

粗面境界層上を流下する2粒子周辺の流れの構造

北海道大学 学生員 ○藤江 稔
北海道大学 正会員 森 明巨

1. はじめに

Acrivos らは剪断流中を回転流下する粒子の上下流に、図1に示すような1対の渦状流れが発生することを示した。小林らはこの流れが境界層流に与える影響を調べ、底面近傍の低速・高渦度の流体を吸い出して burst 状の強い乱れが発生することを示した(写真1)。更にこの乱れによって引き起こされる次の現象を見出した。

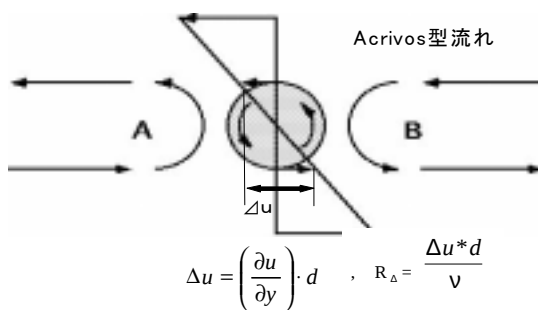


図 1

- a)円形水路の側壁に鉛円柱を置いた粗面流実験→河床粒子に衝突して速度の低下した saltation 粒子の底面にもぐり込む流れが生じて saltation を継続させる。
b)滑面の2粒子流下実験→上流側粒子Aは下流側粒子Bより流下速度が大きい(図-2中のB→C、D→E)。



写真 1

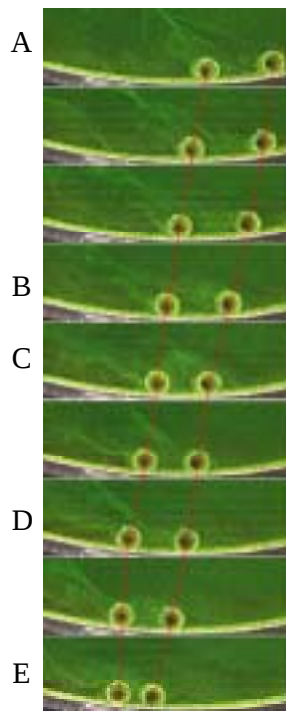


図 2

本研究は、実際の移動床に近づけるために

上記2実験を合わせ、二次元粗面流を流下する粒子周辺の流れが2粒子の運動に与える影響を調べたものである。

2. 実験と結果

図-3は本研究で用いた実験装置で流路の湾曲に伴う二次流を重力効果として利用した。側壁には直径1.5cmの鉛の円柱を置き、粒子の衝突による反発効果を除いた。粒子には直径1.5cmの円柱を用いた。流れの可視化にはおがくずとアルミ粉を混ぜた微粒子を用いた。図-4は粒子なしのときの流速分布である。レイノルズ数 $R = 120$ (図-1参照)で、これは burst 状の乱れが活発に発生する条件である。

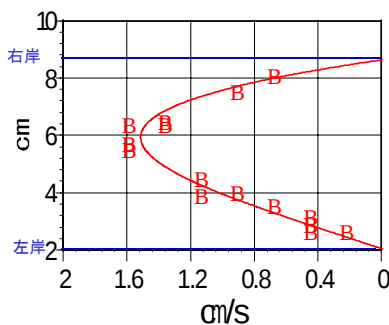


図 4

図-5はA、B粒子の走時曲線でCは1粒子だけの時のものである。Cの平均移動速度が0.60cm/secである。これは図-4の側壁から粒子の中心位置0.75cmの流速に相当し、A粒子はこれよりも速くB粒子は遅い。

図-6に0.4sec毎の粒子の直径と中心点(粒子A-●、粒子B-○)の動きを示した。

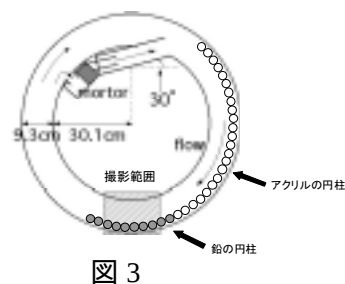


図 3

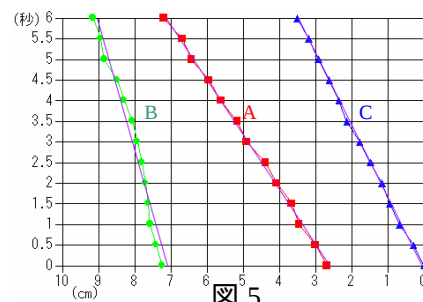


図 5

キーワード saltation 流砂 河床変動

連絡先 〒001-0004 北海道札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部工学研究室 TEL 011-706-6189

表 1 は A、B それぞれの平均移動速度 u_p 、平均回転速度 θ_p の比較である。両方とも A 粒子は B 粒子の 2 倍以上になっている。表 1 の $u_p/d\theta_p$ によれば A、B は幾分滑動

していると考えられる。両粒子の運動形態は、観察では A 粒子は saltation、B 粒子は河床粒子に接触を保った転動であった。図-7,8,9 に PIV の解析結果を示す。

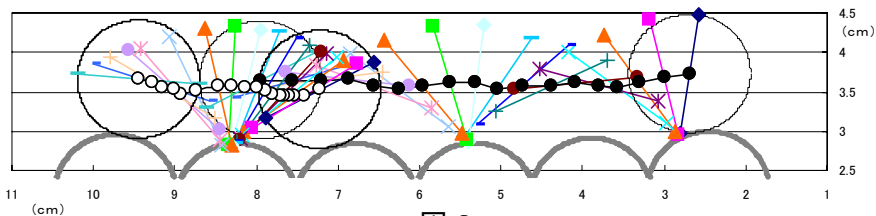


図 6

	運動形態	$u_p(\text{cm/s})$	$\theta_p(\text{rad/s})$	$d\theta_p(\text{cm/s})$	$u_p/d\theta_p$
A	saltation	0.75	0.78	0.59	1.27
B	転動	0.32	0.36	0.27	1.19

表 1

3. 考察

図-7 からわかるように粒子 A、B 間の流体が A 粒子下流側から発生した burst 状の乱れによって吸い出され、噴出している。このために生じる粒子間の水圧低下が A、B 粒子の速度の増減を引き起こしたと考えられる。saltation 粒子が河床に衝突すると単一粒子の場合には、前述 a) 実験のように速度は大きく低下するが 2 粒子の場合は図-6 に見られるように軌跡は平滑である。これは A 粒子下流側の圧力低下によるものと考えられる。すなわち河床に衝突した粒子は衝突面の接線方向に引っ張られて平滑に次の saltation に移行する。一方 B 粒子は、上流側圧力の低下により減速されて saltation できず河床粒子に沿って転動する。図-8 にみられるように、両粒子が接近しても粒子間に上昇流が存在する。このために生じる 2 粒子間衝突によって A 粒子の流下速度は著しく低下する。そのとき図-9 にみられるように A 粒子は粒子下方にもぐりこむ流れによる揚圧力を受けて B 粒子を乗り越えるように側壁から離脱する。これは単一粒子型の saltation 機構と同じである。A 粒子の離脱と同時に B は流下を再開して A、B 粒子は役割を交代する。実際の流砂現象においても粒子濃度が高くなると同様の現象が誘導され各粒子が互いに影響を及ぼし合いながら集団的に流動することが予想される。

参考文献

- 1) 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 2,37
- 2) 小林雄介、村上吉剛、森明巨、板倉忠興(2001): 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, 第 56 回年次学術講演会講演概要集 - 9

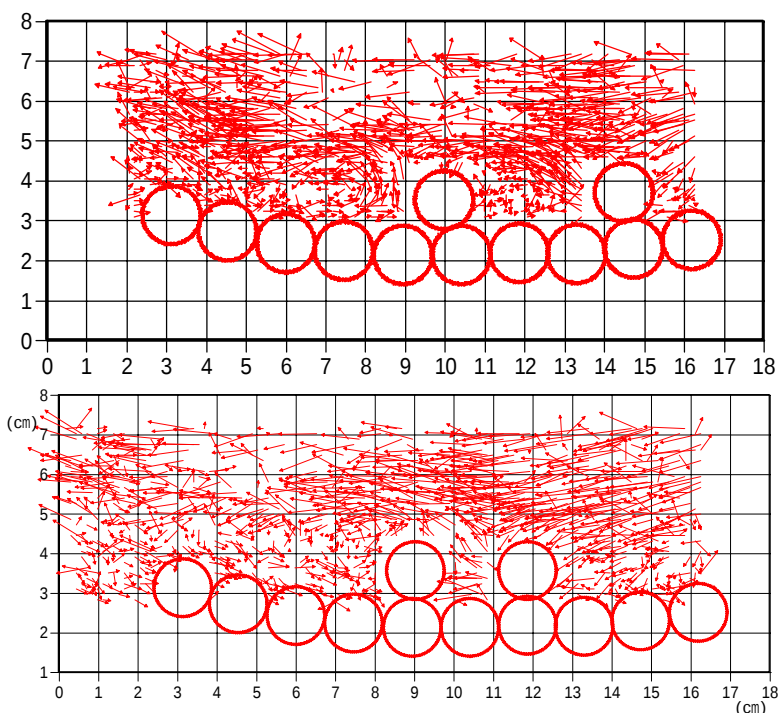


図 8

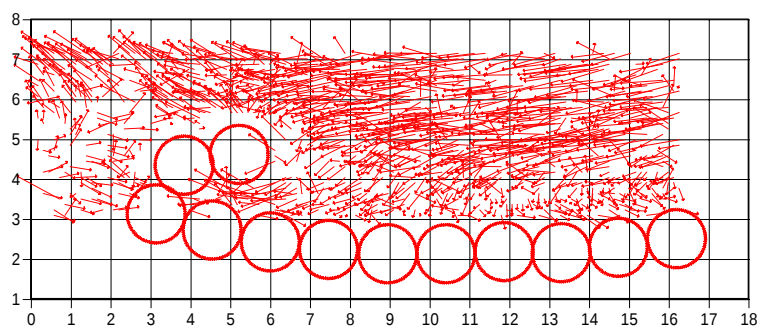


図-9