

強磁場材料プロセスにおける 変調回転容器内の流動の可視化と粒子配向に及ぼす影響

In the materials processing under high magnetic fields, visualization of unsteady flow in a modulated rotating container and effect of the flow on magnetic orientation of particle

日大生産工¹, 物材機構² ○(M2)上西 陵太¹, 尾方 茉莉佳¹, 安藤 努¹, 廣田 憲之²

Nihon Univ.¹, NIMS², Ryota Jonishi¹, Marika Ogata¹, Tsutomu Ando¹, Noriyuki Hirota²

E-mail: ciry15016@g.nihon-u.ac.jp

1. 緒言

近年, 磁気異方性を利用して粒子の方位を制御し, 材料の特性を向上させる手法が, 強磁場磁気科学分野では注目されている. この手法で必要不可欠な回転磁場は, 静磁場下で溶媒中に分散した粒子を容器ごと回転させ得られている. この容器回転に伴う溶媒の流動により, 作製材料中の粒子配向度の低下の可能性がある.

本発表では, 先行研究¹⁾のノウハウを参考に回転容器内の流動をシミュレーションにより視覚化, 同条件において, 新たに実験により非定常流れを可視化し, 比較した結果を報告する.

2. 実験およびシミュレーションの条件

2.1 容器回転に伴う流動

本研究では, 無磁場下において液体の入った密閉容器を回転させる系を想定した. 容器回転に伴う流動は周方向(Fig. 1(a))と, r - z 断面内(Fig. 1(b))に分けて考えられる. 従来の研究では, 周方向の流動は考慮に入れられる一方で, r - z 断面内の流動は考慮されない場合がある. しかし, 周方向の流速に対して r - z 断面内の流速は1桁小さい程度のオーダーであり, 無視できない可能性がある. 本研究では, r - z 断面内の流れに注目し考察を行った.

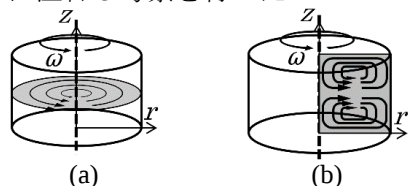


Fig. 1 Unsteady flow in the rotating container: (a) Flow in perpendicular section to z -axis, (b) Flow in r - z section

2.2 溶媒の物性値, 容器寸法, 回転条件

Table 1 に溶媒の物性値, Fig. 2 に容器の回転方法を示す. 溶媒には水を使用した. 変調回転について, 90° 毎に2つの回転数で回転する方法を仮定した. なお, この変調回転方法は実際の実験²⁾で用いられている条件を参考とした. 観察領域は回転軸を一辺に持つ容器の r - z 断面とし, 半径 r および高さ h を 20 mm とした.

Table 1 Experimental conditions: Physical property of solvent (water)

Density ρ [kg/m ³]	997.04
Viscosity η [mPa·s]	890×10^{-3}

The container rotates 90° at an angular velocity ω_{quick} , and then it rotates 90° at an angular velocity ω_{slow} . ($\omega_{quick} = 140$ rpm, $\omega_{slow} = 30$ rpm)

Fig. 2 Rotation method

3. 実験とシミュレーションの比較

容器回転中は容器外周の上部および底部で2つの大きな渦状の流れが発生し, その渦の中心は容器外周中央へと移動しながら徐々に消滅をしていくという一連の流動が実験・シミュレーション共にみられ, 相似性を示した. 回転停止8秒後の流線をFig. 3に示す. 図中には実験とシミュレーション共に容器の外周の壁面付近に2つの小さな渦状の流れが確認できる. これらは, 同一時刻のおよそ同一位置で消滅した流れとして結果が一致しシミュレーションの妥当性を示す一助となった.

当日は, 特に流速の勾配が激しかった範囲に着目し, その流動が粒子の配向への及ぼす影響について考察した結果を報告する. また, 強磁場を印加した変調回転中の容器内で, 磁気異方性により粒子が配向へと至るまでの様子を数値シミュレーションにて視覚化した結果を報告する.

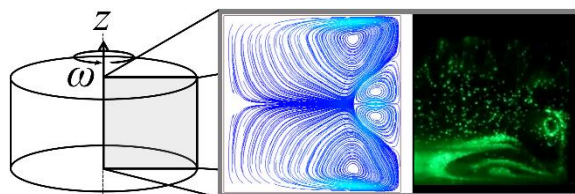


Fig. 3 Streamline at 8 seconds after stop of rotation, left: simulation result, right: experimental result

参考文献

- 井上, 安藤, 廣田: 第 61 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集 (2014) 20p-F4-5.
- R. Kusumi, F. Kimura, G. Song, T. Kimura: Journal of Magnetic Resonance 223 (2012) pp. 68-72