

ASTRO-G 計画の経緯：中止の報告

坪井昌人（宇宙航空研究開発機構）

1) ASTRO-G/VSOP2 はどのような計画であったか？

宇宙には恒星が誕生する現場で観測される双極分子流やハービックハロー天体を作る電離ガスのジェットから銀河中心核からの相対論的ジェットまでの「降着円盤＋ジェット」機構が存在する。特に後者はブラックホールに物質が落ち込む時の重力エネルギーを源とするエンジンであり、高いエネルギー効率（約 10%、c. f. 核融合:0.7%）と宇宙最大規模のエネルギー出力（約 10^{12} 太陽光度）を特徴とする現象である。中心天体の周囲には普遍的に降着円盤が存在し、その根元の 10^{13}m から 10^{22}m まで伸びるジェットが付随する。さらにここでは γ 線放射が観測され高エネルギー粒子の加速機構も存在することが知られている。ASTRO-G/VSOP2 の目的はこれらの機構を解像することによって解き明かすことであった。ASTRO-G 衛星は最大幅 18m、質量（推進薬含）1.2 トンの衛星であり、HIIA ロケットにより軌道傾斜角 31 度の長円軌道（遠地点高度 25000km、近地点高度 1000km）に打ち上げられる予定であった。この衛星の観測アンテナは口径 9.6m 相当の展開メッシュアンテナ(LDR)であり、観測受信周波数 8, 22, 43GHz 帯で使用する。そのため鏡面精度として当初は 0.45mmrms であった。また観測データの伝送速度は 1 Gbs で地上には 38GHz 帯で送信する。図 1 が ASTRO-G 衛星である。

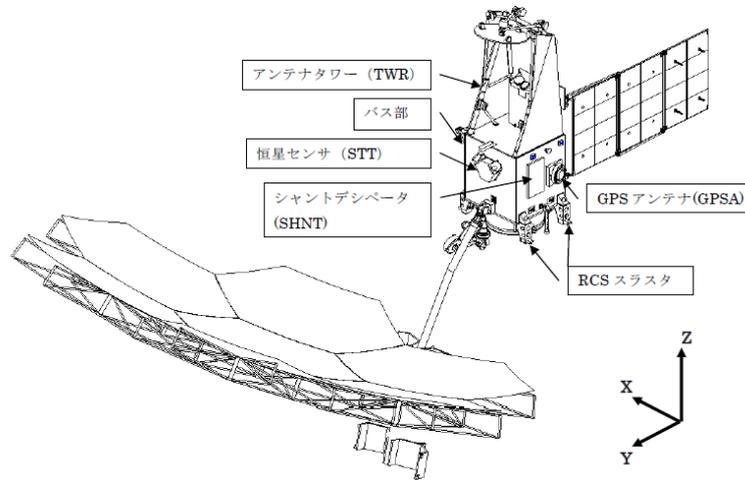


図 1 ASTRO-G 衛星

2) ASTRO-G/VSOP2 の中止までの経緯

2-1 プロジェクト立ち上げから開始

宇宙研は 1997 年打ち上げられた世界初のスペース VLBI 衛星 HALCA によりすでに大型展開アンテナの経験を積んでいた。しかし、HALCA で実際に天文観測ができた周波数は 5GHz 帯までであり、その周波数でも完全な性能とは言えなかった。ASTRO-G 計画の目指す 43GHz 帯（精度 0.45mm rms）までの天文観測に使用できる大型展開アンテナは当時世の中に存在しないものであったので、その実現までには開発されるべき要素は多いと認識されていた。この

ため大型展開アンテナの開発は2000年度より戦略的開発というフロントローディングの形で始まり、その後メーカーの選定を経て、2005年までに縮小／簡便化モデルでの実験が行われた。この時点では、後に大きな問題となった『展開再現性』はリスクとして認識されていたが、そのリスクの程度は大きくないと想像されていた。

2005年度にASTRO-G計画は宇宙理学委員会の審査を経て採択され、プリプロジェクト段階に進んだ。このプリプロジェクトの期間で衛星開発スケジュールと予算が検討された。2007年3月に宇宙研でSDR(システム定義審査)が行われ、ASTRO-G計画の開発スケジュールと予算が審査されて、合格と評価された。引き続き2007年4月にJAXA本体によるプロジェクト移行審査を受け、ASTRO-G計画をJAXAのプロジェクトに移行することが承認された。新しい実行メンバーが加わり2007年7月にはプロジェクトがスタートした。2007～2008年度は承認された開発スケジュールと予算をもとに、大型展開アンテナ(LDR)のEMをはじめとした、基本設計のための開発が進められた。そして2008年6-8月に行われた文科省宇宙開発委員会における開発移行審査において開発移行が承認された。

2-2 プロジェクトに問題発生／中断

ところが開発の進行とともにASTRO-G計画の大幅な資金超過が明らかになった。プロジェクトは2009年1月に資金の超過をJAXA本部に報告した。その結果、ただち開発を中断し、予定されていたPDR(基本設計審査)の結果を受けて、資金を再評価し今後を判断することとなった。3月には先行的に開発を進めていたサブシステム(構体、クライオスタット、熱系、Kaアンテナ、推進系、LDR)のPDRを行なわれたが、LDRのみは経年劣化の問題が残り、7月に再審査となった。ただ当初心配されていた受信機など宇宙研内や大学等で直接開発している『インハウス』機器はこの間も順調に開発が進んでいた。

さらに2009年6月にLDRに展開非再現性による大幅な精度不足の問題が明らかになった。このためLDRは7月の再審査もクリアできなかった。この事態を重く見た宇宙研は2009年8-9月に独立評価チームを組織して、ASTRO-G計画の問題点の洗い出しを行った。そして衛星開発の経験の深い満田教授をリーダーとするASTRO-G技術実証チームにより2009年10月までサイエンス要求とシステム要求が再整理され、リスクの高い技術要求を洗い出し、それらをさらに半年間かけて対応することとなった。抽出された技術課題はいくつかあるが、主たるものはLDRの展開非再現性による鏡面精度不足である。

2010年7月に実証チームにより、『対策を確実に実施することで打ち上げから $\frac{1}{2}$ EOL(=1.5年)まで等価rms1.0mm以下の鏡面精度は実現できる』という見通しが得られた。ただ43GHzが十分な性能になる0.7mm以下の鏡面精度達成は『可能性はあるが、実現には更なる開発が必要である』と結論されている。(この結論を得るのに、フロントローディングの何倍の予算が必要であったことは明記すべきであろう。)

2010年4月の国立天文台電波専門委員会ではASTRO-G計画について議論され、『43GHzの観測が不可能になったことは大変に残念であるが、22GHzでも実行できる科学は残っている。』という結論を得て、その報告が宇宙研宇宙理学委員会でなされた。2010年7月および9月の宇宙理学委員会でASTRO-G計画が議論されて、1)鏡面精度1mmでは提案時に示された

サイエンスの重要な部分が達成不能と判断する。2)サイエンス目標を鏡面精度 1mm で達成できるものにデスコープしても、衛星を完成させる為に当初予算の2倍、開発期間も2倍になり、宇宙科学全体を大きく圧迫する危険性がある。3)宇宙研所長と天文台台長の同意のもとにプロジェクトから体制の見直しと強化案が示されたが、中心となるメンバーなどの体制がいまだ不十分である。とされ、委員会の結論として、『抱える問題を根本的に解決するためにプロジェクトは継続せずに、ミッション定義まで戻って再考することが適当と判断する。』とされた。2010年10 - 12月に宇宙研から宇宙科学運営協議会へこの問題が諮問された。運営協議会は『宇宙理学委員会の中止の判断を支持する。今後同じ間違いを起こさないための問題点の洗い出しを行うように。』という結論を宇宙研に答申した。

2-3 プロジェクト中止

これらを受けて2010年12月に宇宙研としてASTRO-G計画は中止と判断し、JAXA HQに報告した。2010年12月にはASTRO-Gプロジェクトメンバーは推進母体であるVLBI懇談会年会で中止を説明した。2011年1月からJAXAは終了に向けた手続きを開始した。6月にJAXAで終了審査を開き、中止の方向に進むという結論を得、7月にはJAXA理事会で終了という方向で文部科学省宇宙開発委員会に付議することが了承され、8月に付議された。9月から宇宙開発委員会推進部会において議論され、11月17日に推進部会においてASTRO-G計画中止の結論を得て、11月30日に宇宙開発委員会へ結論が報告された。これらの経緯については、宇宙開発委員会の議論は原則公開であるので、宇宙開発委員会のHPで知ることができる。宇宙開発委員会の結論を受け、12月6日にはJAXA理事会で年度末でのプロジェクトチーム解散を決定した。

3) 今後

2010年10月からプロジェクトチームで同じ過ちを繰り返さないためのプロジェクト総括の活動している。議論された内容は1)ASTRO-G計画の中止の原因となったLDRの甘い技術見通しと衛星開発の甘い資金計画がなぜ発生し、なぜそれが見過ごされたか? 2)なぜ、その後のシステム定義審査やプロジェクト移行審査等で承認されたか? 3)そして、プロジェクトはなぜそれらをリカバーできなかったか? などである。

また、これらを踏まえて、これからの1年程度をかけて、電波コミュニティは宇宙での電波天文学をどうしたいかということを議論し、宇宙理学委員会に報告することが求められている。