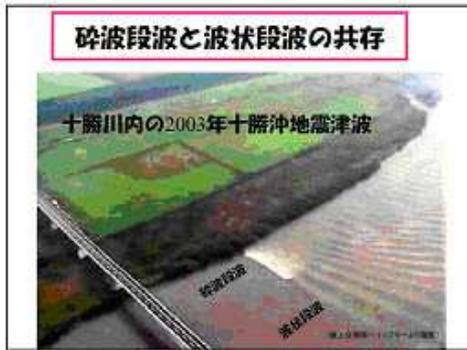


1. はじめに 本研究の目的は、河川を遡上する津波の数値計算法を開発することである。



写真—1 十勝川を遡上する津波¹⁾
(陸上自衛隊ヘリコプター撮影)

実現象は上写真のように2次元であるが、本報告は、シミュレーション精度を検証するため、1次元で議論する。

2. 支配方程式 エネルギー損失を無視した1次元非線形分散波方程式は、後藤・首藤らの研究²⁾を参考に、以下の式を採用した。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} = 0 \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{h^2}{3} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial^2 M}{\partial t \partial x} \right) \dots \dots (2)$$

式(1)が連続の式、(2)が運動の式である。ここに、 η は、波高、 M は、 x 方向の線流量、 h, D, g は、各々、静水深、全水深、重力加速度。

3. 数値計算法 差分スキームは、津波数値計算で常用される Staggered grid の Leap-frog 法を採用した。移流項は、空間方向に3次の精度をもつCIP法で差分化した。分散項は、空間方向に2次精度の陽形式中央差分を用いて差分化した。

4. クノイド波を用いた計算精度の検証

クノイド波を計算し、同モデルの精度を検証する。クノイド波は、浅水領域における非線形性と分散性を考慮した保存波である。

(1) 計算条件 クノイド波は、波高 5.0m、水深 10.0m、波長約 100m とし、藤間らの CADMAS-SURF で計算した。同様の条件で、本モデルによりシミュレーションを行った。その際、空間格子間隔 10m、時間格子間隔 0.01 秒とした。

(2) 計算結果 造波境界から約 5 波長はなれた

位置である 500m 地点における CADMAS-SURF と、本モデルのシミュレーション結果を図 1 に示す。結果はほぼ一致した。

5. ソリトン分裂の既往研究との比較

津波ソリトン分裂の数値計算に関しては、後藤、藤間、首藤および Mei の研究が著名である。同研究の数値計算水路形状は、図 2 に示すように、水平床と 1/20 の一様勾配を組み合わせたものである。入射波条件は、 $x/h_1 = 10$ に波峰を持つ波高水深比 0.12 の孤立波である。ここに、 x は水平方向距離、 h_1 は孤立波の波高である。下図の A、B、C は、前記既往研究における $x/h_1 = 14.65, 30.0, 41.6$ 地点の水位時系列である。図中○印は Street et al. の水理実験結果である。本モデルの計算条件は、計算格子間 5m、時間間隔 0.01 秒である。当モデルのシミュレーション結果は、既往水理実験・シミュレーションとほぼ一致した。

6. まとめ

①河川を遡上する津波シミュレーションのため、CIP法を用いた非線形分散波の方程式の数値計算モデルを開発した。

②本モデルをクノイド波に適用し、CADMAS-SURFを用いた計算結果と比較したところ、計算結果は妥当であった。

③本モデル計算結果をソリトン分裂に関わる既往水理実験等と比較した。再現性は良好であった。

7. 謝辞 本研究の初期の段階で、東北大学 今村文彦教授より、数値解の精度の検討を行うよう助言を受けました。また、日本大学 首藤伸夫教授より数値解の数値振動を除去するよう助言を受けました。さらに、東北大学 越村俊一准教授より、最新の非線形波動の研究を紹介していただきました。記して謝意を表します。

8. 参考文献

1) 津波デジタルライブラリ
2) 後藤智明ら アーセル数が大きい場合の非線形分散波の方程式 土木学会論文集 第 351 号 /II-2, PP193-210, 1984
3) Madsen, S. and Mae, C.C.: Solitary wave over an uneven bottom, J.F.M., Vol.39, 196

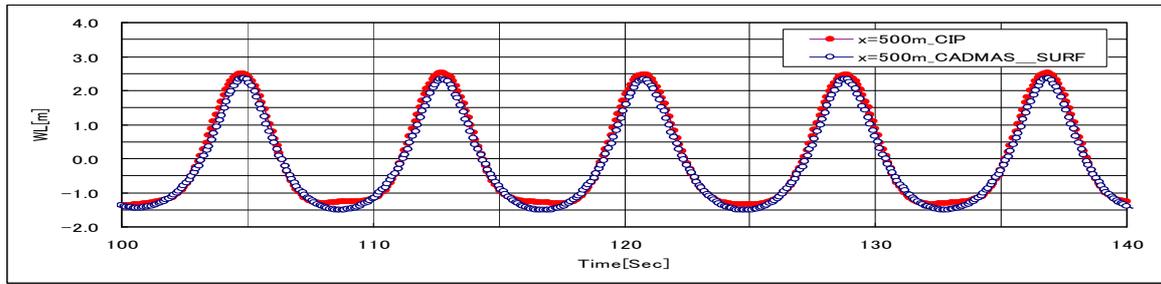


図1 計算精度の確認(クノイド波の計算): 造波境界から500m地点

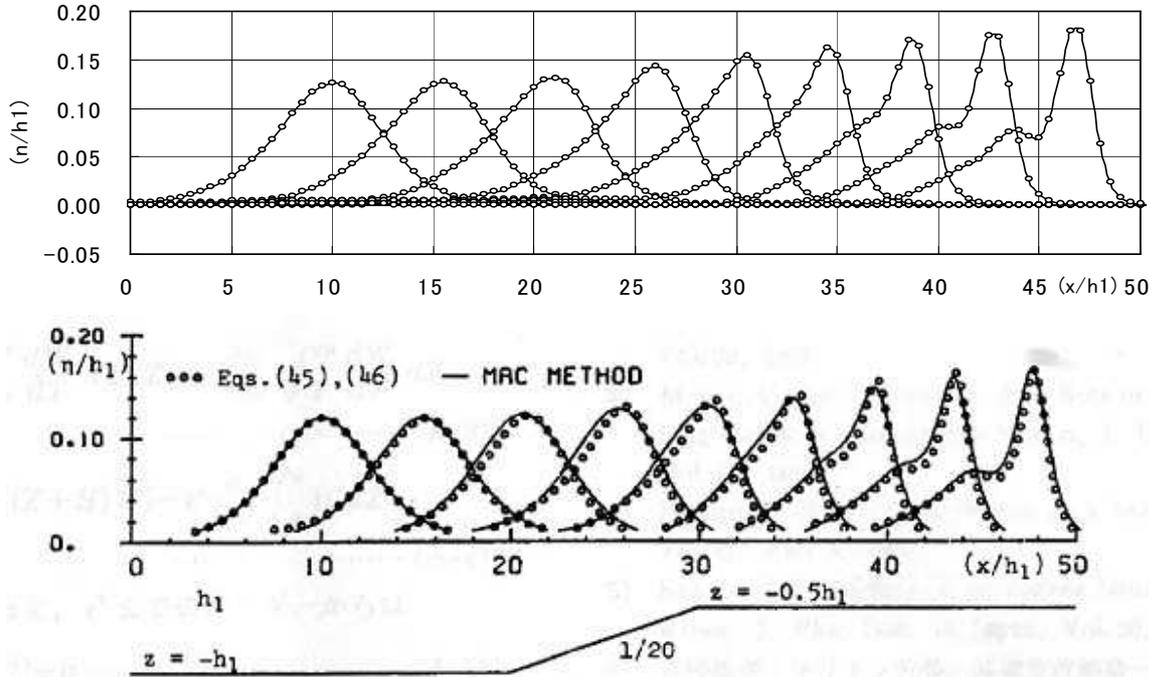


Fig. 4 Comparison of numerical results for a deformation of solitary wave propagating over a slope onto a shelf of smaller depth.

図2 本研究(上段)と既往研究²⁾(下段)の比較(1)

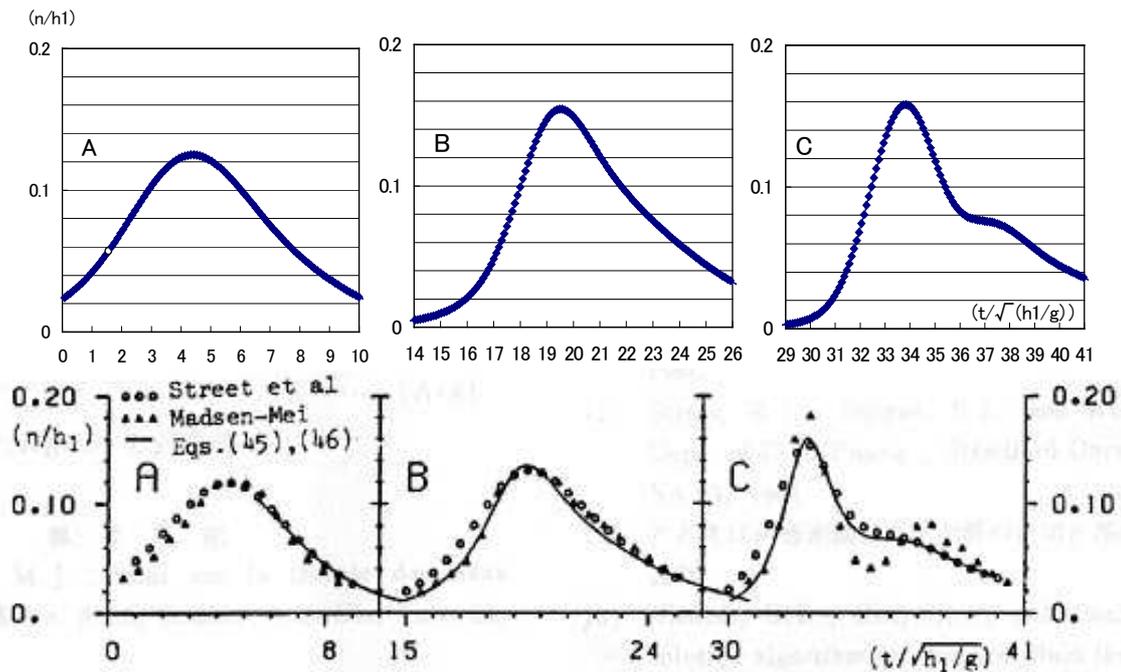


Fig. 6 Comparison between numerical results and experiment.

図3 本モデルの計算結果(上段)と既往研究³⁾(下段)との比較(2)