

第Ⅱ部門

中波赤外線カメラを用いた自由水面乱流の可視化

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○谷 昂二郎

神戸大学大学院工学研究科 正生員 藤田 一郎

神戸大学大学院工学研究科 学生員 衣笠 恭介

1. はじめに

流量観測においては、安全性などの観点より、非接触型の計測手法が需要を伸ばしている。中でも、STIV(Space-Time Image Velocimetry)¹⁾は頑健性・経済性に優れ、適用範囲を拡張する研究が盛んである。ただし、平水時や夜間においては波紋の追跡は困難であり、同手法の大きな課題の一つといえる。そこで本報では、波紋に依存せず自由水面下の運動を可視化できる新たな手法として、中波赤外線カメラについて水理実験による検討を行った。なお、中波赤外線カメラとは、中波赤外線を被写体に照射することで被写体表面の温度分布を示す熱画像を取得できる機器であり、自由水面を撮影した場合には、渦の散逸に起因する熱を捉えることで、自由水面上の乱流構造を可視化できる。

2. 実験概要

本研究では、栈粗度を設置した実験水路を用いて中波赤外線カメラを用いた可視化実験を実施した。実施した各ケースの水理条件は Table 1 に示す通りである。二通りの水深に対して、粗度間隔を 3 パターンに変化させ、計 6 ケース実施した。なお、栈粗度には一辺が 0.9cm のアルミニウム角柱を用いた。実験装置の概要を Fig.1 に示す。用いた中波赤外線カメラは T-602CZ(FLIR 社)であり、温度分解能はおおよそ摂氏 0.02 度である。水路上部に設けた台の上から下流側へ見下ろす形で水面を撮影した。本来であれば、カメラの視軸は水面に垂直であることが望ましいが、機器の制約上このような配置とした。なお、使用したカメラの二つのレンズのうち図中向かって左のレンズは通常の可視光を捉えるものであるが、本研究では使用していない。用いた水路は全長および幅がそれぞれ 10m および 0.3m のものである。

Table 1 Hydraulic conditions

Case	Water depth H (cm)	Reynolds number Re (-)	Froude number Fr (-)	Roughness spacing L/k (-)
Case1	3.5	4333	0.21	5
Case2				10
Case3				20
Case4			5	
Case5	5.5		0.11	10
Case6				20

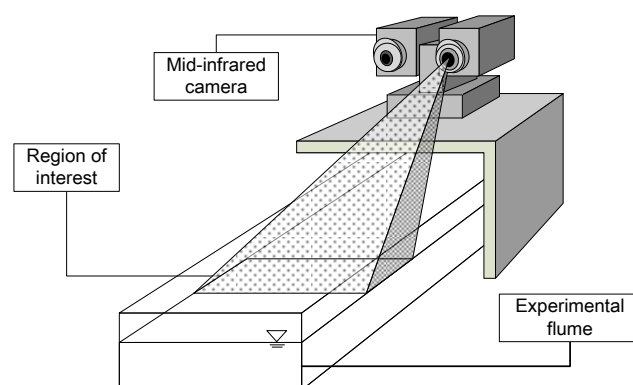


Fig.1 Experimental setup

3. 可視化結果

Fig.2に、Case6における可視化結果の時系列を示す。なお、可視化画像は水面に対して傾いたアングルで取得されているため、真上からの視点に幾何変換したものである。画像中で白い箇所ほど周囲に対して相対的に温度が高いことを示す。これらの画像は特別な染料やトレーサーなどを一切使わずに、完全に透明な流水面を撮影したものであるが、図中には輝度の濃淡パタ

Kojiro TANI, Ichiro FUJITA, Kyosuke KINUGASA

ifujita@kobe-u.ac.jp

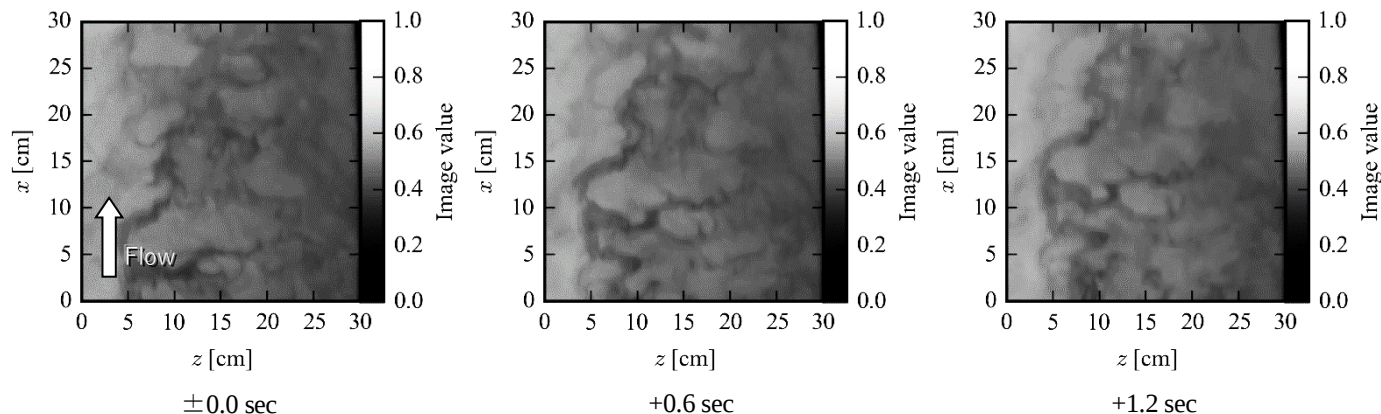


Fig.2 Time series of instantaneous surface image shot by mid-infrared camera (Case6)

ーンが現れていることが分かる。輝度の濃淡は温度差を表し、従って、自由水面上の渦構造が可視化されているものと思われる。側壁近傍に強い乱れが現れているほか、水路中央付近には水深大のパッチ状構造が確認できるが、時系列で追跡すれば、これらが流下していく様子が確認できる。従って、STIV 解析により、これらのパターンを追跡すれば、波紋を用いることなく、表面流の解析が可能となる。

4. 表面流解析結果

前節で示したように、中波赤外線カメラによる可視化画像中には、乱流の運動が確かに捉えられていた。本研究では、これを利用して STIV による表面流解析を実施した。Fig.3 に、Case6 の水路中央断面において作成された時空間画像 (STI) を示す。STIV では STI 上に現れるパターン勾配より流速を見積もるが、Fig.3 に示した STI 上には良好にはば一定の傾きをもつ斜めパターンが現れている。Fig.4 に、STIV 解析により算出された横断面内の表面流速分布を示す。側壁付近で減速の様子が確認できるが、この範囲は Fig.2 の可視化画像中に現れる側壁付近のせん断流に対応するものと考えられる。

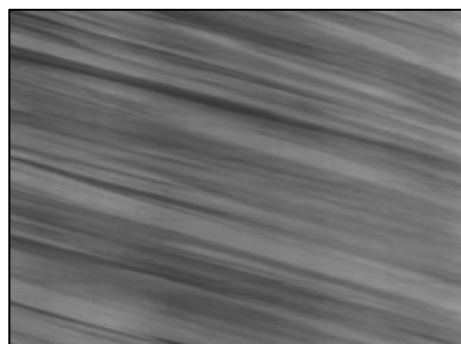


Fig.3 Space-time image at center of flume (Case6)

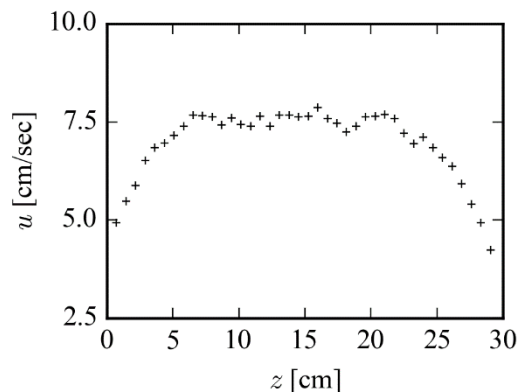


Fig.4 Surface velocity distribution at cross section (Case6)

5. おわりに

本研究では、波紋の追跡が困難である場合にも、表面流速場非接触に計測できる手法として、中波赤外線カメラによる可視化を検討した。トレーサ粒子や染料を用いることなく、自由水面上の渦構造を可視化することに成功し、また STIV 解析が適用可能であることを示した。今後は計測手法としての確立を目指し、水理実験及び、実河川における観測により、検証を進める。

参考文献

- 1) 藤田一郎, 椿涼太:時空間画像を利用した河川表面波紋の移流速度計測, 河川技術論文集, Vol.9, pp.55-60, 2003.