

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04168

研究課題名(和文) 機械学習に基づく非定常渦音源と空力音の相関性を考慮した空力音低減技術の開発

研究課題名(英文) Development of aerodynamic noise reduction technology with correlation between unsteady vortex source and aerodynamic noise based on machine learning

研究代表者

飯田 明由 (IIDA, Akiyoshi)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30338272

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：機械学習を用いて空力音を予測する方法について検討するため、翼周りの流れ場の解析結果を学習データとして、空力騒音と翼型の関係について調べた。流れ場の画像データの時間的な変化の影響を考慮することにより空力音の予測が可能であることを確認した。学習データをファン騒音解析に適用し、空力音と流体のパワーが小さく、流体力(揚抗比)が最大となる翼形状を算出し、得られた形状データから性能の良いファンの推定を行った。機械学習によって最適化されたファン形状の空力騒音は従来型よりも低く、機械学習により空力音の予測、ファン性能の最適化に適用できることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

空力騒音の予測は、計算負荷が大きいこと、高精度の解析を行うことが難しく、特に工業製品の開発において難しい計算技術の一つである。本研究では機械学習を用いることにより空力音の予測をこれまでの計算負荷と比べて小さくしたことに意義がある。得られた結果をファン解析に適用した結果、従来ファンに比べて、低騒音、高揚抗比、低動力のファンを提案することができた。機械学習が空力音の予測、工業製品の開発に適用可能であることを占めることができる。

研究成果の概要(英文)：In order to investigate how machine learning can be used to predict aerodynamic noise, the relationship between aerodynamic noise and airfoil shape was investigated using the results of analysis of the flow field around the airfoil as training data. It was confirmed that aerodynamic noise could be predicted by taking into account the influence of temporal changes in the flow field image data. The result were applied to fan noise analysis to calculate the airfoil shape with the lowest aerodynamic noise and fluid power and the highest fluid force (lift-drag ratio), and to estimate the fan with the optimized performance from the obtained shape data. As a result, the aerodynamic noise of the fan shape optimized by machine learning was lower than that of the conventional type, confirming that machine learning can be applied to predict aerodynamic noise and optimize fan performance.

研究分野：流体力学

キーワード：空力音 機械学習 渦 非定常流れ

1. 研究開始当初の背景

流れから発生する音を低減することが、自動車や電子機器(ファン)の開発における重要な研究課題となっているが、製品開発では、解析時間やリソースの問題から空力騒音を予測することが難しい。また、流れ場の非線形性や流れ場の空間構造が空力騒音の発生に強く影響することから、過去の知見やデータベースなどを参考にした分析では適切な答えが得られないことが多い。そこで、本研究では、大規模非定常解析データ群(流れ場・空力騒音)と実験データベースや時間空間平均モデルによる簡易解析結果の特徴抽出に機械学習を適用し、簡易計算や定常計算結果から空力騒音を予測するシステムを開発し、空力騒音を低減するための基礎技術を構築することを試みた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、非線形性の強い乱流場の時空間渦度データと発生する空力騒音の関係を機械学習により明らかにし、空力騒音低減技術及び空力騒音を効果的に低減することが可能なシステムを構築することである。特に製品開発などで課題となっている計算規模を縮小するため、時間平均モデルを用いた乱流解析データ(データ群1)と詳細な空力騒音解析データ(データ群2)を学習させ、2つの学習システムを組み合わせることにより、より効率的で精度の良い学習システムの構築を試み、機械学習の特性を活かした空力騒音を予測・低減手法提案システムの開発を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、乱流場の非定常運動と空力騒音の関係を機械学習により明らかにし、空力騒音を効果的に低減することが可能なシステムの構築を行った。まず、従来手法により翼周りの流れ解析を行い、翼周りの流れ場、空力音のデータベースを作成した。解析した625のデータをもとに機械学習を行い、翼形状と空力音の関係、流れ場の非定常画像データと空力音の関係を学習させた。学習には図1に示す多層パーセプトロンを用いた。中間層の数は最終的には3層とした。多層パーセプトロンを用いることによりノードに送られる情報に重みを与え、バイアスとの総和を使用することにより非線形性に対応した。

得られた学習データをもとに空力音の予測を行った結果、翼形状から空力音を推定すること、流れ場の画像データから空力音を予測できることを確認した。

次にこの結果をファン解析に適用するため、空力音のほかに、ファン設計要素となる動力、揚抗比を機械学習により推定することが可能なシステムを構築した。この学習データを元にファンの最適化設計を実施した。

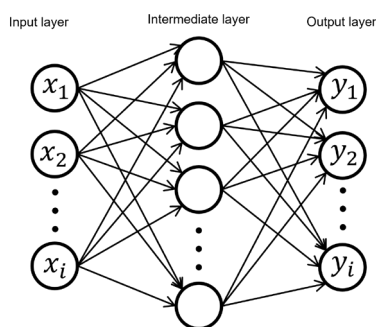


図1 空力音の学習に使用した多層パーセプトロン

4. 研究成果

図2にファン周りの数値解析結果を示す。同じようなサイズの製品を比較した結果であるが、左側の製品の騒音が大きい。従来はこれらの解析結果をもとに性能の良いファンに近い流れを人間が模索して設計を行っていた。本研究ではこれらの作業を機械学習に行わせる。

数値解析により翼特性(揚抗比、動力、空力音)を求めた。図3に学習手法を示す。数値解析により得られた625のデータ(図4)を元に機械学習を行い、そのデータを元に空力音の推定を行い、翼形状を数値モデル化したものに対して物理量を学習させる方法と翼周りの流れ場と物理量を学習させた2つのケースを用いた。図5に翼形状のパラメータを示す。翼形状として主要な因子である翼弦長、入口角、出口角、そり位置を数値化し、入力とした。また、図6に示すように数値解析により得られた流れ場の非定常データ(この例では圧力)を入力とした学習を行った。空力音の解析では非定常性が重要なことからアニメーション画像をもとに学習を行った。

図7、8に機械学習によって得られた空域音と揚抗比の推定結果を示す。画像データ、翼形状を入力としたどちらの手法でも翼性能を精度よく予測することができることを確認した。図9

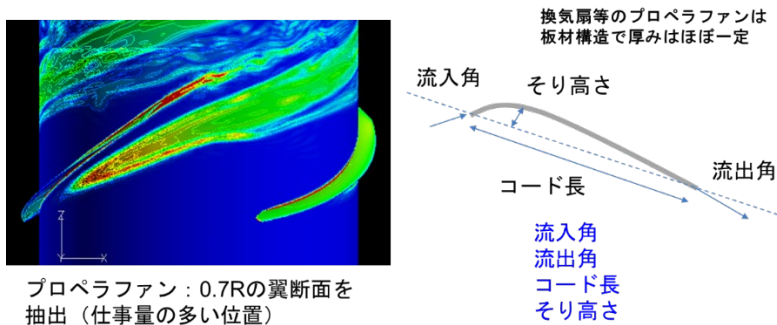


図5 学習に用いる翼形状のパラメータ

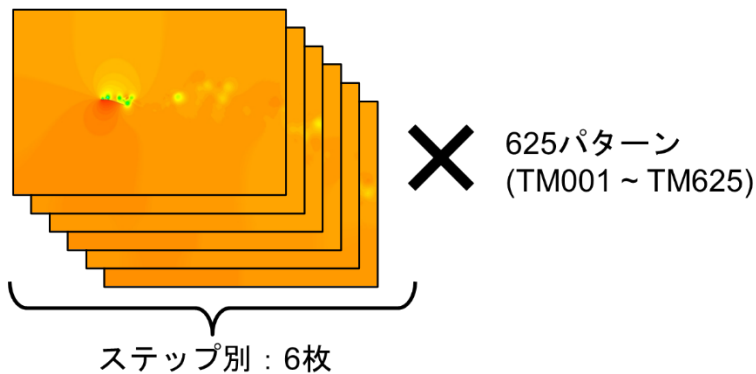


図6 流れ場の非定常データを入力モデルとする場合のデータ例

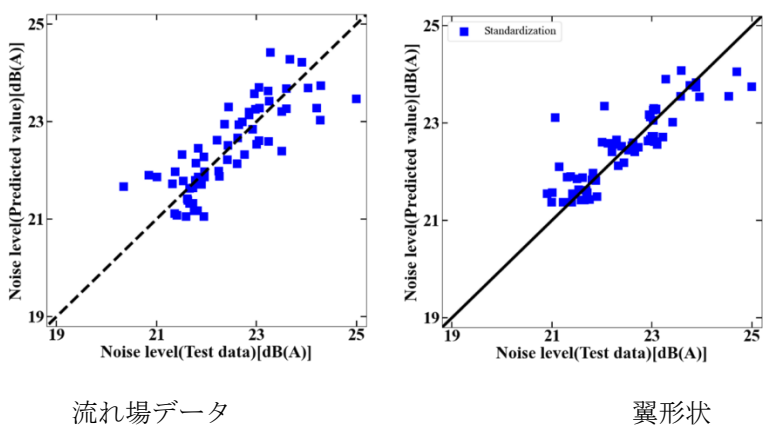


図7 機械学習による空力音推定結果

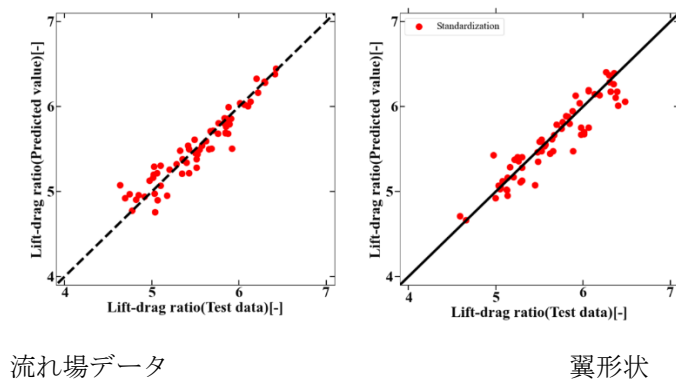


図8 機械学習に揚抗比

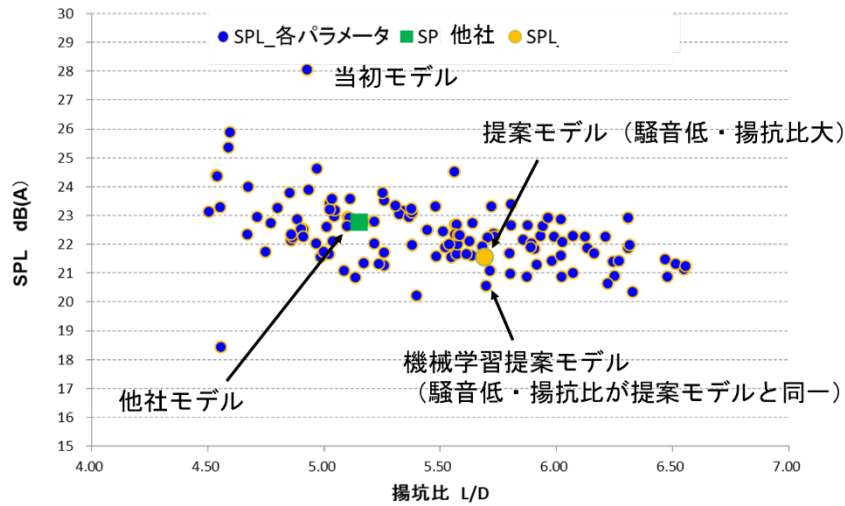


図9 設計空間における翼性能の比較

	流入角 [°]	流出角 [°]	翼弦長 [mm]	そり高さ [mm]	揚抗比 [-]	騒音 [dB (A)]	動力 [W]
製品Aの翼型	14.14	10.23	287.15	14.93	5.69	21.551	0.78
抽出した翼型	11.31	8.18	236.52	15.53	6.191	21.483	0.328

翼寸法
評価値

製品Aの翼型
機械学習が提案した翼型

図10 機械学習により最適化された翼形状と従来の設計手法による翼形状の比較

まとめ

- ・機械学習を用いて、2次元翼の揚抗比，動力，騒音を推定 できることを確認した。ただし、空力騒音の推定精度は他の二つの物理量と比較して精度が低いことがわかり，さらなるデータベースの構築と学習方法の改善が必要であることが確認された。
- ・機械学習によりファンとして最適な翼形状を抽出した結果，従来法によって設計した翼形状が設計空間内のどのような位置にあるかを確認することができるようになった。
- ・機械学習で提案された形状は，従来の数値解析や実験に基づいた経験則による設計方法と一致することが確認された。
- ・従来のファンより性能が優れると予測される翼形状を機械学習を用いることで短時間で推定することができることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------