

音振動を伝えない筐体・システム設計手法

神奈川大学 大学院工学研究科

機械工学専攻

教授 山崎 徹

2017年12月5日

研究分野の背景

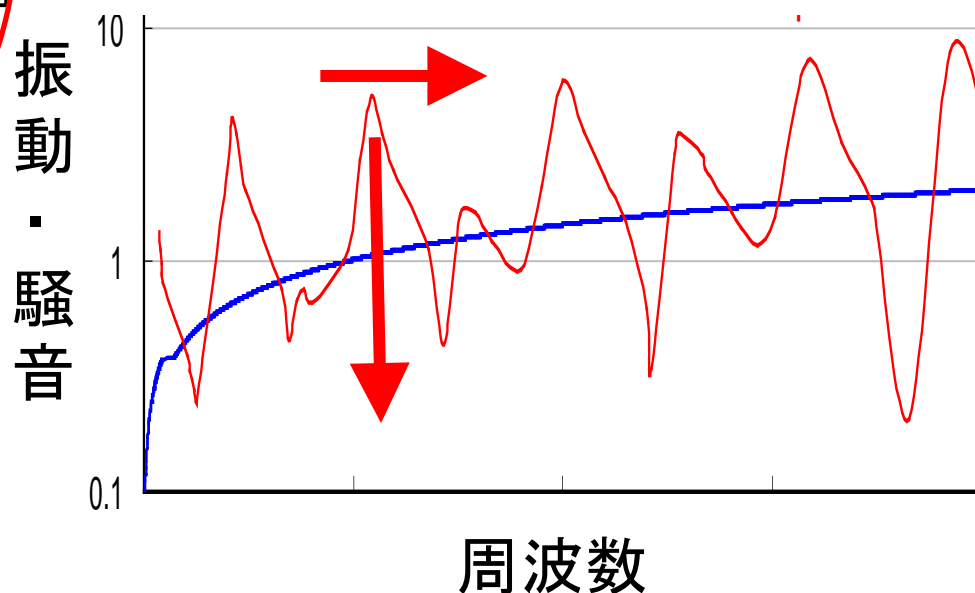
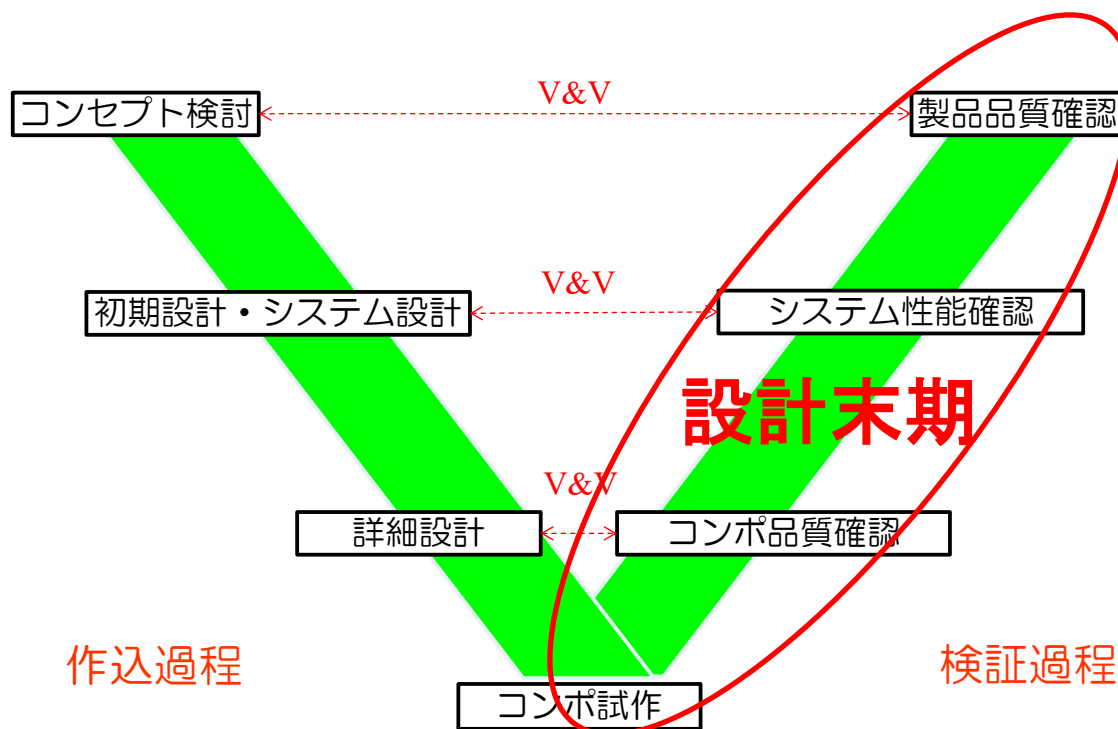
自動車, 船舶, 航空機, 建物, 医療機器, OA機器, 精密機器, 工作機械, 楽器, などの「振動・騒音」を伴う工業製品分野においては,

- 設計初期段階から振動や騒音を考慮した設計技術
- 振動や騒音の小さくするための対策立案技術

が求められている。

従来技術とその問題点(その1)

設計末期段階で振動・騒音問題が発覚し、慌てて“切った貼った”により、ピーク値や発生振動数をチューニングして対策しているのが現状である。



従来技術とその問題点(その2)

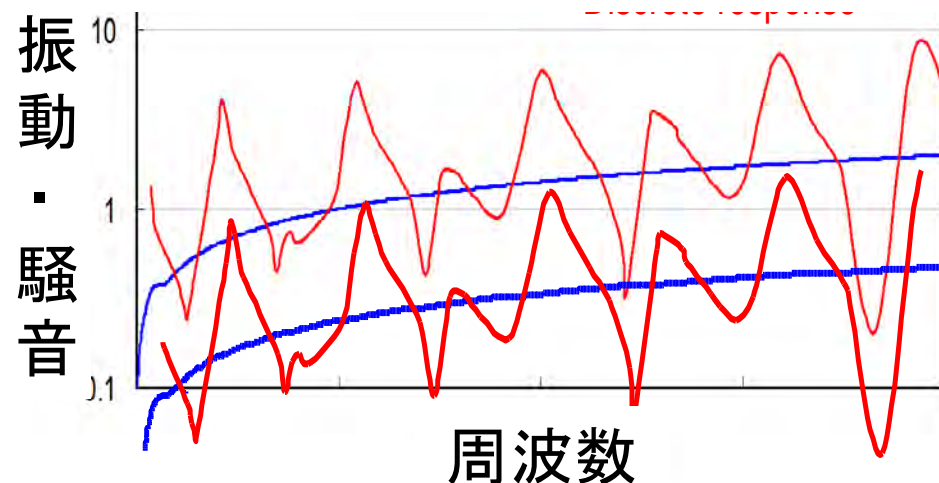
その結果, 以下のような問題が...

- ✓ 設計末期の時間がない中での手戻りが発生!
 - ✓ 制振材を使おう! 吸音しよう! といったコスト・重量増の対策しか思いつかない!
 - ✓ 低騒音という商品性のために多大なリソースが必要
 - ✓ ピークが複数, 広帯域問題では対策が困難!
- ➔ 振動・騒音問題のフロントローディングが期待される

新技術の特長・従来技術との比較(その1)

従来技術 = “ピークにのみ”

新技術 = “応答の平均も”



新技術により,

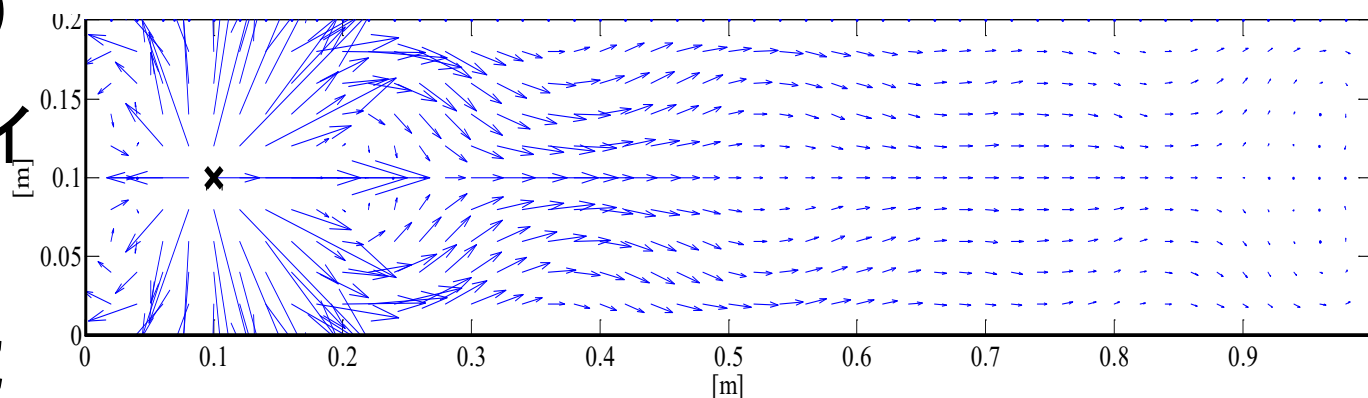
- 複数のピーク, 広帯域問題にも有効
- 設計初期段階での活用が可能に.
- 振動・騒音を設計の早い段階から考えられるため, 開発コストの1/2~1/3程度への削減が期待される.

新技術の特長・従来技術との比較(その2)

- 従来技術での対策立案は、一自由度系の考えと振動モード(ゆれやすい形)に基づくものくらいしか・・・
- 新技術では、振動・騒音のエネルギーの流れ(下図)を求め、流れから「こちらに逃がす」「こちらへは流さない」「流れを塞ぎ止める」「流れを留める」など発注が豊かに！

- 設計技術(PC上)
 トラブルシューティング技術(実験)
 としても活用可能

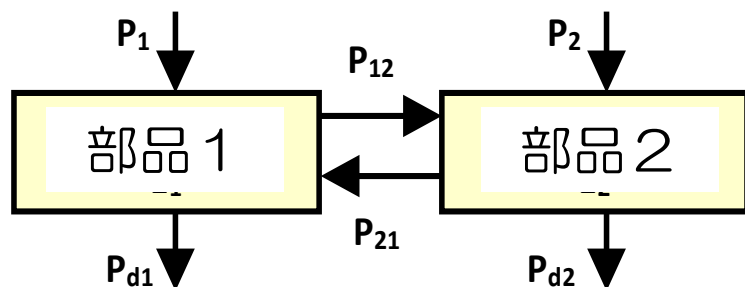
長い平板の振動エネルギー流れの可視化例



新技術

本技術のベースとなる，振動エネルギー伝搬解析手法

部品間の伝搬=SEA



部品1から2への伝搬特性

$$P_{ij} = \omega \eta_{ij} E_i \quad \eta_{12} = \frac{c_{s1} L}{\omega \pi S_1} \tau_{12}$$

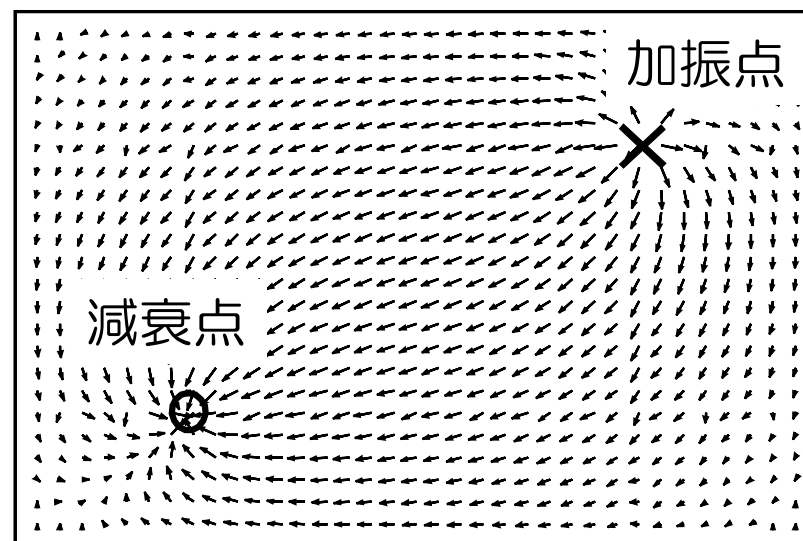
数式で表せる
表面積 S など大まかな量

→初期設計が可能！

ちなみに，SEAはこれで全設計段階
で適用可能に。

部品間&部品内=振動インテンシティ：SI

平板のある周波数での
振動エネルギーの流れ



可視化・伝搬経路・音源探査

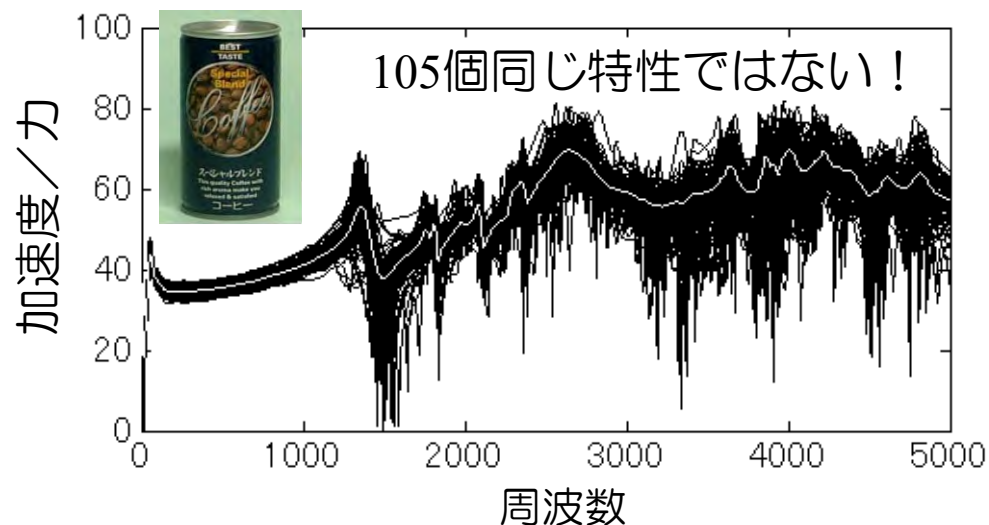
→流さなければよい！

→対策立案が容易！

新技術

本技術の動機 (その1)

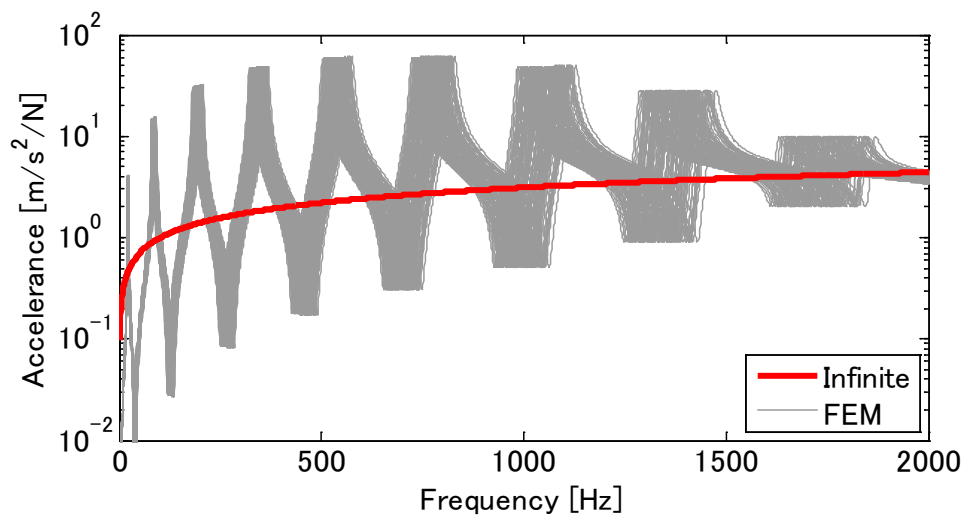
右図：空缶105個の応答
→ 振動・騒音はばらつきやすい！



減衰が小さいとピークがはっきり

→ ピークがばらつきやすい

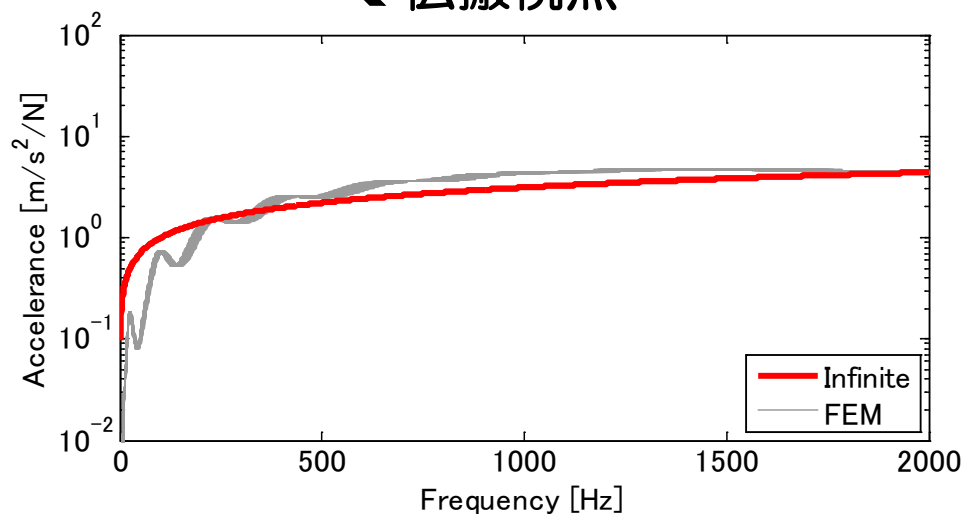
← モード視点



減衰が大きいと基線

→ 基線はばらつかない

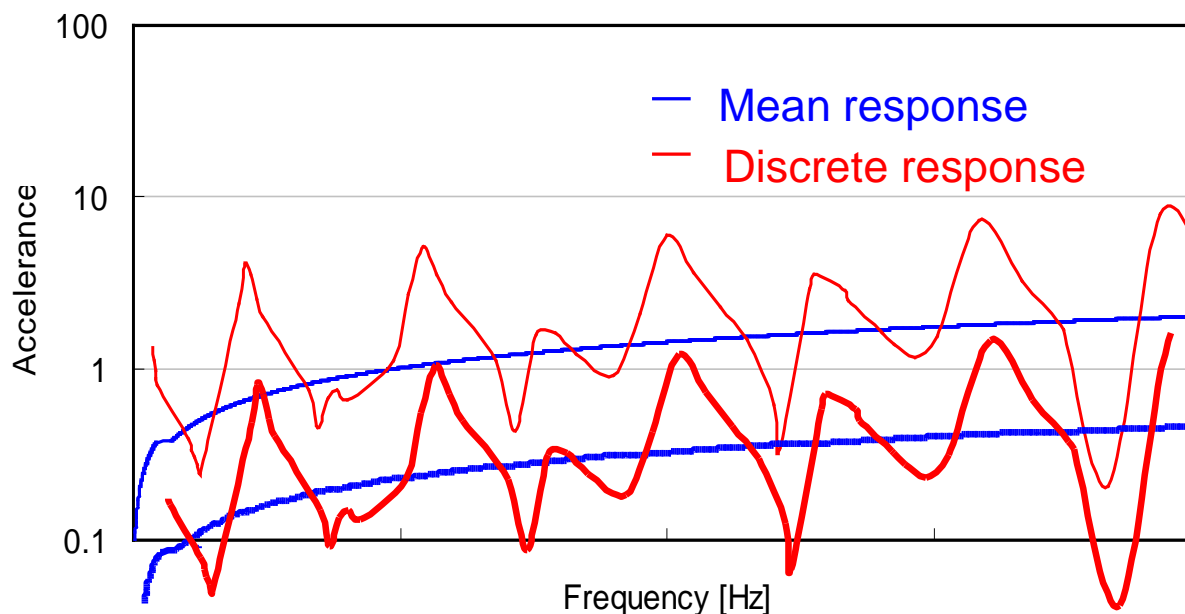
← 伝搬視点



新技術

本技術の動機
(その2)

Q: 振動・騒音を下げるには?



A1: ピークを下げる・ずらす

- = 固有振動特性
- = **モード**視点

← 第2段階設計 = **味付け設計**

A2: 全体を下げる

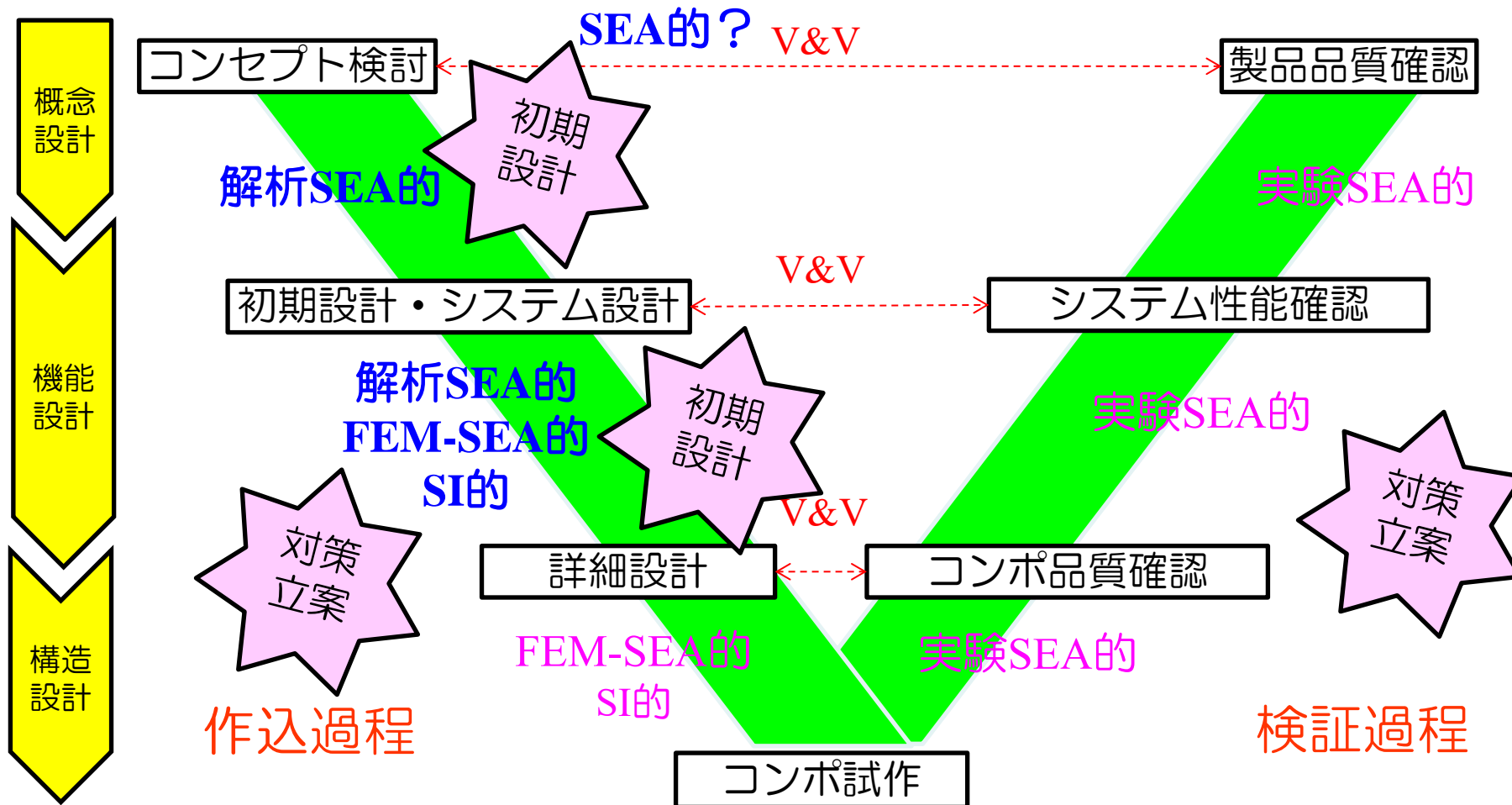
- = 入れない, 伝えない
- = 入射・透過
- = **伝搬**視点

← 第1段階設計 = **素性の良い設計**

対策立案
初期設計
が容易!

新技術

V字型設計 + 振動エネルギー伝搬解析 + 二段階設計 = あらゆる振動騒音問題に！



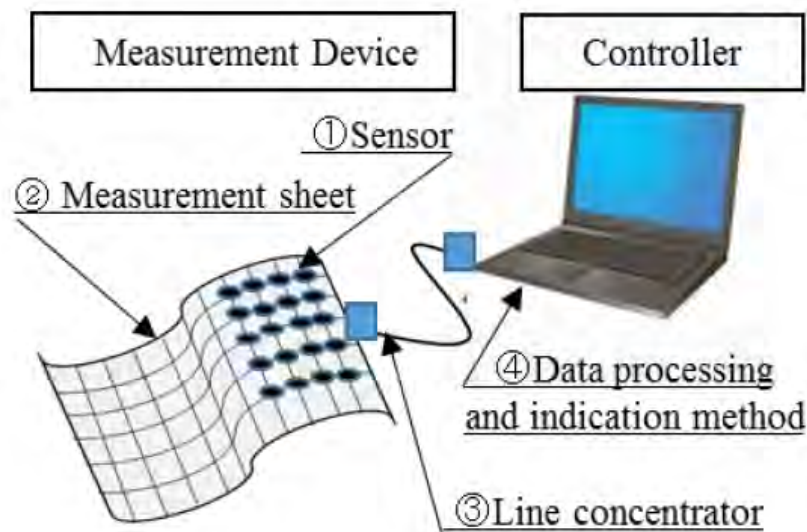
FEMなどの詳細解析と共に，SEAなど大局的手法の活用も!!
AND THEN “薄く・軽く” + “静かに” → Japan AS NO.1 !

新技術

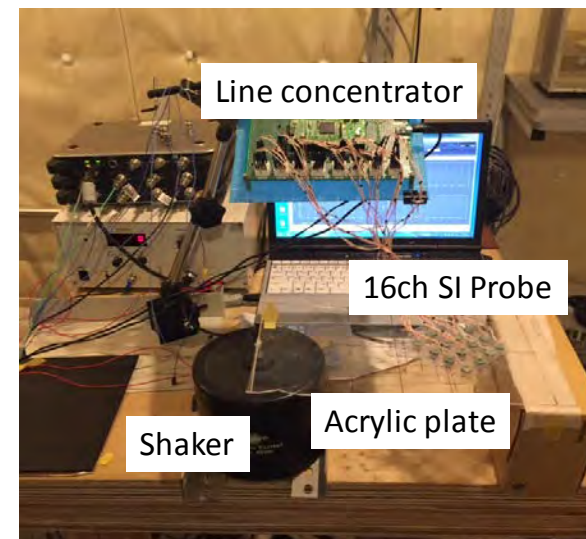
エネルギー流れの簡単計測用

「シート型エネルギー流れ計測システム」

システム概要



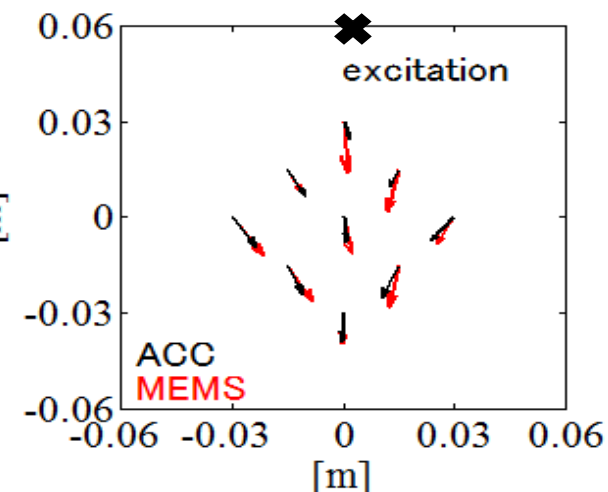
システム 試作品



開発要件

- (1) 一度に多数のセンサで測定
- (2) 同時性を確保した測定・通信
- (3) 流れの可視化ソフト
- (4) 脱着しやすいシート
- (5) 壊れにくい

板の
エネルギー流れ
計測例
(センサーの比較)



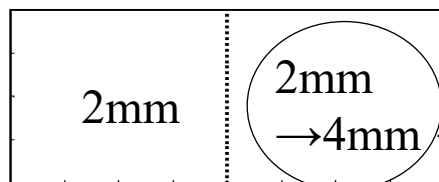
新技術の適用事例(その1)

2枚平板構造物

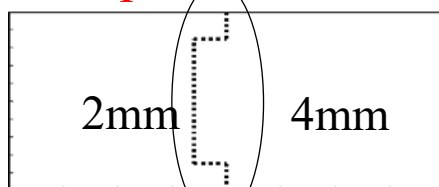
モードと波動の両視点による機械構造物の振動低減設計, 自動車技術会論文集, 47巻6号, pp.1373-1379, 2016-11

1段階設計

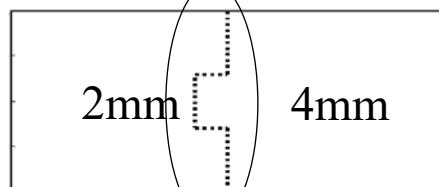
左板の板厚を設計
2mmから4mmに。



Optimized



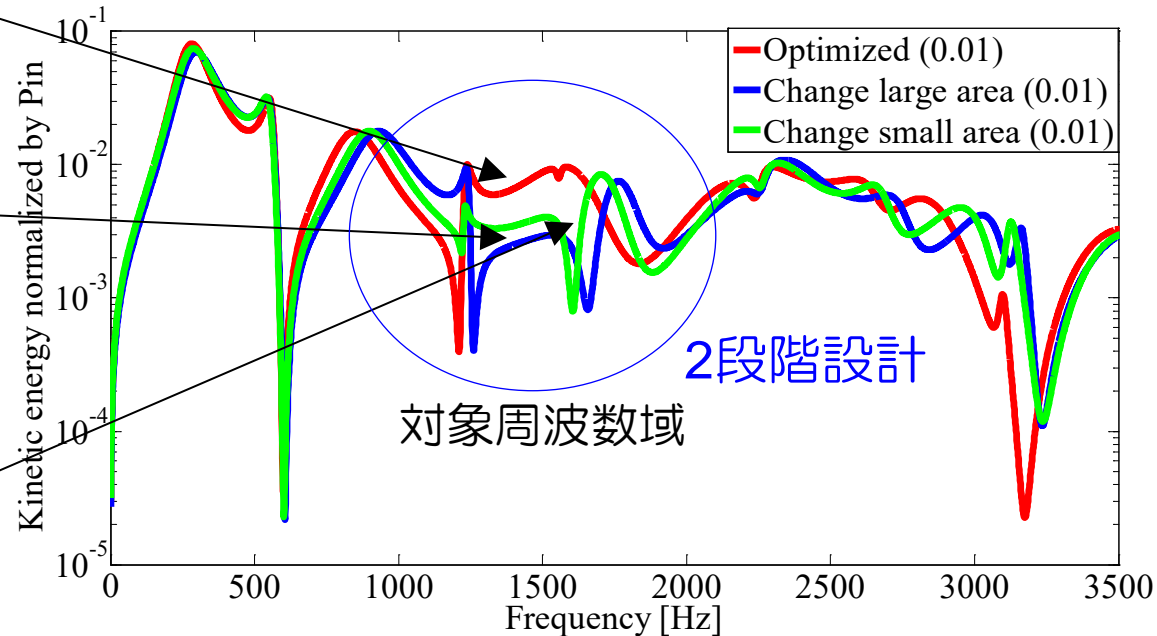
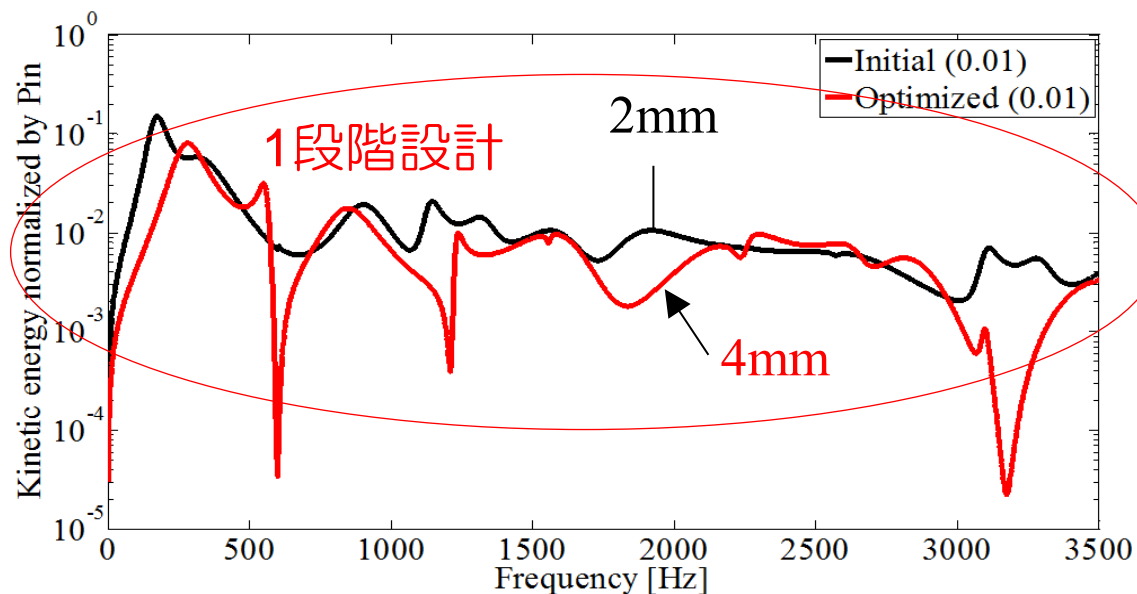
Large area



Small area

2段階設計

特定の周波数で,
振動エネルギー
流れを阻害する
ように, 境界部
を構造変更

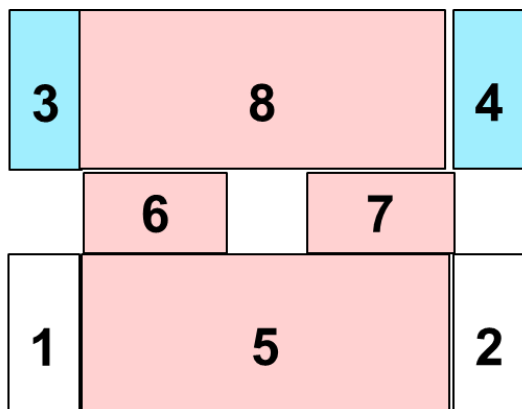


新技術の適用事例(その2)

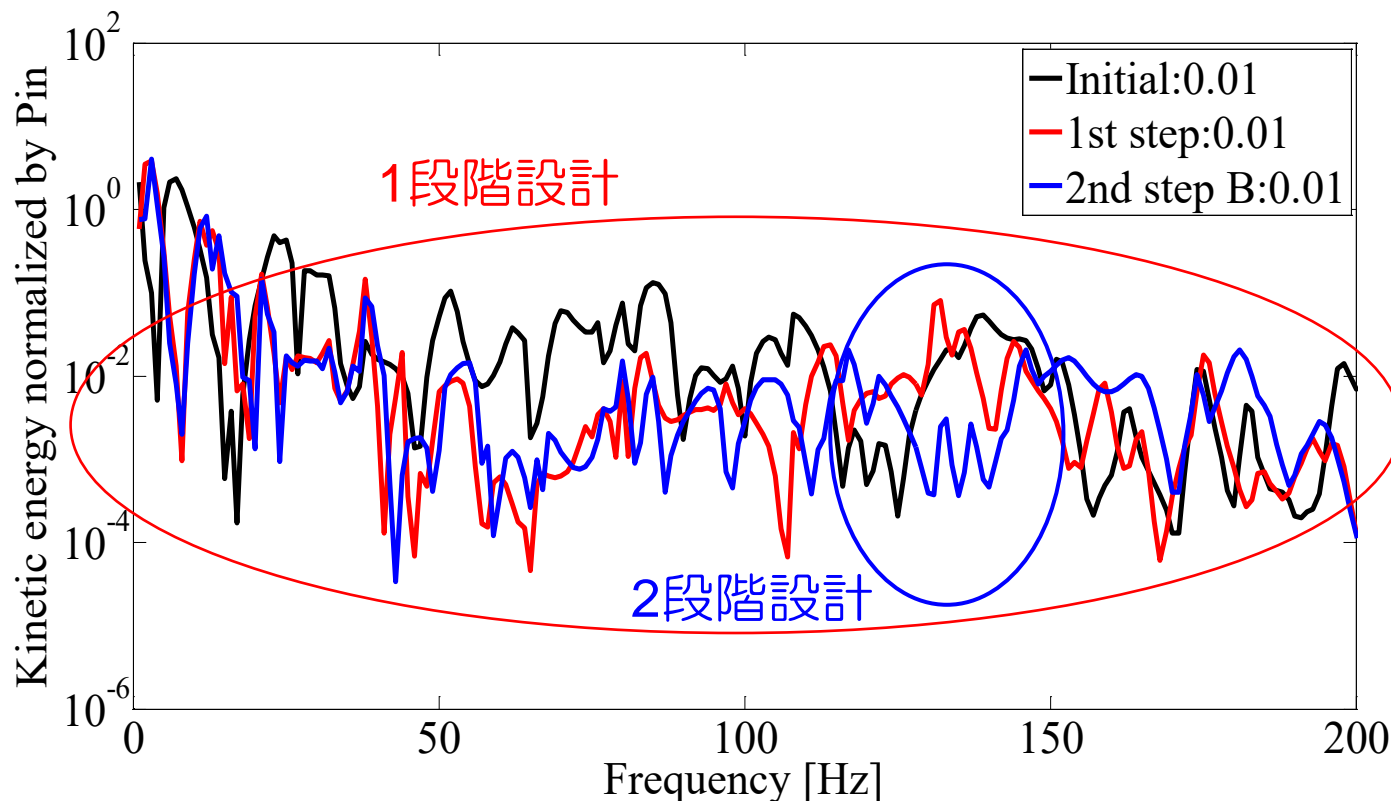
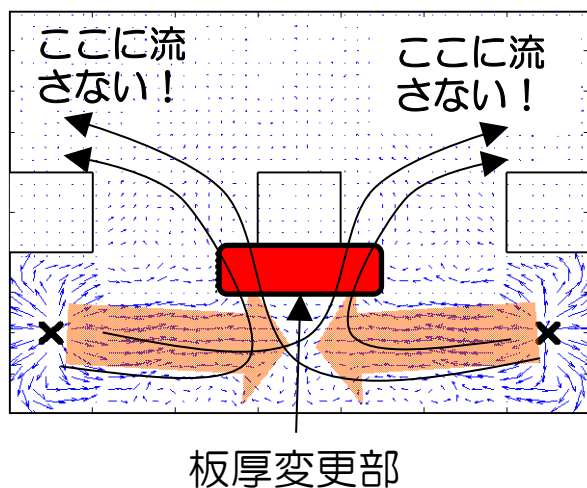
8枚平板構造物

振動エネルギー流れの促進と抑制に基づく低振動構造設計, 自動車技術会2017年春季大会学術講演会講演予稿集, 20175061, pp.336-341, 2017-5

1段階設計 (板厚最適化)



2段階設計 (流れから)

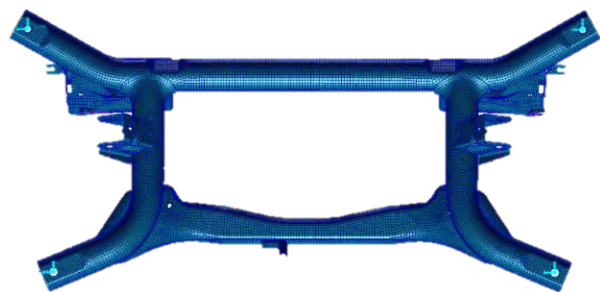


目標: #3と#4の振動の低減
結果の意図: #5から8の振動を増やす
=#3と#4に伝えない!

新技術の適用事例(その3)

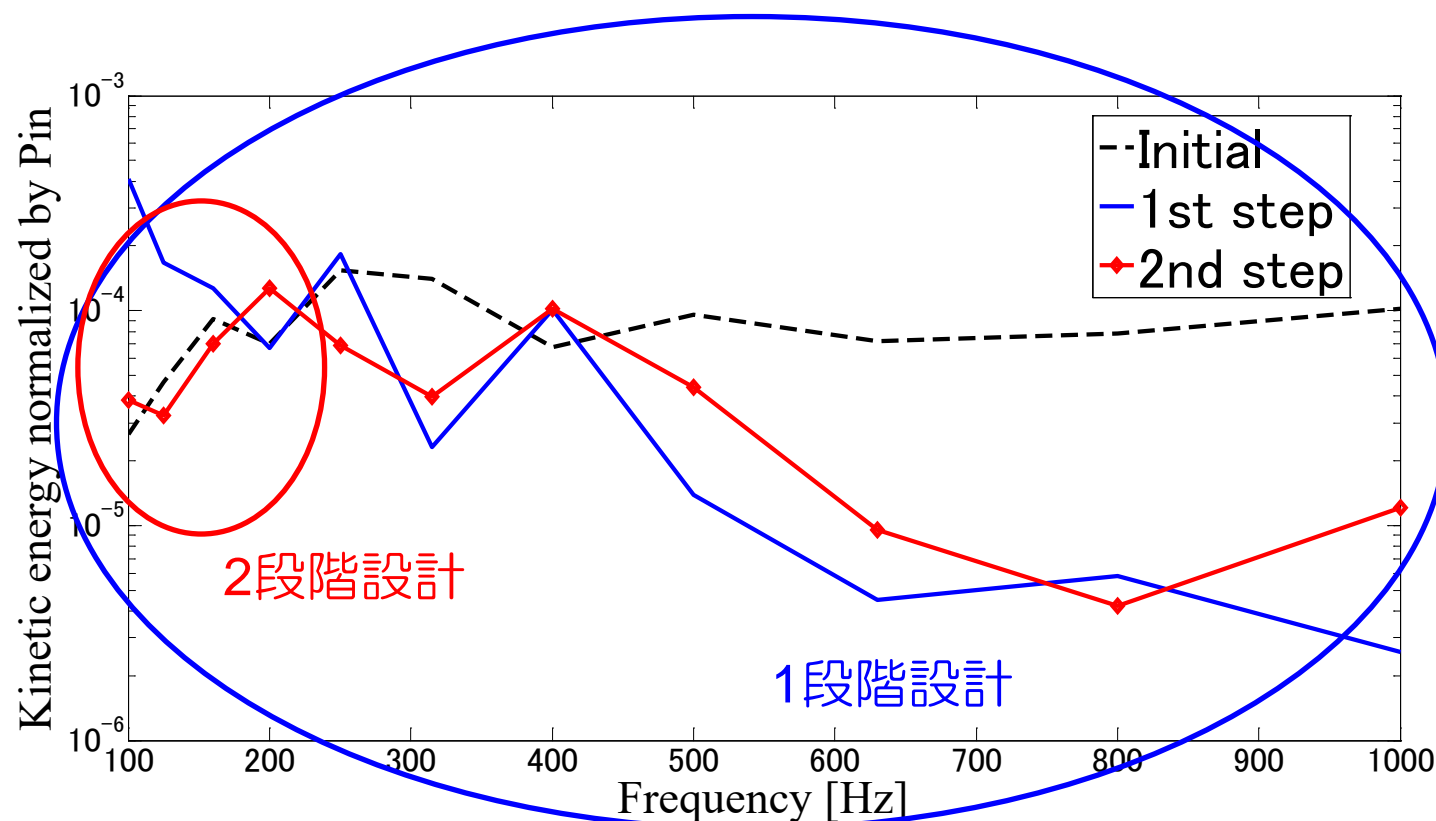
サスクロスメンバ

波動とモードの両視点を用いた二段階設計の適用, 日本機械学会 [No.17-13] Dynamics and Design Conference 2017 講演論文集, 407pdf, 2017-8



1段階設計
板厚を設計

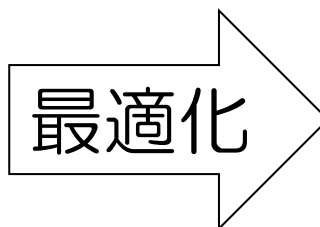
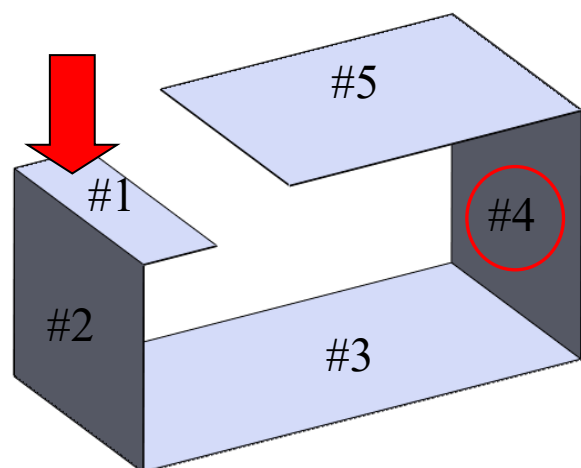
2段階設計
従来手法を用いた
構造設計



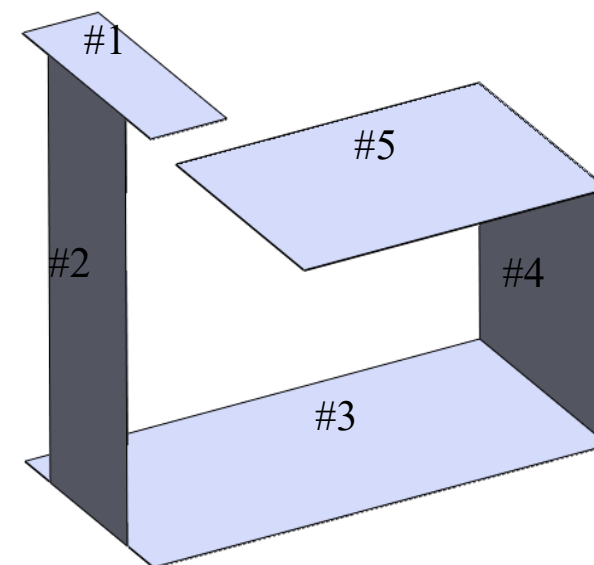
新技術の適用事例(その4)

初期設計

概念設計段階でのSEAを用いた振動伝搬の最適化手法, 日本機械学会
Dynamics and Design Conference 2014 USB論文集,631.pdf,2014-8



部品間の結合の長さ,
表面積を設計



結果の意図

→入力から“伝えない”ように,
首を長くし, そこで減らす

新技術の適用事例(その5)

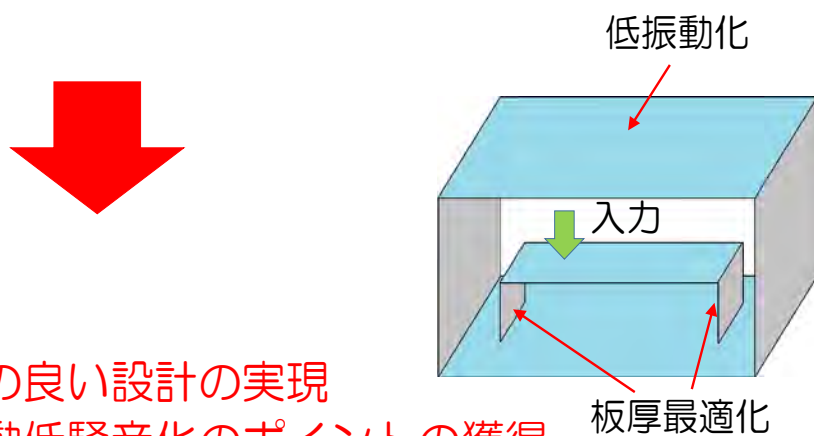
初期設計

現在研究中, 2018年度に複数の実機応用結果を学会発表する予定

NV性能のフロントローディングを実現する!!

VEPAによる構造物諸元の最適化をする

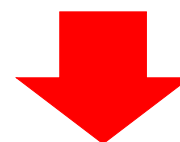
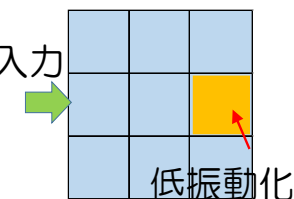
- 既存構造物を低振動する構造物諸元の最適化
- 低振動構造に向けた設計コンセプトの獲得
- 設計指針の獲得



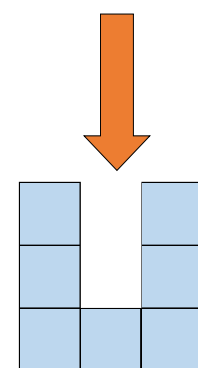
- 素性の良い設計の実現
- 低振動低騒音化のポイントの獲得

VEPAによる新規レイアウト設計をする

- 低振動低騒音構造レイアウトの獲得
- 他性能との両立化が容易



- 初期の仕様設計の段階から低振動設計を実現
- 概念設計モデル構築技術



想定される用途

「設計の初期段階から振動や騒音を考慮した設計技術」

- 振動・騒音を早めに把握し、素性の良い製品設計を行える
- 振動・騒音以外の強度などの他性能を表す数式化ができれば、他性能と両立した構造設計ができる

「振動や騒音の小さくするための対策立案技術」

- PC上で低振動騒音構造の具体的な検討ができる
- 既存商品のトラブルシューティング，故障個所予知などもできる

実用化に向けた課題

「設計の初期段階から振動や騒音を考慮した設計技術」

1. 既存レイアウトにおけるリファイン設計はほぼ完了
2. 新規レイアウトにおける部品配置の制約は、対象機械に依存するため、個々の設計法の構築
3. 他性能との両立（他性能の評価法を知りたい）

「振動や騒音の小さくするための対策立案技術」

4. 計測システムの開発を加速すること
5. 実機の適用事例を増やすこと
6. 対策すべき箇所の特典だけでなく、その箇所の具体的な変更仕様を決める方法を確立すること

企業への期待

製造メーカーの皆さまへ

- 紹介技術をより有効的に発展，適用していくために，御社エンジニアをプロジェクト付きで，神奈川大学の社会人博士として業務派遣してください。
- 紹介技術に基づく計測システムやCAEツールの共同開発のご支援をお願いしたい。

計測システム・ソフトウェア関連企業の皆さまへ

- 紹介技術に基づく計測システムやCAEツールの共同開発をお願いしたい。

本技術に関する知的財産権(その1)

【1】

- 発明の名称 : 振動インテンシティの制御方法
- 特許番号 : 5067654
- 特許権者 : 学校法人神奈川大学
- 発明者 : 山崎 徹

【2】

- 発明の名称 : 振動解析方法
- 特許番号 : 5077757
- 特許権者 : 学校法人神奈川大学
- 発明者 : 山崎 徹

本技術に関する知的財産権(その2)

【3】

- 発明の名称 : 振動検出装置, 振動特性計測システム
および振動特性計測方法
- 特許番号 : 6078860
- 特許権者 : 学校法人神奈川大学
- 発明者 : 山崎 徹, 菊地通, 中村弘毅

産学連携の経歴

- 1998年(研究室設立)～現在に至るまで
共同研究・受託研究・奨学寄附金
自動車業界, 造船業界, 家電業界, インフラ業界,
医療機器業界, など, 40社ほど
一度開始すると平均8年くらい
- 2007年～ 株式会社先端技術開発研究所 設立
- 2014年～ (一社)次世代音振基盤技術研究会 設立
- その他, 国関係委員, 学会関係委員, 多数

お問い合わせ先

神奈川大学研究支援部

産官学連携コーディネーター 尾谷 敬造

TEL 045-481-5661 (代)

FAX 045-481-2764

e-mail fs130175kp@kanagawa-u.ac.jp