

MOVE THE WORLD FORWARD

MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP

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」

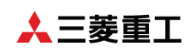
NUW106802

ロケット推進系開発における 推進薬熱流動研究の適用と期待

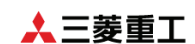
2018年 1月 22日
三菱重工業株式会社
防衛・宇宙セグメント 宇宙事業部
宇宙システム技術部

© 2017 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

当社に無断で第三者への開示、複写することをご遠慮下さい。

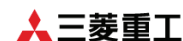


目次



- 液体ロケット推進系開発における課題
- 推進薬熱流動研究の適用
 - ・H2A高度化開発
 - ・H3ロケット開発
- まとめ

液体ロケット推進系の課題



● 液体ロケット推進系の最近の話題

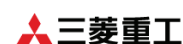
□ 上段系

- より遠くへ 低軌道で衛星分離 ⇒ 静止軌道で衛星分離 ⇒ 月遷移
- より長時間 約30分 約6時間 約5日

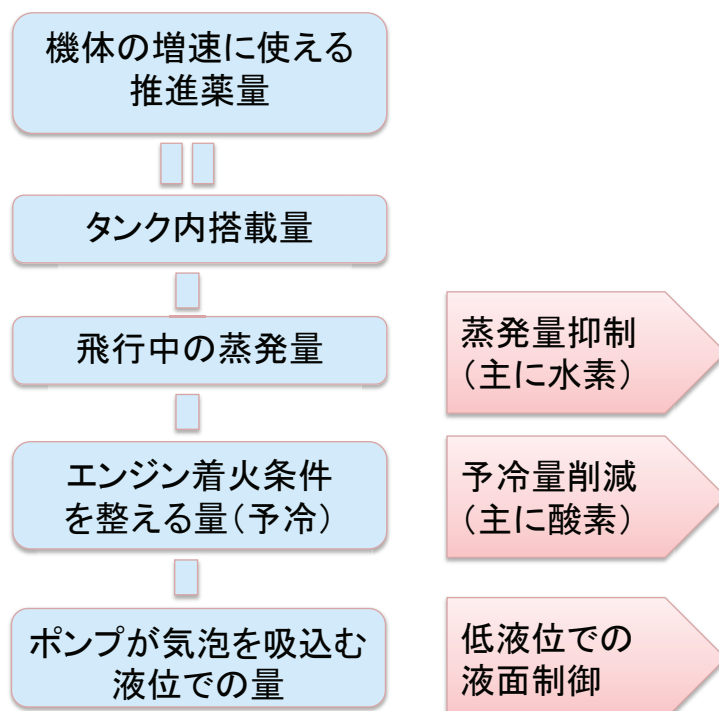
□ ブースタ系

- 再使用へ 大気圏再突入 & 再着火

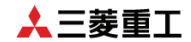
液体ロケット推進系の課題



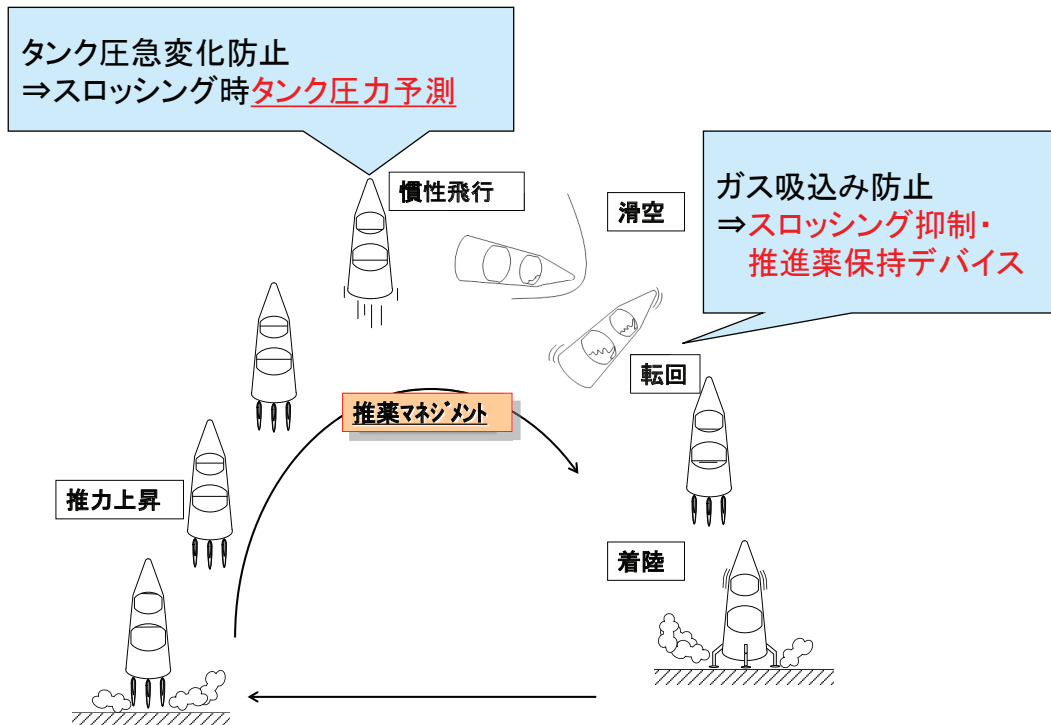
● 上段ステージ：限られた推進薬の効率的な使用



液体ロケット推進系の課題



● ブースタステージ：機体の多様な動きに対応した推進薬マネジメント



© 2017 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

当社に無断で第三者への開示、複写することをご遠慮下さい。

4

液体ロケット推進系の課題



● 推進薬熱流動に関わる技術課題

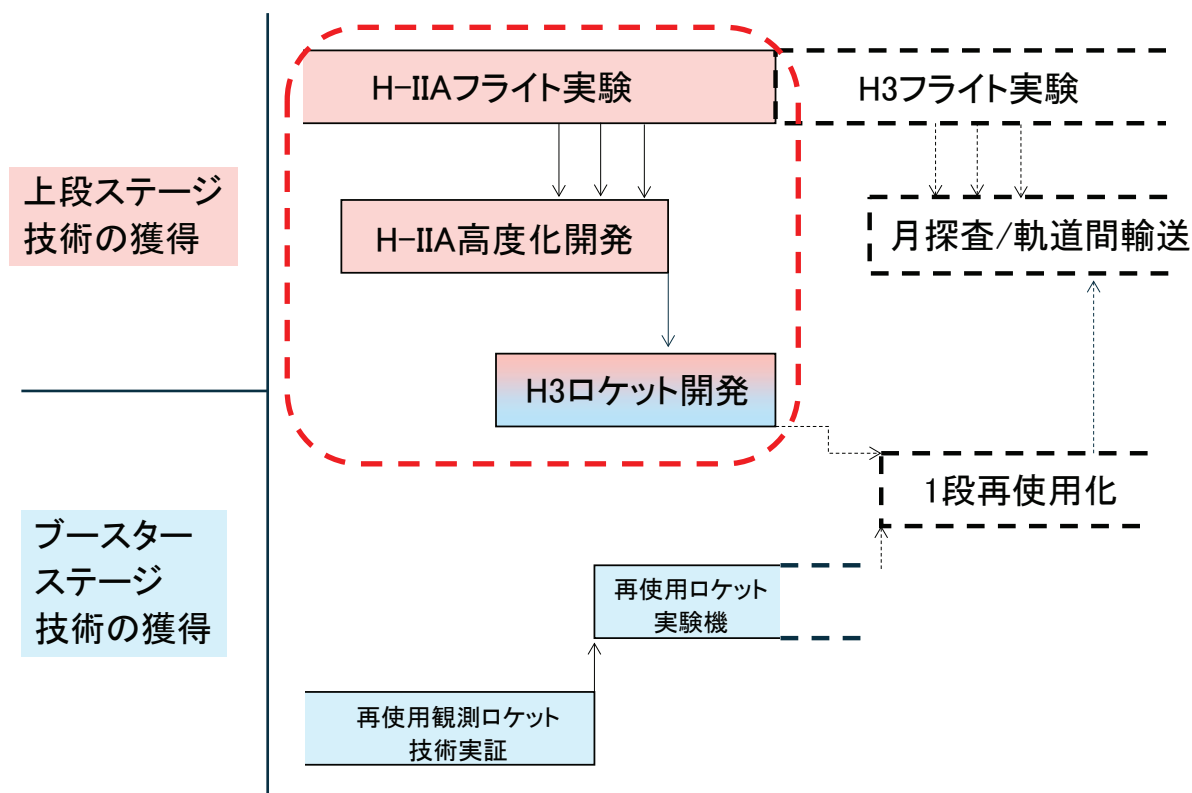
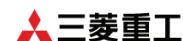
	実現したいこと	現状の課題	研究課題
<div>上段ステージ</div> <div>↑</div> <div>↓</div> <div>ブースターステージ</div>	ゼロボイルオフ	入熱抑制、排熱	μG下蒸発量解析技術 (検証のための計測技術を含む。 例：熱バランス検証)
	OG推進薬保持	推進薬保持デバイス適用時の推進薬挙動予測(相変化を含む)	低重力場での、熱流動を含む推進薬挙動解析技術 (検証のための計測技術を含む。 例：熱流束計測)
	コースト中エンジン予冷不要化	ターボポンプ軸受冷却	低G・二層流での流路内温度解析技術(アイドル燃焼予冷等)
	エンジン始動時気泡吸込防止	液保持手法(OG下／スロッシング下)	大型タンク・極低温推進薬用PMD (OG下／スロッシング環境下)

© 2017 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

当社に無断で第三者への開示、複写することをご遠慮下さい。

5

ロケット推進系開発におけるMHIの取り組み



© 2017 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

当社に無断で第三者への開示、複写することはご遠慮下さい。

6

H-IIAフライト実験から高度化開発



● 実績を重ねて新規技術獲得

□ フライト実証＋要素試験

□ 解析技術の向上

高度化開発
ロングコースト後
低液位再々着火

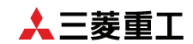
実現したいこと	H-IIA適用技術	TF1	TF2	F7	F21	F24	F26	F29
ゼロボイルオフ	・PIFの実力把握	○	○	○	—	○	—	—
	・LH2タンク表面白色化による入熱抑制	—	—	—	○	—	○	○
OG推進薬保持	・蒸発ガスによる低Gリテンション	—	—	—	—	—	—	○
	・GJ間欠作動による低Gリテンション	○	○	○	○	○	○	—
コースト中エンジン予冷不要化	・間欠予冷による予冷量削減(LH2)	○	○	○	○	○	○	○
	・トリクル予冷による予冷量削減(LOX)	—	—	—	—	○	○	○
エンジン始動時気泡吸込防止	・アイドル燃焼からの立ち上げ	—	○	—	—	—	○	○

© 2017 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

当社に無断で第三者への開示、複写することはご遠慮下さい。

7

H-IIAロケット高度化開発



● CIP-LSMを、設計ツールとして活用

- バッフル最適化
- パラメトリック検討
- フライト実験飛行後評価解析
- フライトシーケンス検討

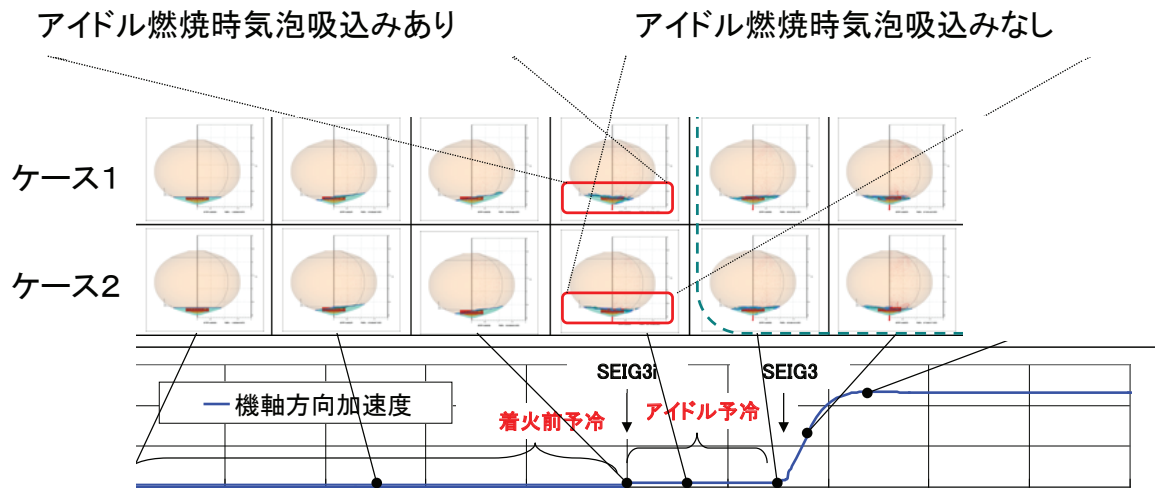


図 ロングコースト後の再々着火時推進薬挙動解析

H-IIAロケット高度化開発



● 狙い

- コースト中／燃焼終了時の許容最低液位を下げ、無効推進薬量を削減

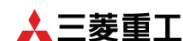
● ポイント

- μ G下での推進薬挙動予測 ← CIP-LSM(東大)の適用

1G下での解析検証試験結果

LH2タンク			
バッフルなし		バッフルあり	
模型タンク	解析	模型タンク	解析
LOXタンク			
バッフルなし		バッフルあり	
模型タンク	解析	模型タンク	解析

H-IIAロケット高度化開発

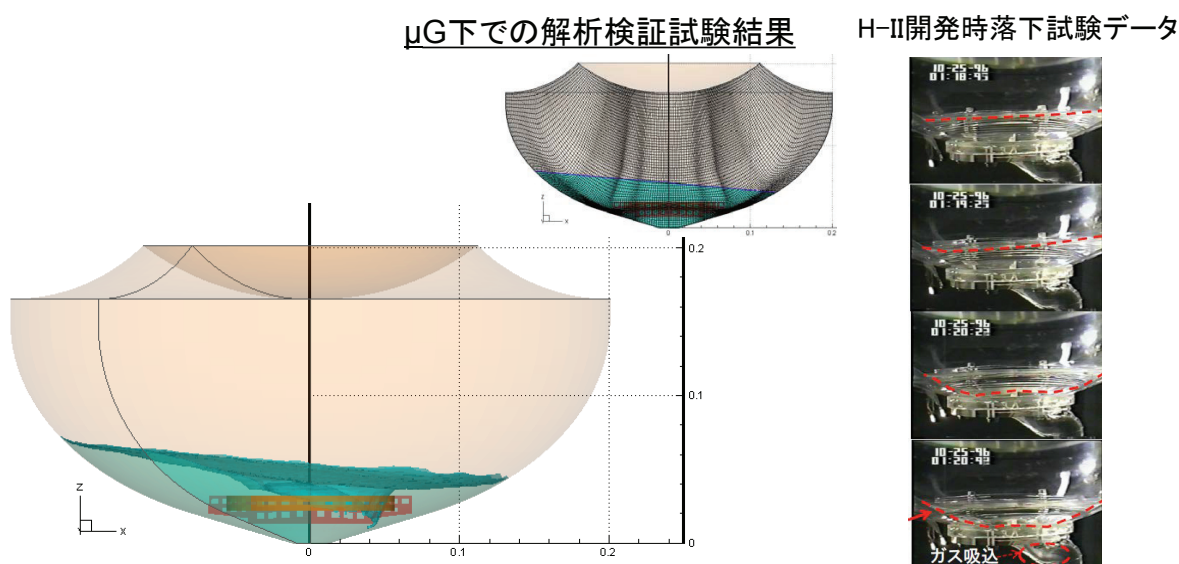


● 狙い

- コースト中／燃烧終了時の許容最低液位を下げ、無効推進薬量を削減

● ポイント

- μ G下での推進薬挙動予測 ← CIP-LSM(東大)の適用



© 2017 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

当社に無断で第三者への開示、複写することはご遠慮下さい。

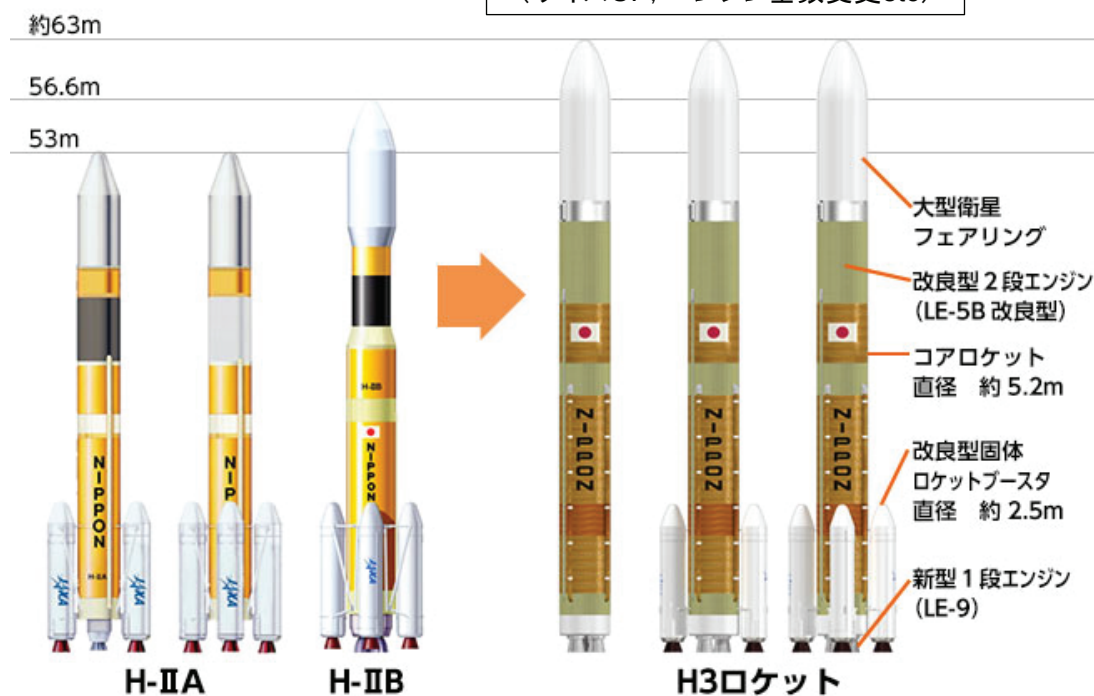
10

H3ロケット推進系開発



豊富な開発・運用データ

H-IIAの知見を活かして効率的に開発
(サイズUP, エンジン基数変更etc)



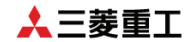
JAXAホームページより

© 2017 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. All Rights Reserved.

当社に無断で第三者への開示、複写することはご遠慮下さい。

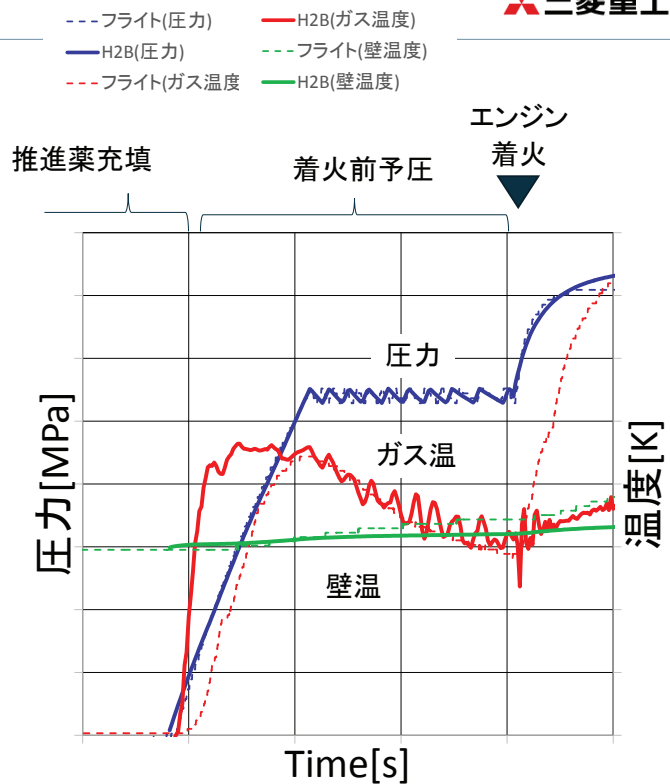
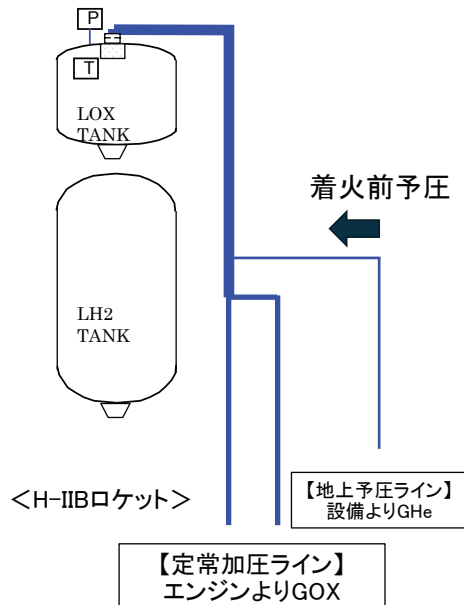
11

H3ロケット推進系開発



● CIP-LSMの適用範囲を拡大

- 推薬挙動+熱
- タンク圧力挙動解析
- H-IIA/Bロケット運用データの活用



H-IIIB運用データの再現解析

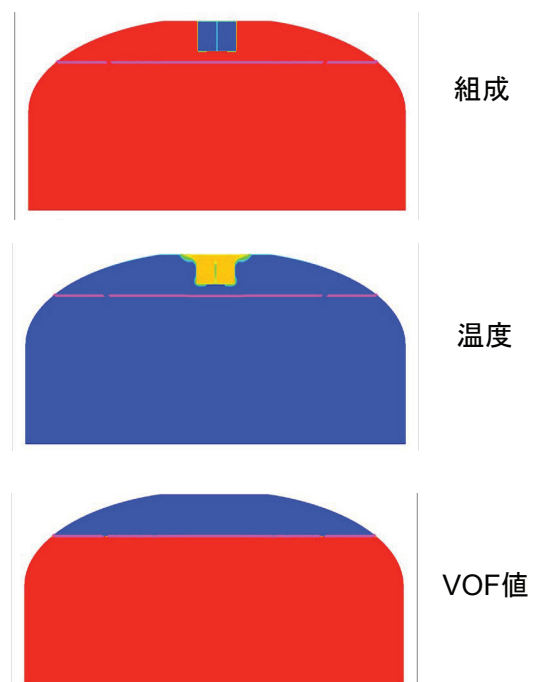
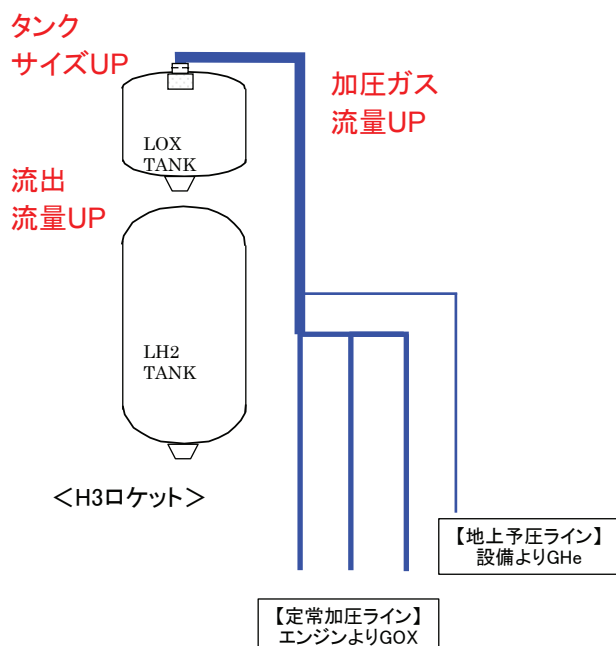
H3ロケット推進系開発

H3予測解析

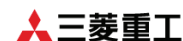


● 開発試験前の予測精度の向上

- 試験期間・回数の削減
- ばらつき解析による信頼性向上



今後への期待



実現したいこと	現状の課題	研究課題
ゼロボイルオフ	入熱抑制、排熱	μG下蒸発量解析技術 (検証のための計測技術を含む。 例:熱バランス検証)
OG推進薬保持	推進薬保持デバイス適用時の推進薬挙動予測(相変化を含む)	低重力場での、熱流動を含む推進薬挙動解析技術 (検証のための計測技術を含む。 例:熱流束計測)
コースト中エンジン 予冷不要化	ターボポンプ軸受冷却	低G・二層流での流路内温度解析技術(アイドル燃焼予冷等)
エンジン始動時 気泡吸込防止	液保持手法(OG下/スロッシング下)	大型タンク・極低温推進薬用PMD (OG下/スロッシング環境下)

➡ 解析技術を設計ツールとして活用
(自信を持って使う為の、ツールの理解、検証)

MOVE THE WORLD FORWARD

**MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP**