



P5-O44 熱設計フリーに向けた研究



宮崎芳郎, 河合宏紀 (福井工大), 岩田直子, 小川博之, 福田盛介 (JAXA/ISAS)



自動振動ヒートパイプによる熱設計フリー構体

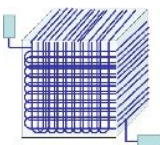
次世代小型衛星標準バス → 熱設計フリー構体

即戦力的に入れ替え可能な柔軟な標準バス

- 熱設計を考慮する必要が無い「熱設計フリー構体」
- ・どのような外部熱入力条件でも対応可能
- ・機器配置自由

どのような衛星の姿勢(=外部熱環境条件)にも対応可能で自由な機器配置が可能(熱設計の制限が無い)な「熱設計フリー構体」を構体パネル全面Oscillating Heat Pipe (OHP)搭載により実現

リザーバ付きOHP(可変コンダクタンスOHP)を使用することで、機器の発熱量が変化しても搭載面の温度を一定に保つことができる



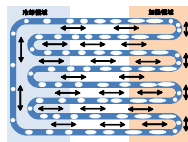
予め放熱面と機器搭載面を決めておく。機器搭載面内であれば機器はどこに配置してもよい。(放熱面積から決められる最大発熱量の範囲で)

アルミ(ハニカム)板等にOHPの配管を埋め込む等して取り付ける。OHP配管は全ての面に施工する

自動振動ヒートパイプ(OHP)

加熱部と冷却部とを十数回往復する細管で結んだヒートパイプ

OHPによる熱輸送

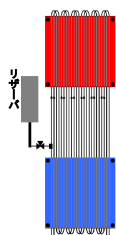


細管の中に、全内容積の半分程度の容量で封じ込められている冷媒が、加熱部での蒸発・冷却部での凝縮を繰り返し、連続的な圧力振動により駆動される。このように、冷媒が自動振動によって伝熱面間を往復することにより、潜熱と顕熱によって熱輸送を行う。

可変コンダクタンスOHP (VC-OHP)

- ・OHPにリザーバ(液溜め)を取り付け、リザーバをヒータなどで一定温度に制御すると、OHP自体の動作温度(加熱部温度)をリザーバとほぼ同じ温度に一定に保つことが出来る。
- ・冷却部の温度がリザーバ温度を超えない限りは、加熱部への熱負荷が増大してもOHPの動作温度は一定(リザーバと同等温度)に保たれる。
- ・つまり、リザーバ付きOHPは可変コンダクタンスOHP(VC-OHP)であると言える。

VC-OHPを施工することで、搭載機器発熱量(=加熱部への熱負荷)が変化しても加熱部温度が一定に保たれる衛星構体をつくる



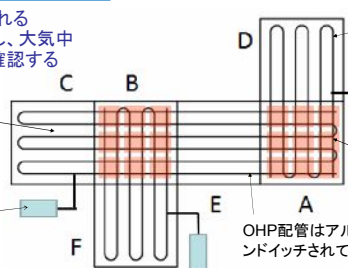
衛星構体モデルの試作

VC-OHPによる熱設計フリー衛星の実証

- ・3体のVC-OHPから構成される30cm立方の6面体を試作し、大気中及び熱真空中にて下記を確認する性能試験を行う

各流路には一本毎に流れの方向が逆の逆止弁が設けられていて循環流が発生する

3体のOHPにはそれぞれ50ccのリザーバ(ヒータ付き)がとりつけられている。

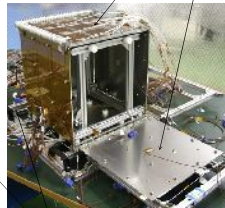
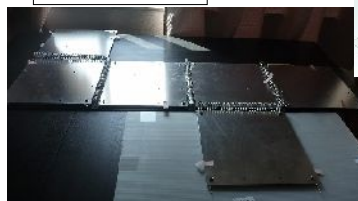


3体のOHPが箇所でクロスする構成

C,D,E,F面は放熱面。各面には外部熱入力模擬のためのヒータがついている

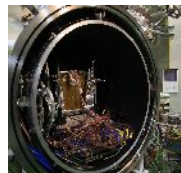
OHP配管はアルミ板(溝あり)にサンドイッチされている

OHP:閉ループ
内径1mm、外径1.6mmのSUS316チューブ(30本、15ターン)



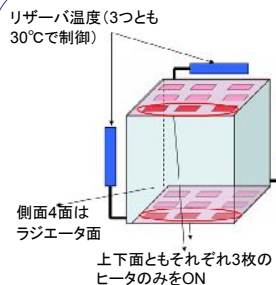
展開・組立が何度も容易に行えるように、折り曲げる部分はSUS管をコイルリングしている

熱真空試験

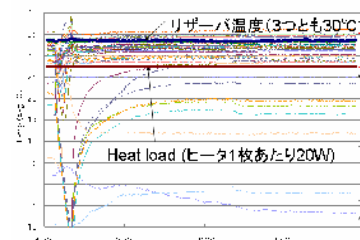


- ・組み立て状態で実施
- ・放熱面をチャンバシュラウド(液体窒素温度)に向けることで放射により冷却
- ・加熱部表面はMLIで断熱

- 加熱部への熱負荷を変えた場合でも動作温度が一定に保たれること (test1)
- 加熱部へかける熱負荷の分布が変化した場合でも動作温度が一定に保たれること (test2)
- 冷却部に熱入力があった場合でも動作温度が一定に保たれること (test3)



<test1>



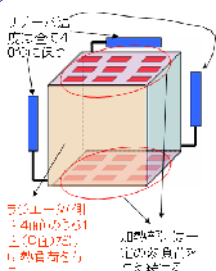
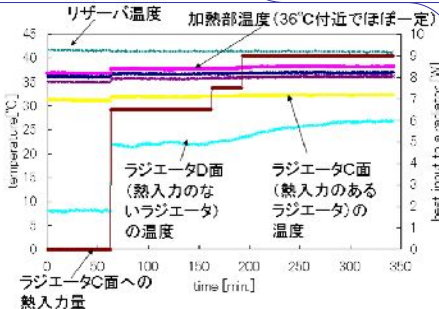
加熱面温度:全て30℃付近(発熱していない部分も30℃)

ヒータ付近以外リザーバとほぼ同じ温度に保たれる

放熱面温度:-10~30℃面によりばらつきがある

- ・OHPとして動作し、熱輸送及びリザーバによる温度制御が行われていることを確認した
- ・一様でなく局所的な熱負荷がある場合でも温度制御性が維持されることを確認した

<test3>

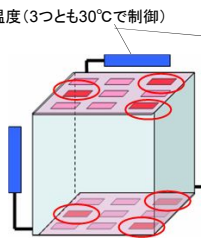


ラジエータ1面に熱入力があるときでも、熱入力のない別のラジエータ面から排熱が行われ、加熱部の温度は一定に保たれる。
→ 太陽光入射などによりラジエータ面への熱入力があったとしても、リザーバによる温度制御が行われている限り発熱機器搭載面の温度は一定に保たれる

<test2>

リザーバ温度(3つとも30℃で制御)

上下面ともそれぞれ3枚のみヒータをON
Test1とは発熱部位を変更



加熱面温度:全(30℃付近(発熱していない部分も30℃))

ヒータ付近以外リザーバとほぼ同じ温度に保たれる

放熱面温度:-10~30℃面によりばらつきがある

Test2でもtest1同様にヒータ付近以外の部分もリザーバ温度付近に保たれることがわかった
Test1,2より、発熱分布が変わっても発熱機器搭載面はリザーバ温度付近で一様に維持される

今年度の試験計画

衛星搭載性の最終評価として、①微小重力環境下でのOHPの性能確認、②電子線照射による作動流体劣化の評価を行う

<微小重力環境下でのVC-OHPの性能確認>

- ・微小重力環境下でVC-OHPの性能確認を行った例はこれまでに無い。重力により気液分離が行われOHPに必ず液が供給される向き(鉛直下向き)にリザーバを取り付けなくともVC-OHPとして機能することはこれまでの研究でわかっているが、実際の微小重力環境でVC-OHPとして機能が失われないことを確認する。
- ・ガラス製のOHPを製作し、液の動きを可視化することにより、重力環境下と微小重力環境下での現象の比較を行う(これまで金属製のOHPで試験を行った)
- ・OHP内の圧力を測定することにより、リザーバ付OHPがVC-OHPとして機能することの物理現象の解明を行う。



ガラス製OHP

<電子線照射による作動流体劣化の評価>

- ・軌道以上にOHPが電子線に照射されることにより、作動流体である代替フロンHFC-134a(CH2FCF3)が分解され、非凝縮性ガスが生じる可能性がある。
- ・OHPはヒートパイプやループヒートパイプと比べて非凝縮性ガスが性能に及ぼす影響が小さいとされているが、数%~10%の非凝縮性ガスが存在すると最大熱輸送量などの熱輸送性能に影響が出るとの報告がある。
- ・電子線(γ線)照射による作動流体への影響及びOHPの熱的性能への影響の評価を行う。



原研・γ線照射設備