

# 近未来の宇宙推進

## ★未来のロケットの形

固体燃料の充填された燃焼室に液体の酸化剤を噴射し燃焼させる方式の次世代のロケット推進機関をハイブリッドロケット(HR)と言います。現在、ロケットの打ち上げの5%が失敗しており、「宇宙旅行」などの宇宙開発の未来を考えた時、「**ロケットの安全化**」という技術革新が必要です。そこで当研究室では爆発する心配のないハイブリッドロケットを開発研究することによって、**宇宙輸送の増加、低コスト化、安全で経済的な宇宙輸送の実現**を目指しています。私たちは、ハイブリッドロケットの技術的問題点の解決のため、軸流と旋回の二つの酸化剤の流れを作り、旋回の強さを制御することで、燃焼量を制御するA-SOFT(Altering-intensity Swirling-Oxidizer-Flow-Type: 強度可変酸化剤流旋回型)とよばれる手法に注目した研究を行っています。

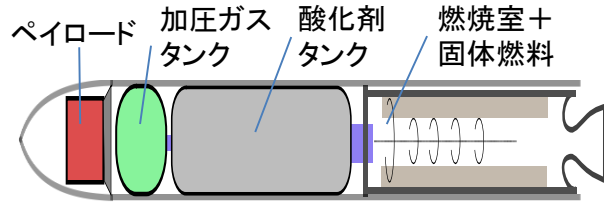


図1: A-SOFT HRの概念図

### ハイブリッドロケットの課題

- ◎ 推力や燃料と酸化剤の混合比(O/F)を直接制御できない(性能が変動する)
- ◎ 境界層燃焼による燃料後退速度、燃焼効率の低下
- ◎ 推進剤を燃やしきれない

⇒ **これらの課題をA-SOFTが解決する!!**

## ★ハイブリッドロケットの研究

### 1. 可視化実験

ハイブリッドロケットは「**推進剤を燃やしきる**」「**推力制御しつつ高効率で燃やす**」ことができずまだ実用化に至っていません。これには酸燃比(O/F)と推力の両方の制御が必要です。A-SOFTハイブリッドロケットエンジンによってエンジン燃焼中に酸化剤の旋回強度をバルブ操作により制御し、混合比を推力とは独立に制御することを目指しています(A-SOFT, 図1)。高速度カメラを用いた燃焼室内の可視化実験(図2)を行い、取得した火炎の画像に対し画像解析(図3)を施して燃焼室内でどのような現象が起きているかを定量的に解析しています。

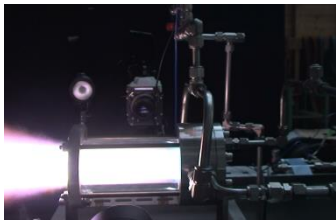


図2 可視化実験の様子

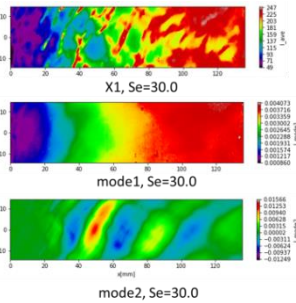


図3. 火炎画像の解析結果

### 2. コンピュータシミュレーション

A-SOFTハイブリッドロケットエンジン内で起こっている現象を詳しく知るために、JAXAのスーパーコンピュータを利用したコンピュータシミュレーションに取り組んでいます。また、A-SOFTの性能を十分に得るために不可欠な、液体酸化剤の気化方法に関する数値計算にも取り組んでいます。



(HRエンジンのコンピュータシミュレーションの結果)

## ★電気推進の研究

化学反応の力を使った「化学推進」が主に打ち上げロケットなどに使用される一方で、イオンエンジンなどの「電気推進」という電気の力を使った推進機も存在します。

電気推進の特徴は、化学推進と比べ推力が低い代わりに、比推力(燃費)が非常に高いことです。低推力なので打ち上げロケットには使えませんが、宇宙空間では高比推力(低燃費)を活かし衛星の燃料搭載量を大幅に減らせます。このため、ミッション機器を多く搭載でき、衛生重量を軽くして打ち上げコストの削減も可能です。

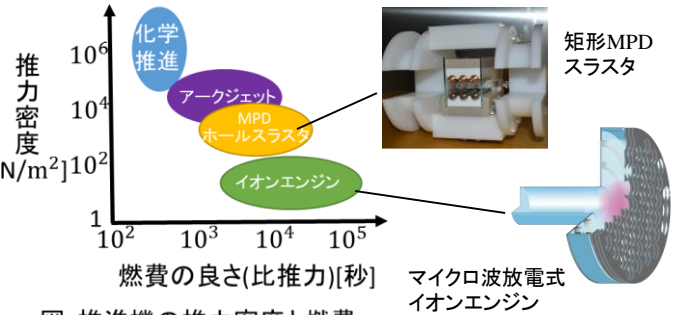


図. 推進機の推力密度と燃費

経過時間	1秒	1分	1時間	1日	1か月	1年	4.21年
化学推進	2cm/s (40g)	1.2m/s (2.45kg)	72m/s (147kg)	4.28km/s 3527kg	-	-	-
電気推進	3μm/s (4mg)	8mm/s (244mg)	10cm/s (14.7g)	6m/s (353g)	78m/s (10.6kg)	0.94km/s (10.6kg)	4.28km/s (542kg)

## ★嶋田教授から一言

将来の宇宙輸送経済が持続的に発展できるように必要となる技術革新のキーワードは「再使用化」、「積層製造(3次元印刷)の活用」、「次世代安全性」です。私達はその中で根幹をなすロケット推進系の次世代安全性を実現するために、ハイブリッドロケットの研究に取り組んでいます。特に最近では、まだ実現していない推力と酸燃比を同時にフィードバック制御する仕組み(A-SOFT)の研究開発に力を注いでいます。これからも多くの学生の皆さんと一緒に研究を進めていきたいと考えています。

