

II-276 境界要素法による波群の伝播変形解析

名古屋工業大学 学生員 吉岡勝則
名古屋工業大学 正員 喜岡 渉

1. はじめに

浅海に進入して来る波群が伝播とともにどのように変形するのかを正確に把握することは、浅海における波動場を理解する上でも重要である。こうした波群の変形解析は、非線形Schrödinger方程式に基づく数値計算を行うことによりすでに二、三の研究において試みられており^{1)~3)}、それぞれ興味ある結果を得ている。一方、観測波形の波群形状は必ずしも非線形Schrödingerの計算結果と一致しないことも指摘されており⁴⁾、浅水化に伴う包絡波形の変形特性については未だ不明な点が多い。本研究は、著者の一人ら⁵⁾が斜面上の孤立波の変形解析に用いたMixed Eulerian-Lagrangian法を用いて、単一波群の伝播変形、特に相対水深 kh が1.36より小さい地点まで浅水化したときの変形特性を数値解により調べようとするものである。

2. 計算方法

計算方法は深海波におけるLonguet-Higgins and Cokeletの方法を拡張したもので、斜面上の孤立波の数値計算に用いた方法とほぼ同様である。ここで用いたMixed Eulerian-Lagrangian法によると非線形性が強い波動運動に対しても数値的に安定な結果を得ることができる。

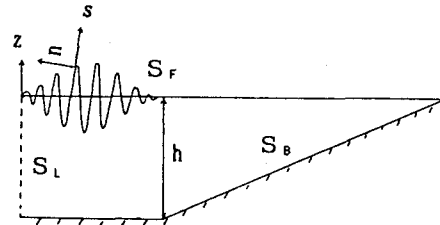


図-1 座標系と計算領域

初期条件としては一様水深下でsin型波群およびsoliton型波群を与えた。sin型波群は式(1)に示すように包絡波形が1/2周期の正弦波とし、soliton型波群は式(2)のように包絡波形が非線形Schrödinger方程式の安定解である包絡ソリトンとし、それらの中の成分波は正弦波を仮定した。

$$\eta(x) = a \sin(kh) \sin\left(\frac{k}{2n}x\right) \dots (1)$$

$$\eta(x) = a \sin(kh) \operatorname{sech}\left(\frac{a^2 \beta}{2\alpha}x\right) \dots (2)$$

ここで、 a は振幅、 k は波数であり、 α と β はそれぞれ非線形Schrödinger方程式の分散係数と非線形係数である。その他の領域では静止水面を仮定し、底面 S_b と仮想境界 S_l ではともに $\partial \Phi / \partial n = 0$ が成り立つものとした。なお、仮想境界 S_l からの反射波に対してはsmoothingをかけて、反射によるじょう乱を抑制した。

3. 計算結果とその考察

表-1に今回計算したケースを示す。なお、すべてのケースとも、波群を構成する成分波の数は7とし、計算にあたっては $g=1.0$ とした。また、初期条件すなわち一定水深部に設定された波群はすべて $kh=1.75$ である。

表-1

ケース番号	斜面勾配	包絡波形のタイプ	初期振幅 水深比 a/h	節点数 (自由表面上の数)
1	1/40	sin波	0.10	195(160)
2	1/40	soliton波	0.10	195(160)
3	1/40	sin波	0.14	195(160)
4	1/40	soliton波	0.14	195(160)
5	1/60	sin波	0.10	195(160)
6	1/30	sin波	0.10	195(160)

図-2、図-3はそれぞれケース1およびケース2の波群の変形の様子を示したものである。図-2のsin型波群の計算結果では、包絡波形は伝播とともに三角形状の波形になっていくが、 $t=3$ で若干後傾した後は伝播に伴って前傾と後傾が繰り返されている。 $t=20$ において包絡波形の峰が $kh=1.36$ を通過し、急速に偏平化した後、数値的な不安定性のため波形が乱れている。一方、図-3のsoliton型波群の計算結果では、 $t=18$ まで

は包絡波形はやや後傾しながらもほとんど変化せずに伝播している。 $kh=1.36$ を通過する $t=20$ のステップ以降は分裂を伴いながらいったん偏平化した後、進行に伴って $t=33$ ではほぼ二つの包絡波に分裂している。さらに浅水化すると数値的不安定性が生じる。

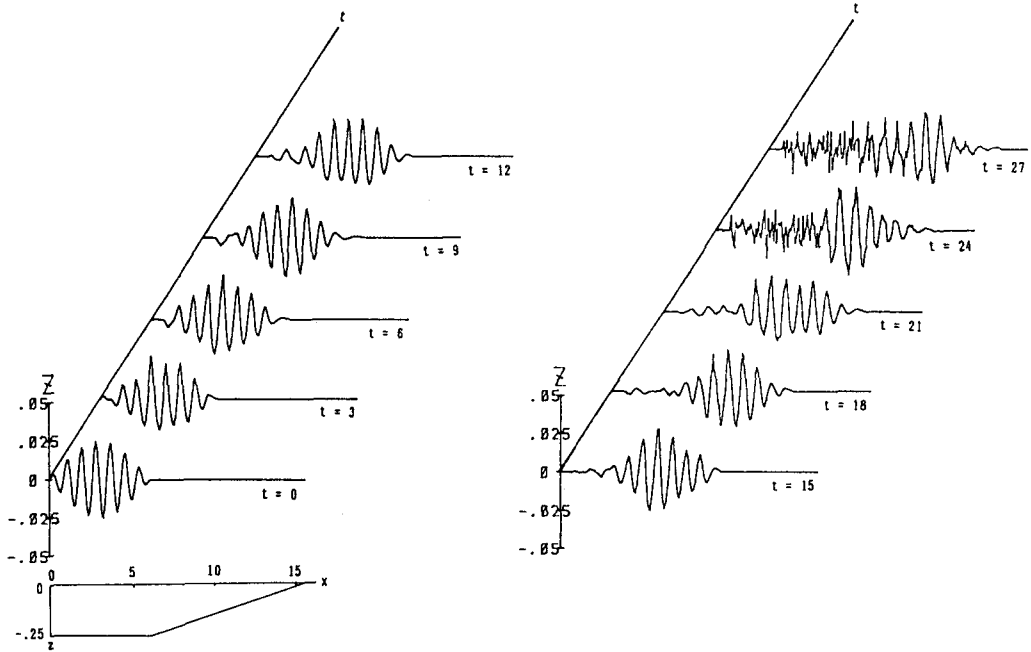


図-2 sin型波群の数値計算結果

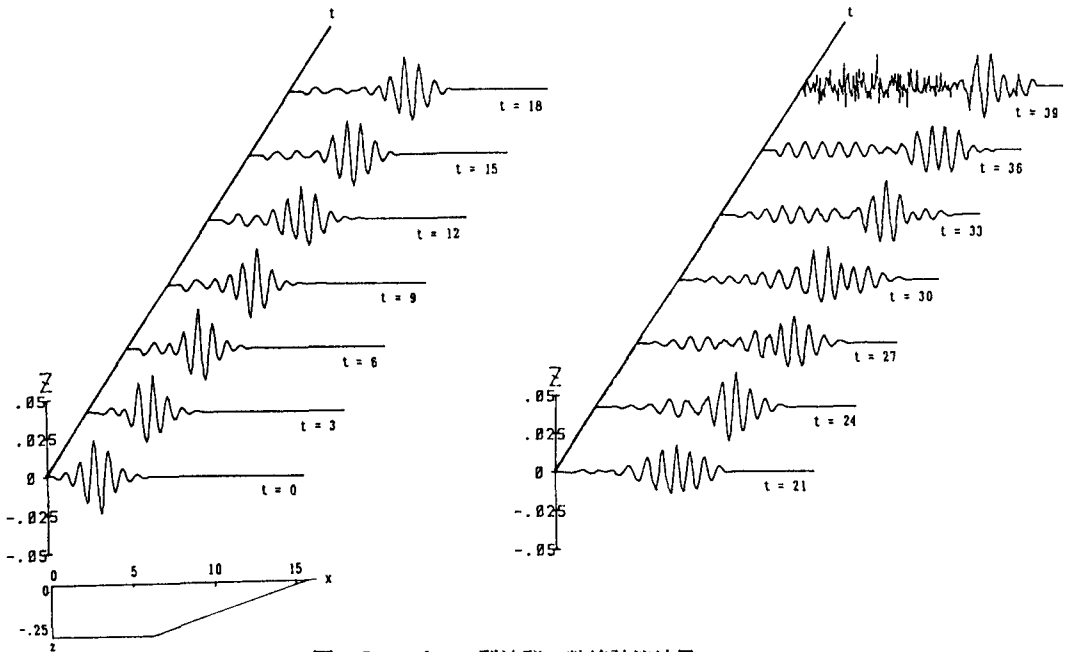


図-3 soliton型波群の数値計算結果

参考文献 1)間瀬・古室・岩垣, 第32回海講, pp189~193, 1985 2)土屋・安田・山下・芝野, 第32回海講, pp179~183, 1985 3)間瀬・松元・岩垣, 第34回海講, pp147~151, 1987 4)篠田・安田・川口・土屋, 第34回海講, pp141~145, 1987 5)佐藤・喜岡・石田, 第42回年講, pp492~493