

## 博士論文の要旨

専攻名 システム創成科学専攻

氏名(本籍) 梶 敦次(香川県) 印

博士論文題名

半径方向の流出入を考慮した半開放型軸流ファンの設計法に関する研究

要旨(2,000字程度にまとめること。)

半開放型軸流ファンは、産業用はもとより、冷蔵庫や電子レンジなどの家電用、室外機などの空調用、自動車のラジエーター用、各種電子機器・事務機器の冷却用など、あらゆる分野で広く利用されている。近年の省エネ化・低コスト化・環境配慮などのニーズにより、更なるファンの高効率化・コンパクト化・低騒音化を実現するための設計技術の構築が求められている。

しかしながら、例えば高効率化を維持しながら低騒音化・コンパクト化を実現することは容易ではない。特にファン内部の三次元的な流動状況を考慮した設計技術は、国内外において未確立である。

本研究では、これまでの半開放型軸流ファンの流れの実験的知見を利用し、流動の三次元性、特に軸流速度変化の影響と流面傾斜の影響について、半開放型ファンの設計に組み入れる。コンピュータによる解析的アプローチが最近の研究では多く見受けられるが、非常に複雑な流動現象においては、実験的知見に基づく立場も重要である。

半開放型軸流ファンは、半径方向速度が大きいため、その取扱いが充分でない現状がある。本研究では、半径方向流れを考慮した設計が可能である斜流ファンの設計手法を、半開放型軸流ファンの設計に適用することを検討した。準三次元解析による設計計算を実施し、子午面流れ計算においては、比較的大きな半径方向速度の取り扱いについて、実験結果を基にしつつ、子午面の流れ場を決定した。回転流

面流れ計算においては、得られた子午面流れに対して、流面傾斜と軸流速度変化を考慮した翼形状決定を行った。翼素としては、NACA65翼を採用した。

実際に半開放型軸流ファンの設計・CFD解析・製作・性能試験を実施し、本設計法が半開放型軸流ファンの設計法として有効であることを確かめた。また、さらに半開放型軸流ファンの特性を向上する方策として、ケーシング傾斜や強制渦形式の採用による流れ場の改善を検討し、CFD解析によって特性改善の見込みが得られた。

本研究で得られた結論を以下に示す。

半開放型軸流ファンの設計に、斜流ファン設計法を適用し、動翼を設計した。設計渦形式には一定旋回速度形式を用いた。設計した動翼形状について、CFDを用いて粘性を含めた三次元流れ場解析を実施した。動翼入口、出口における周方向平均流速分布は、設計値とCFD値で良く一致しており、本半開放型軸流ファンの設計法が有効であることが確かめられた。

設計、CFDに加え、実験的検証を実施した。設計した動翼を3Dプリンタで製作し、風洞で流動計測を実施した。特性曲線はCFD結果と似た傾向を示しており、設計流量係数0.264で、効率のCFD値、実験値はそれぞれ、45.4%、47.3%と近い値が得られている。また、動翼出口で測定した周方向平均の子午面速度分布、旋回速度分布、半径速度分布は、設計値、CFD値、実験値ともに、同程度の値を示している。子午面速度分布については、設計値が半径方向に向かって右肩上がりなのに対し、CFD値、実験値では翼スパン中央付近にピーク値を取っている。旋回速度分布については、今回、一定旋回速度形式で設計しているため、設計値は一定である。一定の設計値に対し、CFD値と実験値の2つは半径方向に対してほぼ右肩上がりであり、両者ともよく傾向が一致している。

## 博士論文の要旨

専攻名 システム創成科学専攻

氏名(本籍) 梶 敦次(香川県) 印

半径速度分布は、設計値、CFD 値、実験値ともよく似た値を示しており、いずれも半径方向に対して+の値をとっている。すなわち、半開放型軸流ファンの動翼出口ではハブから翼先端側方向に向けて流出することを示している。これは、動翼の回転による遠心力の作用と考えられる。以上、CFD 値と実験値の比較より、実験的にも本設計法が有効であることを実証できた。また、CFD と流動実験が良く一致していることより、半開放型軸流ファンの実際の流れ場を、CFD で良く再現できていることが確かめられた。

さらなる半開放型軸流ファンの効率改善のため、ケーシング傾斜の影響を CFD で見積もった。1つは動翼入口が広く、動翼出口に向かって収縮するコンバージ構造、もう1つは動翼の入口が狭く、動翼出口に向かって広がるダイバージ構造の2種類を比較検討した。結果、コンバージ構造で動翼まわりの流れ場の改善が見られ、設計流量係数 0.264 において約 2%の効率改善が見られた。しかし、高流量域で効率の急激な低下（静圧上昇係数の急激な低下）が見られるため、不安定であり、現状のままでは適用が難しいと考えられる。

半開放型軸流ファンの効率改善のため、強制渦形式の採用を検討した。CFD により、一定旋回速度形式と強制渦形式の特性を比較検討したところ、強制渦形式の方が、動翼周りの流れ場が改善され、効率も全流量域において一定旋回速度形式よりも 1-3%程度の効率改善の見込みが得られた。よって、半開放型軸流ファンの設計には強制渦形式を採用することが有効であることが分かった。