

審査の結果の要旨

氏名 ジャバット ハーハール
Baber Javed

修士（工学）Baber Javed 提出の論文は、「Experimental Investigation on Water Film Characteristics and Droplets Formation around Cascade Blade（翼列翼における液膜の特性と液滴形成に関する実験的研究）」と題し、5章および付録から構成されている。

発電用ガスタービンの高温環境における出力低下を防ぐために水噴射が行われるが、近年の高度なガスタービン技術の一つである Advanced Humid Air Turbine (AHAT) と呼ばれる高湿分空気利用システムでは、過剰な水分を圧縮機入口で噴霧し、流量増加だけでなく圧縮機内の蒸発による中間冷却も行って、効率と出力を向上させる技術が導入されている。このシステムでは噴霧が圧縮機翼面で液膜を形成し、後縁から液滴を放出するため、下流翼のエロージョンが大きな問題となる。また、蒸気タービンの下流段では、凝縮した水がやはり翼面に液膜を形成し、液滴が下流に飛散する。このように翼列内で水が液膜を形成し、形成された液滴が損傷を引き起こす事例は多く見られるが、これまでのところ液膜や液滴の翼面および翼周りの挙動はほとんど明らかにされておらず、放出される液滴の径に関する知見も極めて限られており、エロージョンの対策も経験に頼っている状況にある。

以上のような状況から本研究では翼面上での液膜の挙動と、後縁からの液滴放出の様子、および下流での液滴の状態など、基礎的な物理現象を明らかにすることを目的に、低速風洞で単独翼の翼面に水膜を流し、液膜流れと後縁での液挙動の詳細な観察を行った。

第1章は序論であり、ガスタービンおよび蒸気タービンにおける液体流れに関する問題点を詳細に調査・整理し、翼面における液膜流の挙動と、翼後縁および下流における液滴挙動の解明の重要性を述べ、本研究の目的を設定している。

第2章では本研究に関連する気液二相流の基礎理論を文献調査に基づいてまとめ、液膜・液滴の挙動や液滴径の決定などについて、物理的および数学的知見と解析手法を整理している。

第3章では実験装置と実験方法について述べている。小型低速風洞に楕円翼を設置し、翼前縁に設けた孔から水を流出させ、翼表面を流下する水膜の挙動と、後縁における液滴放出、および翼下流における液滴の挙動と液滴径の分布

を、高速度カメラを利用した画像解析で観測・計測する方法を説明している。また、流れ場をピトー管と熱線風速計で計測する手法についても述べている。実験では気流の流速、液体の流量などをパラメータに取り、翼の迎角も変化させて種々の計測を行っている。

第4章では計測結果を述べている。まず翼面上の液膜の挙動について計測結果をまとめ、気流が高速の場合には液膜表面に不安定波が発生することを見出し、その発生条件を理論的に求めている。次に翼後縁における液滴の放出状況をシャドウグラフ法により詳しく観察し、空気力と表面張力のどちらが支配的かで液糸飛散とバグ飛散に分類される様子を明らかにしている。飛散する液滴の径も画像から計測し、翼近傍における液滴径の分布を明らかにするとともに、液滴径を予測する理論解析を試み、実験結果と整合する結果を得ている。実験からは、迎角が増加すると液滴径が増加することや、下流に向かって液滴径が減少して行く様子なども明らかになった。また、液滴の放出は連続的ではなく、ある周期性を持つことが観察され、その放出周期を理論的に求める方法を提示して、実験結果をある程度説明している。

第5章は結論であり、本研究で得られた知見を総括している。

付録では翼型を平板翼にした場合、水の排出孔の寸法や形状を変えた場合の実験結果を提示し、上で得られた知見の一般性を吟味して、後縁厚みの影響などを整理している。

以上要するに、本研究では高湿分利用圧縮機や蒸気タービンの翼面などにおける液体の挙動および翼下流への液滴飛散の状況を詳細に明らかにし、液滴径を定量的に把握するとともに、これらの特性を理論解析するための基礎的手法を提示した。これらの知見は流体力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。