

幾何学に対する数理モデル 及び 製造制約トポロジー最適化

京都大学 大学院工学研究科 機械理工学専攻
助教 山田 崇恭

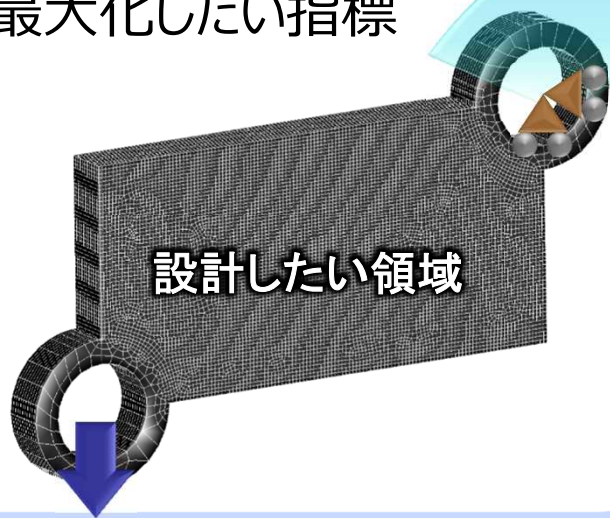
2019年5月16日

トポロジー最適化とは

モデル方程式（偏微分方程式）と数学的根拠に基づいて
最適な形状を創成設計する方法

入力条件

- 数理モデル及び境界条件
- **形状は未知変数**
- 設計したい領域
- 最大化したい指標



出力

最適形状



T. Yamada et al. (2010)

従来技術による トポロジー最適化の展開例

構造問題

(剛性や振動特性の最適化)



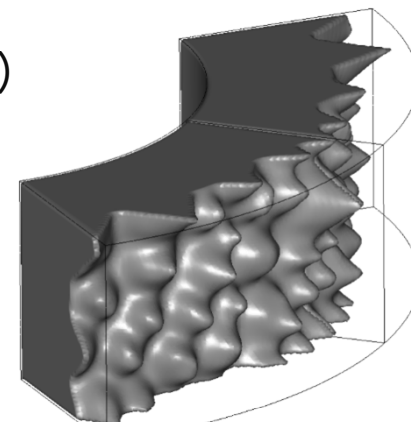
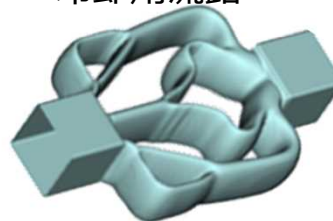
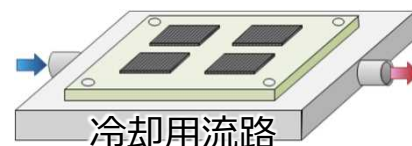
ホイール



自動車部品

熱流体問題

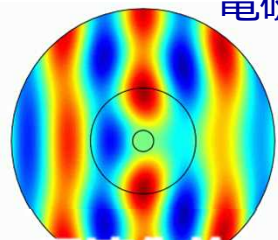
(冷却特性等の最適化)



放熱フィン

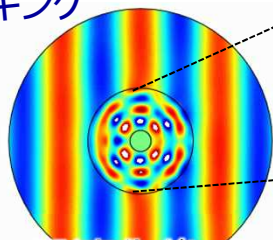
電磁波問題

電磁波クロッキング



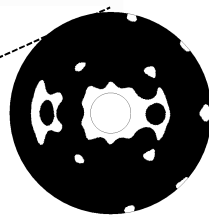
最適化前

通常は波が散乱

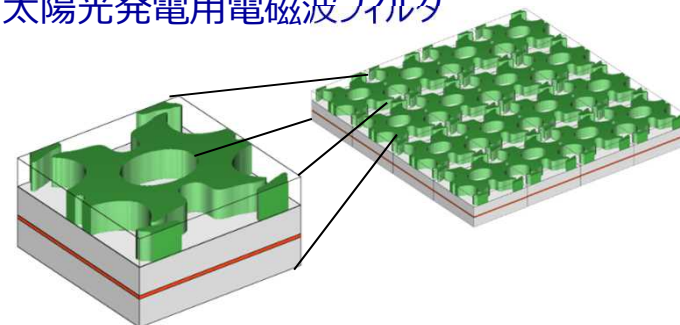


最適化後

あたかも物体がないかのように振る舞うシールド構造



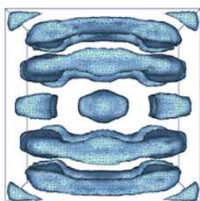
太陽光発電用電磁波フィルタ



従来技術による トポロジー最適化の展開例

様々な計算力学手法への拡張

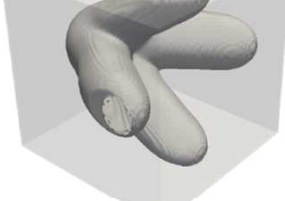
境界要素法
(電磁波・音波・弾性波)



平成27年度 日本機械学会賞 (論文)

名古屋大 松本教授・飯盛助教との共同研究

格子ボルツマン法
(非定常音波・複雑流れ)

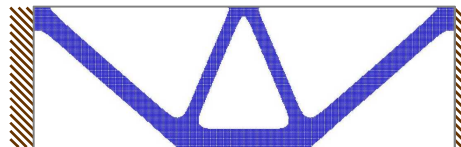


平成28年度 日本機械学会賞 (論文)

大阪大 矢地助教, 信州大 吉野教授との
共同研究

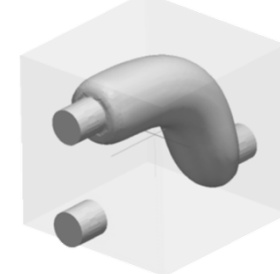
粒子法

(大変形問題・2相流れ)



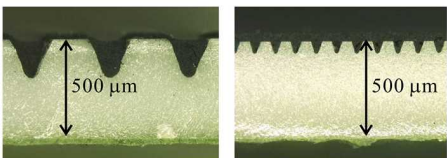
有限体積法

(乱流問題・2相流れ)



複雑な現象・材料設計問題への拡張

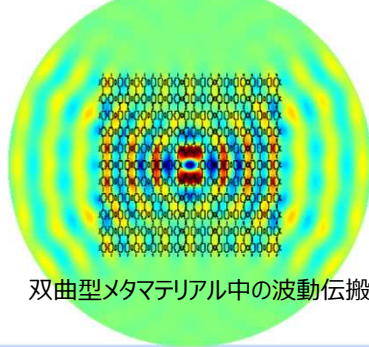
燃料電池



a Large grooves (LG) b Small grooves (SG)

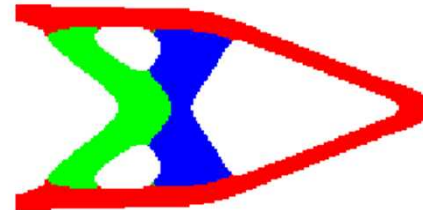
京都大 岩井准教授との共同研究

メタ材料・メタサーフェス
(負の屈折率・負の透磁率)



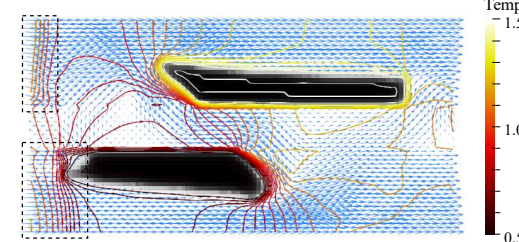
双曲型メタ材料中の波動伝搬

複数材料設計問題



平成29年度 日本機械学会賞 (論文)

分子気体効果



京都大 高田教授との共同研究

トポロジー最適化の限界点!?

- 製造・生産工程を考慮すると最適ではない。

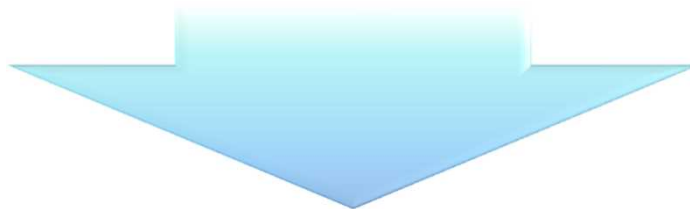
→製造工程から要求される様々な幾何学的制約を**同時に**考慮できれば良い。

- 溶融加工等の複雑な現象を複数考慮することは非現実的。

→流路幅の変化率，形状中心線の曲率等を**同時に**制御できれば十分

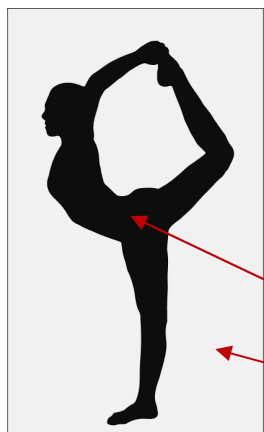
- 自動車などにみられる板構造等の形状の特徴量の拘束ができない

→所望の幾何学的特徴量を数理モデルで表現できれば良い



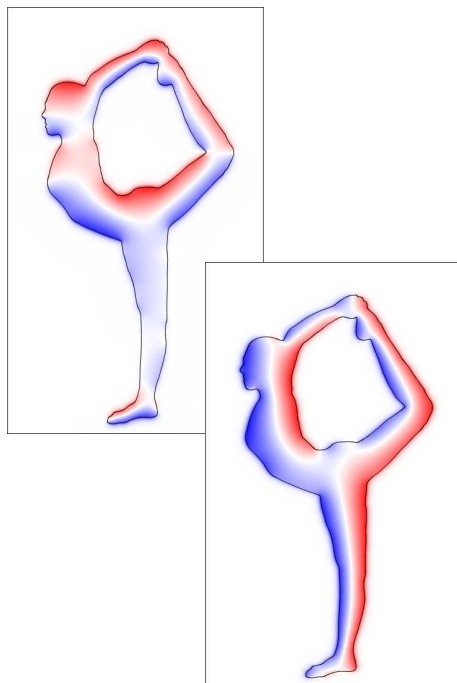
**様々な幾何学的特徴量を同時に評価可能な
(ひとつの) 数理モデルがあれば良い**

新技術：幾何学に対する数理モデル

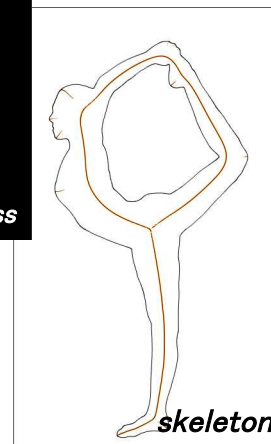
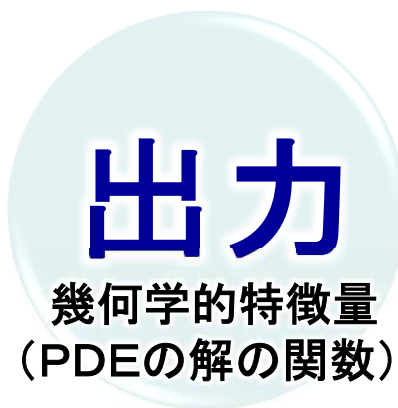


1
0

偏微分方程式
(境界値問題)



有限要素解析



新技術の応用分野

CAE・最適設計
(製造条件を考慮した設計)

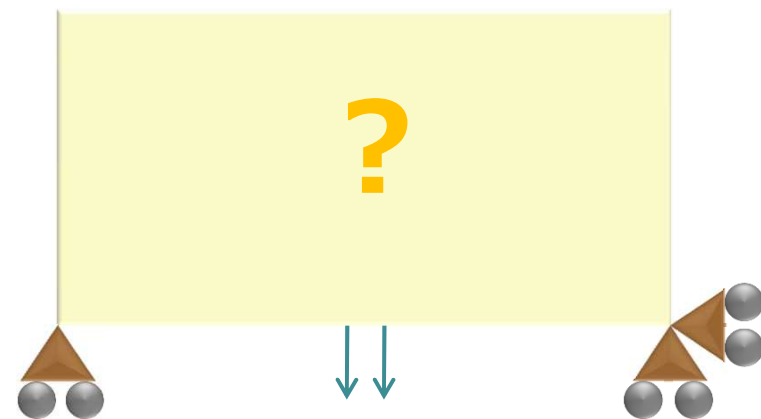
CT画像・MRI画像解析
利点：入力変動に対する理論分析

CAD・リバースエンジニアリング

応用例：寸法制約付きトポロジー最適化

剛性最大化問題

体積50%以下の制約の下、
荷重負荷位置における変位を最小化



最適構造の比較



制約なしの場合



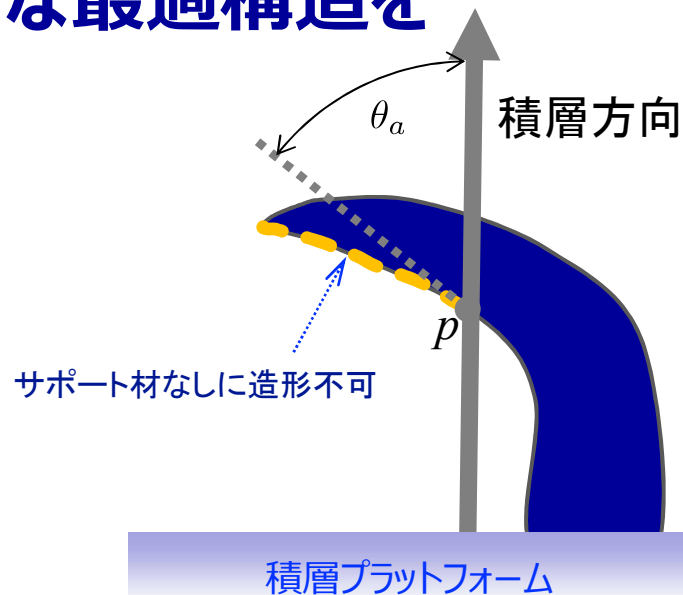
最大寸法制約を考慮した場合

二重アーチ構造により
剛性を担保した形状が得られた。

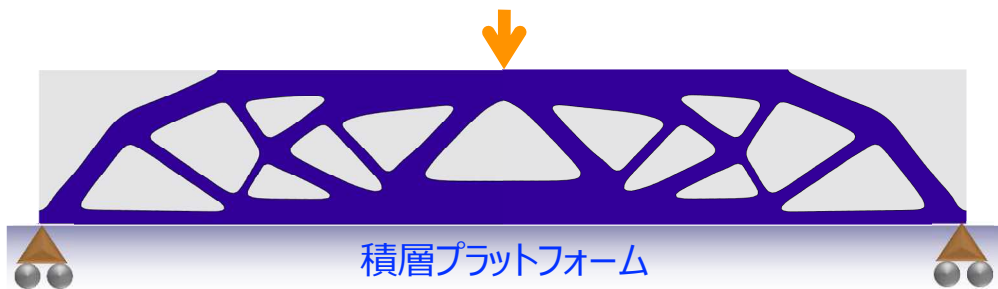
積層造形におけるサポート材不要制約

積層造形による製造を前提とし，サポート材不要な最適構造をトポロジー最適化により創成設計可能に！

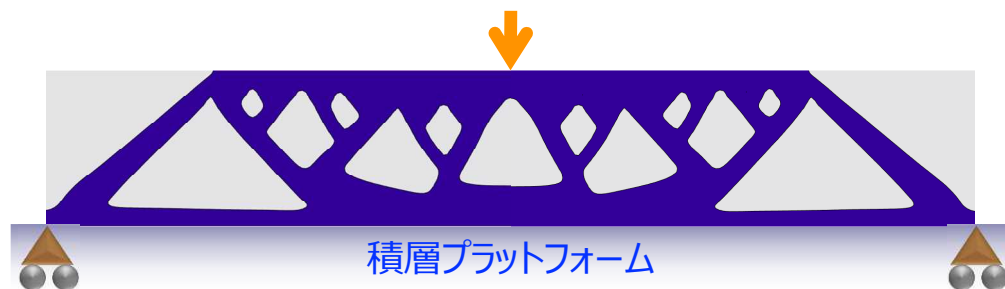
- サポート材により造形行程の増加等に伴うコスト増大
- サポート材が除去できない場合がある



制約の有無による最適構造の比較



オーバーハング制約なしの場合の最適構造



オーバーハング制約(45°)ありの場合の最適構造

企業への期待：タイプA

金属積層造形＋トポロジー最適化
システム開発・販売

金属積層造形装置と最適設計ツールを
組み合わせたシステム開発＋販売

企業への期待：タイプB

金属積層造形＋トポロジー最適化

共同基礎研究による成果発表と
実際の製品への展開

企業への期待:タイプC

幾何学的数理モデルの応用事例の検討

幾何学的特徴を偏微分方程式により
表現できる特徴を利用した
応用指向的共同研究

本技術に関する知的財産権

発明の名称 構造物の幾何学的特徴量算出装置及び
幾何学的特徴量算出プログラム

出願番号 特願2018-089391

出願人 京都大学

発明者 山田崇恭

問い合わせ先

国立大学法人京都大学内
関西ティー・エル・オー株式会社
京大事業部門 技術移転チーム
井下 陽平(いのした ようへい)

TEL 075-753-9150

FAX 075-753-9169

e-mail inoshita@kansai-tlo.co.jp