

鳥取大学工学部 正員 木村 晃
京都大学工学部 正員 岩垣 雄一

1. はじめに: 浅海域における不規則波浪は、水深の減少とともに波形の変化が小さくなり、水深が一定であれば比較的長い正相、波高・周期をほぼ一定に保ちつつ伝播する。このような状態にある不規則波の個々の波は規則波と同様に峰が尖り、谷が平坦になるという非線型な特性を示し始め、水深の減少とともにその特性が増大する。この非線型性は通常水位の強度分布の skewness を尺度として評価されることが多く、非線型性の増大とともにこの値が増加してゆくことが知られている。この skewness の値は、不規則波をプロマ-7 フロス法で個々の波に分解し、同じ波高・周期を持つ規則波と置きかえて計算することにより定量的にも推定し得ることが著者の研究¹⁾により明らかになっている。しかしながら、波高・周期のほぼ等しい数十波の平均波形とクノイド波等規則波の波動理論との比較において、不規則波の波形に若干前かがみの特性があることも見いだされた。これは斜面上の規則波にも共通に見られる特性である。そこで、この研究はこうした斜面の勾配が不規則波の非線型性におよぼす影響について検討したものである。

2. 解析に用いたデータ: この研究で用いたデータは著者らによる不規則波浪のシミュレーション実験の結果 (Pierson-Moskowitz 型スペクトルでピーク周波数を 0.4 Hz から 1.2 Hz まで 0.1 Hz きざみで変位させた計 9 ケースの不規則波を $\epsilon = 1/10, 1/20$ の 2 種の斜面上に作用させたもの) と京都大学琵琶湖波浪観測ゲル-7 が彦根地区において行った観測結果 (湖定の平均勾配は $1/70$) である。

3. 解析結果ならびに考察: skewness $\sqrt{\beta_1}$ の値は $T_m \sqrt{g/h}$ (T_m : 平均周期, h : 水深) と共に増加する。その一例を示したものが図-1 であり、琵琶湖における観測データをプロットしたものである。図からわかるように、 $T_m \sqrt{g/h} = 3.0$ 程度から急激に $\sqrt{\beta_1}$ の値が増加し始め、 $T_m \sqrt{g/h} = 9.0$ 付近で $\sqrt{\beta_1} = 1.0$ 程度まで増加している。この特性をさらに急な斜面上の波について検討したものが図-2, 3 である。図-2 が $\epsilon = 1/10$ 、図-3 が $\epsilon = 1/20$ の斜面を用いた実験の結果である。両図とも同じケースの実験値は直線で結んである。図からわかるように、いずれのケースも量の大小はあるものの $T_m \sqrt{g/h}$ の増加に伴って $\sqrt{\beta_1}$ の値も大きくなっている。しかしながら両図とも図-1 に比較して各ケースの実験結果にかなり大きな差が見られ、 f_p (ピーク周波数) が 0.4 Hz ~ 0.7 Hz の各データは $f_p = 0.8 \text{ Hz} \sim 1.2 \text{ Hz}$ のデータに比して幾分か小さな値を示し、 $f_p = 0.8 \text{ Hz} \sim 1.2 \text{ Hz}$ の各データはほぼ同じ値を示している。この点について検討したものが図-4 (a), (b) であり、 $\epsilon = 1/20$ で (a) $f_p = 0.5 \text{ Hz}$, (b) $f_p = 0.9 \text{ Hz}$ の実験結果である。図中の W-1, 6, 8, 10, 12 は波高計の番号であり、各点の水深はそれぞれ 50, 40, 30, 20 および 10 cm である。図中にあわせて引いた直線は Phillips による平緩なスペクトルの理論式である。図からわかるように、 $f_p = 0.9 \text{ Hz}$ のケースは高周波側のスペクトル値が理論式とほぼ一致しており、この不規則波は飽和状態にあることがわかる。しかし、(a) の $f_p = 0.5 \text{ Hz}$ のスペクトルは理論式よりも幾

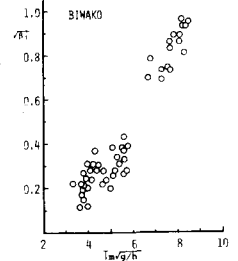


図-1

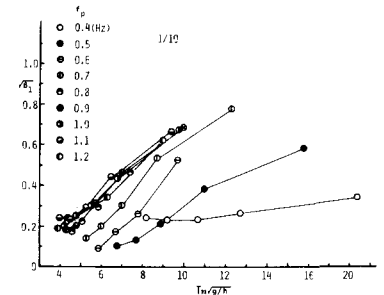


図-2

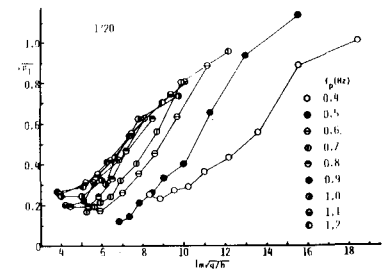


図-3

分小さく、飽和状態に達していない。一方、 $f_p = 0.8 \text{ Hz} \sim 1.2 \text{ Hz}$ の不規則波はいずれもほぼ飽和状態にあった。したがってこれらの各ケースの実験値は図-1の琵琶湖における観測結果と同様、十分発達した風波と同じ特性を持つと考えてよい。図-2, 3の両図とも $f_p = 0.8 \text{ Hz} \sim 1.2 \text{ Hz}$ の各ケースの実験結果は一致しており、飽和状態にある不規則波の非線型特性の变化は図-1と同様、 $T_m \sqrt{g/h}$ で整理すればほぼ一々の曲線上に載ってくるのがわかる。飽和状態に達していない不規則波は $T_m \sqrt{g/h}$ の増加とともに $\sqrt{f}$ の値は増加するが、これより幾分小さい値を示す。しかしながら、図-3の $f_p = 0.7 \text{ Hz}$ の実験値のように、 $T_m \sqrt{g/h} = 10$ 程度までは $\sqrt{f}$ の値が一定の増加傾向を示すが、 $T_m \sqrt{g/h}$ がさらに増加すると $\sqrt{f}$ の増加率が鈍り、前に示した飽和状態の不規則波の $T_m \sqrt{g/h}$ と $\sqrt{f}$ の関係とほぼ一致してくる。このケースにおいては、このデータの折れ曲り点 ($h = 15 \text{ cm}$) 付近から岸側にかけて多くの波が破波していることが観察された。図-2の $f_p = 0.4 \text{ Hz}$, 0.5 Hz 等のケースではほとんど破波は見られなかった。これらの結果から、 $T_m \sqrt{g/h}$ との関係において $\sqrt{f}$ の値がこれ以上にはならないという限界の存在することが予想される。図-1, 2, 3の各データをもとに決定した限界線を示したものが図-5である。数多くのデータにも、この線より上側にプロットされるものはなく、実験値あるいは観測値がこの線にプロットされた場合には飽和状態にあり、逆に下側にプロットされた不規則波にはあまり破波が見られないと考えた。また、この図からわかるように、斜面の配により限界曲線には多少の差があり、勾配の減少とともに徐々に急になっている。

この差を検証するために金田²⁾が用いたパラメーター h^2/H_0L (H_0 : 相当水深有效波高, L : 波長) を用いて整理したものが図-6である。図中には金田の実験結果と図-1, 2, 3の飽和状態にあるデータをあわせて示した。図からわかるように、このパラメーターを用いた整理においてもわずかにあるが配の影響が見られる。さらに図中に破線として $1/50$ の実験結果が $1/70$ の斜面の結果より幾分大きい。このことから斜面勾配の減少にともなう限界状態の $\sqrt{f}$ の増加傾向は $1/50$ 付近で極値をとるようである。したがって、斜面勾配がさらに減少すると $\sqrt{f}$ の増加の割合はしだいにゆるやかに落ちてくると考えられる。また金田の実験結果にも見られるように、水深の減少とともに $\sqrt{f}$ の値は増加するが、ある点で極大値をとり、それ以後は逆に水深の減少とともに $\sqrt{f}$ の値も低下してくるようである。著者のデータは破波より浅い領域のものが多いが、この点に関する検証はできなかった。

4. おわりに: 不規則波の波形の変化を水深の頻度分布の skewness を尺度として評価し、斜面上での変化の特性を検討した。その結果、十分発達した風波においては $\sqrt{f}$ の値はピーク周波数にほぼ一定の曲線上を変化してゆくこと、その変化の割合は斜面勾配の減少とともに急になり、 $1/50$ 付近で極値をとることなどがわかった。最後はこの研究は文部省科学費による研究の一部であることを付記して感謝の意を表す。参考文献 1) 木村・岩田: 第33回土木学会年講, pp. 53, p. 832-833. 2) 金田: 港研報告オ14巻オ3号, 1975, pp. 59-106

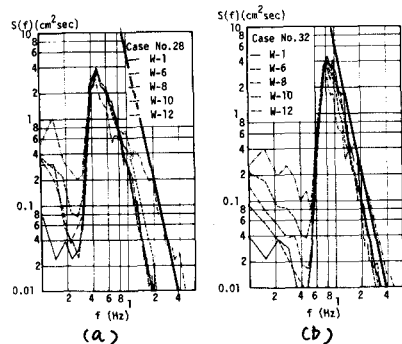


図-4

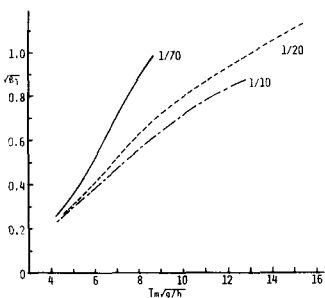


図-5

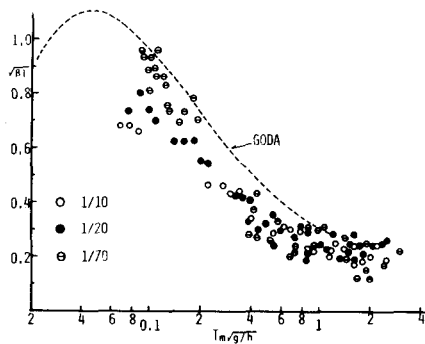


図-6