

ALMA

アルマ望遠鏡ってなんだろう？



これがアルマ望遠鏡だよ。
干渉計方式の巨大望遠鏡で、
全部で66台あるよ。
ボクの左にあるトランスポーター
っていう専用車で動かすんだよ。

すごい、すごい！
アンテナがたくさん
あるね！

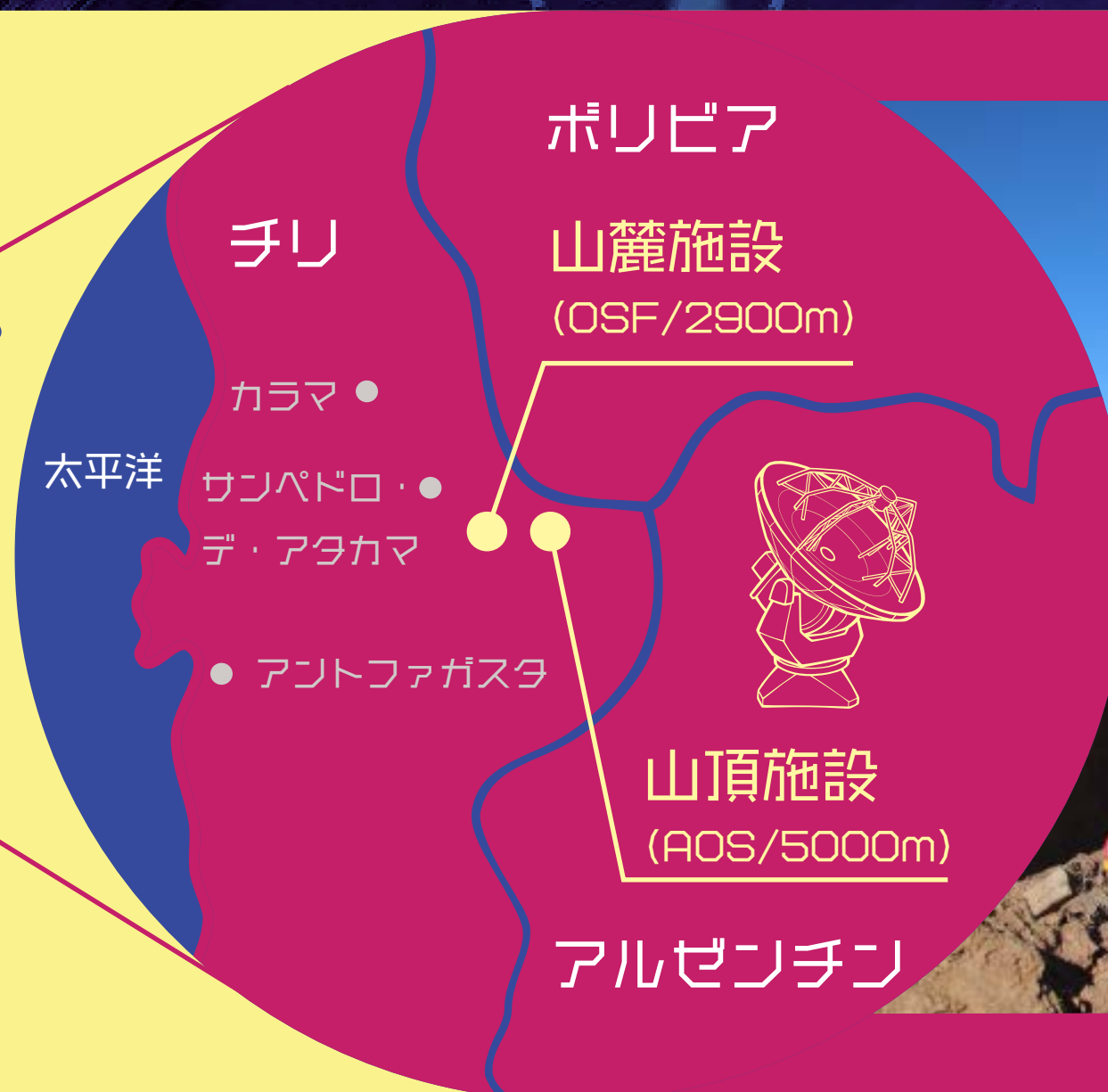


アルマ望遠鏡は、南米のチリ共和国北部・アタ
カマ砂漠の標高5000mの高地にあります。

チリは乗継ぎしないといけない
から、とても時間がかかるよ。
さらにサンティアゴからカラマま
で飛行機で2時間、そこから山麓
施設まで車で2時間かかるんだ。



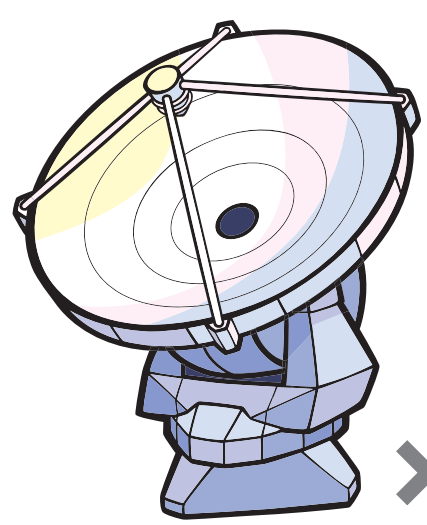
だいたい40時間



アタカマはズーッと、こんな砂漠で
とっても乾いているんだよ～
向こうのほうに山麓施設がみえるね！

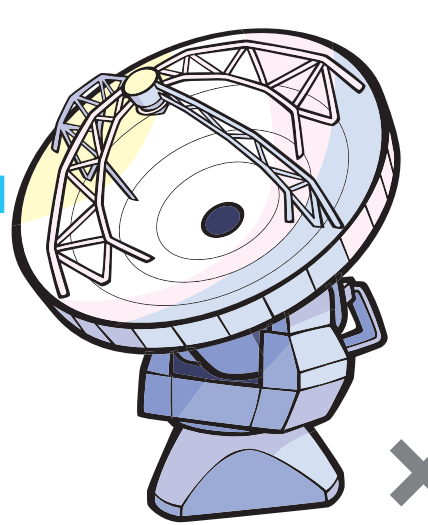


ヨーロッパの
12m アンテナ25台



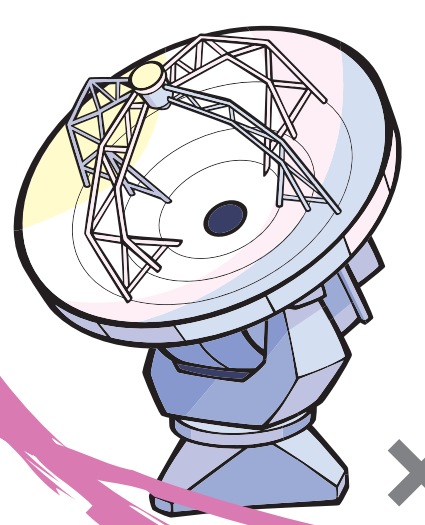
× 25

北アメリカの
12m アンテナ25台

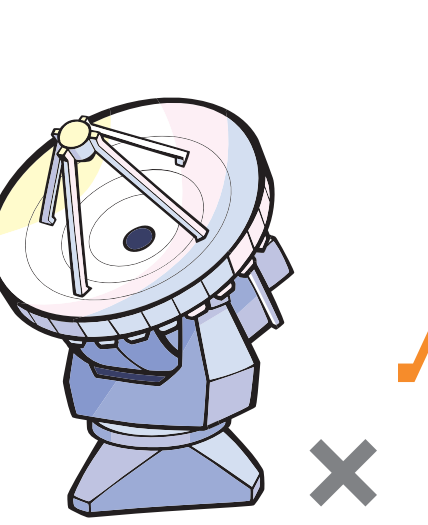


× 25

日本の12m アンテナ4台
日本の7m アンテナ12台



× 4



× 12

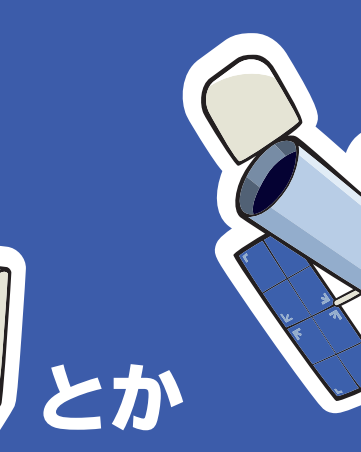
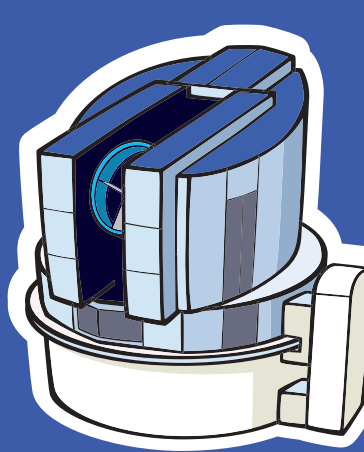
アルマ望遠鏡 計66台

日本が主導する東アジア、北アメリカ、ヨーロッパ、
そして設置国のチリを加えた22の国と地域によ
る国際共同プロジェクトで、30年にわたる構想・建
設を経て2013年に本格観測が始まったよ。



すばる望遠鏡

ハッブル宇宙望遠鏡



とか

の視力

× 10 =

アルマ望遠鏡



の視力

アルマ望遠鏡はすばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡の約10倍の視
力を持ち、今まで明らかにされていなかった銀河や星・惑星の誕生
や進化についての謎が、次々に解明されているよ！



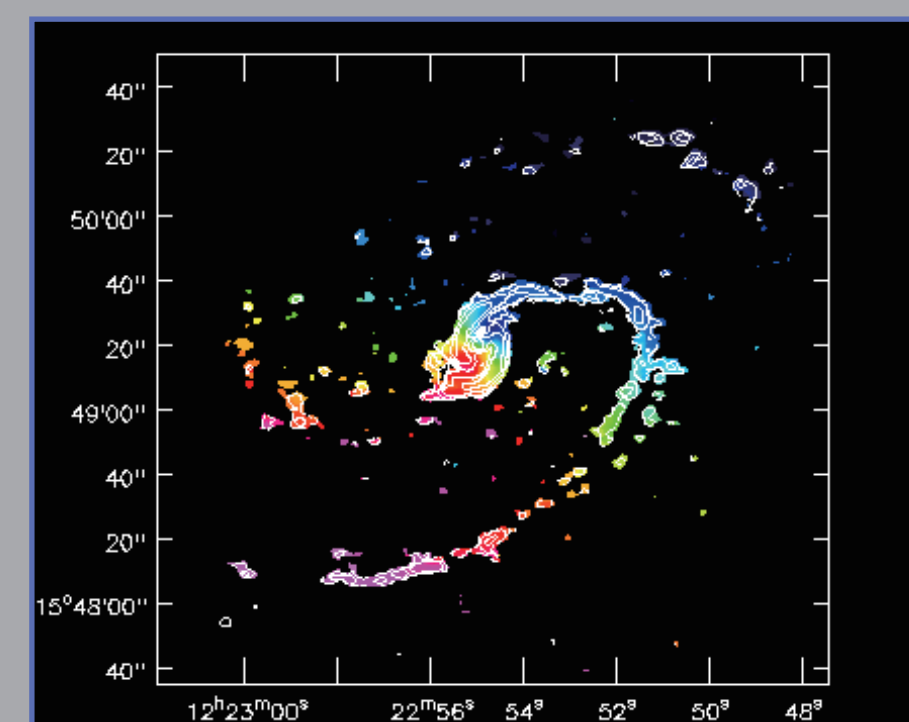
大阪にある
1円玉が
東京から
見える！



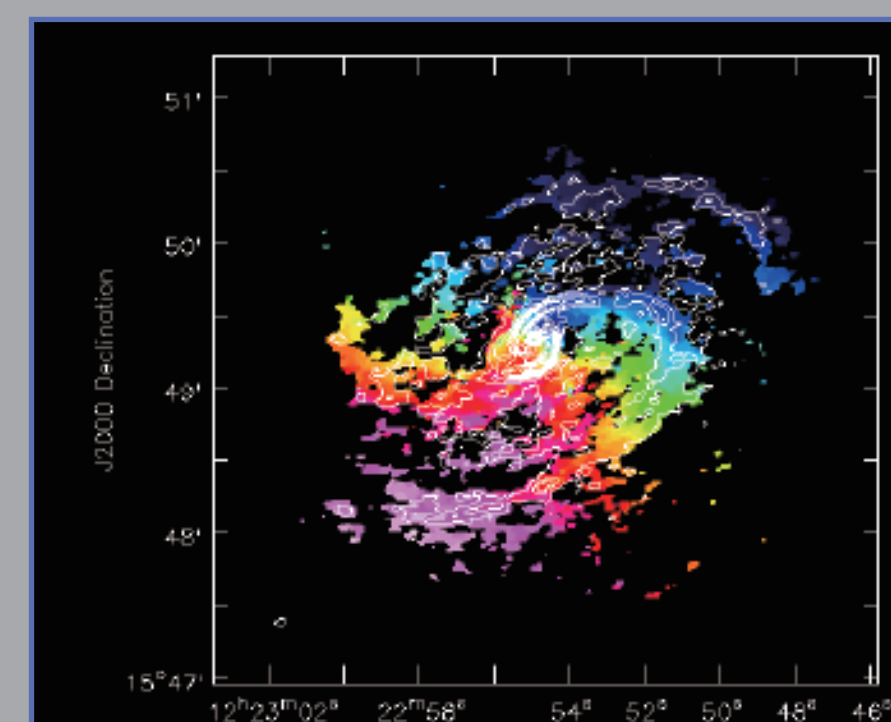
モリタアレイ
(ACA:アタカマコンパクトアレイ)



日本は、高精度パラボラアンテナ16台、超
伝導受信機3種類(米欧製含む全アンテナ
に搭載)、日本製アンテナで集めた信号を処
理するための高速相関器を開発したよ。日
本製アンテナ16台と受信機・相関器からな
るシステムを「モリタアレイ」と呼ぶよ。



モリタアレイなし



モリタアレイあり

モリタアレイは、アメリカやヨーロッ
パのアンテナでは観測しにくい「広が
った天体」からの電波をとらえて、電
波写真の画質を向上させるんだよ。
こうやって並べて比べてみるとかな
り違うね！



AOS

Array Operations Site

山頂施設

約20kmにわたって広がる広大な敷地に66台のパラボラアンテナが設置され、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もあります。

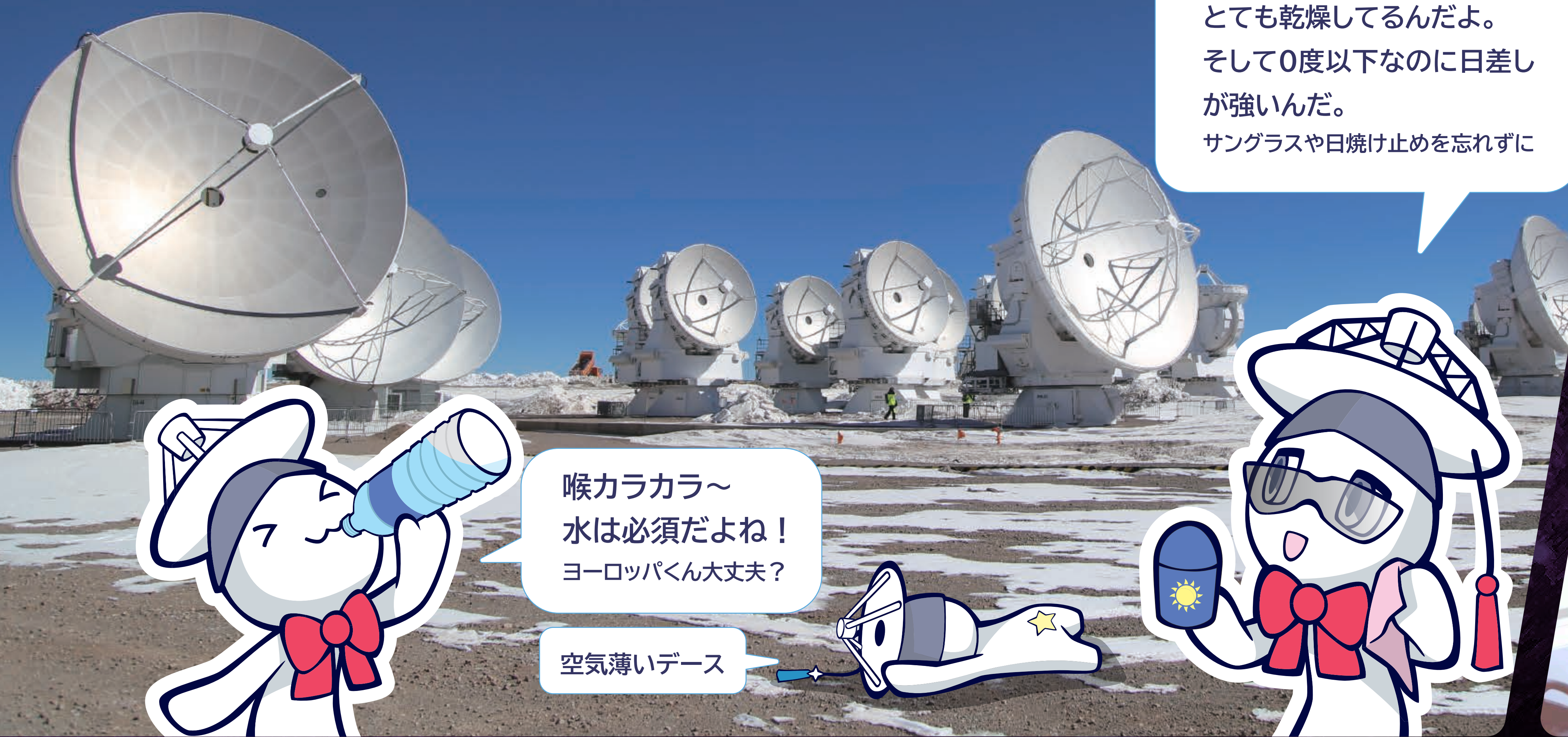


アタカマ砂漠は標高5000mにある砂漠で、空気が薄くて、とても乾燥してるんだよ。そして0度以下なのに日差しが強いんだ。サングラスや日焼け止めを忘れずに

アルマ望遠鏡の場合
標高5000m
サブミリ波
鏡面精度
25マイクロメートル

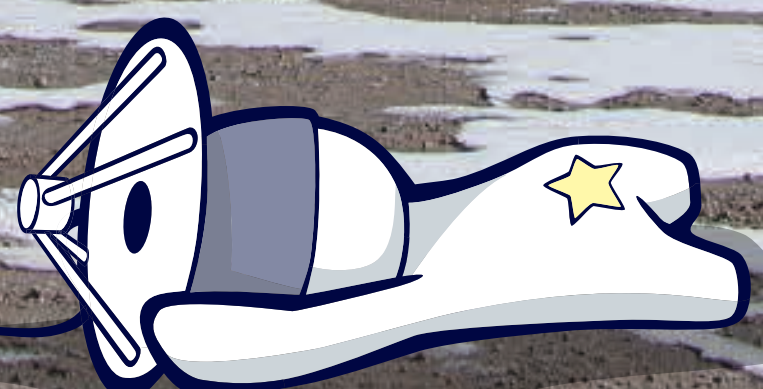


なぜ、こんな過酷な場所にあるのかというと、波長の短い電波…サブミリ波をとらえることができるからだヨ。サブミリ波は水蒸気で吸収されてしまうから、水蒸気が少ない乾燥した標高の高い場所が適しているんだ。



喉カラカラ～
水は必須だね！
ヨーロッパくん大丈夫？

空気薄いデース



これが相関機だよ。多分、世界で一番高い場所にあるスーパーコンピューターだよ。



OSF

Operations Support Facility

山麓施設

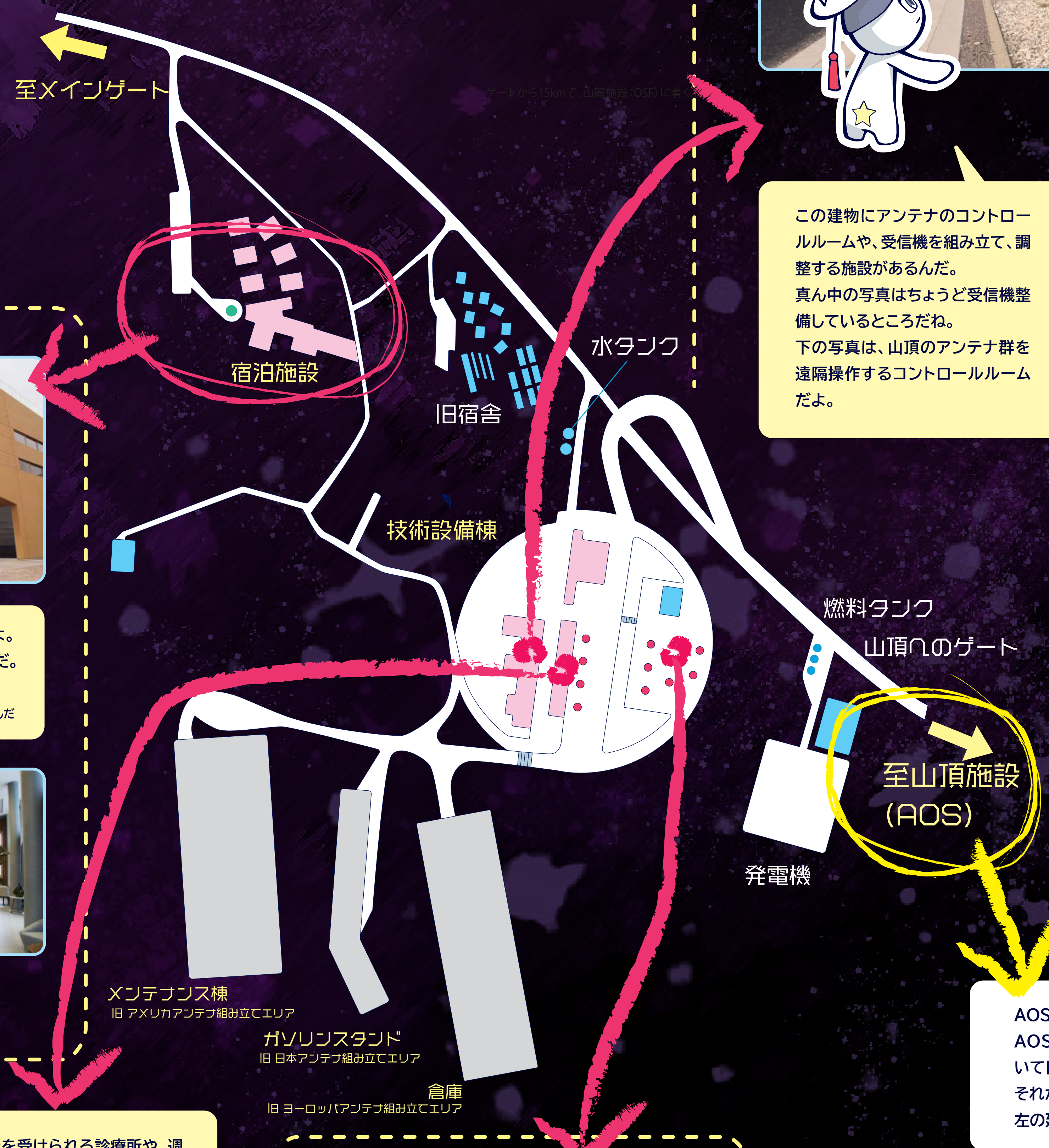
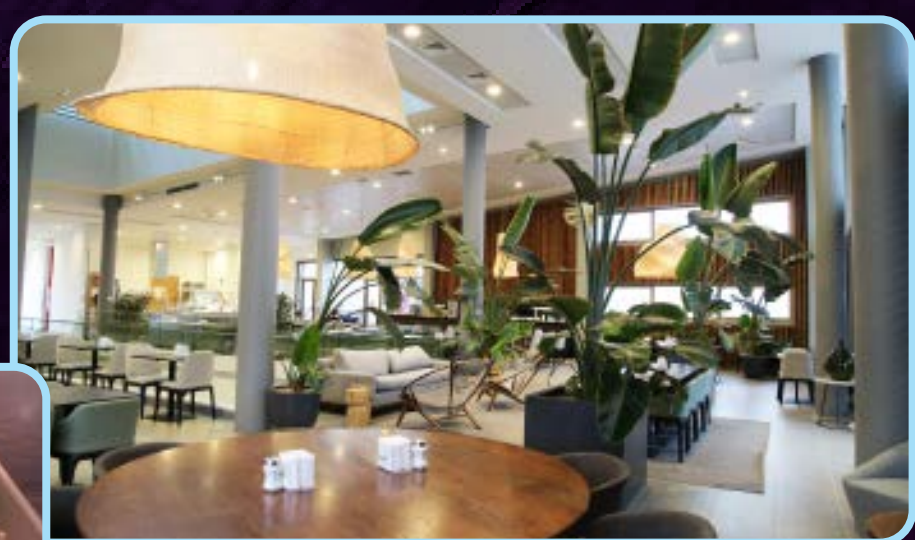
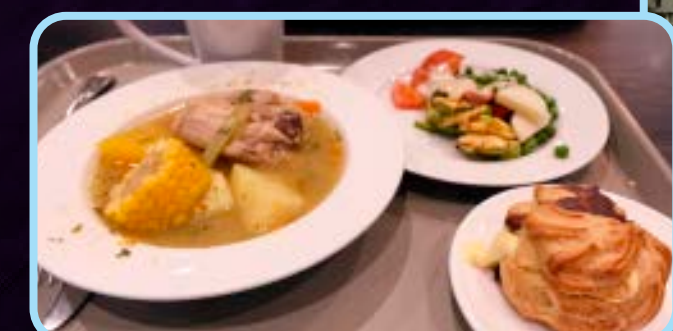
標高5000mは人間にも機材にも過酷な環境のため、山頂施設(AOS)に観測者や技術スタッフが常駐することはありません。標高約2900m地点に山麓施設(OSF)があり、AOSにある望遠鏡の遠隔操作や各種観測装置のメンテナンスなどを行っています。



アルマ望遠鏡への入り口だ。ここから先はアルコール厳禁だぜ。



ゲートから15kmで、山麓施設(OSF)に着くよ。OSFには通常150人～200人働いているんだ。だから宿泊施設や食堂も完備されているよ。この左のスープはカスエラというチリの代表的な家庭料理なんだ



この建物にアンテナのコントロールルームや、受信機を組み立て、調整する施設があるんだ。真ん中の写真はちょうど受信機整備しているところだね。下の写真は、山頂のアンテナ群を遠隔操作するコントロールルームだよ。



AOSとOSF間のアンテナの移動はトランスポーターで行うよ！



AOSへは約30kmあるから結構時間かかるんだ。AOSは海拔0mの半分しか酸素がなくて、乾燥していて日差しや風も強いから、無理しちゃダメだぜ。それから8時間以上山頂に滞在するのは禁止なんだ。左の建物は相関器がある建物だ。



健康診断を受けられる診療所や、週末の一般見学のためのビジターセンターがあるよ。山頂に登る前にここで健康診断するんだって。山頂は空気薄いから酸素ボンベを忘れずに～



アンテナをここでメンテナンスするヨ。修理終わったらまた山頂に戻すんだ。



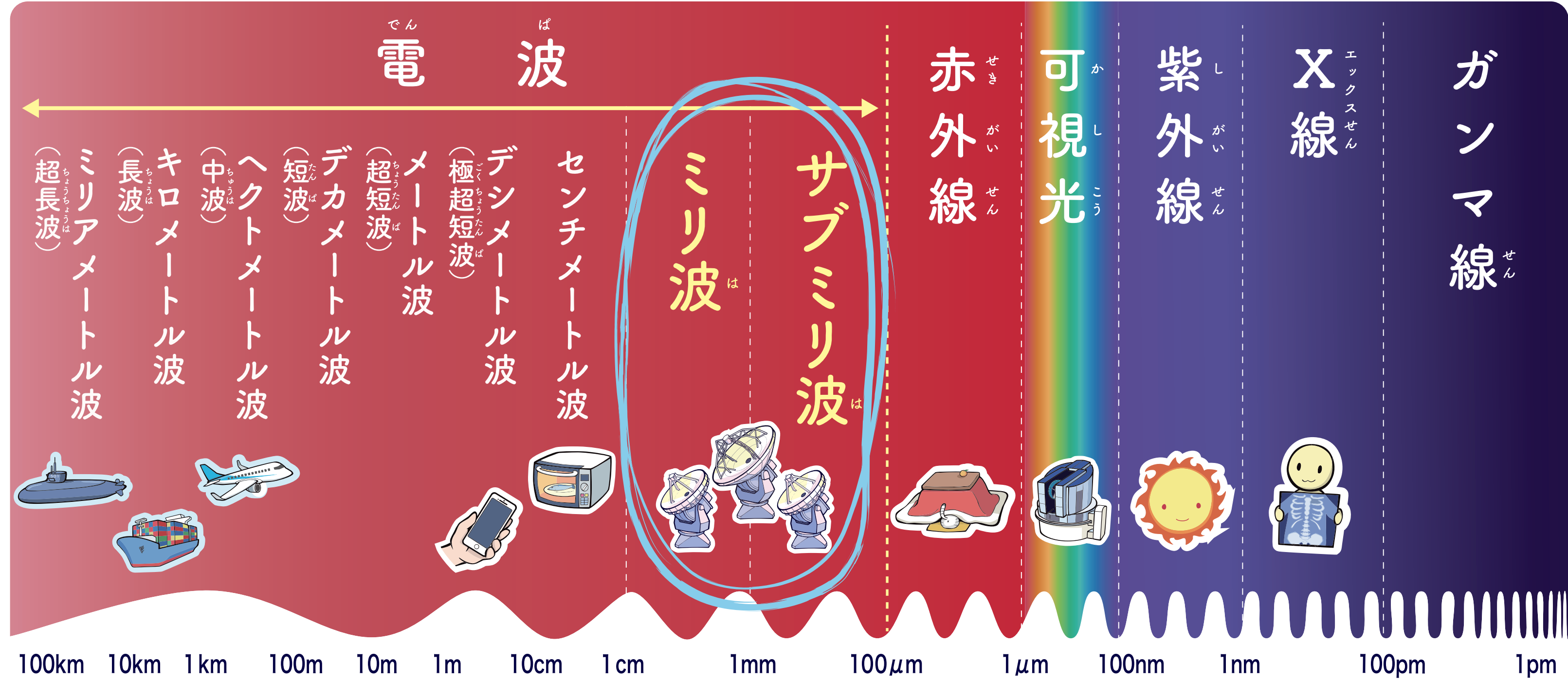
ミリ波・サブミリ波ってなんだろう？

アルマ望遠鏡はミリ波とサブミリ波を観測できるんだよ！

はい、はい！先生！

ミリ波とかサブミリ波って何？

ええ?!
今まで知らないで
観測してたの?!



まず、電波は電磁波の一種だよ。ガンマ線やX線、紫外線、可視光、赤外線も同じ電磁波の仲間なんだ。波長によって、名前や性質が変わるよ。電波の中で、波長が数mmの電波を「ミリ波」、波長1mm以下の電波を「サブミリ波」と呼ぶんだよ。

赤外線より電波のほうが波長が長いんだね～
コタツあったかそう～

いろいろな波長で観測したアンテナ銀河



同じ天体でも、違う波長で観測するとぜんぜん違う姿が見えるんだね～

ミリ波・サブミリ波を観測する

ミリ波・サブミリ波は、星々の間にただようガスや塵から出てきます。

星間のガス・塵

ガスや塵は、場所によってはマイナス260℃という極低温のため、光を放つことができません。

ボクたち、低体温～

必殺！
ミリ波・サブミリ波！

しかし、ミリ波・サブミリ波なら出すことができます。

おおおお～

へろへろ～

ガスや塵は星や惑星の材料になります。

ガス雲や円盤の中に含まれるガスや塵がミリ波・サブミリ波を出している。

サブ波・サブミリ波を観測することで星や惑星、銀河の誕生の謎に迫ることができます。

ガスにはさまざまな分子が含まれていて、分子ごとに少しずつ異なる波長の電波を出しています。

この分子が電波を出している

電波の波長を分析することで、分子の種類や量、温度や運動のようすを明らかにすることができます。

アルマ望遠鏡の3大目標

宇宙にただようガスや塵が放つミリ波・サブミリ波を観測することで、アルマ望遠鏡はさまざまな宇宙の謎に挑んでいるよ！

銀河誕生の謎

私たちが住む天の川銀河は、1千億の星の集まりです。宇宙にはこのような銀河が何千億個もあるといわれます。では、最初の銀河はいつどのように生まれ、どのように進化してきたのでしょうか？アルマ望遠鏡は、遠くの宇宙＝太古の宇宙を観測し、銀河の誕生と進化の謎に迫ります。

惑星系誕生の謎

太陽系はどのように生まれたのでしょうか？数多く見つっている太陽系外惑星は、どのように作られたのでしょうか？アルマ望遠鏡は高い解像度で若い星のまわりを観測し、惑星系誕生の現場を電波写真に撮ることによって、太陽系のルーツをも明らかにしようとしています。

物質進化の謎

地球生命の材料であるアミノ酸は、宇宙に存在するのでしょうか？存在するとしたら、どの星のまわりにもあるのでしょうか？それとも珍しい存在なのでしょうか？アルマ望遠鏡は、アミノ酸やさまざまな有機分子が放つ電波を宇宙に探し、生命の起源と宇宙のかかわりに迫ります。

単一鏡と干渉計

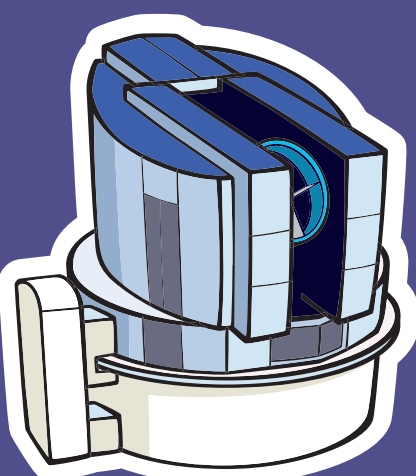
望遠鏡の口径についての初歩的知識

口径10cmの場合



ぼんやり

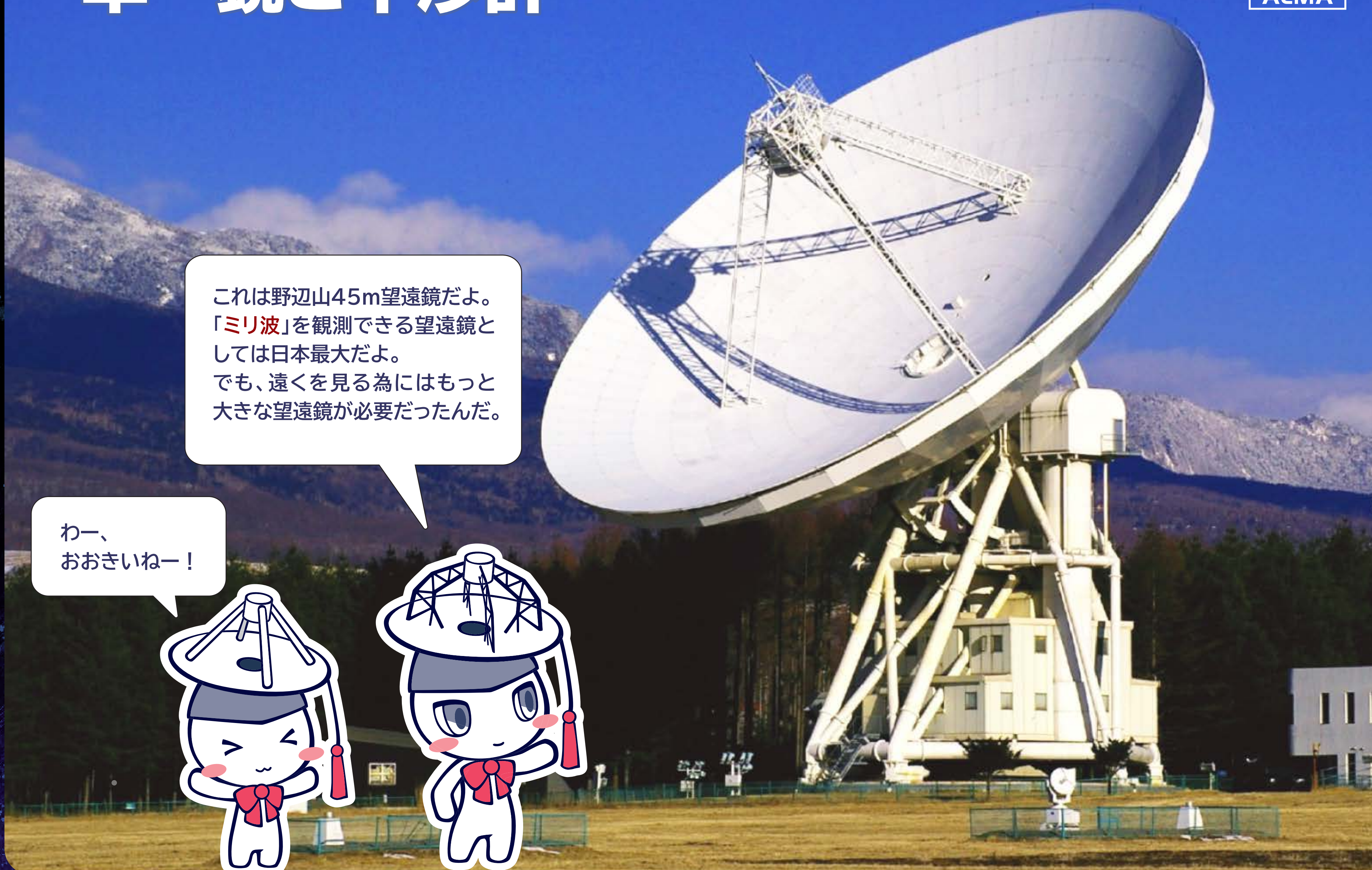
口径8mの場合



くっきり



望遠鏡は、口径が大きいほど解像度(視力)が上がって、感度も高くなるよ。大きな望遠鏡ほど細かくて暗い天体まで見えるんだ。



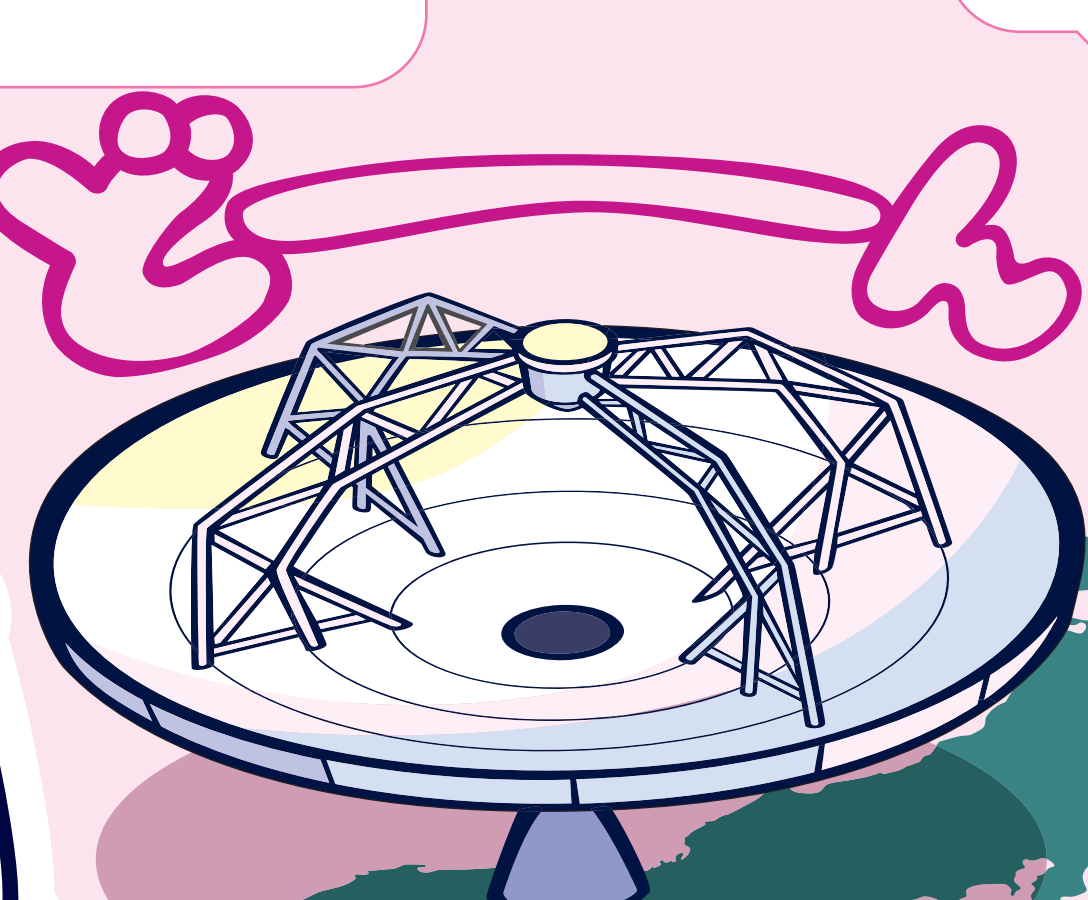
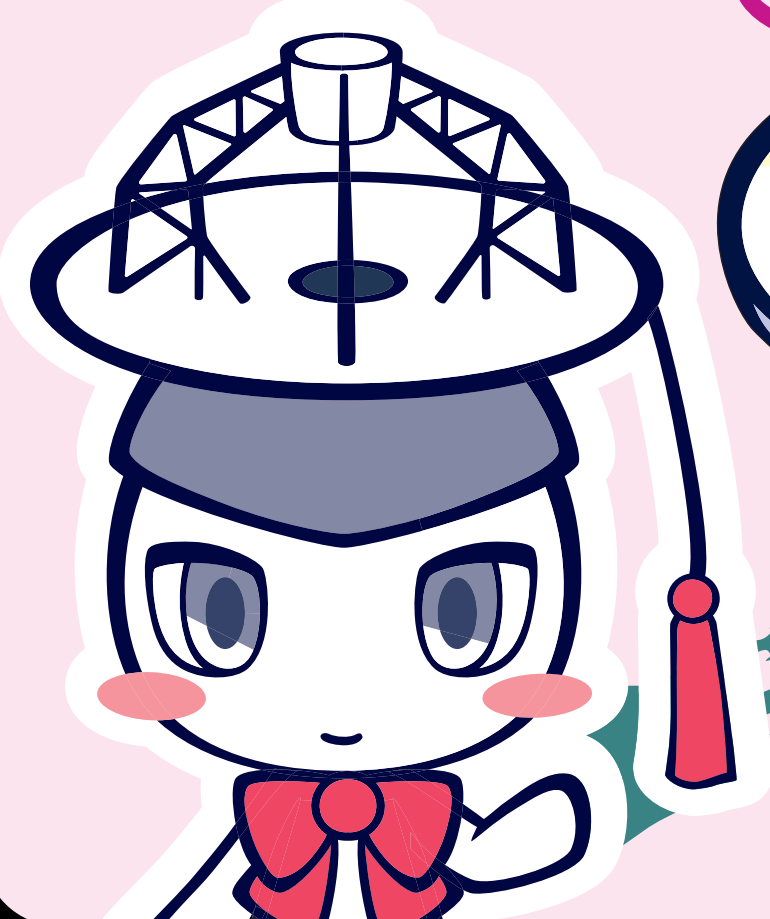
これは野辺山45m望遠鏡だよ。「ミリ波」を観測できる望遠鏡としては日本最大だよ。でも、遠くを見る為にはもっと大きな望遠鏡が必要だったんだ。

わー、おおいねー！

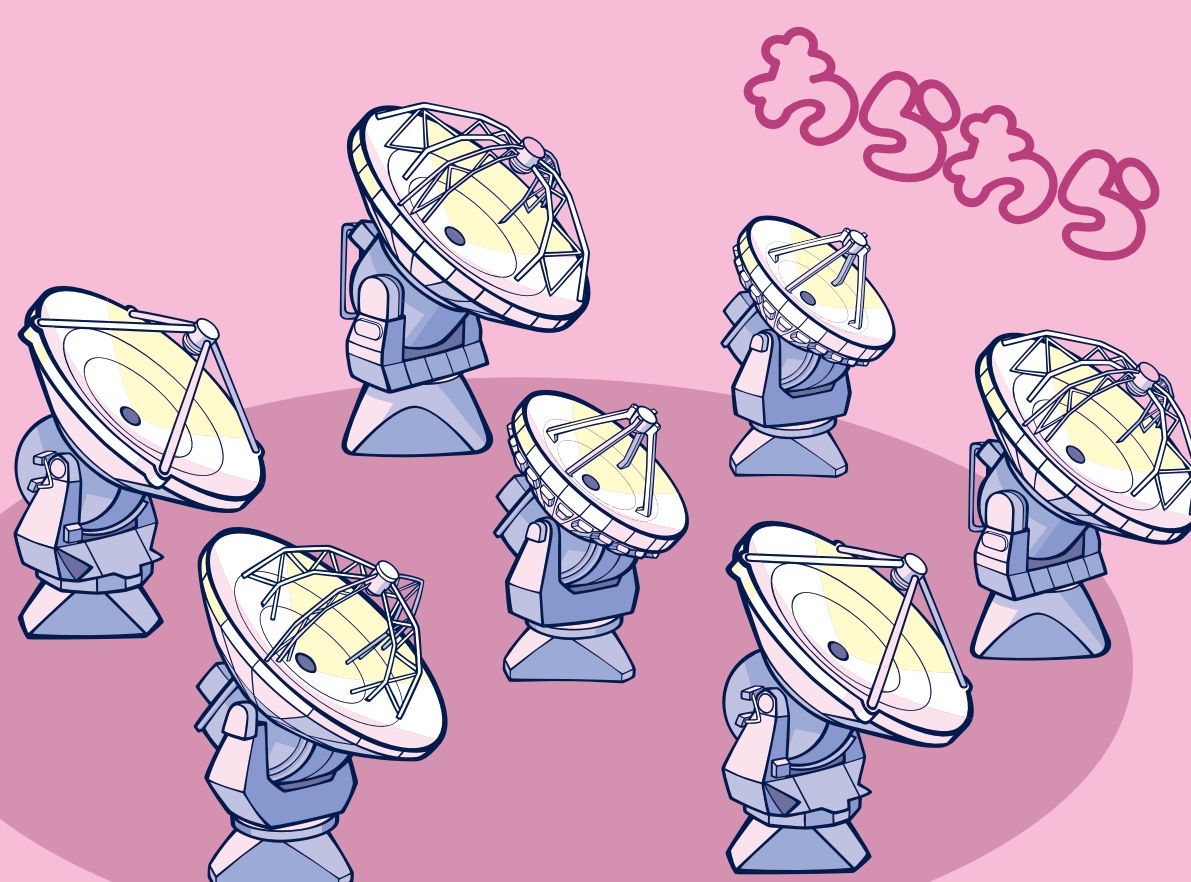


でも、直径が大きなパラボラを作るのは難しい...

自重で崩壊しちゃうよ~



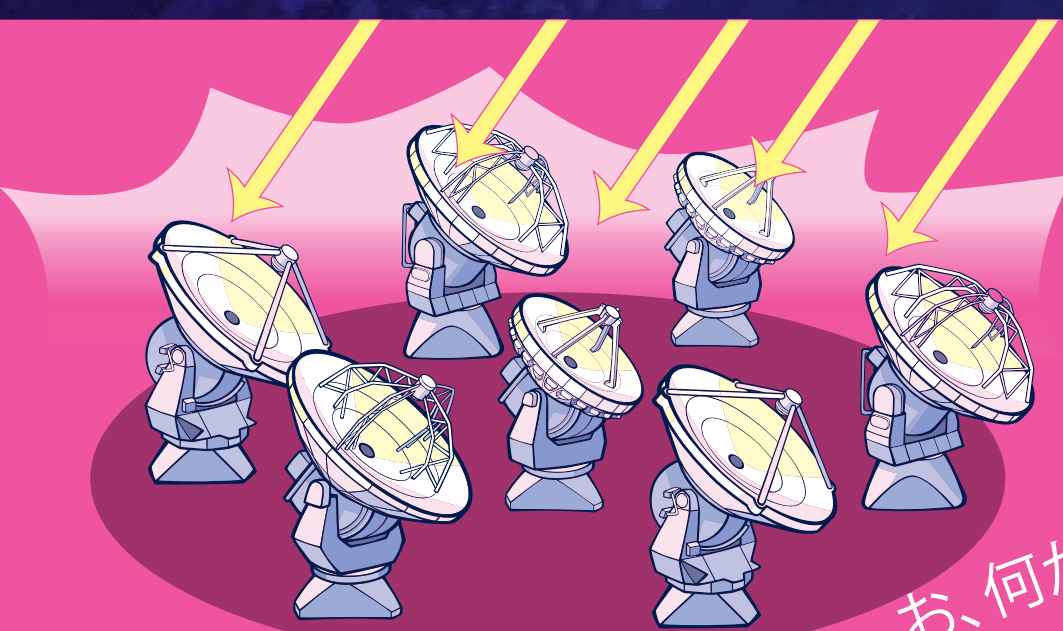
重いつす...
日があたらないつす...



だから、大きな望遠鏡の代わりにたくさんのパラボラアンテナを並べて...



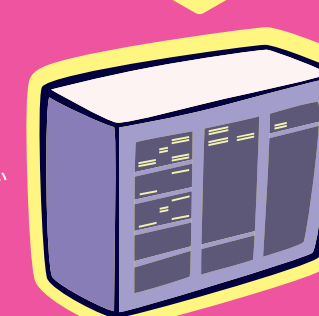
魔法陣みたい



アンテナで受信した電波を...

お、何かきた！
相關器さんに送っとけ

気軽に送ってくるけど
まとめるの大変なんやぞ...

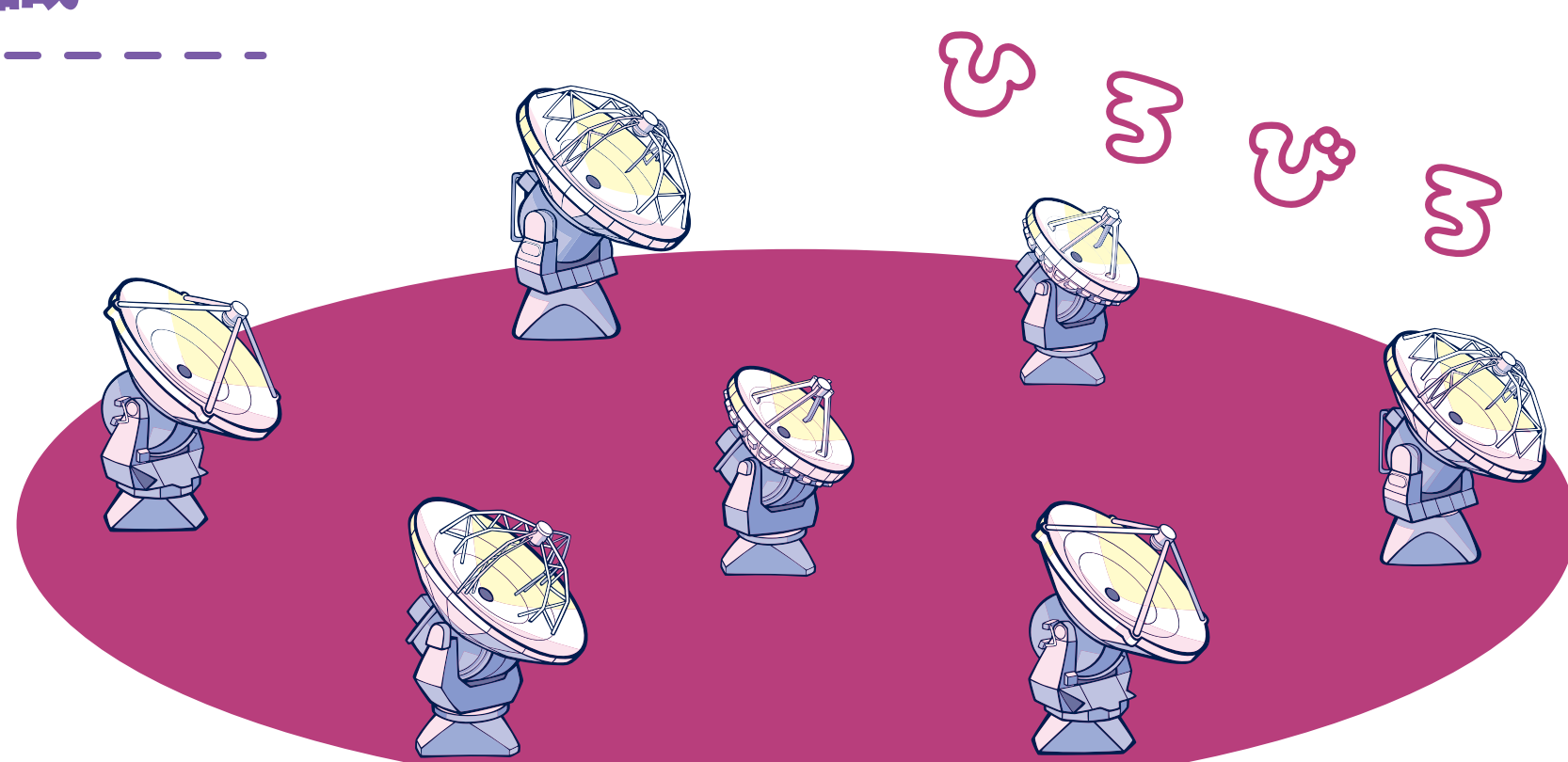
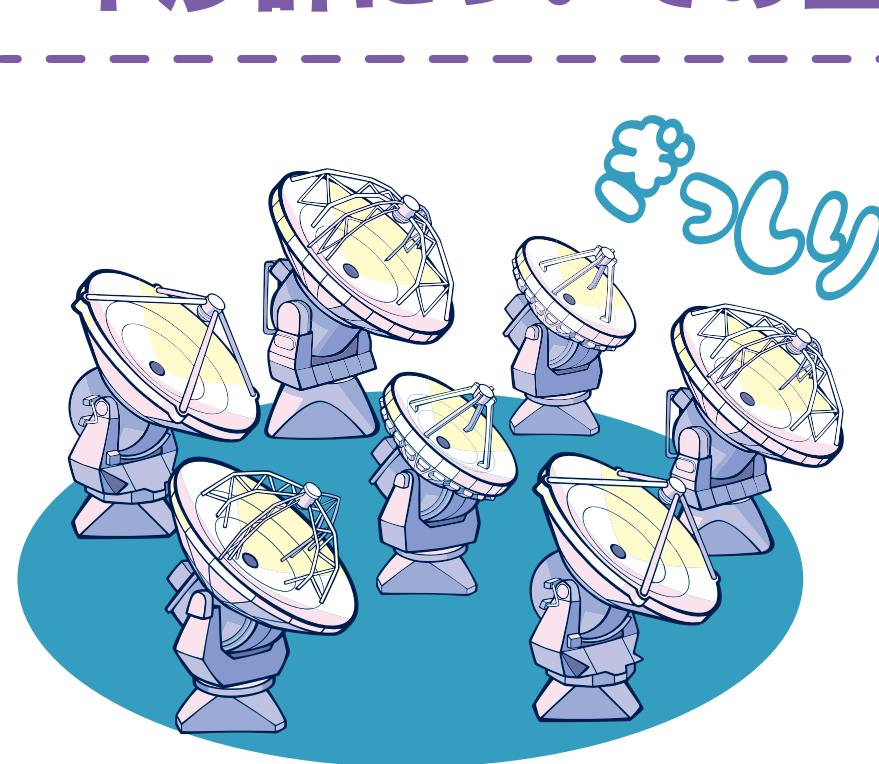


コンピュータ(相關器)で合成して...

「全体をひとつの電波望遠鏡として使う」という方法が考えられたよ。これを「干渉計」と呼ぶよ。



干渉計についての豆知識



16キロメートル



アンテナの間隔を広げること、同じ直径の望遠鏡と同等の視力を得ることができマース。つまり、16km広げると直径16kmパラボラで見てののと同じなんだヨ。

オレ達アルマ望遠鏡のアンテナは、16kmの範囲に広がれるんだ！山手線の直径と同じぐらいだな。



単一鏡

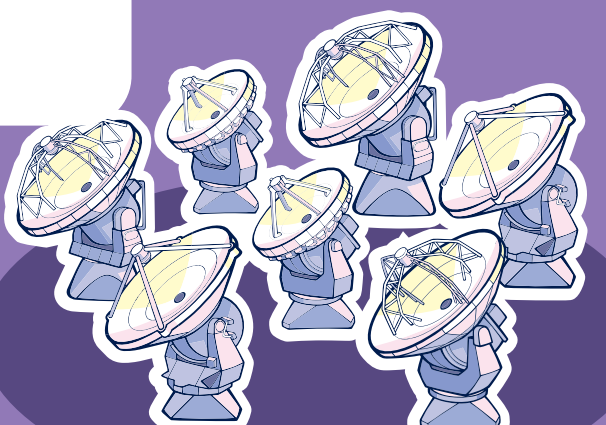


私のような単一鏡は、短い時間で広い範囲を観測できるのだ。カメラの広角レンズみたいなものだね。

大きく広がった構造や天体の全体像を観測するのが得意。

干渉計

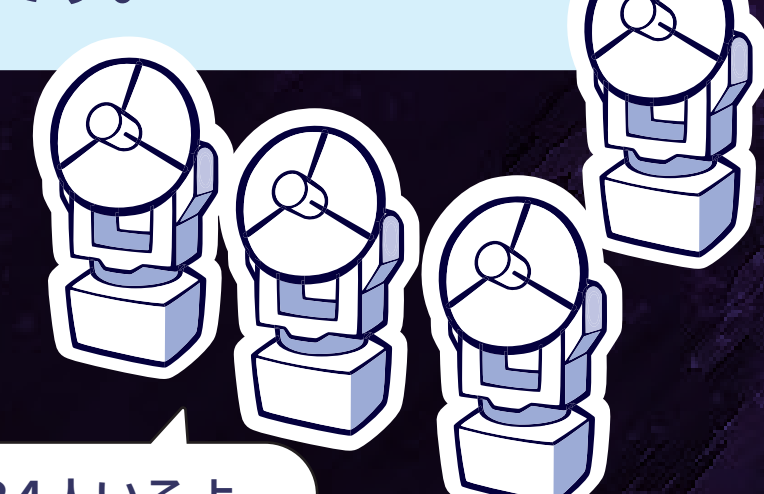
ボク達干渉計は、視力が良いから、狭い範囲を詳しく見ることができるよ。望遠レンズみたいなね。



天体の細かい構造をズームアップして観測するのが得意。



長野県の野辺山にある電波ヘリオグラフやミリ波干渉計も、干渉計方式の望遠鏡です。



ぼく達84人いるよ。



アルマ望遠鏡のあるアタカマ砂漠で、2004年から観測をしているアステ望遠鏡(口径10m)です。野辺山45m望遠鏡と同じく、単一鏡です。



アルマ望遠鏡の アンテナ・受信機・相関器

アルマ望遠鏡アンテナは、日米欧がそれぞれに開発を行ったため、形が違う4種類のアンテナ(口径12m 3種類、口径7m 1種類)があります。
形が違って、組み合わせることでひとつの巨大な望遠鏡として機能します。



7mなのはボク
だけだよ。
この写真欠席した人
みたいになってる～



これは、3種類の12mアンテナが同
時に整備されている、珍しい写真だ。
左が俺(アメリカ)、真ん中が日本、右がヨーロッパ

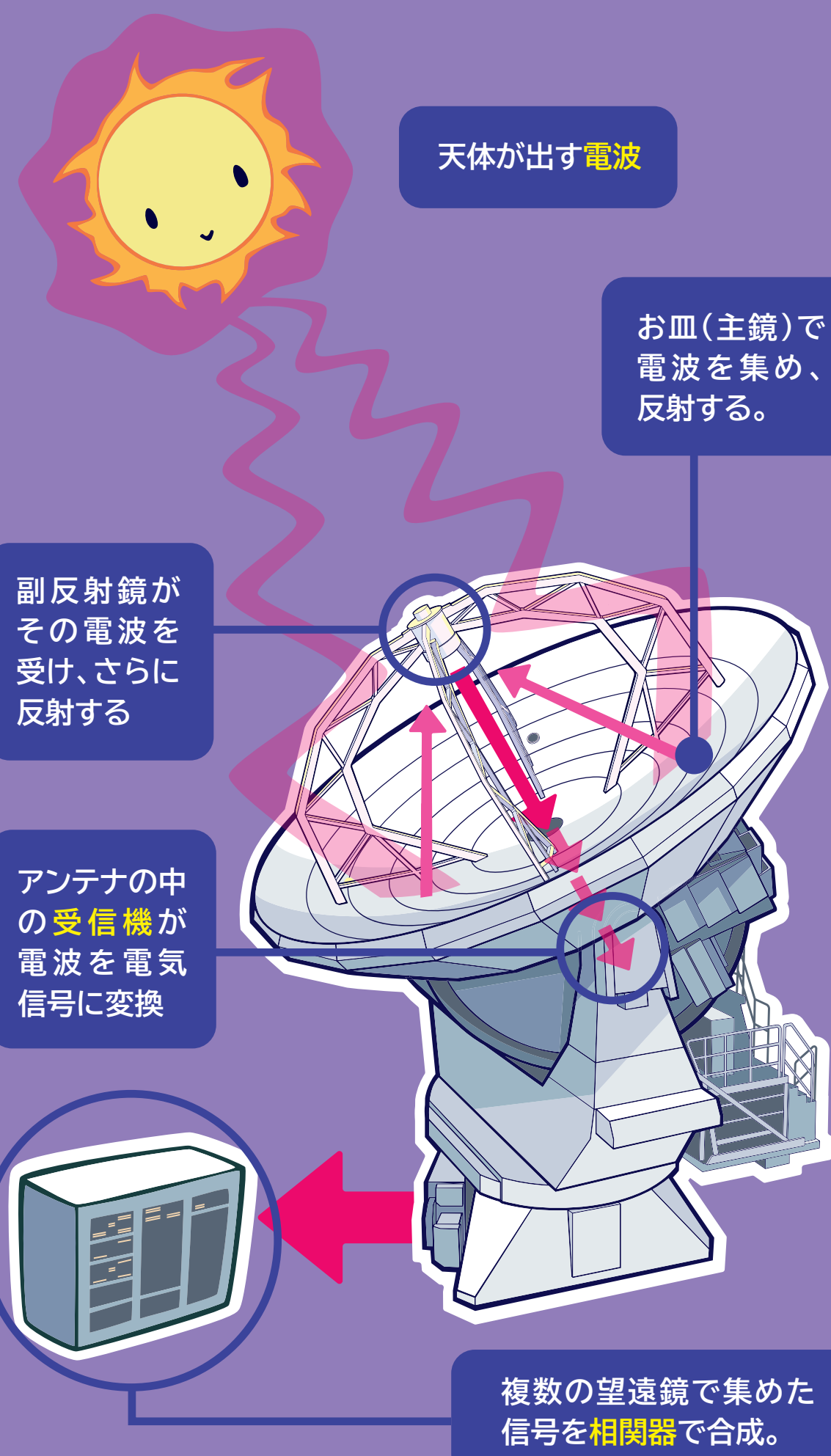


日本とアメリカとヨーロッパ、
それぞれ形が違うんだ。
どこが違うかわかるかな？

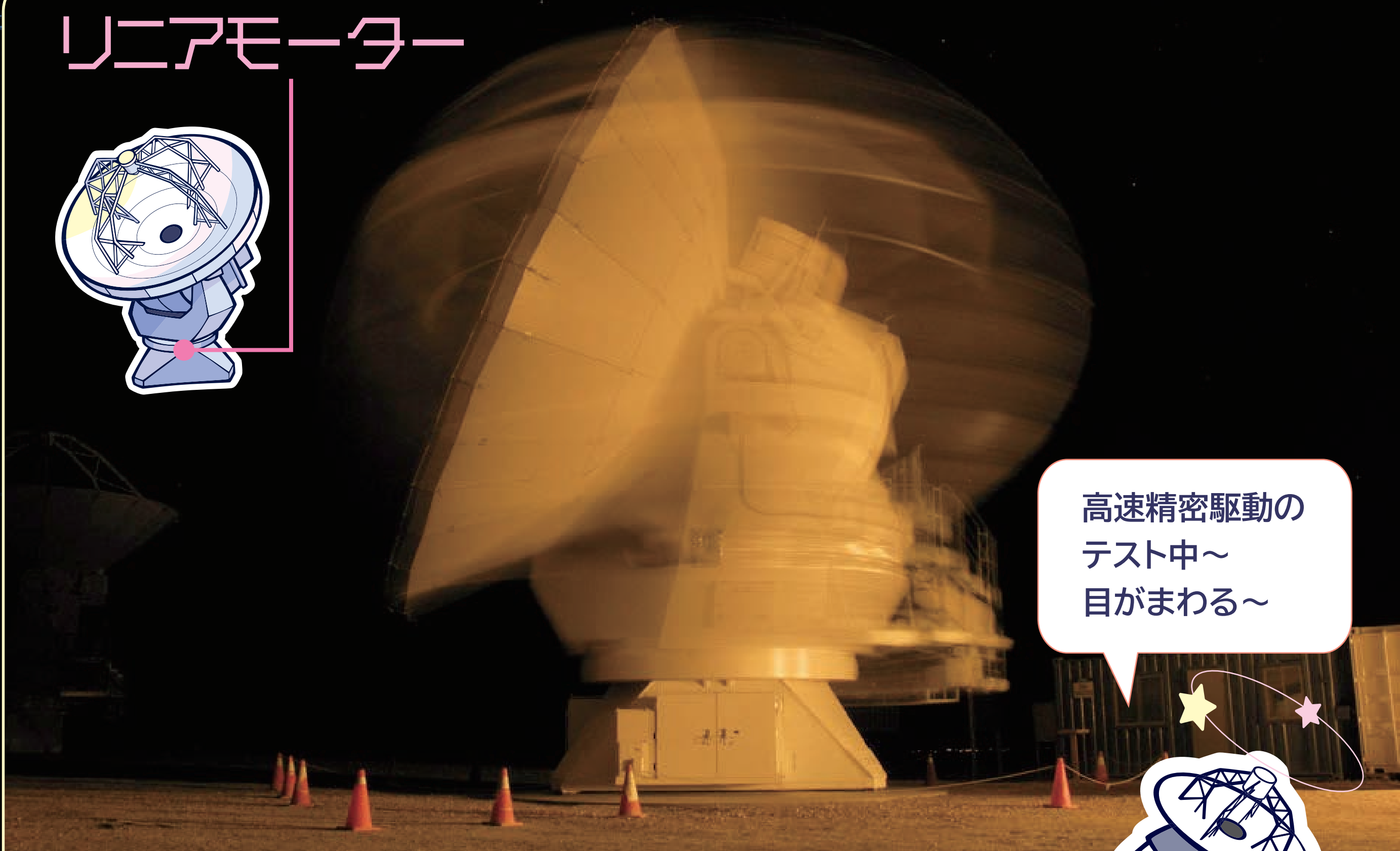
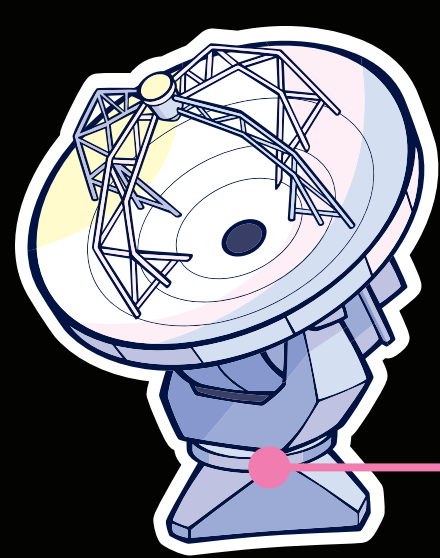


電波の集め方

アンテナは、目標の天体に狙いを定
め、そこからやってくる電波を集める
役割を持ちます。



リニアモーター

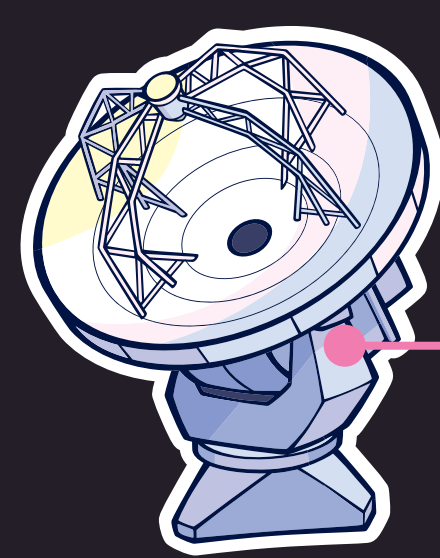


高速精密駆動の
テスト中～
目がまわる～

日本製アンテナは、アンテナを動かす部分に磁石の力を利用した
リニアモーターを採用しています。高速でアンテナを動かすことが
できるため、目標天体の切り替えをすばやく行うことができます。
また歯車などのかみ合わせがないため、非常に滑らかに騒音も少
なく天体を追いかけることができます。



受信機

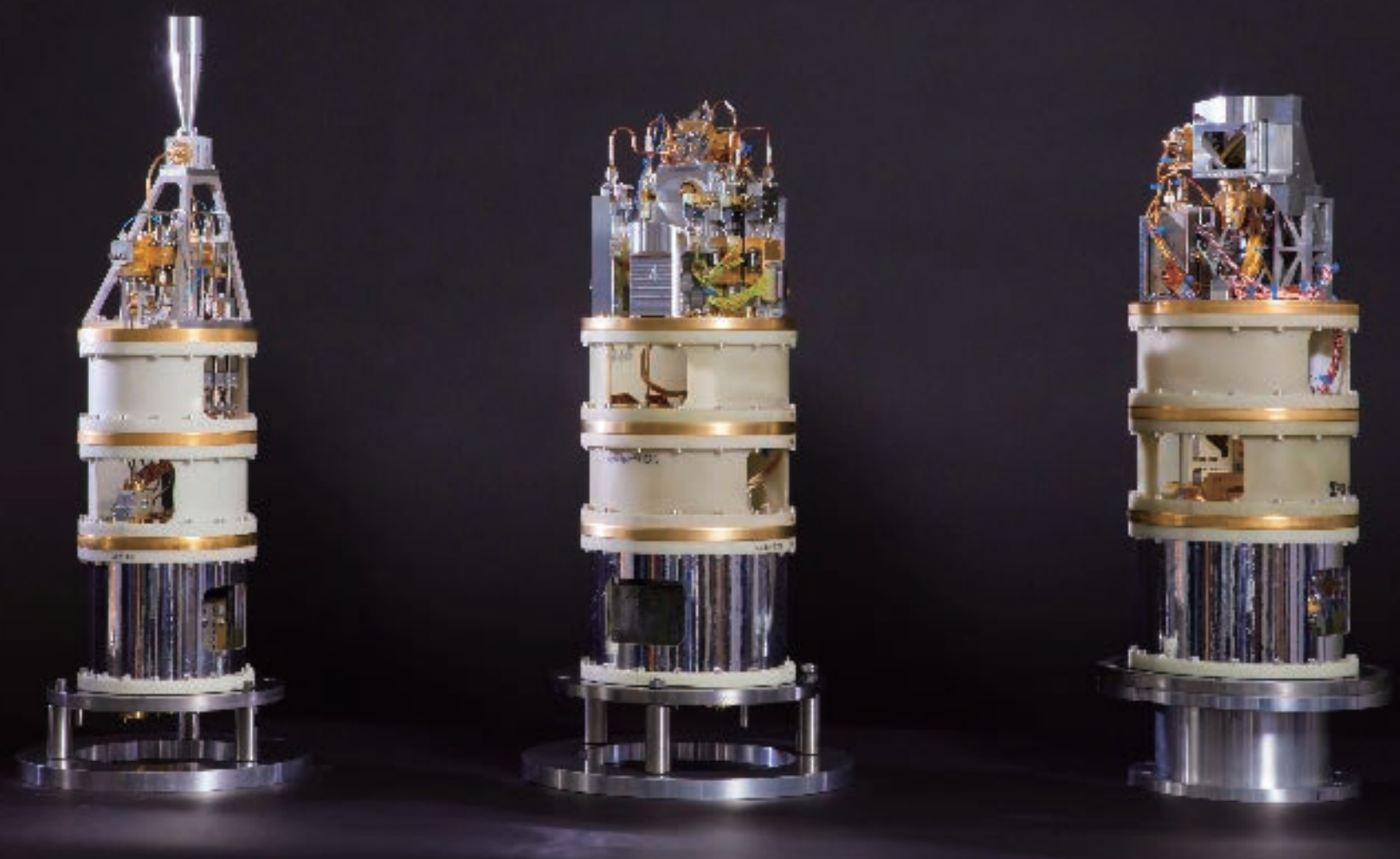


受信機は10種類ある
んだけど、日本が作っ
たのはこの3種類だよ。
バンド10が一番大変
だったんだって。

バンド4

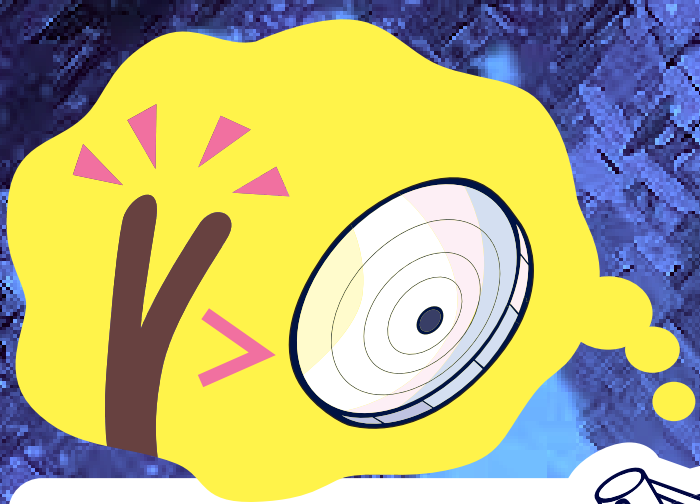
バンド8

バンド10

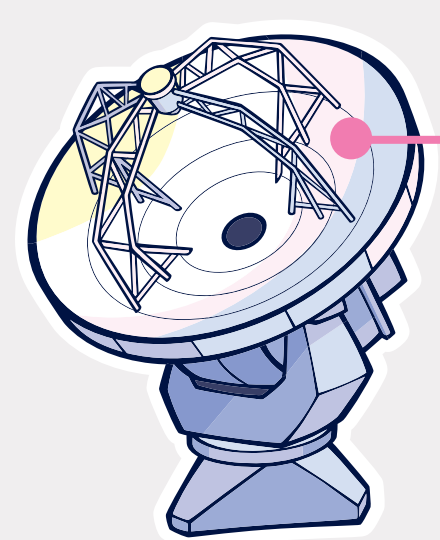


アンテナで集められた電波を電気信号に変換するのが「受信機」
の役目です。アルマ望遠鏡は周波数35GHzから950GHzまで
の観測周波数帯を10に区分し、それぞれ専用の受信機で受信し
ます。日本は、国立天文台先端技術センターがバンド4・8・10の
3種類の受信機の開発と製造を担当しました。これらの受信機
は飛行機でチリに送られ、アルマ望遠鏡山麓施設での性能試験
を経てアンテナに搭載されています。

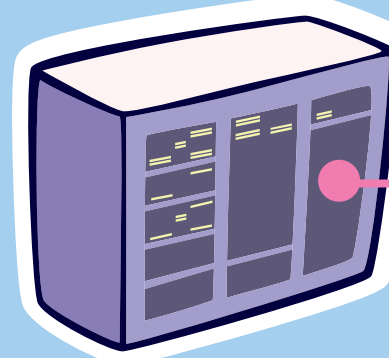
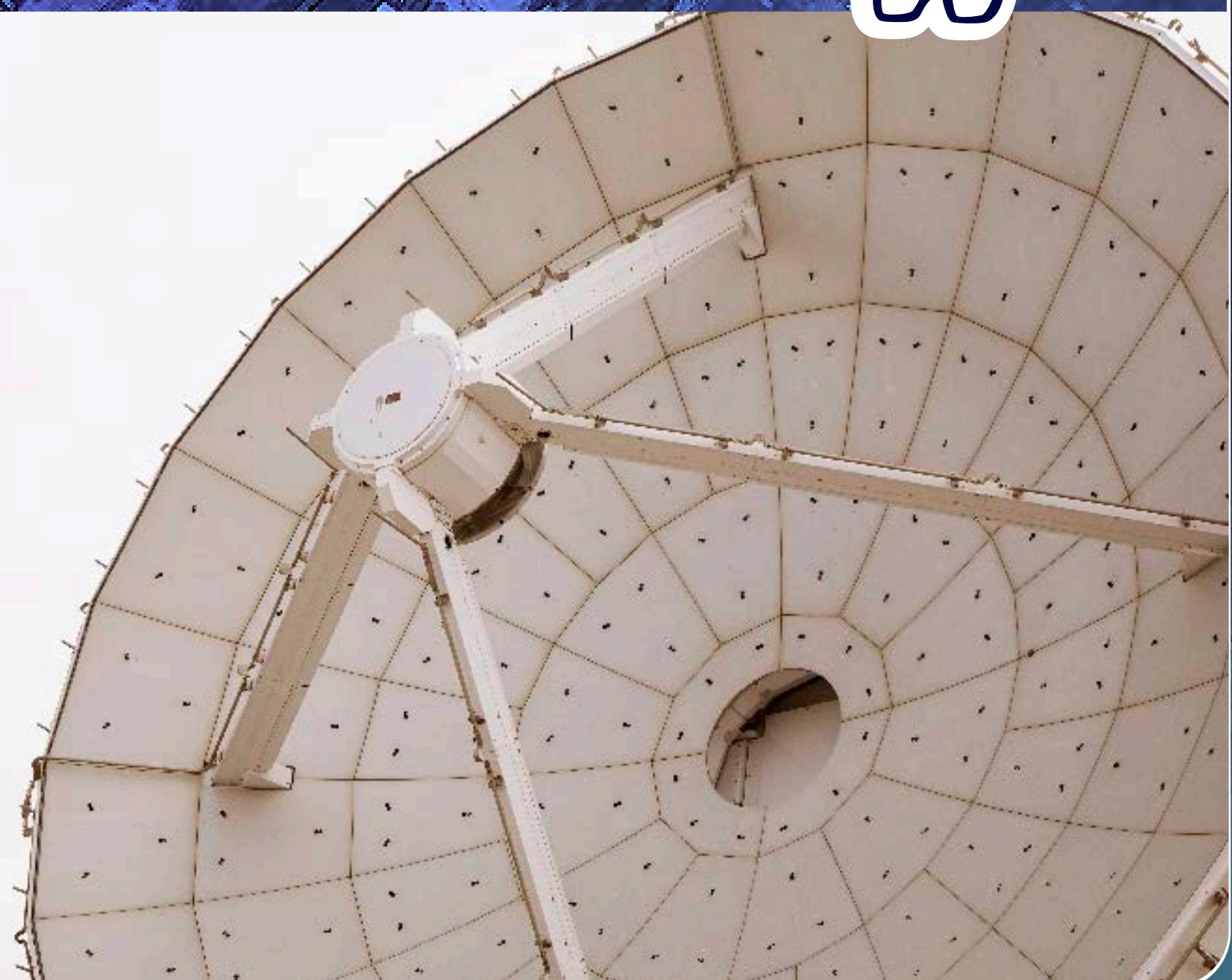
電波を正確に焦点に集めるため、アンテナの
表面はなめらかでなくてははいけません。アル
マ望遠鏡のアンテナは、表面の凹凸が25マ
イクロメートル(髪の毛の太さの約1/3)以下
という高い精度を実現しています。これは、
12mメートルのアンテナを東京ドームの大き
さに広げたとしても、0.5ミリメートルの凹
凸しかないことに相当します。



髪の毛の太さ
の1/3という
と、枝毛の太
さより細い？



アンテナ鏡面



相関器

ボク達アルマ望遠鏡
が一つの大きな望遠
鏡として機能するの
に必要なのが、この相
関器だよ。
これは日本のアンテナ用だよ～



日本が開発したモリタアレイ用相関器は、処
理速度が1秒間に120兆回という世界第一
線の計算速度を持つ専用コンピュータで、モ
リタアレイの16台のアンテナから送られて
くる毎秒256ギガバイトのデータを処理し
ます。米欧製の50台の12メートルアンテナ
からくる信号は、北米が開発した別の相関
器で処理されます。

