

ソリトン分裂波の碎破変形

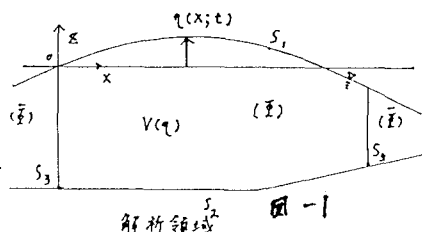
長崎大学工学部 学生会員 ○神野 重敏
 長崎大学工学部 正 会 員 富樫 宏由
 長崎大学工学部 平山 康志

1. は じ め に

ここで取り扱う波は、分散する前の、入射波のアーセル (Ur) 数が 10^3 以上のオーダーであり、水平床を進行するにつれて分散してソリトンに分裂し、選り分けられて増幅した後に碎波破壊する変形の激しいものである。前報の水理実験結果によれば、ソリトンの波高増幅率は約2～3倍、周期は1秒前後であったが、これに適用した数値解析の結果は精度が悪く、ソリトンの波高増幅率は大体近似するが、周期は1.5倍近く大きいので、波形は次第に位相がずれて、後続するソリトンではほぼ1山 (1周期分) もずれるという不満足な結果であった。しかし、この数値解析におけるソリトン分裂波形の位相のずれの問題は、鶴谷等の解析例に見られるように、本質的には、水理実験における物理現象とは無関係な数値解法に固有の数値粘性に起因して発生している可能性があり、この位相差を完全に無くすることはかなり厄介で難しいのが現状であろう。本報では滝川等の手法を用いているが、先ず第一の目的は解析領域のメッシュ分割を細分化すると共に、計算精度を向上することによって上述の波形の位相差をできるだけ小さくすることであり、ここではそのためのソフト開発を行って解析した結果を主に示す。第二の目的はこの解析方法の海底斜面上での碎波変形解析への適用性の検討であり、これはソリトン分裂波をできるだけ汀線近くまで追跡する可能性を探ることである。

2. 基 礎 式

図-1 に示すように (x, z) 平面の2次元の領域での波の運動を考える。いま、波の有限振幅性を考慮するとき解析領域 V は水面変動量 $\eta(x; t)$ の関数であって、これを $V(\eta)$ と表す。また座標系は、静水面上に x 軸を取り、鉛直上向きに z 軸を取る。また、重力の加速度を g と表し、速度ポテンシャル $\Phi(x, z; t)$ を有する波動の基礎式および境界条件は以下のように示される。



$$\text{解析領域 } V(\eta) \quad \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

$$\text{自由表面境界 } S_1 \text{ 上} \quad \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} \right)^2 \right] + g\eta = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial n} = n_z \frac{\partial \eta}{\partial t} \quad (3)$$

(n は境界外向き法線方向を意味し、 n_z は n の z 軸方向余弦である。)

$$\text{海底境界面 } S_2 \quad \frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0 \quad (4)$$

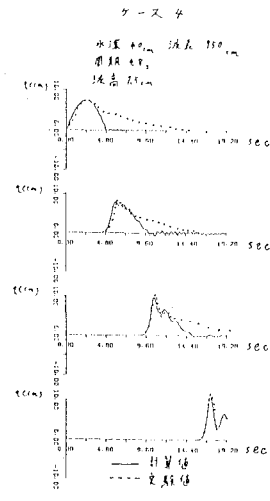
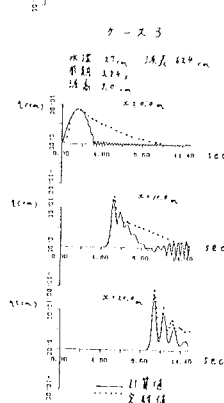
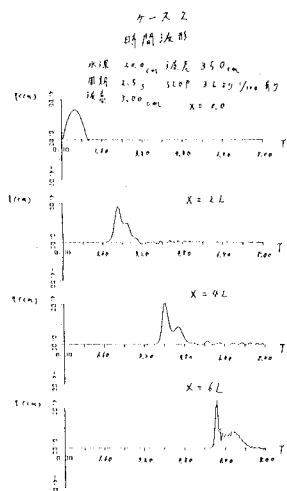
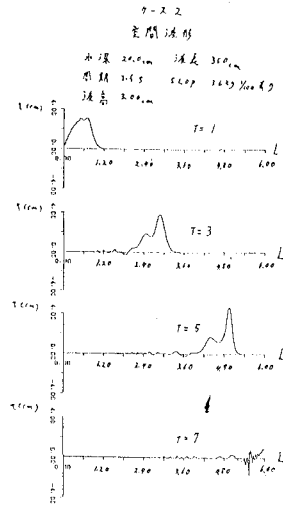
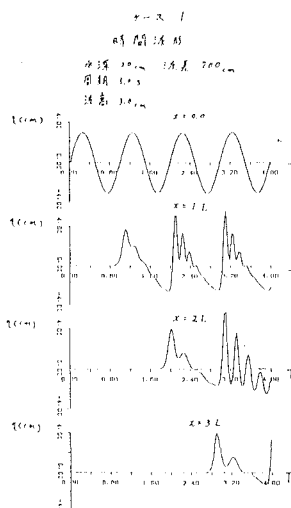
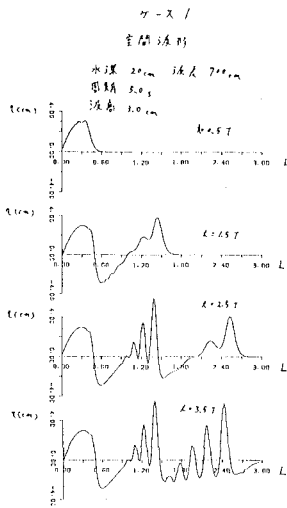
$$\text{任意に設けた } S_3 \quad \frac{\partial \Phi}{\partial n} = \frac{\partial \Phi}{\partial n} \quad (5)$$

(Φ は解析領域外部での速度ポテンシャル)

式 (1) ～ (5) を基礎式、および境界条件とし、滝川の方法に従って有限要素法を適用して定式化を行った。

3. 計 算 結 果

浅海域を進行する有限振幅波の運動を解析の対象とする場合には、仮想境界に於て、この有限振幅波を無理なく通過させる事が重要な問題となる。ここでは、この仮想境界での処理に対する検討を含めて始めに一定水深で有限振幅波の連続波を解析し、次に勾配を付けて孤立波を解析し、最後に実験波 (ここでは3、4ケースについて) との比較検討を行う。



ケース1は、入射もスムーズであり、波が十分に選り分けられる様子が十分に計算されている。
 ケース2は、勾配の有る場合であり、時間波形で解るように、第一波が徐々に幅が狭くなる様子が良く計算されている。
 ケース3、4は実験波と比較してみると解るように波高及び、分裂した波の周期が良く一致しているようである。ケース3の分裂の第一波が実験より低いのは $\Delta x/L$ が大きいため曲率が十分に表現できなかったと考えられる。ケース4は分裂した波の第3波からずれているがこれは、入射波が実験波と違うためと考えられる。

5. おわりに

紙面の都合上、たの検討項目等についての詳細は講演時に発表の予定である。またさらに、多くのケースについて計算（砕波など）を行い、理論の適合性について調べて行きたい。

参考文献

- 1). 富樫宏・福入博文：長波 のソリトン変形解析；昭和60年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp320～321，1986
- 2). 鶴谷広一・谷本勝利・原中祐人：大陸棚における津波の変形過程と海岸構造物の津波低減効果の検討；33回海岸工学講演会論文集，pp456～460，1986
- 3). 滝川 清・田淵幹修：有限要素法による波動解析について（第一報）；第25回海岸工学講演会論文集，pp28～32，1978