

# ヤヌス粒子に被覆された液滴のせん断流による変形挙動

(京都大院工) 長田 翔・手塚 幹人・深渡瀬 健・○新戸 浩幸

## 1. はじめに

ヤヌス粒子とは、単一粒子の表面に二種類の領域を持ち、それらの領域が互いに異なる性質を示す粒子である。ヤヌス粒子は濡れ性に関する異方性（化学的異方性）を持つが、非球形粒子は形状に関する異方性（物理的異方性）を持つ。これらの異方性を持つ粒子が気液界面や液液界面に付着した気泡や液滴の静的・動的安定性は、粒子の濡れ性、異種流体間の界面張力、各流体の粘度ばかりでなく、粒子の持つ異方性などによっても複雑に影響されるため、この系を実験的研究だけで理解することは極めて難しい。そこで本研究では、非球形ヤヌス粒子を含む液液二相流の直接数値計算手法を新たに開発し、粒子に被覆された油滴のせん断場での変形挙動などについて検討した。

## 2. シミュレーション方法 [1,2]

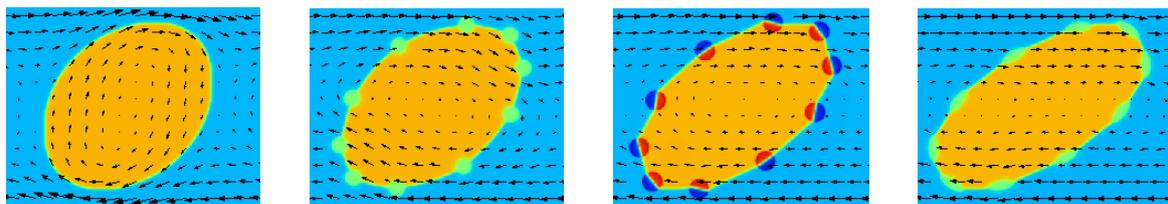
互いに混ざり合わない等密度  $\rho$  の液液二相流を表現するため、Model H を用いた。各相は組成のオーダーパラメータ  $\psi$  によって区別される（水相  $\psi = 1$ 、油相  $\psi = -1$ ）。固体粒子を表現するために Fluid Particle Dynamics (FPD) 法[3]を用いて、粒子内部の流体の粘度を粒子外部の流体の粘度よりも十分に高く設定することで ( $\eta_p = 50\eta_f$ )、擬似的に固体粒子が表現される。粒子内部の  $\psi$  が一定値  $\psi_p$  ( $-1 \leq \psi_p \leq 1$ ) となるような系の自由エネルギーを設定することによって、粒子の濡れ性を表現した。粒子と流体とを滑らかに接続するため、形状関数  $\Phi_p$  を用いた。粒子内部では  $\Phi_p = 1$ 、流体では  $\Phi_p = 0$ 、粒子・流体間の界面（厚さ  $\xi_p = 2\Delta x$ ）では  $0 < \Phi_p < 1$  となる。

## 3. 結果と考察

界面活性粒子/液/液混相流について、2次元系をシミュレートした。結果の一例を、以下に示す。300 $\Delta x$ ×200 $\Delta x$  の計算領域中に、油滴(半径  $R_d = 50\Delta x$ )を静置し、その周囲を水相で満たした。粒子を導入する場合、液液界面に  $N_p = 10$  個の界面活性粒子 ( $\psi_p = 0$ ; 半径  $a = 6\Delta x$ )、ヤヌス粒子 ( $\psi_p = \pm 0.5$ ;  $a = 6\Delta x$ )、楕円粒子 ( $\psi_p = 0$ ; 長軸  $a = 9\Delta x$ , 短軸  $b = 4\Delta x$ )を静置した。左右方向に周期境界条件、上下方向に親水性の壁面を設定した。上下の壁面に逆向きで同じ大きさの速度を与えることにより、系全体にせん断流れ場を発生させて、油滴の変形挙動を検討した。Fig. 1 より、同条件でせん断を課した場合、楕円粒子 > ヤヌス粒子 > 界面活性粒子 > 油滴のみ、の順で変形しやすいことが分かる。

## 引用文献

[1] 新戸浩幸, 粉体工学会誌, 46, 25-34 (2009); [2] H. Shinto, Advanced Powder Technology, 23, 538-547 (2012); [3] H. Tanaka, T. Araki, Phys. Rev. Lett. 85, 1338-1341 (2000).



(a) No particles; (b) Surface-active particles; (c) Janus particles; (d) Ellipsoidal particles;  
Fig. 1 Snapshots of an oil drop covered with/without three different types of particles in water under a shear flow.

## Deformation of a drop covered with Janus particles in shear flows

K. NAGATA, M. TEZUKA, K. FUKAWATASE, H. SHINTO (Kyoto Univ., shinto@cheme.kyoto-u.ac.jp)

A direct numerical method, based on statistical mechanics and fluid mechanics, is proposed to simulate the solid particles suspended in immiscible oil/water mixtures. This simulation method allows us to represent not only the hydrodynamics of the non-spherical particles, but the arbitrary wettability of the particles for the two liquids (e.g., the hydrophobic, hydrophilic, surface-active, and Janus particles). We have simulated the oil drops covered with three different types of particles in water (i.e., the Pickering emulsions) under sheared flows in order to investigate how the stability of the Pickering emulsions is influenced by the type of particles as well as the number of the particles.