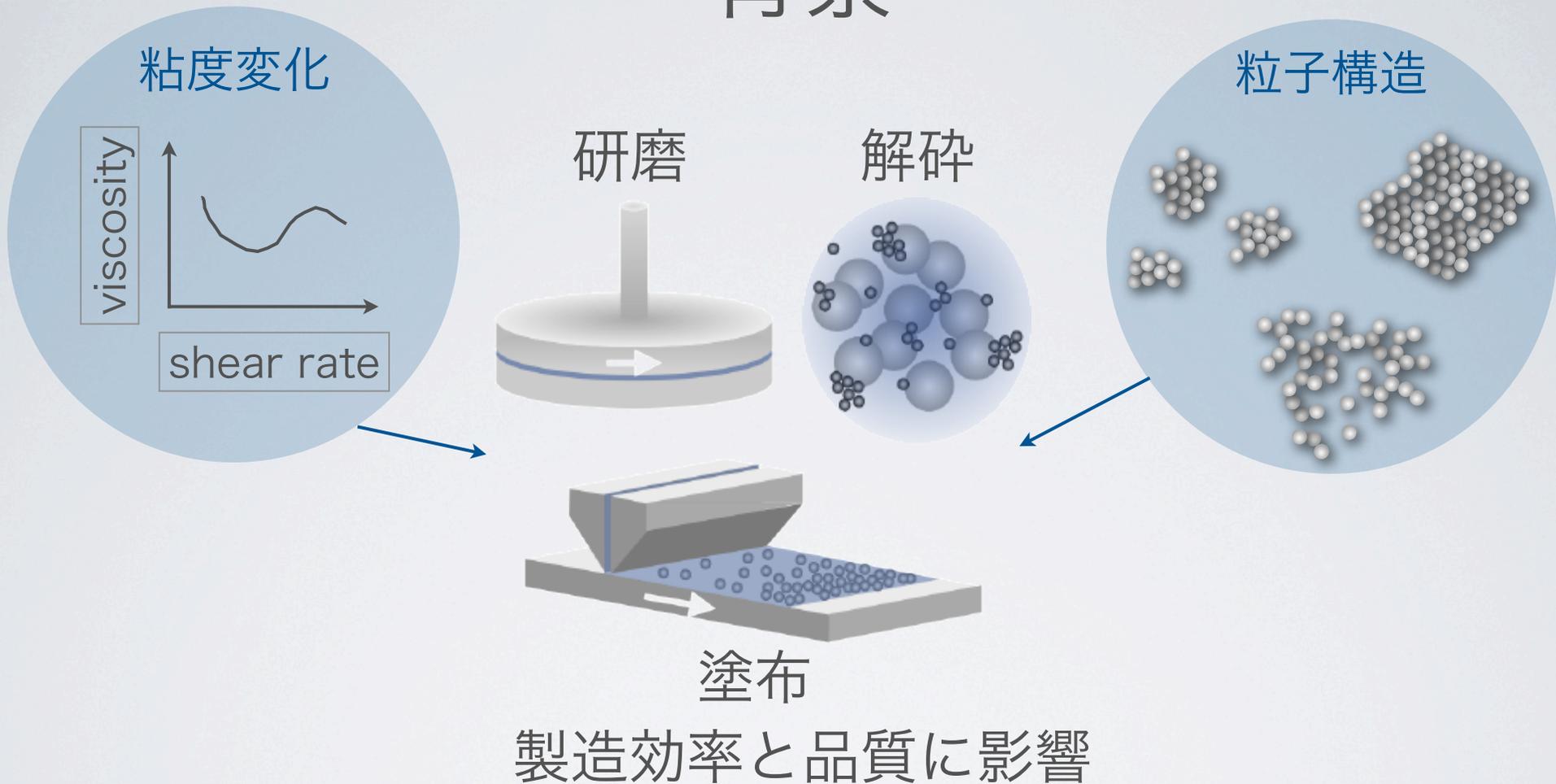


せん断流れで誘起される 微粒子系構造と粘度の相関

小池修・藤田昌大・山口由岐夫

東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻

背景



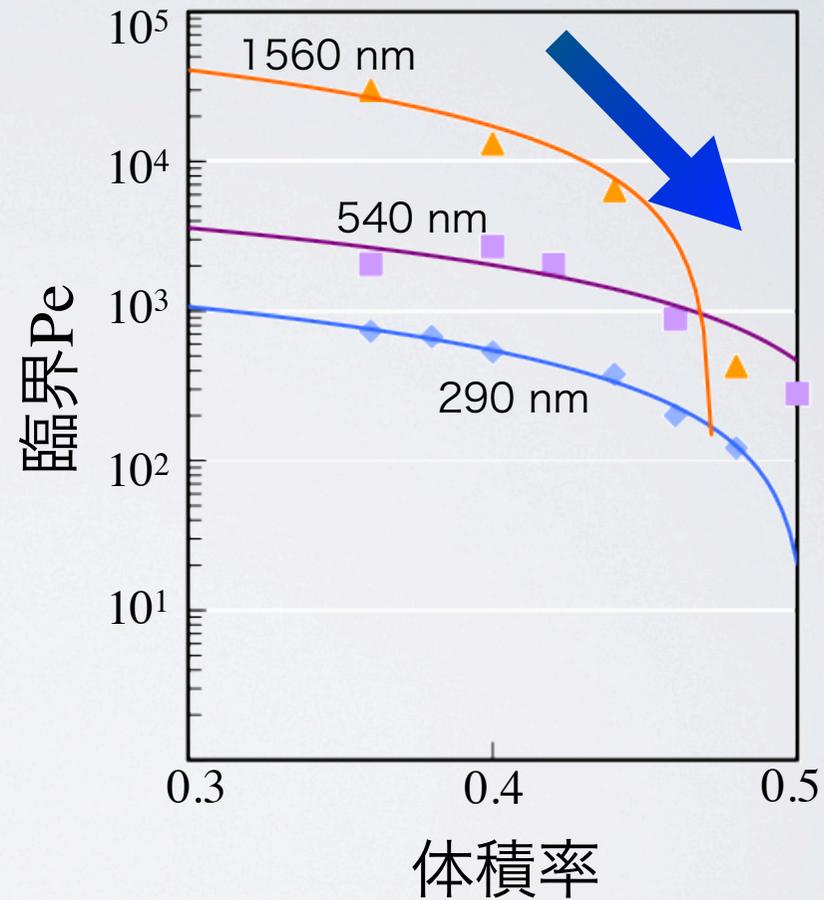
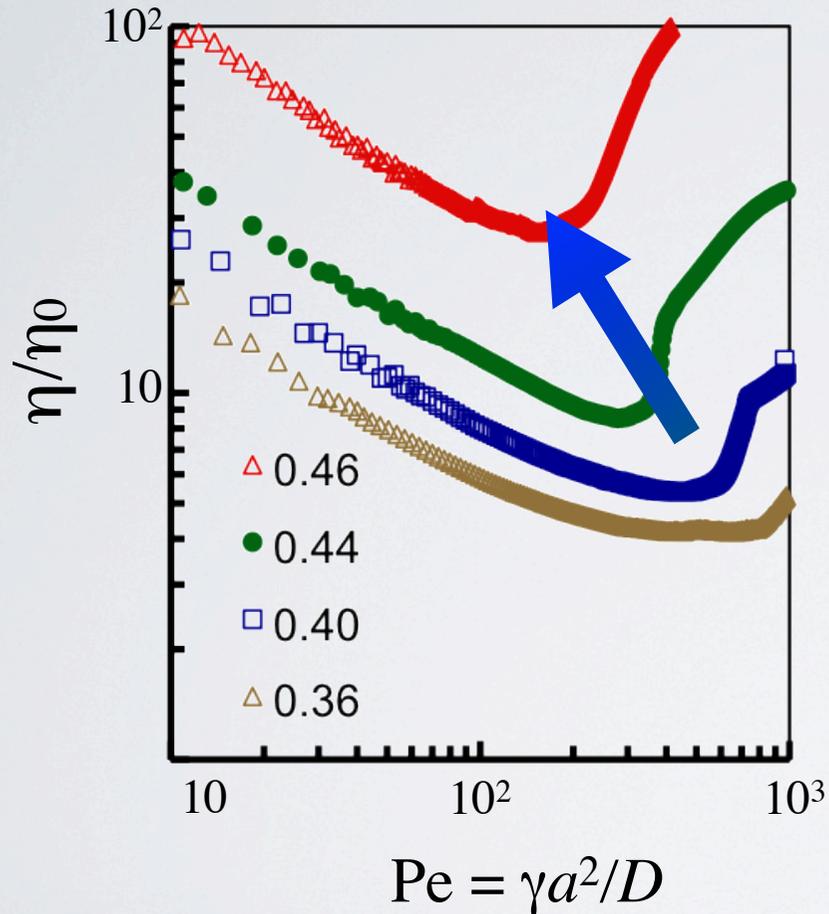
せん断 - 粒子系構造 - 粘度 相関の獲得が大切

既往の研究1

-実験-

山口・野田研, 音羽, H20年度卒研

粒径 d : 290 nm



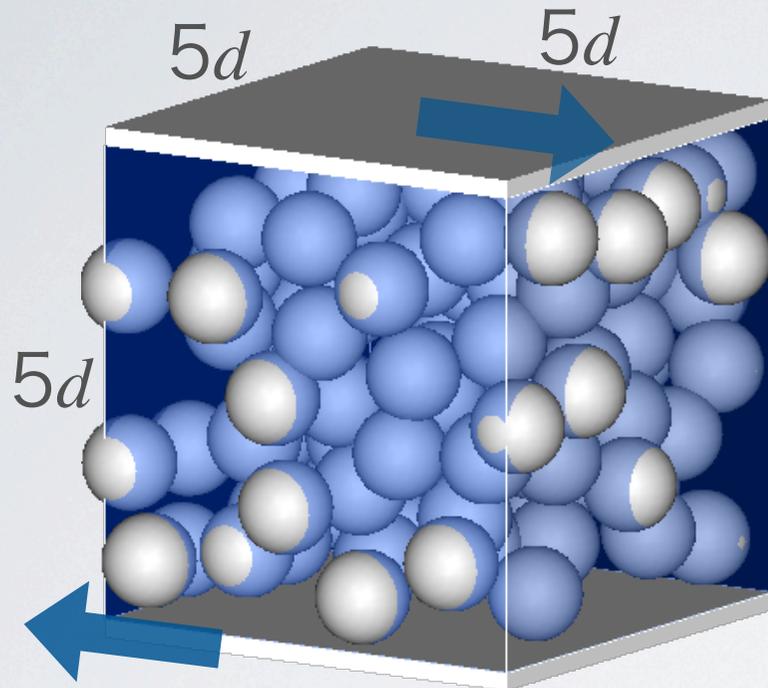
体積率 ↑ → 臨界 Pe ↓

粒径 ↓ → 臨界 Pe ↓

既往の研究 2

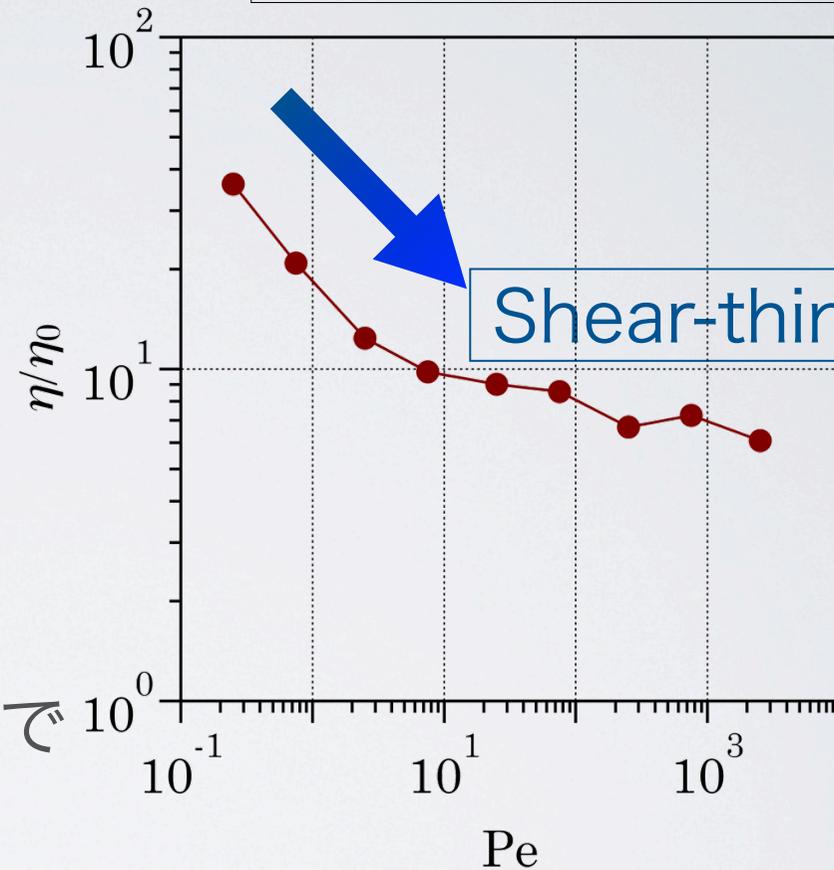
-SNAP-F-

山口・野田研, 安藤, 2009



粒径 d : 50 nm
体積率 : 45 %

壁に働く力で
粘度評価



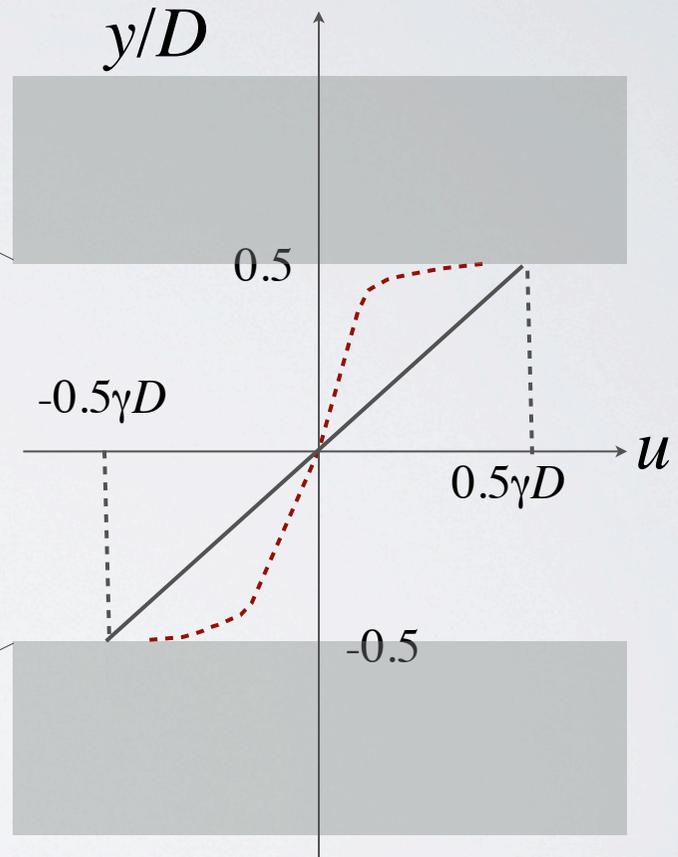
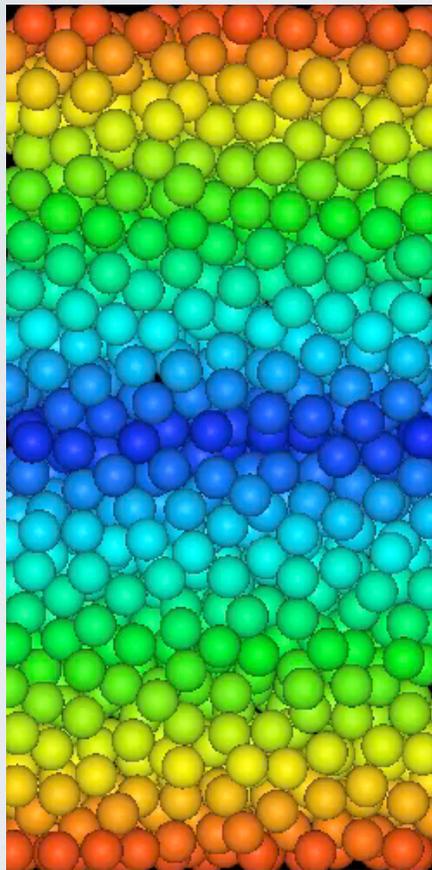
Shear-thickeningが明確でない
壁面間隔・粘度評価手法に原因？

目的

- 濃厚微粒子分散系に対して,
Pe>1での粒子系構造と粘度変化の相関を調べる
 - ▶ 壁面間隔を拡げその効果を議論する
 - ▶ 粘度評価の方法による違いも比較する
 - ▶ 粘度変化のメカニズムを検討する

新しい粘度評価手法①

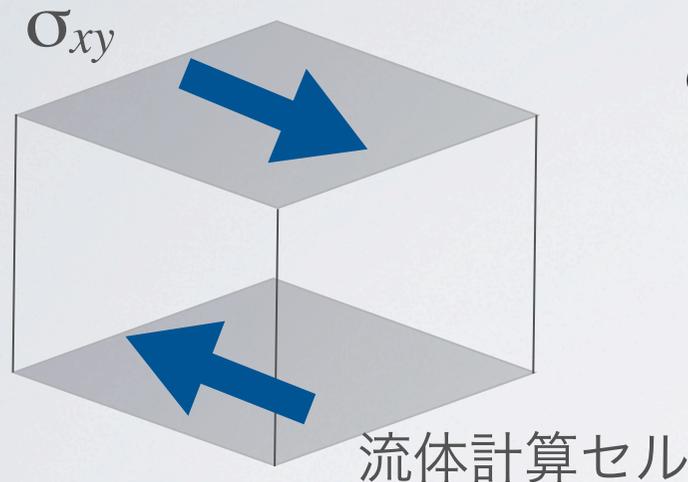
基準速度場とのずれから粘度を評価



--- : 実際の速度場 ; 滑り有りS字

新しい粘度評価手法②

速度差によって発生した力からせん断応力を計算



$$\sigma_{xy} = \frac{1}{V} \int_V \rho \frac{u^0(y) - u}{\Delta t} y dV$$

強制力

$$\rho = \rho_p \phi + (1 - \phi) \rho_f$$

$$\eta = \frac{\langle \sigma_{xy} \rangle}{\gamma}$$

η : みかけ粘度

$\langle \sigma_{xy} \rangle$: せん断応力の時間平均

Iwashita & Yamamoto, 2009,
Phys. Rev. E, 80, 061402

構造評価指標

Nondimensional Boundary Area: NBA

定義

$$\text{NBA} = \frac{1}{N} \left[\frac{1}{c_{\max}} \sum_{c=0}^{c_{\max}} (c_{\max} - c) n(c) \right]$$

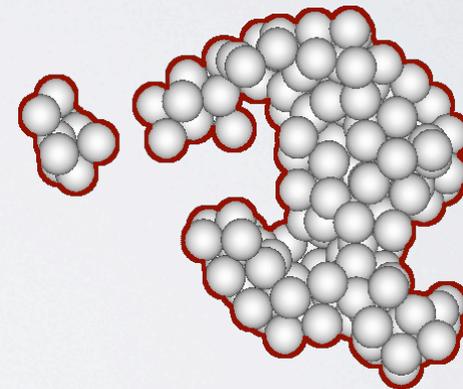
c : 配位数 ($c_{\max} = 12$)

$n(c)$: 配位数 c の粒子数

N : 全粒子数

➔ **NBA = 1** : 完全分散
NBA = 0 : 最密充填

NBAの幾何学的意味



$$\text{NBA} = \frac{\text{凝集体の表面積}}{\text{粒子の表面積の和}}$$

計算条件

粒子

粒径 : 50 nm

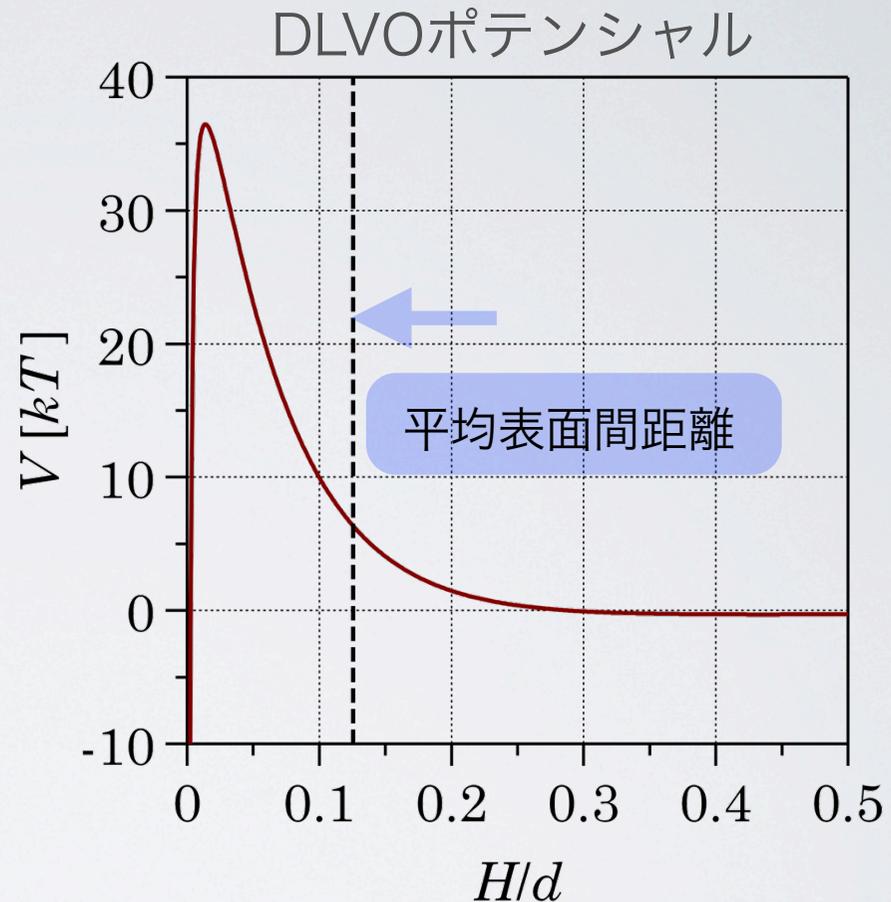
体積率 : 50 %

ζ 電位 : -50 mV

溶媒 (水)

温度 : 20 °C

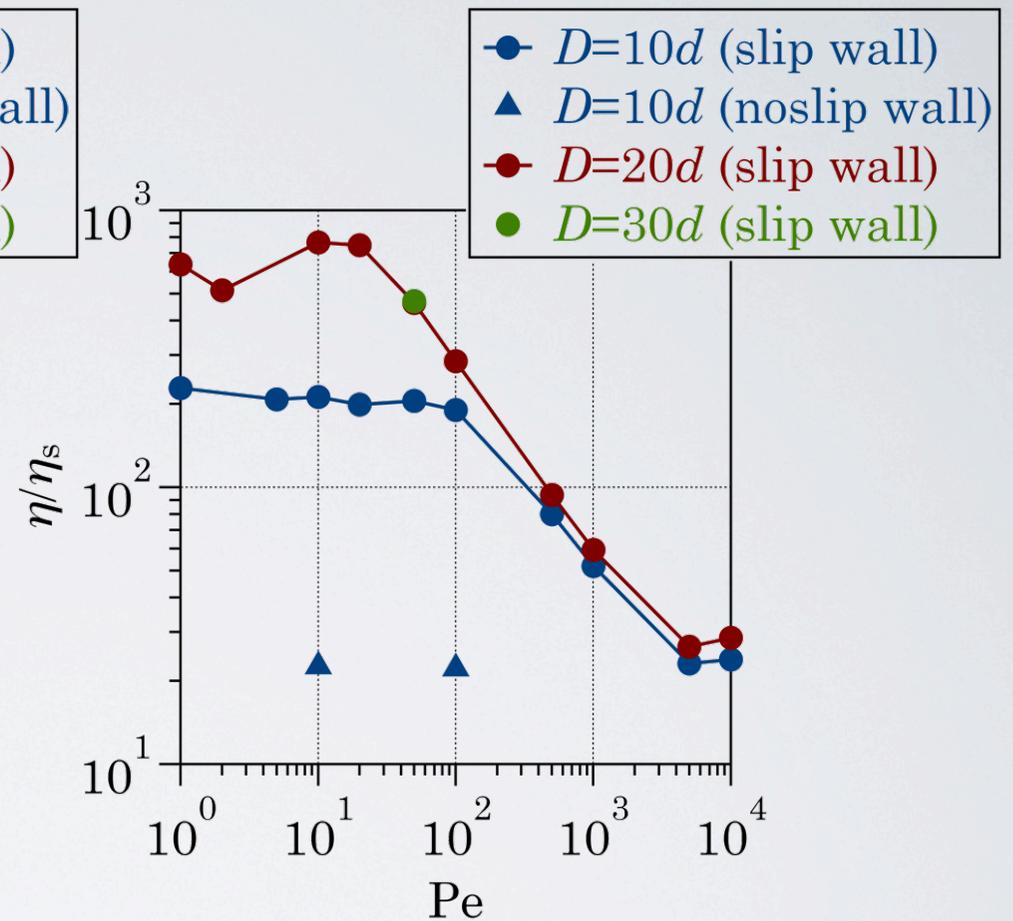
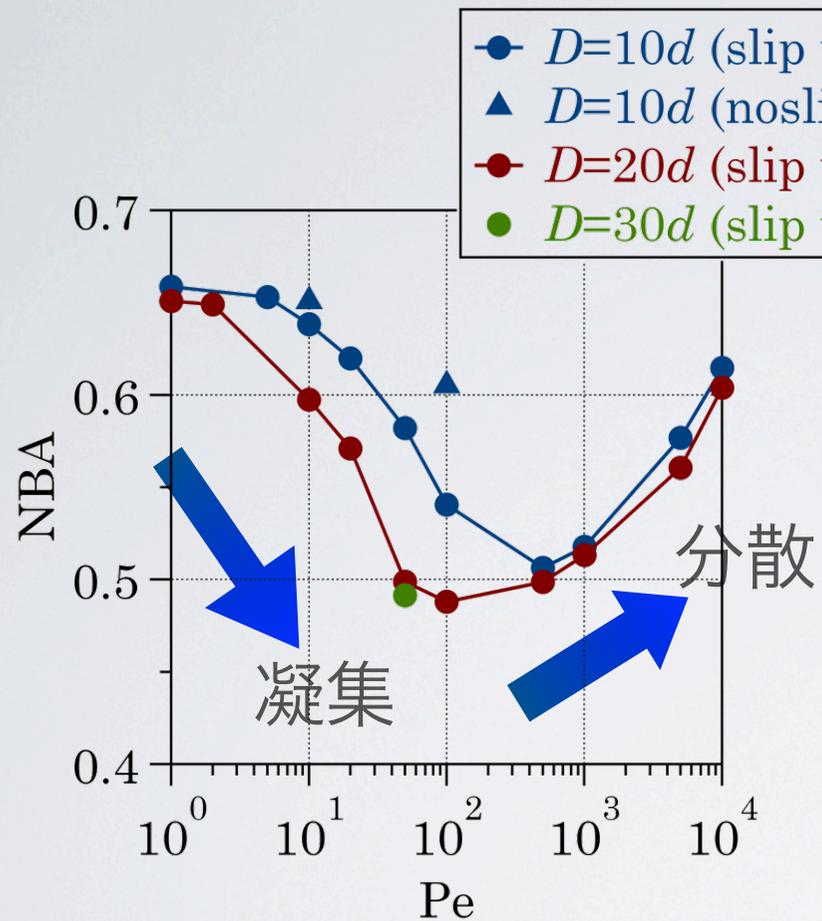
電解質濃度 : 10 mM/l



計算領域 : $10d \times 20(10)d \times 5d$ (滑り壁)

$$Pe = 1 \sim 10000 ; Pe = \frac{\gamma d^2}{D}$$

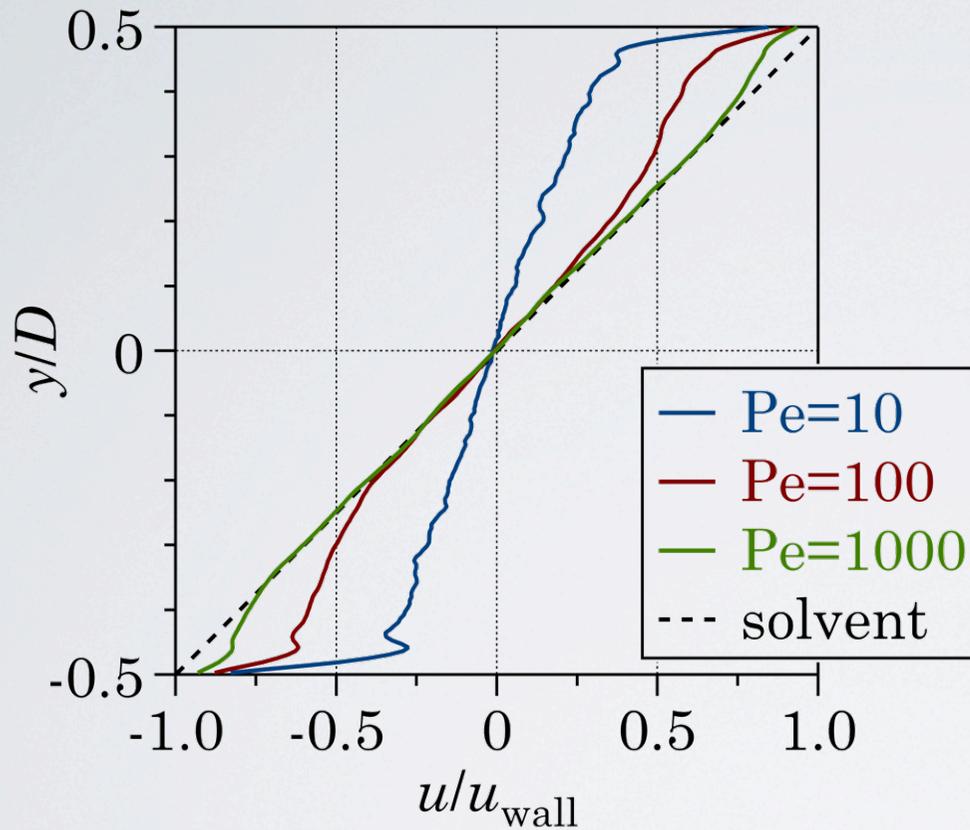
NBAとみかけ粘度



壁面間隔に対する依存性

NBA : 小 みかけ粘度 : 大

時間平均速度分布



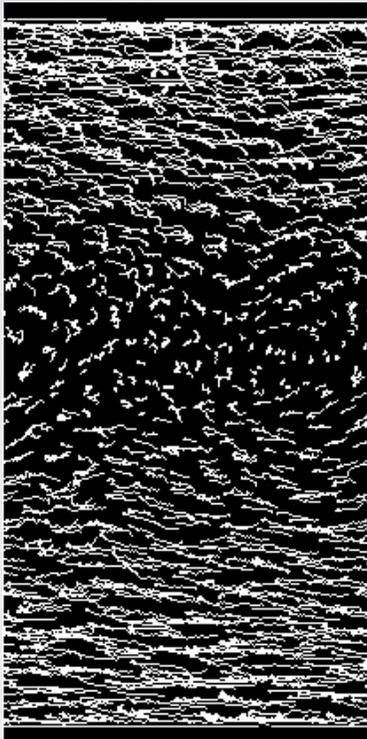
Pe=10で粘度最大,
基準速度に追従できない

NBA最小のPe=100付近
で起きている

壁面間隔 $D = 20d$

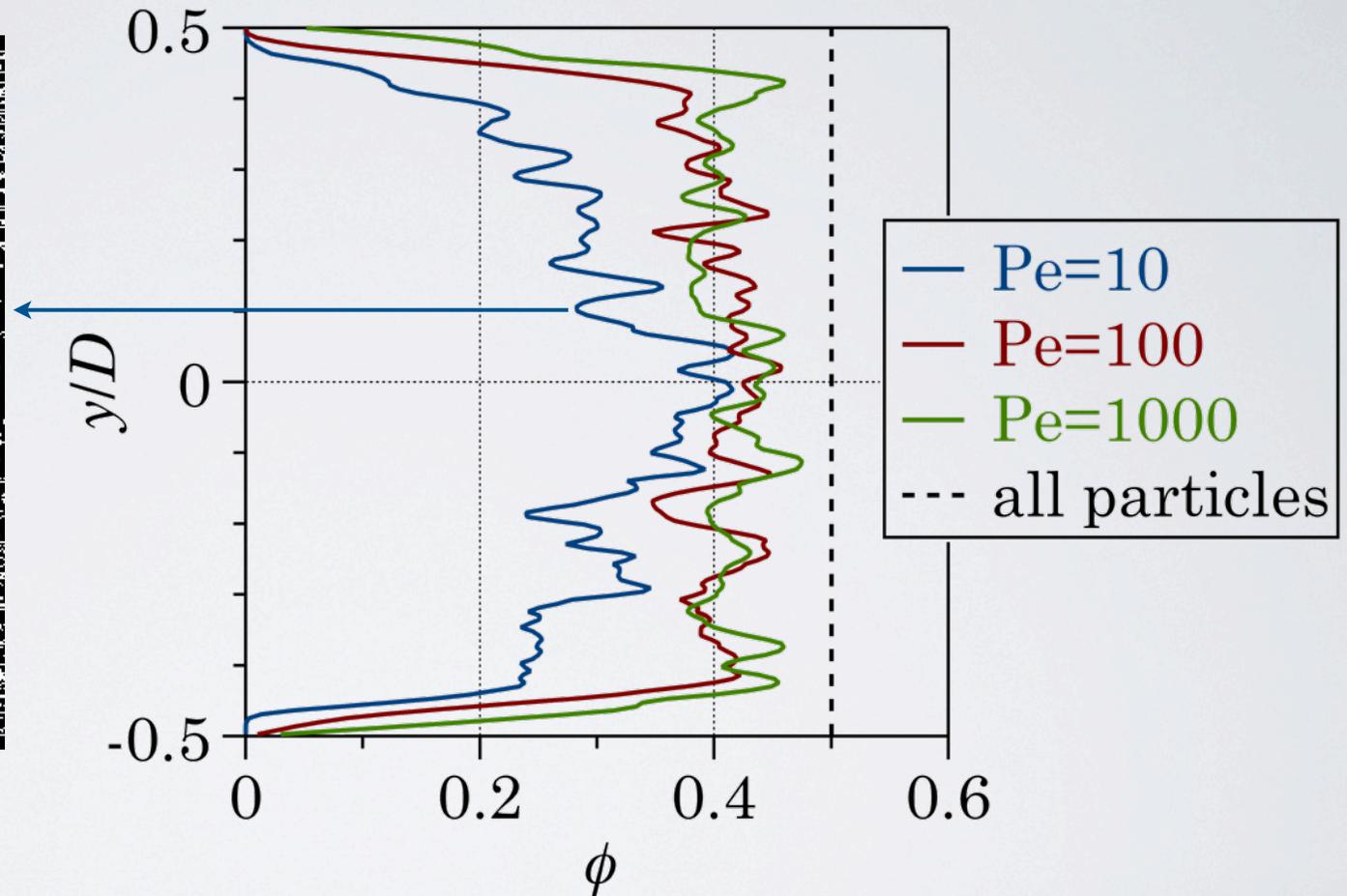
粒子軌跡と時間平均粒子体積率

Pe = 10



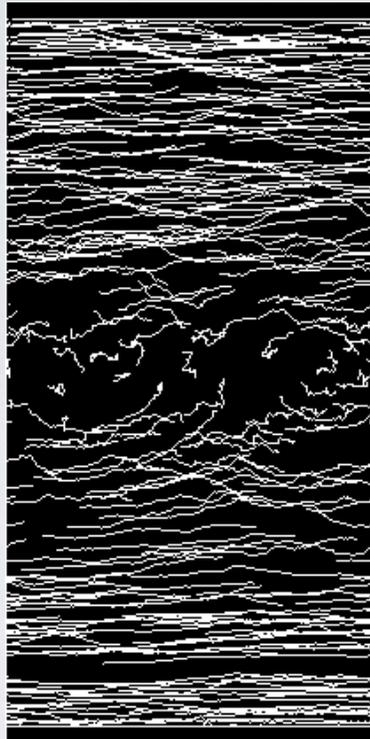
粘度最大
粒子軌跡が回轉的

粒子体積率(配位数 5 以上)



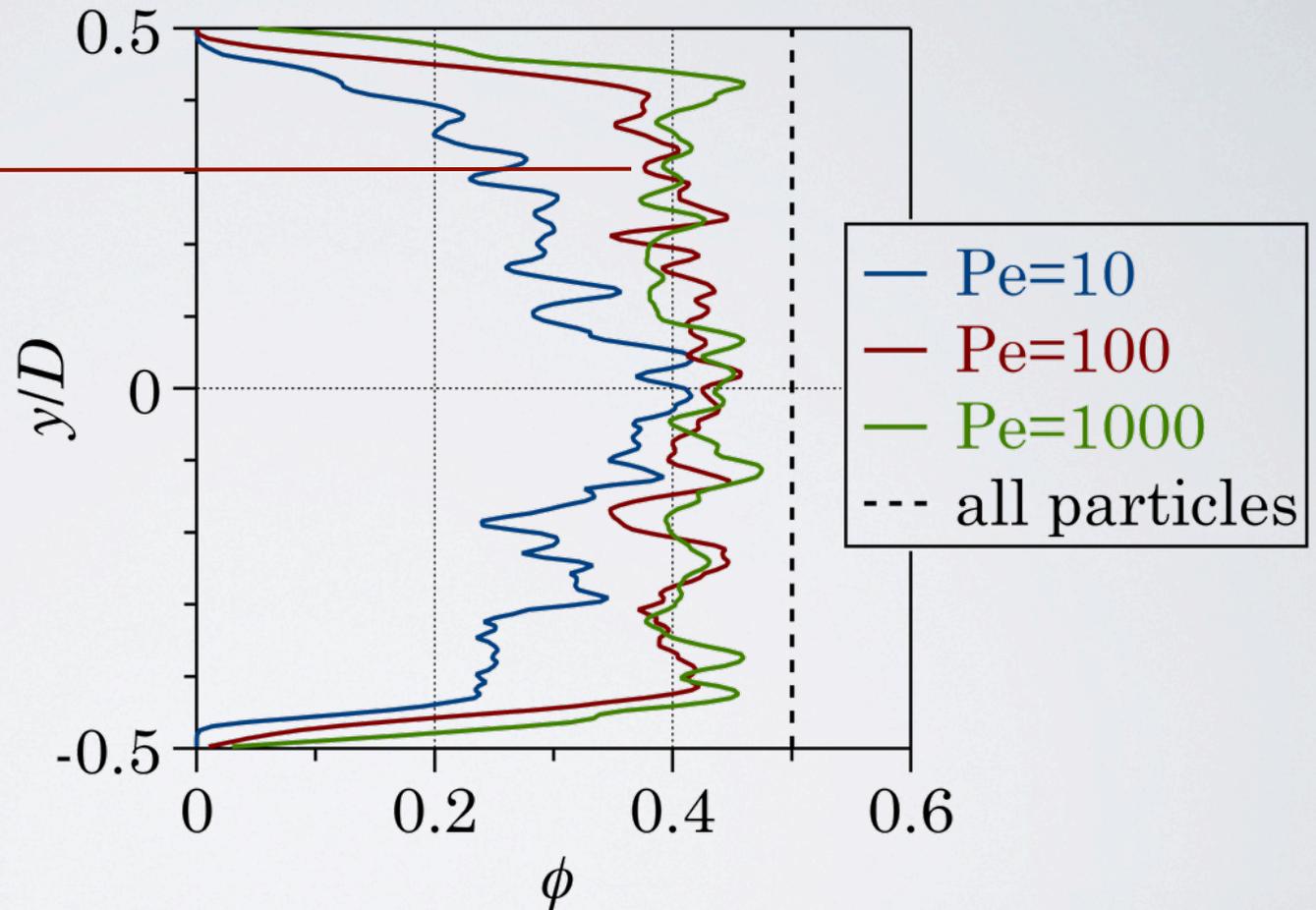
時間平均粒子体積率と粒子軌跡

Pe = 100



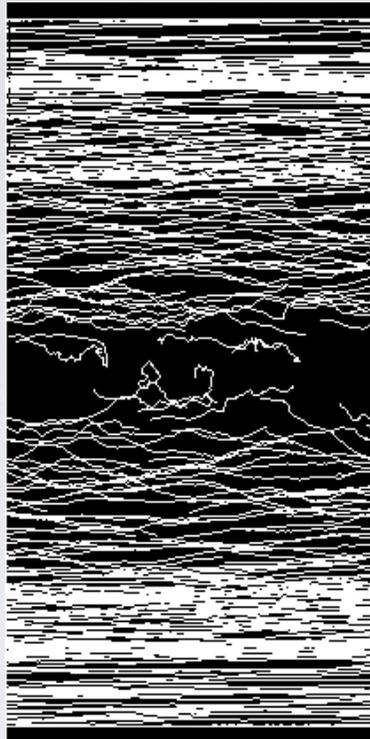
NBA最小
粒子軌跡が層状化

粒子体積率(配位数 5 以上)

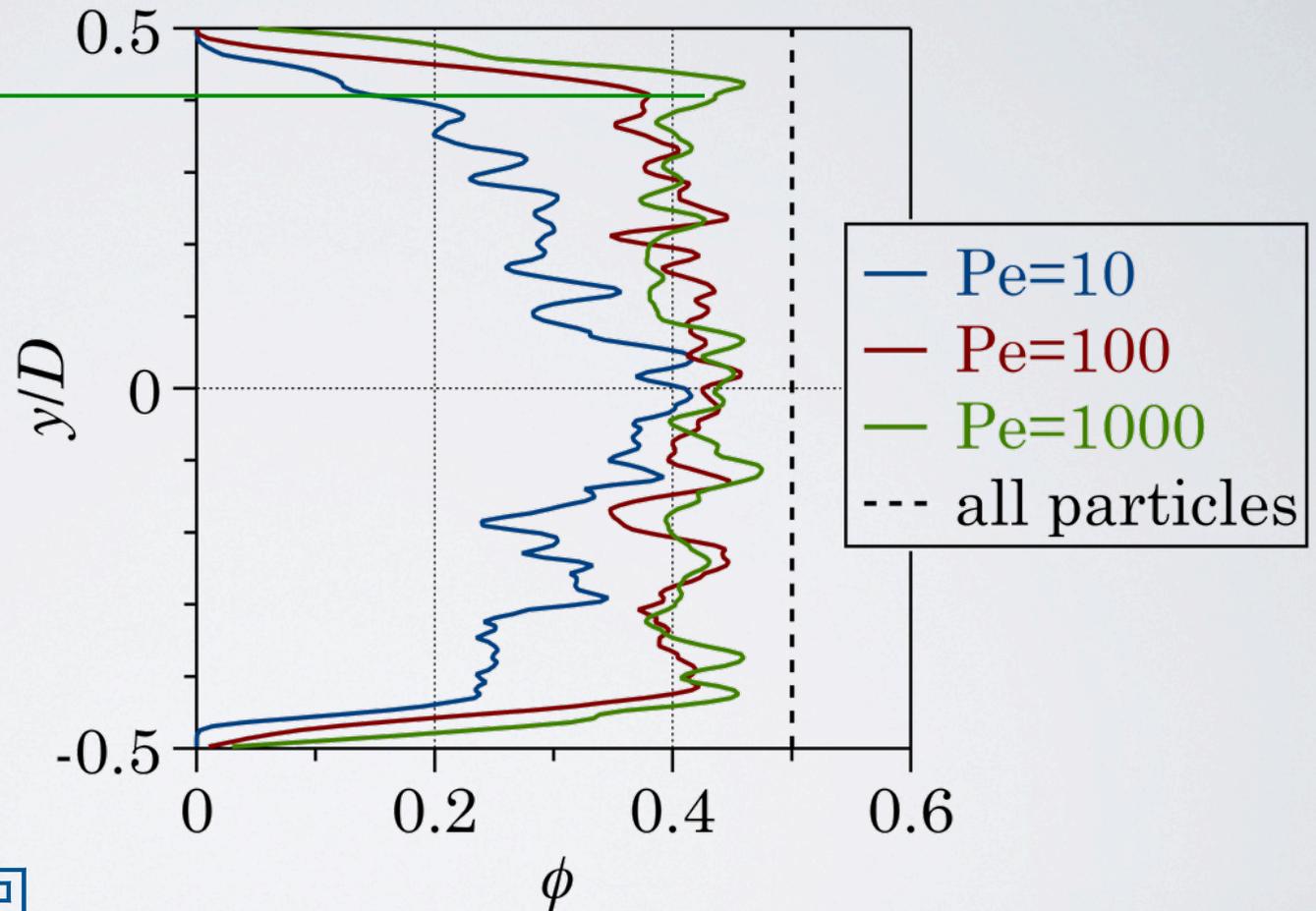


時間平均粒子体積率と粒子軌跡

Pe = 1000



粒子体積率(配位数 5 以上)



NBA増加傾向

粒子軌跡の層状化が進行

まとめ

- 壁面間距離は粒子系構造にあまり影響を及ぼさないが、粘度変化には大きな影響を及ぼす
- 新しい粘度評価手法は従来の方法に比べて、相対的に大きな値を出す
- $Pe = 10$ の粒子系構造は、緩い凝集状態で回転的
- $Pe = 100 \sim 1000$ の粒子系構造は、密な凝集構造だが、層状的