

II-144 レーザ流速計による固液2相流の乱れの諸特性に関する実験的考察

九州大学大学院 ○学生員 中島 靖
 九州大学工学部 正員 初井 和朗
 九州大学工学部 正員 神野 健二
 九州大学工学部 正員 上田 年比古

1. はじめに

固液2相流は、粒子および流体が相互に影響し合い流体の乱れの構造が変化するきわめて複雑な現象である。本研究は流れの場をかく乱することなく粒子と流体の速度に関する情報を同時に得ることが可能であるレーザ流速計（LDV）を用いて固液2相流における粒子と流体の平均速度、乱れ強度およびレイノルズ応力の分布について実験的検討を加えたものである。

2. 実験装置

図-1に実験装置の概略を示す。鉛直に立てた正方形断面8cm×8cmの管路に水を流し、LDVによる流速測定は管路流入口の格子から下流200cmで管路を水平に移動させながら行う。流体用トレーサには別に設けた33μmの金網を通過した自然混入物を用いている。この状態で得られる信号を流体からの信号とする。粒子には平均粒径200μmおよび400μmのガラスビーズ(比重2.48)を用いている。粒子の体積濃度は測定点から200cm下流の断面中央部で採水し求めている。レーザ信号の処理はスペクトルアナライザとマイクロコンピュータにより行った。なお実験中、流量は約750cm³/sの一定に保ち、断面平均速度11.7cm/sにもとづくRe数は6,600である。

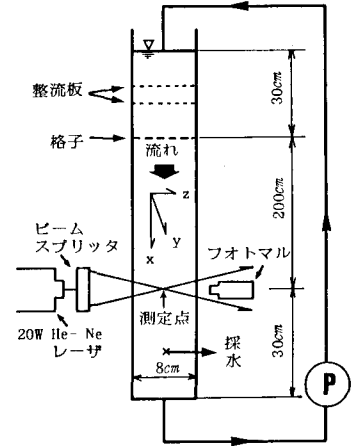


図-1 実験装置

3. 測定結果および考察

1) 平均速度：図-2に単相流および200μm粒子の体積濃度が0.05%の場合の2相流の粒子、流体の平均速度分布を示す。ここに \bar{u}_c は断面中央の平均速度、Yは断面の半幅である。単相流の速度分布と対数分布則を比較すると中央部を除いた全断面でよい一致を示し、この時の摩擦速度 u_{*} は約0.83cm/sであった。2相流の場合の粒子の速度分布は流体の速度分布とほぼ同様の形を示し両者の相対速度は最大で約1.2cm/sであった。単相流と2相流の平均速度を比較すると、断面の他の部分に比べ中央部では相対速度が比較的大きいため粒子にひきずられて速度がわずかに大きくなっているが単相流の場合と比較して大きな違いはみられない。この傾向は他の濃度の場合でも同様であった。本研究での粒子濃度が比較的低かったためと考えられる。

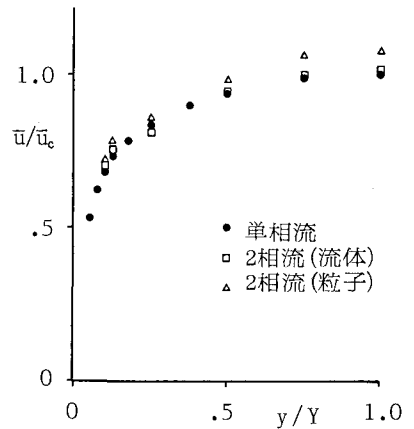


図-2 平均速度分布 (200μm, 0.05%)

2) 乱れ強度：図-3に200μm粒子を混入した場合の流体の乱れ強度の断面分布を示す。単相流と比較して2相流の両濃度の場合とも粒子の混入によって断面中央部では乱れが増加しているが逆に壁面近くでは乱れが減少しており、同一断面内で粒子の存在による乱れの生成と抑制が生じている。また、断面中央部では濃度の増加にしたがって乱れも増加しているのに対し、壁面近くでは濃度が増加すると、いったん減少した乱れが逆に増加しており

壁面近くでは乱れを最小にする濃度が存在している¹⁾と考えられる。図-4は400 μm 粒子を混入した場合の乱れ強度分布である。壁面近くでは、单相流と比較して乱れ強度の増加の割合が小さいが全断面において粒子の混入による乱れの増加が観察される。また200 μm 粒子の場合と比較して断面中央部においては乱れは位置による違いがほとんどなく平坦化している。

3) レイノルズ応力: 図-5に200 μm 粒子の場合のレイノルズ応力の分布を示す。本研究ではレイノルズ応力は図-1に示したビームスプリッタを流れの方向に対して $\pm 45^\circ$ 回転させ、各方向の速度成分 u_x , v_x を測定し、次式²⁾

$$\overline{u'v'} = (\overline{u_x'^2} - \overline{v_x'^2})/2 \quad (1)$$

を用いて求めた。図中の実線は

$$-\rho \overline{u'v'} = (1 - y/Y)\tau_w - \mu d\bar{u}/dy \quad (2)$$

より計算した値であり、壁面せん断応力 τ_w は摩擦速度より求めている。また式(2)の速度勾配 $d\bar{u}/dy$ は单相流の場合の実測値を用いている。式(2)より求めた計算値と单相流の実測値を比較するとばらつきはあるものの実測値はほぼ計算値に近い値を示している。2相流の場合、ばらつきは大きくなっているが单相流の場合と比較して大きな違いは見られない。これは1)で述べたように单相流と2相流の流体の平均速度分布に大きな変化がなかったためと考えられる。実測値のばらつきの原因としては、ビームスプリッタの回転による測定位置のずれ、单相流と2相流の測定データ数の違い等の測定方法によるものや粒子によるレーザービームの遮断によってドップラー信号の状態が悪化することが考えられる。

4. おわりに

本研究より得られた結果を要約すると

1) 本実験範囲の200 μm 粒子の濃度では平均速度分布、レイノルズ応力分布に大きな変化は見られない。

2) 200 μm 粒子を混入した場合、单相流に対し乱れ強度は断面中央部では増加するのに対し、壁面近くでは減少し、同一断面内で粒子の存在による流体の乱れエネルギーの生成と抑制が同時に生じている。

3) 400 μm 粒子を混入した場合、乱れ強度は全断面にわたって増加する。

参考文献

- 1) 辻 裕, 他: レーザー流速計による鉛直管内固気2相流の測定, 機械学会論文集(B), 50巻, 452号, pp1000-1008, 昭和59年4月
- 2) Hinze, J.O.: Turbulence, McGraw-Hill, p. 254, 1959

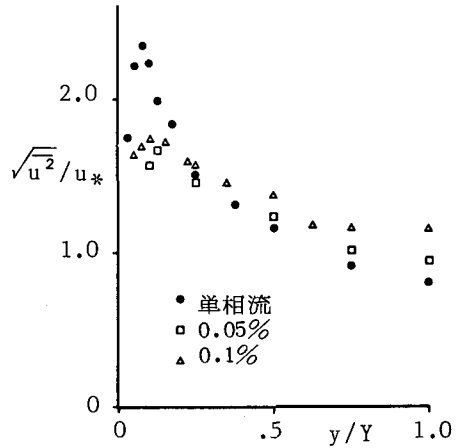


図-3 乱れ強度分布 (200 μm)

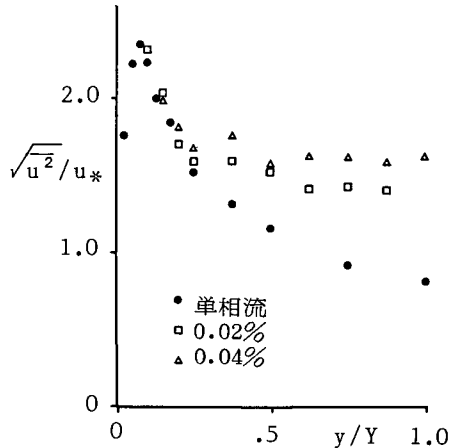


図-4 乱れ強度分布 (400 μm)

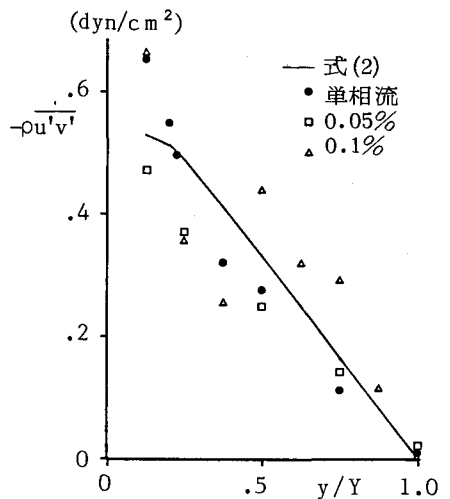


図-5 レイノルズ応力分布 (200 μm)