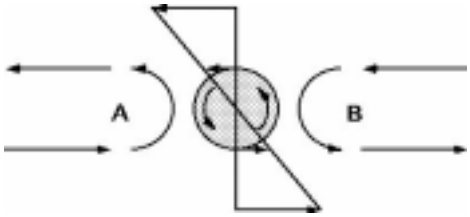
粒子自身が誘導する乱れによるsaltation運動

北海道大学大学院　学生員　○広瀬　健治
北海道大学大学院　学生員　小林　雄介
北海道大学大学院　正会員　森　明巨

１．はじめに

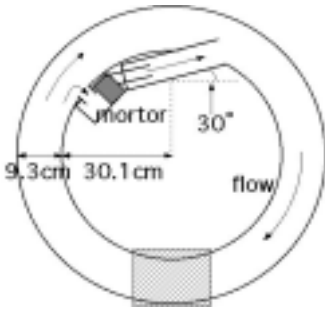
境界層剪断流中の粒子の周りには、図－１に示すような Acrivos 型流れ [1] が発生する。本研究は、このような流れが粒子の運動と相互作用することによって、引き起こされる乱れが saltation 運動を継続させることを実験的に示した。



図－１　Acrivos 型流れ

２．実験装置

図－２に示した円形水路の壁面を河床とし、粒子には直径 1.5cm の円柱を使い、２次元的流れを観察する。粗度には粒子の衝突による反発を除くため直径 1.5cm の鉛の円柱を用いた。湾曲部特有のらせん流によって粒子を壁面に寄せ、これを重力の効果とする。図の斜線部を上方からビデオカメラで撮影し、おがくずとアルミ粉を混ぜた微粒子で可視化した。

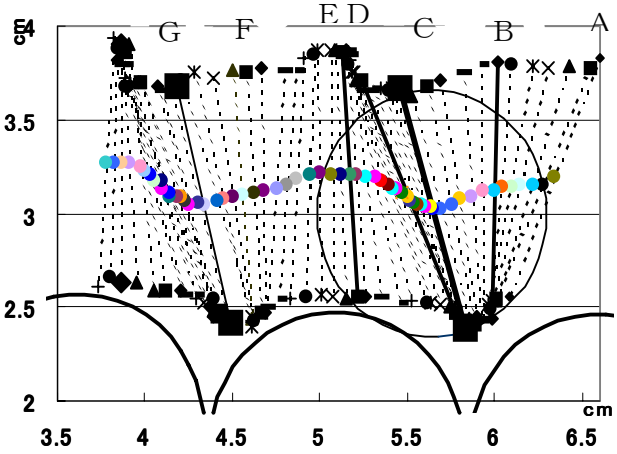


図－２　実験装置図

本実験の最大流速は 1.5cm／sec で、$R_{\Delta}=\Delta u \cdot d/\nu$、$\Delta u=(\partial u/\partial y)d$ で定義されるせん断レイノルズ数 R_{Δ} は 120 であり、R_{Δ}=100～250 で Acrivos 型流れが強く発達することがわかっている [4]

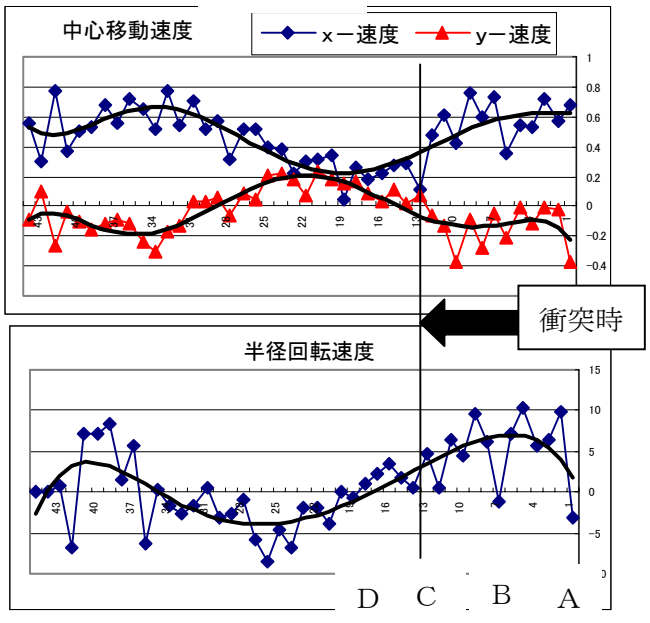
３．粒子の運動と粒子周辺の流れ

図－３の点線は移動粒子のある一つの直径を 0.1 秒おきに追跡したものである。図－４は粒子の中心の移動速度と回転の速度である。反時計回りを順回転、その反対周りを逆回転とする。図－５は粒子周辺の流速ベクトルで、粒子の流下速度に対する相対速度である。粒子は図－３、４の A～Cにおいて順回転速度を弱めながら下降し、落下速度も減少している。t=0.0sec（B 点）の流れを見ると、Acrivos 型



図－３　回転移動グラフ

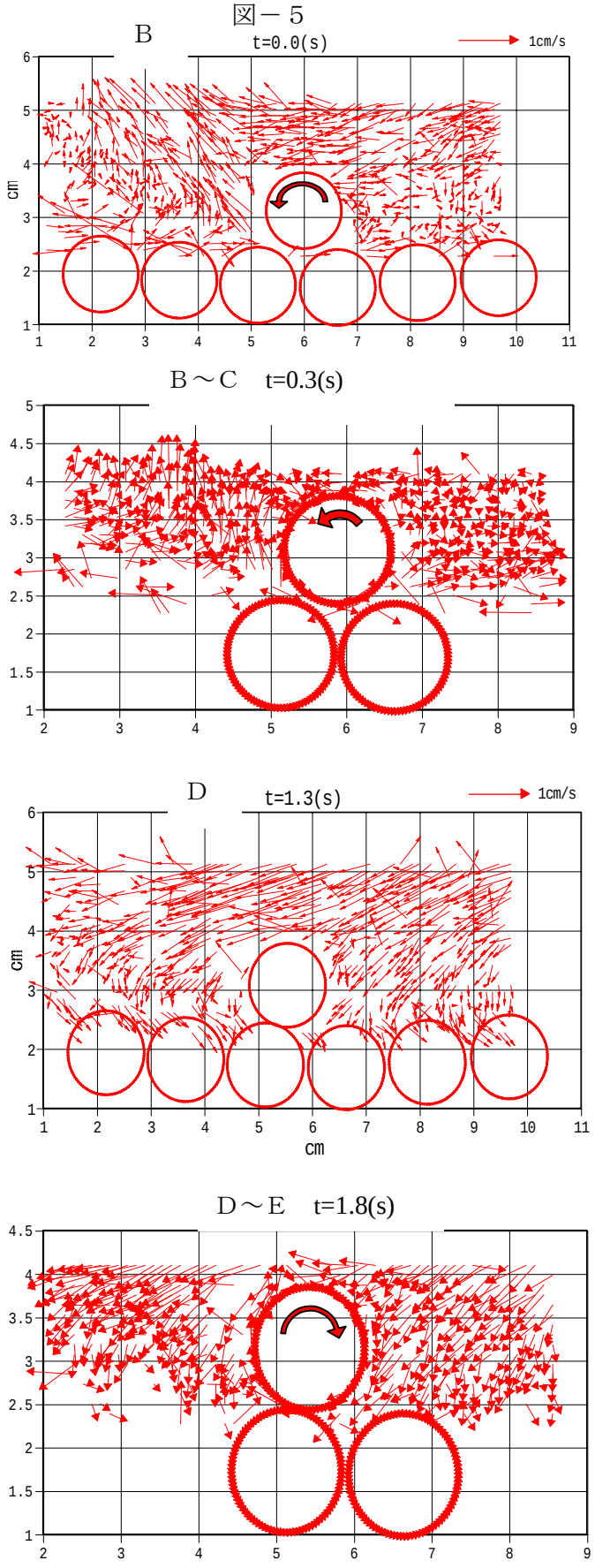
図－４



キーワード：　Acrivos 型流れ　せん断レイノルズ数　saltation　流体力　逆回転
〒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

の流れであるが、粒子下流域の上昇流が非常に強い。回転粒子が引き起こした上昇流が底面付近の低速高

図－５



渦度流体を巻き上げて burst 状になったものである。このような流れにより粒子の回転速度が減少している。C で河床に衝突し、D まで河床に接したまま回転を継続する。図－４を見ると摩擦力により衝突後から粒子の移動、回転の速度が落ちていることがわかる。t=1.3sec（D点）から粒子は逆回転を始める。D点では粒子上流域において粒子下方に入りこむような流れが見られる。D～E では強い逆回転をしつつ、上昇する。 t =1.8sec（D～E）では、粒子上流域から粒子下方を通り抜けるような流れと、粒子下流の極近傍域での上昇流が見られる。この時、最も強い逆回転をしていることが図－４からわかる。E～F では水平移動で逆回転から、順回転に遷移する。F 以降は次のサイクルへとつながっていく。

４．おわりに

粒子は衝突後河床に短時間接触したまま回転を継続していった。壁面の粗度に鉛の円柱を使っていたことから、流体力のみにより saltation が継続することがわかる。

ｔ＝0.3(sec)の時に見られる Acrivos 型流れによる粒子の回転速度と落下速度の低下は、粒子の河床からの離脱を容易にしている。逆回転を引き起こす流体力は、ｔ＝1.8(sec)の時の粒子上流域から粒子下方に入りこむような流れと、粒子直下流域の上昇流が該当すると考えられる。

この２つの流れの作用が粒子に揚力とトルクを与え、上方へと移流させ、粒子に逆回転を起こし、saltation を継続させていくものと考えられる。

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 2,372)　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）3)　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 4)　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 回年講概要集Ⅱ－9