

共鳴干渉の波高分布に及ぼす影響

岐阜大学 正会員 安田孝志 学生員 伊藤一教・森 信人

①.はじめに 共鳴干渉が風波の発達と密接に関わっていることは、Phillips やHasselmannらの研究以来、今日では周知の事実となっている。しかしながら、十分に発達した風波やうねりにおける共鳴干渉の影響については検討がほとんど進んでいない。ここでは、任意のバンド幅を持つ不規則波の1次元伝播の数値シミュレーションを実施し、その結果を基に共鳴干渉の波高分布に及ぼす影響について検討する。

②.数値シミュレーションの方法 kh (k は波数スペクトルのピーク波数, h は水深), ka (a は $H_{1/3}$ の1/2に等しい振幅)および m (スペクトルバンド幅パラメタ)をパラメタとしたWallops型スペクトルによって初期波を与え、線形、2次および3次以上の精度を持つ各波動方程式¹⁾によってそれぞれ伝播させた。このときのフーリエモードの数は256、波列におけるゼロクロス波の数は約80~100個である。

③.伝播過程での波高分布 まず、伝播の過程で波高分布がどのように変動するかを図-1に $kh=3.0$, $ka=0.17$ および $m=30$ の場合について示す。

3次以上の非線形干渉によって波高分布は大きく変動し、特に H/H_0 3.2のfreak waveの発生が顕著になっている。このような伝播に伴う波高分布の変動が共鳴干渉による波列の変調、いわゆる波群現象によっていることを明らかにするため、図-2にこのときのGFの伝播過程での変動を示す。これから、2次の非線形干渉の波群現象に及ぼす影響は線形干渉のものとは何ら違っておらず、3次以上の非線形干渉において現

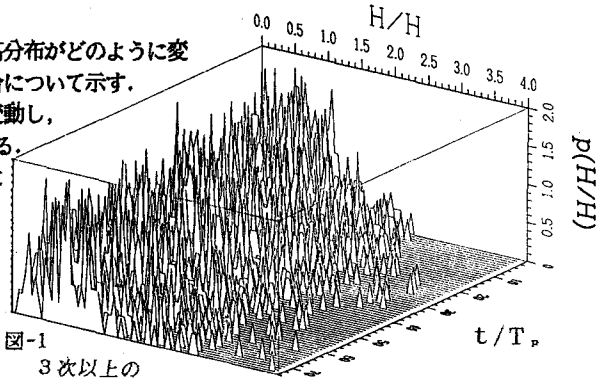


図-1 3次以上の非線形干渉を評価した場合の伝播にともなう波高分布の変動

れる共鳴干渉が波群現象と密接に関わっていることがわかる。そして、図-1および2の比較から H/H_0 が3.2を超えるような高波浪の出現は波群の発達に依っており、共鳴干渉が波高分布を危険側に変化させることがわかる。ついで、このような波高分布の変化を定量的に評価するため、刻々の波高分布をWeibull分布²⁾と与え、その母数 m_w の伝播に伴う変動について調べる。図-3は、 $kh=3.0$ および $ka=0.17$ の場合について母数 m_w の変動に及ぼすバンド幅および共鳴干渉の影響を示したものである。図中の数値は伝播過程での m_w の平均値 \bar{m}_w であり、横軸に平行に引かれた直線はその値を示したものである。バンド幅が $m=5$ の場合では線形・非線形による差異は小さく、共鳴干渉の影響は弱い。しかしながら、実線で示した3次以上の干渉を評価した場合に m_w が2となる割合が高くなっており、共鳴干渉によって高波浪の出現確率が增大することがわかる。

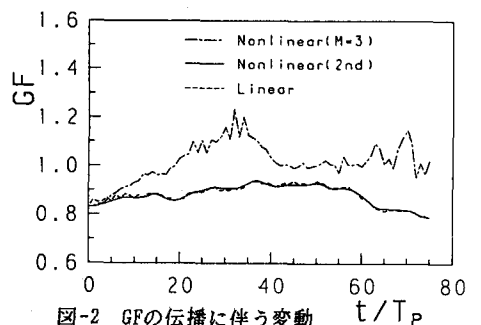


図-2 GFの伝播に伴う変動

バンド幅が狭くなるに従って、実線で示される m_w の値は他のものと大きく異なるようになり、共鳴干渉の影響が顕著となって来る。その結果、 $m=30$ では平均値でも m_w の値は1.8程度まで下がり、瞬間的には1.6以下まで低下し、共鳴干渉によって波高分布が

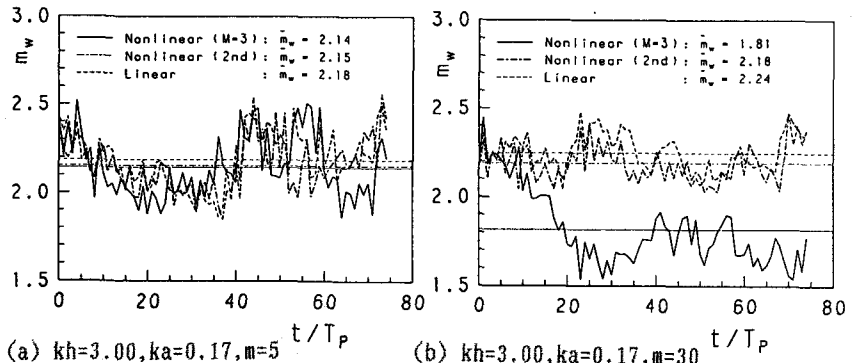


図-3 Weibull母数 m_w の伝播にともなう変動とそれに及ぼす非線形干渉の影響

Rayleigh分布よりも大

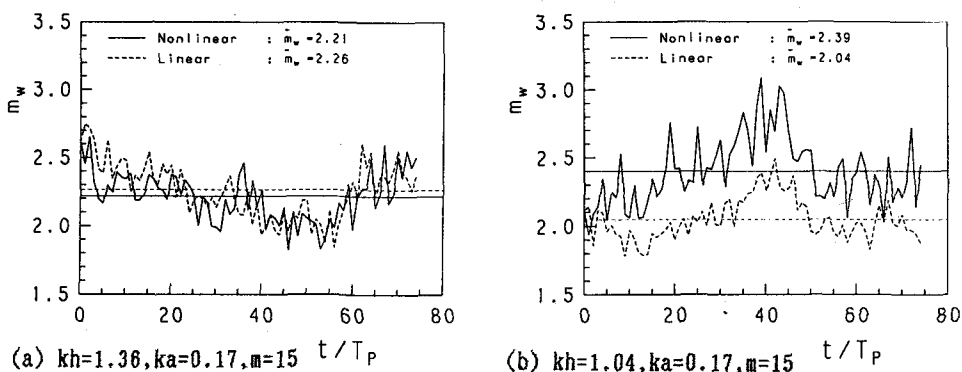


図-4 Weibull母数 m_w の変動に及ぼす kh の影響

大きく危険側に至んで来ることがわかる。また、以上の結果から2次の非線形干渉は波高分布にほとんど影響しないことがわかる。図-4は、 kh の影響を見るため、 $ka=0.17$ および $m=15$ の波について m_w の変動を同様に示したものである。 $kh=3.0$ では大きかった線形・非線形(3次以上)の差が、 $kh=1.36$ ではほとんどなくなり、統計的変動の範囲に収まっている。さらに、 kh が1.04まで減少すると、 m_w の値は逆転し、非線形波の m_w は線形波のものを大きく上回るようになり、非線形干渉は波高分布を安全側に至ませることがわかる。なお、以上の傾向はバンド幅が狭くなるに従ってより顕著になる。

4. 分布形状とその表示 伝播過程での刻々の波高の標本分布の集合平均をRayleighおよびWeibull分布と比較し、その結果を図-5に示す。細部に相違はあるものの、共鳴干渉を受けた波であっても集合平均で見れば波高はWeibull分布に従ってことがわかる。このときの m_w の値は1.70であり、Rayleigh分布の2.0をかなり下回っているが、伝播の過程で現れる1.53はこれよりもかなり小さい。このことは、Weibull母数を集合平均として kh 、 ka および m との関係で捉えるだけでは不十分であり、伝播過程での変動を踏まえて m_w の値を捉える必要のあることを示している。そこで、 kh をパラメタとし、各バンド幅ごとにGFと m_w の関係を図-6に示す。図中の各実線は、それぞれ回帰式によるものであり、破線は間瀬らの式による。 $m=5$ のような広帯域でGFの値が0.5から0.9の範囲では間瀬らの式はシミュレーション結果をうまく説明しているが、 $m=30$ のように狭帯域となり、GFの値も0.9を超えるようになると対応は悪い。このようにWeibull母数はGFだけでなく、直接バンド幅に依存するため、波群の発達が顕著な場合まで含めると、GFに m を組み合わせたパラメタを変数とする回帰式を用いる必要がある。

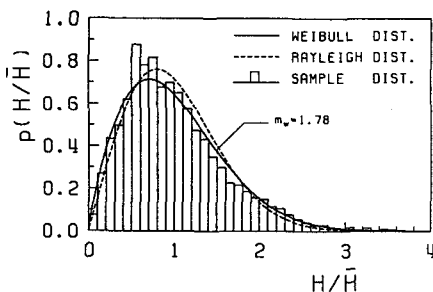


図-5 波高の標本分布とRayleighおよびWeibull母数との比較
($kh=3.0, ka=0.17, m=30$)

参考文献 1) 安田・伊藤(1990)
海工論文集第37巻, PP. 106-110.

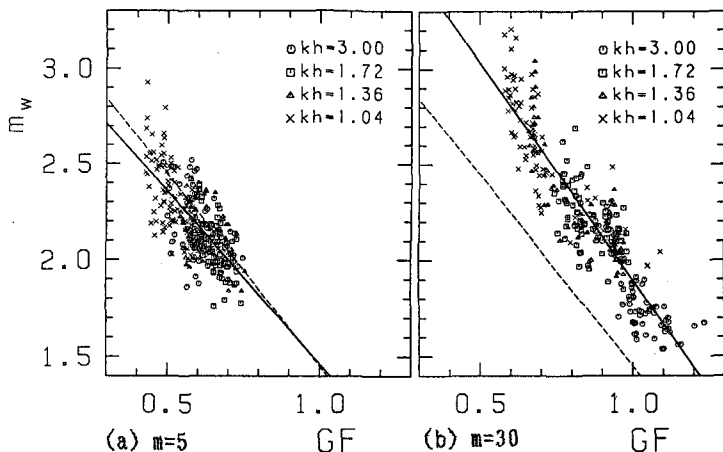


図-6 スペクトルバンド幅ごとのWeibull母数とGFの関係