

# 感温磁性材料を用いた高速応答サーモスイッチに関する研究

大阪大学工学研究科 知能・機能創成工学専攻 平田研究室

## 背景・目的

### 背景

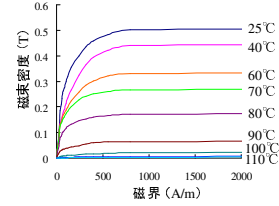
充電工具等に搭載されているリチウムイオン二次電池の保護機構として、所定の温度以上で大電流を高速遮断するため、高精度な温度検知・高速応答・長ストロークスイッチングが可能なサーモスイッチの開発が期待されている

### 目的

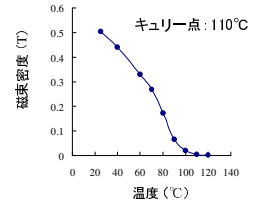
- 感温磁性材料(TSMM)を用いた高速応答サーモスイッチの構造を提案
- 三次元有限要素法による応答性解析シミュレータを用いて、サーモスイッチの応答性を評価
- 解析結果をもとにサーモスイッチの試作モデルを作製し、応答時間の実験結果との比較により、サーモスイッチおよび解析手法の有効性を検証

### 感温磁性材料

Fe-Ni合金、Fe-Ni-Cr合金などがあり、合金の配合比率でキュリー点を任意に設定することができる



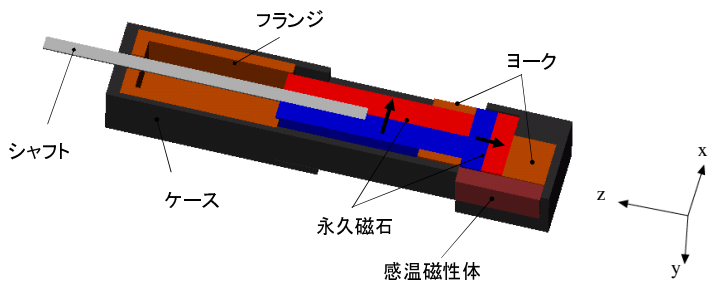
B-H特性



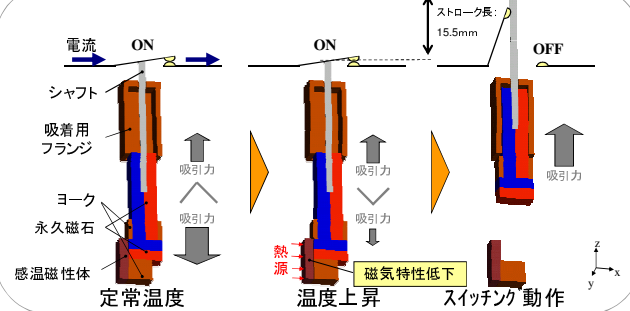
B-T特性

## 提案モデル・動作原理

### 提案モデル



### 動作原理



## 解析手法・解析モデル

### 基礎方程式

#### 磁界解析

$$\text{rot}(\nu \text{rot} \mathbf{A}) = \nu_0 \text{rot} \mathbf{I}$$

$\nu$ : 磁気抵抗率,  $\mathbf{A}$ : 磁気ベクトルポテンシャル,  $\nu_0$ : 真空の磁気抵抗率,  $\mathbf{I}$ : 磁化

#### 熱伝導解析

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial \theta}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) + Q = \rho c \frac{\partial \theta}{\partial t}$$

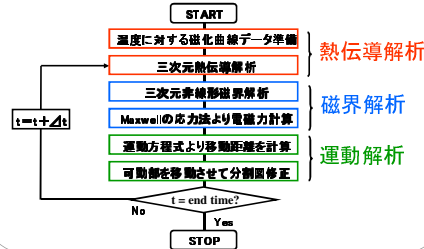
$\theta$ : 温度,  $Q$ : 発熱源,  $\rho$ : 密度,  $c$ : 比熱,  $K_x, K_y, K_z$ : x, y, z方向の熱伝導率

#### 運動解析

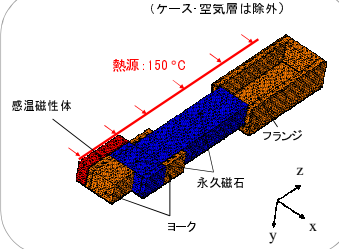
$$M \frac{d^2 z}{dt^2} - F_k = F_z$$

$M$ : 可動部の全質量,  $z$ : 移動距離,  $F_k$ : バネ負荷,  $F_z$ : 力のz方向成分

### 連成解析フローチャート

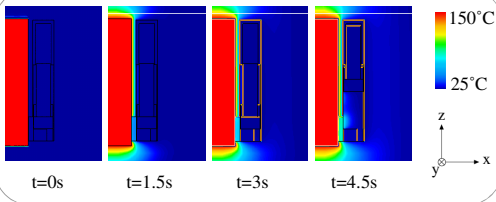


### 三次元分割図

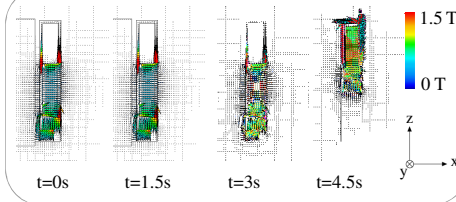


## 解析結果

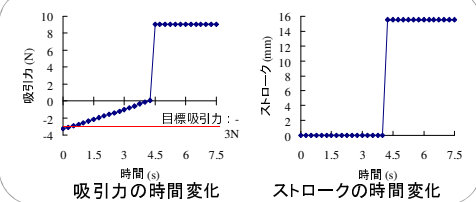
### 温度分布



### 磁気ベクトル分布

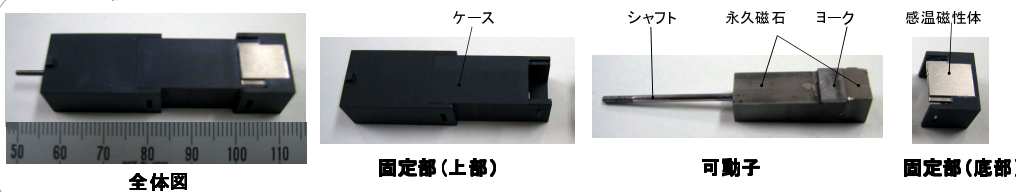


### 解析結果

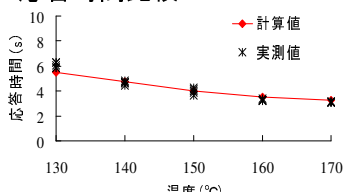


## 実験検証

### 試作機



### 応答時間比較



## 結言

### まとめ

- 感温磁性材料を用いた高速応答サーモスイッチを提案
- 三次元有限要素法を用いた磁界・熱・運動の連成動作特性解析により応答性を評価
- 実験検証によりサーモスイッチおよび解析手法の有効性を確認 (応答時間: 約4s)

### 今後

- 熱伝導の観点からの構造・材料の改良
- 感温磁性材料を用いたアプリケーションの提案