

足利工業大学大学院 学生員○新井 孝法

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 長尾 昌朋

足利工業大学工学部 正 員 上岡 充男

1. はじめに

環境問題が深刻視される現代において、水質汚濁などを改善するために密度流現象を明らかにしていくのは重要な事である。過去の研究により、噴流の分野での流速分布は相似の特性を示す場合が非常に多い事が知られている。本研究では、密度噴流における主流方向の速度成分を計測し、それをもとに、速度分布の相似則について考察する。

2. 実験装置及び方法

実験は $500 \times 1200 \times 50\text{cm}$ の平面水槽に水を水深が 30cm になるように満たし、水槽底面から 20cm の位置に設けてある直径 3cm の放出口から、温度差で重くした水をフルオレセインナトリウムで染色して流量 4l/min で放出した。放出流体の内部フルード数は $Fro = 8.7$ である。座標系は図1に示す通り XZ 座標をとり、噴流軸方向を s 、噴流軸に垂直な方向を r とし、 s 方向の流速を u とする。流速は噴流軸に垂直な断面で $x = 20\text{cm}$ から 10cm 毎の4断面で計測した。計測方法は縦断面(XZ 断面)をレーザーシート光で照射し、その可視化画像をビデオカメラに録画する。これを 0.2 秒毎に 25.6 秒間の静止画像として取り込み、画像の輝度分布の移動に着目したPIV法により、噴流軸方向の速度 u を求める。

3. 実験結果

図2に計測結果を示す。図では各断面の噴流軸の位置を縦軸 $r = 0$ にそろえてある。ただし噴流軸は片野¹⁾の実験式でその位置を求めた。そこでは、流速が最も大きくなると予想される。しかし、実験によって求めた流速分布によると断面1では噴流軸より低い位置で最大流速 u_m となっている。そして、放出口から遠ざかるにつれて u_m の位置は徐々に r のプラス方向に向かっている。これは、噴流の軌道が片野式によるものと少しずれていることを示している。次に、 u_m を境に上下の流速分布を比べると、あきらかに違う事が解る。噴流軸から r 方向に離れるに従って流速が小さくなっていくが、水面側の場合は底面側に比べて流速が急激に小さくなっている。ここでは流速分布の面積が小さく、従ってあまり周囲流体を連行していない事が解る。それに比べて底面側では水面側に比べて緩やかに流速が小さくなっている。流速分布の面積が大きいことから、水面側に比べて多くの周囲流体を連行していることが解る。これは、放出流体が周囲流体よりも密度が大きいために負の浮力がはたらき、下向きの流速成分が大きく、噴流の水面側よりも底面側の方が混ざり易いためだと思われる。

図3は図2をプロットし直したもので、速度 u はその断面の最大流速 u_m で規格化し、 r は流速の半値幅 b で割ったものである。各断面の実験値はほぼ同じような形で分布している事が解る。その相似速度分布をGoertler型解²⁾の流速分布と比較してみた。それによると、底面側ではややGoertler型解を上回る傾向があり、水面側では下回っている結果となった。水面側と底面側が対称になっていない事がはっきりと解り、放出流体と周囲流体の密度差の影響がでているといえる。

図4は縦軸に u_m を放出口での流速 U_0 で割った値の逆数であり、横軸に放出口からの距離 s を放出口の内

Key Words : 密度流、自由落下噴流、PIV法、相似性

〒326-8558 栃木県足利市大前町268-1, 電話 0284-62-0605 (内線 583), FAX 0284-64-1061

径 d で割った値である。実線は実験結果を最小二乗法により求めたものである。点線は次式³⁾である。

$$\frac{u_m}{U_0} = \frac{6.3}{\frac{s}{d}} \dots 3)$$

ただし、比較し易くするために仮想原点を本実験結果にあわせてプロットした。明らかに本実験の方が流速の減衰率が大きい。これは、放出流体と周囲流体に密度差があるために拡散しやすく、より連行するために流速がより減衰すると考えられる。

4. おわりに

本研究では速度分布の相似性について検討を行った。その結果、密度差のある噴流の流速分布は、噴流軸に対して対称形にはならない事などが解った。今後はフルード数を変えた実験を行い、流速分布にどのような影響を及ぼすのか検討していく予定である。

参考文献

- 1) 片野尚明・川村博美：単一水平放流管による温排水の水温低減化に関する研究、電力中央研究所土木技術研究所 研究報告 No.376012,昭和 25 年 8 月
- 2) Goertler,H.,1942.Berechnung von Aufgaben der freien Turbulenz auf Grund eines neuen Naherungsansatzes.Z.A.M.M.,22:244-254.
- 3) N.Rajaratnam : TURBULENT JETS,P43,1976.

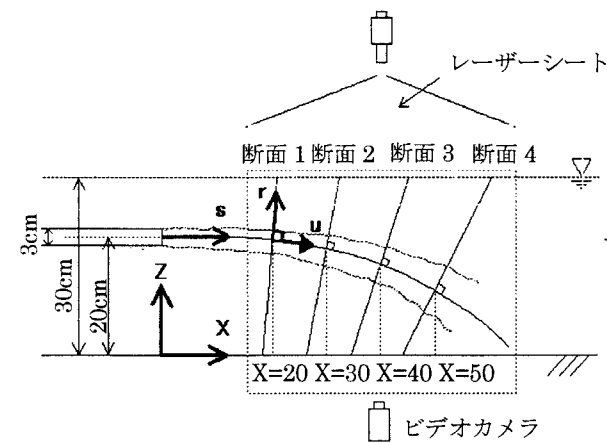


図 1 実験装置

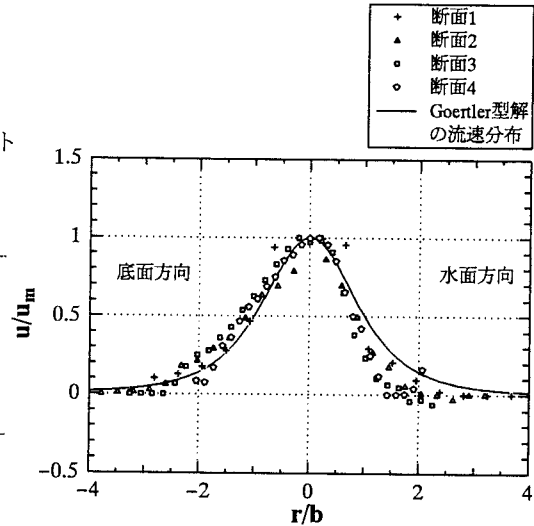


図 3 各断面の流速分布

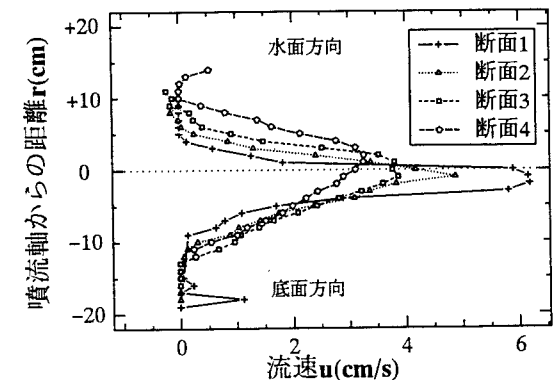


図 2 各断面の流速分布

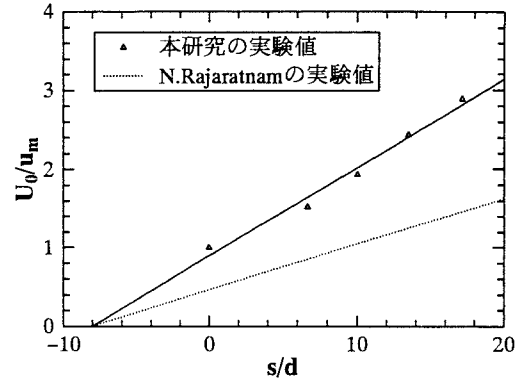


図 4 密度噴流の速度尺度