

## 沿岸流生成機構解明のための円形数値波動水槽の開発

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員  
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員  
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員  
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー

○加藤 里紗  
 中村 友昭  
 趙 容桓  
 水谷 法美

**1. はじめに** : 近年, 各地で海岸侵食が進み, 深刻な課題となっている. 宇多 (1993) によると, 現地海岸における著しい海浜地形変形は, 沿岸漂砂の場所的不均衡によって発生するとされている. 沿岸漂砂は, 海岸に沿って流れる沿岸流によって, 汀線に平行な方向に土砂が移動する現象であるが, 既往の研究では, この沿岸流を究明するため, 矩形の平面造波水槽に斜め入射波を作用させる水理実験を行ってきたものの, 矩形水槽では側壁の影響が大きく, 長時間にわたって沿岸流を生じさせることが難しい. 一方, Darlymple and Dean (1972) をはじめに, 円形水槽を用いて沿岸流を再現する研究が行われてきた. 円形水槽は, 水槽の中央から汀線に向かってらせん状に造波することで円周状の永続的な沿岸流を生成可能である. また, Ren *et al.* (2015) は, 円形水槽の波浪再現計算が可能である円筒座標系を用いた円形数値波動水槽を開発し, 水槽中心部の円筒形の構造物と波との相互作用について検討を行った. ただし, Ren *et al.* の造波方法は, 水槽外周から水槽中心部に斜め入射波, 多方向不規則波を造波するタイプであり, 沿岸流の再現から沿岸漂砂の発生機構を究明するためには, 円形水槽の水槽中心から外側にらせん波の造波が必要である. 本研究では, Ren *et al.* (2015) のモデルを改良し, 沿岸流を再現し得るらせん波の造波が可能な円形数値波動水槽の開発を目的とする.

**2. モデルの概要とらせん波の造波** : Ren *et al.* (2015) のモデルは, 有限体積法を用いて, 連続式, Navier-Stokes 方程式, VOF 関数  $F$  の移流方程式の離散化を行い, 3次元の円筒形の領域を対象に非圧縮性流体の計算を行い, また, 自由表面の位置は VOF 法によって追跡している. また, 造波は, 外周に設置した造波ソースに Brorsen and Larsen (1987) の手法を採用して斜め入射波と多方向不規則波を造波している. 一方, 本研究では, ソース領域を円形水槽中心から, 半径 20 cm の円周状に設置し, はじめに, 同心円波を造波するために, 造波ソースの強さとして微小振幅波理論による  $r$  方向に伝播する水平方向の流速を与えた. また, らせん波については, 造波ソースの強さの時間変化に位相差を与えることで造波した.

**3. 計算条件** : 計算領域は図-1 に示すように, 名古屋大学にある円形造波水槽をモデル化して設定した. 現状では, 計算コストが大きいため, 計算格子間隔を,  $r$  方向 (円柱の中心軸から半径方向) 1 cm,  $z$  方向 (円柱の軸方向) の底面から 20 cm まで 0.5 cm, その上部で 1 cm の等間隔とした.  $\theta$  方向 (周方向) は, 144 個のメッシュで区切った. 静水深 8 cm, 波高 1 cm, 周期 1 s の条件で計算を行った. また, 測定点については, 図-1 に示す A-D の 4 点で水位変動, 圧力,  $r$ ,  $\theta$ ,  $z$  方向流速を測定した. 以上の計算条件を表-1 に示す.

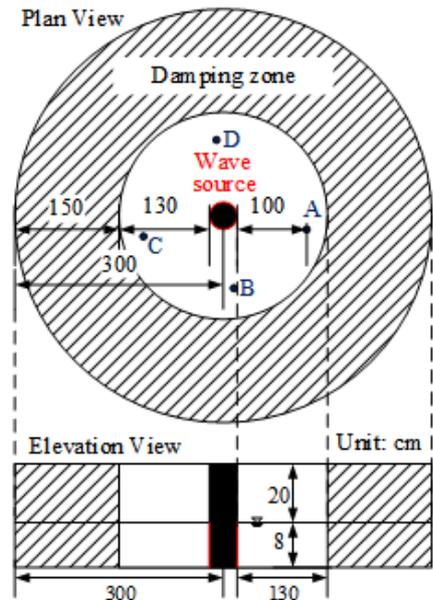


図-1 計算領域

表-1 計算条件

計算格子間隔	$dr = 1 \text{ cm}, d\theta = 2\pi/144$
静水深	$dz = 0.5 \text{ cm}, 1 \text{ cm}$
波高	$h = 8 \text{ cm}$
周期	$H = 1 \text{ cm}$
測定点 ( $r, \theta, z$ )	$T = 1 \text{ s}$
	A (1 m, $1^\circ$ , 0.04 m), B (1 m, $82^\circ$ , 0.04 m), C (1 m, $176^\circ$ , 0.04 m), D (1 m, $266^\circ$ , 0.04 m)

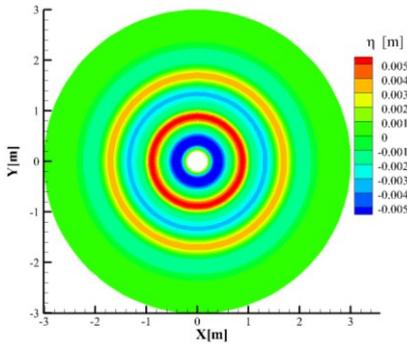


図-2 同心円波造波の結果  
( $t/T=3$ )

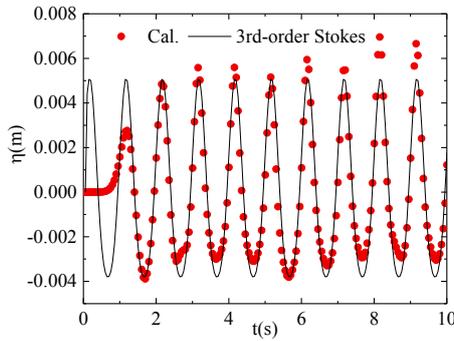


図-3 A 地点での水位変動  $\eta$  の  
時間変化 (同心円波)

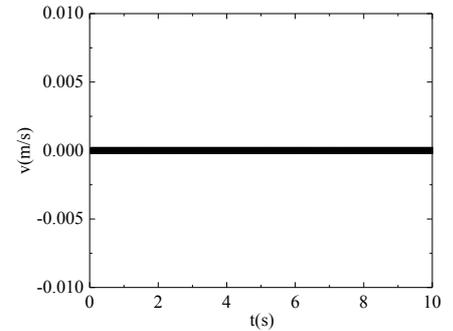


図-4 A 地点での  $\theta$  方向の流速  $v$   
(同心円波)

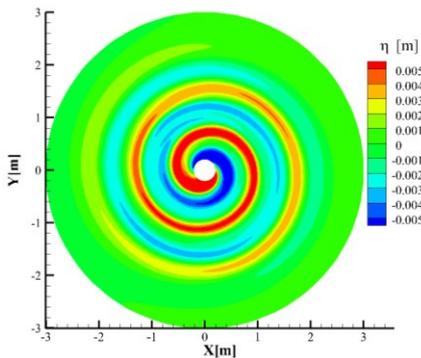


図-5 らせん波造波の結果  
( $t/T=3$ )

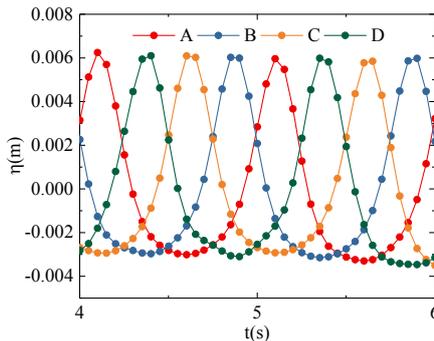


図-6 A-D 地点での水位変動  $\eta$  の  
時間変化 (らせん波)

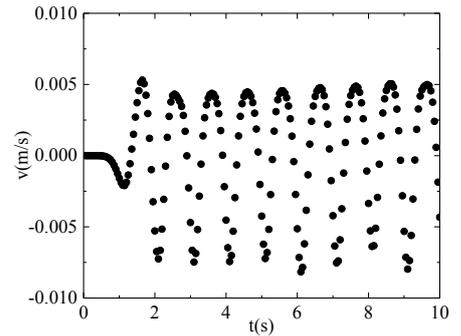


図-7 A 地点での  $\theta$  方向の流速  $v$   
(らせん波)

**4. 計算結果及び考察:** 同心円波の造波結果を図-2 に示す. 同図より, 安定的な同心円波の造波ができていることがわかる. また, 同心円波造波の場合での A-D 地点における水位変動  $\eta$  と A 地点における  $\theta$  方向流速  $v$  の時間変化をそれぞれ図-3, 図-4 に示す. 同心円波では図-4 に示す  $\theta$  方向流速  $v$  が 0 であり,  $r-z$  平面の二次元に伝播すると考え, 波の条件より, Stokes 波の第 3 次近似理論で表されることから, 図-3 にはその近似解を示した. 計算値と比較すると概ね一致し, 造波ソースについては, 微小振幅波理論で与えているが, 波の条件により, 波の非線形性が確認される場合においても, 妥当性のある結果が得られていることがわかる. また, 同心円波と同様に, らせん波における造波結果, A-D 地点の水位変動  $\eta$ , A 地点の流速  $v$  を図-5, 図-6, 図-7 に示す. 図-5 により, 同心円波と同様に安定的に造波できていることがわかる. また, 図-6 に示すように, A 点と C 点で半周期分 (0.5 s) の位相差が確認され, 位置による周期的な位相変化が再現できている. なお, 図-7 により,  $\pm 0.5$  cm/s 程度の流速  $v$  が発生しており, さらに平均的に負方向が卓越していることから, らせん波造波により, 沿岸方向の流速を生成でき, 沿岸流が再現できる可能性が示された. 以上の詳細については, 講演時に発表する.

**5. おわりに:** 本研究では, 沿岸漂砂の移動機構の究明に必要である沿岸流を再現するため, Ren *et al.* (2015) が開発した円形数値波動水槽を水槽中心から外周に同心円波とらせん波の造波ができるように改良した. その結果, それぞれの波について安定的な造波が確認されるとともに, らせん波については, 沿岸流速の生成が確認され, 沿岸流の再現可能性が示された. 今後は, 砂層を想定した移動床計算を行い, 沿岸流による地形変化特性および沿岸漂砂の移動機構を検討するとともに, モデルの更なる精度向上を図る予定である.

**参考文献**

[1]宇多高明 (1993) : 第 29 回水工学に関する夏季研修会講義集, pp. B-3-1-B-3-20. [2]Darlymple R. A. and Dean R.G. (1972) : Proc. 13th Int. Conf. Coastal Eng., pp. 689-705. [3]Ren X., Mizutani N. and Nakamura T. (2015) : Ocean Eng., Vol. 101, pp. 93-100. [4]Brorsen M. and Larsen J. (1987) : Coastal Eng., Vol. 11, No. 2, pp. 93-113.