

# 3次元海浜変形モデルを用いた中小漁港の 航路・泊地堆砂予測に関する研究

鳥取大学 学生会員 ○谷 隆弘

鳥取大学 正会員 黒岩 正光

日本ミクニヤ株式会社 正会員 小泉 知義

## 1. はじめに

自然砂浜が後退し海岸の景観を大きく変化させていく海岸侵食とは逆に、砂の堆積によって引き起こされる港湾や漁港の航路埋没も、海岸侵食問題と同様に社会問題のひとつとされている。港湾埋没の対策案として防砂堤の設置、浚渫工事などがあげられるが、効果的で尚且つ効率の良い対策案が提案されているとは言い難い。その理由として、対策案検討時における適切な堆砂量の評価、すなわち、3次元海浜変形モデルや他の数理モデルを用いた予測手法が未だ確立されていない。そこで、本研究では、航路・泊地堆砂モデルの開発の第一段階として、既往の3次元海浜変形モデルによる航路堆砂シミュレーションを試み、モデルの適用性を検討する。

## 2. 数値モデルの概要

本研究で用いる3次元海浜変形モデルは、黒岩ら(2006)のハイブリッドモデルをベースとする。このモデルは、①波浪場の計算②海浜流場の計算③漂砂量の計算の3つのサブモデルから構成され、海浜流場の計算においては、波浪条件に応じて、平面2次元モデルあるいは準3次元海浜変形モデルを選択できるようになっている。本研究では、平面2次元海浜流モデルを適用し、漂砂量の計算においては2種類の漂砂モデルを用いてそれぞれ現地適用性を検討した。紙面の都合上、漂砂量モデルのみを以下に示す。

### (1) 局所浮遊漂砂量モデル (モデル1)

黒岩らのモデルでは、全掃流漂砂量は、波による掃流砂、底面定常流速(海浜流)による掃流砂および波と流れによる浮遊漂砂量 $q_{sx}, q_{sy}$ の総和として定義されるが、本研究では、流れによる漂砂量は大きく寄与するものとし、全漂砂量は流れによる掃流漂砂と浮遊漂砂の総和で定義する。

$$(q_x, q_y) = (q_{cbx}, q_{cby}) + (q_{sx}, q_{sy}) \quad (1)$$

流れによる掃流漂砂量 $q_{cb}$ は、

$$q_{cbx} = A_c Q U, \quad q_{cby} = A_c Q V \quad (2)$$

$$Q = (u_*^2 - u_{*c}^2)/g \quad (3)$$

ここで、 $u_*$ が底面摩擦速度、 $u_{*c}$ が移動限界摩擦速度、 $A_c$ は流による漂砂量係数で、 $A_c = \beta_c A_w$ の関係より評価され、 $A_w$ は波による掃流漂砂量係数であり、清水ら(1996)を参考に粒径の影響を考慮するため、次式により評価される。

$$B_w = C_w 19.55 \left( \frac{\sqrt{d}}{w_f} \right)^3 \quad (4)$$

$$A_w/B_w = w_f \sqrt{0.5 f_{cw}} / \{ (1 - \lambda) s \sqrt{sgd} \} \quad (5)$$

---

キーワード 3次元海浜変形モデル, 港湾埋没

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学工学部海岸工学研究室

TEL 0857-31-5300

ここに、 $f_{cw}$ は波と流れの共存場における底面摩擦係数である。また、 $w_f$ は沈降速度、 $\lambda$ は空隙率であり、 $C_w$ は漂砂量係数 19.55 の補正值である。沈降速度 $w_f$ は Rubey の式を用いた。 $u_{*c}$ は全面移動に相当する移動限界摩擦速度である。

流れによる掃流漂砂量 $q_s$ は、

$$q_{sy} = \int_{-h}^{\bar{\eta}} \bar{c}(x, y, z) V(x, y) dz \quad , \quad q_{sx} = \int_{-h}^{\bar{\eta}} \bar{c}(x, y, z) U(x, y) dz \quad (6)$$

$$\bar{c} = c_b \exp\left\{-\frac{w_f(h+z)}{v_s}\right\} \quad (7)$$

で表す。 $v_s$ は砂の拡散係数、 $c_b$ は底面における濃度で、柴山ら(1993)のモデルを参考に、シールズの関数で算定する。

$$c_b = C_s \frac{3}{10} \frac{(\phi - 0.05)v}{b\sqrt{sgd}} \quad (8)$$

ここに、 $C_s$ は無次元定数、 $\phi$ はシールズ数、 $v$ は動粘性係数、 $b$ は中央粒径  $d$  の 100 倍で表される。

### (2) 移流拡散浮遊砂モデル (モデル 2)

で求められる。

浮遊砂濃度  $c$  は 2 次元移流拡散方程式、

$$\frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + U \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + V \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) + \frac{1}{h} (F_z - cw_f) \quad (9)$$

で求める。 $U, V$ は $x, y$ 方向の流速、 $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ は $x, y$ 方向の拡散係数、 $h$ は水深、 $w_f$ は沈降速度、 $F_z$ は巻き上げ量である。

巻き上げ量は榎木ら(1984)による移動床実験より得られた浮遊砂基準濃度を用いて、

$$F_z = \alpha(1 - \gamma)c_0 w_f \left( \frac{u_*}{w_f} - 1 \right) \quad (10)$$

で求める。ここに、 $u_* > w_f$ で $\gamma = 0$ 、 $u_* < w_f$ で $\gamma = 1$ であり、 $c_0$ は浮遊砂基準面濃度で

$$c_0 = 0.347 N_c^{1.77} \quad , \quad N_c = \frac{0.688 u_0^2}{1.13(\rho_s/\rho - 1)g w_f T} \quad (11)$$

## 3. モデル地形による検討

海岸に設置された中小港湾施設は、砕波帯内に港口部が位置し、高波浪時の漂砂による埋没が懸念される。大規模な港湾であっても、防波堤や遮蔽域によって形成される循環流によって、港口部付近に堆砂を生じる場合がある。そこで前章で述べた 3 次元海浜変形モデルを用いて再現計算を行うことによってモデルの妥当性を確認し検討する。入射波条件を表-1 に示す。

本モデルの妥当性を検討するため、モデル地形を作成し、数値シミュレーションを行った。入射波高を  $H=4m$  とし、周期を  $T=9s$  と設定した。図-1 に海浜流分布図、波高分布図、図-2 に侵食堆積図を示す。海浜流分布図、波高分布図は数値モデル 1、数値モデル 2 の結果はほぼ同じであり、図中左から右に向かう沿岸流が発生、港口部付近では沖側防波堤

表-1 計算条件一覧

波浪条件	多方向不規則波
入射波高	4.0m
入射波周期	9.0s
入射波向	10.0°
作用時間	2日

※入射波向は反時計回りを正とする

表-2 漂砂量係数一覧

	モデル1	モデル2
$C_w$	0.01	0.01
$C_s$	0.2	-
$\alpha$	-	0.002

の遮蔽効果による時計回りの循環流が生じている。地形変化の計算結果より、侵食堆積傾向の計算では沖防波堤先端部での洗掘が見られる。また数値モデル2の結果より、港口部の奥まで砂が侵入し、堆砂していることわかる。これは漂砂量計算において移流効果によるものだと考えられる。

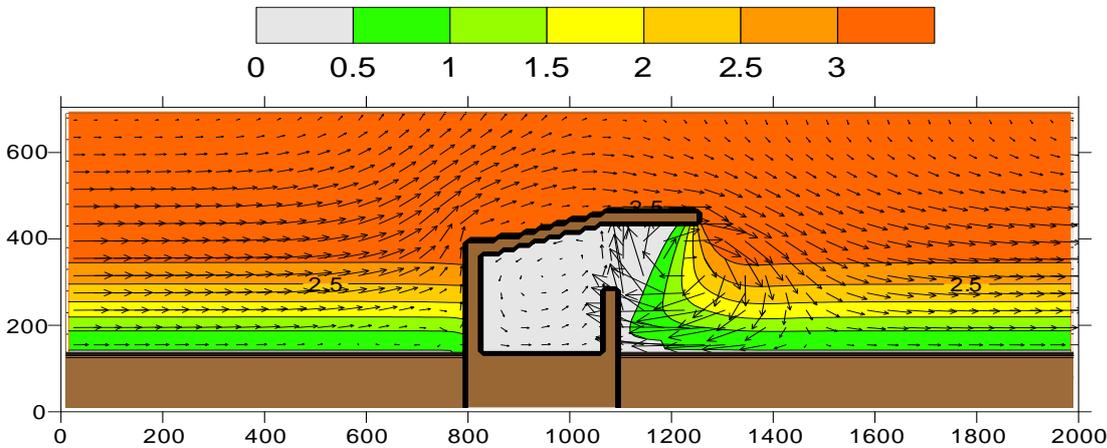


図-1 波高及び海浜流分布

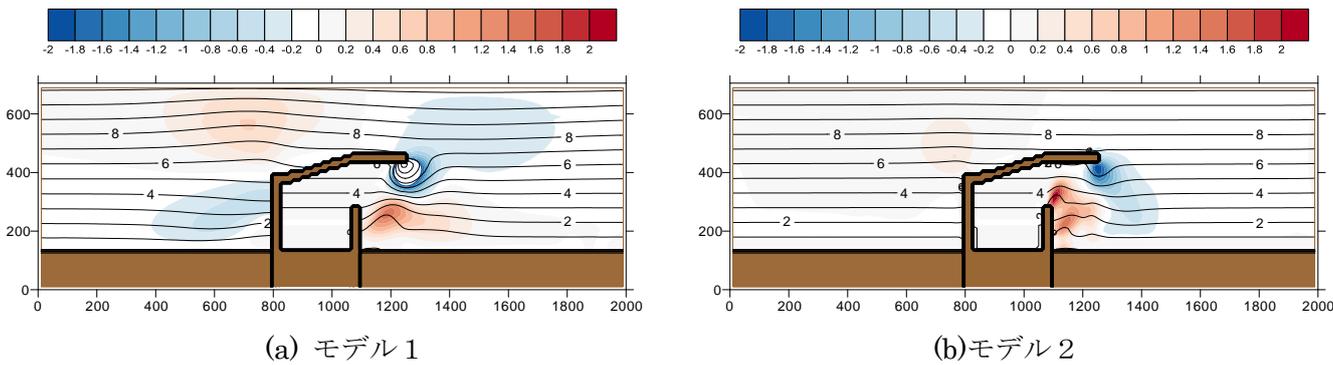


図-2 侵食堆積図

4. 現地漁港への適用

青森県三沢漁港における航路埋没調査結果（加藤ら）に基づき、モデルの現地適用性を検討した。加藤らと同様に高波浪時における堆砂状況の再現計算を試みた。波浪条件を表-3に示す。波高の設定は高波浪を  $H=4.5m$  以上の波浪として設定し、波高閾値エネルギー平均波の式により算出し、入射波高  $H=5.8m$ 、周期  $T=9.45s$  とした。

表-3 波浪条件一覧

波浪条件	多方向不規則波
入射波高	5.80m
入射波周期	9.45s
入射波向	-5°
作用時間	2日

入射波向は反時計回りを正とする

図-3 および図-4 はそれぞれモデル1およびモデル2による計算結果を示したものである。計算結果として、侵食堆積傾向はモデル1、モデル2の両モデルとも概ね良好であったが沖防波堤の両端部で侵食量が大きく評価された。また、モデル地形を用いた計算結果と同様にモデル2の結果では、港口部の奥付近にまで砂が侵入してきているのがわかる。

## 5. おわりに

本研究では、波と流れによる漂砂機構を考慮できる2つの3次元海浜変形モデルを用いて、航路・白地の堆砂予測について検討した。

地形変化の計算結果の比較を通して、漂砂量モデルの計算が数値シミュレーションにおいてどれだけ影響を及ぼすか検討した。再現計算結果より、移流効果を考慮することにより、港口部内部まで砂の侵入がみられたモデル2の方が港内の再現性は高いと考えられる。

しかしながら、港口部から港内泊地における堆砂は再現されておらず、波による漂砂の打ち込み、長周期波の影響なども考慮する必要がある。

### 参考文献

間瀬肇・高山知司・国富将嗣・三島豊秋 (1999)：波の回折を考慮した多方向不規則波の変形計算モデルに関する研究，土木学会論文集，第 628 号，II-48，pp. 177-187 pp.43-50

西村仁嗣・丸山康樹・桜井 力 (1984)：海浜流の数値計算法について，第 31 巻海岸工学講演会論文集，pp.396~400

黒岩正光 (1999)：準 3 次元海浜流数値モデルの開発とその適用性に関する研究，鳥取大学博士論文

黒岩正光・口石孝幸・松原雄平 (2006)：平面 2 次元と準 3 次元海浜流モデルによるハイブリッド型 3 次元海浜変形システム，第 53 巻海岸工学論文集，pp.486-490

柴山知也・Winyu Rattanapitikon・岡安章夫(1994)：砕波帯内の浮遊砂量の算定モデル，海岸工学論文集，第 41 巻，pp.431-435

清水琢三・山田晶子・渡辺 晃 (1996)：沿岸漂砂量の岸沖分布と漂砂量係数，第 43 巻海岸工学論文集，pp571-575

榎木 享・李 宗隻・出口一郎(1984)：河口周辺の海浜流及び地形変動モデルに関する研究，海岸工学論文集，第 31 巻，pp.411-415

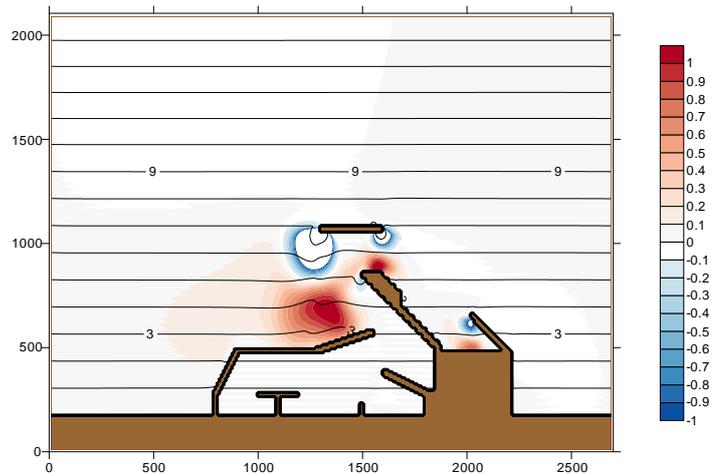


図-3 侵食堆積図 (モデル 1)

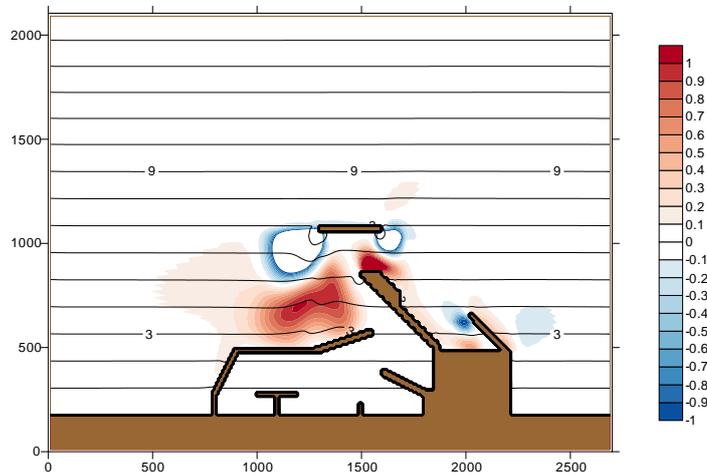


図-4 侵食堆積図 (モデル 2)