

砕波段波下における渦構造の発達に関する水理実験

東北学院大学 学生会員 ○今野 貴裕
 東北学院大学 正会員 三戸部 佑太

1.研究目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震津波は、人的・物的被害のほかに海浜において大規模な地形変化が生じた。津波による地形変化過程を明らかにするためには、土砂輸送過程や土砂輸送を支配する底面せん断力の時間変化についての理解が必要である。津波先端部で砕波が生じる場合、底面せん断力に砕波乱流における3次元的な渦構造が影響している(三戸部ら, 2018)。本研究では、渦構造の発達過程について調査を行うため水理実験を行った。水路側方からレーザーシートを水平に照射し水路下方から高速カメラで撮影をして、砕波段波下の流速分布をPTV(Particle Tracking Velocimetry, 粒子追跡法)によって計測した。計測面を変化させることで、水面から底面にかけての渦構造の発達について議論する。

2.実験方法

延長約17m、幅30cmの水平勾配水路においてゲート急開流れにより津波氾濫流を模擬した水理実験を行った(図-1)。初期水深を $h_0=3, 5$ cmとし、ゲート上流の貯留水深 H_u を水路の水深 h_0 との水深差が15cmとなるように保った。本研究では、PTVを用いて段波下の流れ場の計測を行うため、水路内の水に中立粒子を混入させて実験を実施した。水路側方に設置しているレーザーシートを水平に照射し、その領域を水路下方から高速カメラで撮影した。各初期水深に対して底面から1cmずつレーザーシートの高さを調整し、水面から1cm高い場所まで計測を行った。各ケース5回ずつ試行実験を行った。本実験では撮影解像度は約0.1mm/pixelとし、撮影間隔を1000fps、露光時間を1/2000として段波の到達から約3秒間の連続撮影を行った。計測領域の大きさは水路延長方向に2cm、水路横断方向に18cmとし、撮影領域上方には超音波水位計を設置し水位変化の計測も同時に行った。計測領域内に段波先端部が到達した時刻を $t=0.000$ sとする。

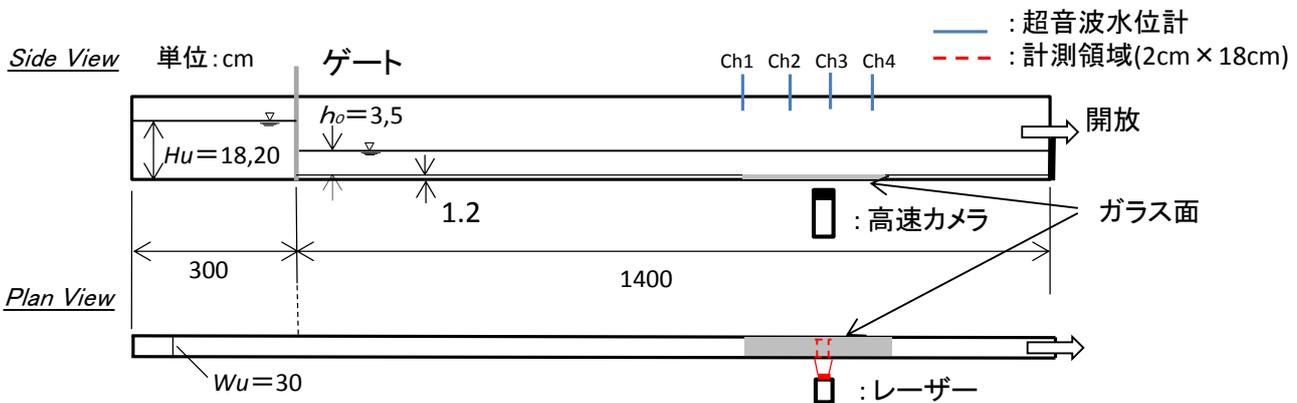


図 - 1 実験水路および計測機器の設置位置

3.実験結果 考察

初期水深 $h_0=5$ cmの計測面の高さ $z=5$ cmの横断方向の流速分布のデータを図-2に示す。段波到達直後は、流速に大きな変動が見られたが、時間が経つにつれてその変動は小さくなっていった。各時刻の流速の横断方向分布にフーリエ変換を行い、流速変動の空間スケールと強さを調べた(図-3)。ただし、等間隔の流速データではないため0.2cm間隔のグリッドを作成し、幅0.6cmの移動平均をとることで等間隔のデータを作成し解析した。段波到達直後は、波数 $k=0.057(1/cm)$ と $k=0.284(1/cm)$ の成分が卓越するが時間が経つにつれて、い

キーワード：津波、砕波段波、渦構造、PTV、土砂輸送

連絡先：〒985-8537 宮城県多賀城市中央一丁目13-1 東北学院大学工学部環境建設工学科 Tel 022-368-7193

れの成分も小さくなり、 $k=0.284(1/cm)$ の成分は概ね0に変化する様子が見られた。流速変動が大きかった波数 $k=0.057(1/cm)$ と $k=0.284(1/cm)$ のパワースペクトル密度の時間変化を図 - 4 に示す。同じ波数成分について、比較をしてみると $k=0.057(1/cm)$ の成分では、計測面の高さが高いほど変動が強くなる時間が速く、計測面の高さが低いほど高い時と比べてタイミングが遅いことが分かった。同様の結果が波数 $k=0.284(1/cm)$ の時にも見られた。以上の結果から、水面付近で碎波によって生じた渦が下方に徐々に伝わり、これにより水面から底面にかけて運動量および乱れの輸送が生じていると考えられる。

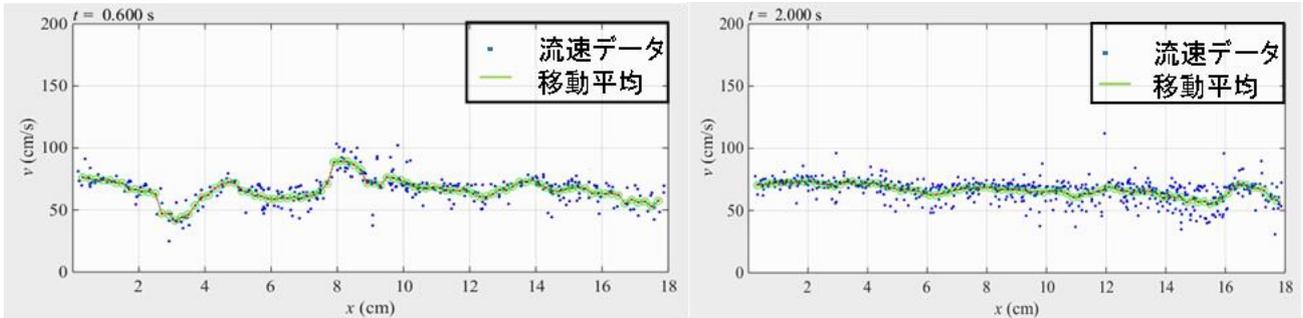


図 - 2 横断方向の流速分布 初期水深 $h_0=5cm$ ，計測面の高さ $z=5cm$

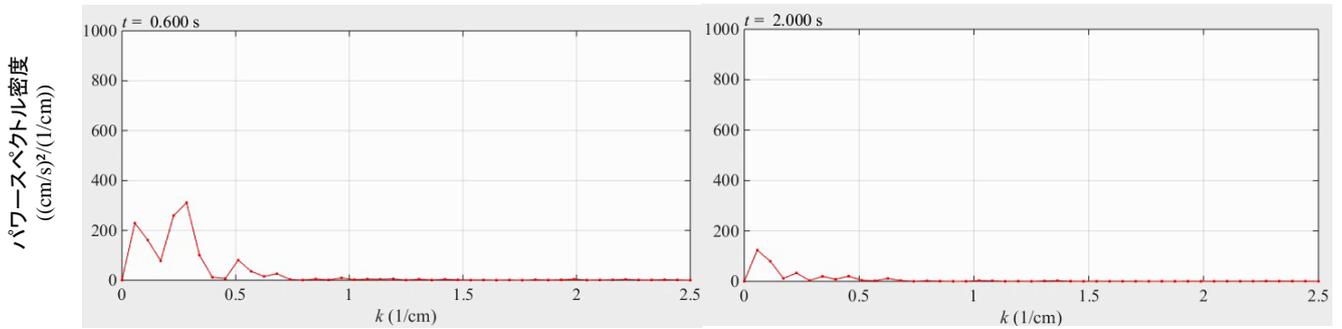


図 - 3 波数とパワースペクトルのグラフ 初期水深 $h_0=5cm$ ，計測面の高さ $z=5cm$

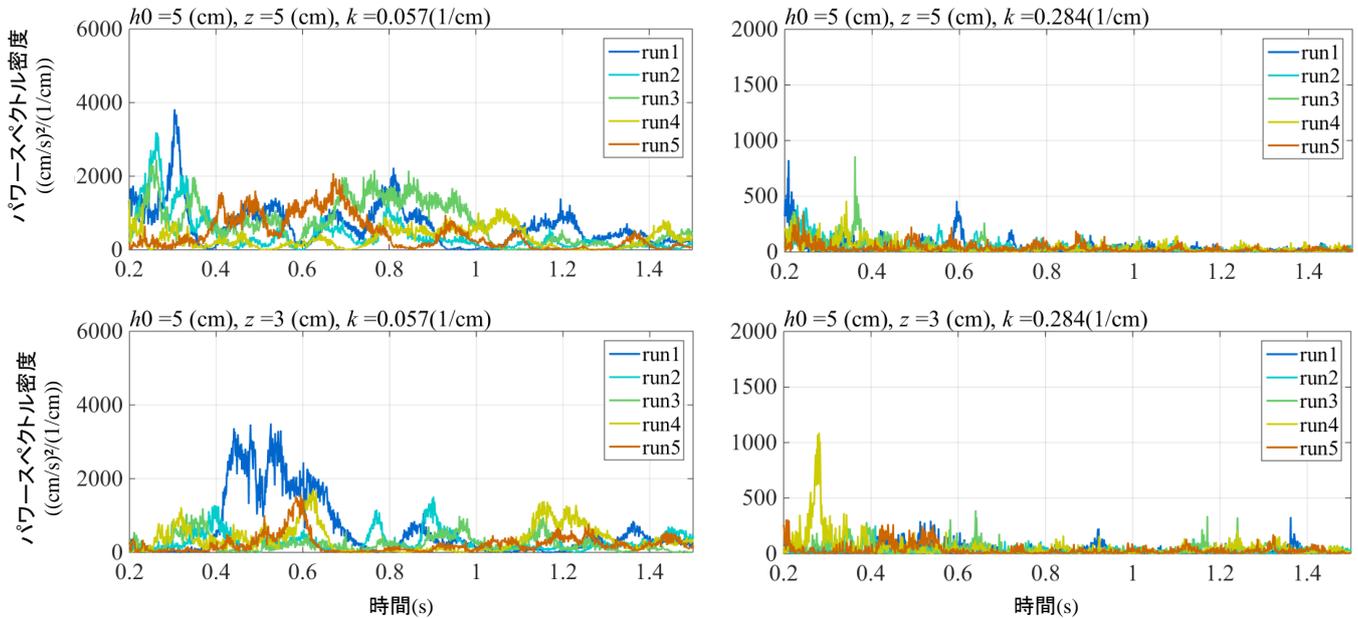


図 - 4 パワースペクトル密度の時間変化 波数 $k=0.057(1/cm)$ (左)， $0.284(1/cm)$ (右)

計測面の高さ $z=5cm$ (上)， $3cm$ (下)

参考文献

1) 三戸部佑太，落合潤，田中仁，Nguyen Xuan TINH，会田俊介：碎波段波下における流れ場および底面境界層の発達に関する水理実験，土木学会論文集 B2(海岸工学)，74 巻 2 号 p. I_55-I_55，2018，