

2018年1月22日 東京大学-JAXA社会連携講座シンポジウム  
産官学の連携による宇宙開発分野でのブレークスルー

## 反応性熱流動グループ成果概要

大門優(宇宙航空研究開発機構 研究開発部門)

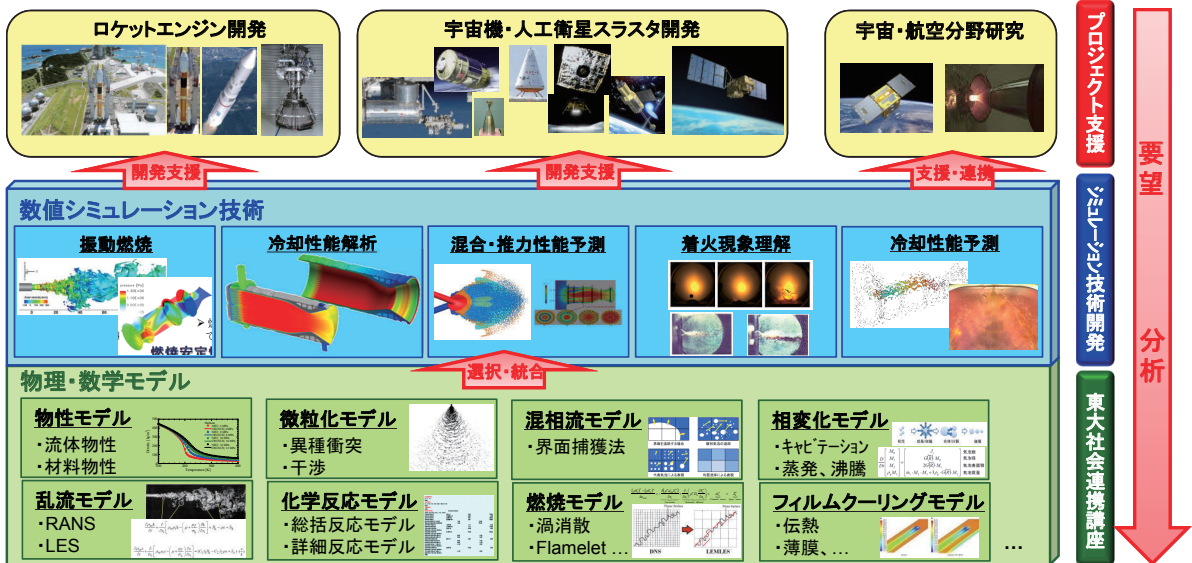
JAXA's Engineering Digital Innovation Center  
Japan Aerospace Exploration Agency



### ロケットの種類と研究対象範囲

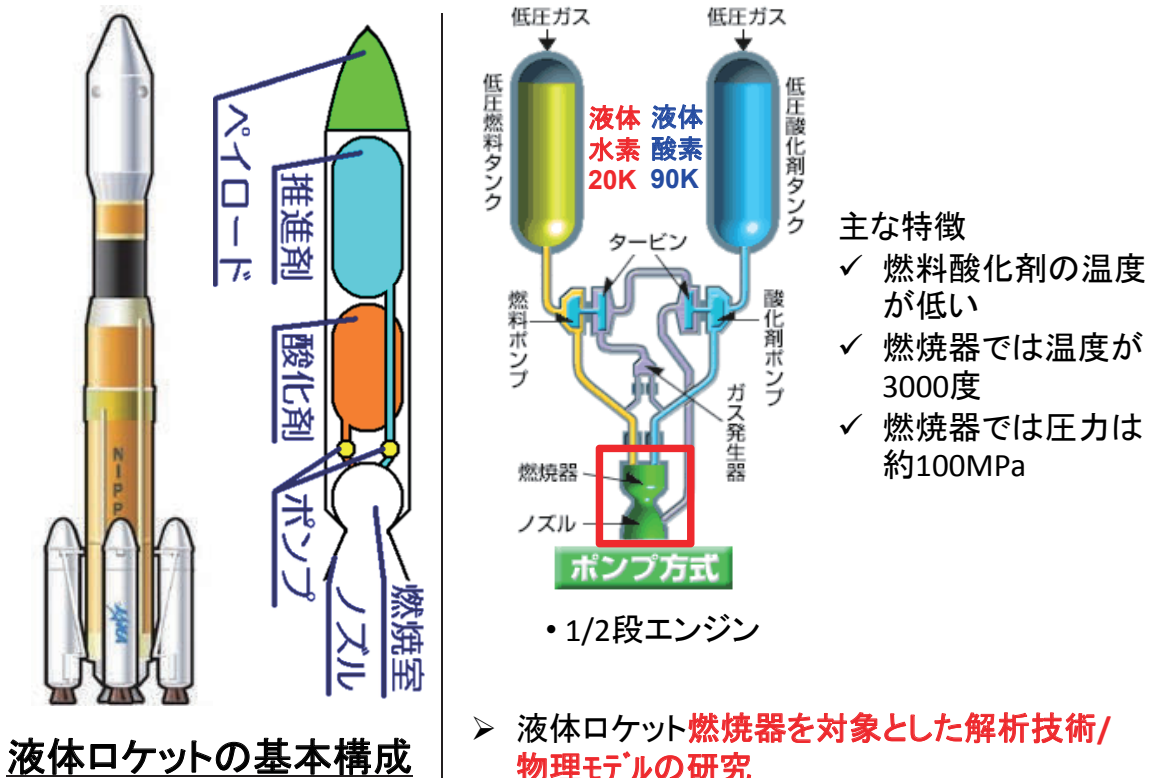


# 反応性熱流動研究の進め方と役割分担



- ① プロジェクト支援を通して要望を知ること、開発現場に必要な技術を選定
- ② 複雑現象を連携講座にて分析することで必要な物理・数学モデルの研究を実施
- ③ 完成した物理・数学モデルを解析技術に反映することで、プロジェクトに貢献

# 液体ロケットエンジンの基本構成と研究対象



液体ロケットの基本構成

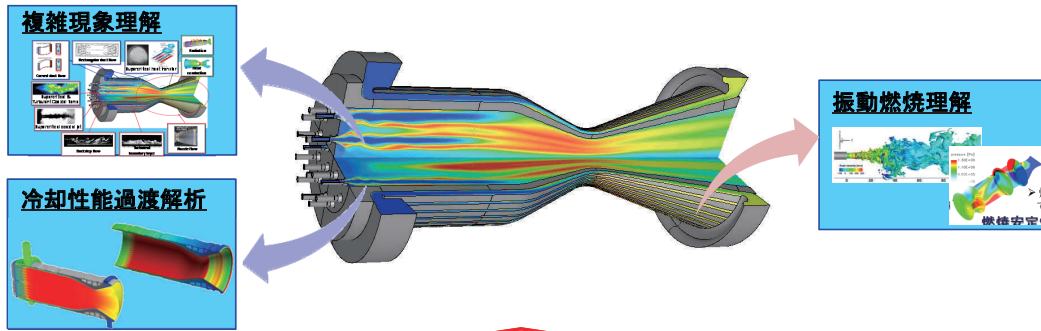
➤ 液体ロケット燃焼器を対象とした解析技術/  
物理モデルの研究

# 液体ロケット燃焼目指す技術

## 【将来像】

- ✓ 設計パラメータ感度を持った性能・寿命評価解析を実現し、上流設計に適用
- ✓ 振動燃焼など非定常燃焼挙動の解明し、高信頼なエンジン開発に貢献
- ✓ 現象理解に基づいた設計クライテリアの再評価と新規コンセプトの創出 etc.

## 【5年前不可能だった解析技術】

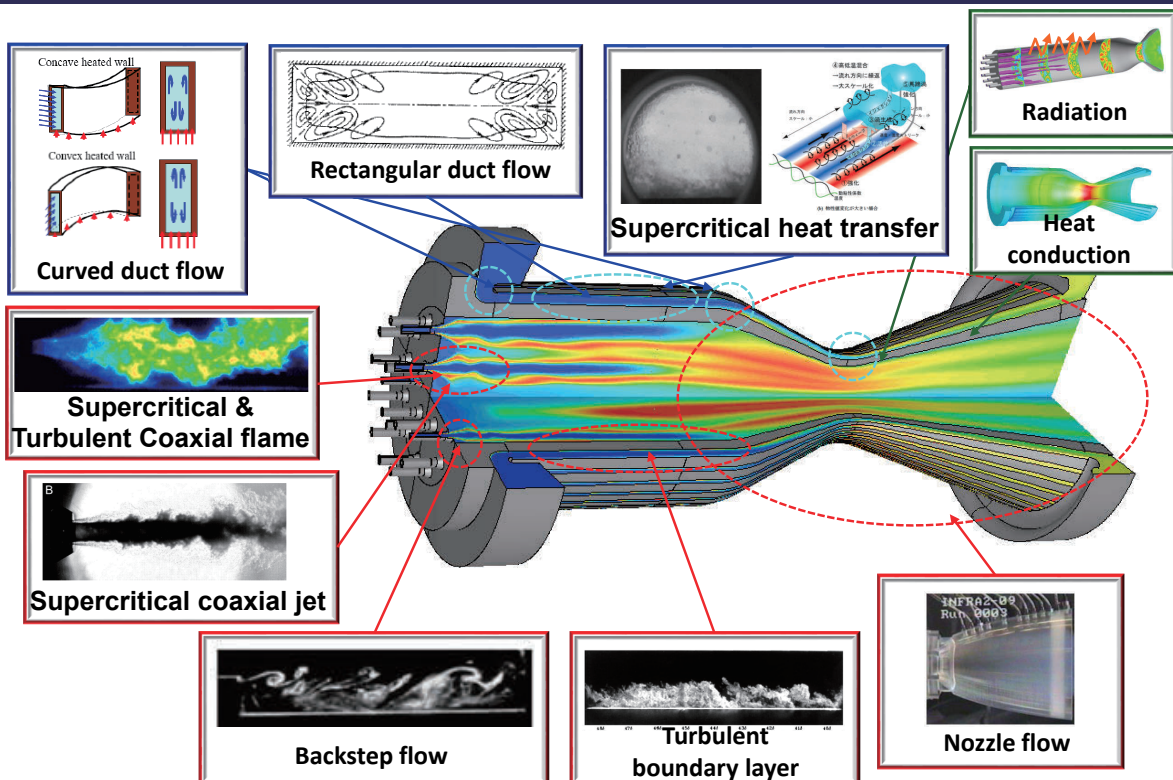


## 【東大社会連携講座】

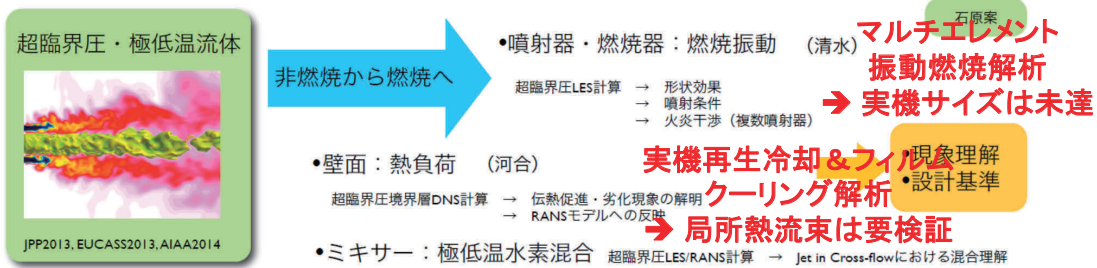
理解促進・選択・統合

<p><b>反応</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・反応モデル</li> <li>・化学種バンドル</li> <li>・数値解法</li> <li>etc</li> </ul>	<p><b>亜臨界燃焼</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・噴霧燃焼</li> <li>・亜臨界物性</li> <li>・相変化</li> <li>・数値解法</li> <li>etc</li> </ul>	<p><b>超臨界燃焼</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・拡散燃焼?</li> <li>・超臨界物性</li> <li>・乱流燃焼</li> <li>・数値解法</li> <li>etc.</li> </ul>
---	---	--

# 液体ロケット燃焼器物理的特徴(考慮すべき物理現象)

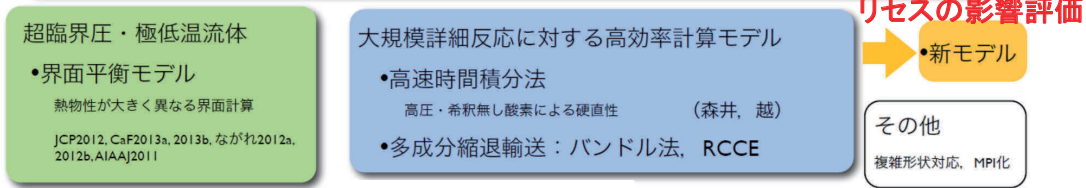


# ロードマップと5年間で実現できたこと



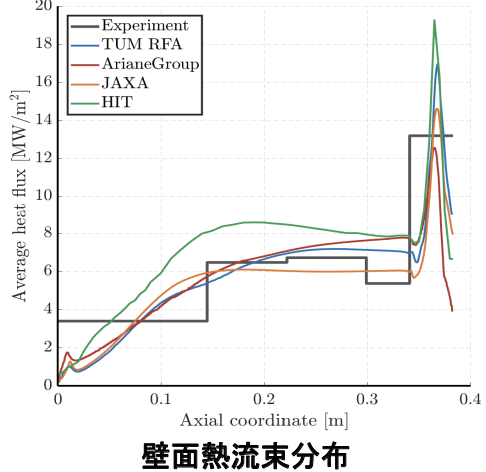
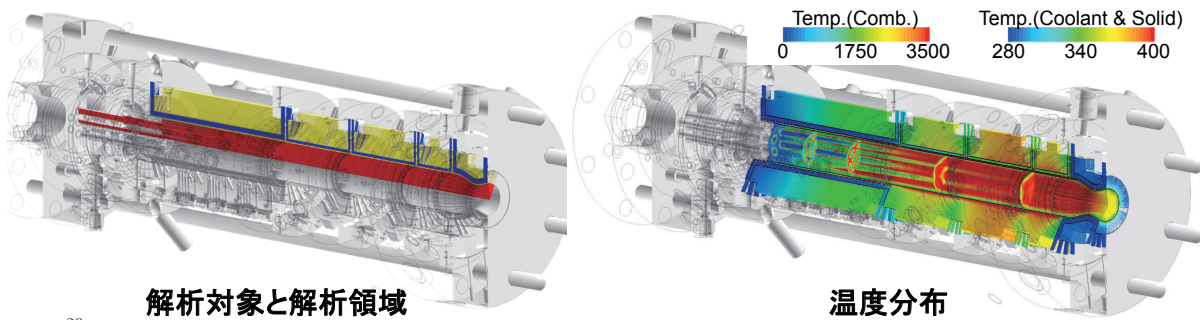
超臨界・遷臨界燃焼現象に対する反応性熱流体解析技術  
 Superiority: 詳細反応機構, 乱流燃焼, 圧縮性, 非理想性, 流体高次精度

2013 → 2015 → 2017



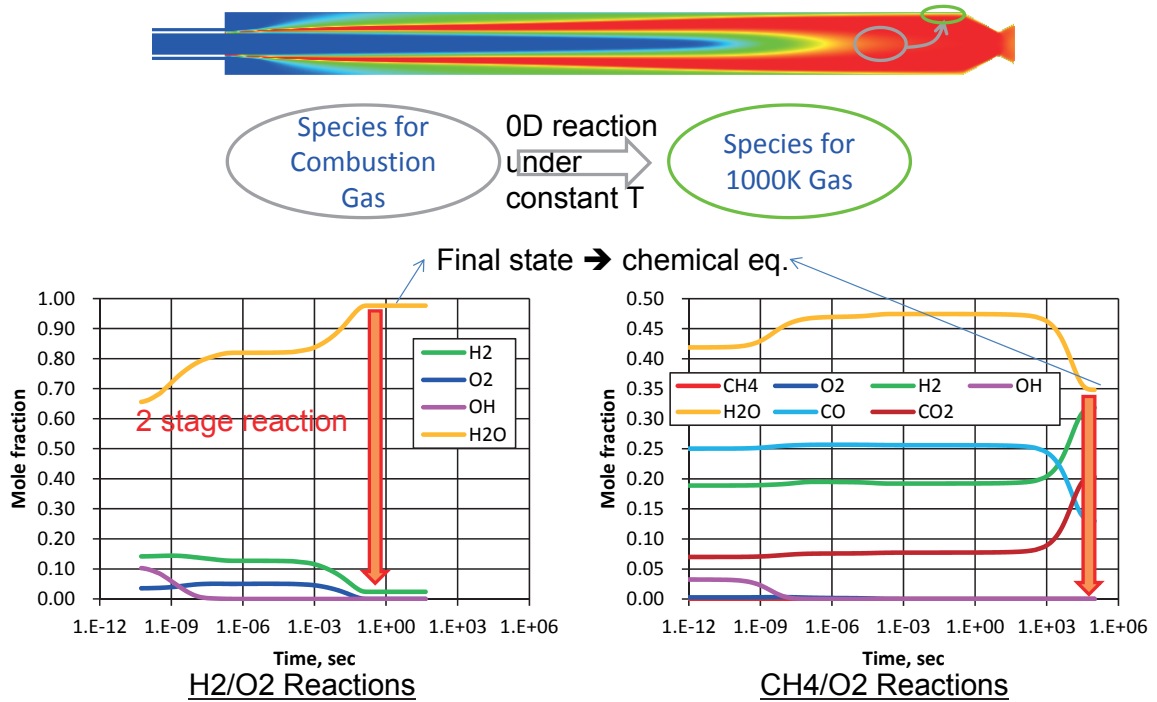
- ヒドラジン着火解析
- 高速時間積分法、化学種バンドル法、詳細反応モデルの縮退により、着火などが重要である場であっても燃焼解析が可能に(メタン、ヒドラジン、モノメチルヒドラジン)
  - フレームレットを導入することで、マルチエレメント振動燃焼解析が可能に
  - 連成解析を実現したことで、再生冷却性能、フィルムクーリング性能を予測可能に

# メタン酸素マルチエレメント燃焼/冷却連成解析



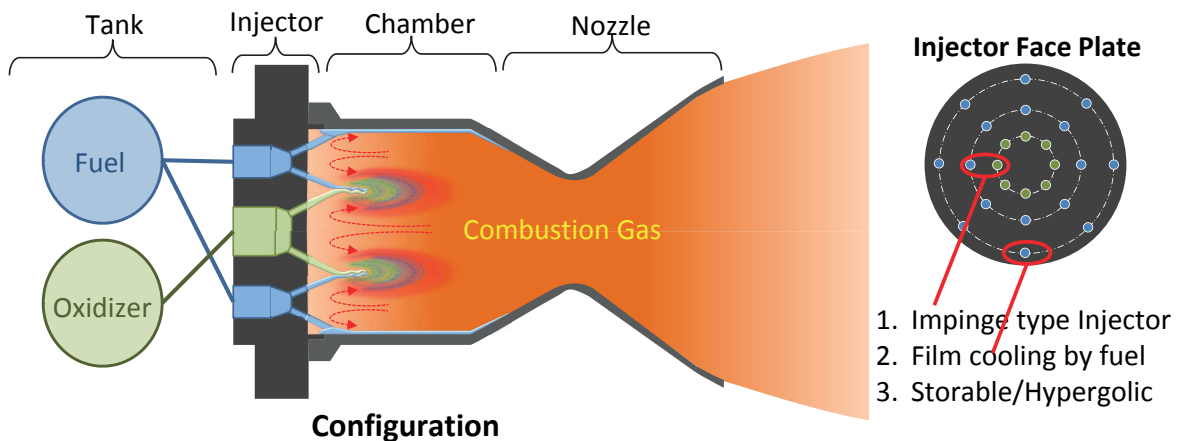
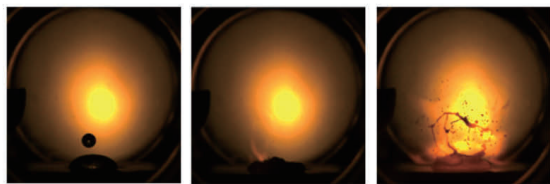
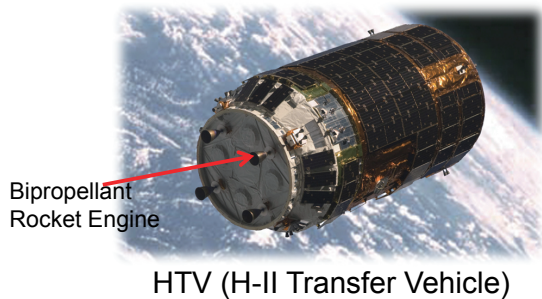
- メタン酸素マルチエレメント燃焼/冷却連成解析を実現
- 壁面熱流束の予測精度5%以内
- 参加6チーム中(ドイツ3、中国2、日本1、そのうち2チーム棄権)最高予測精度を達成
- 予測精度が高い理由は？

## 詳細反応が必要な理由 H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> と CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub> の比較



✓ CH<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>反応系では、壁面近傍にて起こる有限時間の化学反応を考慮する必要がある。

## 宇宙機スラスタの基本構成と研究対象

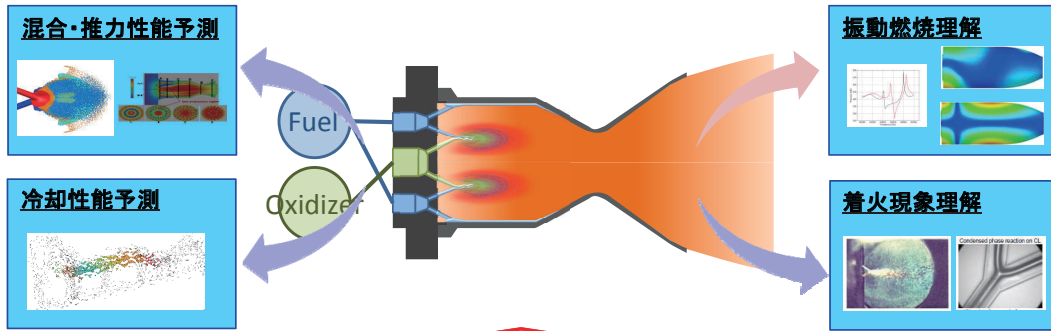


# 宇宙機スラスタ燃焼目指す技術

## 【将来像】

- ✓ 設計パラメータ感度を持ったスラスタ性能予測解析を実現し、上流設計に適用
- ✓ 振動燃焼や着火問題等非定常燃焼挙動の解明し、高信頼なエンジン開発に貢献
- ✓ パルス燃焼時におけるスラスタ熱解析を実現し、上流設計に適用 etc.

## 【5年前不可能だった解析技術】

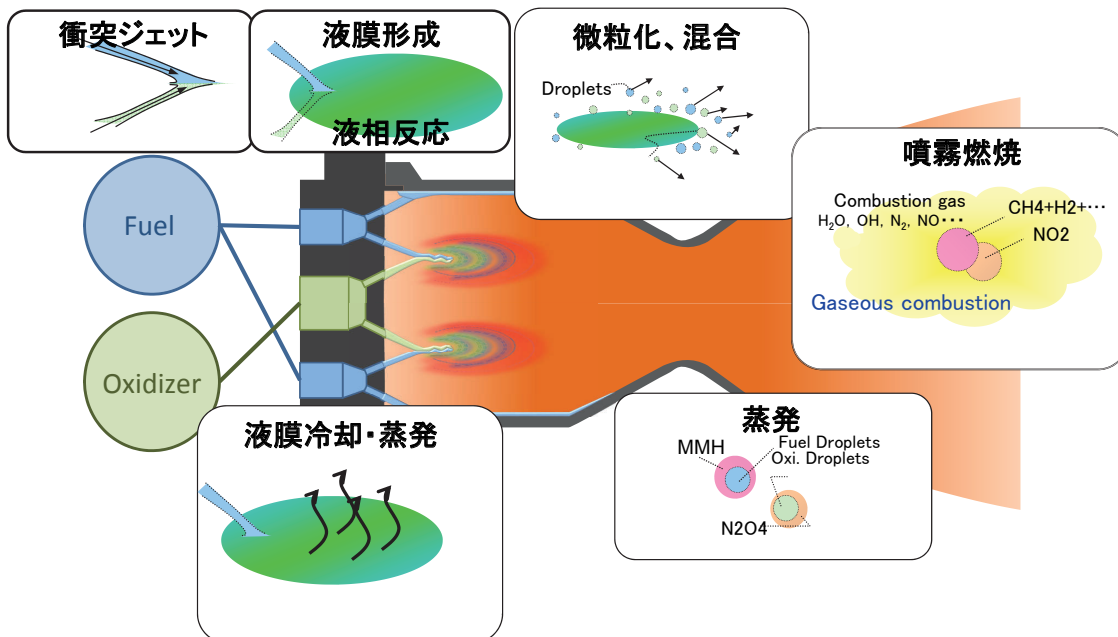


## 【東大社会連携講座】

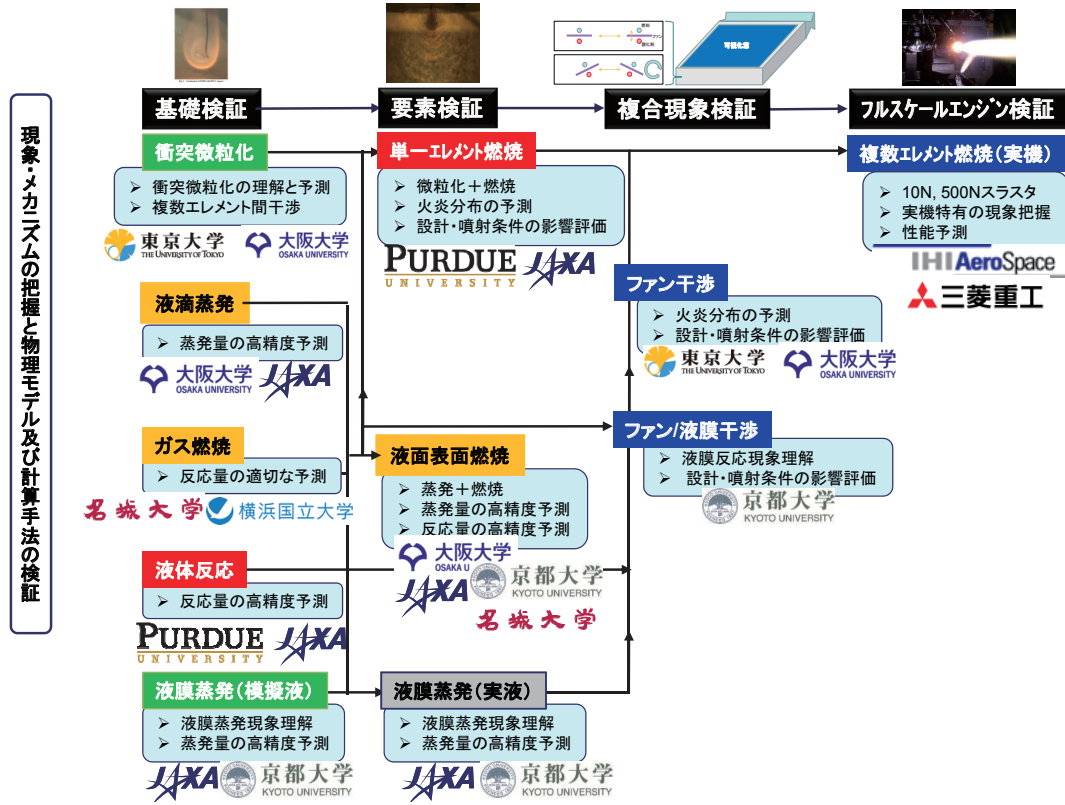
理解促進・選択・統合

<b>微粒化</b> ・異種衝突 ・混相流 ・乱流 ・混合 etc.	<b>反応</b> ・化学反応 ・液/液反応 ・自己分解 ・自己着火 etc.	<b>噴霧燃焼</b> ・噴霧燃焼 ・乱流燃焼 ・相変化(蒸発) ・二相流取扱い etc.	<b>フィルムクーリング</b> ・境界層熱伝達 ・薄膜取扱い ・相変化 ・反応 etc.
---	--	--	--

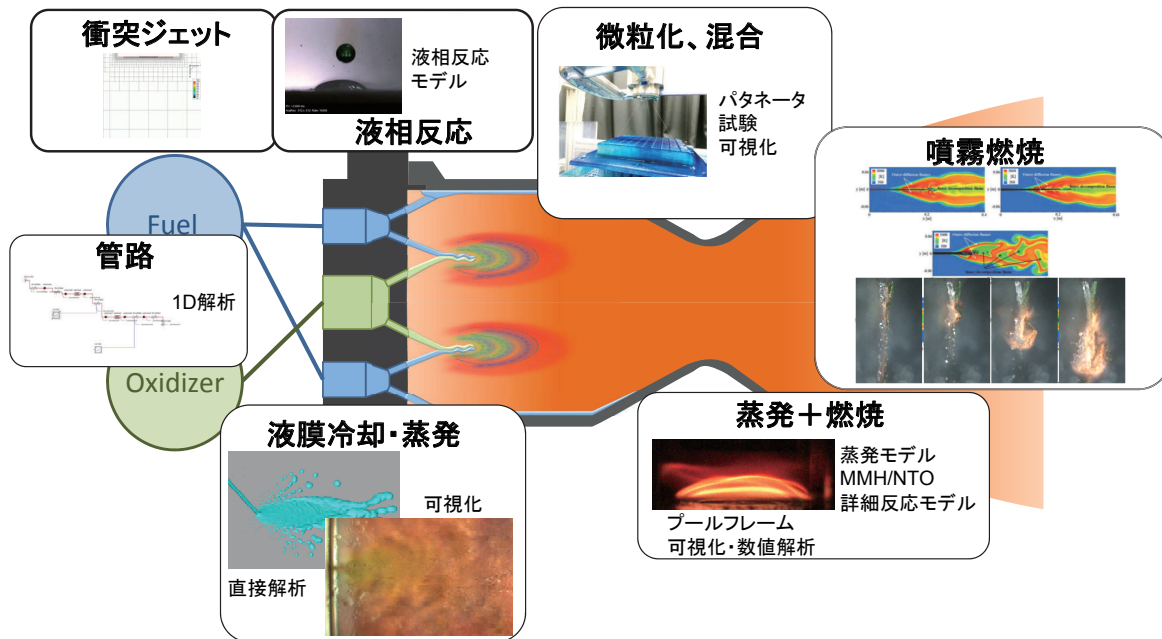
# 宇宙機スラスタ内部物理現象



## 現象把握と解析技術の検証のための研究戦略



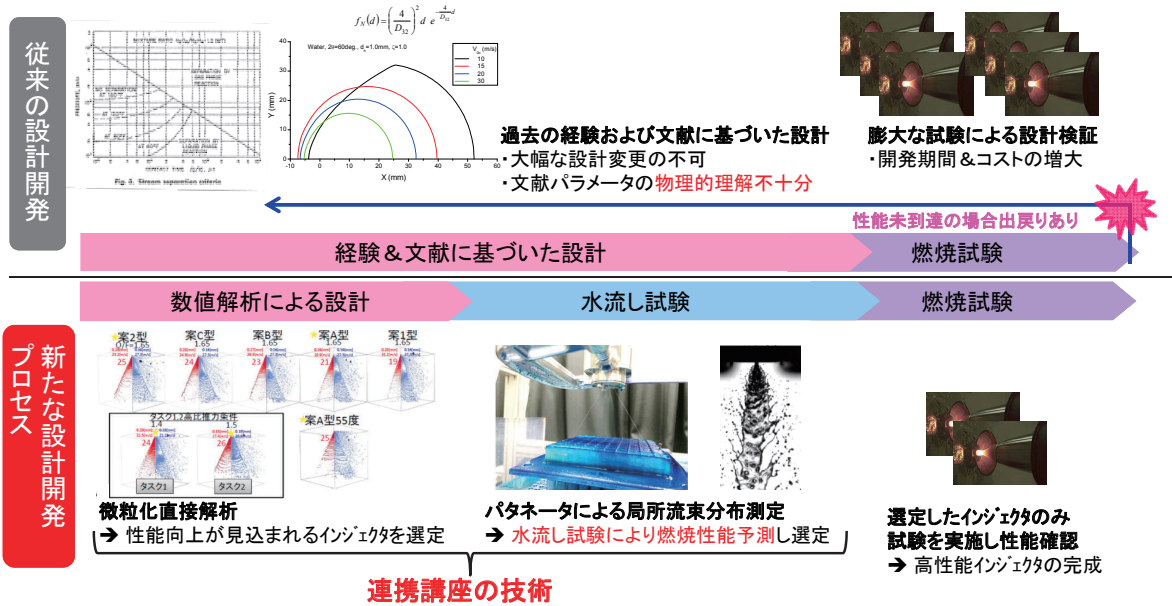
## 解析技術や物理モデル



噴霧、微粒化、燃焼統一解法開発中。。。

# 宇宙機スラスタ開発プロセスの革新(定常性能予測)

✓ 従来の燃焼試験・経験ベースのスラスタ設計プロセスを理論、解析、基礎試験によるプロセスへと革新したことで、設計手戻り低減および試作数削減によるコストの削減に貢献



## まとめ

- 連携講座の課題設定、研究体制、取り組み例を紹介した。
- 連携講座を通じた活動で得られた主な成果について報告した。詳細は以後の発表にて。
  - 大規模詳細反応を考慮できる解析技術  
→ 寺島先生
  - スラスタ性能予測に関する理論、実験技術  
→ 井上先生
  - 2液スラスタ開発への適用  
→ MHI 冷水様