

ふりがな なかの ともり
氏名 中野 朋則
学位 博士 (工学)
学位記番号 新大院博 (工) 第 229 号
学位授与の日付 平成 18 年 9 月 21 日
学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当
博士論文名 Investigation on Flow Around NACA0018 Airfoil and the Tonal Noise
Mechanism (NACA0018 翼から発生する離散周波数騒音に関する流体力学的研究)

論文審査委員 主査 教授 藤澤 延行
 副査 教授 長谷川 富市
 副査 教授 小林 睦夫
 副査 助教授 鳴海 敬倫
 副査 助教授 松原 幸治

博士論文の要旨

本研究は、第 1 章：緒言、第 2 章：NACA0018 翼の流れと騒音特性、第 3 章：離散周波数騒音の測定と周期的流れ構造の解明、第 4 章：液晶膜を用いたせん断応力計測の風洞実験、そして第 5 章：結言の計 5 章から構成されている。

第 1 章は、本研究の背景である離散周波数騒音の研究の歴史について纏めたものである。これまでに行われた離散周波数騒音研究は、騒音計測と定性的流れの可視化研究が多く、流れ場に関する定量情報に基づいて評価された結果は、わずかであることを述べた。さらに、本研究における定量計測法としての粒子画像流速計測法 (PIV) と液晶によるせん断応力計測法についての一般的知見について示した。最後に、本研究の目的と論文構成が記されている。

第 2 章は、NACA0018 翼周りの流れ場と騒音特性について纏めた結果である。まず、実験に使用した低騒音風洞、速度計測法としての PIV 技術、せん断応力液晶法による表面流れの可視化法について詳しく説明した。続いて、NACA0018 翼から発生する騒音レベル、スペクトル、圧力分布、はく離、再付着点、平均速度分布、変動速度分布についての詳細な計測結果を示した。これらの実験結果によると、NACA0018 の騒音特性は、迎角 6° 付近で強い離散周波数騒音が発生し、その周波数は 2.2 kHz 付近であることが示された。一方、そのときの流れ場は、はく離と再付着を伴う複雑な流れ場であり、特に 6° では翼後流に周期的流れが形成されていることを示した。このような周期的流れの発生は、圧力面の後縁付近から発生すること、また、その発生周波数は離散流派数騒音のそれと良く一致することを明らかにした。

第 3 章では、前章で示した NACA0018 翼後流に形成される周期的渦構造と離散周波数騒音の関係を、騒音と速度の相関係数を新たに計測することで明らかにした。実験結果によると、騒音と速度の相関係数の分布は、迎角 6° のとき、翼圧力面側に周期的渦構造が形成される。この構造の発生は、騒音と速度変動の強い相関を示すものであり、NACA0018 翼の圧力面側からの騒音発生を意味する。以上の結果から、離散周波数騒音の発生機構は、圧力面に沿うはく離境界層の不安定波が下流方向に成長する際に、フィードバック機構によって擾乱が周期的渦構造に増幅し、周期的騒音が発生すると考えた。

第4章は、せん断応力液晶を用いた表面流れの可視化法を定量計測法へ拡張することを目的とした研究である。すなわち、二次元ポアゼイユ流れを用いて、既知のせん断応力と液晶の示す色彩変化の関係を校正し、また、ステレオカメラ法を適用することで、せん断応力の方向と大きさを決定した。なお、この方法は、任意曲面上のせん断応力を計測することが可能である点が有効でもある。計測例として、平板上円柱周りの非定常流、平板乱流境界層、NACA0018翼表面流れに適用し、その有効性を示した。

第5章は、第2章から第4章までの研究成果を総括したものである。

審査結果の要旨

本研究の内容を総括すると、NACA0018翼の騒音特性と流れ特性をPIVとせん断応力液晶を用いて実験的に明らかにし、さらに、離散周波数騒音の発生機構を騒音と速度の相関計測を行うことで考察したものである。その結果、離散周波数騒音の発生機構は、圧力面に沿うはく離境界層の不安定波が下流方向に成長する際に、フィードバック機構によって擾乱が周期的渦構造に増幅し、周期的騒音を発生することを示した。また、併せて、せん断応力液晶法による翼表面せん断応力分布の定量化法についても提案した。これらの研究成果は、工学ならびに産業界にとって重要な知見であり、今後の新たな発展に繋がる結果でもあるといえる。

以上のことから、本研究は博士(工学)の学位論文として十分であると認定した。