

# SLIM熱設計の検討



岡崎峻、小川博之 SLIM/WG

JAXA宇宙科学研究所

## 小型月着陸実験構想SLIMについて

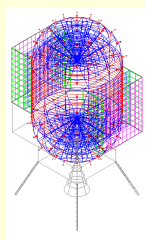
SLIMの熱設計の検討結果を報告する。SLIMは地球周回から月着陸まで様々な熱環境に曝される探査機の熱設計を成り立たせる必要がある。特に月面は、日中の月表面からの赤外放射と太陽光、夜間は極低温環境に曝される。また、イプシロンロケットに搭載できる探査機では搭載質量や衛星表面は限られるため、大放熱面積を有して大ヒータ電力を使用する熱設計は成り立たない。

そこで、自励振動ヒートパイプを用いたSLIM内でのエネルギーの効率的利用を提案する。SLIMでは限られたリソースで月面着陸を可能にする革新的な熱設計を提案する。

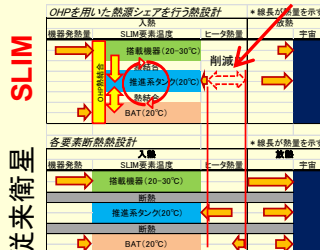


## SLIM熱設計の特徴

約50%のヒータ電力削減



SLIM 数学モデル



SLIM 熱設計コンセプト

・目的: 低リソースで実現可能な月面探査機の熱設計  
⇒従来の設計コンセプトに捉われない革新的熱設計!!



一体化、熱再利用...など

SLIM熱設計が達成した事:

**ヒータ電力50%以上の削減!!**

従来設計と比べ約80W(従来設計で必要電力の50%以上)の電力削減!!

## 熱設計コンセプト

許容温度範囲が狭い機器の一体化管理: タンク・バッテリー

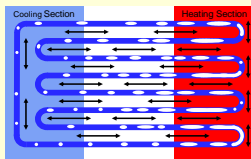
タンクは熱容量が相対的に大きく、バッテリーは小さい。バッテリーをタンクと熱的に結合させることで、バッテリー用に大放熱面積を確保することなく、温度上限を制御可能とする。日陰時のバッテリー用のヒータ電力の削減

機器発熱をヒータ熱としてヒートパイプで輸送し再利用: 搭載機器: タンク  
搭載機器発熱の一部をタンクに逃がすことで、タンクヒータ電力自体の削減を目指す。タンク壁面の熱伝達を促進するため、熱グループで研究され、SDS-4Iにて軌道上実証された自励振動ヒートパイプ(OHP)を搭載する。OHPの不具合の可能性、タンク温度変動などを考慮して、発熱機器とタンクの熱結合度合い・MLI特性などを設定する

## SLIM実現のためのキーポイント

\*DEVELOPMENT OF METER-SCALE U-SHAPED AND O-SHAPED OSCILLATING HEAT PIPES FOR GAPS\*  
S.Okazaki, H.Fuke, Y.Miyazaki, H.Ogawa, Journal of Astronomical Instrumentation, 2014

蒸気泡は加熱部で生成・成長する



蒸気泡は凝縮部(ラジエーターで凝縮する)



OHP内部流動の様子

自励振動ヒートパイプ: 間間輸送に有利、軽量、制作が容易

加熱部と冷却部の間を往復する細管で構成され、作動流体が飽和状態で封入された熱制御デバイス。作動流体の、加熱部での蒸発と放熱部での凝縮に伴い、圧力変動を生じ、流体の移動が起きる。作動流体の潜熱と顕熱により、加熱部から放熱部に熱輸送される

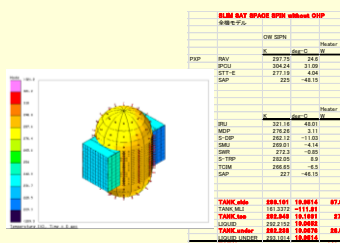
## SLIM熱設計検討結果

### 定常状態解析

様々な熱設計の中から最適な熱設計を選び出す

自励振動ヒートパイプあり、なし、MLIの適用、金属表面など設計の最適化を行うために各熱工学数学モデルを構築し評価を行った。

・自励振動ヒートパイプなし



ヒータ電力削減対策:

断熱を高性能MLI(実効輻射率0.01)に変更する事でヒータ電力は削減可能

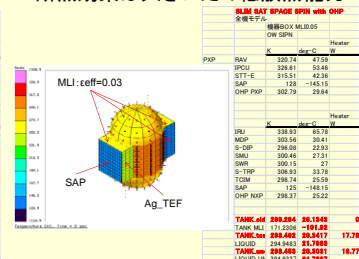
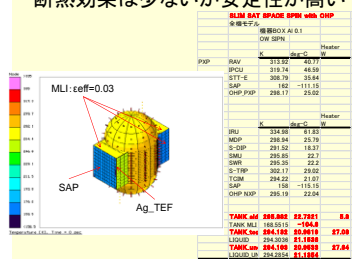
・自励振動ヒートパイプあり

内部をAI面断熱:

断熱効果は少ないが安定性が高い

内部をMLI断熱:

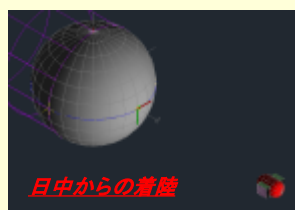
断熱効果は大きいので低放熱能力



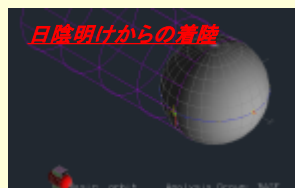
## 非定常解析(一次検討結果)

月着陸時の温度トレンド

地球周回、月周回、着陸時など非定常解析も同時に行うことで詳細設計検討を行っている。

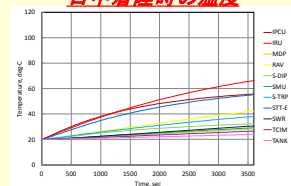


日中からの着陸



日陰明けからの着陸

日中着陸時の温度



日陰明け着陸時の温度

