



## 換気扇の軸流ファン設計 —形状最適化と静音化—

研究・開発機関 : パナソニックエコシステムズ株式会社  
 利用施設 : 自社設備  
 計算規模 : 最適化計算 1 ケース 6.5 時間 (32 並列)  
 LES (Large Eddy Simulation) 解析 85 時間 (144 並列)  
 利用ソフトウェア : SCRYU/Tetra (ソフトウェアクレイドル)

### Before

- プロペラファンの設計において、ファン形状などの設計パラメータが性能に及ぼす影響を十分には把握できていませんでした。
- シミュレーションを用いて流量最大化や軸動力最小化などの高効率化を図っていましたが、静音化に対してはシミュレーションによる音源の特定まではできていませんでした。

### After

- シミュレーションによる多目的最適化と、その作業の自動化により、今まで約6日かかっていた設計作業を約3時間まで短縮し、広範な選択肢からの最適化が可能となりました。
- 音源探査により音源位置を特定し、流れの詳細なシミュレーションを行うことにより、静音化することができました。

### 背景と目的

一般用換気扇は、図1のような外観です。主な用途は、室内の空気を直接屋外に排気することで、大風量を処理できるようにプロペラファンを使用しています。室内空気の換気に使用するため、長時間使用することが多く、高効率化を図ることで、省エネに貢献することができます。また、室内での使用が多く人が直接音を聞くことになるため、静音化が求められる商品でもあります。

高効率化、静音化の基本性能向上を目的にプロペラファンの設計をシミュレーションで実施してきましたが(図2)、流れをシミュレーションで確認して形状を調整するにとどまり、設計パラメータに対する性能への影響を十分把握できていませんでした。

また、シミュレーションによる音源の特定ができなかったため、設計パラメータの性能への影響把握を多目的最適化ソフトOptimusを用いて行い、シミュレーションによる音源抽出を目的として、流れの詳細なシミュレーションを行うことにしました。



図1 一般用換気扇外観

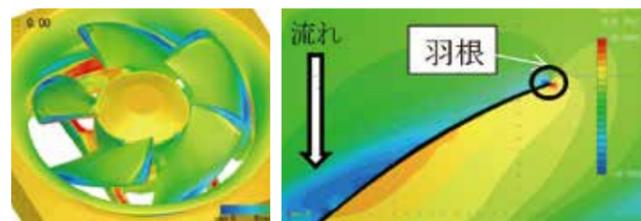


図2 シミュレーションの利用

### 利用成果

#### 多目的最適化

高効率化を目指して、出力である流量を最大化し、入力である軸動力を最小化する、二目的の最適化を行いました。最適化ソフトOptimus for Cradleを用いて、あらかじめ決定しておいたファン形状パラメータ30通りの流体解析を行いました。ここでは、図3に示すように、SmartBladesとSCRYU/Tetraを組み合わせることで、ファンモデル作成、解析メッシュ生成などに要していた作業を自動化することで工数を大幅に削減することができました。

得られた応答曲面図を図4に示します。風量、軸動力に対するパレート解を描くと(図5)、大、中、小、風量ごとに三つの最適形状を抽出することができました。この結果に基づいた試作性能評価の結果は、どれも目論見どおり、効率が上昇した結果となりました。

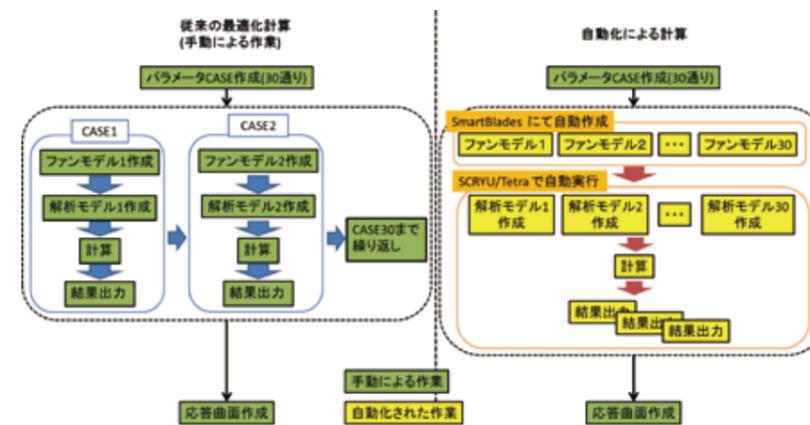


図3 最適化の計算フロー(左:自動化前、右:自動化後)

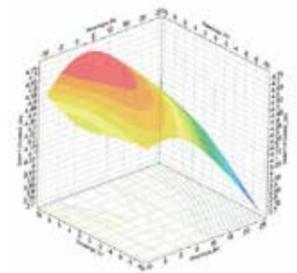


図4 応答曲面



図5 パレート解

#### 静音化

音源位置を特定するため換気扇の吸込近傍にマイクロホンアレーを設置し、音源の空間的情報を取得し、周波数ごとの音源を特定しました。1kHz~2kHzでは、羽根外周付近に音源があることがわかります(図6)。

流れの観点から改善の方向性を決定するためにLES解析を行い、ファン近傍に細かいメッシュを配置しています(図7)。結果を図8に示します。羽根表面の圧力分布を見ると、翼外周の負圧面に圧力低下が大きい部分があり音源探査の音源位置と一致しています。

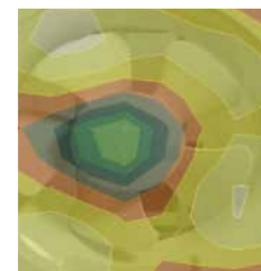


図6 音源探査  
(1kHz ~ 2kHz)

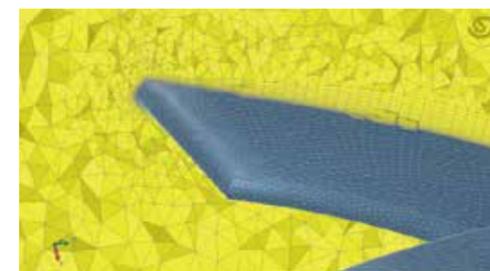


図7 ファン近傍メッシュ

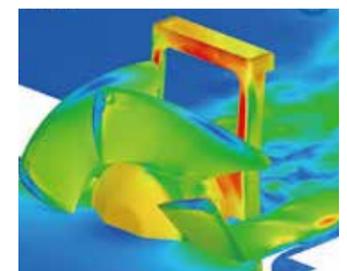


図8 解析結果

#### 今後

FOCUSスパコンを使い並列数を増やすことで、解析時間を85時間から1日まで短縮でき、さらなる開発効率の向上が期待できます。