

Fig 2・30

ム、計算法、計算結果、その他これらの解析を補うヒストグラムなどについて述べる。

2・5・1 使用された計測、記録、解析システムについて

従来の Manual なデーター処理システムと今回用いた新しい処理システムとのブロックダイアグラムを Fig 2・31 に示す。この図を見ると分かるように、従来のシステムでは、計測量を一旦オシログラフ紙等の記録紙に連続的な曲線の形で記録し、それを必要な時間間隔でスケールによつて数値として読取り、これを処理する。或は必要ならば穿孔するといったような手続によつていた。これには莫大な時間が必要であるが、時間的問題をたとえ除外しても人間による誤差は

避けられなかつた。そこで、近年運動性能部において整備、開発を進めているデーター処理技術を導入し、始めて合理的な一貫したデーター処理システムをまとめて使用した。

新しい処理システムは、先づデジタイザー(付録C)によつて計測器の出力である電氣的アナログ量を直接数値化し、その値を同時に時々刻々と穿孔テープに記録させる。実験と同時に穿孔テープに所要のサンプリング時間毎のデジタル読取り値が記録されることになる。このテープを持帰つて直接電子計算機にかけ必要な計算を行う。このような方法によつて飛躍的に時間や精度の向上がなされた。

優れた計算能力を持つ電子計算機により不規則な変動量を統計的に解析することによつて極めて短時間の処理が可能である。

計算機による計算のために新たに次に述べるようなプログラムを開発作成した。このプログラムは現在の統計論的解析法として考へる殆んどすべての要因¹⁶⁾を可変にすることが出来るほぼ完全なものといつてよいと信じている。

Fig 2・32 は、その解析法のプログラムのフローチャートを示したものである。

これはコレログラムの計算、スペクトラムの計算、ウィンドウを掛ける演算の3段階に分かれている。また、この特徴としては次の諸点が挙げられる。

- 1) 電子計算機の優れた計算能力によりサンプリングの数Nおよびラグの数mを飛躍的に増大することが

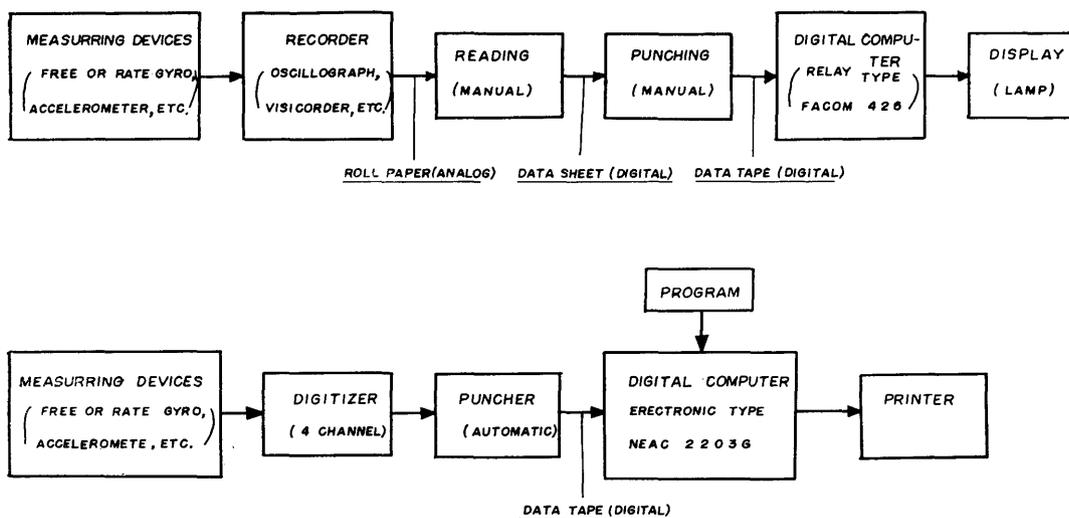


Fig 2・31 BLOCK DIAGRAM of the statistical analysis

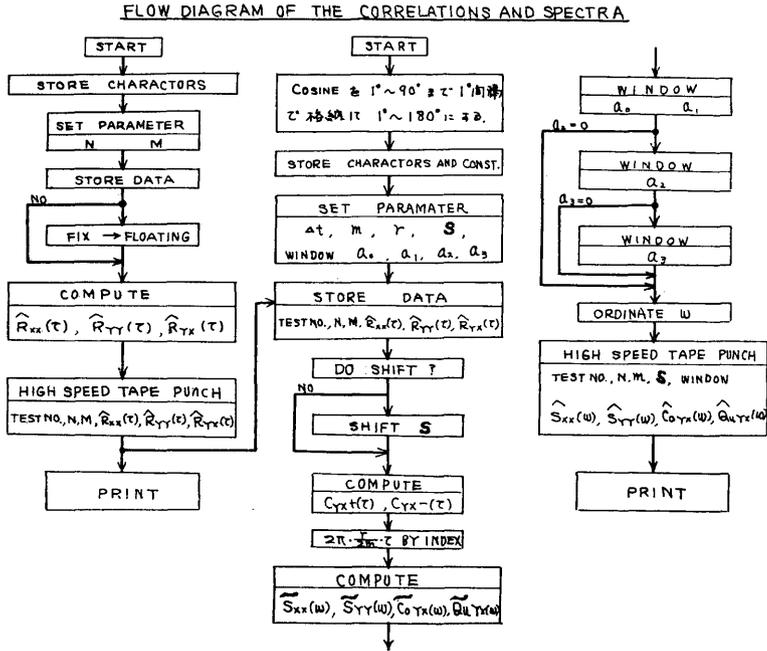


Fig 2 · 32

できた。その上N, mを自由に選択が可能である。

2) スペクトラムウィンドウの係数 a_n が4つまでならば自由な種類のウィンドウを用いることが出来る。

3) 統計論的な検定も行えるようにしたりして、プログラムには弾力性のある幅広い解析が可能になった

2.5.2 コレログラム, スペクトラムの解析法¹³⁾

不規則振動の記録が $\{X(n\Delta t); n=1, 2, 3, \dots, N\}$ と与えられたときに $\hat{R}_{xx}(\tau)$ を次式によつて定義する。

$$\hat{R}_{xx}(\tau) = \frac{1}{N-\tau} \sum_{n=1}^{N-\tau} \{X(n+\tau) - \sum_{\tau+1}^N X(n)\} \{X(n) - \sum_{n=1}^{N-\tau} X(n)\} \quad \tau=0, 1, 2, \dots, N$$

この $\hat{R}_{xx}(\tau)$ のことを Sample Auto Correlation Function と呼び、グラフをコレログラムと云う。

このコレログラムは、もとの振動、即ち、計測した記録に含まれる各周波数成分と同一の周波数成分を持ち、もとの成分のパワーに等しい振幅を持った余弦波の合成されたものである。また、原波形中で優勢であった周波数成分が一段と強調される(振幅の二乗の形)

ことにより原波形の周波数成分の構成を見易いものとしている。このコレログラムより既に知られている特性で補い、コレログラムを満足する定差方程式を解いて応答¹³⁾を求めることも出来る。

このコレログラムは、各周波数成分毎に分解するためには、次のパワースペクトラムに変換するのが具合がよい。

$\hat{R}_{xx}(\tau)$ が求めれば、次式によつてスペクトラム $\hat{S}_{xx}(\omega)$, $\tilde{S}_{xx}(\omega)$ が定義される。

$$\hat{S}_{xx}(\omega) = \hat{S}_{xx}\left(\frac{r}{m} \cdot \frac{2\pi}{2\Delta t}\right) = \frac{k}{n-k} a_n \tilde{S}_{xx} \cdot \left(\frac{r-n}{m} \cdot \frac{2\pi}{2\Delta t}\right)$$

$r=0, 1, 2, \dots, m$
 $k=1, 2, \dots, a_n$

$$\tilde{S}_{xx}\left(\frac{r}{m} \cdot \frac{2\pi}{2\Delta t}\right) = \frac{\Delta\tau}{2\pi} \{\hat{R}_{xx}(0) + 2 \sum_{\tau=1}^{m-1} \hat{R}_{xx}(\tau) \cdot \cos(2\pi \frac{r}{2m} \tau) + (-1)^r \hat{R}_{xx}(m)\}$$

この $\hat{S}_{xx}(\omega)$ のことを Sample Auto Spectrum と云う。

これは前述のコレログラムを各周波数成分毎に分解

してしまつたもので、原波形の特徴が捉え易いということ、いろいろの波形の生成機構と対応させて考えることができるという利点がある。

このままのスペクトラムでは、有限な長さの記録により有限なコレログラムを求めその変換を行うため不必要な変形をうけることになる。その変形による効果を少なくし、信頼度の点でもよい結果を得るため一つの平均法とも云える手法を用いて精度良い推定値を得るためにウィンドウなるものをスペクトラムに乗じる必要がある。¹⁵⁾

次表は、現在の段階では最も進んだウィンドウをよく用いられる Hamming, Hanning のウィンドウと比較したものである。

今回の解析には、今迄の経験から云つて推定精度が一番よいと思われている W_2 を使用した。¹⁶⁾

Table 2-8 Spectral window Coeff. An

	a_0	$a_1=a_{-1}$	$a_2=a_{-2}$	$a_3=a_{-3}$
Hamming	0.54	0.23		
Hanning	0.50	0.25		
W_1	0.5132	0.2434		
W_2	0.6398	0.2401	-0.0600	
W_3	0.7029	0.2228	-0.0891	0.0149

2-5-3 周期ヒストグラム

前節において述べたパワースペクトラムの解析を行う場合にデーターが既に穿孔テープにおさめられていない場合には、先にも述べたように莫大な時間と労力が必要になるので、そのような場合には、スペクトラムには及ばないが、簡略な解析方法として周期のヒストグラムを求めてみた。

このヒストグラムは、振幅を完全に無視し、長周期の変動をも余り考慮しないし、また見掛けの周期であつて必ずしも成分波の周期を完全には示さないから、勿論完全なスペクトラムには劣つている。しかし、原波形中に含まれる周波数の構成の大略や各計測項目間の関連性を知る手段としては、簡単で有用な資料であると思われる。

Fig 2-33-1 から Fig 2-33-8 は、本航海中で海象が荒れていると思われる復航の TEST NO 211~220 までのもので計測を行つたほとんど総ての項目について求めた周期のヒストグラムである。

また、本船が往路、復路において遭遇した波の会合周期について求めたのが Fig 2-34 である。

推進軸トルクは、推進軸回転数と変動が非常によく一致しているので省略した。

上下加速度は縦揺れの変動とまったく一致しているので、舷側水位を測定した時はその解析を省略した。

図中の会合周期のヒストグラムに矢印が記入されているが、これは目視観測で得たうねり、風浪の周期から略算した値である。

横揺れの周期とヒストグラムに記入されている矢印は次節の精密なパワースペクトラム解析によつて得られた卓越した成分の周期の値を示す。

求めた周期ヒストグラムから次のような諸点が導かれる。

1) 縦揺れの周期分布は大略会合周期の分布によく一致している。特に縦揺れの分布が狭くて顕著な場合には、一層分布が一致する。これは縦揺れは自由動揺の減衰が大きく、外力の影響を受けやすいので、縦揺れは強制外力である波の分布に似た分布の場合が多いと考えられる。即ち、縦揺れのパワースペクトラムの形は、大略波のスペクトラム分布を表わしているものと思われる。従つて、縦揺れスペクトラムに明瞭に現われた山から、波の会合周期を知ることが可能であろうし、波の大体の不規則性を知るには縦揺れのスペクトラムの分布状態で判断されると思われる。その非常によい例として TEST NO 220 が挙げられる。

2) 会合周期の計測値と波の周期の観測値との関係は、古典的な規則波の関係から次式で与えられる。

$$T_e = \lambda / (V_w - V_s \cos \alpha) = \frac{g T_w^2 / 2\pi}{g T_w^2 / 2\pi - V_s \cos \alpha}$$

ただし T_e : 会合周期
 T_w : 波の周期
 V_s : 船の速度
 V_w : 波の速度
 α : 波が船に出会角
 λ : 波長

この式より、観測した波と船速を用いて会合周期を求めて、図中に示してあるが、Swell に関する限りでは、ほぼよい値になつているが、これは規則波に対する理論式にて求めたものであり、先に述べた様に波長 $\lambda = K \cdot g / 2\pi \cdot T_w^2$ であるので、うねりでは妥当なところに来るが、風浪では相当異つて来るであろう。

3) 操舵周期のヒストグラム中に、頻度数にすれば僅かではあるが、横揺れのヒストグラムの山の周期のところで操舵されていることが見受けられる場合がある。これは大洋を航行中の船舶が自動操縦装置によつ

て操舵されていると、船体の横揺れ固有周期でもつて数度の振幅で正弦的に操舵すると云われていることに一致する。

4) 全般的にいつて、出会周期、操舵周期、船首振り周期、上下加速度周期、縦揺れ周期は共に密接な関連性があるとい得る。

5) 横揺れの周期は各計測項目とは関連性が見受けられないが、それは次節で述べる様に、常に横揺れ固有周期付近に周期が多く分布しているからである。

図中にはパワースペクトラムの卓越した山の周期を矢印で示しておいたが、これは非常によい一致を示している。

6) 横応力と舷側水位との変動周期分布は、前述の手法によるヒストグラムでは密接な関連性が認められる。

7) 推進軸の回転数変動の周期分布は、その時によつて出会周期、舷側水位などと分布が似ているが、どの項目と関連性があるかはこれだけからは云えない。

8) 往復航の出会周期の分布は、往路でも復路でも余り相違がなかつた。

2・5・4 コレログラム、スペクトラムの考察

1) 横揺れについて

一般に横揺れは減衰の極めて少ない運動であるので、そのコレログラムも収束の極めて遅いものである。

そこで読取り時間間隔、最大ラグ数、ウィンドウ等の選定が問題になる。今回は読取り時間間隔を 1.0, 1.125, 1.50 秒の三種類にしたが、ラグの方を変化させて60と90にしてコレログラム一本の長さを90秒以上にした。これは横揺れ固有周期にして7周期以上になるので、かなり減衰する所まで求めることになる。

スペクトラムを求めた結果からスペクトラムのピークの帯域幅等を考えると横揺れに関しては、このサンプル時間間隔、最大ラグ数はほぼよい値であつたようである¹⁶⁾。

横揺れパワースペクトラムは大略同一周波数付近に卓越した山を持ち、その裾の広がりはかなり狭い。

一番卓越した山の周波数を書き出して見ると、下記の表のようになる。

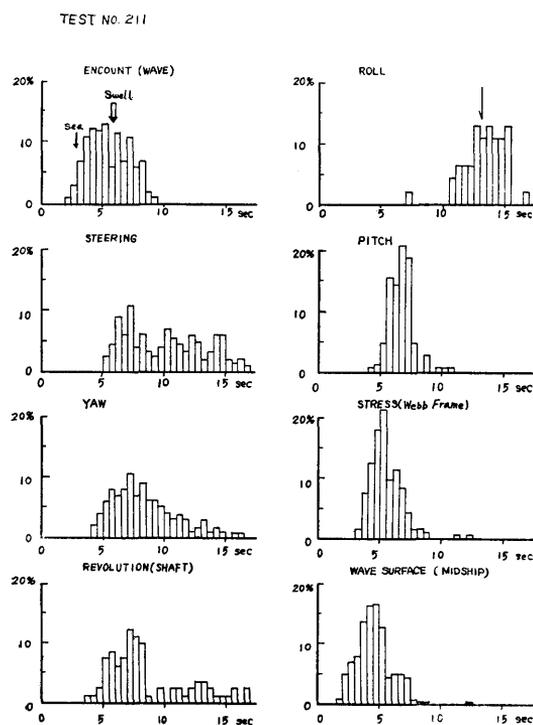


Fig 2・33・1 Histogram of TEST NO 211

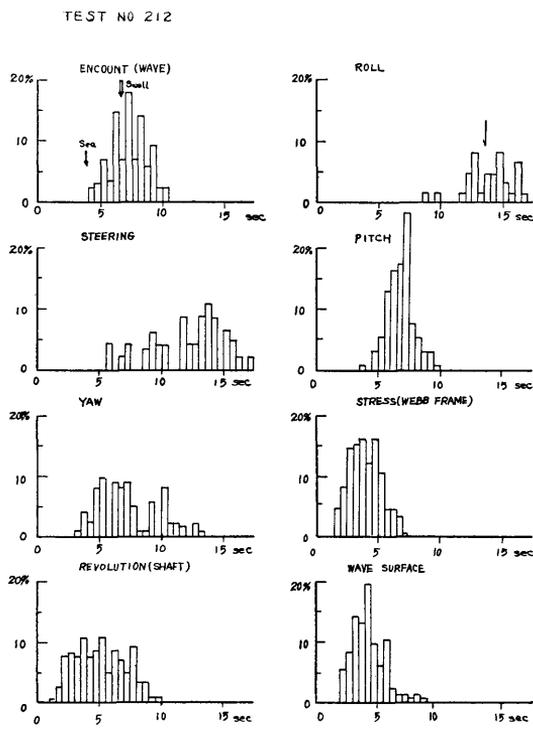


Fig 2・33・2 Histogram of TEST NO 212

TEST NO	204	205	206	207	208	209	211	212
ω	.48	.48	.50	.48	.48	.48	.46	.47
TEST NO	213	214	215	216	217	218	219	220
ω	.46	.48	.50	.48	.44	.47	.48	.47

この表によれば、 $\omega=0.48$ を中心とし、 $\omega_{max}=0.50$ 、 $\omega_{min}=0.44$ であるが、最小値一つだけが特に異つているので、これを除外すると、卓越した山の周波数は $\omega=0.46\sim 0.50$ の間になつてしまう。この平均値は、周期にして13.15秒となり、TEST NO 204~220の状態では、この付近に、この船の固有周期があつたことが明らかである。

試験によつては、この値が少しづつ異なる場合があるが、その理由として船の状態変化、大角度の動揺と外力である波のスペクトラムの相違からであるが、その影響は前記のように少いものであることがわかる。

一般に横揺れの場合には、減衰が小さいため、その周波数応答曲線が固有周波数において極めて鋭い山を有しているため、外力である波のスペクトラムが多少

異つても横揺れのスペクトラムは、その殆んどが総て固有周期に極めて近いところに卓越した山を有する。

従つて、山隆丸の復航時における横揺れ固有周期は平均値の13.15秒と考えるのが最も妥当と思われる。

一方往路の場合は、全般的に動揺が少なかったので、余り解析を行なわなかつたが、TEST NO 103では $\omega=0.57$ 、No. 104では $\omega=0.59$ 、No. 105では $\omega=0.59$ 、No. 113では $\omega=0.56$ 等に卓越した山が現われているので、平均値の $\omega=0.58$ 、即ち10.8秒が往路の横揺れ固有周期と考えられる。

TEST NO 217はコレログラムに高周波の雑音が入つて他の場合とはまったく異つている。

2) 縦揺れについて

縦揺れのコレログラムは収束が早いので固有周期は横揺れより小さいので、余りラグ数は心配を必要としない。

縦揺れのスペクトラムと波の観測資料とを対照することにより、船体運動の性質及び強制外力である大洋波の性質についてある程度推定することが出来る。

例えば、TEST NO 211について考えてみる。船は

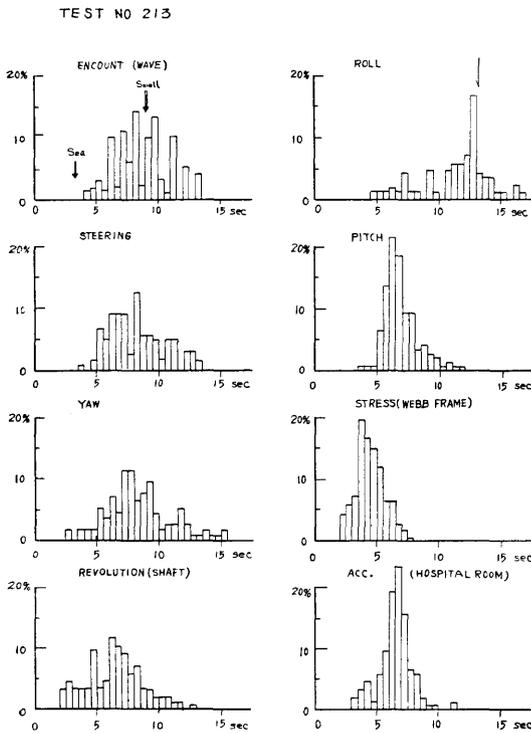


Fig 2・33・3 Histogram of TEST NO 213

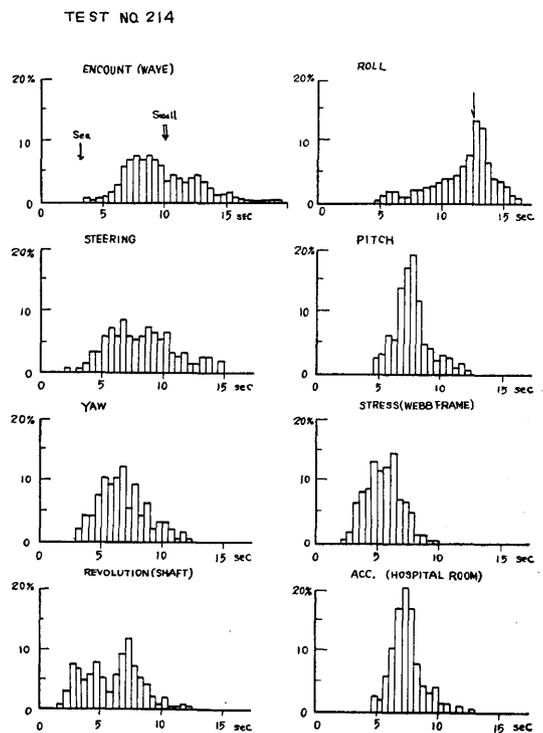


Fig 2・33・4 Histogram of TEST NO 214

真向いよりうねり（波長100m, 周期 9.3 秒, 波高1.5 m）と風浪（波長35m, 周期5.6秒, 波高1.5m）とに遭遇している。この波の周期を船速（船底圧ログと観測による波との出会う角度を用いて、前述の出会い周期を求める式に入れたら、うねりは5.86秒、風浪は2.76秒となるが、これには速度、角度に誤差が入るのみでなく、波長にも先に述べたような古典的關係にある修正が必要であるから一つの概算値に過ぎない。

波長は船長に対して、うねりが0.69 L_{pp} で、風浪は0.24 L_{pp} となっている。

一方復路のように向い斜め波中の縦揺れの応答を考えると、波長が0.4 L_{pp} 以下の波に対しては、船は殆んど応答を示さないで、波長が58m以下の波に対しては縦揺れの結果から強制外力である波の性質を知る事はかなり困難になる。しかし、普通これ以下の波は波高も低いので余り問題にならない。反対に波長が船長の2倍以上になると縦揺れの応答はほぼ1になり完全な波浪計となつて波浪の性質そのものを示すと云つてよい。

上記の値は波の観測の平均値から求めた出会い周期で

あるが、これを出会周期のヒストグラム Fig 2・33・1 によつて見ると周期分布の範囲は3.5~8.5秒と相当幅広いが、この範囲で80%を占めている。この値は船速とか波との出合角による誤差は全く入っていないので、そのまま信頼して差支えない。

そこで、縦揺れのスペクトラムを見ると、出会い周期の範囲内に8.05, 7.15, 6.28秒にそれぞれ卓越した山があり、5.50秒に小さな山が現われている。この間に幅の広い不規則的な変動が存在していると思える。

出会い周期の分布中でこの船が向い波に対する5秒以下のものは、上記の波長の点から云つて縦揺れには殆んど寄与しないのでスペクトラムにも殆んど現われていないが、それ以上の波に対しては、縦揺れのスペクトラムはほぼ波のスペクトラムに似ているのではないかと云える。この様に幅の広い範囲に波が分布しているものに属する例は、TEST NO 211 の外に TEST NO 204, 205, 209, 218等がある。

つぎに割合に不規則ではあるが、上記のように幅狭くない場合の例として TEST NO 216 についてみると、出会い周期ヒストグラム Fig 2・33・6 には 8.0~

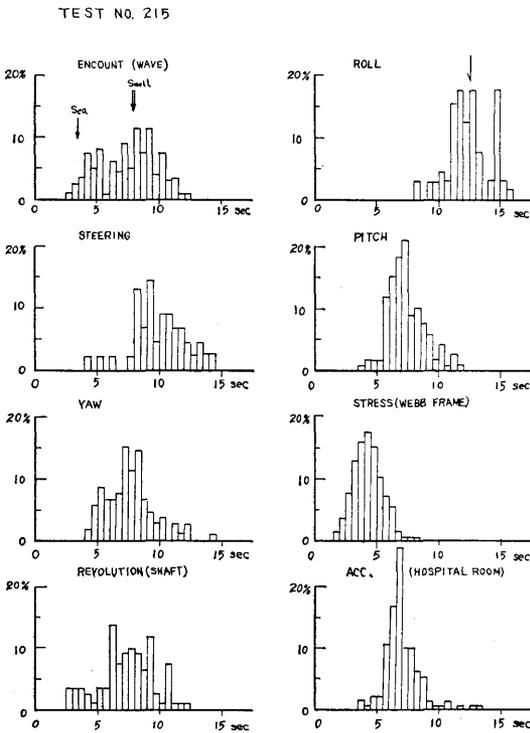


Fig 2・33・5 Histogram of TEST NO 215

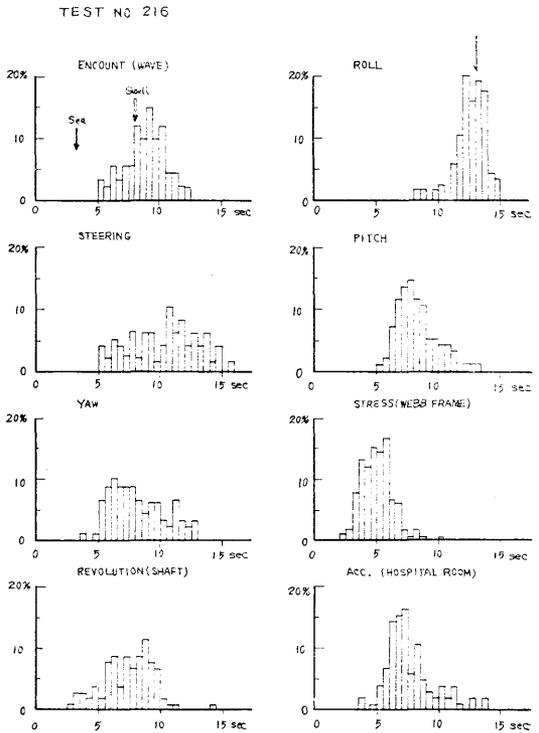


Fig 2・33・6 Histogram of TEST NO 216

10.5秒の間に優勢な山がある。これは真向いで TEST NO 211 より不規則の幅が狭いうねりが来ていると考えられる。これに対して縦揺れスペクトラムでも、まったく同じ範囲の8.0~10.5秒に卓越した山が現われている。この様に出会周期のヒストグラムの分布が5秒以上で、分布の幅があまり広くない場合は、そのまま縦揺れスペクトラムは波のスペクトラムに似た形で現われていることが分る。

この例の外に TEST NO 106, 113, 206, 207, 208, 212, 213, 214, 215 が TEST NO 216 に似た分布を示している。

また、波が更に規則性に富んでいるうねりに遭遇した場合として、TEST NO 219 の様なものがある。Fig 2・33・7 に示す出会周期のヒストグラムには6.5~8.0秒の範囲に顕著な山が現われている。この波は船首より右10°方向からのうねりに遭遇した場合のものである。この時、縦揺れのスペクトラムは7.7秒に非常に顕著な山が現われている。

これらは何れも出会周期と縦揺れスペクトラムの関連性を示したものである。しかし、両者の関連性が一

見付かないものとして TEST NO 103, 104, 105, 115, 217がこれである。

TEST NO 217 は波との出会周期のヒストグラムでは6.0~9.0秒に現われているのに、縦揺れのスペクトラムでは12.6秒に卓越した山が現われている。この場合、横揺れのスペクトラムを見ると11.9秒に顕著な山が現われていることから考えると、やはりこのときの出会周期がこの付近にあつたのではないかと想像される。そこで横揺れと縦揺れの一種の Coupling を起している様にも思われる。普通 Coupling は極めて小さいが、TEST NO 103, NO 104, NO 105, NO 115, NO 206, NO 212, NO 213 などにも僅かにこの現象が現われていることが分る。

TEST NO 103, 104, 105 では、それ以外にも非常に卓越した山を有する場合がある。これらは総て追波中であつたので、波との出会周期が約20秒というように普通の出会周期の約3倍という長い周期であつたのと同時に波高が比較的低かつた為に、他の波に幻惑されて見落したのではあるまいか。しかし、測定されたにしてもヒストグラムにすると周期の大きいものは頻

TEST NO 219

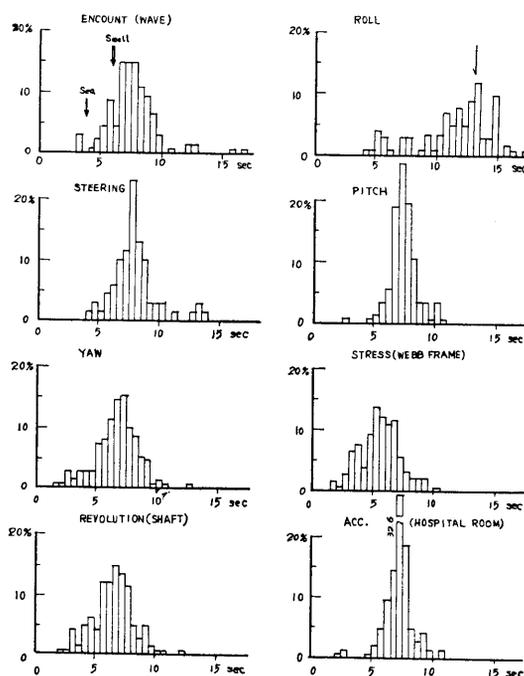


Fig 2・33・7 Histogram of TEST NO 219

TEST NO 220

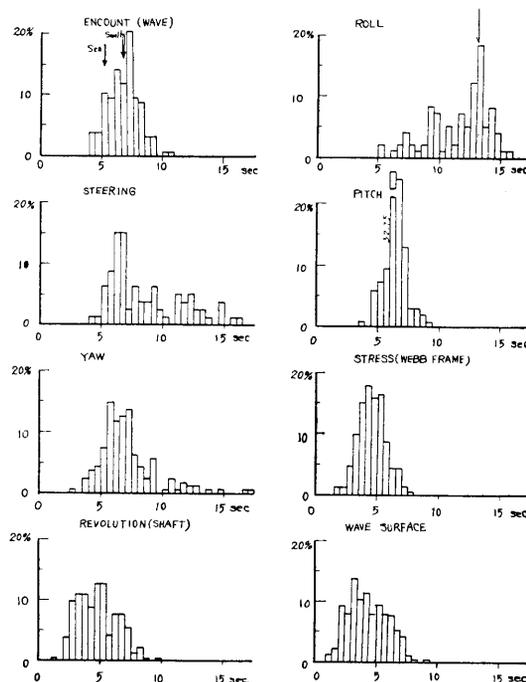


Fig 2・33・8 Histogram of TEST NO 220

度数が少なくなり、グラフの上で占める割合は少なくなつて来る。これは周期のヒストグラムの大きな制約である。

以上で縦揺れスペクトラムについて述べて来たが、上記の如く縦揺れスペクトラムに明瞭に現われている山は波との出会周期にも卓越して現われているといつたように両者は非常によく一致している。

結局、波浪中における縦揺れの周波数応答曲線が割合平坦なため、縦揺れのスペクトラムは強制外力である波のスペクトラムにかなり忠実であると云えるので、縦揺れのスペクトラムの分布曲線の形から波のスペクトラム分布曲線をかなりよく推定することが出来るものと考えてよい。

そこで北太平洋における波浪について判断すると、狭い周波数の範囲に分布しているので、余り不規則的な海面状態ではなく、割合と規則性に富んだ海面状態であるといえよう。

縦揺れのスペクトラムより縦揺れの固有周期を求めることは今回の試験結果からでは困難である。略算式で推定して求めると約6~7秒となる。すると多くの

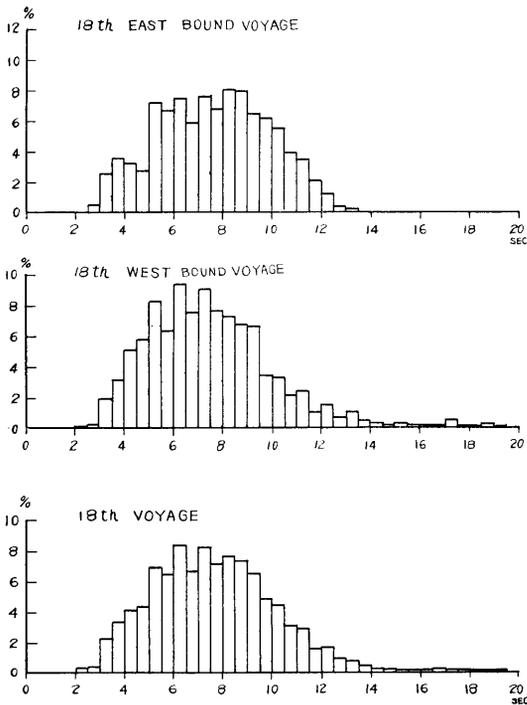


Fig 2・34 Histogram of encounter period

スペクトラム中に $\omega = 0.90$ 付近に山があるので、大凡7秒とも云つてよいのかも知れない。

3) 横応力について

横応力のスペクトラムは最も関連性がありそうに予想された舷側水位はもとより縦揺れ横揺れのスペクトラムとも見た所ではまったく云つてよい程関連性が薄く意外であつた。然しながら例えば横応力と舷側水位とは連続記録の上で見ると変動が極めてよく似ていると思われる。そこで比較的早い周期をもつので両者のサンプリング時間を更に短くさせ、その上で夫々の自己相関のみでなく相互相関等をも求めて更に検討を進めることなどを考えているこれらについては後日また報告することとする。

SEA STATE SKETCH 	TEST NO.	204
	DATA NUMBER	430
	LAGS NUMBER	60
	SAMPLING TIMES	1.50s

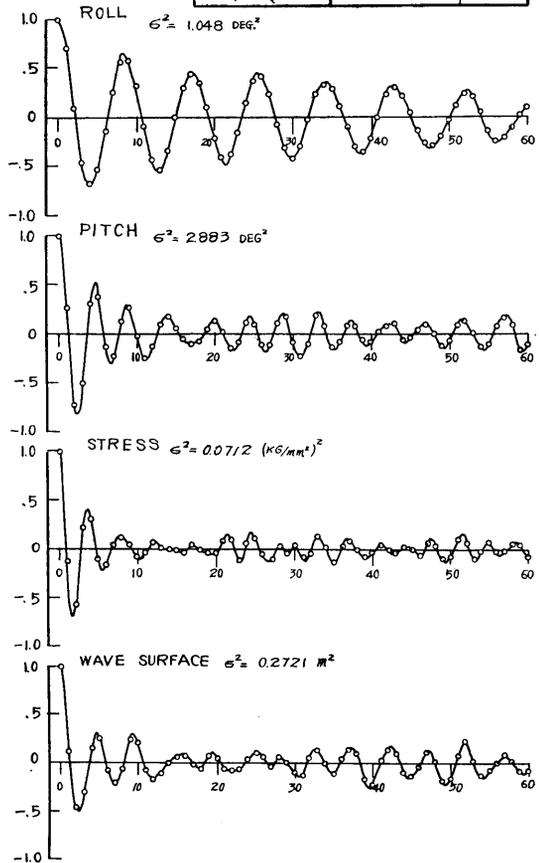


Fig 2・35・1 Correlograms of TEST NO 204

4) 舷側水位について

上記の通りに横応力と舷側水位とはスペクトラムの上では外見上関連性が深く現われなかつた。しかし、舷側水位のパワースペクトラムは横揺れと縦揺れのパワースペクトラムの積み重ねに非常に似ているのは当然の結果とも云えようが興味深い。

5) その他のスペクトラム解析

出会マークの記録を波の振幅をすべて±1と考えた記録であると考え、それによつてコレログラムを計算し、フーリエ変換してスペクトラムとすることが出来る。

それはスペクトラム密度であつて波の全エネルギー或は分散は不明であるが、スペクトラムの形として

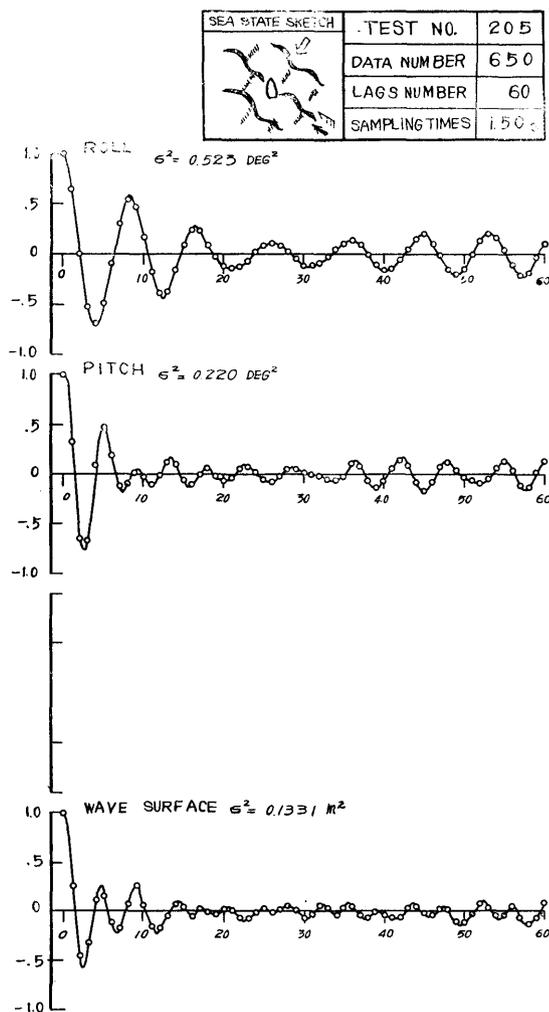


Fig 2・35・2 Correlograms of TEST NO 205

は、標本の数がある値以上であれば大略波のスペクトラムの形を近似していると云つてよい。今回はその例を示してないが、その様にして求めた結果は出会周期のヒストグラムにも似ているし、縦揺れのスペクトラムの形に非常に似たものとなり、先に述べた縦揺れのスペクトラムの性質を現わしているであろう。その他2, 3節において述べたような舵角, ヨーイング, トルクの同時記録から夫々のスペクトラムを求めて比較することによつて多くの興味ある結果が得られよう。

然し、今回の実験で使用したデジタイザーは4チャンネルであつたために、統計的解析は横揺れ, 縦揺れ, 横応力, 舷側水位を主としたので, その他の項目

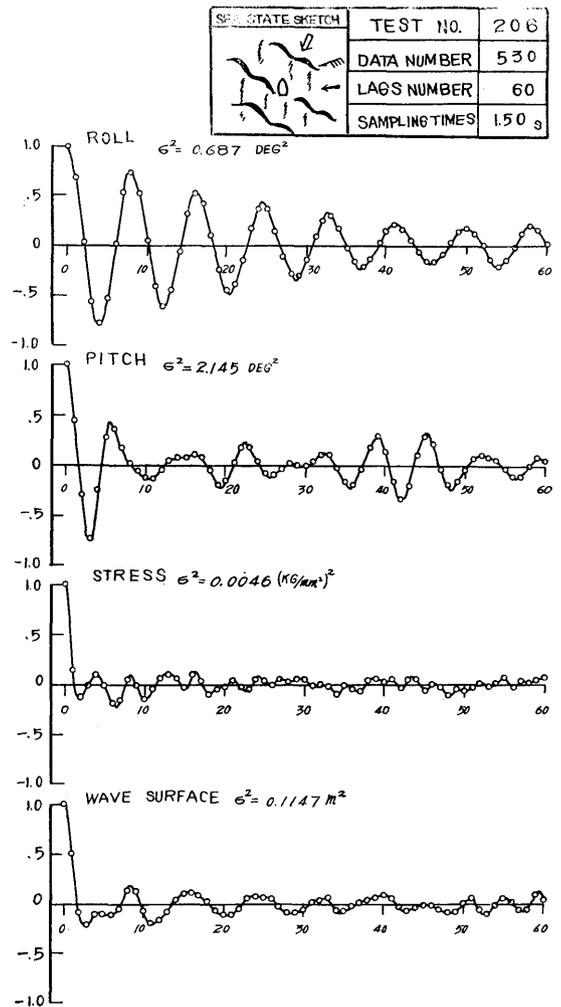


Fig 2・35・3 Correlograms of TEST NO 206

の記録には使用しなかつた。従つてデジタイザーを使用出来なかつた項目の解析には相当の日数を要することになるので、将来これらについて行うことを考えて

いる。

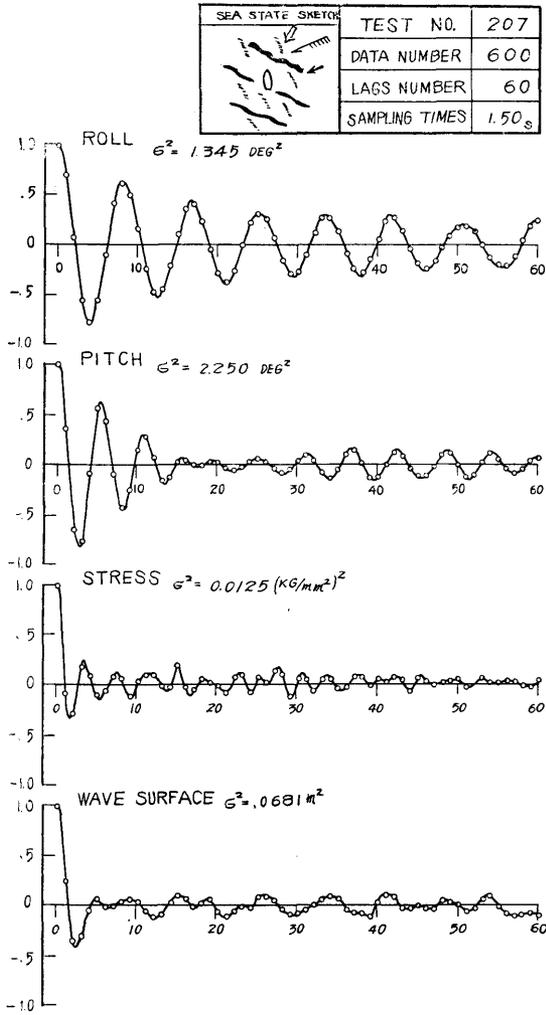


Fig 2 · 35 · 4 Correlograms of TEST NO 207

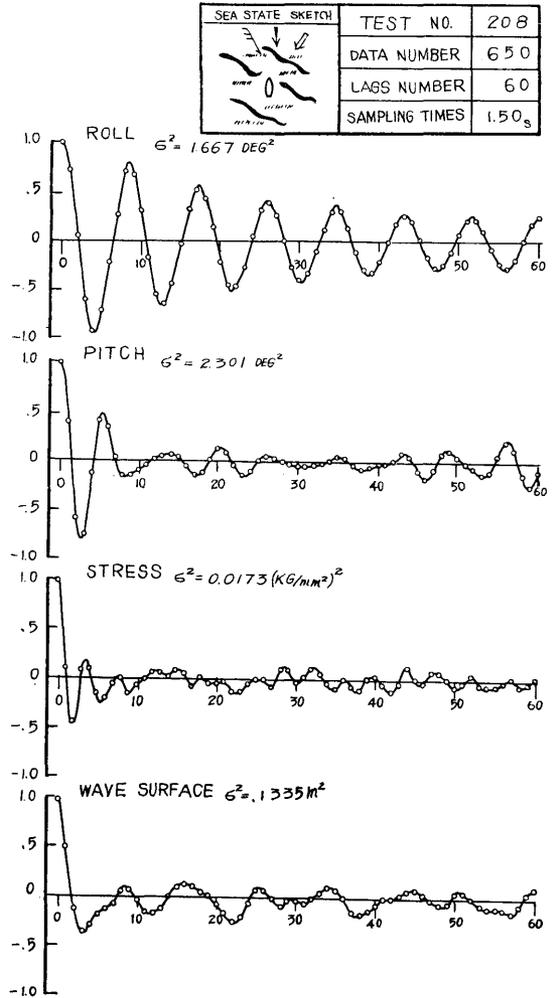


Fig 2 · 35 · 5 Correlograms of TEST NO 208

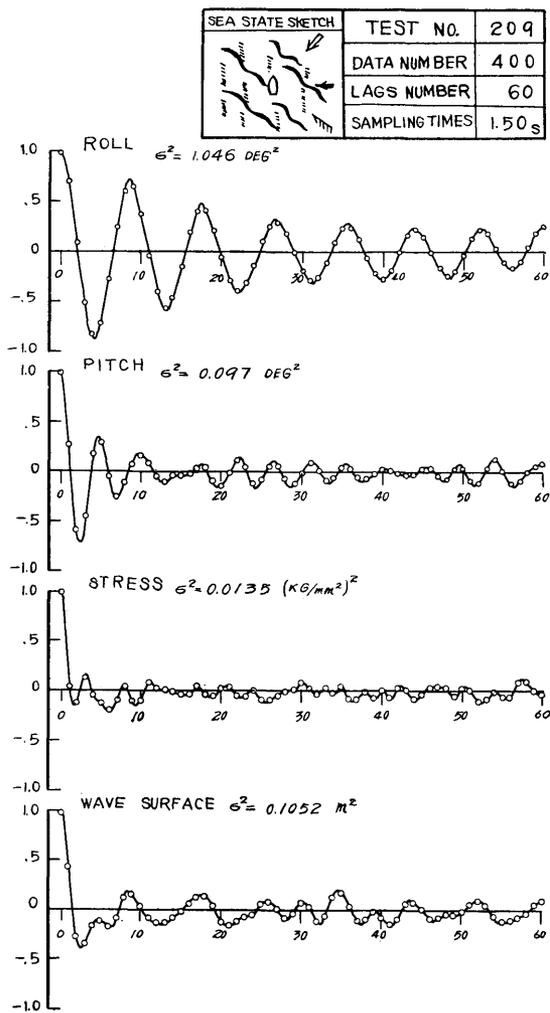


Fig 2 • 35 • 6 Correlograms of TEST NO 209

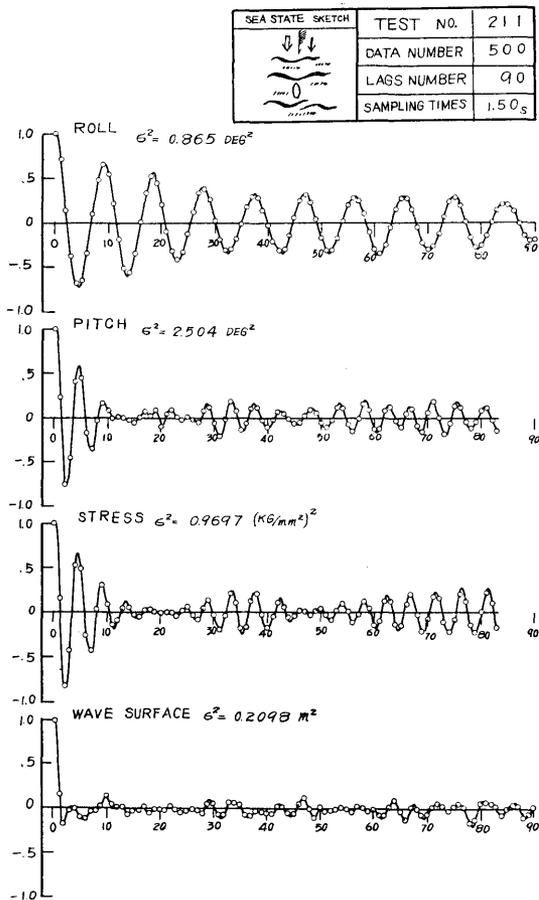


Fig 2 • 35 • 7 Correlograms of TEST NO 211

SEA STATE SKETCH	TEST NO.	212
	DATA NUMBER	750
	LAGS NUMBER	40
	SAMPLING TIMES	1.00 s

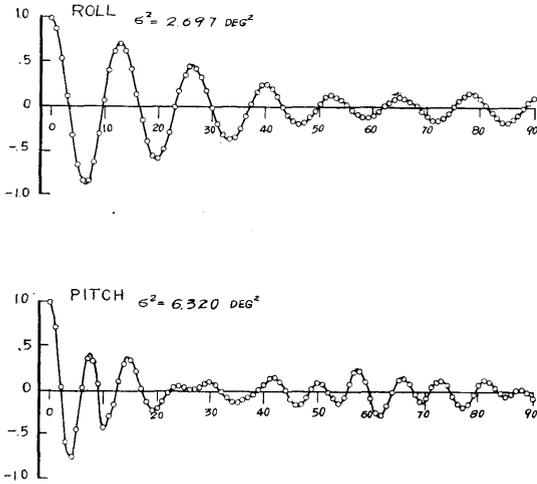


Fig 2 · 35 · 8 Correlograms of TEST NO 212

SEA STATE SKETCH	TEST NO.	214
	DATA NUMBER	950
	LAGS NUMBER	40
	SAMPLING TIMES	1.125s

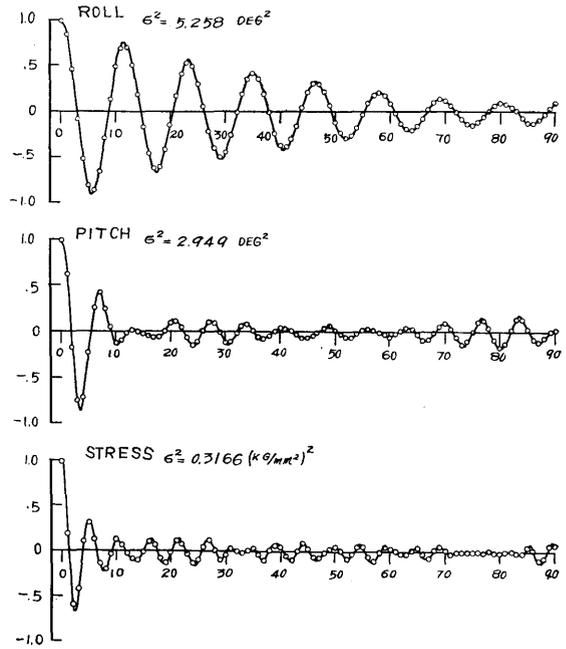


Fig 2 · 35 · 10 Correlograms of TEST NO 214

SEA SKETCH	TEST NO.	213
	DATA NUMBER	670
	LAGS NUMBER	40
	SAMPLING TIMES	1.00 s

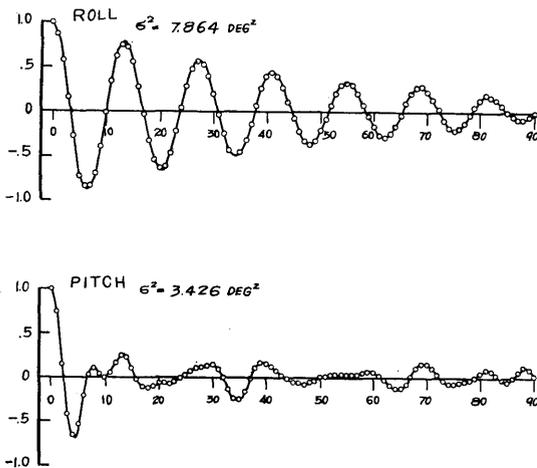


Fig 2 · 35 · 9 Correlograms of TEST NO 213

SEA STATE SKETCH 	TEST NO.	215
	DATA NUMBER	800
	LAGS NUMBER	90
	SAMPLING TIMES	1125 ₃

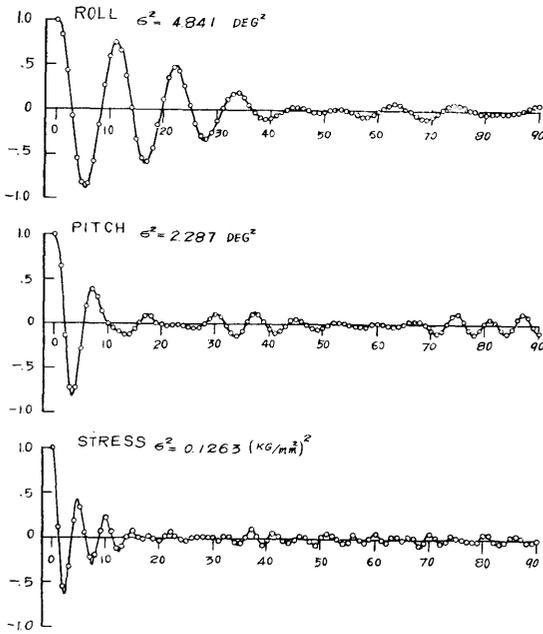


Fig 2 • 35 • 11 Correlograms of TEST NO 215

SEA STATE SKETCH 	TEST NO.	216
	DATA NUMBER	700
	LAGS NUMBER	90
	SAMPLING TIMES	1125 ₃

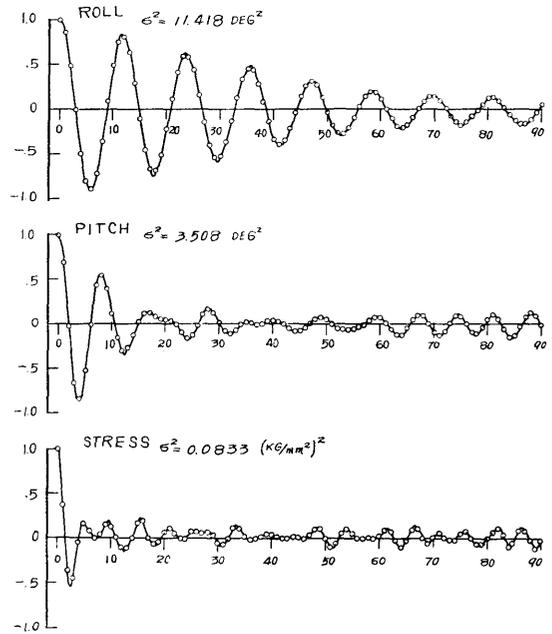


Fig 2 • 35 • 12 Correlograms of TEST NO 216

SEA STATE SKETCH 	TEST NO.	217
	DATA NUMBER	480
	LAGS NUMBER	90
	SAMPLING TIMES	1.125s

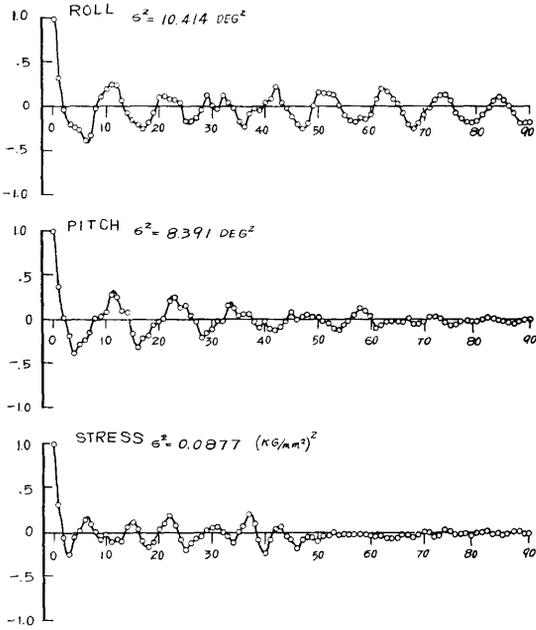


Fig 2 • 35 • 13 Correlograms of TEST NO 217

SEA STATE SKETCH 	TEST NO.	218
	DATA NUMBER	900
	LAGS NUMBER	90
	SAMPLING TIMES	1.125s

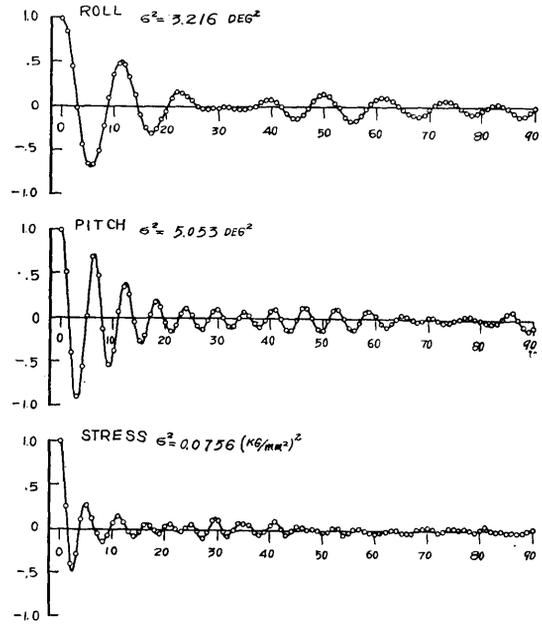


Fig 2 • 35 • 14 Correlograms of TEST NO 218

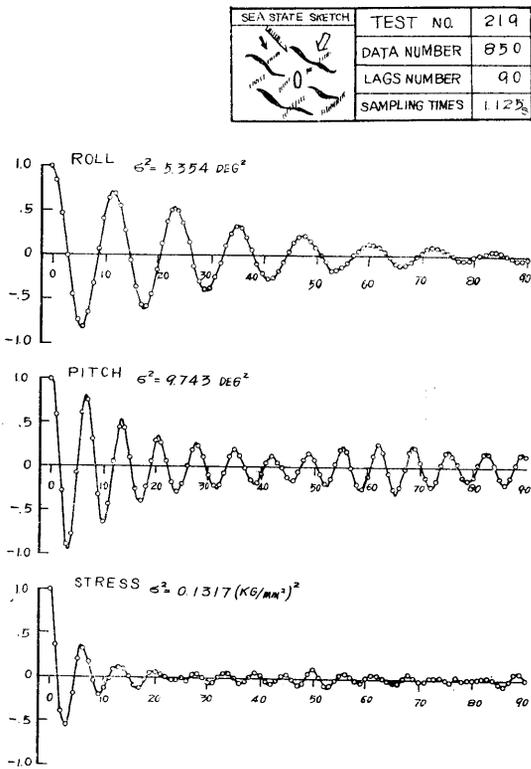


Fig 2 · 35 · 15 Correlograms of TEST NO 219

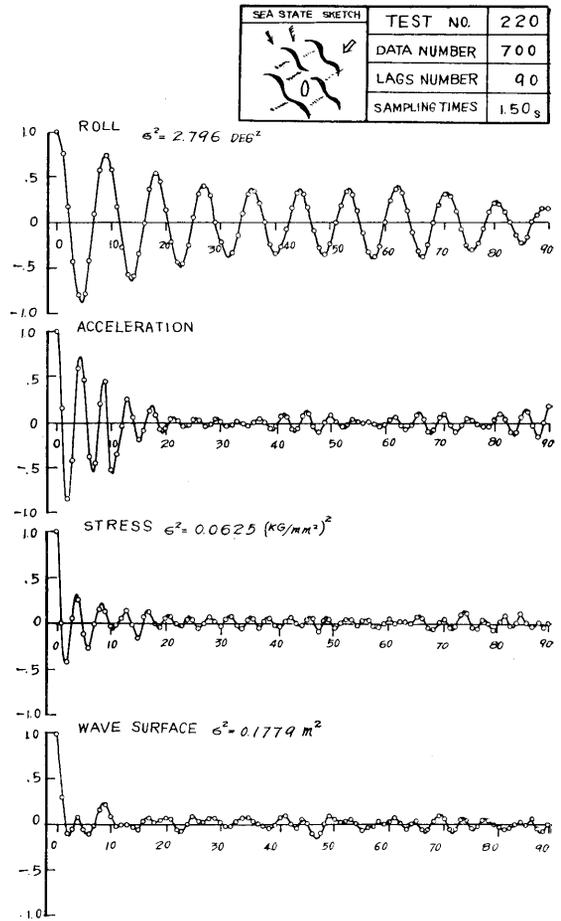


Fig 2 · 35 · 16 Correlograms of TEST NO 220

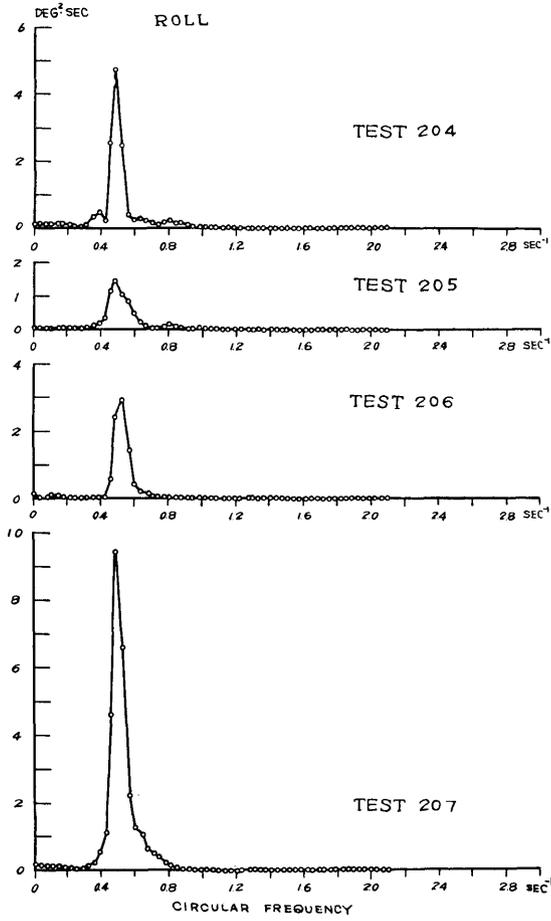


Fig 2 · 36 · 1 Power spectra of rolling

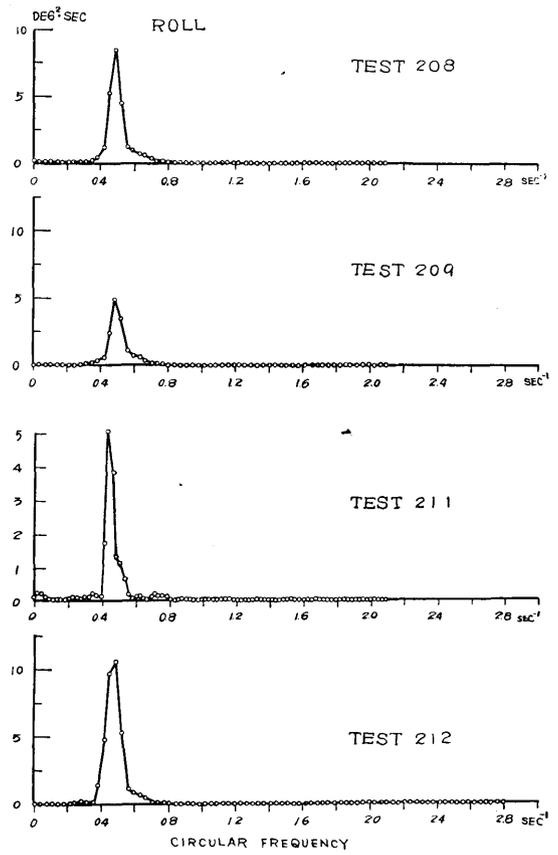


Fig 2 · 36 · 2 Power spectra of rolling

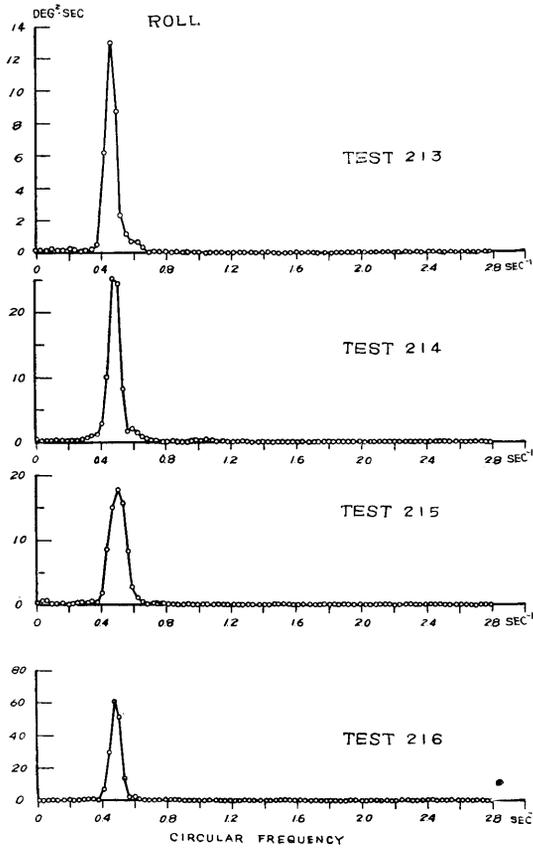


Fig 2 · 36 · 3 Power spectra of rolling

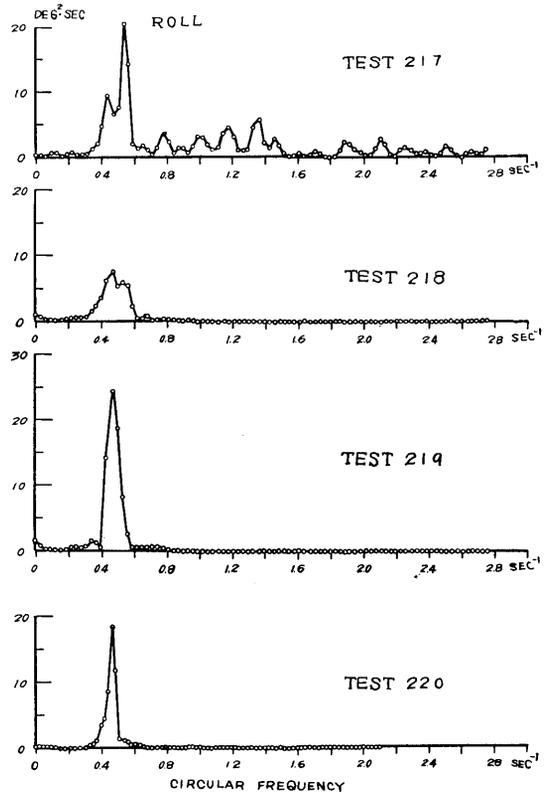


Fig 2 · 36 · 4 Power spectra of rolling

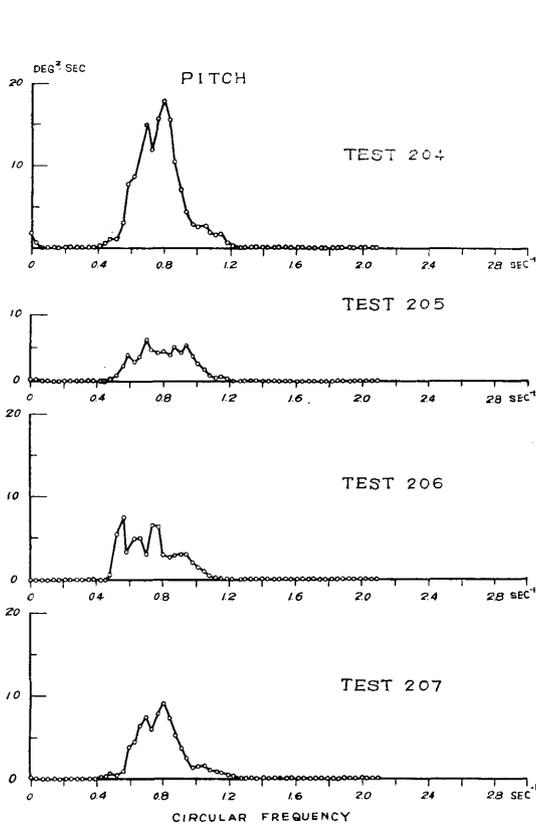


Fig 2·37·1 Power spectra of pitching

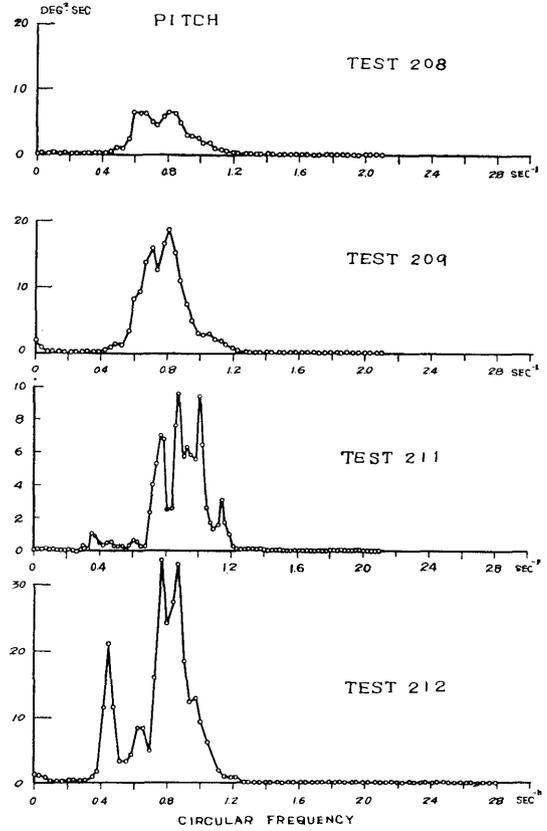


Fig 2·37·2 Power spectra of pitching

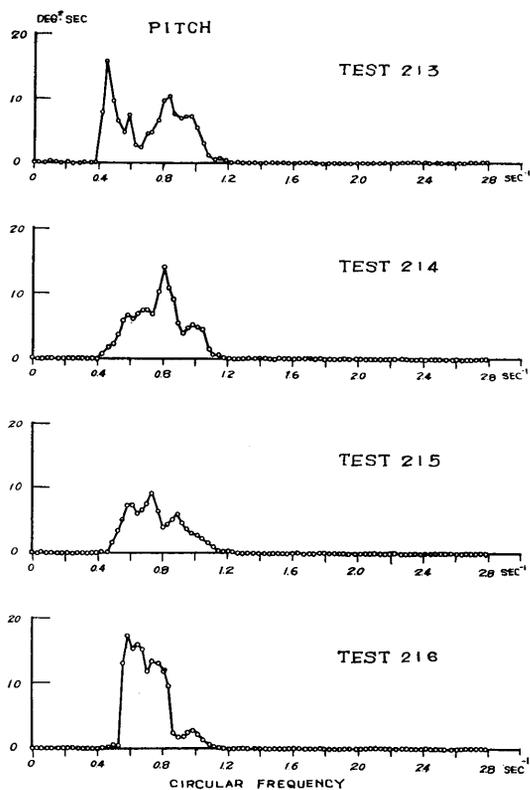


Fig 2 · 37 · 3 Power spectra of pitching

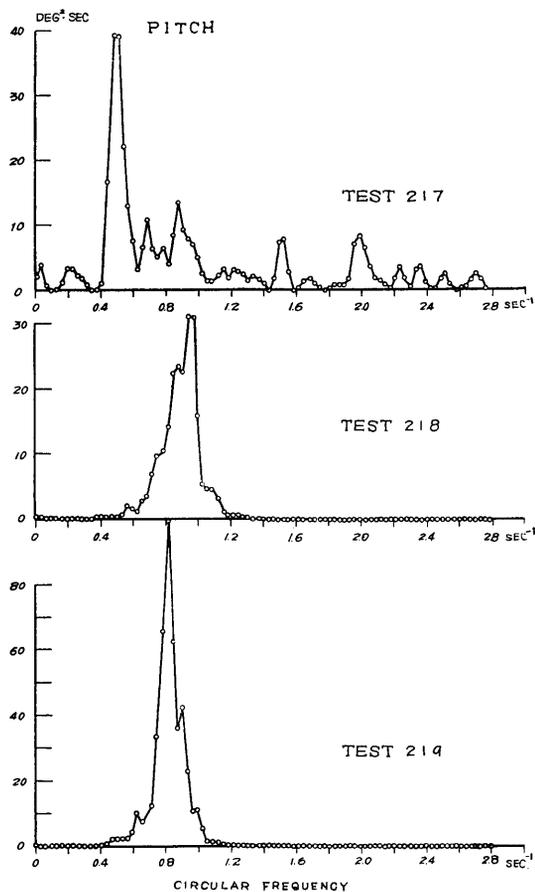


Fig 2 · 37 · 4 Power Spectra of pitching

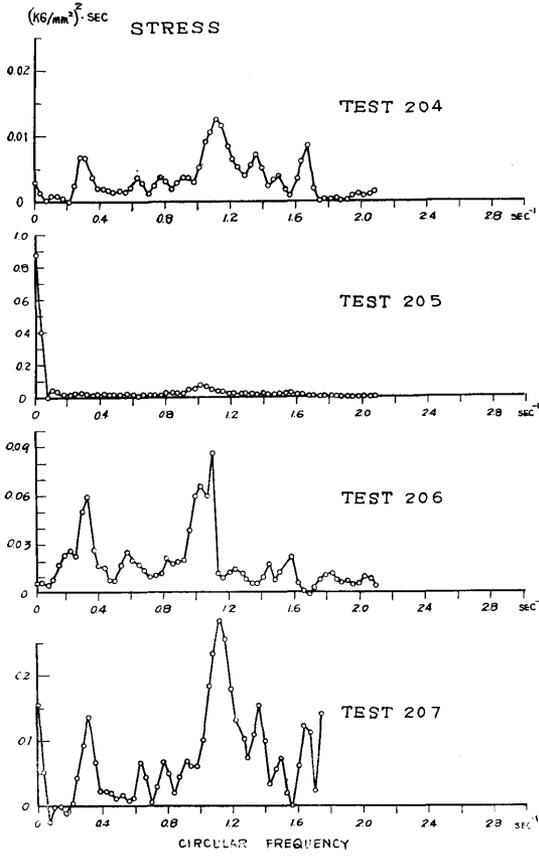


Fig 2.38.1 Power spectra of transverse stress

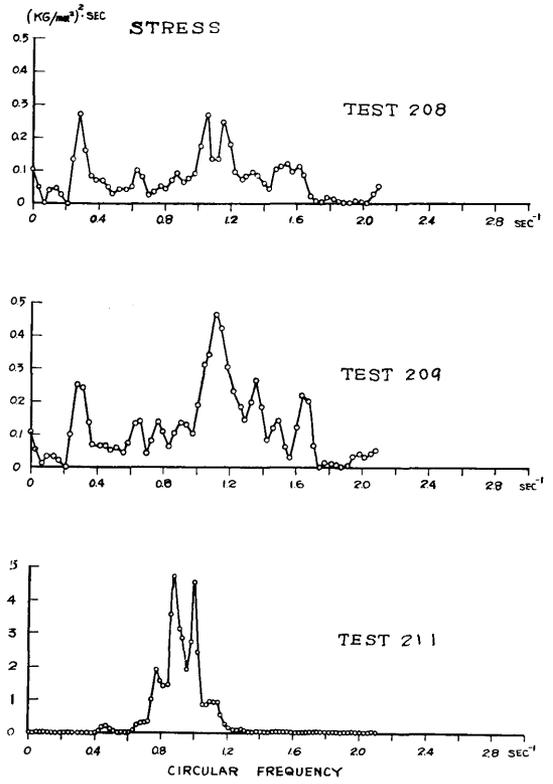


Fig 2.38.2 Power spectra of transverse stress

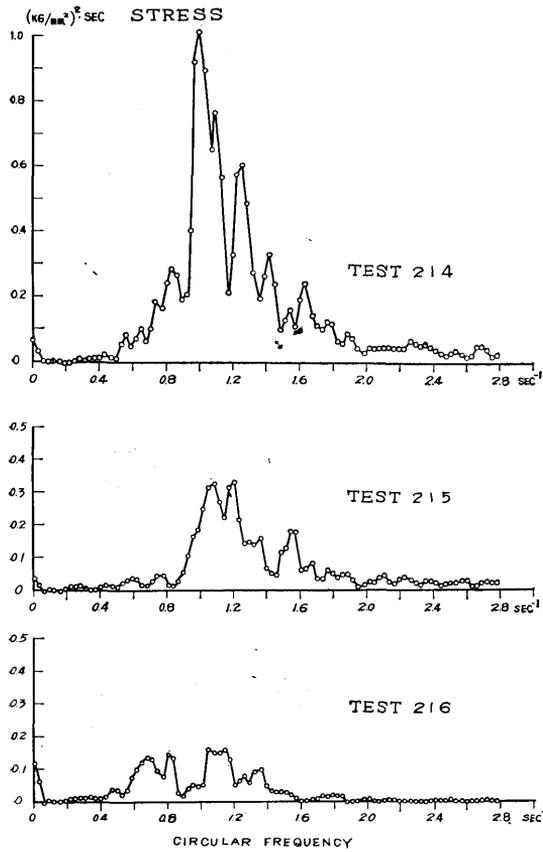


Fig 2 · 38 · 3 Power spectra of transverse stress

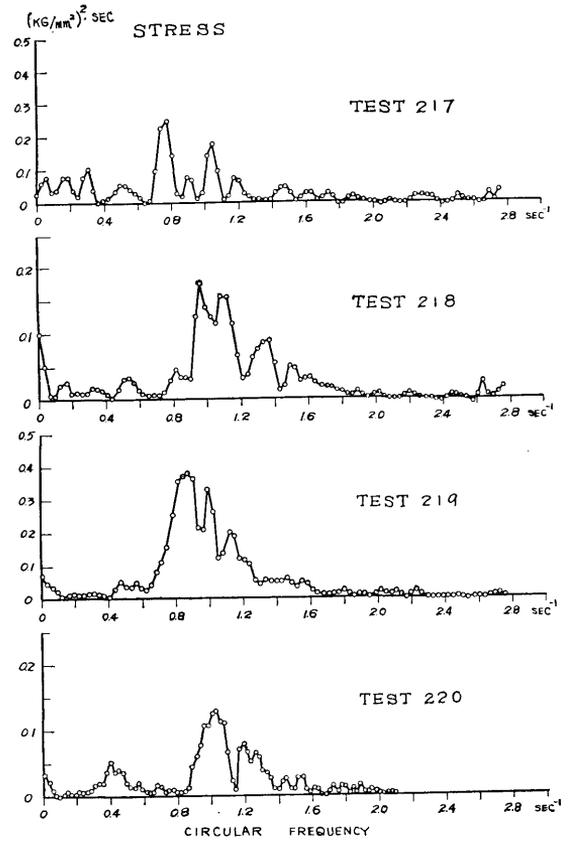


Fig 2 · 38 · 4 Power spectra of transverse stress

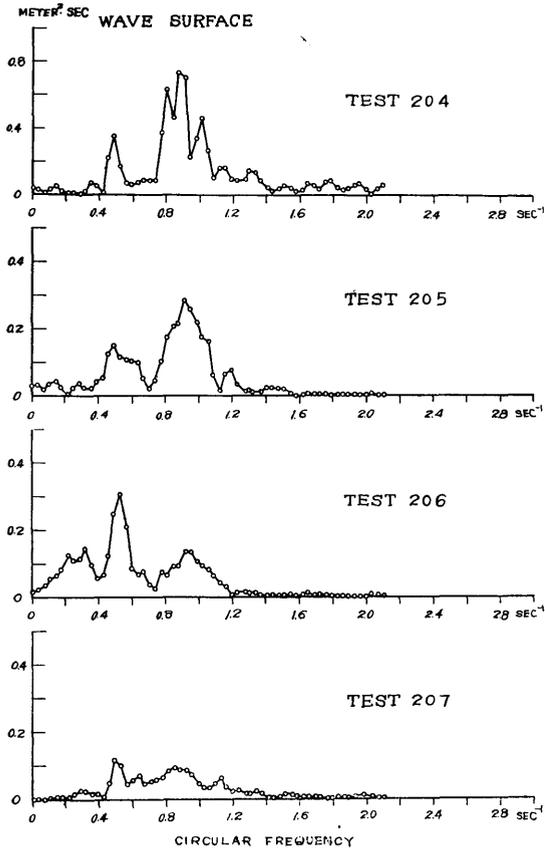


Fig 2 · 39 · 1 Power spectra of wave surface

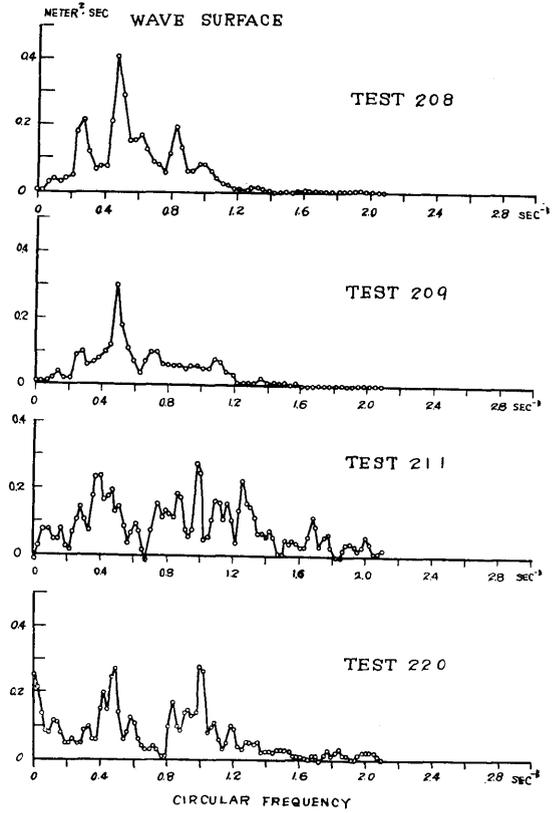


Fig 2 · 39 · 2 Power spectra of wave surface

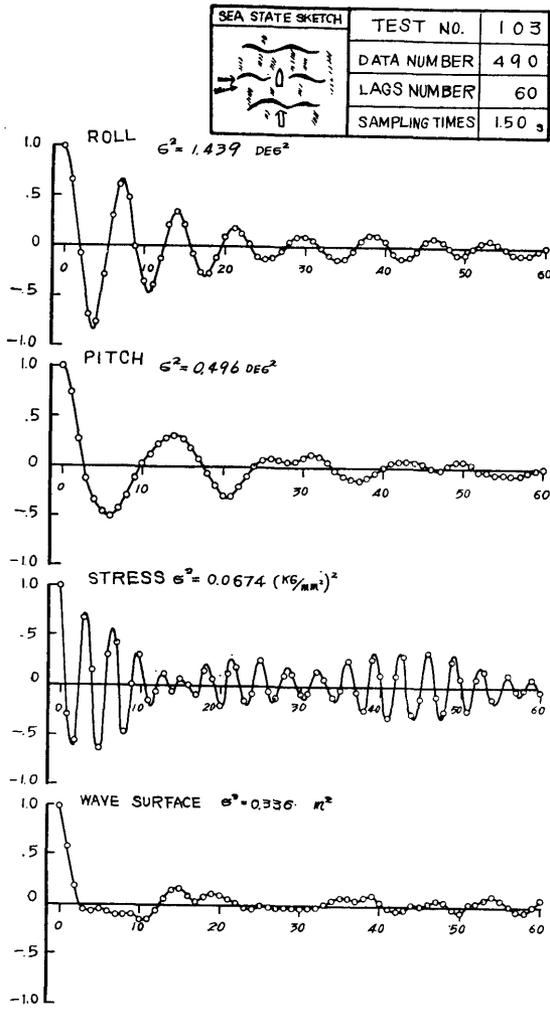


Fig 2 · 40 · 1 Correlograms of TEST NO 103

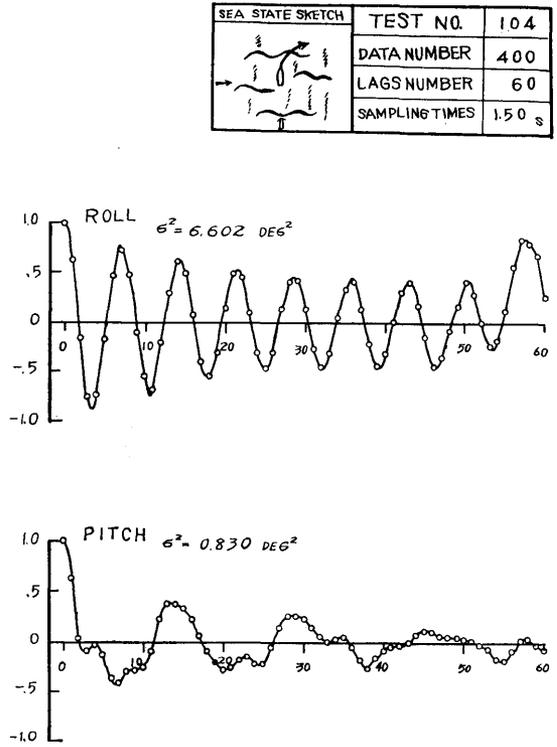


Fig 2 · 40 · 2 Correlograms of TEST NO 104

SEA STATE SKETCH 	TEST NO.	105
	DATA NUMBER	520
	LAGS NUMBER	60
	SAMPLING TIMES	1.50 s

SEA STATE SKETCH 	TEST NO.	106
	DATA NUMBER	380
	LAGS NUMBER	60
	SAMPLING TIMES	1.50 s

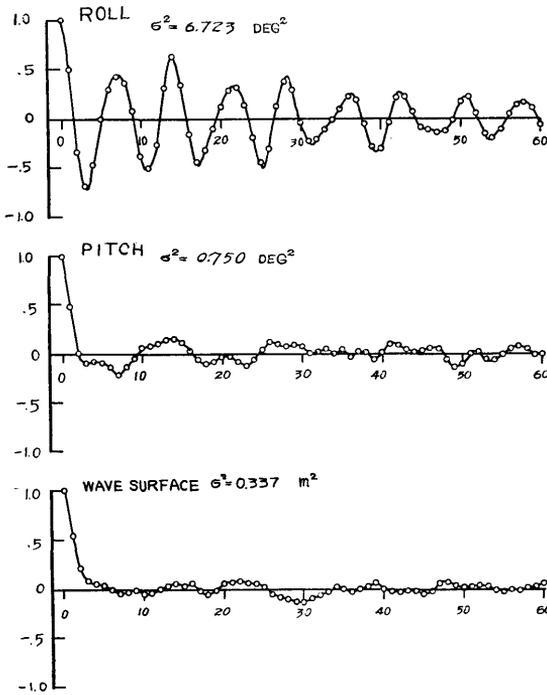


Fig 2 • 40 • 3 Correlograms of TEST NO105

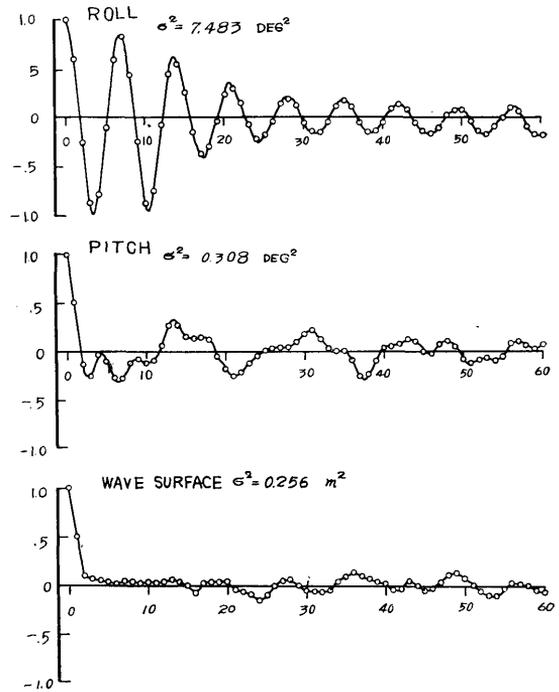


Fig 2 • 40 • 4 Correlograms of TEST NO 106

SEA STATE SKETCH 	TEST NO.	113
	DATA NUMBER	700
	LAGS NUMBER	60
	SAMPLING TIMES	1.00 s

SEA STATE SKETCH 	TEST NO.	115
	DATA NUMBER	660
	LAGS NUMBER	60
	SAMPLING TIMES	1.00 s

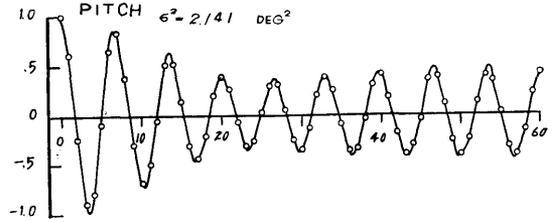
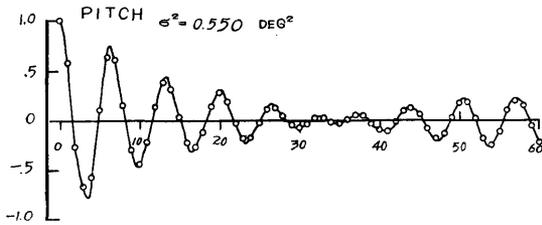
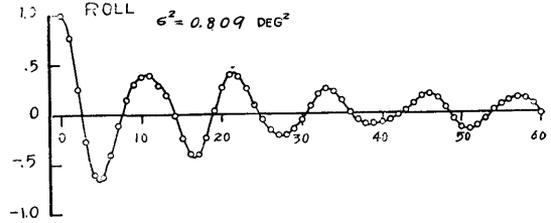
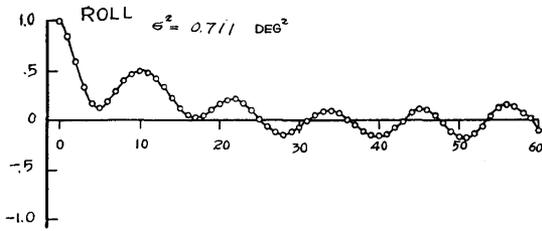


Fig 2·40·5 Correlograms of TEST NO 113

Fig 2·40·6 Correlograms of TEST NO 115

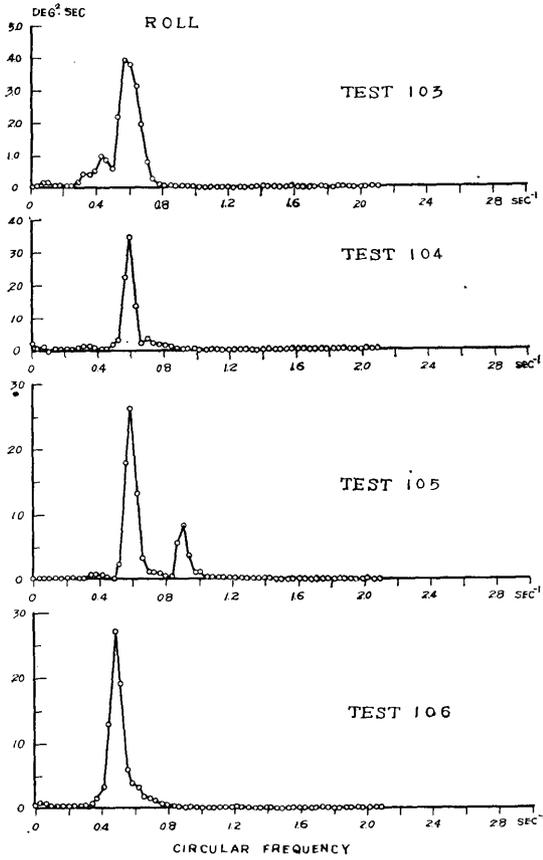


Fig 2·41·1 Power spectra of rolling

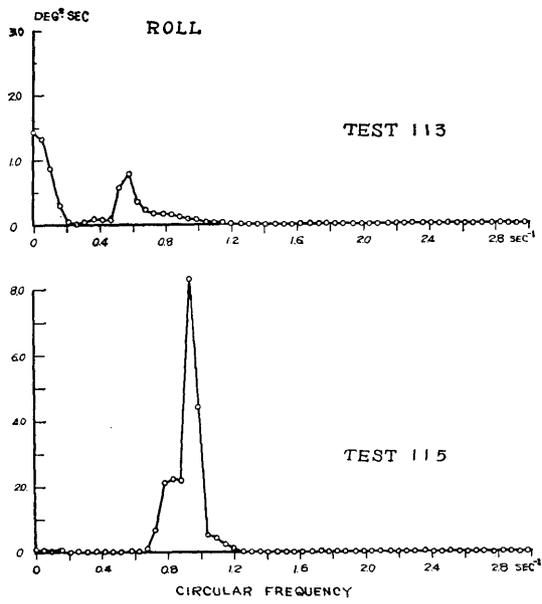


Fig 2·41·2 Power spectra of rolling

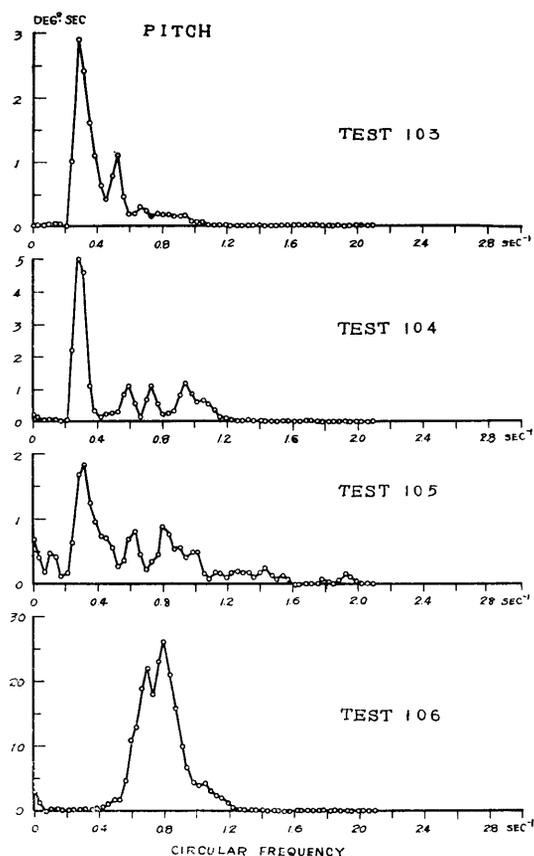


Fig 2.42.1 Power spectra of pitching

3. 考察

本試験において得られた結果の個々についての考察は前章で述べてきたので、本章ではこれを取りまとめると共に、総合的な考察を述べることにする。

3.1 海象について

1. 観測される波長は80m以上のうねりでは古典理論によって周期より定まる規則波の波長の約 $\frac{3}{4}$ に近づく。
2. うねりが遠方の生成域で発生した場合には、波の減衰を余り考察せず発生域で発達した波がそのまま船の所まで伝播して来たと予想しても、そう大きな誤りがない場合が多い。
3. 波浪観測には相当の努力を惜しまなかつたが、目視観測であるということから、ある程度以上の精度は望めなかつた。然し結果から判断すると N. Hogben

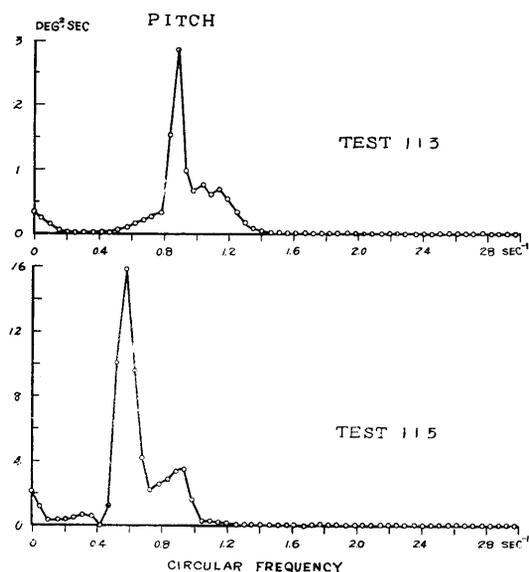


Fig 2.42.2 Power spectra of pitching

らの報告等とも比較的良好に一致している等のこともあるから、一応の成功を見たと言える。

4. 北太平洋における波浪状態を船の応答との関連の上でよく知ることは航海性能を検討するための重要な資料であるので、一般の商船が海上気象として気象庁に通報している資料を更にこのような見地から整理して活用すべきではないかと思われる。

5. 実船試験が行なわれる毎に、波を定量的に測定することの出来る実船試験用の波浪計の開発が現在の急務として望まれて来ている。今日実際に船舶技術研究所その他でもこの線に沿って努力が続けられているが、なお実用可能な計測器を作成するには幾多の難点がある。しかし、実船試験において測定する総ての船の応答の変動は波という強制外力によつて起るので、波の定量的計測は是非とも必要であり、更に一層の努力が望まれる。

6. 舷側水位計はうまく加速度計によつて補つて絶対空間に対する波高の変化を測定する手懸りを得ようとするもので、今回の結果によつて将来性についての大きな希望を与えられた。

7. 現在波浪計測としては目視観測と船が波と出会う周期のヒストグラムに頼るより以外にない。だが、目視観測では波の不規則性の表現も難しく、船体運動と比較する時に船速、波と出会う角度など誤差が入る要素が多い。従つて結局出会う周期を専ら用いざるを得な

いので、出会マークよりコロログラムを介してスペクトラム密度を求め、他に何等かの方法で波高の分散を求めて乗ずれば一層波のスペクトラムに近いものを得ることが出来るであろう。

3・2 推進性能について

1. 静穏な海面状態の日に馬力計試験にて平水中の馬力曲線を求めた。この曲線はシーマージンに関する調査の基礎資料として必要な馬力曲線となる。この結果は模型船による模型試験結果より約7%ほど高いが、船底汚損などの影響であろうと思われる。このような平水中試験は少なくとも往路、復路において各々一回は行うべきである。

2. 本実験で使用した軸馬力計は本船に装備されていた日立造船式軸馬力計であるが、この型式では箔歪計に起りやすいと云われている温度影響、零点移動などまったく現われなかつたので概ね信頼することが出来た。

実船試験が今後も引続き実施されるならば、一つの計測方法として上記型式の軸馬力計を実船用に常に装備することもよい方法であろう。

3. 計測したトルクには伴流分布、翼数、機関回転数などによつて推進器軸の1回転中に4回の意外と大きいトルク変動があるが、船体運動、波との出会周期との関連性やシーマージンにはこの変動は通常不必要である。特に、このような性能の統計論的解析などには邪魔になるので、計測に当つて Low pass filter を入れるか、或は後の処理に同等のことを考えるなど十分考慮すべきである。

4. 船の速度計測は波の計測と同様に毎回問題になる。特に、船底圧力ログは載貨状態、トルム、船体運動などによる影響があるので、速度の見当をつけるために一部で流水テストを行つて、一応は補正したが、他の所では補正を行わなかつたので、他の測定項目に比し精度は悪いであろう。

そこで、耐航性、信頼性の高い対地速度計か対水速度計の開発が依然として望まれる。

3・3 操縦性能について

1. Z 操舵試験は前述の通りに極めて簡単な試験法であるが、それから船の針路安定性や旋回性を検討する資料を得ることが出来る。今回の試験結果からも一般の中高速貨物船に見られる旋回性の多少の悪さと操舵による追従性および進路安定性が非常に優れているという結果を得た。しかし、船の状態などによつても相違するので、今後もこの試験は実船試験の都度実施

されることが望ましい。

2. 自動操縦装置に関する調査は Weather Adjust を零にし、Rate Adjust は一定にした場合において Rudder Adjust を変えて試験した。この結果サーボ機構の固有周期と思われる周期と調節による応答性の変化など興味あるデータが得られた。

一般に舵取り制御は針路偏差角に比例して行う Rudder Adjust と偏差角の角速度に比例して行う Rate Adjust 及び系の遊びである Weather Adjust よりなっているが Rudder Adjust の変化によつて多少は Rate Adjust の係数も変化する。

これらの内で Weather Adjust についての論文はいくつか発表され考察されているが^{92,93}、Rudder Adjust に関する資料はあまりなく、特に実船試験におけるデータは皆無に等しい。そこで今後装置の応答に関する更に詳細な実船の調査が望まれる。

3. 本試験のために手製で作成した操舵頻度計で操舵について多少の資料は得られたが、舵角検出間隔や検出部に多少の欠点があつたので、この点を改良すれば十分実船試験用計器として簡便で、精度よく操舵頻度が計測される。その結果風や波による当舵や長周期の操舵周期など一層明確な測定値が得られると思われる。

3・4 構造強度について

1. 縦応力頻度を測定して、船が長期間に受けると思われる応力分布を求めた。しかし、この場合構造関係では冬期一回の航海にて推定しているが、これは不合理で、少なくとも一年間の応力分布を基礎として求めるべきであろう。

2. 横応力は縦応力と同じく短期分布では Rayleigh 分布を示している。

3. 横応力と舷測水位との関連性は今回の解析範囲では一見殆んど関連がないという結果が出たが、この点については今後種々の手法により究明することにした。

3・5 統計論的解析について

1. 本試験においては従来より切望されてた合理的なデータ処理システムの開発を行う、デジタイザーを採用し、データ処理に飛躍的な進展が図られた。一方、統計的解析についても NEAC 2203G を使用して、最新の解析法によるプログラムを作成するなど、最新のデータ処理技術を導入して時間の短縮、精度の向上など計り、一貫したデータ処理システムをまとめることが出来たと云えよう。

解析に当つては統計的見地より検討し、データ数、ラグ数、サンプル時間間隔、ウィンドウ等現在の段階において最良と思われる状態で計算を行った。

2. 横揺れのスペクトラムより横揺れ固有周期が推定できた。

従つて何んらかの手法によつて横揺れの減衰係数が求められれば、船の横揺れの応答がほぼ推定可能である。

3. 縦揺れのスペクトラムからは波との出会周期と対照させて検討した結果、大凡の波のスペクトラム分布と不規則性が知り得た。これより太平洋における波は比較的狭い周波数の範囲に分布し、割合と規則性に富んだ海面状態ではないかと推論される。

4. 統計的解析は将来とも必要であるが、そのためには記録方式については計測項目の総てが数値にて磁気テープに記憶されることと、解析については大型の電子計算機を自由に用いて精密な解析、調査資料の整理など幅広く行いうることが必要である。

3・6 上下加速度の測定について

上述の他に計測項目中に上下加速度を5カ所にて計測したにも拘わらず、ヒストグラムで数点解析したに終つている。これは今迄の多くの実船試験における上下加速度測定でも同様であるが、次のような欠点があったことが判明したからである。それは記録に現われている上下加速度は、方向によつて異なるが、縦揺れ及び横揺れによる傾斜角の影響が重力の分力として相当大きく含まれてしまうことである。

今後上下加速度を計測する場合は演算回路によつて、これら他の動揺の効果を修正するか、人工水平面上で測定するかの新らしい測定技術の採用が必要であろう。

4. 結 言

以上北太平洋における第3回航海性能実船試験について述べてきたが、試験の主目的である航海性能の把握という点では更に貴重な資料が加えられたと信じられる。然し、なお解決さるべき幾つかの問題も残されているように思われる。

本試験につづいて第4回実船試験は日本郵船所属の隅田丸によつてすでに行なわれているが、今後も引続き実施されるこの様な試験においては、今迄と同様な面での資料を更に集積すると同時に、上記の問題点を解決して行く方向に沿つて努力が積重ねられる様希望したい。

なお、本報告は山隆丸についての第1報であり、試験の経過、計測項目および方法の概要と一部の解析結果およびそれに対する簡単な考察に止まつて居るが、引続き今後行なわれる実船試験の結果等も加味して更に詳細解析を行ない第2報として発表したいと考えている。

本報告の終りに当つて、本試験の重要性をよく認識されて積極的に協力された山隆丸の中村源吉船長以下乗組員各位、本試験に最適な山隆丸を供試船として進んで提供された上に、絶大な御援助を賜つた山下新日本汽船株式会社、厄介な計測装置の取付並びに配線工事に協力された川崎重工業株式会社、多忙な際にも拘らず、計器の調整、整備に協された日立造船株式会社技術研究所、日本電気株式会社、日本無線株式会社の係員の方々並びに乗船手続等に関して格別の配慮を煩した運輸省、大蔵省、外務省関係係官等に対して深く感謝の意を表すものである。

また、本試験の立案から解析、報告に至るまで全般に亘つて御指導を賜つた山内保文運動性能部長、構造強度の面で準備、解析などに協力を借しきれなかつた船体構造部島田技官並びに運動性能部、推進性能部、船体構造部、原子力船部の関係各位に対してここに感謝する。

5. 附 録

附録A 水位計

船上の舷側から張り出した一点とその直下の水面との距離を測定するため水位計を用いた。本計器はもとも水中翼船の浮上量を測定するために製作されたものであるが、今回の実船試験において次の様な2つのねらいをもつて使用された。

イ) 海面状態を定量的に測定する。

ロ) 舷側水位とその場所の横応力との関連を調べる。

第一の点に関しては従来から実船試験において波を目測だけに頼らないで計測器を用いて測定することが切望されていて、種々の試みがなされている。いわゆる Ship borne wave recoder として主なものをあげてみると、船側に接点を配置し海水による短絡で電球を点灯したり電流出力として取出す方法、船側の水位を両舷水線下に設けた水圧計で測定すると同時に、船の絶対空間に対する上下変位を加速度計で測定して両者を電氣的に演算して水位の絶対的変化を求める Tucker 式のもの、水位の船体に対する変化を超音波

水位計で求めあとは Tucker と同じ方法で水位の絶対量を求める R. B. Marks の方法などがある。今回の試験に用いた計器は第3番目のものと全く同じ原理に基づくものである。波を測定するためには船自体の起す波の影響をなるべく避けるため、船首部に水位計を取付けることが最良であると考えられるが、一方大波高中を航行する場合船首の突込みがはげしく計器が波にさらわれるおそれがあったので船体中央部の舷側に取付けた。

第二の横応力との関連についてはすでに本文中において触れたところであり水位との相関関係が明らかにしている。

水位計の原理

空気中の超音波による距離測定が本計器の原理で、水面上Hの高さにある超音波発信器から出された信号が再び同じ高さの受信器に受信されるまでの時間Tを測定すれば、Tは2H即ちHに比例するという事を利用して。本計器で発信される超音波信号は20KCの超音波でこれの短い信号が1秒間に18回の割合で発信される。発信波でゲートを開き受信波でゲートを閉じ、その間一定の電圧を通せば1つの矩形波ができ、それを時間について積分すれば最終的にゲートの開いている時間に比例した電気量を得る。これを次の信号処理が終るまで持続しその値を記録すればよい。かくして1秒間に18回の信号処理が行われ、水位が連続的に変化する場合でも記録は階段状になる。若し何らかの原因で、反射信号が受信されない場合には前の信号による値を保持する様になっている。

性能

測定可能距離は1秒間の信号発信回数により上限を、発信信号のパルス幅により下限を決定されるが、空気中の音波の減衰が大きいので発信回数を減らしても或る程度以上の距離は測れない。本計器では5c/sの相対水位変化を記録することを目標としているので発信回数を18c/sとしたのであり、この場合測定可能範囲は0.8m~4.0mである。注) 測定精度は $\pm 2\%$ であるが曲面をなす波面を測定する場合には発信信号の指向性の範囲の水面の最も往復距離の近い水面までの距離を測ることになる。言い換えれば Fig A・1に示す様に、発信受信両点を2つの焦点とする楕円形群のうち指向角内で水面に接するものまでの焦点からの距離の平均値を測ることになる。

注) その後本計器を改造し、発信回数の切換により2m~13mの範囲の測定も出来る様になった。

この様な理由による誤差を調べるため、ブリキ板で二次元の Sine 曲面を作り測定した結果があるので Fig A・2に示した。これによれば、波の山と谷では忠実に測定できることがわかる。波形は山が少し横に広がる様に変化する。本計器の発信、受信部を Photo 1・4及び Photo 1・5、電源部、信号処理部等を Photo 1・6に示す。

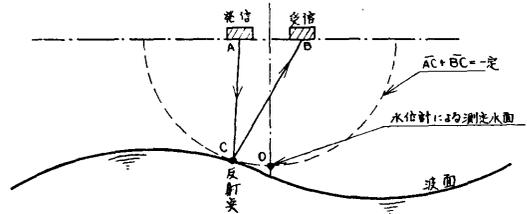


Fig A・1

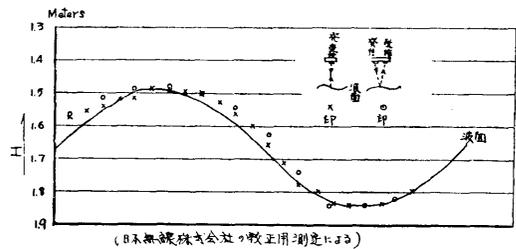


Fig A・2

附録B 操舵頻度計

航海中を通じて船はどの程度の操舵をしているかを、操舵頻度および操舵角持続時間率によって調べるため新たに操舵頻度計を製作し、実船試験において使用した。計器の原理は Fig B・1に示す様なもので、舵軸の回転角 δ を、直線運動の板Aの変位 δ' に変換し、Aに設けた段によつてマイクロスイッチと機械的カウンターのレバーを押し、スイッチの on とカウンターの送りを同時におこなう様になっている。マイクロスイッチ及び機械的カウンターは計測しようとする舵角 $\delta_1, \delta_2, \dots$ に相当する $\delta'_1, \delta'_2, \dots$ に取付けてあり、Aの上面で右舷操舵を、下面で左舷操舵を計測する。マイクロスイッチは2秒に1回接点を閉じる電接時計と、エレクトリックカウンターと共に交流電源に結ばれていて、マイクロスイッチが閉じているあいだ電接時計から送られてくる信号を数えている。すなわちNをカウントすれば $2(N-1)$ 秒と $2(N+1)$ 秒のあいだその舵角より大きい舵角であつたことにな