

## 河川表面流速の画像計測における重力波の影響評価

神戸大学大学院 学生会員 ○谷 昂二郎  
 神戸大学大学院 正会員 藤田 一郎

## 1. はじめに

近年の河川流量観測においては、従来の浮子法などに代わって STIV や LSPIV といった画像計測による表面流計測手法が用いられることが多くなりつつある。これらの手法は河川表面に現れる波紋が表面流速と等しい速度で輸送されることを仮定している。一方、実験水路規模の流れにおいては、重力を復元力とする波の成分と凍結乱流のように表面流速に等しい速度で流下する乱流成分の両者が混在し、場合によっては、水面波紋の流下速度と表面流速が一致しないことが示唆されている。<sup>1)</sup>本研究では、実河川において撮影された動画を用いて自由水面の挙動を精査し、STIV による表面流計測における重力波の影響を評価するとともにその除去を試みる。

## 2. 現地観測概要

本研究では昨年4月に信濃川・旭橋付近で実施された合同流量観測時に撮影された動画を用いる。観測範囲は図-1に示す通りであり、本報では、Camera#5により撮影された動画を用いて得られた結果について述べる。なお、観測時の流量はおよそ  $700\text{m}^3/\text{sec}$  程度であり、また対象断面における最大水深は5m程度であった。なお、動画は河川水表面に対して斜めのアングルで撮影されたが、三脚に設置した傾斜計の角度情報をもとに真上からのアングルに幾何変換したものをを用いている。また、水深は計5ヶ所に設置された水位計と別途実施した ADCP による計測で得られた河床形状をもとに推定した。

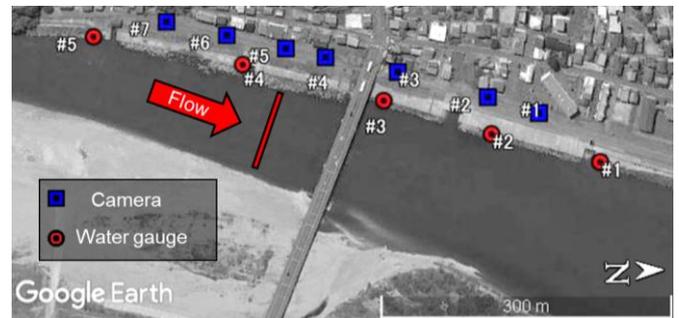


図-1 現地観測概要

## 3. 時空間画像

動画から自由水面の挙動を抽出するにあたって、時空間画像と呼ばれるものを作成した。時空間画像とは動画中に設置した任意の検査線上における輝度の時間発展を縦に積み重ねたものであり、STIV ではこの時空間画像中に現れる斜めパターンの勾配より表面流速を見積もる。本研究では等間隔な計52本の検査線を設置した。各検査線の長さは何れも39.2mである。図-2に時空間画像の一例を示す。なお、自由水面の挙動が明瞭になるように、前処理として各点毎に標準化処理を施している。水面変動が等速で移流していることに相当するような、ほぼ等しい勾配を有する複数のパターン(たとえば図中の青丸)が認められるのに加えて、輝度の高低がそれらのパターン勾配に沿って交互に現れている箇所(たとえば図中の赤丸)が散見される。このことは水面変動が移流(advection)・伝播(propagation)の両方の挙動を示し、したがって乱流・波動の二つの性質を共に有していることを示唆する。

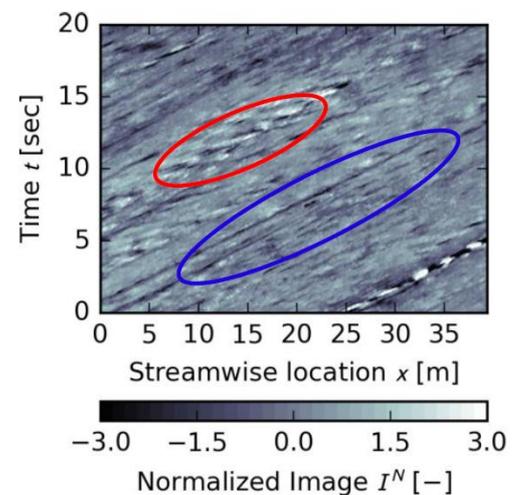


図-2 時空間画像

キーワード 画像計測, STIV, 自由水面

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 TEL 078-803-6439

4. 波数・周波数スペクトル

先ほど示した時空間画像より、重力波と思しき挙動が認められたが、これをより詳細に調べるために波数・周波数スペクトルと呼ばれるものを算出する。これは時空間画像の二次元パワースペクトル密度であるが、支配的な分散関係を容易に可視化できる。図-3に図-2に示した時空間画像より算出された波数・周波数スペクトルを示す。図中の赤の+はエネルギーの局所的ピークである。これらの局所ピークが示す分散関係を全ての検査線より抽出したものを図-4に示す。各ピークは凍結乱流(図中青実線)・重力波(図中赤実線)のそれぞれの分散関係上にまともって位置しており、従って、対象断面における自由水面は普遍的に乱流・重力波の両者の性質を有しているものと考えられる。

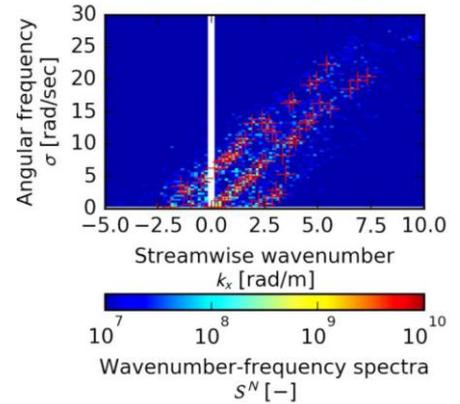


図-3 波数・周波数スペクトル

5. STIV 計測における重力波の影響

図-4に示した分散関係図より、対象断面における重力波の存在が明らかとなった。各成分に対応する範囲のみを波数周波数空間で抽出し、逆離散フーリエ変換を行えば、望む成分のみを抽出することが可能である。図-5に図-2に示した時空間画像から、乱流成分のみを抽出したものを示す。ほとんど等しい勾配を持つパターンのみが表れていることが見て取れる。元の時空間画像と乱流成分のみの時空間に対してSTIV解析を行った結果を図-6に示す。なお、STIV解析にはQESTA<sup>2)</sup>と呼ばれるアルゴリズムを用いたが、QESTAでは流速と同時に流速の誤差率も評価することができる。算出された流速(図中マーカー付き実線)ものの、誤差率(図中実線)には大きな開きが認められる。重力波も含む場合には、含まない場合に対して最大で五倍程度誤差が大きいことがわかる。従って、検査線の長さや計測時間が十分でない場合には、重力波の存在に起因して非常に大きな誤差を伴う可能性が示唆される。

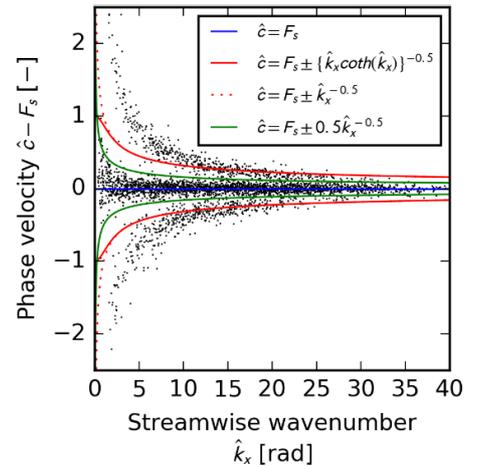


図-4 分散関係

6. おわりに

本報では、波数周波数スペクトルを用いてSTIVによる表面流計測における重力波の影響を評価した。その結果、計測値自体には大きな差異は認められなかったものの、重力波の存在により誤差率が大きく増大することがわかった。このことは、平均量が十分でない場合に計測の精度が著しく低下することを意味する。

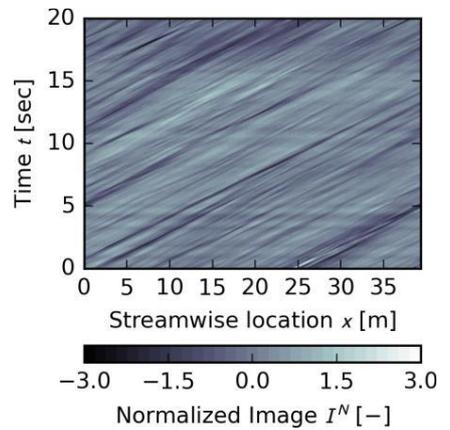


図-5 時空間画像(乱流成分)

参考文献

- 1) 谷昂二郎, 藤田一郎, 吉村英人: サンプリングモアレ法を用いた開水路粗面乱流の面的水面変動計測, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol. 73, No. 4, I\_571-I\_576, 2017.
- 2) 能登谷祐一, 藤田一郎, 建口沙彩: 河川表面流画像計測 STIVにおける新手法とSTI画質評価法の開発, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol. 73, No. 4, I\_505-I\_510, 2017.

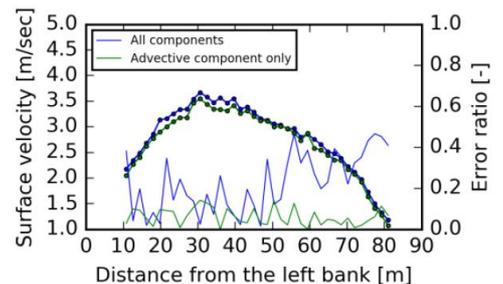


図-6 STIV 解析結果