

岐阜大学 学生員 藤田成郎

京都大学 正員 土屋義人

岐阜大学 正員 安田孝志

1. 緒言 海岸波浪の統計的特性に関する研究は、Nearshore Dynamicsへの関心とあいまって活発になりつつあり、最近ではzero-cross法による波別解析法がそのための有力な手法とされているようである。著者らは、海岸波浪の統計的特性はその力学的構造と密接に関わっており、統計量の定義もそれに対応して行なわれべきであると考えている。海岸波浪は、周期に支配されない波ごとの独立性が強い、いわば粒子的構造を持った波と考えられ、それ故に個々の波を独立に扱う波別解析法が有効になっているのであるが、このような波に対して周期波を当てることは明らかな矛盾であらう。ここでは、海岸波浪の主要部分の力学的構造はソリトンを成分とするソリトン構造になっており、海岸波浪の不規則性はその固有値の不規則性に依っているとの立場から、ソリトンスペクトル理論¹⁾によって海岸波浪の統計的特性を評価すると同時に、従来のzero-cross法による結果とも比較し、海岸波浪の統計的特性の波の定義すなわち力学的構造に対する依存度を明らかにしたい。

2. 海岸波浪の力学的構造 浅海域においては分散性が弱くなる反面、非線形性が強まるため、そこでの波浪は一種の平衡状態、いわゆるソリトン状態にあるものと考えられ、著者らは海岸波浪をソリトンの連なりとして表現するソリトンスペクトル理論を提案した。これによれば、海岸波浪の波形は次式で表されることになる。

$$\eta = \sum_{i=1}^N \eta_i - \eta_0, \quad \eta_i = A_i \operatorname{sech}^2 \theta_i, \quad \theta_i = \sqrt{3A_i/4} (x/h - Ct + \sqrt{g/h} + \delta_i), \quad \eta_0 = (1/T) \int_0^T \eta_i dt, \quad \alpha = 1 + A_i/2 - 3\eta_0/2 \quad (1)$$

ここに、 δ_i :各ソリトンの波峯の座標、 h :平均水深、 T :観測時間、 g :重力の加速度および δ_0 ; $\int_0^T \eta dt = 0$ を満足させるために導入される定数。

図-1は、京都大学防災研究所附属大規模波浪観測所の長大橋橋を用いて得られた水深5.7m地点での現地波浪の観測記録から直交化法によって式(1)の固有値を決定し、ソリトン合成して元の実

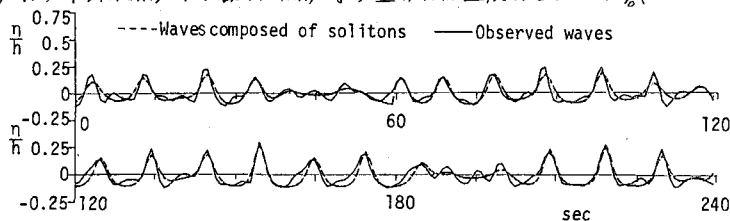


図-1 測点1での実測波形とソリトン合成波形との比較

測波形と比較したものである。これから、海岸波浪の主要部分についてはソリトンスペクトル理論の表示精度が極めて良好であり、少な(くとも)波形の表現法としてもこの理論が有力な手法となりうる事がわかる。

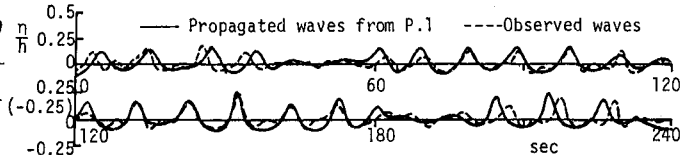


図-2 測点2での伝播波形と実測波形との比較

図-2は、測点1での波をソリトンとして8.75m離れた測点2まで伝播させ、そこでの実測波形と比較したものである。波群ごとに伝播が一致している部分と一定位相だけずれている部分とに分かれているが、波群ごとの修正を行えば位相は一致することから、各波はソリトンとして伝播しながら、波群ごとに果な(った)拘束を受けているものと考えられる。以上の結果は、浅海域においてもなお波群構造が存在しているが、基本的には海岸波浪の力学的構造がソリトンを成分波としたソリトン構造となっていることを示すものである。

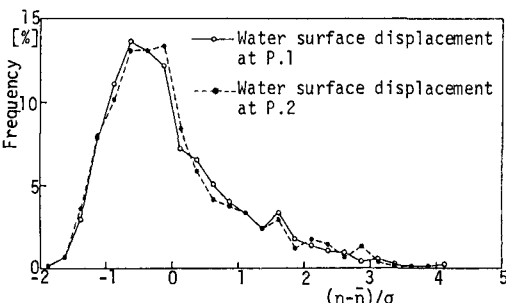


図-3 測点1および2での水位分布の比較

3. ソリトンスパクトル理論による沿岸波浪の統計的特性 図-3は、測点1および2での前述の波の水位分布である。水位分布の空間変化は小さいが、正規分布から大きく歪んでおり、測点1におけるkurtosisおよびskewnessがそれぞれ4.26および1.14となることから、非線形性が卓越した波であることがわかる。

図-4は、ソリトンスパクトル理論による唯一の統計量である固有値 H_i/h の頻度分布を示す。相互干渉を無視して固有値を決定しているという問題はあるものの、固有値が空間的にほぼ保存されており、固有値の分布、すなわちソリトンスパクトル分布が沿岸波浪の統計的特性を評価するための普遍的な統計量になりうる事がわかる。

4. zero-cross法による統計量との比較 図-5は、zero-up cross法、zero-down cross法およびソリトンスパクトル法によって波を定義して求めた測点1での波高 H の頻度分布を示す。波高の分布形状は波の定義法に大きく依存してそれぞれ異なり、特にzero-cross法による分布とソリトンスパクトル理論による分布との相果が著しい。 $H/H=(A/\bar{A}) < 1.3$ の比較の波高の小さな波に対してはzero-cross法による頻度が高く、逆に $H/H=(A/\bar{A}) > 1.7$ の波高の大きな波ではソリトンスパクトル理論による頻度が高くなっている。これは、勿論ソリトンスパクトル理論による波形の分解能の精度にも依るが、用いるzero-cross

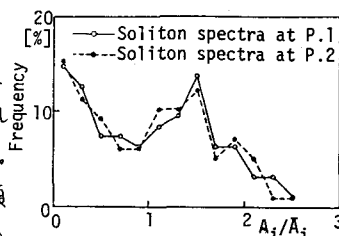


図-4 測点1および2でのソリトンスパクトル分布の比較

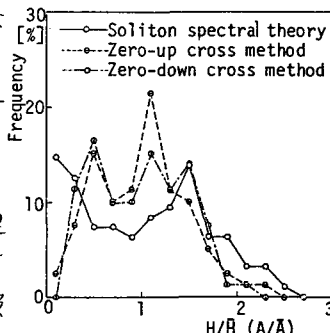
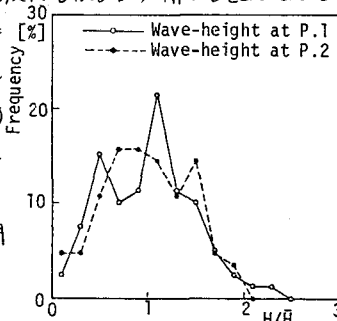
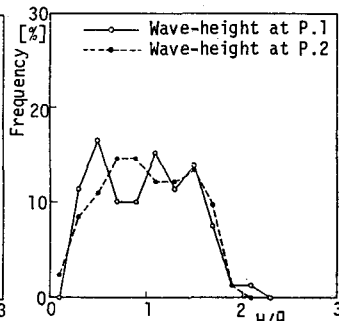


図-5 波の定義法による波高の頻度分布の空間的変化の相果

法と実測波のソリトン分解によって固有値(=波高)を決定するソリトンスパクトル理論との波高の決定法に依っていることは当然であり、いずれを用いるべきかは、力学的構造との対応および統計量としての普遍性によって決定されるべきであろう。図-6は、後者の問題を検討するために、各定義法による波高の頻度分布の空間変化を示したものである。これから、ソリトンスパクトル理論によるものが最も変化が小さく、統計量として必須である普遍性において優れていることがわかる。



(a) zero-up cross 法



(b) zero-down cross 法

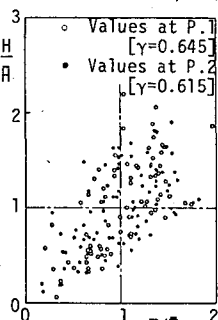
図-6 測点1および2でのzero-cross法による波高の頻度分布の比較

5. 波高と周期の結合分布特性

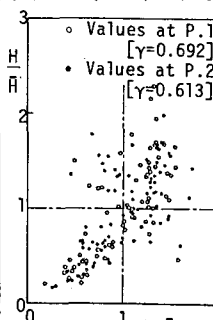
図-7は、zero-cross法およびソリトンスパクトル理論による各波の波高(固有値)と周期(波峰間隔)との結合分布を測点1および2において示したものである。

6. 結語

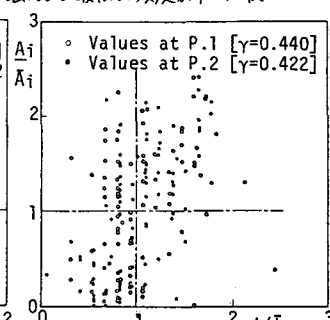
沿岸波浪の統計的特性がその力学的構造と無関係に議論



(a) zero-up cross 法



(b) zero-down cross 法



(c) Soliton spectral theory

図-7 波高(固有値)と周期(波峰間隔)の結合分布

されていることに疑問を持ち、力学的基礎を持つソリトンスパクトル理論によって統計量を定義し、これが従来のzero-cross法による統計量よりも空間的普遍性において優れ、沿岸波浪の統計的特性を評価する上でより普遍性を持つことを示すことができた。

参考文献; 1) 土屋・安田・武山; 相互干渉を無視した場合のソリトンスパクトルの理論, 第28回海嶺論文集, pp 89-91, 1981