

新任教員紹介

航空宇宙学科・航空宇宙学専攻・特任講師・川端 洋

略歴

2013.03 秋田大学工学資源学部機械工学科 卒業
2016.03 秋田大学大学院工学資源学研究科機械工学専攻 修了
2020.03 千葉工業大学大学院工学研究科工学専攻 修了 博士(工学)
2020.04-2024.03 福岡大学工学部機械工学科 助教
2022.04-2024.03 福岡大学産学官共同研究機関研究所宇宙開発研究所 所長
2024.04- 現職



担当科目

航空宇宙学実験 1・2, 航空宇宙学製図, 航空宇宙先端科学技術特論など

研究活動内容

1. はじめに

近年, 小型人工衛星の市場拡大に伴い¹⁾, 低コストな宇宙輸送システムの開発が民間企業を中心に活発化している²⁾. 宇宙輸送システムはより低価格かつ低環境負荷であることが求められている. 従来使用されてきた液体ロケットは部品点数が多く, 構造が複雑であることを主な要因として高コストである. 固体ロケットは火薬を用いるため特殊な管理・運用設備が必要となる. また排気ガスには塩素を含むため環境負荷が大きい. そこで本研究室では宇宙輸送システムとして主にハイブリッドロケットに注目している. ハイブリッドロケットとは液体もしくは気体の酸化剤(液体酸素や亜酸化窒素など)と固体の燃料(合成ゴムやポリエチレン, 低融点ポリマなど)を推進剤として燃焼によって推進力を得るロケットである. 燃料が不活性かつ非火薬であることから, 液体ロケットや固体ロケットなど他のロケットと比較して安全性が高いことが特徴である. また, 燃料がゴムやプラスチックであることから, 固体ロケットのような環境に有害な物質を排出せず, 一般的にも入手が可能であることから入手性に優れ低コストであることが最大の長所である. しかし, 燃料の燃焼速度を示す燃料後退速度が遅いことを主な要因として低推力となることから未だ実用化には至っていない. そこで, 従来の燃料と比較して 2~3 倍の燃料後退速度を有する低融点燃料が注目された³⁾. 中でもパラフィン(蝋材)の研究が世界中で活発化している. パラフィン燃料は以下の課題を抱えており, これらの課題について本研究室の取り組みを紹介する.

- 燃料の幾何学的寸法が燃料後退速度に影響
- 低融点燃料の詳細な燃焼メカニズムが未解明

2. 研究の概要

2.1 低融点燃料を用いたハイブリッドロケットのスケール効果について

ハイブリッドロケットは燃料の幾何学的寸法が燃料後退速度に影響するスケール効果を有する. これにより小型のエンジンでの実験結果から大型のエンジンに設計に必要なパラメータの予測が困難となっている. そこで, 低融点燃料の燃料後退速度理論式を基に低融点燃料を用いたハイブリッドロケットのスケール効果を理論的に求め, 燃焼実験から得られた結果と比較したところ, 理論的な結果と実験結果が平均約 1.9%の誤差となった. また, 理論計算及び実験結果から低融点燃料の燃料後退速度は燃料ポート径の-0.8 乗に比例することが分かった⁴⁾. 図 1 に低融点燃料及び従来燃料の燃料ポート径と燃料後退速度の関係を示す. 従来燃料では燃料後退速度は燃料ポート径の-1.0 乗に依存することが分かっており, 従来燃料と低融点燃料ではスケール効果が異なることが定量的に示された. 今後, スケール比 2.0(ポート径 20 mm)での燃焼実験や, FT-0070 の液相粘度等の物性値取得を行い, 低融点燃料を用いたハイブリッドロケットのスケール効果を明らかにする.

2.2 観察窓付き燃焼器を用いた低融点燃料の燃焼観察

低融点燃料は固体燃料表面に液相が生成される. 液相の挙動については未だ不明瞭な箇所が多い. そこで, 観察窓付き燃焼器内で低融点燃料を燃焼させ, ハイスピードカメラを用いて光学観察を行った. 実験は円柱状燃料の上端面にガス酸素を吹き付け燃焼させた. 結果, 燃料表面上の液相から直径約 0.8mm の液滴の生成が確認された(図 2). ま

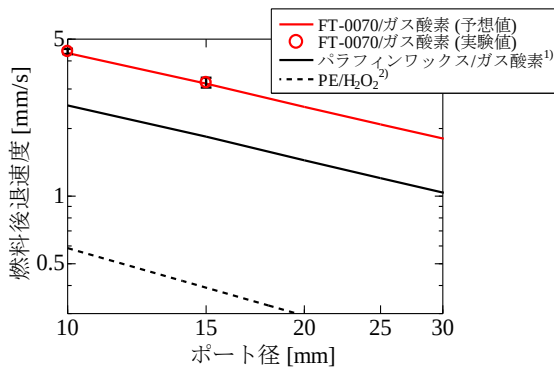


Fig. 1 The relationship fuel regression rate of solid pentan and paraffin wax (FT-0070) between the fuel port diameter.

た、燃料液滴が燃焼火炎を通過し、着火する過程についても確認された⁵⁾。今後、より高圧力下での液層挙動の観察及び液相温度の測定を行い、低融点燃料の燃焼メカニズムの解明を行う。また、現状の実験装置では燃料端面上に衝突する酸化剤流が半径方向に速度分布を持っており端面に供給される酸化剤流速が一定でない。酸化剤供給ノズルにディフューザーを取り付け燃料端面に対し一様な速度分布で衝突する装置を開発し燃料実験を実施、燃料後退速度を評価すると共に低融点燃料の燃焼現象の解明を目指す。

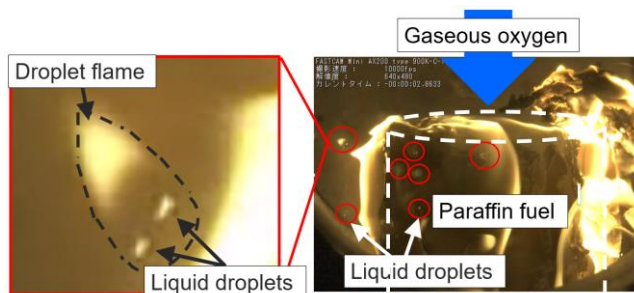


Fig. 2 Photographs of FT-0070 taken during combustion using a high-speed camera.

2.3 その他の研究テーマ

酸化剤に旋回流を付与することでハイブリッドロケットの燃料後退速度が向上する。本研究室では酸化剤旋回流が低融点燃料の燃料後退速度に及ぼす影響について実験的研究を実施している。これまで、従来のハイブリッドロケットシステムと比較して最大で約 2.9 倍の燃料後退速度となることを確認した⁶⁾。今後、酸化剤旋回流が低融点燃料の局所燃料後退速度に与える影響を調査し、燃料残差の少ない高効率なハイブリッドロケットの開発を目指す。また、ハイブリッドロケット用燃料の粘弾性特性を考慮した構造成立性について数値解析的研究も行っている。ロケット燃料は重要な構造部品の一つであり、ミッション達成のためにその構造成立性の評価が必須となるが、これまでハイブリッドロケット用低融点燃料の構造成立性は定量的な評価がされてこなかった。小型～大型までのエンジンにおける構造成立性とその評価方法に関して研究を実施している⁶⁾。

3. ロケット開発と宇宙輸送工学系人材育成

国内においても民間によるロケット開発が活発化しており、実務経験を伴った宇宙工学エンジニアの人的基盤の強化が課題となっている⁷⁾。本研究室では研究成果の実証及び宇宙輸送工学系人材の育成を目的にハイブリッドロケット開発と打上実験を実施していく(図3)。スケール効果や燃焼メカニズム、酸化剤旋回流、燃料の構造解析に関する研究結果が実際の飛翔環境下でも成立することを打上実験を通して実証する。ハイブリッドロケットは他のロケットと比較して安全性が高いことから教材として適している。前職において工学教育効果を評価したところ、本取り組みが学生のエンジニアへの進路の一助になっていることが分かった。宇宙産業企業への就職者もいることから宇宙産業業界が抱える問題に対しても寄与していると考えられる。エンジニアを目指す学生に対して技術面で幅広い教育効果が確認され、卒業後も7割の学生が学んだことが仕事に活用されていることが分かった⁸⁾。



本学においても上記の研究活動を継続的に実施し、専門を生かした教育活動に精力的に取り組む。



Fig. 3 Hybrid rocket launch experiment.

参考文献

- 1) The Satellite Industry Association: State of the Satellite Industry Report, SIA/Bryce Space and Technology (2019).
- 2) C. Niederstrasser: Small Launch Vehicles – A 2018 State of the Industry Survey, Small Satellite Conference (2018).
- 3) Karabeyoglu, M. A., Altman, D. and Cantwell, B. J.: Combustion of Liquefying Propellants: Part 1, General Theory, *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 18, No. 3, pp. 610–620 (2002).
- 4) 入江翔太, 安永尚生, 川端洋: 低融点燃料を用いたハイブリッドロケットのスケール効果に関する研究-スケール比 2.0 における実験的燃料後退速度評価-, 令和 5 年度宇宙輸送シンポジウム (2023).
- 5) Y. Kawabata and T. Sameshima: Developing a Stagnation Point Combustion Chamber and Measuring the Fuel Regression Rate of Hybrid Rocket Fuel, The 34th ISTS (2023).
- 6) 川端洋: 低融点熱可塑性エラストマを用いたハイブリッドロケットの実用化に関する研究, 千葉工業大学博士論文 (2020).
- 7) 秋山演亮: 宇宙関連の人材育成にあたっての要検討事項, 宇宙政策委員会第 46 回会合 (2021).
- 8) 川端洋: 福岡大学における学生ロケットプロジェクトによる工学教育効果, 工学教育 (2024)