

自動車用ファンから発生する流体力学的騒音の発生機構と その低減に関する研究

梨 本 厚

Study on the Mechanisms of generation and Reduction of Flow Noise from a Fan for Automobile

by Atsushi NASHIMOTO

騒音環境の改善は社会的にも重要な問題であり、近年さまざまな視点から、低騒音化の取り組みがなされている。本研究は、工業上重要である自動車用ラジエータの冷却ファンの低騒音化を目的とし、ファンの空気力学的騒音の発生メカニズムの解明とその制御について実験的研究をまとめたものである。

本論文は、全五章で構成される。第一章は、本研究の背景と論文の構成について、第二章はウイングレット（小翼）を用いた自動車用ファンの騒音低減機構の流体力学的考察、第三章は複数のマイクロホンを用いた回転ファンの音源探査法の提案とそれを用いた音源探査結果、第四章はマイクロホンと粒子速度画像計測法（PIV）による音圧と速度及び過度変動との相関を計測することで音源に関わる流れ機構の理解、第五章は結論について示した。

第一章では、まず、回転機械から発生する騒音の分類と特徴について記述した。その後、ここで扱う空気力学的騒音について、機械工学、特に流体工学における重要性と騒音発生機構に関する研究の背景について説明する。続いて、一般的な音源探査方法と本論文で扱う音源探査方法の説明と比較について記述し、最後に、流体の速度計測研究の歴史と本論文で扱う PIV の解析法について説明する。

第二章は、ファン騒音に及ぼすウイングレットの影響を明らかにするため、騒音測定（騒音レベル、騒音スペクトル）に加えて、流れの可視化と PIV による回転するブレード周りの速度場計測を行った結

果である。流れの可視化と PIV 解析結果によると、ウイングレット無のファンブレードでは、ブレード先端から翼端渦が発生するが、それはかなり大きな過度を持ち、下流へ流出する。一方、ウイングレット有のファンブレードでは、翼端渦と同じ方向に回転する渦がウイングレットにより誘起され、それがブレード後流で翼端渦と干渉することで、翼端渦の強さが弱められていることが分かった。このことは、騒音測定から得られたウイングレットによる騒音低減効果と一致しており、ウイングレットによる低騒音の効果を示した。

第三章は、複数のマイクロホンを用いた騒音の音源探査法の提案とそれを自動車用ファンに応用した結果を示す。すなわち、自動車用ファンから発生する騒音の音源位置を探査するために、ファンの負圧面側と側面側における近距離場に設置した複数のマイクロホンから騒音レベルの分布を測定し、騒音レベルがピークとなる条件から音源位置を特定した。一方、自動車用ファンにおける騒音レベル分布の測定結果によると、騒音レベルのピークは、ブレードの前縁に沿った広い範囲と、ブレード後縁付近の後流領域に存在することがわかり、それらが音源位置に相当すると考えた。また、音源領域の流れ構造を調べるために、ファンを水中で回転させて油膜法を用いた表面流れの可視化を実施して、ブレード表面流れを画像解析することで、表面流れを定量的に評価した。この結果、ブレードの前縁付近には剥離と

再付着現象が発生していることがわかり、その領域は、マイクロホンで測定した音源位置と一致した。したがって、ファンの騒音源はブレードの前縁付近のはく離・再付着に関係することが予期された。

第四章は、騒音源に対応する流れ現象を検出する方法の提案とそれを自動車用ファンへ適用した結果である。すなわち、騒音源と流れ場との対応関係を表す物理量として音圧と気流速度の相関値を評価することで、音源に関わる流れ場の抽出を試みた。自動車用ファンに対して行った音圧と気流速度の相関分布の測定結果によると、ブレード前縁とブレード後流付近において、大きな相関値が得られた。流れの可視化と PIV 解析の結果によると、相関値の大きいブレード前縁付近では、前縁で起きるはく離やその下流の再付着現象が検出され、また、ブレード後流付近では、ブレード後縁から放出されるカルマン渦や翼端渦などの流れ現象とそれらの渦同士の干渉

が起きていることが確認できた。また、音圧と渦度の相関分布もまた、音圧速度相関と同様の結果であった。更に、これらの相関値の大きい領域は、速度変動の大きな領域とも一致し、複数のマイクロホンによる音源探査結果とも一致した。このように、音圧と気流速度の相関性を評価することによって、ファンの騒音源に関わる流れ現象を明確にでき、それは、ブレード前縁付近では前縁はく離や再付着が、ブレード後流付近では後縁からの放出渦と翼端渦であることが明らかとなった。

第五章は、自動車用ファンから発生する騒音の位置と流れ構造に関する本研究で得られた結果を総括した。

最後に、本研究の遂行ならびに学位論文の執筆に当たり、ご指導とご鞭撻を賜りました藤澤延行教授に深く感謝申し上げます。