

(様式2)

学位論文の概要及び要旨

氏 名 浅海 典男 印

題 目 ターボ機械応用に向けた多電極構成プラズマアクチュエータに関する研究

学位論文の概要及び要旨

本学位論文では、圧縮機、過給機、ガスタービン、蒸気タービン、航空用ジェットエンジン等のターボ機械へ、能動的な流体制御デバイスのプラズマアクチュエータを適応するための基礎的な研究成果をまとめた。

ターボ機械は流体のエネルギーと機械的エネルギーの変換を行う流体機械である。ターボ機械は高速気流、高温と内部にある翼の寸法が小型であることを特徴として持っている。プラズマアクチュエータは、誘電体を挟んで2枚の電極があるだけの単純な構造である。一方の電極は空気に対して露出しており、もう片方は誘電体に埋め込まれている。10kV、10kHz程度のAC電圧を印加することで誘電体バリア放電が電極端で起こり、プラズマと呼ばれる弱いイオン化した気体が発生し埋没電極を覆う。イオン化した空気と電極周りの電場は体積力を発生させ、アクチュエータ上に誘起流れを引き起こす。なお、上述の形式のものは、SDBD (Single Dielectric Barrier Discharge) プラズマアクチュエータと呼ばれている。しかし、SDBDプラズマアクチュエータでは発生できる体積力(推力)が小さいため、誘起流は数m/sと遅い。プラズマアクチュエータの推力を向上するために有望な方法の1つとして、もう一つ高電圧のDC電極を露出側に追加し、空気中のプラズマ化したイオンなどを加速させて運動量(推力)を向上させることが知られている。この形式は三電極 (Trielectrode: TED) プラズマアクチュエータと呼ばれている。

ターボ機械へ適用できるプラズマアクチュエータの研究・開発を行うために、本研究の目的を以下の4つ設定する。まず、高速気流中でプラズマアクチュエータが流れ場を制御するために要求される推力を低速の実験時に要求される推力より高速側へ外挿して推定する方法を調査する。2つ目に Al_2O_3 を誘電体に採用した場合の三電極プラズマアクチュエータの推力特性について調査する。3つ目に、三電極プラズマアクチュエータを用いて気流中の物体周りの流れ場の制御ができることを風洞実験にて実証する。最後に、三電極プラズマアクチュエータを小型化しても推力の向上をできるようにする。

本学位論文は全6章で構成している。

第1章では序論として研究の背景と目的を述べる。

第2章では翼の気流剥離抑制のためにプラズマアクチュエータに要求される推力を推定する方法を調査した。低速の実験の結果より、主流の流速比と要求される推力比の関係が近似的に2次曲線に従

うことを確認した。

第3章では酸化アルミニウム (Al_2O_3) を誘電体に持つ、三電極プラズマアクチュエータの流体制御能力に焦点を当てる。酸化アルミニウムは高い融点と絶縁耐力というプラズマアクチュエータの誘電体として好ましい2つの特性を持つ。 Al_2O_3 を誘電体に採用した三電極プラズマアクチュエータの体積力による反作用をアクチュエータからの推力として静止空気中で計測し、高いDC電圧においては、同一駆動条件のSDBDプラズマアクチュエータが発生する推力と比較して、生成推力は804%と大きく向上することを明らかにした。

第4章では低速の風洞実験にて、三電極プラズマアクチュエータを用いて翼面からの気流の剥離抑制ができることを実証した。さらに、三電極プラズマアクチュエータはより高迎角において剥離を抑制し、SDBDプラズマアクチュエータに対して気流の制御能力の優位性を示した。

第5章ではガスタービン等の翼に設置できる小さい電極間隔の三電極プラズマアクチュエータにおいても、誘電体厚さと印加交流電圧を適切に調整することによって、印加可能な直流電圧の最大値を高く保つことができ、大幅な推力向上を達成できることを示した。

第6章においては各章で得られた知見を結論としてまとめた。

以上