

## 可視化水理実験による砕波時に伴う斜降渦の発生形式に関する研究

日本大学大学院 学生会員 ○山清太郎

日本大学 正会員 鷺見浩一

## 1.はじめに

砕波による海底砂の巻き上げ量は、砕波帯の沖側域で生じている掃流漂砂の量と比較して格段に多量である。したがって、砕波帯内での底質の移動は海浜の安定性に強く影響している。砕波に起因して生成される大規模な渦に関しては、これまでに多くの研究が行われている。灘岡ら(1987)が水理実験により斜降渦の海底面への到着が底質の浮遊へ支配的であることを示したことにより、斜降渦の特性解明が砕波帯内での底質移動を考慮するにあたって、重要であると認識されるようになった。しかし、砕波時における斜降渦の沿岸方向の発生形態、ならびに波内部の岸沖・沿岸・水深方向の流速の3成分について実験的に検討した研究は少数であり、斜降渦の発生形態と3成分流速の分布特性については未解明な点が多いのが現状である。

本研究では、斜降渦の沿岸方向における発生形式を検討する。さらに、砕波時の岸沖・沿岸・水深方向の3成分の流速分布特性を考究する。

## 2.実験概要

本研究では砕波に起因する斜降渦の沿岸方向の発生形式を検討する実験1、砕波時の波内部の3成分の流速分布を検討する実験2を実施した。実験1,2ともに実験波は波高  $H_I=8.0\text{cm}$ 、周期  $T=1.2\text{s}$  の規則波とした。実験波の砕波形式は spilling 砕波である。水深は  $h=40\text{cm}$  とし、水路床上に透明なアクリル板で作成した一様海底勾配( $\tan\beta=1/20$ )を設置した。容量式水位計を用いて入射波高と砕波波高を計測した。

### (1)斜降渦の発生形式を検討する実験1

実験1には、金沢工業大学地域防災環境科学研究所(以下:地域防災研)の反射吸収制御を備えた、造波機を持つ平面造波水槽(長さ15.0m、幅5.0m、高さ1.0m)を用いた。水中カメラは、海底勾配内部から沖側の水表面方向に向けて設置し、斜降渦の発達状況を撮影した。撮影領域(岸沖方向130cm、沿岸方向43cm)は、水槽の沿岸方向の中心部に砕波点を包含するように設定した。水中カメラの撮影速度は30fpsである。また、斜降渦の発生形式は、波内部に混入した気泡をトレーサとして各ケース100波分の可視化画像に基づいて分析した。後述する図-1,2は、斜降渦の発生地点周辺を岸沖方向に130cm、沿岸方向に19cmとした撮影画像である。

### (2)砕波時の岸沖・沿岸・水深方向の3成分の流速を検討する実験2

実験2には、地域防災研の片面ガラス張りの2次元造波水槽(長さ18.0m、幅0.7m、高さ1.0m)を用いた。砕波時の岸沖・沿岸・水深方向の3成分の流速は、ステレオPIV(KONCERTO ver.1)を用いて計測した。ステレオPIVは水路側方にステレオ配置した2台の高速度カメラ(Photron 製:1024PCI)により、同一の流れ場を撮影することで、レーザーシート光に直交する沿岸方向の流速が計測可能となる。2台の高速度カメラの撮影間隔は $\Delta t=1/250\text{s}$ で同期させ、海底勾配上の砕波点周辺に設けた撮影領域(縦18.1cm×横36.1cm)において、入射波の砕波過程を撮影した。高速度カメラの撮影速度は250fps、分解能は縦512pixel×横1024pixelである。水粒子を可視化するためのトレーサとして、ナイロン12(中央粒径 $d_{50}=12\mu\text{m}$ )を水槽内に投入した。

## 3.斜降渦の発生形式の分類

本研究では、沿岸方向に1対の斜降渦が入射波の内部に1組発生する場合の発生形式について考究する。なお、波内部に混入した気泡が、発生したすべての斜降渦を可視化しているとは考え難いが、トレーサである気泡が海底面近傍まで接近した場合を斜降渦と定義した。図-1,2中の点線は渦軸を示している。同図よりトレーサとした気泡が、波の伝播に伴い水表面から海底方向に拡大することが判る。図-1は砕波過程において1対の斜降渦の渦軸の間隔が、短縮する形式でありA形式とする。図-2は砕波過程において1対の斜降渦の間隔が、比較的变化しない形式でありB形式とする。

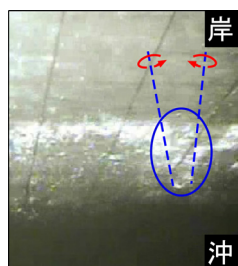
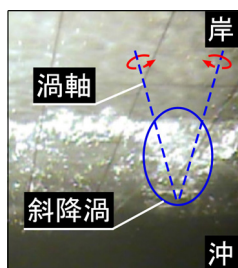
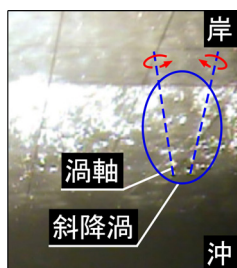
(a)  $t/T=0.333$ (a)  $t/T=0.305$ (b)  $t/T=0.375$ (b)  $t/T=0.389$ (c)  $t/T=0.389$ (c)  $t/T=0.417$ 

図-1 A形式の斜降渦

図-2 B形式の斜降渦

#### 4. 砕波時における波内部の流速分布

ステレオ PIV により計測した、岸沖・沿岸・水深方向の流速である  $u, v, w$  の空間分布を図-3に示す。

図-3は左手系の直交座標において、岸沖-水深断面( $X-Z$ )、岸沖-沿岸断面( $X-Y$ )、沿岸-水深断面( $Y-Z$ )の3つの空間的なベクトル図から構成されている。 $X/L$ は岸方向距離  $X$  を  $h=40\text{cm}$  での入射波の波長  $L$  で、 $Z/h$ は鉛直距離  $Z$  を  $h=40\text{cm}$  でそれぞれ無次元化したものである。砕波の時刻は、 $t/T=0.236$  である。また、計測対象波は造波機の始動から第15波目とした。図-3(a)は波頂部周辺が  $X/L=0.00$  に到達した時刻の3成分流速である。沿岸-水深断面において  $v$  は、海底面に接近するほど減少する傾向となっている。これは、同時刻において海底面近傍に斜降渦による乱れの影響が到達していないことを示していると考えられる。図-3(b)は砕波時の3成分流速である。 $v$  は沿岸-水深断面において、波峰部付近では砕波に伴い流速が発達しているが、海底面に接近するほど流速は小さくなる傾向にある。図-3(c)は砕波後における3成分流速である。沿岸-水深断面において  $v$  は、入射波の伝播に伴う斜降渦の海底面への到着により流速を増加させ、波前脚部周辺より海底面近傍へ不規則性の強い分布を見せている。これは、斜降渦が海底面近傍へ接近した影響であると推測できる。

#### 5. おわりに

一対の斜降渦は、2つの渦の渦軸が特徴的な変化をすることが判明した。沿岸方向の流速の鉛直分布は、砕波後において波前脚部周辺から海底面近傍へ向けて流速を増加させながら不規則となる領域を拡大させた。

**謝辞:** 本研究の一部は平成20・21年度土木学会中部支部リサーチグループ活動の一環として行われた。水理実験は、金沢工業大学地域防災環境科学研究所の施設を使用した。ここに記して謝意を表する。

**[参考文献]** 灘岡和夫・上野成三・五十嵐竜行(1987): 砕波帯内における底面近傍の流体運動特性と浮遊砂について, 第34回海岸工学論文集, pp.256-260.

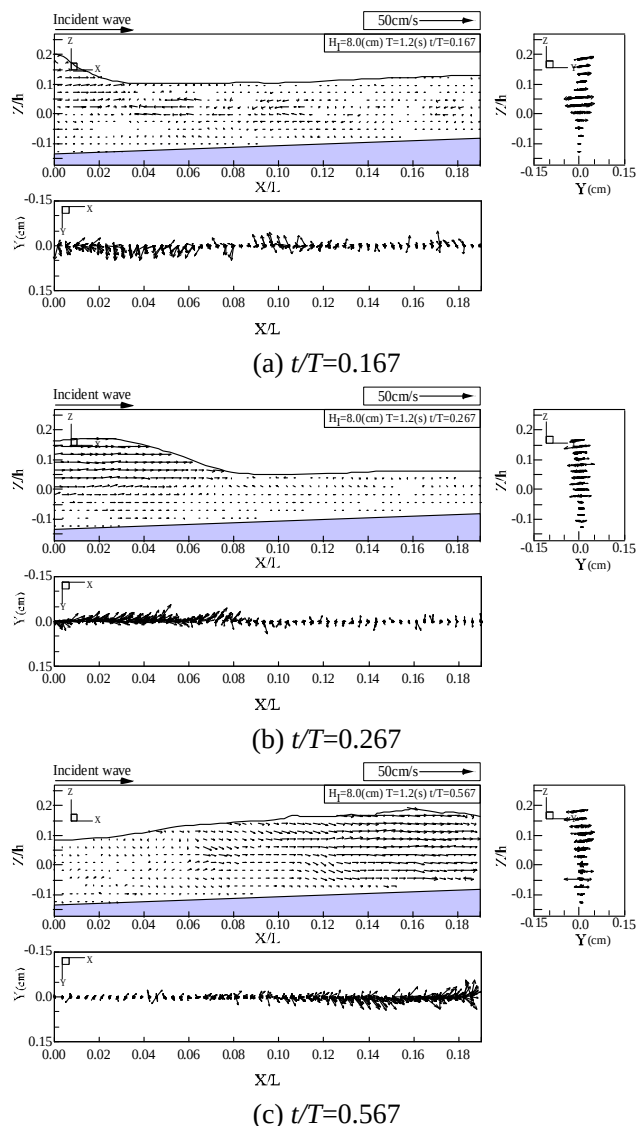


図-3 波内部の3成分流速