

## 6. システム選定および設計要求 コストを含めた技術トレードオフ項目

| 項目               | 採用                                      | 不採用   | 評価  |
|------------------|---|---|---|
| レーダ方式            | KuPR、KaPRともTRMM/PRと同じアクティブフェーズドアレイ      | KaPRは、8ビームスイッチング、シンドリカルパラボラアンテナ                   | 不採用方式では要求性能を満たすことが困難。また、新規技術開発も必要となり、コスト的にも優位性は無い。                                    |
| システム制御<br>データ処理部 | 2レーダ同時制御とし、KuPRに主系、KaPRに冗長系を搭載          | KuPR、KaPR単独制御とし、それぞれに主系/冗長系の2台搭載                  | コンポーネント数の削減が図れ、コスト的に採用方式の方が有利。技術的にも不採用方式ではビームマッチング制御が複雑になる。                           |
| ゲートアレイ           | FPGA<br>(Field Programmable Gate Array) | ASIC<br>(Application Specific Integrated Circuit) | コスト面では、FPGAの方が有利、技術的にはASICの方が実績があるが、製作後のプログラムの書き換えが出来ず、また、搭載ソフトウェアの最終仕様確定が早い時期に必要となる。 |
| EMの構成            | 32系統部分モデル                               | 128系統フルモデル  | コスト面では採用ケースが有利、設計及びシステム成立性の確認及び試験手順の確立というEMの目的は採用方式でも達成可能。                            |

## 6. システム選定および設計要求

### DPRの信頼性向上

- KuPR又はKaPR全損につながる単一故障点を極力避ける構成を検討
  - ▶ TRMM PRで存在したKuPRまたはKaPRの全損となる単一故障点(128分配/合成のおおもととなる箇所)を排除
  - ▶ 構体の破損については適切な設計マージン、製造管理、試験・検査で対処
  - ▶ アクティブフェーズドアレイで構成される送受信系の電源系ハーネスショートについては、適切な設計マージン、製造管理、試験・検査で対処する方法と、ショートを起こした部分を分離する等の設計で対処する方法を検討中
- KuPRとKaPRどちらか片方だけでも動作できるサバイバル性の確保
  - ▶ 一台でKuPR、KaPRの両方を制御することが可能なシステム制御・データ処理部部(SCDP)をKuPR(主系)、KaPR(冗長系)にそれぞれ一台ずつ、計二台搭載することで冗長化設計を実施
  - ▶ 搭載位置をKuPR、KaPRにそれぞれ一台ずつとすることで、KuPR-KaPR間の接続ハーネス断の場合にも、KuPRおよびKaPRにそれぞれ搭載された2台のSCDPがKuPRおよびKaPRを個別に操作することが可能
  - ▶ KuPRまたはKaPRのうち1台が観測不能となった場合でも、もう一方のレーダは、搭載されているSCDPにより観測が可能
  - ▶ これらの観測における主衛星とのI/FについてはNASAと調整済
- 放電確認試験、熱制御材の耐環境性・耐久性・帯放電対策
- KuPR-KaPR間ハーネスのデブリ対策

# 6. システム選定および設計要求

## DPRシステム 技術成熟度及び評価計画

| 構成要素名            | 主要機能  | 実績      | 新規技術識別  | 評価計画* |     |
|------------------|---|---------|---|-------|-----|
|                  |   |         |   | 試作モデル | EM等 |
| (センサシステム)        |   |         |   |       |     |
| DPR              | 二周波降水レーダ                                      | -       |   |       |     |
| KuPR             | Ku帯降水レーダ                                      | TRMM/PR |   |       |     |
| KaPR             | Ka帯降水レーダ                                      | -       |   |       |     |
| (サブシステム・コンポーネント) |   |         |   |       |     |
| アンテナ系            | マイクロ波パルスの送信<br>レーダエコーの受信                      | -       | 導波管薄肉化<br>(KuPR、KaPRとも)   |       |     |
| 送受信系             | 送信マイクロ波パルスの増幅、分波<br>受信マイクロ波エコーの合波、増幅、<br>帯域制限 | -       | 新規デバイス開発及びT/R<br>ユニット化<br>(KuPR、KaPRとも)                         |       |     |
| 周波数変換・<br>中間周波数部 | 送信パルスの発生、アップコンバート<br>受信エコーのダウンコンバート、増幅        | TRMM/PR |   |       |     |
| システム制御デ<br>ータ処理部 | レーダ制御、観測データ処理、コマンド<br>・テレメトリ処理                | -       | 2レーダ同時制御<br>可変パルス繰り返し周波数<br>ビームマッチング<br>新規FPGA<br>(KuPR・KaPR共通) |       |     |
| 計装系              | 電氣的・機械的接続                                     | TRMM/PR |   |       |     |
| 熱制御系             | KuPR及びKaPR内の温度制御                              | TRMM/PR |   |       |     |
| 構造系              | KuPR及びKaPR内コンポーネントの支持                         | TRMM/PR |   |       |     |

\* : フライトモデルに先立ち、新規技術と識別された項目について試作モデルで確認。また、KuPR/KaPRとも32系統(PFMIは128系統)の部分システムエンジニアリングモデル(EM)、熱構造モデルによる設計確認を行う。

# 6. システム選定および設計要求

## DPRのフロントローディング計画及び実施状況(1/5)

| 段階 | 計画                                     | 実施状況   |
|----|--|--|
| 1  | DPRのシステム設計を行い、TRMM/PRからの変更点、新規技術を識別する。 | 新規技術を含むものとして、アンテナ系の導波管薄肉化、送受信系の新規デバイスおよび送受信ユニット化、システム制御データ処理部の2レーダ同時制御、可変パルス繰り返し周波数制御、ビームマッチング、新規FPGAを識別した。  |
| 2  | 新規技術を含むものの試作・評価を実施する。                  | アンテナ系薄肉化導波管スロットアンテナBBM(KuPR、KaPR)、送受信モジュールデバイス及び送受信ユニットBBM(KuPR、KaPR)、2レーダ同時制御・可変パルス繰り返し周波数制御・ビームマッチング機能を有するシステム制御データ処理部BBM及びプロトタイプソフトウェアの試作・評価を行い、実現性を確認した。 |
| 3  | 試作・評価結果に基づき、エンジニアリングモデル等の製作・評価計画を策定する。 | 新規FPGAの評価計画を策定した。<br>32系統のKuPR及びKaPR部分システムエンジニアリングモデル、熱構造モデルの製作・評価計画を策定した。<br>プロトフライトモデルの試験計画を策定した。  |
| 4  | エンジニアリングモデル等の製作・試験                     | 新規FPGAの評価、32系統の部分システムエンジニアリングモデル、熱構造モデルの設計・製作・試験を順調に実施中であり開発移行までに完了する見込みである。   |

注)KaPRのデバイス、T/R UNIT BBM、システム制御データ処理部及びプロトタイプソフトウェアの試作・評価、KaPRシステムEMIはNICTが実施

## 6. システム選定および設計要求

### DPRのフロントローディング計画及び実施状況(2/5)

(1) 薄肉化スロットアンテナ(KuPRはJAXA、KaPRはNICTで実施)

#### ① 試作モデル範囲

- ・KuPR及びKaPRの薄肉化導波管スロットアンテナ単体

#### ② 試作モデル評価結果

- ・試作した薄肉化導波管スロットアンテナ単体について、機械強度特性、電気性能(導波管損失、電圧定在波比、ビーム半値幅、サイドローブ、ビーム傾き角)を評価した。
- ・機械強度特性はKuPR、KaPRとも問題なし。
- ・電気特性については、KuPRはビーム傾き角、KaPRは導波管損失以外は全て目標性能を達成した。
- ・ビーム傾き角は導波管内径寸法誤差によるものであり、素管の段階で寸法測定を行い精度のよいものを使用することにより対応可能である。
- ・導波管損失については、KaPRシステムでの損失配分見直しにより問題ない。

#### ③ エンジニアリングモデル等での評価計画及び状況

- ・KuPRについて32系統の部分システムエンジニアリングモデルによる電気性能確認を実施中。KaPRについては32系統の部分システムエンジニアリングモデルにて電気性能を満足することを確認した。
- ・構造・熱設計を概ね完了。熱構造モデルを製作し、アンテナサブシステムの強度、アライメント、熱設計を確認する予定。

## 6. システム選定および設計要求

### DPRのフロントローディング計画及び実施状況(3/5)

#### (2) KuPR送受信モジュールデバイス及び送受信ユニット

##### ① 試作モデル範囲

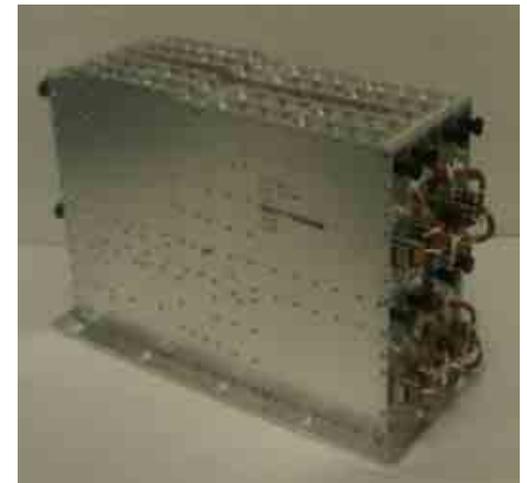
- ・送受信(T/R)モジュールデバイス開発: 移相器・スイッチ・中間増幅器・振幅制限増幅器の集積回路試作、高出カトランジスタ試作
- ・8台のT/Rモジュール(電気モデル2台、熱ダミー6台)からなるT/RユニットBBMの試作

##### ② 試作モデル評価結果

- ・新規デバイスについて概ね目標性能を達成した。
- ・T/Rユニットについては、当初出力電力、受信利得、雑音指数、消費電力が目標性能を満足しなかったため、設計変更を行い、変更点を反映した送受信モジュールの再試作を行った。その結果、消費電力を除く全ての目標機能・性能を達成した。消費電力はDPR全体での配分を見直すことにより対処することで問題ない。

##### ③ エンジニアリングモデルでの評価計画と状況

- ・4台のT/Rユニットを製作し、設計検証及び耐環境性確認を行う。また32系統のKuPR部分システムエンジニアリングモデルに組み込んで電氣的機能・性能の確認を行う計画。
- ・設計を完了し、現在T/Rユニットの製作を順調に実施中。



KuPR T/R UNIT BBM

## 6. システム選定および設計要求

### DPRのフロントローディング計画及び実施状況(4/5)

#### (3) KaPR送受信モジュールデバイス及び送受信ユニット(NICTで実施)

##### ① 試作モデル範囲

- ・送受信モジュールデバイス開発: 高出カトランジスタ、移相器、固体電力増幅器(SSPA)・低雑音増幅器(LNA)・移相器(PHS)に使用するハイブリッド集積回路の試作
- ・8台のT/Rモジュール(電気モデル2台、熱ダミー6台)からなるT/RユニットBBMの試作

##### ② 試作モデル評価結果

- ・新規デバイスについて概ね目標性能を達成。
- ・T/Rユニットについては、当初出力電力、雑音指数が目標性能を満足しなかったため、設計変更を行い、変更点を反映した再試作を行った。その結果、全ての目標機能・性能を達成した。

##### ③ エンジニアリングモデルでの評価計画と状況

- ・4台のT/Rユニットを製作し、設計検証及び耐環境性確認を行う。また32系統のKaPR部分システムエンジニアリングモデルに組み込んで電氣的機能・性能の確認を行う計画。
- ・T/Rユニットの製作を完了。32系統のKaPR部分システムエンジニアリングモデルに組み込んで電氣的機能・性能試験を順調に実施中。



32系統のKaPR部分システムエンジニアリングモデル(NICT)

## 6. システム選定および設計要求

### DPRのフロントローディング計画及び実施状況(5/5)

(4) 2レーダ同時制御、可変パルス繰り返し周波数制御、ビームマッチング機能を有するシステム制御データ処理部BBM及びプロトタイプソフトウェア(NICTで実施)

新規FPGAの評価(JAXAで実施)

#### ① 試作モデル範囲

- ・システム制御・データ処理部BBM及び搭載ソフトウェアのプロトタイプを試作

#### ② 試作モデル評価結果

- ・システム制御・データ処理部BBMにプロトタイプソフトウェアを搭載して試験を行った。その結果、2レーダ同時制御、可変パルス繰り返し周波数制御、ビームマッチング機能を含む目標機能・性能を達成した。
- ・搭載ソフトウェアについてはソフトウェア要求仕様及びプロトタイプソフトウェアの設計結果に対する独立検証を実施し、その結果を反映した。
- ・プロトタイプソフトウェアを組み込んだシステム制御・データ処理部BBMを32系統のKaPR部分システムエンジニアリングモデルと組み合わせて動作確認を実施した。

#### ③ エンジニアリングモデルでの評価計画と状況

- ・新規FPGAの評価。システム制御・データ処理部EMを製作し、搭載ソフトウェアと組み合わせ、設計検証及び耐環境性確認を行う。また32系統のKuPR部分システムエンジニアリングモデルに組み込み電氣的機能・性能を確認を行う計画。
- ・新規FPGAの評価を実施中。システム制御・データ処理部EMの製作を完了し、今後試験を実施する。

## 6. システム選定および設計要求

### 地上システム

地上システムは、ミッション運用系システム、利用研究系システムから構成される。追跡管制システムはNASAの分担となる。現在、システムの概念検討・概念設計、アルゴリズム開発のための準備を実施中である。

なお、これらのシステムは副衛星数の増減に対してフレキシブルに対応できるように十分考慮して設計する。

運用の低コスト化・信頼性向上のため、

- ・既存のデータ処理システムの開発・運用における資産、培ったノウハウを継承、発展、活用し、開発期間の短縮とコスト削減を図る。
- ・運用の自動化を最大限考慮する。また、少人数の要員で運用できるよう、動作状況のモニタ機能、問題発生時の調査・解析手段を充実させる。
- ・NASAとの協力によりデータ読出を行うパッケージソフトを製作する。

なお、JAXAはDPR固有部分を担当する。(NASAはGMI固有部分、及びソフトウェア全体)

#### ーミッション運用系システム

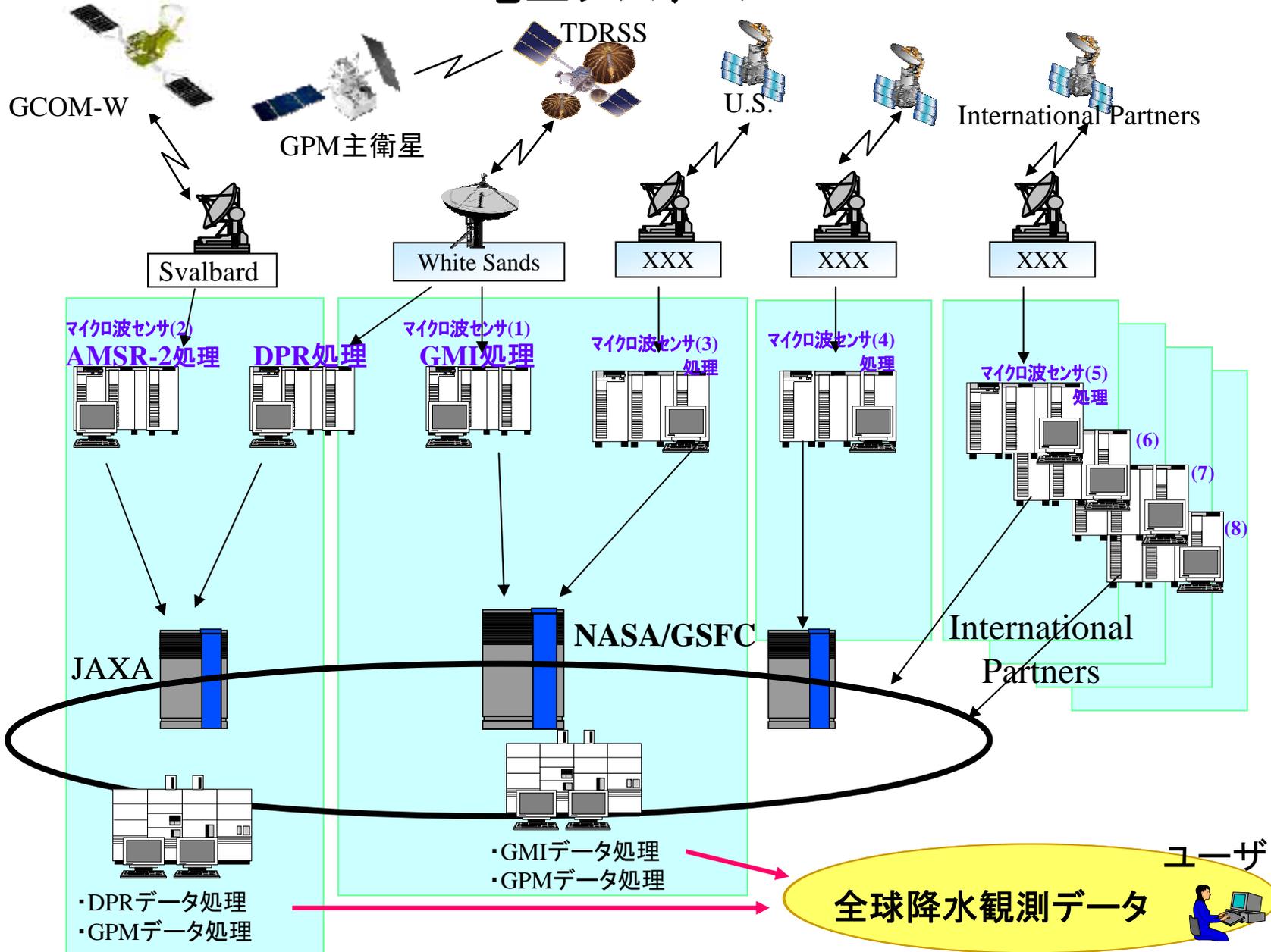
DPRの観測計画立案、ハウスキーピングトレンド評価、ミッションデータのデータ処理等の機能を持つ。\*データ・プロダクトのアーカイブ、ユーザサービスは共通インフラとして整備される

#### ー利用研究系システム

処理アルゴリズム開発、校正検証、応用研究の機能を持つ。

# 6. システム選定および設計要求

## 地上システム



# 6. システム選定および設計要求

## DPRアルゴリズム開発と校正・検証

ベースとなる技術・研究

アルゴリズム開発

校正・検証

レベル1  
アルゴリズム  
(工学値)

TRMM PR  
レベル1  
アルゴリズム

KuPR、KaPRの  
レベル1  
アルゴリズム開発

CAL  
←

- 内部校正
- ARCを用いた外部校正

レベル2  
アルゴリズム  
(物理量)

TRMM PR  
レベル2  
アルゴリズム

二周波を用いた  
降水推定アルゴリズム開発  
(二周波を利用し雨  
滴粒径分布パラメータを算出)  
  
→高精度降水量  
推定

VAL  
←

- 南北1ヶ所(降雨・降雪)の検証サイト
- よく校正された地上降水レーダ
- 降水算出に必要なパラメータを測定する観測機器

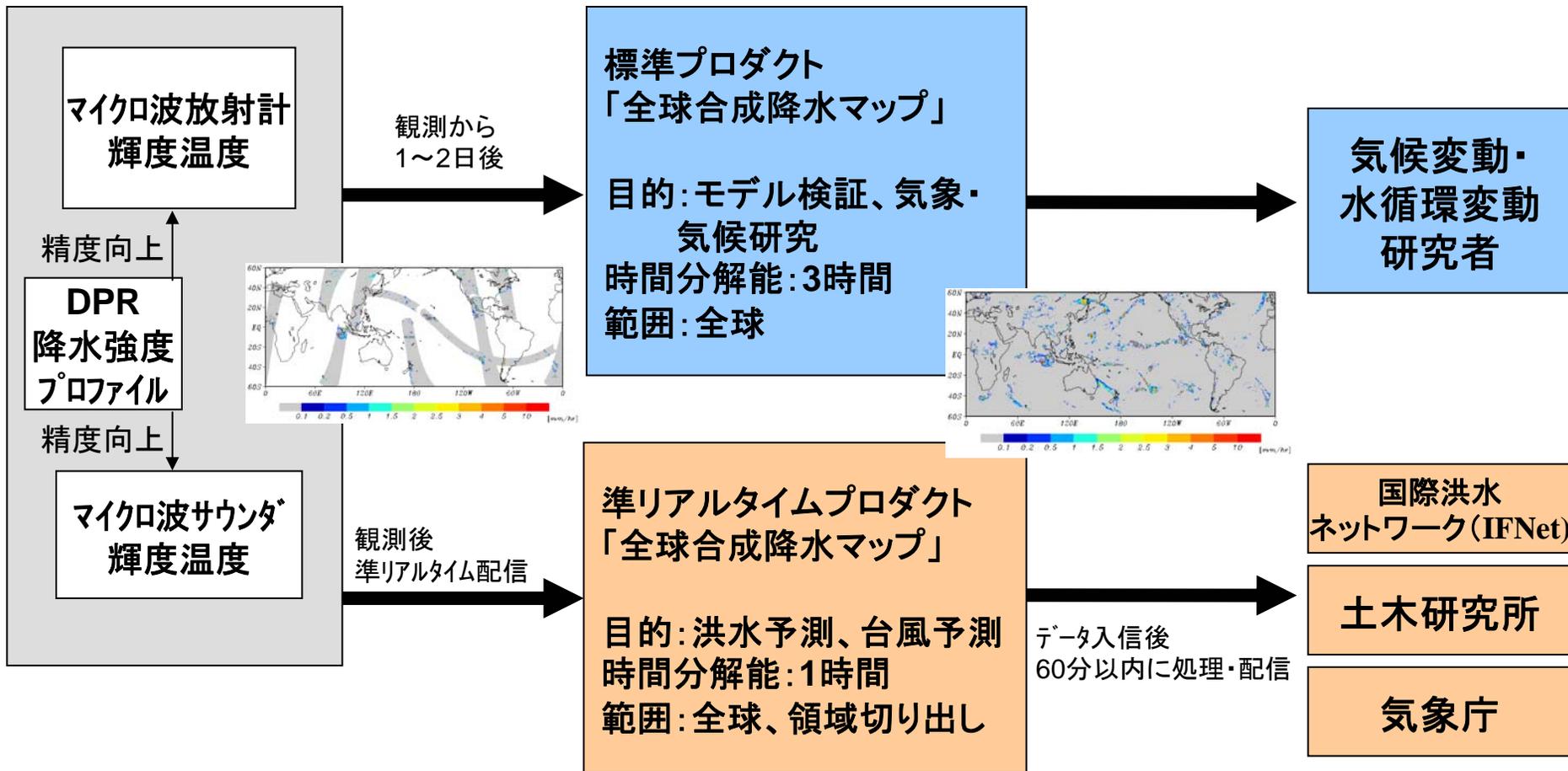
航空機搭載二周波レーダ観測データを用いたアルゴリズム研究

VAL  
←

- アメダスデータ
- 国土交通省レーダデータなど

# 6. システム選定および設計要求 利用研究

全球合成降水マッププロダクトの作成と利用者への提供までの流れ



## 7. 開発計画 資金計画

GPM/DPR総合プロジェクトの資金計画\*は

- GPM/DPRセンサ開発 92億円
- GPM/DPR用地上設備開発等\*\* 18億円

を目標とする。

\*開発研究段階で約30億円を支出

\*\*ミッション運用系システム、利用研究系システム

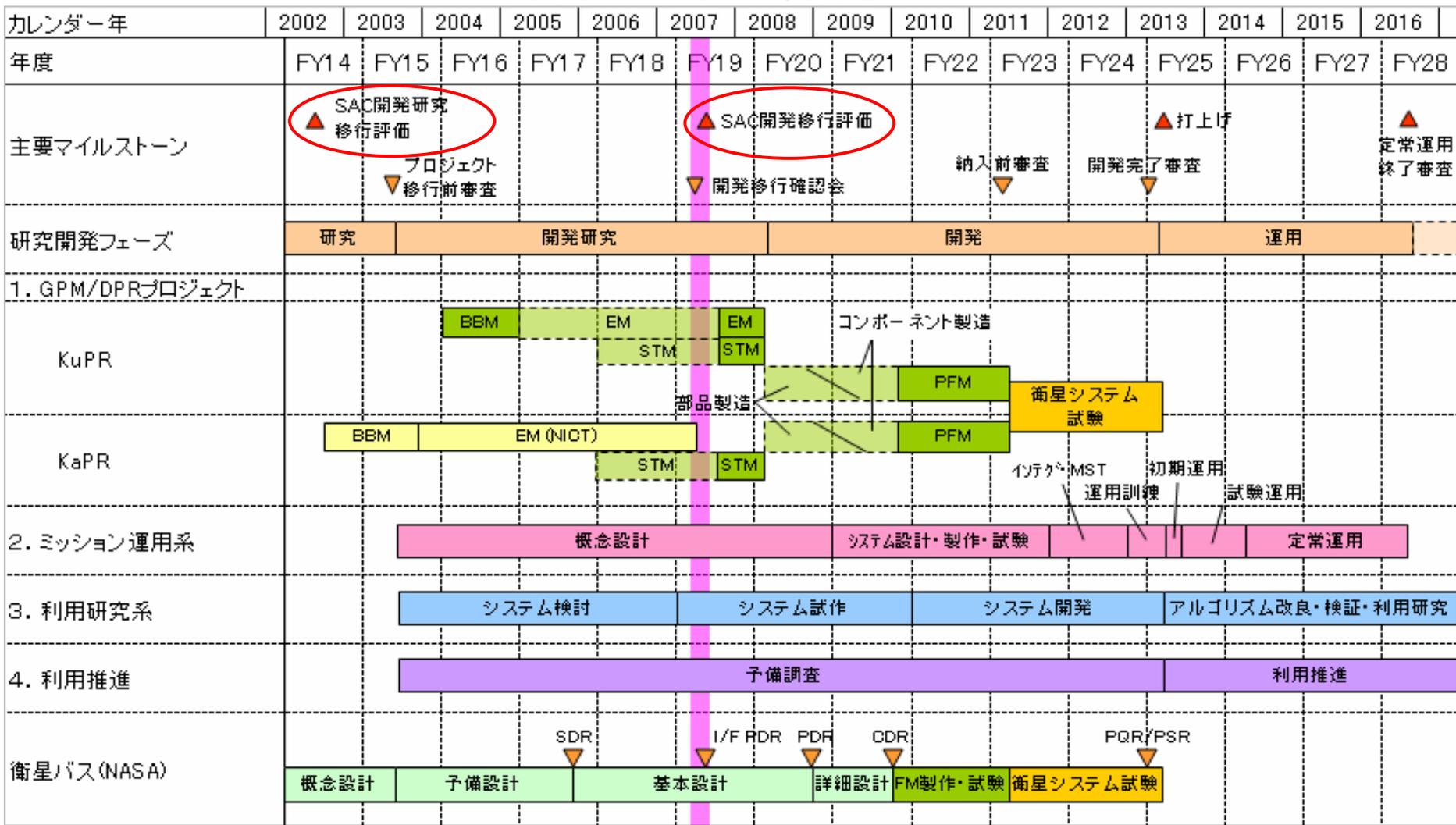
## 7. 開発計画

### 開発資金の無駄を排除するための取り組み

- KuPR、KaPRはそれぞれ、128系統のフェーズドアレイ方式を採用しているが、EMではTRMM降雨レーダの開発実績を踏まえ128系統のフルモデルを製作することはせずに、32系統の部分モデルの製作を実施
- システム制御データ処理部をKuPRとKaPRで共有化
- 新規採用部品の品質確認試験及びフライト用部品の調達を、JAXA内の他プロジェクトと共同で実施することにより、試験費用と本部品の調達コストを削減
- 宇宙空間に曝される熱制御材の放射線・原子状酸素に対する耐性確認試験や帯電解析については、NASAの試験データや解析結果を用いて効率化を実施

# 7. 開発計画

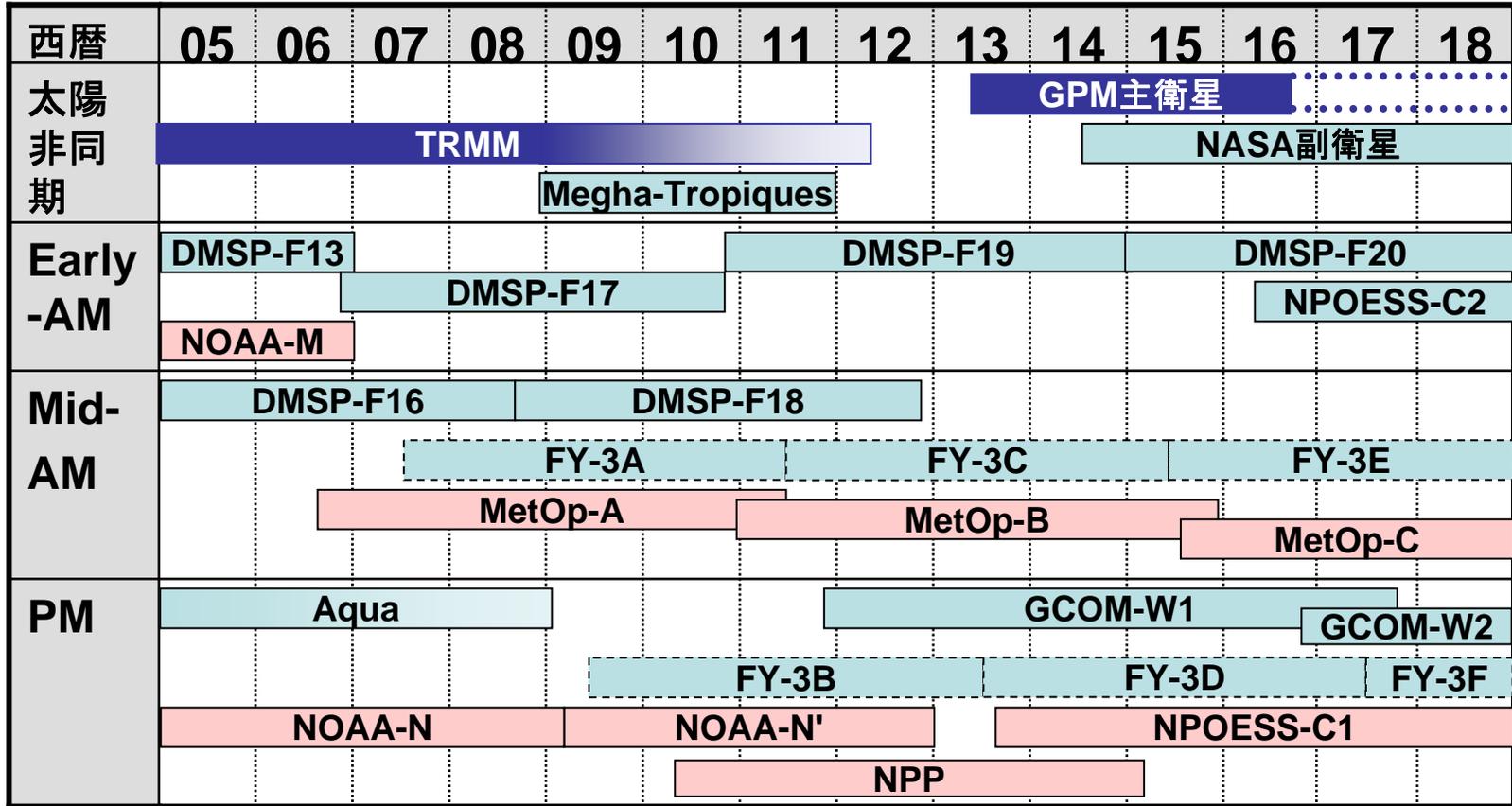
## GPM/DPR総合システム開発スケジュール



- \* NASAから打上げの2年前にDPRの引渡しを求められている。
- \* PFMの組み立て・システム試験、米国への輸送を経て、DPRのNASAへの引渡しまでに約1.5年必要
- \* DPRの256台の送受信系を製造するため、PFM用部品及びコンポーネント製造に2年弱の期間が必要  
→これらより平成20年度からPFMの部品製造に着手する必要がある。

# 7. 開発計画

(参考) 副衛星群の打上げ時期



レーダ+マイクロ波放射計

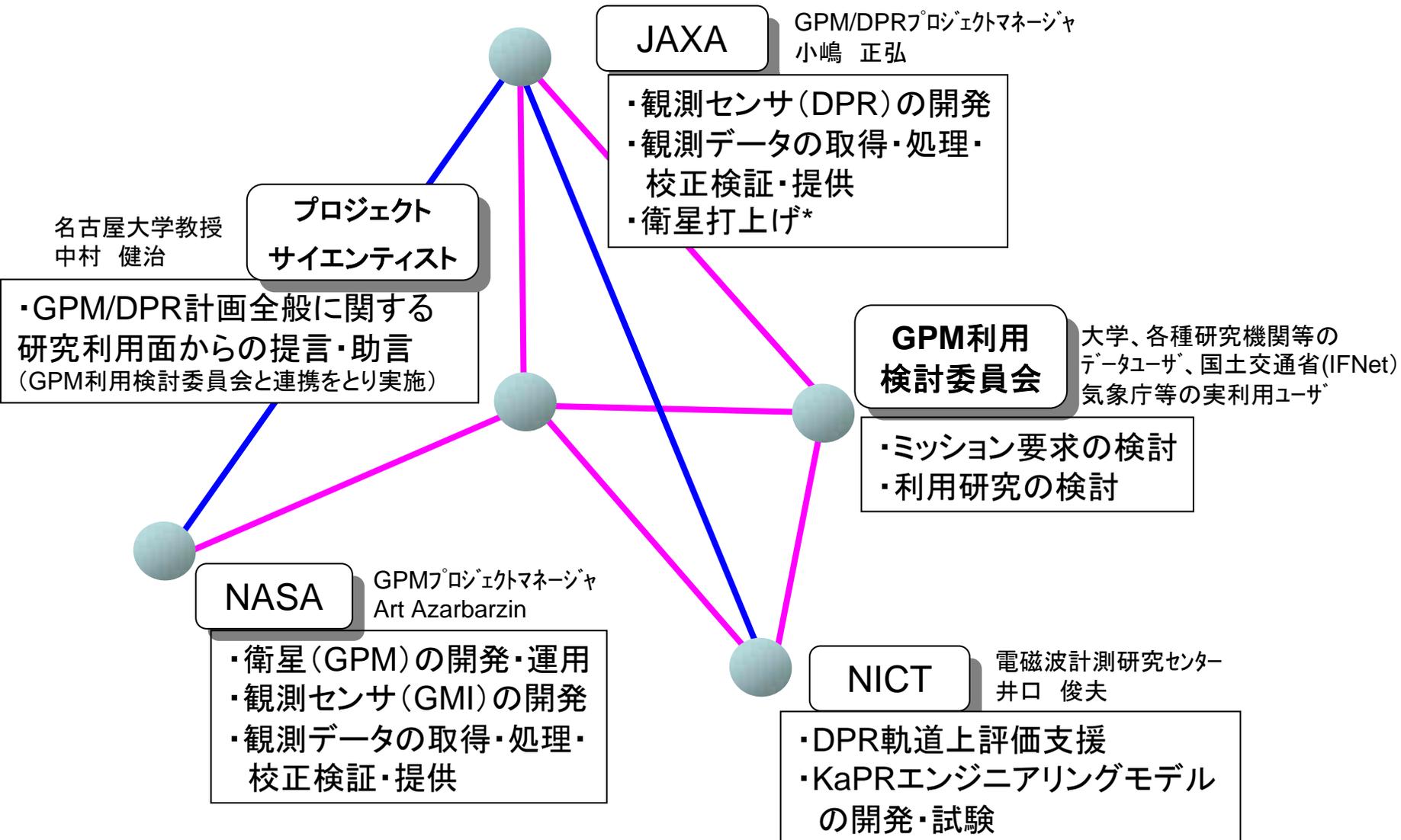
マイクロ波放射計

マイクロ波サウンダ

Megha-Tropiques (CNES[仏]/ISRO[印])、DMSP(米国防総省)、NPOESS(NOAA)、NOAA(NOAA)、FY-3(中国)、MetOp(欧州気象衛星機関)、Aqua(NASA)、GCOM-W(JAXA)、NPP(NASA/NOAA/米国防総省)

# 7. 開発計画

## JAXA—協力機関の実施体制



\*衛星打上げはJAXA/NASA共同で実施する

# 7. 開発計画

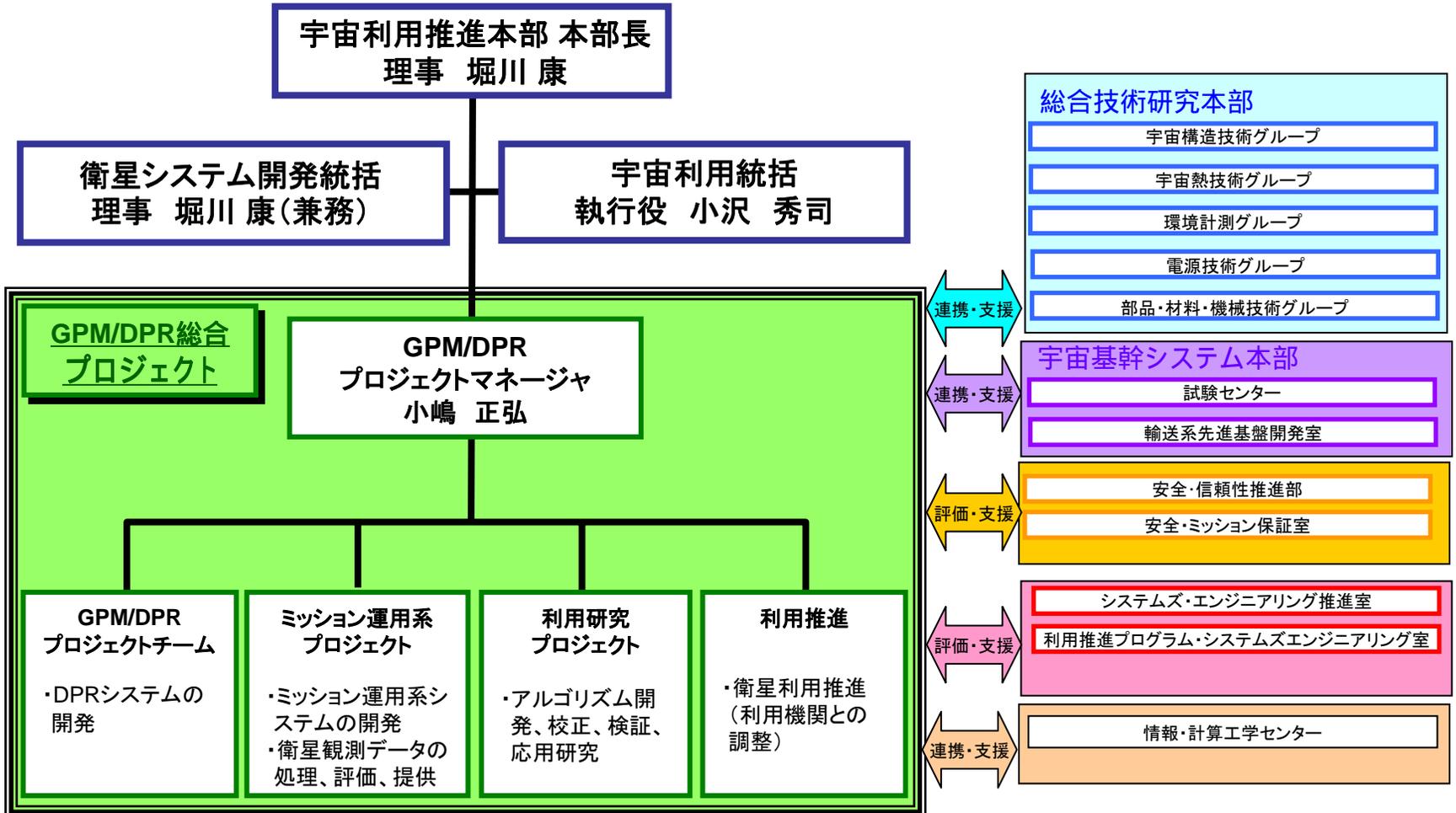
## 利用分野及び利用機関との関係

| 分野                    | データユーザ                            | 利用実証の現状  | GPMで期待される成果   | 調整状況  |
|-----------------------|-----------------------------------|--|---|---|
| 全球水循環、気候変動研究への貢献      | 名古屋大学、東京大学、大阪府立大学、気象研等<br>RIで研究実施 | 熱帯域の研究においては、TRMMのデータを利用  | 全球の高精度・高頻度降水観測により、気候変動が降水に及ぼす影響、地球規模での水循環メカニズムの把握に貢献し、 <b>GEOSS10年実施計画に大きく貢献</b> することとなる。 | FY19から降水科学ミッション研究公募による共同研究を開始。  |
| 洪水予警報への貢献             | 国際洪水ネットワーク(IFNet)<br>土木研究所        | IFNetでは、TRMMやマイクロ波放射計データを用いてGFAS(全球洪水警報システム)を試験運用中。<br>土木研究所は、衛星降雨情報を活用した河川流域での洪水予警報システム構築基盤ツール(IFAS)を開発中。 | IFNetのGFAS及び土木研究所のIFASは、ともにGPMデータの活用を念頭に置いており、 <b>アジア等での更なる利用を目指している。</b>                 | 現在のIFNetのGFAS立ち上げ時より、IFNetとの協力を継続。<br>また、衛星降雨データの精度評価等において土木研究所との共同研究実施中。 |
| 数値天気予報精度の向上、台風予報精度の向上 | 気象庁                               | TRMM、AMSR-Eデータ等を現業利用中  | GPMデータの利用を予定し、 <b>予報精度の更なる向上</b> が図れる。  | 現在のTRMM,AMSR-Eのデータ交換に関する気象庁との協定を継続。GPM主衛星打ち上げ後に、本協定にGPMを追加予定。             |

\* 上記のデータユーザとの調整は利用検討委員会にて実施されている。

# 7. 開発計画

## JAXA社内での実施体制



## 7. 開発計画

### 衛星開発企業との責任分担

– GPM/DPRにおいては、契約企業との責任分担は以下のように行う。

- JAXAは、ミッション要求をブレークダウンして、DPRシステムに対する開発仕様を設定することに責任を持つ。
- 契約企業は、JAXAが設定した開発仕様を満足するDPRシステムの設計と製造を行い、製造した物が開発仕様を満足することを試験等で立証する責任を有する。

# 8. リスク管理

## (1) リスク管理方針

GPM/DPRプロジェクトのリスクについては、JAXAの標準である「リスクマネジメントハンドブック」(JMR-011)に基づき、「GPM/DPR総合プロジェクトリスク管理計画書」としてまとめ、開発期間を通して維持管理を行う。

## (2) リスク管理の実施計画

### ➤ リスク管理体制の構築

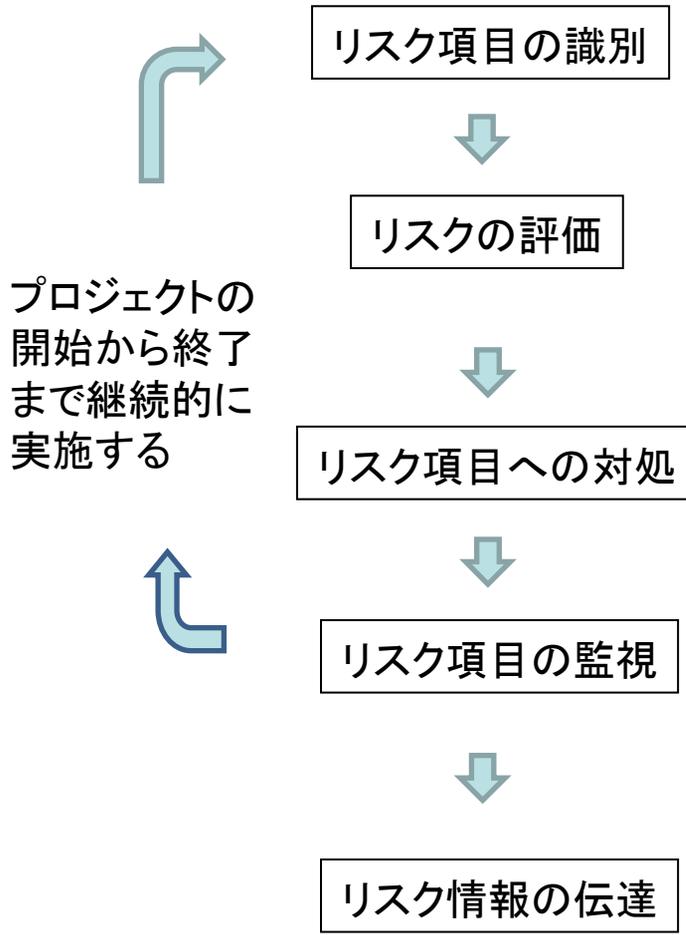
プロジェクト内外の役割と責任を決定し、リスク管理を実行する体制を構築する。



# 8. リスク管理

## ➤リスク管理の実行

プロジェクトの開始から終了まで、継続的に以下のリスク管理を実行し、開発へのフィードバックを図る。



①設計結果に基づく知見、既開発衛星からの知見、不具合情報システム、信頼性解析手法、独立評価等からリスク項目を識別する。

②発生可能性、影響度からリスクの大きさを評価する。（\*）

③許容できないリスクに対処策または代替策を準備、許容できるリスクは監視を継続する。

④リスク項目の対処状況を監視し、リスク項目が完了基準を満たした場合は完了とする。未了のリスクについては、再度リスクの識別・評価を行う。

⑤関係者への伝達を行い、リスク情報を共有する。プロジェクト完了後は後続プロジェクトへの反映・教訓をまとめる。

（\*）リスク中以上は特に詳細に管理する

|       |   |        |      |   |
|-------|---|--------|------|---|
| 発生可能性 | 大 | リスク大   | リスク中 |   |
|       | 中 | リスク中   | リスク小 |   |
|       | 小 | リスク小   |      |   |
|       |   | 小      | 中    | 大 |
|       |   | 発生の影響度 |      |   |

# 8. リスク管理

## (3) リスク管理状況(総合プロジェクト)

総合プロジェクトに関する主要なリスクの開発研究段階の処置状況及び開発段階の計画を以下に示す。

| リスク項目   | プロジェクト   | 開発研究段階での処置   | 開発段階での対応計画   |
|---|----------|--|--|
| NASAの主衛星開発遅延による打ち上げ時期の遅延<br>〔カテゴリ1〕                     | 総合プロジェクト | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プログラムレベルの密な情報交換と問題発生時の経営者レベルを含む迅速な調整体制の構築</li> <li>・開発段階の協定が締結されるまでの措置として、NASA局長－JAXA担当理事間での打ち上げ時期を含む主要マイルストンのレターによる確認</li> <li>・プロジェクトレベルでのマンスリーな相互ステータス確認と問題発生時の迅速な連絡・調整体制の構築</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・開発段階の協定に主衛星打上げ時期を明記</li> <li>・プログラムレベルの密な情報交換と問題発生時の経営者レベルを含む迅速な調整体制を継続</li> <li>・プロジェクトレベルでのマンスリーな相互ステータス確認と問題発生時の迅速な連絡・調整体制の維持</li> </ul>      |
| 主衛星打上げ時期の遅延により、水循環関係のユーザ・科学者のGPM計画への支持・協力が低下<br>〔カテゴリ1〕 | 利用研究系    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・年1回利用検討委員会、GPM国際ワークショップを開催</li> <li>・利用機関との共同研究を開始。またGPMへのつながりを意識したTRMM公募研究を実施</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・利用検討委員会、GPM国際ワークショップの開催を継続</li> <li>・利用機関との共同研究を継続</li> <li>・TRMMとGPMを一体化した降水の公募研究を実施</li> </ul>   |
| 利用可能な副衛星群の数が減り観測頻度が低下することにより降雨サンプリング誤差が増大<br>〔カテゴリ1〕    | 総合プロジェクト | <ul style="list-style-type: none"> <li>・マイクロ波放射計だけでなく、マイクロ波サウンダデータも降水推定に利用する検討を実施</li> <li>・GPM国際ワークショップ等での副衛星に関する情報交換</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・マイクロ波サウンダデータからの降水推定アルゴリズムを開発</li> <li>・副衛星機関を含む全GPMパートナー間でのステータス確認と調整の体制を構築</li> <li>・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を活用した新規副衛星の獲得</li> </ul> |
| H-IIAの技術トラブルによる打上げ延期<br>〔カテゴリ1〕                         | 総合プロジェクト | <ul style="list-style-type: none"> <li>・H-IIAと同等の代替ロケットによる打上げについてNASAと調整した結果、NASAからはH-IIA以外での打上げは考えない旨の回答を得た</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・1年程度の遅延の場合は、打上げを遅延させる。それを超える遅延の可能性が生じた場合は、NASAとの調整を行う</li> </ul>   |

(注) カテゴリ1: JAXA/プロジェクトのコントロールが困難な外的要因が主で、必要に応じて追加コスト、スケジュール見直しを要するもの  
 カテゴリ2: 内的要因が主で、開発研究段階で新たにリスクとして識別されたもの  
 カテゴリ3: 内的要因が主で、開発研究段階で処置するため開発段階でリスクが大幅に低減するもの

# 8. リスク管理



## (3) リスク管理状況(DPR)

プロジェクトに関する主要なリスクの開発研究段階での処置状況及び開発段階での計画を以下に示す。

| リスク項目   | サブシステム       | 開発研究段階での処置結果   | 開発段階での対応計画  |
|---|--------------|--|---|
| DPRの開発上の不具合に起因する主衛星打上げ時期の遅延<br>[カテゴリ3]  | DPRシステム      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・DPR及びGPM主衛星の適切なスケジュールマージンの確保</li> <li>・将来入手困難となり代替が無い可能性が高い部品のリストアップ</li> <li>・問題発生時のNASAとの迅速な連絡・調整体制の構築</li> </ul>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・メーカーとの開発スケジュール共有等によるDPRの綿密なスケジュール管理</li> <li>・将来入手困難となり代替が無い部品の必要最小限の予備の確保</li> <li>・問題発生時のNASAとの迅速な連絡・調整体制の維持</li> </ul> |
| 新規フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)であるRTAX2000について予期しない問題点等が発生し、開発スケジュールが遅延<br>[カテゴリ2] | システム制御データ処理部 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・RTAX2000をメイン、JAXA認定品ゲートアレイ化をバックアップとする方針を策定</li> <li>・フライトロットと同一の部品を調達し、部品単体及びEMに組み込んだ評価試験を実施中。</li> <li>・試験結果に基づきRTAX2000使用の最終判断を実施予定</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・開発研究段階で本リスク対処は完了予定</li> </ul>   |
| 可変パルス繰り返し周波数を含む新規開発ソフトウェアの検証不十分により不具合を衛星試験フェーズに持ち越す<br>[カテゴリ3]                | システム制御データ処理部 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・プロトタイプソフトウェアを製作し、システム制御データ処理部BBM上での動作確認を実施。</li> <li>・EM用ソフトウェアをシステム制御データ処理部EMに搭載し試験実施中</li> <li>・ソフトウェアの要求仕様及びEM用ソフトウェアについて独立検証を実施中</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・PFMフェーズでソフトウェアの変更が必要になった場合、必要に応じてEMに搭載した試験の実施、変更部分の独立検証等を実施</li> </ul>  |

(注) カテゴリ1: JAXA/プロジェクトのコントロールが困難な外的要因が主で、必要に応じて追加コスト、スケジュール見直しを要するもの  
 カテゴリ2: 内的要因が主で、開発研究段階で新たにリスクとして識別されたもの  
 カテゴリ3: 内的要因が主で、開発研究段階で処置するため開発段階でリスクが大幅に低減する見込みのもの

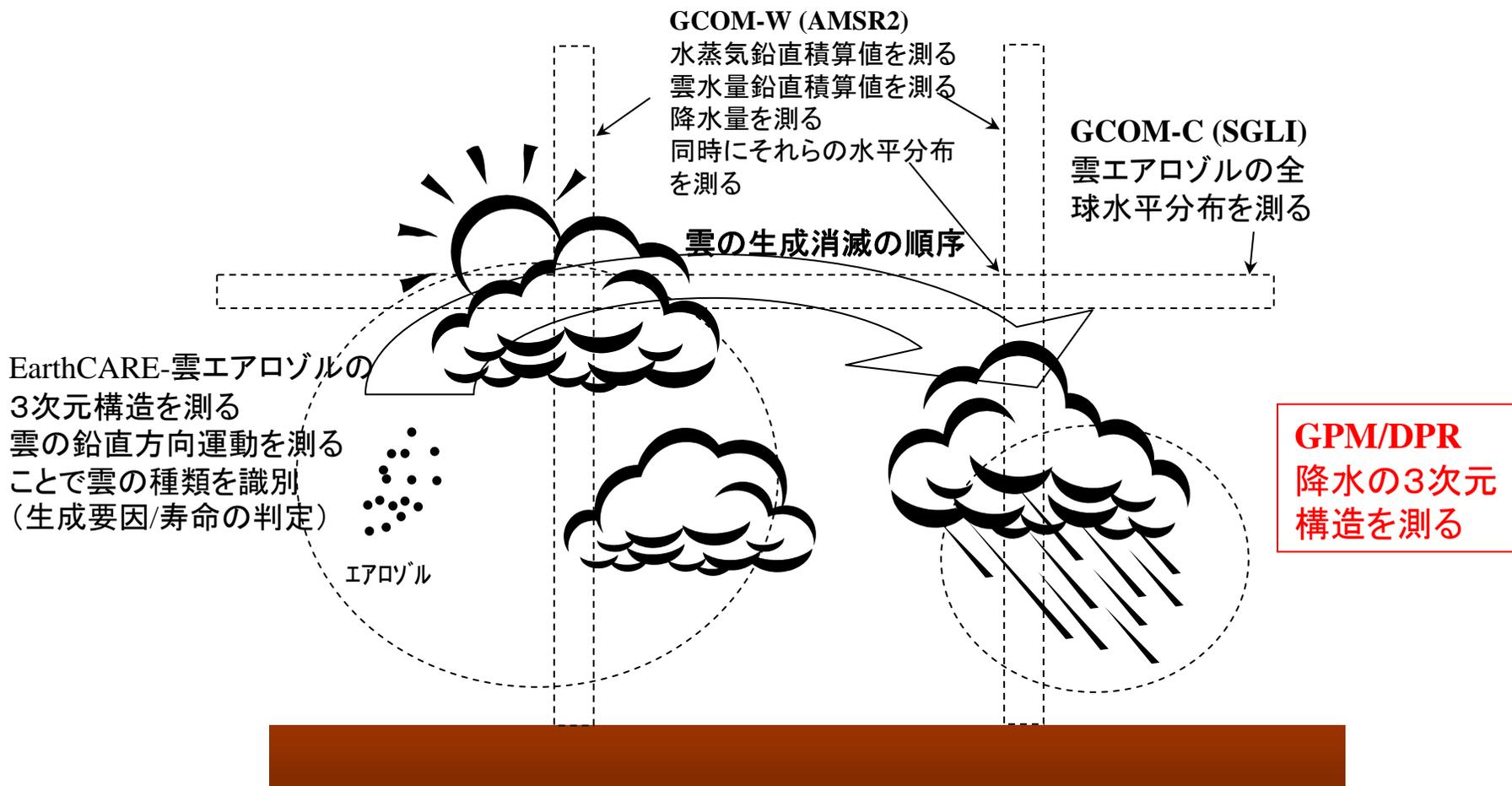
# まとめ



- NICTとのDPR開発分担を確定した。  
(5項 開発方針)
- ミッション要求からブレークダウンして開発仕様のベースラインを設定した。  
(6項 システム選定および設計要求 GPM/DPR総合システム)
- TRMM PRの開発実績及び技術を活用し、かつ信頼性・サバイバビリティを強化したDPRシステムの仕様確定及び基本設計を実施した。採用する技術の成熟度の分析と新規技術の識別を行い、新規技術については試作・評価により妥当性を確認するとともに、開発段階での開発計画を策定した。  
(6項 システム選定および設計要求 DPRシステム)
- 開発研究段階で設定したリスクの対処が完了し、開発段階での対応計画を策定した。また、以上の作業結果及びGPM主衛星打上げ時期の変更を反映して、開発計画(開発資金、スケジュール、実施体制)、リスク管理計画を更新した。  
(7項 開発計画、8項 リスク管理)
- NASAとのGPM主衛星打上げ分担と主衛星とDPRの技術的インタフェース条件の明確化がなされた。

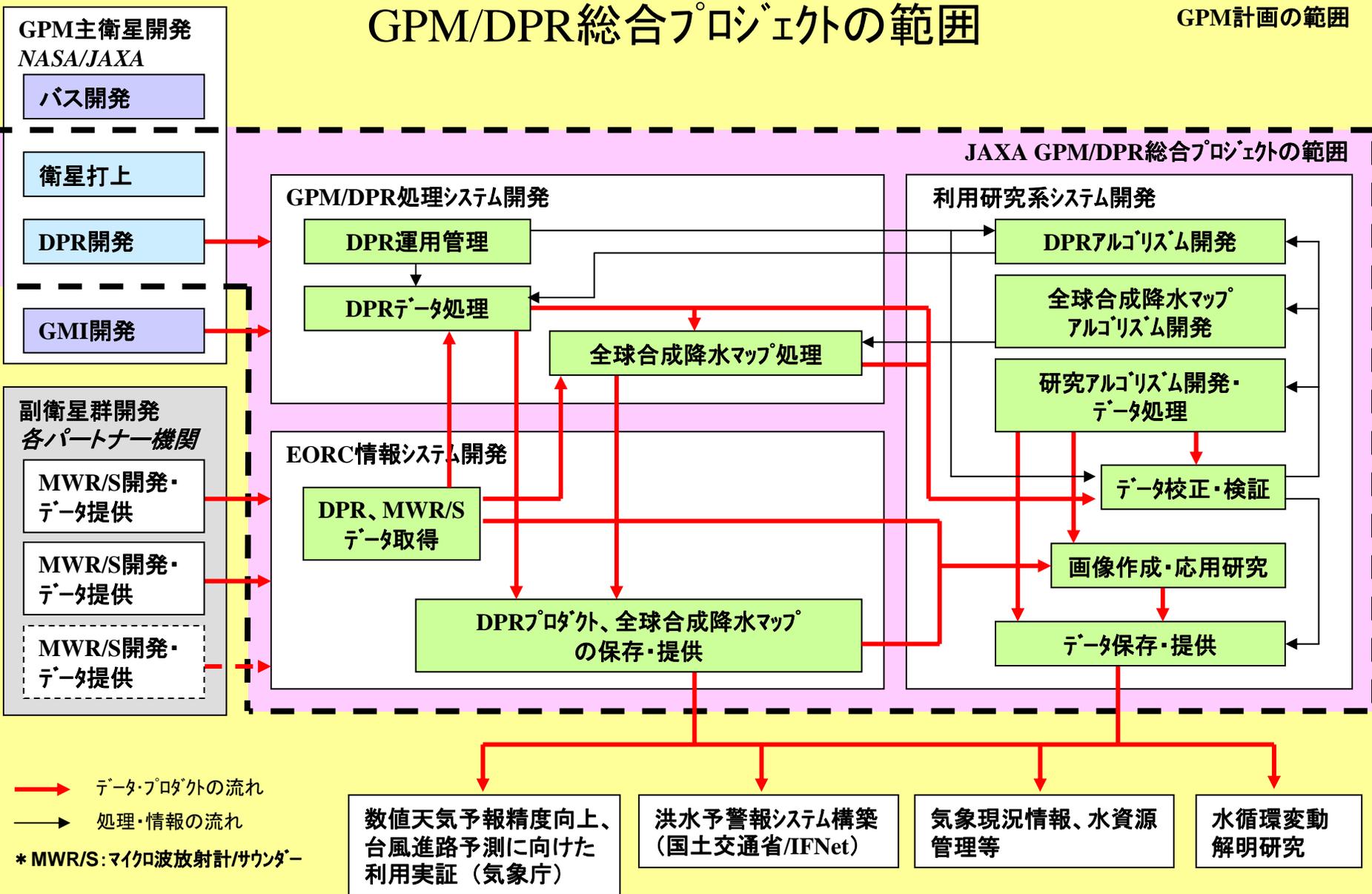
以上から、開発研究段階のフロントローディングを完了し  
GPM/DPRの開発段階移行の準備が整った。

# GPM/DPR、GCOM-W/-C、EarthCAREの エアロゾル～雲～降水の過程における観測領域の違い



# GPM/DPR総合プロジェクトの範囲

GPM計画の範囲



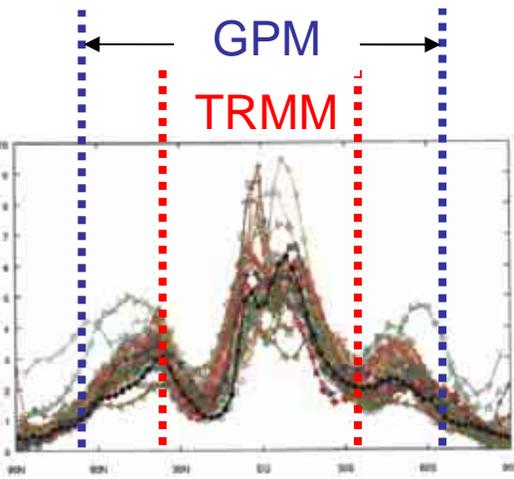
## 雨の場合

## 雪の場合

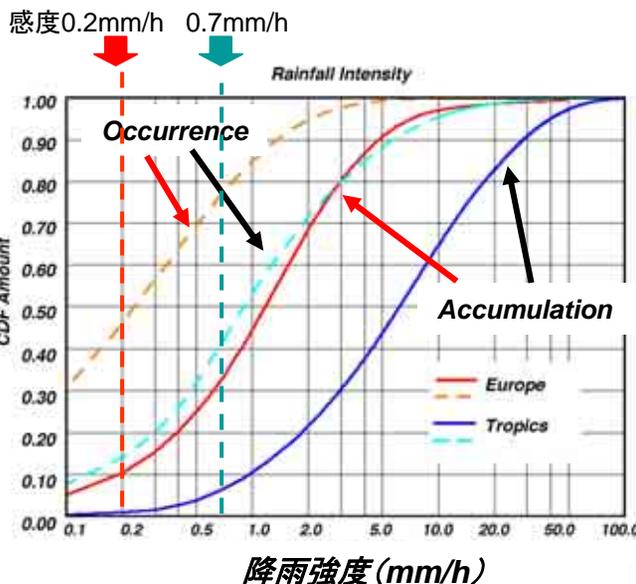
- TRMMは主要な降水帯である、熱帯を観測(全球降水の2/3)  
→強い降水が多い
- GPMは第二の主要な降水帯である温帯低気圧の緯度帯までを観測(全球面積の95%)  
→弱い降水が多い  
→降雪の観測が必須

- TRMM(熱帯・亜熱帯)  
✓PRの最小観測降水強度0.7mm/h  
→弱い降水量の見逃し率:約35%
- GPM(全球降水)  
✓DPRの最小降水観測強度 0.2mm/h  
→弱い降水量の見逃し率:約10%

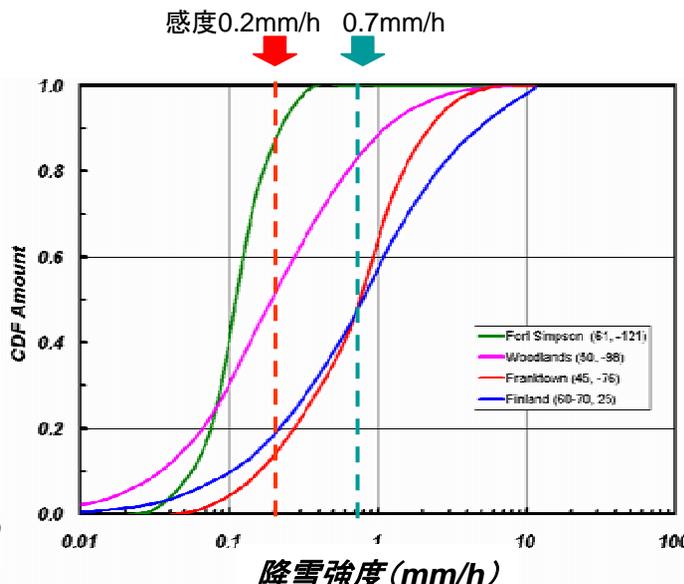
- TRMM(熱帯・亜熱帯)  
✓PRの最小観測降水強度0.7mm/h  
→降雪量の見逃し率:50~80%
- GPM(全球降水)  
✓DPRの最小降水観測強度:0.2mm/h  
→降雪量の見逃し率:10~50%



(左)観測値(黒)とモデルによる降雨の緯度分布 (Gates et al. (1999)による)



(中)降雨強度(右)降雪強度に関する累積分布関数。降雨強度は降雨頻度及び降雨積算の両方を示す。(P. Joelによる)

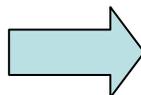


## ミッション要求の意味・根拠

- ✓水循環の変動は全球的であり、その実態把握には、全球的に均質な観測が必要である
- ✓降水は、水循環及び気候変動の重要なファクターであり、全球的な観測が必要である
- ✓GPMで初めて、全球面積の95%以上の地域を精度良く観測可能となる

## TRMMにおける状況

- TRMM搭載降雨レーダ(PR)とマイクロ波放射計(TMI)の相対誤差  
±20%(陸上)～±10%(海上)程度

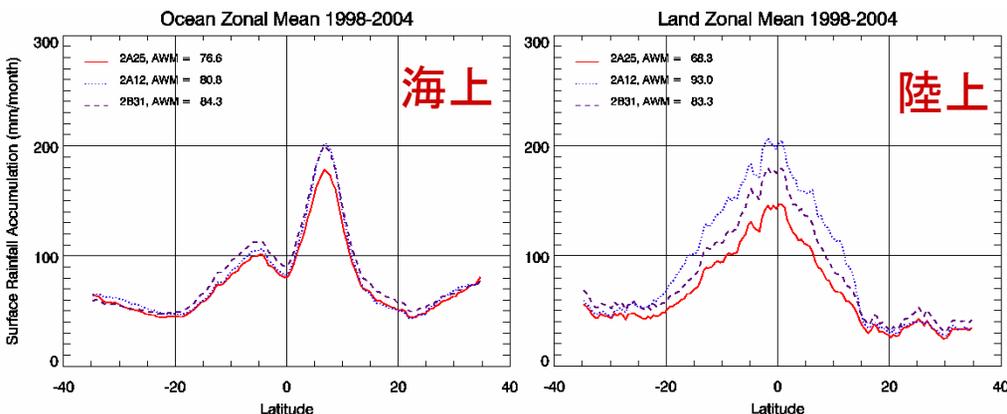


## GPM/DPRで達成するミッション要求

- 降雨レーダの高感度化(0.7mm/hから0.2mm/hへ)による弱い雨の推定精度向上
- 降雨レーダの2周波化による雨滴粒径分布等の推定



- DPRによる降水推定精度向上により月平均全球降雨量の緯度分布推定精度±10%以下を達成



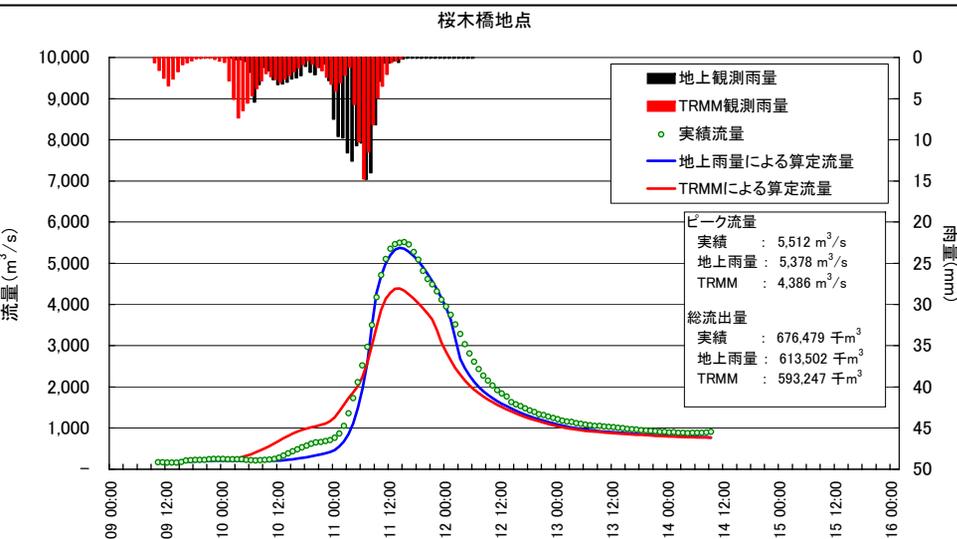
赤線がPR、青線がTMIの降水量。1998-2004年の海上、陸上それぞれの緯度別帯状平均。海上では全球的に±10%以内の相対誤差だが、陸上は全球平均で±20%、地域によってはそれ以上となる。(J. Stoutによる)

## ミッション要求の意味、根拠

- ・気候変動・水循環変動モニタリング、気候モデル検証の観点からの降水観測に対する要求
- ✓ 気候、水循環の起こりうる変動のシグナルが識別できる精度が必要(米国学術研究会議, 1999)
- ✓ 月平均降水量推定に対する要求として、10%(世界気候研究計画(WCRP), 1990)
- ✓ 典型的な精度要求として、月積算のスケールで実効値として誤差10%以下(全球気候観測システム(GCOS), 2006)

## TRMMにおける状況

- TRMM降雨レーダ及びTRMM/TMI、AQUA/AMSR-E、DMSP/SSMI等のマイクロ波放射計データを使用
- ✓ 利根川流域等、日本の河川域でのケーススタディ結果  
日雨量推定誤差～最大60%
- ✓ 北上川における雨量及び流量推定のケーススタディ結果  
下記に示す。



北上川での流量推定の衛星と地上観測比較。流域面積は2,000～7,500km<sup>2</sup>。  
(国土交通省及び国際建設技術協会による)

## ミッション要求の意味、根拠

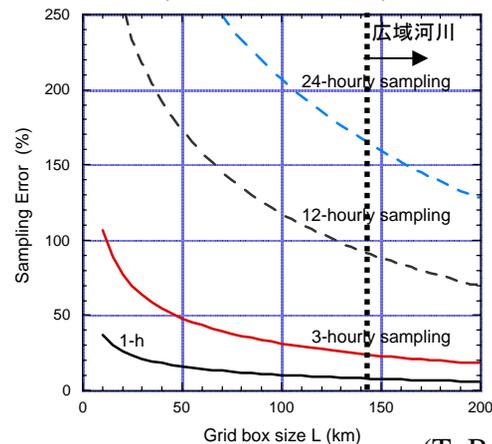
- 国際洪水ネットワーク(IFNet)事務局へのヒアリング結果
- ✓ 衛星観測メッシュサイズに比べて十分流域面積の大きい河川では、流域の地形条件の影響が低減され、衛星による日雨量推定結果は実測にかなり近い。
- ✓ 日雨量計も存在しない地域(全世界の大半)、上流国の降雨情報が下流国に伝わりにくい国際河川では、衛星による降雨観測データの意義は非常に大きい
- ✓ 広域河川(20000m<sup>2</sup>以上)の洪水予警報による実利用実現のためには日雨量推定精度±40%以内が必要

## GPM/DPRで達成するミッション要求

- DPRデータを用いたマイクロ波放射計／サウンダによる降雨のリトリバブル誤差低減
- マイクロ波放射計／サウンダ搭載副衛星群を用いた観測頻度向上による降雨のサンプリング誤差低減

Sampling Error / Mean Rain Rate

24-h averages, "GATE" statistics  
(R = 0.5 mm h<sup>-1</sup> assumed)



(T. Bellによる)

- 広域河川日雨量推定精度±40%以内を達成

# GPM/DPRで期待される研究・利用分野

## 全球水循環及び地球環境変動

- ・全球水循環
- ・地球環境変動
- ・地球表層の水循環システム

## 大気科学

- ・熱帯・亜熱帯の降雨特性
- ・降水日変化
- ・台風
- ・中高緯度の大气じょう乱
- ・潜熱加熱
- ・亜熱帯の降雨
- ・中緯度の降雨
- ・寒冷域、中・高緯度の降雨
- ・モンスーン
- ・全球エネルギー循環
- ・雲物理
- ・雷
- ・山岳域の降水
- ・気候モデルにおける降水

雪氷圏

水文

海洋

農業

洪水予警報

### 気候変動に関する国際連合枠組条約 (UNFCCC)

国連の下に、気候変動によって引き起こされる課題に取り組むための政府間行動に対する包括的な枠組みとして、1994年に発効。

### 気候変動に関する政府間パネル (IPCC)

地球温暖化の実態把握と予測、影響評価を行い、得られた知見に基づく政策立案者への助言や一般への情報提供を目的として、世界気象機関 (WMO) と国連環境計画 (UNEP) との協力の下に1988年に設立された政府間機構。IPCCによりまとめられた報告書は、気候変動枠組条約などの、国際的な地球温暖化対策の検討における科学的な裏付けとして用いられている。

### 全球地球観測システム (GEOSS)

第3回地球観測サミットにおいて承認された「全球地球観測システム (GEOSS) 10年実施計画」に基づき、各国・国際機関の人工衛星や地上観測などの多様な観測システムを連携することによって構築する、世界全域を対象とした包括的で持続的な地球観測を行うためのシステム。利用者の要求に基づき、社会経済的利益に必要な情報を提供することを目的とする。

### 地球観測に関する政府間会合 (GEO)

「GEOSS 10年実施計画」を実際に推進するための作業計画の策定、進捗状況の管理等を行うことを目的とした組織であり、全体会合 (閣僚級または高官級)、執行委員会、常設委員会 (ユーザーインターフェースや科学技術などの複数の委員会の設置について検討中)、事務局等から構成される。

### 世界気候研究計画 (WCRP)

世界気象機関 (WMO) が中心となって行っている世界気候計画 (WCP) のサブプログラムの一つ。1980年に、WMO、国際科学会議 (ICSU) および国連教育科学文化機関 (UNESCO) の政府間海洋学委員会 (IOC) がスポンサーとして設立された。気候の予測可能性および人間活動の気候影響を究明することを、全体にわたる目的とする。

### 全球気候観測システム (GCOS)

1992年に設立された、国際モニタリング計画。気候関連問題に対処するために必要な観測と情報の取得と、すべての潜在的な利用者によるそれらの利用が確実となることを目的とする。世界気象機関 (WMO)、国連教育科学文化機関 (UNESCO) の政府間海洋学委員会 (IOC)、国際科学会議 (ICSU) および国連環境計画 (UNEP) が共同のスポンサーである。気候システム監視、気候変化の検知と起因、気候変動と変化の影響評価と適応の支援、経済発展への応用、気候システムの理解・モデル・予測の理解向上のための研究に必要とされる、必要な総合的な観測を提供可能な、長期的かつユーザー主導の定常システムたることを目的とする。

### 統合地球観測戦略パートナーシップ (IGOS-P)

衛星による観測と地上観測を統合して効率的な全球観測戦略 (IGOS) を実現することを目的として1998年に設立された、宇宙及び地上観測システムの計画を調和する国際的・総合的な枠組み。地球観測衛星委員会 (CEOS) 等の宇宙機関と国連環境計画 (UNEP)、世界気象機関 (WMO) 等の国際機関の全14のパートナーにより構成され、海洋、全球炭素、全球水循環、陸域災害、大気化学、沿岸、陸域、雪氷等の各テーマに関する地球観測戦略を策定し、順次実施している。

### 地球観測衛星委員会(CEOS)

宇宙からの地球観測活動に関する国際的な調整を目的として1984年に設置された、各国の宇宙機関による国際組織。衛星計画並びにデータフォーマット、サービス等の開発における参加機関間の協力、地球観測システムの相補性及び互換性の向上に向けた技術情報の交換などを実施する。CEOSの組織は本会合、戦略実施チーム(SIT)、校正・検証作業部会、情報システム・サービス作業部会、教育訓練作業部会及び常設事務局から構成され、日本はSIT議長の他、欧州、米国と共に常設事務局を分担。

2006年に、GEOSSの宇宙パートへの貢献として、地球観測衛星のヴァーチャル・コンステレーションであるCEOSコンステレーション構想を提唱。現在、陸域撮像、大気組成、海面高度、降水の4つが設定されている。

### 国際洪水ネットワーク(IFNet)

洪水の被害を減らす活動や知識の共有、支援のため、国土交通省が中心となって設立された国際ネットワーク。その一環として、TRMMなどの地球観測衛星による降水観測情報を用い、降雨予測及び洪水予測を行う全球洪水予警報システム(GFAS)を、第3回世界水フォーラムにおいて国土交通省が提唱し、JAXA(当時はNASDA)が協力して推進した。GFASは2006年よりインターネット上で試験運用中である。

### 地球規模水循環部会(水循環部会)／自然災害・地図作成・資源探査部会(自然災害部会)／定常観測部会

総合科学技術会議(CSTP)が、地球観測に関する我が国における今後の取組にあたっての基本的な考え方を明確にするために、重点分野推進戦略専門調査会環境研究開発推進プロジェクトチームの下に設置した、地球観測調査検討ワーキンググループの部会。ワーキンググループは、地球観測の各分野の学識有識者から構成された9つの部会(地球温暖化部会、地球規模水循環部会、地球環境部会、自然災害・地図作成・資源探査部会、定常観測部会、地球科学部会、データ部会、国際対応部会、生態系部会)から構成される。

これらの部会において、地球観測の各分野の現状、観測ニーズ、今後の取組方針(優先的に取り組むべき課題・事項)等について集中的な調査・検討を実施し、部会報告書としてまとめられた。部会報告書は、「地球観測の推進戦略」(平成16年12月に総合科学技術会議で決定)の参照文書として位置づけられる。

### マイクロ波放射計とマイクロ波サウンダ

地表及び大気から周囲へ放射される熱エネルギーのうち、電波領域であるマイクロ波の微弱な放射を検出することにより、地表(海面、陸面、海水面など)の温度、塩分濃度、土壌水分、海上風速、水蒸気量、降水量、大気成分などを観測するセンサ。

マイクロ波は可視光や赤外線に比べて波長が長く雲や雨による減衰を受けにくいこと、及び太陽光を必要としないことから、天候、昼夜の別無く観測を行うことが可能。

放射計(イメージャ)とサウンダの違いは、イメージャは本来、地球表面などの映像を取得するためのリモートセンサであり、マイクロ波センサでは主に窓領域の周波数を用いている。他方、サウンダはセンサ視線方向のプロファイルを求めるリモートセンサであり、そのため吸収線(マイクロ波の場合、酸素、水蒸気)付近の周波数を主に用いている。