

# 積層造形を活用した高機能モーターの開発 -静音化, レアアースレス化, 高効率冷却化の観点から-

---

早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部  
機械科学・航空宇宙学科  
教授 竹澤晃弘

# 研究背景

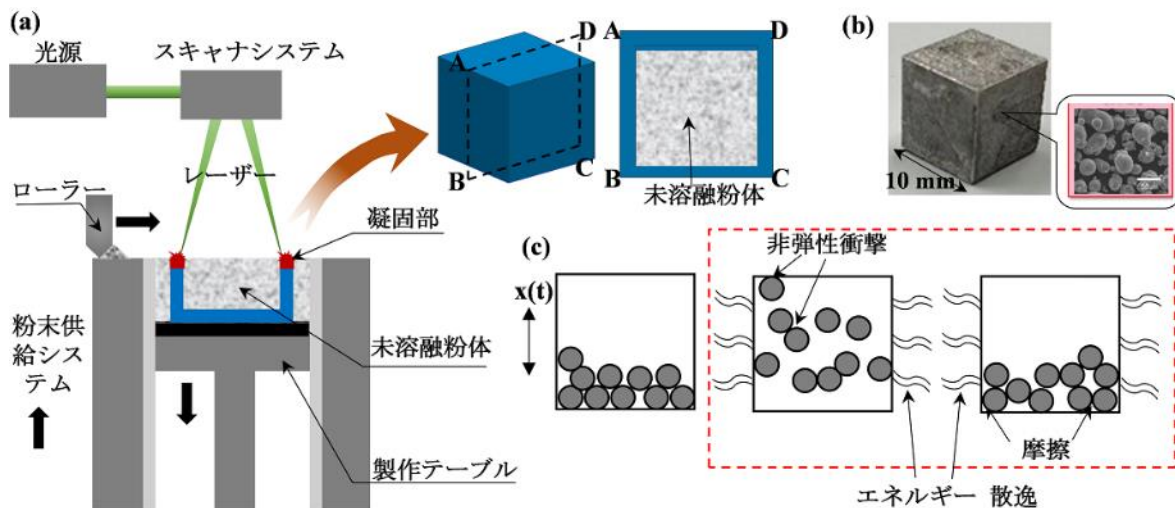
---

## □ モーターの課題

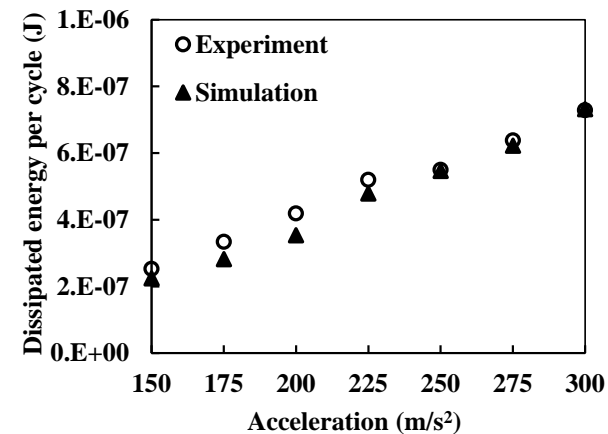
- **高周波騒音**があり、騒音指標ベースで考えると必ずしも静音とはいえない。
- 出力、効率面で最も優れるのは永久磁石同期モーターだが、材料として**レアアース**を用いている。レアアース産出国は限られており、その供給は国際情勢の影響を受けうる。
- モーター内には絶縁体が多く使用されており、高温に弱い。**冷却設計が重要**。
- 次世代自動車の動力源と考えた場合、エンジンに比べ単純と言われがちだが、解決すべき技術的課題が多々ある。
- 自動車に限らず、モーターは重要な産業機器であり、高機能化は多くの業界に影響を与える。

# 大学のシーズ①

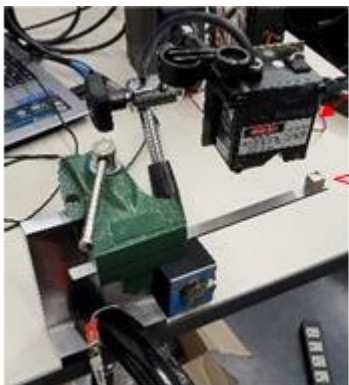
## 金属粉体を活用したダンパ



### 1kHzまでの実験・シミュレーション



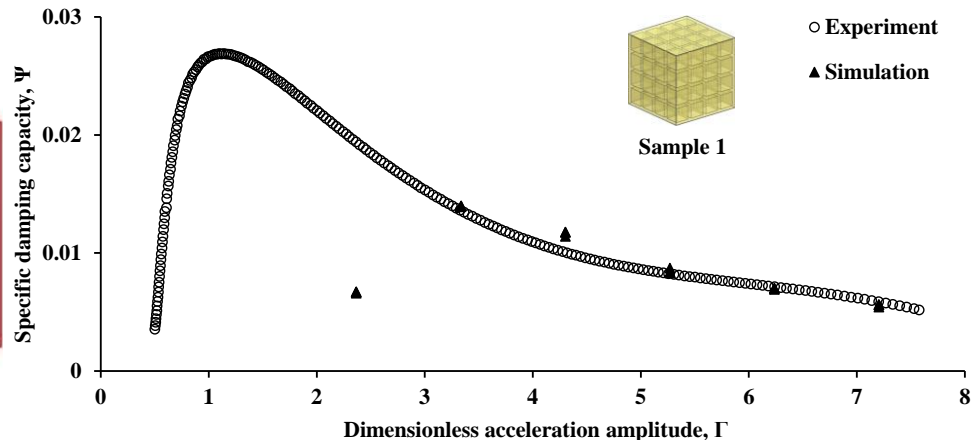
### 100Hzまでの実験・シミュレーション



高周波対応  
レーザー変位計



試験片



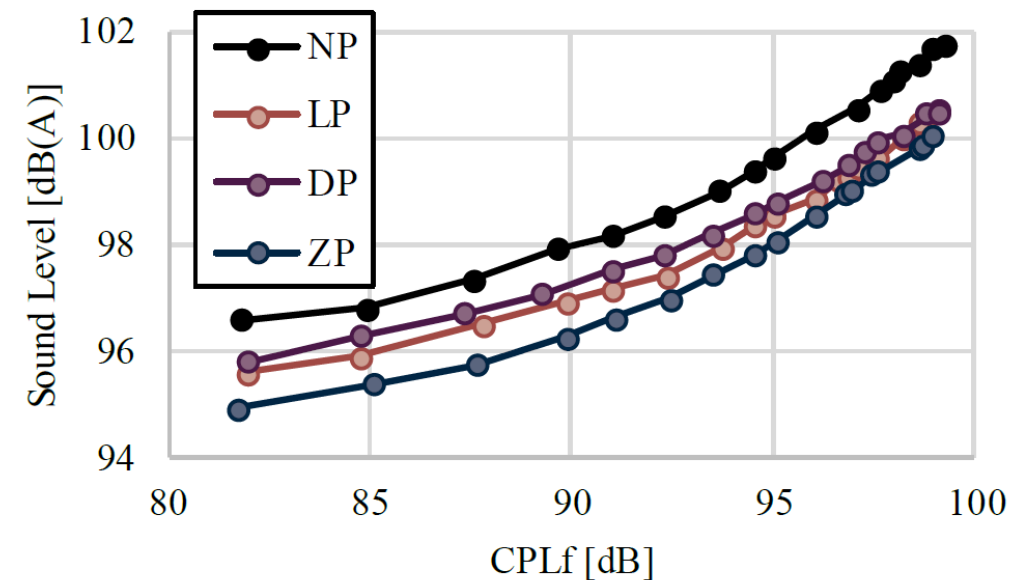
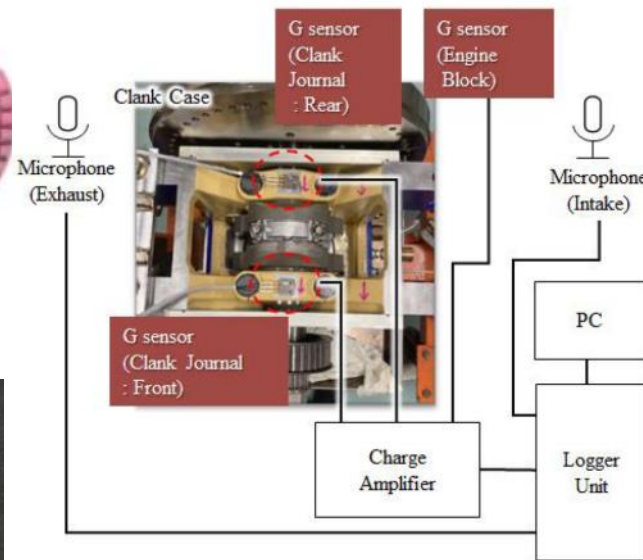
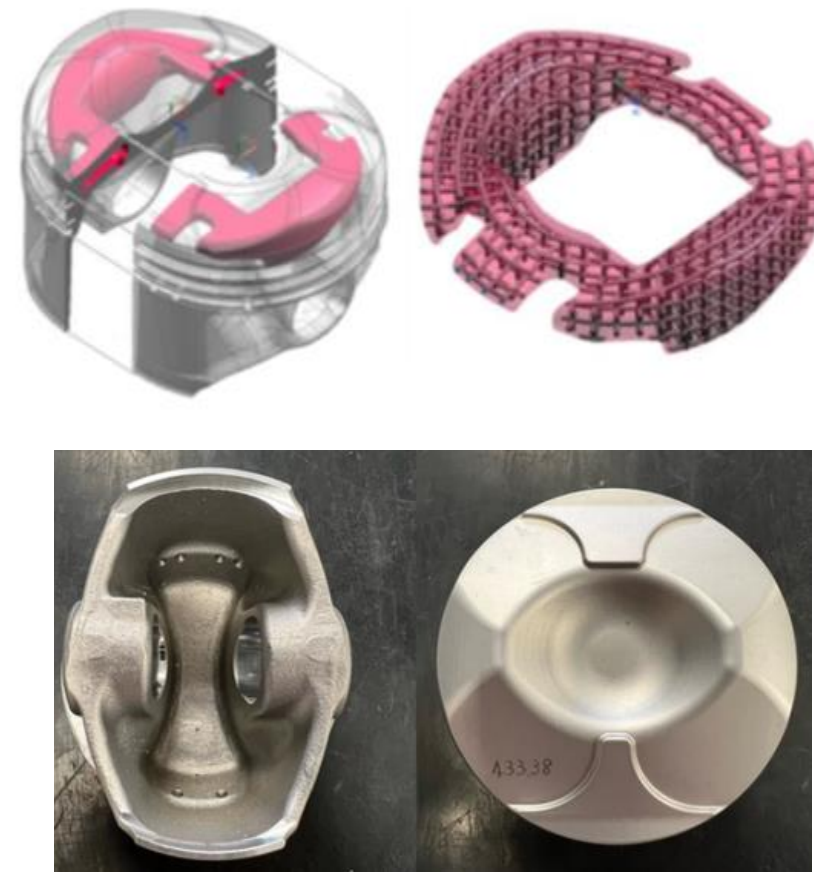
Guo et al., Powder Tech., 2021

Guo et al., Comput. Particle Mech., 2023

# 大学のシーズ①

- 金属粉体ダンパのピストンへの搭載（マツダ株式会社との共同研究）
  - 耐熱性のあるダンパであるため、エンジンの爆発音を根元で減衰可

短気筒テストベンチでの試験で約2dBの騒音低減を確認



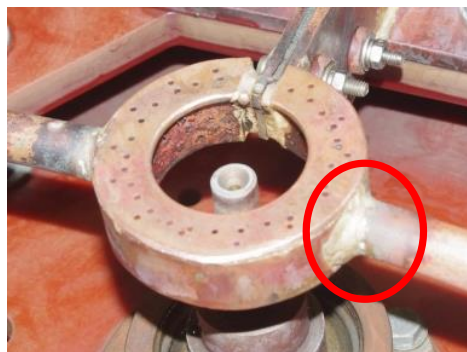
Sakai et al., SAE Tech. Paper, 2023

2019～2021年度, JST A-Stepシーズ育成タイプの支援を受け, 事後評価にてモーターへの展開を助言頂いたため, 昨年度RFIに提案した。  
マツダ株式会社内ではモーターへの粉体ダンパの展開は検討せずとし, 先導研究への応募には至らず。

# 大学のシーズ②

## □ 銅AMを前提とした磁場最適設計 (TKE株式会社との共同研究)

- 金属AM(積層造形, 3Dプリンティング)において純銅は難造形材とされていたが, 装置のレーザーの高出力化, 銅粉の吸収率向上により造形可能に.
- ティーケーエンジニアリング株式会社では高周波誘導加熱のコイルの製造に銅AMを活用し, 製造に要する期間, 職人の確保の問題, 品質のばらつき, ロウ付け部が低強度といった問題を解決.
- 早稲田大学と「知の拠点あいち重点研究プロジェクト」の枠組みでコイルの最適設計法について共同研究を実施.

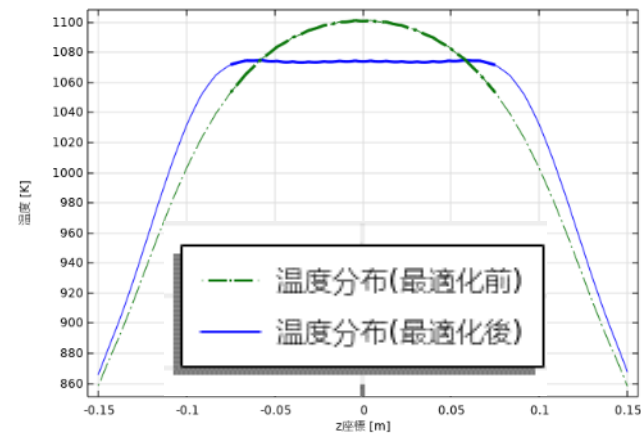


従来の高周波誘導加熱用  
コイルにはロウ付け部が存在



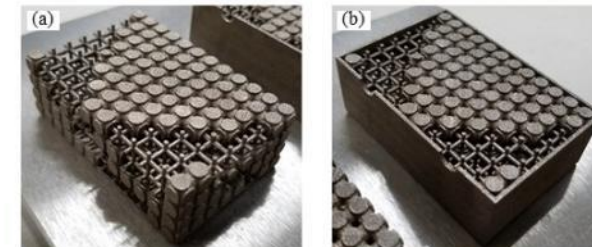
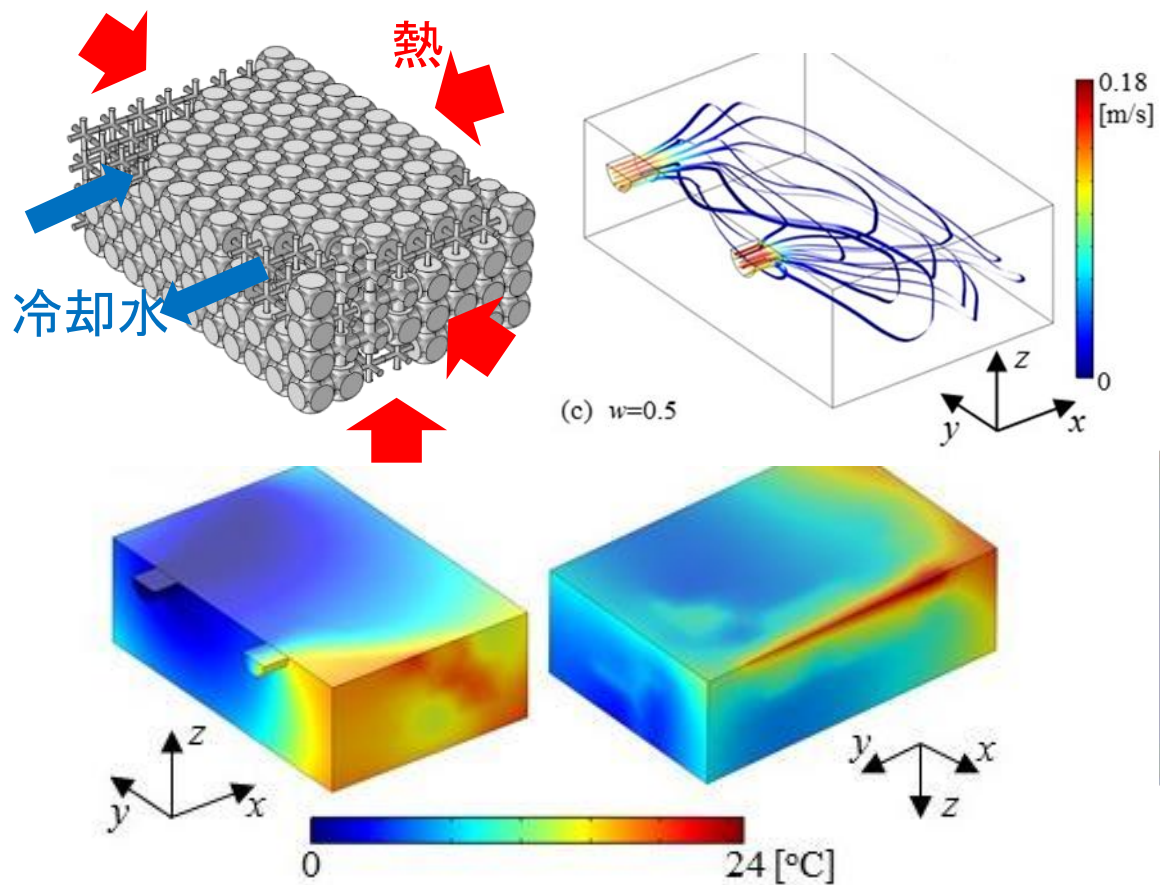
3Dプリンタでの一体成型  
でロウ付けを不要に

大学でのコイルの最適化により,  
焼入れ対象の温度分布を均一に.

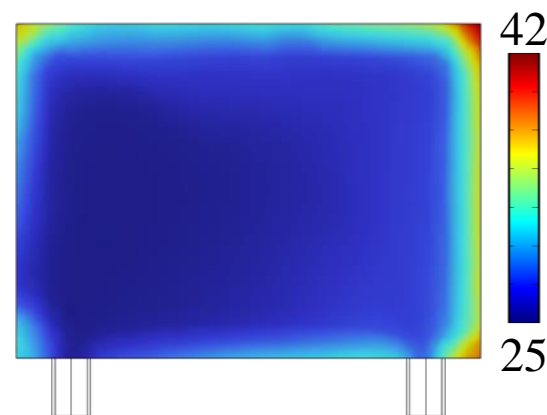


# 大学のシーズ③

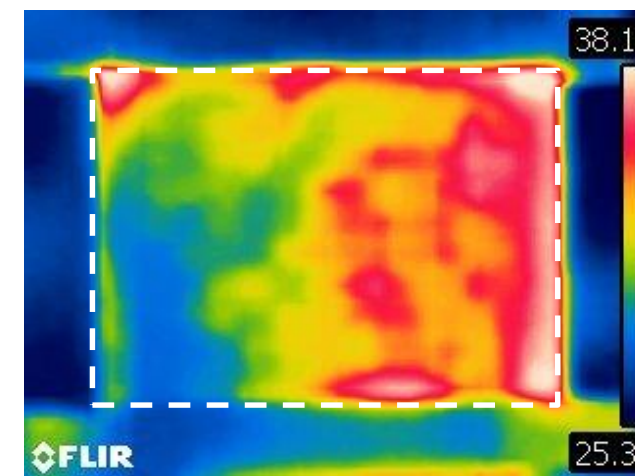
- ラティス構造最適化を活用した高効率冷却
  - ラティス構造の巨大表面積が冷却に有効
  - 「知の拠点あいち重点研究プロジェクト」による研究成果



温度解析結果



サーモグラフィ計測結果



# RFI提案内容

## □ AM技術を活用した高機能かご型三相誘導モーターの開発

- 回転子に埋め込んだコイル内の誘導電流と回転磁界間に生じる電磁力によってトルクを生み出すモータであり、**リアアースが不要**である。
- **構造が単純**であり、**高速回転に強い**、**摩擦や接触通電部分がなく保守が簡単で堅牢**であるという利点がある。
- 永久磁石同期モータと比較して、**始動トルクが小さい**こと、**回転子の発熱が大きい**等の欠点もあり、**トルク特性と排熱の設計**が重要課題である。
- **AM技術と最適設計技術を活用し、高性能化、静音化、高冷却化を狙う。**

