

斜面上の孤立波のVOF法を用いた数値計算

足利工業大学大学院 学生員 千田勝幸
足利工業大学工学部 正員 長尾昌朋
足利工業大学工学部 正員 新井信一

1. はじめに

砕波帯内では流体が急激かつ複雑な運動しているため、流体運動の内部構造を正確に把握されていないのが現状である。昨年までの研究で我々は、可視化手法を用いた実験により、孤立波の砕波時の波形や流速分布を詳細に測定することができた。しかし、砕波帯の流体運動を多様な条件において全て実験で解明することは困難であるため、数値的な再現が必要とされる。2次元鉛直断面で砕波を再現する場合、計算量を考えると、水面のみの値を用いて1次元計算できるBIM法が有効であるが、突出部が前方へ突入すると原理的に計算が不可能になる。そのため、砕波の突入をも考慮すると、流体の基礎方程式を直接数値計算する必要がある。近年の計算機・計算手法の発展で直接数値計算法を砕波帯に適用した研究が多く行われるようになった。そこで本研究では、このような直接数値計算法の一つで、自由水面の取り扱いも可能としたSOLA-VOF法を用いた数値解析を行い、斜面上での孤立波の再現を試みた。そして、その結果を実験値と比較した。

2. 実験方法

実験には、全長27m、幅80cmの両面ガラス張りの鋼製水路を使用した。水路一端に設置したピストン型造波装置で孤立波を発生させ、勾配1:20の斜面で変形・砕波させた。実験条件は、水深40cm、波高12.72cmである。水位の測定には容量式波高計を用い、10cm間隔で計測した。

3. 計算手法

本計算手法で用いた基礎方程式は、連続の方程式とNavier-Stokesの運動方程式である。これらの方程式を、SOLA法を用いて数値計算する。また、水面の取り扱いには計算格子内の流体の占有率を表すF関数を用いた。計算領域は、1400cm×70cmの鉛直断面である。これを200×35の格子に分割した。そして右端に勾配1:20の斜面を設定した。

初期条件は、実験条件と同様の水深40cm、波高12.72cmの孤立波とし、 $x=3.4\text{m}$ の位置に置いた。水位と流速分布を3次近似式で与えた。図-1に計算全領域を示す。 $t=1/100\text{s}$ とし、4秒間の孤立波の挙動を再現した。

4. 計算結果

図-2(a)、図-2(b)に4秒後の孤立波の挙動を示す。図中の太線は $F=0.5$ の水面を表している。細線は圧力の等値線で、圧力水頭に換算して5cm間隔である。また、ベクトルは流速を表している。斜面上での孤立波の波高が増大し、前傾化が起きている。水平方向の流速の最大値は80cm/s程度であり、まだまだ砕波には至らない。

図-3に数値計算と実験の波形を1s毎に示す。数値計算は実線で表し、実験結果は波線で表している。波速や波形はほぼ一致しているが、波が進むにつれて数値計算のやや波高が高くなっている。この違いは、計算の初期条件の与え方が、実験とは異なることが影響していると考えられる。

5. 今後の展望

孤立波の斜面上の挙動をVOF法を用いて数値計算した結果、実験値と良い一致が見られた。さらに、数値計算精度を高め、砕波帯で起こっている流体運動の再現をしたい。

Keywords: 孤立波、VOF法、砕波

連絡先: 〒326-8558 栃木県足利市大前町268, Tel: 0284-62-0605, Fax: 0284-64-1061

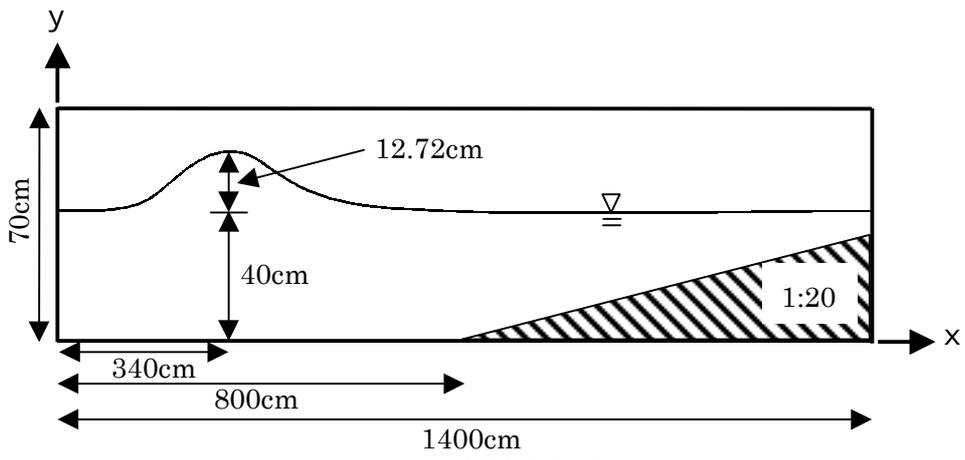


図 - 1 計算全領域

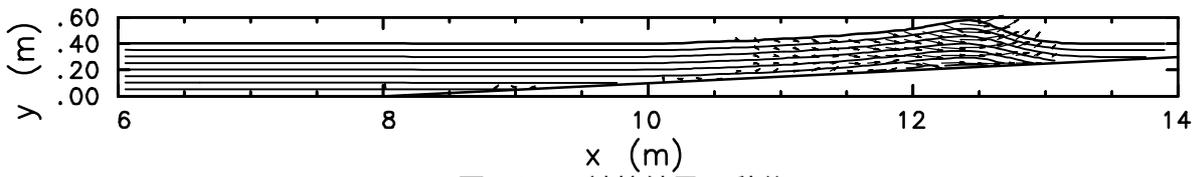


図 - 2(a) 計算結果(4 秒後)

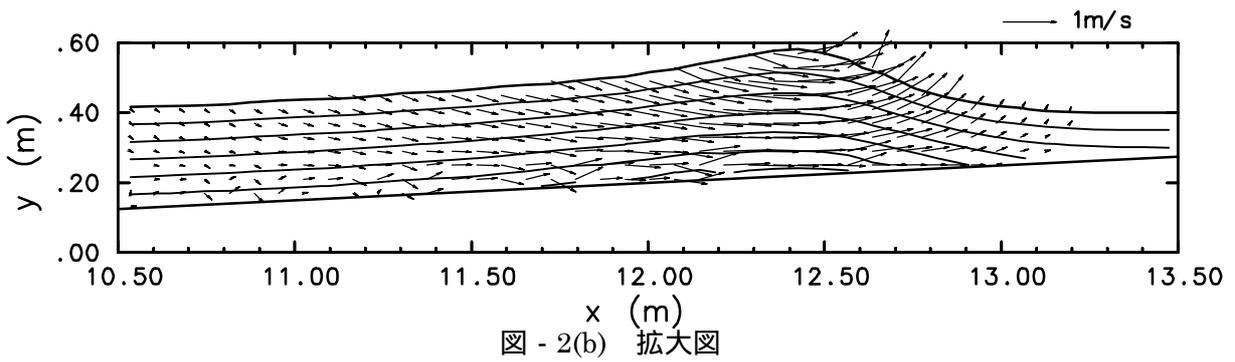


図 - 2(b) 拡大図

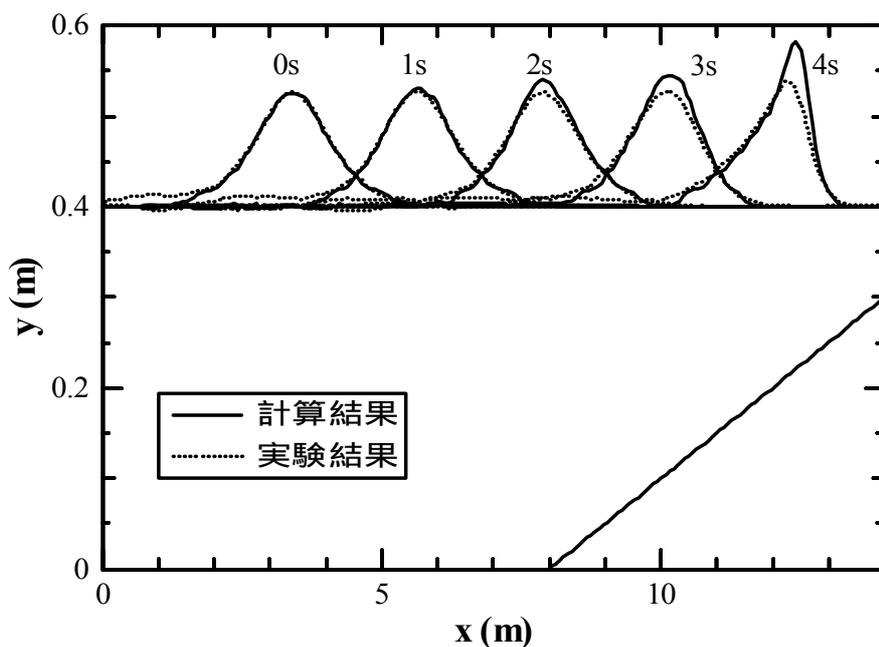


図 - 3 実験結果との比較