

変調回転の容器内に発生する対流

— 回転容器内対流が磁場配向へ与える影響の検討 —

Convection in a container of modulated rotation – Investigation of the effect of convection in a rotating container on the magnetic orientation phenomena –

日大院生産工¹, 物材機構² °井上 真生¹, 安藤 努¹, 廣田 憲之²

College of Industrial Technology, Nihon Univ.¹, National Institute for Material Science²

°Mao Inoue¹, Tsutomu Ando¹, Noriyuki Hirota²

E-mail: cima13010@g.nihon-u.ac.jp

1. 諸言

磁気異方性を有した微粒子の方位を強磁場によって制御する際、試料に回転磁場を印加することがある。現在の研究では、回転磁場を印加するために静磁場下で溶媒中に分散した微粒子を容器ごと回転させることが多い。

液体の入った容器を回転させた際に生じる容器縦断面内の対流が配向に与える影響を数値シミュレーションにより調べている[1]。一方、回転変調磁場を印加する三軸磁場配向では溶媒の粘性が配向に大きく影響することが実験から分かっている[2]が、容器内対流の詳細は分かっていない。そこで今回、溶媒の粘性と変調回転により生じる対流の関係に着目した。

2. シミュレーション条件

流れ場は[1]と同様にモデル化し、ここでは粒子は考慮せず、無磁場下において水の入った密閉容器の回転を考えた。容器の半径 r_0 および高さ h は 20 mm で一定とした。また、容器の角速度 ω は 2π rad/s とし、180 度の回転(0.5 s)ごとに 2 s の静止を繰り返す条件とした。

3. シミュレーション結果

Fig. 1(a), (b)に回転開始から 0.2 s 後および、5.2 s 後の容器断面の様子をそれぞれ示す。すなわち、1 周目とそこから 360 度回転した 2 周目の容器断面の流れを比較した。図中に示した流線から対流が生じていることが分かる。つまり、容器を回転させると、上壁、下壁近傍の流体が回転による遠心力により半径方向に輸送され、そして側面に沿った流れとなった後、上下の流れが衝突した所で容器中心へと向かう流れになるため容器内には Fig. 1(a)のような対流が生じる。一方、静止させた場合にはこれと逆向きの流れが生じ、流れが乱されてしまうため静止後、回転させた場合には Fig. 1(b)に示すような対流が生じたと考えられる。

次にこのことを確認するために、時間 t に対する半径 $r = 5, 10, 15$ mm における高さ $z = 10$

mm での半径方向速度 u_r を Fig. 2 に示す。これから、回転開始直後は中心方向の流れが生じていること、また静止させた場合にはこの流れが弱められ、場所によっては外向きの流れが生じていることがわかる。すなわち、回転と静止を繰り返す場合、容器内には常に対流が生じ、対流の状態は変調回転の周期とともに変化する。

以上のことから、低粘性流体を用い回転変調磁場下で配向を行った場合、常に容器内全体に生じている対流が粒子に影響を与え、そして配向を乱す可能性が考えられる。特に、容器の上壁、下壁および外側ではこの影響が最も大きくなると想定される。今後さらに溶媒粘度と対流の関係について調べる。

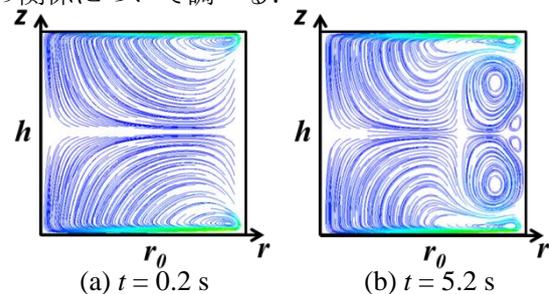


Fig. 1 The streamline in a rotating container: (a) $t = 0.2$ s, (b) $t = 5.2$ s.

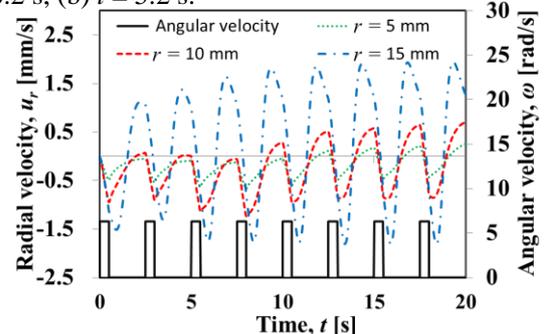


Fig. 2 Radial velocity at $z = 10$ mm and angular velocity of container as a function of time up to $t = 20$ s.

[1] 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.

[2] 堀井, 山本, 下山, 土井, 低温工学 49 巻 1 号 (2014) 3-10.