

迅速で創造的な製品設計を可能とする トポロジー最適化に基づく超上流設計法の開発

発表者:京都大学 西脇眞二

研究テーマ責任者:京都大学 西脇眞二

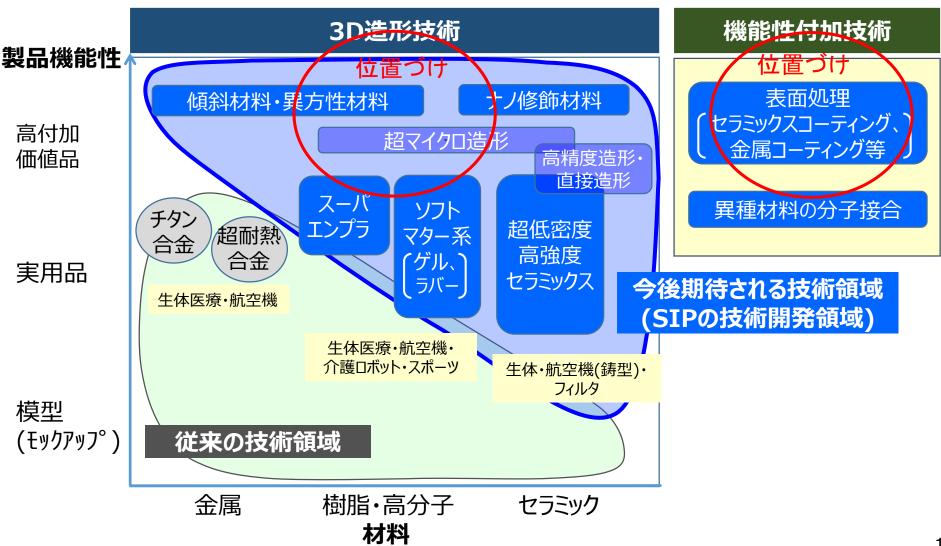
参画機関:京都大学 (株)豊田中央研究所

(株)岐阜多田精機 (株)ナガセインテグレックス

東北大学 アイシン・エィ・ダブリュ(株) (株)くいんと

革新的設計生産技術における位置づけ

多様なニーズに応じた設計に対応できる、複雑な形状や、多様な材料 を用いて従来にない機能を実現する生産技術が重要



研究背景

【背景(課題)】

自動車産業、電機産業などの多くの産業において、CAD/CAE/CAMなどのデジタルエンジニアリングの貢献は大きい、デジタルエンジニアリングの導入により、製品の品質は向上し、開発期間も大幅に短縮された。しかしながら、これらのデジタルエンジニアリングの導入だけでは、高機能、あるいは今までに無い機能をもつ革新的な製品設計を導出することは非常に難しい。

革新的な製品開発は産業競争力強化には必要不可欠であり、その製品設計を可能とする方法論の構築は最も重要な課題の一つとなっている.

本研究では、革新的製品開発を可能とする方法論の開発を目的として、トポロジー最適化により製品の構想設計を支援する方法論を構築する。具体的には、以下の方法論の構築を行う。

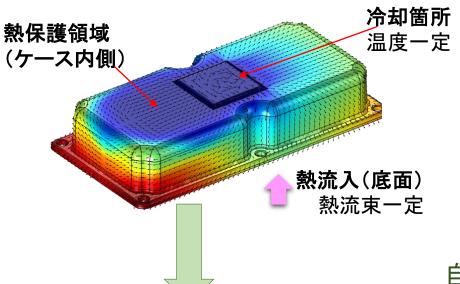
- 1. マルチスケールトポロジー最適化に基づき,熱制御デバイス,電磁波制御デバイスの構造設計法の開発を行う.さらに,設計案により大量生産可能な製造法を開発する.
- 2. 構造力学問題を対象に、CAD上で形状創成、CADモデル作成が可能な 形状構想設計システム開発を行う。

目標

- 1. マルチスケールトポロジー最適化に基づき, 熱制御デバイス, 電磁波制御デバイスの構造設計法の開発を行う.
- 2. 開発した構造設計法により高性能な熱制御デバイス,電磁波制御デバイス設計案を提案する.
- 3. 設計案からデバイスを大量生産可能な製造法を開発する.
- 4. 構造力学問題を対象に、CAD上で形状創成、CADモデル 作成が可能な形状構想設計システム開発を行う.
- 5. 形状構想設計システム開発を,地方の中小企業を中心に 展開する.

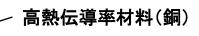
研究開発成果(熱制御デバイス)

トポロジー最適化による最適熱伝導テンソル方向の導出



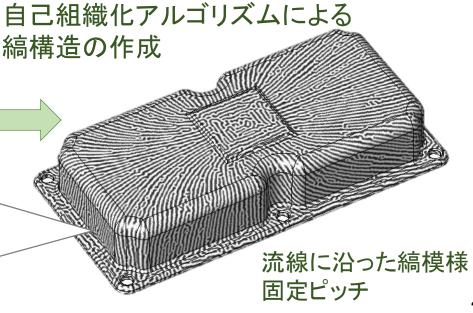
選択的プレーティング 重量0.84kg (アルミの49%)

高熱伝導材料による縞構造 面内熱伝導率比100:1以上 熱誘導効果 (熱のメタサーフェイス: 熱クローキング, 熱流束反転などを実証*)



低熱伝導率材料(ABS)

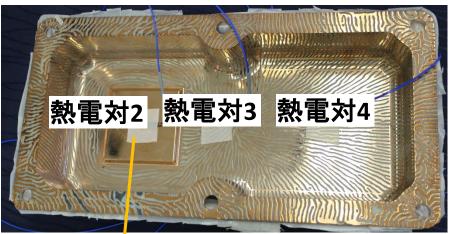
*Appl. Phys. Lett. 103, 063501 (2013)

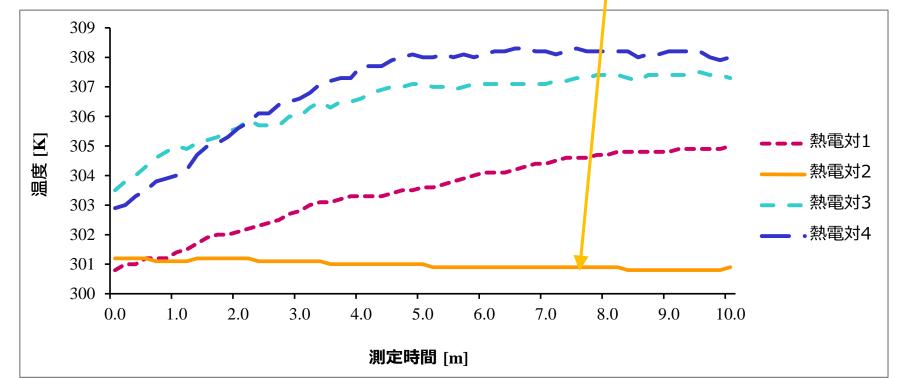


研究開発成果

実験検証(インバータケースを模擬した試作モデル)



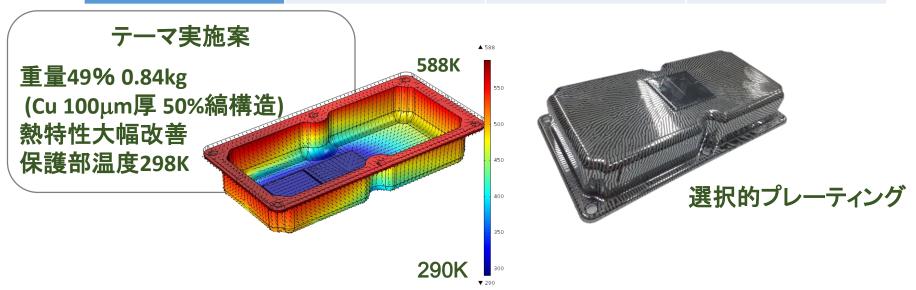




アウトプットに対するベンチマーク

熱制御デバイス(インバータケースを模擬した試作モデル)

	テーマ実施案	アルミダイキャスト	プラスチック(ABS)
放熱性能	\circ	\circ	×
重量(g)	840	1,730	720
価格	$\triangle \rightarrow \bigcirc \land$	\bigcirc	\bigcirc

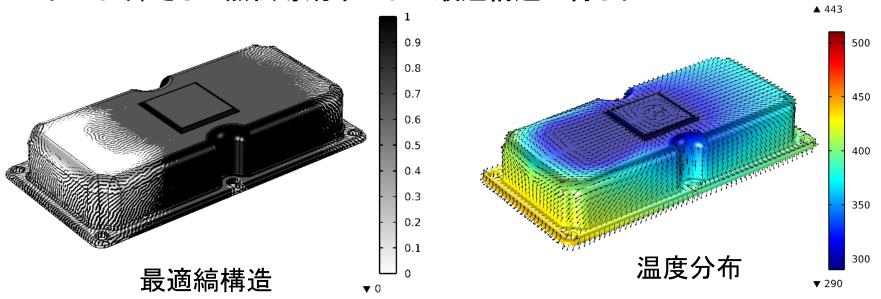


P Rポイント

放熱性能の向上と軽量化を両立可能な方法 ※競争点は、安価で大量生産できる技術の開発

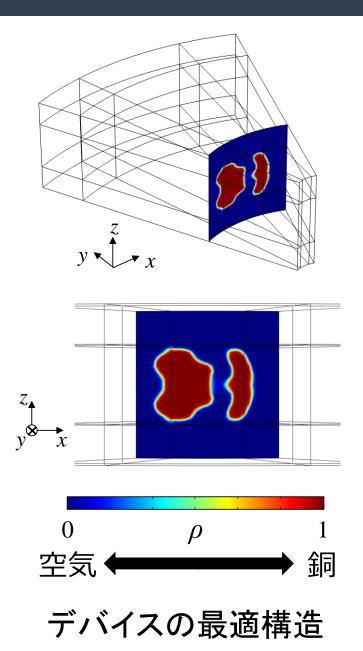
研究開発成果

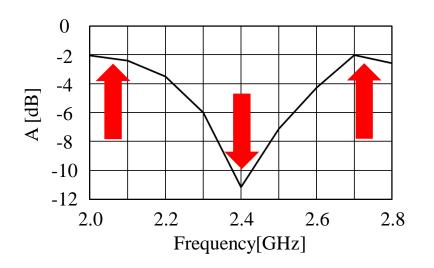
熱伝導方向に加え、材料密度を設計変数にする新しい方法論を構築した. これにより、さらに熱伝導効率のよい最適構造が得られた.



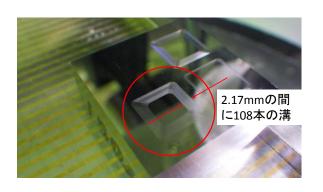
	従来構造	新構造
保護領域の温度	295 K	292 K
最高温度	505 K	442 K
平均温度	407 K	362 K
総重量	0.84 kg	0.88 kg

研究開発成果(電磁波デバイス)





周波数応答 (2.4GHzのEMC性能向上)



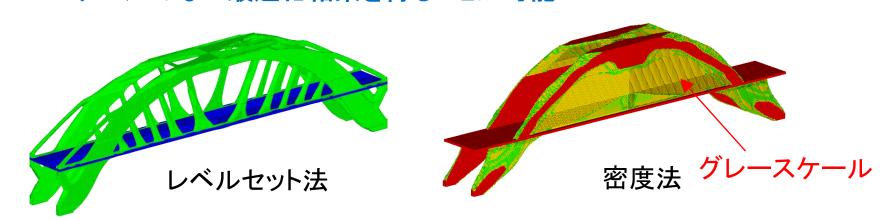
平面上ミーリング加工

研究開発成果(形状構想設計システム)

ミドルレンジCADからモデル作成、最適化、最適構造、最適構造のCADモデルを作成可能なシステム(ソフトウエア)の開発

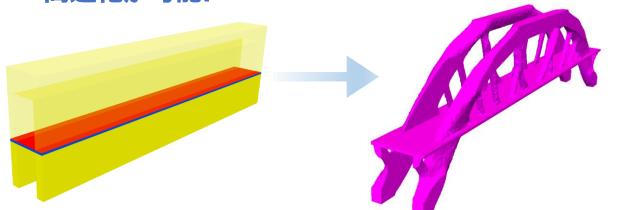


・レベルセット法によるトポロジー最適化により、密度法で問題となるグレースケールのない最適化結果を得ることが可能.



研究開発成果(形状構想設計システム)

・ボクセルベースの解析により、メッシュ依存性のない安定性とGPUによる 高速化が可能.



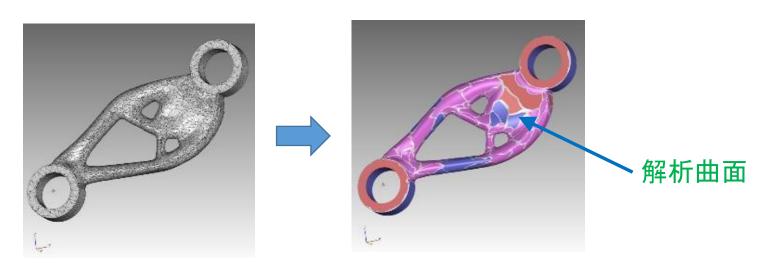
節点数:120,003 要素数:97,200

CPU4並列:1時間39分3秒

GPU: 19分33秒

約5倍速い!

・最適構造から、解析曲面で構成されるCADモデルを自動認識して作成可能.



アウトプットに対するベンチマーク

形状構想設計システム

	本研究開発	商用ソフトA	商用ソフトB	商用ソフトC
トポロジー最適化 (形状表現法)	レベルセット法	密度法	密度法	密度法
目的関数	剛性	質量、剛性	剛性	質量、剛性、固有振 動数
CADモデル生成	解析曲面の自動認 識により、自動生成	手動	手動	手動
結果評価の曖昧さ	低い	高い	高い	高い
メッシュ依存性	低い	高い	高い	高い
GPU対応	あり	なし	なし	なし

現在広く用いられている密度法によるトポロジー最適化では、グレースケールの発生により最適化結果の評価が曖昧となってしまうのに対し、本研究開発で用いているレベルセット法によるトポロジー最適化は、最適化結果の評価に曖昧さがなく、明瞭な結果を得ることができる。また解析曲面の自動認識によるCADモデル生成機能を有し、他のソフトウェアに比べて解析結果の可用性が高い。

社会実装に向けて

本実施テーマメンバー

将来

現在

高機能デバイス開発技術

参加・支援 構造創成設計技術の提供



熱制御・電磁波制御等の高度な技術に関する展開支援

インバーターケース

の展<mark>開実施</mark> (アイシン・エィ<mark>・ダブ</mark>リュ株式会社)

参画企業

次世代デバイス開発への展開

形状構想設計システム

ソフトウエアの提供・支援



公設試験研究機関

形状構想設計ソフトウエア の設置および展開支援

テスト<mark>シス</mark>テムを用いて 複数の中<mark>小企</mark>業で展開実施

地方中小企業

まとめ

本研究テーマでは、革新的製品開発を可能とする方法論の開発を目的として、トポロジー最適化により製品の構想設計を支援する方法論を開発している。ここでは、方法論の開発の一環として得られた以下の成果について報告した。

- 1. 放熱性能の向上と軽量化を両立可能な熱制御デバイスの構造設計・ 製造法を開発した. さらに, HV, EVに搭載されている熱制御ケースを 対象に, 実用化の検討を進めている.
- 2. ミドルレンジCADからモデル作成,最適化,最適構造のCADモデルを作成可能なシステム(ソフトウエア)の開発している.並行して,テストシステムにより,中小企業への展開を進めている.

今後は、電磁波制御デバイスの構造設計、製造法を開発するとともに、 開発する方法論により、高いEMC性能をもつデバイス案を提案する.

また、形状構想設計システムは、商用化を目指したソフトウェアの開発を進め、開発後はまず公設試に設置し、地方創生の一環として、地方中小企業による活用を図る、併せて、商用化を進める。