

波群の伝播変形とその内部機構

名古屋工業大学 学生員 ○吉岡勝則

学生員 中村 徹

正 員 喜岡 渉

1. はじめに

深海における波群構造を知ることは、浅海での波群の伝播変形を調べる上でもその境界条件となることから重要である。Su¹⁾は長さ137mの造波水路を用いて波群の長時間伝播変形の測定を行い、形成される包絡ソリトンの数は初期の波形勾配と包絡波形の長さによって決まることを明らかにするとともに、伝播に伴い先行する包絡ソリトンではエネルギーが低周波数側に移行(frequency downshift)する傾向があることを示した。Lo・Mei²⁾および Dommermuth・Yue³⁾は、それぞれ高次オーダーの Schrödinger 方程式、擬似スペクトル法(pseudospectral method)を用いてSuの実験結果に対して理論的な検討を試みたが、その結果はSuの実験結果を十分説明しうるものではなかった。本研究は、昨年度⁴⁾に引き続き境界要素法によって深海における波群の伝播変形を調べるもので、ここではSuの実験条件とほぼ同様な条件下での数値シミュレーションを行った。

2. 包絡波形の変形特性

計算にあたっては波動運動はX方向に空間的周期性があると仮定し、初期条件としては次式に示されるような水位変動 η と速度ポテンシャル ϕ を $-\pi$ から π の領域に設定した。

$$\eta(X) = F \cdot \eta_0 \quad \dots (1) \quad \phi(X) = F \cdot \phi_0 \quad \dots (2)$$

$$F = 0.5 \{ \tanh \sigma (x - x_0) - \tanh \sigma (x - x_0) \} \quad \dots (3)$$

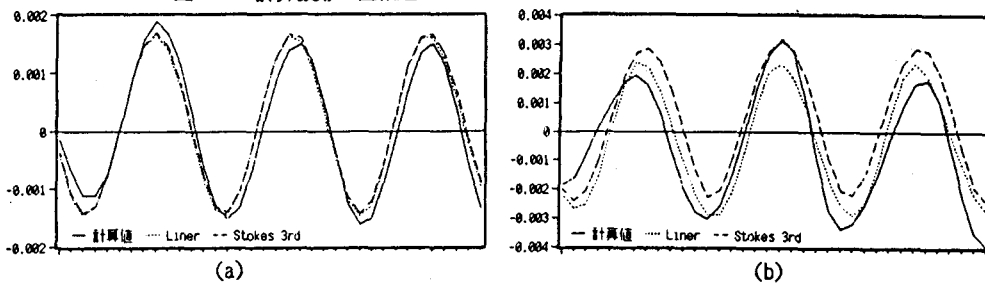
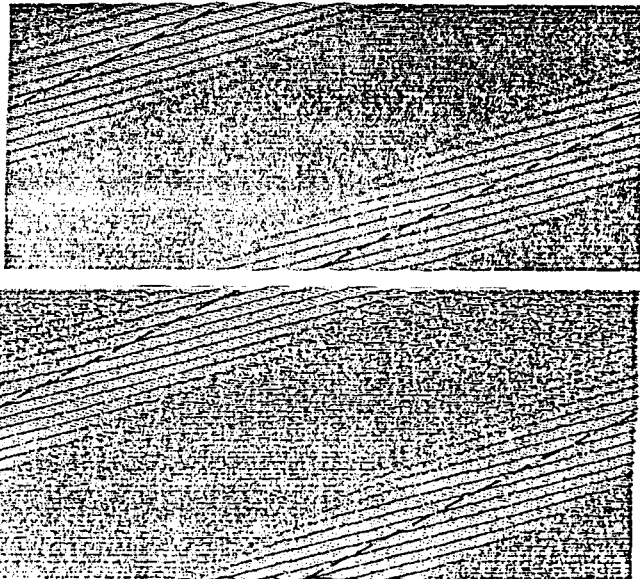
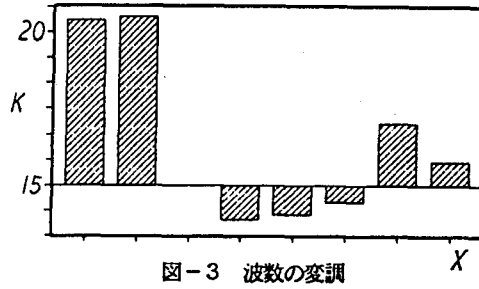
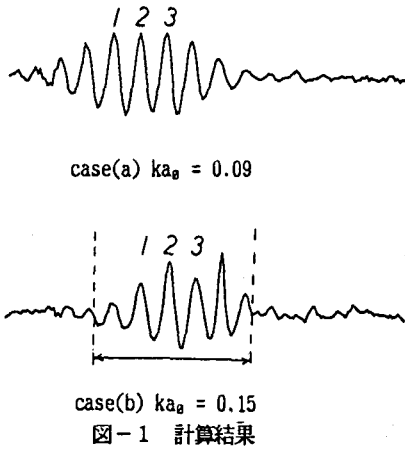
ここに、 η_0 、 ϕ_0 はStokesの理論解で、taper function Fにより振幅変調を与えた。関数Fにおける σ は初期包絡波形の両サイドの傾きを与え、 $(x_0 - x_0)$ は波群の長さを示す。したがって、初期波形は包絡波カベル型となり、その中の成分波はStokes波となっている。ここではSuの実験結果と対応させるため $ka_0 = 0.09$ のケースについては $\sigma = 10/\pi$ 、 $x_0 = -3\pi/8$ 、 $x_0 = 3\pi/8$ であり、 $ka_0 = 0.15$ のケースについては $\sigma = 30/\pi$ 、 $x_0 = -\pi/3$ 、 $x_0 = \pi/3$ とし、ともに $kh = 6$ とした。

図-1の(a)と(b)はそれぞれ初期波形勾配 ka_0 が0.09および0.15のケースの $t = 72T$ および $t = 82T$ における計算波形(空間波形)を示す。Suの実験波形とは波の位相速度と群速度の関係から直接比較することはできないが、ケース(a)ではすでに安定した包絡ソリトンが形成されているのに対して波形勾配の大きいケース(b)では2つの包絡ソリトンに分裂している点についてはSuの実験結果と一致している。

図-2は横軸に x 、縦軸には t をとって空間波形の変化の様子を示したもので、図で黒く見える斜線は波峰の移動を表しており、傾きは位相速度と考えられる。図中の点線は線形理論による C_g により波群の中心点の移動を示したもので、波形勾配の小さいケース(a)についてはシミュレーションの範囲ではほぼ波群の移動速度は理論値と一致している。ケース(b)については波群の位相速度は伝播に伴って C_g よりも大きくなっていることがわかる。

3. 波数の変調

図-3はケース(b)の計算結果において、図-1に示した範囲のゼロダウクロス波(時間波形上ではゼロアップクロス波)の波数の変調を示したものである。中央の2~3個の波の波数はやや小さくなっており、両端付近の波では大きくなっていることがわかる。すなわち、こうした変調は非砕波時のシミュレーションによってもあらわれる。図-4は計算結果における自由表面に沿う速度ポテンシャルの値を図-1中に番号で示した波群の中央3波について示したもので、比較のため計算波形から求めた線形理論値およびStokes理論値も示してある。波数の変調が見られるケース(b)においては各理論値との差異が著しくなっており、波の干渉成分が無視できないことがわかる。



参考文献 1) Su, M. Y., Phys. Fluids 25, pp2167-2174, 1982 2) Lo, E. and Mei, C. C., J. Fluid. Mech., Vol. 150, pp395-416, 1985 3) Dommermuth, D. G. and Yue, D. K. P., J. Fluid. Mech., Vol. 184, pp267-288, 1987 4) 吉岡・河地・喜岡, 昭和62年度中部支部, pp128-129