

# 衛星設計における取り組み

---

宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会#4

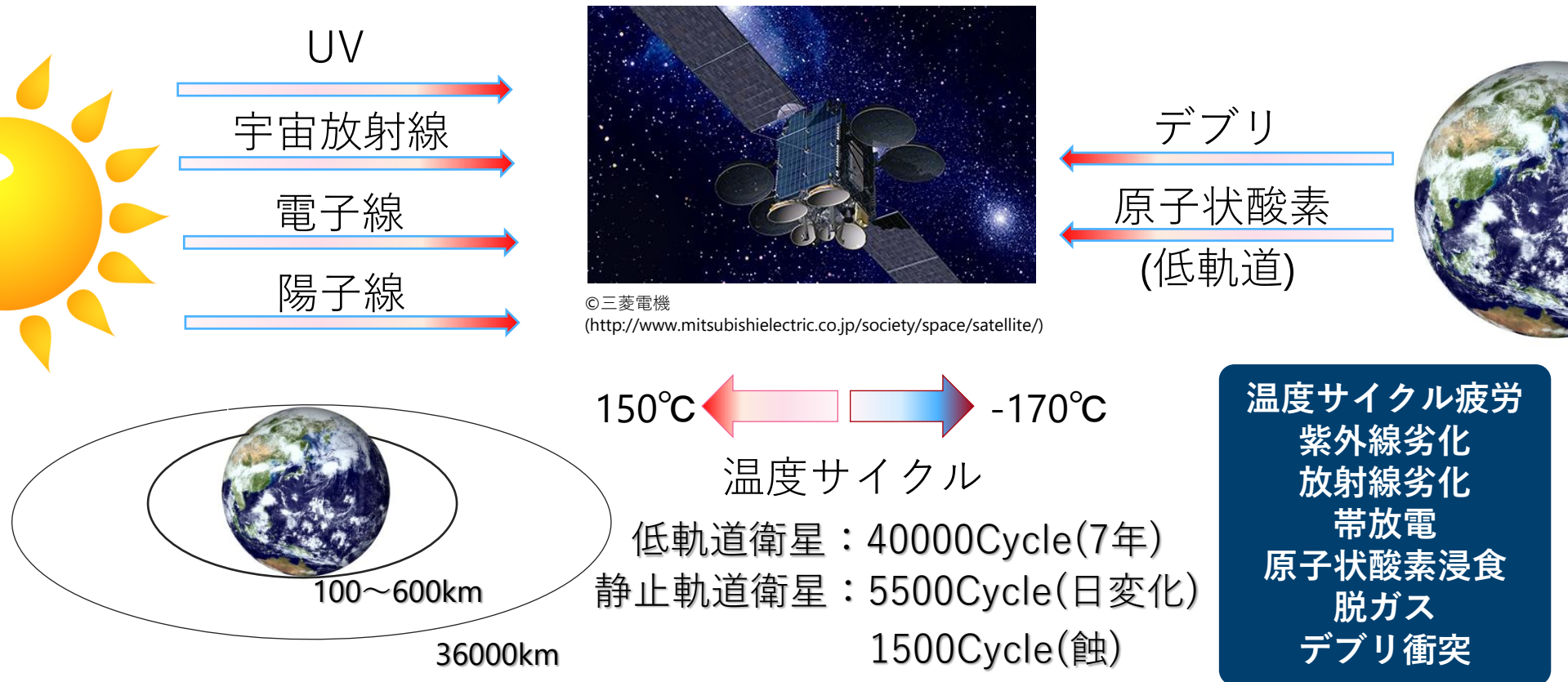
2022/2/18

三菱電機株式会社

鎌倉製作所 宇宙機器システム部 部品・信頼性技術課

## ◎衛星設計にて考慮が必要な宇宙特有の環境

衛星設計においては地上にはない以下環境を考慮する必要がある



## ◎宇宙機故障要因と宇宙天気予報

宇宙機故障要因のほとんどを占める帯放電、放射線障害は宇宙天気予報対象の環境に起因するものであり、天気予報の更なる高度化が衛星運用の安定化に繋がる

### 放射線障害

高エネルギーの宇宙放射線により太陽電池パネルなどの外部機器が劣化していき、不具合に繋がります。

衛星打上可否判断に太陽フレア発生予報を考慮、今後発生予報による衛星機器事前保護運用に期待

### シングルイベントアップセット (SEU)

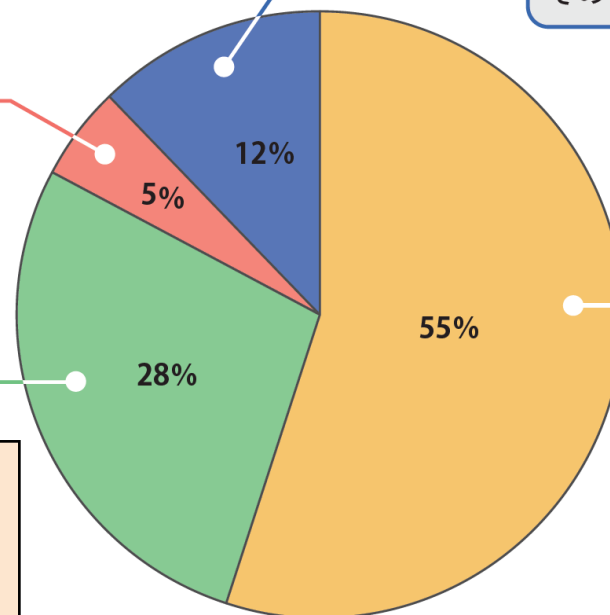
高エネルギーの宇宙放射線が衛星に搭載された集積回路を通過する時に、偽の電気信号を発生してしまふことがあります。この現象が SEU です。一時的な不具合や、衛星の故障を引き起こします。

### その他

### 帯電・放電

宇宙空間は希薄なプラズマで満たされています。その中を飛翔することで、人工衛星は帯電します。この溜まった電気が放出される時、機器の誤作動などが起こることがあります。

人工衛星帯電リスク評価(SECURES)のリアルタイム帯放電解析による衛星機器事前保護運用に期待



## ◎ トータルドーズ効果 (原因ワースト3)

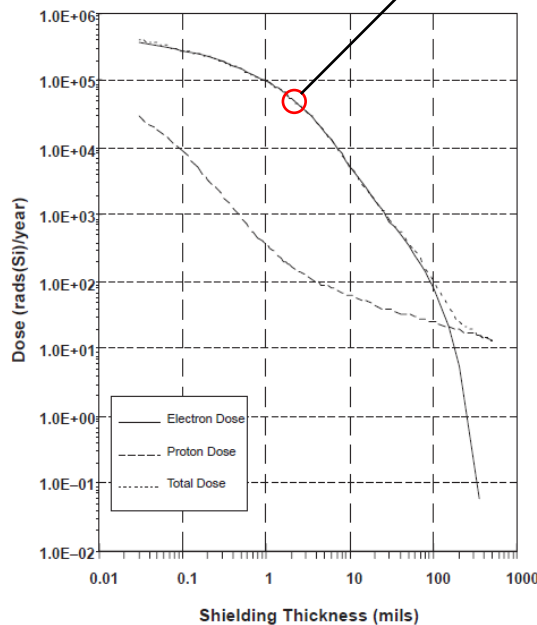
入射する放射線の累積によって生じる**恒久的損傷**

## ◎ 設計方針

### 1. **高耐性部品/材料**の採用

データの無い部品/材料を採用する場合は**試験によるデータ取得**も実施

### 2. **遮蔽**



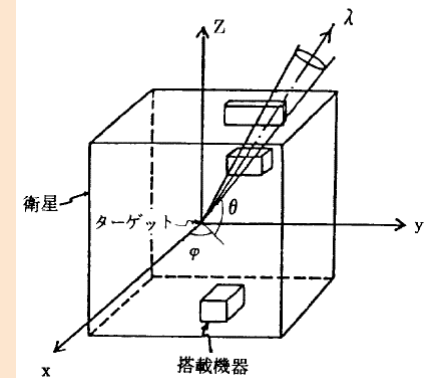
ドーズデプスカープ例(ISS軌道1年被曝量)  
SSP30512 SPACE STATION IONIZING RADIATION  
DESIGN ENVIRONMENT 抜粋

MLI(熱制御材)の厚さ  
0.05mmAl(=約2mils)程度  
でも被曝量は桁落ちする

### 遮蔽効果の確認

低軌道衛星等、宇宙用部品耐性に対して十分に被曝量が少ない場合  
機器遮蔽の最薄値で簡易評価することが一般的

静止衛星等、厳しい環境下の衛星については衛星/機器内部の質量分布を考慮した**3Dモデル解析**を実施



宇宙機内質量分布概念  
JERG-2-143 耐宇宙環境設計標準 抜粋

## ◎シングルイベント効果 (原因ワースト2)

高エネルギー陽子/重イオン入射に伴い発生する電荷による部品**誤動作/恒久故障**

## ◎設計方針

**1/0ビット反転、信号波形乱れ**

### 1. **高耐性部品**の採用

データの無い部品を採用する場合は試験によるデータ取得も実施

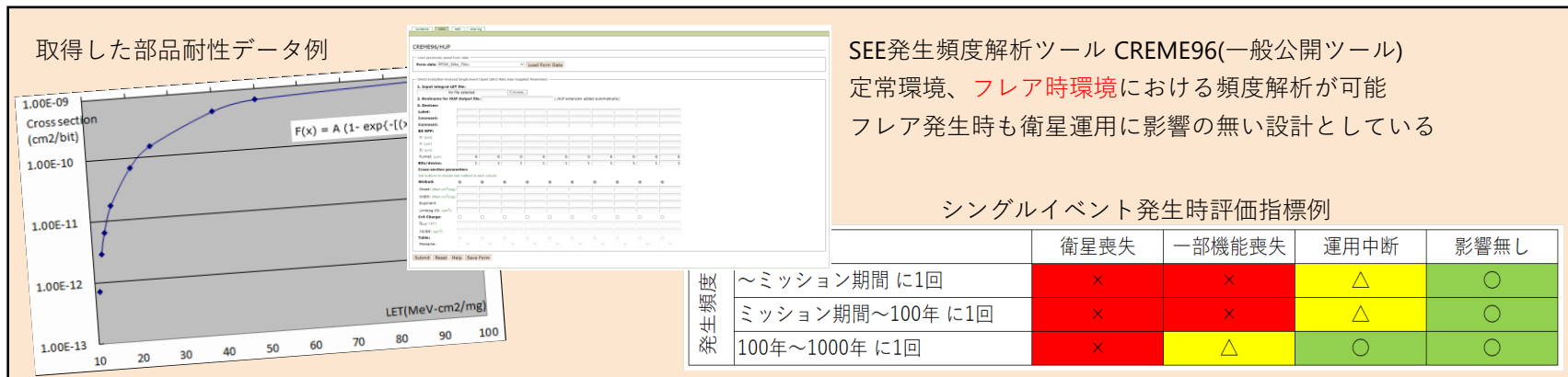
### 2. **エラー訂正、ノイズ伝搬防止**設計

チェック用データを別に持ち定期的にエラーパトロール、重要なデータは多数決ノイズ吸収を想定した回路設計...etc

### 3. **システム影響評価**

対策しても確率論的な話なので出る時は出てしまう...

発生時衛星運用に与える**影響とその発生確率で総合評価**を実施する



## ◎帯放電 (原因ワースト1)

プラズマ粒子の流入/放出により発生する材料間電位差が原因で**静電気放電**が発生し電子機器を損傷させる現象

## ◎設計方針

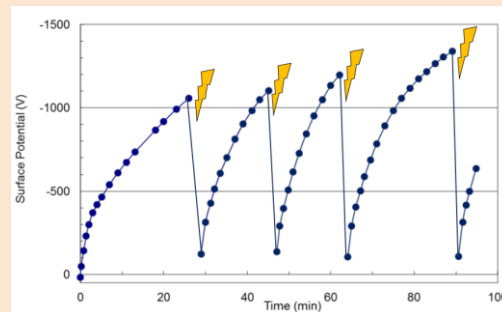
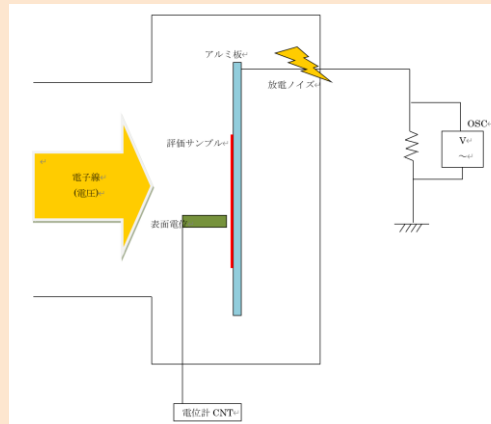
### 1. 同電位化

材料間で電位差が付かないように宇宙機構体と通を取ることを基本とする

### 2. 帯電解析/放電有無確認

試験確認した各材料の**放電閾値**に軌道上で達しないことを**帯電解析**で確認する

#### ①帯電試験で放電有無/閾電圧を確認

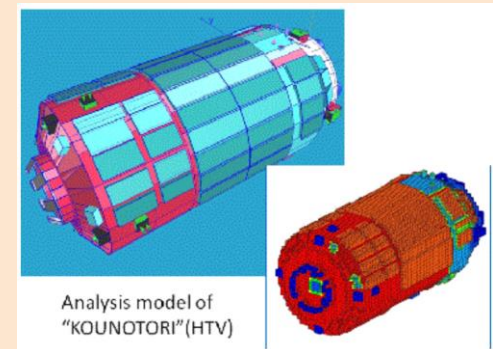


試験結果例. 1kV電位差が付くと放電.

②でこれ以上差が付かないこと確認!!

#### ②帯電解析ソフトウェア **MUSCAT**

で軌道上帯電状況を解析



MUSCAT Space Engineering社HP(Astro-muse.com)抜粋

## ◎今後の衛星開発

「**高性能**」, 「**小型**」, 「**安価**」がキーワード

従来使用してきた宇宙用途の高信頼性部品だけではなく、最新テクノロジーを採用した**民生部品**等最新デバイスの適用が重要

⇒**耐宇宙環境性**に対する評価が必須！**最新デバイス**の未評価部品の採用が今後増加することになる

## ◎課題

### ・**評価試験設備開拓**

耐宇宙環境試験を実施できる設備が少なく、高額なため手軽な評価が困難

### ・**評価試験効率化**

試験にかかる時間も長く、貴重な設備確保時間でも数デバイスの評価がやっと

## ◎行政・宇宙天気予報に対する希望

### 1. **実データに基づく宇宙天気サービス/予測の充実化** ⇒宇宙天気予報

- ・低軌道衛星の環境や銀河宇宙線関連の宇宙天気サービスはできないか？
- ・将来的には宇宙天気データを積み上げることで、宇宙天気に対する衛星設計のマージン最適化に繋がられないか？

### 2. **宇宙天気予測期間の拡充** ⇒宇宙天気予報

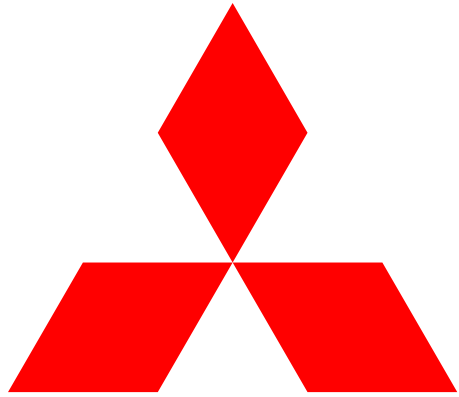
ユーザにとって一、二週間先の天気予測があれば、衛星の安全モードへの移行等の事前準備を整えやすい

### 3. **最新デバイス評価/データベース化推進** ⇒行政

今後使用が予想される最新デバイスの耐環境性について先行/メーカー共同で評価してデータベース化することで国内衛星の高性能化を加速させていきたい

既にも実施/検討いただいております、時間のかかることに対する希望で大変恐縮ですが、今後ともよろしくお願い致します。





**MITSUBISHI  
ELECTRIC**

*Changes for the Better*