

GAPS用熱制御システムの開発



岡崎峻(JAXA), 近藤愛実(東海大), 福家英之(JAXA), 小川博之(JAXA),

「高橋克征(長岡技大),山田昇(長岡技大),河内明子(東海大),井上拓哉(東海大),高橋俊(東海大)

概要

GAPSは南極における気球フライトを利用し, 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た計画である. 検出器が所期の性能を 満たすには,検出器温度を-35℃以下まで冷却する必要がある.そこで,検出器冷却のために検出器発熱をラジェターパネルまで輸送し宇宙空間へ輻射放熱する熱設計 を検討している。熱輸送デバイスとしては、気球特有の環境に適した軽量かつ低消費電力のヒートパイプを開発し研究を行っている。本発表では以下について報告する。 ①低温度域の動作に特化した作動流体の選定, 沸騰開始過熱を考慮した気液二相流のシミュレーションモデルの構築と妥当性の検証 ②ポンプシステムの併用による熱輸送能力のロバスト性向上とハイブリットな熱制御システムの構築 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、フライト実験中に検出器温度を-35℃以下に保つことを目標としたシステム設計の実施

Thermal design for GAPS



Heat Pipe Engineering Model (EM)

スケール: メートルスケールの大型ヒートパイプ 熱輸送能力:設計によって数百ワットの熱輸送が可能 機能:熱環境の変化に柔軟に対応可能な受動的な加熱部の温度制御機能

加熱部

特徴:検出器発熱を模擬するヒータを 10個×36loops = 360個設置 熱輸送システムの検証項目: 分散する熱源(大発熱量、低熱流束) での最大熱輸送量.軸方向温度分布



660mm

特徴:検出器への宇宙線の侵入を妨げ ないために検出器視野を確保するため

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℃以下まで冷却可能になる





の熱輸送経路構築 熱輸送システムの検証項目: 蛇行する熱輸送経路による圧力損失と 熱輸送性能への影響

断熱部

冷却部

特徴:放熱効率の良い宇宙空間へ最大の 視野を持つ角度に設定 熱輸送システムの検証項目: 放熱能力がヒートパイプ駆動へ与える影響







【EM研究の課題と解決】

課題① 沸騰開始過熱度に着目した作動流体の選定 課題② 気液二相流を含むシミュレーションモデルの検証 →南極上空の熱環境におけるヒートパイプ性能の予測 【実施項目】

・GAPSに適した作動流体として以下の指標から選定 常温から低温域の動作、高メリット数: **HFC410A** 低温域の動作、高メリット数、低過熱度: HFC23 広い温度範囲(-60℃から20℃)での実験実施(右図)

・実験結果とシミュレーション結果の最大熱輸送量と軸方向 の温度分布を比較(右図)

【課題の解決と成果】

・HFC23が低温域の作動流体として適している ・沸騰開始を考慮した気液二相流のシミュレーションモデル の妥当性が検証された



図 作動流体にHFC410AとHFC23を用いた第18ループの軸方向温度分布の比較 実線:実験結果 破線:実験室モデルを用いて構築したシミュレーション結果

図 最大熱輸送量の比較 実線:実験結果 破線:シミュレーション結果

・R23の方が沸騰開始過熱度が小さいため、加熱部で局所的な高温部は観測されない

・R23では低温域においても最大熱輸送量が高い シミュレーション結果は実験結果を良く再現している.

沸騰開始過熱を考慮することで局所的な高温もシミュレーションで再現している. 最大熱輸送量はボイド率0.97を閾値とすることで実験値を再現している。









