

GAPS用大型自励振動ヒートパイプの開発

岡崎峻 (JAXA), 福家英之 (JAXA), 小川博之 (JAXA), 高橋克征 (長岡技大), 浅尾義士 (長岡技大), 山田昇 (長岡技大), 吉住雄大 (東海大), 河内明子 (東海大)

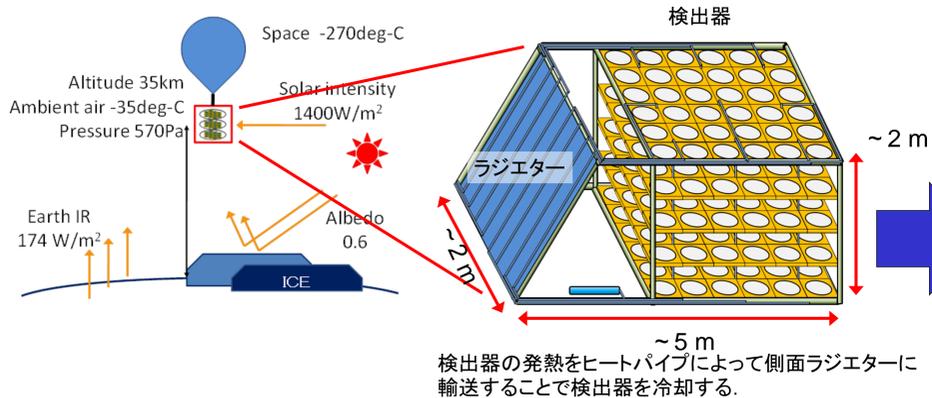
概要

GAPSは南極気球実験を計画しており、宇宙線中の反粒子の高感度探査を通じて未知の宇宙物理過程を探る事を主目的としている。検出器を-35°C以下まで冷却するために、検出器発熱をラジエーターパネルまで輸送し宇宙空間へ輻射放熱する。気球特有の重力環境に適した軽量・低消費電力な冷却システムを構築するために、熱輸送デバイスとして自励振動型ヒートパイプ(OHP)に注目した研究を進めている。本発表では以下の検討について報告する。

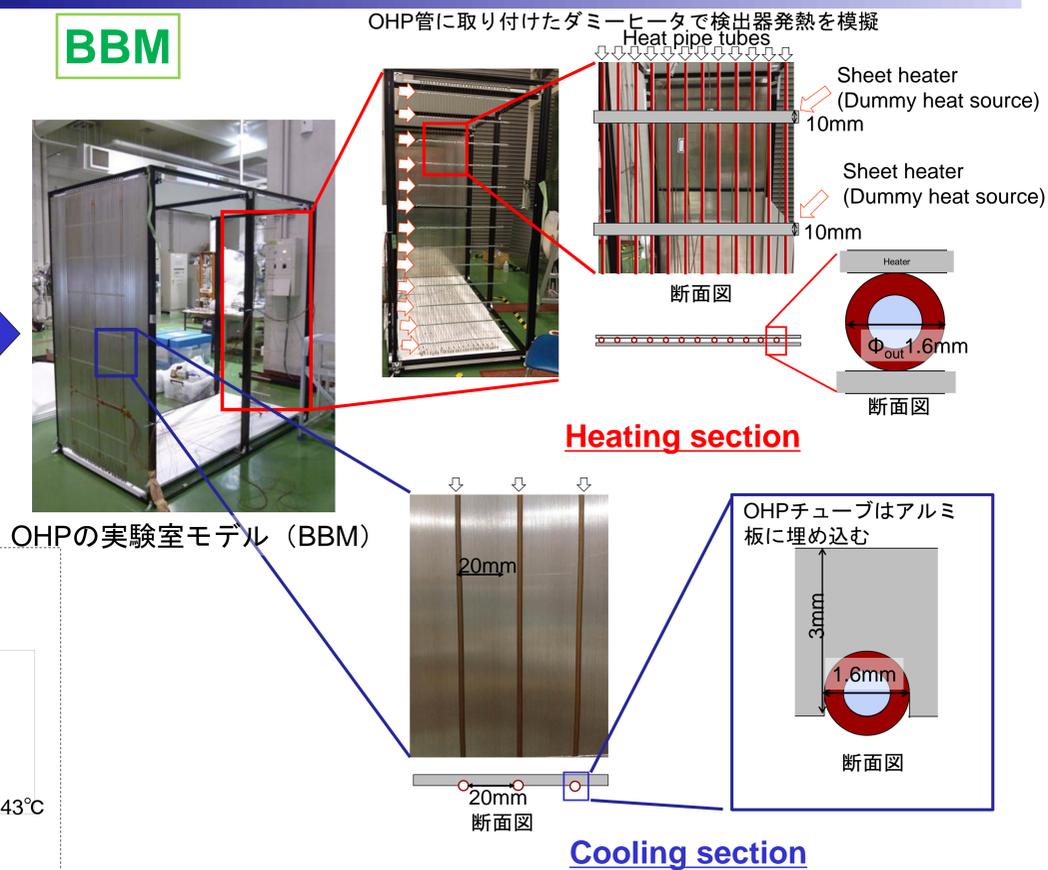
- ①GAPSに用いるヒートパイプの実験室モデル(BBM)とエンジニアリングモデル(EM)を構築し熱輸送特性を検証した。
- ②実スケールのGAPSヒートパイプのシミュレーションモデルを構築し、ヒートパイプ設計の最適化を行った。
- ③南極フライトに向けたペイロード全体の簡易システム数学モデルを構築した。検出器をフライト実験中に-35°C以下に保つ目処が立ちつつある。

Thermal design for GAPS

Thermal Design Concept



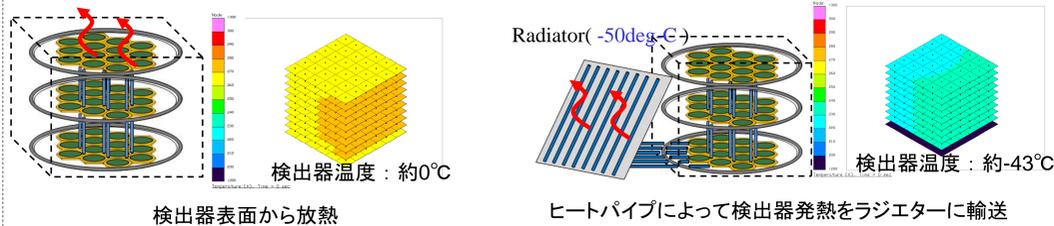
BBM



ヒートパイプを検出器の熱制御に用いる効果

検出器表面から輻射放熱を行う設計と、ヒートパイプを使用した設計の検出器温度を比較

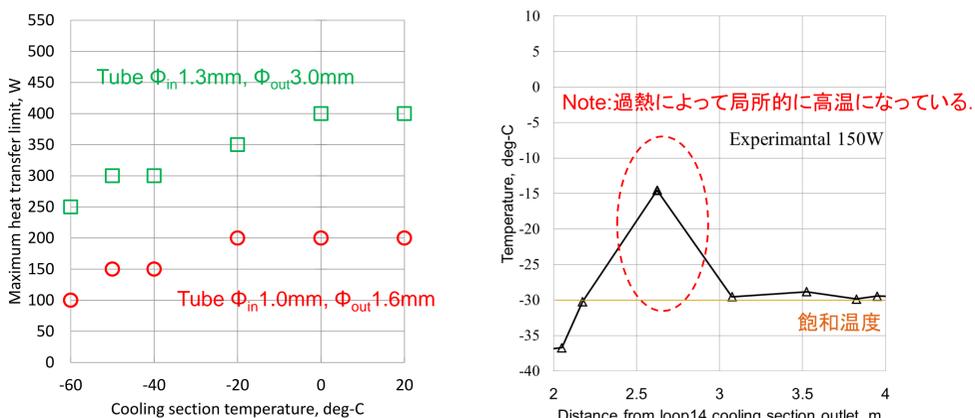
ヒートパイプを使用することによって検出器要求温度の-35°C以下まで冷却可能になる



GAPS OHPの熱輸送特性

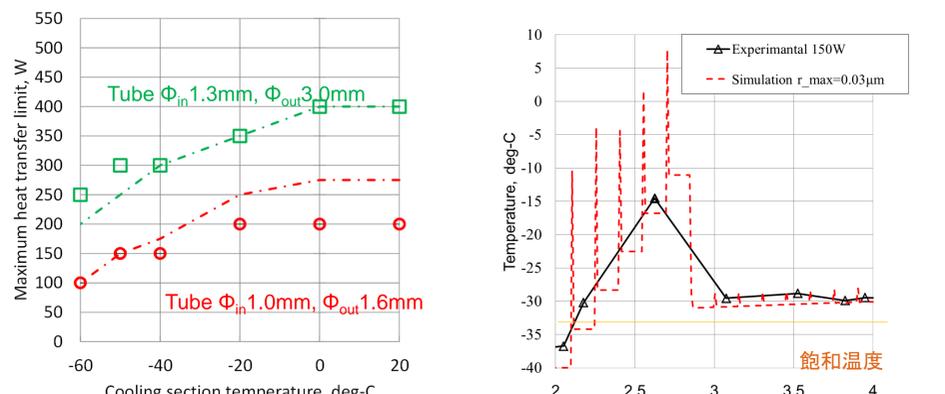
BBM

熱輸送性能と熱輸送機構を解明するために実験による検証を行っている。流速、封入率、圧力、差圧などの測定から熱輸送機構の解明を行った。



シミュレーションモデルの構築

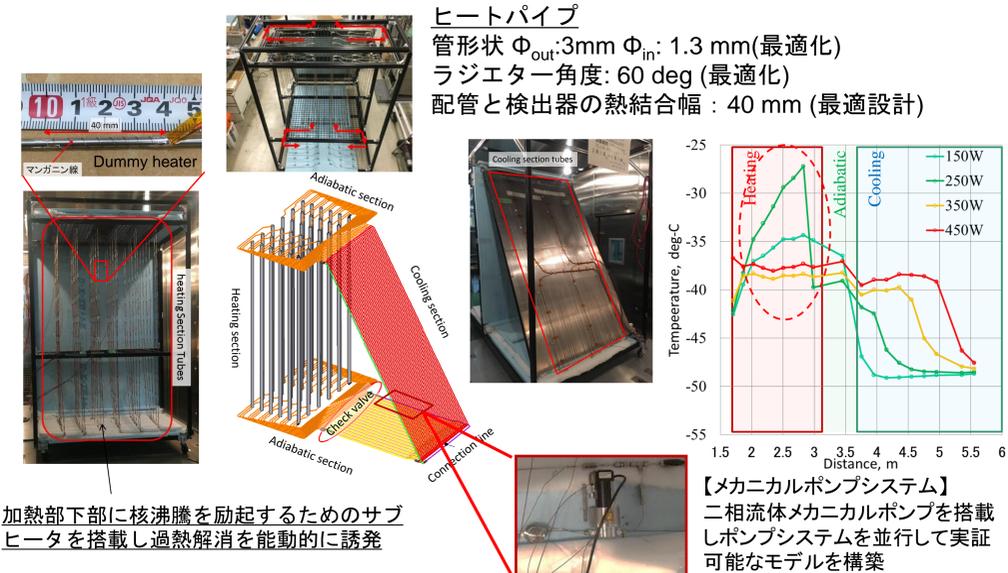
- ・シミュレーション結果は実験結果を良く再現している。
- ・流速、圧力、差圧、封入率、温度分布はシミュレーションと実験でよく一致していた。
- ・過熱をシミュレーションで考慮することによって、局所的な高温もシミュレーションで再現している。
- ・シミュレーションモデルを用いてヒートパイプ設計の最適化を実施することが可能である。



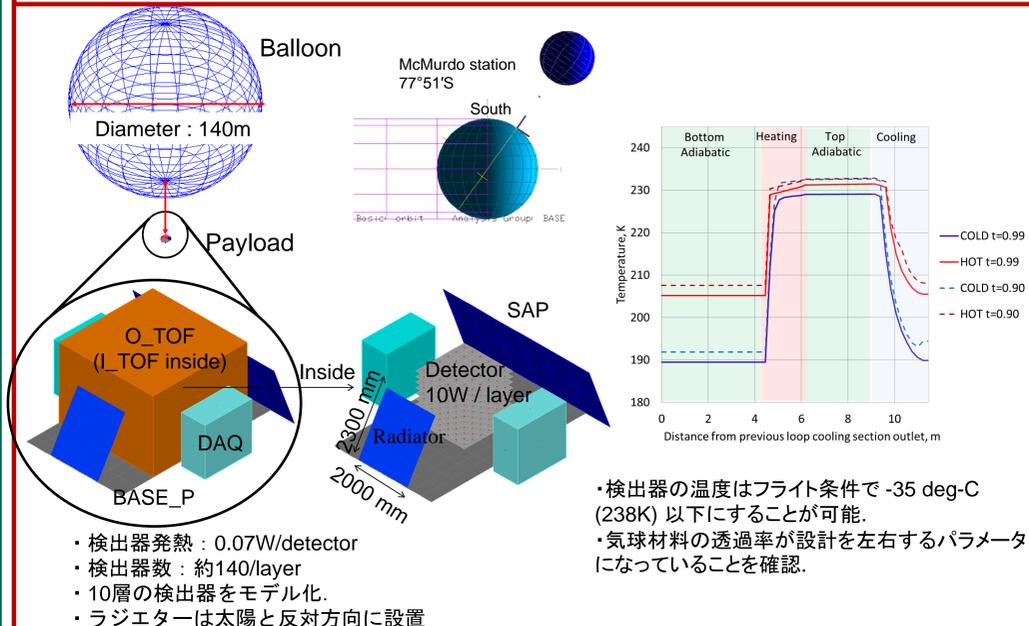
エンジニアリングモデルの構築

EM

ヒートパイプ
管形状 Φ_{out} :3mm Φ_{in} : 1.3 mm (最適化)
ラジエーター角度: 60 deg (最適化)
配管と検出器の熱結合幅: 40 mm (最適設計)



GAPS南極フライトを想定したシステム熱数学モデル



今後の計画:

EMヒートパイプを用いて低温での熱輸送特性を検証する。

低温で飽和沸騰を誘発する、もしくは、飽和沸騰を起こしやすいシステムを検討していく (大きな過熱度を避ける)