

名古屋大学 正員 岩田好一朗

名古屋大学 学生員 福与弘志 清野 博

1. はじめに: 深海域で 波高と周期の結合分布を与えた時, 浅海域での結合分布を予測する簡単なモデルを作り, この予測された結合分布からゼロアップクロススペクトルの値を計算して, 実験値から求めたゼロアップ(ダウン)クロススペクトル, フーリエスペクトルと比較した。

2. 浅海域における波高と周期の結合分布の簡単な予測モデル: 本報では不規則波の1波1波を規則波でおきかえて, それぞれの波が独立に浅水砕波変形を受けると仮定する。さて規則波の浅水変形による波高変化は Airy 波を用いれば式(1)となる。ただし以後, 沖での諸量には下添字の 0 を, 浅海域の着目点における諸量には下添字の s をつける。なお式(1)で, H は波高, T は周期, h は水深,

$$\begin{aligned} & 1/8 \cdot \rho g \cdot H_0^2 \cdot T_0 / (2\pi) \cdot \tanh\{2\pi h_0 / F(T_0, h_0)\}^{1/2} \cdot [1 + \{4\pi \cdot h_0 / F(T_0, h_0)\} / \sinh\{4\pi h_0 / F(T_0, h_0)\}] \\ & = 1/8 \cdot \rho g \cdot H_s^2 \cdot T_s / (2\pi) \cdot \tanh\{2\pi h_s / F(T_s, h_s)\}^{1/2} \cdot [1 + \{4\pi h_s / F(T_s, h_s)\} / \sinh\{4\pi h_s / F(T_s, h_s)\}] \quad (1) \end{aligned}$$

$L=F(T, h)$ は水深 h で周期 T の波の波長 L を表わす。さて今, 沖波の波高と周期の結合分布 $P(H_0, T_0)$ が与えられたとき, 浅海域の着目点での結合分布 $P(H_s, T_s)$ は式(1)の変数変換で与えられる。ただし, ここで周期は

$$P(H_s, T_s) = P(H_0, T_0) \cdot \left| \partial H_0 / \partial H_s \right| \quad (2)$$

水深変化によらず一定であると考える。今回, $P(H_0, T_0)$ には, Longuet-Higgins¹⁾の結合分布を用いた。(沖波の平均波高 H_0 , 平均周期 T_0 , スペクトル帯域幅パラメータ ν が必要である。) また, $P(H_s, T_s)$ は沖波が, 着目点の水深まで砕波せずに行くと仮定したときの仮想的な結合分布である。今回はこの結合分布に合田²⁾の砕波限界式(式(3), 記号は本論文に合うように一部修正した)をあてはめたのち, 砕波限界を超える波高の波をすべてカットし, この部分を残存波の確率密度関数の値に比例して再配分したものを, 浅海域の砕波ともなった結合分布と考えたことにした。なお式(3)の $\tanh$ は句配, L_0 は $gT_0^2/4\pi$

$$H_s/L_0 = 0.17 \cdot [1 - \exp\{-1.5\pi \cdot h_s/L_0 \cdot (1 + 15 \tanh^3 \theta)\}] \quad (3)$$

である。また着目点の水深は静水深に実験で得られた SET-UP と SET-DOWN を加えて評価した。

3. ゼロアップ(ダウン)クロススペクトル: 従来³⁾のフーリエスペクトル(以後 F_S と表わす)に対して, 不規則波をゼロアップクロス法で定義し, それぞれの波を正弦波でおきかえたあと, 正弦波のもつエネルギーを周波数別に評価するゼロアップクロススペクトル(式(4), 以後 ZUS と表わす)が提案されている。なお波をゼロダウンクロス法で定義すればゼロダウンクロススペクトル(以後, ZDS と表わす)が同様に得られる。なお式(4)で θ は周波数の間隔, H_i は θ にはいる波の波高, N は記

$$S(f) = \sum_{i=1}^N H_i^2(f) / (8N \cdot \Delta f) \quad (4)$$

録中の波の総数である。本論文では, 実験から得られた ZUS , ZDS , F_S と, 予測モデルから計算したスペクトルとの比較をおこなう。

4. スペクトルの比較手法: Black³⁾はスペクトルの形状を $S(f) = m_0 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot f^{-\alpha-1} \cdot \exp[-\alpha \cdot f^{-\beta}]$ (5)

で与えたが, スペクトルの尖鋭度を表わす合田のスペクトルピークパラメータ Q_p とスペクトルピーク周波数 f_p を用いて式(5)を変形すると, $S(f) = m_0(2Q_p+1)/f_p \cdot (f/f_p)^{-2Q_p-1} \cdot \exp[-(2Q_p+1)/(2Q_p) \cdot (f/f_p)^{2Q_p}]$ (6)

が得られる。なお式(5)と式(6)において m_0 はスペクトル0次モーメント、 α 、 β はパラメータ、 $S(f)$ は周波数スペクトルである。このようにスペクトルが式(5)で与えられると仮定したとき、その形状は、 m_0 、 f_p 、 Q_p の3つのパラメータで決定されることになる。そこで今回は、 m_0 、 f_p 、 Q_p を用いてスペクトルの計算値と実測値の比較を行なった。

5. 水理実験による検討:

名大土木教室にある不規則造波装置を用いて波を発生させ、勾配1/5の斜面上のいくつかの点で波の時系列データと電気容量式水位計で記録した。表-1に発生波を示す。なお水位は連続変動を1/10秒で離散

化し、形状データ数4800、最大ラゲ数80、自由度120でBT法で計算した。水深減少にともなう波高変化、スペクトルの形状変化とスペクトルの各パラメータの変化をそれぞれ

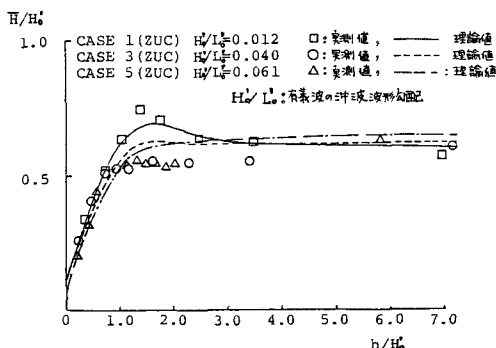


図-1 水深減少にともなう平均波高の変化

れ図1、図2、表-2に示した。 Q_p は全体的にFSよりもZUS(ZDS)の方が大きくなる傾向がみられた。これはZUS(ZDS)では観測された周波数の最大値と最小値の間の平均値をとるのに対しFSは0.007の範囲で正の値をもちZUS(ZDS)よりエネルギーが広い周波数範囲に分散していることに大きく帰因する。

また水深減少にともないZDSの Q_p 値の方がZUSの Q_p の値より小さくなる傾向がみられた。理論値は定性的には実測値と一致したが水深減少にともない m_0 が小さく f_p が大きくなる傾向がみられた。この原因としては破壊した波を便宜的に残存波の結合分布の値に比例して配分した点などが考えられる。

6. あとがき: 沖波の諸量から浅海域のスペクトルを求め実測値と比較したが一応の定性的一致が得られた。なお沖波の結合分布や破壊後の波の評価に関しては、今後さらに検討を要する必要がある。

7. 参考文献: 1) Longuet-Higgins, Journ. Geophys. Res., 1975 2) 合田良典, 港湾技術研究所報告, 1975 3) Black, K.P., Tech. Rep. 1978

表-1 発生波

CASE	H_0/L_0	H_0'	H_0	T_0	V
		cm	cm	sec	
1	0.012	2.89	1.70	0.96	0.38
3	0.040	8.83	5.36	1.10	0.32
5	0.061	10.88	6.82	0.99	0.36

H_0/L_0 : 有義波の沖波波高勾配
 H_0' : 有義波の沖波波高
 H_0 : 沖波平均波高, T_0 : 沖波平均周期
 V : 沖波スペクトル帯域幅パラメータ

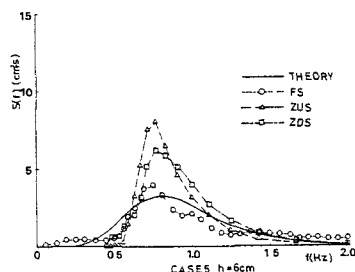
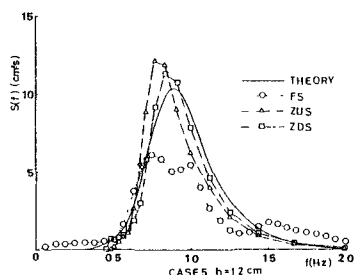
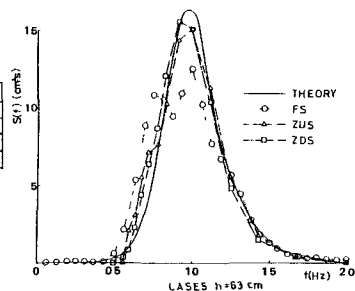


図-2 水深変化にともなうスペクトル形状変化の一例

表-2 水深変化にともなうスペクトルの各パラメータの変化

CASE	h cm	ZUS			ZDS			FS			THEORY		
		m_0 cm ²	Q_p	f_p Hz	m_0 cm ²	Q_p	f_p Hz	m_0 cm ²	Q_p	f_p Hz	m_0 cm ²	Q_p	f_p Hz
1	63	0.47	1.97	0.91	0.46	1.90	0.91	0.54	1.37	0.81	0.48	2.55	1.01
	10	0.47	1.78	0.77	0.47	1.82	0.83	0.50	1.30	0.44	0.50	2.52	0.99
	4	0.71	1.85	0.71	0.70	1.76	0.71	0.63	0.83	0.44	0.61	2.48	0.90
	2	0.35	1.81	0.53	0.34	1.42	0.48	0.34	0.95	0.44	0.29	1.50	0.91
3	63	4.49	2.38	0.91	4.45	2.32	0.91	4.72	1.88	0.75	4.70	3.00	0.89
	20	3.55	2.24	0.77	3.55	2.39	0.83	3.59	1.61	0.63	4.59	2.98	0.87
	10	3.20	2.14	0.71	3.18	2.13	0.83	2.89	1.19	0.75	3.98	2.57	0.87
	4	1.86	2.15	0.63	1.82	1.78	0.63	1.62	0.90	0.63	1.24	1.36	0.70
5	63	7.49	2.66	1.00	7.43	2.75	0.91	7.49	2.07	1.00	7.68	2.66	0.98
	16	5.28	2.89	0.83	5.27	2.73	0.91	4.94	1.74	0.75	6.34	2.60	0.93
	12	4.96	2.63	0.77	4.94	2.63	0.83	4.46	1.43	0.75	5.35	2.35	0.92
	6	3.14	2.46	0.77	3.12	2.16	0.77	2.71	1.14	0.75	2.40	1.59	0.80