

壁面間で偏析する液滴分散系における滑りのシミュレーション

Simulation of slippage in droplet dispersion systems segregating between walls

慶応大・理工（正）山田 一威 慶応大・理工（非）荒井 規允

Kazutaka Yamada, Noriyoshi Arai

Keio University

1. はじめに

平行壁面間に溶媒と液滴を流したときに粘度が変化することが知られている．また半径の異なる液滴を流したときに液滴の分布が壁面間で偏析することが知られており，分散する変形する粒子の大きさ、硬さに応じて、壁面方向に偏析する現象をマージネーションという．分子スケールと連続体スケールの間のメソスケール手法である Dissipative Particle Dynamics (DPD)法を用いてこれらの液滴の性状による粘度の変化について報告された例はない．したがって本研究ではメソスケールシミュレーションを用いて大きさの異なる微小な液滴を含む液滴分散系を平行壁間に流し，平行壁を動かした際に生じる液滴の偏析による滑り挙動の変化を観察した．

2. 手法

本研究ではメソスケール分子シミュレーション手法である DPD 法を用いて，上下平行に向かい合った壁を駆動させることで3次元のクエット流れを発生させた．式(1)が粒子 i の粒子が受ける力 f_i である．ここで， $F_{ij}^C, F_{ij}^D, F_{ij}^R$ は、それぞれ粒子 i と j の間に働く保存力、散逸力、揺動力である．

$$f_i = \sum_{j \neq i} (F_{ij}^C + F_{ij}^D + F_{ij}^R) \quad (1)$$

粒子は溶媒粒子、液滴粒子、壁粒子を設定する．これら粒子は、 F_{ij}^C の相互作用パラメータを適当な値として液滴の分散系を設定している．液滴は大きい液滴、小さい液滴があり、DPD 粒子が凝集しているものを本研究では液滴と呼ぶ．液滴は分裂、合一しないように相互作用パラメータを決めている．

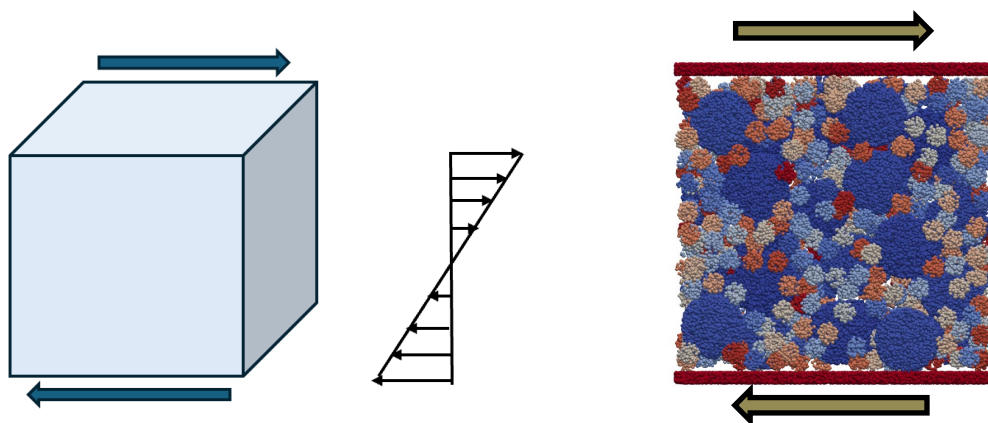


Figure 1 The simulation system of the Couette flow (left) and initial condition of droplet dispersion (right)

Figure 1の左が今回計算した3次元クエット流れの概念図で，右が正面から見た計算系の初期配置である．矢印で示した方向に壁を動かし剪断を掛けた．クエット流れにおいて液滴の半径の異なる二種類の液滴および流れと揺動力の比であるペクレ数 Pe の違いによる滑り挙動の変化を観察した．異なる液滴の平衡時の半径比 λ は Fig 2 のとおりで，半径比は， $\lambda = r_{large}/r_{small}$ とする．ここで， r_{large}, r_{small} は大きい液滴、小さい液滴の半径である．

クエット流れにより、大きい液滴が壁から離れて内側に移動し、小さい液滴が壁側に移動するマージネーションに関しての結果を以下で述べる．

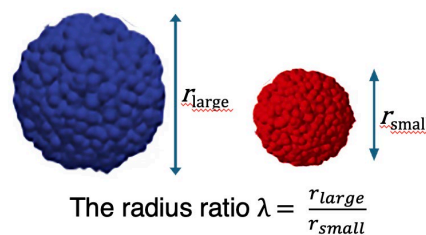


Figure 2 Radius ratio of droplets

3. 計算結果

$$Pe = 24$$

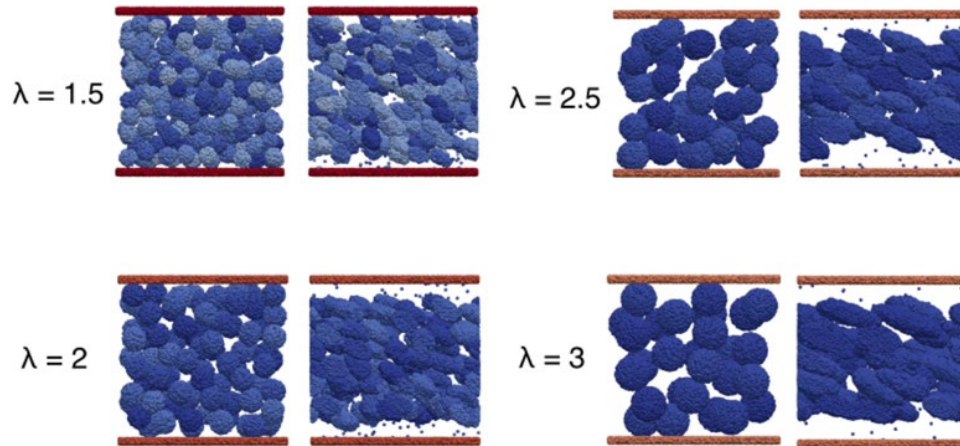


Figure 3 Snapshots of large droplets distribution in $Pe = 24$.

Figure 3 に本研究の計算の内、大小2種類の液滴を流して偏析が起こった場合についてのスナップショットを載せた。可視化のためこのスナップショットでは大きな液滴と上下の壁のみ表示している。左が計算開始時であり右が庭樹状態に達したあとのスナップショットである。この系では $Pe = 24$ であり熱揺動による拡散よりも移流による移動が支配的である。半径比 λ が大きくなるほど大きな液滴は中心に集まっており顕著な偏析を見せることがわかる。この系を含む、溶媒のみの系、単一の半径の液滴を流し半径を変えた系、大小二種類の液滴を流し半径比を変えたときの系について挙動を比較した。

$$Pe = 1.08$$

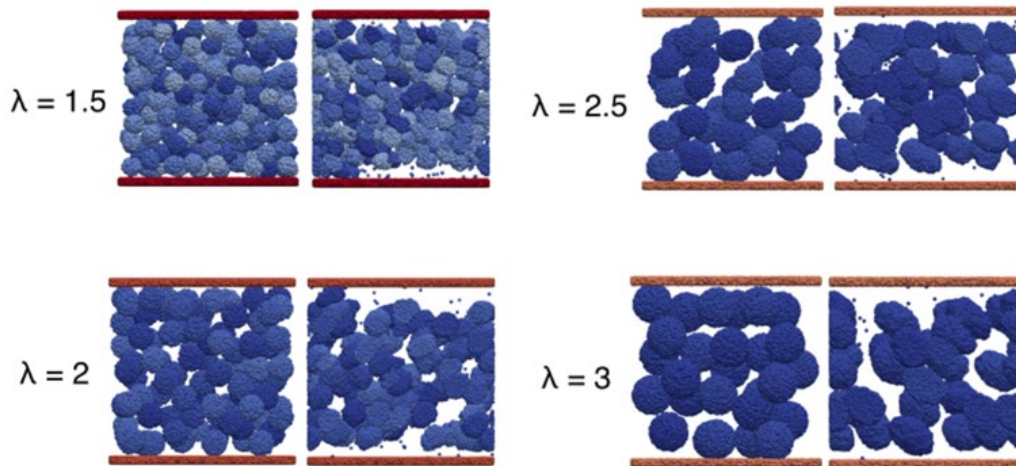


Figure 4 Snapshots of large droplets distribution in $Pe = 1.08$

また Pe 数を変えたときの挙動も観察した。Figure 4 は Pe 数が 1.08 のときの Fig. 3 と同様な計算を行ったときのスナップショットである。先程よりも偏析の傾向は小さい。

当日は、粘度の違いを比較して壁面の滑りやすさを議論したい。

文献

- 1) Kumar, A., Rivera, R. G. H. & Graham, M. D. *J. Fluid Mech.* **738**, 423–462 (2014). A. B. Collin, C. Reynold & D. E. Fake: In Situ Studies of Wear Process, *ASME J. Tribology*, 120, 3 (1995) 513.
- 2) 2.Makino, M. & Sugihara-Seki, M. *J. Biorheol.* **28**, 7–10 (2014).