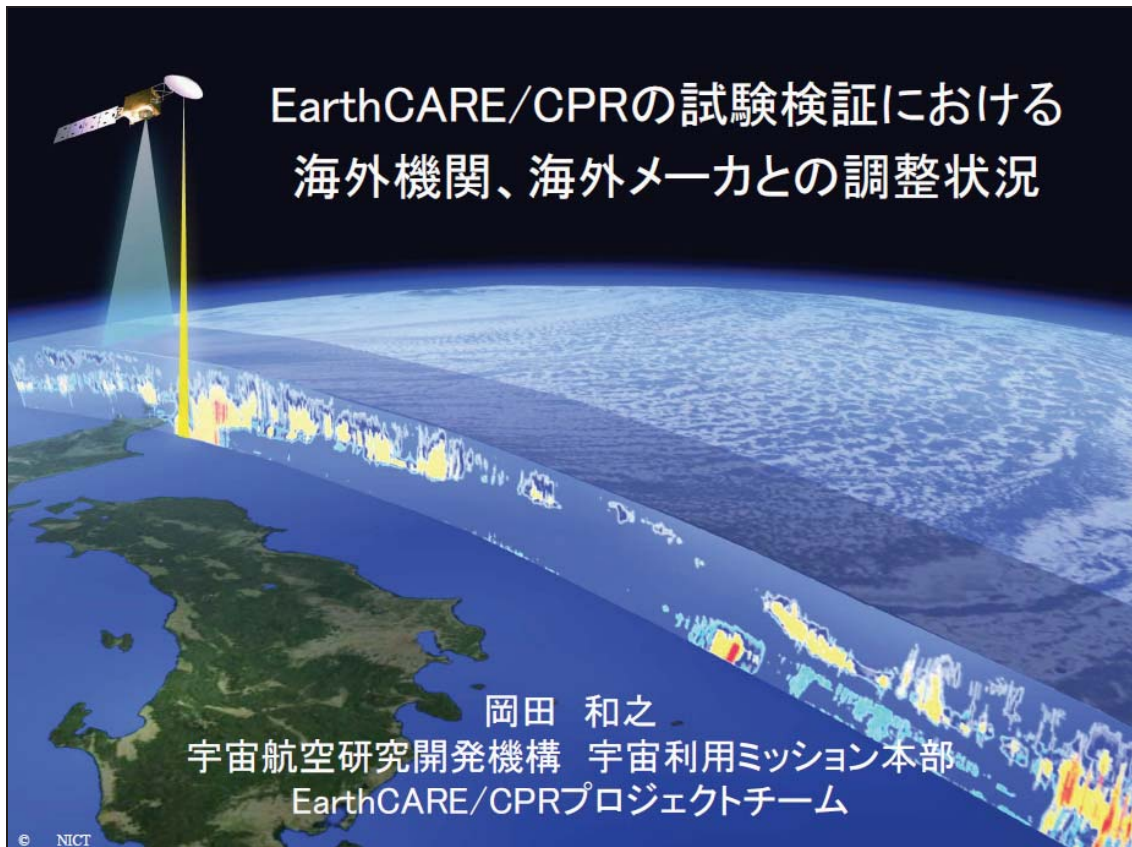


## 5.6. EarthCARE/CPR の試験検証における 海外機関、海外メーカーとの調整状況

宇宙航空研究開発機構 宇宙利用ミッション本部

EarthCARE/CPR プロジェクトチーム

岡田 和之 氏



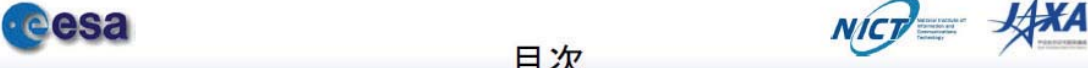
## 発表概要

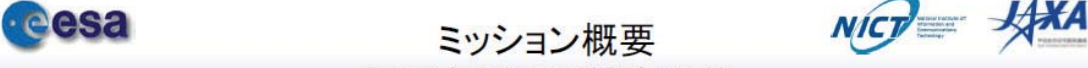
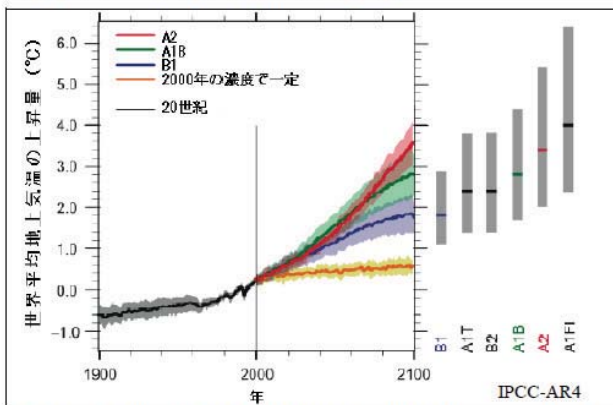


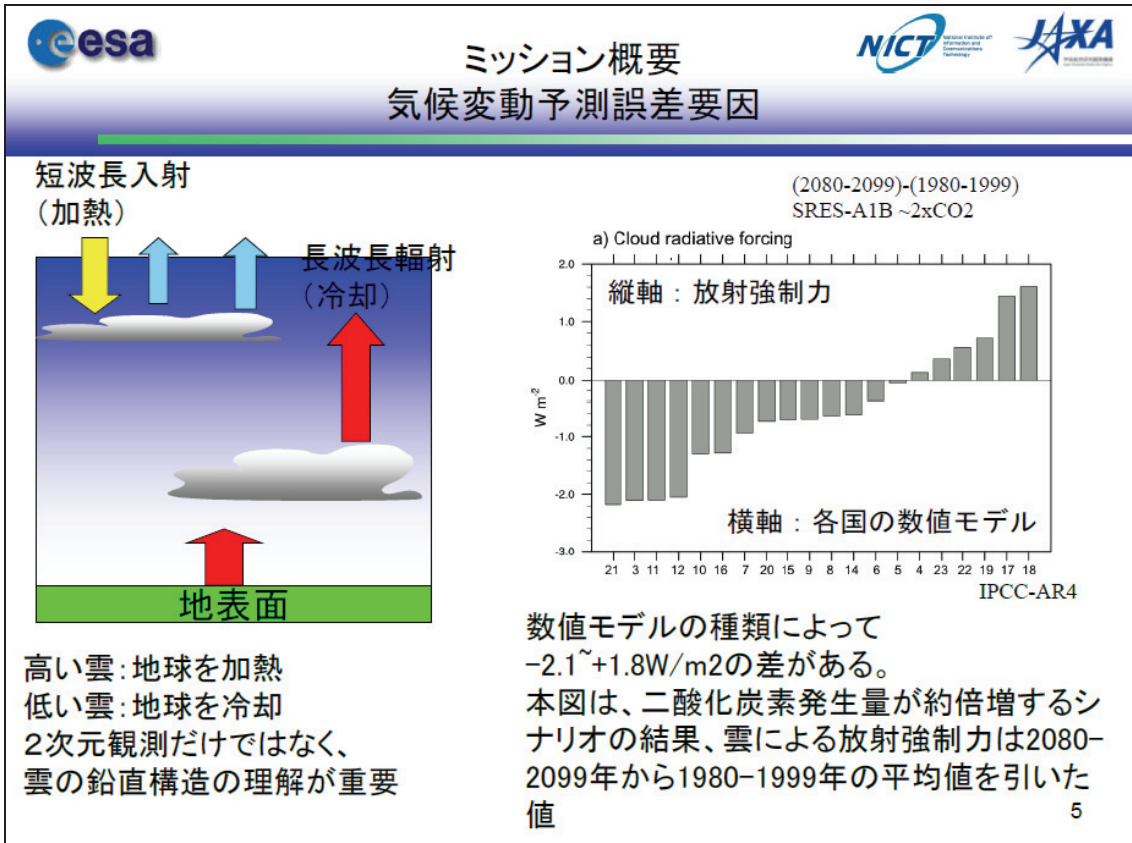
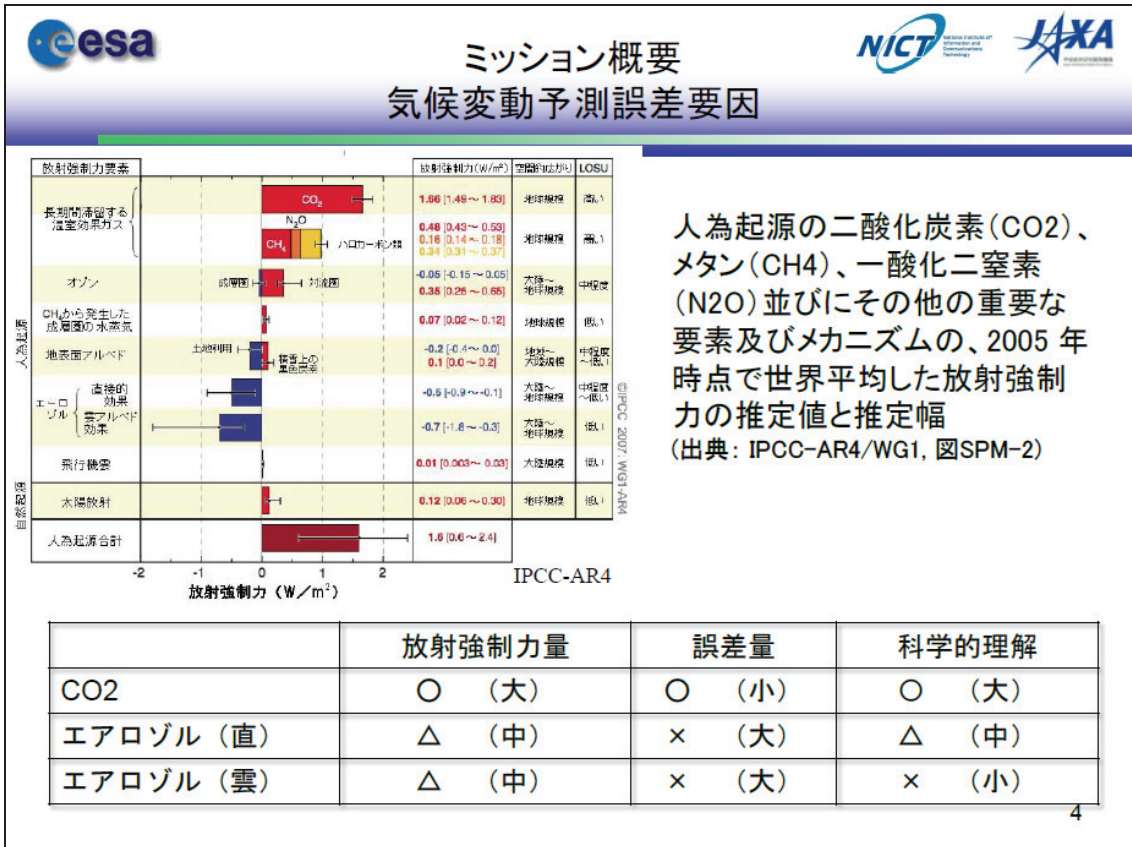
雲エアロゾル放射ミッション/雲プロファイリングレーダ (EarthCARE/CPR) プロジェクトは、ESAが開発する EarthCARE衛星にJAXAが開発するCPRを搭載する国際共同開発ミッションである。

また、CPR開発においても主要なサブシステム開発を複数の海外メーカーが担当している状況にある。


このような状況において起きている、国内と海外での設計や試験に対する考え方の違いによる問題や、調整状況について紹介を行う。

 <h2 style="text-align: center;">目次</h2>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ミッション概要</li> <li>■ EarthCARE概要</li> <li>■ CPR概要</li> <li>■ CPR開発体制</li> <li>■ 要求文書の適用状況</li> <li>■ 調整案件例</li> <li>■ まとめ</li> </ul>
<p>2</p>

 <h2 style="text-align: center;">ミッション概要 気候変動予測精度現状</h2>	
<p>IPCC4次報告において、複数の社会発展シナリオ、複数の数値モデルを用いた地球平均地上気温の昇温予測(1980~1999年と比較)には、100年後の全球平均気温で4K程度の誤差がある。</p>	
	<p>例： 社会発展シナリオA1FIにおいてモデルによる気温変化結果は2.4-6.4°C</p> <p>A1FI： 経済成長が発展を続け2050年頃人口のピークを向かえ、その後緩やかな減少。エネルギーを化石燃料に頼っているシナリオ。</p>
<p>橙色の線は、温室効果ガス濃度を2000年の値で一定に保った実験のもの。右側の灰色の帯は、6つの各社会発展シナリオにおける最良の見積り(各帯の横線)および起こりうる可能性が高い予測幅。</p>	
<p>3</p>	









### ミッション概要

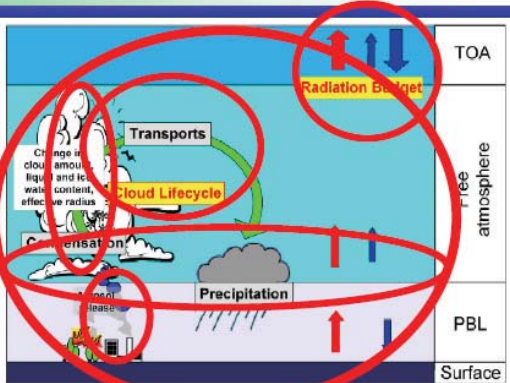
## 雲エアロゾルライフサイクル

気候モデルごとに雲の取扱いが異なるのは、雲の鉛直構造や雲・エアロゾルの相互作用および大気への放射雲粒の上昇・下降流等わかっていない事が多いためである。雲エアロゾルのライフサイクルを通し、プロセスを理解することが重要。


そのため、下記の情報が必要となる。

- エアロゾルの鉛直分布と微物理的特性
- 水/氷雲の鉛直構造(オーバーラップ構造を含む)、雲の微物理特性
- 雲内の対流性上昇流と氷晶核の落下速度
- 雲、エアロゾルの水平分布
- 大気上端における短波長および長波長の放射フラックス
- グローバル観測





**観測要求**

6






### ミッション概要

## 観測要求と搭載センサ

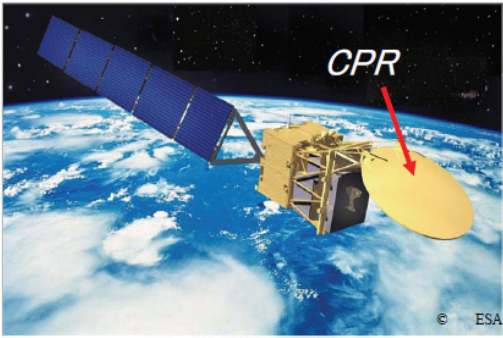
観測要求	観測技術	観測センサ
エアロゾルの鉛直分布と微物理的特性	高波長分解能大気ライダー	ATLID
水/氷雲の鉛直構造(オーバーラップ構造を含む)、雲の微物理特性	雲レーダー	CPR
雲内の対流性上昇流と氷晶核の落下速度	ドップラーレーダー	
雲、エアロゾルの水平分布	多波長イメージャー	MSI
大気上端における短波長および長波長の放射フラックス	広帯域放射計	BBR

7

## EarthCARE概要




- ・打上予定：平成27年11月(2015年11月)
- ・ミッション期間：3年
- ・総重量：約1700kg
- ・電力：1100W
- ・データレート：1500kbps
- ・外形：6m x 2.5m x 2.5m
- ・軌道：低軌道太陽同期準回帰軌道
  - 高度約400km
  - 降交点通過地方時13:45-14:00
- ・搭載センサ
  - CPR : Cloud Profiling Radar
  - ATLID : Atmospheric Backscatter Lidar
  - MSI : Multi-Spectral Imager
  - BBR : Broadband Radiometer
- ・打上ロケット：ソユーズ or ゼニット



EarthCARE衛星

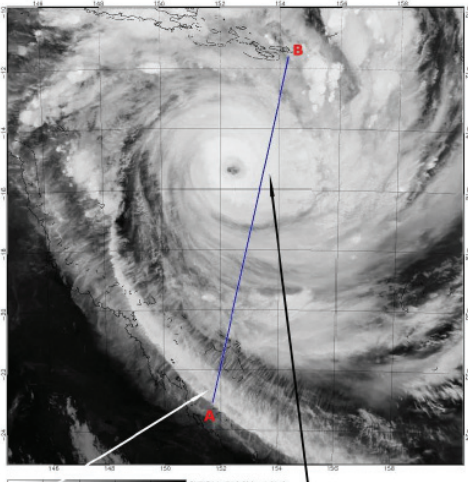
CPRは、世界初のドップラ速度計測機能を有した衛星搭載用ミリ波レーダ

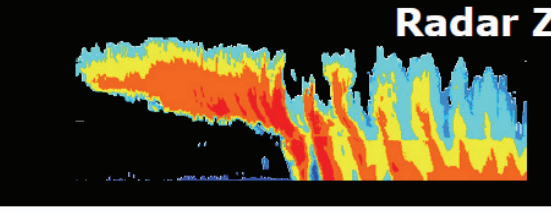
8

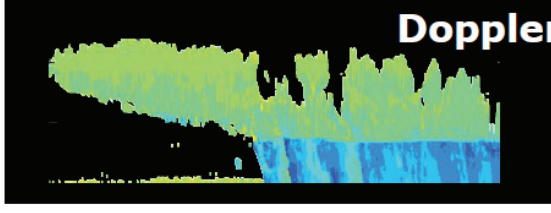
## EarthCARE概要

### CPR観測イメージ

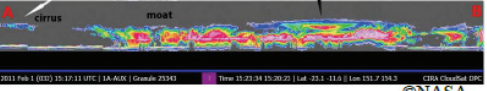




**Radar Z**




**Doppler**





EarthCARE/CPR image

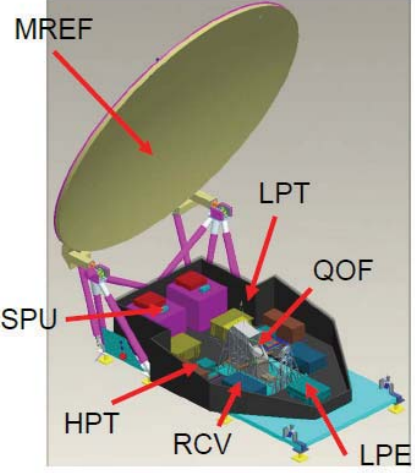
9



### CPR概要

---




CPR外観



中心周波数	94.050GHz
消費電力	316W
重量	240kg
MREF開口径	2.5m
瞬時視野	800m以下
観測感度	-35dBZ
ドップラ精度	1m/s以下

**主要構成部品**

- 主反射鏡(MREF)
- 信号処理部(SPU)
- 準光学給電部(QOF)
- 送受信サブシステム(TRS)
  - 低出力送信機(LPT)
  - 送受信機サブシステム信号処理部(LPE)
  - 受信機(RCV)
  - 高出力送信機(HPT)
    - 高出力送信管用電源(EPC)
    - 高出力送信管(EIK)

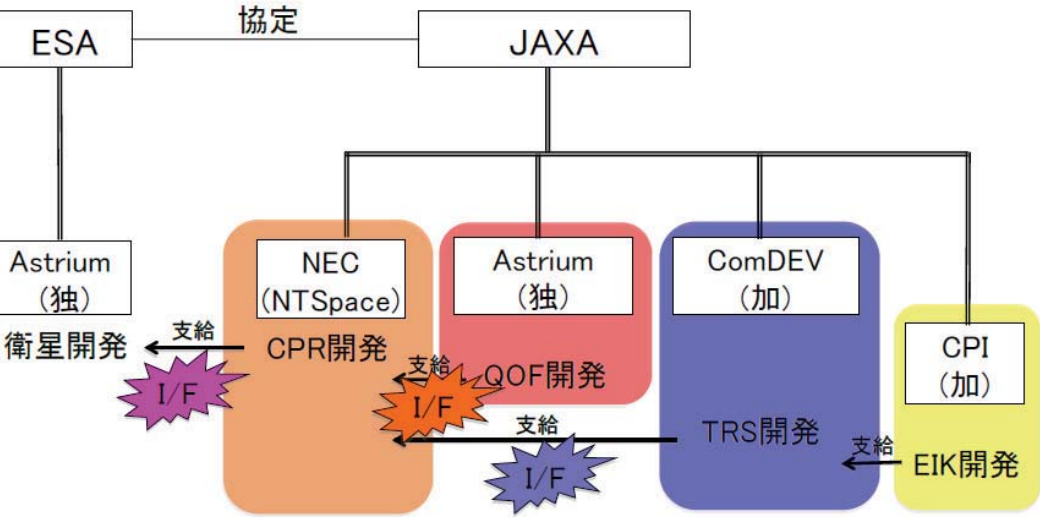


### CPR開発体制

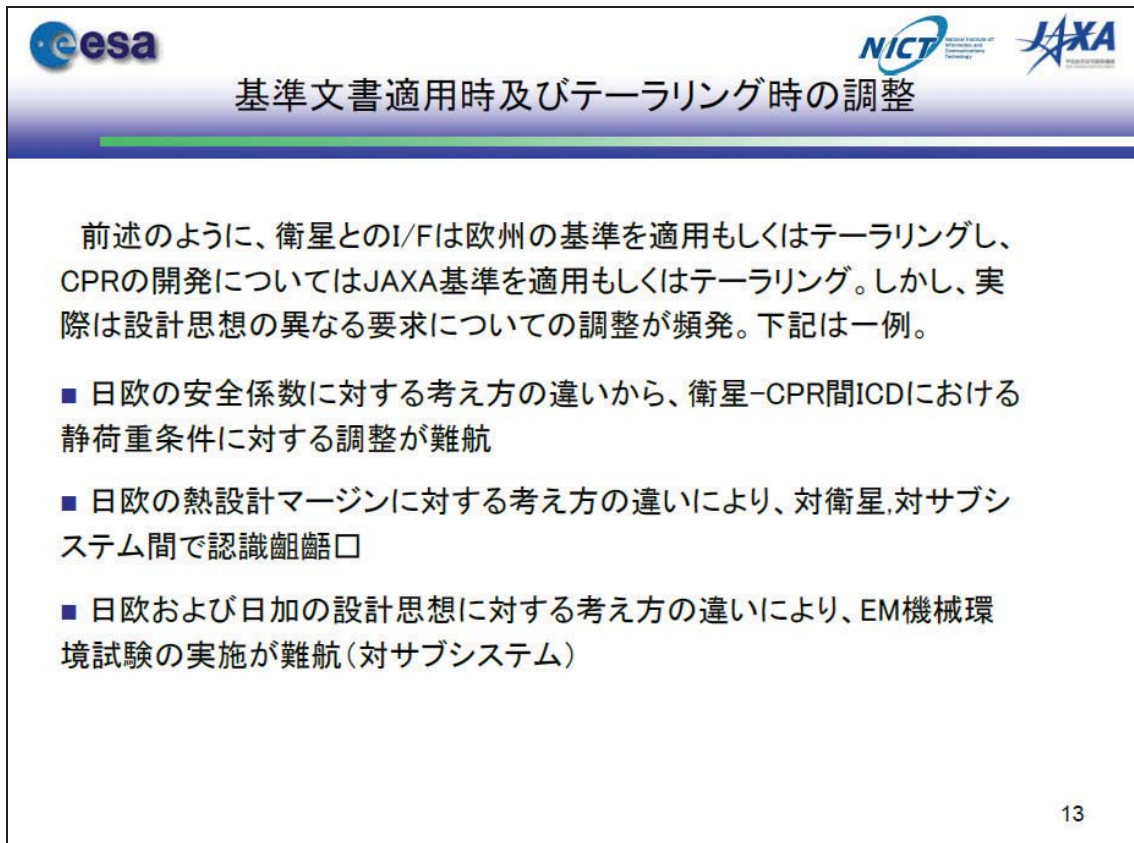
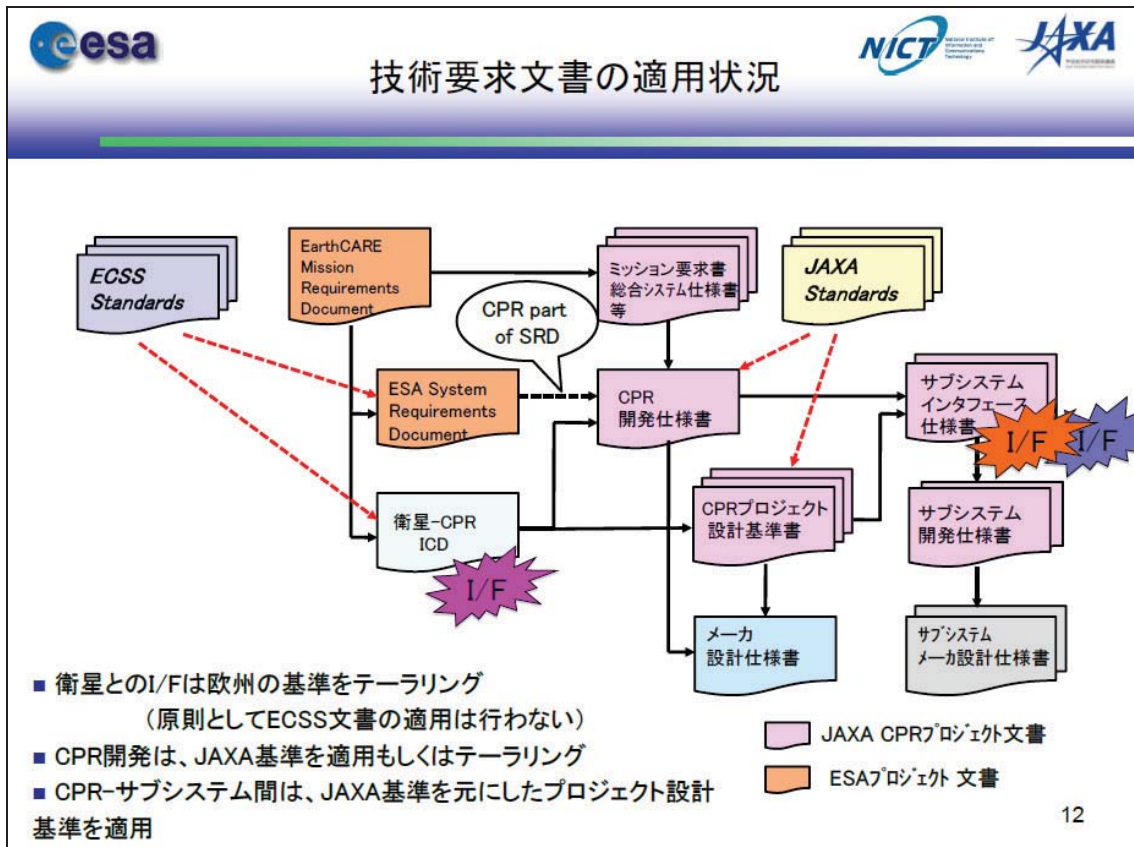



---




主要サブシステム開発を海外メーカーが実施










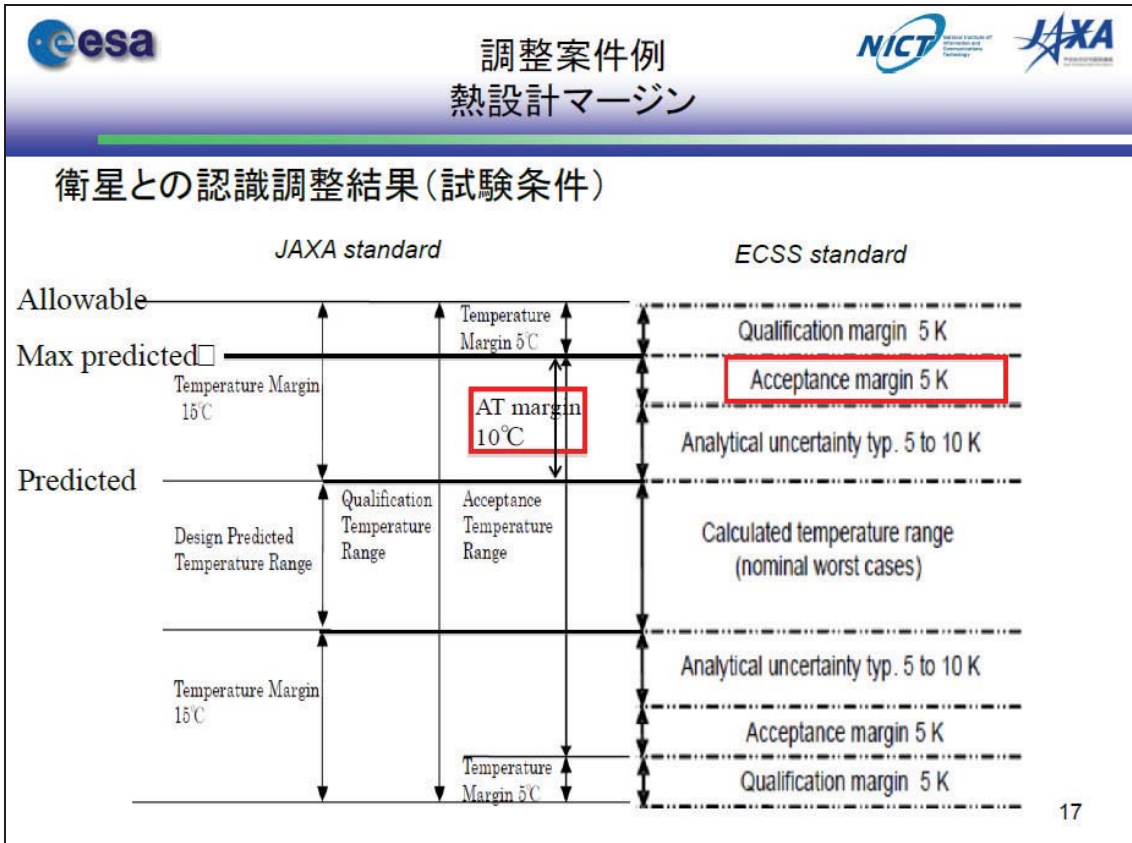
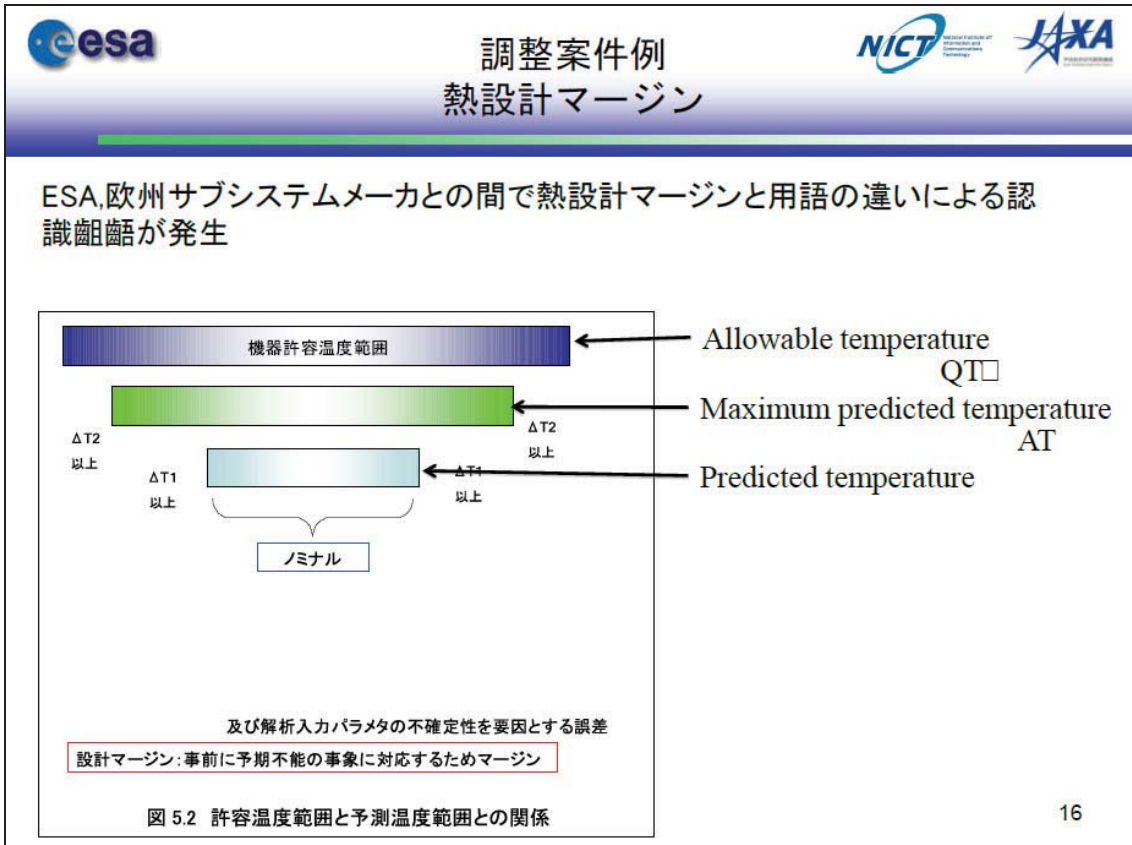



  		
調整案件例 静荷重条件		
<p>欧州開発の衛星側とJAXAの安全係数の考え方の相違を下記に示す。 CPRが基準として設定した制限荷重(Limit load)と、衛星側のDesign loadでは、Design Factor分の差があることが明らかとなった。</p>		
<b>衛星およびCPRで適用している安全係数</b>		
項目	衛星側係数	CPR側係数
Limit load (LL)	LL (ランチャーマニュアルより規定)	LL (CPR側として、不確定性等を含んだ値として設定)
Design load (DL)	LL x Design Factor (1.5) x Uncertatinty Factor (1.1) x Protoflight Factor (1.1)	N/A
Yield load (YL)	DL x Yield Factor (1.1)	LL x 1.25
Ultimate load (UL)	DL x Ultimate Factor (1.5)	LL x 1.5
QT load (QL)	LL x Qualification Factor (1.5)	LL x 1.25
PFT load	LL x Qualification Factor (1.5)	LL x 1.25
AT load (AL)	LL x Acceptance Factor (1.1)	LL

14



  		
調整案件例 静荷重条件		
<p><b>静荷重条件調整結果</b></p> <p>衛星側の荷重条件は、試験レベルにおいては日本側の定義と相違が小さいことが確認された。そのため、設計への安全係数要求は変更せずに進めることで合意した。</p>		
<b>CPRのLimit loadとの比較</b>		
項目	CPRのLimit loadを1とした場合の比(CPR側)	衛星側係数とCPRのLimit loadとの比
Limit load (LL)	1	0.83
Design load (DL)	N/A	1.5
Yield load (YL)	1.25	1.65
Ultimate load (UL)	1.5	2.25
QT load (QL)	1.25	1.24
PFT load	1.25	1.24
AT load (AL)	1	0.9

15





### 調整案件例 EM機械環境試験

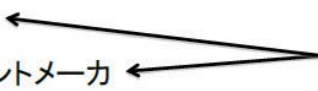
---

■ 海外サブシステムメーカーにおいて、累積疲労損傷保証要求になじみが無く、全てのコンポーネントに対して日本側が個別に説明対応が必要となった。

- ・ EMでPFMの疲労を保証する日本式の検証試験は世界標準ではない
- ・ 特に欧州では衛星ミッションに対する疲労の試験要求は一般的でない


サブシステムメーカー

└ コンポーネントメーカー





疲労保証の考え方説明  
およびEMランダム試験  
(レベル、秒数)設定支援

19



### 調整案件例 EM機械環境試験


---

■ 欧州においてはサブシステムおよびコンポーネント振動試験時に静荷重条件を超える試験を許容せず、ランダム振動試験実施において調整が難航。

設計基準では、正弦波、ランダムの厳しい条件に対する設計を要求

しかし、サブシステムメーカーは、静荷重条件がサブシステムのMax荷重と認識


ランダム振動試験前の試験前解析にて、ランダム振動の3σ値が静荷重条件を超えるコンポーネントがあることが示された





EMランダム振動試験時にノッチングを適用すると主張

20






## 調整案件例 その他






- MLI剥離防止の仕様齟齬
- 熱平衡試験の試験ケース
- EMC試験ケース
- 衛星システム試験開発思想の齟齬

21



## まとめ

- EarthCARE/CPRプロジェクトはESA-JAXAの共同ミッションであるだけでなく、主要サブシステム開発も海外メーカーが担当している国際共同開発ミッションである。
- 技術要求を文書に定義し適用しているものの、開発時には各国で設計思想や設計基準が異なる箇所について認識齟齬等が発生し、個別に認識の整理や技術調整を行う必要が頻発している。
- 各国で設計思想の違いがあること、および思想が似ていても用語の使い方の齟齬が起こりえることを想定し、設計の初期段階から調整を開始することが望ましい。
- 当該者が当たり前と考えているため報告されず、資料の一記述から大きな認識齟齬が発見される場合もある。そのため、レビューの充実が重要
- 将来的に統一した設計思想、設計基準での開発を行うためにも、事例の蓄積が重要

22

## 質疑応答

### 質問者①

遠隔地とのやりとり、調整によって全体スケジュールは遅れたりするのでしょうか。

### 発表者

調整によってスケジュールが遅れるということはありません。朝・晩を使い分けて遠隔地とテレコンをつないでいます。朝カナダのメーカーと打ち合わせして、昼に日本のメーカーと打ち合わせをして、夜にヨーロッパのメーカーと打ち合わせをするといったことが連日となることもあります。

### 質問者②

私どものグループでは、アンテナをたくさん搭載したシステムを扱っており、その際スケジュールによって言葉の定義を整理しています。たとえば、ある一つの大きさのものを「モジュール」と定義し、それがいくつか集まったものを「ユニット」、そしてそれがさらに集まったものを「システム」と定義して整理しています。ご参考にしていただければと思います。

### 発表者

ありがとうございます。ただ、私どものプロジェクトでも言葉の定義を間違えないようにエクセルで表を作成し、共有するという事も行っていますが、担当者ベースで当たり前だと思っている用語についても認識齟齬が発生しているため、そういった物について漏れが出ないように注意が必要です。

### 質問者③

国際的な作業の中で、昔 ISO の取り組みの中で用語の統一について議論したことがあります。今後業界全体でこういった取り組みはされていくのでしょうか。

### 発表者

直接このプロジェクトから定義について整理していくことはないと思いますが、NASA、JAXA、ESA 間でこういった取り組みはありますのでその中で整理されていければと思います。