

地球環境変動観測ミッション (GCOM) 第一期 水循環変動観測衛星 (GCOM-W1) プロジェクトについて

平成19年8月7日B改訂
平成19年7月24日A改訂
平成19年6月5日

宇宙航空研究開発機構

GCOMプロジェクトチーム

プロジェクトマネージャ

中川 敬三

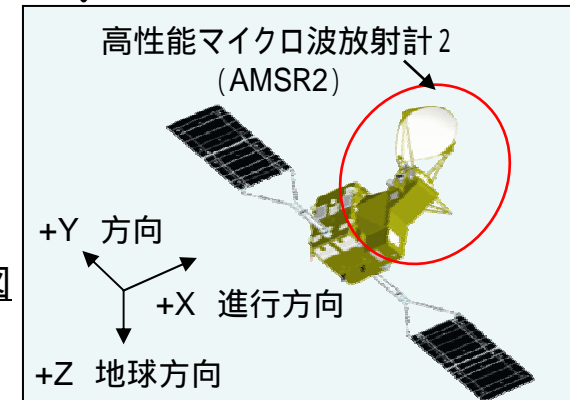
第一期水循環変動観測衛星 (GCOM-W1) の概要

地球環境変動観測ミッション (GCOM: Global Change Observation Mission) は、地球規模での気候変動、水循環変動メカニズムを解明するため、全球規模で長時間 (10 ~ 15年程度) の観測を継続して行うものであり、第三期科学技術基本計画における国家基幹技術の海洋地球観測探査システムを構成する。また、第3回地球観測サミット (平成17年2月) で承認された全球地球観測システム (GEOSS) に貢献するミッションである。

GCOMは、主に水循環変動を観測するGCOM-W (水循環変動観測衛星)、気候変動を観測するGCOM-C (気候変動観測衛星) の2種類の衛星から構成される。

第一期水循環変動観測衛星 (GCOM-W1) の開発研究への移行については、平成18年7月の宇宙開発委員会推進部会での事前評価で、妥当との評価を得た。

GCOM-W1概観図



開発研究移行評価後、

- 開発仕様ベースラインの設定
- 衛星システムの選定及び採用する技術の成熟度分析と開発要素の識別
- AMSR2に関するクリティカル部位の設計検討及び試作評価
- 開発資金、スケジュール、実施体制、リスク管理計画の更新

を実施し、その妥当性をJAXAにおいて確認した。

以上から、GCOM-W1の開発研究段階におけるフロントローディングが終了し、基本設計開始の準備が整ったため、宇宙開発委員会の開発移行の評価を受けることとする。

目次

平成18年7月開発研究移行評価での助言に対する検討結果

- ・推進部会での助言に対する検討結果
- ・小委員会での助言に対する検討結果

本文

1. 開発研究移行評価からの進捗
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基本設計要求
 - 6.1 GCOM-W1総合システム
 - 6.2 衛星システム (GCOM-W1)
 - 6.3 観測システム (AMSR2)
 - 6.4 地上システム
7. 開発計画
 - 7.1 開発資金
 - 7.2 スケジュール
 - 7.3 実施体制
8. リスク管理

推進部会での主な助言^(*)に対する検討結果

評価における助言		検討結果
1	<p>(開発方針)</p> <p>「開発研究」段階において、6機の衛星シリーズの開発・製作の有効活用の方法を検討し、信頼性の向上、コスト低減、開発期間の短縮、人材育成等の取り組みの具体化を図ることが重要である。</p>	P. 19
2	<p>(実施体制)</p> <p>アルゴリズムの研究開発、データの校正・検証等は、長期的かつ専門的な取り組みが必要であるため、外部研究者が参加する運用体制の構築やJAXA内部の体制の充実に特に配慮するべきである。</p>	P. 46
3	<p>(システム選定及び基本設計要求)</p> <p>太陽電池パドルが2翼となる場合は、「みどり」及びAquaと異なるコンフィギュレーションとなるため、AMSR2反射鏡への衛星筐体の映りこみ等によるデータへの影響を早い段階で詳細に検討しておく必要がある。</p>	P. 26
4	<p>(システム選定及び基本設計要求)</p> <p>6機の衛星シリーズを有効活用し、開発・製作におけるGCOM-WとGCOM-Cの関連付け及び後継機への拡張性を早期に見通すことが重要である。その際は、マイクロ波散乱計等の後継機への搭載についても十分調整・検討を行うべきである。</p>	P. 27

(*)平成18年7月11日宇宙開発委員会推進部会資料

推進3 - 1 - 3「水循環変動観測衛星(GCOM-W)プロジェクトの事前評価結果について」

小委員会での助言(＊)に対する検討結果

小委員会での助言		検討結果
1	(プロジェクトの目標) 新規プロダクトの生成については、現時点では取得が困難なデータ及びプロダクトも視野に入れ、センサ開発及びアルゴリズム開発の検討につなげることが望まれる。	サイエンスチームを結成し、外部研究者の方々のアイデアを集める、広く学会等と連携をとる、等に対応する。 (P.46参照)
2	(プロジェクトの目標) ミッションの主要な区切りごとに、関係機関の協力の下にレビューを行い、ミッションの目標の達成度の確認、ミッションを継続するに当たっての改善点の抽出、新たな視点の取込み等を行うことが肝要である。	これまで、JAXA内審査会(SRR、SDR)でユーザ代表者が審査に参加している。また、審査結果をGCOM総合委員会に報告している。今後も開発の主要な区切りに(審査会等)レビューを受ける計画としている。 (P.43参照)
3	(実施体制) プロジェクトに参加する全員が当事者意識を持てるプロジェクト運営、グループ間のコミュニケーションに留意し、風通しの良い組織運営に努めることが重要である。	GCOMプロジェクトチームとして衛星プロジェクトのみならず、地上系開発チーム、利用研究チームが入り、総合システムが一体となって開発に取り組む体制とする。 (P.45参照)

(＊)平成18年7月11日宇宙開発委員会推進部会資料
 推進3 - 1 - 2「水循環変動観測衛星(GCOM-W)プロジェクトの事前評価結果」
 (平成18年7月4日 水循環変動観測衛星プロジェクト評価小委員会)

小委員会での助言^(*)に対する検討結果(続き)

小委員会での助言	検討結果
<p>4 (その他 システム選定及び基本設計要求) GCOM-WプロジェクトがAMSR-Eの観測を継承することにかんがみ、特段の理由がない限り、AMSR-Eと同一の降交点地方通過時や観測周波数とすることが望ましい。</p>	<p>Aqua/AMSR-Eと同一の昇交点通過地方太陽時(13:30)、観測周波数とした。 (P.30参照)</p>
<p>5 (その他 開発計画) 信頼性確保のための資金配分に配慮するとともに、不断のコスト管理を実施するべきである。また、的確なスケジュール管理により短期開発に努めることを望む。</p>	<p>コスト、スケジュール管理には、EVM (Earned Value Management)の手法を用いて、客観的、定量的な管理を実施する計画である。 (P.49参照)</p>
<p>6 (その他 リスク管理) 事故・不具合に対するバックアップ計画や衛星シリーズの信頼性確保に関するリスク等について事前に十分に検討しておくことが必要である。また、第三者によるレビュー等を徹底し、入念なリスク管理を図るべきである。</p>	<p>軌道上事故・不具合に対する対策として、次号機の製作を早めることで対応する方針である。複数の観測センサ(AMSR2、SGLI)を中型衛星に単独で搭載してリスクの分散を図るとともに、衛星シリーズで既存技術を継続して活用することにより信頼性を確保する。(P.22参照) JAXA内外の専門家による第三者レビューを計画している。また、既開発衛星の不具合反映等についても設計に反映する仕組みとしている。 (P.48参照)</p>

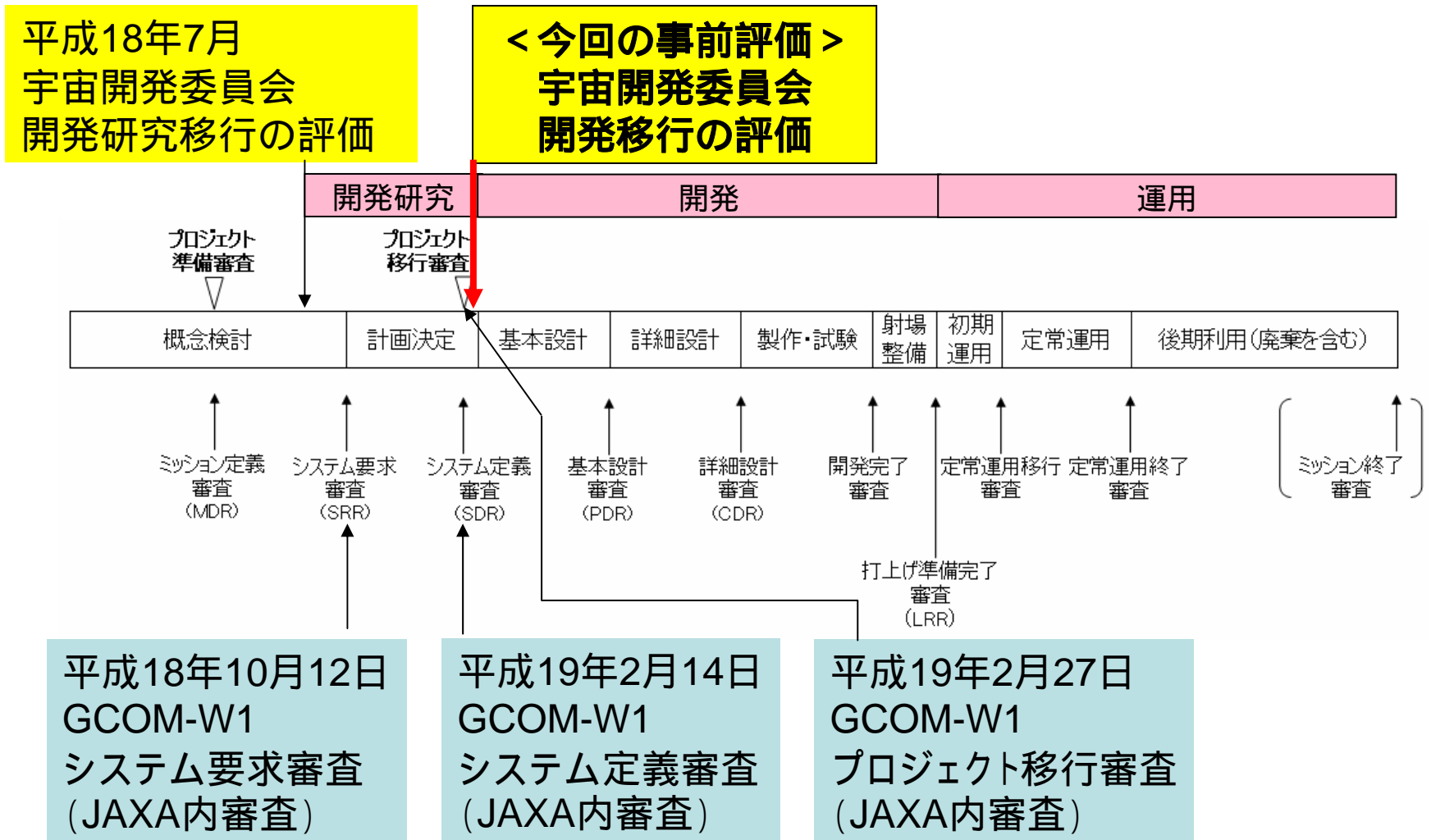
1. 開発研究移行評価からの進捗

経緯

- ・平成18年7月、宇宙開発委員会推進部会で第一期水循環変動観測衛星 (GCOM-W1) の開発研究への移行に関する事前評価が実施され、移行は妥当との評価を得た。
- ・GCOM - W1及びGCOM-C1の概念設計を終了し、その結果をもとに平成18年10月、GCOM-W1システム要求審査(SRR)を開催し、ミッション要求が、総合システムを構成する各システムのシステム仕様に適切にブレークダウンされていることを確認した。
- ・平成18年10月、第一期GCOM衛星 (GCOM-W1の開発及びGCOM-C1の予備設計) の提案要請書 (RFP) を発出し、12月に担当企業を選定した。
- ・平成19年2月、GCOM-W1衛星システムに関するシステム定義審査 (SDR) において、衛星システムの定義が適切に行われていることを確認した。
本結果に基づき、衛星システム及び高性能マイクロ波放射計2 (AMSR2) の開発仕様を設定した。
- ・平成19年2月のGCOM-W1プロジェクト移行審査において、GCOM-W1総合プロジェクトのプロジェクト移行を決定し、4月にGCOMプロジェクトチームが発足した。

1. 開発研究移行評価からの進捗

JAXA内審査会と開発フェーズの関係



1. 開発研究移行評価からの進捗

開発研究移行評価時からの主な変更点

サクセスクライテリアの明確化

- ・ リリース基準精度の設定
- ・ データ配信時間目標の設定

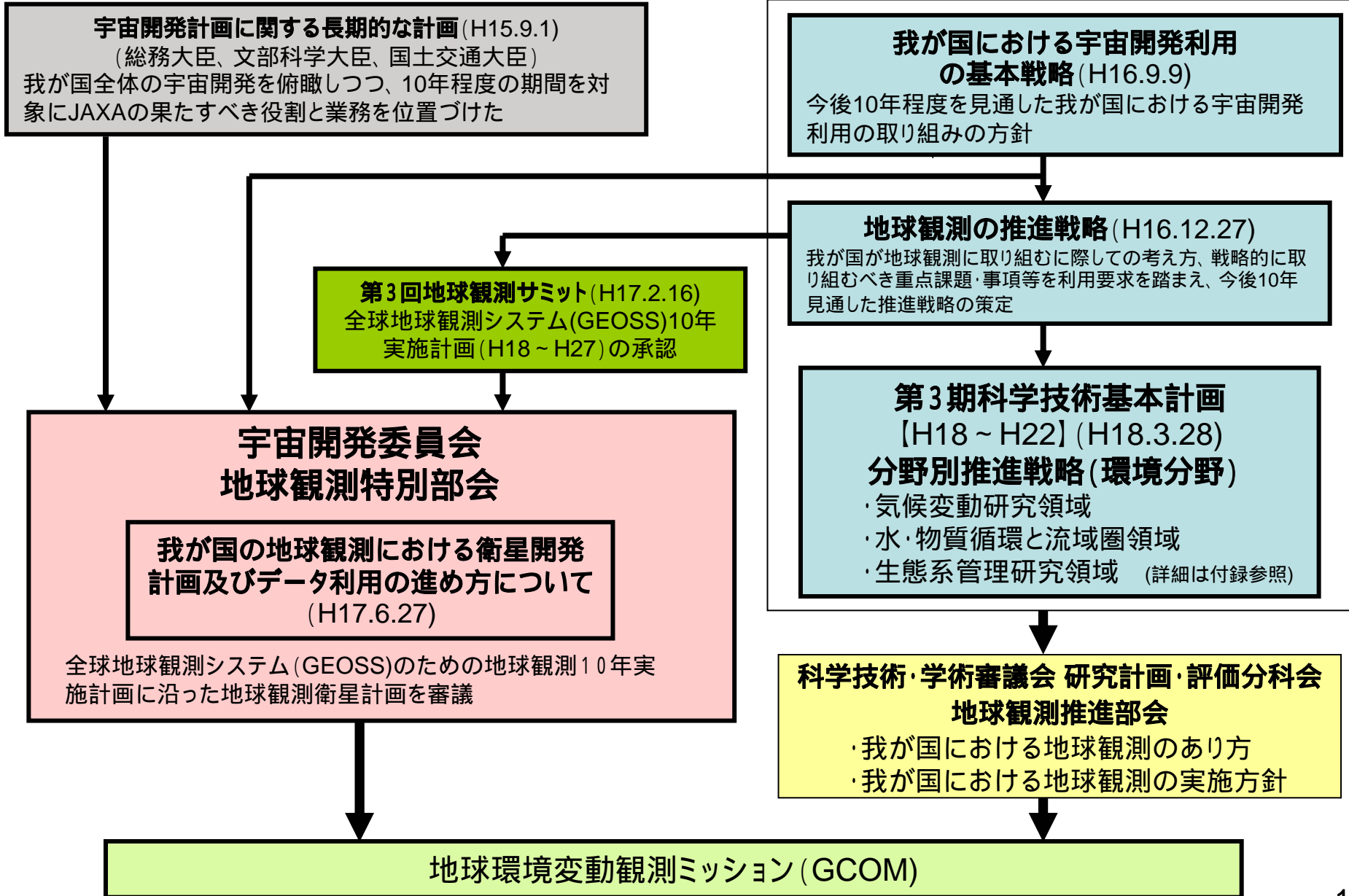
利用機関との調整結果を反映し、
「(暫定)」を削除

開発資金の見直し(衛星開発費の低減)

- 打上げスケジュールの見直し(平成22年度 23年度)

2. 背景及び位置づけ

総合科学技術会議



3. 目的

- (1) 地球規模での気候変動・水循環メカニズムを解明する上で有効な物理量(海面水温、土壌水分等)の観測を全球規模で長期間(*)継続的に行えるシステムを構築し、利用実証すること。
(*) 気候変動は太陽からのエネルギー入力を主な駆動源としていることから太陽活動周期をカバーする10~15年程度
- (2) 衛星により観測されたデータを、他の観測システムのデータやモデルデータなどと統合的に利用できる形態に加工し、利用者に提供すること。
- (3) 気候数値モデルを有するユーザ機関と協調した体制を確立することにより、国家の政策決定にかかわる、気候変動メカニズムに関するプロセス研究や気候数値モデルの改善による長期気候変動の予測精度の向上に貢献すること。
- (4) 気象予報、漁業情報提供、海路情報管理などを行う実利用機関に対するデータ配信を行い、災害をもたらす激しい気象の予測等の現業分野への貢献を行うこと。
- (5) 現在の解析技術では実現困難なプロダクトではあるが、気候変動・水循環メカニズムの解明に有効なものを、新たに生成すること。

4. 目標

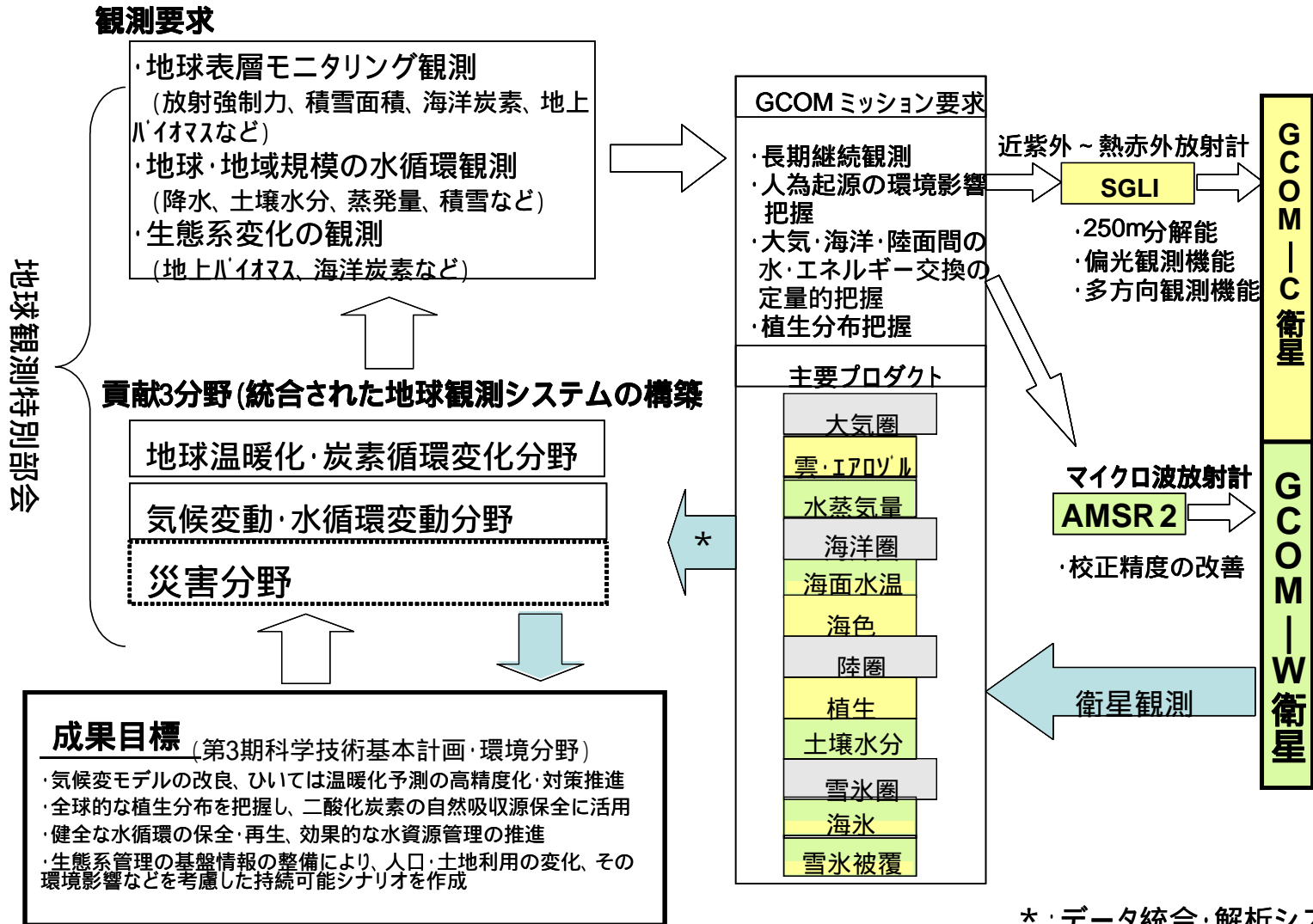
長期にわたるミッションであるため、最終的な研究開発目標を設定し、その内、計画期間中(第1期)における研究開発目標を示す。

● ミッション目的の達成目標

ミッション目的	最終的な目標	GCOM第1期の目標
1.地球規模での気候変動・水循環メカニズムを解明する上で有効な物理量(海面水温、土壌水分等)の観測を全球規模で長期間(*)継続的に行えるシステムを構築し、利用実証すること。	継続観測システムの構築と13年間の長期データセットの作成により、衛星による地球環境モニタリングシステムが、気候変動・水循環メカニズムを解明する上で不可欠な社会インフラとなることを実証すること。	多くの気候変動重要要素(ECVs)を含む標準プロダクトを生成し、提供すること
2.衛星により観測されたデータを、他の観測システムのデータやモデルデータなどと統合的に利用できる形態に加工し、利用者に提供すること。	衛星による観測データを、利用者が必要とする形態で提供できるシステムを構築し、国際的な貢献を行うこと。	標準プロダクトを他の観測システムのデータと統合的に利用できるような形態に加工し、データ統合・解析システム等へ提供できるシステムを構築すること
3.気候数値モデルを有するユーザ機関と協調した体制を確立することにより、国家の政策決定にかかわる、気候変動メカニズムに関するプロセス研究や気候数値モデルの改善による長期気候変動の予測精度の向上に貢献すること。	データ統合・解析システム等と協調した体制の下で、気候数値モデルを有する研究機関が、IPCC三次レポート時点の長期気候変動モデル精度(2度弱:100年後全球平均気温のモデル間差分)を半分(1度以下)程度に精度向上すること等により、気候変動に関する我が国としての政策立案に貢献すること。	データ同化による短期の予測精度向上を通じてGCOMデータの良好な品質を確認し、長期気候変動の予測精度向上に貢献できることを示すこと。 また、気候変動に敏感な北極域雪氷域、エルニーニョ/ラニーニャ等の変動が把握できることを示すことで、GCOMの全球規模観測データが気候数値モデルの検証に有効であることを実証すること。
4.気象予報、漁業情報提供、海路情報管理などを行う実利用機関に対するデータ配信を行い、災害をもたらす激しい気象の予測等の現業分野への貢献を行うこと。	気象庁、海上保安庁、漁業情報サービスセンター、その他現業機関への長期継続的なデータ配信により、台風などを含む気象予報精度の向上、航路安全の確保、漁業管理向上を実現し、豊かで安全安心な社会に貢献すること。	気象庁、海上保安庁、漁業情報サービスセンターへ設定された時間内にデータを配信し、データの有効性を利用実証すること。
5.現在の解析技術では実現困難なプロダクトではあるが、気候変動・水循環メカニズムの解明に有効なものを、新たに生成すること。	科学の進歩を積極的に取り入れ、他の観測システムのデータとの融合も考慮し、気候変動・水循環メカニズムの解明に有効な新規プロダクトを生成することにより、GCOMのプロダクトを拡充すること。	研究利用機関と協力して、新規プロダクトを生成すること。

4. 目標

GCOM-W1の位置づけ



* : データ統合・解析システムを介したデータ提供

4. 目標

GCOM第1期のサクセスクライテリア

GCOMはGCOSなどで要求されるなるべく多くの物理量で総合的に気候変動解明に貢献するミッションであるため、多くのプロダクトの達成度から総合的に判断する。

評価条件		サクセスレベル		
		ミニマムサクセス	フルサクセス	エクストラサクセス
プロダクト生成に関する評価	標準プロダクト (標準精度 / 目標精度) ^{*1}	打上げ後約1年間で、校正検証フェーズを終了し、外部にプロダクトリリースを実施すること。 リリース基準精度 ^{*2} を達成すること。	打上げ後5年間で、標準精度を達成すること。	打上げ後5年間で、目標精度を達成するものがあること。
	研究プロダクト (目標精度) ^{*1}	-	-	打上げ後5年間で、気候変動に重要な新たなプロダクトを追加出来ること。
データ提供に関する評価	実時間性	リリース基準精度達成後、打上げ後4年経過時点 ^{*3} までの間、稼働期間中に目標配信時間内配信を継続していること。	リリース基準精度達成後、打上げ後5年経過時点までの間、稼働期間中に目標配信時間内配信を継続していること。	-
	連続観測	リリース基準精度達成後、打上げ後4年経過時点 ^{*3} までの間、継続的にデータを提供していること。	リリース基準精度達成後、打上げ後5年経過時点までの間、継続的にデータを提供していること。	-

*1標準プロダクトは、ミッション目的の実現に対して特に重要で、ADEOS-IIなどの実績で実現性が十分確認されており、データの提供形態としても計画的な提供を行なうべきプロダクトを指す(研究利用機関・実利用機関とGCOM総合委員会で協議の上決定した)。研究プロダクトは、開発や利用の面で研究段階にある、あるいは計画的な提供形態にそぐわないプロダクト。

*2 リリース基準精度: 気候変動解析に貢献しうるデータとしてリリースできる最低精度。ADEOS-IIIにおける実績を基に利用者と協議して決定。

*3 第2期衛星打上げまでの期間を設定

4. 目標

GCOM-W1観測プロダクト

リリース基準を新たに追加！

(すべて、標準プロダクト)

プロダクト ^{*1}	対象領域	空間分解能(概略)	精度 ^{*2}			計測範囲	備考
			リリース ^{*3}	標準 ^{*4}	目標 ^{*5}		
輝度温度 (6周波帯・2偏波)	全球	5-50km	± 1.5K	± 1.5K	± 1.0K ± 0.3K	2.7 - 340K	系統誤差(最大振幅, 150K相当) 変動誤差(3σ, 150K相当)
地球物理量	積算水蒸気量	全球洋上	± 3.5kg/m ²	± 3.5kg/m ²	± 2.0kg/m ²	0 - 70kg/m ²	鉛直積算量、海水・降水域除く。
	積算雲水量	全球洋上	± 0.10kg/m ²	± 0.05kg/m ²	± 0.02kg/m ²	0 - 1.0kg/m ²	鉛直積算量、海水・降水域除く。
	降水量	熱帯～温帯	海上 ± 50% 陸上 ± 120%	海上 ± 50% 陸上 ± 120%	海上 ± 20% 陸上 ± 80%	0 - 20mm/h	地表面降水量。精度は50km平均の相対誤差(平均降水強度に対するRMSEの割合)。
	海面水温	全球洋上	± 0.8	<u>± 0.5</u>	<u>± 0.2</u>	-2 - 35	海水・降水域除く。目標精度は緯度10°毎の1ヶ月平均バイアス値。
	海上風速	全球洋上	± 1.5m/s	<u>± 1.0m/s</u>	± 1.0m/s	0 - 30m/s	海水・降水域除く。
	海水密接度	高緯度洋上	± 10%	± 10%	± 5%	0 - 100%	精度は海水密接度[%]で表示。
	積雪量	陸圏	± 20cm	± 20cm	± 10cm	0 - 100cm	氷床と密な森林域を除く。精度は積雪深で示しており、瞬時値の絶対値平均誤差。
	土壌水分量	陸圏	± 10%	<u>± 10%</u>	± 5%	0 - 40%	全球陸域(乾燥地、寒冷地を含む)で、植生被覆が水分相当2kg/m ² 以下の地域での体積含水率。氷床と密な森林域を除く。精度は瞬時値の絶対値平均誤差。

*1 輝度温度はセンサの工学値出力を最も基本的な観測量に変換したものであり、それ以外の地球物理量は、変換アルゴリズムを介して輝度温度を地球物理量へ換算したものである。

*2 精度については、特に示さない限り瞬時値の二乗平均平方根誤差(RMSE)で表している。輝度温度の精度はオンボード及び地上処理の校正精度に依存する。それ以外の地球物理量の精度は、輝度温度精度、変換アルゴリズムの性能、及び検証方法に依存する。

*3 気候変動解析に貢献しうるデータとしてリリースできる最低精度。

*4 AMSR、AMSR-Eの実績を踏まえた、有用かつ標準的な精度レベル。

*5 アルゴリズム性能や校正精度改善等の研究要素を多く含む精度レベル。

精度規定を明確にして数値を見直したものを下線で示す

4. 目標

- GCOM-W1のデータ 配信時間目標

利用機関との合意のもと、以下の配信時間目標を設定した。

- 気象庁

- 対象: AMSR2の輝度温度プロダクト
- 日本付近のデータ
 - 観測時刻+0.5時間までに、80%
 - 観測時刻+0.8時間までに、95%
- 全球
 - 観測時刻+2.5時間までに、70%
 - 観測時刻+4.1時間までに、90%

- 漁業情報サービスセンター

- 対象: AMSR2の海面水温(地図投影プロダクト)
- 日本周辺のデータ
 - 観測時刻+1.5時間までに配信

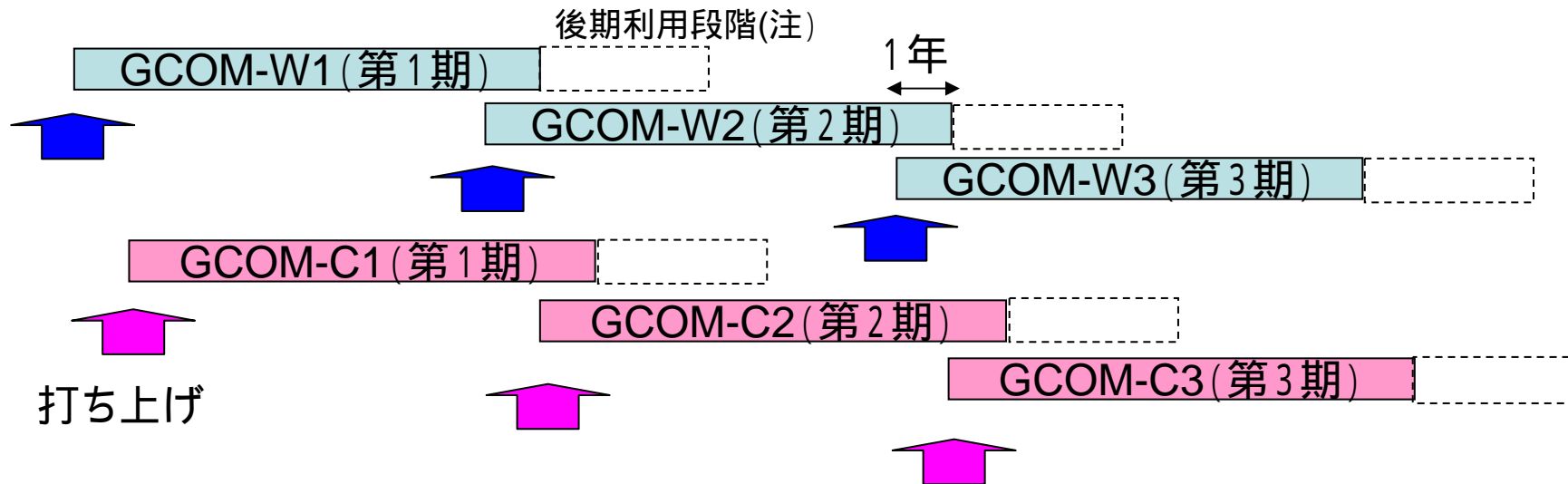
5. 開発方針

- **GCOMは実利用の技術実証を主目的とするため、以下の方針に則って、開発を進める。**
 - 衛星システム(観測センサ、衛星バス)の開発に当たっては、信頼性の確保を全てに優先させて開発計画を企画立案し、開発を進める。
 - 衛星バスの開発においては、既存技術を最大限に活用し、信頼性の向上とコストの低減化をめざす。
 - 観測センサの開発においては、衛星バスに先駆けて、試作試験を実施し、衛星全体の開発へのリスクを最小限にする。
- GCOM-W1は、GCOM-C1との共通性を考慮して、設計を行う。

5 . 開発方針

● 長期継続観測のための開発方針

- 10年以上の長期観測を実現するため、衛星を3期に分けて打ち上げる。後続の衛星との軌道上運用期間を約1年間重複させ、両観測センサーの比較・校正を実施することで、観測データの連続性を確保する。
- 第2期、第3期衛星は、第一期衛星との観測データの継続性を確保しつつ、利用機関との調整しながら観測性能の向上を図る。



(注) 1号機が安全に運用できる期間は、2機の衛星により観測頻度の高い運用を行う計画とする。

5 . 開発方針

推進部会の助言

「開発研究」段階において、6機の衛星シリーズの開発・製作の有効活用の方法を検討し、信頼性の向上、コスト低減、開発期間の短縮、人材育成等の取り組みの具体化を図ることが重要である。

- GCOM-W1とGCOM-C1との設計の共通化を実施することで、信頼性の向上、コスト低減、開発期間の短縮を実現する。
 - 概念設計を両衛星に関して同時に実施。
 - 担当企業選定の際、両衛星の仕様を提示し、共通化設計の内容も含めて評価し、決定した。 GCOM-W1とGCOM-C1のバス機器の約80%の機器が共通化されている。設計の共通化によって、GCOM-C1の衛星バスの開発費が10%程度削減できる。
- 第二期衛星以降の衛星との共通化に関しては、第一期での開発・軌道上実績、技術の進展等を踏まえて検討することとする。
- 先行するGCOM-W1のバスを担当する技術者が、GCOM-C1のバスも担当することで技術の継承と人材の育成を図る。また、実績を踏襲した衛星（ALOS、GOSAT等）の担当者もプロジェクトに参画して、技術を伝承する。

6. システム選定および基本設計要求

6.1 GCOM-W1総合システム

GCOM-W1総合システムの仕様設定

平成18年10月システム要求審査(SRR)

宇宙開発委員会(平成18年7月)で評価を受けたミッション要求からGCOM-W1総合システム仕様及び各システム仕様を設定した。

GCOMミッション要求条件書

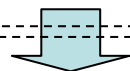


GCOM-W1総合システム仕様書



GCOM-W1
各システム仕様書

衛星システム
追跡管制システム
ミッション運用系システム
利用研究系システム



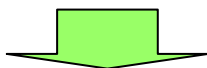
平成19年2月システム定義審査(SDR)

GCOM-W1衛星システム及びAMSR2の開発仕様を設定した。

GCOM-W1システム
開発仕様書

追跡管制システム
ミッション運用系システム
利用研究系システム
の開発仕様書の設定は
平成19年度以降に予定

AMSR2開発仕様書

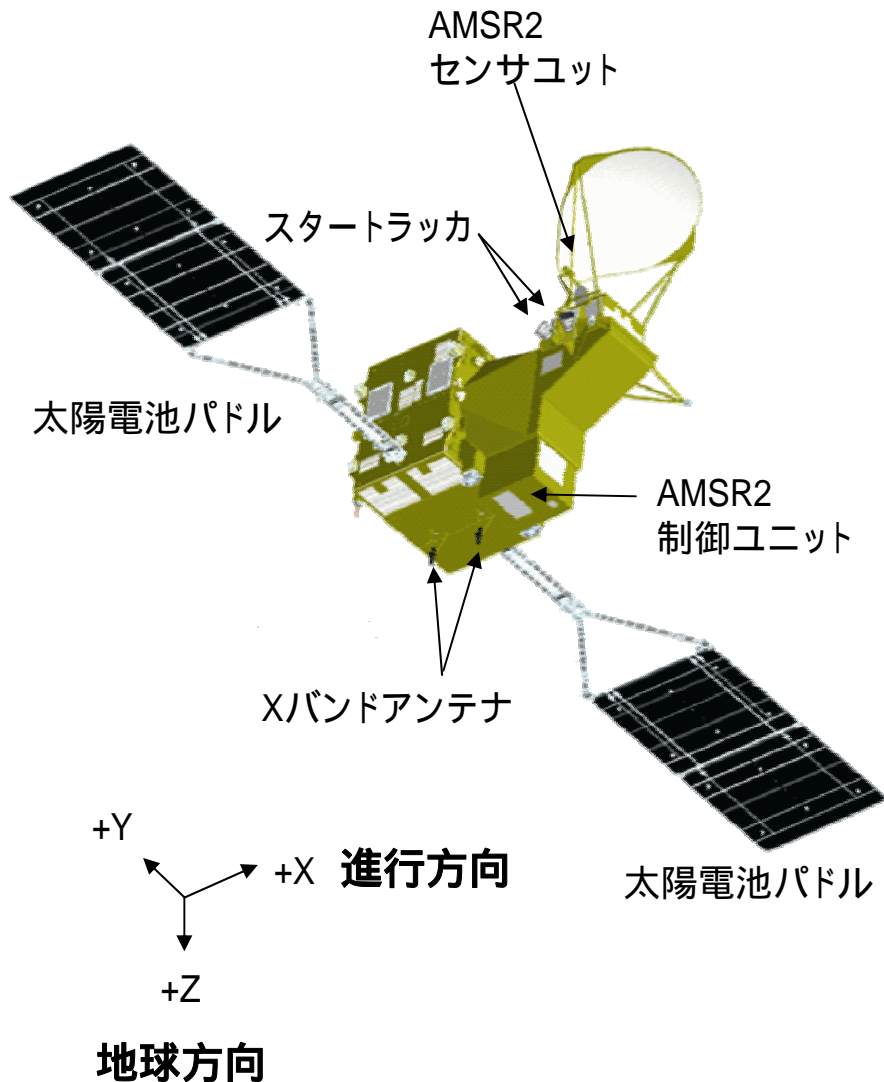


平成19年2月プロジェクト移行審査(経営審査)

GCOM-W1総合プロジェクトのプロジェクト移行を決定
(4月にGCOMプロジェクトチームが発足)

6.2 衛星システム(GCOM-W1)

GCOM-W1の概要



項目		仕様
ミッション機器		高性能マイクロ波放射計2 (AMSR2)
ロケット		H - Aロケット
設計寿命		5年
発生電力		4050w (EOL:両翼)
質量		1880kg
内訳	ミッション	405kg (AMSR2)
	バス	1,324kg (ドライ重量)
	推進薬	151kg (デオービット分を含む)
衛星形状		箱型バス構体 + ミッション構体(トラス構造) (5.1m(X) × 17.5m(Y) × 3.4m(Z) (軌道上展開形状)
軌道種別		太陽同期準回帰軌道
軌道高度		699.6km(赤道上)
軌道傾斜角		98.186度
昇交点通過 地方太陽時		13時30分 ± 15分 (Aqua/AMSR-Eと同一)

6.2 衛星システム(GCOM-W1)

GCOM-W1の特徴

(1) 既存技術の活用

- ・衛星バス系については、機器毎の技術成熟度の分析結果に基づいてフライト実績、開発実績のある技術を採用し、信頼性向上、コスト低減、開発期間短縮を図った。海外から調達する機器は実績のある既製品であり、新規開発技術は無い。
- ・ミッション要求の変更や廃品種の代替部品等による改修、長寿命評価を必要とする機器や技術については、フライトモデル製作に先立ち、開発段階で開発モデルを製作し、試験で評価・確認する計画とした。

(2) 信頼性設計の徹底

- ・太陽電池パドルを2翼、電源系を2系統とし、ミッションの喪失に繋がるクリティカルな単一故障点を冗長化した。電源系から機器への接続も2系統からとし、太陽電池パドル系、電源系の1系統の故障でバス系の機能が喪失することのない設計とした。
- ・太陽電池パドルが1翼しか利用できなくなった場合に備え、最低限の観測運用が可能な運用モード(縮退モード)を有し、サバイバビリティを強化した。

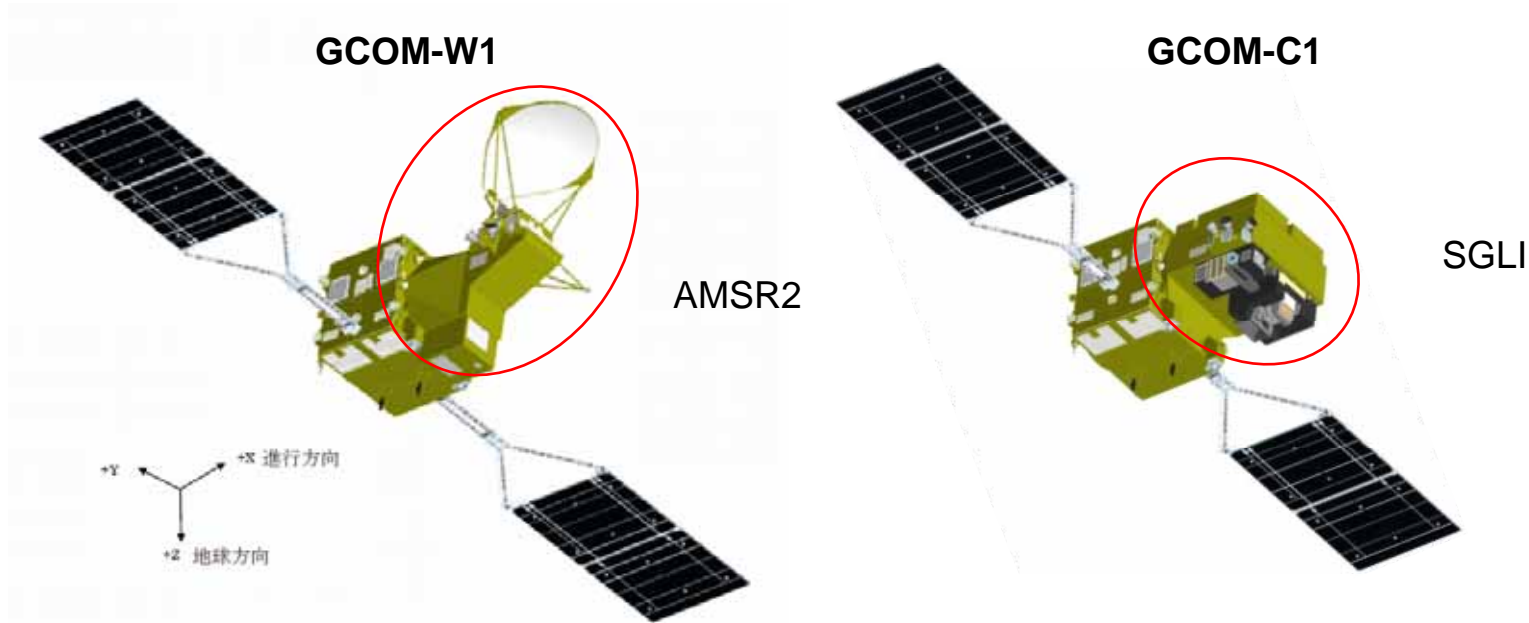
6.2 衛星システム(GCOM-W1) GCOM-W1の特徴(続き)

(3) GCOM-C1との共通化設計

- ・GCOM-W1の衛星バス構体、機器及び機器レイアウトについては、GCOM-C1との共通化を考慮して設計を進めた。その結果、バス系機器の80%以上(42/50品種)を共通化し、互換性を有する。
- ・バス構体にトラス構造のミッション構体を取り付け、AMSR2を搭載する。
- ・ミッション構体の変更により、GCOM-C1のSGLI(多波長光学放射計)の搭載が可能である。

6.2 衛星システム(GCOM-W1)

GCOM-W1の特徴(続き)



バス構体にトラス構造のミッションモジュールを取り付け、AMSR2を搭載している。太陽電池パドルは、GaAsセルを使用した2枚パネル/片翼構成とし、+Z方向にオフセットして取り付けている。また、ブームを長くしてパネルを構体から離すことによりAMSR2低温校正源視野との干渉やAMSR2の影がパネルに落ちることを回避している。

バス構体にトラス構造のミッションモジュールを取り付け、SGLIを搭載している。太陽電池パドルは、GCOM-W1と同じGaAsセルを使用した2枚パネル/片翼構成としている。取り付け位置は±Y面中央にして、ブーム長を短くしている

6.2 衛星システム(GCOM-W1)

GCOM-W1バス系の技術成熟度及び評価計画

サブシステム	主要機能	主な実績	輸入機器	変更点	評価計画(*)
ミッション データ処理系	データ符号化、記録、伝送	ALOS SELENE	X帯アンテナ	ミッションI/F 変更	
テレメトリ コマンド系	テレメトリ/コマンド処理、測距、自動化自律化運用	ALOS SELENE	-	部品変更	
電源系	日照・日陰時の電力供給	ALOS	-	-	-
太陽電池 パドル系	日照時の電力発生	WINDS ETS-8	-	-	(寿命評価)
姿勢軌道 制御系	姿勢捕捉、姿勢・軌道制御、深宇宙校正マヌーバ、姿勢・位置決定	ALOS SELENE	恒星センサ 地球センサ 磁気トルカ	部品変更、 S/W(ミッション変更部分)	
推進系	姿勢制御トルク、軌道制御推進力の発生	ALOS SELENE	フィルタ 圧力センサ	スラスタ触媒 変更	(寿命評価)
構体系	打上げ～軌道上の機械環境維持	既開発技術	-	新規構体	
熱制御系	打上げ～軌道上の熱環境維持	既開発技術	-	-	(システム 変更評価)
計装系	機械的、電氣的接続	既開発技術	-	-	-
展開モニタ	太陽電池パドル展開、AMSR2展開・回転のモニタ	WINDS GOSAT	-	-	-

(*)フライトモデルに先立ち、開発段階で開発モデルを製作し評価・確認する計画

6.2 衛星システム(GCOM-W1)

推進部会の助言

太陽電池パドルが2翼となる場合は、「みどり」及びAquaと異なるコンフィギュレーションとなるため、AMSR2反射鏡への衛星筐体の映りこみ等によるデータへの影響を早い段階で詳細に検討しておく必要がある。

太陽電池パドルトレードオフ

項目	1翼	2翼
信頼性		
質量		
搭載性		
ミッションへの影響		

太陽電池パドルを2翼とする

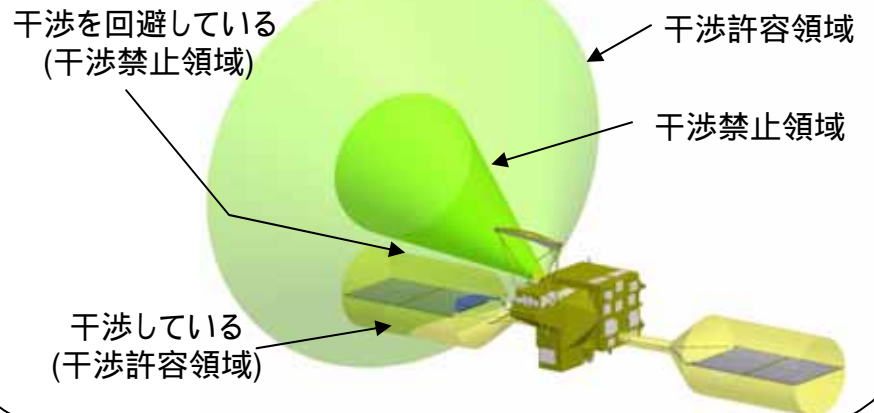
(質量・搭載性、ミッションへの影響いずれも許容範囲)

太陽電池パネルのAMSR2低温校正源への影響が問題ないことを確認

0.26K > 0.06K

深宇宙背景輝度温度2.7K
からの上昇温度許容値

解析結果



6.2 衛星システム(GCOM-W1)

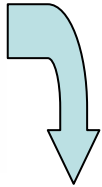
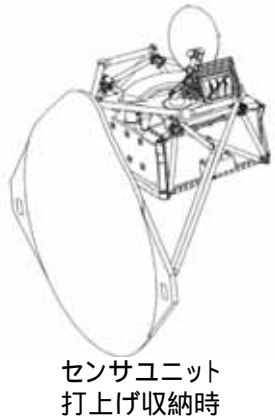
推進部会の助言

6機の衛星シリーズを有効活用し、開発・製作におけるGCOM-WとGCOM-Cの関連付け及び後継機への拡張性を早期に見通すことが重要である。その際は、マイクロ波散乱計等の後継機への搭載についても十分調整・検討を行うべきである。

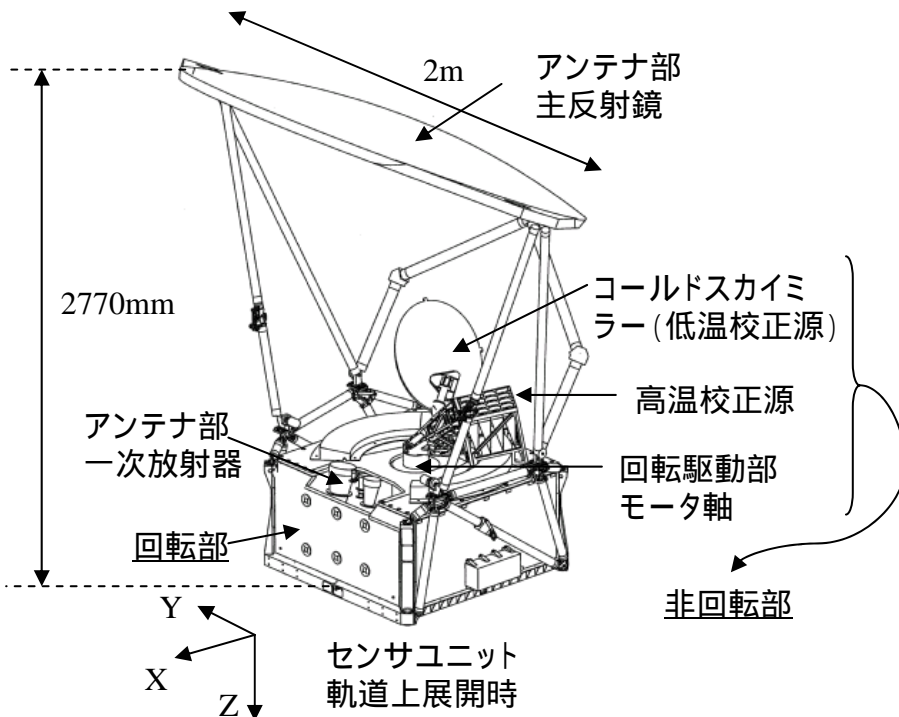
- ・GCOM-W1とGCOM-C1については設計の共通化を実施する。
- ・第二期衛星以降の衛星との共通化に関しては、第一期での開発・軌道上実績、技術の進展等を踏まえて検討することとする。
- ・GCOM-W1には、AMSR2以外にも、マイクロ波散乱計(ADEOS-II搭載センサと同規模)等の他センサの追加搭載も可能な設計としている。
- ・国内での開発計画の無いマイクロ波散乱計の第2期衛星以降への搭載については、今後ともNASA/NOAA(米国海洋大気庁)と調整を継続する。

6.3 観測システム(AMSR2)

AMSR2の概要



軌道上展開



方式	コニカル走査方式マイクロ波放射計
構成	センサユニット、制御ユニット
アンテナ	オフセットパラボラアンテナ (2.0m径)
観測幅	1450km以上
量子化ビット数	12ビット(全チャンネル)
入射角	55度
偏波	垂直(V)及び水平(H)
交差偏波特性	-20dB以下
主ビーム効率	90%以上
ダイナミックレンジ	2.7-340K

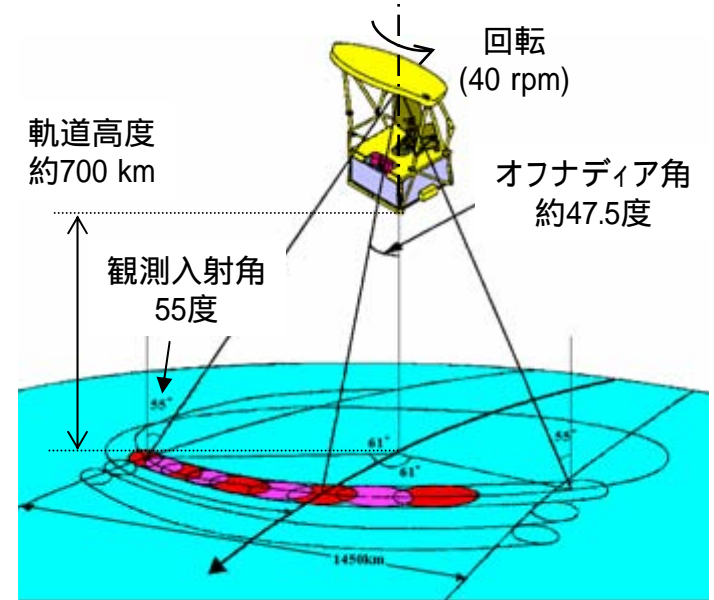
6.3 観測システム(AMSR2)

AMSR2の概要(続き)

AMSR2観測周波数帯

中心周波数 [GHz]	地表瞬時視野 Az × El [km] (高度700km換算)	帯域幅 [MHz]	温度分解能 [K] (1 , 150K)
6.925	35 × 62	350	0.34以下
7.3 (*)	34 × 58	350	0.43以下
10.65	24 × 42	100	0.7以下
18.7	14 × 22	200	0.7以下
23.8	15 × 26	400	0.6以下
36.5	7 × 12	1000	0.7以下
89.0	3 × 5	3000	1.2以下

AMSR2観測ジオメトリ



(*) 6.9GHz受信機の冗長化及び干渉波回避を図るために新規追加

AMSR2プロダクト要求と観測周波数 (は最重要の周波数帯)

物理量 \ 周波数 (GHz)	6.925 7.3	10.65	18.7	23.8	36.5	89.0	備考
積算水蒸気量							
積算雲水量							
降水量							
海面水温							
海上風速							
海水密接度							89GHzは雲の無い状態で使用
積雪量							
土壌水分量							

6.3 観測システム(AMSR2)

AMSR2の特徴

(1) AMSR-Eでの観測の継続

Aqua搭載AMSR-Eと同一の周波数帯、偏波、入射角、昇交点通過地方時とし、観測の継続性を図る。

(2) 既存技術の活用

AMSR、AMSR-Eで実績のある既存開発機器・技術を活用する。

海外からの調達品はAMSR、AMSR-Eで実績のあるもの(回転駆動機構等)であり、技術の変更は無い。

校正の高精度化、廃品種の部品変更等により改修を行う機器や技術については、フライトモデル製作に先立ち、開発研究段階での試作モデル、開発段階での開発モデルを製作し、試験で評価・確認する。

(3) 校正精度の向上

AMSR/AMSR-Eの軌道上評価結果の反映として、校正精度を向上させるため、高温校正源の温度制御精度の改善、温度分布幅の減少を図る。

(4) 信頼性の向上

ミッション全損につながる単一故障点の除去及び寿命延長(3年から5年)による信頼性低下防止のため、角運動量補償用モーメントムホイール冗長系の追加搭載、信号処理部のインタフェース回路の冗長化、7.3GHz受信機の新規追加を行う。

6.3 観測システム(AMSR2)

AMSR2の技術成熟度及び評価計画

サブシステム	主要機能	実績	輸入機器	変更点	評価計画(*)
アンテナ部	地表からの放射マイクロ波の受信	AMSR、AMSR-E	-	-	-
校正部	高温及び低温校正データの取得	AMSR、AMSR-E	-	高温校正源熱制御	
受信部	受信マイクロ波の増幅、帯域制限、検波	AMSR、AMSR-E	-	部品変更 7.3GHz追加	
回転駆動部	センサユニット回転部(アンテナ部、受信部等)を一定速度で回転	AMSR、AMSR-E	駆動機構 駆動回路	-	-
擾乱制御部	回転部の質量バランス調整、アンテナ部回転角運動量のモーメントムホイールによる補償	AMSR、AMSR-E	モーメントムホイール	-	-
信号処理部	観測データ処理、コマンド・テレメトリ処理	AMSR、AMSR-E	-	部品変更 I/F回路追加	
ヒータ制御部	AMSR2内機器の温度制御	AMSR、AMSR-E	-	-	-
電力分配部	バス系I/F、AMSR2内機器への電力分配	AMSR、AMSR-E	-	-	-
展開機構部	アンテナの展開	AMSR、AMSR-E	-	-	-
構体・計装系	支持、電氣的・機械的接続	AMSR、AMSR-E	-	-	-

(*)フライトモデルに先立ち、試作モデル(開発研究段階でのフロントローディング)、開発モデル(開発段階)を製作し評価・確認する計画

6.3 観測システム(AMSR2)

AMSR2のフロントローディング計画及び実施状況

段階	計画	実施状況
1	AMSR2の全体設計を行い、AMSR、AMSR-Eからの設計変更点を洗い出し、クリティカル要素を識別する。	<ul style="list-style-type: none"> ・廃品種の代替部品による改修 受信機、信号処理部 ・校正精度の向上 高温校正源の熱制御方式
2	設計変更点の設計・解析を実施する。	代替部品の選定、回路設計・解析、校正源の熱制御方式の選定、設計・解析を実施し、妥当性を確認した。
3	クリティカル要素の試作・評価を実施する。	受信機のモジュール、信号処理部MPUボード、高温校正源の熱制御パネル等を試作し、実現性を確認した。
4	試作・評価結果に基づき、開発段階での開発計画を策定する。	機器レベルでの開発計画を策定した。

6.3 観測システム(AMSR2)

AMSR2のフロントローディング計画及び実施状況(続き)

(1) 受信部

設計変更点

- ・高周波用IC等が廃品種となったため、代替品を使用する。
- ・6.9GHz受信機の冗長化及び干渉波回避を図るため、7.3GHz受信機を追加する。(新規開発技術は無し)

設計・解析

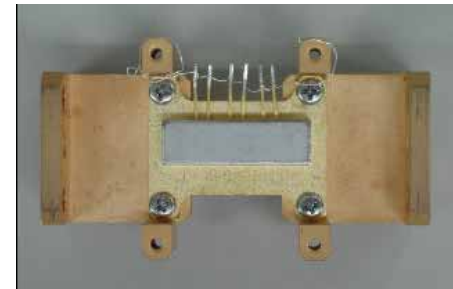
代替部品の選定、回路設計・解析を実施し、妥当性を確認した。

試作評価

代替部品の製作、モジュールへの組み込み、機能性能評価を実施し、実現性を確認した。
(新規の7.3GHzを含めた全ての周波数帯)

開発段階での計画

モジュールを組み合わせて、受信機としての性能評価を実施予定。



受信機の低雑音増幅器モジュール試作品

6.3 観測システム(AMSR2)

AMSR2のフロントローディング計画及び実施状況(続き)

(2) 信号処理部

設計変更点

- ・計算機(MPU)が廃品種となったため代替MPUを使用する。
- ・冗長化のためにインタフェース回路部を追加する。(新規開発技術は無し)

設計・解析

代替部品の選定、回路設計・解析を実施し、妥当性を確認した。

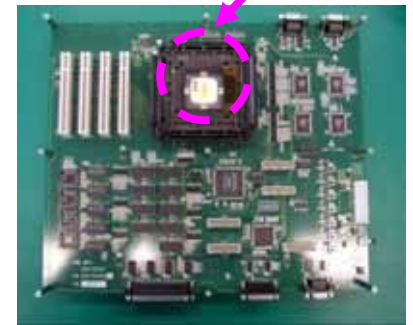
試作評価

代替部品の評価用ボードでの機能性能試験を終了した。

開発段階での計画

インタフェース部冗長化機能も含めた機器としての機能性能評価を実施する予定。

HR5000(JAXA認定部品)



MPU評価用ボード

6.3 観測システム(AMSR2)

AMSR2のフロントローディング計画及び実施状況(続き)

(3) 校正部 高温校正源

設計変更点(AMSR、AMSR-Eからの反映)

- ・電波吸収体内部のヒータによる温度制御のため局所的に加熱され、温度分布が生じやすい。

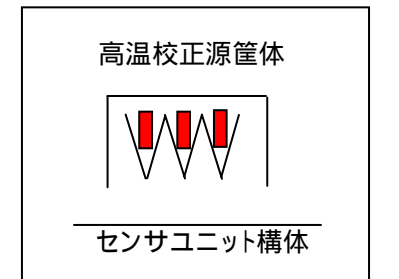
吸収体内部のヒータを外し、

筐体全体をヒータで温度制御する方式とした。

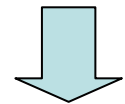
- ・電波吸収体の前方(センサユニット構体側)からの熱入力が大きく、構体の温度変化の影響を受け易い(特に先端部)。

電波吸収帯前方に新規に**熱制御パネル**を配置した。

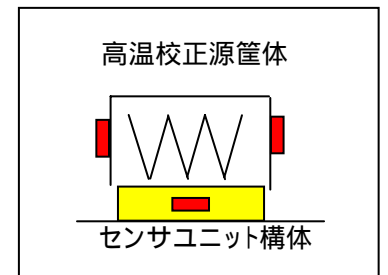
従来(AMSR・AMSR-E)方式
(下左図のA-B断面)



ヒータ

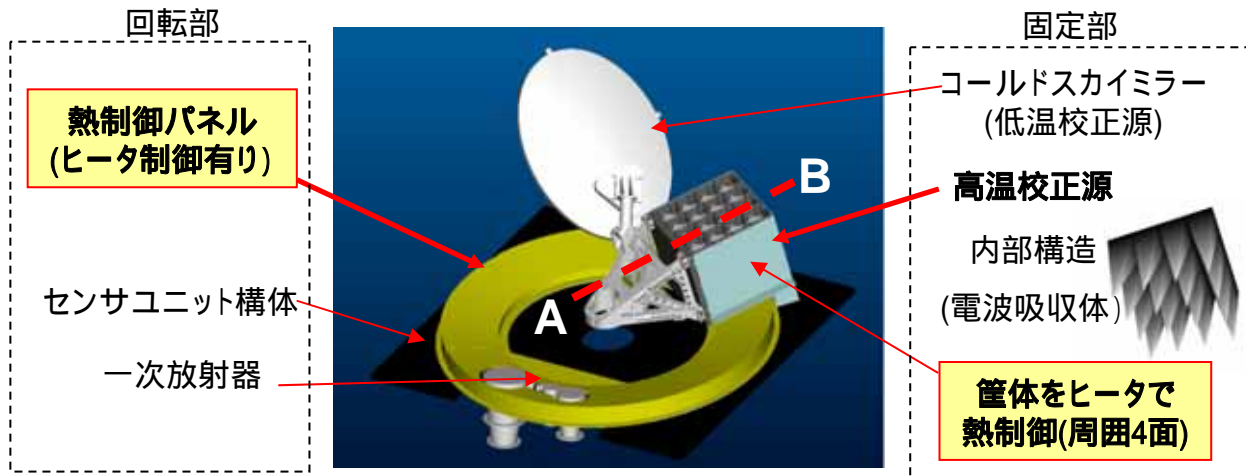


設計変更後
(パネル&筐体でヒータ制御)



ヒータ

熱制御パネル



選定した熱制御方式の概念図

6.3 観測システム(AMSR2)

AMSR2のフロントローディング計画及び実施状況(続き)

(3) 校正部 高温校正源(続き)

設計・解析

熱制御方式を選定し、設計・解析を実施し、妥当性を確認した。

試作評価

熱制御パネルを製作し、従来設計の高温校正源と組み合わせて熱真空試験を実施し、熱制御パネルの追加が有効であることを確認した。

開発段階での計画

高温校正源筐体の熱制御機能と組み合わせた熱真空試験を実施して性能を評価する予定。

コールドスカイミラー
(低温校正源) 高温校正源
(従来設計品)

熱制御パネル



熱制御パネル評価のための熱真空試験

6.4 地上システム

地上システムは、追跡管制システム、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。

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。

衛星運用の低コスト化・信頼性向上のため、HK(ハウス・キーピング)運用とミッション運用の計画立案機能の一元化を図る予定である。

- 追跡管制システム

コマンド立案、コマンド運用、追跡、測距、衛星の状態監視などの機能を持つ。

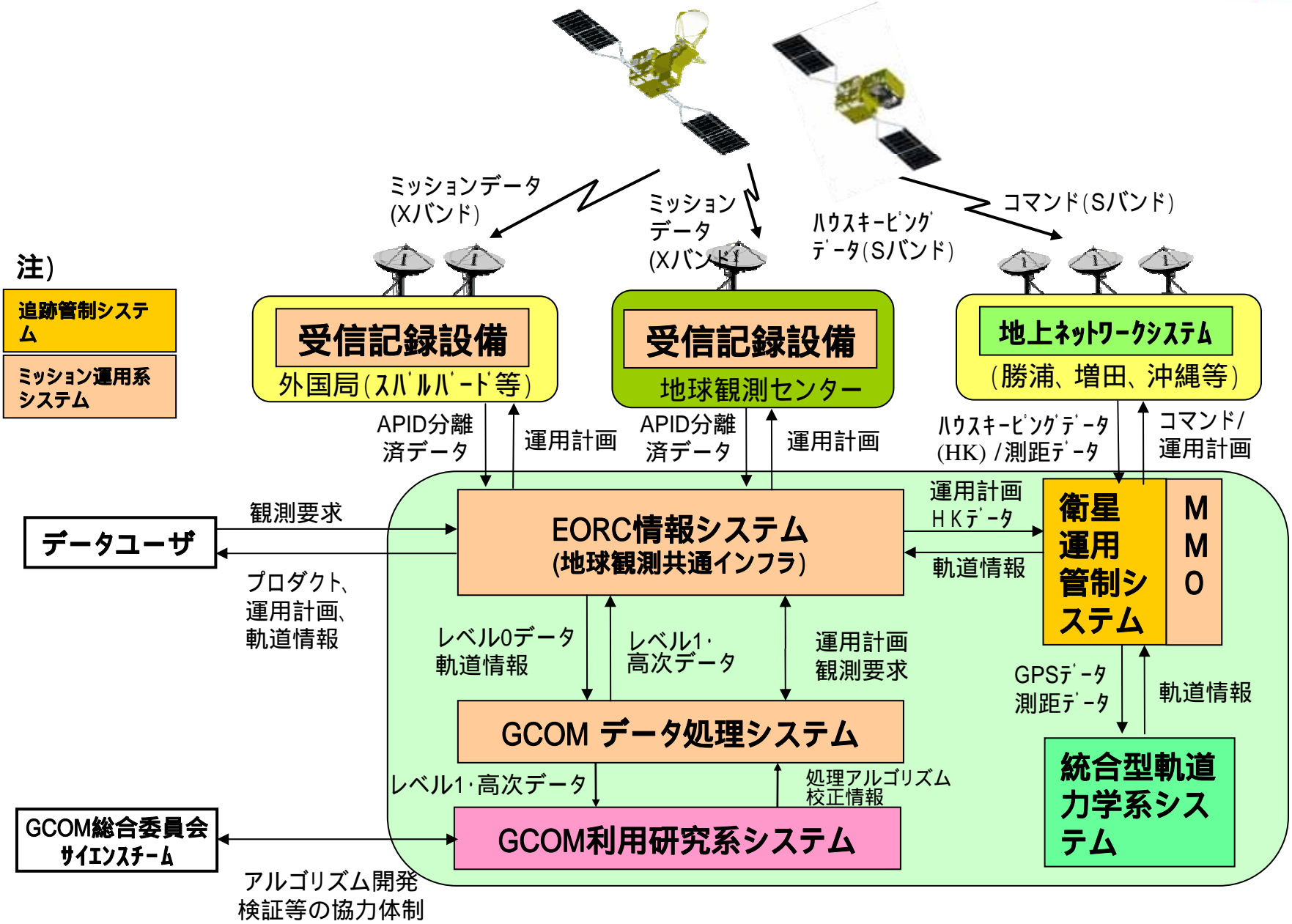
- ミッション運用系システム

ミッション機器の観測計画立案、ミッションデータのダウンリンク、データ処理、データ・プロダクトのアーカイブ、ユーザサービスなどの機能を持つ。

- 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。

6.4 地上システム



7. 開発計画

7.1 開発資金

GCOMプロジェクトの資金計画は

GCOM-W1衛星開発	180億円
GCOM-W1用地上設備開発等(＊)	44億円

を目標とする。

(＊) 追跡管制システム、ミッション運用系システム、利用研究系システム

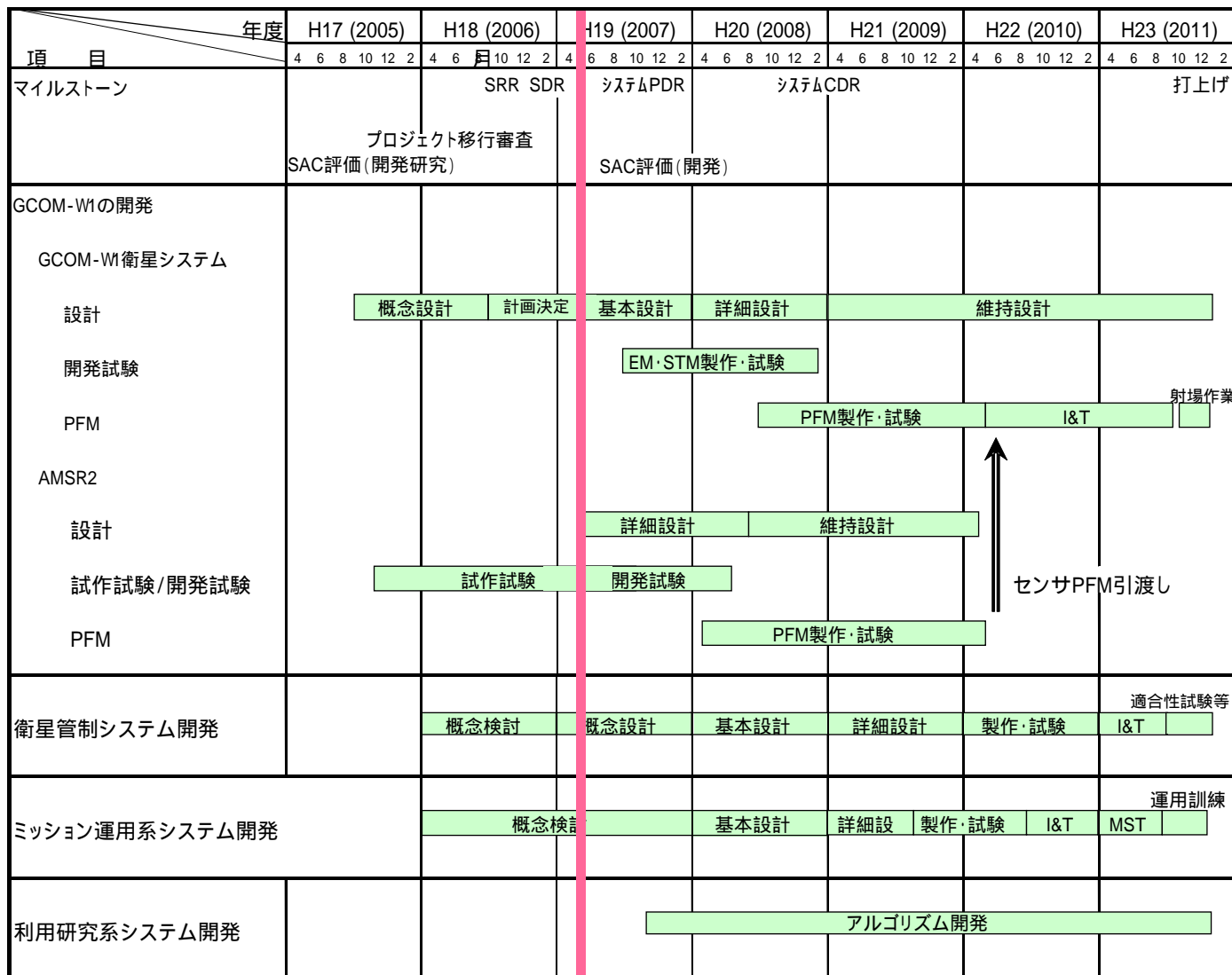
開発研究段階での低コスト化検討

GCOM-W1衛星開発費 約200億円 180億円

宇宙開発委員会事前評価(平成18年7月)では約200億円としたが、衛星システムメーカー選定、衛星システムの設計ベースラインをもとに見直した結果、20億円削減することができた。

7.2 スケジュール

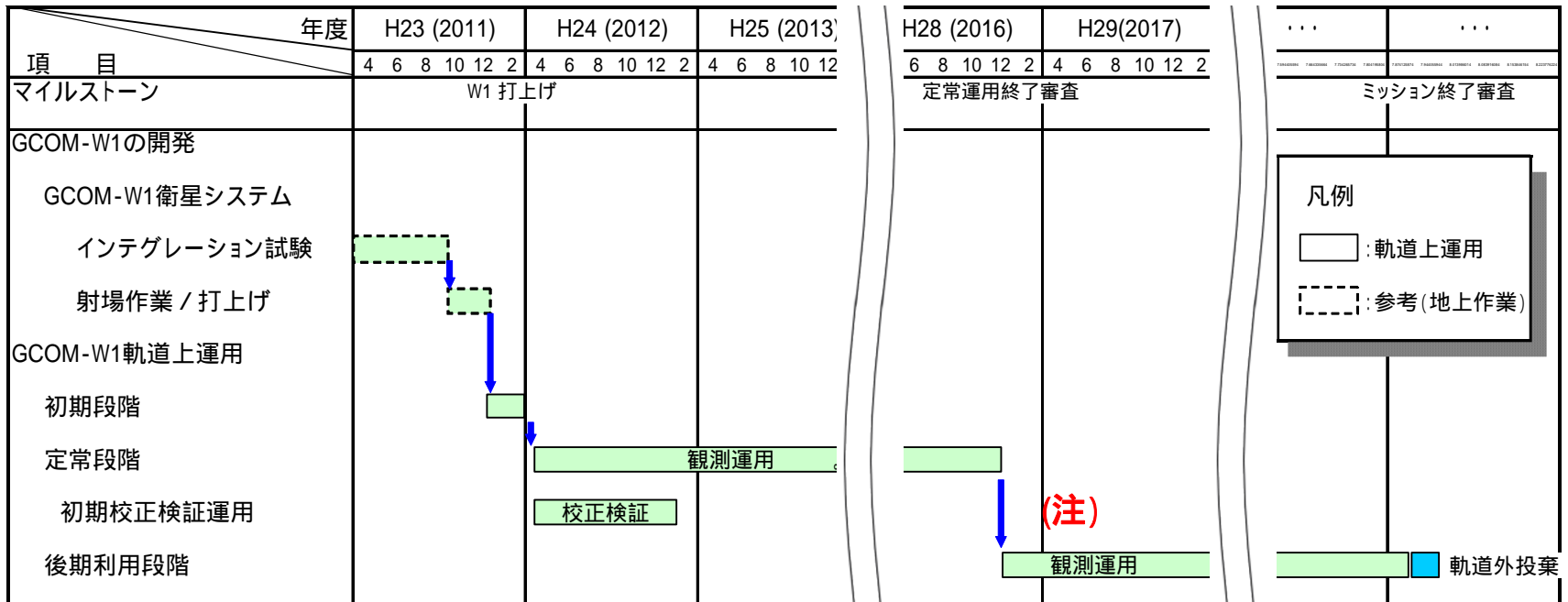
GCOM-W1総合システム開発スケジュール



I&T: Integration & Test MST: Mission Simulation Test

7.2 スケジュール

GCOM-W1の運用スケジュール



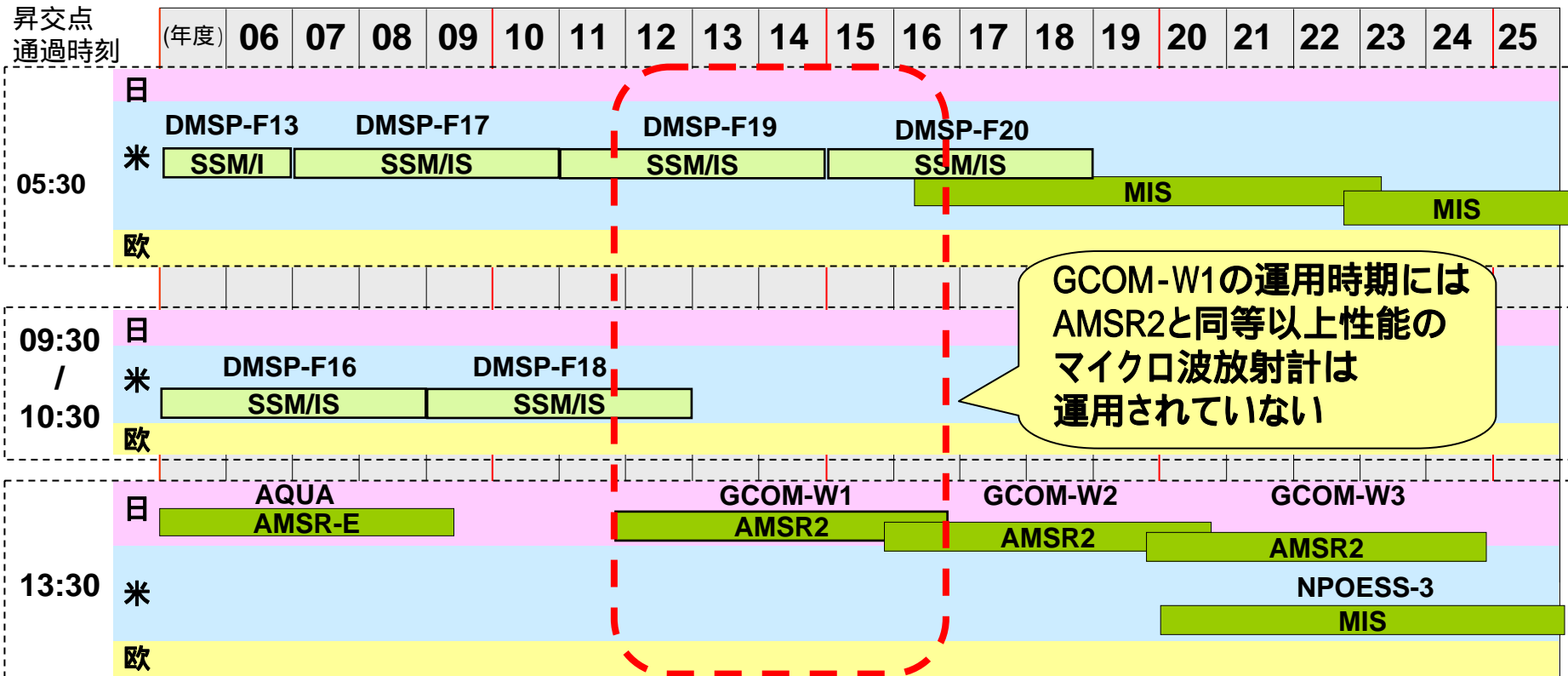
(注) GCOM-W1が安全に運用できる期間は、第二期との衛星により観測頻度の高い運用を行う計画とする。

7.2 スケジュール

(参考) 世界のマイクロ波放射計及び打上げ時期

	SSM/I, SSM/IS	AMSR2	MIS
アンテナ径	0.6m	2.0m	仕様は未定
分解能	14km@91GHz	5km@89GHz	

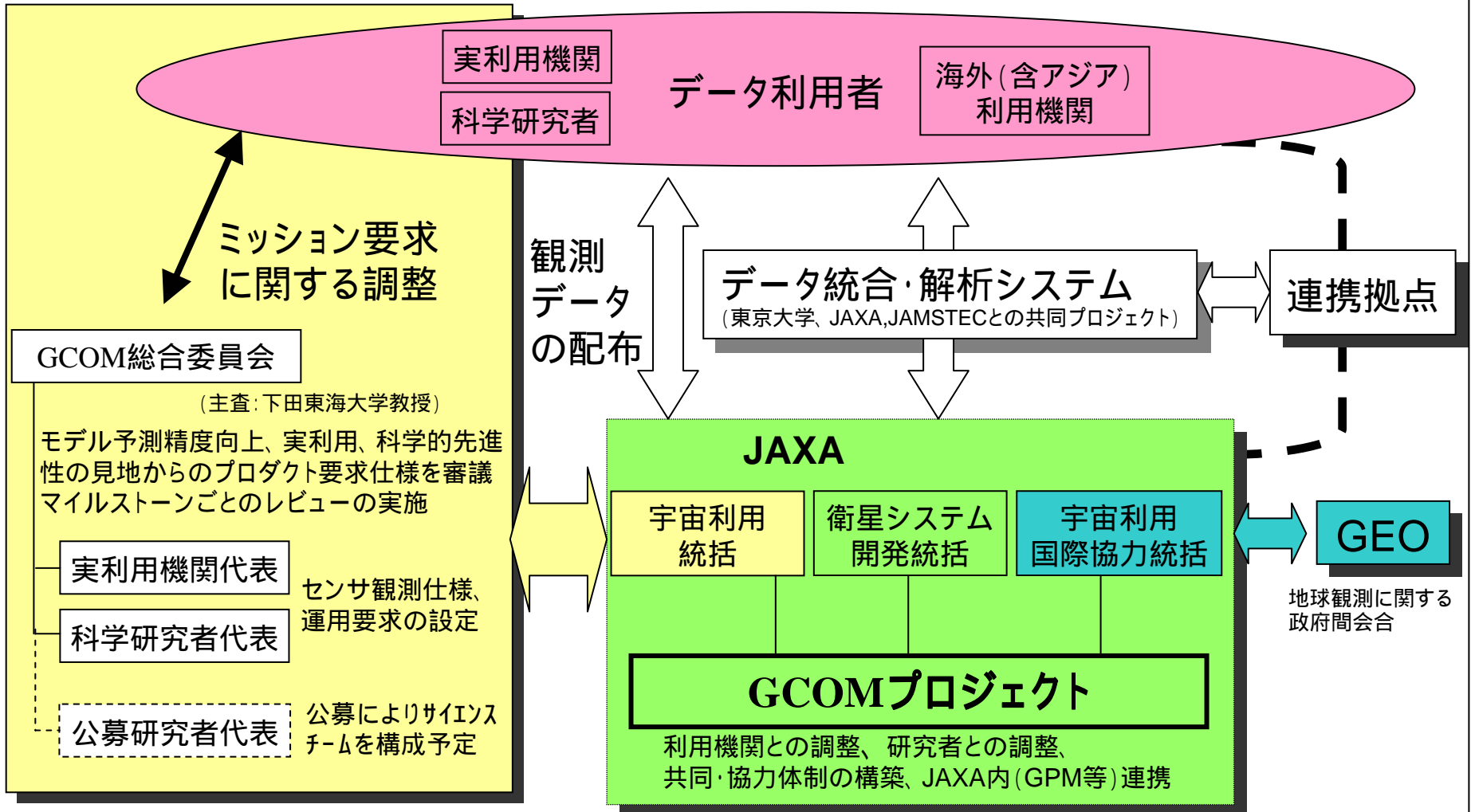
従来型
先進型



DMSP: Defense Meteorological Satellite Program, SSM/I(S): Special Sensor Microwave Imager (/ Sounder)
 NPOESS: National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System、MIS: Microwave Imager and Sounder

7.3 実施体制

外部機関との関係

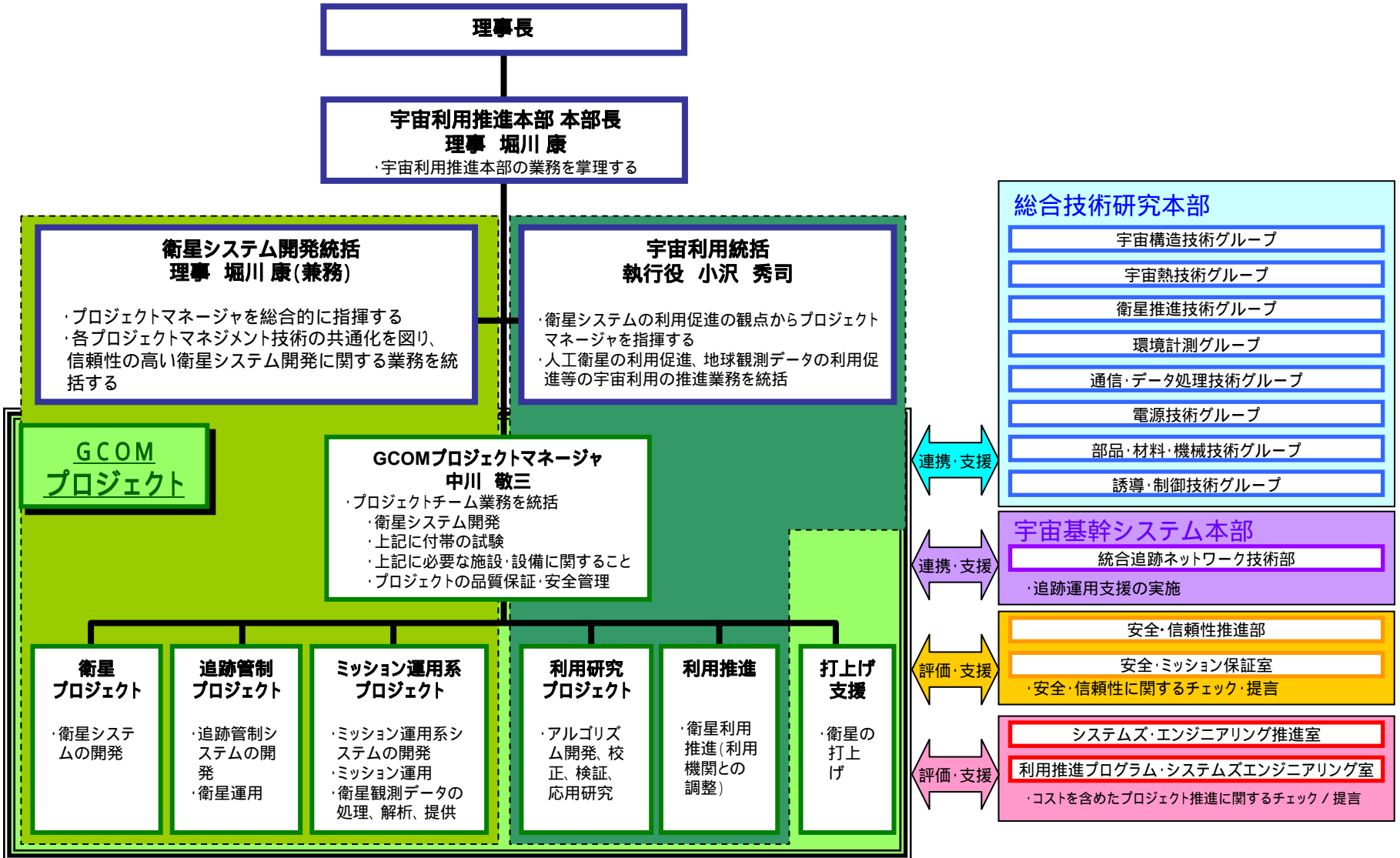


7.3 実施体制 利用研究機関との関係

分野	利用目的	利用機関	衛星	利用概要	調整状況
科学研究	気候変動研究	気象庁、千葉大学環境リモートセンシング研究センター、名古屋大学水循環研究センター、東海大学情報技術センター、地球環境フロンティア研究センター、東京大学気候システム研究センター、水産総合研究センター等	GCOM-W/C	気候変動や水循環変動研究 ・気候数値モデルの高度化 ・長期変動の予測精度向上 ・植生指数、土壌水分の長期変動把握 ・海洋の低次生態系変動予測モデルや魚モデルの開発	研究機関と調整中 (気象庁、千葉大学環境リモートセンシング研究センター、名古屋大学水循環研究センター、東海大学情報技術センターはAMSR関連での共同研究実績あり)
実利用・ 利用実証	気象予報	気象庁	GCOM-W	・数値天気予報 ・台風中心位置決定 ・全球日別海面水温解析 上記を用いた海洋の健康診断表やエルニーニョ監視	共同研究準備中 (AMSR-Eデータ利用中)
	漁海況情報、水産資源管理	水産総合研究センター 漁業情報サービスセンター(JAFIC)	GCOM-W/C	・水産試験場、漁業者向け漁海況情報データ配信 ・漁場探査、水産資源管理	水産総合研究センター：利用計画について調整中 JAFIC：協定に関して調整中(AMSR-Eデータ利用中)
	海況環境管理、海水速報	海上保安庁	GCOM-W/C	・東京湾モニタリング(赤潮・青潮状況把握) ・冬季海水速報	共同研究準備中 (AMSR-Eデータ利用中)
	気象予報	米国海洋大気庁(NOAA)	GCOM-W	・気象予報、ハリケーンモニタ等	利用計画について調整中 (AMSR-Eデータ利用中)

7.3 実施体制

JAXA社内での実施体制



7.3 実施体制

推進部会の助言

アルゴリズムの研究開発、データの校正・検証等は、長期的かつ専門的な取り組みが必要であるため、外部研究者が参加する運用体制の構築やJAXA内部の体制の充実に特に配慮するべきである。

(1) 外部研究者の参加体制

研究公募を実施して専門研究者からなるサイエンスチームを結成し(19年度中を予定)、JAXAとの緊密な連携によりプロダクト生成と精度検証までを行える体制を構築する。GCOMでは10～15年の継続観測を行うため、これを支える研究コミュニティの維持・活性化、新規プロダクトの生成等についても学会等との連携により検討する。

(2) JAXA内部の体制

GCOM研究リソースの確保だけでなく、新たに衛星プロジェクト横断的な研究体制を設定することでJAXAの研究能力を高め、外部との人材流通促進により充実を図る検討を始めている。

7.3 実施体制

- 衛星開発企業との責任分担

- 衛星システムの開発においては、プライム制を採用する。観測センサは、JAXAが別途開発し、システム担当企業に支給する。
- GCOMにおいては、衛星開発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イクダウンして、衛星システム(衛星バスおよび観測センサ)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

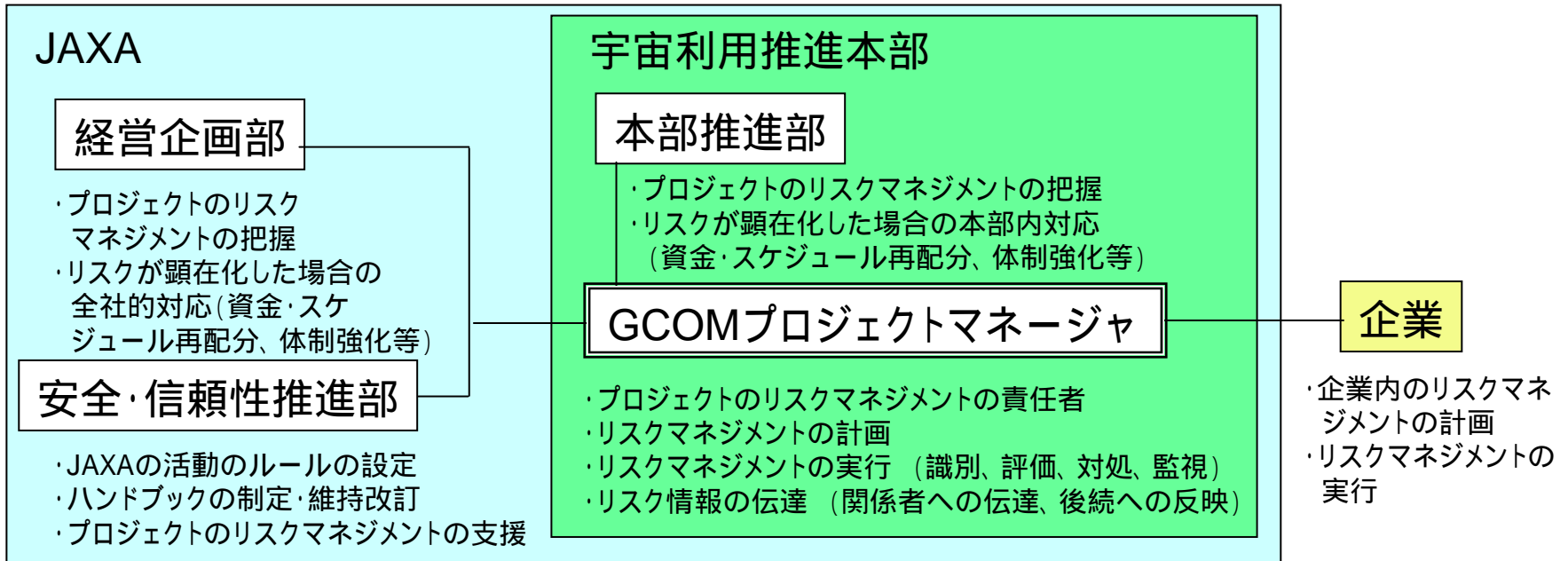
(1) リスク管理方針

GCOMプロジェクトのリスクについては、衛星の開発に係わるリスクを許容できる範囲に低減し、衛星開発を確実に実行するために、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、「GCOM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

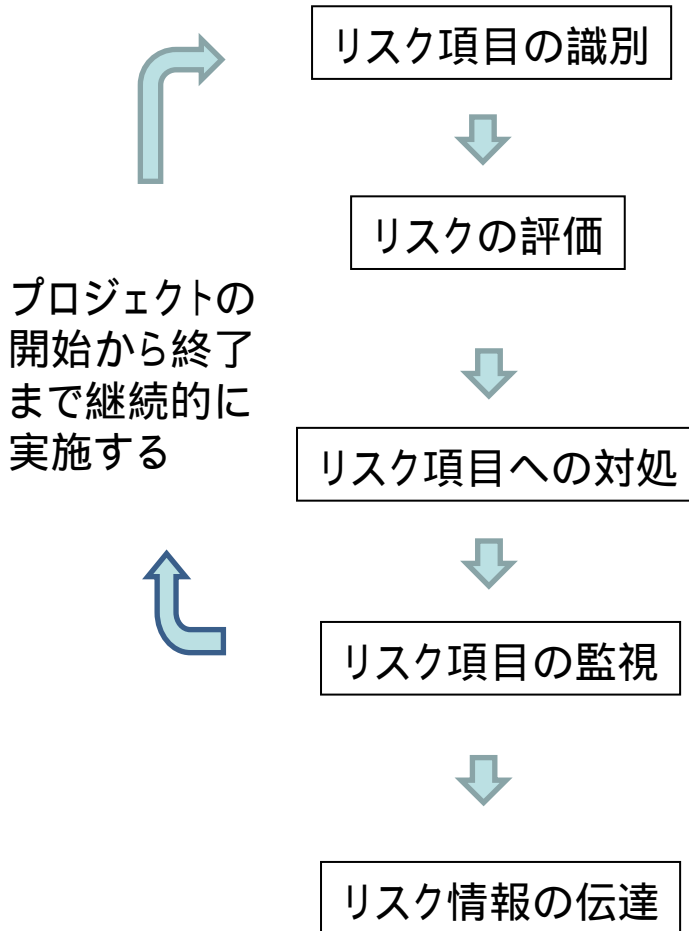
プロジェクト内外の役割と責任を決定し、リスク管理を実行する体制を構築する。



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。



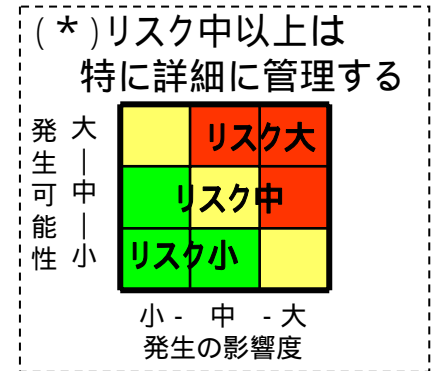
設計結果に基づく知見、既開発衛星からの知見、不具合情報システム、信頼性解析手法、独立評価等からリスク項目を識別する。

発生可能性、影響度からリスクの大きさを評価する。(*)

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。

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。

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。



8. リスク管理

(3) リスク管理状況(総合プロジェクト)

GCOMプロジェクトリスク識別結果のうち、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での処置(実績)及び開発段階での計画を以下に示す。

リスク項目(注)	プロジェクト	開発研究段階での処置	開発段階での計画
観測データ受信局不具合による観測データ受信停止 【カテゴリ1】	ミッション運用系	スバルバード局を観測データ受信局に予定しているが、受信局不具合時は、バックアップとして地球観測センター、キルナ局、フェアバンクス局を使用して観測データ伝送可能な衛星システムとした。	バックアップ局も含めたデータ伝送が可能となる地上システムの設計を進める。
H-IIAロケット打ち上げの遅延 【カテゴリ1】	ロケット	H-IIA打ち上げの遅延に備え、代替ロケットを想定し、それらのロケットに適合できる衛星設計要求とした。また、打ち上げ遅延の状況に応じた対応を取る計画とした。	1年程度の遅延の場合は、打ち上げを遅延させる。それを超える遅延の可能性が生じた場合は、その遅延に伴う悪影響により止むを得ないと判断されるときには、代替ロケットによる打ち上げの調整を開始する。
GCOM-W1搭載H-IIAロケット打ち上げの失敗 【カテゴリ1】	ロケット	直ちにGCOM-W2開発に着手し、観測の遅れを最小限とする計画とした。	開発研究段階で本リスク対処は完了
衛星開発の遅延 【カテゴリ3】	衛星	衛星開発の全フェーズにおいてマスタスケジュール等でクリティカルパスを明確にした。また開発作業項目をブレークダウンした。コスト、スケジュールの客観的、定量的な管理するEVM (Earned Value Management)の手法を採用することとした。	EVM手法を用いて、ブレークダウンした作業毎のコスト、スケジュール進捗管理を十分に行って、コスト増加、スケジュール遅延を防止する。

(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されたためリスクを大幅に低減したもの

8. リスク管理

(4) 開発段階でのリスク管理(衛星システム)

GCOMプロジェクトリスク識別結果のうち、マネジメントリスク及びGCOM-W1衛星システムに特有な技術リスクのうち主要なものの開発研究段階での処置(実績)及び開発段階での計画を以下に示す。

リスク項目(注)	サブシステム	開発研究段階での処置結果	開発段階での計画
AMSR2の低温校正源視野に対する両翼パネルの干渉 【カテゴリ3】	システム	低温校正源に対するパドルの干渉による影響を確認する解析を行い、許容範囲であることを確認した。(P.26参照)	開発段階において、実データで解析結果が妥当であることを検証する。
AMSR2信頼性向上、性能向上による開発要素の増加 【カテゴリ3】	AMSR2	単一故障点を可能な限り排除するための冗長化、精度向上のための高温校正源の熱制御方式の設計変更を実施した。(P.30参照) 改修部分の設計検討及びクリティカルな部位の要素試作・評価を終了した。(P.32～36参照)	機器レベルで開発試験を実施する。クリティカルな技術についてはJAXA内外の専門家による第三者レビューを計画する。
軌道上不具合時のAMSR2回転動作に起因する姿勢擾乱 【カテゴリ3】	システム、姿勢軌道制御系	軌道上でAMSR2の回転制御不具合の発生を低減するための信頼性向上を図った。(P.30参照) 衛星姿勢擾乱制御の実績のある姿勢制御系を選定した。(P.25参照)	今後、GCOM-W1固有の姿勢制御系動作、衛星システム運用の詳細を検討し、姿勢制御系S/Wや衛星運用に反映する。

(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されたためリスクを大幅に低減したもの

まとめ

- ミッション要求からブレイクダウンして開発仕様のベースラインを設定した。
(6.1項 GCOM-W1総合システム)
- 既存技術を活用し、かつ信頼性・サバイバビリティを強化した衛星システムを選定した。採用する技術の成熟度の分析と開発要素の識別を行い、評価計画を策定した。バス系についてはGCOM-C1との共通化を図った。
(6.2項 衛星システム、6.3項 観測センサ)
- AMSR2の精度向上・信頼性向上のために設計変更を行う箇所の設計検討を行い、クリティカル部位の試作評価により妥当性を確認した。
(6.3項 観測センサ)
- 開発研究段階で設定したリスクの対処が完了した。また、以上の作業結果を反映して、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)

以上から、GCOM-W1の開発段階(基本設計)への移行が可能である。