

# 河口砂州フラッシュの大型水理模型実験を対象とした平面二次元及び三次元解析

鳥取大学大学院 学生会員 ○高田 奎良

鳥取大学工学部 正会員 梶川 勇樹, 正会員 黒岩 正光

## 1. はじめに

砂州のフラッシュ現象に関する研究には、現地調査や数値解析、実験的手法が用いられてきた。中でも、数値解析的手法においては平面二次元モデルが主に用いられており、三次元モデルを用いた研究例は少ない。しかしながら、河口砂州周辺では地形が大きく変化し、三次元的流況が発達していると考えられる。そこで、本研究では、大型模型実験を対象に平面二次元モデルと三次元モデルを用いて数値解析を行い、それぞれのモデルによる当現象の再現特性を明らかにすることを目的とする。

## 2. 数値解析モデルと対象実験

本研究では、平面二次元モデルおよび三次元モデルを用いて解析を行った。流況モデルの基礎方程式には FAVOR<sup>1)</sup>法を導入し、乱流モデルには平面二次元で  $\theta$  方程式モデルを、三次元で標準型  $k-\epsilon$  モデルを採用した。河床変動モデルでは、一様粒径の掃流砂のみ考慮した。

図-1 および表-1 はそれぞれ越智ら<sup>2)</sup>によって行われた対象実験の概略図および実験条件である。表-2 は計算条件であり、密度  $1.47 \text{ g/m}^3$ 、平均粒径  $1.3 \text{ mm}$  の石炭粉が用いられた。この河床材料は実河川（ここでは由良川）と比べると厳密にはシールズ相似則を満足しないが、越流に伴う砂州周辺の河床変動には河床材料の限界掃流力の影響が重要と考え、流れの摩擦速度と河床材料の限界摩擦速度との比を現地と模型で一致させている。

## 3. 計算結果および考察

図-2(a)~(d)に、それぞれ実験条件 Run10D の実験値、計算初期地形、平面二次元モデル、三次元モデルによる河床形状を示す。平面二次元モデルと三次元モデルによる河床地形の大きな違いは見られなかった。平面二次元モデル、三次元モデルと実験値とを比較すると、実験値の左岸側の砂州の侵食を再現出来なかったが、図-3 に示す対象実験<sup>2)</sup>で得られた流速ベクトルと図-4 に示す三次元モデルによって得られた流速ベクトルの比較から、実験流況は元々が右岸寄りの流れとなっているため、そのことを考慮すると、計算は実験を再現できていると考えられる。

図-5 に、下流端水位と開口幅の関係を示す。開口幅の実験値は  $x = 0 \sim 1 \text{ m}$  の値で、計算値は  $x = -1 \sim 0 \text{ m}$  の値である。これは、実験と計算で開口部の位置が異なるため、それぞれの開口部位置で比較している。図-5 より平面二次元計算値、三次元計算値共に実験値から見られる下

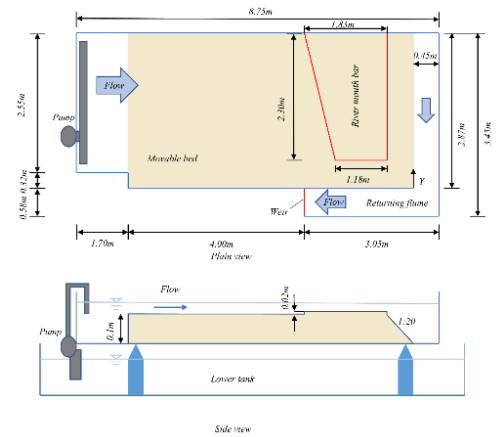


図-1 実験水路の概要

表-1 実験条件

実験番号	流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	現地観測流量 $Q'(\text{m}^3/\text{s})$	下流端水位 $h(\text{m})$	通水時間 $t(\text{s})$
Run12A	0.0108	2900	0.143	1200
Run10A	0.0178	4900	0.152	
Run10B	0.0178	4900	0.139	
Run10C	0.0178	4900	0.127	
Run10D	0.0178	4900	0.117	

表-2 計算条件

		平面二次元計算	三次元計算
計算時間 $t(\text{s})$		1200	
計算時間間隔 $\Delta t(\text{s})$		0.005	0.002
マンニングの粗度係数		0.01605	
メッシュ間隔 $(\text{m})$	流下方向 $\Delta x$	0.012	
	横断方向 $\Delta y$	0.012	
	横断方向 $\Delta z$	-	$3.33 \times 10^{-3}$
メッシュ数	x方向	525	
	y方向	242	
	z方向	-	60
粒径 $(\text{mm})$		1.3	
初期密度 $(\text{g/m}^3)$		1.47	
初期水中安息角 $(^\circ)$		35	

キーワード 河口砂州フラッシュ, 大型水理模型実験, 平面二次元モデル, 三次元モデル

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学工学部社会システム土木系学科

T E L 0857-31-5300

流端水位が低くなるにつれて開口幅が大きくなるという傾向が再現できている。

図-6には、開口部中央の1メッシュにおける、実験条件ごとの河床高の時間変化をグラフにしたものを示す。時間間隔は300sである。

図-6(a)を見ると、実験条件 Run10B では平面二次元モデルと三次元モデルの両者共に、計算開始から計算終了までに0.01 m程度の河床高の変動が見られ、河床高の時間変化は緩やかに変動した。実験条件 Run10A, Run10B の下流端水位の高い条件では、三次元モデルの方が平面二次元モデルより変動量は大きくなった。

一方、図-6(b)を見ると、実験条件 Run10D では実験条件 Run10B と比べて河床高の変化が急であり、300s後からすぐに埋め戻しが起こっている。実験条件 Run10C, Run10D の下流端水位の低い条件では、平面二次元モデルの方が三次元モデルより河床高の変動が大きくなった。

この様に対象とした実験では、モデル間に大きな差は表れなかったものの、下流端水位の違いにより開口幅や変動量がモデル間で逆転する可能性があることが分かった。

4. おわりに

本研究では、大型模型実験を対象に、平面二次元モデルと三次元モデルを用いて数値解析を行い、それぞれのモデルの特性について検討した。平面二次元モデルと三次元モデルの地形変化の特徴を見出すことが出来た。今後は、今回の対象実験に精度を考慮して、対象実験を変更してモデルの精度について検討していく必要がある。

参考文献 1) Hirt, C. W. and Sicilian, J. M. : A Porosity Technique for the Definition Obstacle in Rectangular Cell Meshes, Flow Science, Inc. Los Alamos, New Mexico, pp.450-469, August 1985.  
 2) 越智尊晴, 神田佳一, 三輪 浩, 孝子 繪図, 中村文則 : 由良川における河口砂州の動態とその制御, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.71, No.4, I\_907-I\_912, 2015.

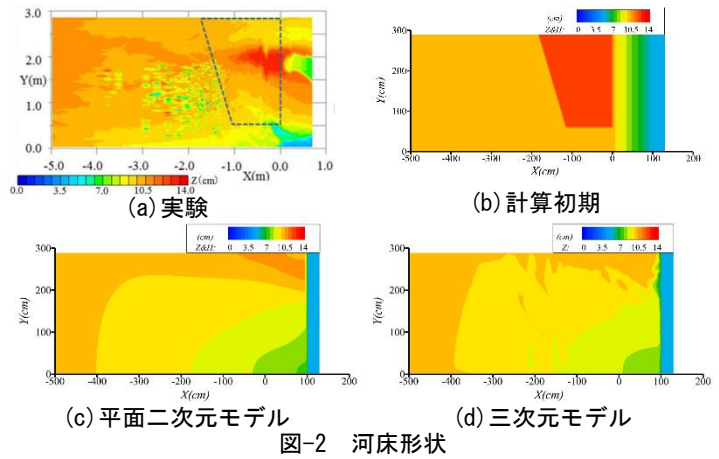


図-2 河床形状

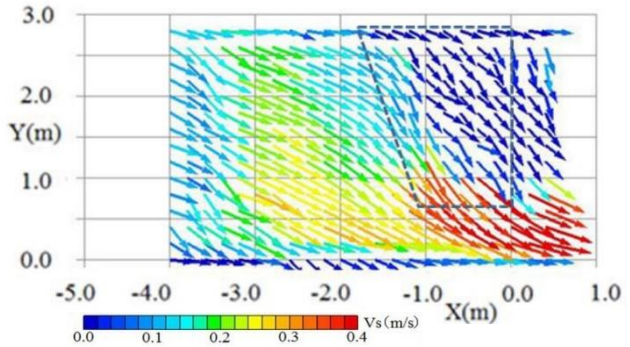


図-3 対象実験の表面流速ベクトル(実験条件 Run12A)

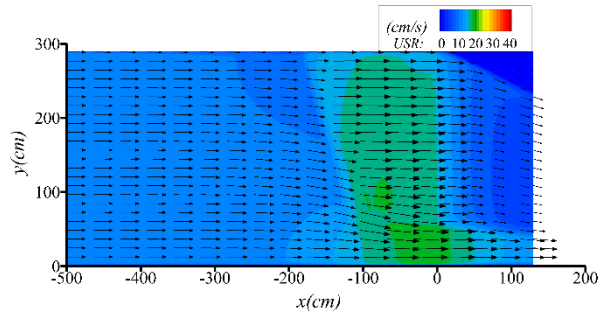


図-4 三次元モデルの表面流速ベクトル(実験条件 Run12A)

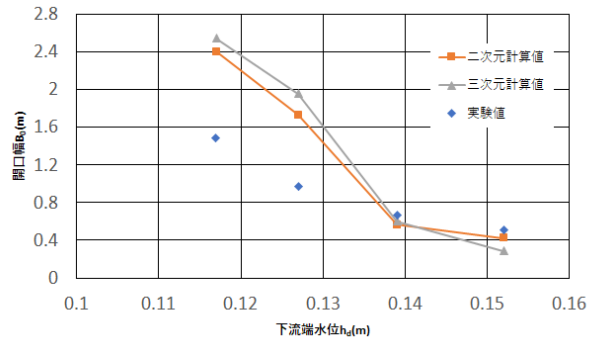


図-5 開口幅と下流端水位の関係

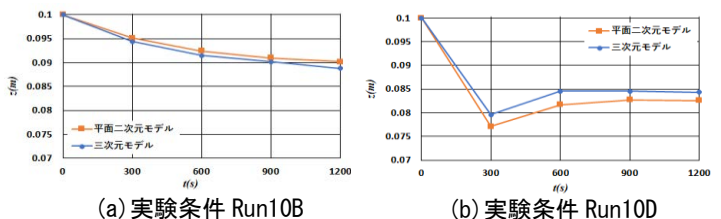


図-6 開口部での河床高の時間変化