

# 二相流により熱交換される複雑構造体の熱流動解析ツールの開発ならびにその現象解明

大阪府立大学

金田昌之



# 背景

電子機器（複雑構造デバイス）の小型化、  
高性能化



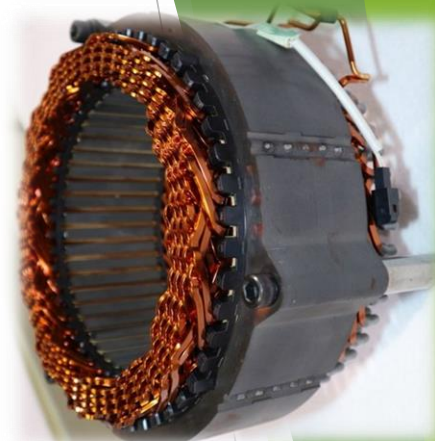
発熱量の増大に伴う、効率的な徐熱に対するニーズ



オイルの流下による液冷技術



液体・熱の挙動、冷却効果を解明する  
必要性



ハイブリッド車の  
ステータ

複雑構造ゆえの可視化  
の困難さ



大規模数値解析



解析手法の改良・  
発展

# 目的

複雑構造

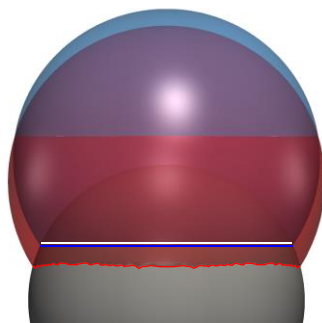
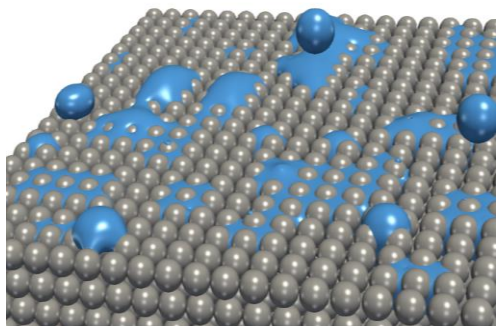
二相流解析

jh190032

+

伝熱問題

本課題で開発する  
ツール



- 滑らかな複雑形状を扱える
- 保存性の良い二相流解析が可能
- 液体の熱輸送を考慮できる
- 熱マランゴニ, 気相への蒸発潜熱を考慮できる

# 目的

複雑形状の物性  
(空隙率・透過率・屈曲度・濡れ性・熱拡散率)

液側の物性  
(粘度, 熱拡散率, 流速)

工業製品の熱設計にも寄与できる指標を  
明らかにする

# 解析手法

修正Allen-Cahn方程式を素地としたD3Q27 Phase-field LBM

$$\rho = \phi \rho_L + (1 - \phi) \rho_G$$

$$f_\alpha(\mathbf{x} + \mathbf{e}_\alpha \delta_t, t + \delta_t) = f_\alpha(\mathbf{x}, t) - \frac{1}{\tau_f + 1/2} [f_\alpha - f_\alpha^{\text{eq}}]_{|(\mathbf{x}, t)} + F_\alpha$$

$$f_\alpha^{\text{eq}} = w_\alpha (p - \rho c_s^2) + \rho \Gamma_\alpha c_s^2 - \frac{1}{2} F_\alpha$$

$$h_\alpha(\mathbf{x} + \mathbf{e}_\alpha \delta_t, t + \delta_t) = h_\alpha(\mathbf{x}, t) - \frac{1}{\tau_h + 1/2} [h_\alpha - h_\alpha^{\text{eq}}]_{|(\mathbf{x}, t)}$$

$$h_\alpha^{\text{eq}} = \phi \Gamma_\alpha + w_\alpha \frac{M}{c_s^2} \left[ \frac{4}{W} \phi (1 - \phi) \right] \left( \mathbf{e}_\alpha \cdot \frac{\nabla \phi}{|\nabla \phi|} \right)$$

$$F_\alpha = \delta_t \left[ (\Gamma_\alpha - w_\alpha) (\rho_L - \rho_G) c_s^2 + \Gamma_\alpha \mu_\phi \right] (\mathbf{e}_\alpha - \mathbf{u}) \cdot \nabla \phi \\ + \delta_t \Gamma_\alpha (\mathbf{e}_\alpha - \mathbf{u}) \cdot \rho \mathbf{g}$$

# スケジュール

## ▶ FY2020 Q1

- ▶ CADデータからのレベルセット関数を応用した複雑構造体の取り込み
- ▶ 二相流解析の実施

## ▶ FY2020 Q2

- ▶ 複雑形状に対する熱輸送解析コードの実装

## ▶ FY2020 Q3

- ▶ 熱輸送解析の解析範囲の同定ならびに構造との関連を見据えたキャラクタリゼーション

## ▶ FY2020 Q4

- ▶ 発熱デバイスの冷却メカニズムの解明

熱輸送  
潜熱による蒸発  
気相中の溶媒分布