

分散系二相乱流における固体粒子群が影響を及ぼす SGS 応力の抽出

佐藤 洋平 (機械研)

菱田 公一 (慶大理工)

1. 緒言

分散系二相乱流では、分散相である固体粒子群と連続相である流体との相互干渉の影響を無視することができず、現在までその現象解明のために実験的及び数値解析的研究が数多く行われてきた。しかし、固体粒子群によるエネルギー輸送に関する議論は行われてきておらず、物理的メカニズムの解明及びより普遍的なモデル構築には至っていない。本研究では、高速度 CCD カメラを往復運動可能なシャトル上に搭載した画像処理流速計(PIV)を用いて、矩形管内乱流における、固体粒子群介在によるサブグリッドスケール(SGS)応力の抽出を初めて行う。更に大規模渦スケールから小規模渦スケールへのエネルギー輸送に固体粒子群がどのような影響を及ぼしているかを解明し、新たな分散系二相乱流 SGS モデルの確立の際に必要な不可欠なデータベースの構築を行う。

2. 実験方法

実験に用いた装置は 3 cm × 25 cm の矩形断面を持つ鉛直チャネル(作動流体は水)であり、チャネル入口上部に粒子供給装置を設置した。添加粒子はコルモゴロフ最小スケールより大きい 396 μm ガラス粒子($t_p = 10$ ms, $Re_p = 50$)を選定し、体積分率は粒子間衝突が無視できる 3.3×10^{-4} とした。

PIV を用いた本計測システムの数値校正に伴う誤差は瞬時速度の 2.0% 以内であった。固体粒子を 2~3 秒間追跡撮影し、1/125 秒間隔(= 8 ms)で速度分布を算出した。

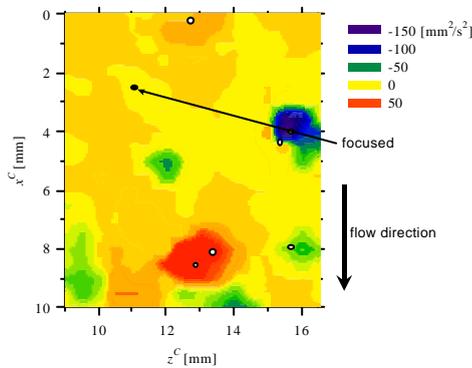


Figure 1. Contour plot of the real SGS stress element, τ_{13} , around particles, computed with the gaussian filter of width $D = 500$ mm. Fluid information seen by particle was calculated focusing on a particle as shown as a solid mark.

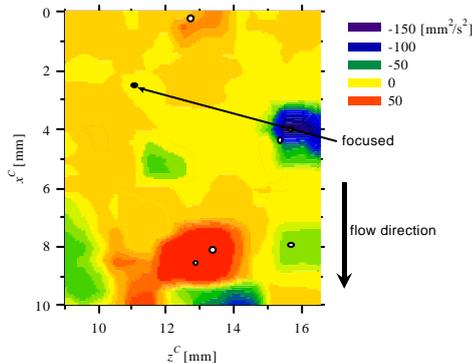


Figure 2. Contour plot of the real SGS stress element, τ_{13} , around particles, computed with the top hat filter of width $D = 500$ mm. Fluid information seen by particle was calculated focusing on a particle as shown as a solid mark.

3. 結果と考察

本実験では、固体粒子群により乱流強度が増加する現象が見られたが、著者らの一連の研究より、固体粒子群濃度変動による低波数領域のエネルギースペクトル増加に起因していることが明らかとなった。しかし、そのメカニズムは未だに解明されていない。そこで固体粒子群によるエネルギー輸送のメカニズムを詳細に解明するために、種々のフィルタリング操作を施した real SGS 応力分布を図 1 及び図 2 に示す。フィルタリング操作の違いが分布に見られるものの、粒子が集積している領域に real SGS 応力が高い値を示している。今後は固体粒子群が直接影響を及ぼす渦スケールと粒子間距離から得られる特性長さスケールを考慮したフィルタ幅を選定し、新たな SGS モデル構築を行っていく。その際、質点近似の問題を解決するために、二流体モデルを採用する。

図 3 及び図 4 に、種々のフィルタリング操作を施した際の SGS 応力へのエネルギー束分布を示す。粒子群の後方に負の値が、そして前方に正の値が集中していることから、また相対位置関係が分布形状を変化させていることから、固体粒子群が SGS 応力に影響を与える際には指向性が存在していることが判る。

4. 結言

以上得られた実験事実により、今後は新たな SGS モデルの提案、そしてエネルギー輸送メカニズムを解明を行っていく。

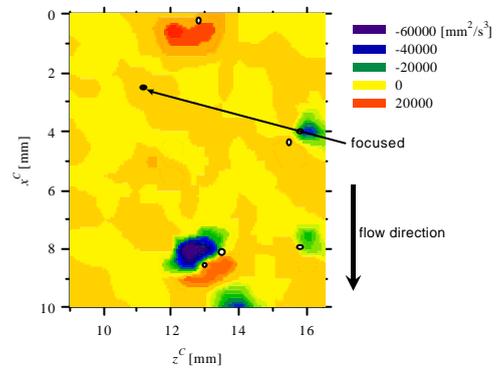


Figure 3. Contour plot of spatial distribution of energy flux, $-\tau_{13} \bar{S}_{13}$, for the gaussian filter of width $D = 500$ mm. Fluid information seen by particle was calculated focusing on a particle as shown as a solid mark.

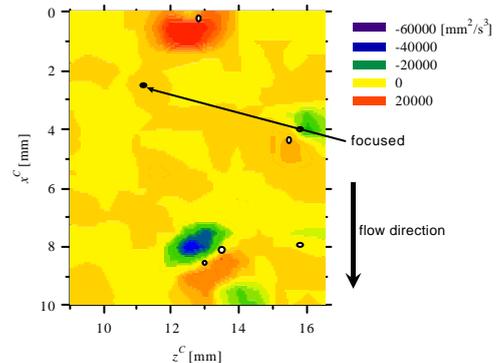


Figure 4. Contour plot of spatial distribution of energy flux, $-\tau_{13} \bar{S}_{13}$, for the top hat filter of width $D = 500$ mm. Fluid information seen by particle was calculated focusing on a particle as shown as a solid mark.