

ALMA

Atacama Large Millimeter/submillimeter Array

アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計 アルマ

In search of our Cosmic Origins



ALMAで解き明かされる宇宙

ALMA 電波望遠鏡は、宇宙ができて間もない頃の生まれたての銀河、
恒星の誕生や太陽系のような惑星系の誕生、さらには宇宙にある物質の進化など、
光では見えない暗黒の宇宙を見ることができます。
私たちの地球がある太陽系がどうやってできたのか、
また銀河系がどうやってできてきたのか、生命の材料はどこからやってきたのか。
その謎を見出す旅は、私達のルーツを見出す旅でもあるのです。

1

銀河の誕生をさぐる

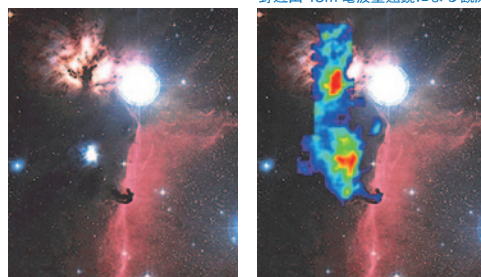
130億年前の「宇宙の夜明け」時代にある、生まれたての銀河の姿を描きだします。「ビッグバン」直後に誕生した銀河をとらえることが期待されます。

暗黒の宇宙を見る 「ミリ波・サブミリ波」

宇宙の天体は、その温度に対応してさまざまな波長の電磁波を放ちます。光を見る望遠鏡では、数千度の星や銀河が放つ可視光や赤外線をとらえています。それに対して ALMA では、ミリ波やサブミリ波とよばれる電波（波長0.3-10mm）をとらえ、光では見るることのできない宇宙空間にある塵やガス（-260℃にも達する）を観測し暗黒の宇宙の姿を描きだします。

可視光で見た馬頭星雲（左）と、同じ領域を電波で見た画像を重ねると（右）、暗く何もみえないように見える領域で強い電波が観測されていることがわかります。光では見えない闇の中に、星や銀河の材料となる低温の星間物質がひそんでいるのです。

野辺山45m電波望遠鏡による観測



提供 国立天文台野辺山



アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計 ALMA アルマ (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)

『ALMA』は、日本(台湾)・北アメリカ・ヨーロッパ・チリの諸国が協力して、南米のチリ共和国北部にある、アタカマ砂漠の標高約5000mの高原に建設する「アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計：Atacama Large Millimeter/submillimeter Array」の略称です。パラボラアンテナ66台を組み合わせる干渉計方式の巨大電波望遠鏡で、日本が製造を担当する直径12mのアンテナ4台と直径7mのアンテナ12台からなる「いざよい (Atacama Compact Array)」と、米欧が製造を担当する直径12mのアンテナを50台組み合わせるアンテナ群とで構成されます。電波の中では一番波長の短い「ミリ波・サブミリ波」を使って、宇宙空間にある塵やガスなど光では観測できない暗黒の宇宙の姿を見ることができます。ALMA望遠鏡の空間分解能はすばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡の約10倍に達し、圧倒的な高解像度かつ高感度の天体電波画像を得ることができます。

3

宇宙物質の進化をさぐる

ビッグバンから現在に至る宇宙空間の原子・分子の組成をくわしく調べて、物質の変遷と化学進化を解明します。また、アミノ酸など生命関連分子を探索し、宇宙生命の起源に迫ります。

2

惑星系の誕生を探る

極低温のガスと塵からなる原始惑星系円盤を観測し、惑星が生まれる様子を描きだします。近年の観測により我々の宇宙には実に多様な惑星系があることが分かってきましたが、その誕生の謎と多様性の起源に迫ります。また太陽系によく似た「第二の太陽系」の存在の可能性をさぐります。

ALMAの観測範囲

ミリ波

希薄な星間雲

星間分子雲

ブラックホール

センチ波・X線

パルサー

星の進化

星間物質の進化

惑星状星雲

原始星・原始惑星系

赤色巨星

軽い星

重い星

超新星爆発

超新星残骸

星・惑星系形成

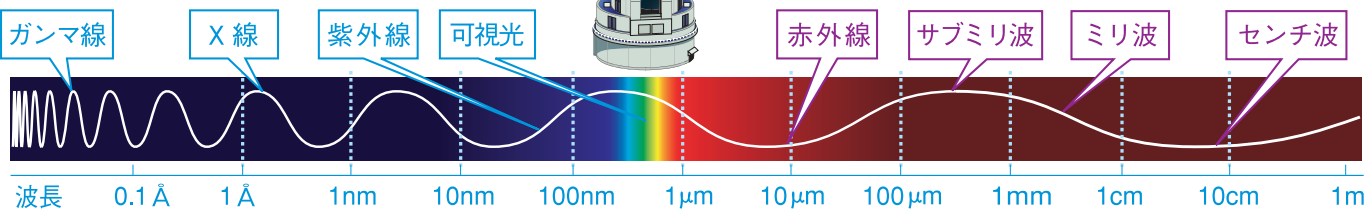
赤外線

可視光

サブミリ波

ALMA

電磁波の種類と関係



すばる望遠鏡



赤外線天文衛星
あかり (JAXA)



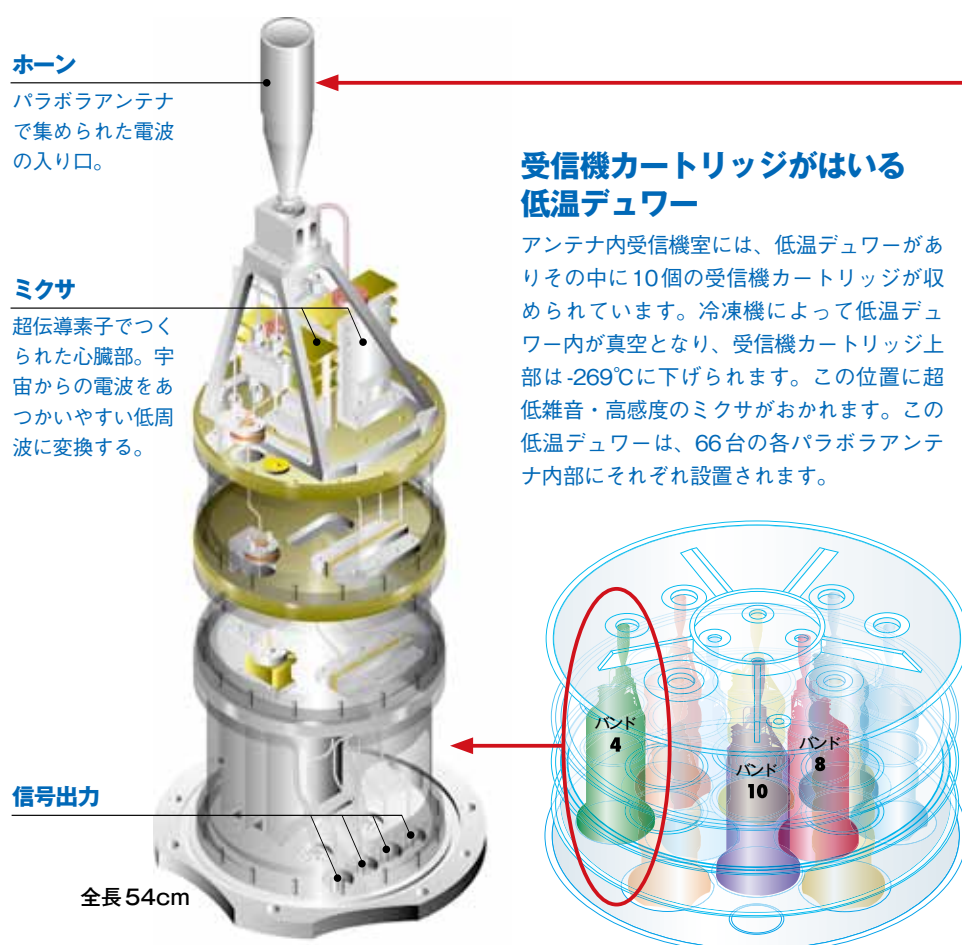
X線天文衛星
すざく (JAXA)

観測のメカニズム

ALMA に活かされる日本の最先端技術

世界最高のハイテク技術が惜しみなく注ぎ込まれるALMAでは、日本がもつ高い技術の貢献が世界から期待されています。ALMA全体で66台のパラボラアンテナと、それに関連する装置が製造されます。日本が製造を担当する装置は、12mと7mの2種類の大きさの超高精度パラボラアンテナ合計16台、3つの周波数帯の超高感度ミリ波・サブミリ波受信機、高分散相関器などがあります。

ALMAに至る電波望遠鏡に関する技術開発は、これまで、衛星放送用増幅器への発展、専用スーパーコンピュータへの発展、地球大気環境センサー、超高速ネットワークの実証試験などの波及効果、超低温冷凍機の改良などに発展しました。今後も医療応用も可能なサブミリ波技術など様々な分野で、大きな技術的・経済的波及効果が期待されています。



2 電波を受信する

収束した超高周波の電波を、超伝導素子を用いた受信機で受け、扱いやすい低周波数(4-12GHz)に変換して増幅する。

3 受信信号を光で送る

増幅された電波信号をデジタル信号に変換し、光ファイバーを用いて超高速(6テラビット毎秒)で信号を伝送する。

4 信号を干渉させる



10種類の周波数バンド

アンテナに搭載される10個の受信機カートリッジは、それぞれ異なる周波数帯が設定されています。周波数バンド1から10までで、31GHzから950GHzの周波数帯をカバーします。上の図は、日本が開発した「バンド4」受信機カートリッジ(125-163GHz)で、ミリ波の星間有機分子の宝庫の周波数帯を観測することができます。日本は、星間物質の重要な成分である炭素原子の出すスペクトル線が含まれている周波数領域を探る「バンド8」受信機カートリッジ(385-500GHz)、サブミリ波天文学のフロンティアである最高周波数の「バンド10」受信機カートリッジ(787-950GHz)の作製も担当します。これらの受信機カートリッジは世界最高性能です。

バンド	周波数 (GHz)	担当
1	31-45	— [※]
2	67-90	— [※]
3	84-116	北アメリカ
4	125-163	日本
5	162-211	— [※]
6	211-275	北アメリカ
7	275-373	ヨーロッパ
8	385-500	日本
9	602-720	ヨーロッパ
10	787-950	日本

※ 2012年度の本格運用開始段階では、これらのバンドは搭載されない。

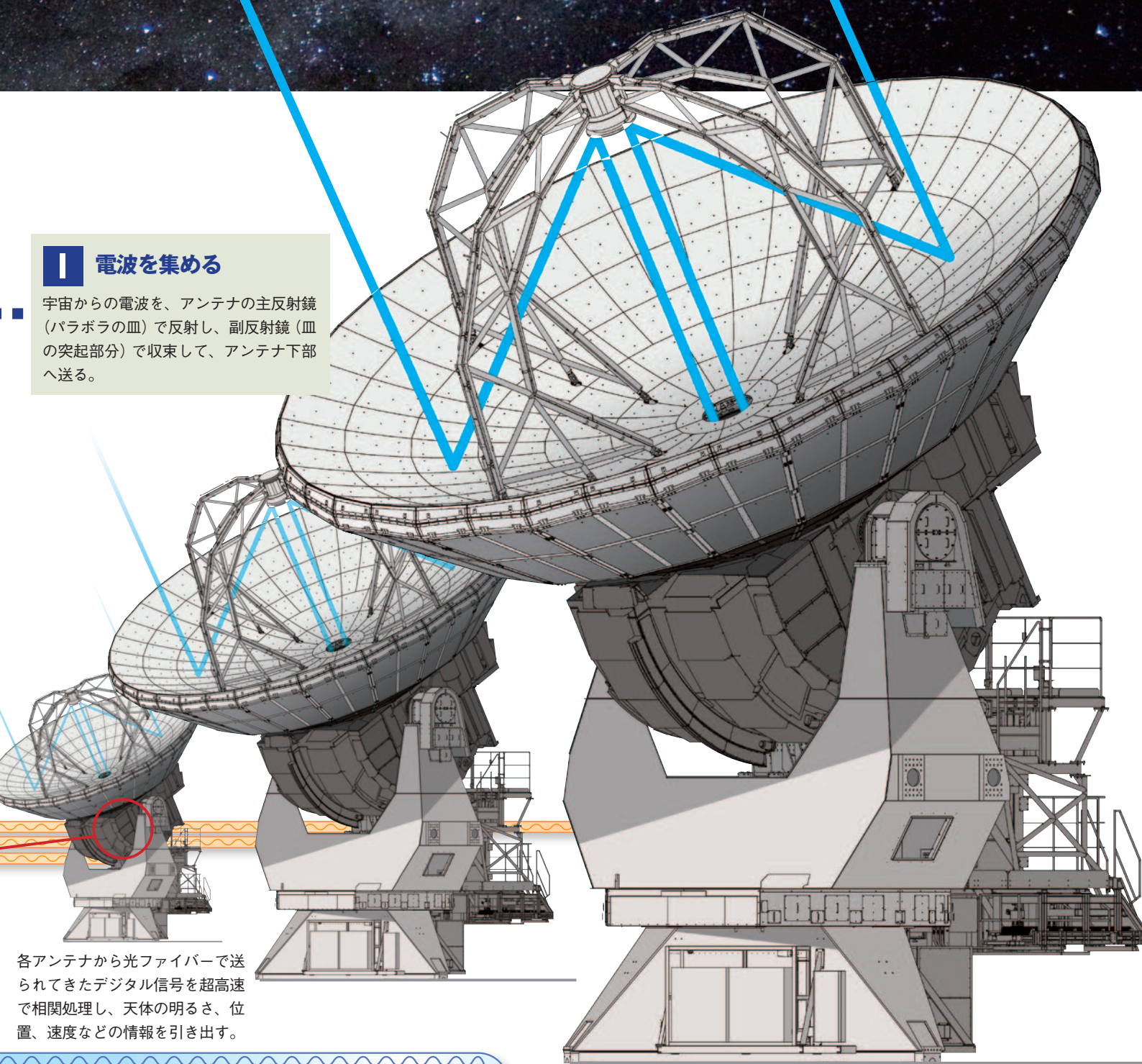
国立天文台内の半導体工場

日本が担当している受信機は、国立天文台三鷹キャンパス内で製作しています。先端技術センター・開発棟内にはクリーンルームがあり、受信機のミクサに使われる超伝導素子を作る精密装置を備えています。



1 電波を集める

宇宙からの電波を、アンテナの主反射鏡（パラボラの皿）で反射し、副反射鏡（皿の突起部分）で収束して、アンテナ下部へ送る。

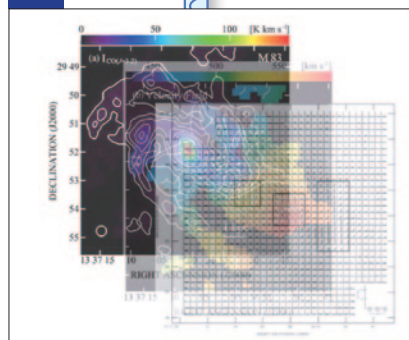


各アンテナから光ファイバーで送られてきたデジタル信号を超高速で相関処理し、天体の明るさ、位置、速度などの情報を引き出す。

山頂施設に
設置した高分散相関器



5 データを解析する



高速計算機を使って生の情報を蓄積・処理し、宇宙の星間分子などの様子を画像として描き出す。情報はデータベース化される。

6 観測データや画像を利用する



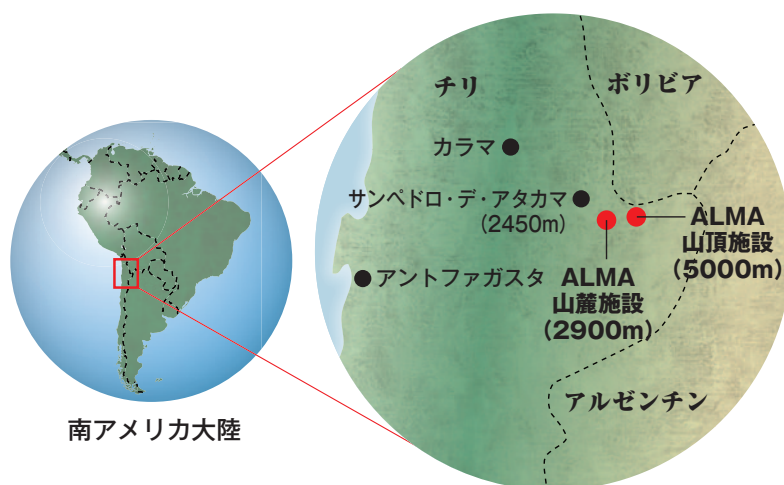
ALMA 東アジア地域センター

東アジア地域における ALMA の研究拠点として、膨大な量の処理済データをアーカイブするとともに、国内をはじめとする東アジア地域の利用者の研究をサポートする。

着々と計画が進む建設地

ALMA のある場所

ALMA は、南米大陸のチリ共和国北部のアタカマ砂漠に建設されます。標高2900mには組立て・調整を行う山麓施設 (OSF)、約5000mの高原にはALMAのパラボラアンテナが設置される山頂施設 (AOS) があります。アタカマ砂漠の年間降水量は100mm以下で、水蒸気による電波吸収の影響を受けにくいこの地は、高い周波数(短い波長)の電波の観測が可能で、ALMAが観測する最高周波数の電波「サブミリ波」もとらえることができます。また、広く平坦な場所があることも、最大18.5kmまで広がる大規模なALMAの建設に最適です。



山麓施設 (Operations Support Facilities: OSF)

OSFにはALMA計画に参加する日本、アメリカ、ヨーロッパ各国の作業エリア、JAO (Joint ALMA Office) の作業エリア、宿舍・食堂など生活のエリアがあり、とても国際色豊かです。OSFでは山頂施設 (AOS) に持っていくアンテナや各種観測装置の組立て・調整や試験などを行っています。



アンテナ専用移動台車(トランスポーター)で運ばれる
パラボラアンテナ

受信機などの
アンテナへの搭載



リフトに乗っての
アンテナの鏡面調整



天の川の下、
OSFで調整試験は続く

山頂施設 (Array Operations Site: AOS)

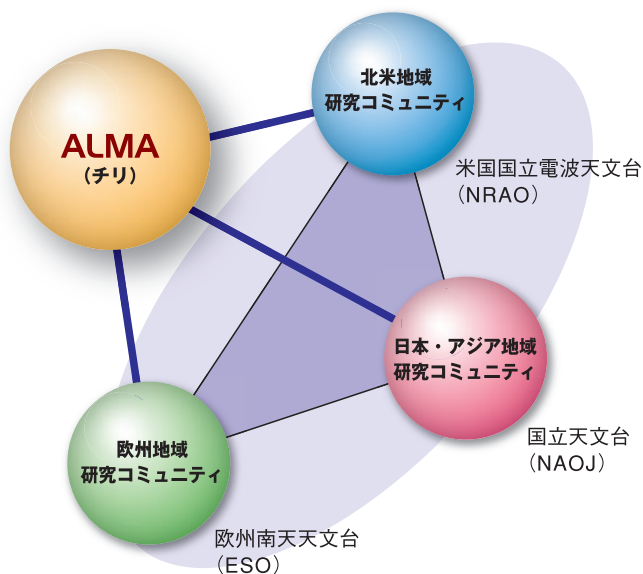
標高5000mのAOSでは、18.5kmの広大な敷地に66台の超高精度パラボラアンテナが設置されます。また、アンテナからの信号を結合する「相関器」などを収納する建物があります。ここでは、標高0m地点と比べると酸素濃度が約半分しかないため、人が常駐することはありません。パラボラアンテナはリモートコントロールで制御して天体を観測します。2011年9月には、アンテナ16台での初期科学観測を開始しました。2012年度からの本格運用を目指し、建設が進んでいます。



山頂施設に立ち並ぶアンテナ Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/ J. Guarda (ALMA)

観測・運用のネットワーク

ALMAは、日本／台湾・北アメリカ・ヨーロッパの参加によるグローバルプロジェクトです。世界の最先端技術を集結し、地球上で最高の観測条件を持つ土地に設置することで、人類が達成しうる最高の性能を目指します。



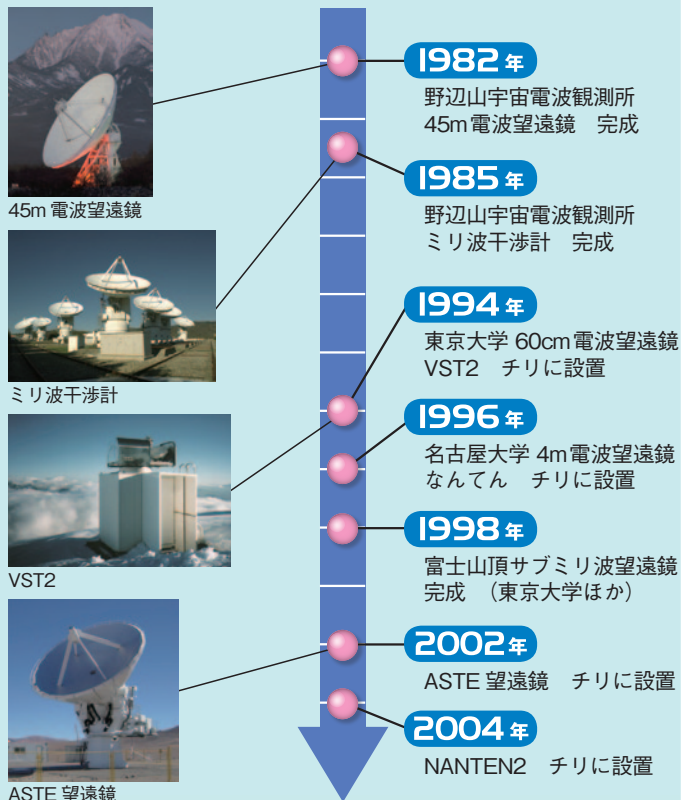
観測提案は日米欧で公募され、審査により採否が決められます。採択された観測は、観測提案者が作成した観測手順に従い、各国から派遣されたALMA観測所スタッフとチリ現地で雇用されたスタッフによって実行されます。そして、得られた観測データが提案者の元に送られます。観測データは、一定期間を経過すると、提案者以外の研究者にも公開されます。

感動のアンテナ制御初成功 (2007年10月4日)



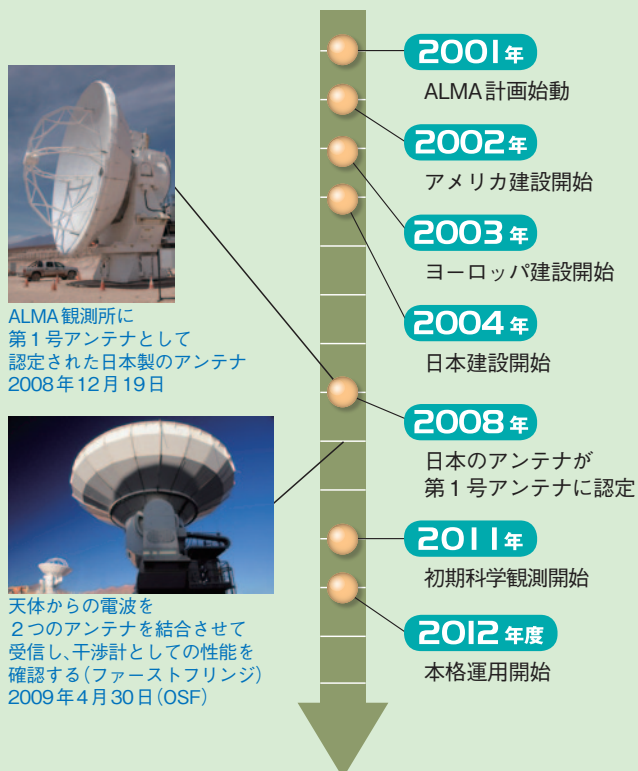
日本のミリ波サブミリ波天文学の歴史と成果

1982年に開所した野辺山宇宙電波観測所の大型電波望遠鏡群は、原始惑星系円盤やブラックホールを発見するなど、日本の電波天文学の研究レベルを一躍世界トップの座に押し上げました。また、大学でも工夫を凝らした中・小口径の電波望遠鏡が作られ、ALMAが見る南天での天文学研究のパイロット役を果たしています。



ALMAの建設・運用スケジュール

日本の電波天文学グループは、約25年前にALMA計画の前身となる大型ミリ波サブミリ波干渉計 (LMSA) 計画を構想しました。アメリカでも同時期にミリ波干渉計 (MMA) 計画が、やや遅れてヨーロッパでも大型南天干渉計 (LSA) 計画がそれぞれ構想されました。これらの3計画が2001年に統合され、全世界規模のALMA計画になりました。



国立天文台チリ観測所

〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

phone : 0422-34-3843 fax : 0422-34-3764

email : alma-info@nao.ac.jp

URL : <http://alma.mtk.nao.ac.jp/j/>



ヨーロッパ南天天文台

European Southern Observatory

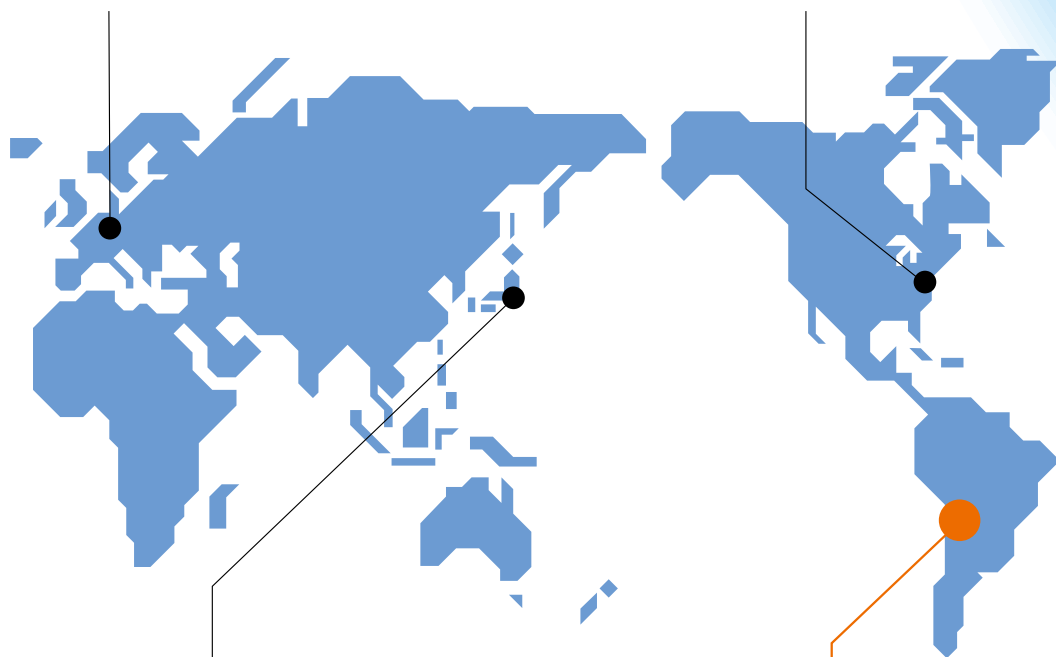
<http://www.eso.org/>



米国国立電波天文台

National Radio Astronomy Observatory

<http://www.nrao.edu/>



国立天文台

National Astronomical Observatory of Japan

<http://www.nao.ac.jp/>



合同アルマオフィス

Joint ALMA Office (JAO)

合同アルマ観測所

Joint ALMA Observatory (JAO)

<http://www.almaobservatory.org/>