

固体粒子を含む流れの流体の変動速度スペクトルの变形について

九州大学工学部 ○学生員 阪本 肇

九州大学工学部 正 員 上田 年比古

九州大学工学部 正 員 神野 健 二

九州大学工学部 正 員 初井 和 朗

1. はじめに

固体粒子を含む流れでは、固体粒子の存在により流体の乱れの統計量が予想を越えて変化していることが多く、この乱れの構造の変化は固体粒子と流体の拡散係数に影響を及ぼすものと考えられる。しかしながら、従来の熱膜流速計や写真撮影では、解析の基本となる固体粒子を含む流れの乱れについて十分な検討を行うことが困難であり、乱れの構造の変化に対する十分な実験的知見は未だ得られていないようである。

本研究では、レーザ流速計（以下LDV と略記する）を用いて固体粒子を含む流れの流体と固体粒子の速度測定を行い、流体の変動速度のスペクトルが、流体のみの単相流と比べて変形するかについて実験的検討を加えるものである。

2. 実験

2.1 実験装置

図-1には、実験装置の概略を示している。水平微動が可能な台の上に鉛直に立てた正方形断面の管路に一定の流量の鉛直下降循環流をつくる。流体用トレーサには、 $30\mu\text{m}$ のフィルターを通過した水道水中の自然混入物（以後これを流体と記す）を利用し、固相用粒子には、比重2.5 で平均粒径 $d_p=180\mu\text{m}$ および $420\mu\text{m}$ のガラスビーズを用いている。

2.2 測定方法

固体粒子を含む流れ（以後二相流と記す）へのLDV の適用にあたっては、まず、固体粒子と流体とのLDV 信号を識別することが必要となってくる。ここでは、図-2に示すように、固体粒子と流体とのドップラー信号の振幅の相違を利用して両者の識別を行っている。

次に、LDV により得られる流体の変動速度のスペクトルを求める場合、LDV に固有の高周波部分に生じるアンビギュイティ雑音の問題となる。ここでは、2つのフォトマルを用いる相互相関法によるアンビギュイティ雑音の影響の除去方法を検討する。図-3には、従来の1つのフォトマルから得られるスペクトル F_{11} を記号 $\times$ で、2つのフォトマルによるクロススペクトル F_{12} （本法）を記号 Δ で、また比較のため熱膜流速計によるスペクトルを実線で示している。 F_{11} では、ほぼ6Hz 付近の周波数帯でアンビギュイティ雑音の影響が現れはじめ、10Hz以上ではスペクトルレベルが平坦化している。一方、本法による F_{12} では、20Hz程度まで熱膜流速計のスペクトルレベルとほぼ一致しており、アンビギュイティ雑音の影響が除去されているものと考えられる。以上のことから、ここでは2つのフォトマルを用いた本法により二相流における乱れスペクトルの算定を行うことにする。

3. 結果と考察

図-4に管断面中央部における単相流および平均粒径 $d_p=180\mu\text{m}$ の二相流の変動速度時系列を示している。二

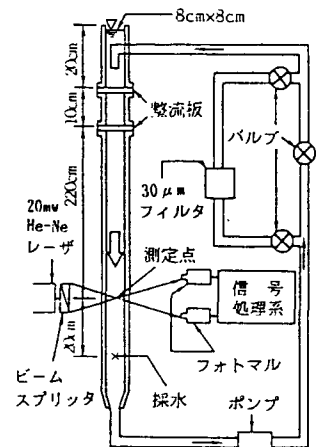


図-1 実験装置

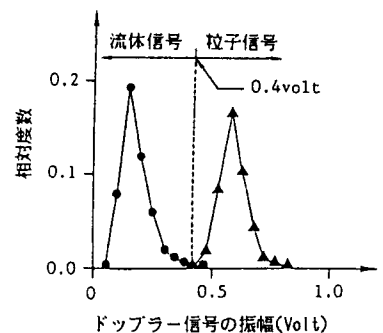


図-2 ドップラー信号の振幅のヒストグラム

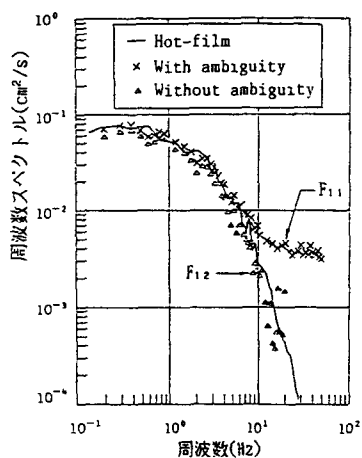


図-3 LDVと熱膜流速計により測定した周波数スペクトルの比較

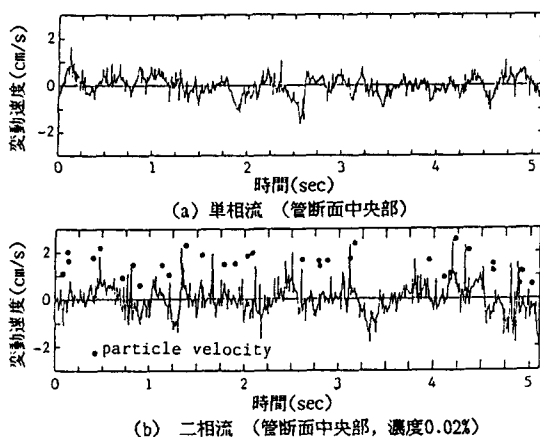


図-4 変動速度時系列

相流ではアンビギュイティ雑音とは異なる高周波の変動がみられる。これは、固体粒子 $d_p=180\mu\text{m}$ の沈降速度は 2.56 cm/s であり、粒子と流体とは沈降速度に相当する相対速度が存在することから、粒子を混入した場合の粒子付近の流体は、流体の平均速度に比べ高い速度をもつ粒子によって引きずられることになる。このため、流体の変動速度の振幅は单相流と比べて増加することになると考えられる。

図-5(a)には、管断面中央部で $d_p=180\mu\text{m}$ の固体粒子を加えた場合、図-5(b)には壁面から 0.5 cm で $d_p=420\mu\text{m}$ の固体粒子を加えた場合の二相流の流体の変動速度のスペクトルと单相流のそれとの比較を示している。

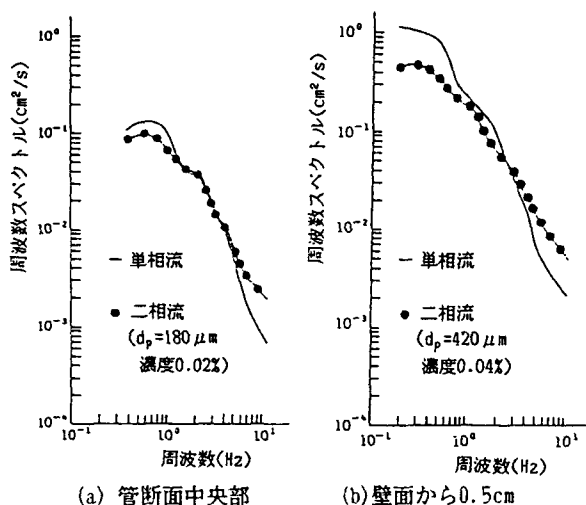


図-5 单相流と二相流の流体の変動速度のスペクトル

二相流の変動速度時系列における高周波の変動部分の振幅の増加のため、約 3 Hz ～ 10 Hz の周波数領域での二相流のスペクトルは单相流の場合に比べて増加している。

4. おわりに

二相流における流体の変動速度スペクトルは、单相流のスペクトルと比較して、本研究では若干ではあるが、変形することを示した。これにより二相流の流体の乱れの統計量、例えば乱れ強度、乱れのスケール等が変化していると考えられることから、固体粒子の拡散係数の評価¹⁾には、変化した二相流における流体の乱れの統計量を用いることが必要であるといえよう。今後、固液二相流における乱れの統計量の変化に対する定量的な評価を行い、二相流における固体粒子の拡散係数について検討を加えていく予定である。

参考文献 1) 上田年比古・神野健二・初井和朗・前浜光爾：数値計算による一様等方性乱流中の沈降性粒子の拡散係数の検討，土木学会論文集，第337号，pp.93-100, 1983.