

RadioAstron への参加

朝木 義晴 (宇宙研)

概要

2011年7月18日にロシアのスペース VLBI 衛星「Spektr-R」が打ち上げられ、軌道周期およそ9日間の長楕円軌道に投入された。Spektr-R と地上アンテナによるスペース VLBI 「RadioAstron」が実現すれば、1次元ではあるが、 7μ 秒角という前人未到の空間分解能で天体の観測が可能になる。本研究では、

- (1) RadioAstron に臼田 64m アンテナで参加し、RadioAstron の初期立ち上げ観測に貢献するとともに、
- (2) その後に続く「Early Science Program」の活動銀河核 (Active Galactic Nucleus: AGN) 研究 (ESP-AGN) に参加し、RadioAstron 基線で分解されずにフリンジが検出される電波コアの輝度温度上限の調査と高エネルギー周辺領域の物理の解明を目指す。

1. RadioAstron ミッション

ロシアの RadioAstron 計画は、1980年代の半ばに提案された。VSOP を進めていた 1980~1990 年代当時は、ヨーロッパ/アメリカで Quasat 計画、ロシアで RadioAstron 計画と、3つのスペース VLBI 計画が進んでいた。Quasat は主にコスト面の問題で中止となり、RadioAstron は衛星開発に大きな遅延が生じていた。この間にソビエト連邦が崩壊し、当時の米国クリントン政権が新生ロシアの科学技術の保護と維持のためにサポートを行った。この中に RadioAstron のサポートが含まれており、NASA による 4 局の専用追跡局の建設や、NRAO の VLBA の 30% の観測時間の提供などが決められ、並行して国際的な VLBI 観測網のサポート体制が組織されていった。これは RadioAstron による科学的な意義を十分に吟味してのことであるが、米国でのスペース VLBI 関連の予算獲得には大きな追い風になった。しかし、度重なる打ち上げ延期により、RadioAstron は、いつしか電波天文の中では半ば忘れられた存在となっていった。

2010年に衛星の完成がアナウンスされ、打ち上げが2010年の半ばになることが発表された。結局のところ、2010年の打ち上げは見送られたが、打ち上げ準備は順調に進み、2011年7月18日にゼニットロケットによる打ち上げに成功する。打ち上げられた衛星「Spektr-R」は口径 10 m のパラボラアンテナを持つ。このアンテナはロケットのフェアリング内では動径方向に分割されたパネルをすぼめるように収納し、軌道上で展開することでパラボラ面を形成する。受信周波数は 0.3、1.6、5、22 GHz である。遠地点 35 万 km にもなる長楕円軌道に投入され、「はるか」以上の高い軌道による超長基線観測によって超高温の明るい天体を観測するのに適したスペース VLBI 計画となっている。RadioAstron によって、1次元ではあるが7マイクロ秒角という前人未到の空間分解能で天体の観測が可能になる。

2. 臼田 64m 電波望遠鏡の貢献

(1) RadioAstron 初期立ち上げへの貢献

Spektr-R 衛星は7月中にアンテナ展開を成功させ、その後、衛星-地上間のリンク試験や機上水素メーザ高精度周波数標準の立ち上げなどミッション主要機器の立ち上げ/In-Orbit チェックや、軌道精決定試験を行い、スペース VLBI 観測の準備を整えていった。2011年11月からスペース VLBI としてのパフォーマンスを確認するため、Spektr-R 衛星と世界各地の地上望遠鏡との間のエンド・トゥ・エンド (E2E) 試験を開始した。臼田望遠鏡とは 1.6 GHz 帯で試験観測が行われた。臼田望遠鏡の 1.6GHz 帯受信機で増幅された天体からの電波は VLBI 信号伝送系で観測棟に伝送され、VLBI データデジタル処理系で A/D 変換された後に記録される。この VLBI 処理系では、本来の使用目的とは異なるが、H20-22 年度の工学委員会戦略的開発経費「小型セイルプロジェクトの飛行機会を利用した Δ VLBI 実験」において、深宇宙探査機追跡用に開発された「K5/VSI」システムを RadioAstron 観測におけるデータ記録装置として流用した。K5/VSI システムで記録されたデータは専用データ・サーバに接続された大容量の DAS に蓄積され、インターネットを通じてロシアの Astro Space Center of Levedev Physical Institute (ASC) に伝送される。このような信号処理および ISAS-ASC 間のデータ伝送は経験がなかったため、ISAS

側において望遠鏡信号受信からデータ伝送までの一連の処理手順を確認することも E2E 試験の目的にあった。ロシアにおいて Spektr-R 衛星で受信されたデータは臼田電波望遠鏡のデータと相互相関処理が行われ、E2E 試験観測で天体の相互相関干渉（フリンジ）を検出し、試験は成功した。E2E 試験で検出されたフリンジを Spektr-R 衛星の想像図とともに図 1 に示す。RadioAstron は 1.6 GHz 帯の他に 320 MHz 帯、4.8 GHz 帯、22 GHz 帯で観測が可能であり、全ての周波数帯で様々な地上望遠鏡との間でフリンジを検出している。現在臼田はこれらのうち 1.6GHz 帯のみ受信可能であり、今のところはこの周波数帯だけの貢献となる。

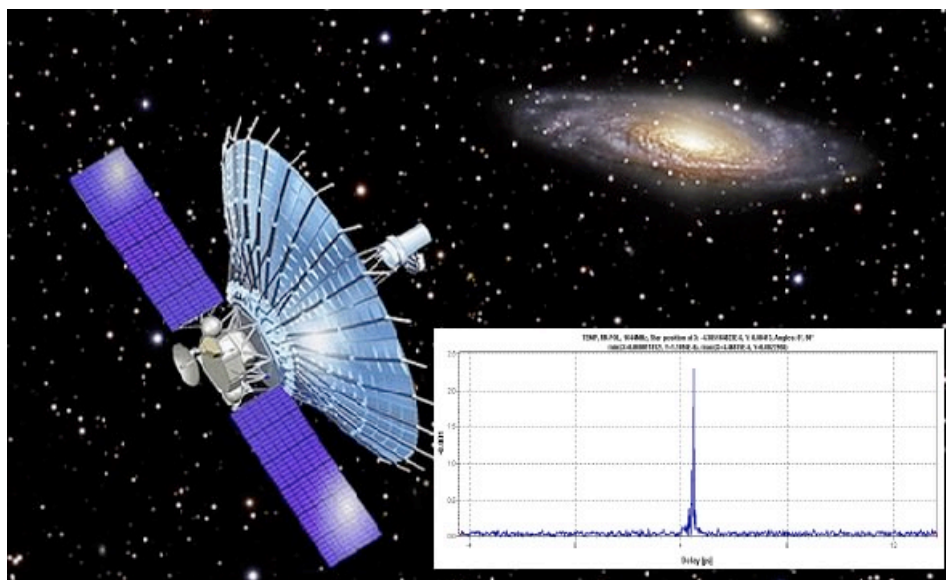


図 1. ロシアの「spektr-R」衛星の軌道上の想像図。右下囲みのプロットは spektr-R 衛星と臼田 64m 望遠鏡でスペース VLBI を行った E2E 試験において検出された天体 (0212+735) のフリンジ (中央部ピーク)。横軸はアンテナ間遅延の補正值、縦軸は相互相関強度。

(2) RadioAstron ESP-AGN への参加

E2E 試験が成功したことを受け、当研究チームは臼田望遠鏡による RadioAstron ミッション ESP-AGN に参加することを ASC と合意し、2012 年 2 月は 4 回、3 月は 6 回の観測に参加した。現在取得したデータをロシアに伝送中であるが、今のところ臼田望遠鏡については相関処理で大きなトラブルはないと報告されている。2011 年度に国際共同ミッション推進経費により臼田が参加した観測を表 1 に示す。

表 1. 臼田望遠鏡が参加した RadioAstron ミッションでの観測。

観測日時	観測コード	天体名	観測周波数	備考
2011/11/27 11:30-13:00 UT	RAFS02	0212+735	1644 - 1676 MHz	フリンジ検出試験
2012/02/18 21:00-22:00 UT	RAES03b	3C 279	1644 - 1676 MHz	ESP-AGN
2012/02/19 21:00-22:00 UT	RAES03d	3C 279	1644 - 1676 MHz	ESP-AGN
2012/02/24 20:00-21:00 UT	RAES03g	3C 279	1644 - 1676 MHz	ESP-AGN
2012/02/26 16:00-17:30 UT	RAES03h	1803+784	1644 - 1676 MHz	ESP-AGN
2012/03/12 17:00-19:00 UT	RAES05a	0716+714	1644 - 1676 MHz	ESP-AGN
2012/03/14 12:00-14:00 UT	RAES05b	0716+714	1644 - 1676 MHz	ESP-AGN
2012/03/15	RAES05c	0716+714	1644 - 1676 MHz	ESP-AGN

14:30-22:00 UT				
2012/03/16 13:00-15:00 UT	RAES05d	0716+714	1644 - 1676 MHz	ESP-AGN
2012/03/17 15:00-16:00 UT	RAES03i	OJ 287	1644 - 1676 MHz	ESP-AGN
2012/03/19 15:00-16:00 UT	RAES03j	0748+126	1644 - 1676 MHz	ESP-AGN

また、2011年度では大阪府立大学と協力して臼田望遠鏡 4.8-5 GHz 帯/6.7GHz 帯共用の両偏波観測用ポラライザの開発を行い[1]、現在、単体性能試験が行われている。このポラライザは2012年の夏までに臼田望遠鏡に搭載される予定である。ポラライザ搭載後は臼田望遠鏡で 4.8GHz 帯の観測が可能になるため、臼田望遠鏡は質、量ともに RadioAstron ミッションに対してさらに貢献することが可能となり、ESP-AGN におけるその役割は大きくなると期待される。観測データは現在 ASC で校正法や解析手法の検討が行われており、ESP-AGN において統一したデータ解析手法で AGN 輝度温度の測定を行うこととなる。

3. 今後の予定

2012年6月18～20日に Spektr-R 衛星打ち上げ後の初の RISC 会合がモスクワで開催される予定である。また、2012年6月21～21日には、RadioAstron ESP の会合が開催され、RadioAstron の科学的初期成果について議論が持たれる。

Spektr-R 衛星は7～8月は太陽角制限のために科学観測運用が休止となるが、9月以降にまた観測運用が再開される。臼田望遠鏡は10月から RadioAstron ミッションに L/C 帯で再び参加する予定である。

- [1] 第11回 I V S 技術開発センターシンポジウム (H24/2/23 情報通信研究機構鹿島宇宙技術センター)
「臼田 64m 鏡 4-6GHz 帯受信機円偏波分離器の開発」,
尾上 裕隆, 木村 公洋, 前澤 裕之, 大西 利和, 小川 英夫 (大阪府立大学), 坪井 昌人, 村田 泰宏,
朝木 義晴 (宇宙研)