

風波の統計量と波数周波数スペクトルとの関連について

名古屋工業大学 正員 石田 昭
学生員 ○岡本 春臣
山田 潤一

1. はしがき 前報(1)において報告したように、著者ら、波数の非線型効果を表示する手法の一つとして波数周波数スペクトルであることを示しているが、現地波浪のスペクトルを求めることは一般に非常に困難である。しるかに実験室での風波と波数スペクトルとを比較的目的に波数周波数スペクトルを得る必要がある。今回は、写真観測と同一、カメラ、ストロボスコープとを全くつないで実験の手法を省き、かつ長時間(1分)観測することから、2解析の改良を計した。また、水深、極小値、極小値の標準偏差、時間記録 $\eta(t)$ と空間記録 $\eta(x)$ とについて比較、検討を行ったものである。
2. 実験および解析方法 実験に使用した水槽は幅60cm、高さ180cm、有効長さ約20cmの両面ガラス張り、風波水槽である。水深は、沖側40cm、岸側20cm、であり水深の変化する部分に約1mの長さの傾斜を付設した。これは、沖側で成長した風波を浅水域へと進入させて、非線型性の強さを調べるためである。風速15m/sで発生する風波が定常となり、それから、水槽風面から長さのカメラ、ストロボスコープを使用してスリット撮影を行った。これは直平行して写真観測を行う区間に3台の抵抗型式波計を設置し、沖側よりW-1、W-2、W-3、とした。それらの間隔は145cm, 157cm, である。写真観測より得られる、時間空間波形 $\eta(t, x)$ と $\Delta t = 0.15 \text{ sec}$, $\Delta x = 5 \text{ cm}$, の間隔でサンプリングし、それより $N_1 = 119$ 個, $N_2 = 111$ 個の読み取りを行い、二次元相関関数 $P(t_1, t_2)$ をフーリエ変換して計算を行った。最大lag数はそれぞれ51, 51とした。従って自由度 $1.58 \left(\frac{N_1}{51} - 1 \right) \left(\frac{N_2}{51} - 1 \right) = 4.9$ となる。その解析から $\Delta f = 0.13 \text{ cycle/sec}$, $\Delta x = 0.002 \text{ cycle/cm}$ である。次に、時間記録 $\eta(t)$ 、及び時間空間記録 $\eta(t, x)$ 各々について、分散、標準偏差、skewness, kurtosis等の統計量を水深、極小値、極小値の標準偏差の計算を行った。時間記録 $\eta(t)$ は $\Delta t = 0.05 \text{ sec}$ でサンプリングし、読み取り回数1000回である。
3. 解析結果および考察 表1に $\eta(t, x)$ と $\eta(t)$ {W-1, W-2, W-3} の各々について、標準偏差(S.D.) 分散 σ^2 , skewness, kurtosis, 極小値の標準偏差 S.D of max, 極小値の標準偏差 S.D of min の値を示す。およびS.Dについて見ればW-3からW-1に同、2次第に値が小さくなり、ということより風波が沖から岸に進むにつれて若干減衰している傾向がわかる。一方skewnessとkurtosisは逆に岸に同うにつれて若干増大していく傾向にある。 $\eta(t)$, $\eta(x)$, S.D of max, S.D. of min についての統計量を比較してみよう。

表 1

	$\eta(t)$			$\eta(x)$
	W-1	W-2	W-3	
variance	6.0064	5.2953	4.2630	4.7411
St. Dev.	2.4508	2.3011	2.0647	2.1774
skewness	0.5317	0.5615	0.5801	0.7159
kurtosis	2.3566	2.5297	2.6122	3.1910
S.D. of MAX	4.3319	3.9846	3.5996	3.5350
S.D. of MIN	2.8177	2.6326	2.3022	2.3250

命数. S.D. についてはほぼ同じ値を示すが, *Skewness*
kurtosis については $\eta(x)$ の方が大きめの値を示してい
 る。このことはエルゴード仮説に反する結果であって
 今後さらに解析データを増して $\eta(t)$ と $\eta(x)$ についての
 統計量の比較を行う必要がある。次に図1, 2, 3, に
 $\eta(x)$ と $\eta(t)$ 各々についての水位, 極大値, 極小値の
 頻度分布を示す。なお比較のために図中にガウス分布,
 レーリー分布を示してある。海の数について、解析の
 都合上 η が正規分布に従うと仮定することから、
 場合下 *Skewness* = 0, *kurtosis* = 3 とするはずである。
 本実験の場合 *Skewness* はやや大きめに *kurtosis* は3
 に近ければいい。従って非線型の強いデータ
 が得られている。なお η の平均値は
 図-1 では1.5~2.0に近、図-2では1.0に近で
 あることより波の平均値が若干の平均値形となっ
 ていることより解る。またその分布形状は $\eta(t)$ の
 より $\eta(x)$ よりも幅の狭い傾向が認められるが、ど
 ちらもレーリー分布から示されている。水位の分
 布形に關しては、 $\eta(t)$, $\eta(x)$ とともに海洋波と同じ
 様非線型性の影響があることが認められるが、
 $\eta(x)$ と $\eta(t)$ と若干の違いがみられる。上記に示
 した統計量を持つ波数周波数スペクトルを
 図-4に示す。この図からも解るように $E(f, k)$
 の値はかなりの幅に分布して非線型性がない
 ことが明らかである。分布の幅が大きくなるほど上記
 のような $\eta(t)$ と $\eta(x)$ の統計量の差も小さくなるこ
 とが予想される。分布を比較と較べてみると
 $f = 0.89 \sim 1.73$ の周波数帯の波数帯の、一様分
 エネルギー分布が解消している。これは観測区間
 をなすことにより、2周期的の水面勾配の変動に
 対応したことによると思われる。従って $\eta(t, x)$
 から求めた命数値と $\eta(t)$ から求めた命数値は表1
 の様に示す通り近い値となっている。

- 参考文献 1) 第30回年次学術講演概要集
 2) 50年度研究発表概要集、中部支部
 3) 第13回海岸工学講演集

