

ソリトンガス近似に基づく海岸波浪の波高分布について

岐阜大学工学部 正会員 安田孝志 学生会員 三島豊秋 O上田英俊

1. 緒言 海岸波浪の波高分布は海岸波浪の力学的および統計的特性と密接に関わっており、その標準分布の理論的誘導の問題は、海岸波浪の力学的構造の解明という意味においても海岸工学上重要な課題であると言える。従来の海岸波浪の波高分布の標準形は、その理論的誘導が狭帯域および線形の仮定に基づいているにもかかわらず、現地波浪の波高分布と比較的よく一致するという理由から広帯域および非線形である海岸波浪に対してもRayleigh分布が仮定されている。しかしながら、このような波高分布では、分布と海岸波浪の力学的構造との関係が不明確であり、また、理論的一貫性において明らかに矛盾している。これに対し、すでに著者らは、浅海域における非線形不規則波浪がソリトンを基準モードとする多ソリトン構造を持つとの観点から、ソリトンの粒子性に注目した統計力学的手法に準拠し、ソリトンガス近似に基づく非線形不規則波浪の波高分布の標準形を導いている。

そこで本研究では、Rayleigh分布とソリトンガス近似に基づく波高分布との比較を行うことにより、ソリトンガス近似によってRayleigh分布とほぼ一致した非線形不規則波浪の波高分布が得られることを示す。

2. ソリトンモードに基づく非線形不規則波浪の波高分布 現地波浪はソリトンを基準モードとする多ソリトン構造を持つとすれば、エントロピー最大条件下におけるソリトンスペクトル分布として次式が導かれる。

$$P(A) = \frac{\sqrt{3}\alpha A^{1/2}(A+2c)}{3\{1+\Gamma(3/5)(128/75)^{1/5}\alpha^{2/5}c\}} \exp(-\alpha \frac{2\sqrt{3}}{15}A^{5/2})dA, c=1-\frac{3}{2}\eta_0 \quad (1)$$

ここに、 A ；ソリトンの波高に対応する固有値および η_0 ；ソリトンの合成波形を平均水面周りにするための補正項である。また、 α は A の $5/2$ 乗平均 $\overline{A^{5/2}}$ を含む次式より求められる。

$$\frac{1+\Gamma(3/5)\alpha^{2/5}c(3/5)(128/75)^{1/5}}{\alpha\{1+\Gamma(3/5)\alpha^{2/5}c(128/75)^{1/5}\}} = \frac{2\sqrt{3}}{15} \overline{A^{5/2}} \quad (2)$$

式(1)で与えられるソリトンスペクトル分布は、ソリトンの間隔が相互干渉を無視出来る程度に離れている場合には漸近的にソリトンの波高分布となる。

3. 現地観測結果による検定 狭帯域および線形の仮定に基づく波高分布として知られるRayleigh分布は次式で与えられる。

$$R(x) = \frac{\pi}{2} x \exp\left(-\frac{\pi}{4} x^2\right) dx, x=H/\bar{H} \quad (3)$$

ここに、 H ；波高および $\bar{H}$ ；波高の平均値である。

図-1は、ここで扱う観測データ(DN07, CR20)のパワースペクトルの分布とスペクトル幅パラメータを示したものである。この図より、ここで扱う観測データは、倍モードおよび3倍モード等にピーク周波数を持つ非線形不規則波浪であり、また、スペクトル幅パラメータが

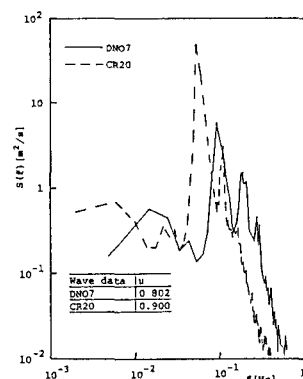


図-1 観測波浪のスペクトル

1に近い広帯域スペクトルとなっていることがわかる。実際、紙面の都合でここでは割愛したが、これらの観測データの水位変動の分布はGauss分布から大きく外れている。図-2は、これらの観測データから求められたZero-up-Cross 波高の分布と式(3)で表されるRayleigh分布とを比較したものである。この図より、これらの観測データは、Rayleigh分布の誘導に必要な狭帯域および線形の仮定を満足していないにもかかわらず、Rayleigh分布に近い波高分布となっていることがわかる。

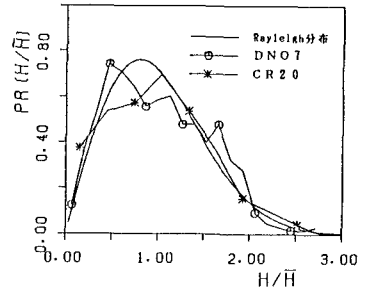


図-2 観測波浪のゼロアップ波高の分布とRayleigh分布との比較

このように、現地波浪は広帯域および非線形であるにもかかわらず、Rayleigh分布に近い波高分布になっていることが多い。しかしながら、これらの結果から現地波浪に対して狭帯域および線形近似が可能であると判断することは明らかに矛盾しており、むしろ、その理論的誘導に問題があると考えの方が妥当であろう。図-3は、上述の観測データから求められたソリトンの固有値の分布とZero-up-Cross 波高の分布を比較したものである。両者はほぼ一致しており、これらの観測データに対するソリトンの固有値の漸近近似が可能であると判断されるため、式(1)で表される固有値の分布を波高分布として扱えることがわかる。図-4は、

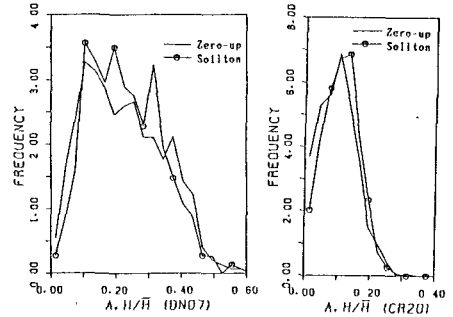


図-3 観測波浪のゼロアップ波高とソリトンの振幅との比較

式(1)で表される理論分布と式(3)で表されるRayleigh分布とを比較したものである。このとき、式(1)に対しては、比較を容易にするために $\eta_0 = 0$ とし、また、Rayleigh分布より求めた $A^{5/2}$ および $\bar{A}$ を用いて基準化している。この図より、両者はほぼ一致した分布となることがわかる。図-5は、上述の観測データから求めたソリトンの固有値の分布と式(1)で表される理論分布とを比較したものである。両者はほぼ一致しており式(1)をソリトンの波高分布の標準形と考えても矛盾しないことがわかる。以上より、式

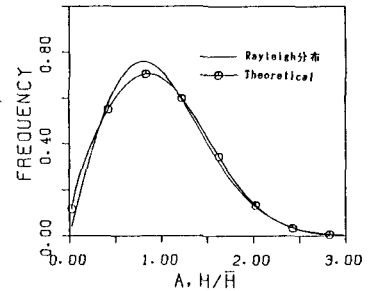


図-4 ソリトンガス近似に基づく理論分布とRayleigh分布との比較

(1)で表される理論分布は広帯域および非線形な不規則波浪に対する波高分布の標準形であると判断でき、その理論の一貫性においてもRayleigh分布より優れていることがわかる。

4. 結語 以上、ソリトンモードに基づくエントロピー最大条件下の波高分布は、Rayleigh分布とほぼ一致した広帯域および非線形な海岸波浪の波高分布の標準形であり、理論的にもRayleigh分布より一貫していることを示した。

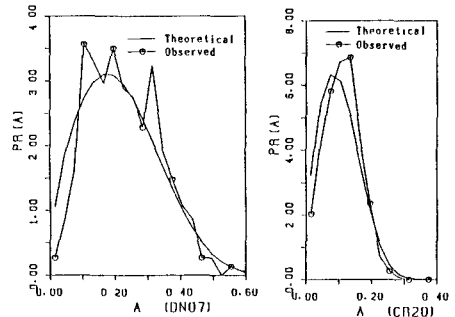


図-5 理論分布と観測結果との比較