

概要

DESTINYでは地球周回中は衛星の位置によって太陽光が衛星の様々な面に入射するため各面で大きな放熱面が必要になる。また、イオンエンジン用の大発熱機器を搭載しているため機器発熱の放熱の為に大きな放熱面積が必要になる。一方で、日陰中は機器保温のために多量のヒータ電力が必要になり、従来宇宙機と同じ熱設計方法では多くの電力リソースを必要とする事になる。そこで、限られたリソースの中で熱設計を成立させるためにLoop Heat Pipe(LHP), 機械式Heat switch, Phase Change Material, 展開ラジエーターを使用した熱設計を提案している。これら先進熱制御デバイスの特性を生かしたシステム要求に応える熱設計を提案をする。

1. 先進熱制御デバイスを利用した衛星の熱設計

ラジエーターとの熱結合を制御

Loop Heat Pipe

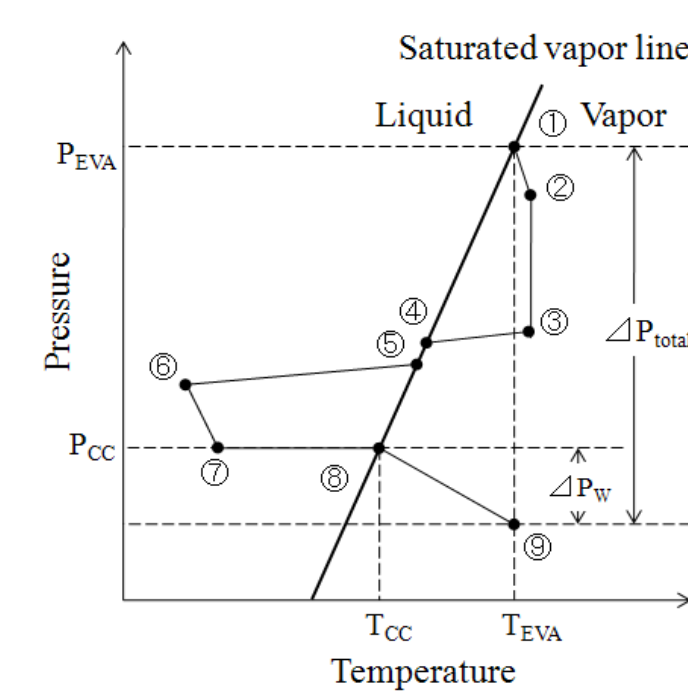
Loop Heat Pipe(LHP)とは封入冷媒(作動流体)の潜熱を用いて熱を輸送するループ型熱制御デバイス

利点

- ①高い熱輸送能力②重力への耐性③熱輸送経路の高い自由度④温度制御機能⑤シャットダウン機能



Iber Espacio Loop Heat Pipe



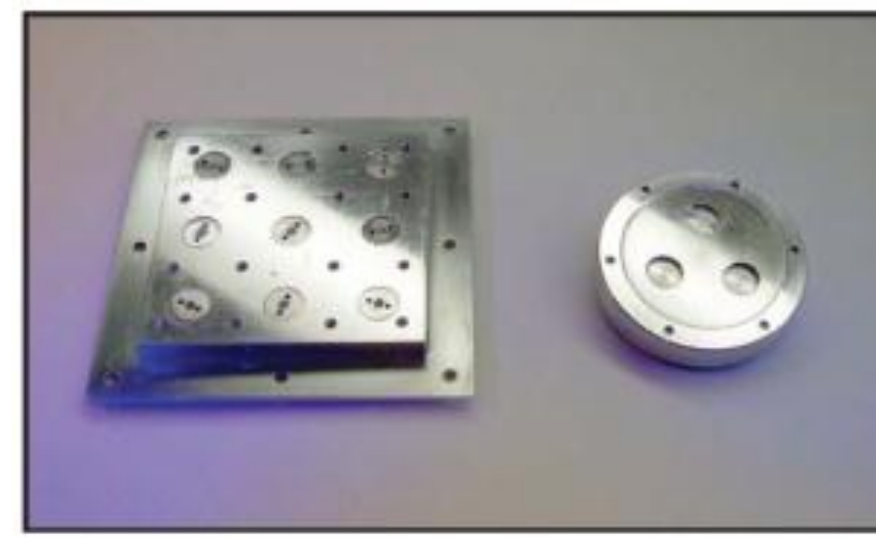
“Operation Characteristics of Loop Heat Pipes with PTEF and SUS wicks”  
S. Okazaki, H. Ogawa, H. Nagano, H. Nagai, 44th International Conference on Environmental Systems, 2014

機械式ヒートスイッチ

機械式ヒートスイッチは、ラジエーターと機器間の熱結合を物理的な接触・非接触によって制御する熱制御デバイス

利点

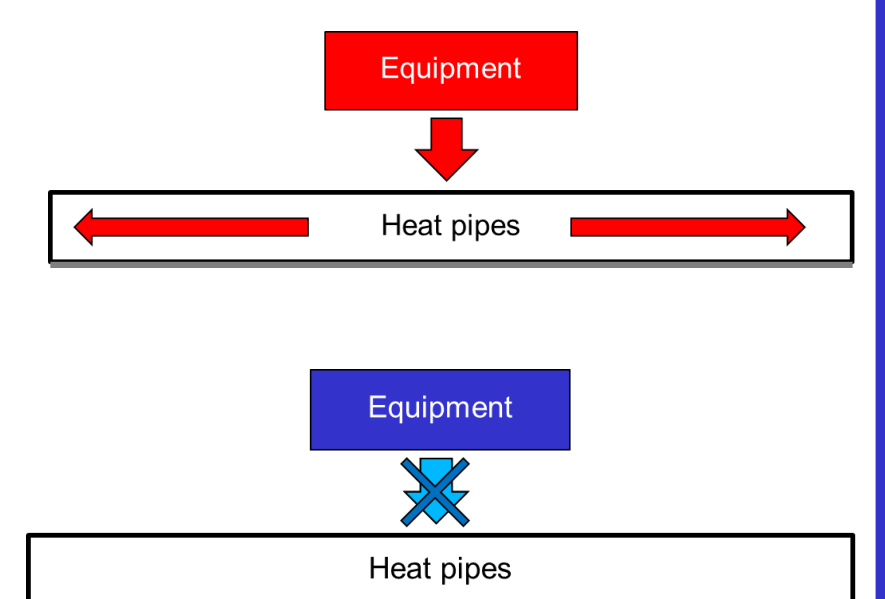
- ①設定温度でコンダクタンスの制御可能②LHPに比べ高コンダクタンス



SNC heat switch



ISASで開発したheat switch



“パラフィンを用いた熱制御”  
岡崎峻, 小川博之, 第55回宇宙科学連合講演会, 講演集2G14, 2011

熱を蓄えて使用

Phase Change Material(PCM, 蓄熱材)

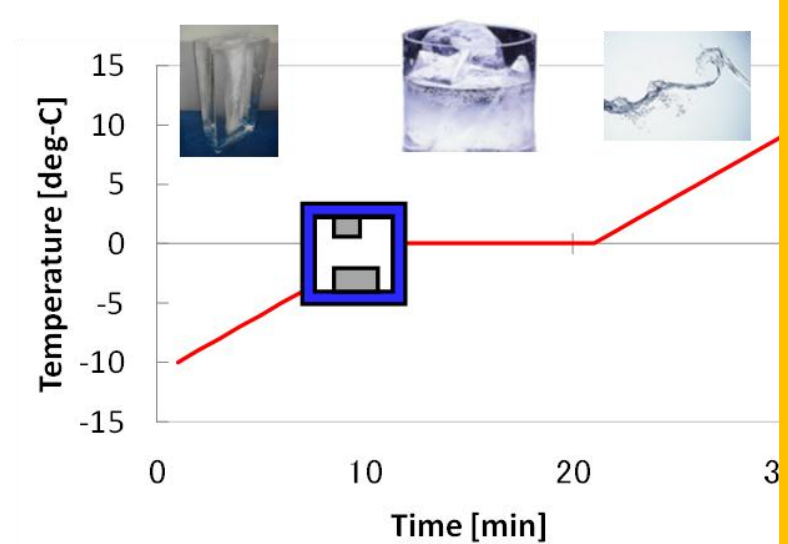
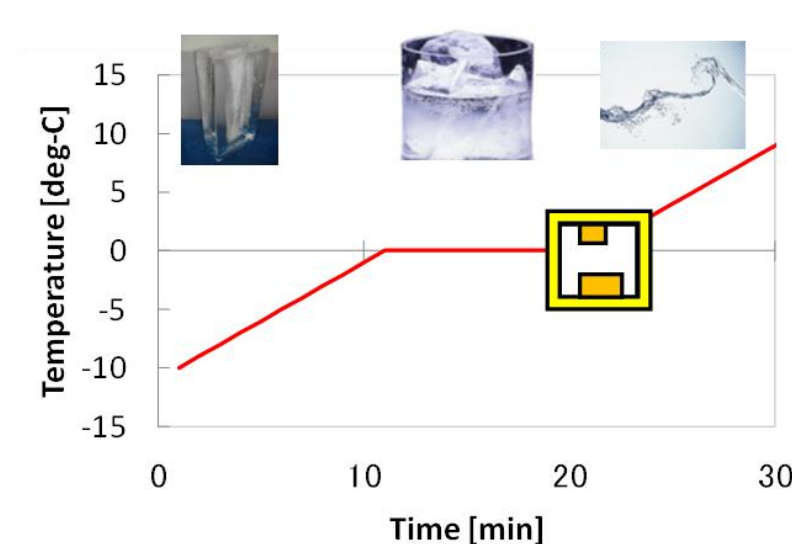
固相・液相の相変化時の潜熱を用いて余剰熱を蓄え・不足熱を補う事の出来るデバイス

利点

- 日照時の余剰な熱を蓄え、日陰時に使用する



ISASで開発したPCM



“パラフィンを用いた熱制御”  
岡崎峻, 小川博之, 第55回宇宙科学連合講演会, 講演集2G14, 2011

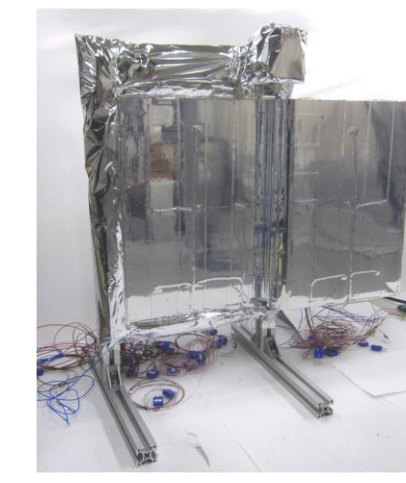
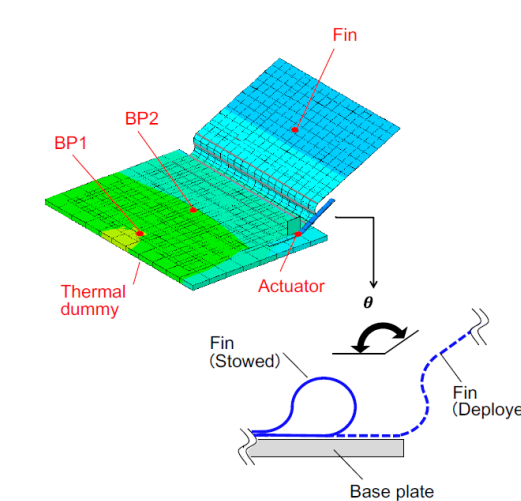
宇宙空間との熱結合を制御

可逆展開ラジエーター

グラファイトシートによる熱拡散と形状記憶合金による展開機構による展開型ラジエーター

利点

- 軽量である。宇宙空間との熱結合を変えることが可能。能動的にも閉鎖が可能であり自在なデザインを可能にする



“Development of a lightweight deployable/stowable radiator for interplanetary exploration”  
H. Nagano, A. Ohnishi, Y. Nagasaka, Applied Thermal Engineering 31, 2011

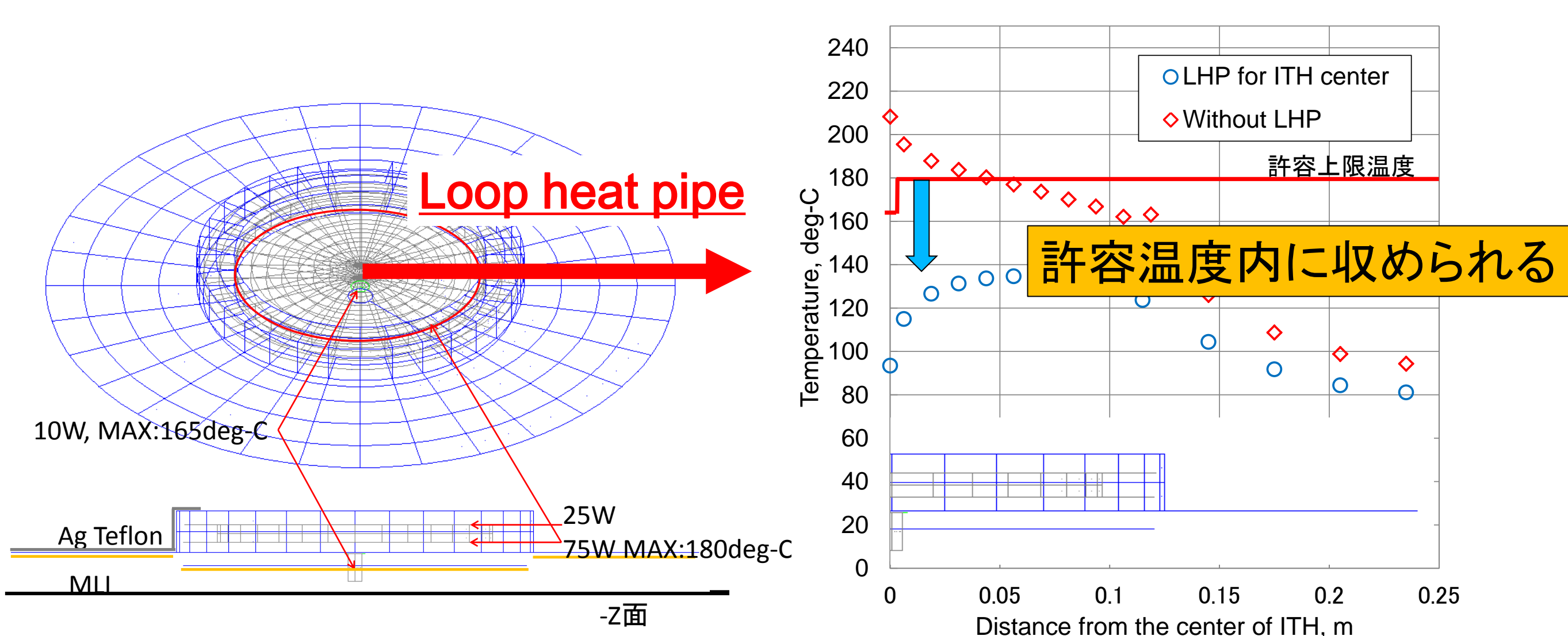
2. DESTINYの熱設計

“DESTINYミッションモジュール熱設計の最適化”, 岡崎峻(宇宙航空研究開発機構), 吉田周平, 押山大佑, 大丸拓郎, 永井大樹(東北大学), 小川博之, 川勝康弘(宇宙航空研究開発機構), 第58回宇宙科学技術連合講演会, 2014

DESTINYの機器は大発熱量である事と、太陽光が各パネルに入射する事から日陰時に機器がOFFになった際に大きなヒータ電力を必要とする。上記条件において、衛星システムの要求から日陰時に要するヒータ電力を300Wに抑える熱設計を目標にする。以下に日陰時に必要なヒータ電力300W以下を目標にした熱設計方針と簡易熱数学モデルを作成して計算を行った結果を示す。

イオンスラストヘッド: Loop Heat Pipe適用

- ヒータ電力を50W削減
- LHPによる+Y面への熱輸送によりAzimuth90deg時にもITHを運用可能



先進的熱制御デバイスを用いたDESTINY熱設計

使用した先進的熱制御デバイス

LHP3本 Heat pipe 10本 Heat Switch 1set

Radiator Panel	Equipment	Allowable temp deg-C	Coupling method	Hot equipment temp deg-C	-60deg-C Heater Power W
NX	ITA	-10 to 100	LHP	75.1	28.0
NY	IPPU	-25 to 65	Heat Switch	45.0	0 * 非常状態による
PY	TWT x 2	-30 to 70	LHP network	42.2	131.4
PY	EPC x 2	-30 to 70	LHP network	30.8	
PU	CPBX	-15 to 65	LHP network	33.1	
NX	ITCU, OSC, MDP, DRV	-20 to 50	Surface	29.5	36.9
各機器保温に必要なヒータ					92.3
Total					288.7W

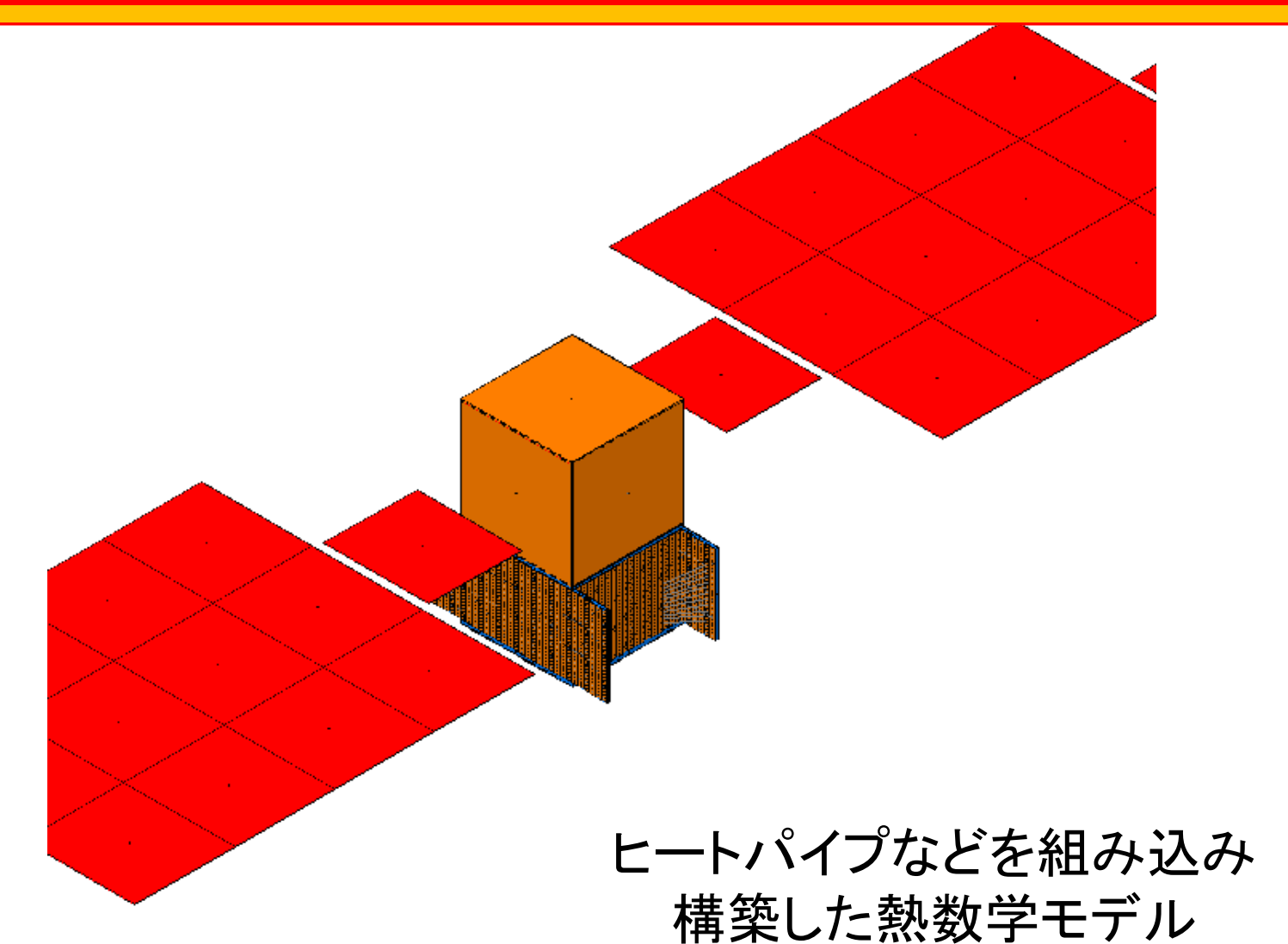
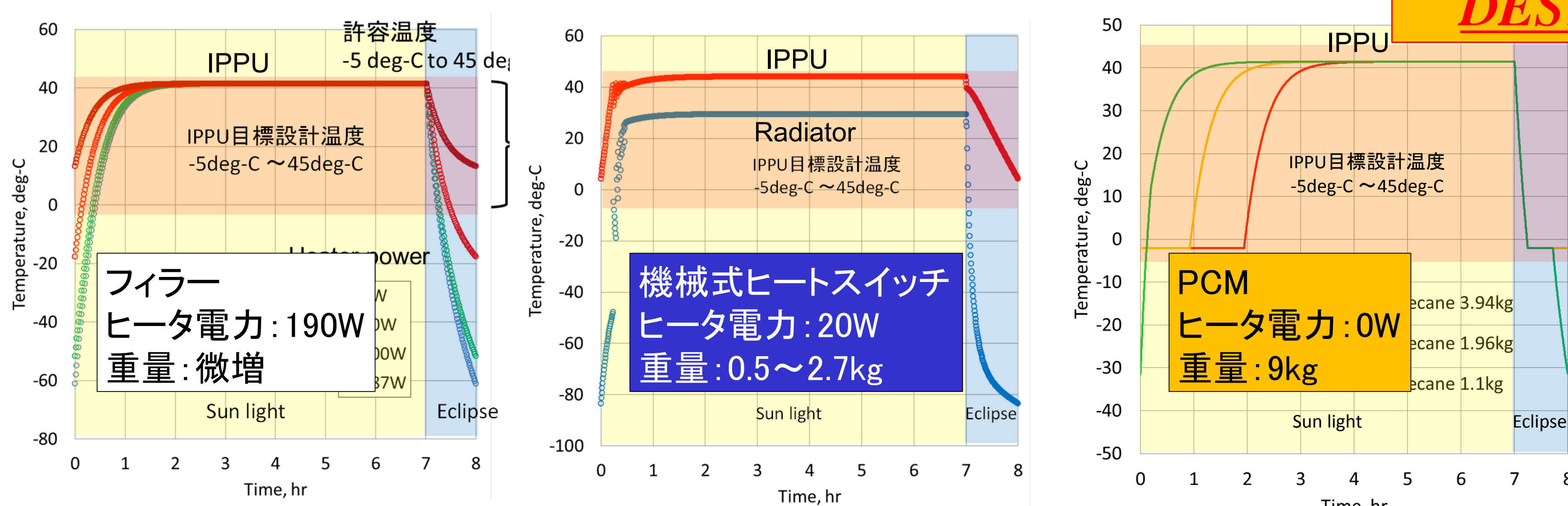
DESTINY推進モジュール熱設計結果

- 機器許容温度から20deg-Cのマージンを有する
- ヒータ電力300W以下

約650W必要であったヒータ電力を先進的熱制御デバイスの適用により300W以下に(50%)低減!!  
DESTINYシステム要求を満たす熱設計を達成

IPPU: 熱伝導フィルター, 機械式ヒートスイッチ, PCMトレードオフ

電力削減の観点と重量から機械式ヒートスイッチがDESTINYでは最適な熱制御デバイス



ヒートパイプなどを組み込み構築した熱数学モデル

今後はさらにバス部を含めた詳細な熱モデルの構築, LHPを用いた熱設計の為のハードウェア設計, 実験による機能確認などさらに詳細な検討を進めていく。