

世界最高性能のサブミリ波(テラヘルツ波)受信機の実現 —ALMA望遠鏡—

出典：自然科学研究機構国立天文台 ALMA 推進室ホームページ HP (<http://alma.mtk.nao.ac.jp/j/news/pressrelease/200906161765.html>) より抜粋

画像提供：国立天文台

ALMA (アルマ: Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) は日米欧の国際協力で建設中の究極の地上電波望遠鏡です。南米のチリ共和国の北部にあるアタカマ砂漠の標高約 5000m の高原 (図 1) に建設され、ハッブル宇宙望遠鏡やすばる望遠鏡の 10 倍の分解能 (0.01 秒角: 大阪にある 1 円玉を東京から見分けられます) で宇宙の謎を探ります。このアタカマ砂漠の上空にはいつも雲がなく、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場所です。そのため、高い周波数 (短い波長) の電磁波の観測が可能です、ALMA の波長域となるサブミリ波もとらえることができます。

ALMA で観測する周波数帯域は、ミリ波からサブミリ波 (周波数では 31.3 GHz から 950 GHz) と広範囲です。これらをカバーするため、観測周波数帯域を周波数が小さいものから順にバンド 1 からバンド 10 の 10 個に区分します。10 の周波数帯域のうち、まずは 7 種類の受信機を日米欧で製作します。

今回開発したバンド 10 (周波数 787GHz から 950GHz) 受信機は、このうちの最高周波数にあたります。すべての受信機はパラボラアンテナの中に配置されます。宇宙から来る微弱な電波はパラボラアンテナで受信され、マイナス 269 度に冷却された受信機に入ります。受信機内に入った電波は収束・集中され、ミキサブロック (図 2) の超伝導集積回路に入力信号として入ります。超伝導伝送線路部を通った信号は、その先にある超伝導 SIS トンネル接合回路部で検出されます (図 4 上部)。

超伝導集積回路では、入力信号にミキサの雑音加わり出力されます (図 4 下部)。従来ものでは、回路の損失が大きく電波が弱められ、感度が落ちてしまっていました。

(回路損失大=S/N 比 小)。今回、超伝導集積回路の超伝導伝送線路部と SIS 接合の基板に、高品質な NbTiN (窒化ニオブ・チタン: $(\text{Nb}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{N}$ ですが、ここでは表記を簡略化しています) 薄膜を用いた超伝導集積回路を開発することに成功し、回路損失を極めて低くすること (S/N 比 大) で高感度を達成しました (図 3)。

電波干渉計観測での空間分解能は、観測波長/最長アンテナ間距離で決まります。ALMA では最長アンテナ間距離が 18.5 km ですから、最高分解能を実現するのは、観測波長が最も短い、言い換えれば最高観測周波数で受信できる、バンド 10 受信機となります。

世界各国の力を合わせ、ALMA 望遠鏡は順調に完成に近づいています。

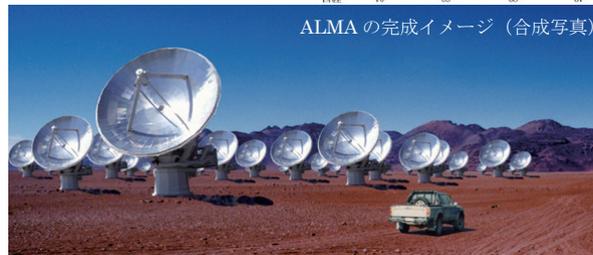
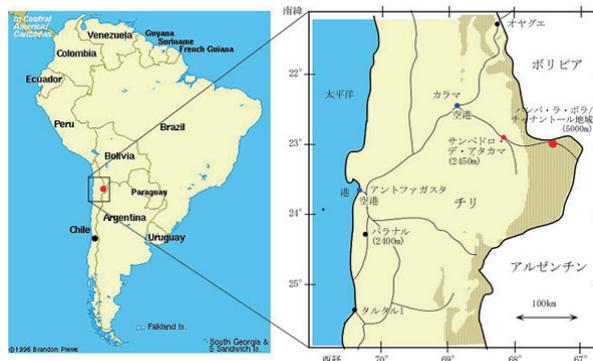


図 1 ALMA 建設地



図 2 ミキサブロック

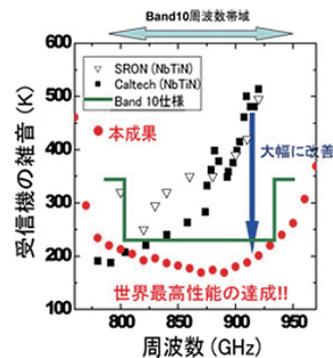


図 3 開発された受信機の雑音

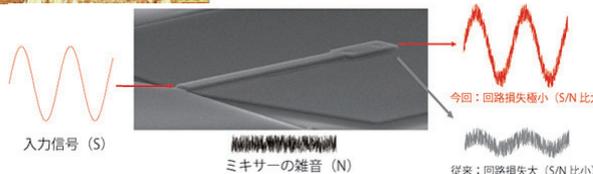
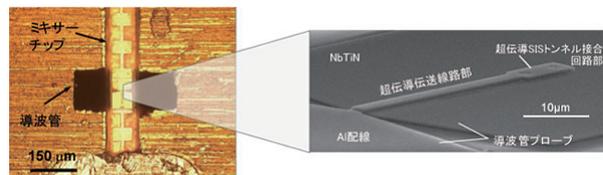


図 4 ミキサブロック内部と超伝導集積回路

ルベン・インスタンサ (東芝三菱電機産業システム)
(平成 22 年 9 月 1 日受付)