

第Ⅱ部門 粗配置棧粗度流れで生じる三角波のステレオ画像計測

神戸大学工学部

○学生会員 東川 真也

神戸大学大学院工学研究科

正会員 藤田 一郎

神戸大学大学院工学研究科

学生会員 谷 昂二郎

神戸大学大学院工学研究科

学生会員 衣笠 恭介

1. はじめに

図-1 に示すのは「三角波」や「三角状水面波列」などと呼ばれる、河川の洪水時に現れる水面波の一つである。三角波はその大規模な水面変動ゆえに、氾濫への影響が心配されるほか、計画高水位高より高い波が発生し橋桁などへの衝突が懸念されている。このような三角波の発生に着目した実験は数、条件ともに限られており、一般には移動床条件下で行われる。例えば、長谷川ら²⁾は河床不安定性の一種である反砂碓と、射流時に発生する水面固有の定在波を斜め交錯波と定義し、二つの波が共鳴することにより、水面が急激に三角状に発達することを示した。しかし三角波の発生条件や特徴については未だ十分に解明されておらず、不明な点が多い。そこで本研究では人工粗度である棧粗度を粗配置し、浅水状態とすることで三角波に類似する流れを実験室にて再現した。さらに三次元計測を行い、水表面を可視化することによりこれまでの研究とは異なる観点から検討を行った。



図-1 アメリカ アリゾナ州 アパッチジャンクションにおける三角波¹⁾

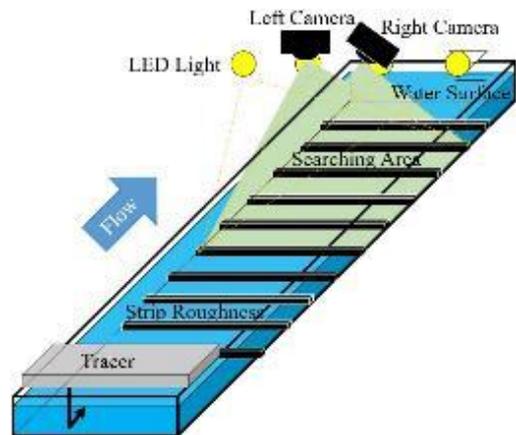
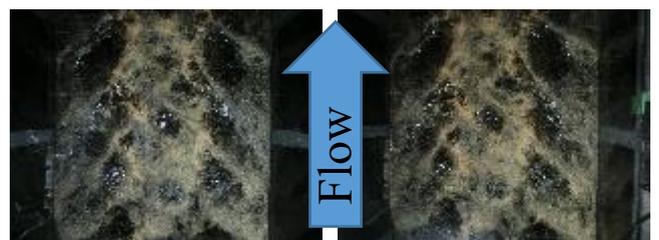


図-2 三次元計測の様子

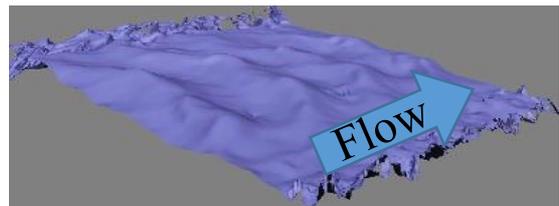
2. 実験概要

三次元計測の手法としては、CASIO社製のカメラを二台使用し、Android端末により同期し、撮影した。また、流れの可視化をしやすいようにトレーサーとしておがくずを一様に散布した。図-2 に三次元計測の模式図を示す。解析手法としては、図-3(a), (b)に示す撮影された二枚の画像を用いて Agisoft社の Stereoscanにより図-3(c)に示す三次元再構成を行った。そしてこのデータに後処理を加えることで図-3(d)に示す水面高さコンター図を作成した。図中の黒い横線は水路底面に棧粗度があることを示す。図中赤色の実線、破線については次節で説明する。このコンター図により三角波の特徴を視覚的に捉えることが可能となった。本研究ではこの水面高さコンター



(a) 左画像

(b) 右画像



(c) 三次元再構成画像

図-3 解析手法 (続く)

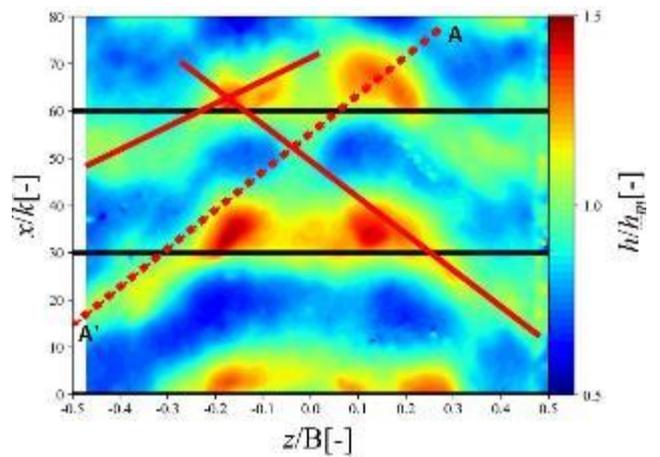
キーワード：水面変動，棧粗度，固定床，三角波，交錯波，ステレオ計測

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 TEL078-803-6439

図を中心に考察を行った。

3. 結果と考察

本研究では長谷川ら²⁾の主張とは異なり, 図-3(d)に赤の実線で示すように交錯波どうしが共鳴することにより三角波が生成されると考えた. また, 図-3(d)に赤の破線で示す断面の水面高さをプロットしたグラフを図-4に示す. $z/B=-0.2$ 付近で水面高さが大きくなっているのは三角波が生成されていることを示すが, $x/k=-0.5$, $x/k=0.12$ 付近の h/h_m の値がほぼ同じであることから, 交錯波は一つの三角波の生成に関与した後も, 減衰することなく進行していくのではないかと考えられる. 図-5に示すのは相対粗度間隔が30, 勾配が1/100のケースであり, コンター図中に目視で赤の破線で交錯波を引いたものだが, 流量が増加するにつれて横断方向の三角波の列数が増加し, それとともに交錯波の側壁からの角度が小さくなることがわかった. このことから, 同一勾配において流量を増加し続けると, θ の値が小さくなっていき, 反対サイドからの交錯波とより多く交わることにより横断方向の三角波の列数が無数に増加し, やがて水表面は複雑な平面に近づいていくと予想できる.



(d) 水面高さコンター図

図-3 解析手法

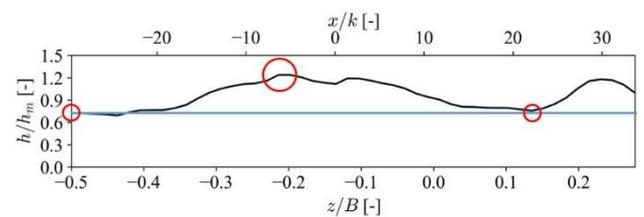
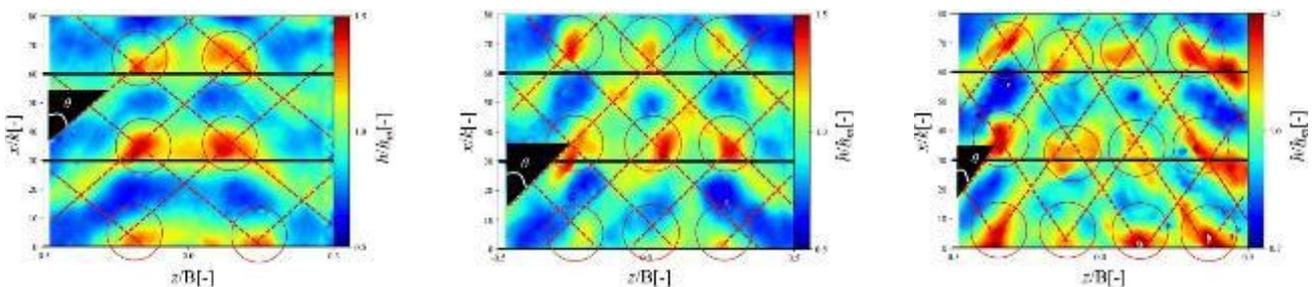


図-4 図-3(d)の A-A'断面の水面高さプロット図



(a) $Q=30(\text{m}^3/\text{s}) \theta=48.6^\circ$

(b) $Q=38(\text{m}^3/\text{s}) \theta=43.5^\circ$

(c) $Q=45(\text{m}^3/\text{s}) \theta=34.1^\circ$

図-5 $L/k=30, I=1/100$ の水面高さコンター図

4. おわりに

本研究では水表面を可視化することにより, 三角波や交錯波の特徴についての知見を得ることができた. しかし, 交錯波の発生条件や三角波の生成要因については十分に解明できておらず, 不明な点が多い. 今後は様粗度を用いた固定床の強みである「波を固定できる」という利を生かし, 内部流解析を行うことでその特性を明らかにしていく予定である.

5. 参考文献

- 1) 引用 : <https://www.youtube.com/watch?v=OpKDNzVMdU8>
- 2) 長谷川和義, 山口甲, 伊賀久晃, 辻珠希: 急勾配河川における三角状水面波列の発生条件について, 平成21年度土木学会北海道支部論文報告集, 第66号, B-1, 2007.