

## 4.2 成否の要因に対する分析と今後への反映事項

### (3) 資金計画

ミッション提案の際、当時の旧宇宙科学研究所のコストの指標(衛星開発費120億円)が念頭にあり、競争環境にあった科学ミッションの中で採択されるためには、プロジェクトとしても指標を大幅に上回る総資金を提案しづらい状況であった。

厳しいコスト削減努力をすることを前提に総資金140億円を設定したが、最終的にはミッション要求の縮退をしたとしても大幅な資金追加が必要な見通しとなり、結論として、当初資金設定に甘さがあった。

#### 【今後のJAXAプロジェクトにおける改善事項】

ミッション立ち上げにあたっては、「必要資金見積り精度向上」、「コスト低減努力」、「リスクの見極め」を確実に取り込んでいく。特に宇宙研においては、資金制約のある中、コスト指標を設けて競争しつつ継続的に良いミッションを立ち上げていくという学術の世界で培われた方式の良い点を残しつつ、新しい工夫を取り入れ、改善を図る。

## 4.2 成否の要因に対する分析と今後への反映事項

### (4) 人員・体制

人員面では、プロジェクト移行の時期と同じくして本計画の中心的役割を果たしていた教育職2名が退官を迎えたことが、以後のプロジェクト運営にかなりの影響を及ぼした可能性がある。

体制面では、クリティカル技術に対するオールJAXA(本部間協力)、オールジャパンの支援体制の強化が必要であった。

また、開発要素の技術的な実現可能性とミッションの目標達成が相関することを踏まえ、開発状況を踏まえてミッション要求の維持・見直しができるよう、理学・工学が連携して評価・対策を進める体制が必要であった。

#### 【今後のJAXAプロジェクトにおける改善事項】

挑戦的な課題を追求する技術分野においては、ミッション検討段階から開発完了まで一貫した高い技術力による研究開発が継続できるよう、配置や計画的な技術継承を図る。

ミッションニーズとその実現可能性については、機構内外の関連コミュニティとの連携により、ミッション要求の設定と維持・見直しを行う体制を構築する。特に宇宙科学研究所においては、理学と工学との連携を深める。

## 4.2 成否の要因に対する分析と今後への反映事項

### (5) プロジェクト管理における意思決定

プロジェクト移行審査においては、提示された技術リスクの識別とそれらへの対応策や、総資金の内訳とマージン(10%相当)に基づき、移行は妥当と判定したが、現時点で振り返れば、厳しい削減努力を必要とする資金計画に無理があったとともに、技術的な詰めが必ずしも十分ではなかったと言える。

リスクを伴う挑戦的な技術開発と、期待される科学的成果とのトレードオフによりプロジェクト移行の判断をしたことは、経営としての取りうる判断であったと言えるが、今回のような経験や知見を蓄積し、判断能力を向上させていくことが継続的な課題である。

#### 【今後のJAXAプロジェクトにおける改善事項】

プロジェクト移行審査時には、事前の成立性検証結果を踏まえ、プロジェクトが提示する技術リスク及びコストのうち、クリティカルな項目に対するリスク、代替案、コストマージンの考え方等に対する精査を行い評価を改善する。

JAXAでは平成17年にチーフエンジニアオフィスを設置してミッションの確実な成功を目指した取り組みを進めており、平成19年以降はプロジェクトの節目での審査プロセスの強化や、経営層における定期的な進捗状況の把握、目標とのずれが生じた際の見直しプロセスの強化等を行っている。また、プロジェクト遂行上のガイドラインの策定等も適宜行っている。これらの活動を継続することにより、今後もプロジェクトマネジメントの持続的な改善を図っていく。

## 4.3 宇宙科学ミッションへの反映の方向と具体的対策

### 4.3.1 宇宙科学ミッションの特性を踏まえた反映の方向

前項に示した要因分析及び今後への反映事項を受け、開発フェーズに向けて技術リスクを適切にマネジメントできるよう、特に宇宙科学ミッションについては、その特性を考慮して下記のような具体的改善を図る。

#### (1) プロジェクトマネジメントの持続的改善

- 現在進めている宇宙科学プロジェクト等はミッション提案段階からJAXA全体で整備したプロジェクトマネジメントの仕組みに基づいて進められており、今後もこれを継続していく。(ASTRO-Gはプロジェクト移行審査からこの仕組みを導入)
- 開発移行に向けた審査に際しては、事前の成立性検証の結果を踏まえた技術的リスクの解決見通しと残存リスクについて、ミッション達成や費用・時間等へのインパクト等の評価を一層充実する。
- 宇宙科学研究所の全てのプロジェクトを横断的に支援する組織\*を本年4月に設置。プロジェクトマネジメントのノウハウの蓄積やこれを踏まえたプロジェクト活動のサポート等に取り組んでおり、リスク管理やコスト管理等の知識の共有・浸透等を含め、ミッション提案者側のマネジメント改善を図っていく。

\* 宇宙科学プログラム・オフィス

## 4.3 宇宙科学ミッションへの反映の方向と具体的対策

---

### (2) 宇宙科学研究所におけるミッション成立性・リスク見極めの強化

- ミッション提案時のリスク識別の徹底

ミッション提案の際に

- ミッション達成への影響度の高い新規技術を識別し、その技術課題を顕在化すること
- 技術課題解決の計画、代替手段の有無とそのインパクトの明示を必須とし、これらをミッション選定の際に評価する

- 事前の成立性検証の徹底

- ミッション達成への影響度の高い技術課題については、本格的な開発に移行する前段階に企業での検討状況も踏まえて十分検証を行い、見極めを行う。ただし、地上試験のみでは見極め難い技術については、そのリスクを明示する。このため、必要に応じて開発研究段階にリソースを投入して試作試験等の先行的開発を充実する。
- コミュニティ(宇宙理学委員会、宇宙工学委員会)による評価に加え、内外の有識者等による独立にリスクを評価・報告する仕組みを導入し、ミッション達成への影響度の高い技術課題の顕在化及び解決のためのアクションの提示等により技術課題解決のための道筋を示すことで、ミッション成立性やリスクの見極めを強化する。

## 4.3 宇宙科学ミッションへの反映の方向と具体的対策

追加ページ

### (3) 人員・体制面の改善

- 長期間にわたるプロジェクトにおいて一貫した高い技術力による研究開発を継続するため、大学共同利用の仕組み等を活用した中核職員の継続的参画の確保や若手職員の計画的配置等を図る。
- また、宇宙科学で実行している小規模から大規模までの様々なプロジェクト運営や飛翔実験運営の機会を積極的に活用することにより、プロジェクト全体を俯瞰的にマネージできる人材の育成を図っていく。
- 理学・工学の連携については、プロジェクト化後の協力体制に加え、ミッション検討段階での技術成熟度を高める観点での連携が重要であるため、ワーキンググループの活動状況を理工両委員会で共有するなどの方策を検討・実施し、この段階での連携強化を図る。
- 加えて、宇宙科学ミッションを研究開発本部等の他本部の専門技術グループが支援する取り組みが既に始められており、これを更に進めることでJAXA全体でプロジェクトを支える体制を強化する。

## 4.3 宇宙科学ミッションへの反映の方向と具体的対策

### 4.3.2 開発移行に向けた技術課題解消の具体的な改善

追加ページ

#### ① ミッション提案に向けた技術課題及びリスクの識別の徹底

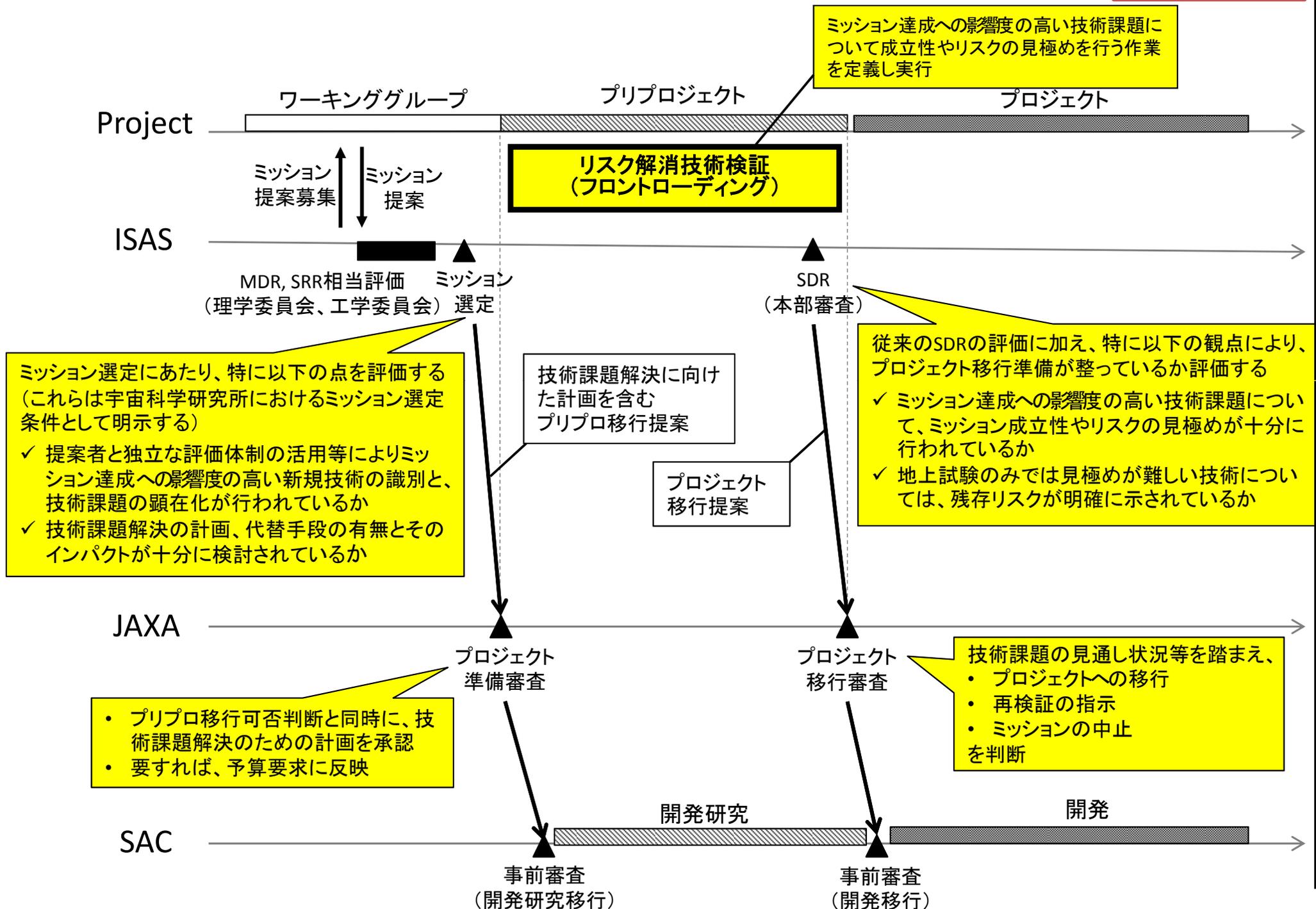
- ミッション提案に当たっては、できる限り既存の技術を用いることでロバスト性を高めることを基本とする。ただし、当該ミッションに特有の技術(ミッション機器など)については、ミッション要求と技術の成熟度等を勘案し、必要に応じて新規技術を適用する。
- 特に、ミッション特有の新規技術については、提案者と独立な評価体制の活用等によりミッション達成への影響度の高い技術課題の顕在化及び解決のためのアクションの提案等により技術課題解決のための道筋を示す。
- 当該技術課題が解決できない場合の代替案(予想される費用、時間的インパクトを含む)の提示(代替案がない場合にはその旨を明示)を必須とする。
- これらを宇宙科学研究所におけるミッション選定の条件として設定する。また、宇宙理学委員会、宇宙工学委員会に示し、ワーキンググループでのミッション候補提案及び委員会における候補選定に反映する。

#### ② ミッション達成への影響度が高い技術課題に関する事前の成立性検証の徹底

- ミッション達成を左右するような影響度の高い技術課題については、本格的な開発に移行する前段階において十分検証を行い、その解決の見極めを付けることを基本とする。ただし、宇宙環境での実証を目的とするミッション等、地上試験のみでは見極め難い技術については、そのリスクを明示する。
- このため、宇宙科学研究所の提案を踏まえて、必要に応じて開発研究段階にリソース(人、資金、時間)を投入し、試作試験等の先行的開発を充実することをJAXAとして経営判断する。

#### ③ 開発移行時の判断

- 開発移行に当たっては、JAXAのプロジェクトマネジメントプロセスに従い、上記活動結果を踏まえた宇宙科学研究による審査及び経営による審査によってプロジェクト化の可否を判断する。
- 審査に際しては、事前の成立性検証の結果を踏まえた技術的リスクの解決見通しと残存リスクについて、ミッション達成や費用・時間等へのインパクト等の評価を審査の観点として明確化する。



## 4.4 成否の要因に対する分析と今後への反映事項(まとめ)

- ASTRO-Gの中止に際し、外部委員会からの提言を含めて要因の分析を行い、今後のプロジェクトに反映すべき以下の改善事項を取りまとめた。(詳細はp33-37参照)
  - ① 難易度の高い技術については、実現性をより確保するためにリスクに応じた解消計画や対応策等を十分検討すること
  - ② 難易度の高い技術の成立性を早期に見極めるため、ミッションの性格や技術の難易度等を総合的に勘案して先行的開発を強化することが重要であり、相応の資金が必要。このため、ミッションの性格や技術難易度、ミッション達成への影響度等を総合勘案して方策を実施すること
  - ③ ミッション立上げに当たって見積もり精度向上、コスト低減努力、リスクの見極めを確実に取り込んでいくこと
  - ④ 挑戦的技術に関する一貫した高い技術力が継続できる配置や技術継承の検討。関連コミュニティとの連携によるミッション要求の設定・維持・見直し体制の構築
  - ⑤ プロジェクト移行審査時のクリティカル項目に対するリスク、代替案、コストマージン等の精査上記の改善事項については、チーフエンジニアオフィスを中心としたプロジェクトマネジメント改善の一環として、全JAXAのプロジェクト活動に反映していく。
- これを踏まえ、宇宙科学ミッションについては、その特性を考慮して、以下の具体的改善を行う。(詳細はp38-42参照)
  - (1) JAXA共通のプロジェクトマネジメントの適用に加え、開発移行時の技術的リスクの解決見通しや残存リスク等の評価の充実、プロジェクト横断的に知識の共有・浸透等を図る体制の整備等によるプロジェクトマネジメントの持続的改善
  - (2) ミッション達成への影響度の高い新規技術の識別と課題解決の計画の評価等によるリスク識別の徹底、これを踏まえたリソース投入による成立性検証の徹底、及び独立的評価の導入等によりミッションの成立性やリスクの見極めを強化する。
  - (3) 計画的な人員配置、人材育成、理工連携の強化、JAXA全体でプロジェクトを支える体制の強化等、人員・体制面での改善を行う。

## 5. プロジェクトの成果

## 5.1 プロジェクトに使用した資金について

---

- ASTRO-Gプロジェクトとして使用した予算は約30億円である。
- また、ASTRO-Gプロジェクトのみならず将来に繋がる共通的重要技術課題等について、上記の予算と同程度の規模の資金を使用し、研究・開発を実施してきた。
- ASTRO-G衛星の開発途上で獲得した技術成果や開発した物品等については、可能な限り他の研究やプロジェクトにおいて有効活用を図ることとしている。

## 5.2 開発成果とその効果(概要)

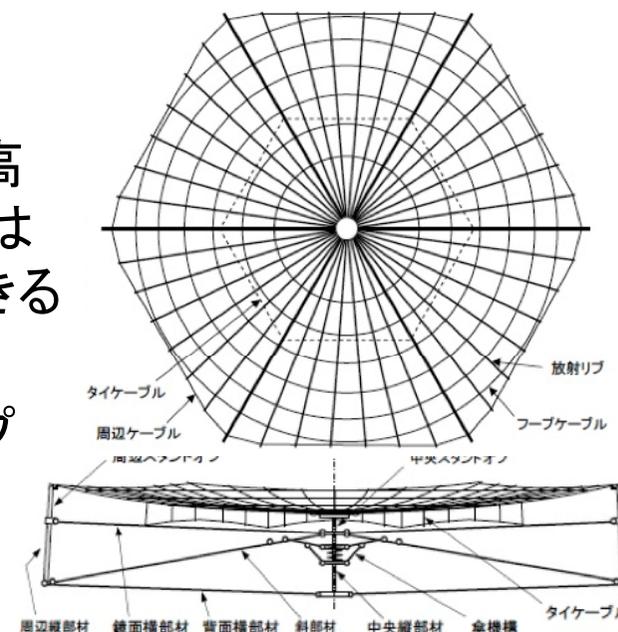
---

- ASTRO-Gプロジェクトは基本設計段階で中断したため、その成果のほとんどは研究・試作段階に留まるが、研究段階から挑戦的な技術開発に取り組んだ計画であったこともあり、特に新規要素が多かった以下の項目については、特徴的な技術開発の成果が得られている。
  - 大型展開アンテナ
  - 高速・高精度姿勢変更を実現する姿勢制御技術
  - 高精度軌道決定
  - ミリ波帯高感度受信系
  - 広帯域通信
- これらの技術は次ページ以降に例示する通り、将来ミッションにおける基盤技術として有用であり、得られた技術成果については、資料化し、今後の研究開発への活用を図っていく。
- ASTRO-G衛星開発の過程で製作したハードウェアについては、他の衛星プロジェクトのフライト品や試験装置等として活用していく。

## 5.2 開発成果とその効果(大型展開アンテナ)

### • 開発の成果

- ETS-VIIIで開発されたS帯(2GHz)のアンテナに対して、高周波での使用を目的とした開発を実施し、22GHz帯までは使用できる9m級モジュール型展開アンテナの開発ができる見通しを得た。
- 高精度複合材料等の宇宙環境による特性劣化、クリープ特性等の基礎データを取得した。



### • 開発の効果

- 我が国においては類を見ない大型かつ高精度構造の実現を目指したASTRO-G大型アンテナの開発において獲得された技術は、特に以下の観点より将来ミッションにおける基盤技術として有用である。
  - 大型高精度構造の開発における解析・試験・検証技術
  - 張力安定構造を有する高精度構造の設計評価技術
  - 高精度宇宙構造用先進複合材の設計手法、長期・微小変形の評価技術
- 今回開発の目処が得られた技術により、X~Ku帯で利用可能な展開型大型アンテナの実現が可能。電波天文衛星以外にも以下の例のような応用が期待される。
  - 静止軌道上の大容量中継通信システムへの適用、Galileo( $\phi$  5m)/Cassiniなどの大型パラボラアンテナのような深宇宙通信の搭載アンテナとしての利用
  - 大型の平面アレイアンテナ(アクティブフェーズドアレイ)のリフレクタなどへの技術の応用

## 5.2 開発成果とその効果（姿勢制御技術）

### • 開発の成果

- 大型展開アンテナなどの柔軟構造物を励振せず高速姿勢変更を実現する姿勢制御技術について、制御性能実現の見通しを得た。
- CMG EM実機を用いた特性評価により、JAXAにおいて軌道上での本格的な使用経験がないCMGの制御特性に関する知見を得た。



コントロール・モーメント・ジャイロ  
(CMG)

### • 開発の効果

多くの新規技術を組み合わせたASTRO-Gの姿勢制御系の開発により獲得された技術は、特に以下の観点より将来ミッションにおける基盤技術として有用である。

#### – 柔軟構造を有する衛星における高速姿勢制御

高速な衛星姿勢変更実現の必要性は国内外を問わず高まっているが、ASTRO-Gのように大きな柔軟構造物を有しながら高速姿勢変更を行う例はいまだない。ASTRO-G姿勢制御系の開発により得られる知見や成果は、柔軟構造を有する衛星や、高速姿勢変更を行う衛星において、今後広く有用である。

#### – CMGを利用した姿勢制御

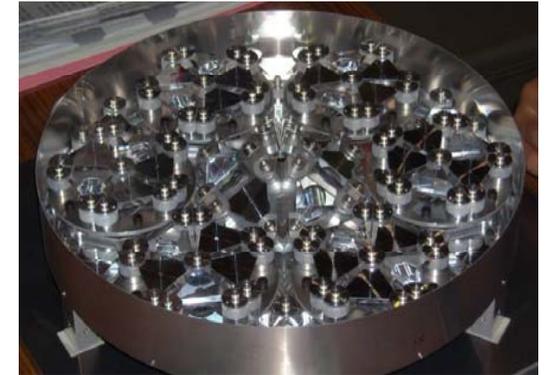
CMGは、特に高速姿勢変更を行う衛星では搭載が必要となる機器であるが、我が国では本格的な搭載例がこれまでなく、また様々な意味で扱いが難しい機器でもある。ASTRO-GでのCMG搭載は貴重な経験となって、今後の新しいミッション提案への道を拓くものと期待される。

## 5.2 開発成果とその効果（高精度軌道決定）

### • 開発の成果

- 長楕円軌道における精密軌道決定を実現するため、世界初となるGPSとSLR(衛星レーザ測距)を併用した精密軌道決定を検討し、要求実現の見通しを得た。
- SLR用リフレクタアレイ(SLRA)の試作試験を実施し、高精度SLRA技術の国産化の目途を得た

\* 精密軌道決定技術の開発はNICT、一橋大学との共同研究により実施された



SLR試作モデル

### • 開発の効果

ASTRO-Gの高精度軌道決定の実現にむけて開発された技術は、特に以下の観点より将来ミッションにおける基盤技術として有用である。

#### – 長楕円軌道における精密軌道決定

長楕円軌道において、摂動加速度の不定性の影響を受けやすい複雑な形状の衛星の軌道を数cm～数10cmレベルの精度で推定する例は未だ無い。高精度の数学モデルの構築技術とそれを取り込んだ精密軌道決定ソフトウェアの開発における知見は、精密軌道決定を要する今後のミッションに広く有用。

#### – 国産高精度SLRA技術

近年のJAXAの地球観測衛星等に搭載されている高精度SLRAはすべて外国製であり、我が国には技術が蓄積されていない。軌道高度が大きく変化するASTRO-Gのミッションに対応するため、本SLRAには、リフレクタの光学設計やコーティング等に多くの先進技術が用いられており、本技術の確立は、今後の高精度SLRAの国産化への道を拓くものとなる。

## 5.2 開発成果とその効果(ミリ波帯高感度受信系(1/2))

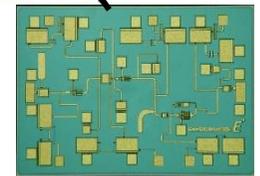
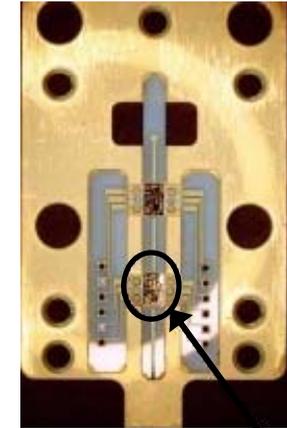
### • 開発の成果

電波天体からの微弱な電波を受信するため、低雑音かつ小型・軽量なミリ波帯高感度受信系の開発を実施し、以下の成果を得た。

- 小型化・高信頼性を指向した低雑音増幅器(LNA)用モノシリックマイクロ波集積回路(MMIC)チップを開発し、アイソレータ不要の小型・高性能LNAの開発に成功した。
- 受信信号を円偏波に変換するポーラライザの試作試験を実施し、世界最高性能の低損失を実現するポーラライザの開発に目処を得た。
- 冷却部への外部熱入力を抑制するため、熱伝導率の低いGFRPに金メッキを施したホーンアンテナを開発し、小型冷凍機により冷却温度として30K(摂氏マイナス240度)を実現する目処を得た。

\* ミリ波帯高感度受信系の開発は法政大学・大阪府立大学との共同研究により実施された

低雑音増幅器(LNA)

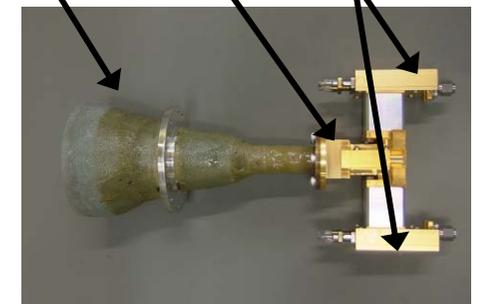


低雑音増幅器用MMIC

低損失ポーラライザ

LNA (LHCP用,  
RHCP用)

GFRPホーン

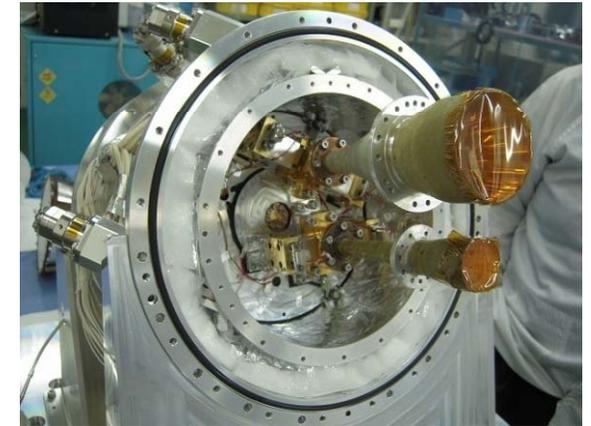


22GHz帯高感度受信系EM

## 5.2 開発成果とその効果(ミリ波帯高感度受信系(2/2))

- 開発の成果(つづき)

以上の技術開発の成果を統合し、総合的なシステムとしての性能評価をEMで実施し、機械環境耐性等を満たしつつ観測要求(雑音温度:22 GHz帯で40 K以下、43 GHz帯で55K以下)を満足するミリ波帯高感度受信系が開発できることを実証した。



22GHz帯、43GHz帯高感度受信系EM、および、冷却用クライオスタットEM

- 開発の効果

これらの技術は、将来のミッションにおいて、本来の微弱電波の観測(電波天文、地球観測)に利用できるほか、高性能搭載通信系としても活用可能。

- 開発したLNAは常温でも高性能であり、衛星・探査機搭載用Ka帯通信系の増幅器として利用できる。
- 高周波においては、特に通信の広帯域化のため、ASTRO-Gで開発した小型冷却受信系の応用が可能である。(システムによっては、RF出力増加、アンテナ口径の大型化よりも効率よく通信の広帯域化が図れる)

## 5.2 開発成果とその効果（広帯域通信）

### • 開発の成果

衛星搭載側観測信号系（観測データ処理および伝送システム）のEM、および、地上の受信系は完成。システムとしての総合性能の評価試験を行う直前で開発をホールドしたが、現時点までに以下の成果を得ている。

- 広帯域（1Gbps）でのデータサンプリングからデータ処理、QPSK変調、データ伝送を行う搭載系の機能、および、伝送されたデータの復調、データ抽出、レコーダへの記録を行う地上系の機能が実現できることを基本機能試験により検証。
- 機上で高速データ処理を行うためにキーとなるデバイスの試作評価、および、放射線試験を実施し、ASTRO-Gの極めて厳しい放射線環境下における機能性能の実証を完了。

\* 衛星搭載側観測信号系の開発は国立天文台が主体となって実施された



地上で1Gbpsの信号を復調する受信系

### • 開発の効果

1Gbpsの広帯域データ処理、データ伝送を実現するASTRO-G観測信号系の開発において蓄積された技術は、電波天文衛星以外でも、将来、より高品質のデータ取得・伝送を行うために科学衛星や地球観測衛星においてその必要性が高まるであろうギガビットクラスの広帯域データ伝送システムに広く応用が可能。

## 5.3 論文・人材育成等面での成果

---

本プロジェクトに関する学術論文発表、および、人材育成面での成果は以下のとおり。

- 査読論文： 16本
- 国際学会発表： 168本
- 学会発表： 117本
- 各種研究会： 129本
  
- 博士の輩出：2名（理学）、1名（工学）
- 国内特許：1件 ※柔軟構造物姿勢制御に関するもの
- ポスドクへの研究機会提供：15人年

# (参考) 査読論文リスト

	論文タイトル	著者	年	雑誌名
1	Direct Mapping of Massive Compact Objects in Extragalactic Dark Halos	Inoue, Kaiki Taro; Chiba, Masashi	2003	Astrophysical Journal
2	High Resolution Radio Observations of AGN	Hirabayashi, H.	2004	Progress of Theoretical Physics Supplement
3	Space VLBI Project	Murata, Yasuhiro	2005	Journal of the Korean Astronomical Society
4	Radiation Testing of Consumer High-Speed LSI Chips for the Next Space VLBI Mission	Kiyooki Wajima, Noriyuki Kawaguchi, Yasuhiro Murata, Hisashi Hirabayashi	2007	Publications of the Astronomical Society of Japan
5	Verification of the Effectiveness of VSOP-2 Phase Referencing with a Newly Developed Simulation Tool, ARIS	Y. Asaki; H. Sudou, Y. Kono, A. Doi, R. Dodson, N. Pradel, Y. Murata, N. Mochizuki, P. G. Edwards, T. Sasao, E. B. Fomalont	2007	Publications of the Astronomical Society of Japan
6	Septum Polarizer for Ka-band H-shaped Rotary Joint	Kaiden M., Kimura K., Ogawa H., Kasuga T., Tsuboi M., Murata Y.,	2009	Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves
7	A Preliminary Study on Precise Attitude Switching Maneuver of Flexible Spacecraft Using CMG	Takaaki Tanaka, Takashi Kida, Tomoyuki Nagashio, Takashi Ohtani, Isao Yamaguchi, Tokio Kasai, Yoshiro Hamada, Shin-ichiro Sakai, Nobutaka Bando	2009	Journal of Space Engineering
8	Preshaping Profiler for Astro-G Rest-to-Rest Maneuvers	T. Kamiya, N. Ogura, Ken Maeda, S. Sakai	2009	Journal of Space Technology and Science
9	Identification of Potential Weak Target Radio Quasars for ASTRO-G In-Beam Phase-Referencing	Frey, S., Gabányi, K.É. Asaki, Y.	2009	PASJ
10	Direct Time Radio Variability Induced by Non-Axisymmetric Standing Accretion Shock Instability: Implications for M87	Nagakura, H. and Takahashi, R.	2010	Astrophysical Journal
11	A New System Noise Measuring Method Using a 2-Bit Analog-to-Digital Converter	Nakatake, A., Kamenno, S., and Takeda K.	2010	PASJ
12	電波干渉計VSOP-2のためのK帯導波管セプタム型ポーラライザー	海田 正大、松本 浩平、木村 公洋、小川 英夫、浅山 信一郎	2010	電子情報通信学会論文誌
13	柔軟衛星の高速な姿勢変更のための制振指令値設計	中邨 勉、坂東信尚、坂井真一郎、齋藤宏文	2010	日本航空宇宙学会論文集
14	Constraining the Size of the Dark Region Around the M87 Black Hole by Space-VLBI Observations	Takahashi, Rohta; Mineshige, Shin	2011	Astrophysical Journal
15	Measurements of Antenna Surface for Millimeter-Wave Space Radio Telescope	Kazuhisa Kamegai, Masato Tsuboi, Akihiro Doi, and Eiichi Sato	2011	PASJ
16	Advanced Space Technologies in Space Science Missions – Space VLBI Mission ASTRO-G Project as an Example –	Hirobumi SAITO, Shin-ichiro SAKAI, Ken HIGUCHI, Naoko KISHIMOTO, Hiroshi TAKEUCHI, Keisuke YOSHIHARA, Yoshiharu ASAKI, Masato TSUBOI, Yasuhiro MURATA, Hideyuki KOBAYASHI	2009, 2011 in press	Aerospace Technology Japan, The 27th International Symposium on Space Technology and Science (ISTS)

## 5.4 ASTRO-Gプロジェクトの成果(まとめ)

---

- ASTRO-Gプロジェクトにより、大型展開アンテナ技術や高速・高精度姿勢変更を実現する姿勢制御技術等において、特徴的な技術開発の成果が得られた(5.2項)。また、これらの成果を活用した継続的研究を今年度から開始する等、将来に向けた取り組みを進めている。
- 技術成果については資料化し、今後の研究開発への活用を図っていく。また、ASTRO-G衛星開発の過程で製作したハードウェアについては、他の衛星プロジェクトのフライト品や試験装置等として活用していく(5.2項)。
- また、ASTRO-Gの研究・開発を通じて学術的成果や人材育成面での成果も得られている(5.3項)。

# 参考資料

## 電波天文学とは:

天体が放射する電磁波のうち波長の最も長い電波領域を使って観測を行う天文学。X線で主に観測される高エネルギーの電磁波と比べると、電波領域では低エネルギーから高エネルギーのまでの全ての天体現象を捕らえることができる。ASTRO-G (VSOP-2) では、8GHz帯(波長3.8cm)、22GHz帯(波長1.3cm)、43GHz帯(波長0.7cm)の3つの周波数帯で観測を行う。

## 電波干渉計とは:

複数のアンテナを組み合わせて1つの大きな仮想的アンテナを作る観測方法。電波領域で実用的に使われている。この手法により空間分解能や感度の向上を図ることが可能となり、現在ではX線や赤外の観測と比べて電波領域による天文観測が最も空間分解能が高い。ASTRO-Gでは電波領域において最高の空間分解能を達成する。

なお、干渉計の空間分解能 $\theta$ は以下の式で決まる。

$$\theta \text{ (ラジアン)} \sim \lambda \text{ (電波の波長: cm)} / D \text{ (アンテナの間隔: cm)}$$

## スペースVLBIとは:

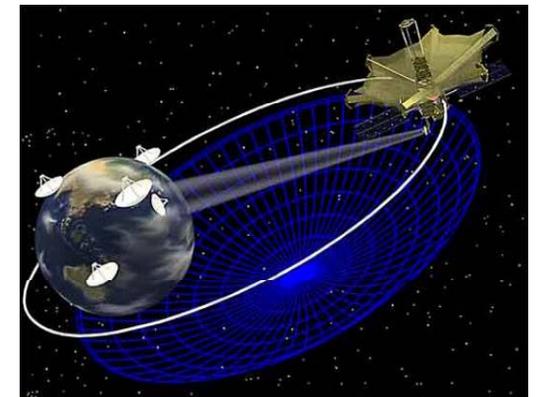
宇宙に電波望遠鏡を置いて、地球上の電波望遠鏡群と干渉計を構成する。アンテナの間隔(D)を地球直径の壁を越えて延ばすことにより、より高い空間分解能の天体画像を取得することが可能となる。ASTRO-Gでは、口径35,000km相当の電波望遠鏡を作ることによって、43GHz帯(波長0.7 cm)において空間分解能40 マイクロ秒角程度の天体画像取得を行う。



電波望遠鏡(野辺山45m)

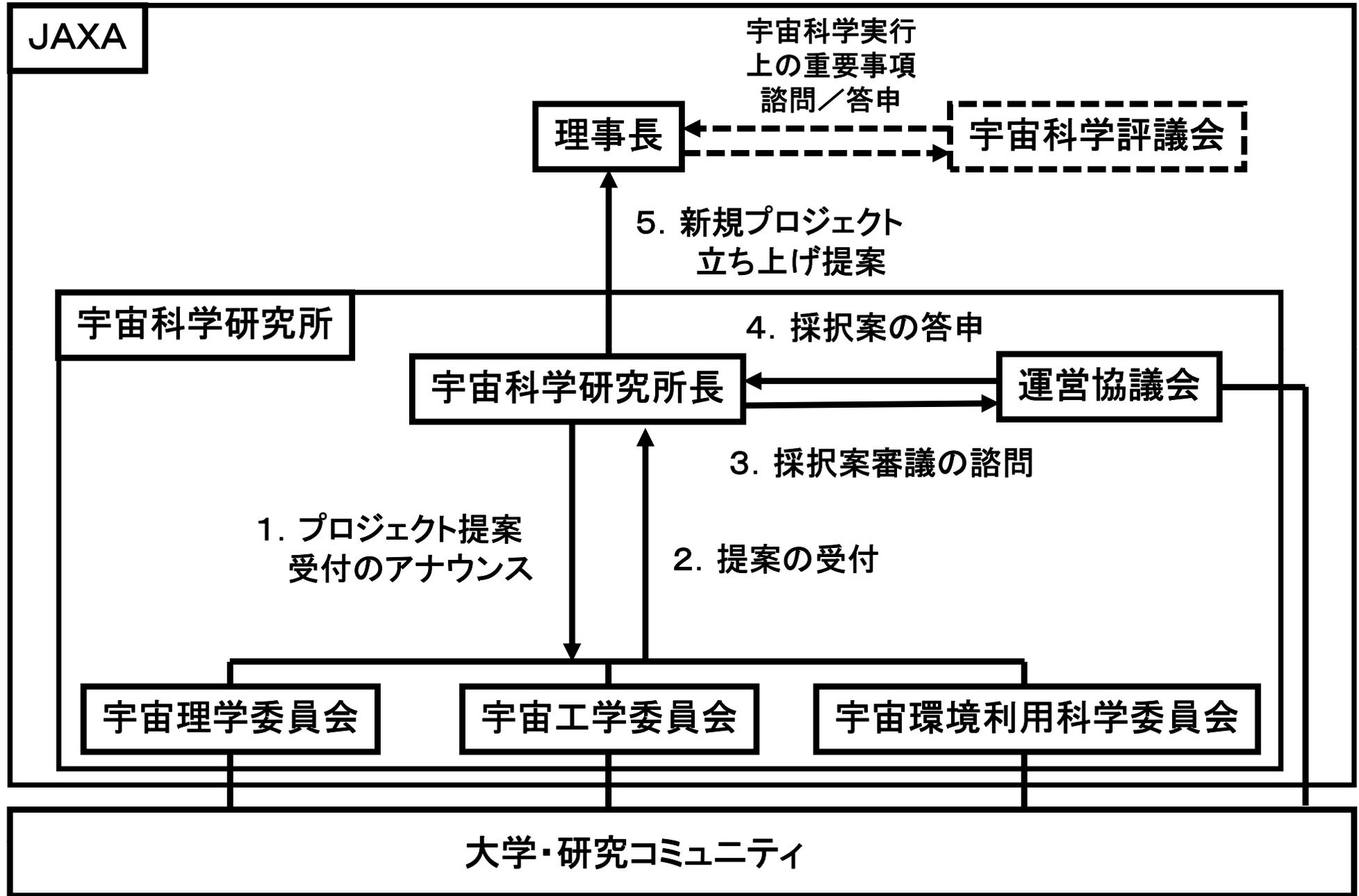


干渉計 (野辺山10m×6台)



スペースVLBI (「はるか」)

# プロジェクト提案と採択のスキーム



# LUNAR-Aプロジェクト中止における教訓の反映

挑戦的な技術開発項目を先行して開発し、その実績を踏まえて、プロジェクト全体を立ち上げるべき

- 理学委員会・工学委員会でのプロジェクト選定にあたって、技術的フェジビリティ審議強化の一環として事前に挑戦的な技術事項について数年間試作・試験等の基礎開発を行う予算を準備。
- ASTRO-Gについては、新規採用の鏡面形成方式について5年間、1.5億円をかけて試作試験を実施するなどの先行研究を実施し、技術的見通しを得て開発に移行した。

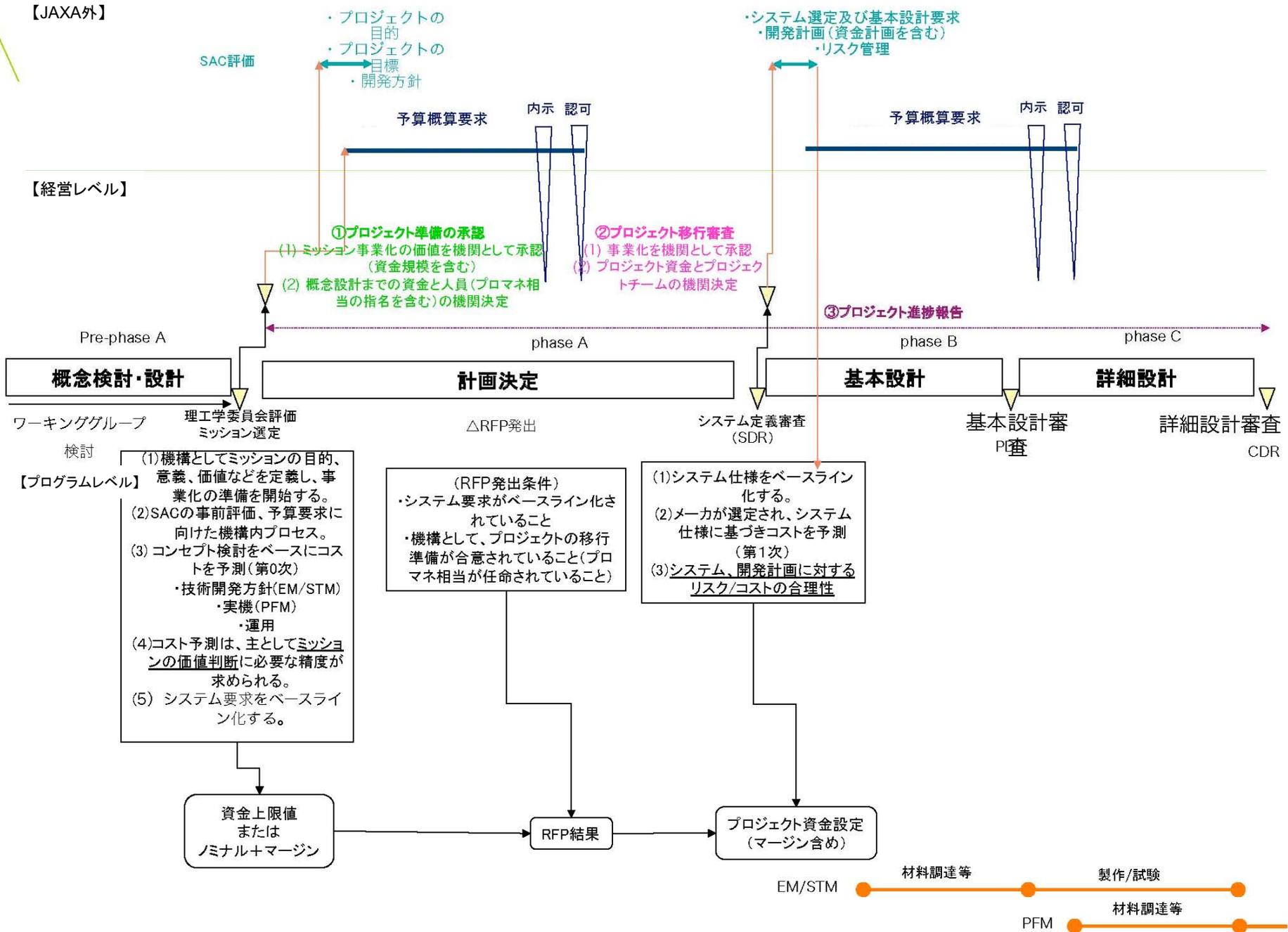
プロジェクトの節目でのレビューを的確に行うとともに、意思決定プロセスを明確化すべき

- プロジェクトの節目に行うべき審査の種類、審査すべき項目、審査員(本部外も含む)等の意思決定プロセスをプロジェクトマネジメント規程等として明確化した。
- ASTRO-Gについても、平成19年4月に経営審査を受け、プロジェクトへの移行を決定した。

コスト、スケジュールの目標からのずれを早期に把握し、対応を総合的に判断すべき

- 理事長に対し、四半期ごとにプロジェクトの進捗状況としてコスト、スケジュールの状況を示す(プロジェクト進捗報告会)ことにし、この中で目標とのずれを把握するとともに、必要に応じて対策を取ることとした。
- ASTRO-Gについても、プロジェクトチーム発足以来、四半期ごとに状況報告を行って来た。平成21年1月の報告会において技術課題等を報告。その結果、設計確認会に向けた作業以外のプロジェクト活動を休止した。

# ISASにおける審査の基本的考え方



## 要因分析

- 挑戦的な技術開発項目であるペネトレータと開発実績のあるLUNAR-A衛星本体(母船)とを同時並行で開発したことが最大の問題
  - 計画立上げ時にペネトレータの技術的フィージビリティに対する見通しが不十分
  - プロジェクトの節目での意思決定に問題(FM開始時におけるペネトレータ開発状況と衛星計画の整合性のレビューが不十分)
  - コスト管理の甘さ
  - スケジュール管理の甘さ(問題発生に対し、その都度プロジェクトを延期)

## 得られた教訓

- 挑戦的な技術開発項目を先行して開発し、その実績を踏まえて、プロジェクト全体を立ち上げるべき。
- プロジェクトの節目でのレビューを的確に行うとともに、意思決定プロセスを明確化すべき。
- コスト、スケジュールの目標からのずれを早期に把握し、対応を総合的に判断すべき。

計画立上げ時にペネトレータの技術的フィージビリティに対する見通しが不十分であった

• 【当時の状況】

- 計画立上げ時に技術的フィージビリティを検討したが、計画立ち上げ後のペネトレータ貫入認定試験において、ポッティング材のクラック発生やタイマーシーケンスの異常などの課題が明らかになった。

• 【教訓】

- 挑戦的な技術については、技術的フィージビリティを確認するための試作・試験を実施するとともに、他分野の専門家の参画を得て考え落ちの早期発見が必要。

• 【対応状況】

- 理学委員会・工学委員会でのプロジェクト選定にあたっては、技術的フィージビリティの審査を強化している。その一環として、事前に挑戦的な技術項目について数年間にわたり試作・試験等の基礎開発を行うこととし、そのための予算を用意している。
- 第25号科学衛星ASTRO-Gについては、新規採用の鏡面形成方法について、5年間、1.5億円の基礎開発を実施し、技術的フィージビリティを確認している。