

1. 緒言 海岸波浪の取り扱いにおいて最近その時系列特性が問題となっている。本研究では、時系列としての波群特性とソリトンモードとの関係を波浪の現地観測記録を用いて明らかにするとともに、ソリトン表示に基づく波浪の特性の評価に関して検討を行う。

2. 観測記録の概要 本研究において解析の対象とした記録は、1978年11月に California の Torrey Pines Beachにおいて得られたものの一部であり、すでに多くの研究者によりその解析結果が報告されている¹⁾。ここでは、ほぼ波向方向に並ぶ5つの測点に設置された波圧計の記録に対して解析を行った。表-1は各測点における波圧計の番号とそこでの波浪特性を示したものである。特に断わりがない限り以下では、主に11月20日のデータに関する検討を行うことにする。表-1の有義波諸量からもわかるように、このときの波浪は周期の長いうねり性波浪であり、紙面の都合上割愛したが、そのパワースペクトルはピーク周波数の2.3および4倍の周波数に顕著なピークを有する非線形性の卓越した波浪であった。

3. 海岸波浪の時系列特性とソリトンモード 図-2は水位変動に関するSkewnessおよびKurtosisの空間的变化を表し、このときの海底地形も併せて示してある。また図-3はソリトンモードに基づき定義されるUrsell数²⁾の空間的变化を表す。図-2から判断する限りにおいては、測点P4における波浪の非線形性は認められず水位分布は正規分布と見なせるものの、

表-1 各測点の計測器番号と波浪特性 (1978年11月20日)

Sensor	P4	P7	P7A	P10	P16
Water depth (m)	10.178	7.482	6.817	5.666	3.927
Offshore distance (m)	538.0	442.0	365.0	315.0	241.0
T_{max}	0.161	0.165	0.181	0.202	0.215
$H_{1/2}$ (m)	0.636	0.650	0.715	0.802	0.885
$T_{1/2}$ (s)	13.973	14.027	13.285	12.392	12.060

図-1に示すように波峰間隔が大きいためにUrsell数はかなり大きな値となっており、波浪の伝播に伴い非線形性が増加する傾向が認められる。図-4はソリトン固有値をその平均値 μ_A および分散 σ_A で標準化した値の標本分布の空間的变化を示す。若干のばらつきが存在するものの全体的にほぼ一定の分布形が存在すると判断でき、特に標準化された固有値が1以上となる大きなソリトンについては空間的变化が極めて小さいと言えよう。図-5は波群特性に関する各種パラメータの空間的变化を表したものであり、図中の ν^2 は

$$\nu^2 = \frac{\mu_2 \mu_0}{\mu_1^2} - 1, \quad \mu_n = \int_0^\infty f_n S(f) df \quad (1)$$

で定義されるスペクトル幅パラメータ、 Q_p は合田のスペクトル尖鋭度パラメータ、 γ_A は隣合うソリトンの固有値相互の相関係数およびGFはGroupiness factorであり、このときの周波数帯は、0.04~0.8Hzに設定してある。また図-6はソリトンの固有値に関する平均連長 $\bar{l}_1$ および平均トータルラン $\bar{l}_2$ の空間的变化であり、連長は固有値の平均値を超える

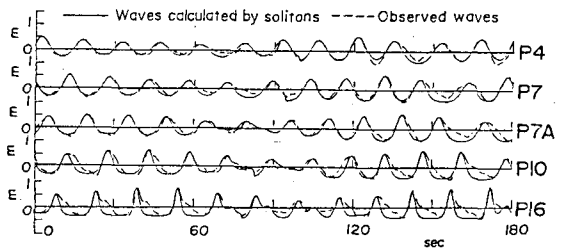


図-1 観測波形とソリトン合成波形との比較

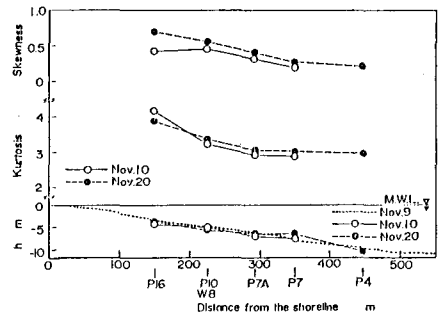


図-2 Skewness および Kurtosis の空間的变化

連を用いて定義されている。この種の海岸波浪に対して従来の研究では狭帯域スペクトルおよび弱非線形性を仮定した扱いが主流となっているが、その代表的研究と思われる Longuet-Higgins の理論³⁾の適用範囲は $\gamma^2 < 1$ の極めて周波数帯の狭い波浪に限られており、現実の海岸波浪に対して線形スペクトルに基づく理論を適用することは困難であると思われる。また図-5および6に示すパラメータはすべて波浪の波群特性に関連したパラメータであり、全体的には波浪の伝播に伴い波群性が低下する傾向があるように見える。しかしながら、波浪がソリトン構造を形成している場合には各ソリトンは独立に伝播しており、長い伝播過程を経ることにより波群性は完全に崩壊するはずであるが、これらの結果からは波群性が急速に低下しているとは言い難い。波群性を表すパラメータとして前述の相関係数 γ_A を考えた場合、 γ_A が0に近づくためには伝播に伴いソリトンが相互に配列を入れ替える必要があり、このようなソリトン列の入れ替わりは相隣るソリトン間の相対的な伝播速度に依存してくる。ところが、最も相対速度が大きいかつソリトン間隔が小さいソリトンの組においてさえ、それらの入れ替えに要する伝播距離は約650mであり、沖側測点P4から岸側測点P16へ伝播する間にソリトンの配列は一度も変化しないことになる。このことからソリトン列に関する波群性は見かけ上のものであり、ソリトン列に対して時系列特性を評価しても何ら矛盾のないことがわかる。またこの時系列特性は相関係数 γ_A を用いて評価するのが最も妥当であり、相対速度が小さい場合、すなわちソリトン固有値に関する変動係数 σ_A/μ_A が小さい場合には相関係数 γ_A はほとんど変化しないものと思われる。

4. 結 語 以上、ソリトンモード表示における時系列特性と力学的諸量との関係を明らかにし、波浪の特性に関する評価法の指針を与えることができた。

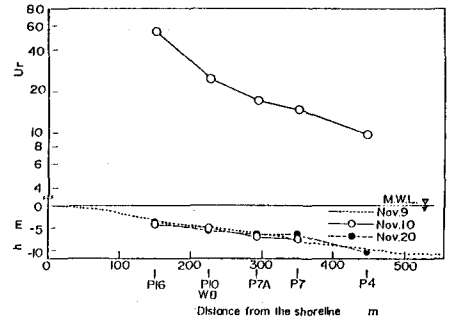


図-3 Ursell数の空間的变化

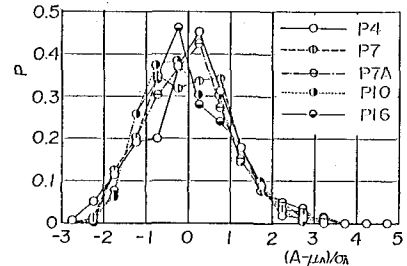


図-4 ソリトン固有値分布の空間的变化

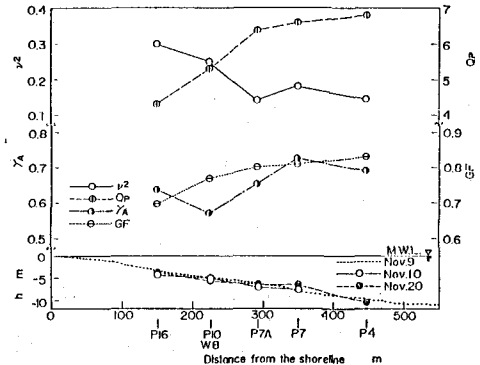


図-5 波群特性に関する各種パラメータの空間的变化

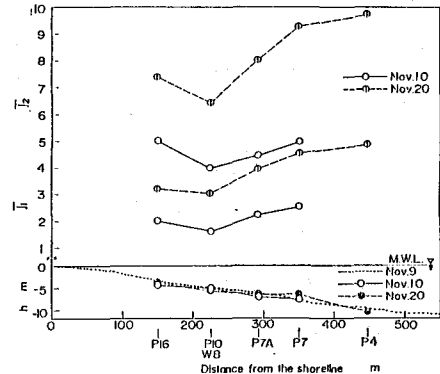


図-6 平均連長およびトータルランの空間的变化

<参考文献>

- 1) Guza, R.T., and E.B. Thornton: Local and shoaled comparisons of sea surface elevations, pressures, and velocities, Jour. Geophys. Res., Vol. 85, pp. 1524-1530, 1980.
- 2) 土屋・安田・篠田: 波浪ソリトン群とその統計理論, 京大防災研年報, 第29号B-2, pp. 691-716, 1986.
- 3) Longuet-Higgins, M.S.: On the joint distribution of wave periods and amplitudes in a random wave field, Proc. R. Soc. Lond., Vol. A389, pp. 241-258, 1983.