

巻頭言

アルマ望遠鏡，本格運用開始から10周年

廿日出 文洋

〈国立天文台アルマプロジェクト 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: bunyo.hatsukade@nao.ac.jp



1. おかげさまで10周年

2023年3月、アルマ望遠鏡（アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計：Atacama Large Millimeter/submillimeter Array; ALMA）は本格運用を開始してから10年を迎えた。2023年3月13日には、南米チリのサンペドロ・デ・アタカマ近くの観測所サイトにおいて、10周年を記念する式典が盛大に行われた。各機関の関係者や地元の人々が見守る中、今後のさらなる成功を祈念して、母なる大地へ祈りを捧げる儀式が執り行われた（図1）。この10年の間、新型コロナウイルスのパンデミックやサイバー攻撃といった大きな困難にも見舞われたが、関係者の努力によって乗り越えることができた。

アルマ望遠鏡は、南米チリ共和国北部、アンデス山脈の標高5,000 mのアタカマ砂漠に建設された電波干渉計である。日本を含む東アジア、北米、ヨーロッパ南天天文台の加盟国と建設地のチリを合わせた22の国と地域が協力して運用している。口径12 mのアンテナ54台と口径7 mのアンテナ12台の合計66台からなる。観測周波数は35–950 GHz（波長8.5–0.32 mm）であり、これを10の帯域（バンド）に分け10種類の受信機で観測する。国際協力で建設・運用が行われているアルマ望遠鏡プロジェクトのなかで、日本は全体のおよそ4分の1の貢献をしており、アンテナや受信機（バンド4, 8, 10）、相関器の開発、望遠鏡の運用や保守などを担ってきた。66台のアンテナは最大で直径16 kmの範囲内に展開でき、目的

に応じて異なるアンテナ配列での観測が行われる。これまで研究者に共同利用として提供している角度分解能は最高で10ミリ秒角（視力6,000）であるが、最大基線長16 kmの配列で最高周波数帯域のバンド10受信機を用いた試験観測において、5ミリ秒角の分解能（視力12,000）も達成した [1]。

アルマ望遠鏡は、これまでのミリ波・サブミリ波望遠鏡を凌駕する高い分解能と感度で、惑星系の形成過程や、銀河の形成・進化、宇宙における物質進化など多くの分野で研究成果を挙げてきた。この10年間に出版された科学論文の数は3,000を超える。これまでに創出されたさまざまな研究成果の一部は、2013年と2017年に天文月報で掲載された特集記事でも紹介されている。今回のアルマ望遠鏡特集では、2023年12月に開催された国際会議において講演を行った研究者に、研究成果を寄稿していただく。この国際会議は、



図1 母なる大地へ祈りを捧げる。アルマ望遠鏡サイトで行われた10周年記念式典的一幕。Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)

アルマ望遠鏡の運用に携わる東アジア、北米、ヨーロッパ、およびチリが持ち回りで3年に一度開催されるものである。第5回となる今回は“ALMA at 10 years: Past, Present, and Future”と題し、「これまでの業績を振り返り、最新の成果を紹介し、将来の技術開発を展望する」内容で、第1回の会議が行われたチリ・プエルトヴァラスでの開催となった。世界中から170名以上の研究者が参加し、5日間にわたって活発な議論が行われた。

2. 次の10年へ向けて

2030年代に向けてアルマ望遠鏡の性能をさらに向上させるため、アルマ望遠鏡将来開発ロードマップが策定された [2]。その中で、受信機で一度に観測できる周波数帯域を2倍以上に拡張させること、および関連するエレクトロニクスと関連器の性能を向上させることを最も優先度の高い開発項目として位置づけた。この機能向上は「アルマ2030広帯域感度アップグレード」(Wideband Sensitivity Upgrade: WSU) と呼ばれ、関係者が一丸となって進めている (図2) [3]。日本では、アルマ望遠鏡の科学運用を継続しながら機能を格

段に向上させ、さらなる研究の発展を行う計画を「アルマ2計画」と呼び、2023年度から実施されている。日本が主導する新しいデータ伝送システム (Data Transmission System) やバンド8受信機 (385–500 GHz) のアップグレード計画が進行中である。

WSUは、アルマ望遠鏡が行うすべての科学観測に利点をもたらす。中でも、高い速度分解能と広い帯域を同時に必要とする分野では、その恩恵は大きい。現在のアルマ望遠鏡では分光点数が限られているために、 $0.1\text{--}0.2\text{ km s}^{-1}$ といった高い速度分解能で観測する場合、観測できる帯域幅が制限される。WSUが実現すれば、すべての観測周波数において高い速度分解能 ($0.1\text{--}0.2\text{ km s}^{-1}$) と広い帯域 (1偏波当たり16 GHz以上) を同時に実現できるようになる。その増加幅 (帯域幅での換算) は4–68倍になり、特に低い周波数帯での利得は大きい。星や惑星の形成現場における化学進化の理解や生命関連物質の探査などの分野で大きな進展が期待される。高い速度分解能を必要としない観測でも、帯域幅の増加は輝線探査の効率や速度の向上、連続波感度の向上につながる。受信機改良による雑音温度の低下や、デジタル効率の向上とも相まって、観測スピードは実質的に現在の3倍程度に向上する。近傍銀河における広帯域での輝線探査や、遠方銀河からの赤方偏移した基線検出に大きな恩恵をもたらす。

このようにアルマ望遠鏡は2030年代に向けて機能を大幅に拡張中であり、今後の研究の進展にご期待いただきたい。

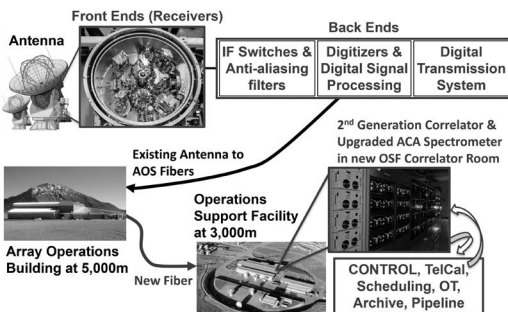


図2 アルマ2030広帯域感度アップグレード (WSU) の概念図。受信機をはじめとして、相関器や関連するエレクトロニクスをアップグレードする。Credit for inset graphics and images: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO).

参考文献

- [1] Asaki, Y., et al., 2023, ApJ, 958, 86
- [2] Carpenter, J., et al., 2019, arXiv:1902.02856
- [3] Carpenter, J., et al., 2022, arXiv:2211.00195