

図-4: 粒状層界面近傍の水平断面位置 ($z/D=0.0\sim-0.5$)

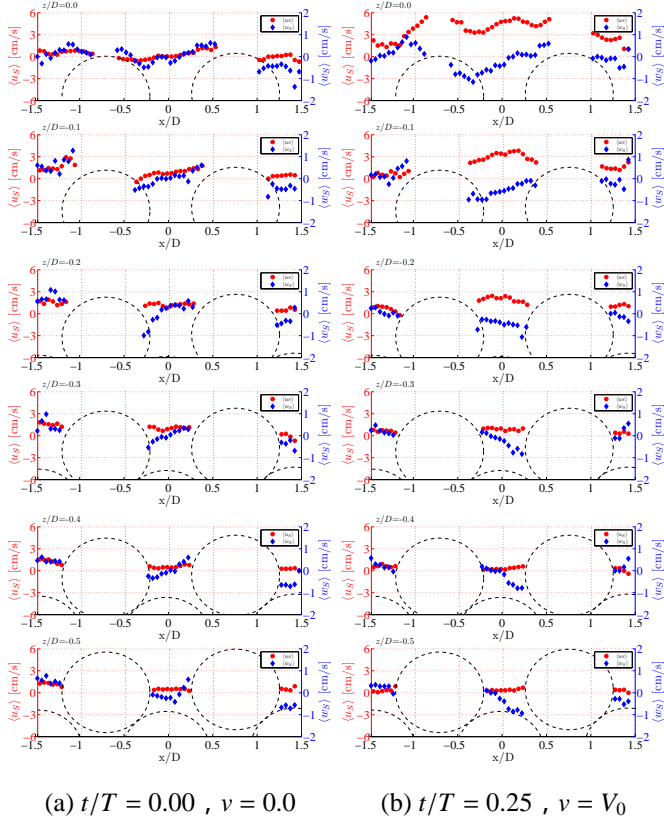


図-5: 上部流の転流時と最大速度時における，粒状層界面近傍の水平断面上 (図-4) の空間平均流速 $\langle u_s \rangle$ ， $\langle w_s \rangle$ の分布 (上から $z/D=0.0, -0.1, -0.2, -0.3, -0.4, -0.5$)

図においても， $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}$ は粒状層上部では位相に依らず一定の値を示している．一方，界面付近では， $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}$ が増加し，界面から層内に向かって増加している傾向が見取れる．また，明確ではないが， KC 数が増加すると， $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}$ は粒状層内において，空間的なばらつきが大きくなっていることがわかる．一方， Re_p 数による変化は見取れない (図-7)．

4.2 無次元空間乱れエネルギー・無次元空間平均レイノルズ応力に及ぼす Re_p 数および KC 数の影響

4.1 節では， $\langle K_{St} \rangle_{xy}$ および $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}$ の分布の位相変化について述べた．

乱流諸量に及ぼす，振動流特性を検討するため，空間乱れエネルギー $\langle K_{St} \rangle_{xy}$ および空間平均レイノルズ応力 $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}$ を V_0^2 で無次元化した無次元空間乱れエネルギー $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ および無次元空間平均レイノルズ応力 $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}^*$ を算定した．

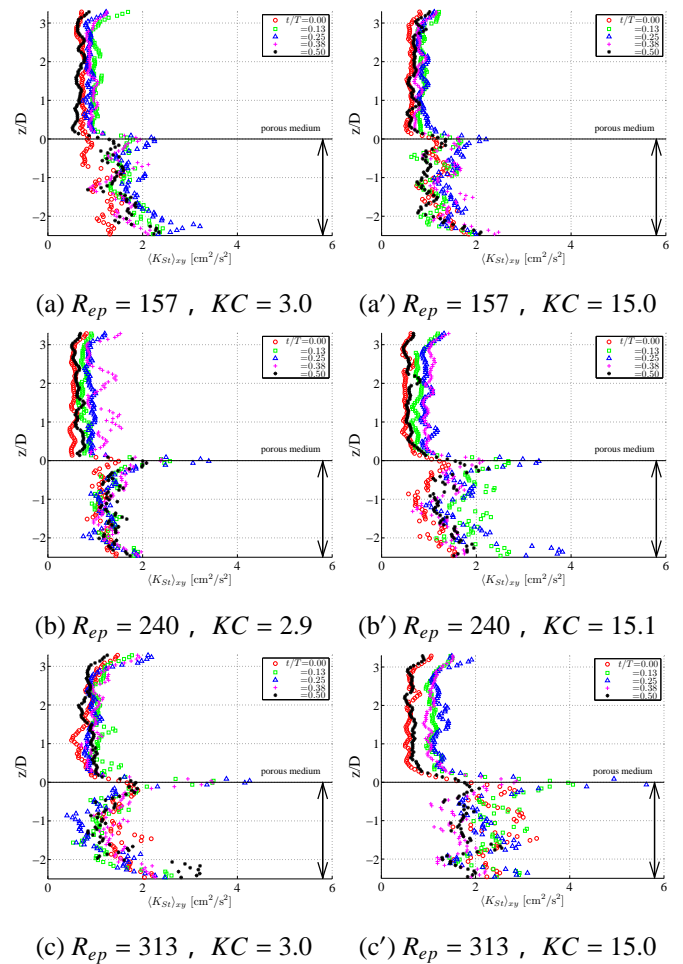


図-6: 位相変化に伴う $\langle K_{St} \rangle_{xy}$ の推移 ($t/T=0.00\sim 0.50$ ， $Re_p=157\sim 313$ ， $KC=2.9\sim 15.1$)

さらに，各実験ケースにおける， $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ および $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}^*$ の最大値，平均値および最小値を算定し，それらと Re_p 数および KC 数との関係を図-8にまとめた．ここで，図中の塗りつぶした丸は $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ および $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}^*$ の最大値を，アスタリスクは平均値を，塗りつぶした下向きの三角形は最小値を表している．また，ここでの最大値・最小値および平均値とは，粒状層内における $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ および $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}^*$ の最大値・最小値および平均値である．横軸は Re_p 数および KC 数であり，縦軸は $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ および $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}^*$ を示している．図-8(a)によると， $KC=15.0$ の $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ を除くと， Re_p が変化しても， $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ および $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}^*$ の最大値，最小値および平均値は，ほぼ変化がないことがわかる．

次に，図-8(b)によると，全般的に Re_p が増加するにつれ， $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ および $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}^*$ の最大値，最小値および平均値は，減少していることがわかる．以上より， $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ および $\langle R_{Sxz} \rangle_{xy}^*$ は Re_p 数には依らず， KC 数に対しては負の相関を示すことが示唆された．

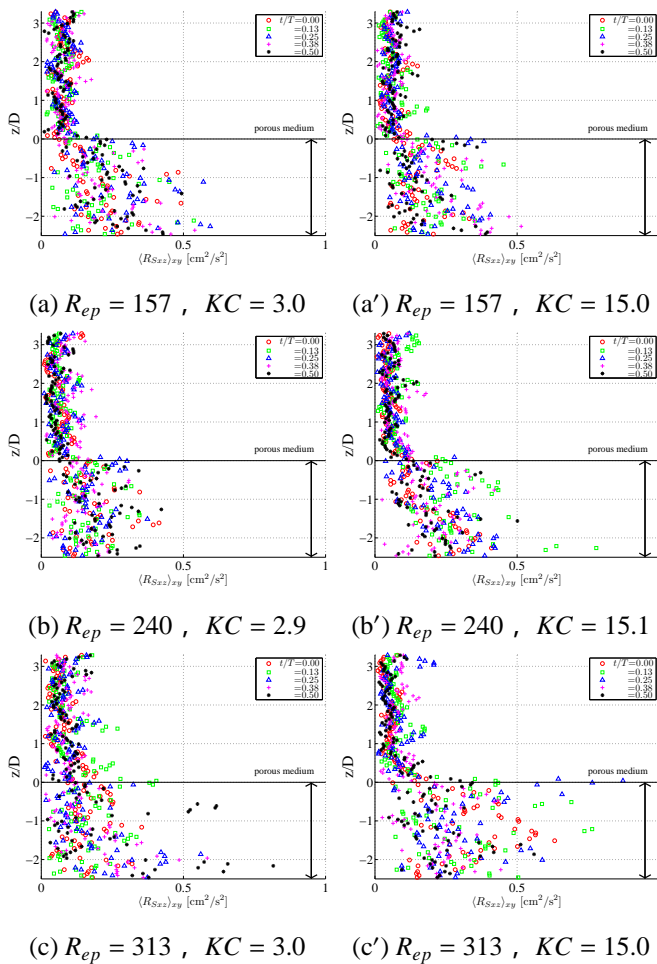


図-7: 位相変化に伴う $\langle R_{S_{xz}} \rangle_{xy}$ の推移 ($R_{ep}=157\sim 313$, $KC=2.9\sim 15.1$)

5. 結論

本研究は振動流場において、粒状層内を含む、その近傍の流れを高時間・高空間解像度で計測した。以下に、主な結論をまとめる。

- 流況の断面平均値から、主流方向の流速は KC 数および R_{ep} 数に依らず、 $-0.2 \leq z/D \leq 0.2$ で境界層が発達していることが示された。
- 粒状層界面近傍の流況から、粒子の上流側で層内から流出、下流側で流入する流れを呈していることが示された。
- 空間乱れエネルギー $\langle K_{St} \rangle_{xy}$ の分布の位相変化から、粒状層界面付近で $\langle K_{St} \rangle_{xy}$ が最大となり、 R_{ep} 数が増加するにつれ、 $\langle K_{St} \rangle_{xy}$ が増加することがわかった。
- 空間平均レイノルズ応力 $\langle R_{S_{xz}} \rangle_{xy}$ の分布の位相変化から、 KC 数が増加すると、 $\langle R_{S_{xz}} \rangle_{xy}$ は粒状層内において、空間的なばらつきが大きくなる傾向が示唆された。
- 無次元空間乱れエネルギー $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ および無次元空間レイノルズ応力 $\langle R_{S_{xz}} \rangle_{xy}^*$ の最大値・最小値および平均

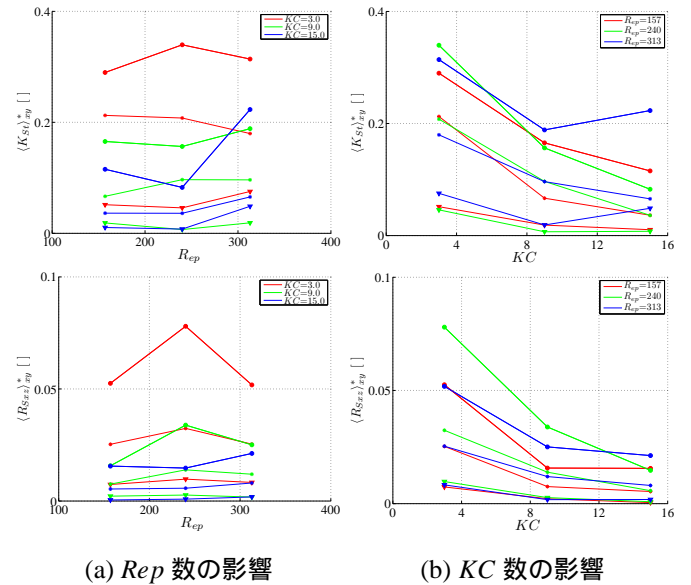


図-8: $\langle K_{St} \rangle_{xy}^*$ および $\langle R_{S_{xz}} \rangle_{xy}^*$ の最大値・最小値と R_{ep} 数、 KC 数との関係 (丸: 最大値, アスタリスク: 平均値, 下向き三角: 最小値)

値は R_{ep} 数には依らず、 KC 数に対しては負の相関を示すことが示唆された。

参考文献

- [1] R. M. L. Ferreira · L. M. Ferreira · A. M. Ricardo · M. J. Franca(2010): Impacts of sand transport on flow variables and dissolved oxygen in gravel-bed streams suitable for salmonid spawning, River. Res. Applic. , vol.26, pp.414-438 .
- [2] C. D. Tomkins · R. J. Adrian(2003): Spanwise structure and scale growth in turbulent boundary layers, J.Fluid Mech. , vol.490, pp.37-74 .
- [3] M. Detert · V. Nikora · G. H. Jirka(2010): Synoptic velocity and pressure fields at the water-sediment interface of streambeds, J.Fluid Mech. , vol.660, pp.55-86 .
- [4] 中條壯大 · 重松孝昌 (2010): 画像計測に基づく多孔質体通過流れの非線形乱流モデリングに関する基礎的研究, 海岸工学論文集, 第 66 巻, pp.771-775 .
- [5] 江藤剛治 · 竹原幸生 · 横山雄一 · 井田康夫 (1996): 水流の可視化に必要な関連技術の開発 - 比重整合 · 屈折率整合 · 多波長計測 - , 土木学会論文集, No.533, II-34, pp.87-106 .
- [6] 中川博次 · 祢津家久 (1975): 透過性開水路乱流場における主流と浸透流との相互作用, 土木学会論文報告集, 第 244 号, pp.81-90 .
- [7] 竹原幸生 · R.J.Adrian · 江藤剛治 (2000): KC 法を用いた新しい Super-Resolution PIV の提案, 水工学論文集, 第 44 巻, pp.431-436 .
- [8] 重松孝昌 · 塩足純一 · 竹原幸生 · 辻本剛三 (2004): 一方向流中に置かれた多孔質体による乱流の生成・減衰過程に関する基礎実験, 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp.661-665 .

討議

討議 [大島先生]

シリコン球とガラス球はどのように使い分けているのか。
回答

本研究では、シリコンで製作した多孔質体模型と流体にヨウ化ナトリウム水溶液を使用することで、屈折率を整合し、模型間隙部および背後の流体運動を計測している。そのため、計測領域にシリコン球で製作した多孔質体模型を、それ以外の領域にガラス球を設置し、粒状層を模擬している。

討議 [大島先生]

土砂等は構成粒子が流れによって動く、今回の研究とのかねあいは。

回答

今回の研究では、粒子自体が動く流動場は対象としていない。しかし、長時間・高空間解像度で流動場の計測が行えているため、粒子に加わる流体力を算定可能な知見は得られたと考えられる。

討議 [山田先生]

シリコン粒子の挙動を PTV で追うことはできるか。できなければ、その理由は。

回答

本研究で使用しているシリコン球は、透明な物体であるため、撮影画像上で認識できない。ゆえに、PTV で挙動を追うことはできない。また、シリコン球を色つきのものにすれば、PTV は可能となるが、それにより本研究で対象としている流れを計測できなくなる。

討議 [谷池先生]

実際の粒子は今回の実験より小さい、今回の研究とのかねあいは。

回答

構成する粒子の大きさは多孔質体模型の間隙率と関係していると考えられる。しかし、本研究は間隙率の影響については対象としていない。

討議 [鬼頭先生]

動粘性係数の設定値に、流体の粘性等の意味は含まれるのか。

回答

ヨウ化ナトリウム水溶液の動粘性係数は、シリコン球の屈折率と整合するために用いている。そのため、流体の粘性を考慮したものではない。

討議 [中尾先生]

一方向流場での実験は行っているのか。

回答

本研究では、振動流場を対象としているため、対象としていない。