

審査の結果の要旨

氏名 鈴木 康方

本論文は、「二次元翼周りの流れから発生する空力音源の解明と騒音制御」と題し、6章より成っている。

第1章では、序論として研究の背景および目的が述べられている。近年需要が高い流体機械の低騒音化においてメカニズムが複雑ゆえに解決が困難な広帯域騒音をとりあげ、特に流体機械の設計流量および小流量域に対応するものとして低レイノルズ数の翼周り流れから発生する乱流境界層-後縁騒音とはく離-失速騒音に焦点が当てられている。従来は音響学的手法が主体であるために詳細な翼周りの流れ構造が不明確であることおよび現在の数値予測技術の精度が十分でないことをあげ、流れ場と騒音の詳細な実験計測による空力音源の解明が必要であることが指摘されている。

第2章では、高精度な計測のために使用した実験装置および実験方法や同時に実施した数値解析の方法について説明している。本研究に使用されている二次元翼はノズルに対するブロックageの影響の少ない小型モデルでありながら圧力センサを内蔵しており、翼面の高周波圧力変動の計測が可能となっている。また、翼周りの非定常流れ場の計測には、従来ほとんど例のない回流式低騒音風洞での使用に適したLDV計測手法を開発して用いている。

第3章では、本研究で得られたレイノルズ数が $2 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$ の二次元翼(NACA0012)周りの非定常流れと空力騒音の高精度かつ詳細な実験データが示されている。これらのうち空力特性と騒音特性から翼周りの流れ場の分類を行い、流体機械において重要な最大揚力点付近とLight Stall状態(失速直後)、Deep Stall状態(完全失速)に分けられている。その結果、最大揚力点ではShort Bubbleが形成され、Light Stall状態ではLong Bubbleが形成されているが、Deep Stall状態ではLong Bubbleの形成はないことが確認されている。空力騒音は失速前~失速域で広帯域性のスペクトルを示すが、失速直後で急激に増大し、さらに失速が進むと緩やかに減少する傾向があり、翼弦長と主流速度を基準とした無次元周波数で0.3~10の低周波帯が寄与していることが示されている。

第4章では、最大揚力点付近、Light Stall状態、Deep Stall状態のそれぞれについて表面圧力変動と空力騒音の相関計測や詳細な流れ場の計測による結果が加えられるとともに数値解析による空力音源の可視化が行われている。その結果、最大揚力点では後縁騒音が支配的であるが、これ以外に2つの重要な音源が存在し、それぞれ無次元周波数で0.7~4、15~30の低周波帯と高周波帯に寄与があることが明確にされている。Light Stall状態ではLong Bubbleの形成により前縁ではく離流れが翼面近傍と干渉しながら通過することに

より強い音源となることが明確にされている。しかし、Deep Stall 状態では Long Bubble の形成がなく、前縁での離流れが翼面から離れた領域を通過するために Light Stall 状態でみられた翼面近傍の強い音源が消失する。これにより Deep Stall 状態では騒音が小さくなると述べられている。

第 5 章では、流体機械への応用を視野に入れて Light Stall 状態の翼に対して動物の羽根のような素材である柔毛と滑り止め用素材であるネットを用いた受動的な表面制御による騒音制御を行っている。柔毛による制御では局所制御でも 4.4dB と騒音低減効果は大きいですが、空力特性の悪化が著しいため、実機への応用が難しいことを指摘している。この騒音低減効果には柔毛の繊維により翼周りのレイノルズ応力が効果的に抑制されたことが影響していると述べられている。一方でネットによる制御では柔毛による空力特性の悪化が最小限に抑えられているが、騒音低減効果も 1.8dB 程度に減少していることが示されている。しかし、翼に作用する揚力の低下分を補正した正味の騒音低減効果が得られているため、実機への応用が期待できるとされている。ネットは柔毛に比べて翼周り流れに与える影響は小さいが、ネットのもつ弾性的性質により Long Bubble の再付着点より下流での離流れの速度変動が抑制され、翼面近傍の強い音源が弱められることが騒音低減の要因であると述べられている。

第 6 章では、本研究で得られた成果が述べられている。

以上を要約すると、本論文は二次元翼周りの流れから発生する広帯域騒音を対象とした詳細な実験計測および数値解析により、数値解析の検証用に足る高精度な実験データを提供するとともに主要な空力音源および騒音制御における騒音低減メカニズムが明確にされており、工学上貢献するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。