

磁場印加方向の違いによる MR 流体の直接数値シミュレーション

Direct numerical simulation of MR fluid by difference in direction of applied magnetic field

日大生産工¹, PIA², 東大環安セ³, 物材機構⁴

○(M2) 田中 亜宗¹, 安藤 努¹, 小池 修², 辰巳 怜³, 廣田 憲之⁴

Nihon Univ.¹, PIA², Univ Tokyo³, NIMS⁴

○Aso Tanaka¹, Tsutomu Ando¹, Osamu Koike², Rei Tatsumi³, Noriyuki Hirota⁴

E-mail: cias19012@g.nihon-u.ac.jp

1. 緒言

磁場印加によって粘度を上昇させる性質を持つ磁気粘性流体 (以下 MR 流体) は, この性質をロボット等の関節部や各種衝撃吸収系などの工業製品に応用する研究がなされている¹⁾. しかし使用環境は稼働部が多いため, せん断場が MR 流体の粘度に与える影響を調べる必要がある. この課題に対して過去に行われたシミュレーション研究では, 溶液中の一本鎖を対象に直接計算を行った研究²⁾や溶液中の多粒子を対象に発生する流体抵抗を Stokes 抵抗で近似し計算した磁場印加角度による研究³⁾が行われている.

磁場印加角度による MR 流体中の粒子構造形成を直接数値シミュレーションを用いて比較し, 溶液のレオロジーについて考察した.

2. シミュレーション条件

MR 流体は直径 1~10 μm の磁性粒子を含有する微粒子分散液であり, 溶媒を Newton 流体として扱い連続の式および揺動 Navier-Stokes 方程式に従う. 粒子の運動について並進は Newton の運動方程式に, 回転は Euler の運動方程式に従い, 磁場印加による力およびトルクを考慮する.

使用する粒子および溶媒の物性値を Table 1 に示す. 計算領域は Fig. 1 に示すように粒子直径 $d = 2.5 \mu\text{m}$ を基準に流路を想定し, 上壁を一定速度 u_{wall} で x 軸正方向に移動させてせん断場を発生させた. また流体計算は三次元だが粒子の運動は二次元とし, 疑似二次元とした. 磁場印加方向は上下壁面に垂直な方向を $\theta_B = 0^\circ$ として, 各 θ_B 方向に粒子が飽和磁化となる $B = 0.6 \text{ T}$ の磁場を一様に印加した.

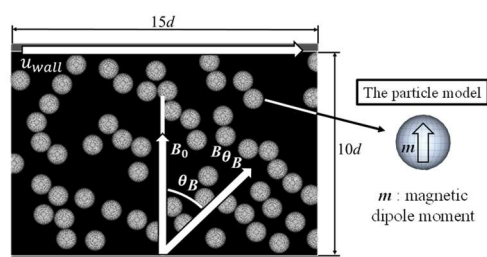


Fig. 1 Simulation area and direction of B

Table 1 Physical properties

Particle		Solvent	
Density [kg/m^3]	8.90×10^3	Density [kg/m^3]	8.26×10^2
Young's modulus[GPa]	200.0	Viscosity [$\text{Pa}\cdot\text{s}$]	2.5×10^{-2}
Poisson ratio [-]	0.34	Temperature [K]	293.15
Magnetic susceptibility [A/m]	4.90×10^5	Particle volume concentration [vol %]	20

3. シミュレーション結果

Fig. 2 に θ_B に伴う溶媒粘度 η_0 に対する溶液粘度 η の比 η^* を示す. 結果は磁気力に対する流体抵抗の比である Mason 数 MN で整理した. η^* は $MN=0.05$ で $\theta_B = 0^\circ$ を軸に非対称的な変化を示しているが, MN の上昇に伴い η^* は θ_B によらず一定値となる. ここから磁場印加方向とせん断場が MR 流体の粘度に大きく起因していると考えられる.

発表では MR 流体のレオロジーと粒子構造, せん断場, 磁場印加方向との相関を議論する.

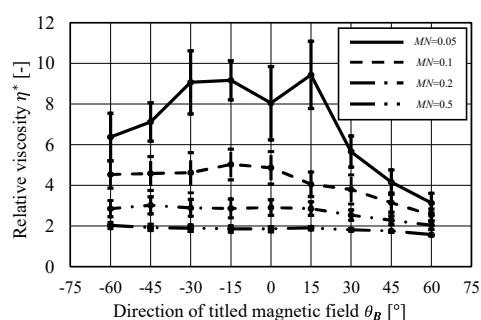


Fig. 2 Relationship between η^* and θ_B

参考文献

- 1) 菊池武士: MR 流体のロボティクス・メカトロニクスへの応用方法: 日本ロボット学会誌, 31, 5 (2013) pp.469-472.
- 2) 渡邊孝宏, 酒井幹夫: DEM-DNS 法を用いた磁気粘性流体シミュレーション, 粉体工学会誌, 55 (2018) pp.426-432.
- 3) J. Takimoto, H. Takeda, Y. Masubuchi, K. Koyama: STRESS RECTIFICATION IN MR FLUIDS UNDER TITLED MAGNETIC FIELD: Journal of Modern Phys. B, 13 (1999) 2028-2035.