

1. 研究の意義・目的

近年、ウォーターフロントやレジャー開発により海岸周辺の利用度は一層高まり、海岸環境は激変している。海浜に注目すると、漂砂バランスの崩壊による海岸侵食が各地で顕在化している。これらの海浜における砂移動を的確に把握することは必要不可欠であろうし、その第1段階として遡上域における波の運動を正確に予測する必然性は高い。柴山・Duy(1996)による砕波帯内モデルは、既に柴山・Nistor(1998)により底面境界層に拡張され、浮遊砂・掃流砂を統一的に取り扱うモデルが提案されている。本研究ではこの砕波帯モデルをさらに岸側境界(遡上域)に拡張し、計算結果を先行実験結果と比較してモデルの有効性を検討する。

2. 計算方法・計算条件

砕波帯内モデルで計算した岸側境界(図1破線 A-A')における波の波高、圧力、流速を遡上域モデルでの沖側境界(図2破線 B-B')条件として与える。遡上域全域に渡り微小な水深を仮定することで計算の発散を防ぐとともに、計算した水面変動から仮想水深を差し引くことで最終的な水面変動を算定する。支配方程式系は以下の通りである。流速場の算定には、流速値に波動運動の位相を基準とした位相平均値を用いた Reynolds 方程式と連続式を用いる。渦動粘性係数は波の位相に応じて時間的に変化する量として与え、この方程式系を水表面、水底、沖側、岸側の境界条件の下で解く。このような系を表面の境界が時間的に変動するような場で、時間的に変動する曲線座標系の下で解くことは一般的には非常に複雑であるため、本研究では、デカルト座標系で書かれたこの方程式系を一般曲線座標系に変換して差分計算を行った。数値計算の具体的な例については、道(1982)による遡上域での水理特性把握実験に対応したかたちで表1のように計算条件を設定した。計算格子間隔および計算時間間隔は、先の砕波帯モデルで定義された条件に適合する範囲内で選定し、それぞれ $\Delta x = 0.05$ (cm), $\Delta t = 0.02$ (s) を用いて計算を行った。

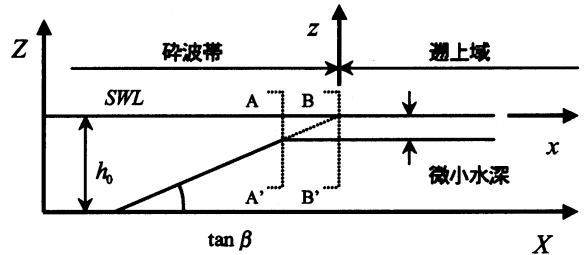


図1 砕波帯内モデル座標系

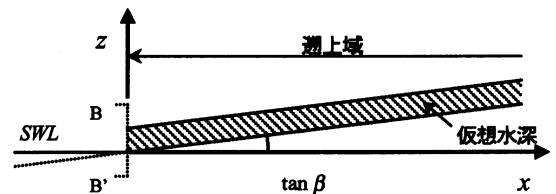


図2 遡上域モデル座標系

ただし、式(1)～(4)中で
 u : x 方向位相平均流速
 v : z 方向位相平均流速
 M_x, M_z : 乱れによる運動量輸送

表1 計算条件

Case No.	斜面勾配 $\tan \beta$	一様水深 h_0 (cm)	沖波換算波高 H_0 (cm)	沖波周期 T (s)
Case1	1/30	40.5	4.94	1.52
Case2	1/30	40.5	3.54	1.52

3. モデルの検証

本来、遡上域では波の遡上、流下にともないドライベットを波が進行することとなる領域が存在する。仮想水深の概念は連続式が不成立になることによる計算の発散を防ぐ目的で導入したものであり、その層厚としては可能な限り小さな値を用いるのが望ましい。今回の計算では試算の結果、仮想水層厚として 2.5 (cm) を仮定した。以上の条件を仮定す

るとともに、岸方向と沖方向で質量フラックスがバランスするかたちで入射境界波形を与えて計算をおこなったところ、図3に示す通り1周期毎の規則的な遡上波形分布が再現できた。遡上域各点における遡上波形の時間変化(図5参照)については計算値が実験値を若干過小評価する傾向が認められたものの、波高に関しては実験値を精度良く再現している。これは波による水位上昇(wave set-up)の影響が結果にうまく反映されていないためと考えられる。また、流速振幅値(図4参照)に関しては、計算結果が実験結果を若干過小に評価する傾向が認められるが概ね良好な結果を得た。碎波帯内モデルでは岸側境界からの反射波の影響を防ぐために、必要最低限の水深の一樣水深部を岸側に設けることで計算の安定性を確保し境界波形の計算を行う。遡上域モデルでは、これにより得られた波形を岸側境界条件として用いており、遡上域計算を行うにあたっては、遡上域入射波形として実験結果に近いことを確認して境界波形を与え計算精度の向上につとめた。しかしながら先述のような制約により、境界波形が実験結果を完全に再現するのは困難であり、境界波形の前後非対称性についても計算では非対称性が弱く算定される傾向にある。図5に見られる遡上波形の過小評価や波の前後非対称性の減少は、多少なりともこれらの要因によるものであると考えられる。

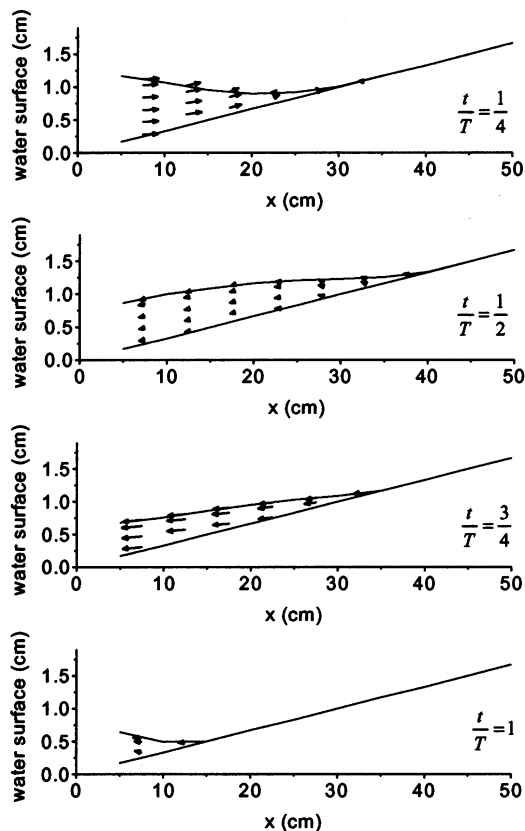


図3 遡上波形の空間分布(Case1)

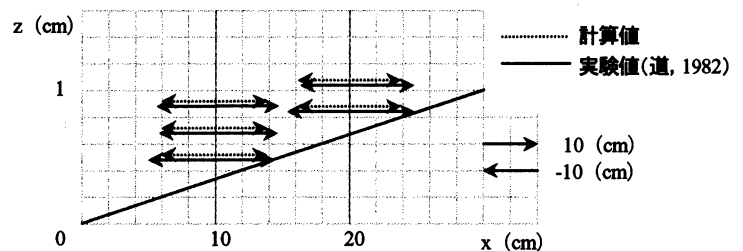


図4 流速振幅値の鉛直分布(Case1)

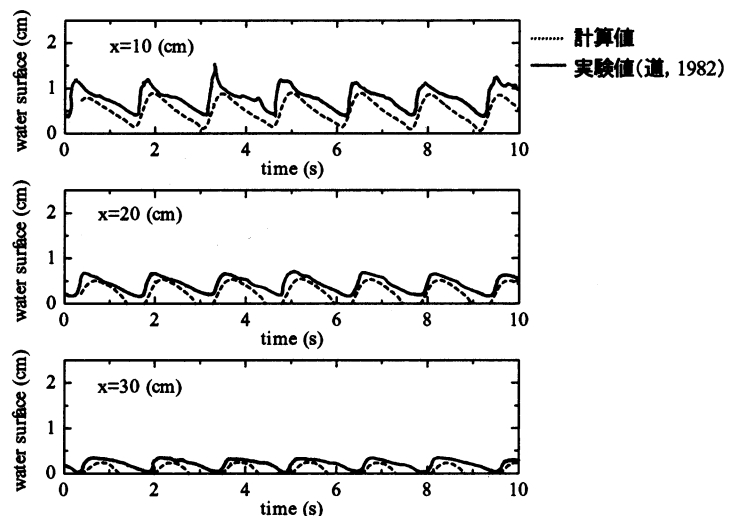


図5 遡上波形の時間変化(Case1)

4. 結論・課題

本研究で得られた主要な結論は以下の通りである。

- 1) 遡上域に微小な水深を与えることで遡上域流速場および水面変動の算定が可能となった。
- 2) 遡上波形および流速場についての計算結果は、道(1982)の実験結果をある程度の精度をもって再現できた。
- 3) 本モデル計算では遡上波先端位置の特定が困難であり、最大遡上高については実験結果を再現することはできない。
- 4) 本モデルにおける勾配の影響は位置座標の情報としてのものであり、支配方程式には勾配方向の重力の効果をあらわに含めてはいない。計算の精度を高めるためには、よりあらわなかたちで勾配の効果、wave set-up の効果を取り入れていく必要がある。

参考文献：

- 1) 道正典(1982)：SWASH ZONE の水理特性に関する研究，東京大学修士論文
- 2) Nguyen The Duy(1996)：A TURBULENT FLOW AND SAND SUSPENSION MODEL IN THE SURF ZONE，横浜国立大学博士論文