

V122b 南極用小型冷却受信機熱設計の高精度検証

長崎岳人，瀬田益道，中井直正，永井誠，石井峻，土井畑幸一郎 (筑波大学)

現在テラヘルツ波帯観測サイトとして最適と考えられているのが南極内陸部に存在するドームふじ基地である。しかしながら立地上厳しい電力制限を有しており、受信機部で最も電力を消費する機械式冷凍機の省電力化は重要な課題である。南極プロトタイプ望遠鏡である筑波 30cm 望遠鏡においては消費電力 1.2kW の小型冷凍機を使用しており、2SB 受信機のみクサ部を 4K 以下に冷却するには熱流入量が $<0.1\text{W}@4\text{K}$ 、 $<3\text{W}@60\text{K}$ を満たす必要が有る。今回、30cm 望遠鏡受信機を用いて熱流入設計の高精度化と実証実験を行ったので報告する。

熱設計においては各ステージへの全熱流入が冷却能力以下であり、かつみくサ部への熱流入を可能な限り小さくする事が重要であることから、4K 冷却部とみくサ部をそれぞれ独立した項目とすることで高精度化を図った。またみくサ部への直接的な熱伝導経路として信号出力用同軸ケーブルと局部信号用導波管が有るが、低い受信機雑音と低熱流入の両立には熱アンカーによる温度分布制御が有効である。この際に熱アンカーの熱抵抗は十分に小さい必要が有るが、接触面熱抵抗の評価が難しく設計に取り入れる事は困難であった。今回、接触面の熱抵抗計算においては橘 (1952) の式を用いた。これは接触面熱抵抗を物質の熱伝導率や表面荒さ、物質の硬さなどの関数としてモデル化するものであり、冷却受信機を用いた熱試験により理論式の妥当性を検証した。これらにより、小型冷凍機用受信機の熱設計法を確立した。またドームふじ基地は年間平均気温が -55 であり、この環境を活用できれば冷却性能と温度安定性の更なる向上が期待できる。実験室系において液体窒素を用いた簡易的な試験により、積雪内部と冷却受信機を熱的に結合する安易な冷却システムの実用性を検証した。