

## プロジェクトの節目での意思決定に問題があった

### • 【当時の状況】

- PMからFMへ移行するときの審査が当時義務付けられていなかったため、宇宙科学研究所内メンバーによるシステム確認会議等においてプロジェクト進捗状況を聴取し、FM開発への移行を判断。

### • 【教訓】

- プロジェクトの節目毎に、誰が、何を、どのように判断するのか、また、問題があった場合、どのように対応するのかについて意思決定プロセスを明確にすることが必要。
- 意思決定にあたっては、本部外、JAXA外の評価者を加え、より客観的に行うことが必要。

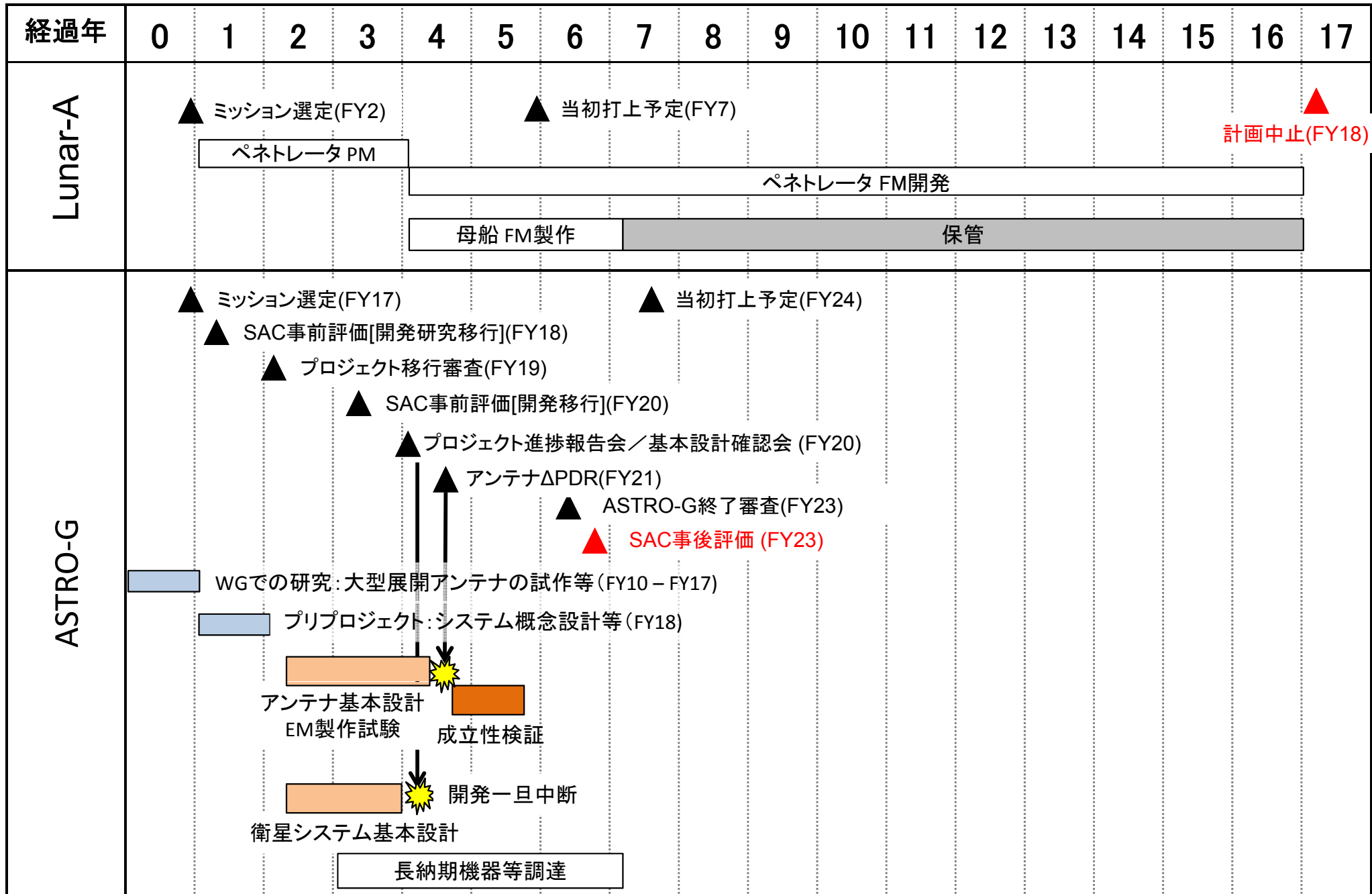
### • 【対応状況】

- はやぶさ(2002年)以降、プロジェクト節目毎の審査手順が定められ、それに基づき実施。
- チーフエンジニア・オフィスにより、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が明確化されており、これに基づき実施。

## コスト／スケジュール管理が甘かった

- 【当時の状況】
  - プロジェクトのコストとスケジュールの管理が甘かった。問題発生に対し、その都度打上げの延期を繰り返していた。
- 【教訓】
  - コスト、スケジュールの目標からのずれを早期に把握し、経営的な視点も含めて総合的に判断する。
- 【対応状況】
  - 理事長に対し、四半期毎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ことになっており、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とることとした。

# LUNAR-AとASTRO-Gプロジェクトにおける計画終了の過程



## 1. 大型展開アンテナ

平成12～13年度 スケールモデルでの検証

- ・放射リブ・フープケーブル方式の確認

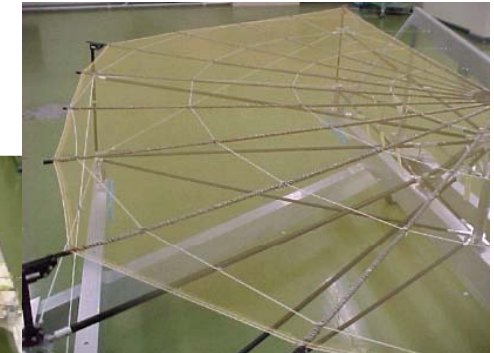
平成14年度～ フルスケール全周モデルの試作試験

- ・調整方法の試行
- ・メッシュ張架
- ・重力補償、測定手法、調整手法の確立

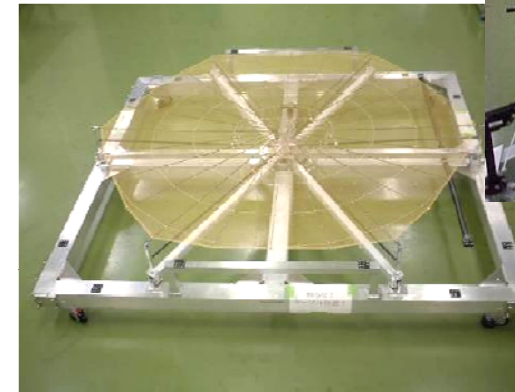
鏡面精度要求値(0.4mm rms)を達成できる見通しが得られた

平成19年度～ 主要部材の材料特性評価

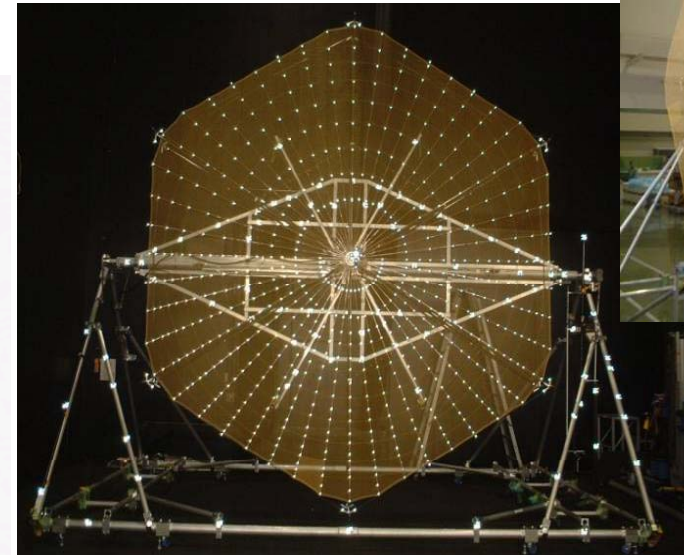
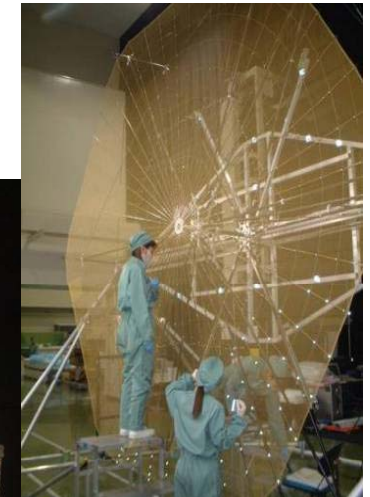
- ・放射線試験
- ・温度特性試験



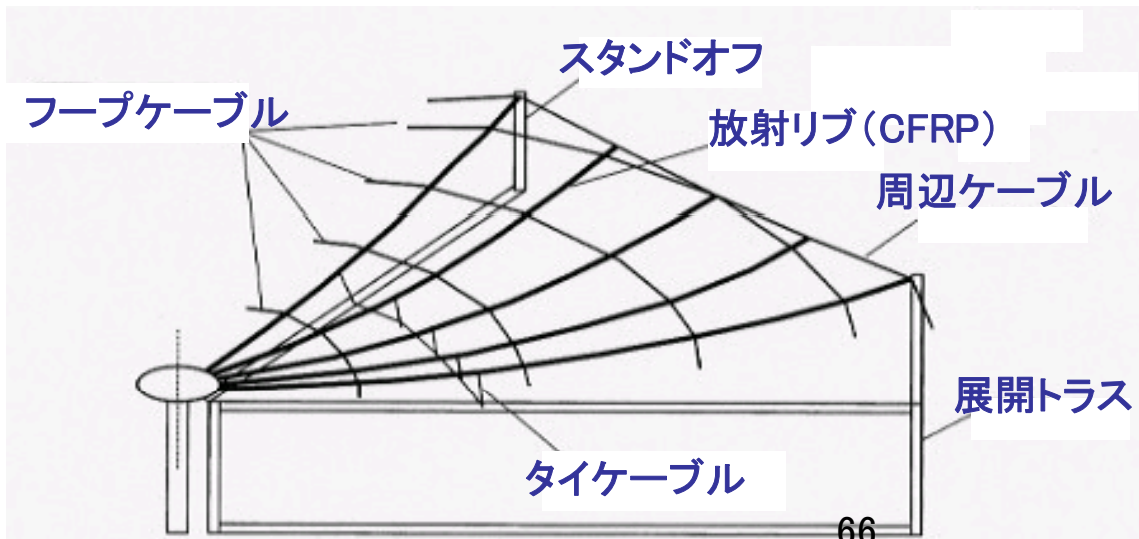
1/2スケール  
半周モデル



1/2スケール  
全周モデル



フルスケール全周モデル



## 2. 高速データ伝送のための変復調方式の検討

地上では実績のある技術であるが、宇宙では適用可能な実績技術がないため、ASTRO-Gで新規に開発

### 平成14年度～15年度

「はるか」で実現した1チャンネルQPSKによる128Mbpsの広帯域伝送に対して、多チャンネルによるOFDM変調(Orthogonal Frequency Division Multiplex)方式のどちらで、1Gbpsのデータ伝送を実現するか  
の検討を行うため、OFDM方式のBBM試験を行った。

### BBMの試験結果に基づく両方式のトレードオフ

- ・ 1チャンネル QPSK
  - 技術的には「はるか」の延長
  - 高速デバイスの実現可能性が問題
    - その後の検討により、  
高速デバイスの実現性に見通しがついた
- ・ 多チャンネル OFDM
  - 各チャンネルのデバイスの速度は中程度でよい
  - 1チャンネルQPSKに対してチャンネル数が増える分、電力重量のリソースが必要
  - 非線形デバイス(送信機)を通った後のチャンネル間干渉が大きい



OFDM方式によるデータ伝送のBBM試験

以上より、1チャンネル QPSK変調方式を採用し、その技術成立性も見通しがついた

## 3. フロントエンド部の円偏波分離器、MMIC HEMTデバイスの検討

## 平成16年度～17年度

・地上VLBI観測局や搭載用の他の周波数で実績のある技術を使った上で、円偏波分離器、MMIC HEMTデバイスについて、ASTRO-Gで観測する周波数での性能評価を行うために、BBMの製作を行った

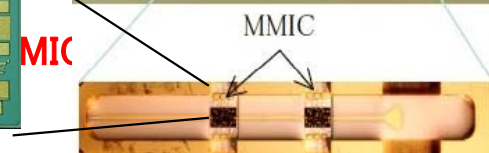
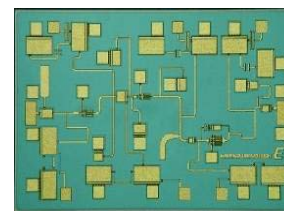
## BBM試験

- ・ 8, 22, 43GHzにおいてセプタム方式の円偏波発生器を試作し、帯域内のおよび円偏波分離度を計測した
  - 技術的には「はるか」の延長
  - 高速デバイスが使用できるかが問題
- ・ 30-40GHzでカタログ品のある搭載用MMICデバイスの設計を基本として、観測帯域の20-23GHz、および41-45GHzで使用できるGaAsのMMICデバイスを試作し性能評価を実施

円偏波分離器、およびMMIC HEMTデバイスについて、  
所定の性能が得られ、搭載用の機器が製作できる見通しが得られた



円偏波発生器BBM



MMIC HEMT &amp; 22/43 LNA

## 4. 高速姿勢マヌーバ機能・CMG\*

## 平成13年度～高速姿勢マヌーバ制御アルゴリズムの検討

- ・シミュレーションにより、ASTRO-Gに要求される高速スイッチング制御の実現性を複数のアルゴリズムを用いて確認し、現在の姿勢制御則の基礎を構築

\*CMG : コントロールモーメントジャイロ  
(Control Moment Gyro)

## 平成13年度 CMGの基本制御特性の評価

- ・我が国として技術蓄積が少ない衛星搭載用CMGについて、Honeywell社の試験用CMGを用いて擾乱測定、トルク特性測定等の基本制御特性実験を実施

## 平成19年度 CMGの選定

- ・Honeywell社製CMGとAstrium社製CMGについて詳細検討を行い、主として出力トルクの制御精度の観点からAstrium社製を選定



CMG基本制御特性評価実験

## 平成20年度 CMG使用部品の確認

- ・調達に先立ち、CMGに適用予定の部品情報の精査を実施

**CMGによる高速姿勢マヌーバ制御の実現性に技術的な見通しが得られた**

観測周波数	観測周波数での波長	望ましいアンテナ鏡面精度(=波長の1/15)	1mm rmsのアンテナでの観測可否
43GHz	6.98mm	0.47mm rms	感度が大きく低下 (十分な観測を行うためには当初要求の0.4mm rmsが必要)
22GHz	13.6mm	0.91mm rms	ほぼ観測可能



## • 評価の要約

- 現状で達成できるアンテナ鏡面精度(1.0mm)ではサイエンスの重要な部分が達成不能と判断
- また、サイエンス目標を1.0mmの鏡面精度で達成できるようにデスコープしても、衛星完成までに当初のおよそ2倍の資金と2倍の期間を要することも示され、宇宙科学予算全体を圧迫する危険性ありと判断
- プロジェクト提示の開発体制見直し・強化案についても未だ不十分であると判断

## • 結論

- ASTRO-Gの抱える問題を根本的に解決するために、プロジェクトを継続させずミッション定義に戻って再考することが適当と判断
- 宇宙理学委員会は事ここに至った経緯の総括、中断に伴う対応、電波天文分野に対する今後の活動の支援など、プロジェクト中断の負の影響を最小限にとどめるべく責任を持って対処

## 結論

- 宇宙理学委員会の判断を再確認した上での総合的な検討の結果、運営協議会は宇宙科学研究所に対してASTRO-Gプロジェクトの中止およびミッション定義段階からの再考を答申する。

## 留意すべき事項(要約)

- 成立性検証を経て見直せば、結果的にプロジェクト選定時の中核技術に対する判断に甘さがあったことは否めない。研究者の自主性に基づく競争的選定方式は活かしつつ、より専門的な評価の導入などの更なる改善が望まれる。
- 宇宙研は、理工両面に広い視野と見識を持ったプロジェクトリーダーの育成など、プロジェクト体制の整備にこれまで以上に配慮する必要がある。
- フロントローディングの更なる充実やクリティカルな技術課題の研究開発の先行実施など、宇宙科学プロジェクトに相応しい適切なリスク管理を期待する。
- 技術実証チームの自律的設置、成立性の詳細検討に基づく計画途中でのプロジェクト中断という判断は評価できる。
- コミュニティ自身がこの教訓を活かして、研究分野の充実を目指した取り組みへの努力やその成果をもとに新たなミッションを提案・実現していくことを期待する。また、宇宙研は新分野の積極的開拓・育成の重要性を認識し、ミッションを支える研究グループの充実と支援に十分配慮することを期待する。
- 宇宙研として先端技術を取り入れた挑戦を続けることは重要であり、そのためには理工学研究者の一体となったプロジェクト支援環境の維持・発展が必要である。

- ALMA : Atacama Large Millimeter/submillimeter Array
- ASTRO-G : 第25号科学衛星  
JAXAの天文衛星シリーズ(ASTRO)の7機目
- BBM : 試作試験用モデル
- Cassini : NASA/ESAの土星探査機(Cassini-Huygens)
- CDR : Critical Design Review(詳細設計審査)
- CFケーブル : 炭素繊維ケーブル
- CFRP : 炭素繊維強化プラスチック
- CMG : コントロール・モーメント・ジャイロ
- EFM : EMとして試験に供し, 必要な改修を加えて  
フライトモデルとするモデル
- EM : エンジニアリングモデル
- ETS-VIII : 技術試験衛星VIII型(「きく8号」)
- FM : フライトモデル
- FPGA : Field-Programmable Gate Array  
プログラマブルロジックデバイス的一种
- Galileo : NASAの木星探査機
- GFRP : ガラス繊維強化プラスチック
- GPS : 全地球測位システム
- HEMT : 高電子移動度トランジスタ
- JAXA : 宇宙航空研究開発機構
- Ka帯 : およそ26~40GHz程度のマイクロ波
- LDR : 大型展開アンテナ主鏡
- LHCP : 左旋円偏波
- LNA : 低雑音増幅器
- LUNAR-A : 月探査衛星(平成19年に計画中止)
- MDR : Mission Definition Review(ミッション定義審査)
- MMIC : モノリシックマイクロ波集積回路
- MTM : Mechanical Test Model(構造試験モデル)
- NAOJ : 国立天文台
- PDR : Preliminary Design Review(基本設計審査)
- PFM : プロトフライトモデル
- PM : プロトタイプモデル
- QPSK : 四位相偏移変調
- RF : Radio Frequency(無線周波数, 電波)
- RHCP : 右旋円偏波
- S帯 : およそ2~4GHz程度のマイクロ波
- SDR : System Design Review(システム定義審査)
- SiOメーザ : 一酸化珪素メーザ
- SLR : 衛星レーザ測距
- SLRA : SLR用リフレクタアレイ
- SRR : System Requirement Review(システム要求審査)
- TTM : Thermal Test Model(熱試験モデル)
- VERA : VLBI Exploration of Radio Astrometry
- VLBI : 超長基線電波干渉法
- VSOP : VLBI Space Observatory Programme  
「はるか」を用いたスペースVLBI計画
- VSOP2 : ASTRO-Gを用いたスペースVLBI計画  
VSOPの次の計画
- X~Ku帯 : およそ8~18GHz程度のマイクロ波
- メーザ : Microwave Amplification by Stimulated  
Emission of Radiation  
誘導放出によるマイクロ波増幅
- 秒角 : 1秒角は1/3600[deg]