

河川遡上津波の可視化計測に基づく伝播特性に関する検討

東北工業大学 学生会員 ○ 佐藤優多  
 東北工業大学 正会員 菅原景一・高橋敏彦

1 はじめに

津波のソリトン分裂波は古くから観測されているものであるが、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震津波が北上川を遡上して甚大な被害をもたらしたことから、河川遡上津波が注目されている。<sup>1)</sup> 河川遡上津波は、逆流場を遡上するためソリトン分裂が発達しやすいことが確認されている。そこで、本研究では、河川遡上津波の流動の様子を PIV 技術を用いて可視化計測することで波の伝播特性を見出すことを目的とした。

2 実験の概要

実験装置は図1に示した長さ10m、幅0.6mの勾配可変型水路で河床勾配を1/1000として用いた。波は下流側に真空ポンプ式造波装置を設置し、条件となる水深まで水を引き上げ、装置上部の蓋を急開することで発生させた。また、可視化に際しては、図2のように水路床にアクリル板と内部に鏡を設置し、レーザーを鉛直に反射させ、水路側面からハイスピードカメラで撮影した。撮影時間間隔は1/50で20秒間（1000フレーム）撮影した。<sup>2)</sup> 実験条件は表1の通りである。

3 結果と考察

(1) ソリトン分裂波と上向き流動の距離の関係

図3はソリトン分裂第一波の波峰頂部から鉛直上向き流動までの距離  $d_p$  と相対水深  $(h_0/l_0)$  の関係を示している。同図によると、相対水深の増加に伴い距離が大きくなっていることが分かる。

また、河川遡上津波では、津波の波峰頂部と鉛直上向き流動の距離はソリトン分裂波の進行に伴い増減することが確認されている。<sup>3)</sup> 本実験では、撮影時間を長くすることにより、全てのソリトン分裂波が通過するまでの様子を観測した。その結果を示した図4より水深が浅い  $h_0=0.04\text{m}$  では3波以降も距離が長くなっていることに対して、 $h_0=0.08\text{m}$  では、距離が短くな

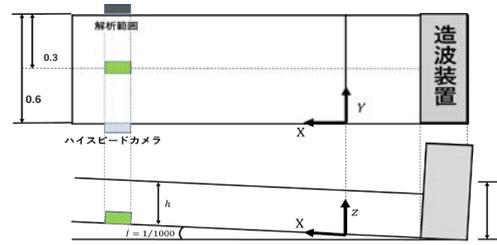


図1 実験水路の模式図

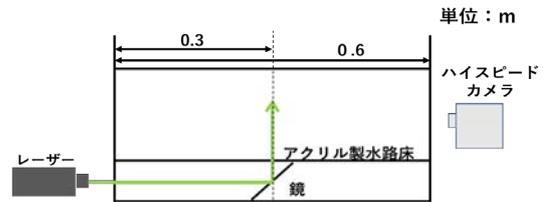


図2 実験水路の断面図

表1 実験条件

貯留水深: $H_u(\text{m})$	0.1/0.2/0.3
水深: $h_0(\text{m})$	0.04/0.06/0.08/0.12/0.16
流速: $V(\text{m/s})$	0.075/0.15/0.3

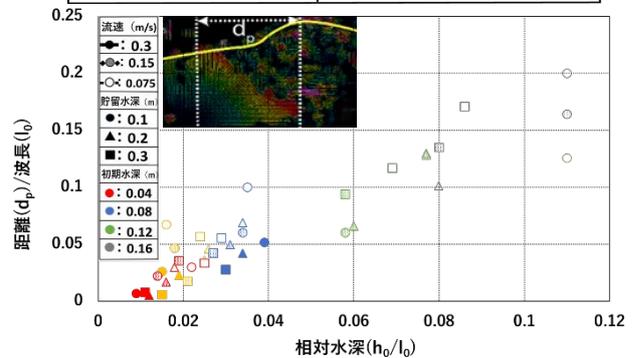


図3 鉛直上向きと波峰頂部の距離と相対水深の関係

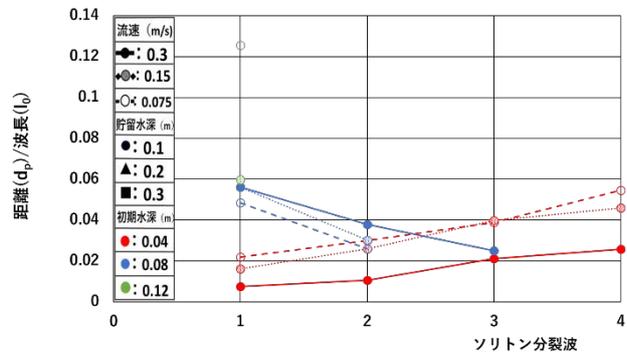


図4 ソリトン分裂波と上向き流動の距離の関係

キーワード：河川遡上津波 ソリトン分裂 PIV 可視化計測 相対水深 渦度

連絡先：〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学都市マネジメント学科 TEL:022-365-3550

っていることが分かった。それぞれの初期水深でのソリトン分裂波内の流動の様子を図5と図6に示した。両図を比較すると、図5の水深が浅い $h_0=0.04\text{m}$ では波峰頂部直下に上昇流が見られるのに、対して、図6の $h_0=0.08\text{m}$ では上昇流が確認されなかった、従って上昇流がある場合は距離 $d_p$ が長くなり、ない場合は短くなると考えられる。

**(2) 逆流場を遡上する津波内部の渦構造**

PIV 可視化計測の結果、逆流場を遡上する津波の内部では複数の箇所でも渦が巻いており、その渦は、流速や初期水深による変化が大きいことが確認できた。図7は、河床から渦までの距離 $h_w$ を初期水深で無次元化したものと、相対波高の関係である。同図において初期水深と初期流速を固定して比較すると相対波高は貯留水深が大きい程大きくなり、相対波高が大きいほど河床から渦までの距離の比が小さくなることがわかる。また、初期流速の違いで比較すると、流速が遅い場合、初期水深 $h_0$ に対する距離 $h_w$ の割合は小さくなり、早い場合は大きくなっていることがわかる。

**4 おわりに**

本研究では、実験水路で河川遡上津波を再現し、PIV 可視化計測によって波の流動を視覚的に捉え、変化や規則性の把握を試みた。その結果を要約すると以下の通りである。

- 1) 相対水深の増加に伴い鉛直上向き流動と波峰頂部の距離が増加する。
- 2) 鉛直上向き流動と波峰頂部の距離は、波峰頂部直下に明確な上昇流がある場合は長くなり、ない場合は短くなる傾向があることを示した。
- 3) 津波の内部の渦は相対波高と初期流速の影響が強いことを確認した。

**参考文献**

- 1) Hiroyasu Y, Yasuharu W, Kazuyoshi H, Hiroshi M and NMNS B N. Report on asian tsunami ascending the river, and its associated bank erosion and bridge failure in Sri Lanka. Civil Engineering Research Institute for Cold Region, [https://river.ceri.go.jp/contents/disaster/2005/sumatera01\\_en.html](https://river.ceri.go.jp/contents/disaster/2005/sumatera01_en.html), 27 May 2021.
- 2) 宮本恭交,長尾昌朋, 新井信一,上岡充男：孤立波砕波の水面形と流速分布の可視化計測,海岸工学論文集,第46巻,土木学会,131-134
- 3) 鈴木ら（2021）：ソリトン分裂が進行した河川遡上津波の可視化計測について,令和2年度土木学会東北支部技術研究発表会,II-70

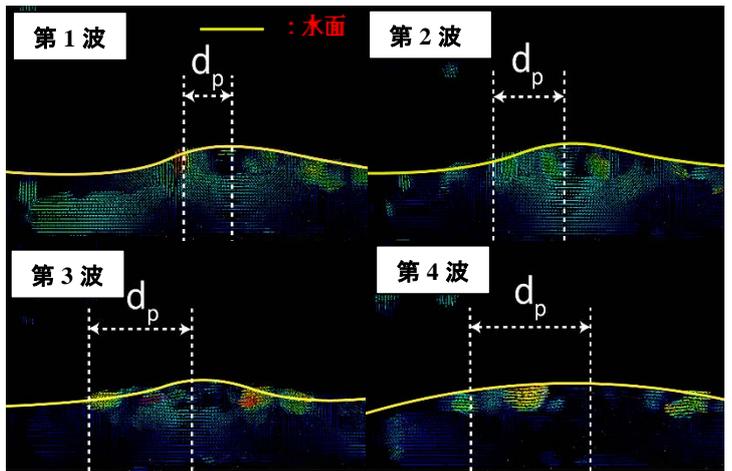


図5 遡上津波のベクトル図 ( $h_0=0.04, v=0.15\text{m/s}, H_r=0.1\text{m}$ )

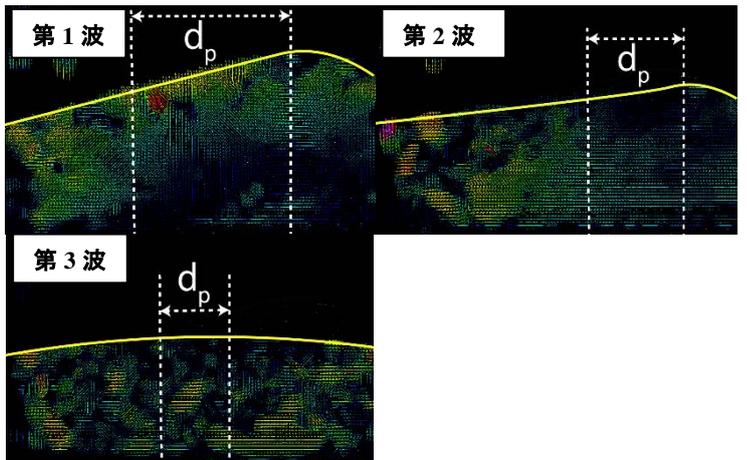


図6 遡上津波のベクトル図 ( $h_0=0.08, v=0.30\text{m/s}, H_r=0.1\text{m}$ )

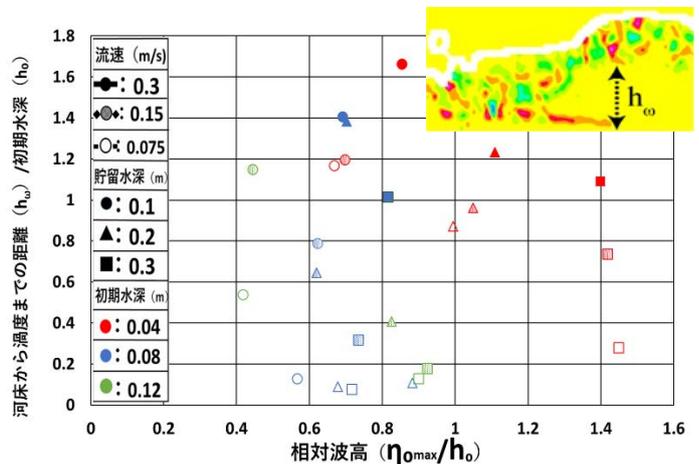


図7 相対波高と河床から渦度までの距離の関係