

審査の結果の要旨

氏名 喜多翔ノ介

修士（工学）喜多翔ノ介提出の論文は、「予冷ターボジェットエンジンのアフターバーナにおける水素燃焼場挙動の光学計測」と題し、7章から成っている。

予冷ターボジェットエンジンは、マッハ 5 クラスの極超音速機の実現のため研究開発されているものであり、当該エンジンのアフターバーナにおいては、予冷による推力向上の効果を最大とするため、システム設計上巡航時において当量比 2.2 程度の水素過濃燃焼が選択されていることが特徴である。実現に向けての課題として、試験用小型エンジンにおいて 60%程度の低い燃焼効率しか実現できていないこと、高層大気中を飛行するため窒素酸化物（NO_x）の排出が厳しく制限されることが挙げられる。

このような観点から本論文では、高エンタルピー風洞を用いた燃焼実験において燃料噴射角度をパラメータとし、燃焼および NO_x 排出特性を調べているが、これらの特性を詳細に考察するためには、燃焼器内の火炎構造、特に温度分布を把握することが重要であり、本研究対象である水素火炎に適用可能、かつ風洞試験で容易に使用可能な温度計測手法が必要である。そこで燃焼場に添加した炭化ケイ素微粒子からの放射を計測する粒子添加可視二色法を考案し風洞実験に適用するとともに、計測誤差評価により本計測手法の信頼性を確認している。

第 1 章は序論であり、極超音速推進システムとしての予冷ターボジェットエンジンの概要とその開発状況を説明し、アフターバーナにおける技術課題を提示するとともに、可視二色法に関するこれまでの研究を概観し、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第 2 章では、粒子添加可視二色法の計測に使用した光学系の校正試験について述べている。燃焼器内部の分光計測から使用波長として 532nm と 656nm を選定し、分光器によって干渉フィルタの透過率校正試験を行うとともに、黒体炉を用いてカメラの受光素子の各波長における変換効率を取得している。

第 3 章では、燃焼場に添加する粒子として選定した炭化ケイ素の放射率校正試験を行っている。水素を燃料とし、安定した二次元火炎を維持することのできる多孔質円筒バーナを作成し、熱電対による温度測定を行うとともに、カメラの撮影結果と比較して各波長における放射率を計測している。測定点における添加粒子の濃度によって放射率は変化するものの、二波長の放射率の比は、信号強度が十分に強い範囲において概ね一定値であることを確かめている。

第 4 章では、風洞実験の装置と解析方法について説明している。燃焼実験は、極超音速

高エンタルピー風洞を利用して実施しており、実験用燃焼器と複数の燃料噴射器を使用している。燃焼効率の算出には、作動流体が燃焼器を通過する際のエンタルピー差に基づく方法を採用していること、実験中に燃焼ガスをノズル出口から直接採取することで NO_x 濃度を計測していることが説明されている。また、粒子添加可視二色法を適用する際には、燃料自身の流れによって粒子を巻き上げ燃焼器内に導入する機構を配管中に設けることとしている。

第 5 章では、風洞実験の結果と考察が述べられている。当量比 3 以上の過濃燃焼に対して燃焼効率の測定実験を行い、燃料の噴射角度が燃焼効率に及ぼす影響を明らかにするとともに、安定した過濃燃焼における NO_x 排出量が、同程度の燃焼温度の希薄燃焼におけるものと比較して減少していることを実験的に確かめている。また、燃焼器内部を高速度カメラによって撮影し、過濃燃焼における燃焼振動の発生をとらえるとともに、その発生原因について燃料噴射器間の不安定な保炎領域に焦点を当て考察している。さらに、粒子添加可視二色法を希薄から過濃にわたる複数の燃焼条件に対して適用し、燃焼器内の温度分布計測が可能であることを示すとともに、噴射孔の配置による高温領域の変化を明らかにしている。

第 6 章では、粒子添加可視二色法の測定誤差について述べている。位置については粒子温度の収束時間より最大で 0.96mm 程度、温度についてはカメラの受光素子の変換により最大で $\pm 50\text{K}$ 程度と推定され、また粒子を添加することによる燃焼ガスの温度低下は、最大でも 10K 未満であることを示している。

第 7 章は結論であり、本論文において得られた結果を要約している。

以上要するに、本論文は、予冷ターボジェットエンジンのアフターバーナを模擬した小型燃焼器を対象として、水素燃焼および NO_x 排出特性に関する実験を行うとともに、高温高圧の水素燃焼場に適応できる簡便な温度分布測定法を構築し、エンジンの高性能化、低環境負荷化に資する燃焼効率および NO_x 排出特性に関する知見と粒子添加可視二色法の実用性を明らかにしたものであり、航空宇宙推進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。