

# 全球降水観測/二周波降水レーダ (GPM/DPR) の開発移行について

平成19年8月27日B改訂

平成19年8月7日A改訂

平成19年7月24日

宇宙航空研究開発機構

GPM/DPRプロジェクトチーム

プロジェクトマネージャ

小嶋 正弘

# 目次

- ◆ 全球降水観測/二周波降水レーダ (GPM/DPR) の開発移行について
- ◆ 全球降水観測 (GPM) 計画の概要
- ◆ 熱帯降雨観測衛星 (TRMM) の成果
- ◆ 本文
  1. 開発研究移行後の進捗
  2. 背景及び位置付け
  3. 目的
  4. 目標
  5. 開発方針
  6. システム選定および設計要求
  7. 開発計画
  8. リスク管理
- ◆ まとめ

# 全球降水観測/二周波降水レーダ(GPM/DPR)の開発移行について

- 全球降水観測(GPM: Global Precipitation Measurement)計画は、二周波降水レーダ(DPR: Dual-frequency Precipitation Radar)及びマイクロ波放射計を搭載した1機の主衛星と、マイクロ波放射計またはマイクロ波サウンダを搭載した複数機のコンステレーション衛星(副衛星群)により全球降水の高精度・高頻度観測を行う国際協力ミッションである。主衛星は宇宙航空研究開発機構(JAXA)と米国航空宇宙局(NASA)の共同開発であり、JAXAは情報通信研究機構(NICT)と協力してDPRの開発を行う。
- GPM/DPRは平成14年11月の宇宙開発委員会本委員会で開発研究への移行が認められた。
- 開発研究移行以後
  - ✓ NICTとのDPR開発分担の確定及びNASAとの主衛星打上げ分担の確定
  - ✓ DPR開発仕様及び衛星システムとのインタフェースのベースラインの設定
  - ✓ DPRに採用する技術の成熟度分析と新規技術の識別及び新規技術の試作試験
  - ✓ サクセスクライテリア、開発資金、スケジュール(NASAとの調整による打上げ年度の平成25年度への変更)、実施体制、リスク管理計画の検討・更新を実施し、その妥当性をJAXAで確認した。
- 一方NASAによる主衛星開発は現在基本設計中であり、平成20年末に開発段階に移行が計画されている。平成25年度の打上げに向けて、平成23年度にDPRをNASAに引き渡すマイルストーンでの開発実施についてNASAと調整済み。
- 以上のことから、GPM/DPRは開発研究段階におけるフロントローディング及びNASAとの開発実施に関する調整が終了し、開発移行の準備が整ったため、平成20年度からの開発段階へ移行について、宇宙開発委員会の評価を受けることとする。

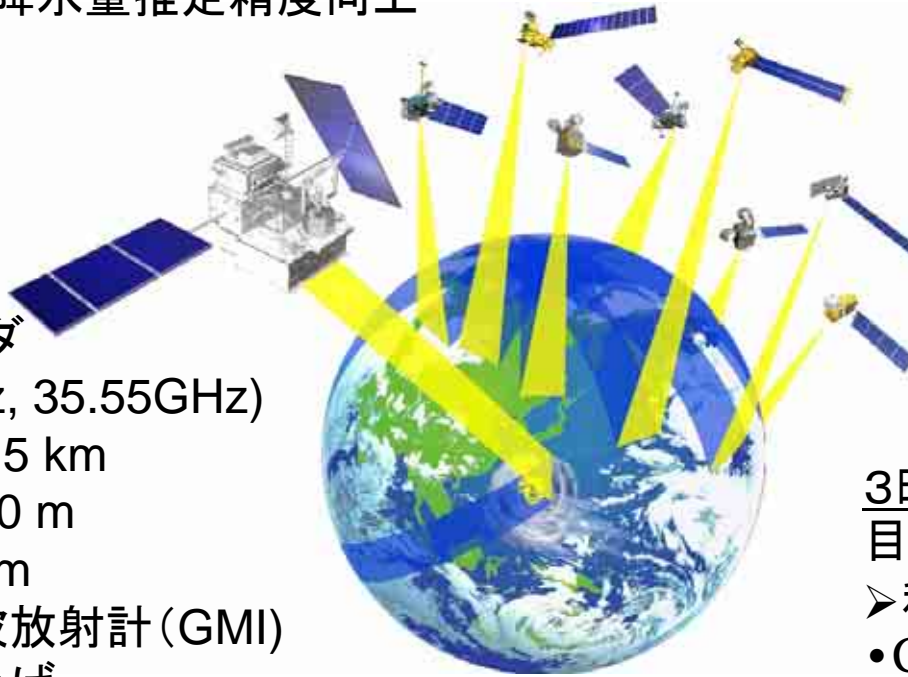
# 全球降水観測(GPM)計画の概要

## 主衛星

目的:

- 降水システムの水平、鉛直構造の理解
- 降水粒子情報の取得
- 副衛星群による降水量推定精度向上

- 二周波降水レーダ  
(DPR: 13.6GHz, 35.55GHz)  
水平分解能: 約 5 km  
鉛直分解能: 250 m  
走査幅: ~245 km
- 多周波マイクロ波放射計 (GMI)
- H-II Aによる打上げ
- 太陽非同期軌道  
軌道傾斜角: 約 65°  
高度: 約 407 km
- 設計寿命: 3年2ヶ月 (燃料は5年分を搭載)



## 副衛星群

目的:

- 十分な観測頻度  
(降水は時間空間変動の大きな物理量)
- マイクロ波放射計またはマイクロ波サウンダ搭載の衛星群
- 主に太陽同期極軌道
- NASA, NOAA, その他機関により実現

## 3時間毎の全球合成降水マップ

目的:

- 科学的、社会的応用
- GPMパートナーによって提供されるマイクロ波放射計及びマイクロ波サウンダデータの処理

# 熱帯降雨観測衛星 (TRMM) の成果

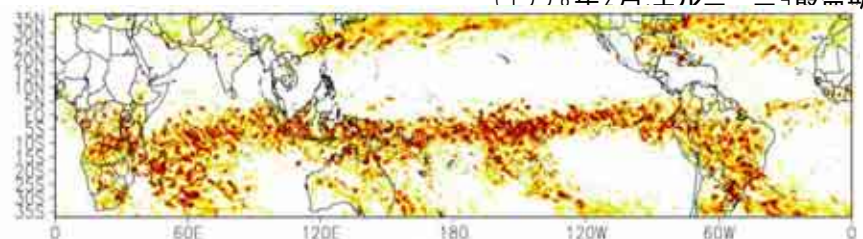
## TRMM 衛星主要諸元

打ち上げ	平成9年11月28日(日本時間)
軌道高度	約350km(H13年にミッション延長のため、高度変更後は402km)
軌道傾斜角	約35度 太陽非同期軌道
設計寿命	3年2ヶ月(現在運用中)
観測機器	降雨レーダ(PR) TRMM マイクロ波観測装置(TMI) 可視赤外観測装置(VIRS) 雲及び地球放射エネルギー観測装置(CERES) 雷観測装置(LIS)

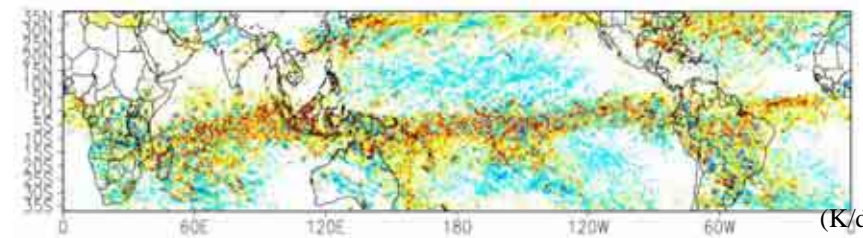
- 熱帯・亜熱帯地域における降水分布の均質かつ正確な観測(9年を超える観測データの蓄積)
- PRとの同時観測・参照により、マイクロ波放射計の降水推定精度が1桁改善
- 宇宙からのレーダによる、降水システムの三次元構造、日変化、季節変化、エルニーニョ等の長期データに基づく解析
- 洪水予測、数値天気予報、台風経路予測等への利用が拡大
- 潜熱、土壌水分、海面水温、等の新たなプロダクトの開発

高度7km

(1998年2月・エルニーニョ最盛期)

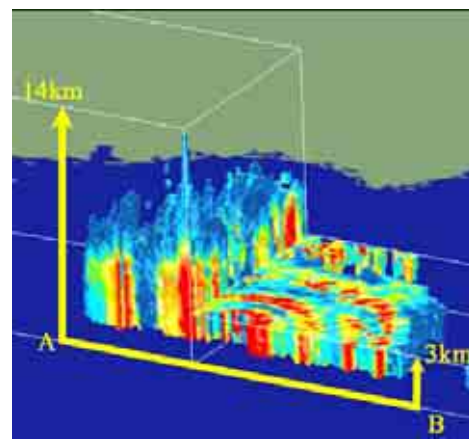
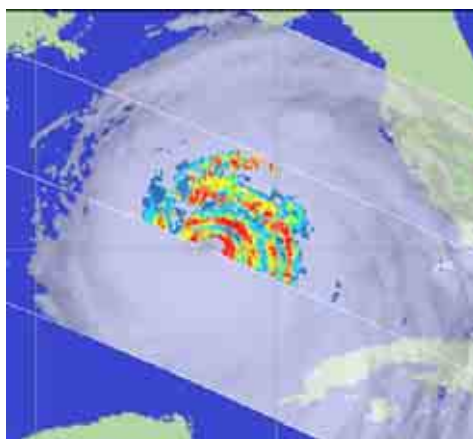


高度3km



(K/day)

潜熱加熱率推定結果: 全球水・エネルギー循環の理解



2005年8月、ハリケーン カトリーナの観測事例

# 1. 開発研究移行後の進捗 経緯

- 平成14年11月：宇宙開発委員会本委員会－開発研究段階への移行は妥当と確認。
- 平成15年 8月：NASDA内プロジェクト移行前審査実施。  
10月：GPM/DPRプロジェクトチーム発足。
- 平成16年 4月：開発分担検討結果に基づき、情報通信研究機構(NICT)との協定締結。  
5月：DPR担当業者選定、KuPR(Ku帯降水レーダ)T/R UNIT(送受信ユニット)BBM(ブレッドボードモデル)製作・評価着手。  
7月：NASA側予算事情により、GPM主衛星打上げ時期が平成19年度から平成22年度に変更。  
9月：それまでの技術検討結果に基づき、GPM/DPR開発仕様書を制定。
- 平成17年 6月：日米政府間交換公文及びNASAとの研究/開発研究段階のMOU締結。  
12月：JAXA内プロジェクト進捗確認会を開催し、DPRの計画面及び技術面の検討結果が妥当であることを確認した。
- 平成18年 3月：NASA側予算事情により、GPM主衛星打上げ時期は平成22年度から平成25年度に再度延期された。  
10月：NASAが開発する主衛星とのインターフェース管理文書(ICD)制定。
- 平成19年 7月：JAXA内開発移行確認会実施。

# 1. 開発研究移行後の進捗

## 平成14年11月の宇宙開発委員会本委員会報告での 「今後の課題」の検討結果

課題	検討結果
<p>1. 関係機関との協力体制</p> <p>・NASAと協力しGPMの国際的な枠組みを具現化</p> <p>・開発段階に向けた関係機関との分担の明確化</p>	<p>・NASAとの研究／開発研究段階の協定を締結。</p> <p>・NASAとGPM主衛星打上げ分担を調整し明確化。</p> <p>・これまで6回のGPM国際ワークショップをNASAとともに開催し、NOAA、CNES、ISRO、欧州気象衛星機関等の副衛星機関及び研究／利用ユーザとの調整を実施。</p> <p>・NICTとの間でDPRの開発分担を調整し、協定及び作業取り決めを締結。</p>
<p>2. 開発計画の確定</p> <p>・開発研究の成果を踏まえた開発計画の確定</p> <p>・利用機関の要望を踏まえたミッション要求、システム仕様の確定</p>	<p>・DPR開発仕様書及びNASAの主衛星とのインタフェース管理仕様書を制定。</p> <p>・平成25年度打上げに基づくDPR開発スケジュールを策定</p> <p>・わが国の地球観測の推進戦略、GPM国際計画ワークショップを通じて集約されたGPM全体のミッション目的・要求、及びTRMMの成果等を踏まえ、GPM利用検討委員会において国内の研究者、利用者との調整をへてミッション要求及びシステム仕様を確定。</p>

# 1. 開発研究移行後の進捗

## 主衛星及び副衛星に関する調整経緯及び状況

### ● GPM主衛星

- 研究/開発研究段階の協定を締結
- 過去2回の打上げ延期はNASAの予算不足によるものであるが、再度の打上げ延期の可能性は極めて小さい。
  - ✓ 本年2月公表のNASA大統領予算でGPMの来年度開発予算の大幅増額
  - ✓ 米国科学アカデミーの米国地球観測に関するディケーダルサーベイ報告書における遅延なきGPM計画実施勧告。
  - ✓ 本年7月のNASA科学局長とJAXA担当理事間のGPMの2013年度打上げを確認する書簡交換
- 今後開発段階における協定の調整を実施予定

### ● 副衛星

- NASA、NOAA、CNES/ISRO、欧州気象衛星機関等の副衛星の開発機関と、GPM国際計画ワークショップ、GPMデータ分科会、地球観測衛星委員会(CEOS)の降水コンステレーション検討チームにおいて技術調整を含む具体的な調整を開始している。なお、実現性の見込みが極めて高いJAXA(GCOM-W)、NASA(NASA副衛星、NPP)、NOAA(NPOESS)、DOD(DMSP)、欧州気象衛星機関(METOP)の副衛星群によりGPMの目的は概ね達成可能
- 副衛星のデータ提供・交換に関しては今後協定の調整を実施
- 殆どの副衛星データはNASAから入手可能



# 1. 開発研究移行後の進捗 (参考)GPMの各副衛星の状況

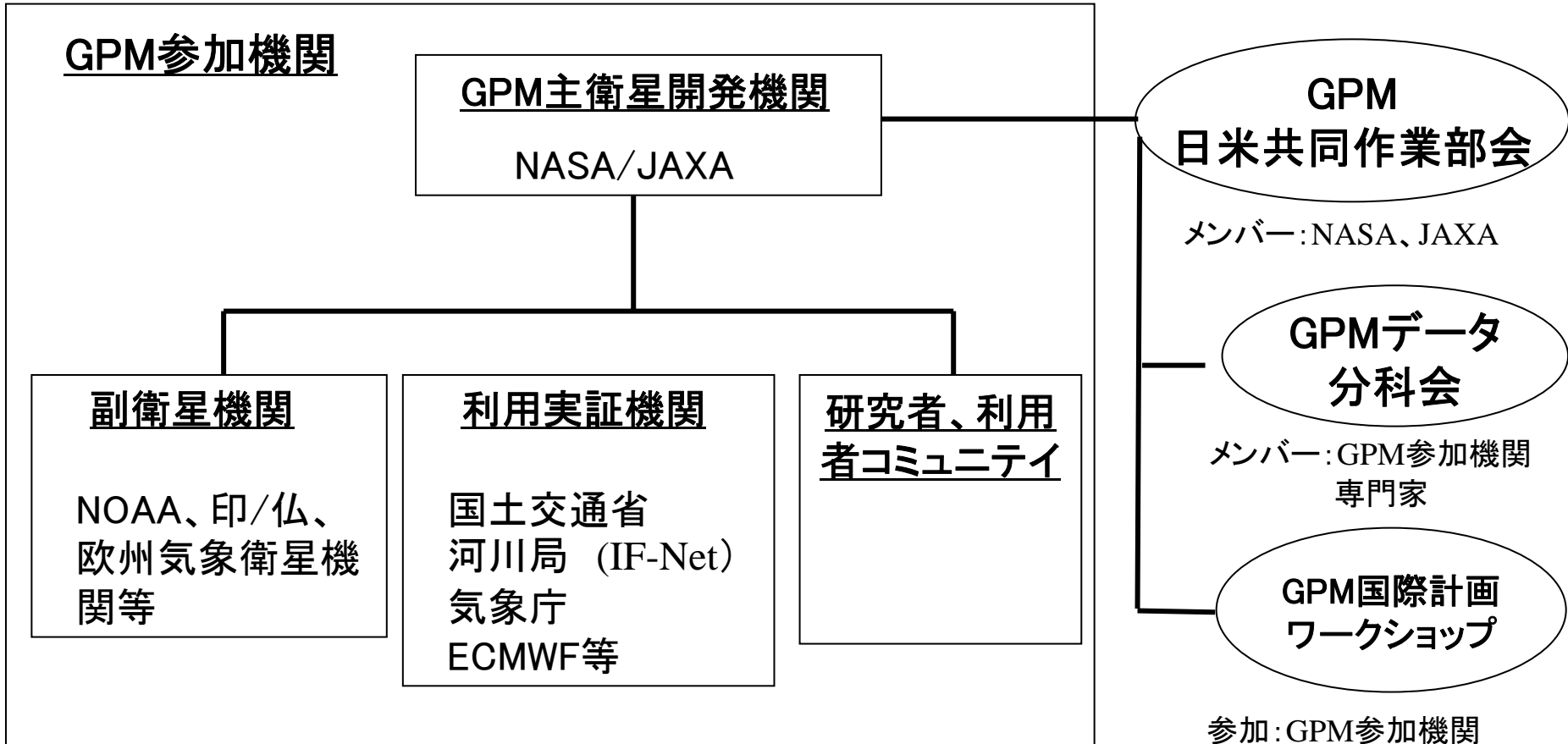
衛星名	衛星開発／運用国 (機関)	衛星の状況	搭載センサのGPMでの 使用目的への合致性	観測データ 取得の準り アルタイム性	衛星開発／運 用機関のGPM 計画への参加 意思表示	備考
NASA副衛星	米(NASA)	○2010年から開発 開始	○(主衛星と同じマイク ロ波放射計)	○	◎	NASAからデータ 取得可能
NPP	米(NASA/NOAA/ DOD)	○衛星組み立て中	○(マイクロ波サウンダ)	△	○	NASAからデータ 取得可能
NPOESS－ C1、C2	米(NOAA)	○開発中	○(C1はマイクロ波サウ ンダ、C2はマイクロ波 放射計)	○	○	NASAからデータ 取得可能
NOAA-N'	米(NOAA)	○衛星試験中	○(マイクロ波サウンダ)	○	○	NASAからデータ 取得可能
DMSP- F18/19/20	米(DOD、衛星運用 はNOAA)	○衛星試験中	○(マイクロ波放射計)	○	○	NASAからデータ 取得可能
GCOM-W1	日(JAXA)	○開発研究	○(マイクロ波放射計)	○	◎	GPMでのデータ利 用可能
Megha- Tropiques	印／仏 (ISRO/CNES)	○開発中	○(マイクロ波放射計)	X	○	データ利用調整中
METOP-B、 C	欧州(EUMETSAT)	○開発中	○(マイクロ波サウンダ)	○	○	NASAからデータ 取得可能
FY-3C,3E	中国	△	△(マイクロ波放射計)	△	△	

# 1. 開発研究移行後の進捗

## GPMの国際的枠組み

(協力の枠組み)

(検討・調整の枠組み)



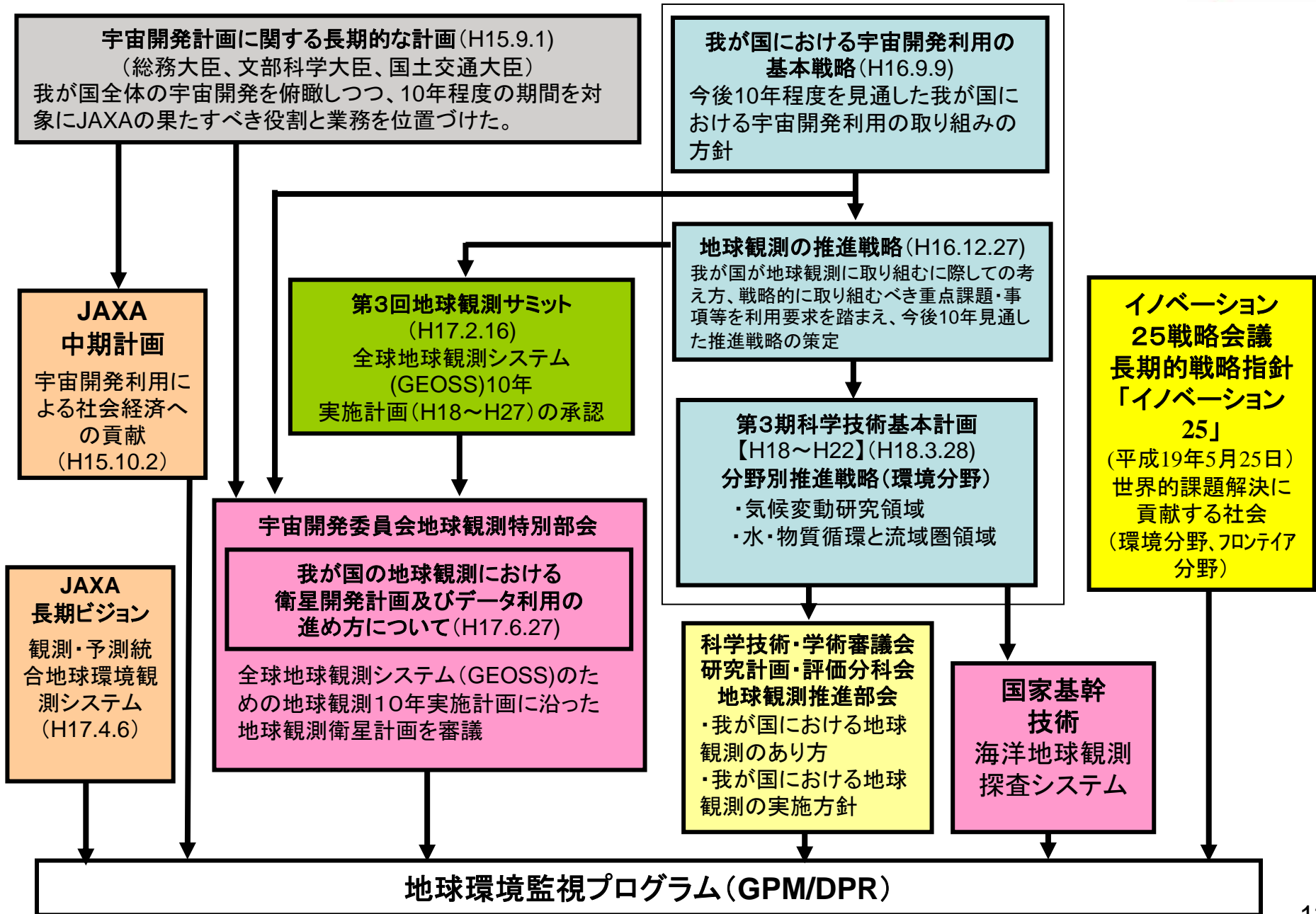
地球観測衛星委員会 (CEOS) 降水コンステレーションのフレームワーク

# 1. 開発研究移行後の進捗

## 開発研究移行後の主な変更点

- NICTとのDPR開発分担の確定
- NASAとのGPM主衛星打上げ分担の明確化
- サクセスクライテリアの明確化
- 開発資金の見直し
- 打上げ時期見直し(平成19年度⇒25年度)に伴う開発スケジュールの設定

## 2. 背景及び位置づけ



## 2. 背景及び位置づけ 「我が国における地球観測のあり方」

### 分野別の推進戦略 15分野

<b>1.地球温暖化</b> (課題) ・全球的把握 ・大気観測 ・陸域炭素循環と生態系観測など	<b>2.地球規模水循環</b> (課題) ・水循環統合観測など	<b>3.地球環境</b> (課題) ・エアロゾル、オゾン等大気汚染物質観測など	<b>4.生態系</b> (課題) ・複合的な観測拠点整備 ・観測標準手法の確立など	<b>5.風水害</b> (課題) ・衛星観測と気象水文観測の連携促進など	<b>6.大規模火災</b> (課題) ・森林火災の発見と状況把握など	<b>7.地震・津波・火山</b> (課題) ・地震・津波の定常的・長期的観測網の構築など	<b>8.エネルギー・鉱物資源</b> (課題) ・高度衛星観測センサーの開発など	<b>9.森林資源</b> (課題) ・森林資源量の実態把握システム構築 ・森林炭素固定量把握など	<b>10.農業資源</b> (課題) ・農地実態把握 ・農業生産量把握など	<b>11.海洋生物資源</b> (課題) ・西部北太平洋観測体制の整備など	<b>12.空間情報基盤</b> (課題) ・空間情報基盤整備 ・地球地図整備など	<b>13.土地利用及び人間活動に関する地理情報</b> (課題) ・農地分布データ整備 ・都市・集落分布データ整備など	<b>14.気象・海象</b> (課題) ・衛星による気象・海象観測など	<b>15.地球科学</b> (課題) ・対流圏大気から超高層大気に関する大気観測など
--	--	--	---	---	---	---	---	--	---	--	--	---	--	---

### 5つのニーズに対応した重点的取組み

#### ①地球温暖化にかかわる現象解明・影響予測・抑制適応

・二酸化炭素・メタン等

ライダー

赤外分光計

#### ①地球温暖化にかかわる現象解明・影響予測・抑制適応

#### ②水循環の把握と管理

#### ④風水害被害の軽減

・積雪、雲エアロゾル植生分布、海面温度、**降水強度・降水の三次元分布**、水蒸気

マイクロ波放射計

マイクロ波散乱計

多波長放射計

雲レーダー

降水レーダー

#### ③対流圏大気変化の把握

・ガス状・粒子状物質の三次元分布観測等

ライダー

紫外分光計

#### ⑤地震・津波被害の軽減

・災害情報抽出  
・被害情報把握  
・地殻変動量等

可視赤外高分解能センサー

Lバンド合成開口レーダー

温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT)

次期温室効果ガス観測技術衛星

地球環境変動観測ミッション (GCOM-W) (GCOM-C)

全球雲エアロゾル観測衛星 (EarthCARE)

全球降水観測 (GPM) 計画

陸域観測技術衛星 (ALOS)

次期災害監視衛星ミッション

# 2. 背景及び位置付け

## 国内政策からの要求

我が国の地球観測における衛星開発計画及びデータ利用の進め方について(H17.6.27)

2.地球観測衛星を取り巻く現状の認識

(2)我が国における地球観測衛星の現状と課題  
「**全球降水観測(GPM)計画主衛星に搭載される二周波降水レーダ(DPR)**が宇宙開発委員会において了承され、開発が進められている。」

6.国際協力によるシステム構築  
(2)国際協力の計画

①衛星観測システム構築における国際協力  
「**気候変動・水循環分野においては、GPMIによる国際観測網の構築において、我が国が優位性を持つ降水レーダを衛星群の校正基準として提供する。**」

### 地球観測の推進戦略(H16.12.27)

#### IV.分野別の推進戦略

##### 2.地球規模水循環

「**降水、土壌水分、水蒸気等の水循環要素の衛星観測能力を向上させる。**」

##### 14.気象・海象

「**衛星観測を用いた全球の降水分布、雲・エアロゾル分布、対流圏の水蒸気・オゾン・温室効果ガス分布、対流圏風分布、海上風ベクトル、海面水温、海洋塩分濃度、土壌水分等に係る物理量等の長期継続観測の実施と実用化に向けた取組を進める。**」

地球観測調査検討ワーキンググループ  
地球規模水循環部会報告(H16.11)

2-3 今後10年で取り組む方向性と目標  
「**わが国はこれまでの研究開発実績の強みを活かし、降水レーダ、マイクロ波放射計、(中略)等を高度化して、地上観測ネットワークデータによる検証を通して観測精度を向上に務める。**」  
2-4 今後10年間程度の取り組みの重点事項  
「**降水レーダ、マイクロ波放射計、合成開口レーダ、可視・赤外イメージャ等の開発研究を推進**」

### 第3期科学技術基本計画【H18～H22】 分野別推進戦略(H18.3.28)

#### Ⅲ環境分野

##### 2.重要な研究開発課題

##### (2)気候変動研究領域

プログラム1温暖化総合モニタリング研究「**地球表層環境を全球的に把握する技術である衛星による観測を(中略)実施する必要がある**」  
プログラム5地球規模水循環変動研究「**衛星観測によるモニタリングデータと、数値モデルによる推定値とを統合・解析して地球規模の水循環の変動を把握する**」

別紙Ⅲ-2 P152、P158

「**衛星搭載降水レーダ(DPR)を全球降水観測計画(GPM)の主衛星に搭載するために開発する**」

#### Ⅷフロンティア分野

##### 3.戦略重点科学技術

##### 海洋地球探査システム

「**衛星による全球的な観測・監視技術(中略)により「海洋地球探査システム」を構築し、全地球に関する多様な観測データの収集、統合化、解析、提供を行っていく必要がある。**」  
海洋地球探査システムには、以下の技術が含まれる

・**衛星による温室効果ガスと地球表層環境の観測**  
別紙Ⅷ-2 P327  
(DPRの開発)  
「**世界初の衛星搭載二周波降水レーダ(DPR)を開発**」

### 長期戦略指針

「イノベーション25」(H19.6.1)

5章「イノベーション立国」に向けた政策ロードマップ

1.社会システムの改革政略  
4)環境・エネルギー等日本の科学技術力による成長と国際貢献  
・日本の優れた環境・エネルギー技術等の世界への発信、実証

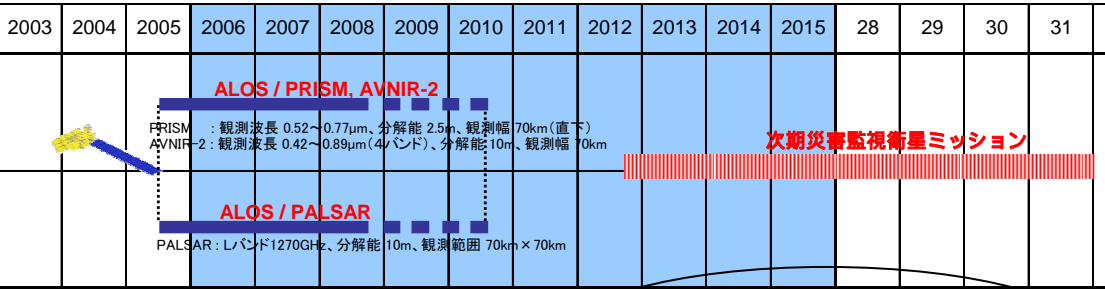
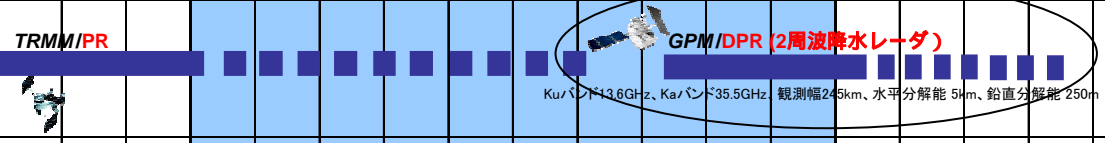
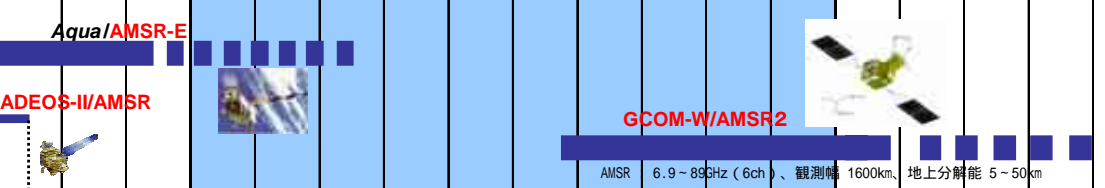



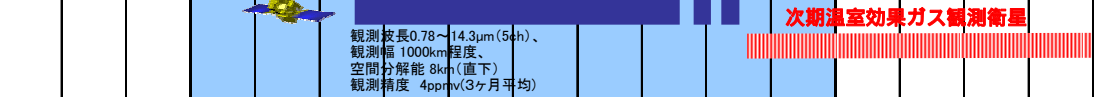
先進的な**地球観測衛星の観測データの提供**、地球シミュレータ等による未来の水や気候の変化予測データの提供、災害関連情報の提供等、我が国の優れた環境技術の成果を途上国のニーズに応じて積極的に提供。

表P63「世界的課題解決に貢献する社会(環境分野)」

表P64「健全な水循環を保ち自然と共生する社会の実現シナリオを設計する科学技術」  
「**全球降水観測計画(GPM)の主衛星に搭載するために二周波降水レーダ(中略)を開発**」

# 2. 背景及び位置付け

## 我が国の地球観測衛星開発計画におけるGPM/DPRの位置づけ

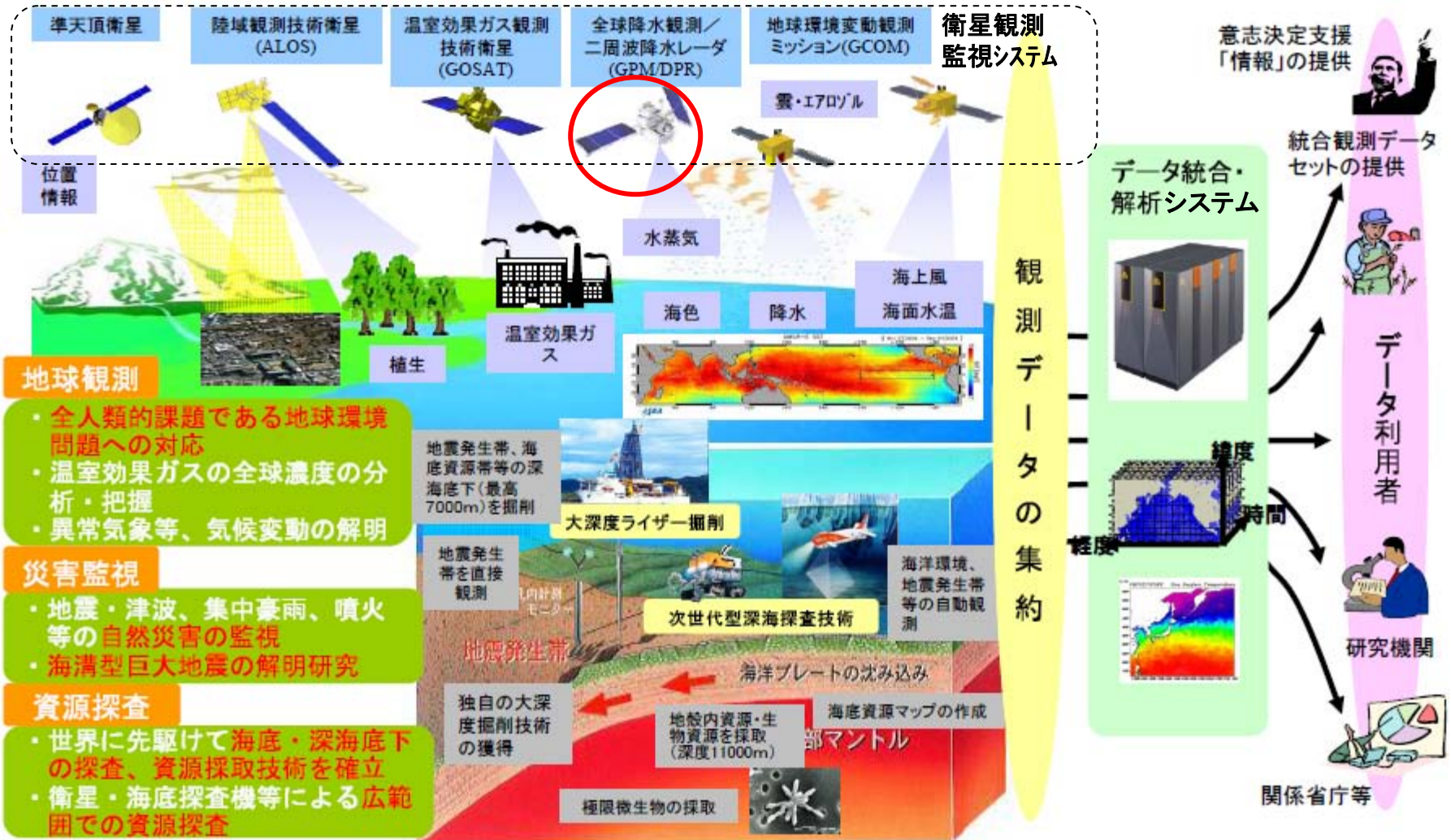
主な貢献分野	主な観測パラメータ	西暦年度		観測期間 (2003-2031)																										備考
		~2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	28	29	30	31											
災害の防止・軽減	地況変化・降灰域・浸水域等	JERS-1 (92~)	ADEOS (96~)	 <p><b>ALOS / PRISM, AVNIR-2</b> PRISM : 観測波長 0.52~0.77μm、分解能 2.5m、観測幅 70km (直下) AVNIR-2 : 観測波長 0.42~0.89μm (4バンド)、分解能 10m、観測幅 70km</p> <p><b>ALOS / PALSAR</b> PALSAR : Lバンド1270GHz、分解能 10m、観測範囲 70km x 70km</p> <p><b>次期災害監視衛星ミッション</b></p>																										次期災害監視衛星ミッションの具体的な衛星・センサ計画については、引き続き検討。
	地殻変動量・バイオマス・浸水域等	JERS-1 (92~)																												
気候変動・水循環変動	降水・降雪の三次元分布・土壌水分等			 <p><b>TRMM/PR</b></p> <p><b>GPM/DPR (2周波降水レーダ)</b> Kuバンド13.6GHz、Kaバンド35.5GHz、観測幅245km、水平分解能5km、鉛直分解能250m</p>																										観測周波数の2周波化(Kaバンド及びKuバンド)による観測性能の向上
	降水量・水蒸気量・海面水温等	MOS-1/1b	 <p><b>Aqua/AMSR-E</b></p> <p><b>AMSR</b> 6.9~89GHz (6ch)、観測幅1600km、地上分解能5~50km</p> <p><b>GCOM-W/AMSR2</b></p>																										AMSR、AMSR-Eの仕様を継承するセンサ	
	雲・エアロゾルの光学的厚さ・地上バイオマス等	MOS-1/1b ADEOS (87~95) (96~97)	 <p><b>ADEOS-II/GLI</b></p> <p><b>GCOM-C/SGL</b> 観測波長0.38~14.3μm (22ch、偏光多方向chを含む)、観測幅1500km、地上分解能250m、500m、1km</p>																											
	雲・エアロゾルの三次元分布等			 <p><b>EarthCARE/ICPR</b> 94GHzドップラーレーダー、垂直分解能500m、地表面観測視野650m</p>																										レーダ技術の優位性を活かした独自センサ(94GHz帯レーダ)の新規開発
地球温暖化・炭素循環変化	二酸化炭素・メタン等	ADEOS (96~97)	 <p><b>GOSAT / 温室効果ガス観測センサ(GOS)</b> 観測波長0.78~14.3μm (5ch)、観測幅1000km程度、空間分解能8km (直下)、観測精度4ppmv(3ヶ月平均)</p> <p><b>次期温室効果ガス観測衛星</b></p>																										観測精度の向上(4ppmv → 1ppmv)を実現する具体的なセンサについては引き続き検討	

既存計画
  新規計画
  GEOSS10年実施計画対象期間
 凡例 : 衛星名/センサ名 国産衛星/国産センサー 海外衛星/海外センサー

# 2. 背景及び位置づけ

全球降水観測/二周波降水レーダ(GPM/DPR)は、**国家基幹技術の海洋地球観測探査システム**の衛星観測監視システムを構成するものである。

国家基幹技術として、宇宙から深海底下まで、わが国の総合的安全保障に不可欠な観測・探査活動(地球観測、災害監視、資源探査)の基盤となるシステムを確立する。





# 2. 背景及び位置づけ

## 「GEOSS10年実施計画と我が国の貢献3分野」

### GEOSS10年実施計画(9つの社会経済的利益分野)

<b>①災害の防止・軽減</b> (課題と範囲) ・山火事 ・火山 ・地震 ・地盤沈下 ・洪水 ・沿岸災害 ・津波 ・水関連災害 ・激しい気象現象 ・汚染イベント	<b>②人間の健康と福祉</b> (課題と範囲) ・栄養 ・水質 ・大気の大気質 ・B領域紫外線 ・熱波寒波 ・疾病媒介動物 ・健康統計	<b>③エネルギー資源管理</b> (課題と範囲) ・エネルギー需要と供給の気象に関係した変動 ・エネルギーインフラに対するリスク ・再生可能エネルギー ・汚染と温室効果ガス排出	<b>④気候変動</b> (課題と範囲) ・大気中 ・海洋 ・陸上 ・水上 での気候システム変数	<b>⑤水資源管理の向上</b> (課題と範囲) ・降水 ・土壌水分 ・流量 ・湖沼や貯水池の水位 ・積雪面積 ・氷河と氷 ・蒸発散 ・地下水 ・水利用	<b>⑥気象情報</b> (課題と範囲) ・正確でタイムリーな短期～中期予報に必要な気象変数	<b>⑦生態系の管理と保護</b> (課題と範囲) ・主要な生態系の広がり ・有益な特性値 ・錯乱レジーム ・生態系変化要因	<b>⑧農業及び砂漠化</b> (課題と範囲) ・穀物生産 ・家畜と漁業統計 ・食料安全保障と旱魃予測 ・農地 ・劣化指数 ・栄養素バランス ・営農組織 ・土地被覆変化	<b>⑨生物多様性の保護</b> (課題と範囲) ・生態系の領域と条件種の分布と現状 ・鍵を握る個体群における遺伝的多様性
--	--	--	--	--	--	---	---	--

### 我が国の貢献3分野

**①災害の防止・軽減**

- ・地況変化・降灰域・浸水域等
- ・地殻変動量・バイオマス・浸水域等

可視赤外高分解能センサー

レザンド合成開口レーダー

**②地球温暖化・炭素循環変化**

- ・二酸化炭素・メタン等

ライダー

赤外分光計

**③気候変動・水循環変動**

- ・降水・降雪の三次元分布・土壌水分等
- ・降水量・水蒸気量・海面水温等
- ・海上の風向・風速
- ・雲・エアロゾルの光学的厚さ・三次元分布・地上バイオマス等

マイクロ波放射計

マイクロ波散乱計

多波長放射計

雲レーダー

降水レーダー

陸域観測技術衛星 (ALOS)

次期災害監視衛星ミッション

温室効果ガス観測技術衛星 (GOSAT)

次期温室効果ガス観測技術衛星

地球環境変動観測ミッション (GCOM-W) (GCOM-C)

雲エアロゾル放射観測衛星 (EarthCARE)

全球降水観測 (GPM) 計画

# 3. 目的

## 政策からGPM/DPR目的設定までの流れ

我が国の地球観測における衛星開発計画及びデータ利用の進め方について (H17.6.27)	第3期科学技術基本計画【H18~H22】分野別推進戦略 (H18.3.28)	地球観測の推進戦略 (H16.12.27)	地球観測調査検討WG地球規模水循環部会報告 (H16.11)
・気候変動・水循環分野においては、GPMによる国際観測網の構築において、我が国が優位性を持つ降水レーダを衛星群の校正基準として提供する。(6.(2)①)	衛星観測によるモニタリングデータと、数値モデルによる推定値とを統合・解析して地球規模の水循環の変動を把握する(Ⅲ2.(2)プログラム5)	・降水、土壌水分、水蒸気等の水循環要素の衛星観測能力を向上させる。(Ⅳ.2.) ・衛星観測を用いた全球の降水分布、(中略)に係る物理量等の長期継続観測の実施と実用化に向けた取組を進める。(Ⅳ.14.)	・降水レーダ、マイクロ波放射計、(中略)等を高度化して、地上観測ネットワークデータによる検証を通して観測精度を向上に務める。」

気候・水循環コミュニティからの要望	水文コミュニティからの要望	気象コミュニティからの要望
<ul style="list-style-type: none"> <li>○少なくとも3時間ごとの全球観測が必要。(水循環部会*)</li> <li>○気候・水循環変動監視やモデル検証に、変動シグナルが判別できる精度が必要(月平均で約10%)。(WCRP、GCOS)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○少なくとも、3時間ごとの全球観測が必要。(水循環部会*)</li> <li>○洪水予警報システムでの準リアルタイム利用。広域河川で日雨量40%の誤差。(IFNet)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○少なくとも、3時間毎の全球観測が必要(水循環部会*)。</li> <li>○気象予報システムにおける初期値作成のための利用。全球降水を3時間毎、観測後2.5時間以内(気象庁)。</li> </ul>

### 現状 (TRMM/PRの成果と課題)

＜成果＞

- ・マイクロ波放射計の降水推定精度が1桁改善(全球平均で10~20%程度)
- ・洪水予測、数値天気予報、台風経路予測等への利用が拡大

＜課題＞

- ・降水は変動が激しく観測頻度が不十分。高緯度地方の衛星観測がない。局地的な水資源問題に対処するには時空間分解能が不十分。(水循環部会\*)
- ・豪雨洪水時の河川の状況を観測・監視するのに十分な時空間分解能がない。(自然災害部会\*)
- ・気候変動・水循環把握、気候変動予測モデルの検証高度化に全球の高頻度、高精度の継続的観測が必要。(定常観測部会\*)
- ・日雨量レベルでも地上観測がない地域が大半。(IFNet)

### GPM/DPRへの要望

＜観測領域の拡大＞

- ・温帯低気圧帯域の弱い雨を含む降水分布のより正確な観測  
→高感度な降水の観測

＜観測頻度の向上＞

- ・マイクロ波放射計又はマイクロ波サウンダを搭載した副衛星群との連携観測  
→高頻度な降水の観測

＜レーダ観測の継続と精度向上＞

- ・レーダによるマイクロ波放射計及びマイクロ波サウンダの降水推定精度の向上  
→高精度な降水の観測

＜日変化の観測＞

- ・時間変動スケールの短い降水の日変化・降水システムの構造を観測  
→太陽非同期軌道による観測

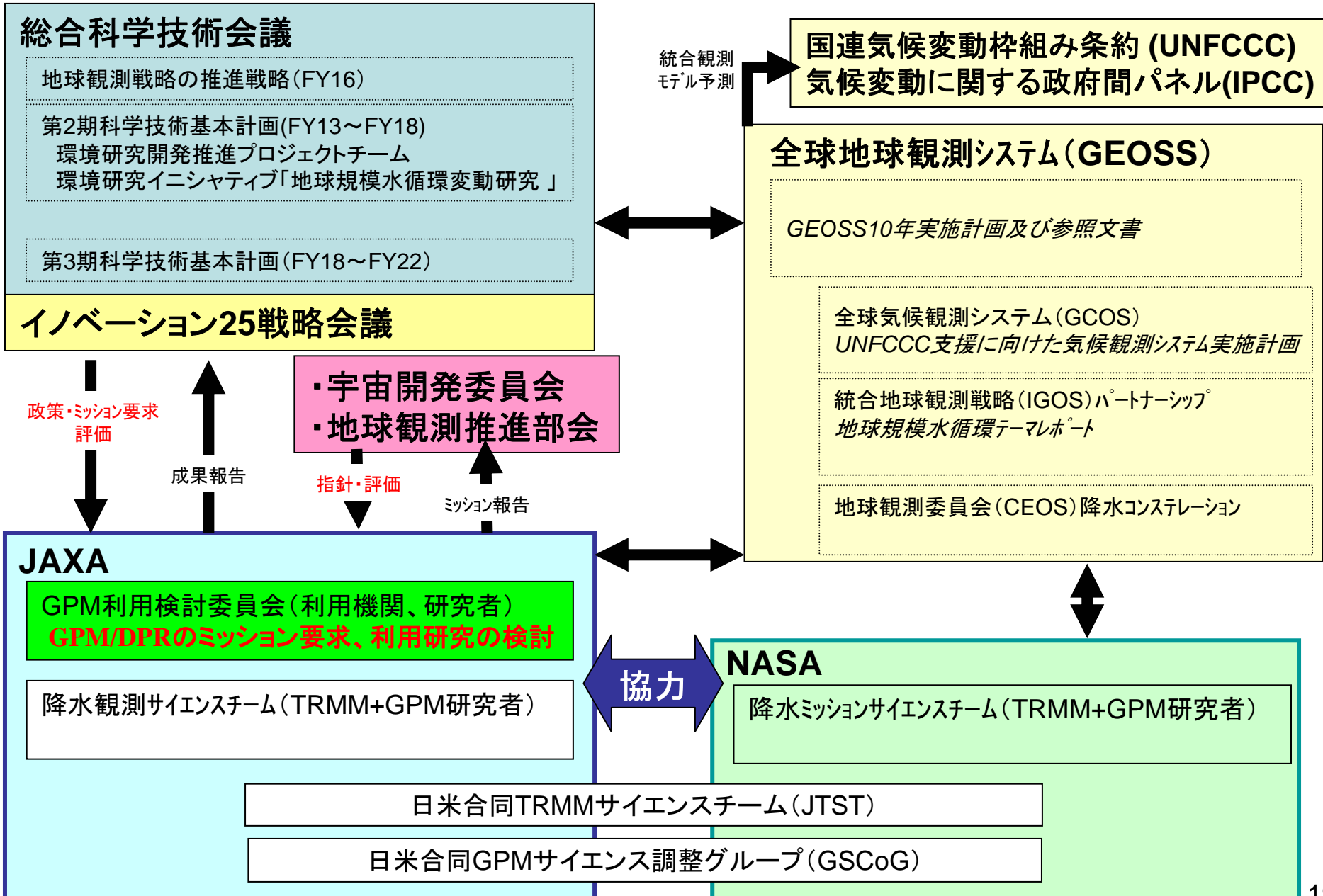
### GPM/DPRの目的

- ・気候変動・水循環変動の解明のための高精度・高頻度な全球降水観測データの取得
- ・全球合成降水マップの準リアルタイム配信による、データ利用手法の技術開発
- ・DPRデータを利用して、複数衛星のマイクロ波センサ(マイクロ波放射計およびマイクロ波サウンダ)データからの降水推定精度向上手法の開発、技術実証
- ・洪水予測、数値天気予報精度向上、台風予測精度向上等の実利用及び現業利用、風水害防災への利用等、GPM/DPR総合システムの利用実証
- ・TRMM/PRの技術を継承・発展させた二周波降水レーダの技術実証

\* CSTP環境PT/地球観測調査検討WG各部会 (H16.11)

# 3. 目的

## 国内外からのミッション要求との関係



# 4. 目標

## 国際GPM計画の目標とJAXA GPM/DPRプロジェクトの目標

### GPM/DPRの目的

- 気候変動・水循環変動の解明のための高精度・高頻度な全球降水観測データの取得
- 全球合成降水マップの準リアルタイム配信による、データ利用手法の技術開発
- DPRデータを利用して、複数衛星のマイクロ波センサ(マイクロ波放射計およびマイクロ波サウンダ)データからの降水推定精度向上手法の開発、技術実証
- 洪水予測、数値天気予報精度向上、台風予測精度向上等の実利用及び現業利用、風水害防災への利用等、GPM/DPR総合システムの利用実証
- TRMM/PRの技術を継承・発展させた二周波降水レーダの技術実証\*\*\*

### GPM/DPR総合システムに対するミッション要求条件

- 月平均全球降雨量の緯度分布の推定精度±10%以内を達成
- 軌道傾斜角約65度の太陽非同期軌道\*からの、感度0.2mm/hrでの降水の常時観測を実施
- 広域河川(20,000m<sup>2</sup>以上)の日雨量推定精度±40%以内を達成
- GMI及び副衛星群搭載マイクロ波センサレベル1データ入信後30分以内で配信、60分以内で全球合成降水マップ準リアルタイムプロダクトを作成・配信

### 国際GPM計画に対するミッション要求条件(参考)

- 全球降水の観測
  - ・固体降水を含めた観測
- 高精度観測
  - ・降水の鉛直構造の観測
  - ・固体降水の識別
  - ・弱い降水の観測、雪の観測
  - ・雨滴粒径分布情報取得
  - ・DPRを用いた副衛星群による降水量推定精度向上
- 高頻度観測
  - ・日変化の観測
  - ・高頻度な観測と迅速なデータ処理・提供

\*太陽非同期軌道:極軌道副衛星の校正、降水の日変化・季節変化等の降水システムの構造を観測するために選定

\*\*GPM/DPR目的は3年2ヶ月の寿命で達成可能

\*\*\*電波を利用した能動型センサは、日本の優位分野であり、それを維持・発展させたDPRは我が国の得意とする技術を活かし、GEOS10年実施計画に貢献するものである。

# 4. 目標

## DPRのサクセスクライテリア

ミッション要求条件	ミニマムサクセス (判断時期:初期C/O完了から1年後)	フルサクセス (判断時期:ミッション期間[3年]終了時)	エクストラサクセス (判断時期:ミッション終了審査時)
月平均全球降雨量の緯度分布の推定精度±10%以内を達成	<ul style="list-style-type: none"> <li>●DPRによる日本国内の12ヶ月平均降雨量と、日本のアメダス雨量計による12ヶ月平均降雨量との差が±10%程度となること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●DPRによる長期間の平均降雨量と、世界各地の地上雨量計ネットワークによる長期間の平均降雨量の差が±10%以内となること。</li> </ul>	—
軌道傾斜角約65度の太陽非同期軌道からの感度0.2mm/hrでの降水の常時観測を実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>●KuPR又はKaPRにより、0.5mm/hrの感度で、降水の常時観測ができること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●DPRが機能・性能を満足し、0.2mm/hrの感度で、降水の常時観測ができること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ミッション期間を超えて、DPRが機能・性能を満足し、0.2mm/hrの感度で、降水の常時観測ができること。</li> </ul>

## 4. 目標

### 国際協力により達成されるミッション要求条件とその評価指標(参考)

#### NASAの分担分が正常に機能して達成されるミッション要求条件とその評価指標

ミッション要求条件	評価指標 (判断時期:ミッション期間[3年]終了時)
月平均全球降雨量の緯度分布の推定精度±10%以内を達成	<ul style="list-style-type: none"> <li>●DPRとGMIそれぞれにより作成された、月平均全球降雨量の緯度分布における推定誤差が、海上で±10%以内となること。</li> </ul>

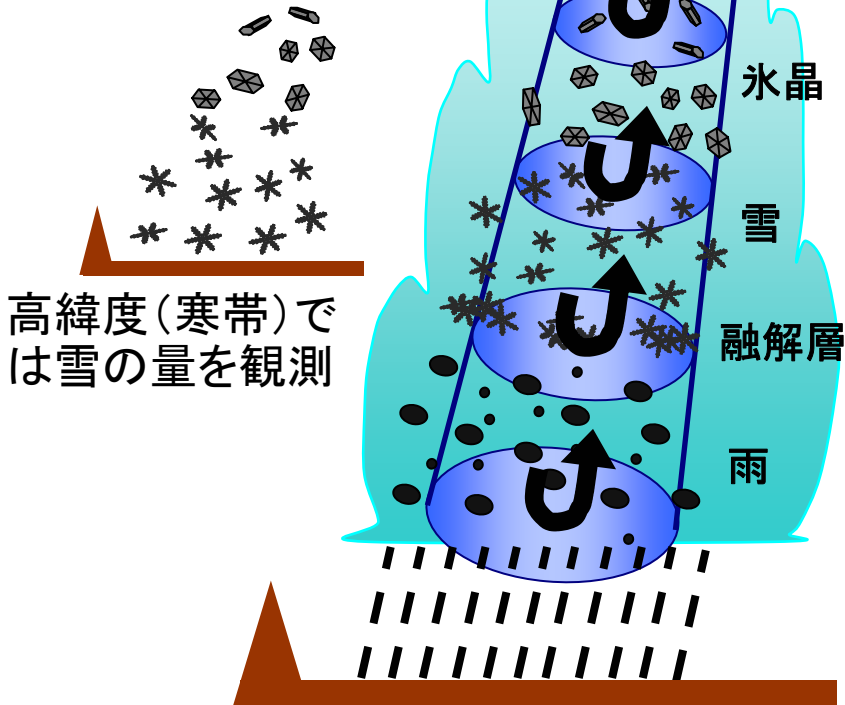
#### 国際協力機関の分担分が正常に機能して達成されるミッション要求条件とその評価指標

ミッション要求条件	評価指標 (判断時期:ミッション期間[3年]終了時)
広域河川流域日雨量推定精度±40%以内を達成	<ul style="list-style-type: none"> <li>●GMI及び副衛星群搭載マイクロ波センサデータにより作成された、広域河川流域における日雨量と当該地域の雨量計による日雨量との差が±40%以内となること。</li> </ul>
GMI及び副衛星群搭載マイクロ波センサレベル1データ入信後30分以内で配信、60分以内で全球合成降水マップ準リアルタイムプロダクトを作成・配信	<ul style="list-style-type: none"> <li>●GMI及び副衛星群搭載マイクロ波センサレベル1データ入信後、30分以内で配信できること。</li> <li>●GMI及び副衛星群搭載マイクロ波センサレベル1データ入信後、60分以内で全球合成降水マップ準リアルタイムプロダクトを作成・配信できること。</li> </ul>

# 4. 目標

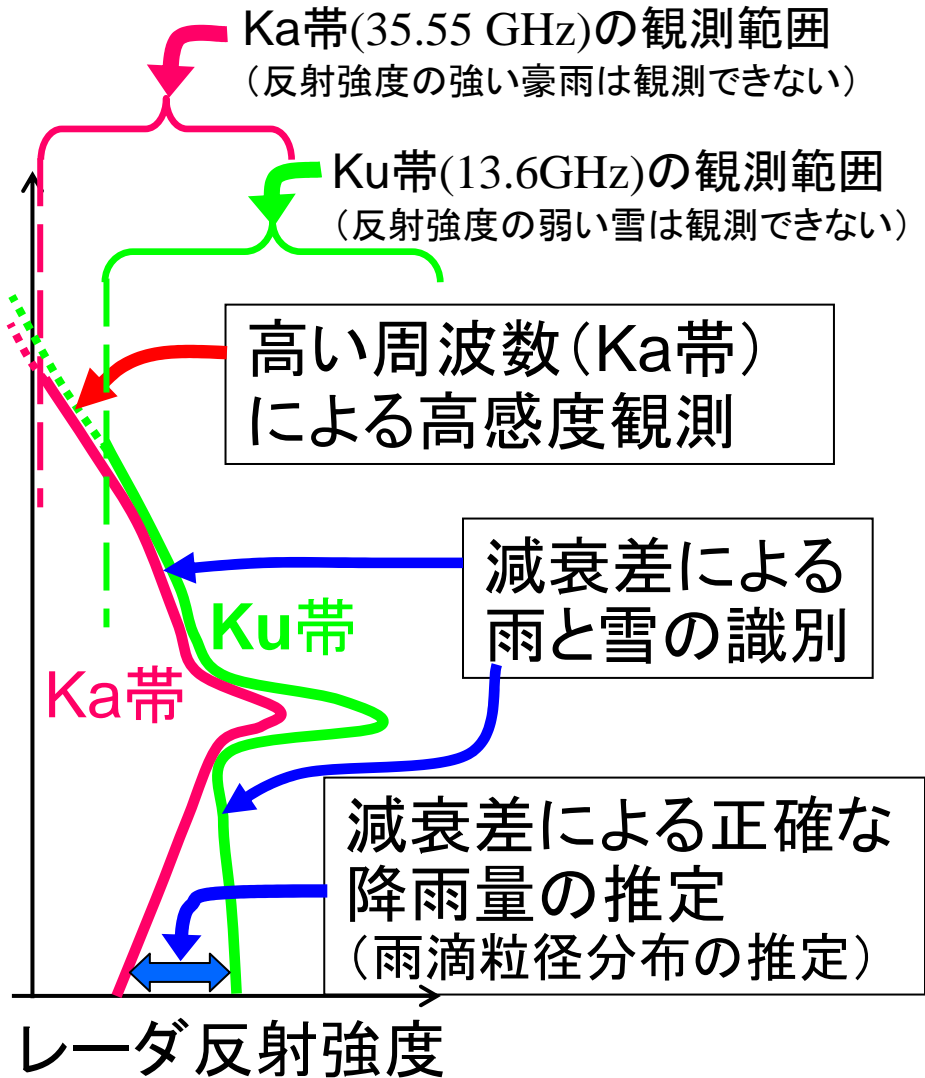
## 二周波観測の意義

Ka帯およびKu帯の  
レーダビーム  
(ビームマッチング)



高緯度(寒帯)では雪の量を観測

低中緯度(熱帯)では正確な雨の量を観測



## 5. 開発方針

- DPR開発については、ミッション要求の達成および確実な開発を基本方針とする。
  - ミッション要求の開発仕様への確実な反映
  - 信頼性の向上
  - ステップを踏んだ開発方式及び開発スケジュール
  - JAXAとNASAの技術的要求の整合性に留意した開発



# 5. 開発方針

## NASAとの開発分担

事項	NASA	JAXA	備考	
GPM主衛星	衛星バス	○		
	ミッション機器			
	DPR		○	
	GMI	○		
	打上げ		○	費用はNASA/JAXA 等分負担
	追跡・管制	○		
	データ処理	○	○	

### NASAとJAXAの技術的要求の整合性に留意した開発

- NASAの主衛星のフェーズは現在、基本設計審査前であるが、JAXAがDPRの開発を進めるにあたり必要なインタフェース条件については、これまでの開発研究段階において、お互いの技術的整合性が取れるように調整を行っている。
- 整合を図る必要がある技術要求は、衛星とDPRのインタフェースに関する技術要求とDPRの設計・製造・試験に関する技術要求がある。インタフェースに関する技術要求は、インタフェース管理仕様書として制定し、NASA、JAXAのプロジェクトマネージャが署名している。
- DPRの設計・製造・試験に関する技術要求は、基本的にはJAXAの標準や基準を適用するが、インタフェースに関する部分等で、NASAの標準や基準の適用を要求される場合は、両者の整合性に留意して開発を進める。
- これらの技術的事項の調整の為に技術連絡書による連絡に加えて、月1回のテレビ会議、さらに、数ヶ月に1度は、フェース・トゥー・フェースのインタフェース会議を開催し、お互いの技術的要求やインタフェース仕様の認識に齟齬が無い様に調整している。

# 5. 開発方針

## NICTとの開発分担

### 開発研究段階

#### <JAXA >

DPR 全体システム取り纏め・技術管理  
KuPR システムEM 製作・試験  
KuPR 熱構造モデル製作・試験  
KaPR 熱構造モデル製作・試験

#### <NICT >

KaPR システムEM の製作・試験  
KaPR 送受信系のPFM 用デバイス評価

### 開発段階

#### <JAXA>

DPR (KuPR,KaPR) PFM製作・試験

#### <NICT>

DPR軌道上評価支援

### NICT-JAXAの連絡・開発体制の強化

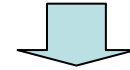
- ・研究開発段階においては、JAXA、NICTと契約企業(JAXA、NICTともにNECと契約)の三者を一同に介した三者協議会を月1回の頻度で開催し、DPRに関する全ての技術調整、技術打ち合わせを合同で実施
- ・インタフェース部分のみではなくKaPRのNICT担当分全てに関しての設計審査にJAXAも出席し、NICT担当分となる契約範囲についても、JAXA契約分と同等の設計確認を実施
- ・開発段階においても、上記の三者協議会や設計審査において、NICTが研究開発段階で担当したKaPR電気システムについて、NICT技術者が継続的にJAXAを支援することをJAXA-NICT間の作業取り決めにて規定

# 6. システム選定および設計要求

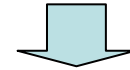
## GPM/DPR総合システムの仕様設定

平成15年10月プロジェクト移行前審査  
ミッション要求条件書を設定し、  
それに基づき、GPM/DPR総合シス  
テム仕様を設定。それに基づきGP  
M/DPR開発仕様及びミッション運用系  
/利用研究系システム仕様を設定

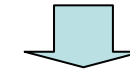
GPM/DPRミッション要求条件書



GPM/DPR総合システム仕様書



GPM/DPR開発仕様書  
ミッション運用系/利用研究系システム仕様書



平成17年12月  
GPM/DPR開発仕様書を改訂した。

GPM/DPR開発仕様書

平成18年10月  
主衛星とのインタフェース管理仕様書  
を制定した。

GPM主衛星-DPRインタフェース  
管理仕様書

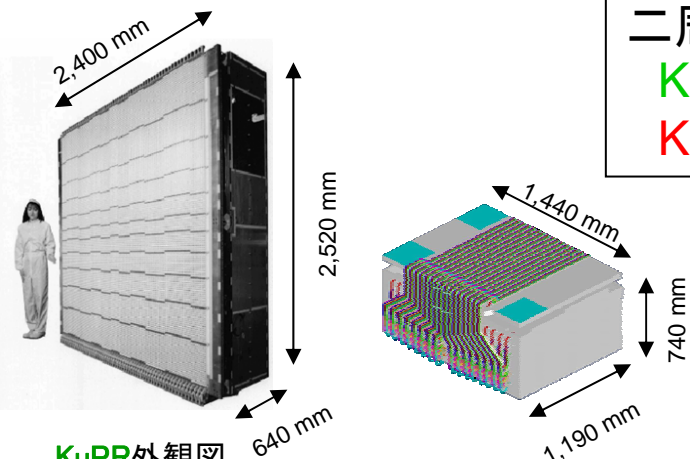
# 6. システム選定および設計要求

## DPRの概要(1/2)

二周波降水レーダは二つのレーダから構成される

**Ku帯降水レーダ: KuPR (13.6GHz)**

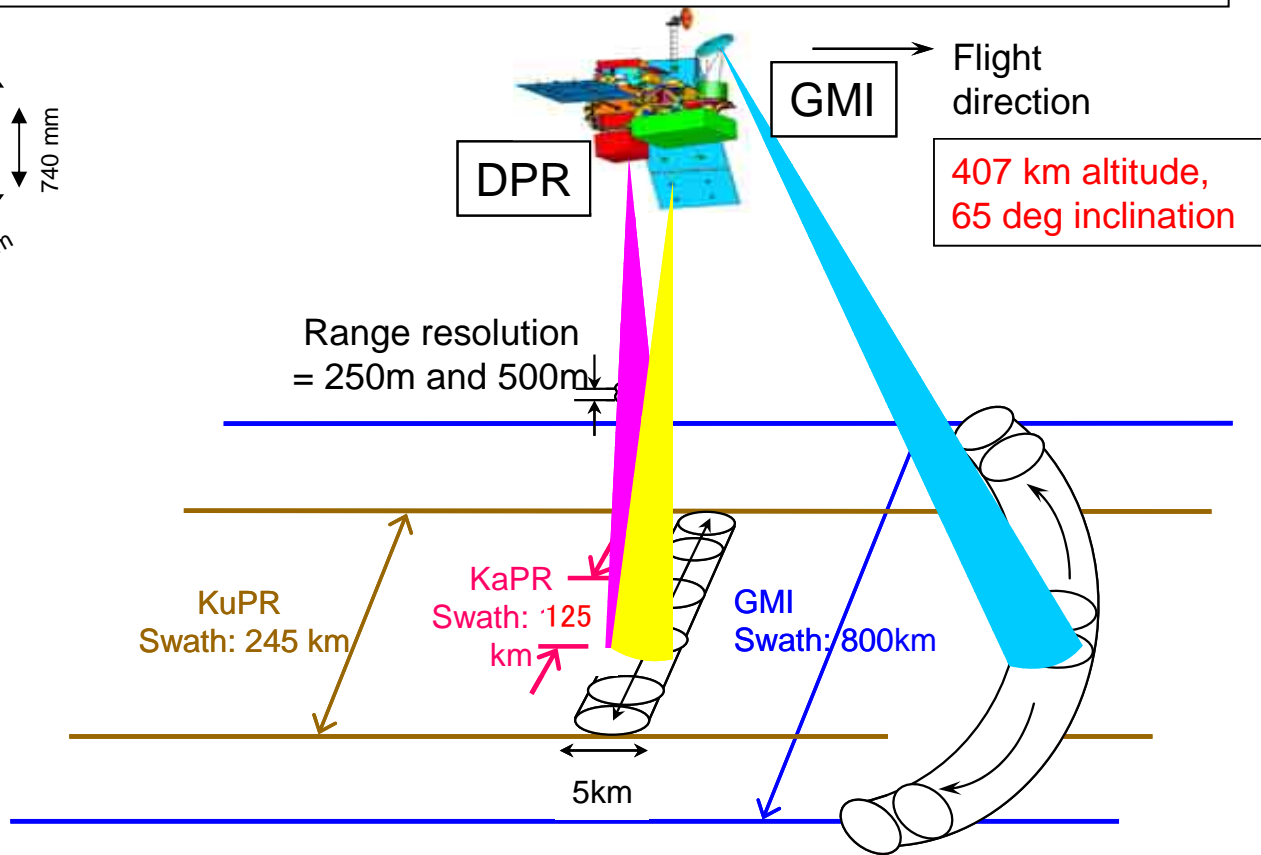
**Ka帯降水レーダ: KaPR (35.55GHz)**



**KuPR**外観図  
(写真はTRMM/PR)

**KaPR**外観図

項目	仕様
ミッション機器	二周波降水レーダ(DPR) GPMマイクロ波放射計(GMI)
ロケット	H-II Aロケット
設計寿命	3年2ヶ月
質量	3,500kg(DPR:792kg)
軌道種別	太陽非同期円軌道
軌道高度	407km
軌道傾斜角	65度



DPRの観測概念図

# 6. システム選定および設計要求

## DPRの概要(2/2)

	KuPR	KaPR	TRMM/PR
中心周波数	13.597 , 13.603 GHz	35.547 , 35.553 GHz	13.796 & 13.802 GHz
距離分解能 パルス幅	250 m 1.67 $\mu$ s	250 m / 500 m 1.67 $\mu$ s / 3.34 $\mu$ s	250m 1.6 $\mu$ s
水平分解能 ビーム半値幅	5.2 km (at nadir) 0.71° $\pm$ 0.02° (at nadir)	5.2 km (at nadir) 0.71° $\pm$ 0.02° (at nadir)	4.3 km (at nadir) 0.71° $\pm$ 0.02° (at nadir)
パルス繰り返し周波数(PRF)	可変	可変	固定
走査幅	245 km	125 km	215 km
走査周期	0.7 sec	0.7 sec	0.6 sec
観測高度	地表面より19 kmまで	地表面より19 kmまで	地表面より15kmまで
最小測定降雨強度	0.5 mm/hr	0.2 mm/hr	0.7 mm/hr
受信電力測定精度	$\pm$ 1 dB	$\pm$ 1dB	$\pm$ 1dB
ビームマッチング精度*	< 1000 m		---
設計寿命	3年2ヶ月	3年2ヶ月	3年2ヶ月
データレート	< 108.5 kbps	< 81.5 kbps	< 93.5 Kbps
質量	< 456 kg	< 336kg	< 465 kg
消費電力	< 406 W	< 304 W	< 250 W
寸法	2.4 $\times$ 2.5 $\times$ 0.6 m	1.4 $\times$ 1.1 $\times$ 0.7 m	2.2 $\times$ 2.2 $\times$ 0.6 m

\* 設計段階ではビームマッチングの要求を満足するよう誤差配分を行い、誤差要因の管理を実施。打ち上げ後は、地上に設置したレーダ校正機を用いてKuPR及びKaPRのパルスを受信し、各ビームの中心を推定することで、ビームマッチング(ミスマッチング)を確認する。ミスマッチングが確認された場合は、地上からコマンドを送信しSCDPからの制御により、アロングトラック(衛星進行)方向のずれは送受信のタイミングを調整することで、また、クロストラック方向のずれは128系統なら構成されるアレーアンテナの位相を調整することで修正する。