

開水路に設置された物体周辺流れの高精度三次元計測

岐阜大学工学部 正 員 藤田一郎
 岐阜大学大学院 学生員 〇遠松 篤
 岐阜大学工学部 岩橋 亮
 岐阜大学工学部 藤井雅広

1.はじめに

開水路中の側壁に物体を設置すると極めて複雑な三次元場が生じる。本研究では、その物体前後の流れを多断面のレーザ光膜照射によって可視化し、それらに対して PTV 解析を行った。乱流場の三次元情報は、光膜面を縦横に配置することで得られ、物体によって生じた二次流の空間構造を明らかにする。

2.実験概要

水路長 6.0m、水路幅 $B=0.15\text{m}$ 、水路勾配 $I=1/700$ のアクリル製の循環水路を製作し実験を行った。水路勾配は自在に調節可能である。また、上流側水槽には、乱れを抑えたような流れが得られるように幅 20cm 程度の整流板、ベルマウスを設置した。実験は、下流端を若干堰上げた状態で行った。これより平均水深は $h=3.75\text{cm}$ となった。水理条件を表-1 に示す。鉛直断面を計測する場合は、水路底面から鉛直上向きにアルゴンイオンレーザ光膜を照射し、水路の側壁方向から高速ビデオカメラ (DITECT 製、HAS-200R) を用いて撮影を行った。水平断面を計測する場合は、レーザと高速ビデオカメラが逆になる。撮影した画像は直接 PC に取り込まれる。この画像計測システムを図-1 に示す。このときのトレーサは均等に分散するようにアルコールと混ぜて投入した。ビデオの撮影はトレーサが画面全体に多く存在した状態で延べ 20 秒程度行った。画像間隔は $1/200\text{sec}$ である。この高速ビデオカメラは、1 回の画像入力操作で 1,536 枚 (7.68s) 取り込むことができる。画像サイズは $512 \times 256\text{pixel}$ である。この操作を 3 回繰り返すことで、約 20 秒間に 4608 枚の画像を得ることができる。画像中の 1pixel 当たりの物理量は 1mm メッシュの格子を光膜位置で撮影し、トレーサ画像と同様に PC に取り込んで求めた。物体周辺流れの実験は、長さ 10cm、幅 5cm、高さ 5cm のブロックを設置して行い、10~30cm 間隔の代表位置で撮影した。1つの横断面に対し、鉛直断面につい

ては壁面から 1cm 間隔、計 14 断面を撮影し、水平断面については底面から 0.5cm 間隔、計 6 断面を撮影した。画像撮影地点を図-2 に示す。

表-1 水理条件

流量 $Q(\text{l/sec})$	0.800
水深 $h(\text{cm})$	3.75
水路幅 $B(\text{cm})$	15
勾配 I	1/700
レイノルズ数 R	4700
平均流速 $U(\text{cm})$	14.22
フルード数 Fr	0.235

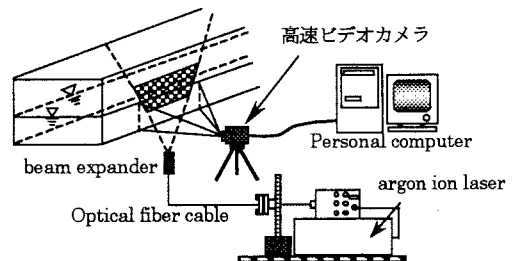


図-1 画像計測システム

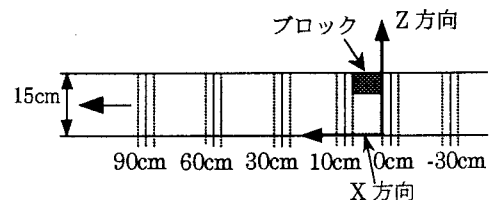


図-2 狭さく部実験水路における計測位置の相対位置

3.PTV 解析

PTV 解析には二値化相関法を用いた。二値化の手順は、①エッジ検出、②平滑化、③原画像と②の画像の加算、④しきい値設定による二値化画像生成、⑤収縮・膨張処理によるノイズ除去、である。そこで今回は二値化相関法の中でも最も重要な④による画像を図-3 に示す。

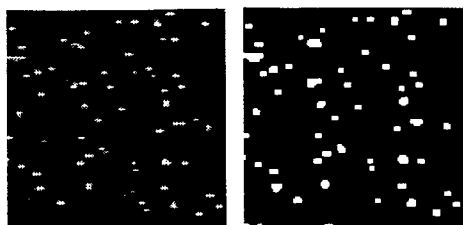


図-3 二値化の適用例
((左):原画像、(右):二値化画像)

4.結果および考察

図-4 に物体周辺の主流速分布のコンターを示す。上から順に、 $x = -6.5, -3.5, -0.5, 10.5, 13.5, 16.5\text{cm}$ の横断面を表している。これを見ると、 $x = -0.5\text{cm}$ 付近から流速が速くなり、 $z = 8 \sim 12\text{cm}$ の辺りで速度勾配が大きくなっていることがわかる。ブロック前の流れでは時計回りの二次流が推定できる。また、はく離せん断層が反時計方向に傾いていることが確認できる。次に、 $10.5, 13.5, 16.5\text{cm}$ の横断面に対する乱れ強度分布のコンターを図-5に示す。これも、主流速分布のコンターと同様にブロックに近いほど乱れが大きいことが良好に示されている。

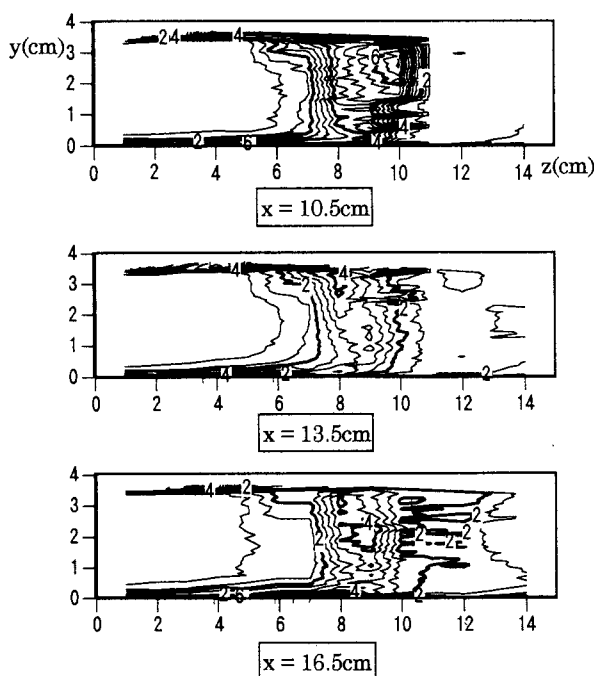


図-5 乱れ強度分布のコンター (単位: cm)

5.おわりに

本手法により、複雑な流れの三次元構造を計測することが明らかとなった。今後は二次流の特性について検討を行う。

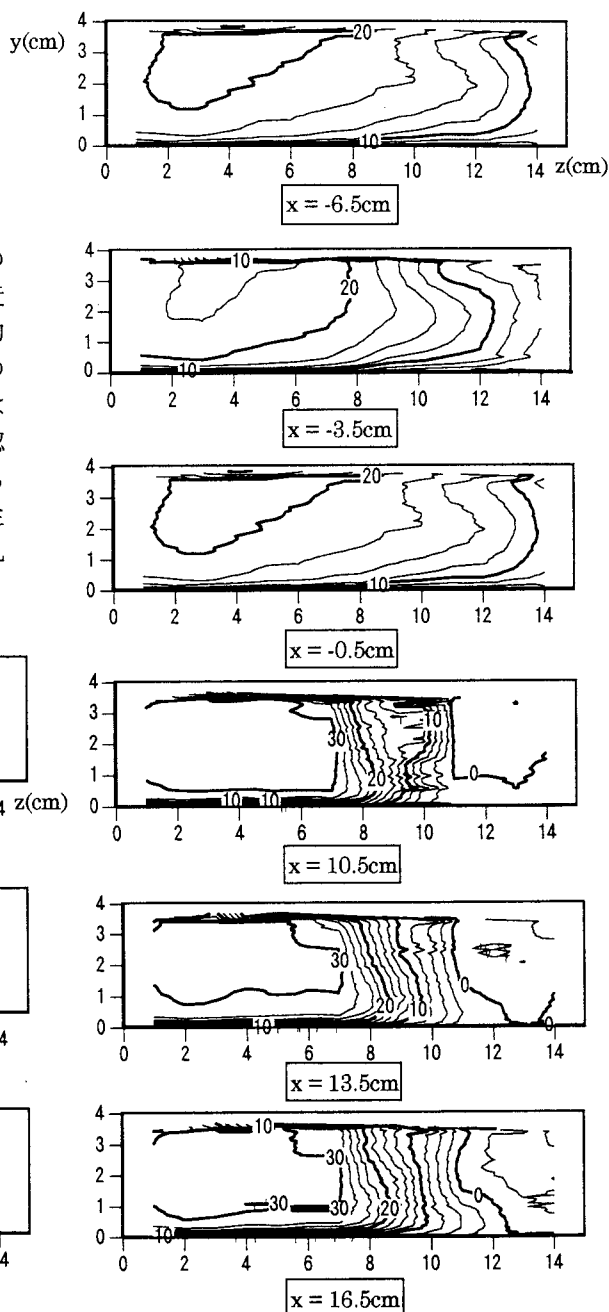


図-4 主流速分布のコンター (単位: cm)