

壁面を回転流下する 2 粒子による流れの安定化について

北海道大学大学院 学生員 ○小林 雄介
 北海道大学大学院 学生員 村上 吉剛
 北海道大学工学部 正会員 森 明巨

1. はじめに

著者らは、剪断流中を回転する粒子による1つの乱流生成機構を 2 つの剪断流実験で確認した。第 1 は、外側が回転する同軸二重円筒によって作られる二次元循環剪断流⁽¹⁾、第 2 は、滑面境界層剪断流⁽²⁾である。この乱流生成は、図-1 に示すような Acrivos 型流れ⁽³⁾によって引き出された周辺の高渦度流体の burst 状の巻き上がりである。

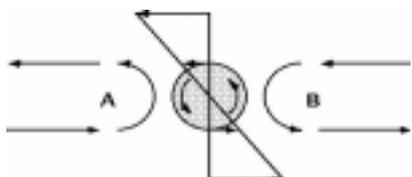


図-1 単一粒子周りの流れ

この回転粒子の作用によって、速度勾配は一様化し、流れの特性を表す重要なパラメータである剪断レイノルズ数 $R_\Delta = \Delta u d / \nu$ ($\Delta u = ((\partial u / \partial y) d)$) は減少する。このため流れが安定化し、2 粒子流れでは乱流生成は一般に低下する。本研究は、PIV 解析を用いて粗面流について、この構造を調べたものである。

2. 実験装置

粒子には二次元粒子(円柱)を用いた。図-2は本研究で用いた実験水路で、粗度は直径1cmの半球で、パッキング用ビニールシートである。図の斜線部を上方からビデオカメラで撮影し、染料とおがくずとアルミ粉を混ぜた微粒子により可視化した。

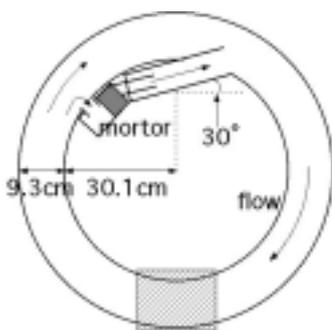


図-2 実験装置図

3. 実験結果

粒子なしの時の流速分布を図-5 中に実線で示した。

最大流速 1.4cm/sec 程度の乱れの小さい流れである。

3.1 1 粒子流れ 写真-1に示したように、粒子の回転により大規模な burst 状の乱れが発生する。



写真-1 $R_\Delta = 150$ ($d = 1.6$ cm)

図-3はPIV解析によって得られた流速ベクトル図で、粒子速度を差し引いている。粒子直下流には burst へと移行する上昇流があり、それを補償するように底面近傍には逆流域が現れる。この底面近傍の低速流体の上方輸送、逆流による底面近傍低速流体の補給の一連の流れは図-1 の A 型流れを大規模化したものになり、流速勾配の減少を小さくしている。

粒子上流側でも同様に、底面近傍に逆流域が現れて R_Δ の減少は小さい。

このように 1 粒子流れの R_Δ 減少は小さい。

3.2 2 粒子流れ 図-4 のベクトル図に見られるように粒子間にはかなり強い合成された渦が生ずる。図-5-1~5-6 は横断流速分布である。全体的には速度低下が大きいが、底面近傍の速度勾配はそれほど低下していない。これは、下流域では大規模化された A 型流れの形成、上流では上述の 2 粒子間でおこる渦の形成による逆流があるためである。2 粒子流れでも各粒子が burst を放出する。2 つの burst はからみ合って1つの合成 burst になり、この流れが粒子に作用して、粒子間距離が縮まり、追いつき停止する。

図-6 は 2 粒子間距離 1 粒径程度の時のベクトル図である。2 粒子間の合成渦が押し出され burst 型の流

キーワード: 回転粒子 Acrivos 型流れ 剪断レイノルズ数 粗面 burst

〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院工学研究科

れが形成される。大きな欠速度があり(図-7-1~7-4)、
 近接粒子流では相互干渉が著しく強くなることがわる。

4. 結論

粗面の場合、粒子が 1、2 個いずれも底面近傍に逆
 流(粒子との相対速度)が発生するため R_{Δ} の減少は小
 さい。このため各粒子から burst が発生する。2 粒子の
 場合には両粒子から発生した burst が干渉し合体する。
 この流れは粒子運動に作用して両粒子は接触、停止す
 る。

5. 参考文献

1)清水啓之、森明巨、板倉忠興 (1999):せん断流中
 の自由粒子まわりの不安定性について,土木学会北海
 道支部 論文報告集 第 55 号(B)
 2)小林雄介、村上吉剛、森明巨、板倉忠興(2000):境
 界層流れにおける回転粒子の効果に関する実験的研
 究,土木学会北海道支部 論文報告集 第 56 号(B)
 3)CHARLES A KOSSAK and ANDREAS
 ACRIVOS (1974):Steady simple shear flow past
 a circular cylinder at moderate Reynolds numbers
 J.Fluid Mech, vol.66,part 2,377

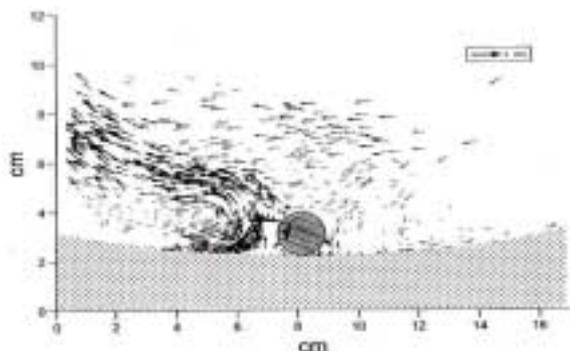


図-3 単一粒子ベクトル図

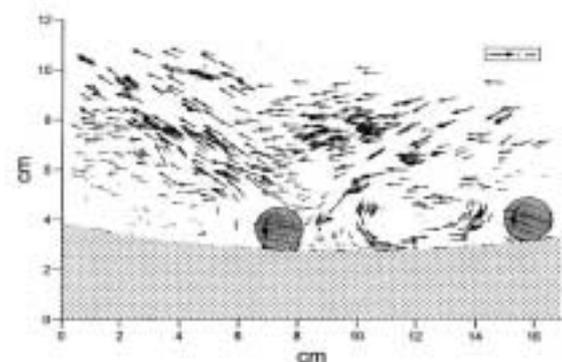


図-4 2粒子ベクトル図

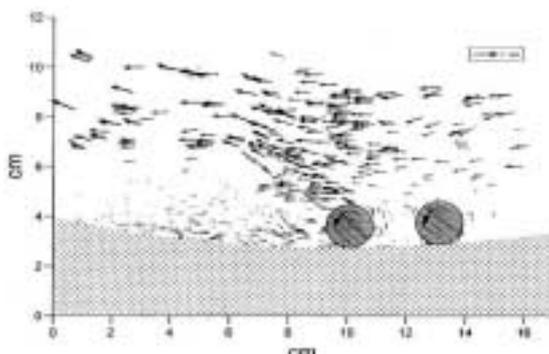


図-6 2粒子ベクトル図



図-5-1 x=3.0cm

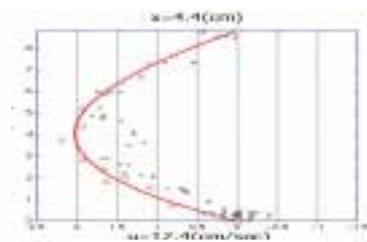


図-5-2 x=4.4cm

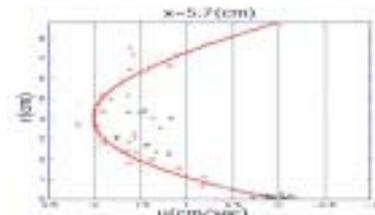


図-5-3 x=5.7cm

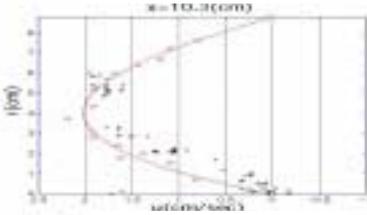


図-5-4 x=10.3cm

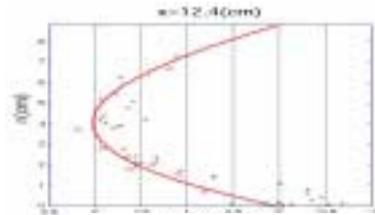


図-5-5 x=12.4cm

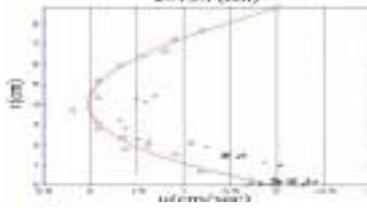


図-5-6 x=13.7cm

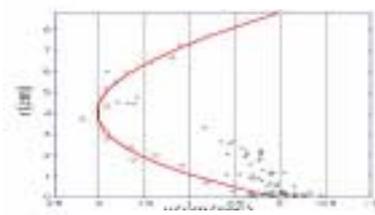


図-7-1 x=5.7cm



図-7-2 x=6.7cm

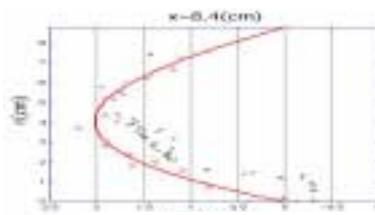


図-7-3 x=8.4cm



図-7-4 x=11.1cm