

## 平成29年度第2回ひろしま先進ものづくり研究会 先進技術セミナー聴講報告

松村勝己

1. 参加目的 岡崎さんからの案内により、3Dビジネス研究成果の拡大
  2. 日時・場所 9/7 14:00~16:00 東部工業技術センター2階講義室
  3. 3Dプリンター時代のものづくり「トポロジー最適化と、ラティス構造入門」
    - 講師 広島大学 大学院工学研究科 准教授 竹澤 晃弘 氏  
2,005年京大卒、ファナック入社、2,010年から、広大で、造船関係研究開発  
パワーポイントレジュメと、  
アルテアエンジニアリング(株)のトポロジー最適化ホワイトペーパー有り、
    - ①. トポロジー最適化とは、どんな技術なのか、分かりやすく、理解できた。  
特定の3D空間の中で、強度、剛性、重量等の目標に対する最適形状を設計する。  
有限要素法の論理を基本に、目標関数の再計算を行い、最適値で収束するまで計算。
    - ②. ラティス構造(ポーラス構造)の最適化  
ポーラス(多孔質)金属構造を、均質構造格子として3D金属プリンターで造形する。
    - ③. 3D金属プリンターを用いる場合の高剛性ラティス構造の開発  
トポロジー最適化形状と3Dプリンター造形後の剛性評価の乖離を解決するため、  
体積含有率と等方的剛性を目標値に追加することにした。  
また、造形後の非焼結金属粉末を除去するための穴を目標関数に組み込む必要がある。  
今後の課題として、強度の定量的予測を追加する必要がある。
    - ④. その他  
異種材料Ti-6Al合金の場合、造形後の表面に余分な焼結粉が付くので、その除去  
圧縮方向(面/陵対角/頂対角)による、剛性評価結果など
- 感想 3DCAD段階の、構造最適化モデルが勉強できてよかった。  
また、実用的には、アルテアエンジニアリングのパッケージを購入し、  
最適目標関数と、3Dプリンター試作評価結果をCADにフィードバックすることで  
短期間で、実用設計が可能となることが、解った。

[http://news.mynavi.jp/articles/2014/09/30/altair\\_hiroshima/](http://news.mynavi.jp/articles/2014/09/30/altair_hiroshima/)



【レポート】

## HyperWorksによる「トポロジー最適化」が新たな造船設計を導く

三馬力

[2014/09/30]

瀬戸内海に面した広島県は、古くから造船業が盛んな都市として知られている。広島大学大学院工学研究科 輸送・環境システム専攻は、造船学科からの流れを汲む専攻で、造船会社との共同研究を行う機会も多い。

広島大学大学院工学研究科 輸送環境システム専攻 構造設計研究室では、船の振動を抑える防振設計について研究を進めている。そこで検討されている新しい構造最適化手法に「トポロジー最適化」がある。抜本的な性能改善が期待できるため大きな注目を集めている手法だが、検討が必要な要素が多く、既存の解析ツールでは対応が難しかった。

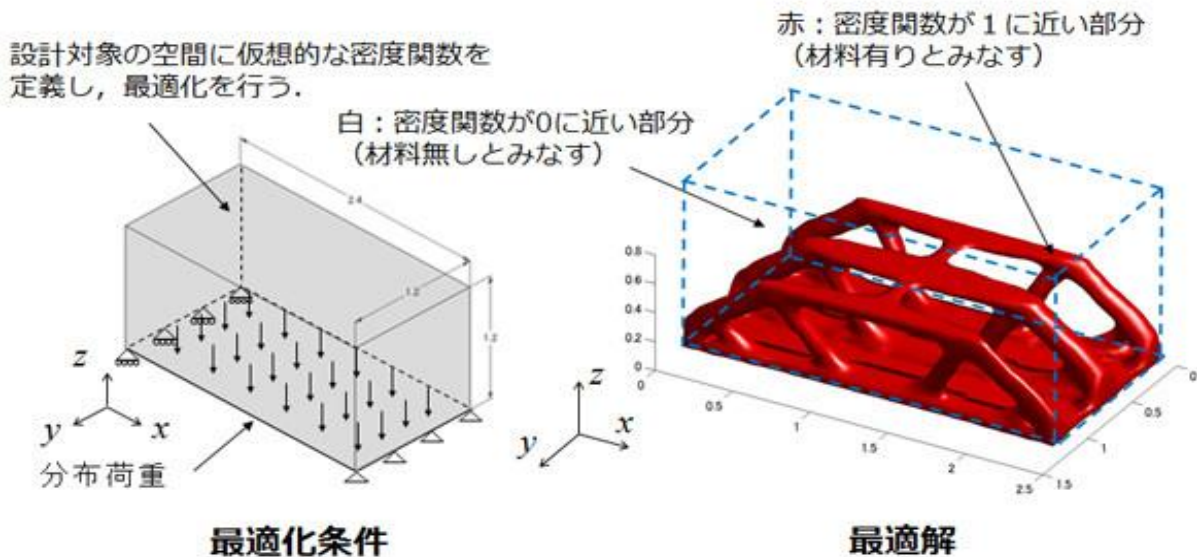
「トポロジー最適化研究に適したソリューションを探していた時に、同じ分野を研究していた近畿大学工学部(当時)の奥本泰久教授からご紹介いただいたもの、それがAltairのHyperWorksでした」と語るのは、同研究室にて「トポロジー最適化」研究を指揮する准教授 竹澤晃弘氏である。今回は、竹澤氏が研究し普及を進める「トポロジー最適化」と、それを可能にするAltairのソリューションについて紹介しよう。



広島大学大学院工学研究科  
輸送環境システム専攻  
構造設計研究室  
准教授 竹澤 晃弘 氏

### 防振性能向上を実現するトポロジー最適化

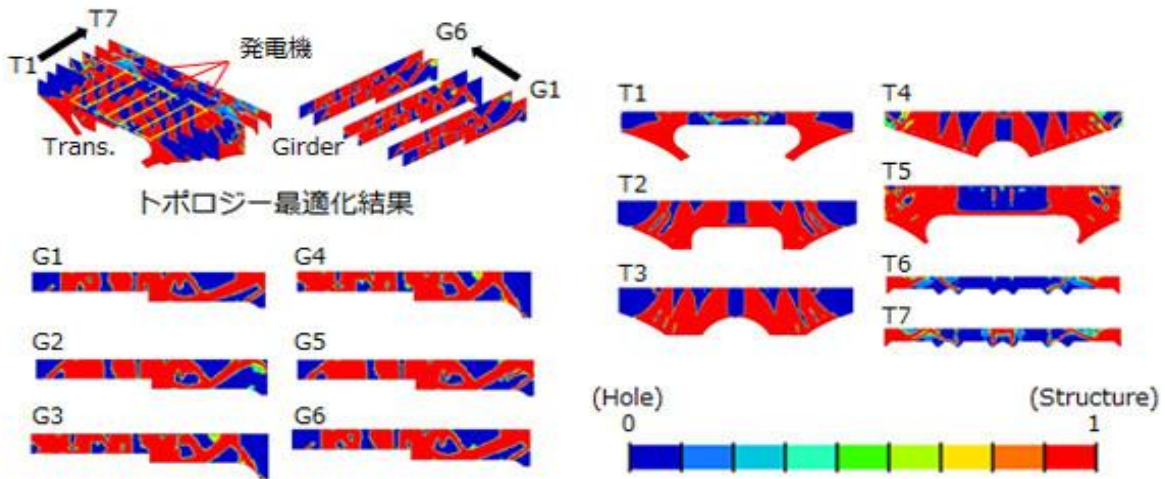
一般的に、船の揺れと聞くと波や風などからの影響ばかりを考えがちになる。だが、主機(エンジン)や発電機などから発生する振動も、揺れの大きな要因となる。このような振動による揺れを抑えるためには、発生源である主機や発電機の改良の他に、船殻(外郭や骨格等、機関を除いた船の構造主体)の構造を最適化が必要となる。「振動を伝えないために揺れてはいけない部分、逆に振動を吸収するために揺れて欲しい部分があります。必要な強度を保った上で、それぞれに最適な構造が何かを求めます。それが現在、私が主に取り組んでいる研究となります」(竹澤氏)このような構造を最適化する方法の中でも、現在、竹澤氏が着目している方法が、最も自由度が高いと言われる「トポロジー最適化」である。



トポロジー最適化概略図: ある領域における最適な材料レイアウトを求める方法

この手法によって生み出される形状は、従来とは全く異なるものとなるため、抜本的な性能改善や大幅な軽量化が可能となる。

なお、常石造船株式会社との共同研究で行われた防振性能の検証によると、載貨重量5万8千トンの貨物船における発電機下の補強構造で、元の板厚を5/3倍しトポロジー最適化でレイアウトを見直すことにより、8%の軽量化と5%の防振性能の向上が実現できたとのことだ。



トポロジー最適化結果

**振動応答を考慮した形状の最適化のためHyperWorksを採用**

形状の自由度が高い「トポロジー最適化」を行うためには、どの振動数で揺れやすいのか、どんな速度で揺れるのかなど、様々な点を考慮した上で形状を求めなくてはならない。だが、「当時利用していたソフトウェアでは、振動応答を考慮した上で形状の最適化を求めるための機能がありませんでした」(竹澤氏)そこで、それが可能なソフトウェアを探し求めていたところ辿り着いたものが、アルテアエンジニアリングが提供する構造解析用の\*汎用プリ・ポストシステム「HyperMesh」と、\*構造解析ソルバー「OptiStruct」だった。

「機能も豊富でやりたかったこともできそう。しかも、他の類似製品と比べても初期投資価格は半分くらい。だったら、試してみてもいいのではないかと考えて導入することになりました」(竹澤氏) なお、先に紹介した検証結果は「HyperMesh」で作成したモデリングを、「OptiStruct」によって形状を最適化したデータによって求められたものである。「船のように大きな構造物の場合、大規模な解析モデルを扱う必要がありますが、HyperMeshはこれを安定して扱うことができます。これは数あるソフトウェアの中でも特に優れた点だと感じています」(竹澤氏)

\*HyperMeshおよびOptiStructはHyperWorks製品群に含まれるソフトウェアである。

**学生達の実証したアルテア製品の使いやすさ**

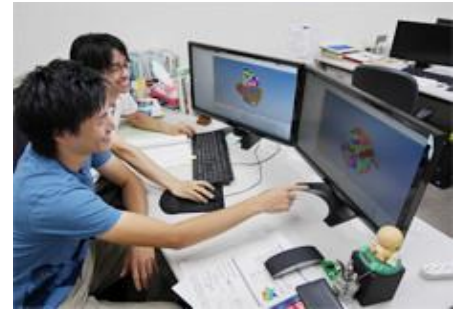
機能の豊富さの他に、アルテア製品が持つ特徴として竹澤氏は「使い勝手の良さ」を挙げた。

「検証に利用するデータのほとんどは、私ではなく学生が作成しています。当然、彼らにモデリングや解析のソフトを使った経験はありません。それでも、早い者であれば一週間くらいで使えるようになります。本来、最適化モデルの作成には大変な根気が必要です。学生にとっては大変な作業であるはずですが、最近では自分たちの手で最後までやり遂げる学生も増えてきている。これはアルテア製品が持つ、使いやすさと豊富なチュートリアルのお陰でしょう」(竹澤氏)

**トポロジー最適化の更なる普及を目指して**

トポロジー最適化で得られた構造は、どうしても複雑な形状となる。解析の結果で得られた最適解そのままの形状を部品化するのは現実的に難しい。

「ですが、最近話題になっている3Dプリンターは、かなり自由度の高い形状でも出力可能です。材料も、今では樹脂だけではなく金属も使えます。これまで不可能だった最適解の形状を、3Dプリンターからそのまま出力することも可能になるかもしれません」と竹澤氏は語る。



研究室風景

「私達が研究するトポロジー最適化を企業で製品開発に活用するには、アルテアさんの製品が欠かせません。言い換えるなら、アルテアさんの製品が普及すれば、産業界にトポロジー最適化も広がることになります。ですから、これからもどんどん発展して行っていただきたいです」

これまでとは全く異なる新しい手法である「トポロジー最適化」。この手法の普及は、造船のみならず製造業全般に大きな変革をもたらすことになるだろう。今後の発展に、大いに期待したい。

#### アルテアエンジニアリング株式会社

1985年 米国ミシガンにて創立。日本支社設立は1996年。  
CAEソフトウェアである「HyperWorks」シリーズを中心に製品設計および開発を支援するためのプロダクトを提供ソフトウェア販売の他に近年は製品設計コンサルやカスタムソフト開発にも力を注ぐ。

WEBサイト

<http://www.altair.jp/Default.aspx>

## 平成29年度第2回ひろしま先進ものづくり研究会 先進技術セミナー聴講報告

松村勝己

1. 参加目的 岡崎さんからの案内により、3Dビジネス研究成果の拡大
2. 日時・場所 9/7 14:00~16:00 東部工業技術センター2階講義室
3. 3Dプリンター時代のものづくり「トポロジー最適化と、ラティス構造入門」  
講師 広島大学 大学院工学研究科 准教授 竹澤 晃弘 氏  
2,005年京大卒、ファナック入社、2,010年から、広大で、造船関係研究開発

## 4、3Dプリンタを活用した、電動義手”Finch(フィンチ)”の開発

講師 ダイヤ工業(株) 開発部門 アドバンスエンジニア 小川 和徳 氏  
2,005年岡山理大卒、ダイヤ工業入社、2015年から広大と共同研究中

- ①. 会社紹介 人体装着医療用品(100種類以上のサポーター・介護用品)の開発・製造販売  
接骨院、整骨院、鍼灸院、病院、クリニック・カイロ・整体院と、個人向け商品取引  
産学官連携による製品開発「パワーアシストグローブ」岡山大学  
会社概要パンフレット有り
- ②. Finch開発事例紹介 3Dプリンターの特徴をフルに活用
- ・ 3Dプリンター ストラタシス Dimension1200es SST FDM方式  
積層ピッチ 254/330 $\mu$ m モデル材質ABS-Prus アルカリ水溶性サポート  
造形サイズ 254mm $\square$ x305mm高
  - ・ 開発目的 国内1万人居るといふ、前腕(肘から手首)欠損者の日常生活の  
補助具として、また様々な日用品利用を拡大するための義手を開発提供する。

- 製品特徴
- ①. 器用な対向3指
  - ②. 着脱可能な前腕サポーターソケット
  - ③. 単純(ボタン操作のみ)で使いやすい操作システム
  - ④. 軽量(リニアモータ1台で、330g、市販電動義手900g以上の3割)
  - ⑤. 低コスト(15万円、市販の電動義手150万以上の1割)
  - ⑥. 道具として、機能美のある外観

## 活用戦略1 遠隔地でも実物を同時に共有できる

大阪工業大学吉川雅博教授(障がい者福祉の第一人者)  
国立リハ 河島 則天(身体機能回復(維持/向上)リハビリトレーニング開発者)  
東京大学 山中俊治教授(デザインエンジニアリング研究の著名人)  
国立リハ・外部評価機関 と、ダイヤ工業の短期共同開発  
誰のアイデアも、直ちに各部署で造形・評価できるので、時を待たずに解決

## 活用戦略2 シンプルな形状で、複雑な精密加工を避ける

リニアモータの伸縮だけで、3指を直接同時駆動 部品点数が少ない

- ④. 軽量(リニアモータ1台で、330g、市販電動義手900g以上の3割)

## 活用戦略3 デザインの自由度が高い(3DCAD)

- ⑥. 道具として、機能美のある外観

## 活用戦略4 細かい仕様変更が容易。

障害者固有の要求に個別対応可能。

活用戦略5 小ロット向き

⑤. 低コスト(15万円、市販の電動義手150万以上の1割)

ダイヤ工業(株)ホームページ・商品

<http://www.daiyak.co.jp/product/detail/314>

Finch 詳細 ウェブサイト(動画有り)

<http://finch-hand.jp/>

商標  
**Finch**  
alternative hand

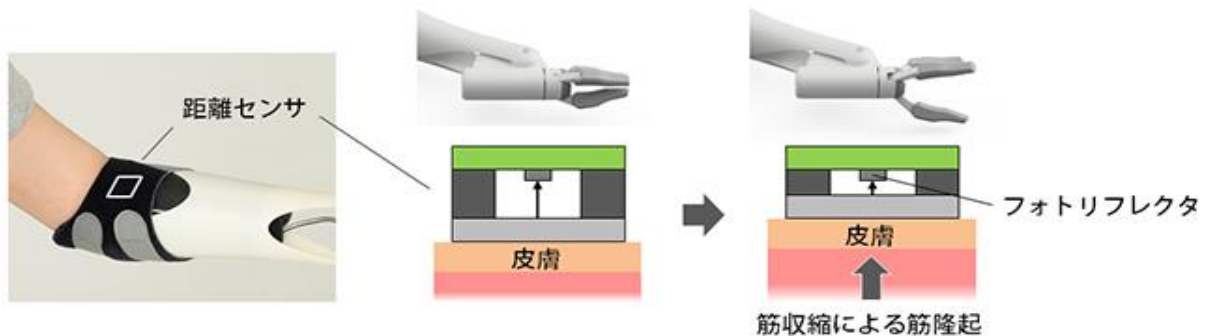
商品外観



左手前腕に装着、PBを掴む

筋隆起センシングに基づく操作システム

サポータのポケットに挿入した距離センサ(フォトリフレクタ)で筋肉の隆起を検出、その大きさに応じて指先を開閉することができます。筋電センサが使用できないユーザにも適応できる可能性があります。ユーザの個人差に合わせて開き具合をワンボタンで調整できます。



サポータのポケットに挿入した距離センサ(フォトリフレクタ)で筋肉の隆起を検出

電動義手”Finch”の、日用品利用拡大



タマゴを掴む



紙ケースを持つ



ボールを掴む



コップを取り出す



皿を掴んで並べる



ペンで文字を書く



ペットボトルを握る



スプーン、フォーク  
ナイフ で食事



紙を運ぶ



本を掴んで運ぶ



ハンカチを拾う



ドライバーを使う



靴ひもを結ぶ(動画あり)



紙を折って、封筒に入れる動画



商品ケースから電池交換を行う動画