

II-478

多方向不規則波の非線形伝播に伴う最大波峰高の変化

大成建設(株) 技術研究所

正会員

伊藤一教

東江隆夫

岐阜大学 工学部 土木工学科

正会員

安田孝志

1. 緒言

越波や浮体の動揺問題を考える場合、波の最大波峰高は越波量や浮体の動揺量と直接関わる要因であり、その伝播に伴う変化を明かにすることは重要である。また、多方向不規則波の空間波形に対して、波高の定義が確立していないこともあり、波の最大波峰高は多方向不規則波の伝播変化を説明するのに有効なパラメタの一つである。そこで本研究では任意の方向スペクトルを有する多方向不規則波の非線形伝播計算を行い、最大波峰高の伝播に伴う変化を示す。さらに、線形伝播との比較によって最大波峰高に及ぼす非線形干渉の影響について検討する。

2. 計算条件および精度検証

ここでは、Dommermuthら¹⁾の手法を用いて、一様水深場の保存系のもとで伝播計算を行った。安田ら²⁾は、3次干渉によって一方向伝播する不規則波にfreak waveのような異常な高波が出現することを示している。そこで、本計算においても3次の非線形干渉を評価する。数値計算の精度の検証は、Tomitaら³⁾が示した共鳴干渉の水槽実験結果と比較して行った。初期波は、JONSWAP型周波数スペクトルと光易型方向関数を有する多方向不規則波を波数スペクトル(17×17モード)に線形変換して作成し、位相は乱数によって与えた。計算条件は表-1に示すように、方向集中度パラメタ $S_{max}=75$ 、波長水深比 $kph=3.0$ のもとに波形勾配 $kpa=0.06, 0.12, 0.15, 0.19$ の4ケースとした。ただし、 kp はスペクトルのピーク波数、 Tp は kp に対応する周期、 a は主波向における空間初期波形の平均波高の2分の1、 h は水深である。図-1は、Tomitaらの実験結果の周波数スペクトルと同一条件（直角方向から伝播する規則波、 $ka=0.12, 0.03$ ）の数値計算による結果を比較したものである。両者の一致はよく、数値計算が共鳴干渉を表現できており、3次干渉が正しく評価できていることがわかる。

表-1 計算条件

	kpa	kph	Smax
RUN1	0.06	3.00	75
RUN2	0.12	3.00	75
RUN3	0.15	3.00	75
RUN4	0.19	3.00	75

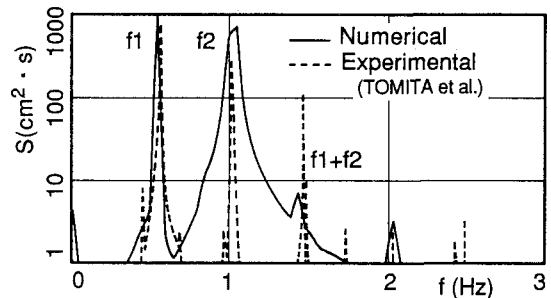


図-1 実験結果と計算結果の比較

3. 波峰高の伝播変化

ここでの最大波峰高の定義は、伝播過程における計算領域内の波峰高の最大値とした。図-2は、伝播に伴う最大波峰高の変化を示したものである。図-2(a) $kpa=0.06$ のケースでは線形波、非線形波ともに最大波峰高は伝播過程で激しく変動し、変動の幅およびその範囲についても両者の差異は小さい。図-2(b) $kpa=0.15$ のケースにおいても(a)と同様、線形波、非線形波ともに伝播過程で激しく変動するが、変動の幅は非線形波が線形波を上回る。また、非線形波の最大波峰高は $t/Tp=30$ 付近で極大となり、伝播時間が進むとその振舞いは線形波と非線形波で差異が小さくなる。しかしながら、非線形波の最大波峰高は伝播過程で極大値を示すことがわかる。さらに、図-2(c) $kpa=0.19$ のケースでは、伝播過程全般

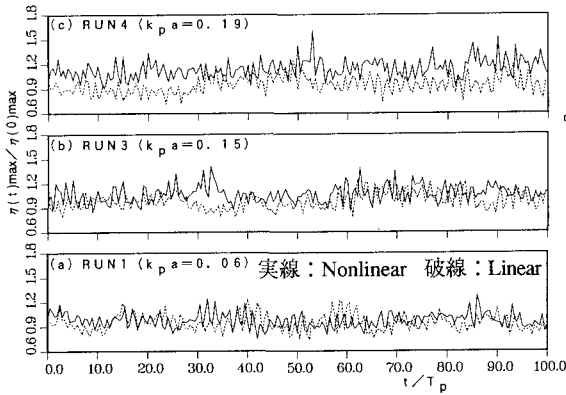


図-2 伝播に伴う最大波峰高の変化

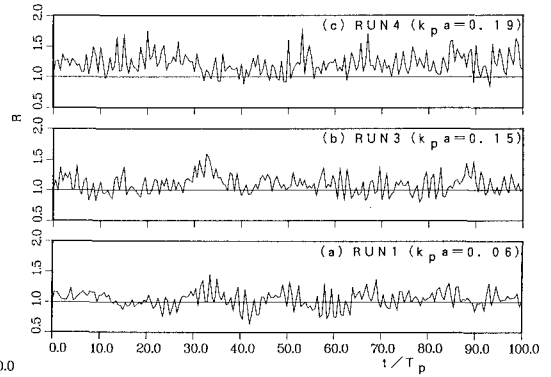


図-3 伝播に伴う非線形波と線形波の最大波峰高の比Rの変化

において非線形波が線形波を上回り、非線形性の増大に伴い最大波峰高の値も大きくなること
がわかる。図-3は、伝播過程における最大波
峰高の非線形波と線形波の比 $R = \eta_{\max}(t)_{\text{nonlinear}} / \eta_{\max}(t)_{\text{linear}}$ を示したものである。
図-3(a) $k_p a = 0.06$ のケースでは $R = 1$ のまわり
に変動を繰り返す。これに対し、図-3(b)
 $k_p a = 0.15$ のケースでは伝播過程で変動を繰り返

表-2 $\langle R \rangle$, $R_{\max}$ および R^* の比較

	RUN1	RUN2	RUN3	RUN4
Stokes	1.03	1.06	1.07	1.10
$\langle R \rangle$	1.04	1.13	1.09	1.21
$R_{\max}$	1.45	1.56	1.59	1.78
$R^*(\%)$	64.60	77.60	69.65	90.00

返すだけでなく、 $R \geq 1$ の範囲で変動することが多くなる。さらに、図-3(c) $k_p a = 0.19$ のケースにおい
ては、伝播過程全般において $R \geq 1$ の範囲で変動し、伝播過程で現れる極大値も $k_p a = 0.06$ や $k_p a = 0.15$
のケースに比べて大きな値をとるようになる。表-2は、 R の伝播過程における平均値 $\langle R \rangle$ 、最大値 R
 $\max$ および $R \geq 1$ の頻度 R^* を各ケースごとにまとめたものである。伝播計算と同一条件の3次近似
Stokes波の波峰高と線形波の波峰高の比 $\eta_{\max}(t)_{\text{Stokes}} / \eta_{\max}(t)_{\text{linear}}$ も比較のため示した。表-2
より、 R の伝播過程における平均値 $\langle R \rangle$ 、最大値 $R_{\max}$ および R^* は、 $k_p a$ の増大に伴って増大する傾
向にあることがわかる。また、多方向不規則波とStokes波の比較では、最大値 $R_{\max}$ だけでなく平均値
 $\langle R \rangle$ についても多方向不規則波がStokes波を上回っている。このことは、伝播過程における非線形波
の最大波峰高が、非線形干渉によって線形波のものを上回るようになるだけでなく、波の方向性によっ
てStokes波のものも上回ることを示している。さらに、非線形波の最大波峰高は、伝播過程で線形波の
ものを上回る頻度も増すことを示している。

4. 結語

多方向不規則波の3次干渉まで評価した伝播計算を行った結果、最大波峰高は伝播に伴って変動する
ことを示した。また、伝播に伴う最大波峰高の変動の幅は、非線形干渉によって線形波を上回り、波の
方向性によってStokes波の最大波峰高も上回ることを示した。さらに、伝播過程における最大波峰高は、
非線形性が増大すると伝播過程で線形波のものを上回る頻度も増すことを示した。

参考文献

- Dommermuth, D.G. and D.K.P. Yue (1987): A high-order spectral method for the study of nonlinear gravity waves J.F.M., Vol.184, pp.267-288.
- 安田孝志・伊藤一教 (1990): 高波の連なりに及ぼす非線形干渉の影響について, 海岸工学論文集, 第37巻, pp106-110
- Tomita, H. and H. Sawada (1987): An experimental investigation into nonlinear resonant wave interactions in the ship model basin, Nonlinear Water Waves, IUTAM Symposium Tokyo/Japan, pp.341-348