電気異方性球状微粒子の球形キャビティ内での回転運動のモデル化

Mathematical Modeling of Janus Particle Rotation in a Spherical Cavity

産総研 [1]，東大 [2]　○駒崎 友亮 [1]，鳥居 徹 [2]，植村 聖 [1]

AIST [1], Univ. Tokyo [2], ◦Yusuke Komazaki[1], Toru Torii[2], Sei Uemura[1]

E-mail: y.komazaki@aist.go.jp

はじめに：半球ごとに異なる材料で構成される nm～μm サイズのヤヌス微粒子（Janus particle）は、回転運動を利用して表示素子、自己組織化、バイオ、医療などの分野で応用が検討されている[1]。本研究では、ツイストボール式電子ペーパー[2]で利用される電気異方性ヤヌス微粒子の球形キャビティ内での電場による回転運動の数理モデル化及び実験による検証を行った。

数理モデル：Fig. 1 に示す系で微粒子径とキャビティ径の比を k（>1）、微粒子の偏心量を z*（$-1 \le z^* \le 1$）、回転角を α、微粒子の半球ごとの表面電荷密度を σ_1, σ_2、電場を E、流体の粘性を μ とおき、粒子周囲の流体は準定常状態にあると仮定して微粒子にはたらく静電気力と粘性力の釣り合いを計算することで式 1, 2 を得た。両式から並進と回転の連成運動を計算すると、Fig. 2 に示すように表面電荷密度に応じて並進・回転の速度が変化し、両者の大小関係によって最終的な回転角が決定されることが分かった。

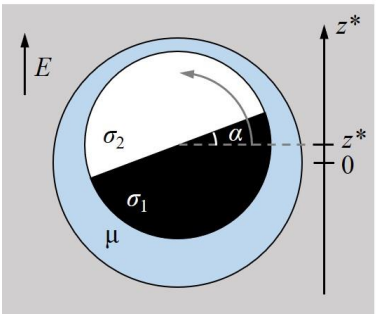

Fig. 1 Mathematical model of Janus particle.

$$(\sigma_1+\sigma_2)E = \mu z^{*2}\frac{dz^*}{dt}\left\{8-\frac{24}{k-1}+\frac{6}{(k-1)^2(1+z^*)(1-z^*)} + \frac{4z^{*2}-\frac{4k^2-20k+19}{(k-1)^2}}{z^*}\log\left(\frac{1+z^*}{1-z^*}\right)\right\} \quad (1)$$

$$\pi(\sigma_1-\sigma_2)E\sin\alpha = \frac{32}{3}\frac{\mu}{(k-1)\sqrt{(1+z^*)(1-z^*)}}\frac{d\alpha}{dt}\tan^{-1}\left(\frac{1}{\sqrt{(1+z^*)(1-z^*)}}\right) \quad (2)$$

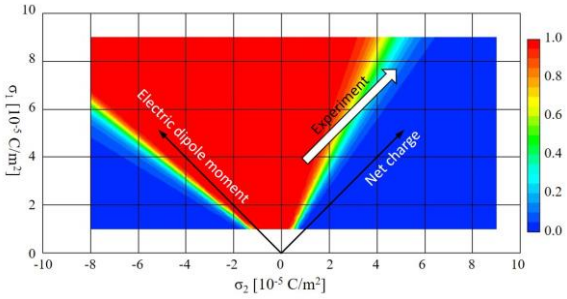

Fig. 2 Saturated rotation angle of Janus particle (0~1, calculated).

検証実験：微小流路を用いて電気異方性を有するヤヌス微粒子を合成し[3]、シリコーンオイルで満たされた球形キャビティ内での電場による運動を観察した。材料の調整によって総電荷が増加するように表面電荷密度を変化させると電場を印加した際の粒子の回転角が減少することが確認され、数理モデルと定性的に一致する結果が得られた。数理モデル及び実験結果から、ヤヌス微粒子が完全に回転するには粒子の電気双極子モーメントと総電荷の比が重要であることが分かった。

[1] T. Nisisako, *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* **25** (2016) 1.

[2] M. E. Howard et al., *J. Soc. Inf. Disp.* **6** (1998) 215.

[3] T. Nisisako et al., *Adv. Mater.* **18** (2006) 1152.

© 2018年 応用物理学会