

降水レーダ衛星 (PMM*1) プロジェクト移行審査の結果について

令和5(2023)年7月24日

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

理事 寺田 弘慈

降水レーダ衛星プロジェクトマネージャ 古川 欣司

*1 PMM : Precipitation Measuring Mission

プロジェクト事前評価

* 宇宙開発利用部会におけるプロジェクト事前評価について

JAXAが自ら実施した研究開発プロジェクトの評価結果について、目的、目標、開発方針、開発計画、成果等についての調査審議を行う。

※JAXAは、プロジェクトの企画立案と実施に責任を有する立場から、JAXA自らが評価実施主体となって評価を行うことを基本とする。

「宇宙開発利用部会における研究開発課題等の評価の進め方について」
(令和5年4月28日宇宙開発利用部会決定)

- * 当報告は、宇宙開発利用部会が実施フェーズ移行に際して実施する「事前評価」に資するものである。
- * JAXAが実施した降水レーダ衛星(以下、「PMM」)に係るプロジェクト移行審査(令和5年5月16日)について、審査における主たる項目を以下に示す。
 - ① プロジェクト目標・成功基準の妥当性 審査項目①
 - ② 実施体制、資金計画、スケジュールの妥当性 審査項目②
 - ③ リスク識別とその対応策の妥当性 審査項目③
- * なお、PMMプロジェクト移行審査は、宇宙基本計画工程表(令和4年12月23日宇宙開発戦略本部決定)に記載されている通り、米国NASAが計画中のAOS^{*1}(Atmosphere Observing System)への参画を前提として実施された。

* 1 旧称: ACCP(Aerosol, Cloud, Convection, and Precipitation)

目次

1. プロジェクト目標の設定 **審査項目①**
 - 1.1 ミッション目的
 - 1.2 ミッション目標
 - 1.3 プロジェクト目標

2. PMMの概要
 - 2.1 衛星システム
 - 2.2 Ku帯ドップラー降水レーダ
 - 2.3 雲・降水レーダのベンチマーク

3. PMMの開発計画
 - 3.1 (1)実施体制、(2)資金計画、(3)スケジュール **審査項目②**
 - 3.2 リスクと対応策 **審査項目③**

4. プロジェクト移行審査のまとめ

参考資料

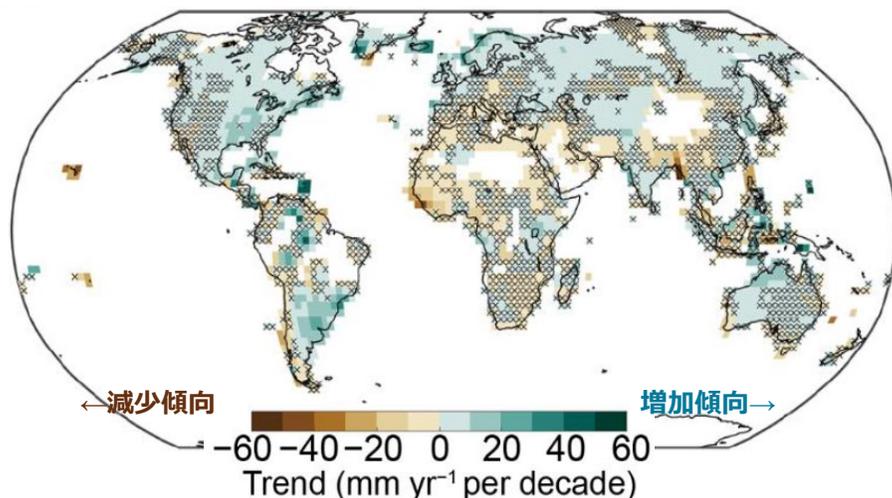
1. プロジェクト目標の設定

1.1 ミッション目的

審査項目①

降水レーダ衛星のミッション目的

Ku帯ドップラー降水レーダを搭載する衛星ミッションの実現により
気候変動による世界の雨雪の時空間変化の把握を可能にすることで、雲降水システムを解明し、
頻発・激甚化する水災害の人間社会への影響を低減する

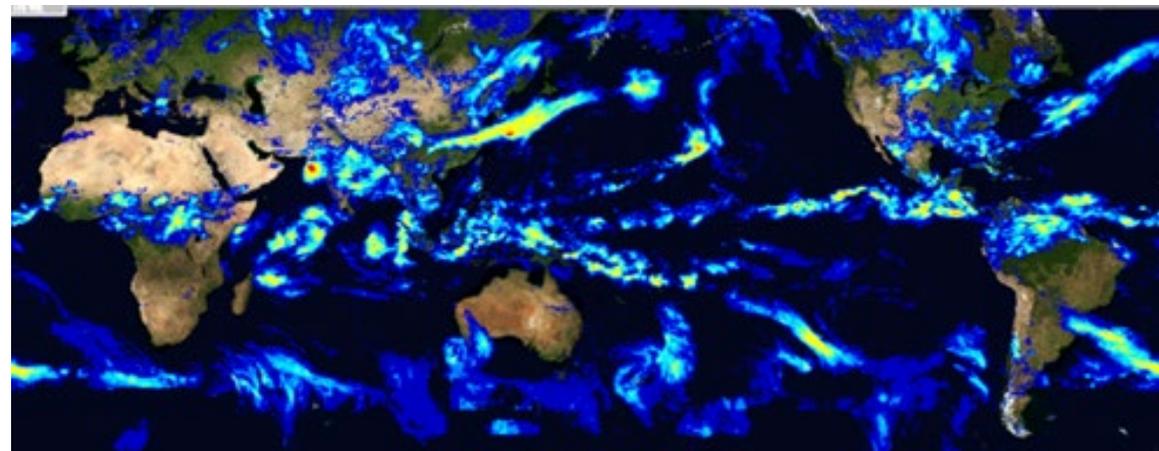


観測された世界の降水量の長期変化

(1901年から2019年。IPCC AR6 Fig.2.15aを引用)

気候変動下、社会生活に密接な降水量の長期変化傾向は地域によって異なり、**洪水・干ばつ両方とも頻度が増える**ことが示唆されている。

➡長期的な全球規模での降水監視が必要。



衛星全球降水マップ (GSMaP)

GSMaPは、現在、運用中の全球降水観測(GPM)計画主衛星搭載二周波降水レーダ(DPR)の観測データを活用して作成しており、インド太平洋地域で水災害監視や農業気象・水資源管理で広く実利用が広がっている。
(詳細は、資料末尾の「補足①」を参照)

1. プロジェクト目標の設定

1.1 ミッション目的

【NASA AOS ミッションへの参画とその意義】

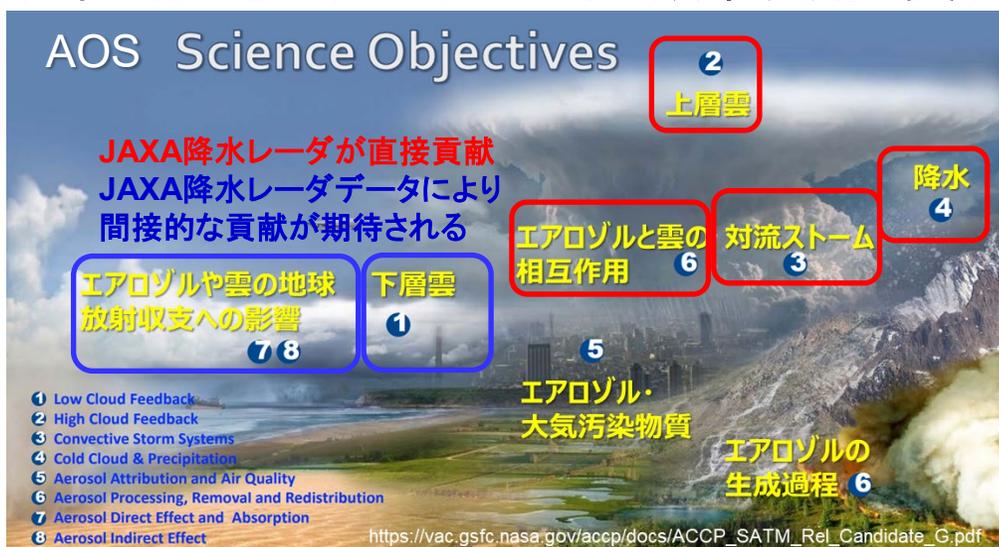
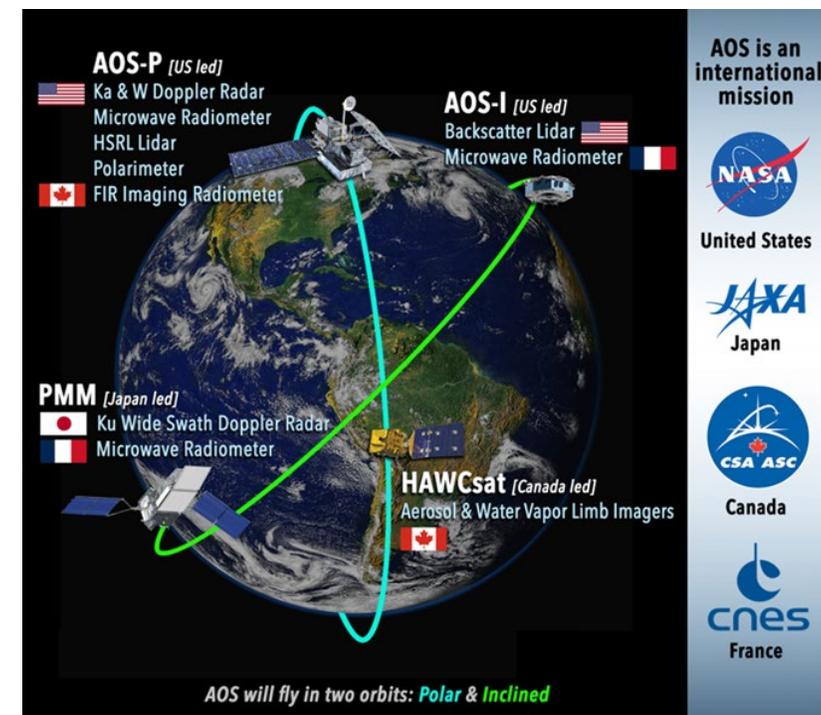
審査項目①

国際協力によって降水観測に留まらない包括的な大気観測を通じて、気象・気候モデル改良に貢献。気候変動政策に係る宇宙分野での日米協力のシンボルとなることを目指す。

【NASA AOS ミッションの目的】

- 世界で初めてエアロゾル、雲、降水、大気鉛直流、および放射を統合的に、かつ時間空間的に同時観測を行う。
- 雲解像スケールにおけるプロセスの不確定性を低減し、気象予測および気候予測を改善する。
- 傾斜軌道と極軌道に投入する衛星コンステレーションにより、数時間～数十年におけるタイムスケールでの政策決定に資する。

NASA の観測アーキテクチャ



傾斜軌道衛星 2 機と極軌道衛星 2 機の衛星コンステレーション。打上げはNASAが実施。JAXA PMM衛星は傾斜軌道内で唯一のレーダであり、NASA ミッションの達成に必要な不可欠であることからアーキテクチャの一部として確定している。

1. プロジェクト目標の設定

1.2 ミッション目標

降水レーダ衛星のミッション目標

審査項目①

我が国が強みを有する走査型降水レーダ観測技術を発展させたセンサを搭載する衛星ミッションを実現し、高度化した三次元降水情報と品質向上した衛星全球降水マップ(GSMaP)を用いて、AOS他衛星の観測や数値モデル等との連携により以下を行う。

- (1) 全球水循環諸量の精緻化とそれによる雲降水プロセスの解明
- (2) 気象・防災情報の高度化への貢献
- (3) 地球規模気候・水課題に資する長期の水資源基盤情報の提供

※上記のミッション目標の設定にあたっては、以下コミュニティからのユーザニーズを取り込んでいる。

- 雲降水科学ユーザコミュニティ(大学、研究機関等)
- 気象庁
- 高解像度気象モデルコミュニティ(東京大学、理化学研究所等)
- 水災害・リスクマネジメント国際センター(ICCHARM)や国際建設技術協会(IDI)をはじめとする水災害・水資源管理ユーザコミュニティ
- 農林水産省

政策上の位置づけ

宇宙基本計画（令和2年6月30日）では、「我が国が強みを有するレーダ技術については、基幹的な衛星技術として継続的に高度化を推進する」とされており、さらに、宇宙基本計画（令和5年6月13日）では、「国際連携ミッションである、大気の3次元観測による豪雨・豪雪の予測精度向上等に貢献する降水レーダ衛星等について、着実に開発を進める。」とされている。

1. プロジェクト目標の設定

1.2 ミッション目標

審査項目①

ユーザニーズの取り込み(抜粋)

国内行政機関・研究機関からの降水観測の継続と発展へのニーズ

- 気象庁や国立研究開発法人土木研究所/ユネスコ後援機関水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM)、一般社団法人国際建設技術協会 (IDI)、農林水産省からのユーザニーズとして、降水レーダによる降水観測情報やGSMaPの、高度化および継続的な取得による長期化が望まれている。
- 雲降水科学ユーザコミュニティからのニーズとして、全球水循環諸量の精緻化とそれによる雲降水プロセスの解明のために降水レーダの高感度化・ドップラー速度測定機能付加が望まれている。
- 高解像度気象モデルコミュニティからのニーズとして、数値モデルと衛星情報の融合を推進することで、予測を含む気象情報の高度化が望まれている。

国際機関・海外ユーザ機関からの降水観測の継続と発展へのニーズ

- 気象衛星運用機関や宇宙機関で構成される国際組織である気象衛星調整会議(CGMS)では、降水レーダデータの継続性が将来的な優先課題となっており、構成員である各国の現業気象機関から、TRMM、GPMに続く降水レーダの打ち上げが望まれている。

民間事業者や新規利用分野におけるユーザからのニーズ

- GSMaPをはじめとする全球降水データセットは、民間事業者による利用も含め様々な分野で利用が進んでいる。
- ミッション要求の検討にあたっては、「地球観測科学アドバイザー委員会 降水観測ミッション(PMM)分科会」での議論によって吸い上げたユーザニーズをベースにしており、民間事業者の委員からの意見も取り込んで本ミッション要求を設定している。

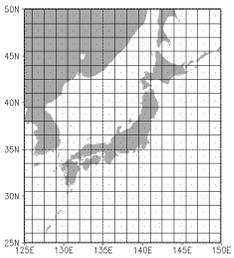
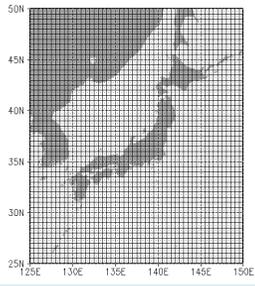
1. プロジェクト目標の設定

1.2 ミッション目標

ミッション達成後の姿 (Before / After)

審査項目①

GSMaP性能向上で **水災害・水資源管理**や**雪害対策**の意思決定に必要な**気象・防災情報**を提供。

Before	本ミッションで目指す姿	After
<ul style="list-style-type: none">• GSMaPの地表降水推定は上空の降雪の量に基づくアルゴリズムを採用。• 一方で、GSMaPで基準としているGPM/DPRが捉えられる降雪量は5割程度*。• DPRの降雪感度の限界によりGSMaPの降水推定に誤差が生じている。	<p>感度向上により、捕捉出来る降雪量を9割*以上に改善。</p> <p>ドップラ観測による雨雪粒子判別精度の改善。</p> <p>上空の雪の量を精確に捉え、GSMaPの雨雪を推定するためのアルゴリズムを改良。</p> <p>AOS参加による付加価値 Ku帯に加えて、Ka帯やW帯の3種類の観測情報を複合させることで、様々なタイプの雪の観測情報を得られる。</p>	<ul style="list-style-type: none">• インド太平洋地域を中心としたGSMaPユーザは、より細かな流域・地域スケールで水災害監視や水資源管理を実施できる。• GSMaP降雪情報等を活用し、国内外の雪害による物流停滞や収穫減・施設被害などの農林水産物収穫減・施設被害などのリスクを軽減する。
<p>現在運用中のGSMaPの精度は大規模河川流域(約2万km²;利根川相当)での日雨量の推定誤差40%を達成している。</p>  <p>現状のGSMaPは、2万km²≒1.5度格子/24時間で評価し、±40%の精度を保証して、0.1度格子/1時間で提供している。</p> <p>*降雪量検出の数値はアラスカでの評価結果に基づく</p>	<h3>GSMaP性能の向上</h3> <p>中規模河川流域(約2500km²;大規模河川流域の約1/8;日本では鬼怒川~筑後川相当)で日雨量推定誤差を40%またはそれ以下に低減。</p>	 <p>将来のGSMaPは、2500km²≒0.5度格子/24時間で評価し、±40%の精度を保証して、0.1度格子/1時間で提供する。</p>

1. プロジェクト目標の設定

1.2 ミッション目標

ミッション達成後の姿 (Before / After)

審査項目①

数値予報モデルの改良で

数日前からの大規模水災害に備えた広域避難が出来るようになる。
洪水や干ばつの頻発・激甚化を正確にとらえ、適応する。

Before (気象予報)	本ミッションで目指す姿	After (気象予報)
<ul style="list-style-type: none">数値モデルでの降水の表現は不確実性が大きく、複数の降水システムによって構成される集中豪雨・低気圧・台風の表現には課題がある。	<p>ドップラー観測により、数値モデル内で仮定している降水粒子の落下速度や対流域の鉛直流を直接観測。</p> <p>降水の生成/発達/衰退を、気象・気候モデル内で精確に再現。</p> <div data-bbox="881 748 1531 1136" data-label="Diagram"><p>AOS参加による付加価値 降水だけでなく、その元となるエアロゾル・雲も含めた生成発達のモデル内の表現も改良できる。</p><p>AOS全体</p><p>エアロゾル</p><p>雲</p><p>雲生成</p><p>雲消滅</p><p>降水</p><p>降水レーダ単体</p><p>雲の生成・発達 対流活動・降水過程</p></div>	<ul style="list-style-type: none">土砂災害・風災害に関連した気象予報を改善。自治体の大規模・広域避難は発災3~2日前に避難開始が必要とされ、このために必要な気象予測を提供し、高齢者・障害者の避難にかかる十分な時間の確保や、交通機関の計画運休に貢献。
Before (気候変動適応策)	After (気候変動適応策)	
<ul style="list-style-type: none">IPCC AR5では「将来の降水量は地域によって差が激しくなる」と結論付けており、食料安全保障の確保のための地域毎の正確な生産状況の予測が求められる。	<ul style="list-style-type: none">海外主要穀物生産地帯における穀物・農作物の生産状況をより細かな地域スケールで把握できる。 <div data-bbox="1811 1196 2372 1368" data-label="Text"><p>AOS参加による付加価値 気候変動政策に係る宇宙分野での日米協力のシンボルとなる。</p></div>	

※参考：現在のGSMapの利用により、台風強度の予報誤差が最大15%改善するという気象庁気象研究所の成果あり。

1. プロジェクト目標の設定

1.3 プロジェクト目標

審査項目①

- ✦ 降水レーダ衛星プロジェクトでは、降水レーダ衛星システムおよび地上システムを含む総合システムを開発・運用し、ミッション目標【本資料1.2項】の達成を目指す。実現にあたっては、米国のAOSミッションへの参画を前提とする。
- ✦ プロジェクトが終了（定常運用終了）するまでに、プロジェクトのスコープの範囲内で実現すべき目標として、アウトプット目標および成功基準【本資料1.3(1)、1.3(2) 項】を設定する。
- ✦ さらに、プロジェクト終了後も含め、外部パートナーの協力により、実現を目指すアウトカム目標【本資料1.3(3)項】を示す。なお、アウトカム目標の役割分担に示す通り、AOS国際機関との協力により、JAXA はAOSプロダクトを国内外のユーザに提供する。

1. プロジェクト目標の設定

1.3 プロジェクト目標

(1) アウトプット目標

ミッション目標の達成に向け、以下のアウトプット目標を設定。

【技術開発】

- ❖ 降水タイプ分類や雨雪判別精度の向上による降水量推定の精緻化や、気象・気候予測精度の向上のために必要となるドップラー観測技術を実証し、観測情報を得ること
- ❖ 降雪の大部分の量を捉えるために必要な高感度観測技術を実証し、観測情報を得ること

【プロダクト生成】

- ❖ 得られた観測情報から、降水レーダによる降水ドップラー速度情報も含めた降水関連物理量の推定手法を開発・改良しプロダクトを提供すること
- ❖ 数値モデルやAOS 他センサとの組み合わせによって、本ミッション目標の達成につながるプロダクトを生成すること

【データ提供】

- ❖ 気象・防災分野において重要となる予測情報の高度化のため、数値予報で利用するために必要となるレイテンシや稼働率を達成すること

1. プロジェクト目標の設定

1.3 プロジェクト目標

(2) 成功基準

アウトプット目標に関する成功基準を以下の表にまとめる。

		ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
技術開発に関する評価		初期運用の結果、Ku帯降水レーダの高感度化およびドップラー速度計測技術を実証し、観測情報の取得に必要なセンサ性能を達成すること。 【評価：定常運用移行時】	機能・性能を維持し、降水の常時観測ができること。 【評価：定常運用終了時】	直下以外のドップラー観測データを用いた、水平風速推定の実現性を得ること。 【評価：定常運用終了時】
プロダクト生成に関する評価		打上げ後1年以内に、プロダクト要求で定められたKu帯ドップラー降水レーダを軸とするプロダクトを提供できること。 【評価：打上げ後1年以内】	•プロダクト要求で示した全種類の標準プロダクト標準精度を達成すること*1。 •標準プロダクトとモデルとの組み合わせで開発する研究プロダクトの1つ以上についてリリースできること。 【評価：定常運用終了時】	AOSミッションとのシナジーで日本が開発する研究プロダクトの1つ以上についてリリースできること(TBC)*2。 【評価：定常運用終了時】
データ提供に関する評価	レイテンシ	—	搭載センサー*3のプロダクト提供開始以降、システムの稼働期間中にレイテンシ要求を満たすこと。 【評価：定常運用終了時】	—
	稼働率	—	標準プロダクト提供開始以降、稼働率は95%以上とすること。 【評価：定常運用終了時】	—

*1 GSMaPの標準精度については、GPMの定常運用期間におけるAMSRシリーズや国際機関によるマイクロ波放射計の台数と同等程度を前提としている。

*2 AOS国際機関担当の各センサが要求仕様を満足していることを前提とする。

*3 Ku帯ドップラー降水レーダについては、その標準プロダクトを対象とする。CNES担当の放射計については、同時搭載され要求仕様を満足していることを前提とし、これを満たさない場合は、CNES放射計は評価対象から除く。

1. プロジェクト目標の設定

1.3 プロジェクト目標

(3) アウトカム目標

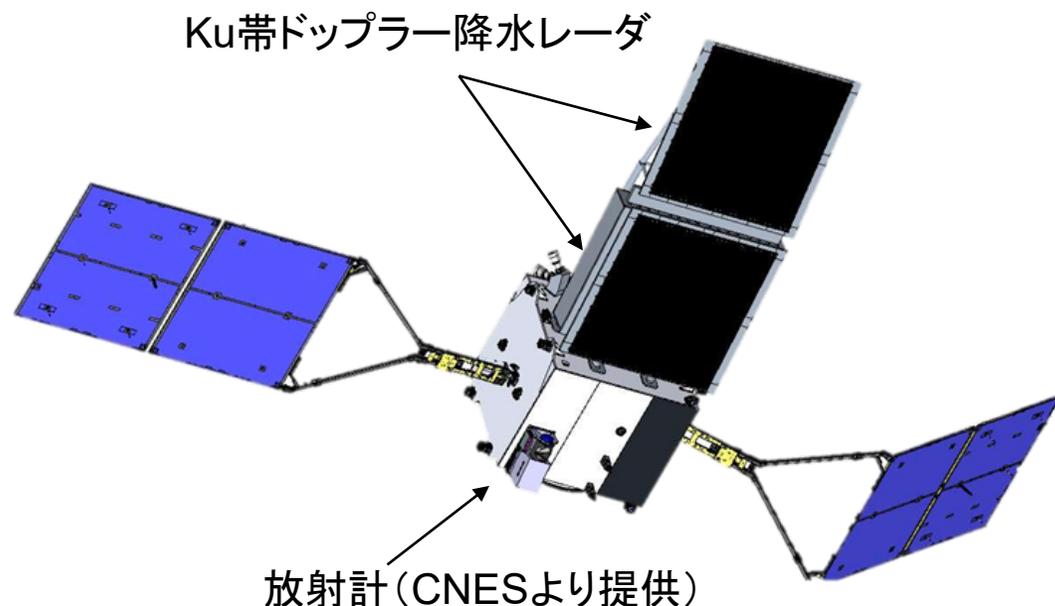
1.2項のミッション目標の項目ごとに以下のアウトカム目標を設定。

ミッション目標	アウトカム目標
(1) 全球水循環諸量の精緻化とそれによる雲降水プロセスの解明	Ku 帯ドップラー降水レーダやAOS ミッションの他センサによって気象・気候モデルにおける雲降水微物理過程の表現や雲降水システムの生成発達モデル化の改良を通して大気循環再現性を改良。高度化したデータ同化などの予測技術とも組み合わせることで全球の水循環諸量を精緻化し、地球温暖化予測の改善を通じて気候変動政策に資する知見を提供することができ、 <u>IPCC などの国際的な枠組みにおいて貢献を果たすことを目指す。</u>
(2) 気象・防災情報の高度化への貢献	高感度化した降水レーダ情報および降水ドップラー速度情報を、データ同化手法の高度化および数値モデルの改良に利用することで、 <u>豪雨・台風等、土砂災害・風災害に関連した気象予報の精度向上につなげる。</u>
(3) 地球規模気候・水課題に資する長期の水資源基盤情報の提供	GSMaP 降雨量データは、特に地上観測が不足しているインド太平洋地域を中心に、様々な分野での利用が広がっており、パキスタン気象局をはじめ、インド太平洋地域のいくつかの国の洪水監視・予測システムで実装されている。Ku 帯ドップラー降水レーダでは、GSMaP の性能向上を通して、 <u>インド太平洋地域のより細かいスケールの流域における水災害監視や、より細かい地域スケールでの水資源管理の実現を目指す。</u>

2. PMMの概要

2.1 衛星システム

衛星システム外観



衛星システム主要諸元

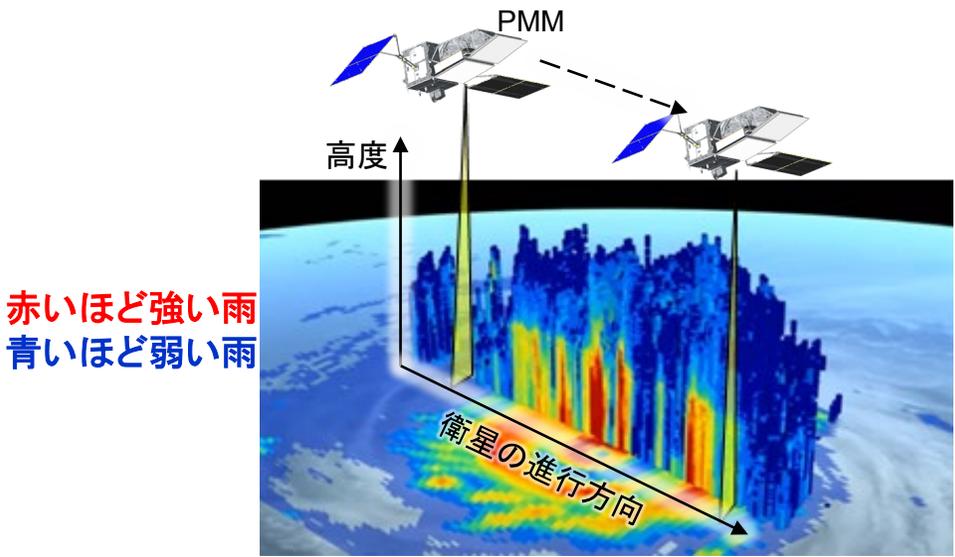
搭載ミッション機器	Ku帯ドップラー降水レーダ CNES放射計	
質量(推薬含む)	ノミナル2400kg, 最大2700kg	
設計寿命	5年	
発生電力	最大4000W	
打上げロケット	TBD (NASAによる)	
運用軌道	軌道種別	傾斜軌道
	軌道高度	407km
	軌道傾斜角	55°

- * 衛星バスはGCOM-W、GCOM-Cで実績のあるバスを活用。
- * JAXAのKu帯ドップラー降水レーダとフランス国立宇宙研究センター(CNES)より提供を受ける放射計を搭載。
- * 打上げロケットは、NASAが分担。

2. PMMの概要

2.2 Ku帯ドップラー降水レーダ

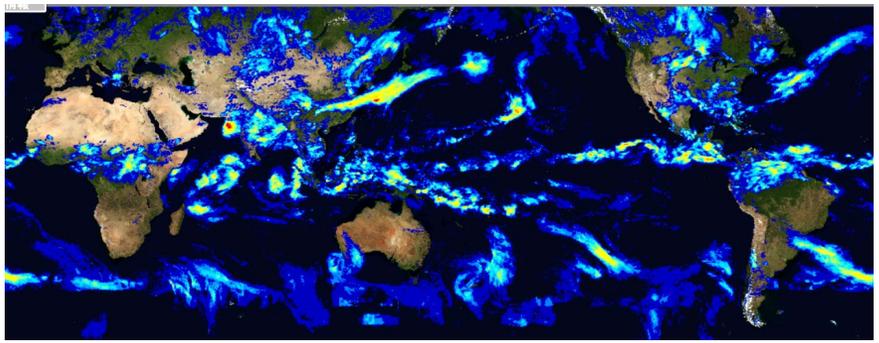
Ku帯ドップラー降水レーダ (Ku-band Doppler Precipitation Radar: KuDPR)



赤いほど強い雨
青いほど弱い雨

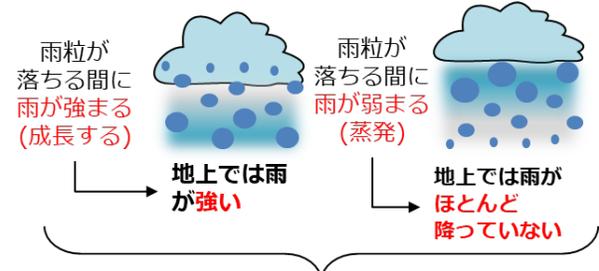
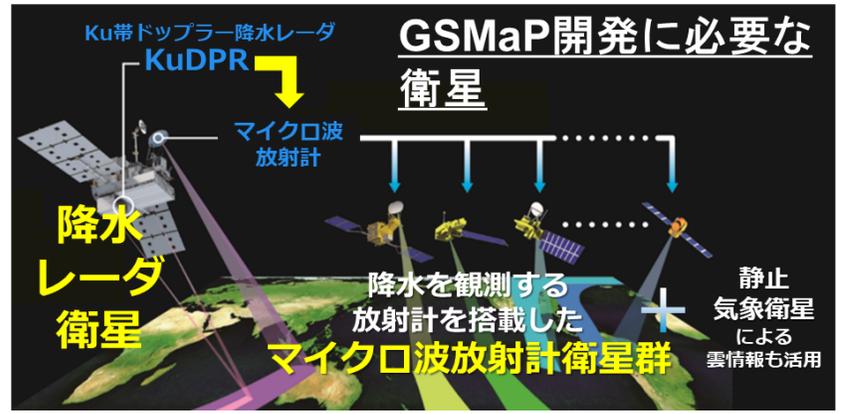
台風周辺の降水の立体構造

- ❖ 降水レーダは、降水の三次元構造(鉛直分布)を観測することができる。
- ❖ 降水の鉛直分布データを活用することにより、マイクロ波放射計の地表面降水量の推定精度を向上。
- ❖ KuDPRは、GPM/DPRからの性能向上に加え、新たに降水粒子の落下速度を計測することで雨、雪の判別も可能となる。



- 1時間毎の全球降水情報
- 解像度約10km(0.1度格子)
- リアルタイム・20年以上の長期データセットなど用途に応じた数種類のGSMaPを提供中。

衛星全球降水マップGSMaP
(詳細は、資料末尾の「補足①」を参照)

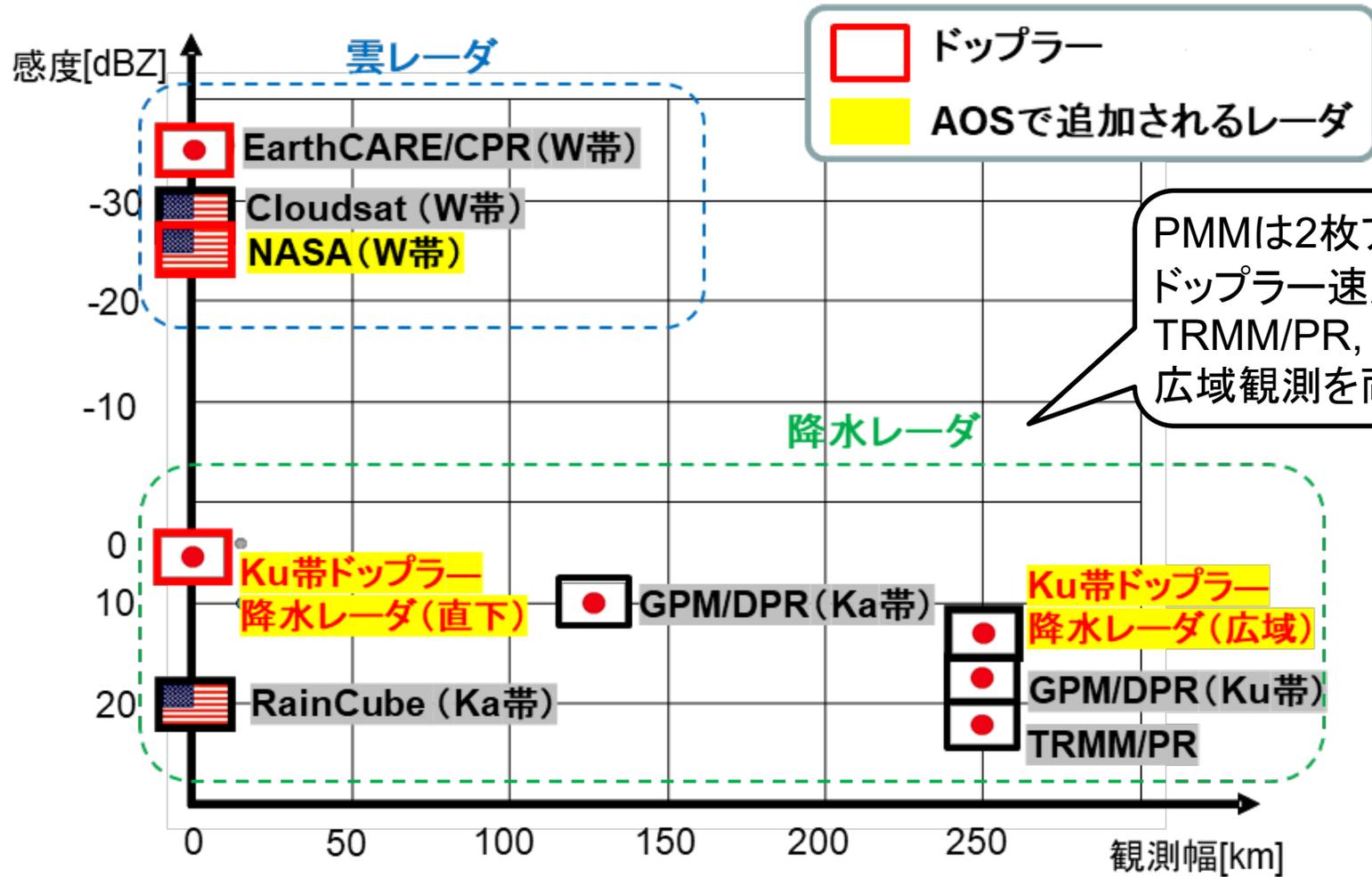


マイクロ波放射計では上記の区別がつかず、地表でどのくらい雨が降っているか/いないかを推定するためには、降水レーダによる三次元情報が必要不可欠。

2. PMMの概要

2.3 雲・降水レーダのベンチマーク

- * TRMM/PR、GPM/DPRの後継観測として、**世界最高性能の広域観測**を行う。
- * **降水レーダとして世界で初めて降水ドップラー観測(衛星直下)**を行う。



PMMは2枚アンテナを用いたDPCA方式*を採用しドップラー速度測定精度を確保するとともに、TRMM/PR、GPM/DPRで用いた電子走査による広域観測を両立。

※DPCA(Displaced Phase Center Antenna)方式では2枚のアンテナで交互に電波を受信することで、ドップラー速度測定の誤差となる、衛星の移動による効果を除去した観測を行うことができる。

3. PMMの開発計画

3.1 (2) 資金計画

降水レーダ衛星プロジェクトに関する総開発費: 394億円

審査項目②

3.1 (3) スケジュール見通し(※)

年度	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030~2033	
マイルストーン	△MDR △プロジェクト準備審査	△SRR △SDR △プロジェクト移行審査	△システムPDR △プロジェクト移行審査			△システムCDR		開発完了審査 △	▲ 打上げ見通し(米国が担当) △ 定常運用移行審査		
衛星システム	概念設計		基本設計	詳細設計	維持設計						
			EM製作・試験					射場作業	初期運用	定常運用	
					PFM製作・試験						
KuDPRセンサ	概念設計		基本設計	詳細設計	維持設計						
			BBM・EM製作・試験								
					PFM製作・試験						
地上設備			衛星管制、ミッション運用系設備構築							定常運用	

※ スケジュール見通しについては、H3ロケット試験機1号機打上げ失敗等を踏まえた各種要因により、今後、必要な見直しを行いうる。

3. PMMの開発計画

3.2 リスクと対応策

審査項目③

- 下図のリスク評価マトリクスに従い、リスクを識別し、処置方針、処置状況を評価した。
- その結果、評価マトリクスにおいてリスクランク「A」に該当するリスクは1件識別された。対応処置が完了していないリスクに関しては、処置方針に従い、所定の期日までに確実なフォローを実施する。

リスク評価マトリクス概略

	発生の可能性 大	発生の可能性 中	発生の可能性 小
発生の影響度 大	A	A	B
発生の影響度 中	A	B	C
発生の影響度 小	B	C	C

リスク発生の影響度の指標

レベル	技術	スケジュール	コスト
小	軽微	軽微	軽微
中	許容可能、次善の策あり	1ヶ月以下の遅延	数千万円
大	許容不可能	6ヶ月以上の遅延	1億円以上

リスク発生の可能性の指標

指標	定義
小	発生の可能性は低く、このリスクは避けられる
中	発生の可能性があり、リスクを避けるための処置が必要である
大	発生の可能性が高く、代替手段が無い可能性がある

- プロジェクト移行審査での主要なリスクと対応方針(抜粋要約)

No.	リスク項目	発生可能性	影響度	ランク	処置方針・処置状況
1	衛星/ロケットの結合解析時期が遅れ、衛星の設計が固まってしまってから環境条件が厳しい設定になることにより大きなインパクトを生じる。	中	大	A	NASAと結合解析の実施時期について、衛星の設計が固まる前に実施されるように継続調整を行う。

4. プロジェクト移行審査のまとめ

- * プロジェクトマネジメント規程・実施要領に従ってプロジェクト移行審査を実施し、プロジェクト実行フェーズへの移行可否について確認した。審査項目及び審査結果を以下に示す。

- * 審査項目

- (1) プロジェクト計画の妥当性

- ① プロジェクト目標・成功基準、範囲の妥当性
 - ② 実施体制(機構外部を含む)及び人員計画の妥当性
 - ③ 資金計画の妥当性
 - ④ 開発スケジュールの妥当性
 - ⑤ 調達マネジメント計画の妥当性
 - ⑥ システムズエンジニアリングマネジメント計画の妥当性

- (2) プロジェクトのリスク識別・対処方策の妥当性

- (3) 技術リスクの低減

- (4) 人材育成方針の妥当性

- (5) レッスンズラーndの取り込み状況の妥当性

- (6) 教訓・知見の妥当性

- * 審査結果

上記の審査項目に沿って審査した結果、要処置事項を確実に処置することを条件に、**プロジェクト実行段階への移行は妥当と判断した。**

參考資料

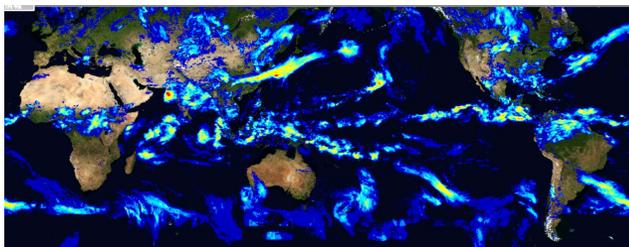
(補足①) 衛星全球降水マップ (GSMaP) の概要

審査項目①

衛星全球降水マップ GSMaPとは



衛星全球降水マップ
GSMaP
GLOBAL SATELLITE MAPPING OF PRECIPITATION



- **1時間毎**の全球降水情報
- **解像度約10km**(0.1度格子)
- **リアルタイム・20年以上の長期データセット**など用途に応じた数種類のGSMaPを提供中

降水量は社会活動に密接な基盤情報であることから様々な分野でデータ利用中 (精度向上により地域スケールの情報提供が求められている)

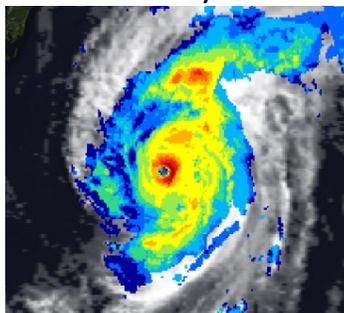
累積ユーザ機関数 147か国 約700機関
(2008/9~2022/7)

気象

- 海上も含めた広域のリアルタイム降水監視 (国内やインドネシア、タイ、ハワイ、フィジー、バヌアツ等の海外気象水文機関)



バヌアツ気象局



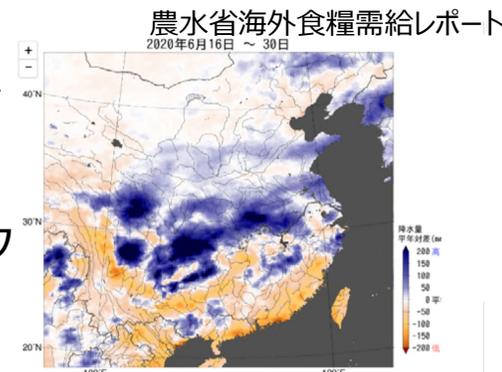
- GSMaPを活用した数時間~5日先までの気象予測 (大学研究機関、日本気象協会)

防災

- 海外国際河川の洪水予測 (土木研究所や外務省・JICAプロジェクト等)

農業

- 海外食料需給レポート (農林水産省)
- 農家向け天候インデックス保険 (民間企業)



資料：農林水産省「農業気象情報衛星モニタリングシステム」

気候

- 干ばつ・多雨などの異常天候監視 (WMOプロジェクトやアジア太平洋気象機関)

海洋

- 海洋状況表示システム「海しる」

(補足②)アウトプット目標(プロダクト)

審査項目①

PMMの観測プロダクトの定義

プロダクト区分	定義
【標準プロダクト】 ミッション達成に不可欠なプロダクト。JAXAの責任で実現する。	<ul style="list-style-type: none">・ Ku帯ドップラー降水レーダを軸とするプロダクト(衛星全球降水マップ(GSMaP)、TRMM/PR, GPM/DPRによる長期データセットを含む)
【研究プロダクト】 高度化、標準化に必要なプロダクトで、目標精度を達成するための処理技術(アルゴリズムや検証評価手等法)が未成熟のもの	<ul style="list-style-type: none">・ Ku帯ドップラー降水レーダとCNES放射計複合プロダクト・ Ku帯ドップラー降水レーダとその他AOS衛星搭載センサ複合プロダクト・ 数値モデルを用いたデータ同化プロダクト
【研究プロダクト候補】 利用ニーズがあるプロダクトで、処理技術(アルゴリズム開発や精度評価手法等)の見通しが現時点でないもの	<ul style="list-style-type: none">・ Ku帯ドップラー降水レーダとその他AOS衛星搭載センサ複合プロダクト・ 数値モデルを用いたデータ同化プロダクト
【国際機関プロダクト】 AOSミッションに参加する国際機関が作成・提供するプロダクトで、ミッション目的のために、JAXAからも公開するプロダクト	<ul style="list-style-type: none">・ CNES放射計のLevel-1プロダクト・ AOSの他の衛星センサ等に基づき、AOSに参加する国際機関が作成・提供するプロダクト

(補足②)アウトプット目標(プロダクト)

PMMの観測プロダクト(標準プロダクト)

審査項目①

処理レベル	プロダクト (代表物理量)	主な物理量	使用センサ名	シーン単位	観測幅	サンプリング間隔		空間解像度		標準精度
						水平	鉛直	水平	鉛直	
L1	受信電力	受信電力	KuDPR	一周回	約9km /255km	1.66x1.66km/ 5x5km	250m/ 125m	約5x5km	500m/ 250m	外部校正実験において、送受信電力計算値と実測値が±1dB以内で一致すること。
	ドップラー速度 (一次補正)	ドップラー速度(一次補正)、 パルスベア共分散、 スペクトル幅		一周回	約5km	1.66x5km	250m	約5x5km	500m	ドップラー速度(最終補正)で評価
L2	降水強度	レーダ反射因子、 地表面散乱断面積、 降水強度プロファイル、 降水状態(雨雪判別)、 粒径分布、降水タイプ、 非一様性パラメータ等		一周回	約9km /255km	1.66x1.66km/ 5x5km	250m/ 125m	約5x5km	500m/ 250m	【降雨】地表降雨量±10%程度以内 【降雪】衛星直下ででかつ衛星が観測可能な地表付近における降雪の量的検出率90%以上
	ドップラー速度 (最終補正)	ドップラー速度(最終補正)、 大気鉛直速度等		一周回	約5km	1.66x5km	250m	約5x5km	500m	衛星直下のドップラー計測精度を2m/s程度以下
	潜熱加熱率	潜熱加熱量、 タイプ分類等	一周回	約255km	5x5km	250m	約5x5km	250m	KuDPRによる降水量と潜熱加熱量の鉛直積算値である 等価降水量の帯状平均の差が各緯度帯で±20%以下、もしくは、 0.5 mm/day以下のどちらかを達成していること	
	長期プロダクト	KuDPRと整合性のある 長期の降水強度や 潜熱加熱率データセット	TRMM/PR, GPM/DPR*1	一周回	約255km	5x5km	125m	約5x5km	250m	KuDPRで評価

処理レベル	プロダクト	主な物理量名	使用センサ名	観測範囲	時間間隔	格子間隔		標準精度
						水平	鉛直	
L3	降水・ ドップラー速度プロダクト	降水強度、降水状態(雨雪判別)、粒径分布、等の統計値	KuDPR	全球	一日 /一ヶ月	0.05°x0.05°	1/5層	L2で評価
		ドップラー速度の統計値						
	潜熱加熱率プロダクト	潜熱加熱率の統計値	全球	一ヶ月	0.5°x0.5°	80層	L2で評価	
	長期プロダクト	KuDPRと整合性のある長期の降水強度データセット	TRMM/PR, GPM/DPR*1	全球	一日 /一ヶ月	0.05°x0.05°	1/5層	L2で評価
KuDPRと整合性のある長期の潜熱加熱率データセット		全球		一ヶ月	0.5°x0.5°	80層	L2で評価	
	全球合成降水マップ (GSMaP)	平均地上降水量分布、観測回数、降雨ピクセル数、 固・液位相情報	KuDPR, マイクロ波衛星群	全球	一時間/一ヶ月	0.1°x0.1°	N/A	GSMaP日雨量誤差±40%程度以内

(補足②)アウトプット目標(プロダクト)

審査項目①

PMMの観測プロダクト(研究プロダクト)

処理レベル	プロダクト区分	Index	プロダクト名	主な物理量名	使用センサ名	観測幅	空間解像度	
							水平	鉛直
L2	降水	RI1	KuDPR レーダ反射因子・輝度温度複合プロダクト	減衰補正レーダ反射因子、降水強度プロファイル、LWC/IWC各プロファイル等	KuDPR	約255km	約5kmx5km (Ku帯ドップラー降水レーダL1相当)	250m/500m (Ku帯ドップラー降水レーダL1相当)
	雲	RI2	①統合データプロダクト ②雲マスクプロダクト ③雲粒子タイププロダクト ④雲微物理プロダクト	①レーダ反射因子、積分大気減衰量、ドップラー速度、規格化散乱断面積・PIA、輝度温度、後方散乱係数、気温、気圧、比湿、オゾン混合比、3次元風速等 ②雲マスク等 ③雲粒子タイプ等 ④雲微物理量等	KuDPR +傾斜軌道ライダー	直下	傾斜軌道ライダーL1相当	傾斜軌道ライダーL1相当
	エアロゾル	RI3	傾斜軌道ライダー エアロゾル・雲プロダクト	フィーチャーマスク、エアロゾルの消散係数・ライダー比・偏光解消度・一次散乱アルベド・非対称因子、エアロゾル4要素の消散係数・単位体積あたりの体積/数濃度、PM2.5、大気境界層高度、雲の消散係数・ライダー比・偏光解消度、各誤差情報等	傾斜軌道ライダー	直下	傾斜軌道ライダーL1相当	傾斜軌道ライダーL1相当

LWC
=Liquid Water Content (液体の水量)

IWC
=Ice Water Content (氷水量)

処理レベル	プロダクト区分	Index	プロダクト名	主な物理量名	使用センサ名	空間解像度	
						水平	鉛直
L4	NEXRA*全球気象モデル 同化プロダクト	RM1	NEXRA-AOS 解析値 (気象解析等 サイエンスユーザ向け)	高度、気温、東西風速、南北風速、鉛直風速、雲水量、水蒸気量、降水量、水物質(雲水量+雪量+あられ量)、短波放射フラックス、長波放射フラックス、潜熱による非断熱加熱、放射による非断熱加熱 計13変数	KuDPR +AOSセンサ	28km(GL8)	26層
		RM2	NEXRA-AOS 予測値(2D) (水文・農業分野等 実利用ユーザ向け)	大気上端上向き長波放射、大気上端正味短波放射フラックス、地表面下向き/上向き長波放射、地表面下向き/上向き短波放射、総降水量、総降雪量、地上気圧、海面校正気圧、混合比2m、気温2m、東西風速10m、南北風速10m、可降水量、IWP(鉛直積算雲水量)、LWP(鉛直積算雲水量) 計17変数		【最低目標】 7km(GL10) 【理想目標】 3.5km(GL11)	1層
		RM3	NEXRA-AOS 予測値(3D)	高度、気温、東西風速、南北風速、鉛直風速、雲水量、水蒸気量、降水量、水物質(雲水量+雪量+あられ量)、短波放射フラックス、長波放射フラックス、潜熱による非断熱加熱、放射による非断熱加熱 計13変数 その他追加可能性がある変数:乱流フラックス、乱流加熱		【最低目標】 7km(GL10) 【理想目標】 3.5km(GL11)	8層
	日本域メソモデル 同化プロダクト	RM4	気象研-AOS(仮) (日本周辺領域の3次元情報)	風、気温、水蒸気、水物質の混合比(雲水、雪、霰、雲水、雨)等	KuDPR +AOSセンサ	【最低目標】 5 km 【理想目標】 1km	【最低目標】 数百m 【理想目標】 数十m

L4は、PMM+AOS衛星による観測情報(L1~3)を、数値モデルシステムへデータ同化させた時空間的に抜けのないプロダクトとして定義する。

- NEXRA*全球気象モデル同化プロダクト
 - JAXAが東大や理研と共同で開発した衛星データと気象モデルを融合するシステム”NEXRA”をAOSとのシナジーを活用して改良予定。
- 日本域メソモデル同化プロダクト
 - 日本周辺メソモデルの領域を対象とし、領域スケールでより高解像度なプロダクトとして気象研究所と共同で新規開発予定。

* NEXRA : NICAM-LETKF JAXA Research Analysis
 NICAM : Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model (非静力学正20面体格子大気モデル)
 LETKF : Local Ensemble Transform Kalman Filter (局所アンサンブル変換カルマンフィルタ)

(補足②)アウトプット目標(プロダクト)

PMMの観測プロダクト(研究プロダクト候補)

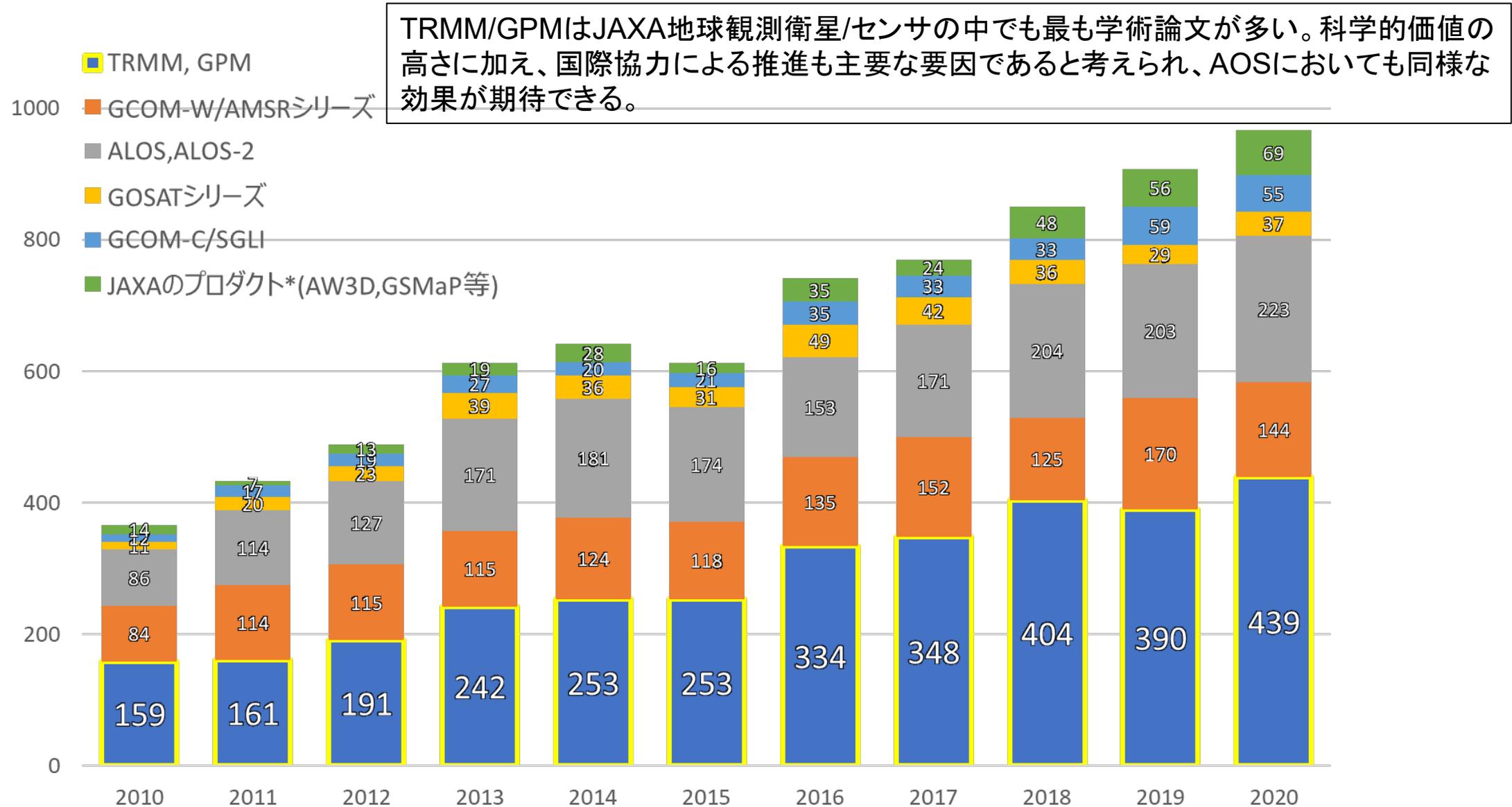
審査項目①

処理レベル	プロダクト区分	Index	プロダクト名	主な物理量名	使用センサ名	観測幅	空間解像度	
							水平	鉛直
L2	降水	CI1	KuDPR 高周波マイクロ波 複合プロダクト	IWCプロファイル、IWC落下速度、対流圏上層鉛直流速等	KuDPR +CNES放射計1 2	約255km	CNES放射計 L1相当	1km
	雲	CI2	レーダ・ライダー・ MW放射計 複合雲物理量プロダクト	雲マスク、雲粒子タイプ、雲微物理量、雲・降水(雨・雪)量/強度、粒径分布、大気鉛直速度、粒子沈降速度、雲光学的厚さ等	KuDPR +傾斜軌道ライダー +CNES放射計	直下	傾斜軌道ライダーL1 相当 または KuDPR L1/L2相 当 (TBD)	傾斜軌道ライダーL1 相当 または KuDPR L1/L2相 当 (TBD)
	エアロゾル	CI3	傾斜軌道 能動・受動型センサ 複合エアロゾルプロダクト	エアロゾルの消散係数・ライダー比・偏光解消度・一次散乱アルベド・非対称因子、4要素の消散係数・単位体積あたりの体積/数濃度、微小粒子/粗大粒子の有効半径、PM2.5、各誤差情報等	傾斜軌道ライダー +静止衛星の可 視・近赤外波長の 輝度	直下	傾斜軌道ライダー L1相当	傾斜軌道ライダー L1相当

PMMの観測プロダクト(国際機関プロダクト)

プロダクト名	主な物理量名	使用センサ	
		搭載軌道	搭載衛星
CNES放射計1プロダクト	輝度温度	傾斜軌道	PMM
CNES放射計2プロダクト	輝度温度(時間差観測)		AOS-I
傾斜軌道ライダープロダクト	後方散乱係数、偏光解消度		
極軌道レーダプロダクト	レーダ反射因子、ドップラー速度	極軌道	AOS-P1
極軌道ライダープロダクト	後方散乱係数、偏光解消度		
極軌道放射計プロダクト	輝度温度		
偏光計プロダクト	放射輝度および偏光情報		
CSA LW分光計プロダクト	分光放射輝度		
CSA ALIプロダクト	放射輝度プロファイル		
CSA SHOWプロダクト	放射輝度プロファイル	AOS-P2	

(補足③) 国際協力による科学研究の発展 (主な地球観測衛星・センサに関する学術論文数の推移)



*情報元:Scopus (アブストラクト内に入っているキーワードによる検索)