

不規則波列の波群諸量に及ぼす高次干渉と浅水化の影響

岐阜大学工学部 正会員 安田孝志 学生会員 森信人・〇加藤 茂

【緒言】

波群の問題は、当初ゼロクロス波の時系列に関して着目され、その後係留浮体の長周期動揺に関して研究が進められ、最近では海浜変形や港湾内の水面変動の外力として注目されるようになってきた。しかしながら、波群自体の定義は時系列に着目するものから波列上のエネルギー分布に着目するものまで多様であり、必ずしも統一されていない。このように、波群に関わる現象に拡がりが生じる一方、波群の定義になお任意性が残るなどの問題はあるが、ここでは単に波列の包絡線の変動を波群と捉え、それをGFで評価するとともに波群特性に及ぼす高次非線形干渉と浅水化の影響について検討する。

【計算手法および条件】

ここでは、任意のバンド幅の下で3次以上の高次干渉を正しく評価して波群特性の解明を図るため、同一の初期波を種々の一定水深場に与え、長時間伝播させることにした。計算手法は、これまで安田ら(1992)によって用いられてきたものと同じである。初期波として $k_p h = 2.0$ 、 1.36 および 1.0 の下でWallops型スペクトルを持つ $k_p a = 0.13$ 、 $m = 4$ 、 10 、 30 の不規則を与え、これを高次干渉($M = 3$ および 4)および2次干渉(2nd)下で $100T_p$ まで伝播させた。ここで、 k_p はスペクトルのピーク波数、 h は平均水深、 a は $H_{1/3}$ の $1/2$ 、 T_p は k_p に対応した周期、および m はスペクトル幅形状パラメータ。計算は、 $256L_p$ の長さの波列に対し、 2048 個のフーリエモードを与えて行なった。

【モード変調に及ぼす浅水化の影響】

深海では共鳴干渉によってモード変調が生じることはよく知られているが、浅海では一定水深場が長くは続かないため、共鳴干渉に関する検討はほとんどなされていない。そこで、まず、上述の各初期波形を $M = 3$ 、 4 および2ndの下で伝播させ、このときのフーリエモードの振舞いについて調べた。その結果、3次干渉までを厳密に評価した $M = 3$ と4次干渉までを同様に評価した $M = 4$ の間では $k_p h$ や m の値に関係なく差異は見られず、3次干渉までを評価しておけばよいことが明らかとなった。これに対し、2ndでは共鳴干渉が生じないため、 $k_p h$ に関係なくモード変調は見られなかった。図-1はその例として $m = 30$ 、 $M = 4$ の場合のモード変調を $k_p h = 2.0$ および 1.0 について示したものである。なお、比較のため $m = 30$ 、 $k_p h = 1.0$ の場合について $M = 3$ および2ndの結果もあわせて示している。 $k_p h = 1.0$ の場合の方がモード変調は活発であり、浅海における方がむしろ共鳴干渉の影響が大きく、浅海の不規則波列の伝播に対しても高次干渉の評価が必要と言える。

【波群特性に及ぼす高次干渉と浅水効果】

上述したように高次干渉によって水深やスペクトルバンド幅に関係なくモード変調が生じ、その影響は当然ながら波形に現れてくる。そこで、こうした波形への影響をGFによって評価し、GFの伝播過程での変化について調べる。図-2はその結果を示したものであり、2ndとの差が共鳴干渉の影響と考えてよい。 $k_p h = 2.0$ では $M = 4$ と2ndとの差がほぼ一定になるのは $t/T_p = 30$ 付近であり、共鳴干渉の影響が現れるには30周期程度の伝播時間が必要と判断される。ただし、その影響はスペクトルの広帯化とともに弱められ、 $m = 4$ では認められなくなる。また、 $k_p h = 1.36$ ではバンド幅に関係なく $M = 4$ と2ndの差異は小さく、ほとんど共鳴干渉の影響は認められない。これに対し、 $k_p h = 1.0$ まで浅水化が進むと、再び共鳴干渉の影響が現れるが、 $k_p h = 2.0$ の場合とは逆に共鳴干渉によってGFの値が減少し、波群の発達を抑えられることがわかる。しかも、この場合の共鳴干渉の影響は、バンド幅に関係なく10~15周期程度の伝播によって現れるため、緩勾配海岸では無視できないものと考えられる。

さらに、図-3は上述の図-2に示した伝播過程での各GFの平均値 $\langle GF \rangle$ と $k_p h$ および m の関係を示したものである。これから、バンド幅に関係なく $k_p h = 1.36$ を転移点として波群に対する共鳴干渉の影響が浅海と深海で逆転することがわかる。特に注目すべきは、 $\langle GF \rangle$ に対する高次干渉の影響が深海よりも浅海において卓越し、バンド幅に関係なく共鳴干渉の影響評価が重要になることである。このことは、波群に関わる諸現象を2次干渉のオーダーで扱うことに問題があることを示すものと言える。

【結語】

共鳴干渉によるモード変調はスペクトルバンド幅や水深に関係なく生じるが、その波群に対する影響は、 $k_p h = 1.36$ 付近を転移点として深海と浅海では逆転し、浅海ではバンド幅に関係なく波群の発達を抑える方向に現れてくる。しかも、浅海では共鳴干渉の影響が比較的短時間(約10周期)の内に現れてくるため、浅海での波群特性の解明においても高次干渉の評価が必要となる。

【参考文献】

安田・伊藤・森(1992)：一方向不規則波列の波高分布に及ぼす非線形干渉の影響について，土木学会論文集 No.443/II-18, pp.83-92.

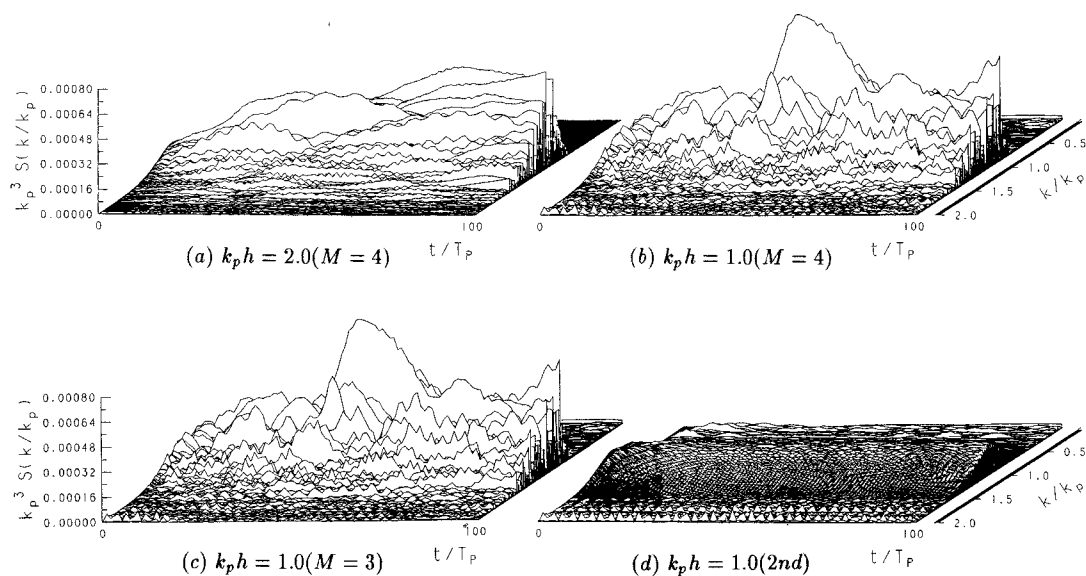


図-1 モード変調と高次干渉の次数および $k_p h$ の関係

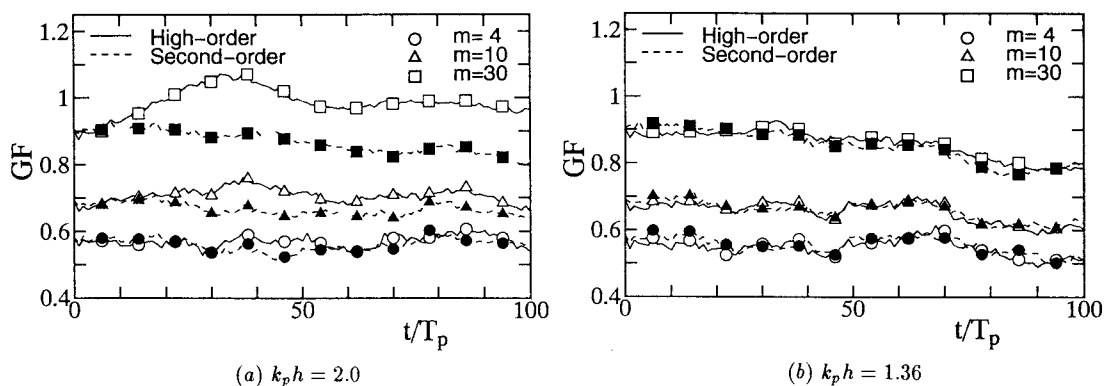


図-2 GFの時間変化と高次干渉の次数，初期スペクトルバンド幅 m および $k_p h$ の関係

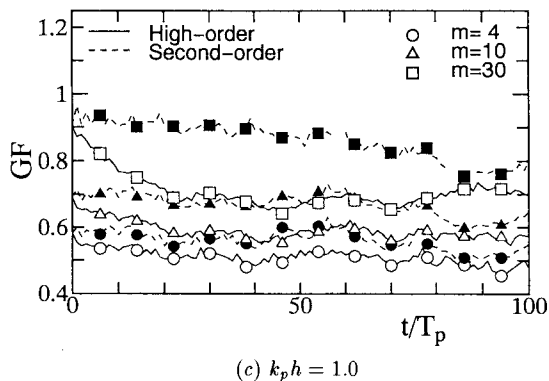


図-2 GFの時間変化と高次干渉の次数，初期スペクトルバンド幅 m および $k_p h$ の関係

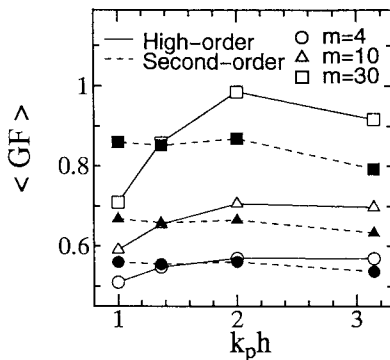


図-3 GFの時間平均 $\langle GF \rangle$ と高次干渉の次数，初期スペクトルバンド幅 m および $k_p h$ の関係