



小型月着陸実証機SLIM推進系の開発

道上啓亮¹⁾, 澤井秀次郎¹⁾, 坂井真一郎¹⁾, 櫛木賢一¹⁾, 福田盛介¹⁾, 荒川哲人¹⁾,
佐藤英一¹⁾, 奥泉信克¹⁾, 河野太郎¹⁾, 戸部裕史¹⁾, 清水太郎¹⁾, 大門優¹⁾,
田中伸彦²⁾, 高井努²⁾, 高見剛史²⁾, 三島弘行²⁾, 古川克己²⁾

1) JAXA宇宙科学研究所, 2) 三菱重工業株式会社



SLIM (Smart Lander for Investigating Moon) は重力天体への高精度着陸技術実証, 及び探査機の低リソース化技術の獲得を目的とした小型月着陸実証機である。他の衛星, 探査機と比べて探査機重量に対する推進薬の占める割合が大きいため, 探査機全体の低リソース化が重要な課題となる。現在, 下記を目的とした**低リソース化実現に向けた推進系システム開発を進めている**。

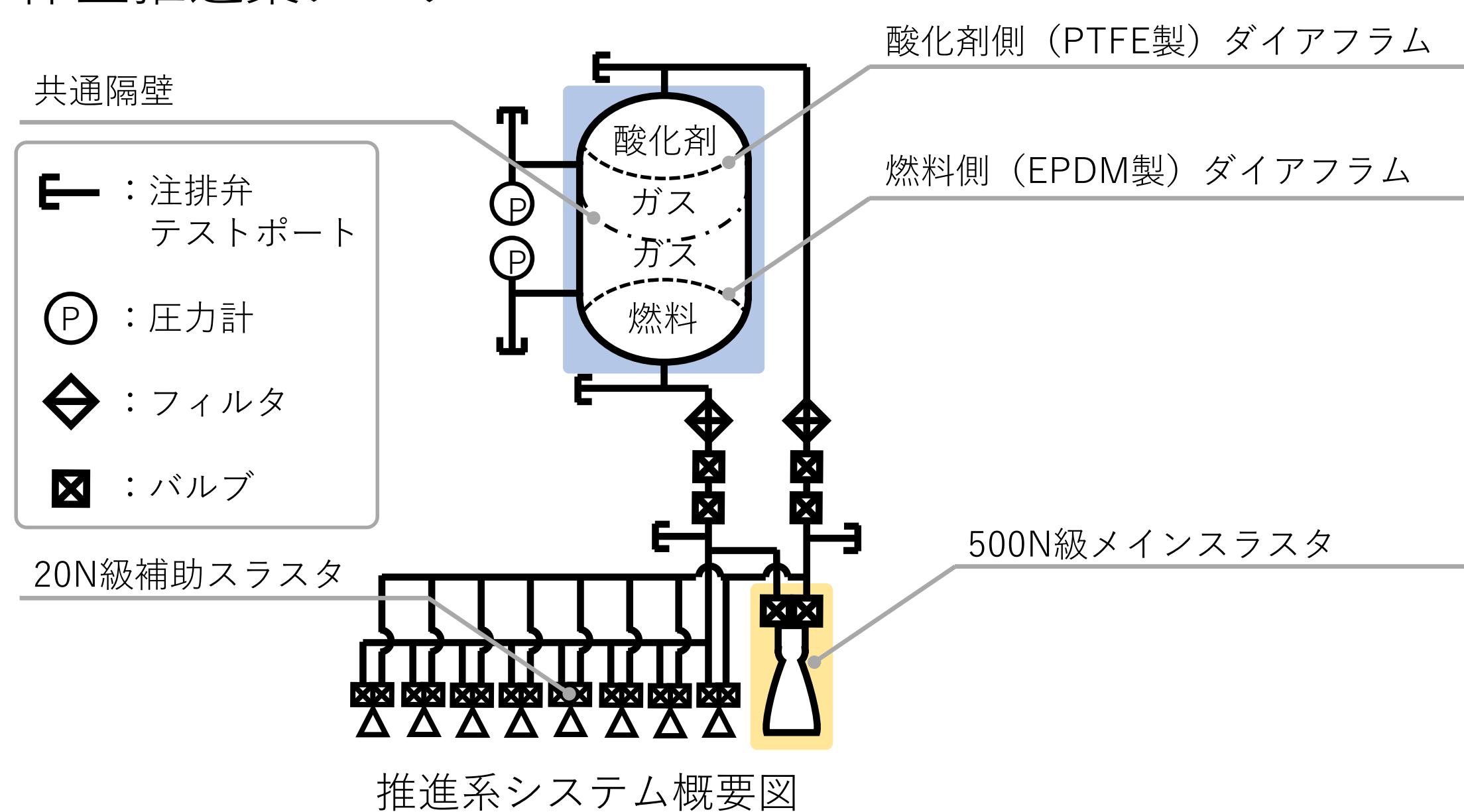
- **メインスラスタ高性能化による必要推進量低減**
- **燃料及び酸化剤一体型タンクによる構造重量低減**

SLIM推進系システム概要

推進系は燃料を N_2H_4 , 酸化剤をMON-3とする, ブローダウン方式によるオール2液推進系システムを採用。
構造重量低減のため推進薬タンクは外殻一体化, 内部の共通隔壁によって燃料・酸化剤の領域を隔てている。

【システム構成主要コンポーネント】

- ・軌道制御用 2液式500N級メインスラスタ 1基
- ・姿勢制御用 2液式20N級補助スラスタ 8基
- ・共通隔壁一体型推進薬タンク



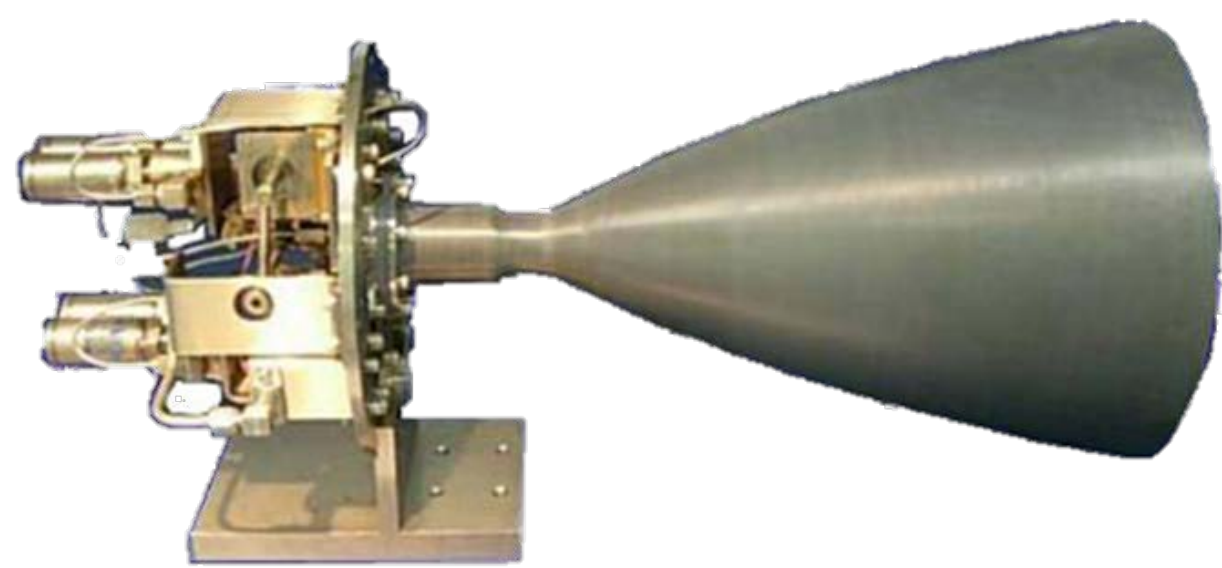
推進系システム概要図

メインスラスタ開発状況

メインスラスタには, 金星探査機「あかつき」の軌道制御用エンジンとして搭載実績があるセラミックスラスタを採用。
「あかつき」搭載時の課題対策として改良をしたものを使用する。
改良の一環である, 比推力向上型インジェクタにより低リソース化を実現。
また, 信頼性の向上に向けて, 燃焼振動対策用アコースティックキャビティを敷設したインジェクタの新規開発を進めている。

【500N級2液式スラスタ】

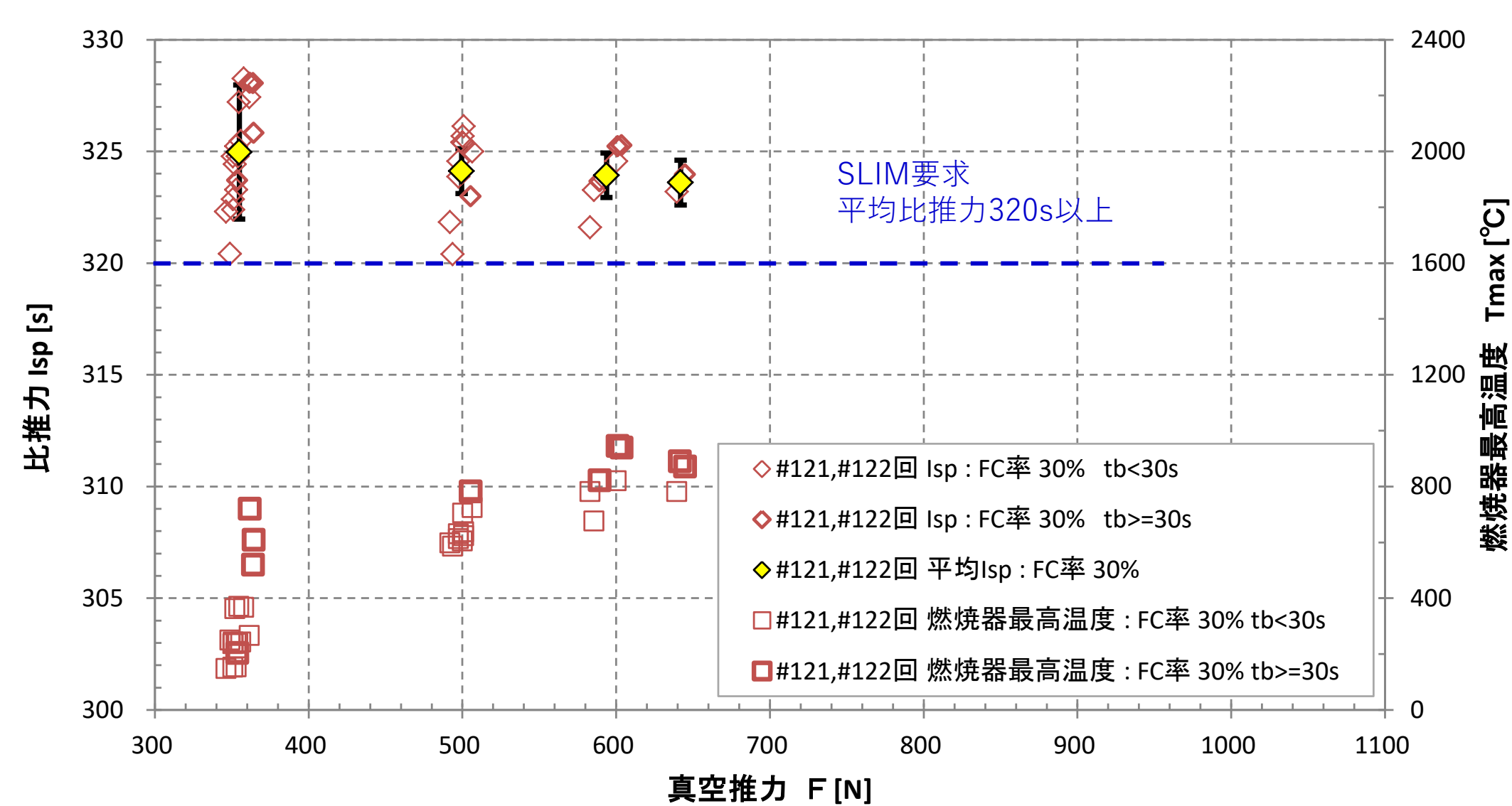
- ・燃焼器, インジェクタ, 推薬弁及び付属機器から構成
- ・燃焼器 (燃焼室及びノズル) は窒化珪素系セラミクス一体構造



500N級セラミックスラスタ

【高比推力化】

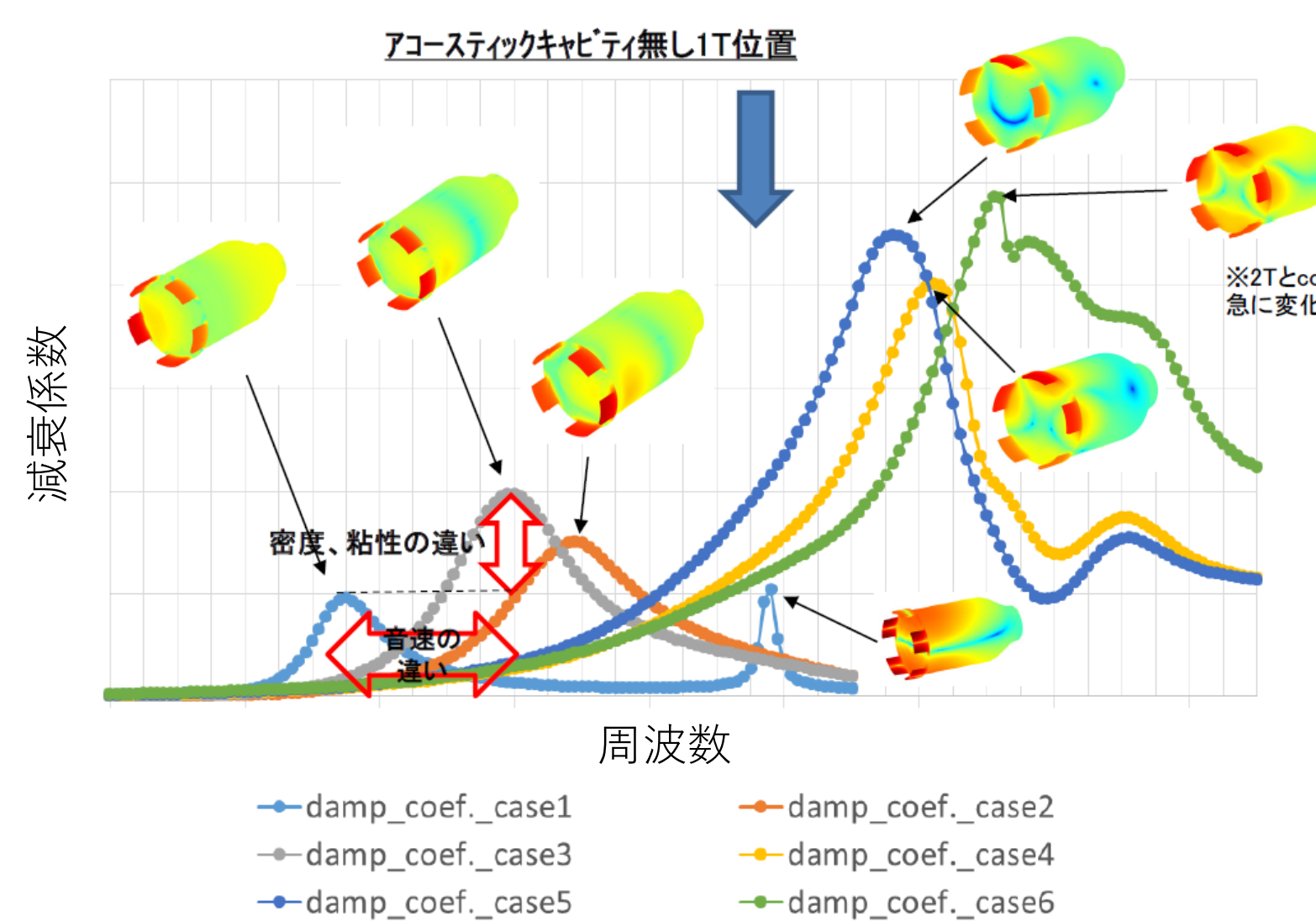
- ・「あかつき」搭載時からインジェクタコア部の噴射機構を改良
- ・従来のインジェクタと比較して約3%の性能向上を実現。
- ・推力500N発生時, 最大325secを達成。
- ・フィルムクーリング噴射に供する燃料の比率を低減することで, 更なる比推力向上の余地がある。



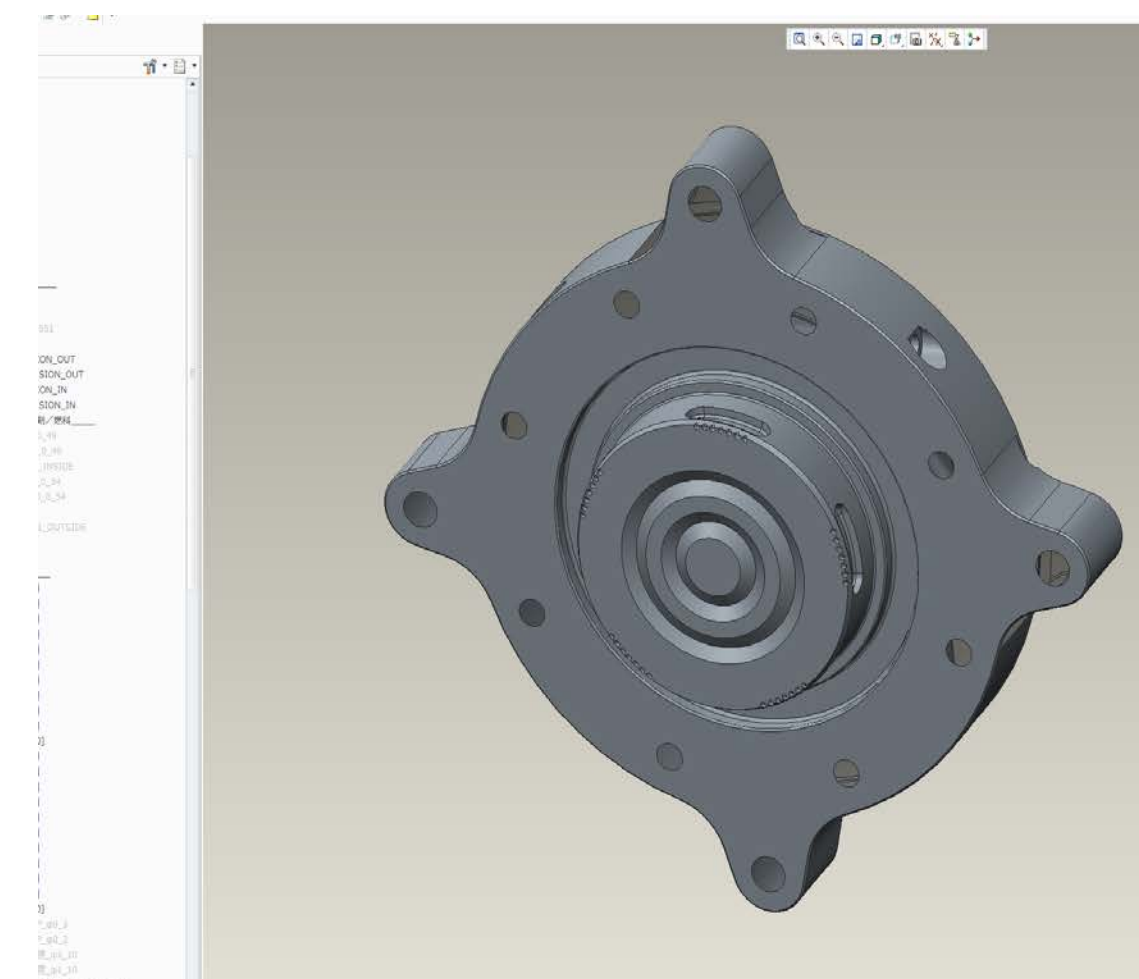
メインスラスタ試験計測結果

アコースティックキャビティ開発状況

スラスタ作動中の燃焼振動抑制のため, アコースティックキャビティ付きインジェクタを開発中。LE-9エンジンでのアコースティックキャビティ設計検討で蓄積された技術を適用している。
数値解析による設計検討および有効性確認を実施し, インジェクタを製作。
今後新規インジェクタでの燃焼試験を実施予定。



アコースティックキャビティによる減衰係数 (音響解析)



アコースティックキャビティ付インジェクタ

推進薬タンク開発状況

推進薬タンクには共通隔壁を有した一体型タンクの開発を進めており, 製造性確認試験等を実施中。
この一体型タンクでは, 燃料および酸化剤で共通する外殻および内部の隔壁により構成され, 推進薬タンクの側壁を探査機の主構体とすることで, 全体重量を低減している。

【共通隔壁一体型タンク】

- ・共通隔壁および2枚のダイヤフラムを内蔵し, 燃料, 押しガス, 及び酸化剤の領域を分離する。
- ・直動部はTi-6Al-4V材の周りにCFRPで補強することにより, 強度を保った状態での軽量化を実現。
- ・一体型タンクの衛星/探査機への適用は初となる。

酸化剤側ダイヤフラム開発状況

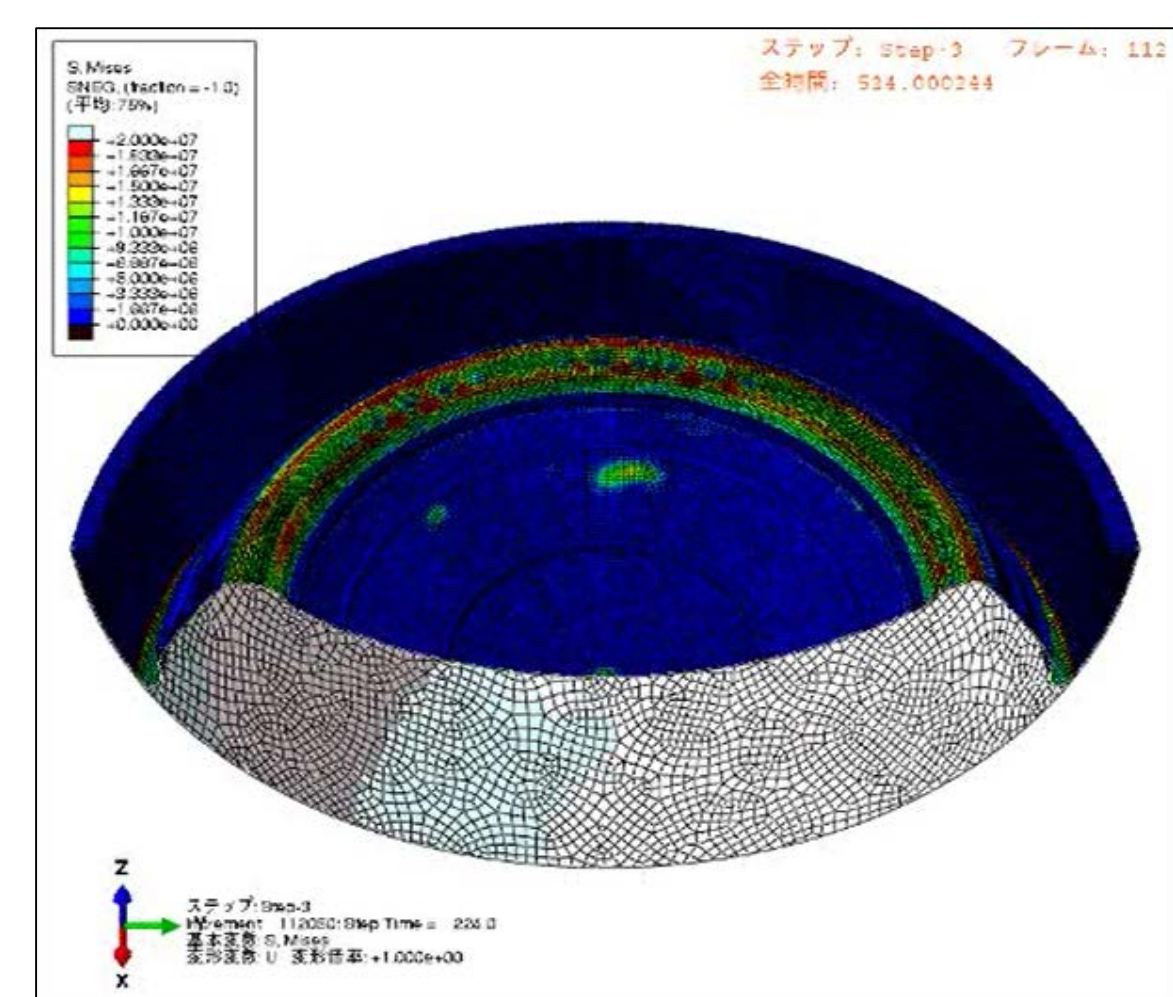
酸化剤側気液分離用ダイヤフラムを新規開発している。材料適合性・バリア性を持ち, 繰返し使用可能かつ軽量という要求を満たす材料としてPTFEを採用した。ダイヤフラム表面にリブを付けることにより, 作動中の形状をコントロール, 重心ずれを抑制させることを検討している。

【ダイヤフラム開発試験】

- ・φ422のサブスケール大BBMダイヤフラムを製作, 作動試験を実施。
- ・数kPaオーダーの作動圧でスムーズな動作が可能であることを確認。
- ・数値解析による動作予測を実施, モーションキャプチャシステムにより実作動状況を検証, リブ配置等の形状最適化を進めている。
- ・来年度フルスケール大のダイヤフラムの製造, 試験を実施予定。



BBM (3作目) 作動試験状況



数値解析シミュレーションによる動作予測