



SLIM推進系の検討



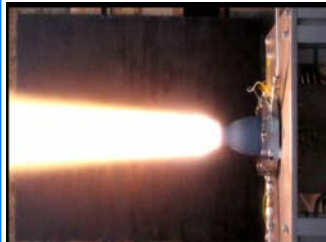
中塚潤一、澤井秀次郎、佐藤英一、SLIM/WG

JAXA宇宙科学研究所

小型月着陸実験構想SLIMに搭載する高性能推進系

SLIM推進系を高性能化するために、**耐酸化剤ダイヤフラム膜の開発**および、**タンクを探査機の主たる構造とするシステムの検討**を行った。耐酸化剤ダイヤフラム膜の開発については、これまでのプレス方式から切削方式に変更し、よりタンク形状に近づけることで排出効率を向上させる検討並びに試作を行った。

また、SLIMへの搭載を検討しているセラミックスラスタの性能向上として、**軽量の金属製ノズルスカートとセラミック燃焼器の接合による高性能化・軽量化**に興味を持っている。そこで、本年度は接合方法としてロウ付けの検討を行っており、テストピースを試作して強度評価を行うとともに、実機スラスタ形状での試作を行う。ESA/ESTECとの共同研究の一環で1.1kNのセラミックスラスタを開発しており、このロウ付け技術について、**ESA/ESTECからも大きな関心**が寄せられている



ESA仕様の1.1kN級セラミックスラスタの燃焼試験

SLIM推進系の特徴

SLIMIにはRCSとOMEの2種類の推進系を搭載する

RCS (Reaction Control System)

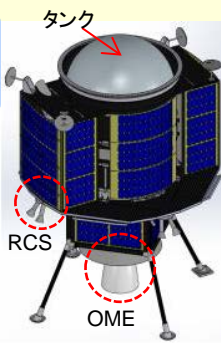
- 2液推進系(燃料: Hydrazine, 酸化剤: MON-3)
- 用途: 軌道変更, 姿勢制御
- 20N級スラスタ: 構体の頂点に計8個搭載
- +X方向(4基), [YZ平面内で45° キヤント(4基)]

OME (Orbit Maneuvering Engine)

- 2液推進系(燃料: Hydrazine, 酸化剤: MON-3)
- 用途: 大きな軌道変換, 着陸時に使用
- 500N級スラスタ: 構体-X側に1機搭載
- +X方向に推力を発生

探査機質量の大部分を燃料が占める

推進系を軽量化・高性能化して少しでも軽くしたい



タンクを主構造とした構体の検討状況

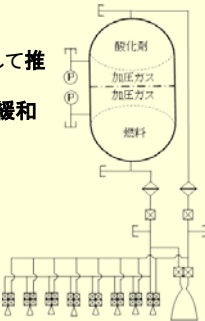
燃料・酸化剤タンクを一体型としてタンク個数・質量を削減

一体型タンクのメリット

- 支持構造や高圧ガス系コンポーネント重量を削減して推進系を軽量化し、さらに探査機主構造にする
- 一体型タンクを重心軸上に配置して重心オフセット緩和
- 気液分離膜が着陸などの急な加速度変化に対応

タンクを主構造にする検討

- 約2MPaの内圧に耐えるタンクは構造的に強い
- そこで、丈夫なタンクを利用し、タンクを主たる荷重バスとして、各機器の搭載を検討
- 併せて、**タンクの大きな熱容量**を利用した**簡便なバッテリー温度制御**なども検討



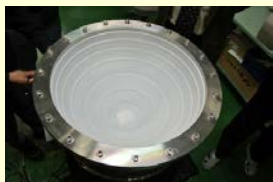
PTFEダイヤフラム膜の開発状況

推進タンク内部の気液分離のためのダイヤフラム膜に関連して、**酸化剤(MON-3)耐性のある材料**(フッ素樹脂)での実現を目指している

- 過去にはやぶさの酸化剤タンクではステンレス製のダイヤフラムを使用した
- 重量・運用性などの面で問題があった
- そこで、今回、**PTFEの切削によるダイヤフラム膜成形試作**を実施し、折り返しの確認等、その実現性に一定の目処がたった。



PTFE切削ダイヤフラム膜



折り返しの確認

セラミックスラスタの高性能化

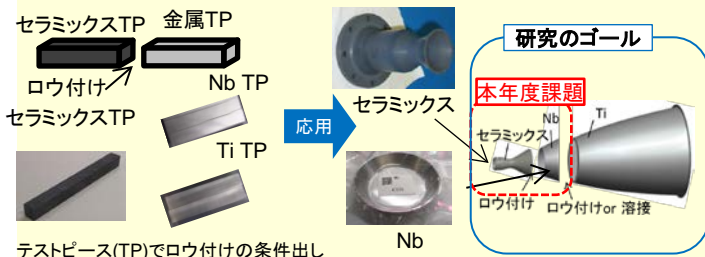
セラミック・チタン接合スラスタ検討

高性能かつ純国産技術のセラミックス一体型スラスタを開発済み

- 加工機械の制約などにより更なる大型化が現実的でない
- 現状の大きさの場合でも、ノズル先端部の肉厚を薄くする更なる軽量化は困難

低温箇所を金属で接合し、軽量かつ大型化可能なスラスタの研究

→ 本年度はセラミックスと金属のロウ付け接合を確認



タンク内の推薬挙動解析

SLIMIは、全体重量に占める液体推進薬の割合が大きく、タンク内での推進薬挙動(スロッシング)が宇宙機全体の運動に影響を与える可能性がある

- ロケット上段でスピン安定状態で ΔV をしている最中に、ニュートーションのような首振り運動が発生すると、コサインロスにより実効 ΔV 量が減少する懸念がある
- これが問題になるのは、特にニュートーション周期とスロッシングが共振する場合であり、従来の科学衛星でも必要により共振が起きないように調整をすることとしていた
- SLIMでも共振を避ける必要があり、そのためには、スロッシング運動を高い精度で推定することが望ましいが、**ダイヤフラム膜を有するタンク内液体の挙動解析は、それ自体が大きな研究テーマであり、容易ではない**

SLIMでは、**研究開発本部/情報・計算工学センター(JEDI)**の協力のもと、実験と解析を組み合わせた研究を実施し、**精度の高い解析モデルの構築**を目指しており、本年度内にスピントーブルを使用した試験を実施する計画である

