

日本船舶振興会 昭和47年度補助事業
“船体の構造計算方法の精密化に関する開発”

研究資料 No. 170

第124研究部会

大型鉱石運搬船の船首部波浪荷重 および鉱石圧に関する実船試験

報 告 書

昭和48年3月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

FULL SCALE MEASUREMENT OF WAVE LOADS AND
STRUCTURAL RESPONSE OF LARGE ORE CARRIERS

By

THE I24 TH RESEARCH PANEL (SR-I24)
THE SHIPBUILDING RESEARCH ASSOCIATION OF JAPAN

RESEARCH MEMOIR, No.

THE SHIPBUILDING RESEARCH ASSOCIATION OF JAPAN

MARCH 1973

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「船体の構造計算方法の精密化に関する開発」の一部として、日本造船研究協会が第124研究部会においてとりまとめたものである。

第124研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

| | | | | |
|-----|--------|------------|--------|-----------|
| 部会長 | 高橋 幸伯 | (東京大学) | 川上 益男 | (広島大学) |
| 幹事 | 安藤 文隆 | (船舶技術研究所) | 寺本 普 | (三菱重工業) |
| | 郷田 国夫 | (船舶技術研究所) | 長沢 聰 | (船舶技術研究所) |
| | 土井 進一 | (大阪商船三井船舶) | 萩原 孝一 | (三菱重工業) |
| | 繩田 卓生 | (三菱重工業) | 元 良誠三 | (東京大学) |
| | 前田 久明 | (東京大学) | 山本 善之 | (東京大学) |
| | 山口 勇男 | (日本海事協会) | | |
| | 湯浅 通史 | (日本海事協会) | | |
| 委員 | 明田 弘一郎 | (飯野海運) | 秋田 好雄 | (日本海事協会) |
| | 伊藤 剛平 | (日本造船工業会) | 岡田 正次郎 | (日立造船) |
| | 岡田 高 | (沖電気工業) | 緒方 洋二 | (新和海運) |
| | 上藤 道雄 | (大阪造船所) | 唐沢 孝夫 | (三光汽船) |
| | 桑山 則男 | (住友金屬工業) | 小坂 正夫 | (協立電波) |
| | 後藤 大三 | (石川島播磨重工業) | 小林 実 | (北辰電機製作所) |
| | 佐伯 庄吾 | (三井造船) | 滋野 正明 | (佐野安船渠) |
| | 高屋舗 尚史 | (出光タンカー) | 田辺 正夫 | (かもめプロペラ) |
| | 難波 篤直 | (川崎重工業) | 福田 淳一 | (九州大学) |
| | 藤野 淳 | (昭和海運) | 松山 辰郎 | (富士通) |
| | 三沢 敏夫 | (住友重機械工業) | 三島 尚三 | (名村造船所) |
| | 望月 勇 | (白杵鉄工所) | 森川 卓 | (日本船主協会) |
| | 米谷 満哉 | (日本郵船) | 渡辺 次郎 | (函館ドック) |
| | 綿屋 悟郎 | (佐世保重工業) | | |

目 次

| | |
|---------------------------|----|
| 1. まえがき | 1 |
| 2. 総合寒船試験 | 2 |
| 2.1 試験概要 | 2 |
| 2.2 ディジタルデータ解析プログラム | 5 |
| 2.3 計測結果 | 8 |
| 3. 自動計測 | 11 |
| 3.1 概要 | 11 |
| 3.2 計測および処理装置 | 11 |
| 3.3 計測船および計測点 | 15 |
| 3.4 計測結果 | 16 |
| 4. あとがき | 19 |
| 附図および附表 | 21 |

CONTENTS

| | | |
|-----------------------------------------|-----------|----|
| 1. PREFACE | - - - - - | 1 |
| 2. GENERAL MEASUREMENT | | |
| 2.1. Outline of Measurement | - - - - - | 2 |
| 2.2. Analyzing Program of Digital Data | - - - - - | 5 |
| 2.3. Results | - - - - - | 8 |
| 3. AUTOMATIC MEASUREMENTS | | |
| 3.1. Outline of Measurements | - - - - - | 11 |
| 3.2. Measuring and Processing Apparatus | - - - - - | 11 |
| 3.3. Measured Ships and Measuring Item | - - - - - | 15 |
| 3.4. Results | - - - - - | 16 |
| 4. CONCLUSIONS | - - - - - | 19 |
| Figures and Tables | - - - - - | 21 |

1. まえがき

最近の大型鉱石運搬船は、その構造、一般配置、積荷条件等が従来の一般貨物船とは著しく異なり、船体の構造強度に関する持異な問題点が数多くみられると思われる。本研究はこれらの特異な問題点をとりあげて検討することと最終目標とするが、当面は、大型鉱石運搬船の就航時における波浪荷重およびそれに対する船体の応答の実情を調査し、問題点の抽出と基礎的資料の収集をはかることを目的とするものである。

本研究部会(SR-124)は、上記の目的のもとに、日本船舶振興会の補助金を得て、昭和45年秋から3ヶ月計画で着手したのが、同年中途から着手した「船体構造新算法の開発」という5ヶ月計画の大型研究の一環として、その実船試験分野を担当することとなり、昭和49年度までの5年総括研究に計画を変更した。

本年度は、昭和45、46年度に行なった「蓬莱丸」12ヶ月の総合実船試験の計測結果の解析と、昨年度3隻の船で開始した自動計測を、本年度4隻を新たに追加して7隻の船の計測を継続した。いずれも現在なお作業を繼續中であるが、現在までの整理結果を乙訓報告する。

2. 総合実船試験

昭和46年1月末から同11月にかけて計5航海の総合実船試験を実施したが、本年度はこの実船計測で得られたデータの統計的解析を継続実施した。

2.1 試験の概要

大型鉱石運搬船『笠木山丸』を供試船として、昭和45年度に1航海、昭和46年度に4航海の実船計測を行なった。試験の概要を以下に示す。

(1) 供試船主要要目

供試船『笠木山丸』の主要要目は次のとおりである。本船の外観及び概略配置図を次々 図2.1.1 図2.1.2 に示す。

| | |
|------|----------------------------------|
| 船主 | 大阪商船三井船舶株式会社 |
| 建造所 | 三菱重工業(株)広島造船所 |
| 竣工日 | 昭和45年11月30日 |
| 垂線間長 | 247.000m |
| 型幅 | 40.600m |
| 型深 | 23.000m |
| 満載吃水 | 16.000m |
| 航海速力 | 14.8ノット |
| 載貨重量 | 11,7571 KT/DW |
| 機関型式 | 8RND 90 |
| 機関出力 | 22,400 PS(MCR) 19,040 PS(NOR) |

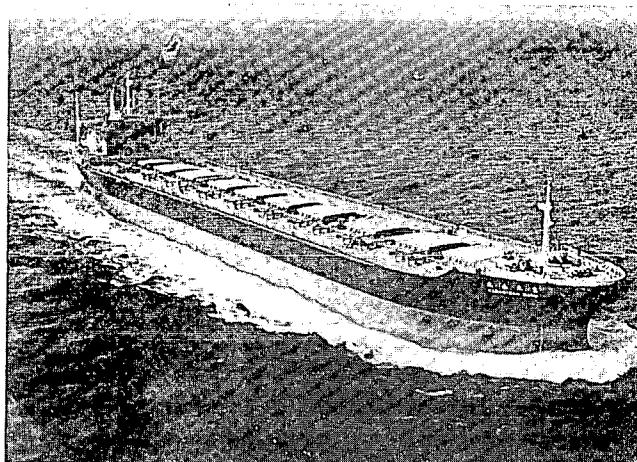


図2.1.1 笠木山丸

(2) 計測期間、航路および計測員

第1次～第5次計測の計測期間、航路および計測員を表2.1.1に、その航路図を図2.1.3に示す。

表2.1.1 計測期間、航路および計測員

| 計測次数 | 期間 | 航路 | 計測員 |
|-------------------|-----------------|------------------------|--------------------------------------|
| 第1次計測 (本船第2次航) | 1971.1.26～3.26 | 福山 ⇄ ガヤカン (テリ) | 繩田卓生(三菱重工広島造船所) 真崎鉄如(“ 広島研究所) |
| 第2次計測 (本船第6次航) | 1971.6.13～7.11 | 福山 ⇄ ダンピア (オーストラリア) | 金井良助(三菱重工広島造船所) 能勢義昭(東京大学生産技術研究所) |
| 第3次計測 (本船第7次航) | 1971.7.14～8.8 | 福山 ⇄ ダンピア (オーストラリア) | 臼井久益(三菱重工船舶技術部) 平原幸雄(“ 広島研究所) |
| 第4次計測 (本船第8次航) | 1971.8.12～10.8 | 福山 ⇄ モサメデス (アンゴラ) | 廣川紀夫(三菱重工広島研究所) 杉岡秀機(“ 広島造船所) |
| 第5次計測 (本船第9次航) | 1971.10.11～11.3 | 福山 ⇄ ダンピア (オーストラリア) | 佐伯修(三菱重工広島造船所) 佐藤信雄(日本海事協会技術研究所) |

(3) 計測項目と計測・記録装置

計測項目と記録装置との関係を表2.1.2に示す。

表2.1.2 計測項目および記録装置

| 計測項目 | ヒ., クア., フ. | 計測装置 | 記録装置 |
|------|-------------|---------|--------------------------------------|
| 波浪荷重 | 水圧計、抵抗線歪ゲージ | 多点切換ホース | 電磁オシログラフ、ディジタルデータレコーダ アナログデータレコーダ |
| 鉱石圧力 | 抵抗線歪ゲージ | 動歪計 | |
| 船体応力 | 抵抗線歪ゲージ | 低域渦波器 | 電磁オシログラフ ディジタルデータレコーダ |
| 船体運動 | 船体運動計測装置 | | |
| 波浪 | 投込式波高計 | 波高計受信器 | |
| | | ステレオカメラ | |

夫々の計器の仕様に関しては昭和46年度報告書参照のこと。²⁾

(a) 気象、海象、本船状態

風力、風速、風浪、うねり、その他気象、海象および船速は、すべて本船側の記録を用いた。

(g) 波浪荷重

荒天時に船体に働く衝撃波圧力の計測を中心として、航海中に船体に働く波浪荷重を計測するために、水線より上部の船首外板に1点、フオアピーフタンク内($0.05L$ from F.P.)両舷の船側外板に合計8点、右舷側船底外板に1点、No.1バラストタンク前部($0.1L$ from F.P.)両舷の船側外板に合計10点、左舷船底外板に1点、及びNo.3バラストタンク内(midship)左舷側船側外板に2点、船底外板に1点、総計24点、外板に直径 $34mm$ の開孔を設け水圧計をとりつけた。

これらの水圧計とは別に、船側縦通材の面積の応力を計測することにより船体に働く波浪荷重を求めた。そのために、フオアピーフタンク内($0.05L$ from F.P.)両舷の船側縦通材の面積に合計6点、No.1バラストタンク前部($0.1L$ from F.P.)両舷の船側縦通材の面積に合計12点、および同バラストタンク後部($0.2L$ from F.P.)左舷の船側縦通材の面積に6点、総計24点の抵抗線歪ゲージをとりつけた。

(c) 鉱石圧力

荷役時の鉱石圧力および航海中の鉱石圧力変動量を計測するために、No.1バラストタンク内($0.1L, 0.2L$ from F.P.)左舷の縦通隔壁付縦通材の面積に合計10点、抵抗線歪ゲージをとりつけた。

(d) 船体応力

船体の波浪による縦曲げ応力を計測するに船体中央部両舷の上甲板に2点、船首より $0.05L$ および $0.1L$ の個所の上甲板に両舷各2点、さらに船首より $0.2L$ の個所の左舷上甲板上に1点、合計7点の抵抗線歪ゲージをとりつけた。

(e) 波浪

船首近傍の立体的波浪分布を計測するために、コンパスデッキにステレオカメラをとりつけた。

衝撃波圧力が船体に働くような荒天時に波高頻度分布を計測するため投込式波浪計を用いた。

(f) 船体運動

船体運動を計測するために、居住区に船体運動計測装置をとりつけた。

これら、ピッファップの配置および取付要領については昭和46年度の報告書²⁾を参照のこと。

(4) 計測方法

(a) 非衝撃的波浪荷重の定時計測

船体に働く波浪荷重の短期分布および長期分布の計測を目的として、往航時は船首から $0.05L$, $0.1L$ の個所、およびミドシップの船底水圧計により、復航時はそれらの個所の水線下の水圧計および歪ゲージにより、毎日定刻に 10~20 分間計測した。

(b) 非衝撃的波浪荷重隨時計測

各断面毎に水圧、鉱石圧および船体応力の同時分布を計測することを目的として、復航時に各波浪階級ごとに 2~3 回隨時計測を行なった。

(c) 荒天時の衝撃的波浪荷重の計測

荒天時に衝撃波圧力の出ている水圧計および歪ゲージを選出し衝撃波圧力の波形、継続時間および最大値の頻度分布を計測した。次いで荒天時の水圧計および鉱石圧の同時分布を各断面ごとに計測した。

(d) 荷役時の鉱石圧力計測

荷役時の鉱石圧力計測として、積荷、揚荷の前後に鉱石圧力およびストラットの軸力を計測した。

(e) 船体応力の計測

船体縦曲げ応力の短期分布および長期分布の計測を目的として、上甲板の応力を毎日定刻に 10~20 分間計測した。

(f) 船体運動の計測

船体運動の計測は波浪荷重および鉱石圧を計測する際にピッチ角、ロール角等を同時に計測した。

(g) 波浪計測

荒天時に投込式波浪計により波浪計測を行ない、30~60 分程度受信し、記録した。

計測の主要目を表 2.1.3 に、プロックダイヤグラムを図 2.1.4 に示す。
これらの計測の結果については昭和 46 年度報告書²⁾を参照の事。

2.2 ディジタルデータ解析プログラム

多チャネル高速ディジタルデータ集録装置「データック 1500」にて記録されたデータの処理手順および解析プログラムの計算内容は次の通りである。

(1) データ処理の手順

高速データ集録装置『データック1500』は多数（最大30チャンネル）のアナログ入力電圧をマルチプレフサにより高速走査し、A-D変換器によりデジタル符号化する。デジタル化されたデータは、適当なコードに変換されて記録密度200BPIで1トラックの磁気テープ上に記録される。

今回の計測では12~18チャンネルのアナログ電圧を入力し、サンプリング速度320~4kHzでスキャニングし、10~20分間ずつ記録されている。記録の順序は計測データの前に約1分ずつキャリブレーション用のデータを入れ、夫々のデータの始めにデータナンバー（ラベル）を書き込んで識別している。（データ数は計測時間15分、サンプリング速度320Hzの場合で約 3×10^5 となる。）

計測データを読み出す場合には次の様な手順で処理している。

(1) 磁気テープを『データック1500』で再生させて紙テープパンチ用のアウトプット端子からA-D/D-Aコンバーターに入力して記録密度800BPI、1ブロック1008キャラクタ（504データ）の磁気テープを作成する。

(2) このブロッキングされた磁気テープを大型ディジタル電子計算機CDC6400で読み出し、各チャンネル毎に並べかえてプリントアウトし、同時にデータナンバーの脱落、パリティエラー等をチェックする。（表2-2-1参照）

(3) 上記の読み出しと並行して、全チャンネルについて計測データの一部（通常、計測開始後数十秒間）をプロッターで作図させ、データの波形を確認すると共に、解析の参考データとする。（図2-2-1参照）

(4) 前記(2)で出力されたデータリストから個々のチャンネルについて、変動応力、変動水圧等のRoot Mean Square及び頻度分布を計算し、計算結果をプロッターで作図させる。

ここで計測データを1回プリンターに出力し、これを変動量処理プログラムに入力すると言う2段階の処理を行なうのは計器の不調やオペレーションミスの為

- チャンネル毎に並んでいる筈のデータが途中からずれる。（データ脱落）
- パリティエラー発生
- ノイズ（異常値）の発生
- データナンバー脱落

- キャリブレーションデータの脱落
- データナンバー、チャンネル数等が計測メモと不一致（誤操作？）等の例外事項がかなりの頻度で発生する為、記録データを確認し、必要な処置をとらなければならぬかうである。

(2) データ読み出しプログラム

計測時データを集録した磁気テープは記録密度が 200 BPI で連続記録されている為、そのままでは通常の電子計算機で取扱う事は出来ない。

そのため、A-D/D-A 変換装置を通して記録密度を 800 BPI とし、適当な長さ（今回の場合、約 500 データ）でブロックに分割し、IBG を入れたテープを作成するがこのテープは原始データのビット配列そのままで記録密度を上げたものであるから、その電子計算機で書込んだ普通の磁気テープと同一の出力命令では正常に読み出せない。

従って、前述のような処理により作成した磁気テープを読み、そのビットの配列から記録データを得るソフトウェアを用いて読み出しプログラムを作成した。

磁気テープ上のデータはチャンネル番号順に並んでおり、記録時に設定したチャンネル数毎に繰返し配列されている。これをチャンネル別に並べ替え、プリントすると表 2.2.2 のようなリストが得られる。図 2.2.2 はこのデータを同時にプロッタで作図させたものである。

データによつてはこの例のようにノイズが表われることがある。これは記録時に発生したものか、集録後の時間経過による劣化によるものと思われるが、何れにしても処理プログラムに掛ける前にこの様なノイズを除去する必要がある。現在、この対策としては、正常な変動波形における隣接サンプル間の変化量を勘案して制限幅を設定し、これを越えてジャンプした場合、異常値としてそのデータを無視するルーチンを設けている。

又、上甲板の変動応力や、船首船底の変動水圧には 図 2.2.3 に見る如くスプリンギング等の振動が重畠して記録される事がある。この様なケースでは振動成分を除去する為、振動周期で積分して 図 2.2.4 のようなデータとして読み出す事も可能である。

(3) 変動量処理プログラム

前記の読み出しプログラムの出力結果から無効振幅を設定して極値計数、振幅計数を行ない、頻度分布、Root Mean Square 等を求めるプログラムを作成した。

このプログラムの入力データは定時間間隔でサンプリングしたデータを

のまま、又はそれからピックアップしたピーカ値あるいはレシジの何れかの形式を選択出来る。

(1) 振幅計数 (Range Count)

無効振幅処理を行なって被振幅を求めその頻度分布を計数すると共に Root Mean Square を求める。この場合、無効振幅は入力で設定するものとする。

(図2-2-5 参照)

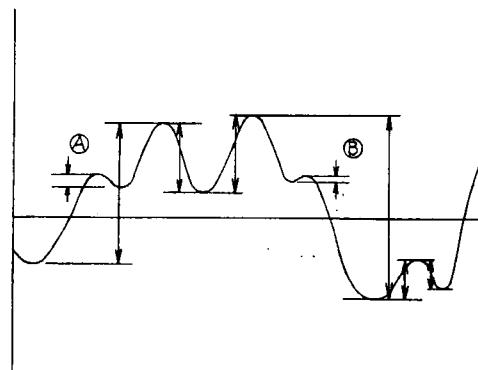


図2-2-5 振幅計数 Range Count
(ⒶⒷ----無効振幅)

(2) 極値計数 (Peak Count)

極値頻度を求める場合は基準レベルを設定する必要があるが、15~20分程度の計測時間でも多かれ少なかれドリフトが認められるのでこれを考慮した極値計数を行なっている。

すなむち、図2-2-6の如く斜線部分の面積と、その原点まわりのモーメントを一致させる様な台形ABC Dを想定し、そのABを基準として peak-count を行なう。

ただし、ピーカ値がレイリー分布に合うようなデータの場合には、

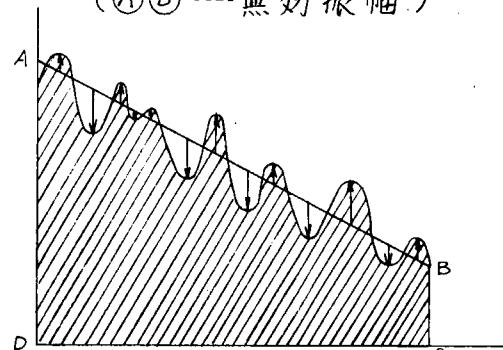


図2-2-6 極値計数 Peak Count

$$(\text{Range}) = z(\text{Amplitude})$$

Peak-to-peak peak

としても実用上支障ないと言つてあり、このプログラムによる計算例でも上記の関係がほぼ成立する事が分ったので、本報告では全て振幅計数で整理している。

2.3 計測結果

本年度は昭和45、46年度の総合実船試験で計測されたデータの内、デジタルデータ集録装置『データック1500』で集録されたデータの解析を行なった。この装置で集録されたデータは1回の計測でも30万~100万と大量になり、その処理に多大な時間と経費を要するため、解析の主対象を第1次計測と第4次計測に置いて作業を進めた。

尚、気象海象および衝撃水圧等アナログ式データレコーダ、電磁オッショ等

に集録したデータについては昭和46年度報告書²⁾を参照されたい。

(1) 上甲板変動応力

図2・3・1に波浪による上甲板縦曲げ応力の短期分布例を示す。図2・3・2はうねり波高を横軸に、変動応力(Peak to Peak)のRoot Mean Squareを縦軸に図示したものである。データが少ないのでばらついているが自動計測のデータと似た傾向を示している。

(2) 船側船底変動水圧

図2・3・3に船体中央部、船首から $0.1L$, $0.05L$ の位置の船側船底の変動水圧の短期分布例を示す。図2・3・4～図2・3・9は夫々の船側船底の変動水圧(Peak to Peak)のRoot Mean Squareをうねり波高をベースに表示したものである。図2・3・10に船首から $0.1L$ の位置の変動水圧(Peak to Peak)のRoot Mean Squareの深さ方向の分布例を示す。吃水線付近では水圧計が海面上に露出するため図2・3・11に示すような波形となるが、不規則な波形の為、記録されていない部分を推定する事が困難な事と、縦通材の変動応力との関係を調べる為に、ここでは立上り部分のみをRangeとして取扱っている。

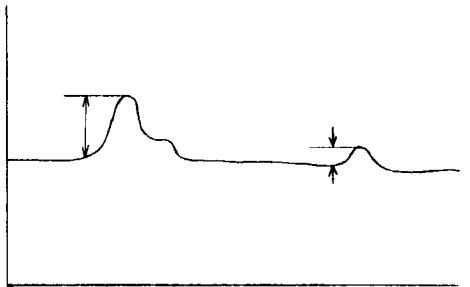


図2・3・11 吃水線付近の変動水圧

(3) 船側変動応力

図2・3・12に船首部($0.1L$ from F.P.)の船側縦通材変動応力の短期分布例を示す。図2・3・13, 2・3・14は船首から $0.1L$ および $0.2L$ の位置の船側縦通材変動応力(Peak to Peak)のRoot Mean Squareの深さ方向の分布を示したものである。

この船側縦通材を横桁で固定された深と考えて、これに等分布の水圧が加わった場合のスパン中央の曲げ応力は図2・3・15に示す直線となる。図中の・印は数例の計測例で水圧計による変動水圧と隣接する(400mm上方又は下方)縦通材の変動応力(何れもPeak to PeakのRoot Mean Square)の関係を示す。図2・3・16は同じデータにより縦通材の変動応力から換算した変動水圧と、隣接水圧計による変動水圧との関係を表わしたものである。図2・3・17は船首から $0.1L$ の位置の縦通材の変動応力から図2・3・15により換算した変動水圧の分布を、水圧計により計測した変動水圧(何れもPeak to PeakのRoot Mean Square)と較べたものであるが良く一致していると言えよう。

(4) 縦通隔壁変動応力

図2・3・18にNo 2 Cargo Hatch の位置(0.2 L from F.P.)の縦通隔壁縦通材の変動応力短期分布例を示す。図2・3・19は同じ断面について変動応力から前述の方法により換算した変動圧力の深さ方向分布である。これによると縦通隔壁に働く変動圧力は下部支柱の位置でかなり支持されている事が分る。

3 自動計測

3.1 概要

波浪荷重に対する船体応答を統合的に検討するためには、笠木丸で行なったように多種異同時計測方式による統合的実船計測が必要である。しかしこのよりは計測には多大の時間と労力を必要とし、また2,3回程度の計測では、計測に好適な外洋条件に遭遇することは必ずしも多くないのみがめ。

波浪荷重と船体応答のようは不規則運動現象の研究では、統計的解析によらなければならぬ部分も多いので、できるだけ数多くの条件下でのデータを集めることを望ましい。そこで、計測実験は最小限に限定して、多くの船で長期連続のデータを集積することを目的として、自動計測記録装置による無人計測を昨年後から進めさせていた。

昨年度は、年度末に近く3隻の船に自動計器を設置して計測を終了したが、本年度はさらに4隻を追加し、7隻の船で自動計測を行なっている。簡単に統計量のみを数字で打ち出す方式の自動R.M.S.計測装置によむつ3隻、応答のtime historyを再生できるよう磁気テープにアナログ記録する方式の自動ダイナミックデータ録音装置によむつ4隻である。

この自動計測は、昭和44年度の通りまだ2~3年向連続して行なう計画である。7隻の中には計測開始1ヶ月の浅いものが多く、まだ解析処理装置の準備のつどをあって、まだ十分な解析結果は得られていながら、これまで得られた結果の概要をここに報告する。

3.2 計測および処理装置

(1) 動揺計

自動計測を行なう7隻中2隻については、横揺れ及び横揺れの自動計測を行なっている。2年余という長期間連続使用する自動計器としては、ジャイロを利用する方式のものは不適当であるので、振子式のものを開発試作した。

機械部の概略図を 図3.2.1 外観写真を 図3.2.2 に示す。これは、X軸(船の長さ方向)とY軸(幅方向)とのよのよの運動軸心とする二つの振子より成り、各振子はともに自己運動軸と直角の運動軸心を中心の中間運動体に装架されたジンバル支持構造となっていた。この中間運動体にポテンシオメータ

を取り付け、その入力軸と上部振子軸に軸組していふ。電気制御部は電源部と制御部及び操作部から構成され、操作部からの入力（ボテンシオメータの抵抗変化に比例）を受けて、X、Y軸の旋回角と電気量として出す。制御部の操作方式の較正値の検定などは、入港実験時にのみ行はり、航海中は連続して通常動作させていふ。

本装置の仕様概要を 表3.2.1 に示す。

表3.2.1 自動動搖計仕様

| | | |
|------|--------------------------------------------------|-----------------------|
| 横出角度 | X軸(縦搖) $\pm 25^\circ$ | Y軸(横搖) $\pm 45^\circ$ |
| 横出出力 | 1 V/ 45° | |
| 横出精度 | $1 \pm 0.5^\circ$ | |
| 直線性 | 45° 附近 $\pm 0.5\%$ | |
| 応答性 | 1 Hz 須満 $\sim 10 \text{ Hz}$ -20 dB 以下 | |
| 使用電源 | AC 100 V 50/60 Hz | |

地上試験の結果、横出部に大きな上十動を重畠させてもその動特性にはほとんど影響のないことが確かめられたので、設置場所は船体中央とか中心線上附近とかに關係なく、すべて船尾部の記録装置設置場所と同じ場所とした。

(2) 自動R.M.S.計測装置

本装置は、波浪中の船体応答のあとは向内の root mean square (RMS) 値を演算し、そのときの日時とともに印字記録すると自動計測記録装置で、前年度の報告にも標準と述べたが、そのブロックダイヤグラムを 図3.2.3 及び外観写真を 図3.2.4 に示す。

たとえば船体応答の場合、荷重の変動や許容の零点ドリフトなどによる基周期の変動は無視して、年々レベルからの波浪荷重に対する変動分の4割程度 RMS の演算を行なつてゐる。演算は 図3.2.5 の (A) のよきに

$$(各瞬時値 X_i \rightarrow \text{RMS}) = R = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{\int_0^T x^2 dt}{T}} \quad (3.2.1)$$

を用ひてゐるが、船体応答の解析は (B) 。

$$(各ピクセル X_i \rightarrow \text{RMS}) = \sqrt{E} = \sqrt{\frac{\sum X_i^2}{N}} \quad (3.2.2)$$

を用ひた方が機器化の方が多いので、

$$\sqrt{E} = \sqrt{2} R \quad (3.2.3)$$

の関係式によって、演算結果の $\sqrt{2}$ を乗じて \sqrt{E} 値として表示するところである。

～3。

測算時定数は、昨年度製1台は20分×123チャンネルを1時間で1巡りするところだが、今年度製1台は15分間ずつ44チャンネルとした。また、(3.2.1)式の積分測算は、昨年度はアナログ測算1台のうちA-D変換1台だが、今回はA-D変換1台のみの積分測算であるところである。

充電紙の一例を図3.2.6に示す。日付(1), 時刻(2), チャンネル番号(1)およびRMS値(3)の合計8折の数字が、15分ごとに打ち込まれてある。時計は本船の時計と連動して、岸に現地時刻を示すところに付けており、ログブックとの対応が容易にできるようになっている。

(3) ダイナミック自動データ録音装置

昨年度の2台に加えて、今年度さらに2台の記録装置を製造した。仕様概要は前回報告²⁾したので省略する。外観写真を図3.2.7に示す。

主要部分は4チャンネルの磁気テープ式のアナログデータレコーダーである。計測する4チャンネルのうち、1チャンネルの半は岸時15分間のRMS値を測算し、打点式記録をとっているが、このRMS値がからかじめ設定したある値を超えると、データレコーダーが起動して15分間の連続記録をとるようになっている。比較的応答の大きい悪天候の時の記録をとるとき、15分間の記録終了後は、少なくて2時間は休止するようになってしまふ。合計50時間の記録が可能な長時間型を用いていながら200回の記録をとることができた。

レコーダ起動時の日時と記録番号(通し番号)が数字でプリントされるとおり、テープの方は4チャンネルに入れて操作用の信号があり、所要の日時の記録が引出せらるる構造である。

再生部はデータ処理用に陸上に設置した再生専用機である。テープ速度は、記録時10.3 m/sec (周波数応答 DC-100Hz), 再生時には10倍の3 m/sec である。

(4) スペクトル解析装置

上のダイナミック自動データ録音装置の記録テープの処理用として設備したもので、日本電緯(株)の 実時間相関器(NJZ-260A)とフーリエ変換器(NJZ-273A)とを組合せたものである。その外観を図3.2.8に示す。

実時間相関器はデジタル方式実時間処理形の相関器で、自己および相互相関関数の測定を行なうほか、振巾確率密度の測定、周波数分析等も行なう。

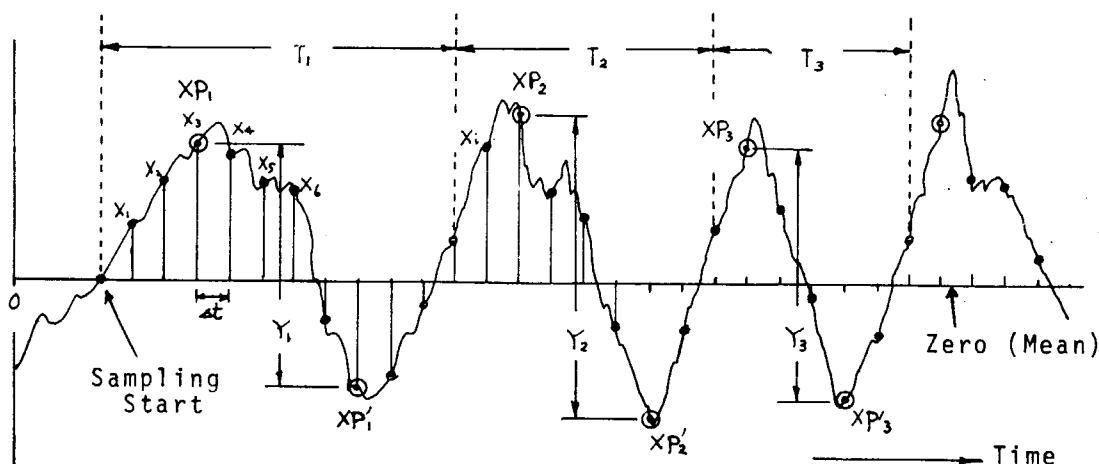
A-D 変換などの機能を備えた多目的処理装置である。その仕様を表3.2.2 に、ブロック図を図3.2.9 に示す。

フーリエ変換器は、実時間相関器と組合せて使用し、被測定信号の周波数スペクトルの分析を行なう装置である。その仕様を表3.2.3 に、ブロック図を図3.2.10 に示す。

(5) データ変換装置

これも、ダイナミック自動データ集録装置の記録テープのデータ処理用として設備したもので、松下通信工業(株)の計測制御システム MADAC-300T と称するものである。8チャンネルの A/D 変換器とミニコンピューターを組合せたもので、その仕様を表3.2.4 に、外観(テレタイプを除く)を図3.2.11 に、ブロック図を図3.2.12 に示す。

本装置を用いて簡単な統計計算もできるが、現在計画中の計算プロограмの一例を図3.2.13 に示す。これは、図3.2.14 に示すように、各瞬時値 X_i (もとのサンプリング値から平均値を引いたもの、較正係数を掛けた値), -Zero-cross のピーク値 XP_i (正の極大値), XP'_i (負の極小値), Zero-cross の peak-to-peak 値 Y_i , および同期 T_i を計算し、それらの root-mean-square 値および最大値を求め、さらに各々の頻度分布(適当なレベル分割での)を求めようとするものである。この場合サンプリングタイム Δt は 1 sec とし、



- X : Variation from Mean
- XP : Positive Peak (Zero-crossing Max.)
- XP' : Negative Peak (Zero-crossing Min.)
- Y : Range (Zero-crossing P-P)
- T : Period

図3.2.14 統計計算
Fig.3.2.14 Notation of Statistic Calculation

3.3 計測船および計測員

自動計測は、昭和後から始めた笠木山丸、ぼうとう丸、ほり丸および若鷹丸の3隻に加えて、千秋丸、鎌倉丸、ジャパンオールダおよび千鳥山丸の4隻を追加し、合計7隻で行なっています。このうち、自動ダイナミックデータ集録装置によるものは4隻、自動R.M.S.計によるものは3隻である。各船の主要項目を表3.3.1に示す。

表3.3.1 計測船

| 記録装置 | 船名 | 船種 | 船主 | LPP (m) | Bm (m) | Dm (m) | d (m) | D.W. (t) | Speed (kt) |
|-----------------|----------|------|---------|------------|-----------|-----------|----------|-------------|---------------|
| 自動ダイナミックデータ集録装置 | 笠木山丸 | 鉱石 | 商船三井 | 247.00 | 40.60 | 23.00 | 16.00 | 117,521 | 14.8 |
| | ぼうとう丸 | 鉱石 | 第一中央汽船 | 237.00 | 38.50 | 19.30 | 14.10 | 93,356 | 15.4 |
| | 千秋丸 | ばら積 | 日本郵船 | 248.00 | 38.00 | 23.70 | 16.50 | 115,000 | 14.9 |
| | 鎌倉丸 | コンテナ | 日本郵船 | 245.00 | 32.20 | 24.00 | 12.00 | 35,406 | 26.4 |
| 自動R.M.S.計 | 若鷹丸 | 鉱石 | 山下新日本 | 240.00 | 36.80 | 17.60 | 12.80 | 93,113 | 15.7 |
| | ジャパンオールダ | ばら積 | ジャパンライン | 210.00 | 32.00 | 17.30 | 12.09 | 57,911 | 14.9 |
| | 千鳥山丸 | 鉱石 | 商船三井 | 278.80 | 44.50 | 24.50 | 17.93 | 164,644 | 15.7 |

表3.3.2 計測員

| 計測船 | 計測装置 | | 計測員数 | | | |
|----------|---------------|----|------|------|----|---|
| | 計器名 | 台数 | 液温水压 | 船体応力 | 動搖 | 計 |
| 笠木山丸 | ダイナミックデータ集録装置 | 4 | 3 | 1 | | 4 |
| | | 4 | 2 | 2 | | 4 |
| | | 4 | 1 | 2 | 2 | 5 |
| | | 4 | 3 | 2 | | 5 |
| ぼうとう丸 | 自動R.M.S.計 | 3 | | 3 | | 3 |
| 千秋丸 | | 4 | | 2 | 2 | 4 |
| 鎌倉丸 | | 4 | 2 | 2 | | 4 |
| 若鷹丸 | | | | | | |
| ジャパンオールダ | | | | | | |
| 千鳥山丸 | | | | | | |

各船における計測員およびその配量を表3.3.2および図3.2.1に示す。水圧計のうち、笠木山丸と鎌倉丸の水圧ゲージは外板に孔を開けて船内に配線する方式のもの、他の3隻は外板に貼付して船外に配線する方式のものである。

各船のこれまでの計測航海の一覧表を表3.3.3に示す。笠木山丸およびぼうとう丸の計測は、当初計測装置の不調のため、まだ十分なデータが蓄積されていない。

3.4 計測結果

前項でも述べたように、自動計測の結果については、RMS計測装置は3隻中2隻、ダイナミック自動データ集録装置は4隻中3隻が昨年末から今年始めにかけて取付工事を行なったため、充分なデータはまだ得られていない。また昨年から引きつづけて計測している笠木山丸、ぼうくら、丸の両船についても、計器の不調が多く、満足なデータは得られておらず、解析装置も昨年暮らや、とプログラムも出来本調子に入、天々ニラである。

従ってここではRMS計の記録として、若瀬丸のデータ、ダイナミック自動データ集録装置の記録としてぼくら、丸のデータ、数サンプルを計算したものと報告する。

3.4.1 RMS計測（若瀬丸における計測）

昨年1月の工事以来11航海分のデータ（総数約5,000データ）得ることができた。またこのデータに対する外界条件の記録として、船側に目視観測による波浪の観測、および気象、船速、回転数、吃水、位置、等を4時間毎記録しておらっており、その一部を表3.4.1および図3.4.1に示す。

すべて豪州向け航路であるため荒海に遭遇する機会が少なく、図からも解るようく波高2m以下が全体の8割を占めている。

出合角については斜め前方の波が全体の3割を占め、きわだつている。

正の計測は出港から目的港までと、目的港から日本着港までの航海時間すべてについて行なっており、表3.4.2に各計測実における正の頻度分布を、図3.4.2にそのヒストグラムを示す。全体的に零付近のものが70~90%を占めるが、このことは逆にいえば、2~8割が平均的な航海であることを示してある。船体中央部での正の値が2kg/mm²に達したのは5000時間(11航海)に対して1度の頻度である。船側の応力は船体中央のそれのほぼ半分で水線下のそれが水線上の応力よりやや少なくていている。

表3.4.3に波角と出合角別による正の分類を示す。波高の高い(5m以上)ときと前方および斜前方からの波に対して大きな正のものが多く、中程度の波高(3~4m)ときには、斜後方からの波に対して正の値が大きくなる、である。図3.4.3は全データについて波高別の分布をみたもので、○印は中央値を表す。また図3.4.4は斜前方からの波における波高と正について示すもので、図中の△、□、○の各印はそれぞれ、バラスト状態、満載状態、および統計の各波高における中央値をとったものであり、線はそれを結んだものである。0.2kg/mm²毎に区分けされた正の値はかなりバラツイではあるが、中央値はか

なりよく線になるようである。図3.4.5は図3.4.4にならって、出合角別の中央値を結んだものを示す。前方、斜前方からの波のときが大きく、横方向からの波のときが最も小さく傾向も似ている。

3.4.2 ダイナミック自動計測(ボートラウ丸における計測)

ボートラウ丸での計測については、計器の不調等もあり、最近工航海分のデータを得、やっと解析にとりかかることができた。1航海約150回程度15分間づつ記録されているが、水压はあまり良いものではなく今回は船体中央上甲板上の波浪曲げ応力について代表例を報告する。

記録部の打点式の連続記録から比較的大きな値を示しているときのデータについて、往復各3ケース計6ケース選びだし、ミニコンピュータにて解析したものが図3.4.6に示すものである。図中Xは、1sec毎のサンプリング値(1とのサンプリング値から平均値を引いたのち、較正係数を掛けた値)を、XPおよびXP'はそれぞれ平均値からの+側極大値、-側極大値(但し零クロスカウト法)を表わし、YPは隣りあつてXPとXP'の和をとったもので、それぞれRMS値および最大値を表わす。又て、Tmは平均周期、最大周期を表わす。(図3.2.14参照)外界条件のBSは、Beaufortを、H, L, T, 日は目視観測でそれぞれ有義波高、平均波長、平均波周期、出合角、を表わし、Vは船速を表わす。

10/28, 11/14, 11/22のヒストグラムはレイレー分布に近い形をしており、ピクトのヒストグラムも④側⑦側ともによくあっている。図3.4.6のデータは、復航時日本近海での航海最大の荒海に遭遇したもので、波高8mで応力範囲(P-P)は、最大値で 6.65 kg/mm^2 、RMSで 2.23 kg/mm^2 を示した。図3.4.4は往航時、図3.4.5は復航時にそれぞれ4mの波に遭ったときのデータで最大値RMS値とほぼ同じ程度の値となっている。図3.4.6がいくらか大きいのは出合角が斜前方と斜後方との違いによるものと思われる。

表3.4.4はEと最大値の比較を示すが、オッショロの読みとり値とミニコンの計算結果は最大値、Eとよく合っている。ここで $2\sqrt{2} X_{rms}$ は1sec毎のSampling値のRMSを $\sqrt{2}$ 倍した値で

$$E = 2\sqrt{2} R \quad (\text{複振幅})$$

の関係式によく合っている。最大値でオッショログラフの読みとり値の方が計算機の結果よりも大きくでているのは、サンプリングの値が必ずしも極大のときのところドリフトするとは限らないためと思われる。サンプリング時間をおとすと短かくすれば精度は上がるが、ミニコンの容量から考えて処理時間や処理能力を含めて考えると、この程度の差ならばよしとレバよしと思う。ちなみに

二回サンプリング間隔は10 secで波浪曲げ応力の1サイクルにつき約10データをサンプリングしている。大きいspringing 応力が重複してい場合などには、もっと細かいサンプリングが望ましい。

図3.4.7は図3.4.6で解析に使用した生データの一節を示したものであり、またこの生データを実時間相算計、およびフーリエ変換装置にてオートコロゲラムおよびパワースペクトルをとったものである。相関の演算はサンプリング周期0.5秒で15分前行へ56の階段波形で出力表示している。また自己相関関数は以下の式により求めている。

$$\phi_{AA}(k\Delta T) = \frac{1}{N} \left\{ \sum_{n=1}^N A(n\Delta T) A(n\Delta T + k\Delta T) \right\}$$

ϕ_{AA} -- 自己相関関数

ΔT -- Sampling period.

N -- データ数

k -- 0, 1, 2, ..., 255

遅延時間 T は

$$T = 256 \times \Delta T \\ = 128 \text{ sec} \quad \text{である。}$$

またパワースペクトルのウインドウ処理はhamming を用いた。出力の分解能 Δf は次の式により求める。

$$\Delta f = \frac{1}{512 \times \Delta T} \\ = 0.0039 \text{ Hz}$$

即ちスペクトル1中の幅は0.0039 Hzに相当する。

図では、再生時5 Hzのローパスフィルタを使用したものの、フィルタなしのものを併記した。前記ミニコンでの計算には5 Hzのローパスフィルタを使用した。

パワースペクトルでは各データとも0.1 Hz付近にピークがあり、周期約10秒の継曲げ周期を示している。また1/8, 1/18のデータでは約0.73 Hzにピークがあり、これは周期約1.37秒即ち約43.8 CPM の2節振動を示すものと思われる。尚この解析ではExp. No. 5, 8, 36が往航のデータでExp. No. 67, 88, 150が復航時のデータである。

4. あとがき

"笠木丸"による総合実船試験のその後の解析結果と、自動計測船7隻による計測の進行状況について概略報告した。

"笠木丸"の計測結果については、昨年度は主として衝撃水圧についての手動解析結果を報告したが²⁾、本年度は主として、デジタル方式の高重データ収録装置(DATAC)に収録したデータの計算機処理を行なう。統計解析・相関解析などを本年度中に終了する予定だが、データ収録装置と大型計算機のインターフェースや計算プログラムなどについては準備が若干遅れがあり、現在のところは、解析処理態勢が整って若干結果が蓄積されたという段階で、全般的な解析整理が完了するにはなお若干の時間が必要であると思われる。

自動計測については、自動RMS計測装置4台はすべて取付け当初から順調に動作しておりデータが蓄積されて、ある。ここでは若干の解析結果を報告しつつ、波浪とか風力以外の外界条件の各パラメタなどについても分類して詳細な統計解析を行なうにはさらに多くのデータの蓄積が望まれる。

ダイナミック自動データ収録装置については、昨年度設備1台2台が振動計測に若干不十分の点があつたが、正常な動作をするまではかなりの日数を要したが、本年度製作した2台はその経験を活かして当初から順調に動作している。記録データの解析処理装置も作業態勢が整ってきた。

これら7隻の自動計測は、昭和49年度まで継続する予定であり、ほゞ大きな資料の蓄積が期待される。

本年度は、この自動計測に加えて、「船体構造計算法の開発研究」の一環としての総合実船計測を、SR-132研究部会と合同で実施し、主として波浪と波流荷重の測定を行なう予定で、これに随伴する準備も進めている。

終りに、"笠木丸"の計測結果の解析に協力いただいた三菱重工業(株)、自動計測について所便宜をほか、といったところに大日本造船三井船舶(株)、オーセン汽船(株)、日本郵船(株)、山下新日本汽船(株)、ジャパンライン(株)、六海汽船(株)および準備工事とお腹いした各造船所の関係各位には、深く謝意を表す次第である。

文
獻

- 1) SR-124 : 大型航石運搬船の船首部波浪荷重
および航石圧に-1開子と実測試験

日本造船研究協会研究資料 No.140, 1986.3.

- 2) SR-124 : 同 上

日本造船研究協会研究資料 No.156, 1987.3

附図および附表

General Arrangement of KASAGSAN MARU

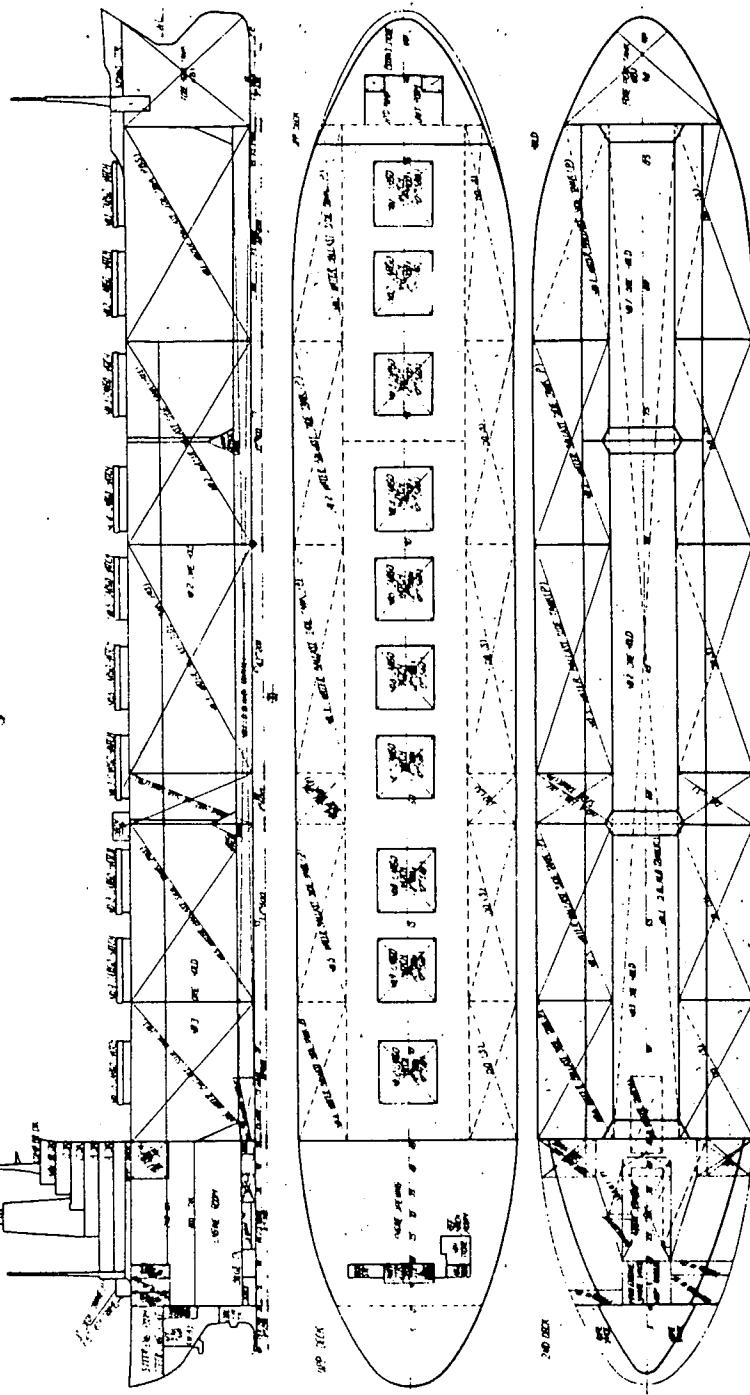


図 2.1.2 笠木山丸概略図

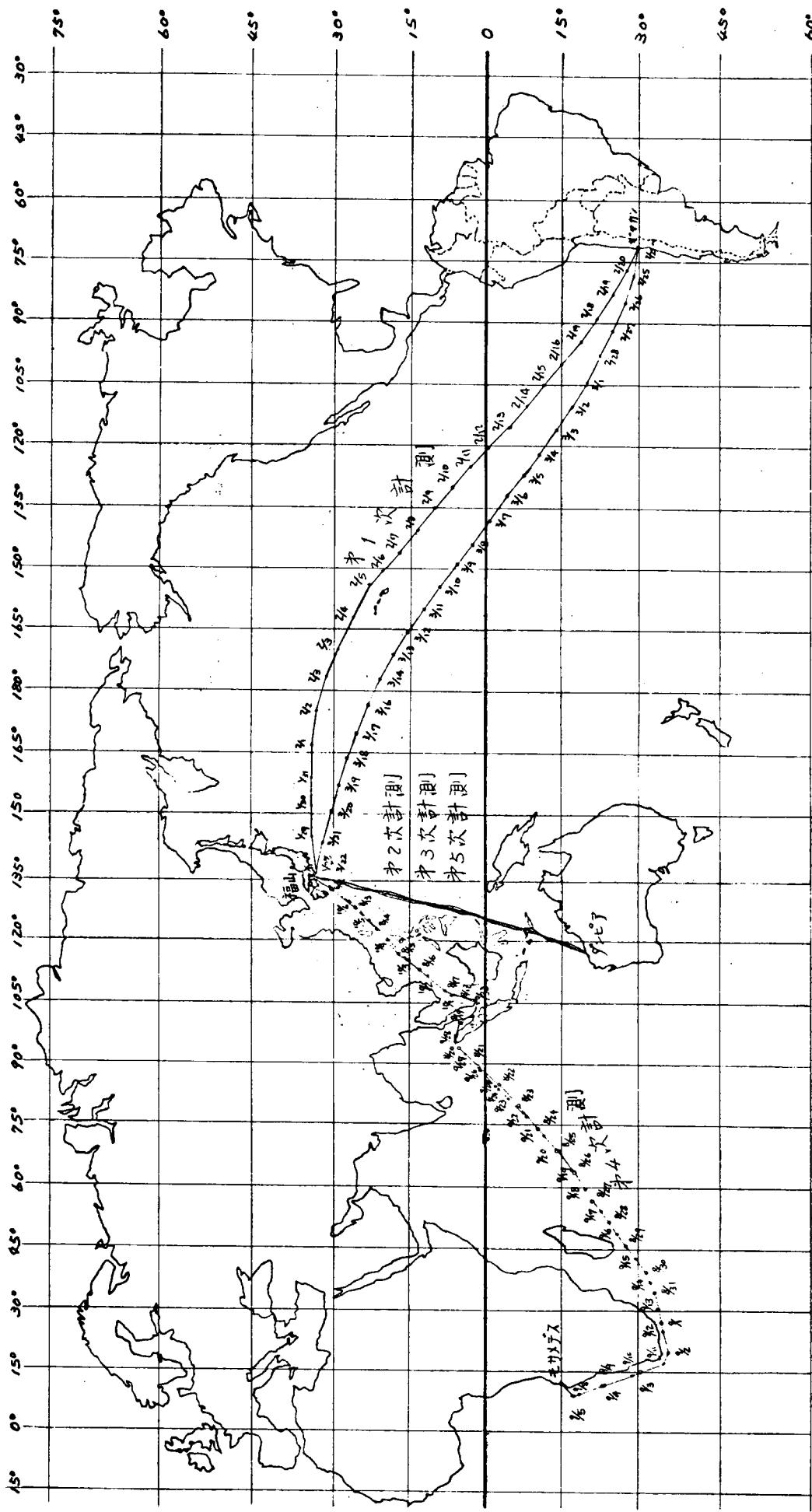


圖 2.1.3 福山丸航路図
KASAGI SAN MARU
Voyage Route.

表2・1・3 波浪荷重計測主要目 Measuring System

| 計測項目 | | 測定方法 | | | | | | 解析方法 | | |
|--------|----------|------|---|---|---|---|---|------|------|-------------------------|
| 計測種類 | 荷重種類 | 計測項目 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | 計測種類 | 使用計器 |
| 波浪荷重 | 衝撃荷重 | 圧力波形 | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | 電磁オシロ (FLAGデータローダ) |
| | 圧力同時発生領域 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | DATAC 電磁オシロ |
| 非衝撃荷重 | 同時分佈 | ○ | ○ | ○ | | | | | ○ | DATAC 電磁オシロ |
| | 頻度分佈 | ○ | ○ | ○ | | ○ | | | ○ | DATAC 断面毎の同時分布 |
| 鉛石圧力 | 横載時 | | ○ | ○ | | | | | ○ | DATAC 長期分布及び短期分布 |
| | 陸揚時 | | ○ | ○ | | | | | ○ | DATAC 圧力分布 |
| 動荷重 | 横載 | | ○ | ○ | | | | | ○ | DATAC 圧力分布 |
| | 陸揚 | | ○ | ○ | | | | | ○ | DATAC 鉛石の変動圧力を求める |
| 船体応力 | 頻度分佈 | | ○ | ○ | | | | | ○ | DATAC 長期分布及び短期分布を求める |
| | 波浪計測 | | | | | | | | ○ | ロボット波高計 ステレオカメラ |
| 船体運動計測 | | | | | | | | ○ | ○ | 動描計 |

(注) ① …… 船側部水圧計

② …… 船底部水圧計

③ …… 船側外板付 Long $\frac{L}{2}$ 圧計

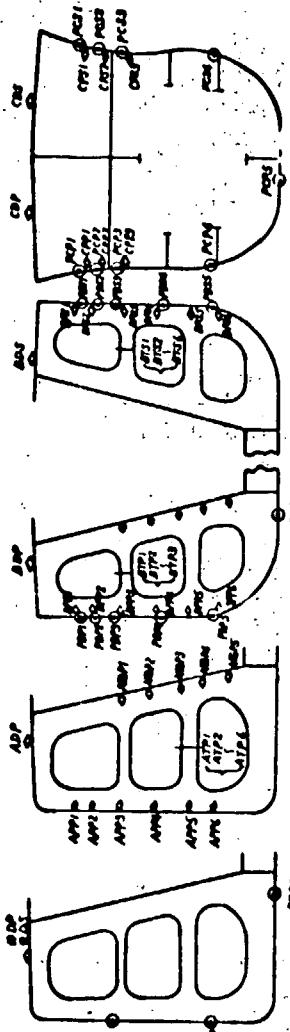
④ …… 桁通隔壁付 Long $\frac{L}{2}$ 圧計

⑤ …… Strut 圧計

⑥ …… Upper $\frac{L}{2}$ 圧計

Trans Ring Corner 圧計

C



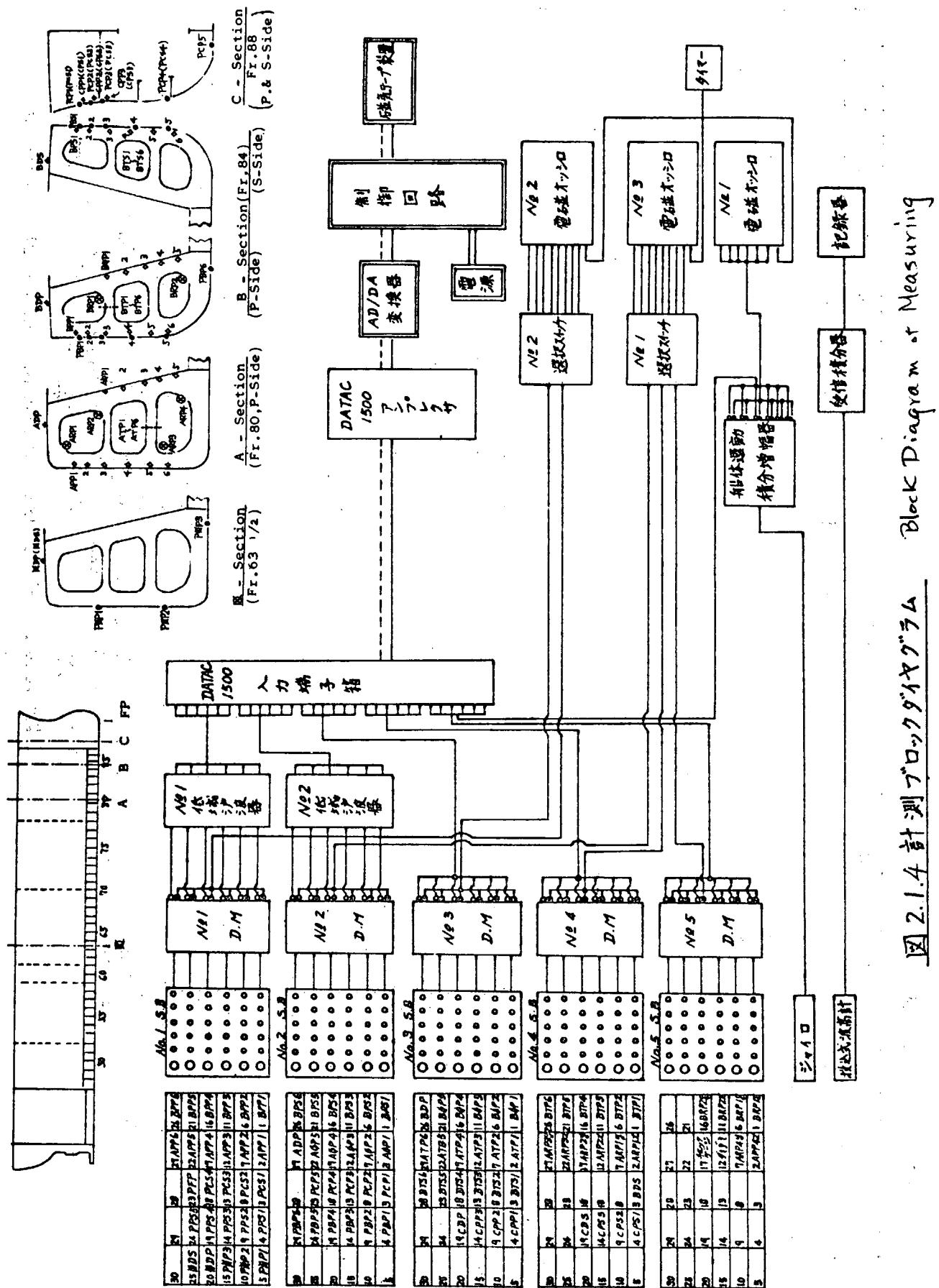


表 2-2-1 データックデータ アウトプット例
Sample of Output Data from DATAC

| NUMBER | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | CODE OF SAMPLING FREQUENCY .8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CODE OF CHANNELS 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CH 1 | CH 2 | CH 3 | CH 4 | CH 5 | CH 6 | CH 7 | CH 8 | CH 9 | CH10 | CH11 | CH12 | CH13 | CH14 | CH15 | CH16 | CH17 |
| 1 | H | -39 | 51 | -21 | 0 | -41 | 37 | 62 | 2 | 93 | -143 | -109 | 17 | 103 | 13 | -98 | -166 |
| 2 | 9 | -27 | 41 | -34 | 0 | -43 | 40 | 61 | 0 | 95 | -153 | -99 | 16 | 103 | 17 | -98 | -194 |
| 3 | 13 | -31 | 36 | -44 | 0 | -43 | 43 | 61 | -1 | 94 | -150 | -101 | 15 | 103 | 15 | -98 | -152 |
| 4 | 21 | -26 | 34 | -46 | 2 | -43 | 47 | 69 | -4 | 92 | -149 | -110 | 15 | 103 | 10 | -99 | -186 |
| 5 | 21 | -26 | 38 | -45 | 0 | -44 | 51 | 59 | -8 | 91 | -159 | -99 | 14 | 103 | 11 | -99 | -150 |
| 6 | 22 | -22 | 46 | -36 | 1 | -44 | 54 | 61 | -13 | 89 | -161 | -100 | 13 | 103 | 13 | -98 | -189 |
| 7 | 27 | -37 | 58 | -24 | 1 | -47 | 56 | 55 | -19 | 85 | -160 | -102 | 13 | 103 | 11 | -98 | -158 |
| 8 | 27 | -30 | 74 | -5 | 2 | -47 | 60 | 61 | -27 | 85 | -141 | -91 | 12 | 103 | 11 | -99 | -196 |
| 9 | 26 | -46 | 95 | 13 | 1 | -50 | 60 | 53 | -33 | 79 | -140 | -90 | 11 | 103 | 10 | -99 | -168 |
| 10 | 22 | -44 | 117 | 35 | 3 | -50 | 63 | 55 | -45 | 76 | -152 | -94 | 11 | 103 | 8 | -98 | -211 |
| 11 | 23 | -37 | 141 | 55 | 2 | -53 | 59 | 44 | -51 | 68 | -156 | -95 | 10 | 103 | 11 | -99 | -183 |
| 12 | 17 | -12 | 163 | 75 | 4 | -52 | 61 | 41 | -65 | 66 | -156 | -93 | 9 | 103 | 9 | -99 | -219 |
| 13 | 16 | -18 | 186 | 93 | 3 | -57 | 57 | 40 | -72 | 57 | -126 | -90 | 9 | 103 | 11 | -98 | -201 |
| 14 | 7 | -9 | 206 | 109 | 7 | -57 | 56 | 32 | -85 | 55 | -118 | -89 | 8 | 103 | 7 | -98 | -226 |
| 15 | 0 | -30 | 221 | 119 | 6 | -61 | 50 | 32 | -91 | 50 | -121 | -88 | 7 | 103 | 6 | -99 | -197 |
| 16 | -8 | -20 | 233 | 127 | 8 | -61 | 51 | 25 | -98 | 45 | -102 | -88 | 7 | 102 | 2 | -99 | -215 |
| 17 | -6 | -23 | 242 | 130 | 10 | -64 | 43 | 25 | -102 | 43 | -104 | -88 | 7 | 103 | 10 | -98 | -178 |
| 18 | -20 | -16 | 248 | 131 | 11 | -65 | 42 | 23 | -105 | 45 | -107 | -87 | 6 | 102 | 8 | -98 | -178 |
| 19 | -23 | -18 | 247 | 124 | 14 | -67 | 33 | 22 | -105 | 37 | -116 | -88 | 6 | 102 | 9 | -99 | -152 |
| 20 | -30 | -10 | 247 | 118 | 20 | -66 | 31 | 24 | -107 | 39 | -138 | -88 | 6 | 102 | 3 | -98 | -153 |
| 21 | -34 | -18 | 225 | 91 | 7 | -66 | 23 | 22 | -103 | 35 | -114 | -88 | 5 | 102 | 6 | -98 | -120 |
| 22 | -48 | -23 | 213 | 78 | 11 | -64 | 18 | 16 | -105 | 38 | -128 | -88 | 5 | 102 | 6 | -98 | -115 |
| 23 | -49 | -27 | 194 | 61 | 11 | -64 | 8 | 18 | -105 | 34 | -119 | -94 | 5 | 102 | 8 | -98 | -98 |
| 24 | -47 | -45 | 176 | 46 | 12 | -64 | 3 | 23 | -107 | 38 | -124 | -89 | 5 | 102 | 9 | -98 | -75 |
| 25 | -60 | -39 | 151 | 28 | 7 | -64 | -5 | 23 | -107 | 42 | -119 | -92 | 4 | 102 | 8 | -98 | -55 |
| 26 | -54 | -49 | 133 | 14 | 8 | -61 | -10 | 21 | -112 | 39 | -105 | -95 | 4 | 102 | 2 | -98 | -38 |
| 27 | -55 | -46 | 119 | 5 | 12 | -62 | -20 | 22 | -116 | 38 | -84 | -88 | 4 | 102 | 8 | -99 | -35 |
| 28 | -50 | -44 | 106 | -5 | 8 | -60 | -21 | 21 | -117 | 43 | -87 | -89 | 4 | 102 | 9 | -98 | -8 |
| 29 | -58 | -48 | 90 | -17 | 4 | -58 | -26 | 23 | -119 | 45 | -85 | -97 | 4 | 102 | 10 | -99 | -20 |
| 30 | -51 | -45 | 83 | -21 | 5 | -54 | -28 | 19 | -123 | 40 | -89 | -88 | 4 | 102 | 4 | -99 | 0 |
| 31 | -59 | -44 | 77 | -24 | 3 | -53 | -29 | 14 | -126 | 40 | -93 | -90 | 4 | 102 | 6 | -98 | -6 |
| 32 | -45 | -44 | 75 | -22 | 1 | -53 | -31 | 16 | -128 | 39 | -117 | -101 | 3 | 102 | 3 | -98 | -6 |
| 33 | -49 | -44 | 77 | -15 | 3 | -55 | -31 | 12 | -134 | 37 | -87 | -89 | 3 | 102 | 8 | -98 | -18 |
| 34 | -40 | -43 | 81 | -8 | 1 | -55 | -32 | 8 | -136 | 33 | -85 | -91 | 4 | 102 | 8 | -99 | -4 |
| 35 | -45 | -41 | 89 | 4 | 4 | -55 | -30 | 6 | -143 | 34 | -108 | -92 | 4 | 102 | 10 | -98 | -16 |
| 36 | -31 | -49 | 99 | 16 | 4 | -54 | -29 | 2 | -145 | 30 | -100 | -90 | 4 | 102 | 2 | -98 | -15 |
| 37 | -36 | -51 | 106 | 25 | 4 | -51 | -28 | 1 | -153 | 28 | -100 | -91 | 4 | 102 | 2 | -99 | -21 |
| 38 | -22 | -53 | 115 | 36 | 1 | -48 | -28 | -0 | -153 | 27 | -84 | -95 | 4 | 102 | 1 | -99 | -12 |
| 39 | -22 | -57 | 121 | 46 | 3 | -44 | -32 | -7 | -157 | 24 | -89 | -90 | 4 | 102 | 9 | -98 | -27 |
| 40 | -16 | -60 | 127 | 55 | 1 | -45 | -33 | -4 | -160 | 20 | -93 | -90 | 5 | 101 | 4 | -99 | -21 |
| 41 | -22 | -59 | 127 | 61 | 2 | -44 | -34 | -11 | -163 | 19 | -99 | -97 | 5 | 101 | 6 | -99 | -20 |
| 42 | -15 | -60 | 127 | 66 | 0 | -45 | -36 | -11 | -166 | 19 | -109 | -95 | 5 | 101 | 1 | -98 | -24 |
| 43 | -19 | -61 | 122 | 68 | 2 | -45 | -37 | -11 | -175 | 19 | -93 | -99 | 6 | 101 | 1 | -98 | -20 |
| 44 | -10 | -63 | 117 | 64 | 0 | -46 | -38 | -13 | -178 | 22 | -84 | -101 | 6 | 101 | 5 | -99 | -16 |
| 45 | -16 | -55 | 111 | 66 | 7 | -46 | -40 | -13 | -186 | 21 | -69 | -104 | 6 | 101 | 11 | -99 | -8 |
| 46 | -9 | -56 | 100 | 52 | 2 | -46 | -39 | -10 | -186 | 23 | -48 | -101 | 7 | 101 | 5 | -98 | -5 |
| 47 | -17 | -55 | 83 | 37 | 0 | -44 | -39 | -9 | -193 | 27 | -68 | -105 | 7 | 101 | 4 | -98 | 13 |
| 48 | -5 | -47 | 69 | 25 | -1 | -43 | -40 | -11 | -192 | 32 | -92 | -114 | 7 | 101 | 3 | -99 | 25 |
| 49 | -17 | -38 | 51 | 10 | -0 | -40 | -41 | -1 | -194 | 32 | -102 | -112 | 8 | 101 | 5 | -99 | 34 |
| 50 | -17 | -33 | 33 | -2 | -2 | -39 | -44 | -0 | -189 | 35 | -105 | -113 | 9 | 101 | 7 | -98 | 40 |
| 51 | -22 | -34 | 11 | -16 | -2 | -36 | -45 | -2 | -182 | 40 | -111 | -119 | 9 | 101 | 9 | -99 | 62 |
| 52 | -14 | -26 | -5 | -29 | -3 | -33 | -48 | 0 | -171 | 37 | -104 | -107 | 10 | 101 | 7 | -99 | 57 |
| 53 | -16 | -23 | -24 | -42 | -4 | -33 | -50 | 6 | -160 | 37 | -110 | -110 | 11 | 101 | 3 | -98 | 69 |
| 54 | -16 | -13 | -38 | -51 | -4 | -33 | -52 | 0 | -152 | 42 | -112 | -114 | 11 | 101 | 5 | -98 | 71 |
| 55 | -22 | -14 | -51 | -60 | -4 | -33 | -52 | 4 | -147 | 40 | -88 | -110 | 12 | 101 | 8 | -99 | 79 |
| 56 | -14 | -7 | -55 | -59 | 1 | -34 | -52 | 7 | -142 | 39 | -100 | -112 | 12 | 101 | 8 | -99 | 74 |
| 57 | -16 | -16 | -63 | -64 | -4 | -35 | -50 | 13 | -134 | 43 | -111 | -116 | 13 | 101 | 8 | -98 | 87 |
| 58 | -11 | -11 | -63 | -60 | -1 | -36 | -49 | 5 | -129 | 46 | -87 | -114 | 14 | 101 | 7 | -98 | 86 |
| 59 | -19 | -19 | -64 | -60 | -6 | -37 | -46 | 12 | -128 | 45 | -73 | -116 | 15 | 101 | 3 | -99 | 78 |
| 60 | -17 | -13 | -57 | -49 | 0 | -38 | -46 | 11 | -120 | 43 | -64 | -121 | 15 | 101 | 6 | -99 | 74 |
| 61 | -15 | -17 | -51 | -44 | -4 | -40 | -42 | 12 | -117 | 47 | -58 | -114 | 16 | 101 | 7 | -98 | 66 |
| 62 | -12 | -16 | -41 | -34 | -0 | -40 | -43 | 9 | -111 | 44 | -61 | -116 | 16 | 100 | 10 | -99 | 55 |
| 63 | -17 | -16 | -31 | -26 | -1 | -42 | -37 | 9 | -106 | 39 | -67 | -125 | 17 | 100 | 7 | -99 | 35 |
| 64 | -21 | -11 | -19 | -17 | -0 | -41 | -35 | 6 | -101 | 42 | -59 | -116 | 18 | 101 | 6 | -98 | 42 |
| 65 | -14 | -12 | -12 | -11 | -4 | -43 | -30 | 9 | -96 | 40 | -59 | -125 | 19 | 100 | 4 | -98 | 11 |
| 66 | -15 | -10 | -3 | -0 | -0 | -42 | -27 | 12 | -95 | 44 | -61 | -131 | 19 | 100 | 10 | -99 | 27 |
| 67 | -19 | -8 | 2 | 7 | -1 | -43 | -22 | 13 | -94 | 45 | -78 | -129 | 20 | 100 | 8 | -99 | -1 |
| 68 | -19 | -7 | 3 | 10 | -2 | -42 | -18 | 9 | -89 | 47 | -99 | -140 | 21 | 100 | 11 | -98 | 22 |
| 69 | -13 | -8 | 0 | 12 | -4 | -44 | -13 | 17 | -86 | 45 | -114 | -145 | 22 | 100 | 7 | -98 | -27 |
| 70 | -21 | -6 | -2 | 13 | -1 | -42 | -9 | 15 | -82 | 49 | -108 | -143 | 23 | 100 | 8 | -99 | 19 |
| 71 | -19 | -9 | 4 | -8 | -4 | -44 | -4 | 23 | -77 | 51 | -113 | -146 | 23 | 100 | 7 | -98 | -26 |
| 72 | -31 | -8 | -19 | 2 | -2 | -43 | -0 | 17 | -74 | 54 | -109 | -148 | 24 | 100 | 11 | -98 | 15 |
| 73 | -23 | -11 | -30 | -5 | -3 | -42 | 4 | 23 | -76 | 54 | -114 | -148 | 25 | 100 | 10 | -99 | -23 |
| 74 | -31 | -13 | -45 | -18 | -4 | -41 | 6 | 22 | -77 | 59 | -124 | -145 | 25 | 100 | 13 | -99 | 27 |
| 75 | -26 | -15 | -59 | -31 | -4 | -41 | 11 | 29 | -77 | 55 | -122 | -148 | 26 | 100 | 11 | -98 | -17 |
| 76 | -32 | -18 | -75 | -45 | -3 | -41 | 12 | 32 | -80 | 63 | -99 | -144 | 27 | 100 | 10 | -98 | 30 |
| 77 | -29 | -18 | -88 | -59 | -4 | -40 | 15 | 35 | -79 | 62 | -92 | -145 | 27 | 100 | 12 | -99 | 0 |
| 78 | -38 | -23 | -102 | -75 | -4 | -39 | 16 | 37 | -79 | 66 | -99 | -147 | 28 | 100 | 13 | -99 | 32 |
| 79 | -30 | -22 | -110 | -86 | -3 | -37 | 19 | 43 | -79 | 64 | -115 | -148 | 29 | | | | |

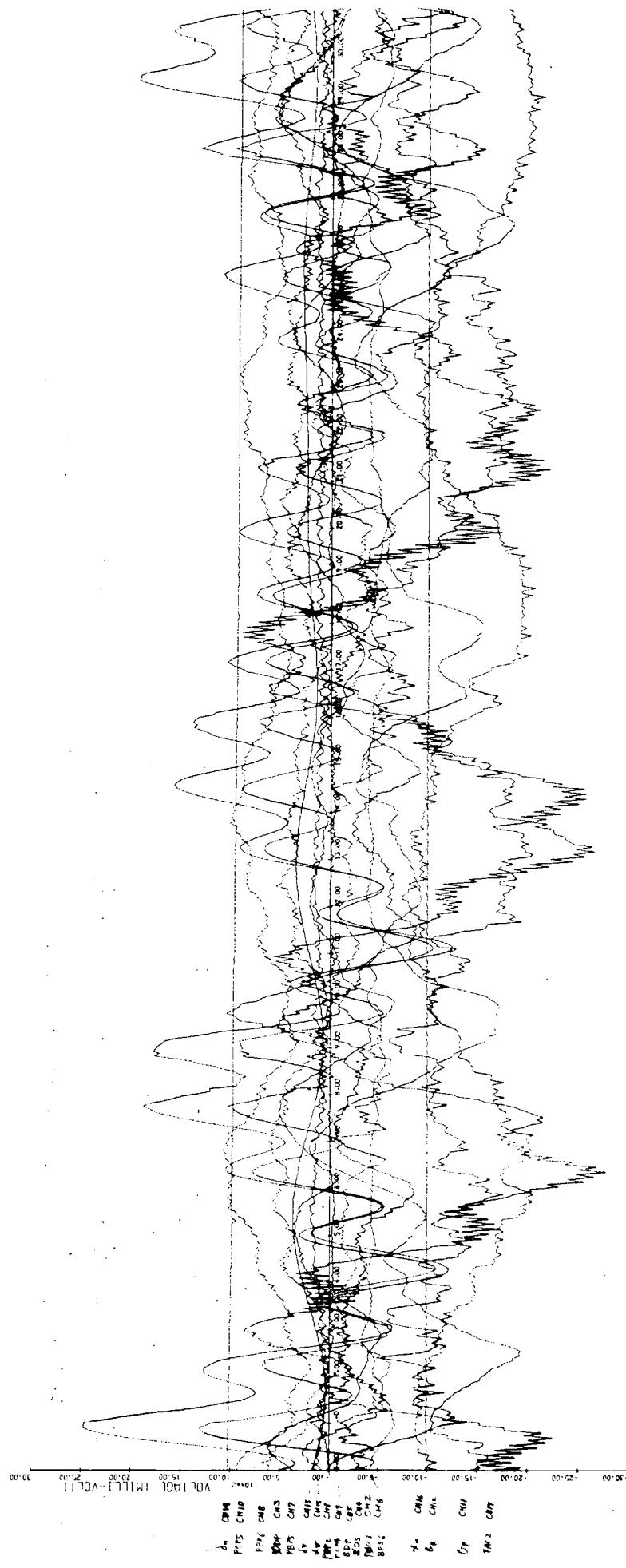


図 2.2.1 データ表示例

表 2.2.2 データ、クデータ出力例
Sample of Out-put Data from DATAC

| NUMBER | 121 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----------------|------|----------------------------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | LABORATORY NO. | | CODE OF SAMPLING FREQUENCY | | CODE OF CHANNELS | | | | | | | | | | | |
| | CH 1 | CH 2 | CH 3 | CH 4 | CH 5 | CH 6 | CH 7 | CH 8 | CH 9 | CH10 | CH11 | CH12 | CH13 | CH14 | CH15 | CH16 |
| 1 | -28 | -36 | -180 | -70 | 211 | -71 | -68 | 10 | -68 | -44 | -120 | 33 | -3 | -2 | -140 | 13 |
| 2 | -25 | -36 | -181 | -70 | 211 | -69 | -68 | 9 | -68 | -45 | -120 | 31 | -3 | -2 | -140 | 13 |
| 3 | -26 | -36 | -179 | -70 | 212 | -70 | -68 | 9 | -68 | -43 | -120 | 31 | -3 | -2 | -140 | 13 |
| 4 | -26 | -35 | -180 | -70 | 212 | -67 | -68 | 9 | -68 | -45 | -120 | 32 | -3 | -2 | -140 | 13 |
| 5 | -25 | -35 | -178 | -70 | 212 | -67 | -68 | 9 | -68 | -44 | -120 | 32 | -3 | -2 | -140 | 13 |
| 6 | -26 | -34 | -179 | -70 | 212 | -64 | -68 | 9 | -68 | -44 | -120 | 32 | -3 | -2 | -140 | 13 |
| 7 | -27 | -33 | -178 | -70 | 212 | -64 | -68 | 9 | -68 | -44 | -120 | 33 | -3 | -2 | -139 | 13 |
| 8 | -28 | -33 | -180 | -70 | 212 | -62 | -68 | 9 | -68 | -43 | -120 | 32 | -3 | -2 | -139 | 13 |
| 9 | -29 | -33 | -178 | -69 | 213 | -58 | -68 | 9 | -68 | -44 | -120 | 32 | -3 | -2 | -139 | 14 |
| 10 | -30 | -32 | -179 | -70 | 213 | -55 | -68 | 9 | -68 | -44 | -120 | 33 | -3 | -2 | -139 | 14 |
| 11 | -29 | -32 | -178 | -70 | 213 | -55 | -68 | 9 | -68 | -43 | -121 | 33 | -3 | -2 | -139 | 15 |
| 12 | -27 | -31 | -178 | -70 | 213 | -56 | -68 | 9 | -68 | -43 | -121 | 33 | -3 | -2 | -138 | 15 |
| 13 | -25 | -31 | -178 | -70 | 213 | -58 | -68 | 9 | -68 | -43 | -121 | 33 | -3 | -2 | -138 | 15 |
| 14 | -20 | -28 | -174 | -72 | 212 | -59 | -69 | 7 | -69 | -46 | -121 | 36 | -3 | -2 | -138 | 16 |
| 15 | -20 | -29 | -176 | -71 | 213 | -58 | -67 | 9 | -66 | -42 | -121 | 34 | -3 | -2 | -138 | 17 |
| 16 | -18 | -29 | -177 | -72 | 213 | -57 | -67 | 9 | -66 | -41 | -121 | 34 | -3 | -2 | -138 | 18 |
| 17 | -15 | -28 | -176 | -72 | 214 | -58 | -67 | 9 | -66 | -41 | -121 | 33 | -3 | -2 | -137 | 18 |
| 18 | -12 | -28 | -176 | -73 | 213 | -56 | -67 | 9 | -65 | -42 | -121 | 34 | -3 | -2 | -137 | 19 |
| 19 | -11 | -28 | -176 | -74 | 213 | -56 | -67 | 9 | -66 | -41 | -121 | 34 | -3 | -2 | -137 | 20 |
| 20 | -10 | -27 | -176 | -75 | 214 | -56 | -67 | 9 | -65 | -42 | -122 | 35 | -3 | -2 | -136 | 21 |
| 21 | -7 | -26 | -176 | -75 | 214 | -57 | -68 | 9 | -66 | -40 | -122 | 35 | -3 | -2 | -136 | 22 |
| 22 | -7 | -26 | -176 | -76 | 214 | -56 | -68 | 9 | -66 | -41 | -122 | 36 | -3 | -2 | -136 | 23 |
| 23 | -6 | -25 | -111 | -76 | 214 | -55 | -68 | 9 | -66 | -41 | -122 | 37 | -3 | -2 | -136 | 25 |
| 24 | -5 | -24 | -175 | -77 | 214 | -54 | -68 | 9 | -66 | -40 | -122 | 38 | -3 | -2 | -136 | 26 |
| 25 | -5 | -24 | -176 | -77 | 214 | -53 | -68 | 9 | -66 | -41 | -122 | 37 | -3 | -2 | -135 | 27 |
| 26 | -4 | -24 | -111 | -77 | 214 | -56 | -68 | 9 | -66 | -41 | -122 | 37 | -3 | -2 | -135 | 29 |
| 27 | -2 | -24 | -175 | -78 | 214 | -52 | -68 | 9 | -66 | -40 | -122 | 39 | -3 | -2 | -135 | 30 |
| 28 | -1 | -24 | -173 | -79 | 213 | -52 | -68 | 9 | -66 | -40 | -122 | 38 | -3 | -2 | -134 | 32 |
| 29 | 0 | -23 | -174 | -79 | 213 | -50 | -68 | 9 | -66 | -40 | -122 | 38 | -3 | -2 | -134 | 33 |
| 30 | 0 | -22 | -173 | -79 | 213 | -48 | -68 | 9 | -66 | -40 | -122 | 40 | -3 | -2 | -134 | 35 |
| 31 | 1 | -22 | -174 | -80 | 213 | -111 | -68 | 9 | -66 | -40 | -122 | 39 | -3 | -2 | -134 | 36 |
| 32 | 3 | -22 | -173 | -81 | 213 | -45 | -68 | 9 | -66 | -38 | -122 | 41 | -3 | -2 | -133 | 38 |
| 33 | 4 | -22 | -174 | -81 | 213 | -45 | -68 | 9 | -67 | -39 | -123 | 40 | -3 | -2 | -133 | 39 |
| 34 | 4 | -21 | -172 | -82 | 213 | -45 | -68 | 9 | -65 | -39 | -123 | 41 | -3 | -2 | -133 | 41 |
| 35 | 6 | -21 | -174 | -83 | 212 | -46 | -68 | 9 | -66 | -38 | -123 | 41 | -3 | -2 | -132 | 43 |
| 36 | 7 | -21 | -173 | -84 | 212 | -46 | -68 | 9 | -66 | -39 | -123 | 42 | -3 | -2 | -132 | 45 |
| 37 | 8 | -21 | -172 | -85 | 212 | -44 | -68 | 9 | -66 | -37 | -123 | 42 | -3 | -2 | -132 | 47 |
| 38 | 9 | -20 | -173 | -86 | 211 | -44 | -68 | 9 | -66 | -38 | -123 | 43 | -3 | -2 | -132 | 49 |
| 39 | 11 | -20 | -172 | -88 | 211 | -43 | -68 | 9 | -66 | -36 | -123 | 44 | -3 | -2 | -131 | 51 |
| 40 | 13 | -19 | -173 | -89 | 211 | -42 | -69 | 9 | -66 | -36 | -123 | 44 | -3 | -2 | -131 | 53 |
| 41 | 12 | -19 | -173 | -90 | 211 | -40 | -69 | 8 | -66 | -36 | -124 | 46 | -3 | -2 | -131 | 55 |
| 42 | 15 | -19 | -172 | -92 | 210 | -41 | -69 | 8 | -66 | -37 | -124 | 45 | -3 | -2 | -130 | 57 |
| 43 | 14 | -18 | -172 | -92 | 210 | -40 | -69 | 8 | -66 | -35 | -124 | 46 | -3 | -2 | -130 | 59 |
| 44 | 15 | -19 | -173 | -93 | 210 | -39 | -69 | 8 | -66 | -35 | -124 | 46 | -3 | -2 | -130 | 61 |
| 45 | 17 | -18 | -172 | -94 | 209 | -38 | -69 | 8 | -66 | -34 | -124 | 47 | -3 | -2 | -129 | 63 |
| 46 | 16 | -18 | -172 | -95 | 209 | -37 | -69 | 8 | -66 | -34 | -124 | 47 | -3 | -2 | -129 | 65 |
| 47 | 19 | -18 | -172 | -96 | 207 | -37 | -69 | 8 | -66 | -32 | -124 | 49 | -3 | -2 | -129 | 67 |
| 48 | 21 | -18 | -173 | -97 | 208 | -36 | -69 | 8 | -67 | -33 | -124 | 49 | -3 | -2 | -129 | 69 |
| 49 | 21 | -17 | -172 | -98 | 207 | -36 | -69 | 8 | -67 | -31 | -125 | 50 | -3 | -2 | -128 | 71 |
| 50 | 20 | -18 | -173 | -99 | 207 | -34 | -69 | 8 | -67 | -31 | -125 | 50 | -3 | -2 | -128 | 74 |
| 51 | 21 | -18 | -171 | -100 | 207 | -35 | -70 | 8 | -66 | -31 | -125 | 51 | -3 | -2 | -128 | 76 |
| 52 | 21 | -17 | -173 | -101 | 206 | -33 | -69 | 7 | -67 | -29 | -125 | 52 | -3 | -2 | -128 | 78 |
| 53 | 22 | -18 | -171 | -102 | 205 | -32 | -69 | 7 | -67 | -29 | -125 | 53 | -3 | -2 | -128 | 80 |
| 54 | 21 | -18 | -173 | -103 | 205 | -30 | -70 | 7 | -66 | -28 | -125 | 53 | -3 | -2 | -128 | 82 |
| 55 | 22 | -16 | -171 | -104 | 205 | -30 | -70 | 7 | -67 | -27 | -125 | 54 | -3 | -2 | -128 | 85 |
| 56 | 23 | -18 | -172 | -105 | 205 | -29 | -70 | 7 | -67 | -27 | -126 | 54 | -3 | -2 | -127 | 87 |
| 57 | 21 | -18 | -170 | -106 | 204 | -29 | -70 | 7 | -67 | -25 | -126 | 56 | -3 | -2 | -126 | 89 |
| 58 | 21 | -18 | -171 | -108 | 203 | -27 | -70 | 7 | -67 | -25 | -126 | 55 | -3 | -2 | -126 | 91 |
| 59 | 21 | -17 | -171 | -109 | 203 | -26 | -70 | 7 | -67 | -24 | -126 | 55 | -3 | -2 | -126 | 93 |
| 60 | 19 | -17 | -172 | -110 | 203 | -24 | -70 | 7 | -67 | -23 | -126 | 56 | -3 | -2 | -126 | 95 |
| 61 | 19 | -18 | -171 | -111 | 202 | -20 | -70 | 7 | -67 | -23 | -126 | 57 | -3 | -2 | -126 | 98 |
| 62 | 19 | -17 | -171 | -112 | 202 | -20 | -70 | 7 | -67 | -22 | -126 | 59 | -3 | -2 | -125 | 100 |
| 63 | 17 | -17 | -171 | -112 | 201 | -20 | -71 | 7 | -67 | -21 | -126 | 59 | -3 | -2 | -125 | 102 |
| 64 | 16 | -18 | -171 | -113 | 201 | -20 | -70 | 7 | -67 | -19 | -126 | 59 | -3 | -2 | -125 | 104 |
| 65 | 15 | -17 | -172 | -114 | 200 | -21 | -71 | 7 | -67 | -20 | -126 | 61 | -3 | -2 | -125 | 106 |
| 66 | 15 | -17 | -170 | -114 | 200 | -21 | -71 | 7 | -68 | -18 | -126 | 61 | -3 | -2 | -124 | 108 |
| 67 | 13 | -18 | -172 | -115 | 199 | -20 | -71 | 7 | -67 | -18 | -126 | 61 | -3 | -2 | -124 | 111 |
| 68 | 12 | -18 | -171 | -116 | 199 | -18 | -71 | 7 | -67 | -16 | -126 | 60 | -3 | -2 | -124 | 113 |
| 69 | 10 | -18 | -170 | -116 | 199 | -17 | -71 | 7 | -67 | -15 | -126 | 62 | -3 | -2 | -124 | 115 |
| 70 | 8 | -18 | -172 | -117 | 199 | -17 | -71 | 7 | -68 | -15 | -126 | 63 | -3 | -2 | -124 | 117 |
| 71 | 7 | -19 | -173 | -118 | 197 | -15 | -72 | 7 | -68 | -13 | -126 | 63 | -3 | -2 | -124 | 119 |
| 72 | 8 | -18 | -170 | -119 | 197 | -14 | -72 | 7 | -68 | -12 | -126 | 64 | -3 | -2 | -123 | 121 |

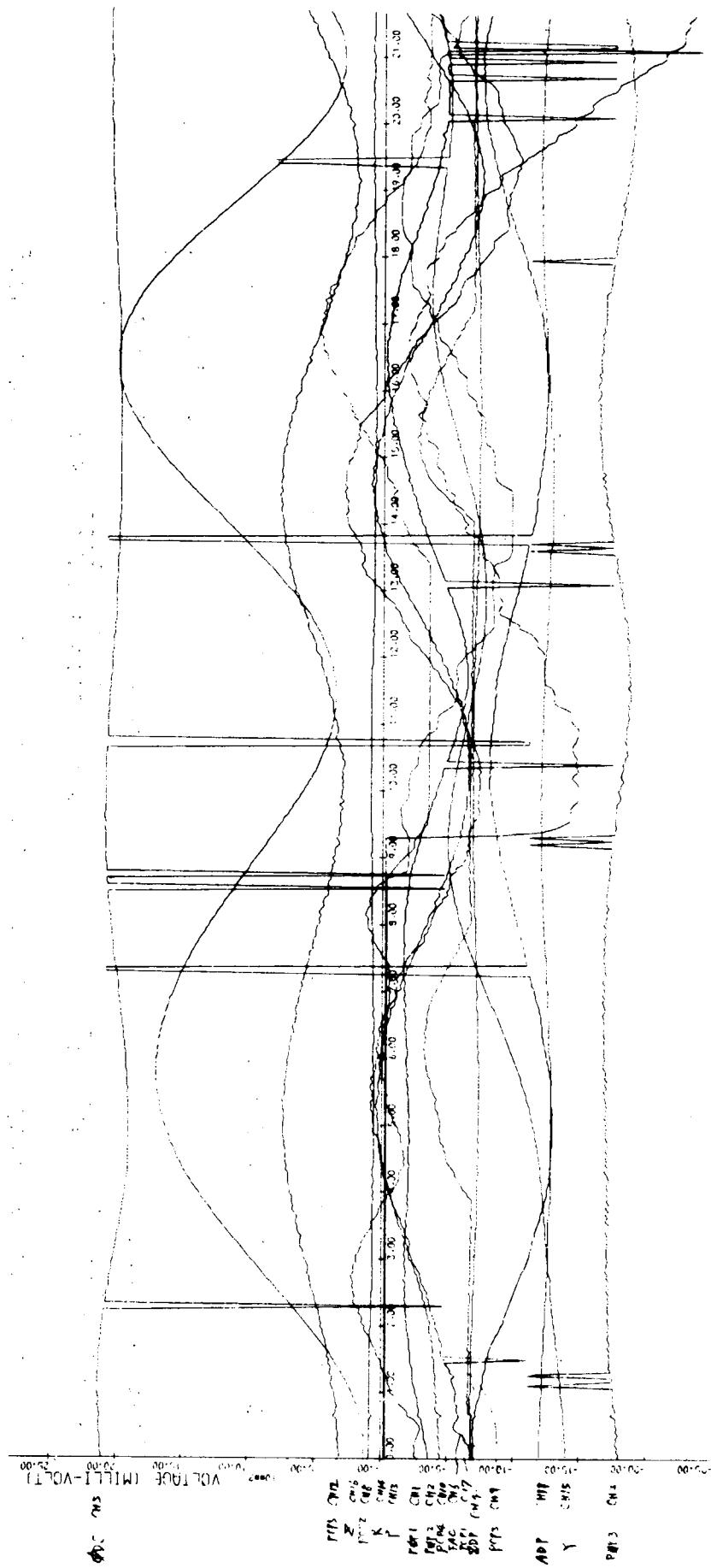


图 2.2.2 $\bar{\tau} - \tau$, $\bar{\tau} - \tau$ 波形例 Sample of Data Display

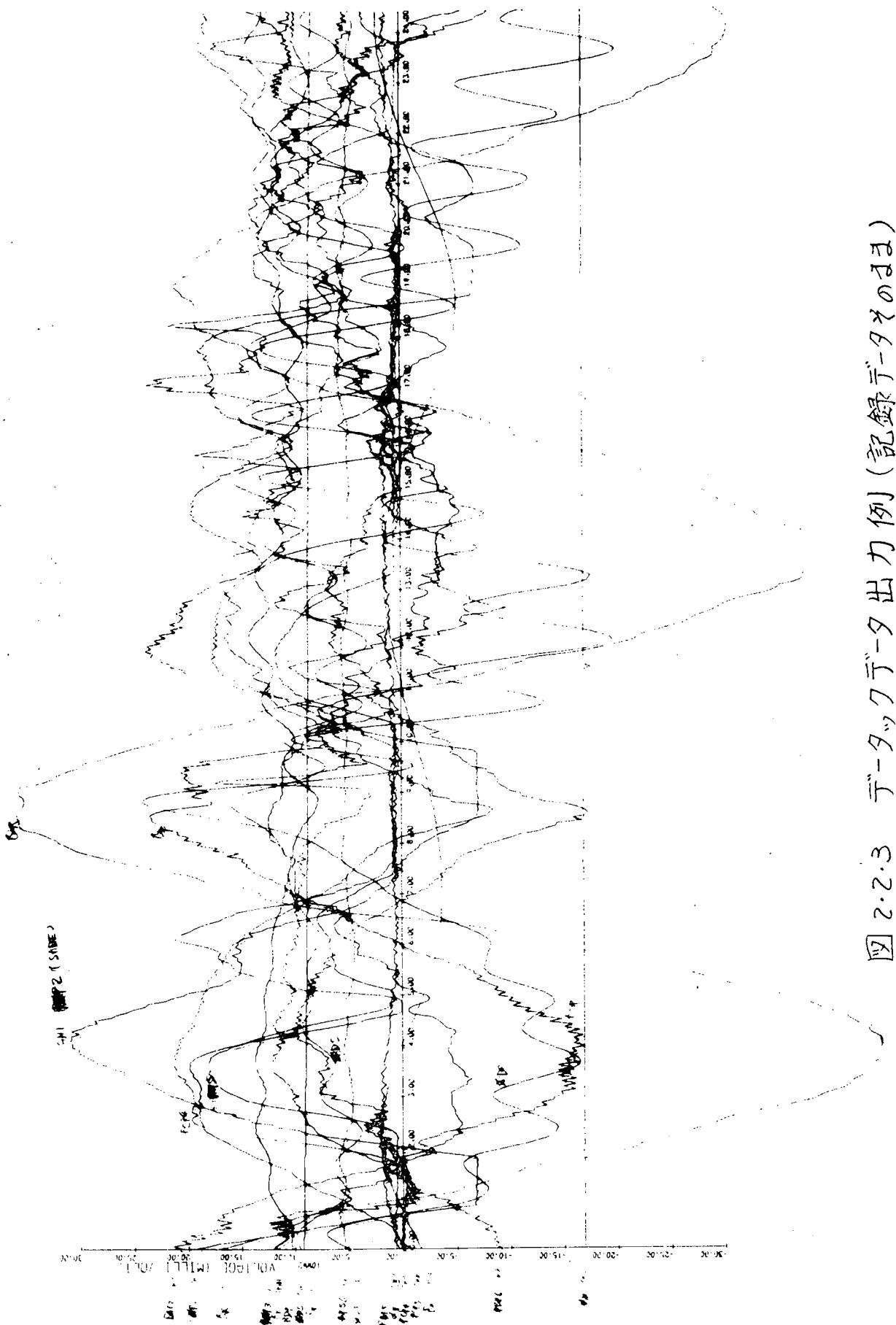


図 2.2.3 テーテムデータ出力例 (記録データの様子)
Sample of Data Display (As reproduced)

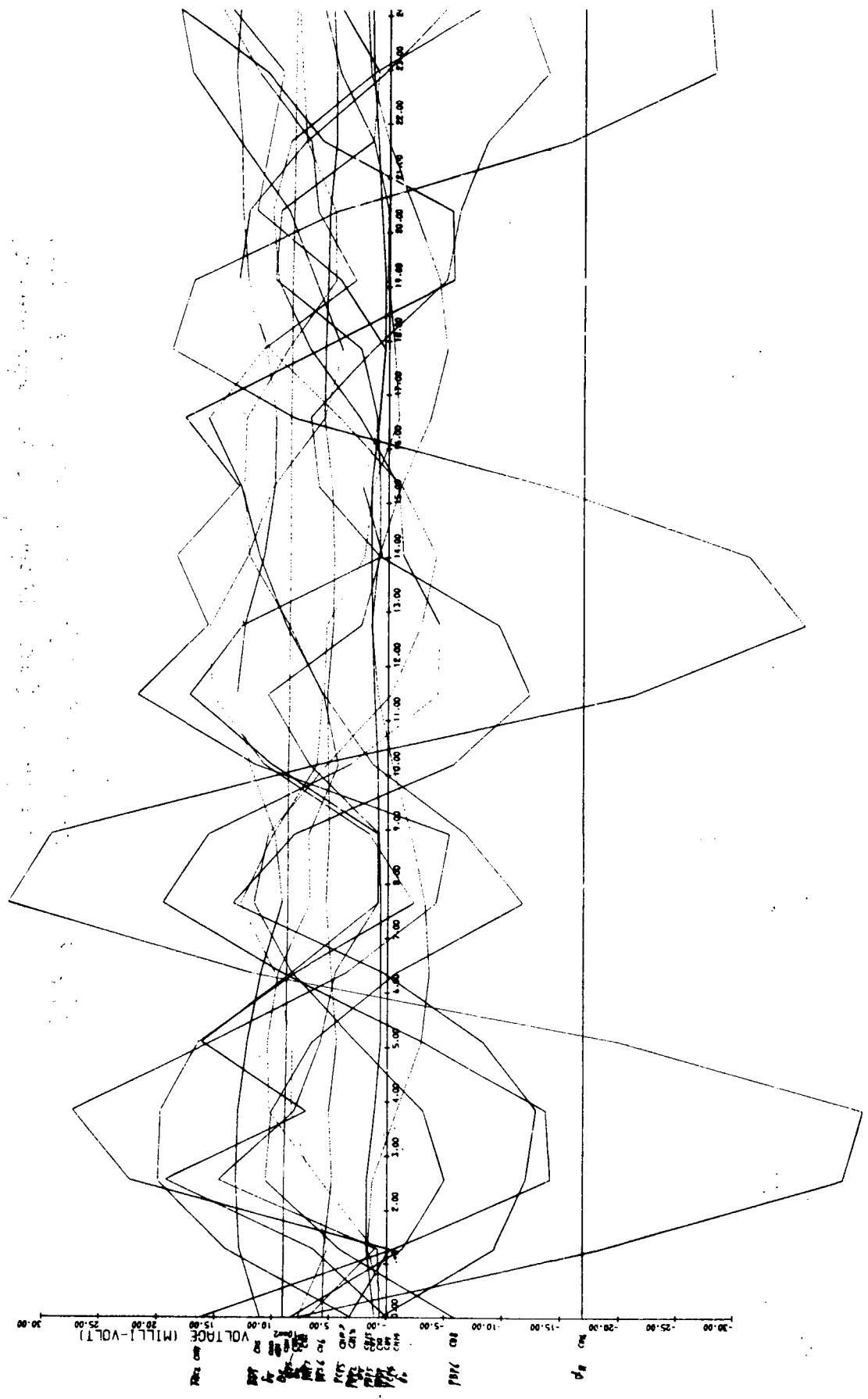


図 2.2.4 $\bar{\tau}''-\bar{\tau}_1''-\bar{\tau}_2''-\bar{\tau}_3''$ 出力例（振動成分を除去）
Sample of Data Display (Vibration cut)

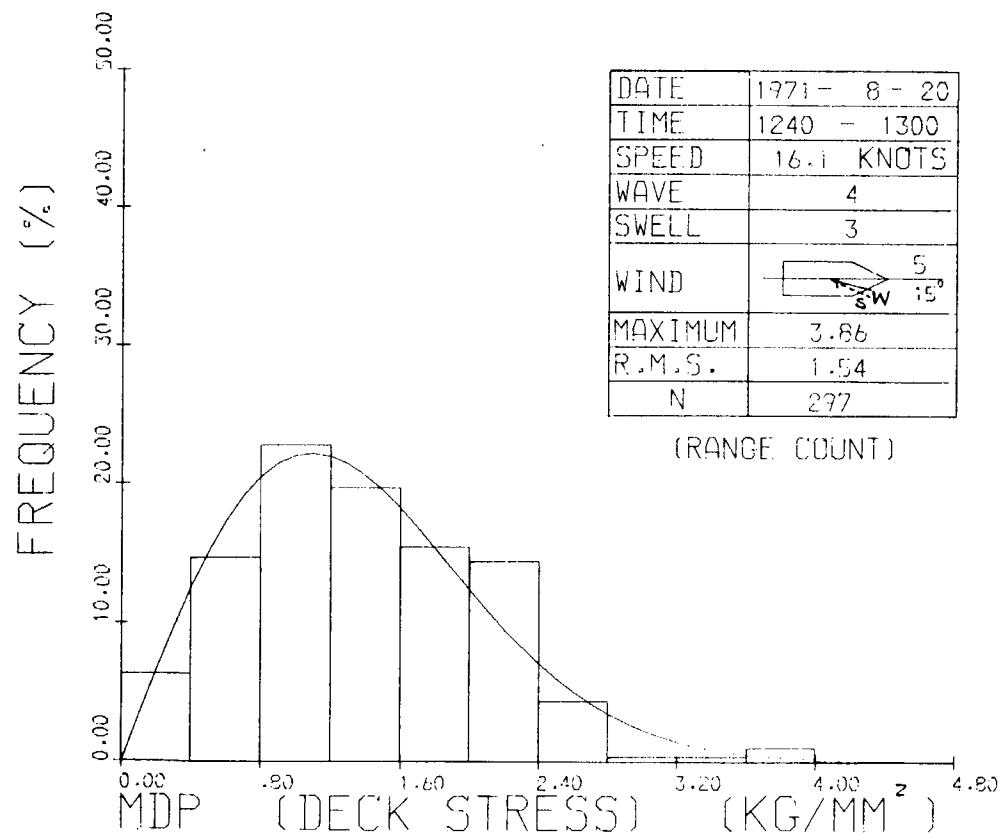
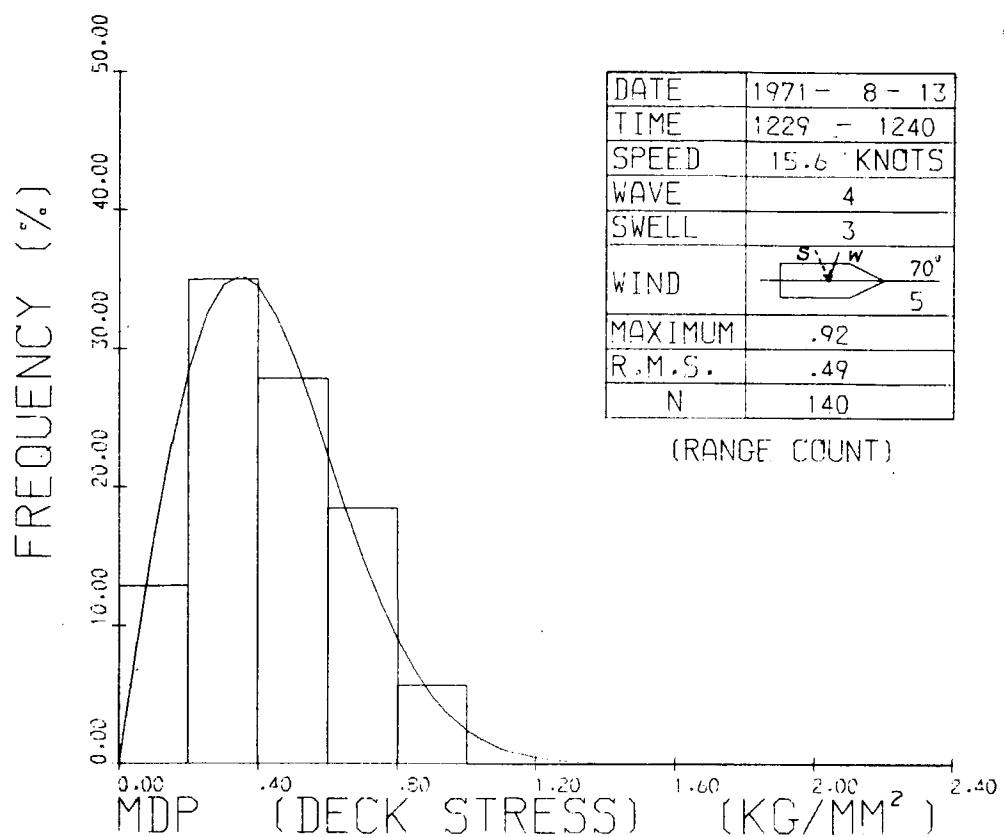


図 2.3.1 上甲板変動応力短期分布例
Sample of Short Term Distribution of Wave Bending Stress of Upper Deck Amidship

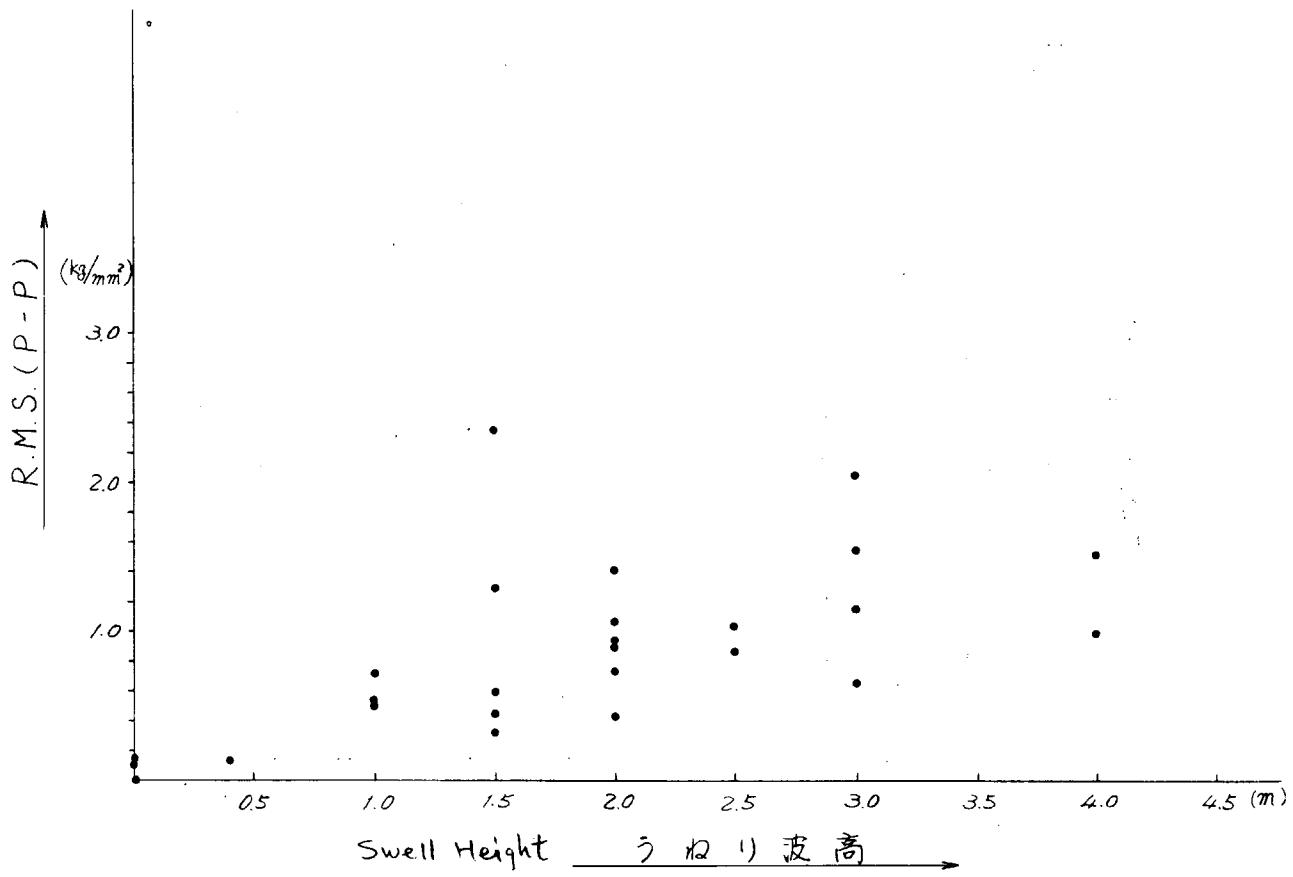
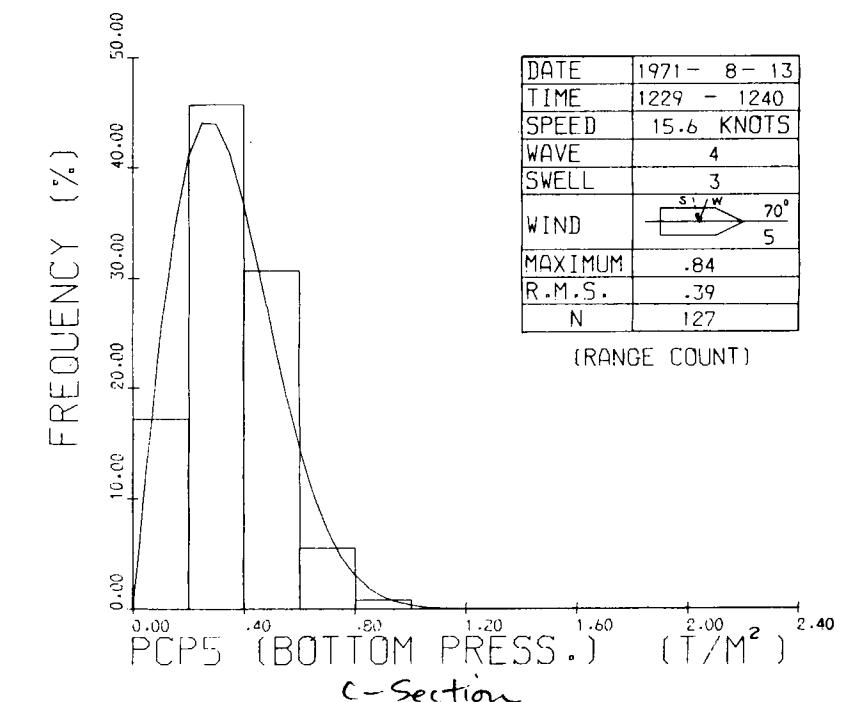
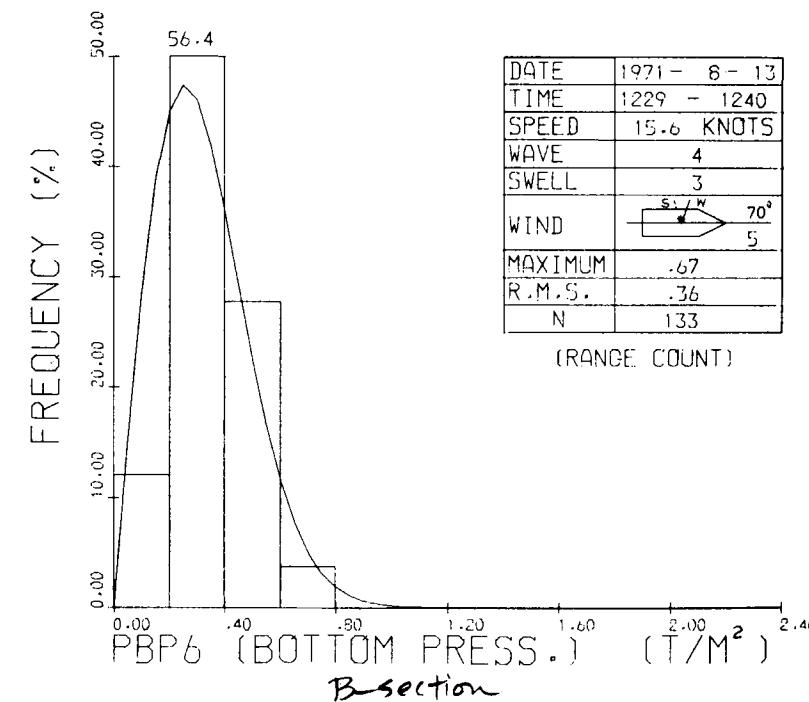
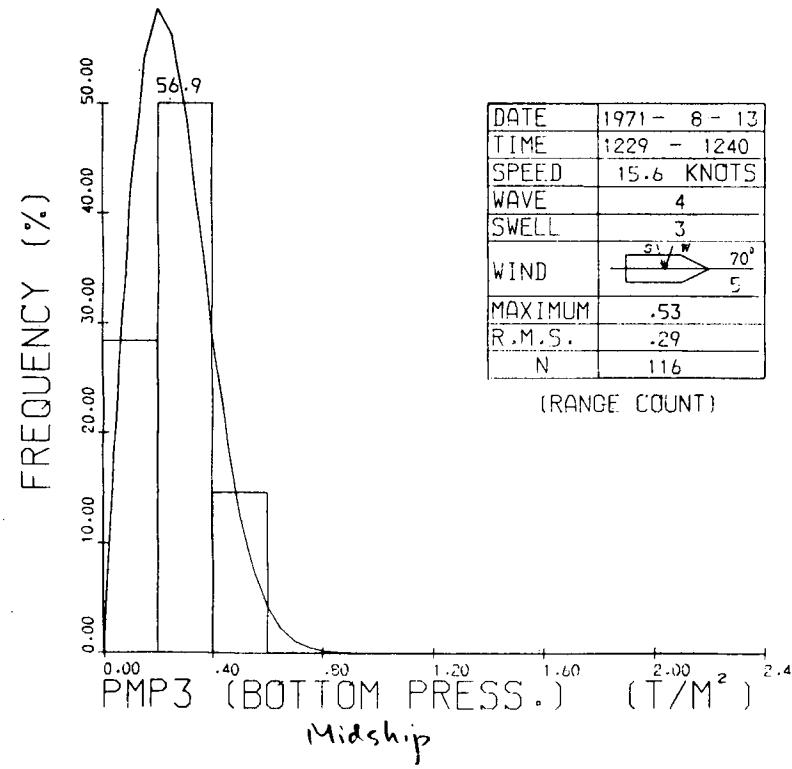
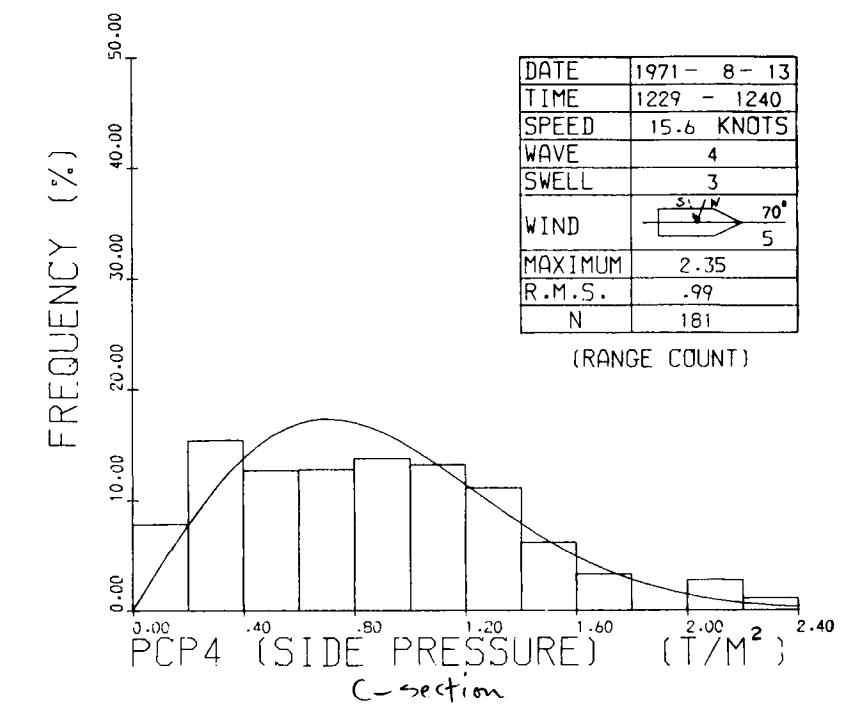
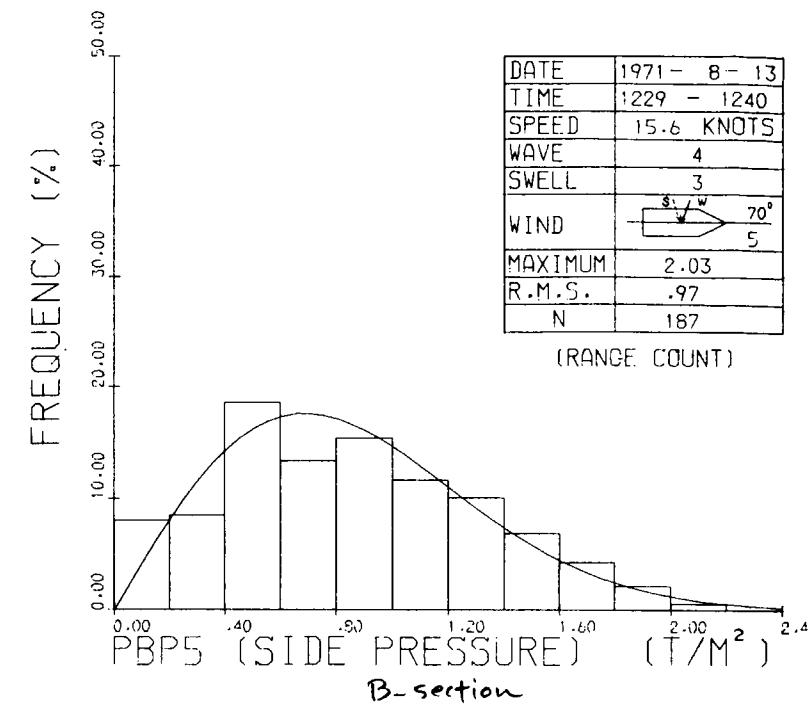
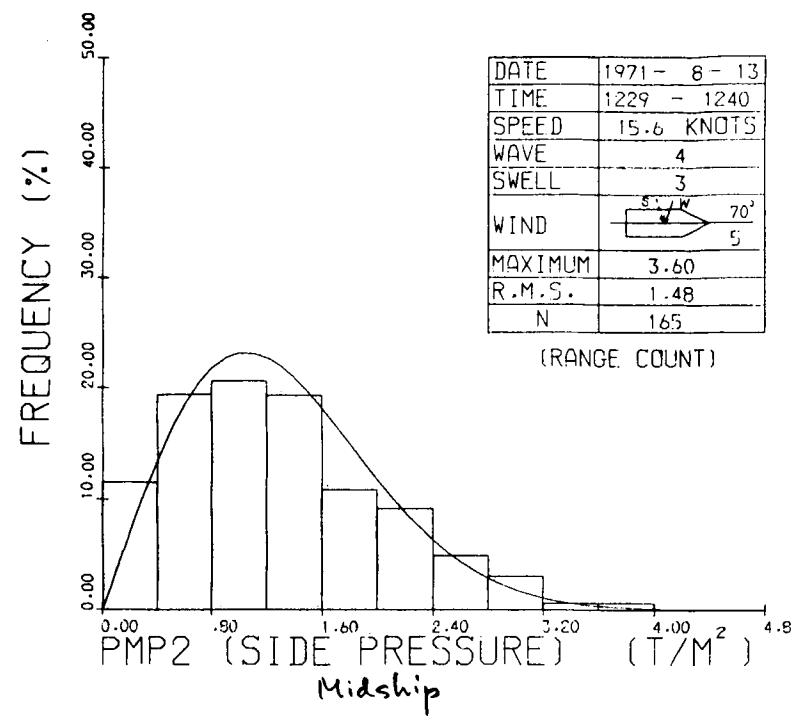


図 2.3.2 船体中央部上甲板変動応力
RMS of Range of Wave Bending Stress at Upper Deck Amidship



Short Term Distribution of Wave Pressure (peak-to-peak range)

図 2.3.3 船側船底変動水圧短期分布例

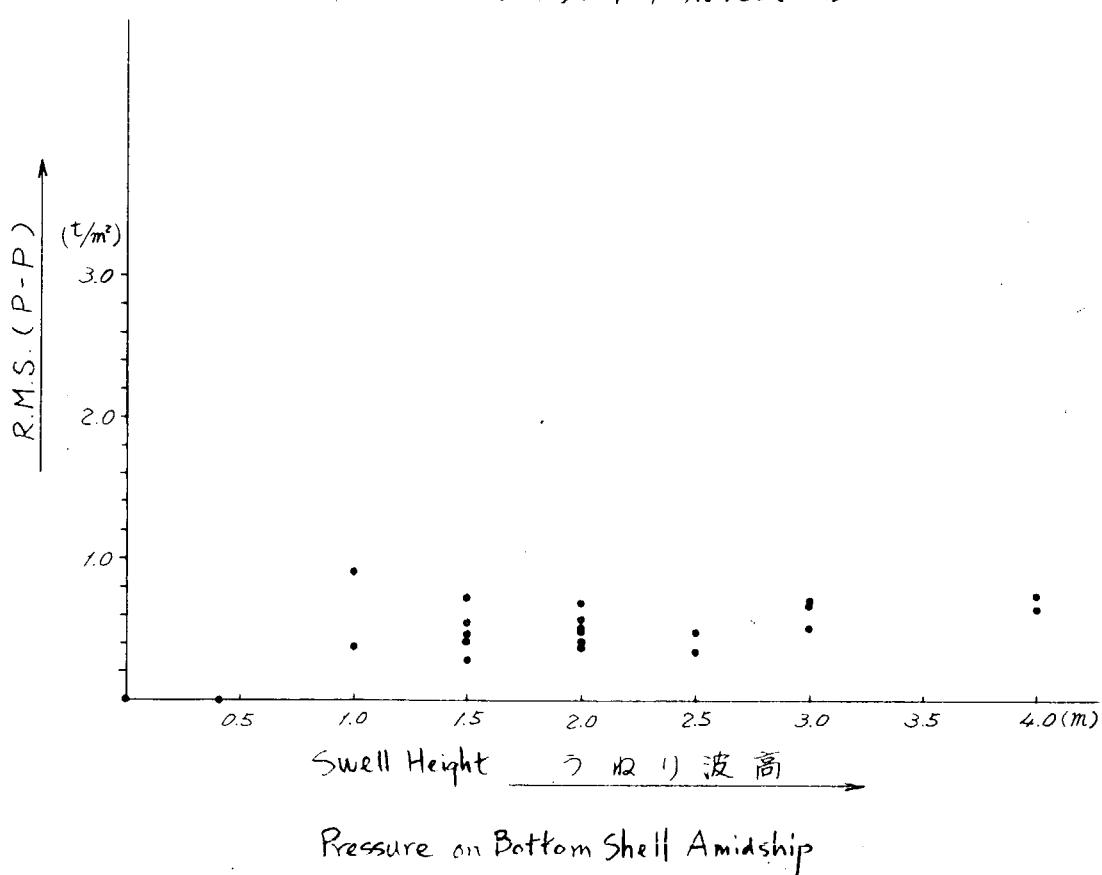
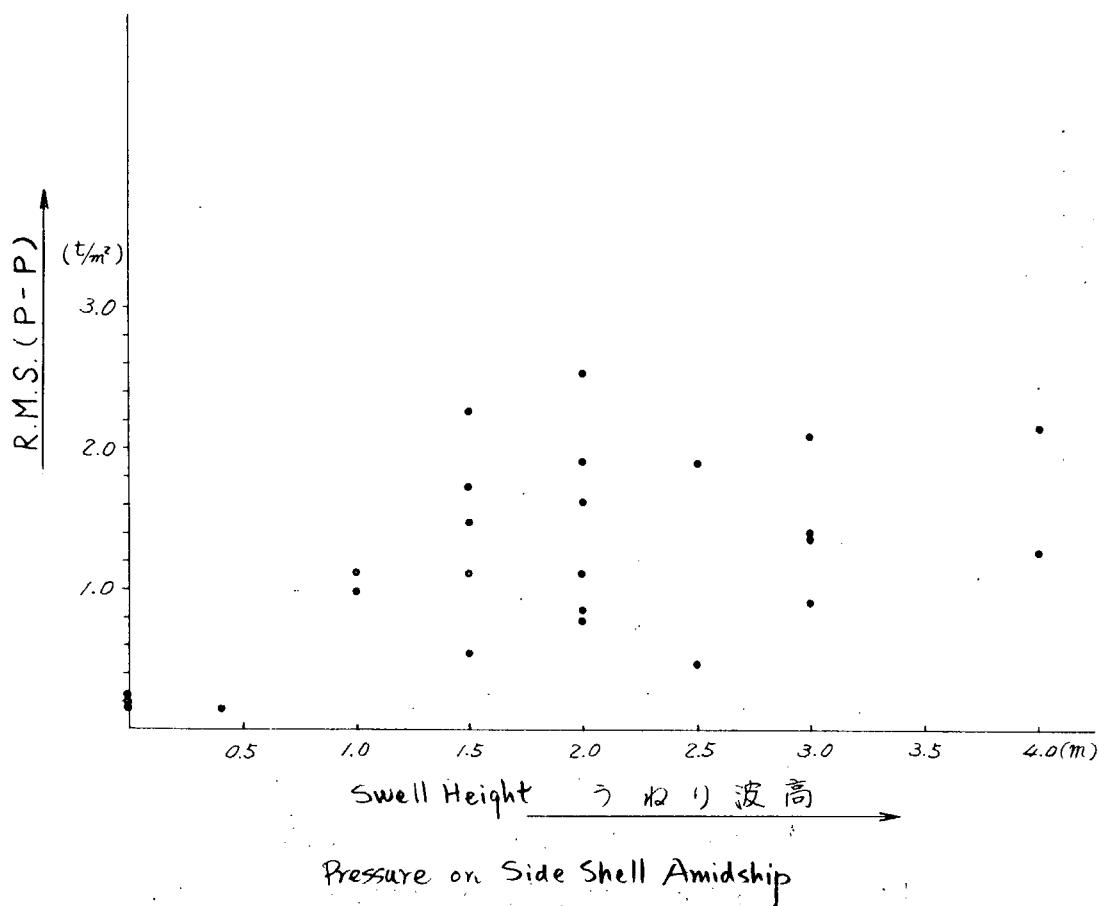


図 2.3.5 船体中央部船底変動水圧

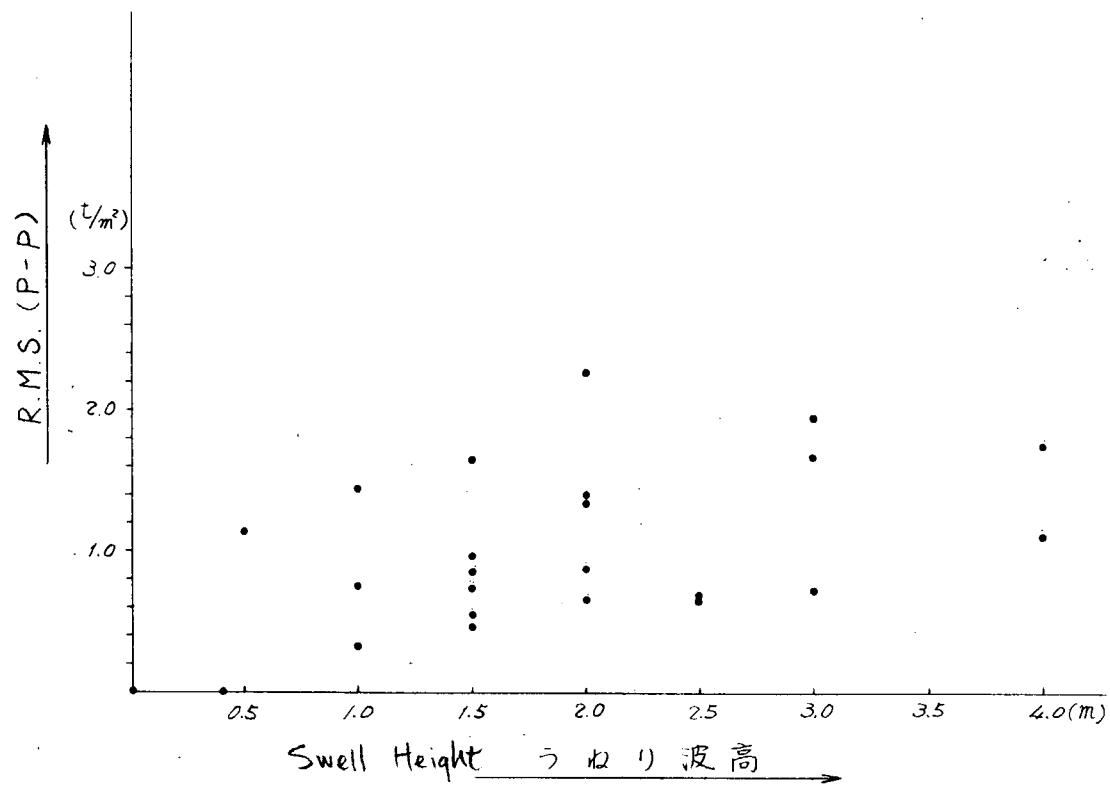


図 2.3.6 船首部船側変動水圧 (0.1L from F.P.)

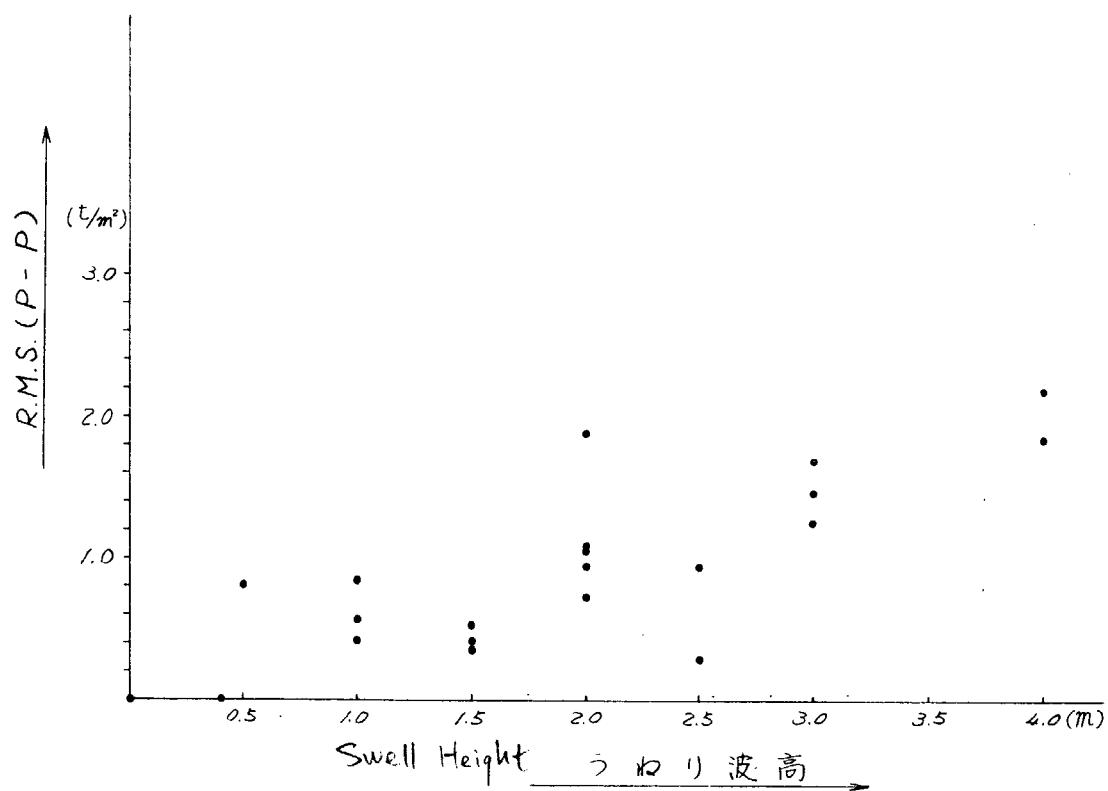


図 2.3.7 船首部船底変動水圧 (0.1L from F.P.)

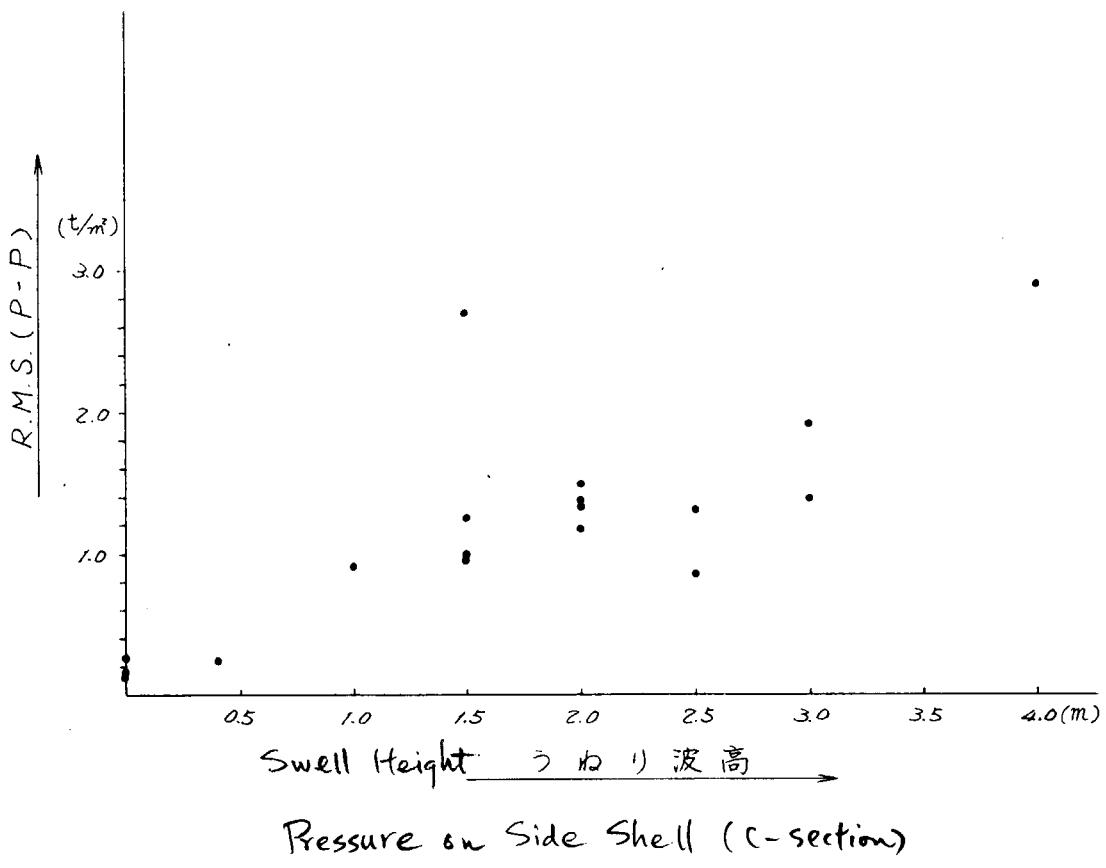


図2.3.8 船首部船側変動水圧(0.05L from F.P.)

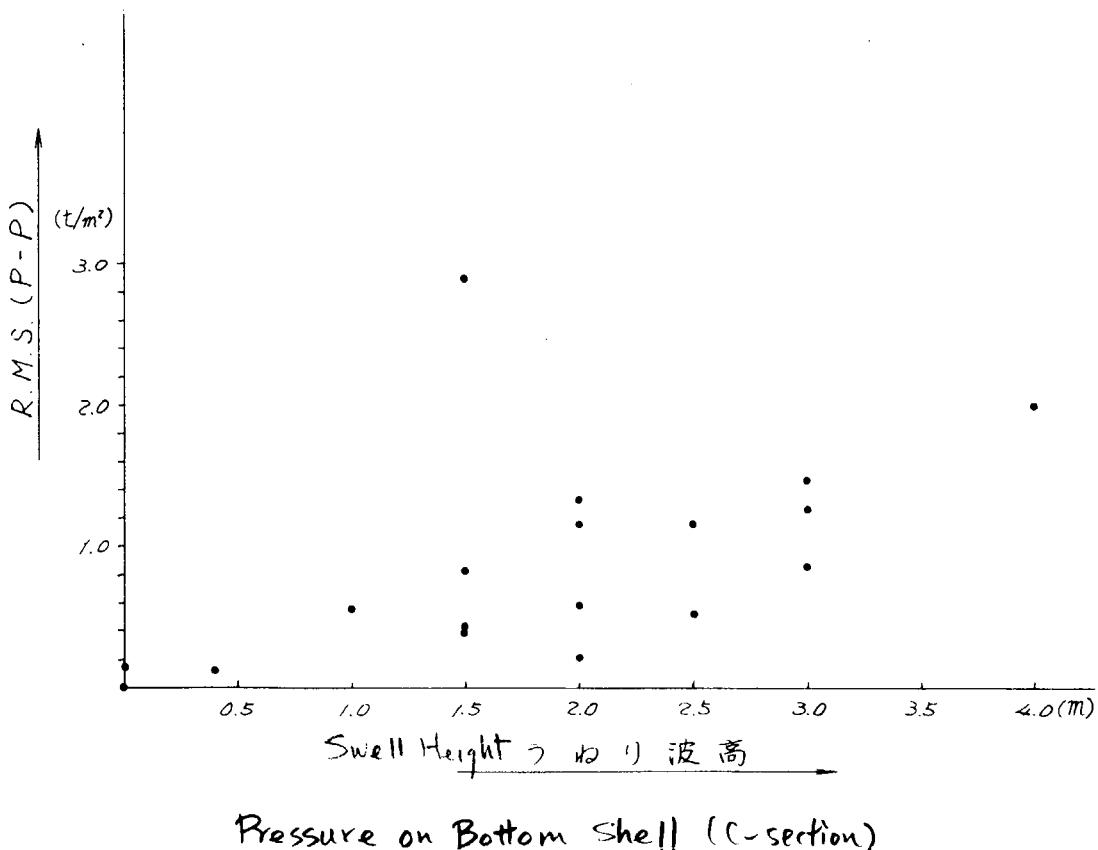
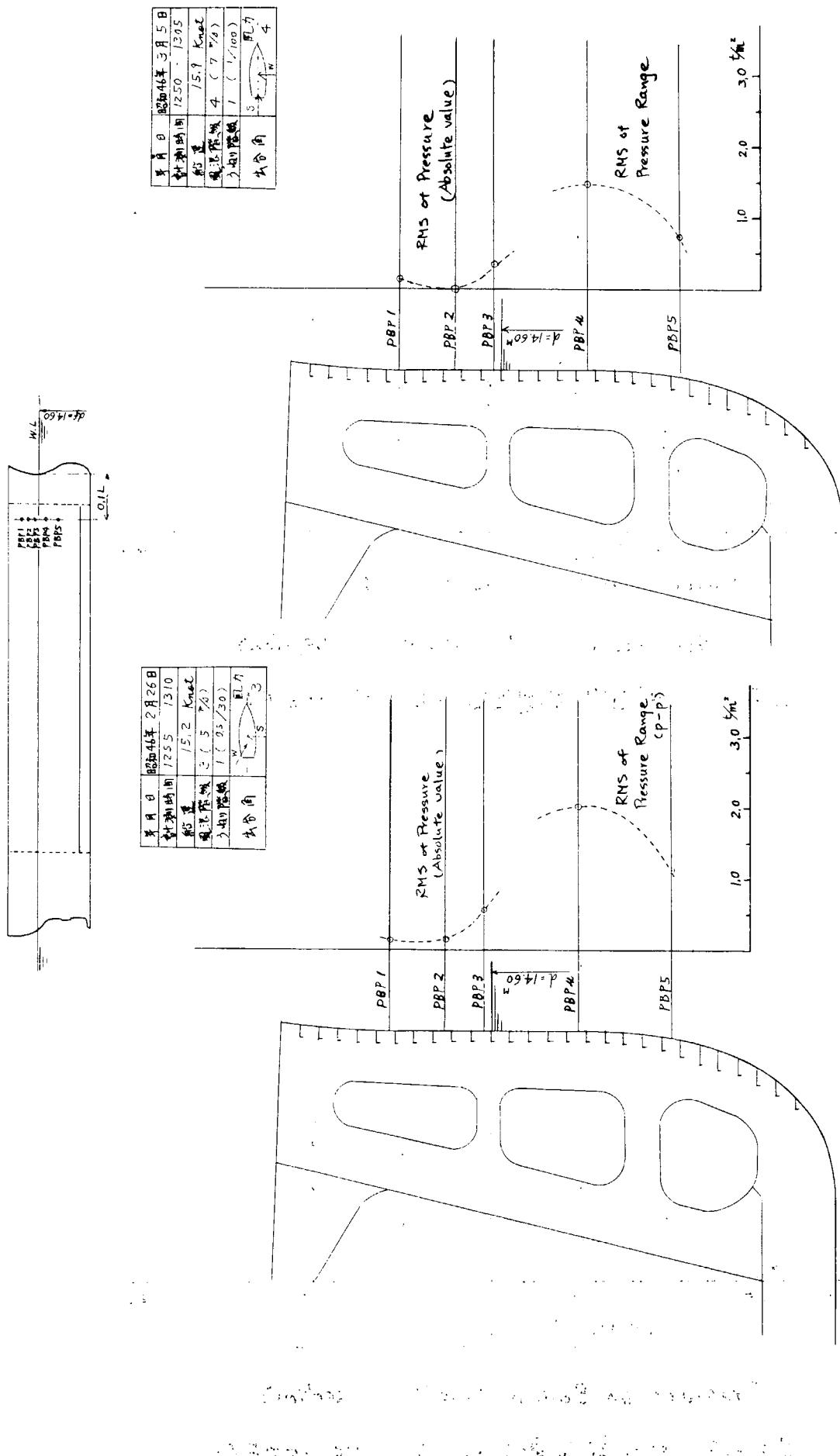
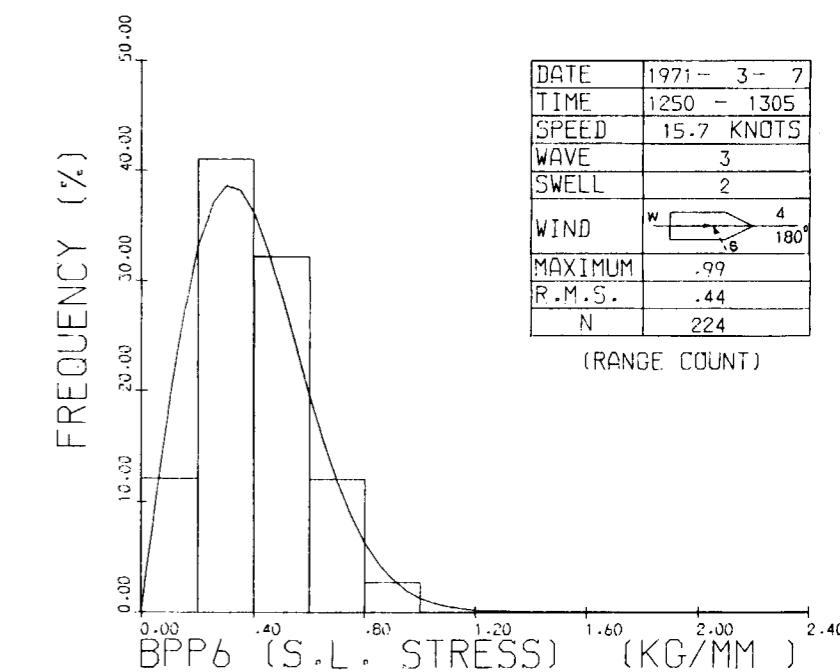
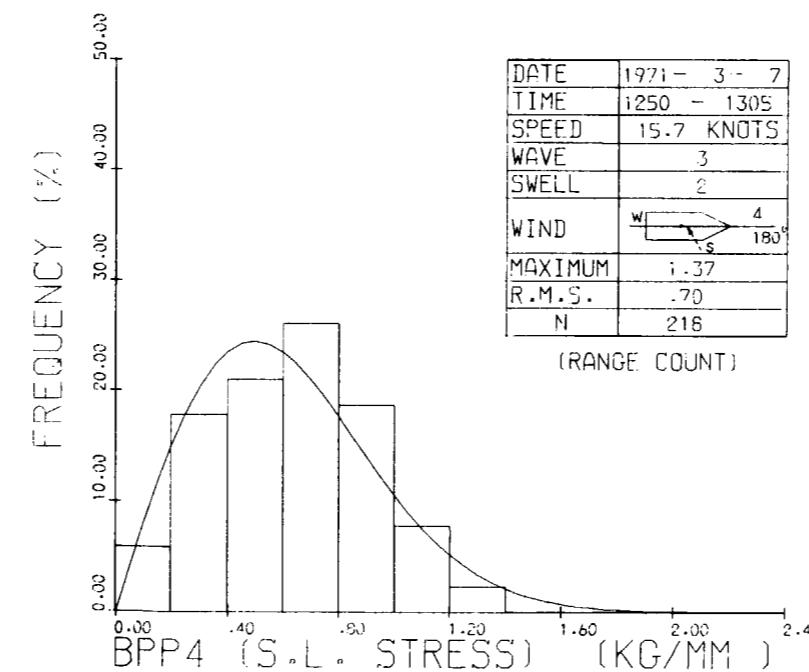
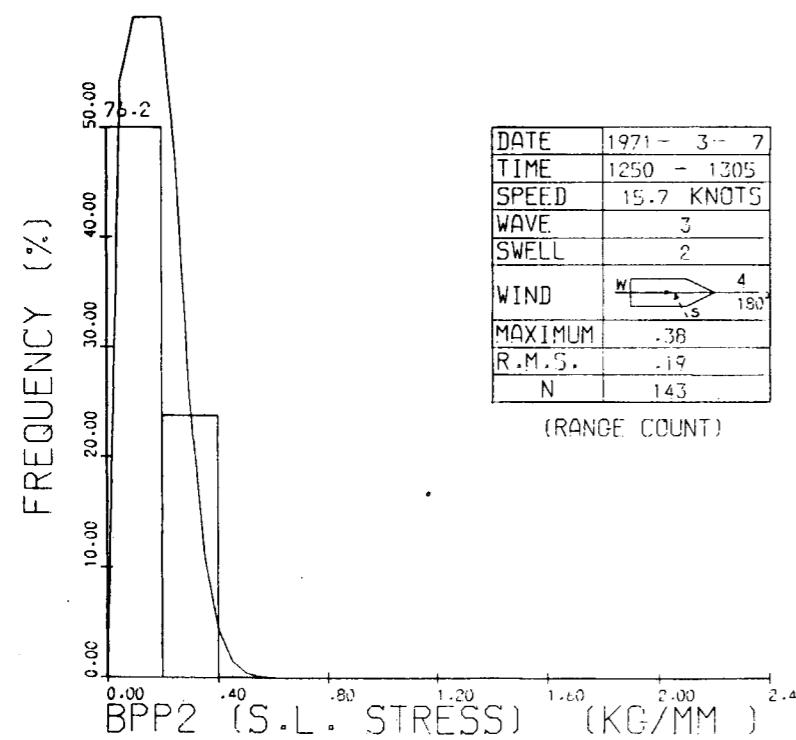
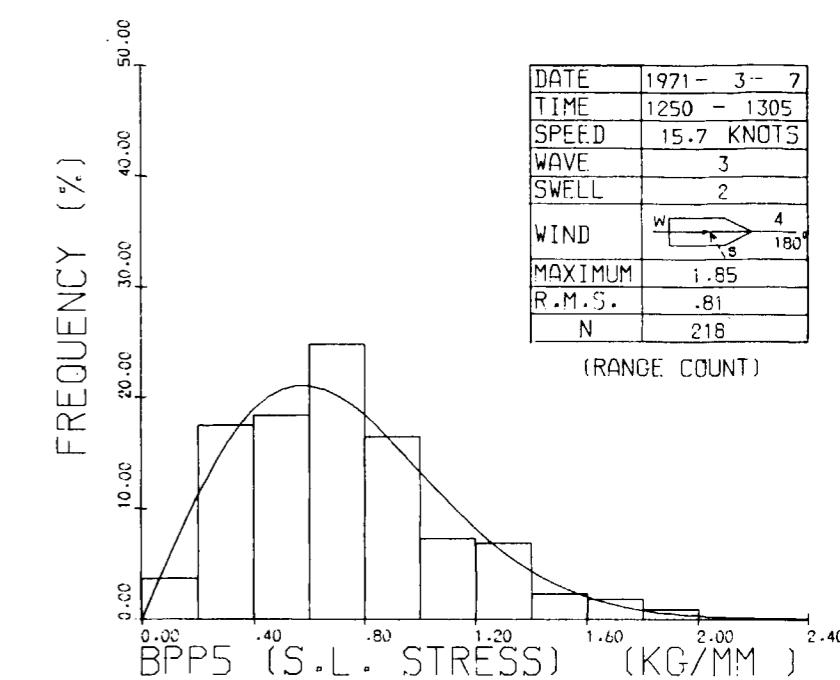
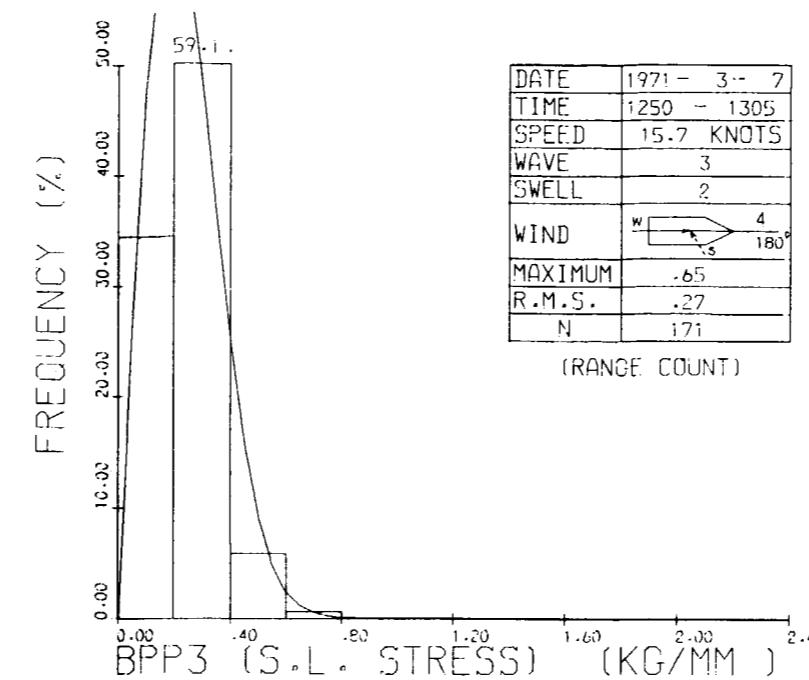
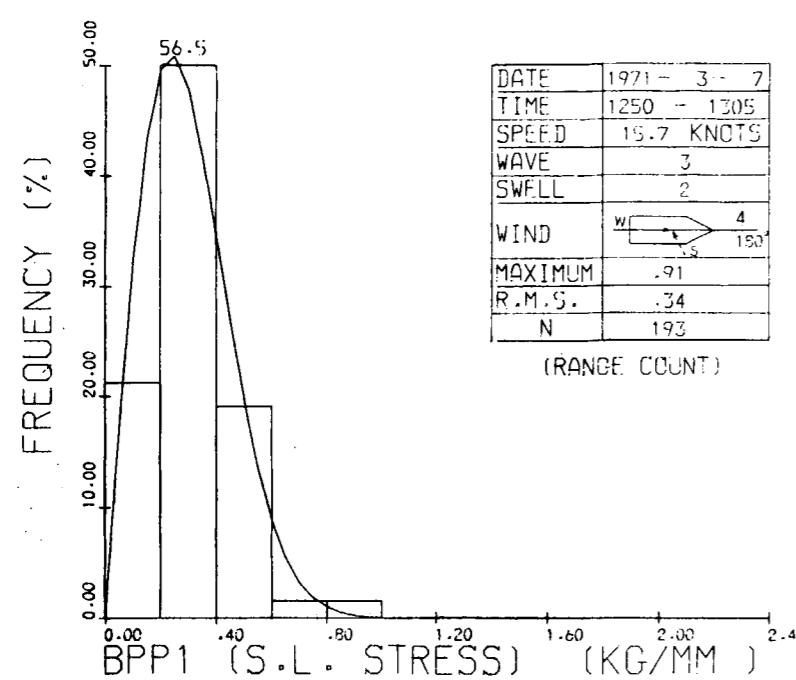


図2.3.9 船首部船底変動水圧(0.05L from F.P.)

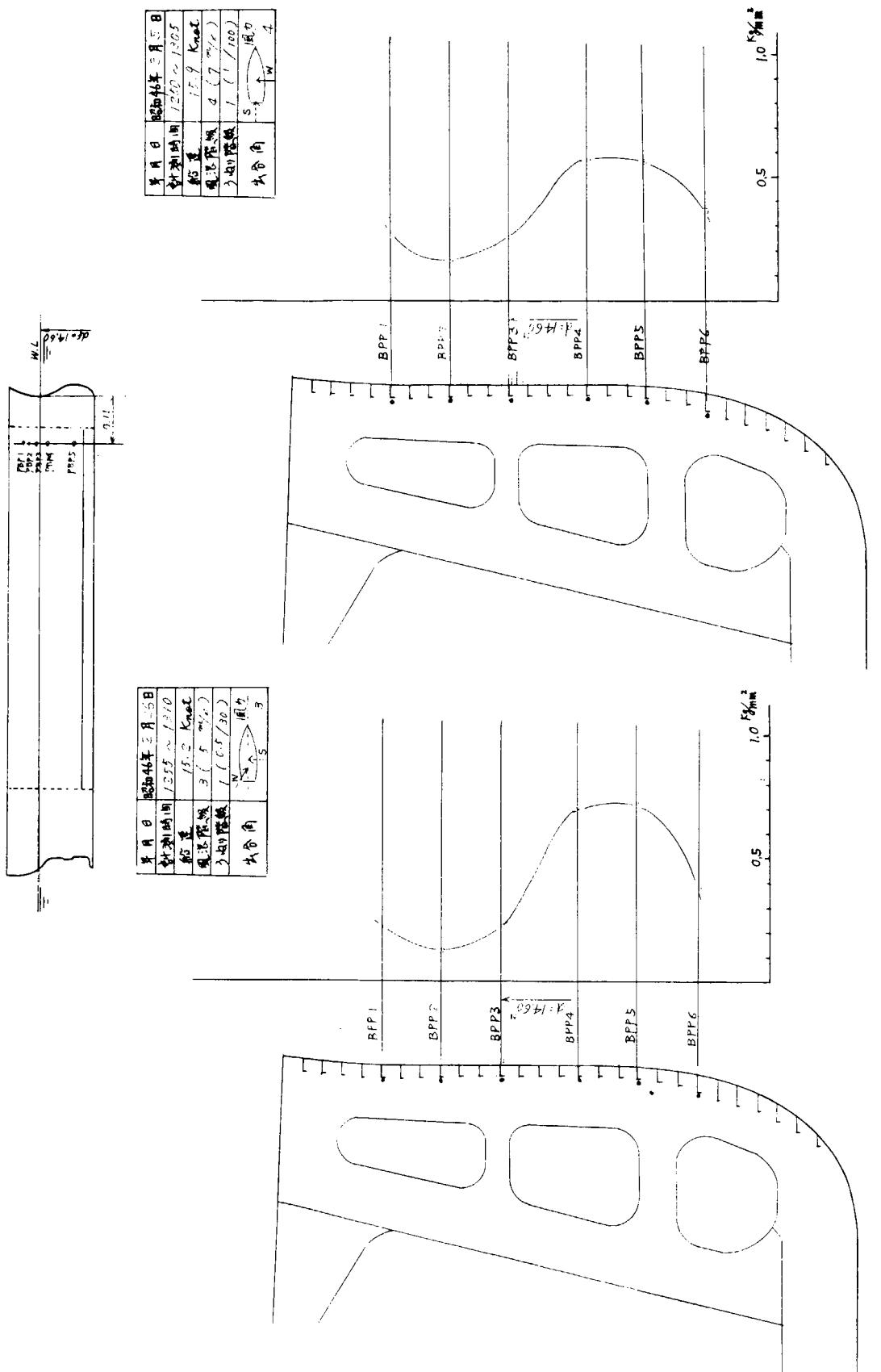


R.M.S. or Wave Pressure on Side Shell at B-section
図 2.3.10 箱首部変動水压 (σ_{1L} from F.P.)



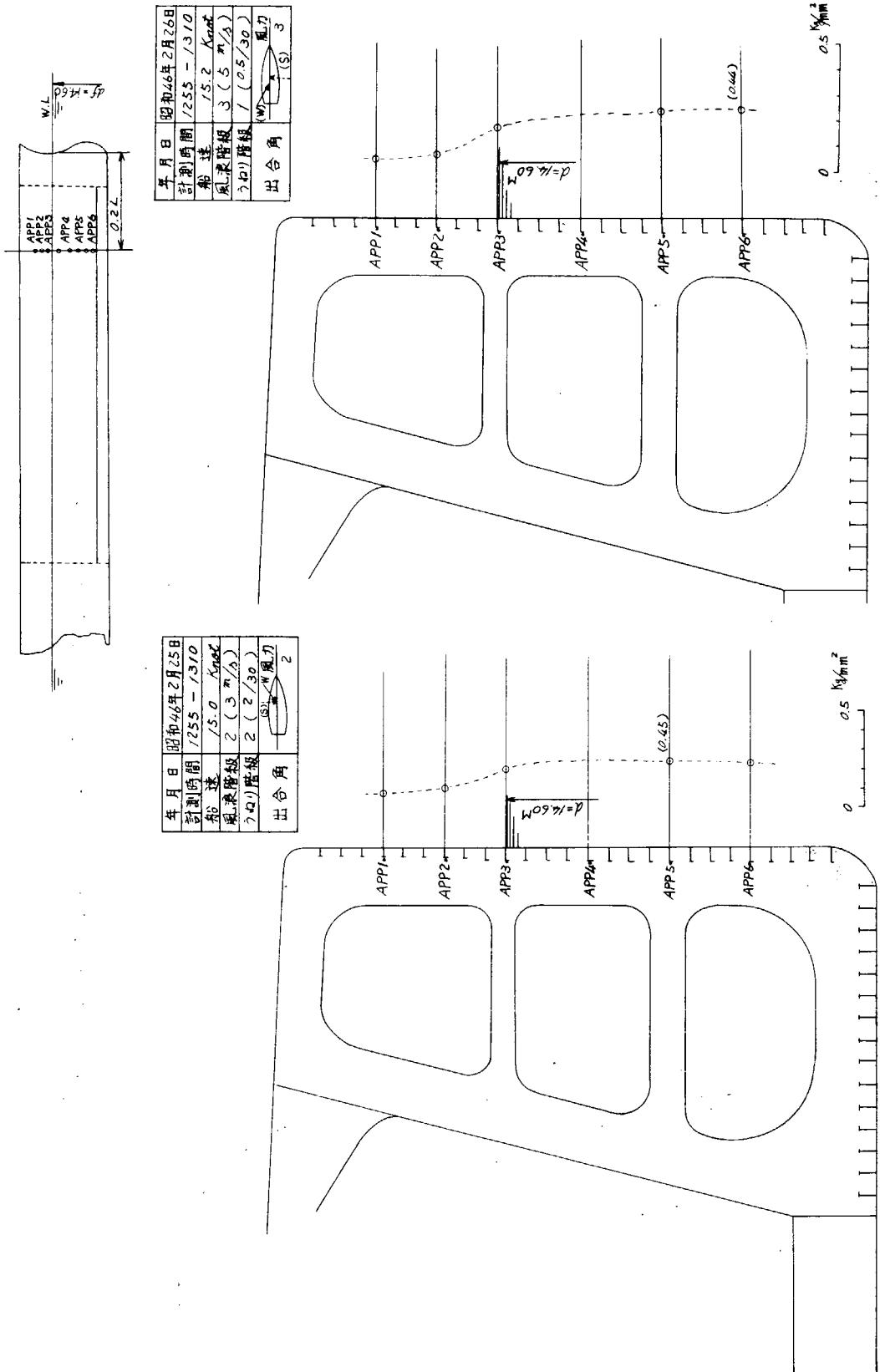
Short Term Distribution of Stress Range (p-p)
of Longitudinal Frames at B-section (0.1L from F.P.)

図 2.3.12 船首部変動応力短期分布例

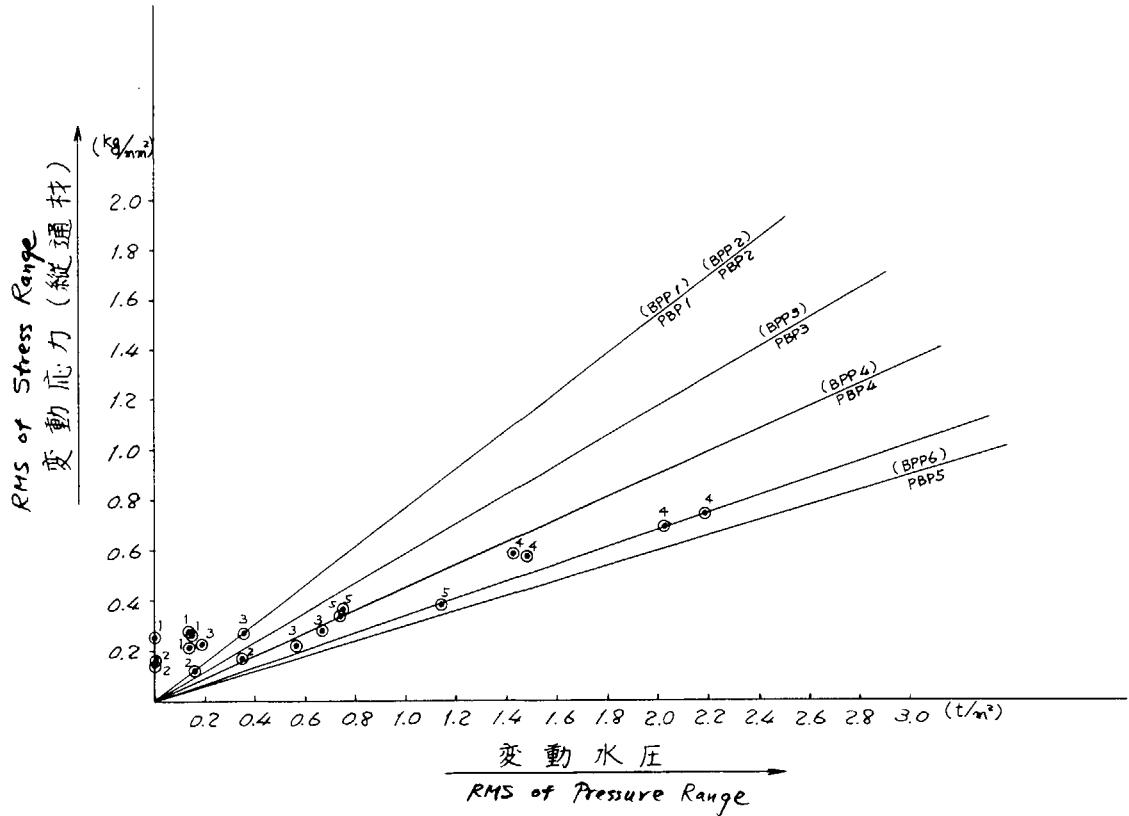


R.M.S. of Range(p-p) of Stress of Long. Frames at B-section

図 2-3-13 船首部縦通材変動応力 ($\alpha_1 \angle$ from F.P.)

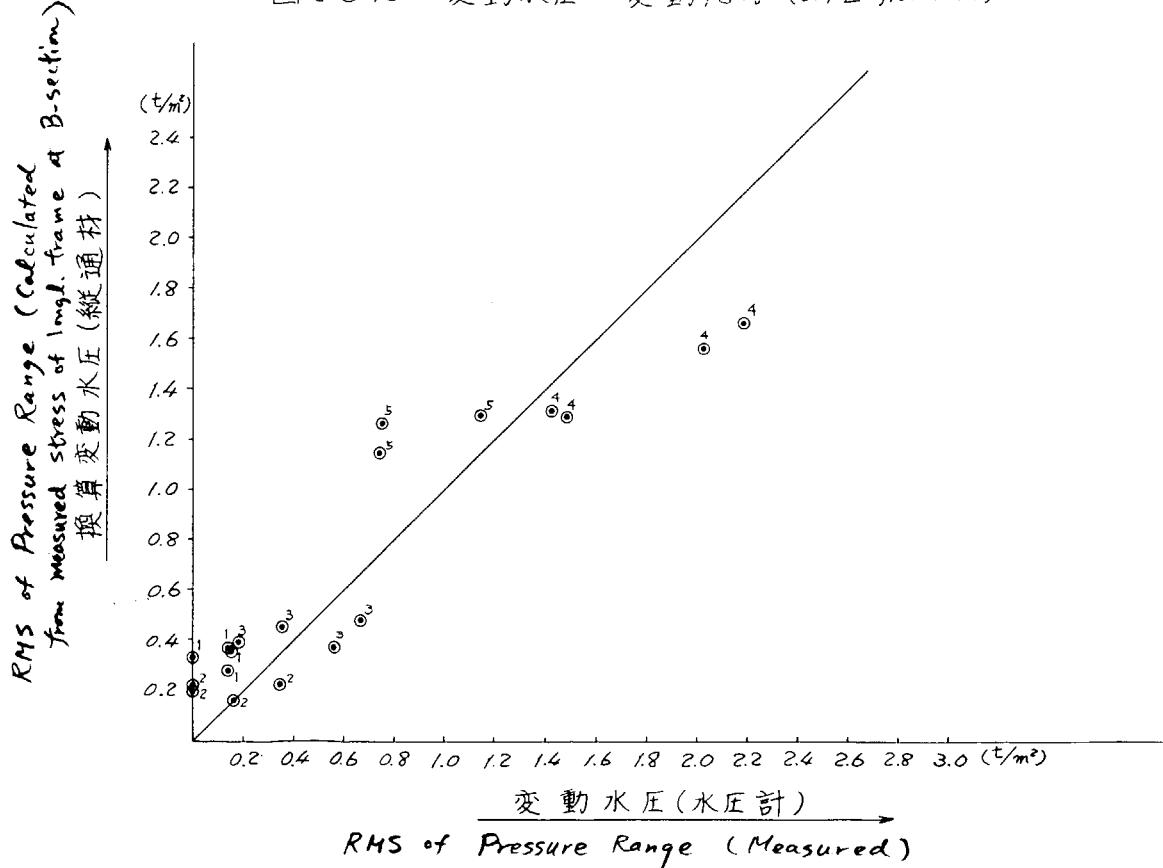


R.M.S. of Range (pp) of Streses of Long. Frames at A. Section
図 2.3.14 船側)縦通材変動応力 ($0.2L$ from F.P.)



Wave Pressure vs. Stress of Longl. Frame

図 2.3.15 変動水圧 - 変動応力 (0.1L from F.P.)

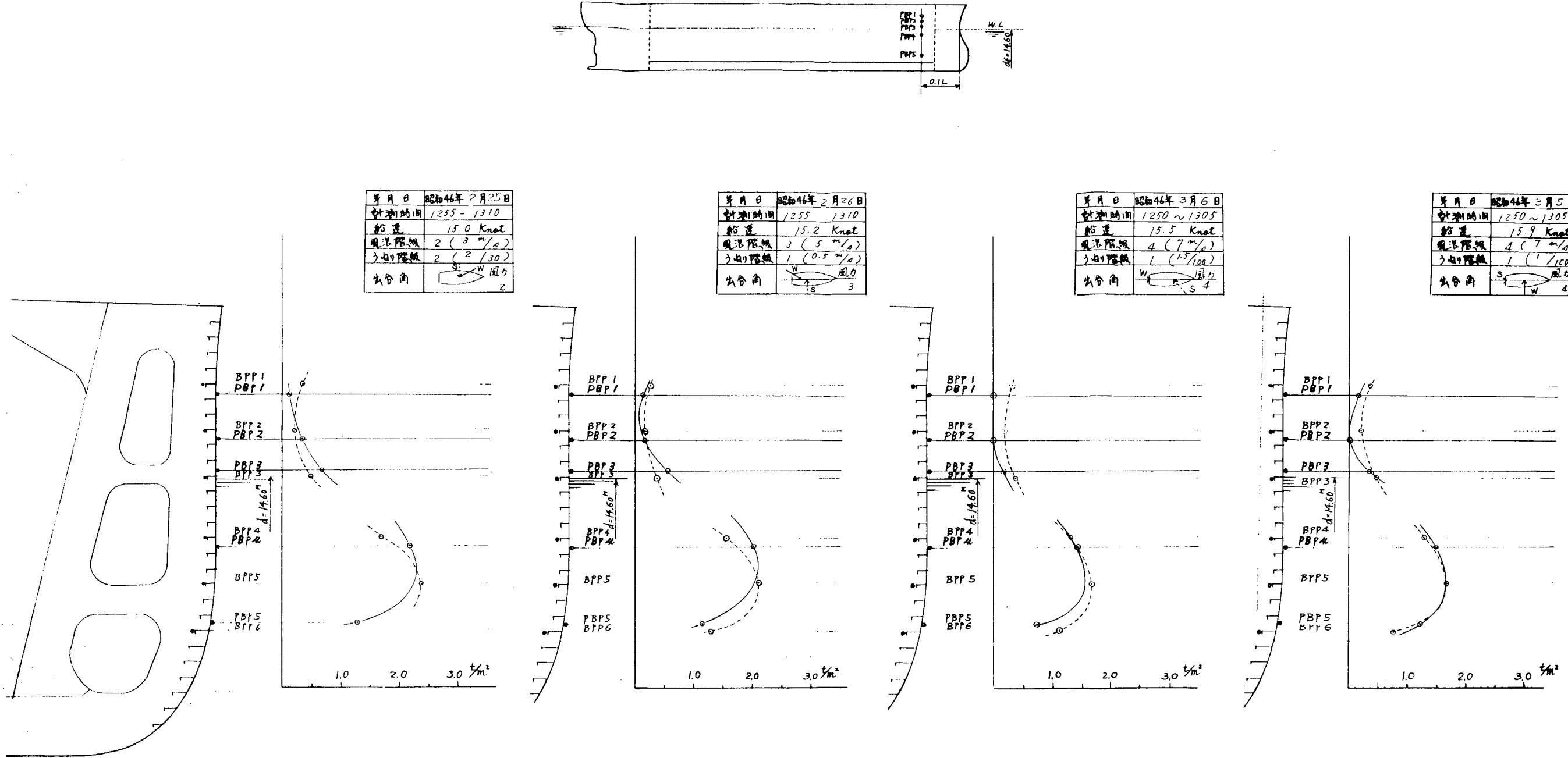


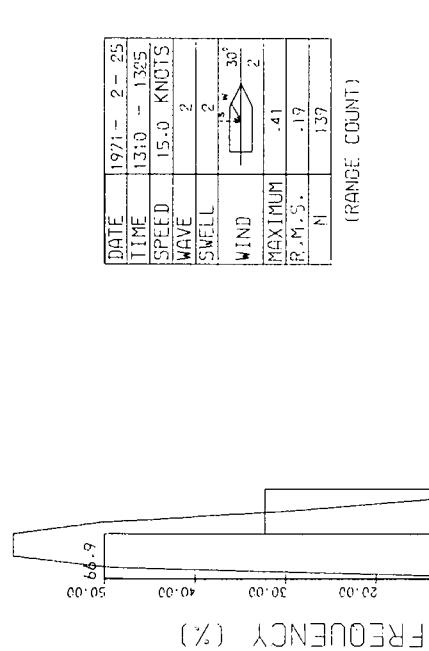
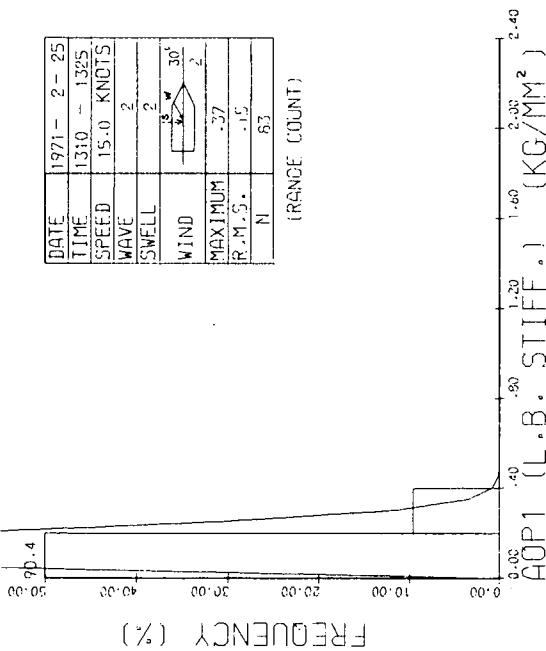
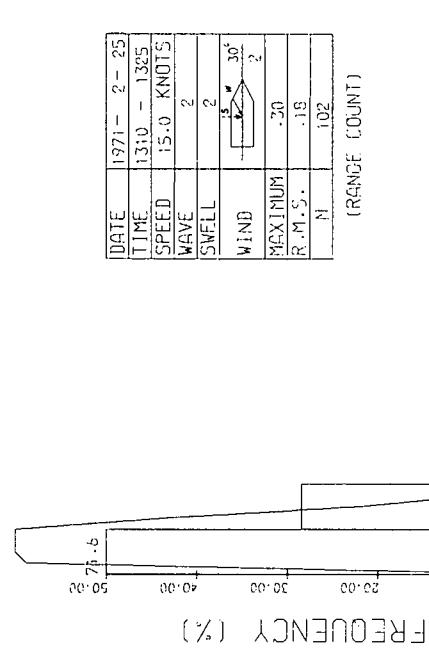
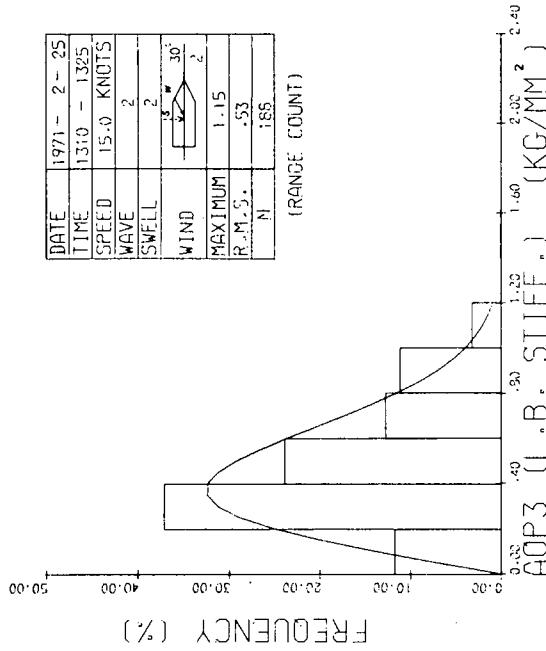
変動水圧 (水圧計)

RMS of Pressure Range (Measured)

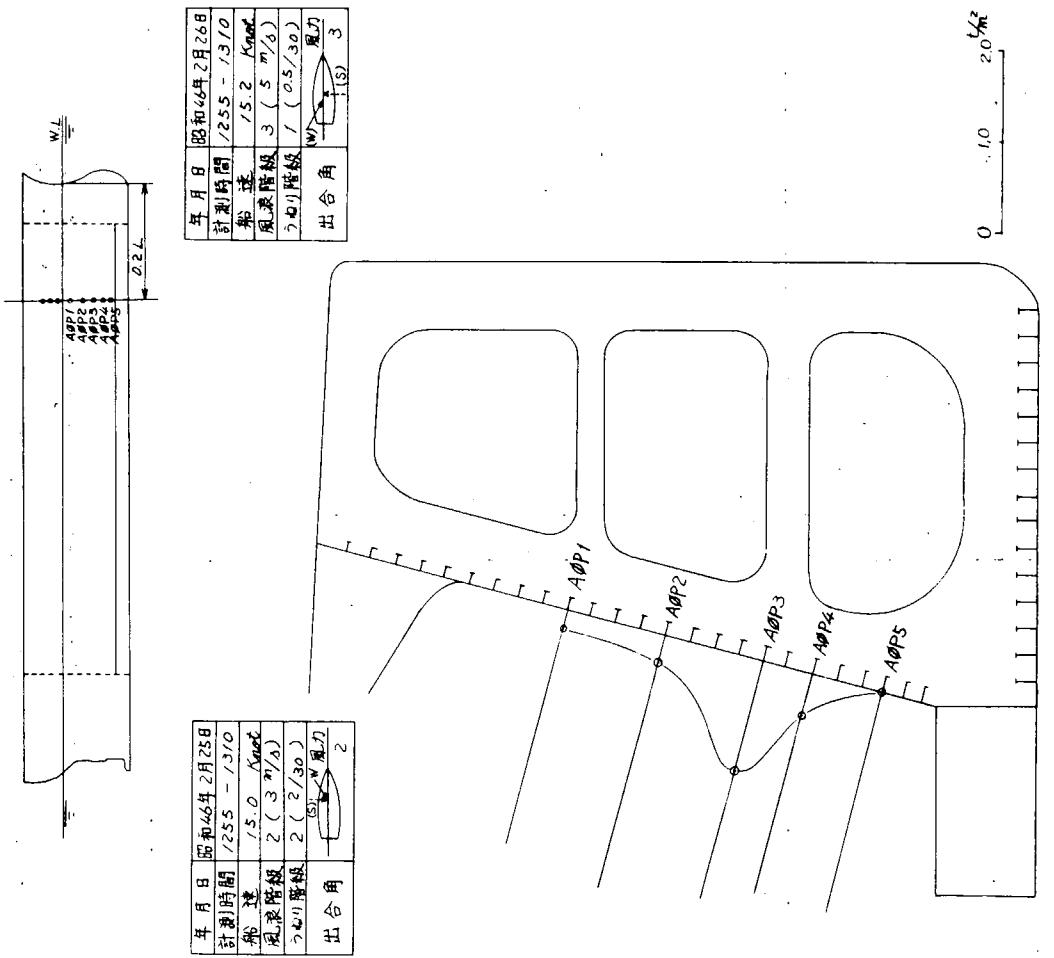
Measured and Calculated Wave Pressure

図 2.3.16 変動水圧 - 换算変動水圧 (0.1L from F.P.)

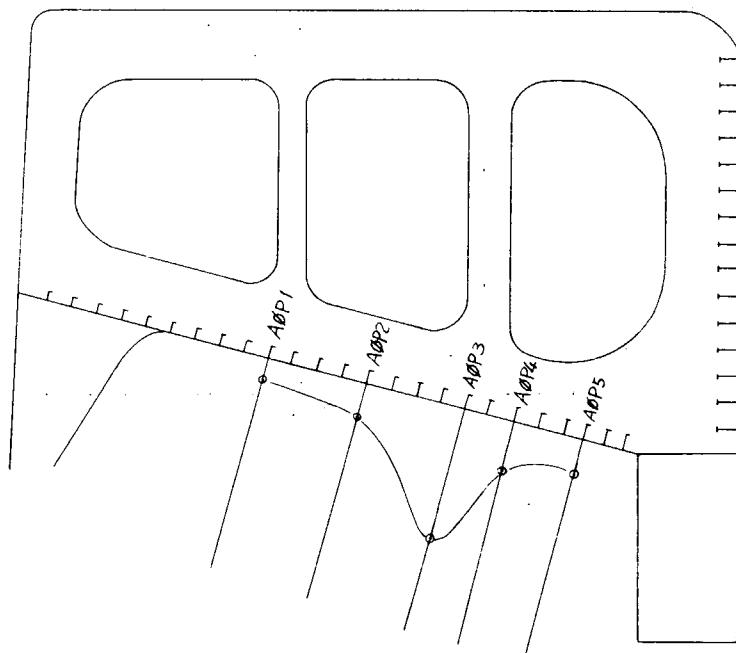




[2] 2.3.18 縱通隔壁綫通材変動応力短期分析例
 Sample of Short Term Distribution of Stress Range of Long. Members on Long. Blk. (0.2L from F.P.)
 A-section



Calculated Range (P-P) of Dynamic Ore Pressure on long! Bhd. at Section A
1966.3.19 総通隙壁変動圧力 (0.2L from F.P.)



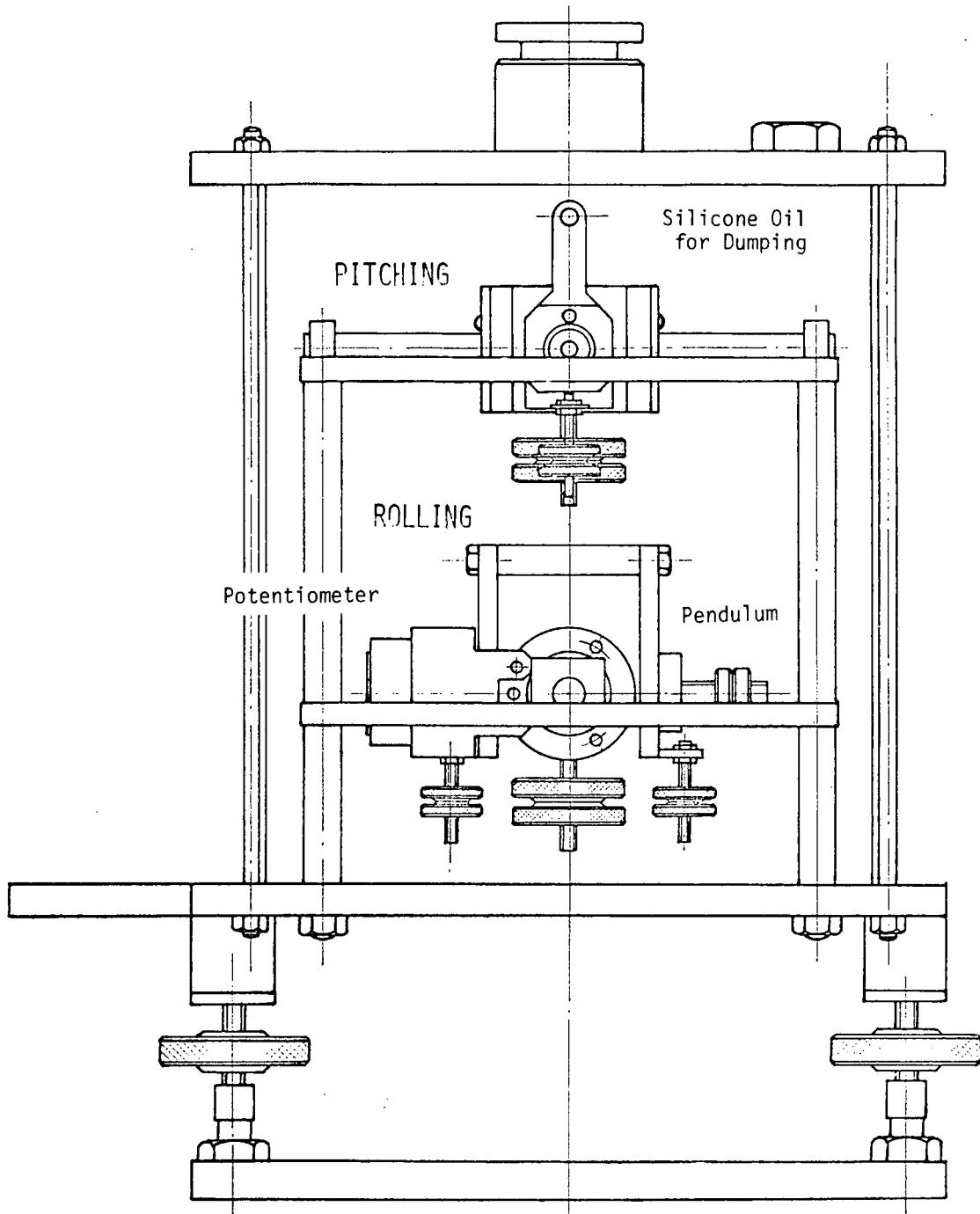


図3.2.1 動搖計検出部

Fig.3.2.1 Sensor of Ship's Motion Meter

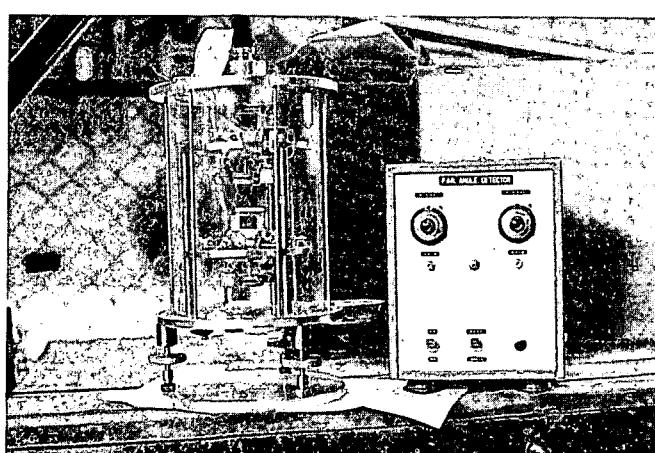


図3.2.2

動搖計 検出部 および制御部

Fig.3.2.2 Sensor and Controller of Ship's Motion Meter

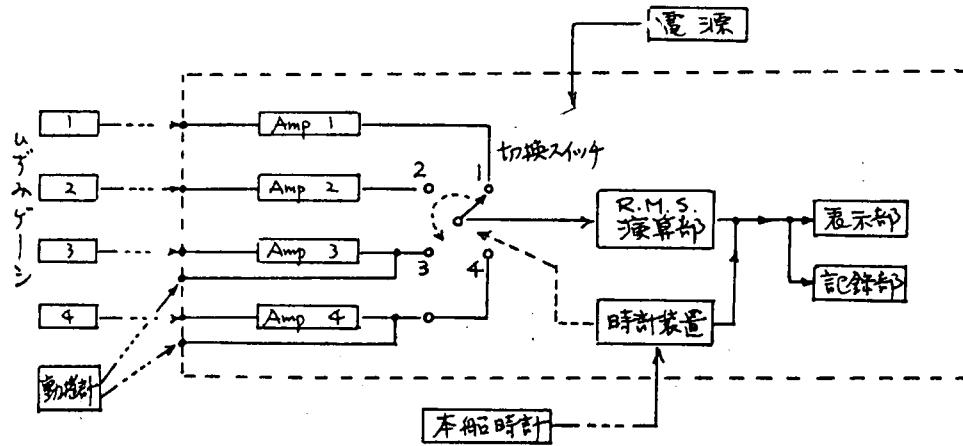


図3.2.3 自動R.M.S.計 ブロック図
Fig.3.2.3 Automatic R.M.S. Recorder

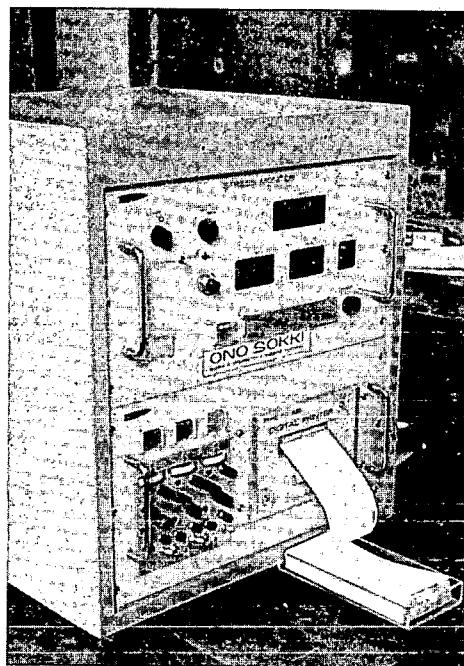


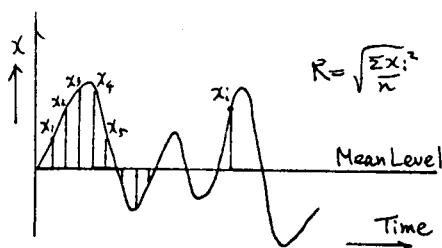
図3.2.4 自動RMS計

Fig.3.2.4 Automatic R.M.S. Recorder

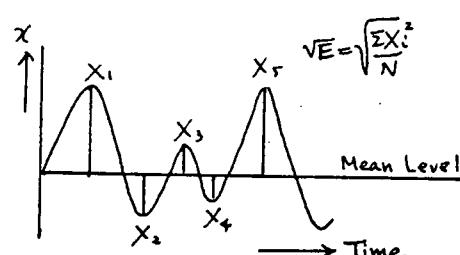
| | |
|--------------|-------------------------------------------------------|
| 05 12 1 1.23 | → 0月5日 12時15分～12時30分 の間、チャンネル2 の \sqrt{E} は 0.56 |
| 05 12 2 0.56 | |
| 05 12 3 3.45 | |
| 05 12 4 0.12 | |
| 05 13 1 1.25 | → 0月5日 13時0分～13時15分 の間、チャンネル1 の \sqrt{E} は 1.25 |
| 05 13 2 0.55 | |
| 05 13 3 3.40 | |
| 05 13 4 0.10 | |
| 05 14 1 1.22 | |
| 05 14 2 0.54 | |

図3.2.6 自動RMS計の記録例

Fig.3.2.6 Sample of Recording Tape



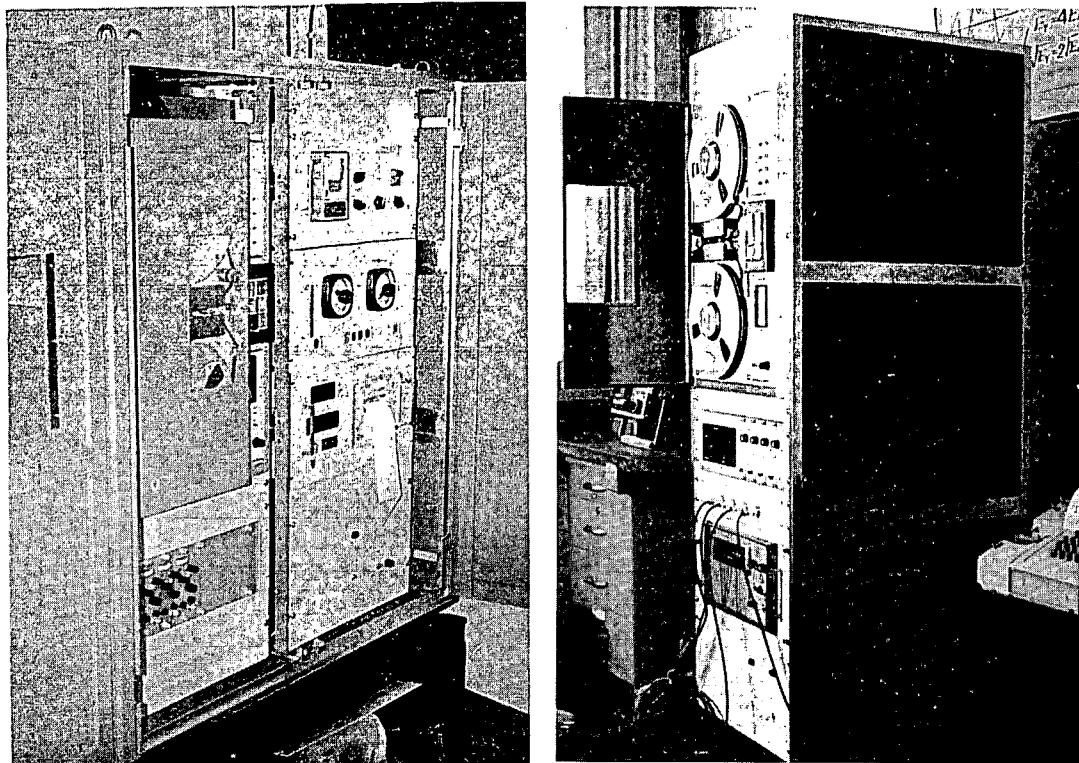
(A) 瞬時値の RMS



(B) ~~loop~~ (τ° - γ 值) \rightarrow RMS

図3.2.5 R.M.S.の演算

Calculation of R.M.S. Value

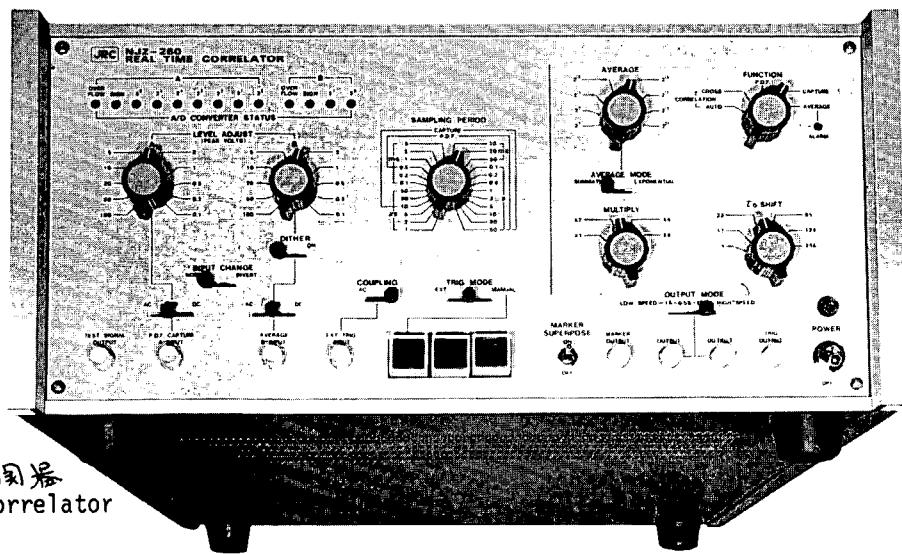


記録部 Recorder

再生部 Reproducer

図3.2.7 ダイナミック自動データ集録装置

Fig.3.2.7 Automatic Analogue Data Recorder



実時間相関器
Real Time Correlator

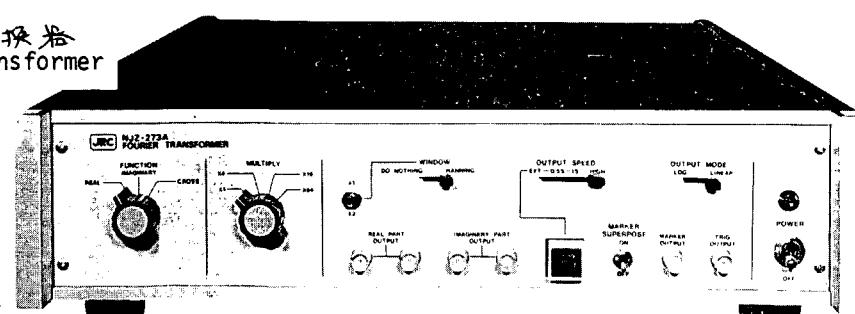


図3.2.8 スペクトル解析装置

Fig.3.2.8 Spectrum Analyser

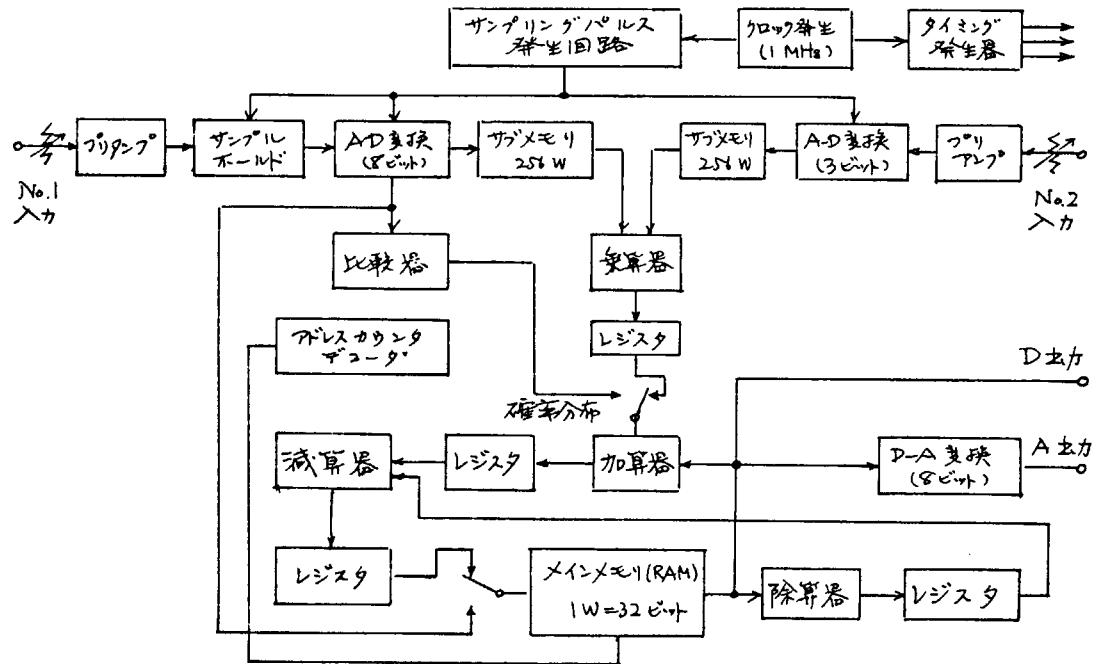


図3.2.9 実時間相関器ブロック図

Fig.3.2.9 Block Diagram of Real Time Correlator

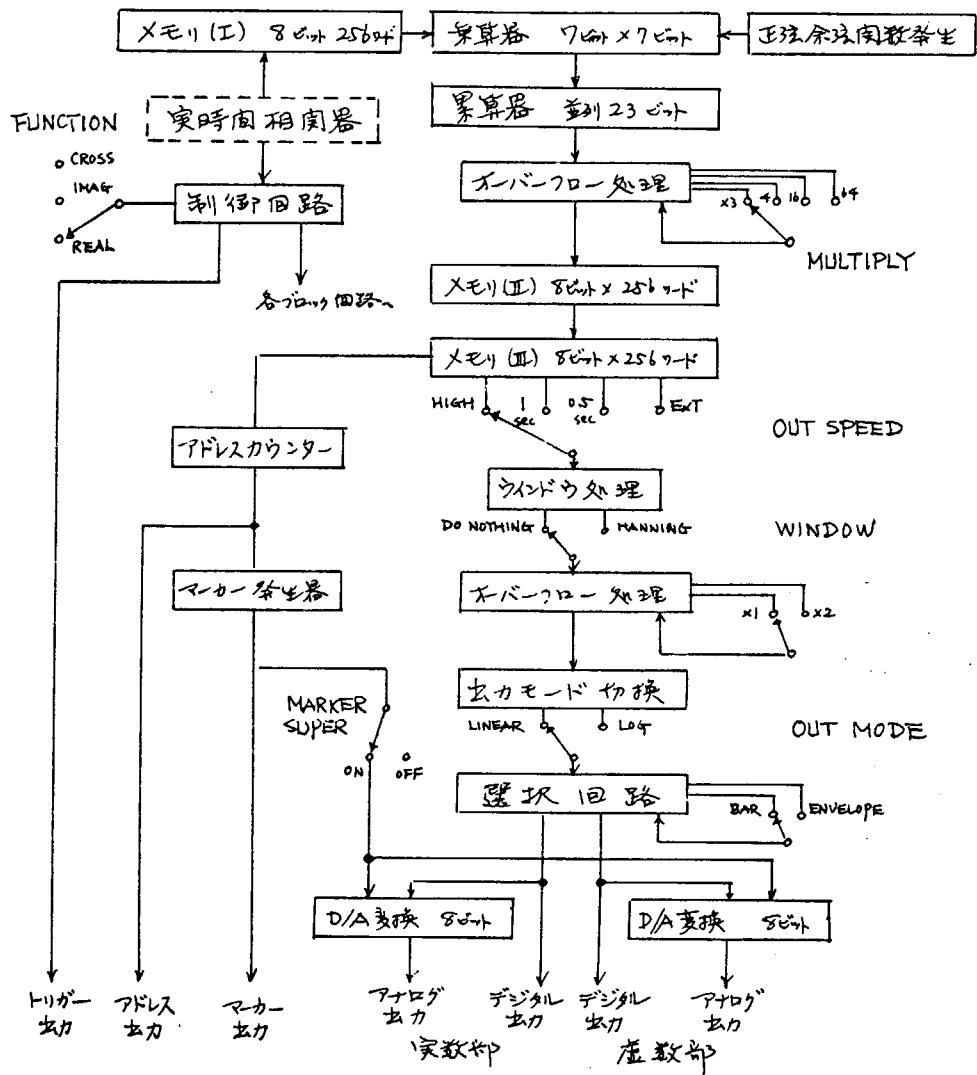


図3.2.10 フーリエ変換器ブロック図

Fig.3.2.10 Block Diagram of Fourier Transformer

表3.2.2 実時間相関器仕様

Tab.3.2.2 Specification of Real Time Correlator

| | | |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 入力 | チャンネル数 入力レベル 入力インピーダンス A/D変換分解能 量化に誤差遮断倍率 サンプリング・タイム | アナログ 2チャンネル 0.1Vpp~100Vpp ブロード使用時 600Vpp 100kΩ一定 ブロード使用時 1MΩ A4チャンネル 7ビット+サインビット, B4チャンネル 2ビット+サインビット 分解能向上比 256倍 1μs~50s 24ステップ 変化比 1:2:5 |
| 出力 | 高電アナログ出力 インピーダンス 出力速度 分解能 高電デジタル出力 出力速度 出力形態 低電アナログ出力 インピーダンス 出力速度 分解能 低電デジタル出力 出力速度 出力形態 平均化処理 累積加算 エクスポート ストアルテイム | +5Vpp 最大 10kΩ ≈XF 1データ/μs X軸(±軸)256段, Y軸 0.5%, 速度現象捕捉768段 TTL オーディニュレクタ出力 1データ/μs (X軸, Y軸共) X軸 累2進8ビット, Y軸 累2進8ビット ±2.5V 10kΩ ≈XF 1データ/s, 1データ/0.5s, 1データ/10μs X軸(±軸)256段, Y軸 1/256, 速度現象捕捉768段 TTL オーディニュレクタ出力 |
| 相関関数 | 信号連続時間 出力長さ テラヘルツ 振幅ノミナル速度 分解能 サンプリングタイム 速度現象捕捉 サンプリングタイム データ捕捉段数 シグナル・リカバリ サンプリングタイム 分解能 加算回数 A/D変換 サンプリングタイム 出力 | 自己干渉相関関数 Δτ 1μs~50s 24ステップ 変化比 1:2:5 256×Δτ ①-255Δτ ~ 0Δτ -- ④-191Δτ ~ 0Δτ -- +64Δτ ②-231Δτ ~ 0Δτ + 16Δτ ⑤-127Δτ ~ 0Δτ -- 2Δτ ③-223Δτ ~ 0Δτ ~ +32Δτ ⑥-0Δτ + 255Δτ の9通り 振幅 128, 速度 256 500μs~50s 16ステップ 変化比 1:2:5 10μs~50s 24ステップ 変化比 1:2:5 768 1μs~50s 24ステップ 変化比 1:2:5 時定数 256段, 振幅 1/256 2^7 (128)~ 2^{14} (2,097,152) A4チャンネルの4 7ビット+サインビット 10μs~50s 24ステップ 変化比 1:2:5 TTL オーディニュレクタ出力 累2進8ビット |
| 外形寸法 | 縦 高 横 重 | TTL IC, X24-L51 AC 100/115V 50/60 Hz, 約 100VA 420W × 200H × 550D mm 約 30 kg. |

表 3.2.3 フーリエ変換器仕様

Tab. 3.2.3 Specification of Fourier Transformer

| | | |
|------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 測定機能 | | REAL : 自己相関関数のパワースペクトルの測定および オフラインでのクロススペクトルの実成分の測定 IMAGINARY : オフラインでのクロススペクトルの虚成分の測定 CROSS : オンラインでのパワースペクトルの実成分、虚成分の 同時測定および実時間相関器の過渡現象捕捉 信号のフーリエ変換 |
| 入力信号 | | 実時間相関器からの相関関数および制御信号のデジタル出入力 |
| 出力 | 高速アナログ出力 インピーダンス 出力速度 分解能 | $\pm 2.5 \text{ V}_{\text{pp}}$ $1 \text{ k}\Omega$ 以下 REAL, IMAGINARY: 1データ/ $1\mu\text{sec}$, CROSS: 1データ/ $2\mu\text{sec}$ REAL, IMAGINARY: X軸(七軸) 256本 Y軸(振巾軸) $1/256$ CROSS: " 128 " $1/256$ |
| | 高速デジタル出力 出力速度 出力形態 | TTL オープンコレクタ出力 高速アナログ出力と同じ Y軸 級2進 8ビット |
| | 低速アナログ出力 インピーダンス 出力速度 分解能 | $\pm 2.5 \text{ V}_{\text{pp}}$ $1 \text{ k}\Omega$ 以下 REAL, IMAGINARY 1データ/ 1sec , 0.5sec : CROSS 1データ/ 2sec , 1sec 高速アナログ出力と同じ |
| | 低速デジタル出力 出力速度 出力形態 | TTL オープンコレクタ 低速アナログ出力と同じ Y軸 級2進 8ビット |
| | 出カスケル/拡大 出カモード | $\times 1, \times 4, \times 16, \times 64$ のオレンジ切换え Linear と Log の切換え, 包絡線グラフ表示と棒グラフ表示(低速出力のみ) (低速出力のみ) |
| | ウインドウ処理 外部トリガーエイク | Do-nothing ウィンドウ & Hanning ウィンドウの切換え 2 V_{pp} 以上 |
| | スペクトル本数 分解能 | REAL, IMAGINARY 256本, CROSS 実部 128本 虚部 128本 REAL, IMAGINARY: $0.000039 \text{ Hz} (\Delta f = 50 \text{ sec}) \sim 2.0 \text{ kHz} (\Delta f = 1 \mu\text{sec})$ CROSS: $0.000078 \text{ Hz} (\Delta f = 50 \text{ sec}) \sim 3.9 \text{ kHz} (\Delta f = 1 \mu\text{sec})$ |
| | 測定可能周波数範囲 | DC ~ $0.01 \text{ Hz} (\Delta f = 50 \text{ sec}) \sim \text{DC} \sim 500 \text{ kHz} (\Delta f = 1 \mu\text{sec})$ |
| 機械仕様 | 構成 電源 寸法 重量 | TTL型 IC AC $100 \pm 10 \text{ V}$ $50/60 \text{ Hz}$ $55-125 \text{ VA}$ $430 \text{ W} \times 100 \text{ H} \times 550 \text{ D mm}$ 約 14 kg |

表 3.2.4 データ変換装置仕様

Tab. 3.2.4 Specification of System MADAC-300T

| | | |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 本体 (MADAC-300T) | アナログ入力チャンネル " 電圧 " 位相 " 位相差 A/D 変換器 速度 デジタル入力 デジタル出力 チャンネル | 8CH (16まで増設可) DC 0~±1,5, 10V (半固定) 1 MSZ 12ビット格子付 2進 40 μsec 1 (16ビット) 1 (16ビット) |
| コントローラユニット | 割込機能 3レベル 5要因 停電復元 自動再起動機能付 プログラムロード機能付 | |
| ミニコンピュータ (MACC-7/S) | メモリー 8 kW (16 kWまで増設可) 各種用語表示機能付 | |
| テープリーダー | 読み取り速度 200 字/秒 | |
| テレタイプ | 印字速度 10 字/秒 印字数 72 字/行 | |

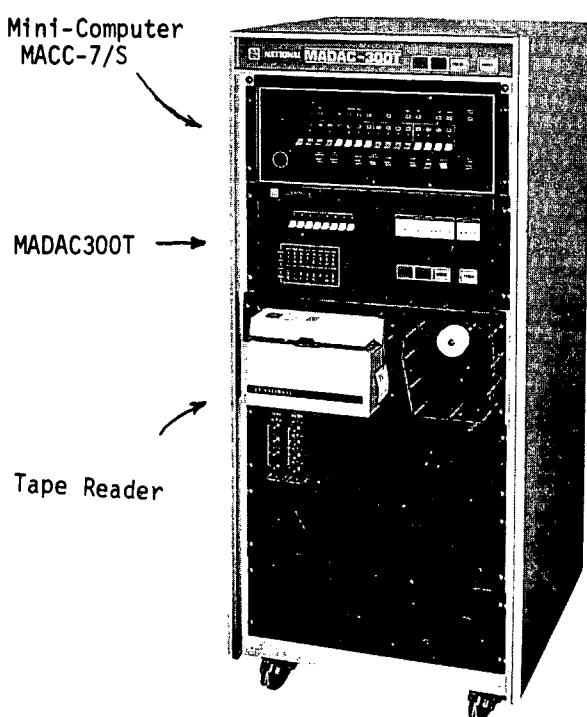


図 3.2.11 データ変換装置

System MADAC-300T

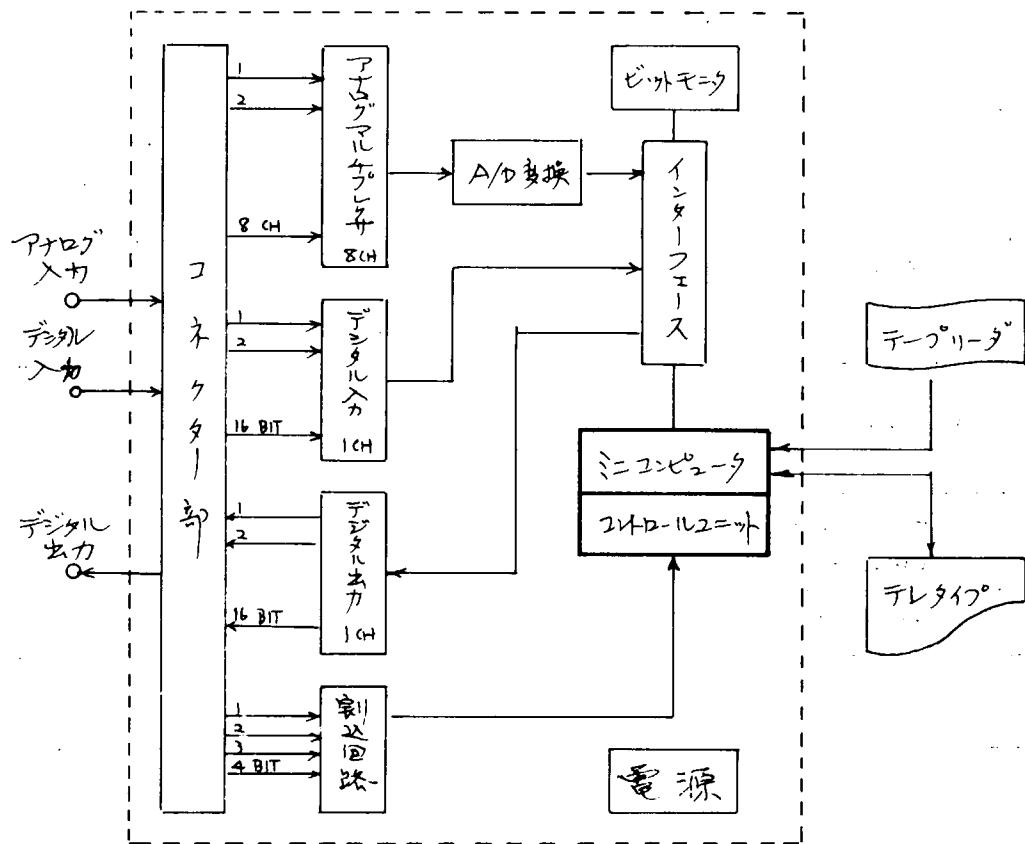


図 3.2.12 データ変換装置ブロック図

Fig. 3.2.12 Block Diagram of System MADAC-300T

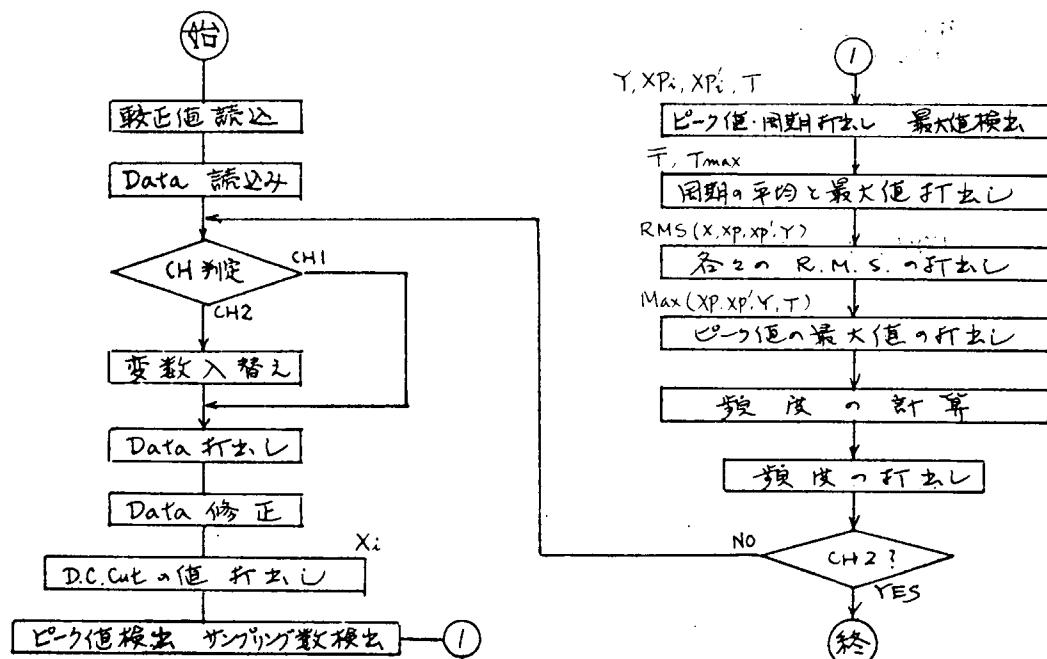


図 3.2.13 計算プログラム例

Fig. 3.2.12 Sample of Computer Program

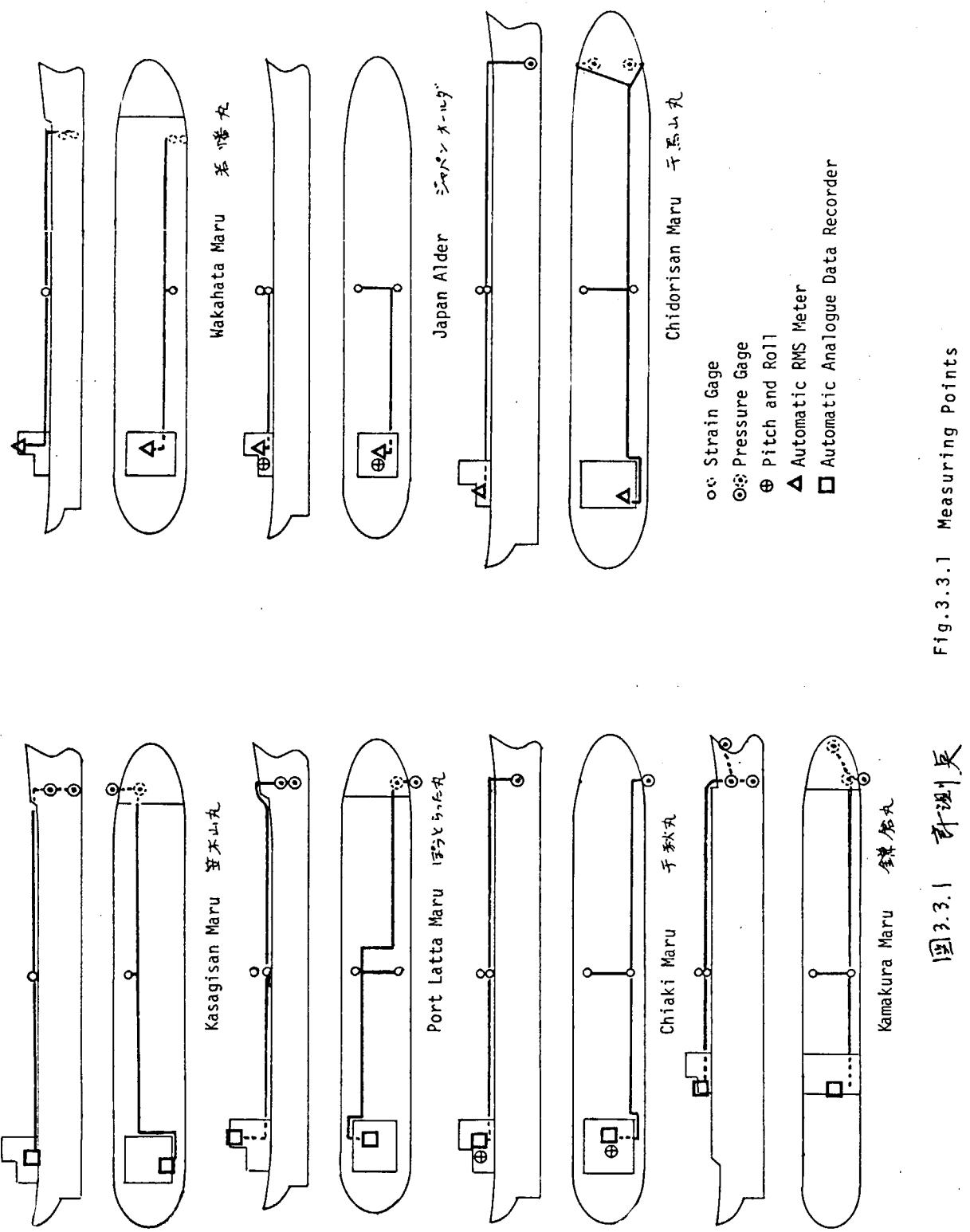


Fig. 3.3.1 Measuring Points

図 3.3.1 計測点

表 3.3.3 計測航路

| 船名 | 航路 | 1971 | | | | | | | | | | | | 1972 | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|--|
| | | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | 12月 | 1月 | 2月 | 3月 | | | | |
| 笠木丸 | 福山 (オーストリア) | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | |
| グリッドミル丸 | 福山 (オーストリア) | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | |
| 千秋丸 | 福山 (オーストリア) | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | |
| 金鷲丸 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | |
| 若鷹丸 | 福山 (オーストリア) | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | |
| 白鷺丸 | 福山 (オーストリア) | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | |
| シバヤンオーベルツ | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | |
| 牛島丸 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | 福山 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

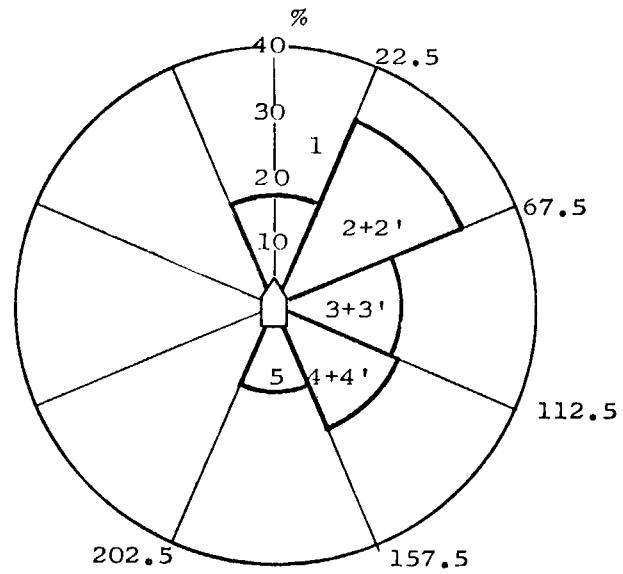
表 3.4.1. 外界条件の頻度分布

Table 3.4.1 Frequency Distribution WAKAHATA MARU 11 Voyages

| Beaufort | | | Wave height (m) | | | Encounter Angle | | |
|----------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| Class | Freq. | % | Class | Freq. | % | Class | Freq. | % |
| 0 | 115 | 9.2 | 0-1 | 705 | 56.3 | 1 | 119 | 16.7 |
| 1 | 77 | 6.1 | 1-2 | 303 | 24.2 | 2&2' | 218 | 30.6 |
| 2 | 203 | 16.2 | 2-3 | 145 | 11.6 | 3&3' | 137 | 19.2 |
| 3 | 322 | 25.7 | 3-4 | 53 | 4.2 | 4&4' | 145 | 20.4 |
| 4 | 282 | 22.5 | 4-5 | 32 | 2.6 | 5 | 93 | 13.1 |
| 5 | 168 | 13.4 | 5-6 | 9 | 0.7 | Total | 712 | 100.0 |
| 6 | 61 | 4.9 | 6-7 | 4 | 0.3 | | | |
| 7 | 19 | 1.5 | 7-8 | 1 | 0.1 | | | |
| 8 | 5 | 0.4 | 8-9 | | | | | |
| Total | 1252 | 100.0 | Total | 1252 | 100.0 | | | |

Encounter Angle

Class 1 **** Head Sea
 2&2' *** Bow Sea
 3&3' *** Beam Sea
 4&4' *** Quartering Sea
 5 **** Following Sea



Wave Encounter Angle

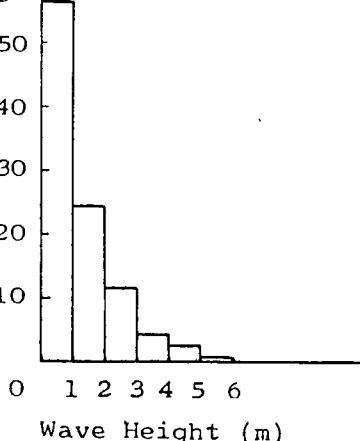
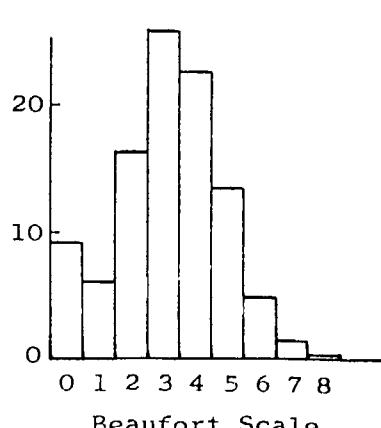


Fig.3.4.1 Histogram of environmental condition

図 3.4.1 外界条件のヒストグラム

3.4.2. \bar{E} の頻度分布

Tab.3.4.2 Frequency distribution of \bar{E} of stresses (WAKAHATA MARU)

| \bar{E} | N | CH.1 | CH.2 | CH.3 | | |
|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | Freq. | % | Freq. | % | Freq. | % |
| 0~0.2 | 2646 | 72.21 | 4212 | 83.34 | 4518 | 89.79 |
| 0.2~0.4 | 757 | 15.01 | 649 | 12.84 | 479 | 9.52 |
| 0.4~0.6 | 422 | 8.37 | 182 | 3.60 | 23 | 0.65 |
| 0.6~0.8 | 161 | 3.19 | 10 | 0.20 | 2 | 0.04 |
| 0.8~1.0 | 37 | 0.74 | 1 | 0.02 | | |
| 1.0~1.2 | 10 | 0.20 | | | | |
| 1.2~1.4 | 4 | 0.08 | | | | |
| 1.4~1.6 | 2 | 0.04 | | | | |
| 1.6~1.8 | 2 | 0.04 | | | | |
| 1.8~2.0 | 1 | 0.02 | | | | |
| Total | 5042 | 100.00 | 5054 | 100.00 | 5022 | 100.00 |

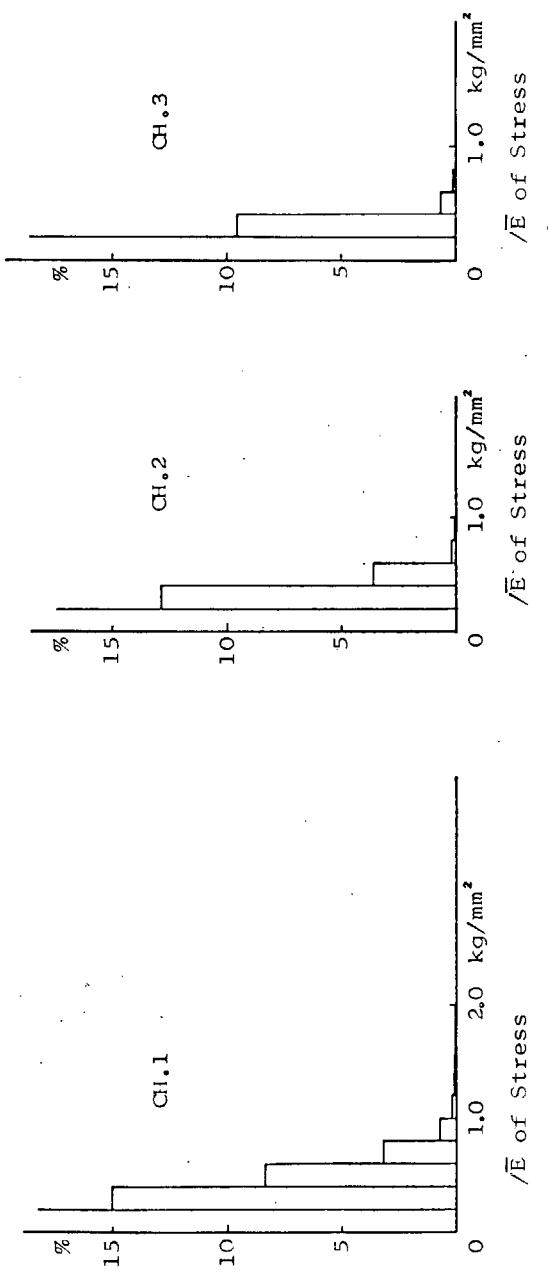


Fig.3.4.2 Histogram of \bar{E} of stresses (WAKAHATA MARU)

3.4.2. \bar{E} の頻度分布

表 3.4.3 波高と出合角によるEの分類

Tab.3.4.3 Classification of \bar{E} Data by wave height and encounter angle (WAKAHATA MARU)

表 3.4.4 最大値および \sqrt{E} の検定

Tab.3.4.4 Maximum and \bar{E} value of longitudinal wave bending stress amidship

| Date | Exp.No. | B.S | H | L | T | θ | P-Pmax モレシロ読み出し | kg/mm ² YPmax | \sqrt{E} kg/mm ² | |
|-------|---------|-----|-----|-----|----|----------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------|
| | | | | | | | | | $2\sqrt{2}X_{rms}$ | YPrms |
| 10/5 | 5 | 6 | 4.0 | 180 | 11 | ↗ | 3.54 | 3.11 | 1.75 | 1.75 |
| 10/8 | 25 | 4 | 2.0 | 80 | 8 | ↖ | 2.77 | 2.36 | 1.14 | 1.08 |
| 10/18 | 36 | 5 | 3.0 | 100 | 10 | → | 1.23 | 0.95 | 0.49 | 0.44 |
| 10/28 | 57 | 5 | 3.5 | 120 | 10 | ↓→ | 3.03 | 2.67 | 1.53 | 1.39 |
| 11/14 | 88 | 5 | 4.0 | 200 | 12 | ↗ | 3.85 | 3.52 | 1.92 | 1.88 |
| 11/22 | 150 | 8 | 8.0 | 180 | 11 | ↗ | 6.57 | 6.65 | 3.28 | 3.23 |

(PORT LATTA MARU)

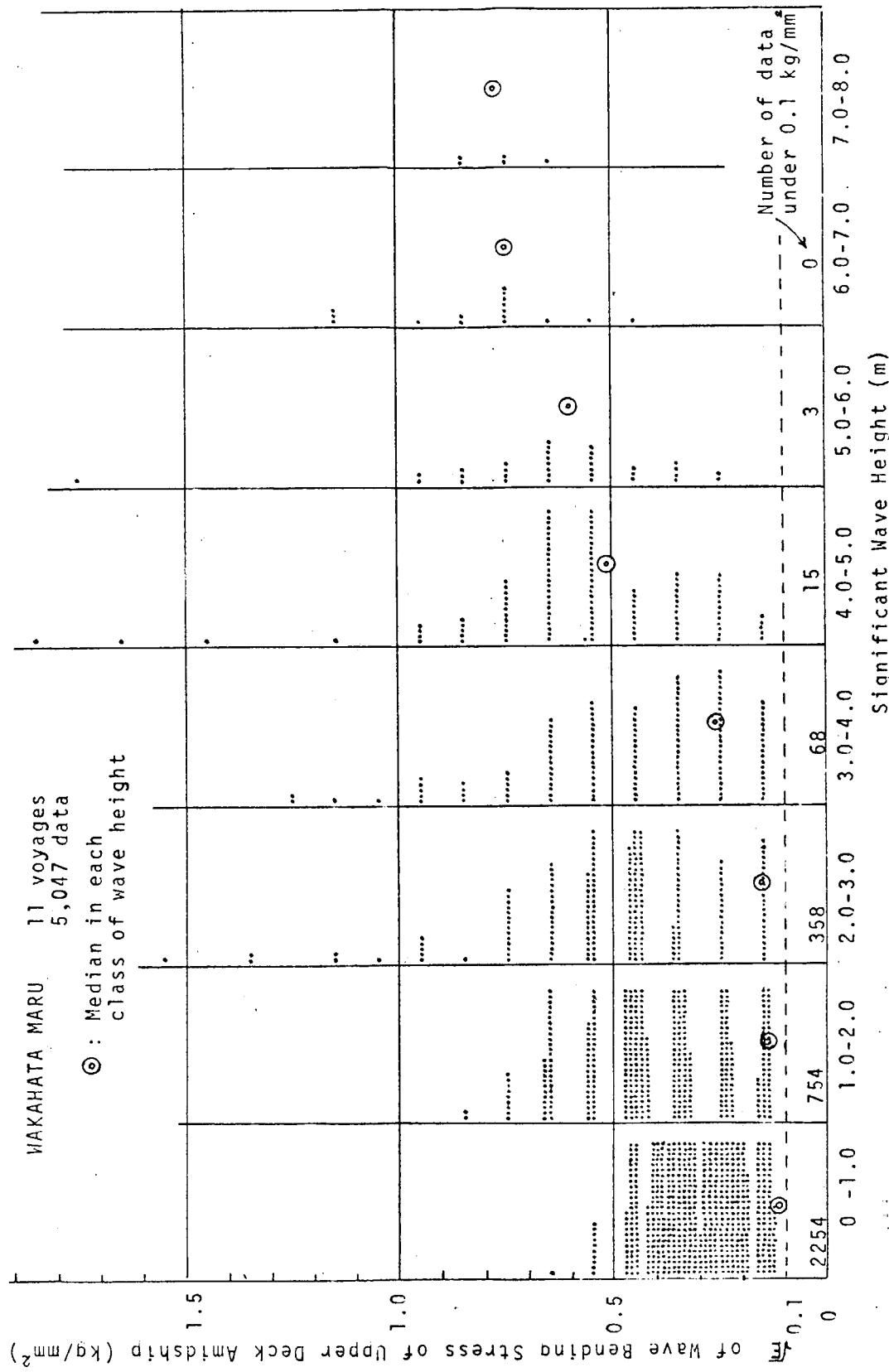


Fig. 3.4.3 Distribution of \bar{E} of wave bending stress
3.4.3. $\sqrt{\bar{E}}$ の分布

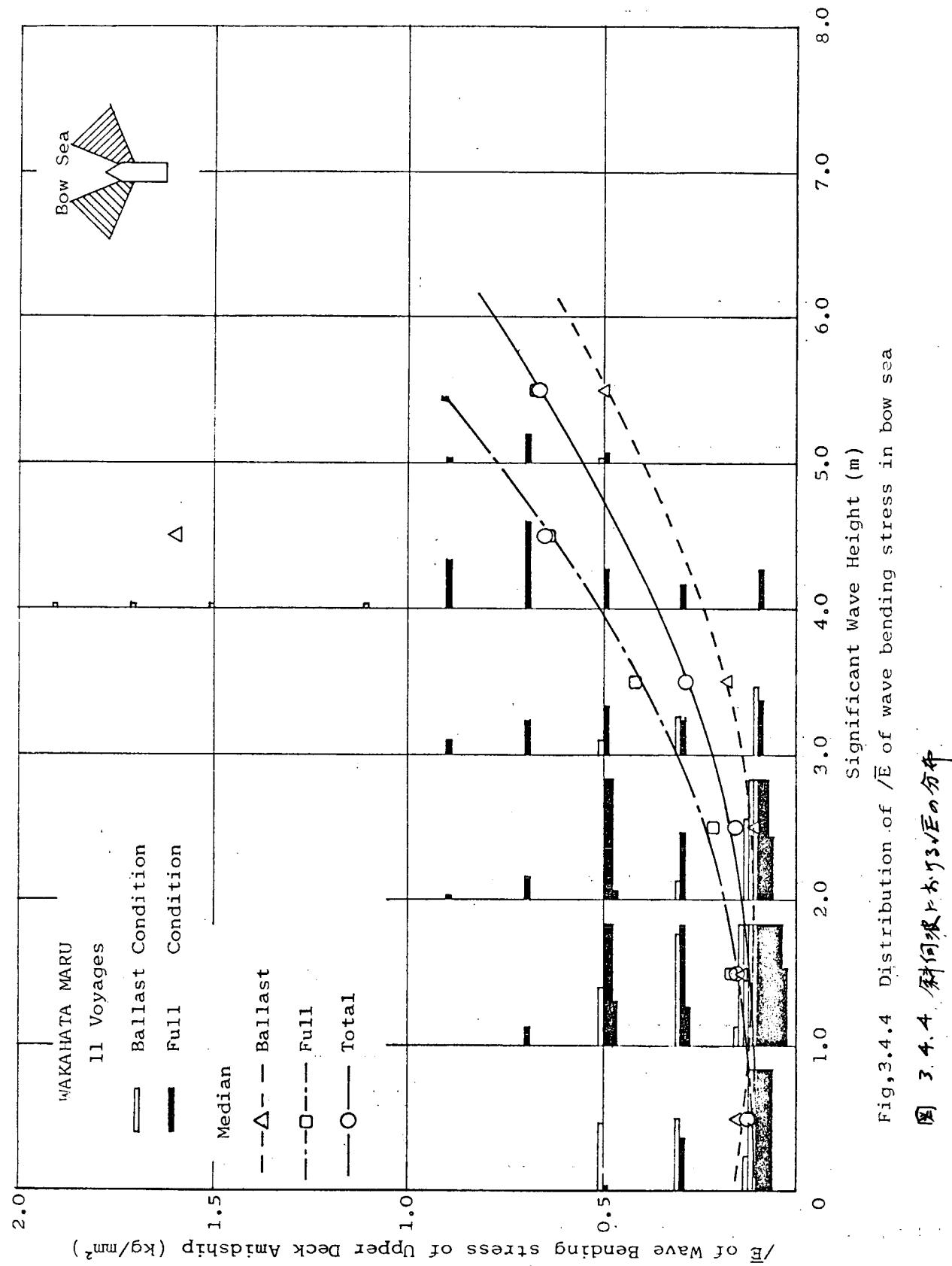


Fig. 3.4.4 Distribution of \sqrt{E} of wave bending stress in bow sea

图 3.4.4 钢向張り方の分布

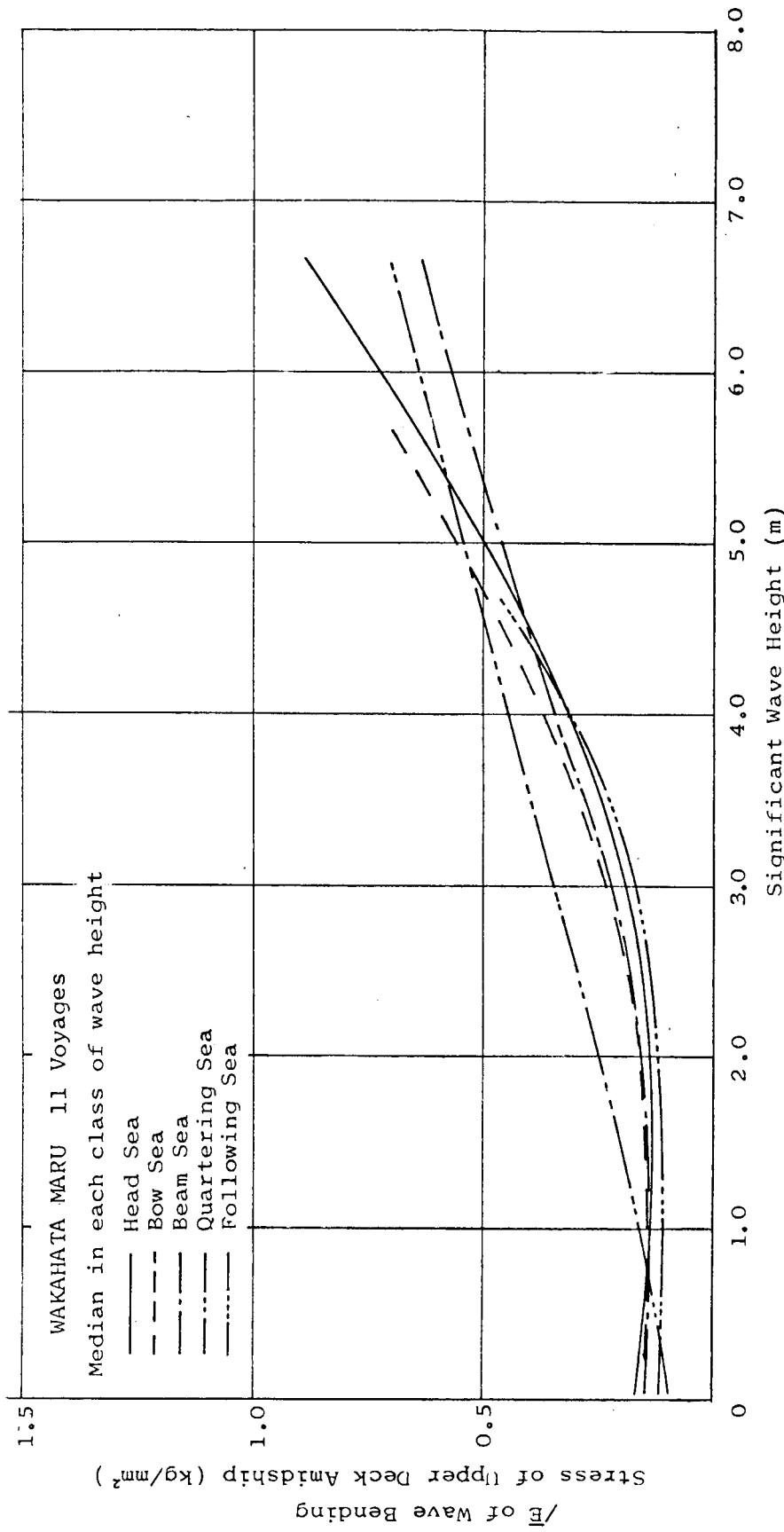


Fig.3.4.5 Median of $/E$ of bending stress vs wave height and encounter angle

图 3.4.5 出合角别比弯曲强度中央值与波高及遭遇角的关系

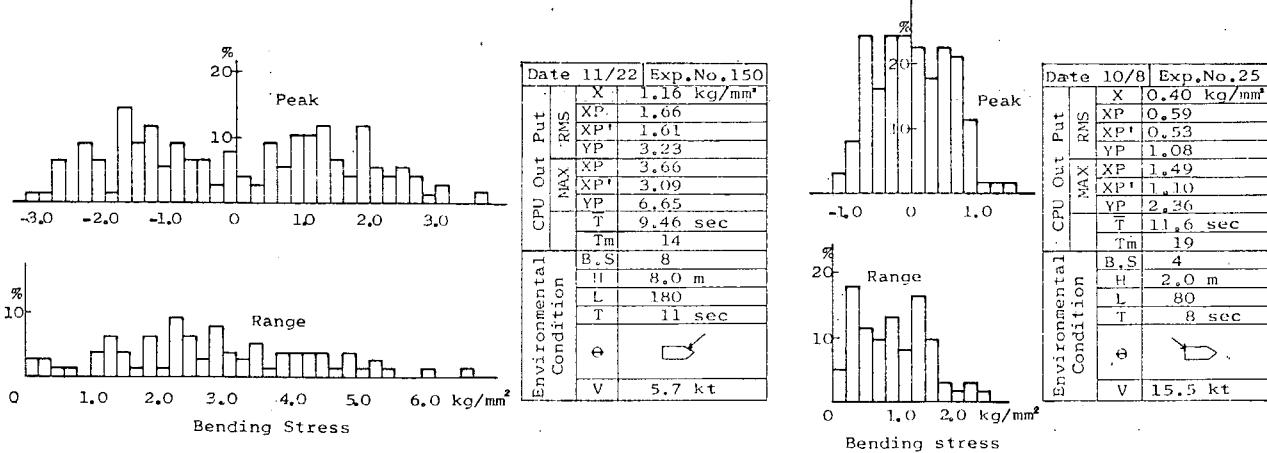
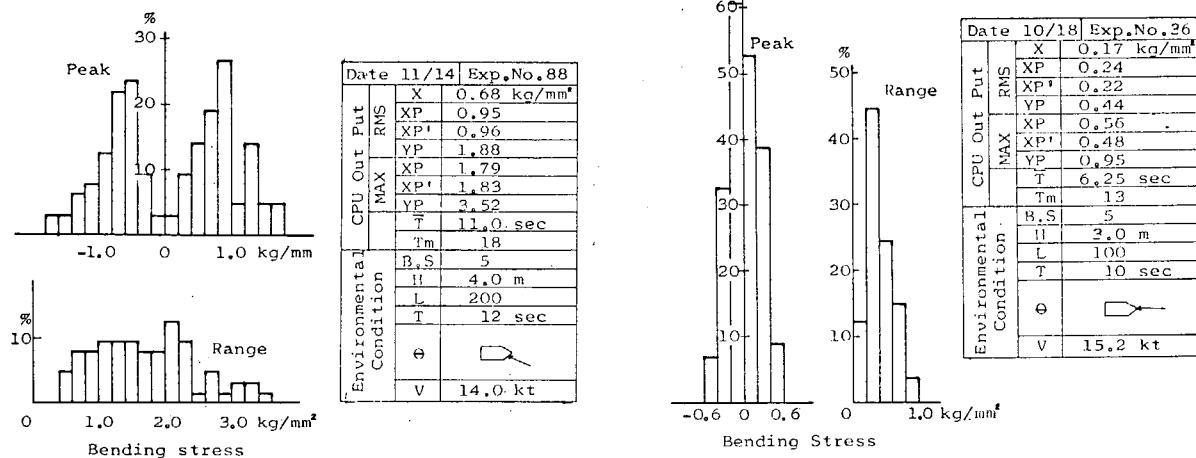
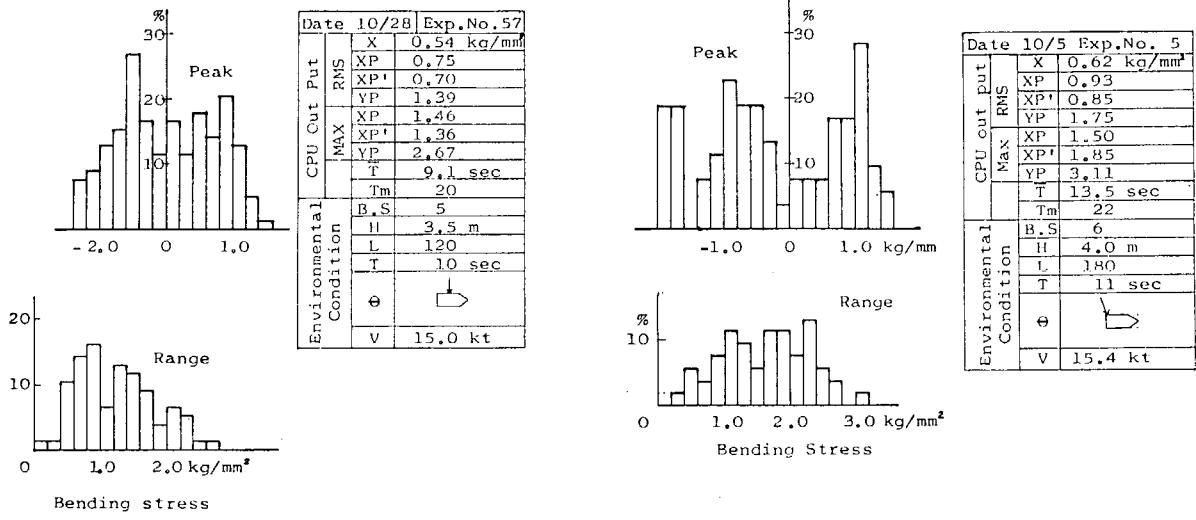


Fig. 3.4.6 Frequency distribution of longitudinal bending stress amidship by statistic calculation (PORTLATTA MARU)

図 3.4.6 統計計算による荷重解析

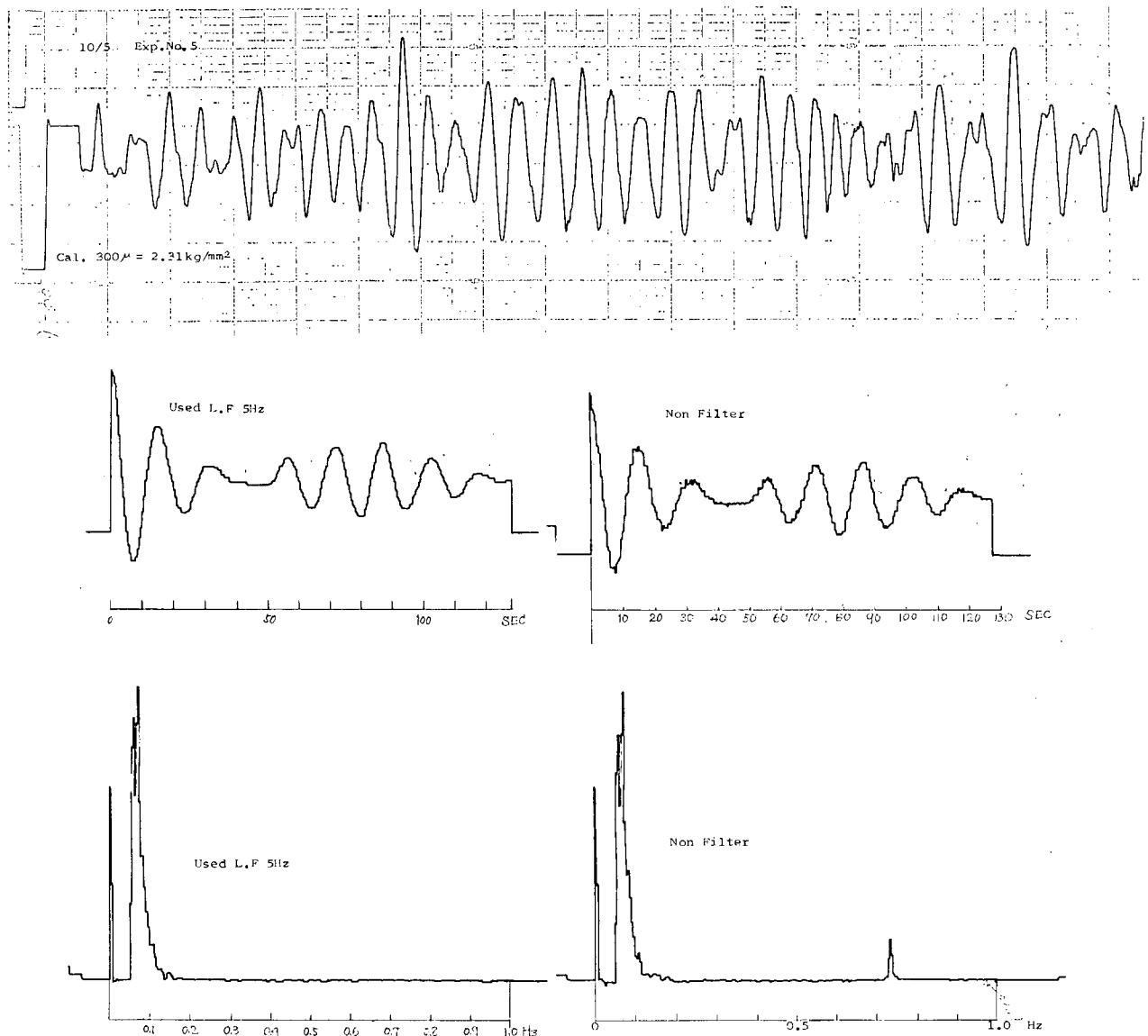


Fig.3.4.7 Analogue out put data, auto correlogram and power spectram (1) (PORT LATTA MARU)

図 3.4.7 計測生データとそのコレログラムおよびスペクトラム。(図1)

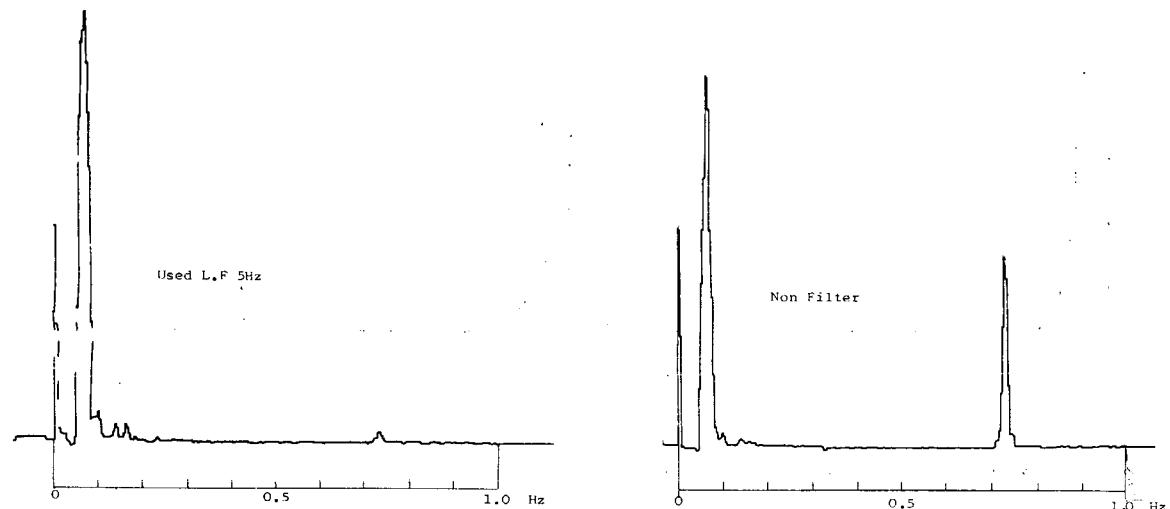
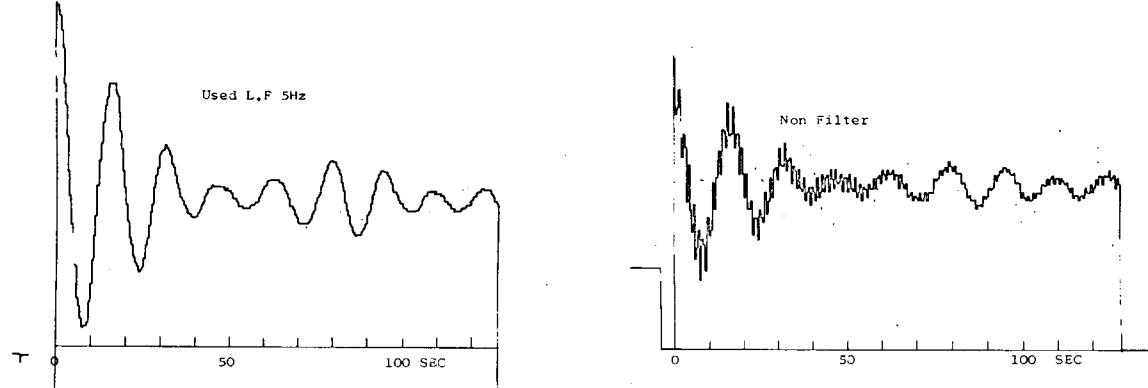
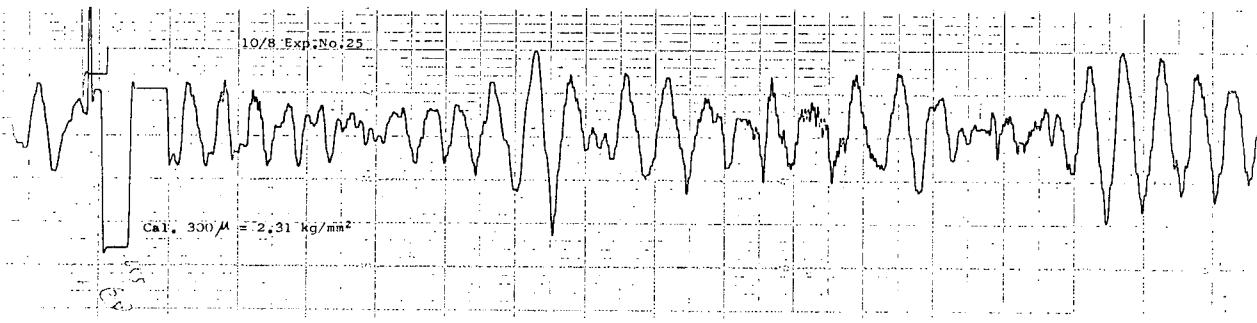


Fig.3.4.7 Analogue out put data, auto correlogram and power spectrum (2) (PORT LATTA MARU)

図 3.4.7 計測出力データとそれらコレログラムおよびスペクトラム(402)

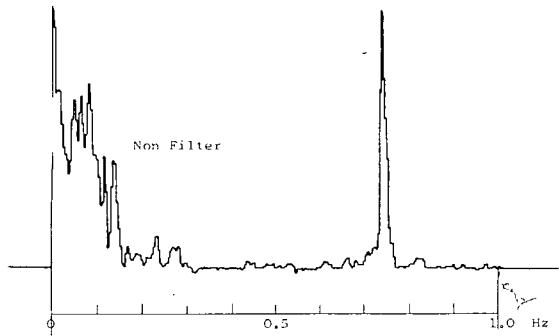
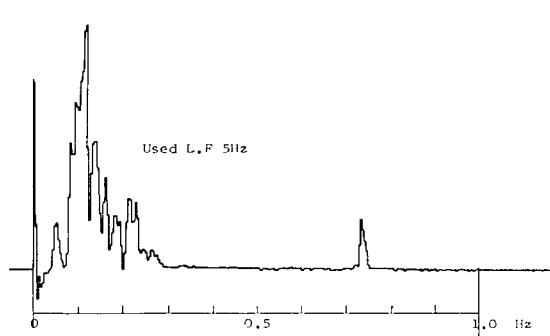
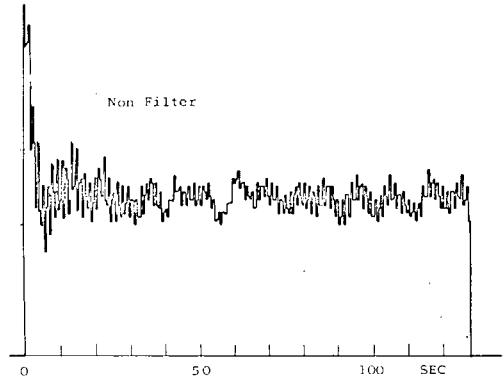
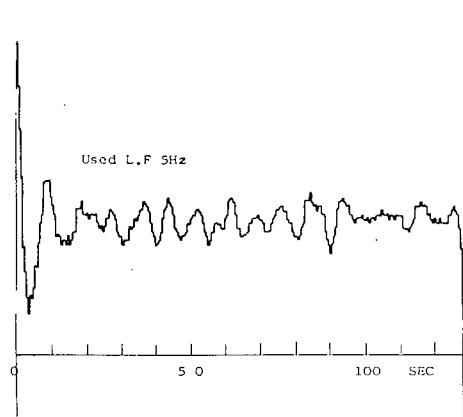
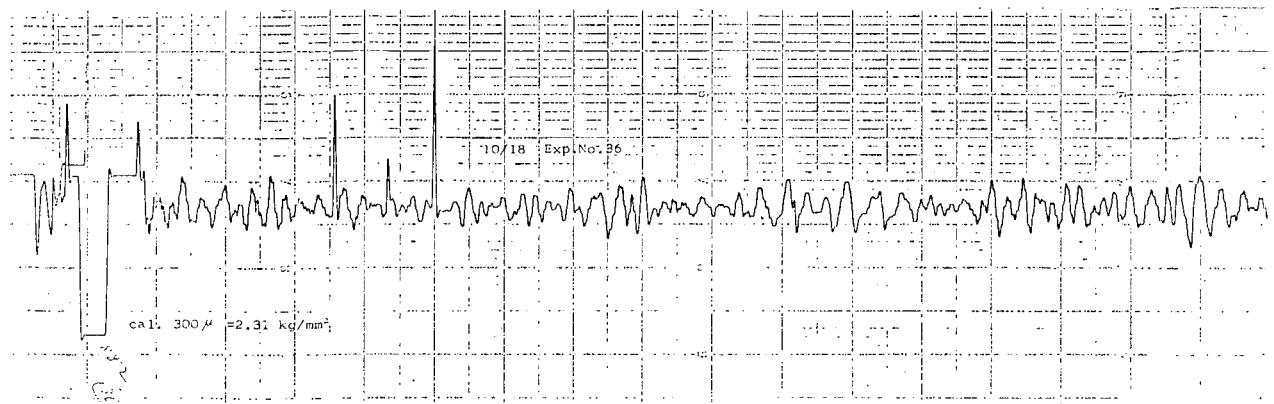


Fig.3.4.7 Analogue output data, auto correlogram and power spectrum (3) (PORT LATTA MARU)

図 3.4.7 計測出力データとそのコレログラムおよびスペクトラム(3)

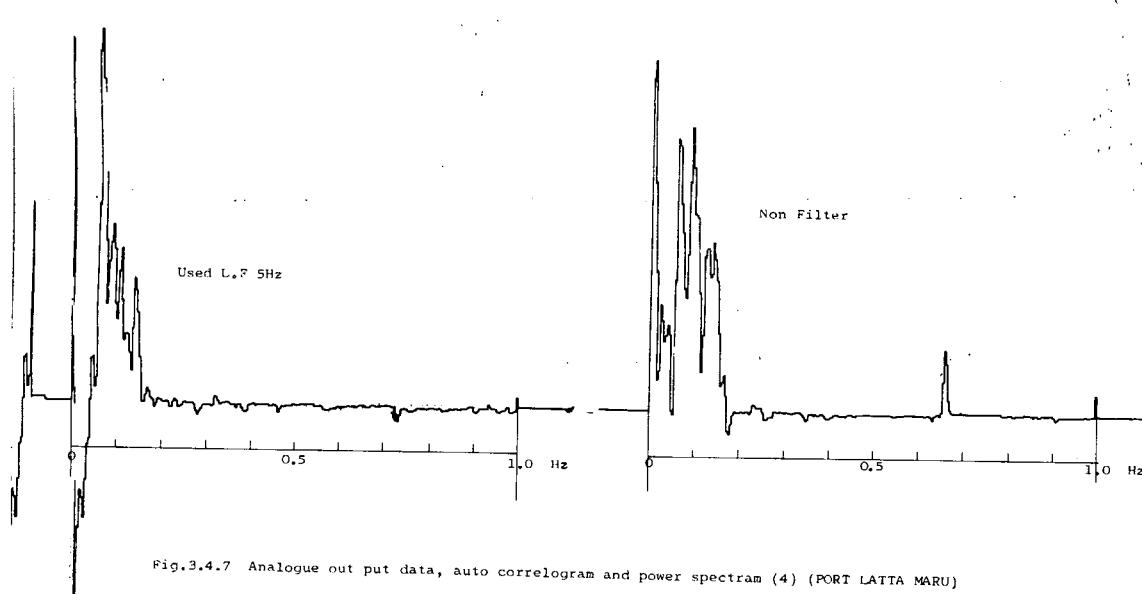
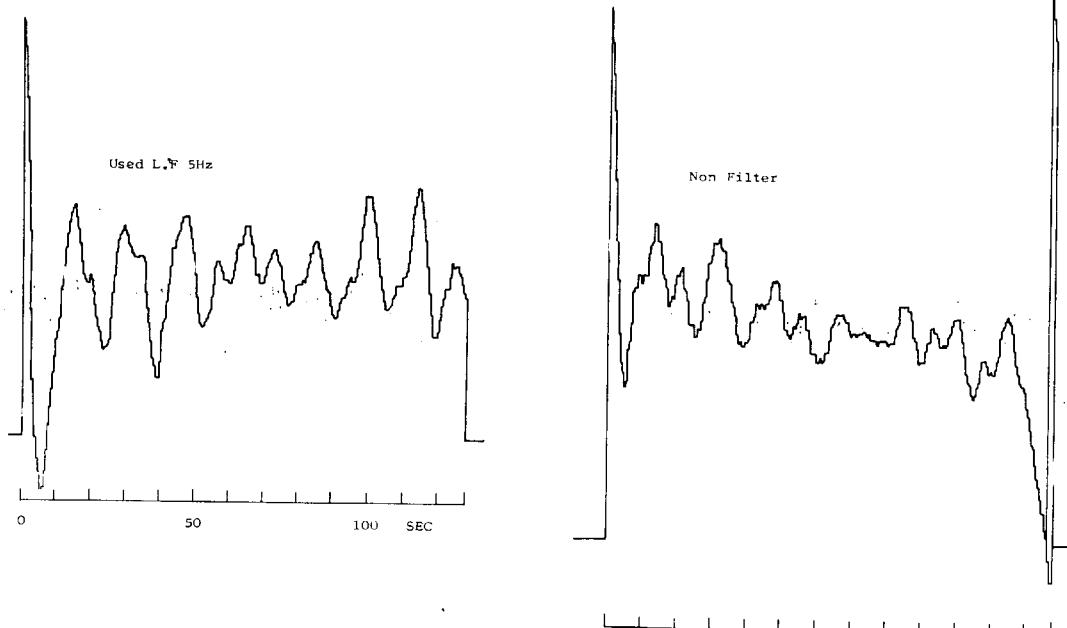
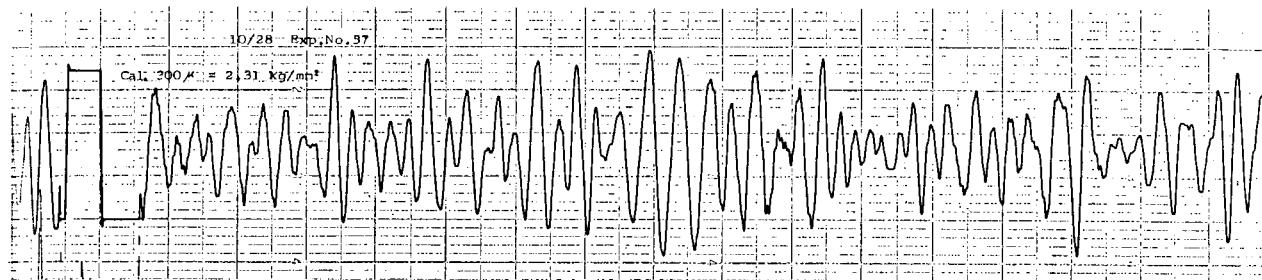


Fig.3.4.7 Analogue out put data, auto correlogram and power spectrum (4) (PORT LATTA MARU)

図 3.4.7 計測出データとそのコレログラム及びスペクトラム(4)

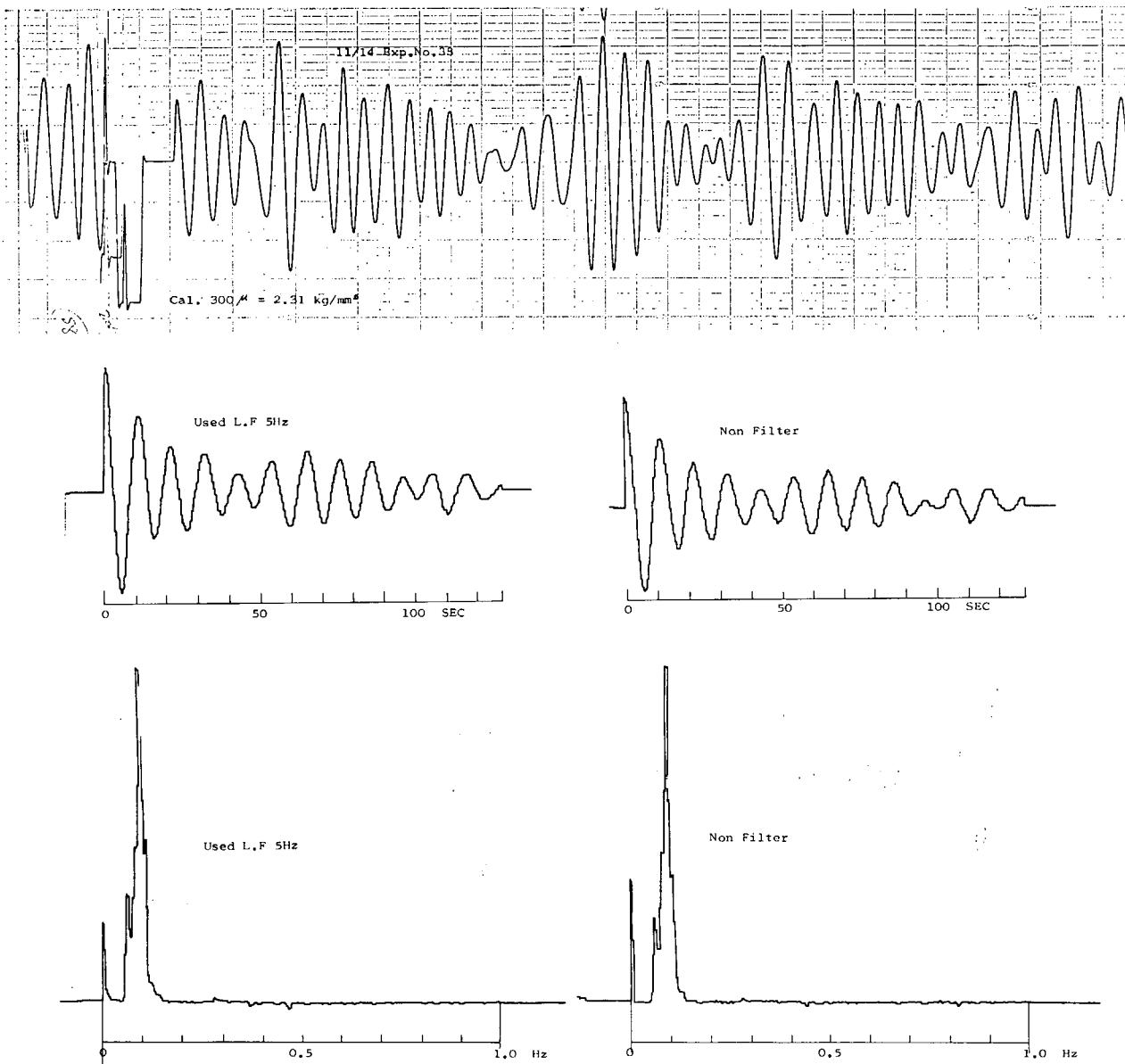


Fig.3.4.7 Analogue out put data, auto correlogram and power spectrum (5) (PORT LATTA MARU)

図 3.4.7. 計測出力データとそのコレログラム及びスペクトラム(5番)

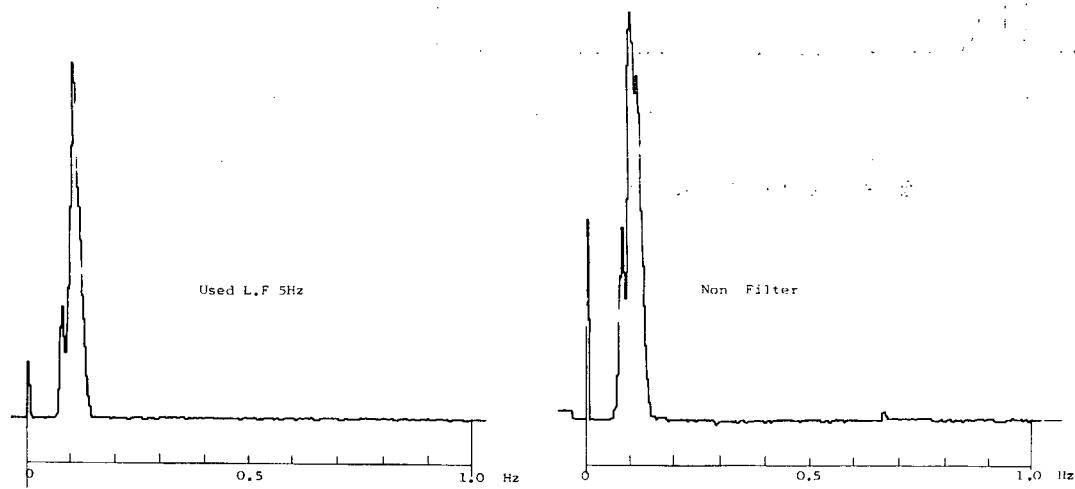
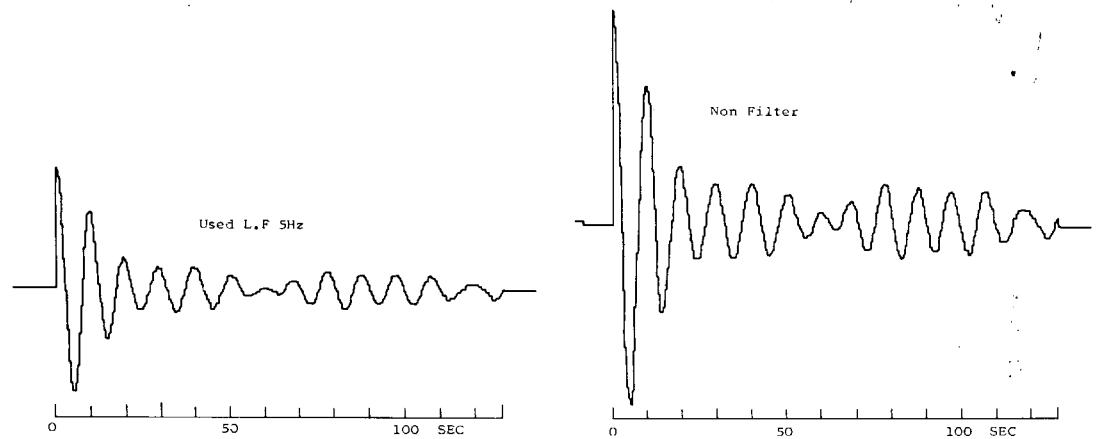
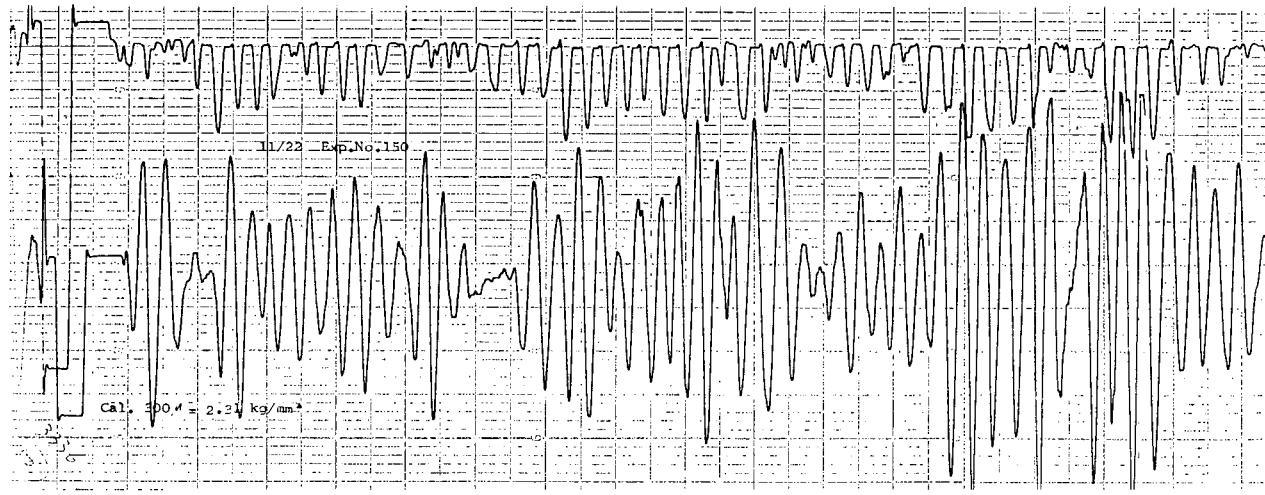


Fig.3.4.7 Analogue out put data, auto correlogram and power spectrum (6) (PORT LATTA MARU)

図 3.4.7. 計測生データとそのコレログラムおよびスペクトラム(その6)