新しい天文学の扉を開く アルマ望遠鏡

銀河の誕生と進化 惑星の形成 宇宙の中での物質進化

標高5000m地点に立ち並ぶアルマ望遠鏡のアンテナ　Credit:ALMA(ESO/NAOJ/NRAO)

国立天文台 チリ観測所
助教・教育広報主任 平松 正顕

南米チリ・アンデス山中の標高5000m級地点に建設が進むアルマ望遠鏡。日本を中心とする東アジアと北米、欧州がチリと協力して進める国際電波天文観測施設だ。直径18・5mの12台とアンテナ合計66台を18・5mの範囲に展開することで、直径18・5mの望遠鏡と同じ解像度（視力）を持つことができる。既存の同種の電波望遠鏡と比べておよそ100倍の感度と解像度を持つアルマ望遠鏡により、天文学の新たな地平が開かれることだろう。

南米チリで国際プロジェクト

電波で宇宙観測

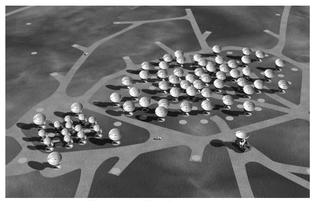
古来、ヒトは宇宙に思いをはせてきた。いろいろな時代の文明、さまざまな民族が宇宙創成の物語を夜空に投影してきた。規則正しく運行する太陽や月・星々は暮らすものに、この世の仕組みを解しようとする人たちも現れた。1609年に望遠鏡を初めて宇宙に向けたガリレオ・ガリレイは、わずか4mmガラスレンズを通して見たクレーターや土星の環、天の川を作る無数の星々を発見し、人類の宇宙観を大きく広げた。

それから400年、望遠鏡の進化とともに天文学は大きく発展し、私たちの宇宙観も塗り替えられてきた。いまや入射から電波まで全ての波長にわたる電磁波だけでなく、ニュートリノなどの粒子も捉えて宇宙を観測している。16世紀までは直径1mmに満たない我々の眼が全てだった宇宙への扉は、いまや質的にも量的にも大きく拡大したのだ。

宇宙への新しい扉の一つが、冒頭で紹介したアルマ望遠鏡だ。アルマ望遠鏡が観測する電波は波長が数mmから1m以下を切るくらいの電波（周波数では数十GHz～一テラヘルツ程度）で、ミリ波・サブミリ波と呼ばれる、赤外線と電波の中間の波長帯にあたるこの電磁波は、宇宙に漂うガスや塵（合わせて星間物質と呼ぶ）を見るのに適している。夜空に輝く星々の間は完全に真空というわけではなく、ごくごくわずかにガスが浮かんでいるのだ。

このような星間物質は一般に非常に冷たく、その温度は3260度C程度（絶対温度で約10度K）しかない。このように低温の物質からは可視光は出てこないが、波長の長い電波は放出されている。つまり電波を使って宇宙を観測することで、星々の間に広がる暗黒の宇宙を探ることなのだ。

鏡が完成するとすぐに、天文学者たちは観測の秘伝、次世代計画の検討に取り掛かった。当時世界最高の性能といえ、野辺山の望遠鏡はまだまだその届かない宇宙の謎が多くあったからだ。野辺山ミリ波干渉計より一桁大きな、高い感度と解像度を実現する「大型ミリ波・サブミリ波干渉計」計画は、それまでほぼ金利にも一者で行うには困難だ。一方で国際プロジェクトとすれば、技術的な困難もそれぞれの長所を生かして乗り越えることができ、費用を分担することができるとの考えから、2001年に日米欧の研究者は東京会議を開催し、ここに国際共同プロジェクトとしてのアルマ望遠鏡（アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計＝Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array＝ALMA）計画がスタートしたのである。



アルマ望遠鏡完成予想図
Credit:ALMA(ESO/NAOJ/NRAO)

候補地を探して

宇宙からやってくる電波は、無線通信に混じるノイズの源を追求しいろいろな手段が考えられた。1932年にこの発見以降、宇宙観測の手段としての電波観測は大きくバンク1桁100倍望遠鏡などはさまざまな工夫を重ねてその困難としのいできたが、宇宙を詳しく調べるためにはもっと大きな望遠鏡がほしい。

このジレンマを打ち破るのが、小望遠鏡を複数並べて結合させることで仮想的な一台の巨大な望遠鏡として機能させる「干渉計」というシステム。口径12mアンテナ54台と径7mアンテナ12台を擁し、それぞれの受信機（10種の波長に相当）を持つアルマ望遠鏡の最高解像度は、視力に換算すると6000に相当する。既存での干渉計システムの最高峰と言ってもいいだろう。

アルマ望遠鏡の12mパラボラアンテナ（国立天文台提供）

干渉計システム

天文学の世界では「大きなことはいいことだ」が当ではまることが多い。望遠鏡の性能は主に感度と解像度の二つがあるが、望遠鏡を大きくすればその両方が向上する。

とはいえ、大きな望遠鏡を作るのは難しい。望遠鏡は時々刻々動いている天体を精密に追尾する必要があり、効率よく電磁波を集めるためにはできるだけ鏡面が歪まないほうが良い。野辺山45m望遠鏡や米国のグリーンバンク100m望遠鏡などは、望遠鏡の性能は主に「干渉計」というシステムで決まる。口径12mアンテナ54台と径7mアンテナ12台を擁し、それぞれの受信機（10種の波長に相当）を持つアルマ望遠鏡の最高解像度は、視力に換算すると6000に相当する。既存での干渉計システムの最高峰と言ってもいいだろう。

専用の台車で運搬されるアルマ望遠鏡12mアンテナ（国立天文台提供）

高い感度 解像度

では、このアルマ望遠鏡で開かれる新しい天文学の地平はどんなものだろう。

アルマ望遠鏡はその高い感度と解像度から、さまざまな天体を観測でき、私たちを日々照らしてくれる太陽や夜空に明るく輝く惑星たちも、1億光年以上前に生まれた銀河の赤ちゃん銀河まで観測することで、その謎に迫れるだろう。

さらに、生命の起源につながるような分子が宇宙に存在するかどうかも多くの人の興味を引くテーマだ。「惑星の形成」宇宙の中での物質進化」のテーマで、私たちは太陽のような星が1000億個集まった銀河系に生きているが、このような銀河がどのように作られたのかは今も謎のままだ。原始銀河がいつどんな種になるかは、圧倒的な感度と解像度を持つアルマ望遠鏡なら、それからどのような巨大な銀河に成長するのか、あるいは銀河どうしの衝突は銀河の成長にどんな役割を果たすのか、圧倒的な感度と解像度を持つアルマ望遠鏡が、それからどのような巨大な銀河に成長するのかを明らかにするかもしれない。天文学と生物学との間に重要な橋を架けることができるだろう。

これまで手の届かなかった超遠方宇宙を見ることができる。

また、地球のような惑星がどんな過程を経て作られるのかも大きな謎だ。既に後空に光を放つまわりに800億個近い惑星（太陽系外惑星）が見つかっているが、その姿は実に多様で、私たちの太陽系はありふれた惑星系というわけではないらしい。どんな環境であれば地球のような惑星が作られるのか、さまざまに作られつつある惑星系をアルマ望遠鏡で観測することで、その謎に迫れるだろう。

さまざまな化学反応が起きていることがわかっているが、例えば惑星ができる場にアミノ酸が存在していないだろうか。もしあったら、惑星上で生命を育む種になるかもしれない。圧倒的な感度を持つアルマ望遠鏡であれば、これまで見られなかったアミノ酸の有無がはっきりするかもしれない。天文学者からの期待の大きさを表していると言えるだろう。

データを手にした研究者からはその高質なデータに驚くの声が上がっており、既に観測成果も出始めている。12年度から本格運用に入るアルマ望遠鏡によって、宇宙への新しい扉がいよいよ開かれようとしているのだ。

今年度 本格運用

アルマ望遠鏡の建設は順調に進んでおり、6月20日時点で33台、つまり完成時半分のアンテナが標高5000m以地点に設置されている。このうち準備の整った16台を使って、昨年9月から科学観測が開始されている。完成時の4分の1のアンテナ数ではあるものの、感度は既に世界最高を達成しており、全世界の天文学者からの期待の大きさを表している。6月

FUJITSU

富士通エフサスの
ITインフラ・サービスで
日本の仕事に
ちからを。

shaping tomorrow with you
社会とお客様の豊かな未来のために

VMware Japan Partner Award 2011※1で
Expert Awardを受賞!!

vmware SOLUTION PROVIDER
WINNER
VMWARE EXPERT

株式会社富士通エフサス

富士通エフサス 検索　0120-860-242　e-mail:fsas-service@cs.jp.fujitsu.com

おかげさまで 顧客満足度 No.1
日経コンピュータ 2011年8月18日号
第16回顧客満足度調査 システム開発関連サービス(情報サービス会社)部門

全国約160ヶ所のサービス拠点※2 | 約5,500名のサービスアカウントエンジニア※2 | 24時間365日のサポート

※記載されている会社名、商品名は各社の登録商標または商標です。　※1 日本においてVMwareソリューションの深い知識を有し、最適な仮想化およびクラウド・インフラストラクチャの提案に貢献したパートナー企業に贈られる賞　※2 富士通エフサスグループ含む