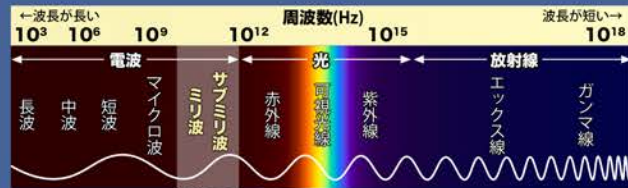


受信機のしくみ

集めた電波を見えるようにする

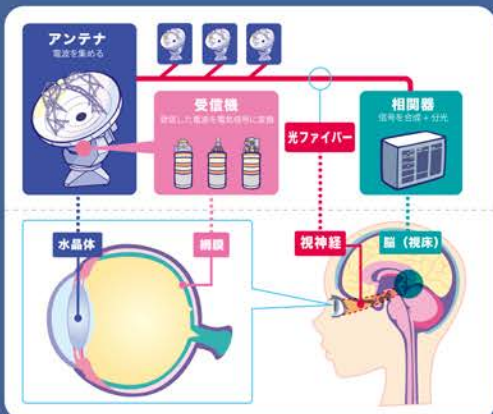
アルマ望遠鏡の受信機は、パラボラアンテナの「首」の部分に搭載されています。電波望遠鏡を人間の目に例えると、パラボラアンテナは水晶体に、受信機は網膜細胞に相当します。パラボラアンテナで集められた電波は、まず受信機に入ります。アルマ望遠鏡のそれぞれのアンテナには、最終的に30~950ギガヘルツまでの帯域をカバーする10個の受信機が搭載される計画です。受信機では電波が電気信号に変換され、電気信号は「相関器」と呼ばれるスーパーコンピュータで処理され、見えない天体を見ることができるようになります。



10個の受信機で分担

バンド	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
周波数 (GHz)	35	67	84	125	163	211	275	385	602	787
	~50	~116	~116	~163	~211	~275	~373	~500	~720	~950

▲アルマ望遠鏡はミリ波・サブミリ波という電波を10個の受信機(帯域)に分けて観測する



▲アンテナは目の水晶体、受信機は網膜細胞、相関器は脳の役割を果たす



▲日本が開発したバンド4, 8, 10の受信機

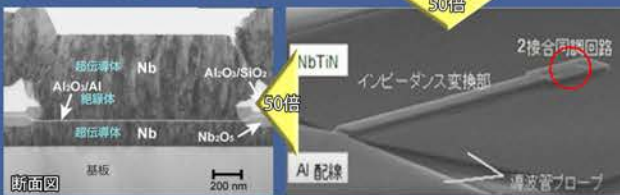


▲2022年現在バンド1一部搭載済み、バンド2開発中

▲-269℃の冷却容器に10本の受信機を収める計画

-269℃の極低温に冷やす

宇宙からやってくる電波は、非常に微弱であるため、電気信号の送受信では損失をできるだけ小さくする必要があります。そのため、アルマ望遠鏡の受信機では電気抵抗をゼロにする超伝導技術が生かされています。この超伝導現象を実現するためにマイナス269℃まで冷やされています。さらに、極低温まで冷やすことで、受信機そのものから発生するノイズも抑えることができます。

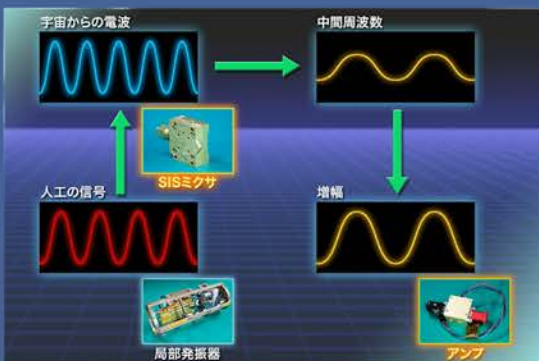


▲受信機の内臓部はマイクロの世界で様々な工夫が凝らされている

巨大望遠鏡を支えるミクロの技術

バンド3-8の受信機に入った電波は金属製のパイプを通してSISミキサと呼ばれる超伝導の集積回路に入ります。ここでは、キャッチした電波を扱いやすくするため、より周波数の低いセンチ波(4-12GHz)に変換されています。SISミキサは厚さ1ナノメートル(1ミリの100万分の1)の絶縁体を超伝導電極の間に挟んだサンドイッチ構造で、量子トンネル効果によって絶縁体に電流が流れると回路に入る電波の強さと周波数がわかります。このようなミクロの技術が受信機に利用されています。

もっと知りたい！電波の周波数を変えるしくみ

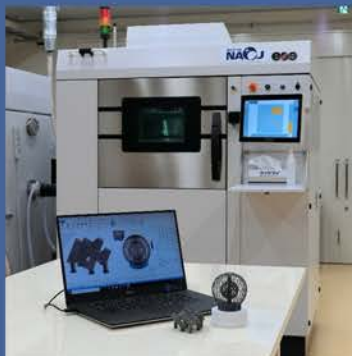


▲電波の周波数を下げるしくみはラジオと同じだが、低雑音のSISミキサが特徴。

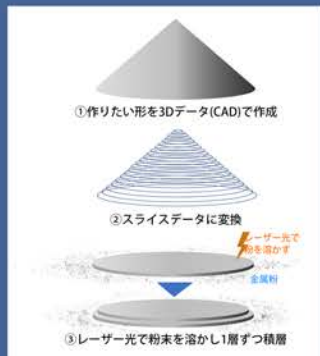
観測したい周波数とは少し異なる周波数の人工信号を受信機内で作ります。これと天体から届く電波を掛け合わせると、2つの差分の周波数を持つ信号が得られます。これを行うのが、SISミキサと呼ばれる装置です。ただし、このままでは弱い信号なので、最後にアンプで増幅します。これはラジオの受信機と同じしくみです。

金属3Dプリンターで部品を作る

望遠鏡の部品は特殊で生産数が少ないため、新たな部品を作るとなると時間もコストもかかります。そこで、3次元モデルデータから複雑な形状を素早く作ることができる3Dプリンターの登場です。国立天文台は、アルマ望遠鏡バンド1受信機に搭載する部品「コルゲートホーン」を金属3Dプリンターで製作しました。コルゲートホーンは、天体からの電磁波を最初に受けとめて検出器に集める役目を果たしています。この技術により部品を高速かつ正確に作ることができ、受信機の性能も向上することが期待されています。



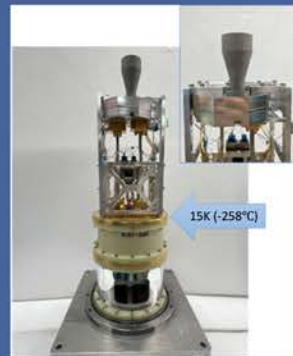
▲先端技術センターに導入された金属3Dプリンター



▲3Dプリンタのしくみ



▲金属3Dプリンターで作られたコルゲートホーン



▲受信機に取り付けられたホーン Credit:ASIAA