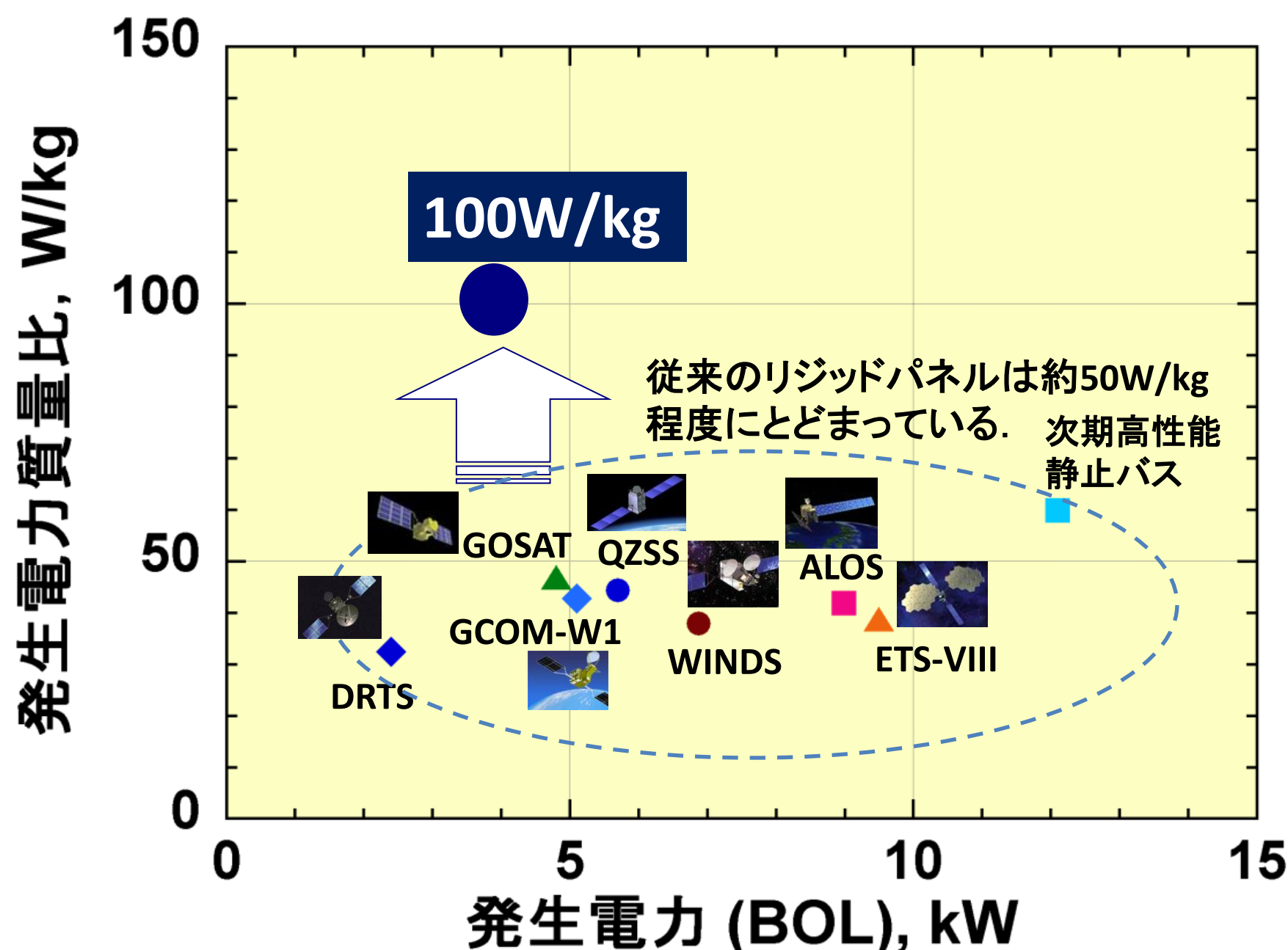


宇宙航空研究開発機構 研究開発本部 電源グループ 島崎 一紀, 小林 裕希, 高橋 真人
宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 嶋田 貴信, 川勝 康弘

【背景】

JAXA／ISASでは、小型科学衛星を用いた深宇宙探査技術実験ミッション（Demonstration and Experiment of Space Technology for Interplanetary voYage: DESTINY）がWGにて検討されている。衛星はイプシロンロケットにて打ち上げられ、高出力タイプのイオンエンジンにより高エネルギー軌道に達することを目標としており、非常に大きな電力が必要となる。今日宇宙機に最も多く採用されている太陽電池パネルは、アルミハニカムコアを強化炭素繊維（CFRP）製のフェイスシートでサンドイッチしたリジッドタイプと呼ばれるパネルである。これまで高発生電力質量比（W/kg）と打ち上げ時の高収納性を実現するため、様々な太陽電池パネルが提案・開発されてきた。そして現在、我々は新たに開発中のスペースソーラーシートを採用した軽量太陽電池パネルの開発を進めており、DESTINYでは工学実験の一つとして搭載することを検討している。このシートを用いた軽量パネルはフレーム構造を基本とし、モジュール化が可能であり電力要求の増大に対応できる高い拡張性がある。本発表では、軽量太陽電池パネルを実現する上で重要な要素技術、ならびにDESTINYを想定した軽量パネルの最新の検討結果について述べる。

【目的】

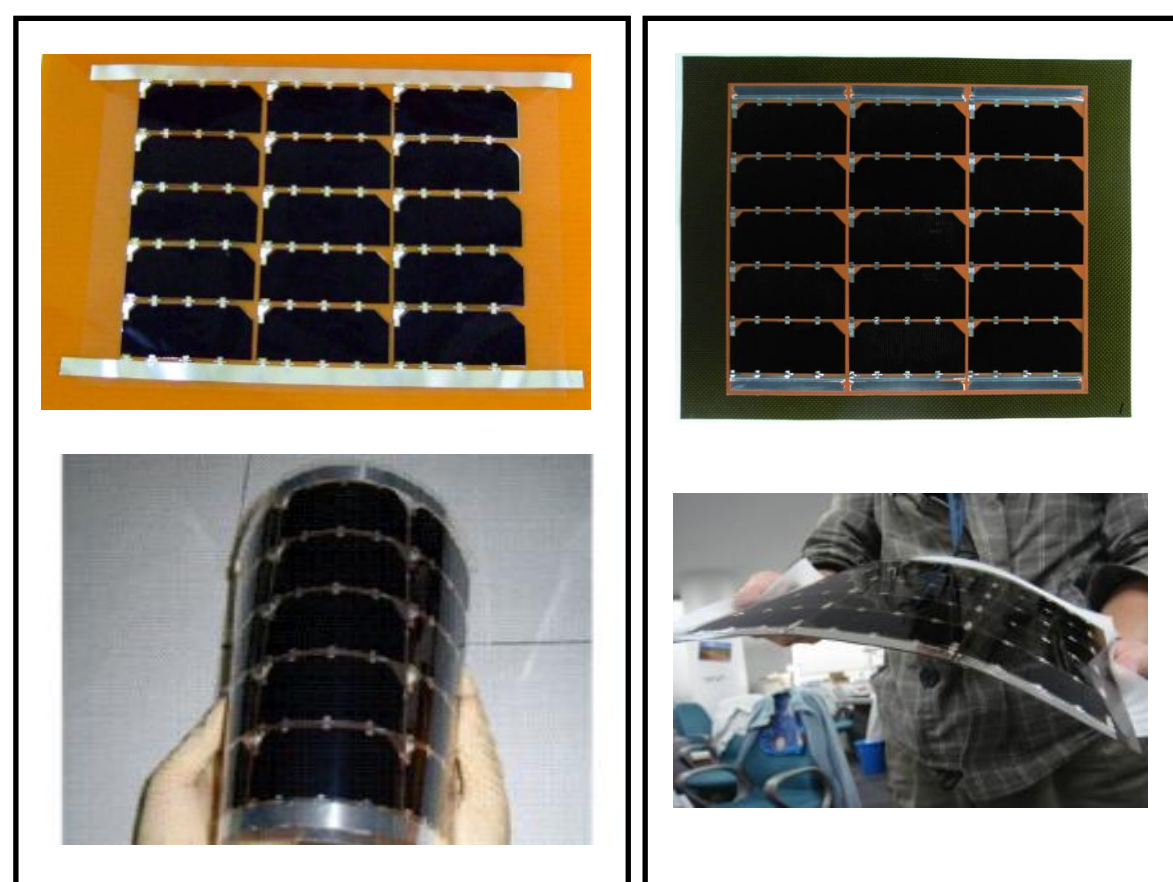


- ・リジッドな太陽電池に代わり、高効率薄膜太陽電池を採用
- ・従来のハニカムパネルを用いない軽量な支持構造体の採用

100W/kgの軽量太陽電池パネルの実現

【スペースソーラーシート（SSS）】

- ◆GaAs系化合物薄膜太陽電池セルを採用
 - ・高効率
 - ・軽量（A4サイズで30g以下）
 - ・フレキシブル
- ◆第一世代のSSSに関しては開発確認相当試験を終了



フィルムタイプ

ガラスタイプ

高効率薄膜セル諸元		
	薄膜2接合 （開発完了）	薄膜3接合 （開発中）
セル構造	InGaP/GaAs	InGaP/GaAs/InGaAs
BOL効率	24.9%（最高）	30%以上
厚さ	10μm以下	15μm以下

■開発確認相当試験

- ー太陽光吸収、熱放射
- ー熱衝撃
- ー高温真空
- ー耐放射線
- ー非動作寿命
- ー耐逆方向

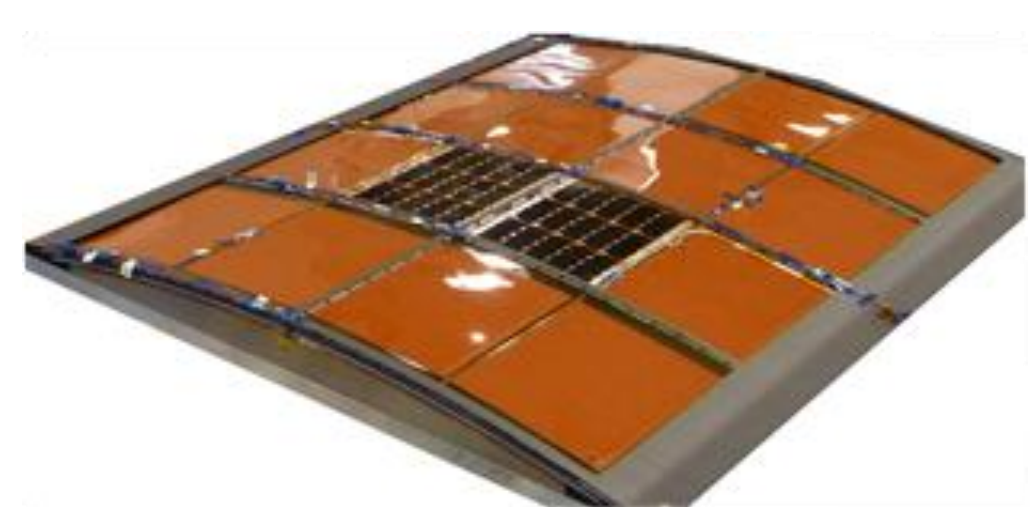
■諸特性評価試験相当

- ー温度特性
- ー分光感度特性
- ー耐放射線性
- ー角度特性
- ー光照射強度特性

DESTINYではガラスタイプの使用を想定

【曲面構造パネル】

全体に曲率を与えることで、薄くて軽いスペースソーラーシートの曲げ剛性を向上させる。



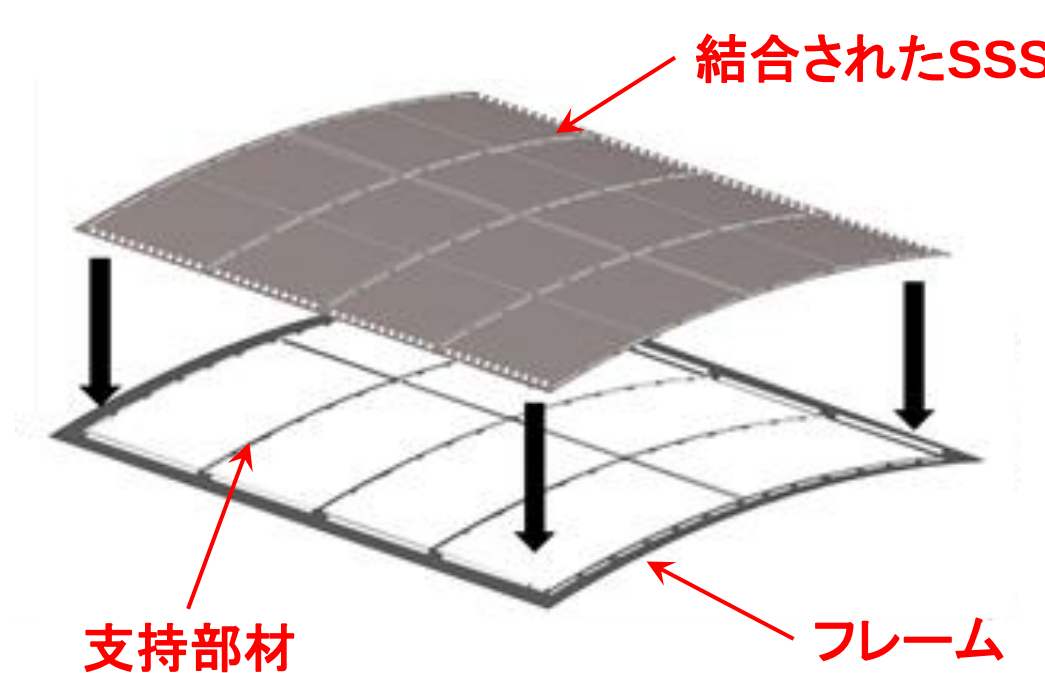
曲面パネル振動耐性評価モデル

- ・曲率と曲げ剛性の検討
- ・変形モードと剛性向上効果の検討
- ・太陽電池の性能と曲率の検討



DESTINY概念図

【フレーム曲面構造】



フレーム構造へのSSS搭載イメージ

【2次元展開パネル】

2次元展開パネルは、展開時の剛性確保に寄与しないため、メインパネル間よりも軽量なヒンジとすることができ、パネル全体の重量削減が可能となる。

【膜面搭載方法】

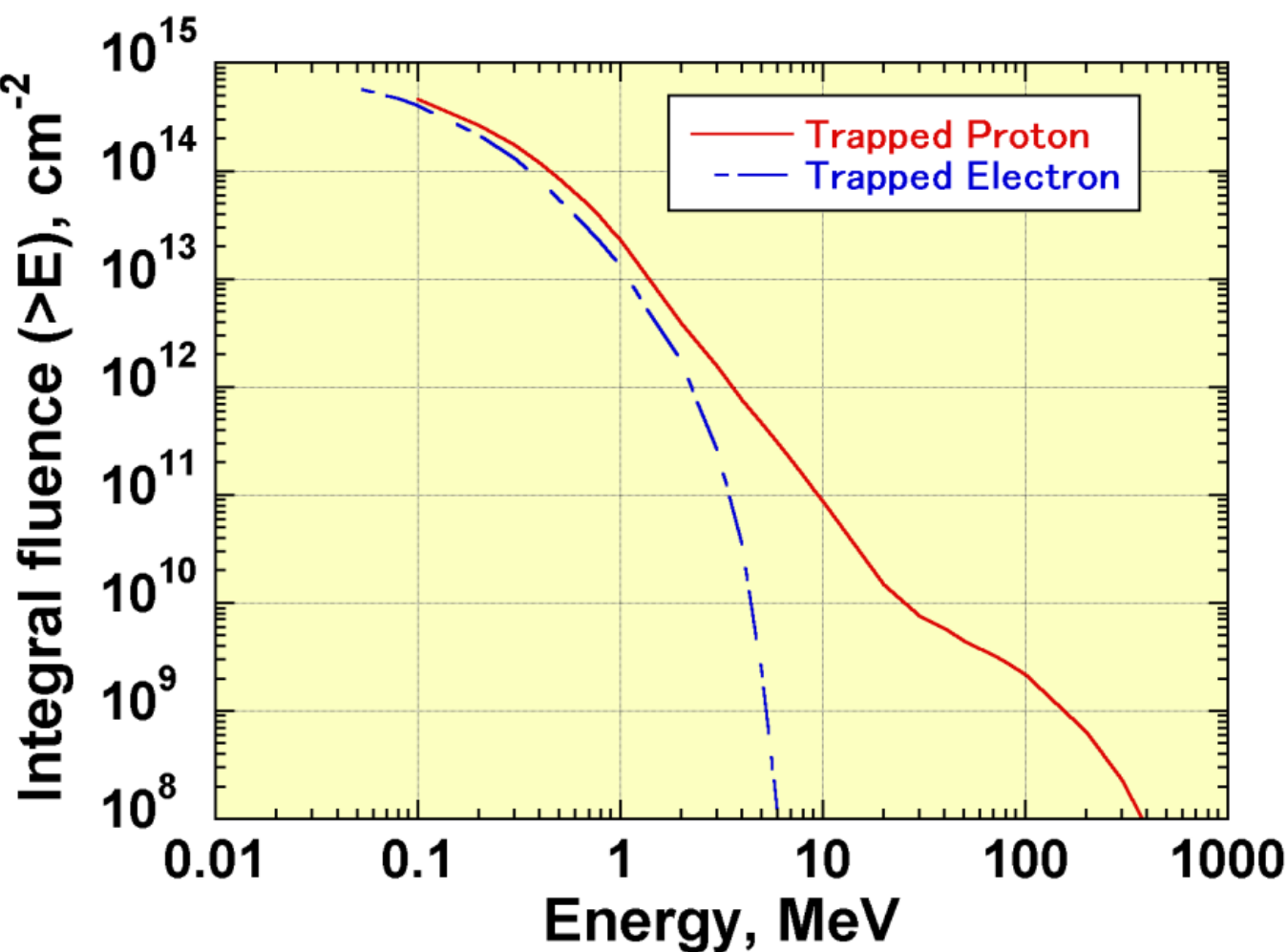
- SSSは薄く柔軟性を有するため、お互いを縫い合わせて結合することで、軽量性を損なうことなく大面積化を容易にした。
- フレーム・支持部材とは面ファスナー（ベルクロ）を介して固定する。そのため、軽量化とともにフレームへの搭載やリペア作業を容易にした。

【DESTINYにおける軽量太陽電池パネル検討（一例）】

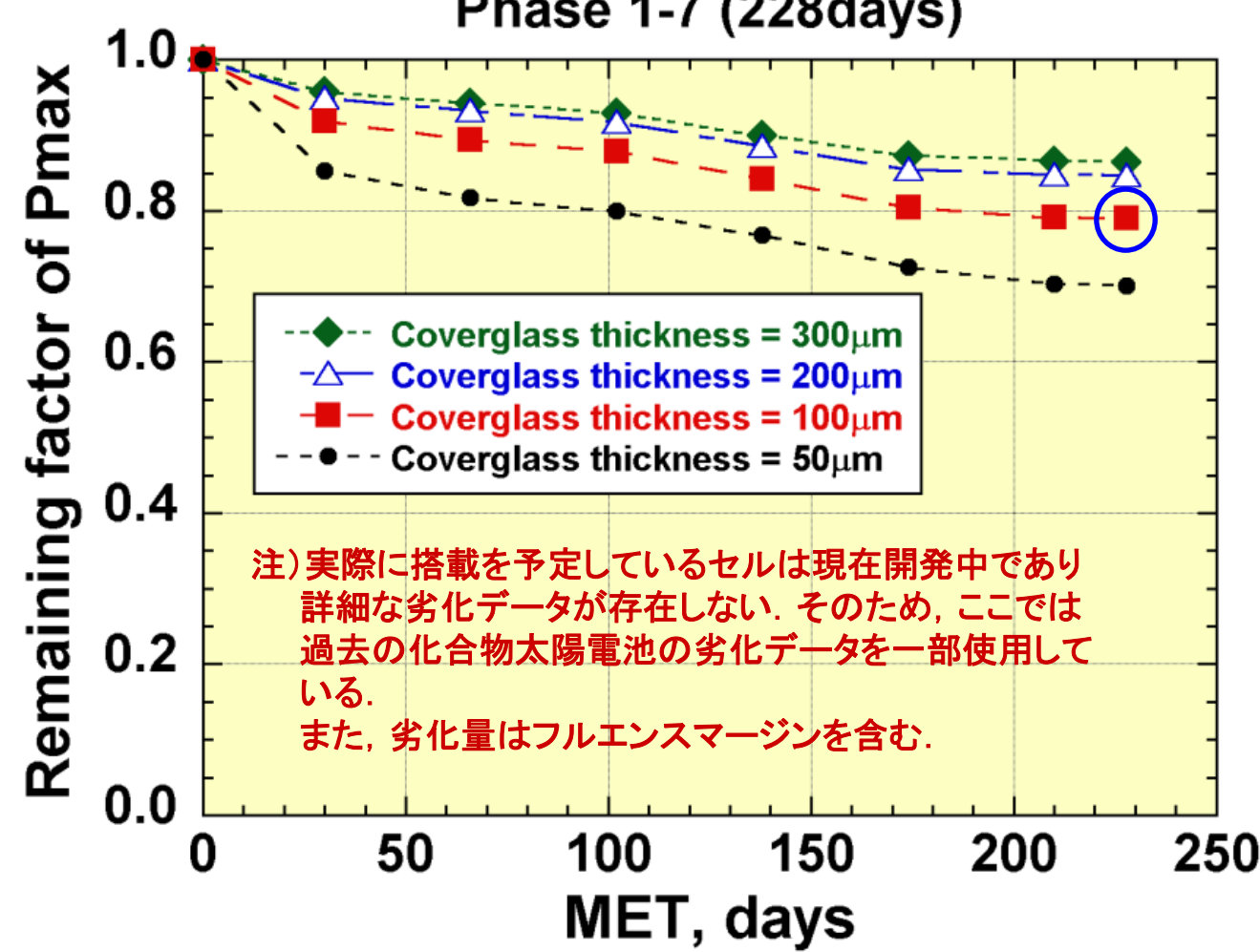
軽量パネル検討の前提条件

初期軌道	150 × 29,000km
期間	軌道制御により、近地点高度が13,000km（以上）に到達する
電力	228 days (2017/12/8~)
SSS	2.75 kW@EOL （バス部:1.19 kW, ミッション部:1.56 kW）
太陽電池セル	ガラスタイプ
電力制御方式	高効率薄膜3接合
パネル形態	APR
アレイ	基本モデル
電圧	分離バス（バス部・ミッション部に電力を供給するアレイを分ける）
	バス部:50V, ミッション部:100V（一例）

軌道条件から放射線環境ならびに太陽電池セルの放射線劣化予測を行った。
Phase 1-7 (228days)



軌道上放射線環境

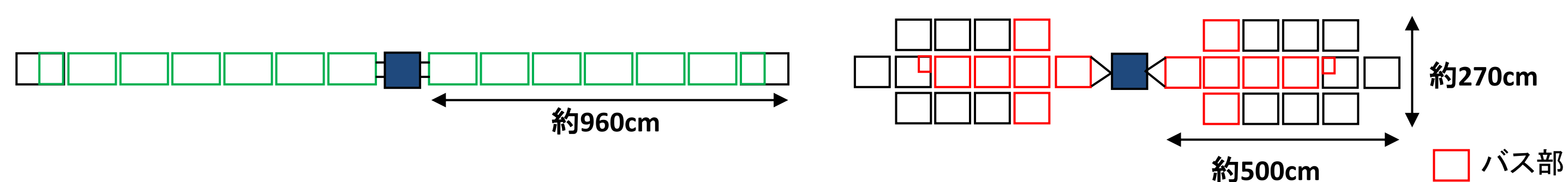


太陽電池セルの軌道上放射線劣化予測

【DESTINYにおける軽量太陽電池パネル最新検討結果】

	従来の小型衛星 リジッドパネル	薄膜軽量パドル
太陽電池アレイ	リジッドTJ(28.7%@BOL) 30直列130並列（2翼）	薄膜3接合(30.0%@BOL) 45直列104並列（2翼）
カバーガラス厚み	100μm	100μm
必要パネル数(2翼)	14枚	28枚
パネルサイズ	約129cm × 約84cm × 1.5cm t	約94cm × 約82cm × 1cm t
パドル形状	7パネル × 2翼 （セルは6.5パネル分）	14パネル × 2翼 （2次元展開）
発生電力（25℃&BOL）	4066 W	バス部:2103 W, ミッション部:2656W
発生電力（60℃）	2802 W	バス部:1280 W, ミッション部:1611W
パドル質量(2翼)	約76kg（SADM含まず）	約53kg（SADM含まず。 マージン含む）
出力重量比(BOL, 25℃)	約53W/kg	約90W/kg

2.75kW(EOL, 夏至, β角=0°)に対する、パドル形態の試算例。ただし、ランダム故障等のマージンは含んでいない。



【まとめ】

- ・軽量SAPの要素技術の紹介を行った。
- ・DESTINYにおける薄膜セル応用軽量太陽電池パネルの検討を行った。
- ・DESTINYは放射線環境が非常に厳しいVan-Allen帯を飛翔するため、太陽電池セルの劣化が大きいと予想される。
- ・パネル枚数は多くなるものの、従来のリジッドパネルを用いるよりも20～30kg程度の軽量化が可能と考えられる。
- ・今後、パネルの最適設計を進め、更なる高出力重量比(100W/kg以上)を目指す。

【謝辞】

本検討を行うにあたり、ご協力頂いたシャープ株式会社ならびにNEC東芝スペースシステム株式会社の関係各位に感謝いたします。