

微小重力環境を利用した冷炎燃え広がり現象の観察

航空宇宙工学、船舶海洋工学
およびその関連分野

研究者所属・職名 : 生産工学部・教授

ふりがな のむら ひろし

氏名 : 野村 浩司

主な採択課題 :

- [基盤研究\(C\) 「噴霧の保炎機構を再検討するための微小重力環境を利用した冷炎燃え広がりに関する研究」\(2019-2023\)](#)
- [基盤研究\(C\) 「航空機用燃料電池-ガスタービン複合発電機のりアクタに関する研究」\(2015-2018\)](#)
- [基盤研究\(C\) 「放射加熱による燃料液滴の蒸発・爆発の実験および数値解析」\(2007-2008\)](#)

分野 : 航空宇宙工学、エネルギー工学

キーワード : エネルギー変換、噴霧燃焼、冷炎、液滴列、微小重力実験、燃え広がり、炭化水素燃料

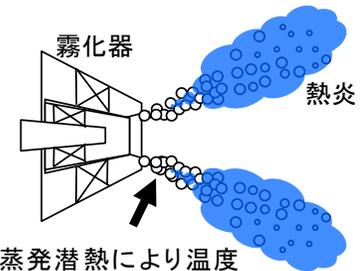
課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

航空機用ガスタービンの高熱効率化やSAF(持続可能な航空燃料)への対応は急務な課題であり、2050年でも主力であると予測される航空機用ガスタービンの性能向上のため技術的挑戦が重要である。こうした背景から進められているコアエンジンの小型高出力化や希薄予混合燃焼方式の導入は、どちらも燃焼器における逆火現象を誘発しやすくなり、噴霧火炎基部で起こる燃料液滴間の火炎燃え広がり現象を把握することが燃焼器の設計に重要である。本研究では、噴霧火炎基部や燃料予蒸発管内で起こりうる燃料液滴の冷炎点火・燃え広がり現象を明らかにし、冷炎燃え広がり数値シミュレーションモデルを構築することを目的とする。

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

冷炎とは、温度が1000 K程度の火炎であり、炭化水素燃料の低温酸化反応の発熱によって維持される。冷炎は発光が非常に弱いためその発生が見過ごされてきた。本研究では、数値シミュレーションが比較的容易な軸対称2次元現象を実現するため、微小重力環境で実験を行った。また、見えない冷炎の燃え広がり速度を計測するため、各液滴の直径履歴を高速度カメラで測定し、各液滴に冷炎が到達した時刻を取得することにより、冷炎の燃え広がり速度を算出した。



蒸発潜熱により温度が低下しているため、冷炎点火が起こりうる火炎基部

図1 噴霧火炎基部



微小重力環境を利用した冷炎燃え広がり現象の観察

航空宇宙工学、船舶海洋工学
およびその関連分野

研究成果

開発した熱線式定温度型冷炎強制点火装置を用い、北海道のコストーレ落下塔（微小重力時間：2.5 s）で実現した微小重力場においてデカン燃料液滴列の冷炎燃え広がり実験を高温霧困気中で行った。使用した実験装置の概略を図1に示す。冷炎燃え広がり速度計測を行うため、バックリット法と高速度ビデオカメラを用いた。連続する6個の液滴の直径履歴を計測し、液滴の蒸発が急激に速くなる現象が液滴列に沿って伝わるその伝播速度から冷炎燃え広がり速度を計測した。図3に、蒸発が急激に速くなった液滴の位置とその時刻の関係の一例を示す。霧困気温度523 K、霧困気圧力大気圧、強制点火までの待ち時間1.0 s、第2液滴以後の初期液滴直径0.75 mm、液滴間隔2 mmの条件における冷炎燃え広がり速度は、17.9 mm/sであった。霧困気温度が冷炎点火温度以下の条件において、燃料液滴列を微小重力環境下で燃え広がる冷炎の速度測定に成功した。

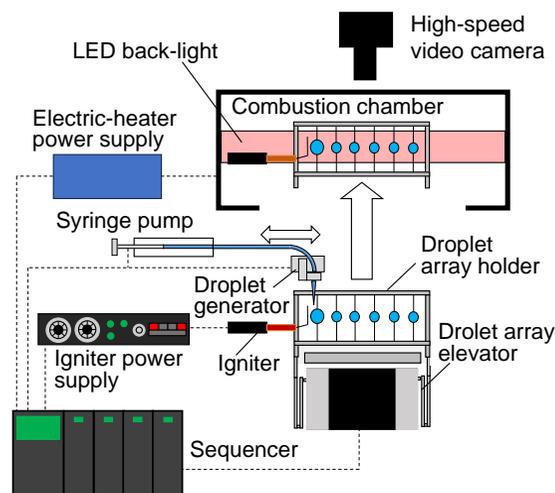


図2 開発した燃料液滴列冷炎燃え広がり観察用微小重力実験装置

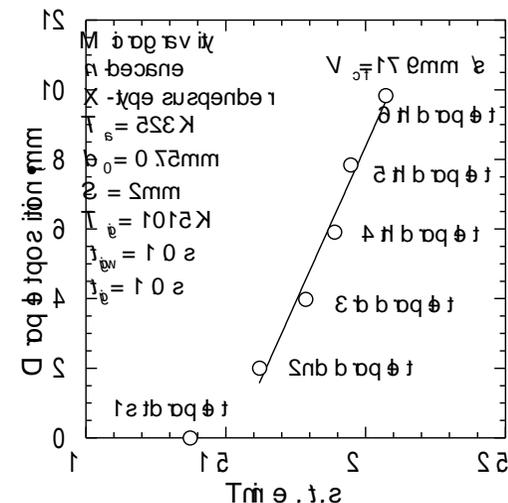


図3 液滴に冷炎が到達した時刻と液滴位置の関係（近似直線の傾きが燃え広がり速度）

今後の展望

実験と並行して構築した冷炎燃え広がり数値シミュレーション・コードの検証を今後行う計画である。図4は、霧困気温度500 K、強制点火までの待ち時間無し、初期液滴径1.0 mm、液滴間距離4 mmの条件で計算した、強制点火開始から2.40 s後の温度分布の計算結果を示している。燃料は実験と同じ正デカンである。冷炎の燃え広がりによって温度が高くなった領域が液滴列に沿って左端の第1液滴から右に広がっていることがわかる。今後、計算条件を実験条件に合致させて計算を行い、数値シミュレーションの検証・改良、および現象の解析を行う。現時点でも、燃え広がり速度のオーダーが実験結果と数値計算で一致することは確認済みである。

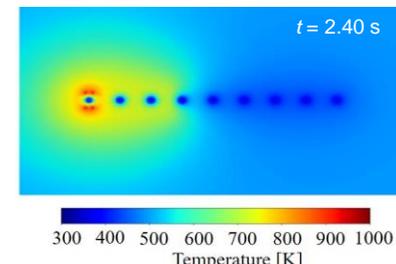


図4 冷炎燃え広がり中の温度分布計算結果