

浅水領域における反射率のスペクトル特性について

名古屋工業大学 正員 石田 昭
 名古屋工業大学 学正員 石田 正勝
 平馬 博之

はじめに 不規則波の反射に関するこれまでの多くの研究は、線型性を仮定し周波数スペクトルによ、て取り扱われてきた。しかし、一般に進行波は振幅、波数、周波数の三つの要素で決定されるものであり、周波数スペクトルでは同じ周波数でかつ異なる波速で進行する波の情報を得ることはできない。つまり、非線型性の強い不規則波には三つの要素で波のエネルギーを表示することが必要である。そこで波数、周波数スペクトル解析によ、て波数、周波数平面上に不規則波のエネルギーを表示し、反射率の周波数、波数特性を調べようとするのが本研究の目的である。また一般に海面の水位記録は $\eta(x, y, t)$ で表示される3次元量であるが、実験室の風洞による実験ならば風波は一方に進行すると仮定できるから、その水位記録は $\eta(x, t)$ で2次元量と考えられる。以下その仮定の下に解析した。

実験方法と解析方法 実験に用いた水槽は、幅 60 cm, 高さ 120 cm, 有効フェッチ約 20 m の両面ガラス張りのものである。汀線から 6 m の範囲の水底を 20 cm 高くして浅水領域を作り、約 1 m の長さの斜面で沖側の水底と接続させた。これは非線型性の強いデータを得るためである。また水槽の風上端で反射壁から反射された波が、再び反射を繰り返さないように消波させた。実験は浅水領域で水深 20 cm とし、風下端に垂直反射壁を設置し、風速 15 m/sec で行なった。空間記録は水槽の一方にストロボスコープ (閃光周波数 400 r.p.m, 閃光間隔 $\Delta t = 0.15 \text{ sec}$, 閃光時間 $\Delta \tau = 4 \mu \text{ sec}$) を2台設置し、その反対側から2台のカメラでスリットを使い連続撮影をした。こうして得られたフィルムを現像し、スライド用フィルムに反転したものをプロジェクターを用いて拡大し読み取りを行ない、風波の水位変動 $\eta(x, t)$ の記録を得た。 x 方向のサンプリング間隔は 5 cm で 107 点 (530 cm), t 方向のサンプリング間隔は 0.15 sec で 102 点 (15.3 sec) とした。波数、周波数スペクトル $E(f, k)$ は二次元相関関数 $P(\tau_x, \tau_t)$ を重フーリエ変換して計算を行なった。ここで τ_x, τ_t は x 方向, t 方向のずらし数であり、最大ずらし数は 50, 50 である。したがって解析の自由度は $1.58 \left[\left(\frac{N_x}{M_x} - \frac{1}{2} \right) \cdot \left(\frac{N_t}{M_t} - \frac{1}{2} \right) \right] = 3.8$ となる。

解析結果と考察 図-1 の下段は波数、周波数スペクトル $E(f, k)$ の等値線を示してあり、この図で周波数が正の範囲は入射波エネルギーを示し、負の範囲は反射波のエネルギーを表わしている。入射波および反射波ともになかなか幅広い波数周波数帯に分布していることがわかる。また、入射波エネルギーの最大値は $f = 1.73 \text{ cps}$, $k = 0.018 \text{ cpc}$ のところにあるのに対し、反射波のそれは $f = 0.67 \text{ cps}$, $k = 0.012 \text{ cpc}$ にある。図中に示された微小振幅波の分散関係式と比較すると、前者は線型理論より若干はずれるが、後者はほぼ線型理論を満足している。また、後者の付近では入射波と反射波のエネルギーがほぼ等しいが、前者の付近では碎波などの影響によりエネルギーが急激に失われていることがわかる。

図-2は反射波のエネルギーを入射波のそれ
除し、いわゆる反射率の2乗値の等値線を示
したものである。これを見ると、周波数軸方向が
波数軸方向よりも変化が大きい。つまり、周波
数が反射に大きな影響力を持つことがわかる。
又、入射波のエネルギーの高い範囲 (1.07cps
 $< f < 2.13\text{cps}$, $0.006\text{cpc} < k < 0.022\text{cpc}$)
で、ある固定した波数のところで見ると、周波
数が大きくなるにつれて反射の程度が小さくな
っている。つまり、波速の大きい波ほど反射が
少ない傾向がある。又、周波数を固定して見る
と、エネルギーの高いところの波数を境にして
それより小さい波数でも、大きい波数でも反射
の程度が大きくなっている。つまり、エネルギ
ーの高い波は反射が少ないことになるが、これ
は反射型で反射した時にエネルギーの高い波ほ
ど砕けやすいことによると考えられる。

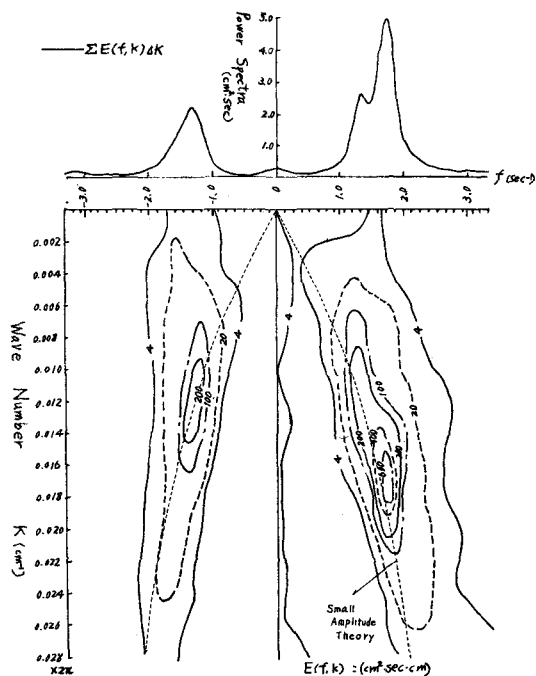


図-1 波数・周波数スペクトル $E(f, k)$ の等値線

図-1の上段は同一周波数を持つ波のエネルギーの和
($\sum_k E(f, k) \Delta k$) の値を示してある。これから反射波のエネルギ
ーの総和を入射波のそれを除し、平方根を求めると0.68で
ある。また各周波数での反射率を求めると図-3のようにな
る。これを見ると、ピークエネルギー付近で最も反射率が小
さい。このことは上述の図-2において見られる傾向と同一
であるが、波数、周波数平面上のエネルギーを見るとピーク
周波数付近のエネルギーが砕波後に主として低周波数領域に
移ったと考えられる。

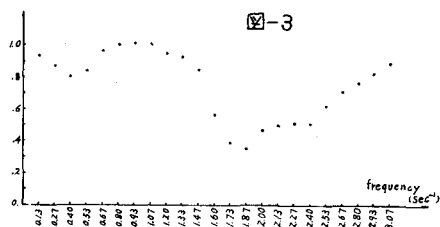


図-3

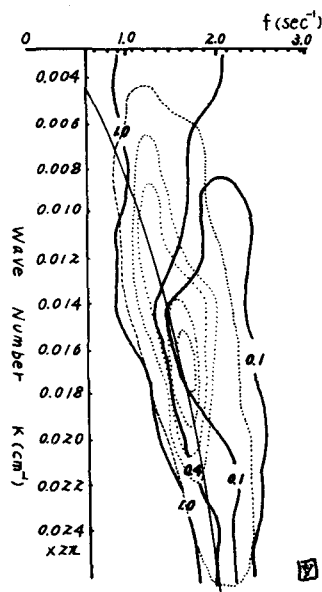


図-2

参考文献

- 石田昭, 金泰順; 風波の波数周波数スペクトルに関する実験的研究; 第30回年次学術講演会概要集 II-7
石田昭, 金泰順; 風波の波数周波数スペクトルに関する実験的研究; 第23回 海岸工学講演会(1976) 論文集 pp317~322.