

斜面上における浅海波の平均積分量の変化特性

名古屋工業大学 正員 喜岡 渉 学生員 O吉岡 勝則 佐藤 宏志

1. はじめに

斜面上を進行する波に対しては、波の非線形性と底面境界を同時に考慮した解析的な取り扱いが困難なことから、保存波である各種の有限振幅波理論を用いることが多い。最近になって、厳密解とみなすことができる有限振幅波理論が開発され、それに基づいたShoalingの計算も試みられている。¹⁾²⁾³⁾しかしながら、波の非線形性と斜面勾配の影響を強く受ける浅海域での適合性は他の低次近似解と比べて必ずしも改善されたとは言いがたく、保存波の理論を斜面上の波に際してはその適用限界など不明な点が残されている。本研究の目的は、斜面上を進行し砕波に至る波の波平均量である各種積分量の変化特性に着目して、その系統的な評価を行い、波の前後非対称性、非定常性および斜面からの反射の影響などを調べることにより、Shoaling計算の精度の向上を計るための基礎資料を得るものである。

2. 平均積分量とその算定方法

長さ27m、幅0.6m、高さ1.2mの片面ガラス張り二次元造波水槽に、造波板から約15m離して1/15および1/30の一樣勾配斜面を設置し、入射波の波高Hと周期Tを変えて各点での水位変化 η を計測した。また、各点での空間波形を同時にビデオカメラで撮影することにより、波速cも測定した。得られた水位変動を一周期にわたりM個に分割し、各分割点での水位を η_m とする。Rienecker・Fenton²⁾による流れ関数法を前後非対称波に拡張して式(1)で与えることにより、計測値 η_m ($m=0 \sim M$)に対して式(2)～(5)の方程式を得ることができる。

$$\psi(Z) = B_0 Z + \sum_{j=1}^N \frac{\sinh j k Z}{\cosh j k D} \{ B_{2j-1} \cos(2jm\pi/M) + B_{2j} \sin(2jm\pi/M) \} \quad \text{-----}(1)$$

$$\psi(Z) + Q = 0 \quad \text{at} \quad Z = Z_m \quad \text{-----}(2)$$

$$\frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial \psi}{\partial Z} \right)^2 + \left(-\frac{\partial \psi}{\partial X} \right)^2 \right\} + Z - R = 0 \quad \text{at} \quad Z = Z_m \quad \text{-----}(3)$$

$$k c T - 2\pi = 0 \quad \text{-----}(4)$$

$$C - Q = 0 \quad \text{-----}(5)$$

未知量 B_j ($j=0 \sim 2N$)、 c 、 k 、 Q 、 R に対して、式(2)～(5)の $2M+4$ 個の連立方程式を得る。この非線形連立方程式を準Newton法により解くことにより、各点の位置エネルギー E_p 、運動エネルギー E_k 、底面流速の二乗平均値 $\overline{u_b^2}$ 、radiation stress S_{xx} 、エネルギーフラックス F はそれぞれ次式により求めることができる。

$$E_p = \frac{1}{2} (\overline{\eta^2} - 1) \quad , \quad \overline{\eta^2} = \frac{1}{2M} (\eta_0^2 + \eta_M^2 + 2 \sum_{j=1}^{M-1} \eta_j^2) \quad \text{-----}(6)$$

$$E_k = -\frac{1}{2} (C + B_0) Q \quad \text{-----}(7)$$

$$\overline{u_b^2} = 2(R-1) - C^2 \quad \text{-----}(8)$$

$$S_{xx} = 4E_k - 3E_p + \overline{u_b^2} + 2(C + B_0) Q \quad \text{-----}(9)$$

ただし、上記の積分量はすべて ρ , g , および平均水深 $\bar{\eta}$ で無次元表示されている。

3. 結果とその考察

上述の未知量および積分量の算定にあたって、まず各点で得られた実測結果を一周期について20分割して、 $\eta_m (m=0 \sim M)$ を読み取った。 η と微小振幅波理論から求めた初期値 (B_0, B_1, c, k, Q, R) を入力条件とし、近似数 N は10とした。準Newton法による繰返し計算は、未知量の増減が 1×10^{-5} 以下になるまで行なった。図-1と図-2は1/15勾配斜面における結果の一例を示すもので、斜面前面の水平床における平均水深 $\bar{\eta}_0$ を用いて $H/\bar{\eta}_0$, $F/\rho (g^3 \bar{\eta}_0^5)^{1/2}$, $S_{xx}/\rho g \bar{\eta}_0^2$, $c/(g \bar{\eta}_0)^{1/2}$, $U/(g \bar{\eta}_0)^{1/2}$, $E_r/\rho g \bar{\eta}_0^2$ として無次元表示してある。なお、 U は $U = c + B$ として求めた波動により生じる平均流速である。図よりCase 1, Case 4の両方において、波高の変化に対応して、エネルギーフラックスはばらつくものの、平均的にみれば砕波点に向かってやや減少していることがわかる。なお、Case 1においては各点での波高を用いて求めた低次近似解は逆に砕波点に向かって増加する傾向が見られた。ここで示した結果についてはエネルギーフラックスがほぼ一定値を取ることから保存波理論が適用しうると考えられる。

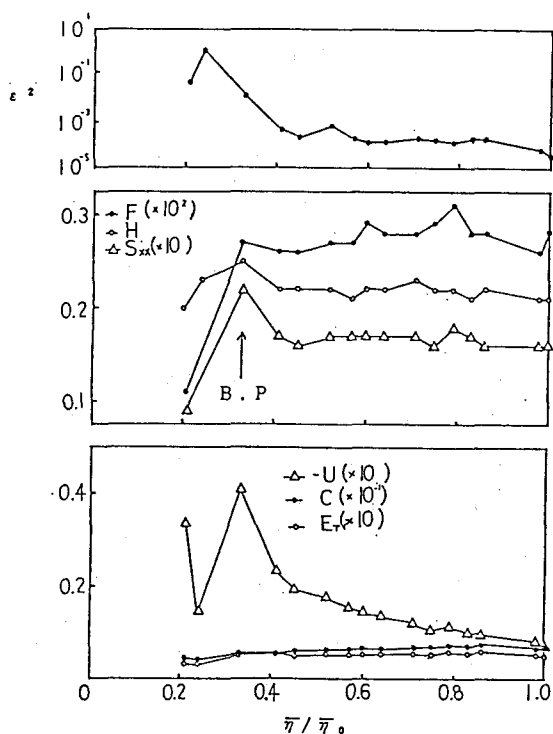


図-1 Case 1 波平均量の計算結果
(1/15 slope, $H_0/L_0=0.061$)

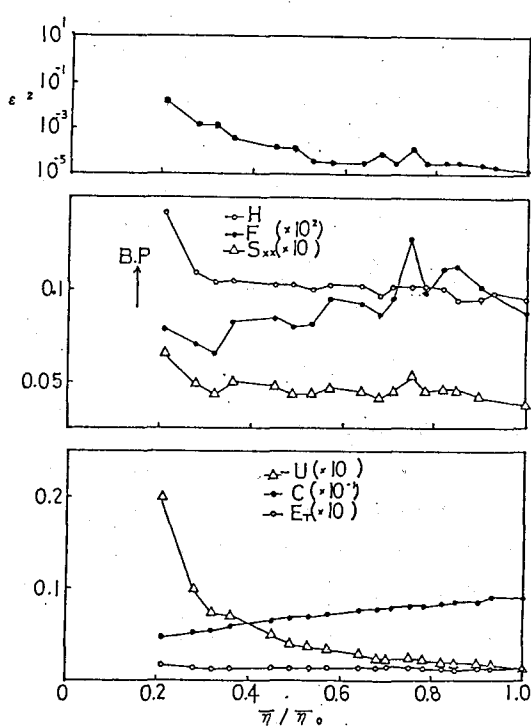


図-2 Case 4 波平均量の計算結果
(1/15 slope, $H_0/L_0=0.010$)

- 参考文献 1) 酒井・Battjes, 第27回海講, PP25-29, 1980.
2) Stiassnie・Peregrine, J.F.M., Vol.97, PP783-805, 1980.
3) Rienecker・Fenton, J.E.M., Vol.10, PP119-137, 1981.