

筐体用ファンにおける空力音の予測に関する研究

山本 圭一朗^{*1}

Study on Computation of Aerodynamic Sound Generated from Case Fan

Keiichiro Yamamoto

機械電子研究所ではCAEを活用した県内企業の製品開発支援を行っているが、音響に関する支援は騒音測定にとどまっているため、製品開発における支援分野の拡大を目的に流体騒音の予測に取り組んでいる。小型の筐体用ファンを対象として全要素数約570万で行った解析結果は、精密騒音計での測定結果と比較し、周波数のピークは捉えられていないものの周波数特性の傾向は概ね再現できており、オーバーオール音圧レベル（A特性）は測定値41.4 dBに対して解析値43.1 dBとなった。

1 はじめに

機械電子研究所では、CAEを活用した県内企業の製品開発支援を行っている。導入している流体解析ソフトウェアは、LES（Large Eddy Simulation）による圧力の時間変動を元にした分離解法による流体騒音予測機能を有している。また、音響に関する技術支援が騒音測定にとどまっていることから、製品開発における支援分野の拡大を目的に流体騒音の予測に取り組んでいる。

ファンから発生する空力音の予測には、HPC（High Performance Computing）を活用したLESによる研究¹⁾が行われているが、HPCを活用せずに保有するPC（Xeon W-2255 10Core）を用いた、限られた計算環境における予測結果を報告する。

2 研究、実験方法

2-1 対象とする筐体用ファン

図1に対象とする市販筐体用ファンを示す。フレームサイズ92 mm角の小型軸流ファンである。流体解析を行うために、翼を三次元デジタルで撮影し、CADモデルを作成した。



図1 対象とする市販の筐体用ファン

2-2 流体解析による空力音の評価方法

図2に示す解析モデルにて、SST k- ω モデルによる定常解析を行った後、LESにて時間刻み 2×10^{-6} 秒、70,000サイクルの非定常解析を行った。流体場の圧力と音圧を別々に扱う分離解法により空力音を評価することとし、非定常解析初期の3,000サイクルを除いた音圧の時系列データを対象にFFT解析を行った結果にA特性を適用した。解析ソフトウェアにはscFLOW V2023.1（ソフトウェアクレイドル社）を使用し、解析領域はポリヘドラル要素で分割した。メッシュサイズは0.25 mm～1.6 mmとし、翼周りは0.25 mmとした。境界層は、厚みの変化率1.1 層数8層とし、全要素数は約570万であった。縦渦の直径は、回転数4,400 rpmにおける翼端周速19.3 m/sを用いて文献^{1) 2)}を参考に推定すると、0.58 mmとなる。翼周りのメッシュサイズ0.25 mmでは、縦渦の解像に十分とは言えないが、保有しているPCで可能な並列計算数の制限により、半月程度で計算結果が得られる規模の要素数となるメッシュサイズとした。

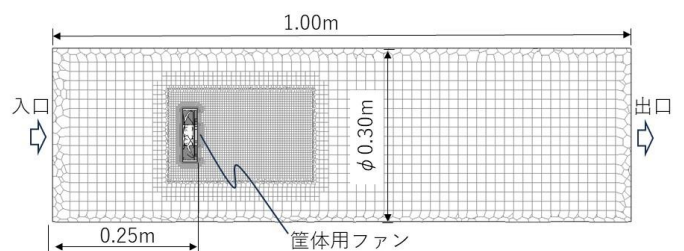


図2 流体解析の解析モデルとメッシュ生成状況

^{*1} 機械電子研究所

2-3 流れの可視化と騒音測定方法

ファン周りの流れを可視化するために、フォグマシンで発生させたトレーサーをファン吸込み側に供給し、レーザーシート光を照射した。撮影には、高速度カメラを用いた。

騒音測定は無響室で行い、精密騒音計をファンの吸込み側より1 m上流の位置に設置し、測定を行った。

3 結果と考察

3-1 流体解析の結果

LESによる流体解析結果から、図3のように速度勾配テンソルの第二不変量の等値面を用いた渦構造の可視化を行った。翼の表面に多数の渦管が発生しており、図4に示す可視化画像からも、翼表面で生成された渦が下流に運ばれていく様子が分かる。

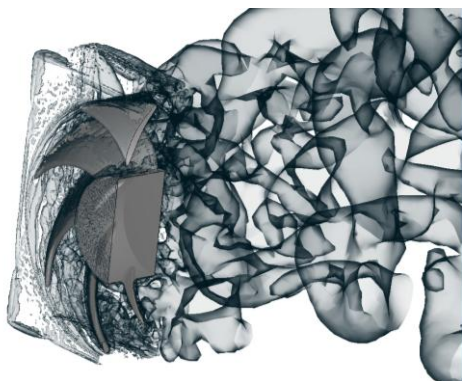


図3 ファン周りのLES解析による速度勾配テンソルの第二不変量の等値面で表した渦構造

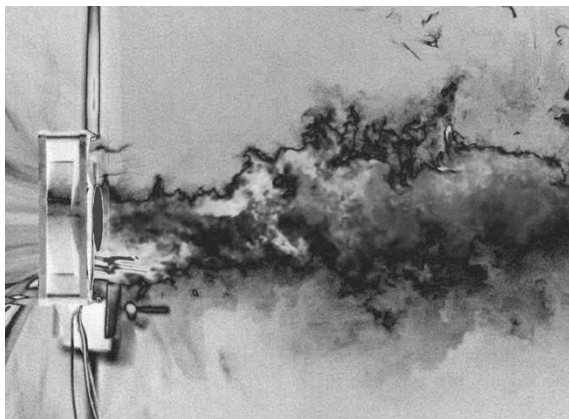


図4 ファン周りの流れの可視化撮影画像

3-2 空力音の解析結果

流体解析から得られた音圧のFFT解析結果（A特性）と騒音計による測定結果を図5に示す。測定結果と解析結果の周波数分解能をそろえるために、測定結果の周波数スペクトルを解析結果に合わせて離散化した。

解析結果では、周波数のピークは捉えられていないものの、周波数特性の傾向を概ね再現できたと考えている。オーバーオール音圧レベル（A特性）は、測定値41.4 dBに対して解析値43.1 dBとなり、解析値の方が1.7 dB高い結果となった。

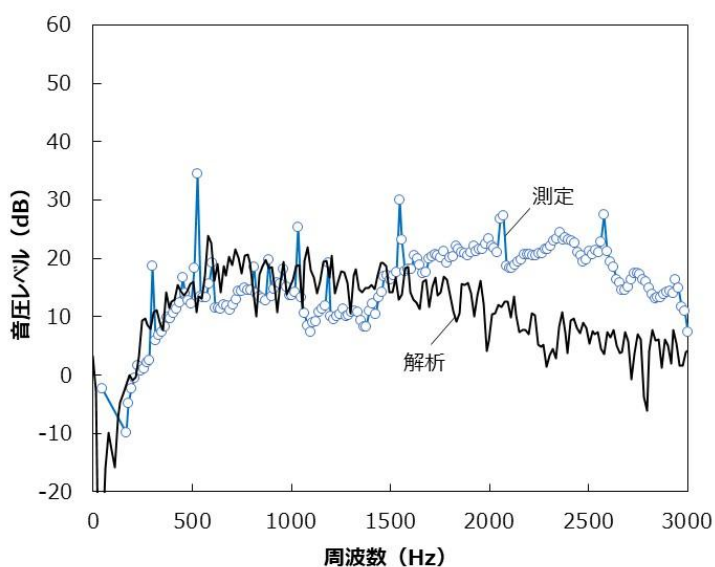


図5 ファンにおける音圧レベルの周波数特性

4 まとめ

小型の筐体用ファンを三次元デジタルで撮影したデータを基に、LESによる流体解析を行った。解析のメッシュサイズは、空力音の予測に重要となる縦渦を十分解像できるサイズではないものの、周波数特性の傾向を概ね再現できたと考えている。

5 参考文献

- 1) 岩瀬 拓ら：ターボ機械，50巻（12号），pp. 24-37（2022）
- 2) 加藤 千幸：ターボ機械，37巻（7号），pp. 387-393（2009）