

2023 年 3 月 15 日
Year/Month/Day

学 位 論 文 の 内 容 の 要 約
Summary of doctoral dissertation content

氏 名 Name	畑本 明彩未
学位の種類 Doctoral degree	博士（工学）
学府又は研究科・専攻 Graduate School / Major	大学院工学府 機械システム工学専攻
指 導 を 受 け た 大 学 University	東京農工大学
学位論文題目 Thesis title	誘電体バリア放電プラズマアクチュエータの発熱・伝熱現象の 解明

【論文の内容の要約】 [Summary of the contents of the doctoral dissertation]

誘電体バリア放電プラズマアクチュエータは、壁面に流れを誘起する能動的流体制御デバイスであり、誘起流を利用した熱伝達促進への応用が期待されている。プラズマアクチュエータは放電によってイオン風を生成し、同時に発熱する。発熱は航空機の除氷や結氷の防止に役立つ一方で、対流冷却への応用の観点からは問題となる。したがって、用途に応じて発熱をコントロールする必要がある、そのためには発熱量に依存するパラメータや伝熱機構を明らかにすることが重要である。本研究の目的は、プラズマアクチュエータにおける発熱と伝達現象を理解することである。

第 3 章では、静止空气中で駆動したプラズマアクチュエータの表面温度を特徴付けるための相似則を導出し、実証した。相似則は、誘起流がジュール熱によって加熱され、誘起流から誘電体へ熱伝達によって熱が伝わるという仮定より、誘電体内についての一次元熱伝導方程式の理論解から求まる。表面温度についての理論解は空間的に平均化され、無次元温度がビオ数とフーリエ数の関数として表され、これを表面温度についての相似則とする。相似則内の未知数である誘起流の気流温度と熱伝達率は、プラズマアクチュエータの推力と消費電力に基づいて推定される。相似則の妥当性は、実験から得られた表面温度、推力、および消費電力を代入することで検証された。結果として、誘電体材料、誘電体厚さ、印加電圧に関係なく、相似則が成り立つことがわかった。これは、プラズマアクチュエータの誘起流がジュール熱によって加熱され、誘電体が強制対流によって加熱されるという仮説を支持する結果である。

第 4 章では、外部流れ中の誘電体の表面温度を特徴付ける相似則を導出した。相似則は第 3 章と同様に、誘電体内についての一次元熱伝導を考え、表面温度の時間変化につい

での理論解から得られる。このとき、境界条件として熱流束を定めるために、発熱メカニズムとしてジュール加熱が支配的である場合とイオンフラックス加熱が支配的である場合について仮定し、それぞれを境界条件とした場合について解を得た。相似則を実験的に検証するために、2つの相似則の未知数は、推力と消費電力で近似された。実験的に検証された。外部流れ流速や誘電体材料や誘電体厚さや駆動電圧を変化させて計測した表面温度を用いて相似則の妥当性を検証した結果、導出した2つの相似則のうち、ジュール加熱を仮定して導出された相似則がより妥当であることが示された。この結果はプラズマアクチュエータの発熱の大きな要因がジュール加熱であることを意味する。

第5章では、誘起流の熱伝達率を求めることを目標として、静止流体中および外部流れ中で駆動したプラズマアクチュエータの気流温度分布と流速分布を計測した。プラズマアクチュエータの熱伝達促進性能を明らかにするためには熱伝達率を求めることが重要であるが、高電圧を印加するためプローブを用いた直接計測は困難である。そこで、本章ではバックグラウンドオリエンテッドシュリーレン法（BOS）を用いて非接触に密度場を計測し、圧力場が変化しないと仮定して密度場から温度場を求めた。また、粒子画像流速測定法（PIV）を用いて速度場を測定した。定圧を仮定した場合、その結果、プラズマアクチュエータの上部電極近傍における気流温度の計測値は、表面温度よりも小さい値となった。この領域における流れ場に注目すると、プラズマアクチュエータ吸込みによって壁面方向の流れが生じており、圧縮されていることが考えられる。よって、電極近傍においては流れの圧力変化を無視できず、BOS法による気流温度計測は適当でないと考えられる。