



崇城大学

コンピュータで「音」を消す?! 流れと音のシミュレーション

崇城大学 工学部 機械工学科 流体力学研究室

1. はじめに

空気や水など流れる物体を「流体」と呼びます。流体は、エネルギー源としてまたエネルギーを伝達する物質として、多くの機械で利用されています。流体の動きを調べることは、より良い機械を作るためにも重要であるため、機械工学科では流体の動きを調べる流体力学（流体力学）という科目を学びます。流体の動きを調べる方法の一つに、コンピュータの中に流れの様子を計算で再現する流れのシミュレーションという方法があります。私たちの研究室では流れのシミュレーションを使って様々な流体の動きと機械の関係を調べています。シミュレーションは実験よりも安全で、すばやく流れの様子を知ることができる場合が多く、流体の研究でもよく用いられます。今回は、流れによって発生する「音」を、シミュレーションによって減らす試みについて紹介します。



2. ファン(扇風機)の音を計算しよう

ファンは機械を冷やす空気を送る扇風機です。ファンは何枚もの羽根を回転させることで気圧差を作って空気を流します。羽根が空気を動かす際に、空気の運動エネルギーの一部が音のエネルギーに変わって騒音を出します。省エネルギーで静かなファンを作るためにはこの騒音を減らすことが重要になります。流れのコンピュータシミュレーションでファンで動く空気の様子を詳細に調べること、空気が出す音の大きさを知ることができます。私たちの研究室では、すばやく音を計算する方法を研究しており、今までの方法より100倍ほど早い計算法を見つけました。

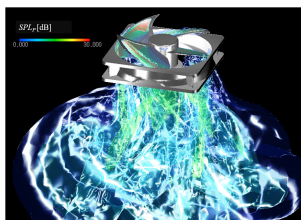


図1: シミュレーションで計算した音の大きさの分布

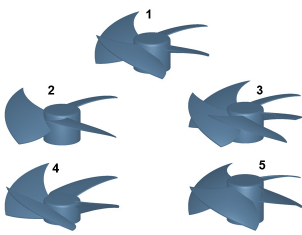


図2: どの形のファンがいちばん静かでしょうか...?

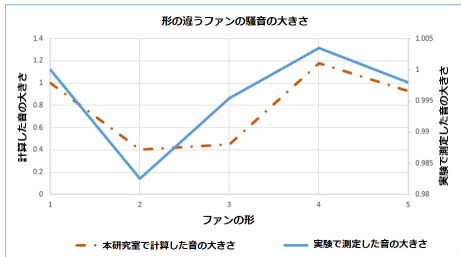


図3: 研究室で計算した、各形のファンの音の大きさの変化

図1はシミュレーションで計算したファンから出る騒音の大きさの分布図です。赤いところがいちばん音が大きな場所です。この計算を応用して図2のような、5つの違う形のファンの騒音の大きさを比較してみましょう。結果を図3のグラフに示します。実際に音を測る実験も行って、計算の結果と比べてみました。実験とシミュレーションのグラフの形はよく似ており、シミュレーションで「どの形のファンの音が小さいか」を調べることができることが分かります。さらによりすばやい計算ができれば、短時間にたくさんの形を調べることができます。音の小さなファンを見つけることができる可能性が増えるのです。

参考文献) Watanabe, N., "A Sound Source Visualization with the Computational Fluid Dynamics Approach and its Applicability for Flow Noise Detections", The 11th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing (Dec., 2017)

3. 最適な「機械の形」を見つけるには?

たくさんのシミュレーション結果から、目的にかなう機械の形を予測することができます。この予測技術もシミュレーション技術の一つで、数値最適化技術と呼ばれます。少し題材が変わりますが、例としてボブスレー競技で使うソリを造るときに、最も空気抵抗が少ないソリの形をコンピュータで探してみましょう。

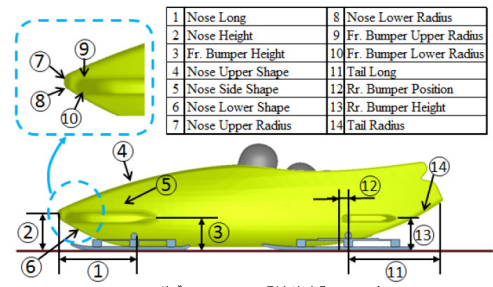


図1: ボブスレーのソリの形を決める14の寸法

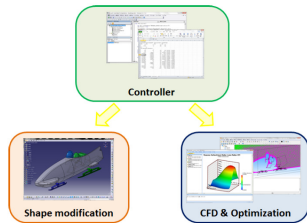


図2: いろいろなアプリを組み合わせてコンピュータに最適な形を探させます

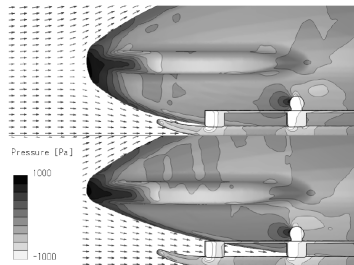


図3: シミュレーションではソリの形が変わると空気抵抗がどのように変わるかが計算できます

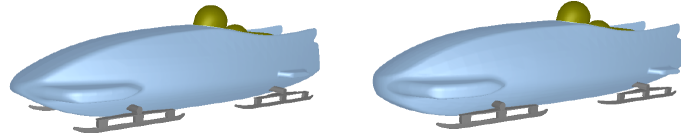


図4: 基本のソリの形(左)から数値最適化により見つけた空気抵抗の小さなソリの形(右)

	Base	Optimized
C_D	0.308	0.278
C_L	0.076	-0.129

表: 基本の形のソリとコンピュータが探した形のソリの空気抵抗の比較

基本のソリの形をおおまかに決めてから、図1に示す14の寸法を調整しながら、空気抵抗の小さな形に変更していきます。そのためには本来は寸法を変えたいくつものソリを試作し、全ての空気抵抗を測定しながら最もよい形を探さなくてはなりません。数値最適化技術を使うと、試作の代わりにシミュレーションを用いて試作のお金を節約するとともに、寸法の組み合わせを統計的に計算して、自動的に空気抵抗が小さくなる14の寸法の組み合わせを決めて最適な形を探することができます。市販のパソコンで約2日間計算を行ってパソコンが自動的に決めた、空気抵抗の小さなソリの形を図4に示します。また表には基本の形(Base)とコンピュータが決めた形(Optimized)の空気抵抗の大きさ(C_D)を比較しています。Optimizedの形のほうが値が小さく、空気抵抗が小さくなっていることが分かります。このように、流れのシミュレーションと数値最適化を使うと、目的とする性能に対して効率的に複雑な設計寸法の組み合わせを決めることができます。

参考文献) 藤山、勝村、渡邊、奥、貴家、「最適化を用いた2人乗りボブスレーの数値空力設計」、日本機械学会 第10回最適化シンポジウム (2012年12月)

4. どうやって音を消すの?

さて、音の大きさを知るシミュレーション、目的に沿った機械の形を探すシミュレーションという2つのシミュレーションを紹介しました。この2つのシミュレーションを使うと、「音が小さくなるファンの形」を短時間でコンピュータに自動的に探させることができます。タイトルのとおり、コンピュータを使って機械の音を消すことができるかもしれません。

たいいてい機械の音は決して心地よい音ではなく、雑音・騒音がほとんどです。工場では多くの機械が動くため、騒音を減らすことは作業をする人の耳を守る上でも重要です。それに私たちの身近な機械の音も静かになれば、もっと私たちの生活が快適になると思いませんか? 今回は流れと音のコンピュータシミュレーションを紹介しましたが、コンピュータシミュレーション技術はこれからもさらに複雑な流れを解明して行き、もっと高機能で人と環境にさらにやさしい機械を造りだすのに役立って行くでしょう。