

京都大学大学院 学生員 ○小沢勇介

京都大学工学部 正 員 間瀬 肇

1. はじめに 現地波浪のスペクトルを解析すると、2つの周波数帯に卓越したエネルギーピークをもつ双峰型スペクトルがしばしば見られる。このような双峰型スペクトル波が発生する原因の一つは、風波とうねりのように卓越周期の異なる2種類の波群が重畳することによる(永井ら,1986)。Soares (1991)は北海や北太平洋の波浪データの解析結果から、双峰型スペクトル波の出現確率は沿岸よりも沖合いで大きいことを報告している。双峰型スペクトル波の出現率が沖合いで大きく沿岸で小さい原因、双峰型スペクトル波の変形特性、その理論的解析といった研究は少なく、Smith and Vincent (1992)が水理実験により双峰型スペクトル波の変形特性を単峰型スペクトル波のそれと比較して調べているにすぎない。本研究では、双峰型スペクトル波の浅海変形に関して、実験結果とハイブリッド型不規則波浪変形理論による計算結果を比較し理論モデルの適用性を調べるとともに、沖合いと沿岸における双峰型スペクトルの出現率の相違に言及する。また、スペクトル理論の拡張として、平均水位の変化式を誘導する。

2. 実験データ 用いたデータは、Smith and Vincent (1992)が行った実験結果である。彼女らが用いた双峰型スペクトルは、TMAスペクトルを2つ重ね合わせたものである。2つのピーク周波数の組み合わせを2通り、波群の全エネルギーを2通り、2つのピークに対応するエネルギーの配分比率を3通りに変えて合計12通りの実験が行われた。実験水槽の諸元は、長さ45.7m、幅 0.45m、深さ0.9mで、水槽の中程から 1:30 の一様勾配斜面が設置された。一様断面部分での水深は 61cm である。波高計は水深が 61cm、36.6cm、24.4cm、18.3cm、15.2cm、12.2cm、9.1cm、7.6cm、6.1cm の9箇所に設置された。

3. 理論モデル 双峰型スペクトルを構成する2つの単峰型スペクトル波の変形実験結果を加え合わせたものと双峰型スペクトル波の結果を比較すると、双峰型スペクトル波の低周波側波列の変形は単峰型スペクトル波の変形とあまり変わらないが、高周波波列のエネルギー減衰は単峰型スペクトル波のそれに比べて顕著である。理論モデルはこうした点を再現できるものでなくてはならない。スペクトル変形理論モデルと碎波減衰確率モデルからなるハイブリッド型不規則波浪変形理論は、双峰型スペクトル波の浅海変形にも原理的に適用可能であるのでこれを用いる。ハイブリッド理論では碎波限界条件を用いず、確率モデルにより各地点でのエネルギー減衰率を推定し、またその減衰率を周波数成分に配分するのが特徴である。さらに、本研究では水位変動の Fourier 級数表示に平均水位の変量 A_0 を加え、これを KdV 方程式に代入し、 $O(\epsilon^2)$ まで展開した式から非振動成分、すなわち、平均水位の変化式を導いた。結果は以下のようである。

$$\left(1 + \frac{3\epsilon}{2h} A_0\right) A_{0,\tau} + \frac{h_\tau}{4h} A_0 + \frac{3\epsilon}{8h} \left(\sum_{n=1}^N |A_n|^2 \right) = 0 \quad (1)$$

簡単のため式(1)の左辺第1項のカッコ内の第2項を無視して考える。第2項は Green の法則による浅水変形を表すものであり、水深が小さくなると波高が増加する。第3項はエネルギー勾配を表しており、正であれば(波高が増加すると) A_0 は減少し (wave set-down)、負であれば(波高が減少すると) A_0 は増加する (wave set-up)。

4. 双峰型スペクトルの浅海変形に関する実験結果と計算結果の比較 図-1 は Case 4 および Case 8 の水深が 12.2cm におけるスペクトルの実験結果と計算結果を比較したものである。双峰型スペクトル波の初期条件は Case 4 について、2つのピークに対応するエネルギーの配分比率は 1:3、ピーク周波数は 0.4Hz および 0.8Hz であり、Case 8 については 3:1 および 0.4Hz と 0.6Hz である。両ケースとも 1.6Hz 以上の高周波帯を除けば実験結果と計算結果は良く一致している。特に Case 8 については初期に双峰型スペクトルであったものが単峰型スペクトルに変化している様子をうまく表せている。浅海において双峰型スペクトル波の高周波側のピークは非線形干渉に伴うエネルギー移行と砕波によるエネルギー散逸により消滅しているためである。これが沿岸で双峰型スペクトル波の出現率が小さくなる理由である。図-2 は Case 4 の有義波高について実験結果と計算結果を比較したものである。参考として合田 (1975) のモデルによる結果もあわせて載せた。水深が 10cm より浅いところで計算結果の方が小さくなるが、両者はほぼ一致していると言える。図-3 は有義波周期についての実験結果と計算結果を比較したものであり、両者は良く合っている。

5. むすび 本研究はハイブリッド理論により双峰型スペクトル波の浅海変形がどの程度説明できるかを検証し、さらにスペクトル理論の拡張として平均水位の変化式を導いた。得られた主要な結果は次のようである。(1) ハイブリッド理論は、波の非線形干渉を含めた双峰型スペクトル波に特有な変形形態をうまく表現できる。(2) ハイブリッド理論を用いて得られる複素フーリエ振幅を逆フーリエ変換して水位変動を求め、そこから有義波高や有義波周期を求めたものは、実測値と概ね一致する。(3) 平均水位の変化式によるとエネルギー勾配の正負によって平均水位の増加、減少が説明でき、従来の結果と一致する。この理論結果と実験結果との比較・検討は今後の課題とする。

6. 謝辞 双峰型スペクトル波の実験結果を提供して下さいった CERC の Dr. Jane McKee Smith に感謝の意を表します。

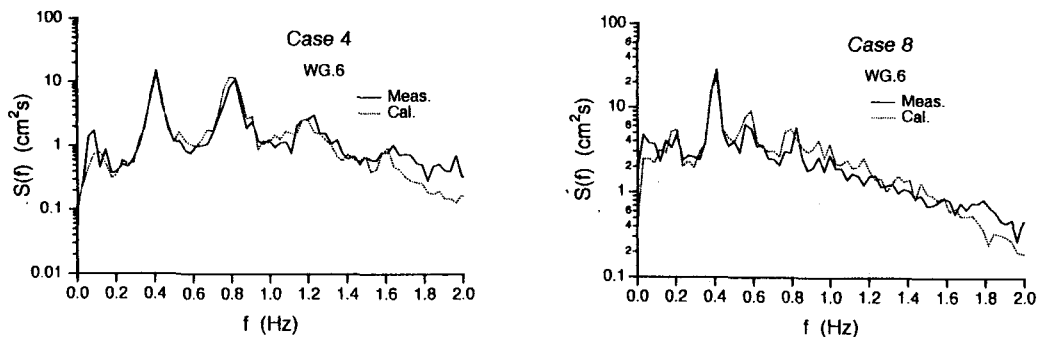


図-1 スペクトルに関する実験結果と計算結果の比較

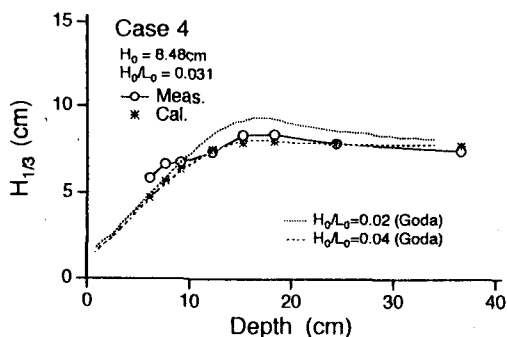


図-2 有義波高に関する実験結果と計算結果の比較

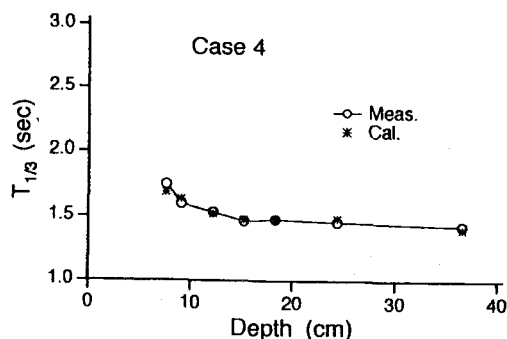


図-3 有義波周期に関する実験結果と計算結果の比較