

足利工業大学大学院 学生員○左 京 弘太郎
 足利工業大学工学部 正 員 長 尾 昌 朋
 足利工業大学工学部 正 員 新 井 信 一
 足利工業大学工学部 正 員 上 岡 充 男

1. はじめに

密度噴流の挙動を明らかにすることは、工場や発電所などから河川、湖沼、海洋中に放出されるさまざまな濃度、温度、粒子を持つ排水の動きを予測するために重要である。近年、多くの研究者によって 2 次元密度噴流の研究がなされ数々の成果を残すに至っているが、実際の現象を捉えるには、研究を 3 次元にまで拡張して密度噴流の挙動を理解する必要がある。そこで本研究では、密度噴流を 3 次元で捉えるべく流速の 3 成分計測を試みた。

2. 実験方法

実験は $500 \times 1200 \times 50\text{cm}$ の平面水槽内に水深が 30cm となるように水を満し、底面から 20cm の高さに直径 3cm の放出管を水平に設置し、小径のトレーサ粒子を注入した放出流体を流量 4l/min で放出した。放出流体は密度噴流となるように、内部フルード数を $Fr_0 = 8.7$ に温度調整した冷水を使用した。座標は図-1 に示すように、放出口の直下底面を原点とし主流方向を x 、幅方向を y 、鉛直方向を z とする右手座標系で表した。

3. 流速の推定法

図-2 に示すように、 x 軸に直交する横断面にレーザースリット光を照射して噴流内に注入したトレーサを可視化し、 $1/30\text{s}$ 間隔でビデオカメラを用いて撮影する。そして、その撮影した可視化画像から PTV 法の一つであるトレーサ追跡法を用いて流速を推定する。

通常のトレーサ追跡法は可視化平面内の動きしか追わないので、流速を 2 成分しか計測できない。しかし、トレーサがレーザースリットを通過する時間を求めることができれば、可視化平面に垂直な流速成分も推定が可能となる。このような手法を用いて本研究では、密度噴流が自由落下している $x = 50\text{cm}$ の断面で速度 3 成分を推定した。スリット間隔は水面で 1.1cm 、水底で 1.4cm とし、その可視化画像を時間にして 25.6 秒、画像にして連続 768 枚分を用いて平均流速を求め、同じ時系列の流速成分 $u(x$ 方向)、 $v(y$ 方向)、 $w(z$ 方向) の流速分布を算出した。

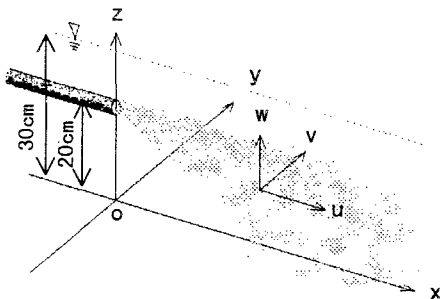


図-1 座標系

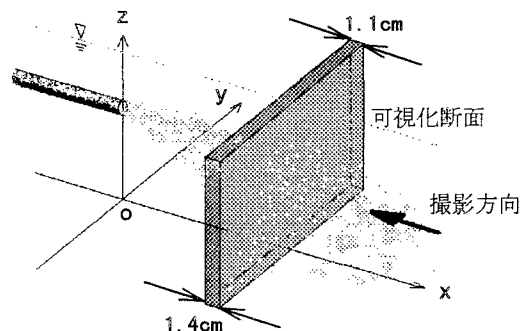


図-2 可視化断面

Key Words: 密度噴流、PTV、可視化、3 成分計測

〒326 足利市大前町 268 Tel. 0284-62-0605 Fax. 0284-64-1061

4. 密度噴流の流況

図-3 は $x = 50\text{cm}$ での u の流速分布である。密度噴流はこの図の等流速線で描かれた部分を通過している。この図を見ると噴流中心付近で流れが速くなっており、概ね既存の実験結果に沿った分布となっている。ただし、最大流速に疑問があり、実験方法を改良する余地がある。また、水底付近の流れがかなり速いように読みとれるが、これはスリットに突入したトレーサ粒子が断面を通過しないですぐに戻ってしまったため、このような流速が推定されてしまった。

図-4 は v の流速分布である。噴流の v 成分は $y = 0\text{cm}$ を境にほぼ左右対称に広がっている。また、 $|v|$ の最大流速が水底付近の $y = \pm 10\text{cm}$ あたりで現れるが、これは噴流底部が水底との衝突により y 方向に押し出されたためと考えられる。

図-5 は w の流速分布である。噴流の中心部で最も落下速度が速く、周辺部や水底付近に w 成分はほとんどない。この結果は、既存の実験結果ともよく合っている。

5. まとめ

レーザーシート光のスリットの幅を利用し、噴流の速度3成分を PTV 法により推定することが可能となった。この計測手法の問題点としては、 u の符号を判定できないこと、 $u = 0\text{cm/s}$ 付近の流速が正しく推定できないこと、また、スリットの正確な幅が計れないことによる誤差が u の分布の倍率となって現れるといったことが挙げられる。

参考文献

- 1) 左京弘太郎・上岡充男・長尾昌朋・新井信一 (1997): 可視化手法による密度噴流の流速測定, 土木学会第24回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp. 158-159.

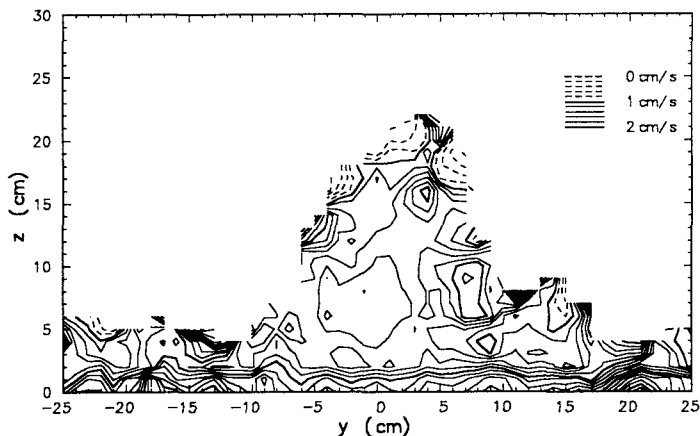


図-3 u の流速分布図

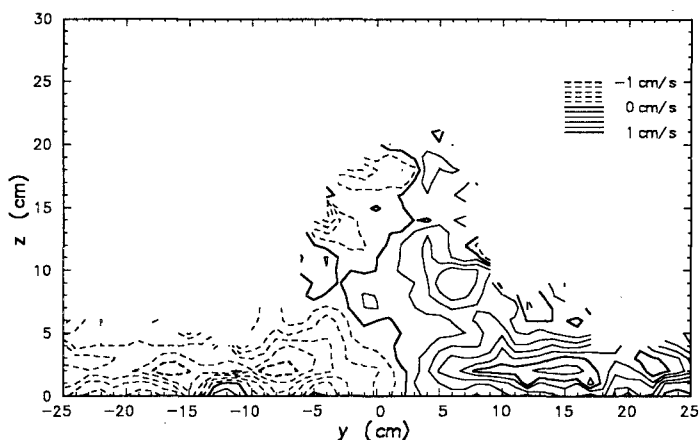


図-4 v の流速分布図

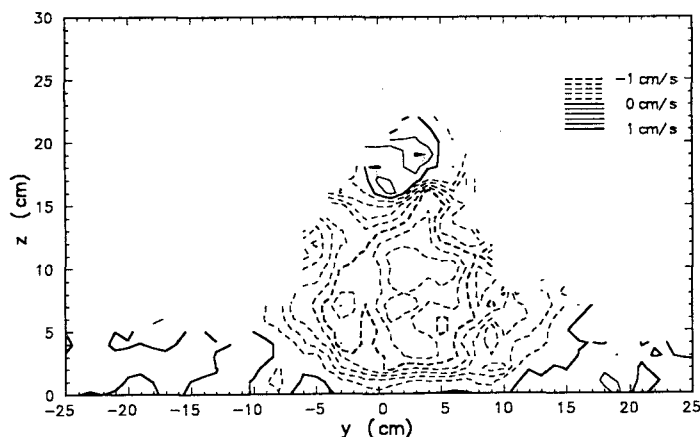


図-5 w の流速分布図