

名古屋工業大学 正会員 石田 昭

名古屋工業大学 学生員 伊藤 親道

1. はしがき 近年不規則波を用いて、海岸工学上の諸問題を研究する重要性が強調され、線型理論による研究は数多くなされてきている。しかしながら波浪には非線型な特性があり、とくに波が浅海領域に達するとその影響が顕著となるために、波浪の非線型特性の解明が急がれている。

この研究では、実験室内において、風波を発生させて、風波の非線型特性、特にshoalingによる統計量の変化、スペクトル構造の変化、および波長の変化を調べると同時に、bispectrumによる断断を試みたものである。

2. 実験方法 図-1は実験に用いた風洞水槽の概略図を示したもので、幅60cm、高さ120cm、および有効フェッス長約17mである。水深は30cm(W-5の水深は5cm)とし、風下端には、消波装置として碎石によって1/10の斜面を作り、この上で図-1に示すように設置した抵抗線式波高計によって、風波の記録を得た。送風機は軸流式で、ダンパーによって、風速を変えろことができるようにしてある。

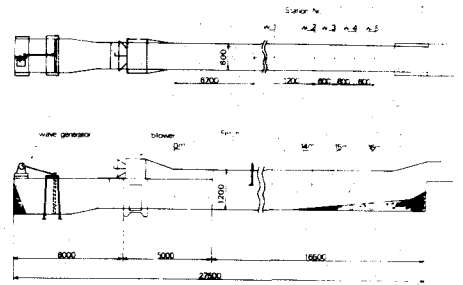


図-1 実験装置

3. 実験結果 図-2(a)(b)は水位の頻度分布を示した。標準偏差、Skewness kurtosisは3分間の風波の記録を0.2sec間隔でデジタリ化し、電子計算機によって得たものである。skewness γ_1 , γ_2 kurtosis γ_2 は式(1)で定義される。

$$\gamma_1 = \frac{\overline{x^3}}{\sigma^3} \quad \gamma_2 = \frac{\overline{x^4}}{\sigma^4} \quad (1)$$

図-2をみると、風速の大きい(b)のほうがGauss分布からのはずれ方が強いことがわかる。

図-3、4および5はデジタリ化した記録から求めた、パワー スペクトル、クロス スペクトル、およびbispectrumを示したもので、その計算方法は、以下に示す通りである。

$x(t)$, $y(t)$ を定常確率関数とすれば、クロス スペクトル $G_{xy}(f)$ は相互相関関数 $R_{xy}(t)$ のフーリエ変換として、式(2), (3)。

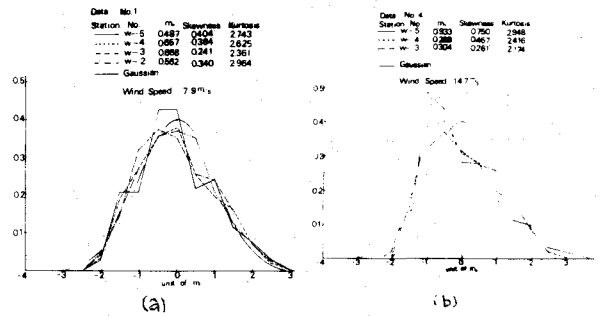
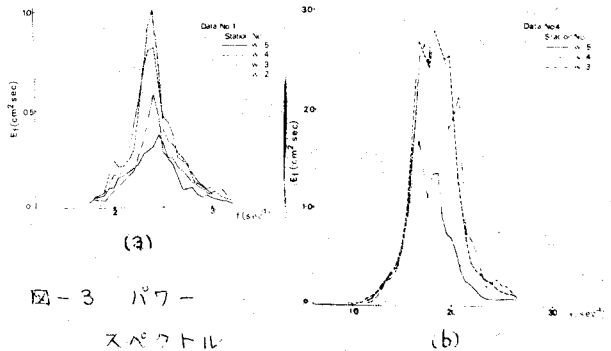


図-2 水位の頻度分布

図-3 パワー
スペクトル

および(4)のように表わされる。

$$G_{xy}(f) = C_{xy}(f) - i Q_{xy}(f) \quad (2)$$

ここに、 $C_{xy}(f)$ 、 $Q_{xy}(f)$ はそれぞれ CO-spectrum, quadrature spectrum と呼ばれ、次のように与えられる。(1 side form)

$$\left. \begin{aligned} C_{xy}(f) &= 2 \int_0^{\infty} [R_{xy}(\tau) + R_{yx}(-\tau)] \cos 2\pi f\tau d\tau \\ Q_{xy}(f) &= 2 \int_0^{\infty} [R_{xy}(\tau) - R_{yx}(-\tau)] \sin 2\pi f\tau d\tau \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここに、 $[R_{xy}(\tau) + R_{yx}(-\tau)]/2$ 、 $[R_{xy}(\tau) - R_{yx}(-\tau)]/2$ はそれぞれ in phase correlation, out of phase correlation と呼ばれる。

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t) \cdot y(t+\tau) dt \quad (4)$$

$y(t)$ の $x(t)$ に対する位相のおくれ $\theta(f)$ 、coherence $\gamma_{xy}^2(f)$ 、および成分波の波長 L_c は式(5)、(6)、および(7)で表わされる。

$$\tan \theta(f) = Q_{xy}(f) / C_{xy}(f) \quad (5)$$

$$\gamma_{xy}^2(f) = [C_{xy}^2(f) + Q_{xy}^2(f)] / [G_{xx}(f) \cdot G_{yy}(f)] \quad (6)$$

$$L_c = 2\pi D / \Delta\theta + 2\pi\pi \quad (7)$$

ここに、 D は波高計間隔である。

bispectrum $B(\omega_1, \omega_2)$ は $x(t)$ の2次元 correlation $S(\tau_1, \tau_2)$ のフーリエ変換として式(8)、(9)で定義される。

$$B(\omega_1, \omega_2) = \frac{1}{(2\pi)^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(\tau_1, \tau_2) e^{-i\omega_1\tau_1} e^{-i\omega_2\tau_2} d\tau_1 d\tau_2 \quad (8)$$

$$S(\tau_1, \tau_2) = \langle x(t) \cdot x(t+\tau_1) \cdot x(t+\tau_2) \rangle \quad (9)$$

ここに、 $\langle \rangle$ はアンサンブル平均を意味する。

図-3をみると、(a)の $W-2$ の点を除けば、Shoalingにおいてエネルギーが減少していることがわかる。図-4でクロス スペクトルの变化、成分波の波長の変化をみると、風速が小さく、波高も小さいので $W-3$ に対する $W-2$ と $W-4$ の差があまりあらわれていない。図-5の bispectrumについては、ピーク周波数どうしの干渉と2倍周波数との干渉が強いことがわかる。

これからは、さらに種々の記録を解析して shoalingによる風波の変化を調べていきたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、終始、ご激励を賜った、細井正延教授に深く感謝の意を表わすとともに、資料の整理や計算に大いに助力を頂いた、学部学生、副田悦生君、佐藤知夫君に、心からの謝意を表わす次第である。(この研究は文部省奨励研究費による研究の一部であることを付記する。)

参考文献 神沼 石田 門司 記録に基づく波浪の非線形性の解析 第15回海洋工学講演会講演集

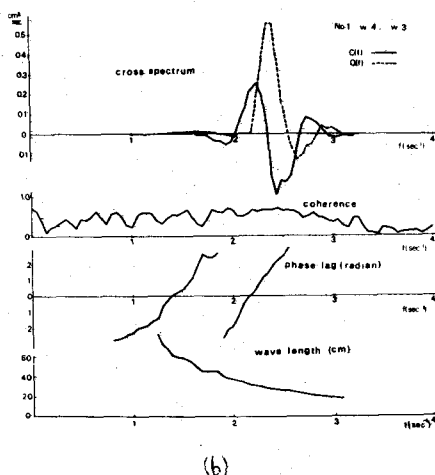
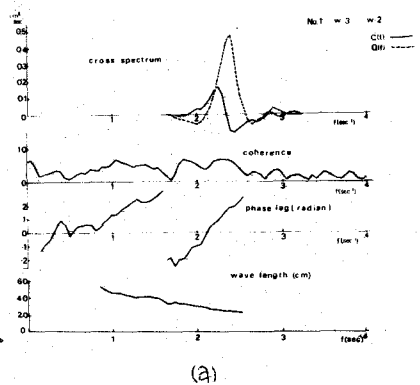


図-4 クロス スペクトル

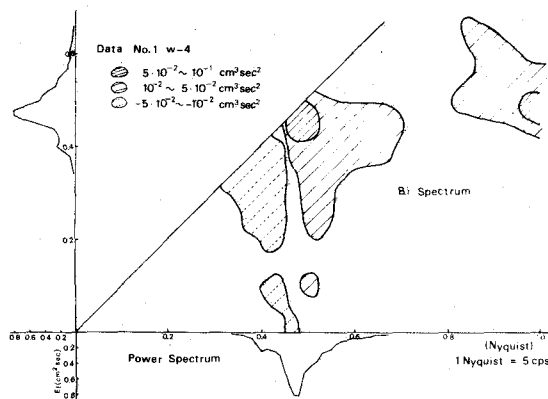


図-5 bispectrum