

京都大学工学部 正員 間瀬 肇

京都大学工学部 正員 岩垣 雄一

1. まえがき Huntly¹⁾は、遡上波のスペクトルに普遍的な形が存在するかどうかを調べるために、4つの現地観測記録を解析し、高周波数領域では周波数の4乗に比例することを示した。Guzar²⁾は、同様に現地観測記録から、入射波のエネルギーが増加すると、高周波数側は飽和状態となりそれ以上エネルギー密度は増加せず、低周波数領域においてエネルギー密度が増加することを示した。また、高周波数領域の平衡勾配は、Huntly¹⁾の示した4乗よりはむしろ3乗であると示した。現地観測の場合には、海底地形の複雑さや波浪条件が限られておりコントロールできないことから、かなり多くの観測を行わないと一般的な結論が得られにくい。本研究は水理実験によって不規則波の遡上波のエネルギー・スペクトルについて検討するものである。

2. 実験装置および実験方法 実験は京都大学工学部土木系教室地下実験室に設置されている長さ27m、幅50cm、深さ70cmの両面からス張り水槽で行った。この水槽の一端には電気油圧式不規則波発生機が設置されている。模型海岸は一樣勾配海底地形であり、その勾配 $\tan\theta$ は $1/5$, $1/10$, $1/20$ および $1/30$ の4種類である。用いた不規則波は、Pierson-Moskowitz型スペクトルをもつようにシミュレートしたものであり、そのピーク周波数は0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0 および 1.2 Hzの6種類である。入射波浪の波高は不規則波発生機の外部入力端子のgainを調整することによって変えることができ、ピーク周波数1.0 および 1.2 Hzのものに対してはそれぞれ2種類、その他は3種類変えて実験を行った。入射波および遡上波は、それぞれ容量式波高計と遡上計を用いて測定した。

3. 遡上波のスペクトル形についての考察 規則波の遡上高 R_u については、実験結果より導かれた次のようなHunt³⁾の式がある。

$$R_u/H = \tan\theta / (H/L_0)^{1/2} \text{ ----- (1)}$$

$H = 2a$ として波高 H を振幅 a で書き直すと、遡上高は

$$R_u = (2aL_0)^{1/2} \tan\theta \text{ ----- (2)}$$

となる。一方、run-downの高さ R_d は Battjes⁴⁾ らによって次のように与えられている。

$$R_d = \{1 - 0.4(L_0/2a)^{1/2} \tan\theta\} R_u \text{ ----- (3)}$$

式(2), (3)より遡上波の振幅を $A_r = (R_u - R_d)/2$ とすると、 A_r は次のようになる。

$$A_r = 0.2(g \tan^2\theta / 2\pi) f^{-2} \text{ ----- (4)}$$

エネルギー・スペクトル $S(f)$ と A_r の関係から、もし A_r が式(4)によって表わされるとすれば、

$$S(f) \Delta f = 1/2 A_r^2 = 0.02 (g \tan^2\theta / 2\pi)^2 f^{-4} \text{ ----- (5)}$$

式(5)より、遡上波のスペクトルは周波数の4乗に比例することが予想される。

4. 実験結果および考察 図-1は海底勾配が $1/10$ の場合の実験結果の一例であり、(a)は入射波のエネルギー・スペクトル、(b)は遡上波のエネルギー・スペクトルである。ただし、遡上波形は鉛直距離に換算してある。図-2は海底勾配が $1/30$ の場合の実験結果の一例である。入射波は同一の不規則信号を用いているので、図-1(a) および 図-2(a)のように、0.3 Hz以下の低周波数領域を除くと、ほとんど同じスペクトル形となっている。低周波数領域で若干異なるのは斜面からの反射によるものであろう。また、入力gainを変化させることにより、各スペクトル形は相似形を保って変化している。二つのピーク周波数は0.6 Hzである。

図-1(b) および 図-2(b)の遡上波のスペクトルをみると、入射波のエネルギー・スペクトルよりかなり小さい周波数領域にエネルギーが集中している。これは岩田⁵⁾も指摘しているように、入射波の卓越周波数成分が斜面上で碎けエネルギーが減少すること、遡上波が後続波に追い越されたり、先行波のもどり流によって遡上できない

といった現象による。ある周波数より大きい周波数領域では、入射波のエネルギーの大小にかかわらず翹上波のエネルギー・スペクトルはほとんど一致しており、飽和状態（平衡状態）となっている。この平衡領域においては海歪勾配が一定であれば、入射波の条件に関係なくほとんど一致し、周波数の4乗に比例することがわかった。このことは、式(5)から推察される結果と同じである。つぎに、海歪勾配が異なる場合を検討する。式(5)からは $\tan\theta$ の4乗に比例することが予想されるので、これによれば海歪勾配が $1/10$ の場合は $1/30$ の場合の約80倍になることになる。翹上波のスペクトルの周波数 0.5 Hz についてみると、海歪勾配が $1/10$ の場合は $2.5\text{ cm}^2\text{sec}$ であり、海歪勾配が $1/30$ の場合は $0.035\text{ cm}^2\text{sec}$ であり、約70倍となっており、式(5)の結果とほぼ一致するようである。同じようにして他の海歪勾配の場合も調べた結果を表-1に示す。ただし、海歪勾配が $1/10$ の値を基準値としてこれに対する比の形で表わしている。この表よりわかるように、実測値から得られる値は、式(5)から得られる値とかなり良く一致していると言える。以上のことから、ある周波数以上の高周波数領域の翹上波のスペクトル形についての特徴は式(5)で良く説明されることになる。

入射波のエネルギーが増加すると、高周波数領域は飽和状態となり、 γ

以上エネルギー密度は増加しないが、低周波数領域のエネルギーが増加する。これは前に述べたように、卓越周波数成分が顕著しやすくなること、翹上波の相互干渉が著しくなり、長周期の成分が増幅しやすくなることによると思われる。

5. あとがき 翹上波のスペクトルを水理実験によって調べた結果、Huntlyらの指摘のように高周波成分の平衡領域では、周波数の4乗に比例していることがわかった。この平衡領域のスペクトルは、入射波の条件に関係なく、海歪勾配が一定であればほとんど一致し、また海歪勾配の4乗に比例することがわかった。

最後に、この研究は文部省科学研究費奨励研究(A)および自然現象特別研究(1)(代表者岩田雄一)の一部であることを付記し、謝意を表する。

参考文献

- 1) Huntly et. al: Universal form for Shore-line run-up spectra?, J. Geophy. Res., 1977.
- 2) Guza et. al: Swash oscillation on a natural beach, J. Geophy. Res., 1982.
- 3) 岩田好一郎: 斜面比の不規則波の水上, 第18回水工研協会, 1982.

表-1 翹上波のスペクトルに及ぼす海歪勾配の影響

海歪勾配	実測値	Eq.(5)
1/5	15.0	16.0
1/20	0.072	0.063
1/30	0.014	0.012

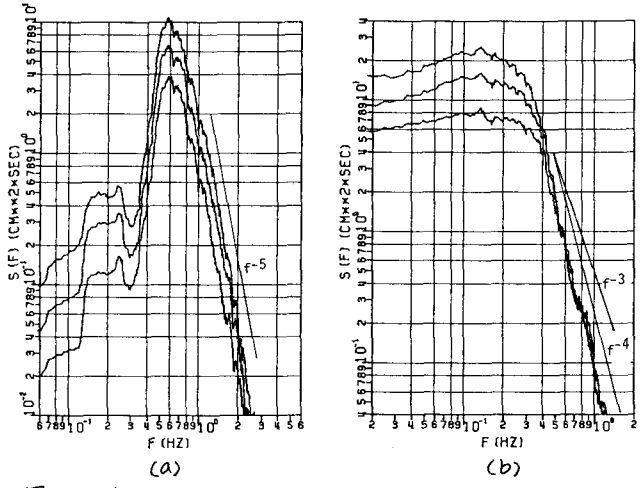


図-1 入射波と翹上波のスペクトル（海歪勾配 $1/10$ ）

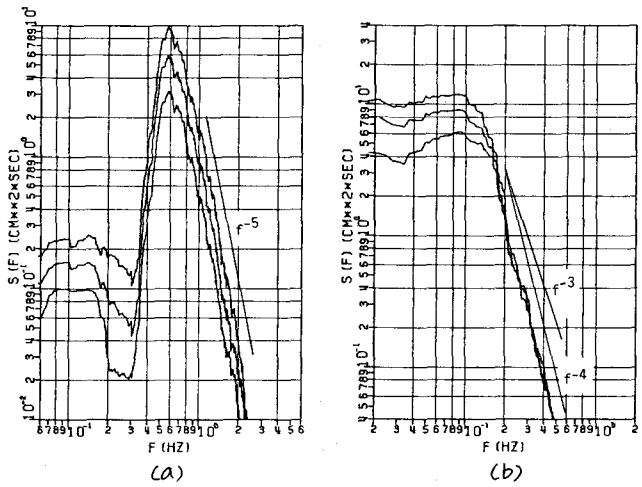


図-2 入射波と翹上波のスペクトル（海歪勾配 $1/30$ ）