

補助事業番号 2017M-114

補助事業名 平成29年度 構造物の入力パワーの変動を考慮した高精度の音圧予測手法の開発の補助事業

補助事業者名 長崎総合科学大学 工学部工学科 振動音響工学研究室

1 研究の概要

新しい概念を取り入れた振動入力パワーの変動を考慮した振動・騒音低減手法を実現し数値とリアル実験により検証することが本事業内容になる。従来は主に周波数応答解析がベースのEMAやTPAで検討され、これら手法は、部分的な周波数においては有効であるが、トレードオフの関係が悪化する周波数も見られ、ロバスト性が高い手法とは言えなかった。本事業内容は、次の3点である。(1) 振動と音響系について、音響空間を有する平板1要素系と平板2要素L型構造物のFEモデルを対象に数値解析を用いた構造変更による振動入力パワーへの影響を定量的に検討する。(2) 入力パワーの変動を含めた音圧予測振動法プログラムを作成する。(3) 構造変更による振動入力パワーのリアル実験による変動計測と数値解析結果を比較し、定量的もしくは定性的に考察する。本事業を実現するにあたり、FFTの増設、慣性型加振器とアンプの購入、自動化統合化及び最適化を実現するOPTIMUSの購入、SEAソフトウェアVA1のリースが不可欠である。

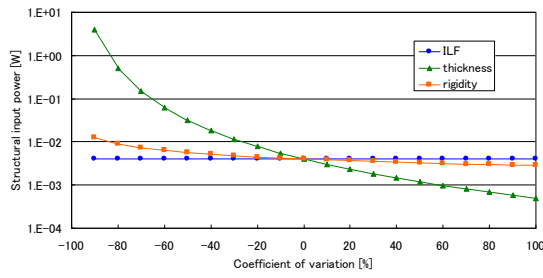
2 研究の目的と背景

実機の製品には個体差によるばらつき問題があり、個々の製品の変動を考慮した振動騒音設計が必要である。そこで、統計的エネルギー解析法(SEA)は空間と周波数平均する方法であり、このような問題に有効であると考えられる。その特徴を活かし、数値解析で構造変更による振動入力パワー変動の設計指針を把握した上で、広範囲の周波数帯域にわたって振動騒音問題を扱えるプロセスを提案し、その提案法の有効性を実験で検証することが本事業の目的である。

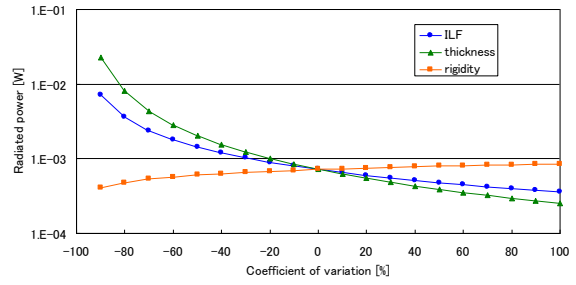
3 研究内容 http://www.mech.nias.ac.jp/blog_main/sb.cgi?eid=114

(1) 解析SEAベースの1枚平板を対象とした振動入力パワーと放射パワーのパラメータスタディ

構造変更による振動入力パワーと放射パワーへの影響を、解析SEAベースの理論式を用いて1枚平板(幅0.6m, 高さ0.3m)を対象に検討した。構造変更の対象は、ILF, 板厚, 剛性とし、それぞれ基準値が、0.5%, 1.6mm, 2.1×10^{11} Paであり、基準値から-90%から100%の10%刻みの間で基準値を含む20水準、加振は1Nで検討した結果を図1に示す。図1(a)より振動入力パワーには、ILF変動の影響がないことが示され、図1(b)より放射パワーには、ILF変動の影響が現れ、板厚変動に次いで大きいことが示されている。



(a) 振動入力パワー

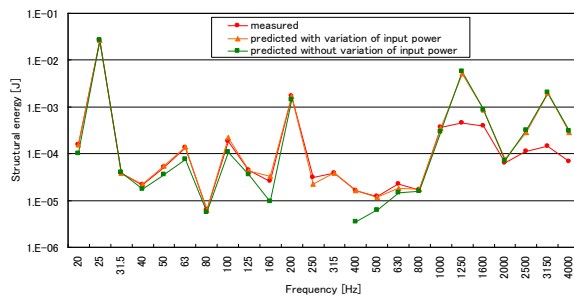


(b) 放射パワー

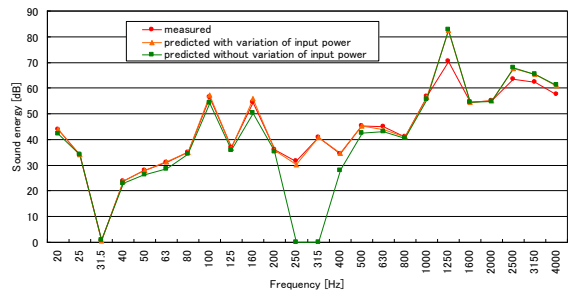
図1. ILF, 板厚, 剛性を変動させた場合の1枚平板を対象とした振動入力パワーと放射パワーへの影響

(2) 1枚平板を対象とした振動エネルギーと音エネルギーの予測

SEAによる摂動法を用いた振動と音エネルギーの予測を, FEMによる数値解析とリアル実験で1枚平板(幅0.6m, 高さ0.3m)を対象に検討した. 構造変更の対象は, 数値解析ではILF(基準値0.005%, 構造変更後を0.05%)であり, 一方リアル実験では, 板全面へ2mmのゴム貼付(質量0.61kgアップ), である. 数値解析とリアル実験による振動エネルギーと音エネルギーの実測と予測結果の比較を図2, 3に示す. 図2より数値解析による振動と音エネルギーの予測は, 1kHz程度まで

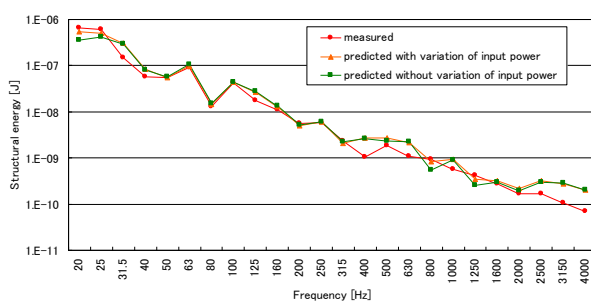


(a) 振動エネルギー

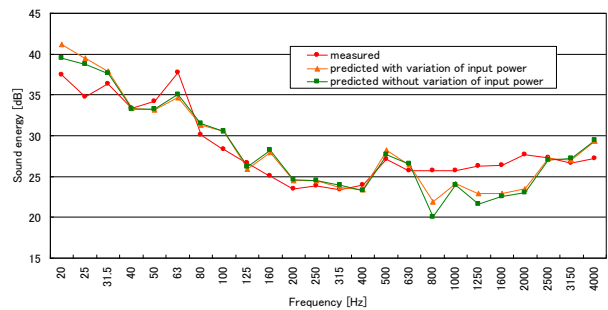


(b) 音エネルギー

図2. 1枚平板を対象とした数値解析による構造変更後の振動エネルギーと音エネルギーの実測と予測結果の比較



(a) 振動エネルギー



(b) 音エネルギー

図3. 1枚平板を対象としたリアル実験による構造変更後の振動エネルギーと音エネルギーの実測と予測結果の比較

は、振動入力パワーの変動を考慮した場合が良好で、リアル実験による振動と音エネルギーの予測は、図3(a)より振動エネルギーの予測においては、振動入力パワーの変動の考慮の有無で違いは見られず、図3(b)より音エネルギーの予測においては、630 Hz帯域程度までは、入力パワーの変動の考慮の有無で違いはほとんど見られないが、それ以降の周波数帯域では入力パワーの変動を考慮した場合が良好ではあるが、実測と4 dB程度の違いが見られる帯域もあり、測定環境（一般的な居室）の影響から高周波の音の予測は難しい。

(3) L型構造を対象とした振動エネルギーと音エネルギーの予測

SEAによる摂動法を用いた振動と音エネルギーの予測を、リアル実験でL型平板（結合長0.6m，幅0.5m，高さ0.3m，板厚1.6mm）を対象に検討した。構造変更は、要素1（結合長0.6m，幅0.5m）

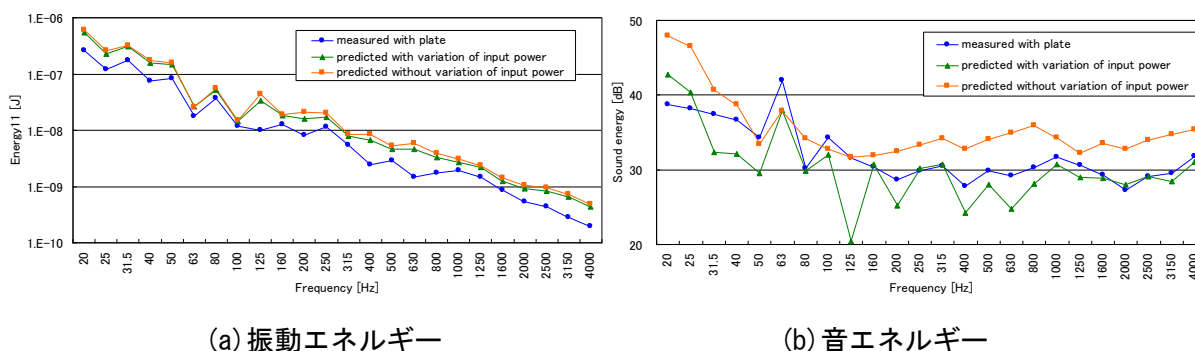


図 4. L 型平板を対象としたリアル実験による構造変更後の振動エネルギーと音エネルギーの実測と予測結果の比較

の加振点を中心として材質SUS304で板厚1 mm，長さが0.1 m×0.1 mの部材（質量77 g）を、接着材で貼り付けた。リアル実験による要素1加振時の振動エネルギーと音エネルギーの実測と予測結果の比較を図4に示す。図4(a)より振動エネルギーの予測は、入力パワーの変動考慮の有無に関わらず実測結果より大きめに見積もられ、図4(b)より音エネルギーの予測は、入力パワーの変動を考慮した場合が比較的全ての帯域で定量的に良好な結果が得られている。

4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

これまで、様々な製品の振動騒音問題において、振動・騒音の低減のために、固有振動数やFRFベースの離散周波数をベースとした振動騒音の予測や低減が検討されてきた。本研究では、それらとは異なる、周波数と空間平均したエネルギーベースのSEAを用いていることから、高精度で高ロバスト性を両立した新しい振動・騒音予測手法を創生することが可能であり、今後様々な機械構造物への適用や実験による報告がなされると思われる。また、現在は2要素の薄板構造物による検討であるが、実機の自動車構造や厚板構造物である船舶分野への適用検討も進められると思われる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

SEA法を研究ベースとして、他の動力学問題を解く手法との比較や比較を通したSEA

法の優位性をメインとした研究活動を行っている。今回の研究によって、構造変更による振動入力パワーへの変動を考慮しつつSEA法を用いた摂動法ベースの振動音圧の予測精度を上げることにに関する議論を進めることができ、大変有益な研究が実施できた。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【学会発表】

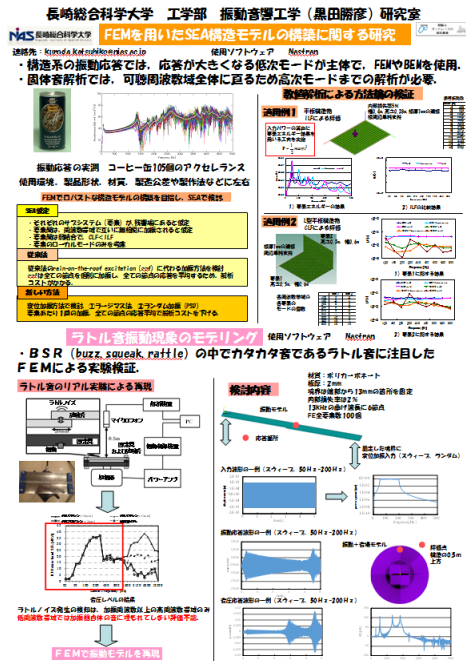
- ①黒田勝彦, 並川修平, FEMを援用した実験SEAモデル構築における構造加振法に関する研究, 機械学会環境工学総合シンポジウム2017 CD-ROM論文集, 109. pdf, (浜松, 2017-7)
- ②K. Kuroda, Construction of Experimental SEA using FEM on a Mechanical Structure subjected to Displacement Excitation, Proceedings of Inter-Noise 2017, pp. 4107-4114, 2017-8 (Hong Kong)
- ③黒田勝彦, 久崎敬太, 並川修平, 基礎励振による構造SEAモデルの構築に関する研究, 日本機械学会九州学生会第49回卒業研究発表講演会(No. 168-2), B11. PDF (大分, 2018-3)
- ④黒田勝彦, 井上朝陽, SEAによる入力パワーの変動を考慮した構造変更による振動と音圧予測に関する研究, 日本機械学会九州支部第71期講演会, No. 188-1, pp. 343-344, (福岡, 2018-3)
- ⑤黒田勝彦, 湯浅那央斗, 構造の伝達特性に着目した振動低減のための構造変更に関する研究, 日本機械学会九州支部第71期講演会, No. 188-1, pp. 345-346, (福岡, 2018-3)

【論文】(予定)

- ①黒田勝彦, 構造変更による振動入力パワーの変動に関する研究, 大学院新技術創成研究所報, 第13号
- ②黒田勝彦, SEAによる振動入力パワーの変動を考慮した振動と音圧予測に関する研究, 紀要第58巻

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの



8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 長崎総合科学大学 工学部工学科 振動音響工学研究室（ナガサキソウ
 ゴウカガクダイガク コウガクブ コウガクカ シンドウオンキョウコウガクケンキ
 ュウシツ）

住所: 〒851-0193

長崎県長崎市網場町536

担当者: 教授 黒田勝彦（クロダカツヒコ）

E-mail: kuroda_katsuhiko@nias.ac.jp

URL: http://www.mech.nias.ac.jp/blog_main/sb.cgi?eid=114