

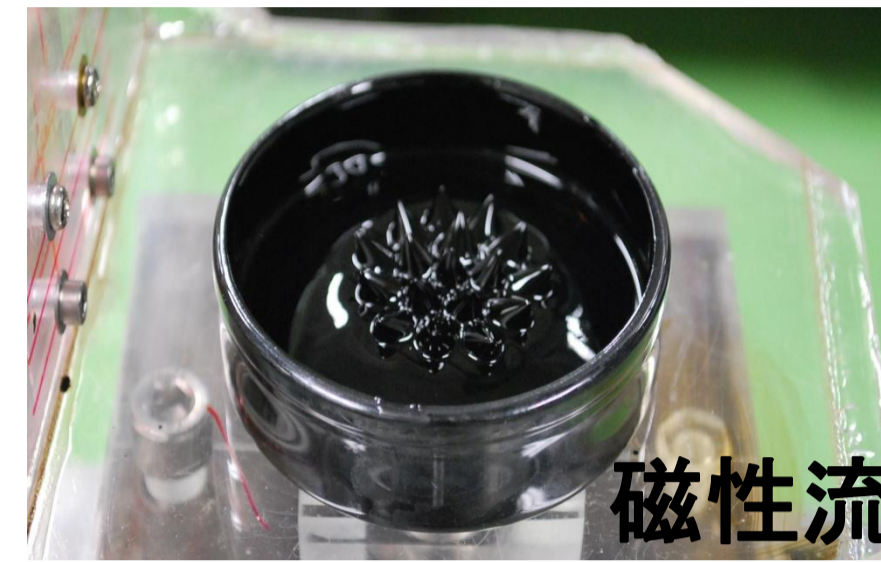
研究背景および研究目的

代表的なソフトアクチュエータ(人工筋肉)の研究動向

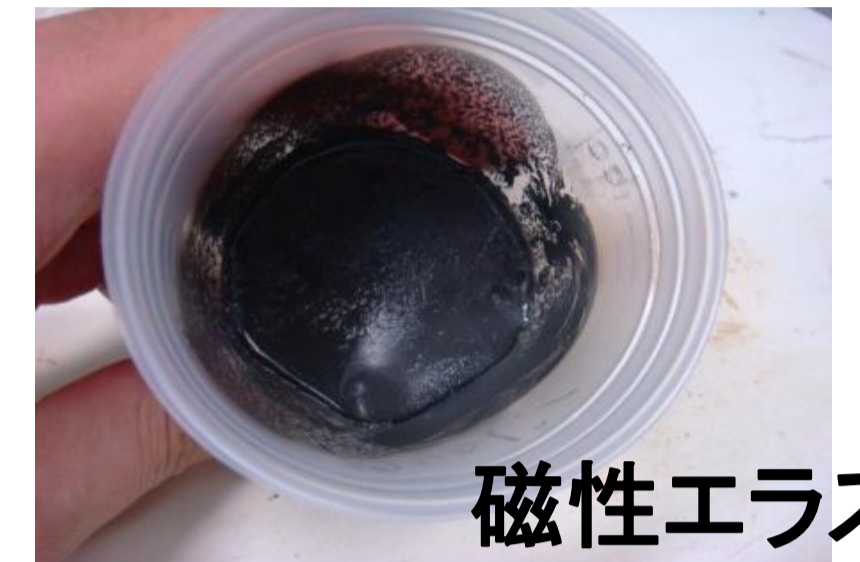
	動作原理	発生応力	変位量	動作速度
人間の筋肉	フィラメント間の滑り(収縮)	0.4-0.6 MPa	40%	10Hz
ポリマーゲル	pH, 水分, 電気などの刺激	0.3 MPa	40%	0.1Hz
形状記憶合金	熱隆起マルテンサイト変態	300 MPa	5%	0.2-0.3Hz
ICPF	イオン交換膜とイオンの偏り	0.1 kPa	10%	50Hz

人間の筋肉に匹敵するアクチュエータは未だ存在しない。

本研究では磁界に応答する磁性流体および磁性エラストマーを用い、筋肉のような柔軟性を持つアクチュエータの開発およびその数値解析法の確立を目的とする。



磁性流体



磁性エラストマー

有限要素法を用いた磁性流体の数値解析

磁性流体の数式モデル

流れ場の方程式系

$$\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) \mathbf{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \nabla^2 \mathbf{u} + \mathbf{f}^{(ext)}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \Phi = 0$$

流れ場

\mathbf{u} : 流速
 p : 圧力
 ρ : 密度
 ν : 動粘性係数
 Φ : 界面関数

電磁場の方程式系

$$\nabla \times (\nu_0 \nabla \times \mathbf{A} - \mathbf{M}) = \mathbf{J}^0$$

$$\nabla \cdot \mathbf{A} = 0$$

電磁場

\mathbf{M} : 磁化
 \mathbf{A} : 磁気ベクトルポテンシャル
 ν_0 : 真空の磁気抵抗率

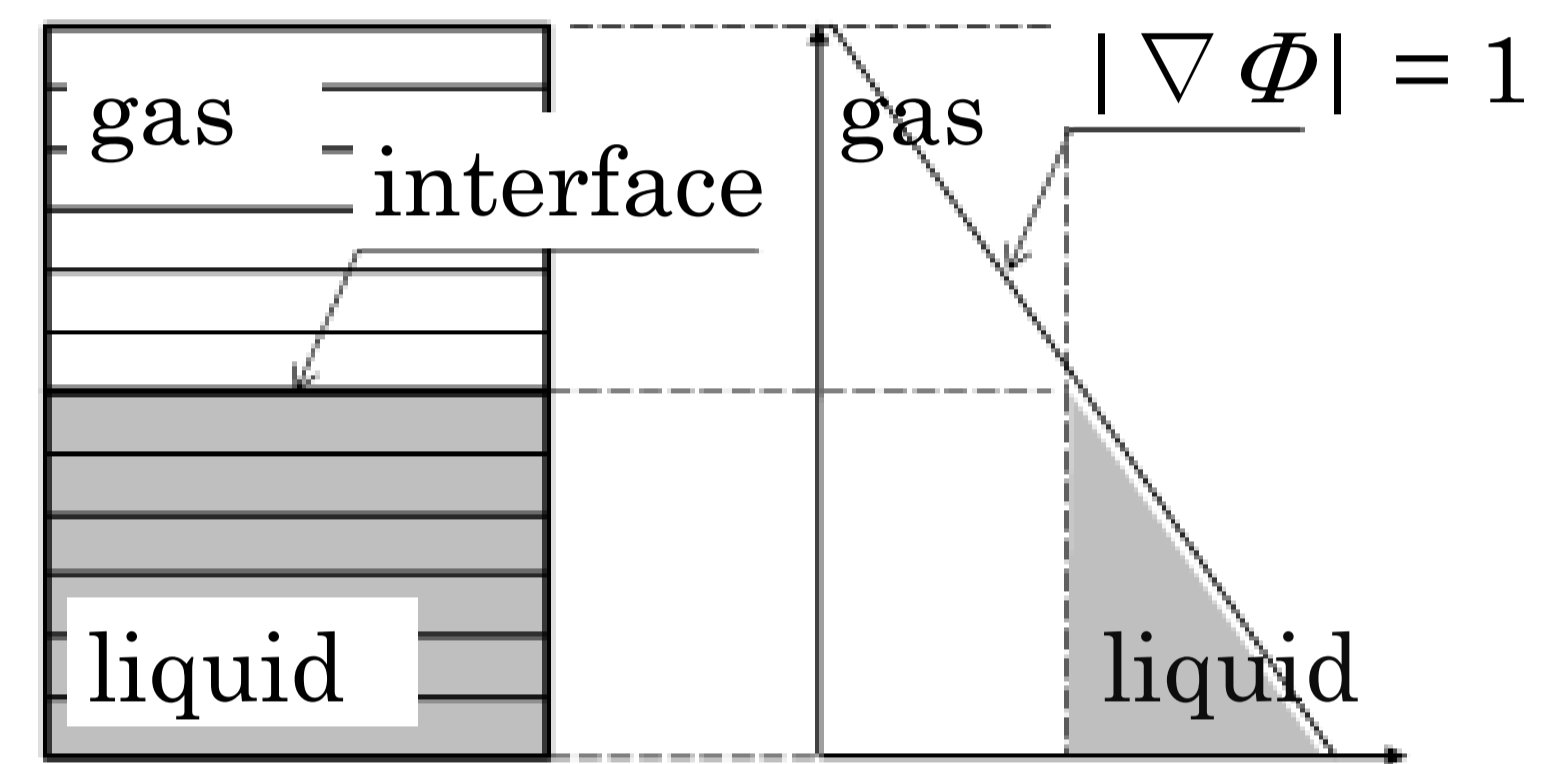
外力

$$\mathbf{f}^{ext} = \mu_0 (\mathbf{M} \cdot \nabla) \mathbf{H} + \sigma_{st} \kappa \delta \mathbf{n} + \rho \mathbf{g}$$

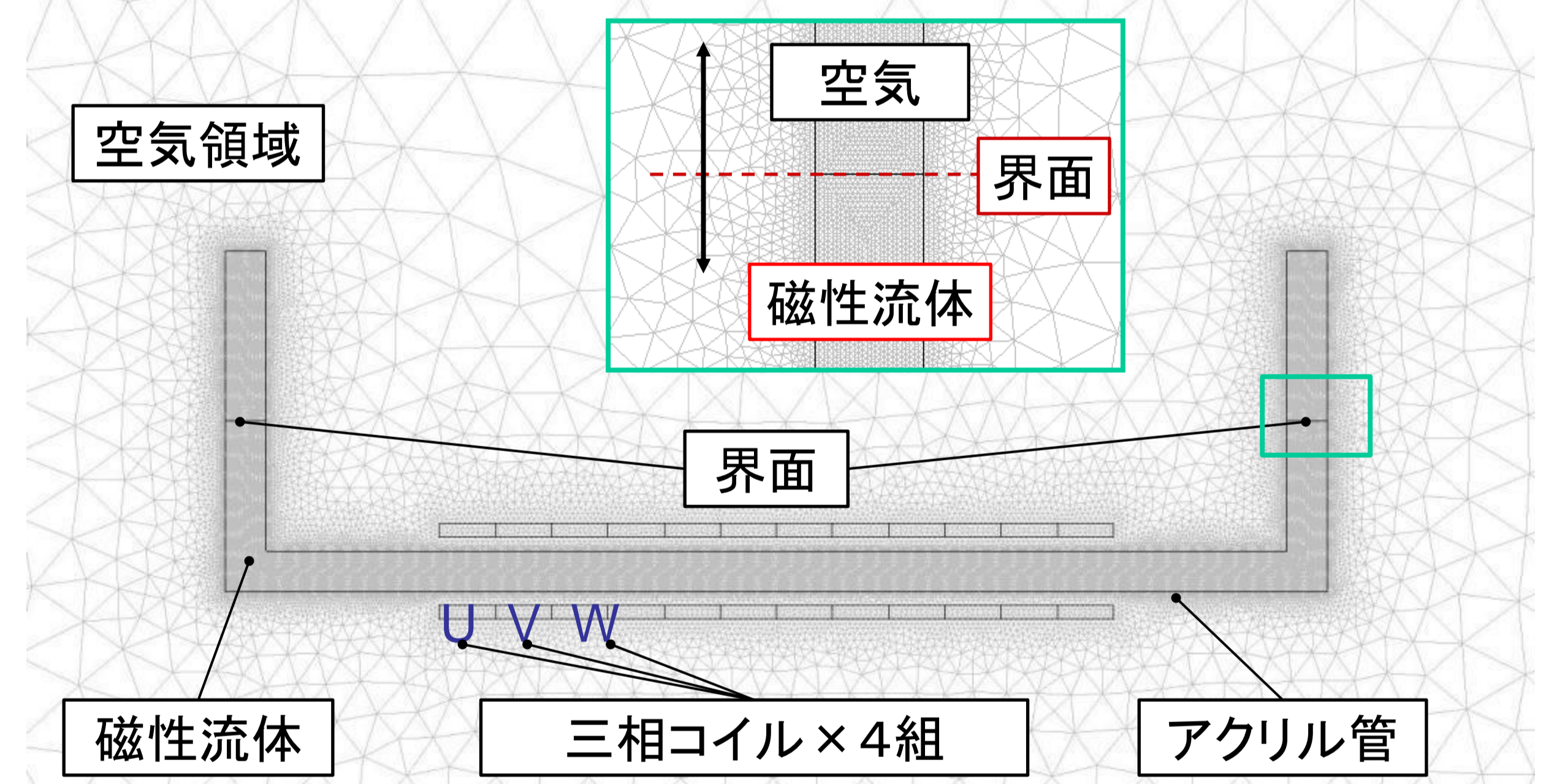
磁気力 表面張力 重力

σ_{st} : 表面張力係数
 κ : 曲率
 μ_0 : 真空の透磁率
 δ : 界面のデルタ関数
 \mathbf{n} : 界面の法線ベクトル
 \mathbf{g} : 重力加速度

Level set 法による自由表面の表現

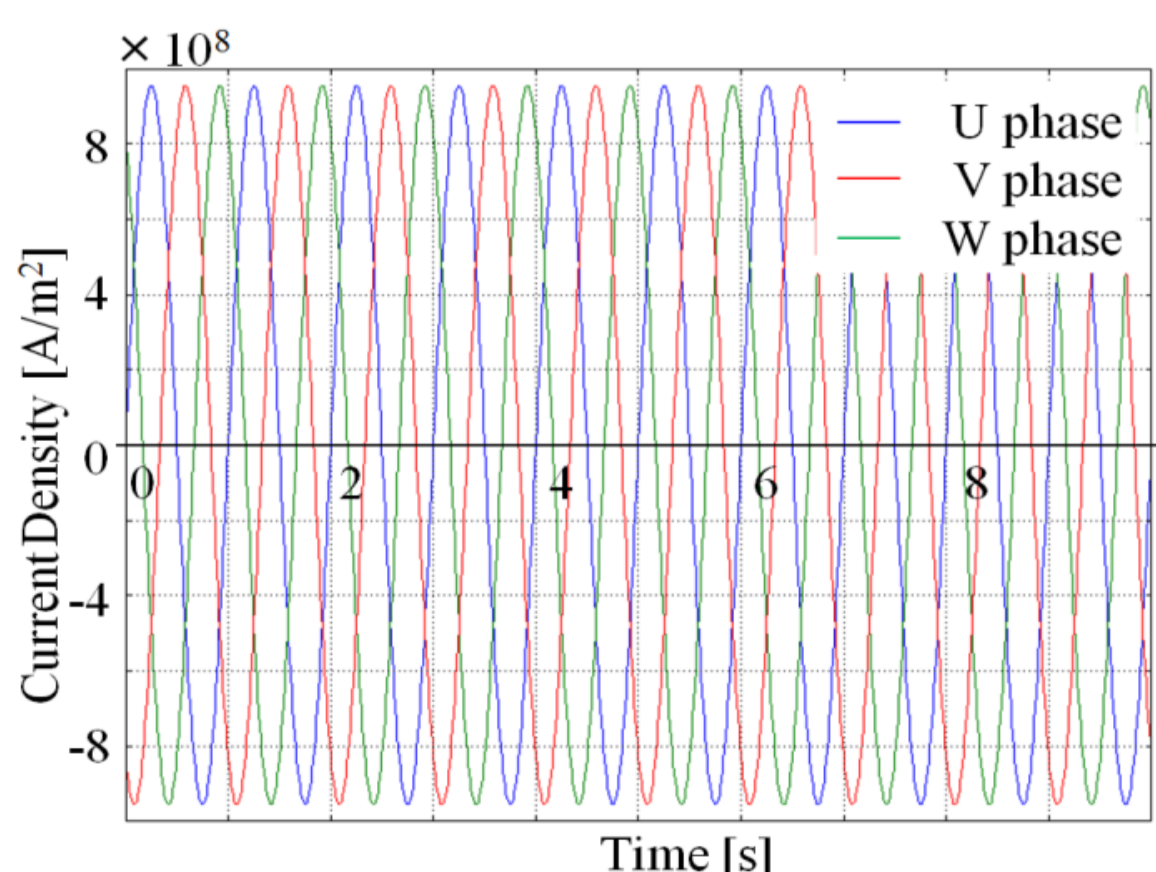
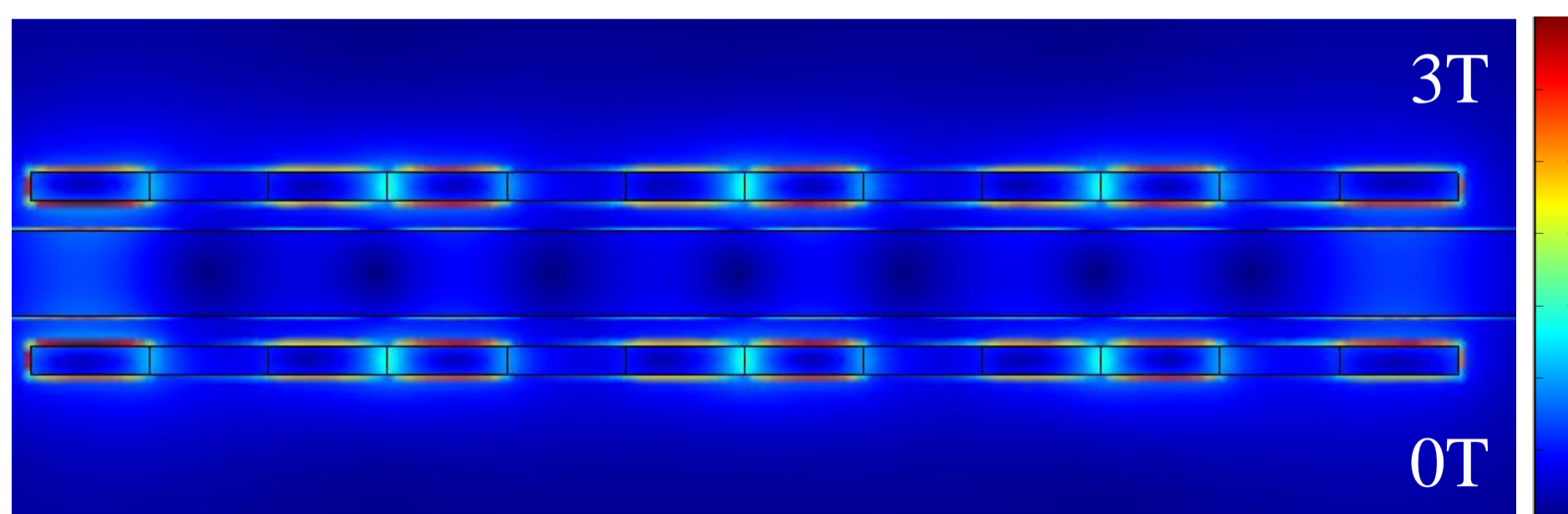


有限要素モデル

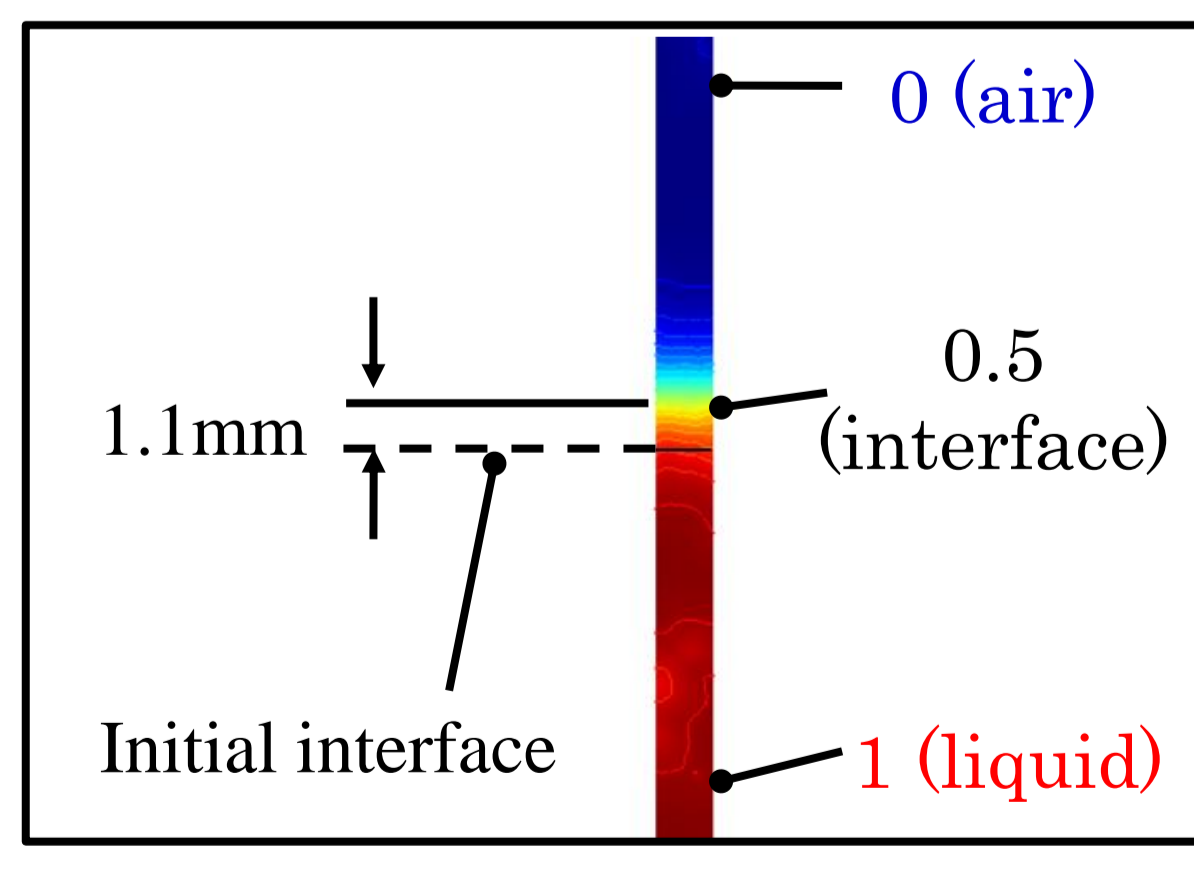


解析結果

磁束密度分布 (at t=2sec)

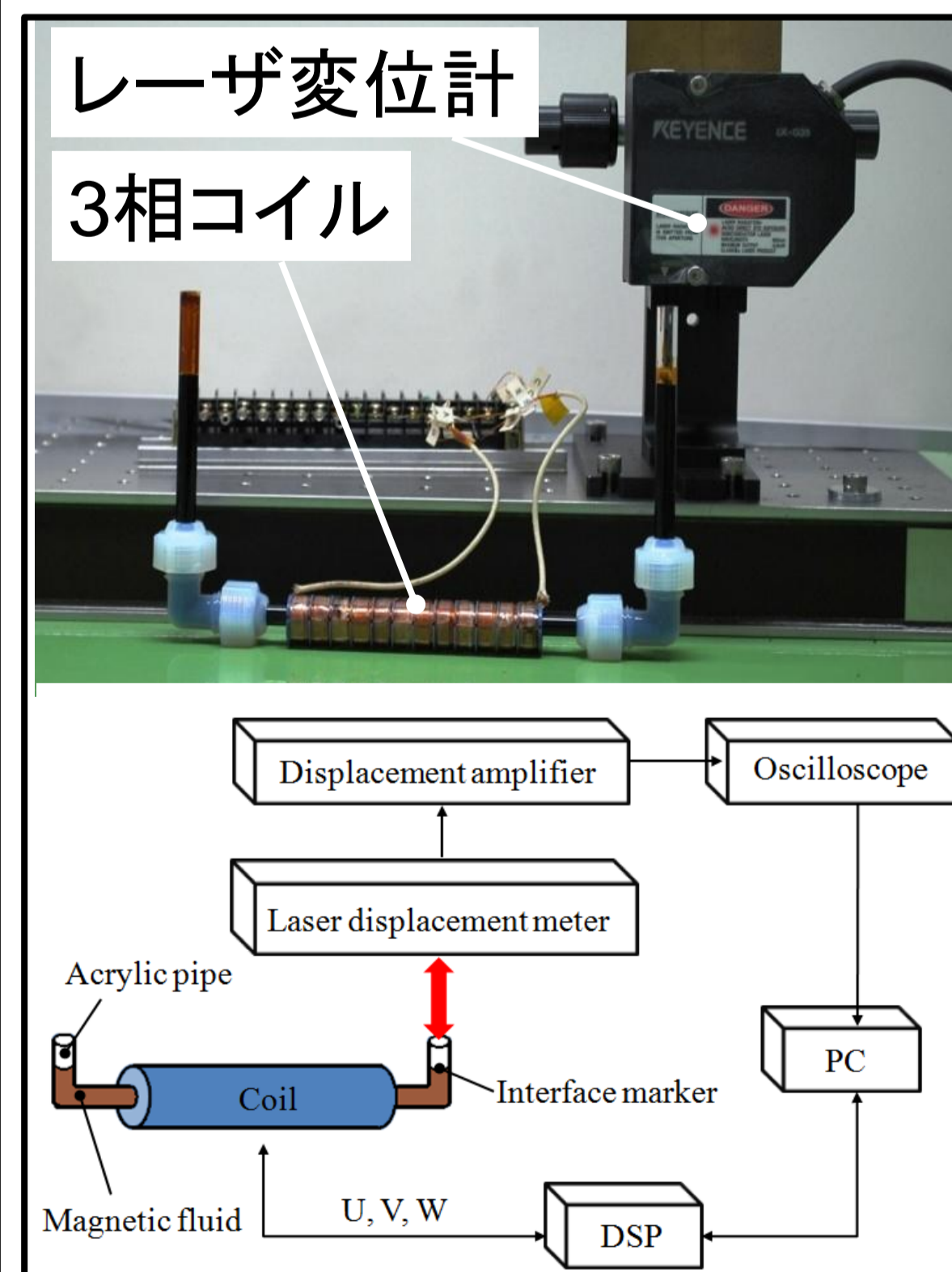


電流密度分布(2Hz)

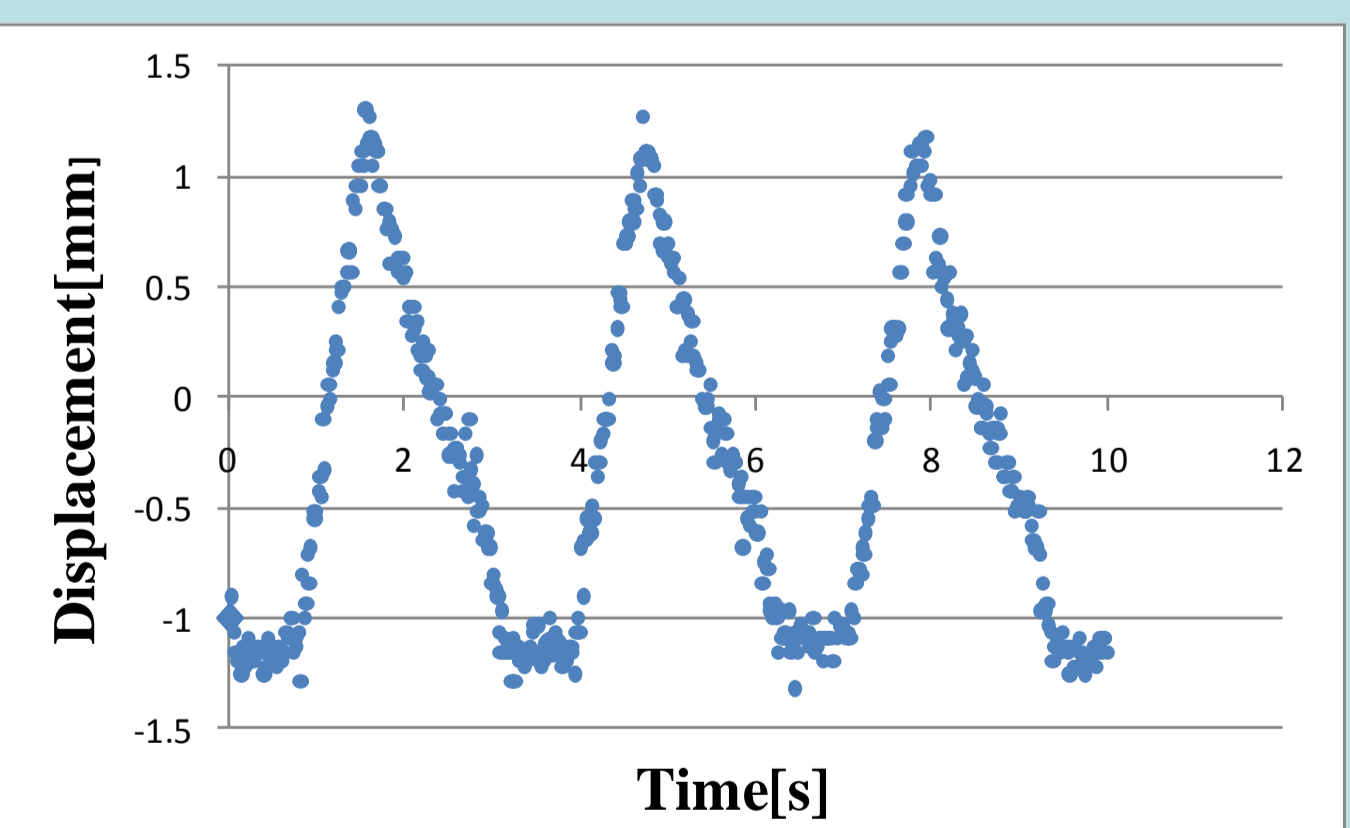


界面変位 (at t=2sec)

実験結果



測定系



界面変位の測定結果

- * 解析と同一条件で実機検証。
- * ±1.4mmの振幅を確認。
- * 解析結果と20%程度の誤差。

結言

- ・ 有限要素法を用いて電磁場と流れ場の連成解析を行ない、移動磁場を印加した場合の磁性流体の振動現象を確認した。
- ・ 実験により磁性流体の振動現象を検証し、解析誤差を含むものの定性的には一致する挙動を確認した。
- ・ 3次元においてB-H曲線を考慮した非線形解析を行うことで誤差の軽減を図り実用的なシミュレーション手法の確立を目指す。