

II-27 浅海における不規則波の周期の確率特性について

京都大学工学部 正員 木村 晃  
 京都大学工学部 正員 若垣 雄一

1. はじめに: この研究は, Shoaling にもなう不規則波の周期の確率特性の変化について検討したものである。すでに右田は, zero-up-cross 法で定義した不規則波の平均周期あるいは有義周期が, 水深の減少とともに除々に大きくなってゆくことを見いだしているが, この研究では特に, こうした周期の増加が何に起因するものであるかを明らかにするため, 実験水槽内で発生させた不規則波を対象として検討を行, たものである。

2. 実験装置および方法: 実験は長さ27m, 幅50cm, 深さ75cmの両面ガラス張り水槽を用いて行, た。この水槽の一端には電気油圧式不規則波発生機が設置してある。水槽のほぼ中央部に1/10(ケースI)あるいは1/20(ケースII)勾配の斜面を設置し, 一称水深部(水深50cm)から斜面上にかけて10cmきざみの水深に波高計を設置し, 水面変動を測定した。実験に用いた不規則波は両ケースともPierson-Moskowitzスペクトルをシミュレートしたもので, ピーク周波数 $f_p$ を0.5Hzから0.1/Hzきざみで1.2Hzまで8通りに変化させて発生させた。

3. 実験結果ならびに考察: 規則波の場合には Shoaling による周期の変化はない。しかし, 不規則波の場合には進行にもなう波形が除々に変化するため, zero-up-cross 法で定義した個々の波の周期は時間の経過とともにたえず変化する。たゞ外的な要因からの影響を受けない限り, その統計学的な特性に変化がないというだけである。ところが, 波が斜面を進行し, 除々に水深が浅くなるにつれて不規則波の波形も規則波と同様, 峰が尖り谷が平坦になるという非線型な特性を示し始め, さらに水深が小さくなるとやがては砕波に到る。

zero-up-cross 法は平均水深を基準とした機械的な波の定義法であるので, こうした水面の非線型性はその統計学的な特性にも影響を及ぼす。この不規則波の水面変動の非線型性を示す尺度として skewness  $\sqrt{\beta_1}$  の値がよく用いられる。図-1は前に述べたと通りの不規則波の周期の変化と  $\sqrt{\beta_1}$  の関係を示したものであり, (a)はケースI, (b)はケースIIの実験結果である。ここで縦軸の値  $(T_{1/3})'$  は各水深での有義周期と一称水深部での有義周期の比である。図中の黒丸は砕波が顕著している部分での値であり, 白丸はそれより深い部分での値である。図より明らかなように, ケースI, IIの間にあまり明確な差はみられず, 実験値は両ケースとも  $\sqrt{\beta_1}$  の増加にもなない  $(T_{1/3})'$  の値も除々に増加している。しかし, (b)からわかるように, この増加は  $\sqrt{\beta_1} = 0.8$  付近で極値を示し, さらに  $\sqrt{\beta_1}$  の大きな部分では  $(T_{1/3})'$  の値は逆に減少する傾向を示している。これは波高の大きな波が砕波して波高を減じ波高と周期のより小さい波がくり上って有義周期の計算に用いられるためであろう。

つきにこのような水面の非線型特性が周期の確率分布におよぼす影響について検討する。著者らは先に, 周期の確率分布に対し次式で示す Weibull 分布が非常によくあてはまることを示した。

$$P(T) = A m \left(\frac{T}{T_r}\right)^{m-1} \exp\left[-\left(\frac{T}{T_r}\right)^m\right] \frac{dT}{T_r} \quad (1)$$

ここに,  $A = [P(\frac{m+2}{m})]^{m/2}$ ,  $T_r$  は周期の rms 値であり, 形状母数  $m$  の値は通常は Weibull 確率紙にプロットして決定する。図-2は  $\sqrt{\beta_1}$

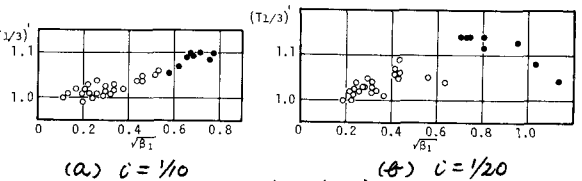


図-1 有義周期の変化

による  $m$  の変化を検討したもので, 実験に用いた8種類の不規則波の  $m$  の値を個別に直線で結んで示した。(a)はケースI, (b)はケースIIに対応するものであるが,  $f_p = 0.5\text{Hz}, 0.6\text{Hz}$  の場合を除いて2つのケースに特に顕著な差はみられない。また  $m$  の値は, 白丸で示した砕波の見られない水深ではほぼ横ばいの値を示し, 水面変動の非線型性は周期の平均的な分布形状にあまり大きな影響を及ぼすことはないようである。しかし, 右デ-ータとも黒丸で示した水深10cmの砕波の顕著する部分では,  $m$  の値は急に小さくなり, 砕波に

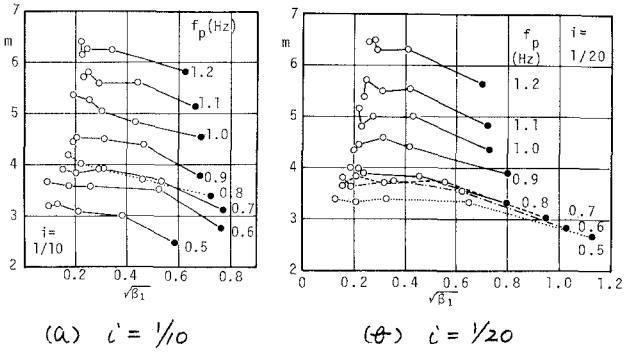
よって、周期の確率分布は分布形の幅が広くなることわかる。これは砕波による擾乱で周期の短い波が発生するためと考えられる。

つぎに、この砕波帯内で周期の確率分布がどのように変化してゆくかについて検討する。図-3は不規則波の水深変化による周期の確率特性の変化を検討するためケースIIの  $f_p=0.7$  Hz の場合について各水深での未超過確率を Weibull 確率紙にプロットしたものである。

この実験ケースでは水深20cmが55cmの向で数多くの波が砕波した。図より明らかのように、一称水深部(水深50cm)ではプロットした値はほぼ直線上に並んでおり、Weibull分布とよく一致している。しかし、水深20cmより浅い部分では、実験値は  $P(T)=60\%$  付近から少し逆"く"の字形に折れ始め、水深が浅くなるにつれてこの傾向が顕著になってゆくことわかる。図-3(d)の  $h=10$ cm の場合の周期の頻度分布を示したものが図-4である。図中に実線で示した Weibull 分布 ( $m=3.06$ ) との対応は必ずしも良好ではなく、 $T/T_r=0.5$  および  $1.2$  付近で実験値の頻度が Weibull 分布より大きく、逆に  $T/T_r=1.0$  付近では小さくなっていることわかる。この傾向が更に進行すれば、周期の頻度分布はやがて双峰型の分布形状を持つに至る。この理由を検討するために示したのが図-5の不規則波の波高および周期の二次元分布形状で、波高に對しては1cm、周期に對しては0.2secごとの格子の中におちるデータの数を示したものである。(a)は図-3(a),(b)は図-3(d)と同じ実験値をプロットしたものである。

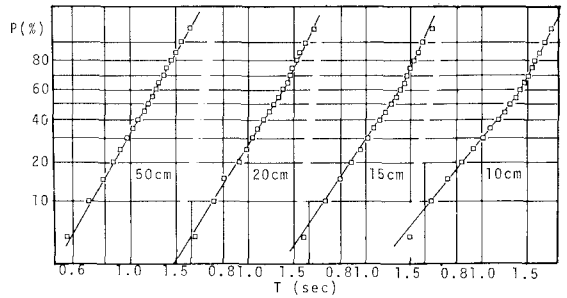
両図の波高および周期の分布形状はかなりの差がみられるが、これはつぎのような理由によるものと考えられる。すなわち、(a)で実線で囲んだ部分の波が砕波し、その波高を減じ、周期は同じかより小さい波に再成されて(b)で実線で囲んだ部分の波が増加してゆくためであろう。周期の頻度分布が次第に双峰型の分布形状を持つに至るのはこのためであると考えられる。ここでは示さなかったが、他のケースの実験結果も例外なく同じ傾向を示しており、砕波帯の内部では波高だけでなく周期の確率特性もかなり大きく変化していることわかった。

最後に、研究に協力していただいた岸田典史氏(五洋建設)に感謝の意を表すとともにこの研究は、文部省科学研究費による研究の一部であることを付記して謝意を表す。



(a)  $i=1/10$  (b)  $i=1/20$

図-2 形状母数の変化



(a)  $h=50$ cm (b) 20cm (c) 15cm (d) 10cm

図-3 周期の未超過確率

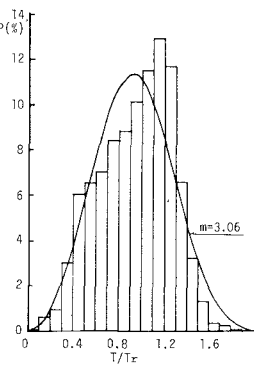
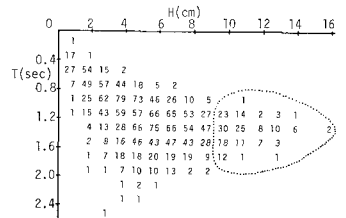
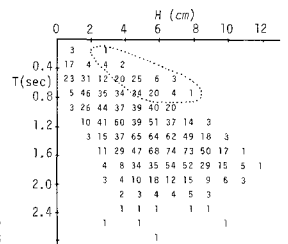


図-4 周期の頻度分布



(a)  $h=50$ cm



(b)  $h=10$ cm

図-5 波高・周期の二次元分布