

# 南極10m級テラヘルツ望遠鏡計画



宇宙史研究センター 南極天文学研究部門

南極大陸内陸部のドームふじは、寒冷（最低気温  $-80^{\circ}\text{C}$ ）な高地（約3800m）であり、地上最良の電波観測サイトと期待されている。0.4 - 1.0 THz 帯域では、通年安定した観測が可能であり、1 THz を超える帯域でも冬期には観測可能になる。我々は遠方銀河の探査を目指して、10m級テラヘルツ望遠鏡のドームふじへの設置計画を進めている。アンテナ系はリッチークレチアン光学系とし、広い視野を確保する。2つのナスミス焦点には、電波カメラ系受信機とヘテロダイン系受信機を設置し、アンテナ中央部の切り替え鏡により、2つの焦点を選択する。電波カメラは300、400、500、850 GHz帯、ヘテロダイン系は、大気窓に合わせて7バンドを開発する。全装置は低温等南極の過酷な環境下での設置運用に加え、厳しい電力の制約を満たす必要がある。早期の計画実現を目指して、現在、概念設計を進めている。

## 観測サイト

南極ドームふじ

- 南緯  $77^{\circ} 19'$  東経  $39^{\circ} 42'$
- 標高 約3800m



図1 ドームふじ基地（極地研ホームページより）

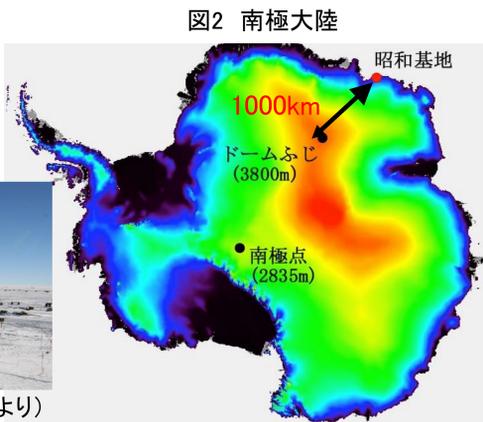


図2 南極大陸

## 南極内陸部の大気透過率と気象（ドームふじでの測定）

220 GHzの大気透過率測定で、条件の悪い夏でもALMAサイトの最良期（冬）と同等で、安定性は優れている結果を得た（図4）。計算機を用いたシミュレーションでは、1 THzを超える領域も観測が可能である。

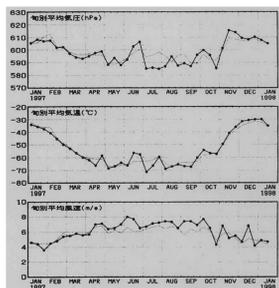


図3 1998年の気圧、気温、風速

図4→ 220 GHz 大気透過率の実測値 (Ishii+ 2008, Seta+ 2012)

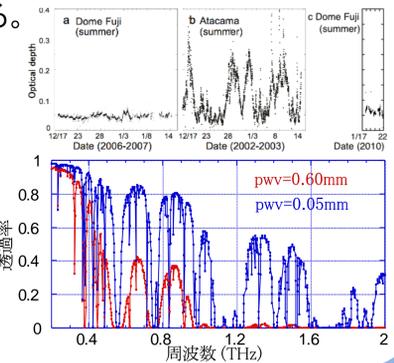
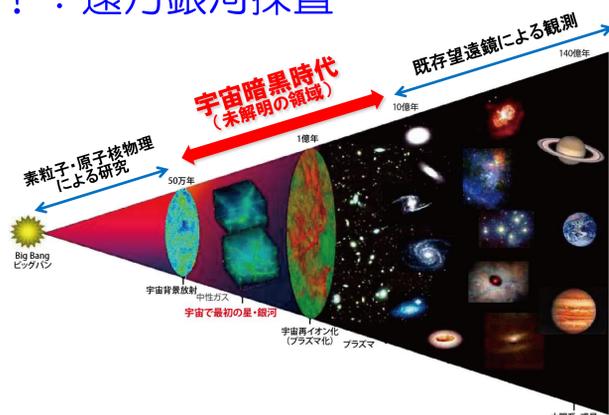


図5→ 大気透過率の予想値

## 何を観測するのか？：遠方銀河探査

非常に遠くの高赤方偏移の銀河は、可視赤外域では一部しか検出されていない。可視光では見えず、サブミリ波で輝く銀河が存在することが知られている。サブミリ波で輝く銀河は、爆発的な星形成を起こしながらダストに覆われた銀河と解釈されている。電波カメラでの掃天観測で、多くの「暗黒銀河」の検出が期待できる。



## 南極の過酷な環境

ドームふじ基地での望遠鏡の設置運用条件は過酷である。

- 低温：最低気温 ( $-80^{\circ}\text{C}$ )
- 雪：積雪は年数cmと少ないがダイヤモンドダストが舞う
- 基礎：雪面に設置するが沈下し、傾く
- 電力：居住や他観測（雪氷等）と共有
- 輸送：そり輸送



（図は極地研ホームページより） 図6 ドームふじへのルート



図7(a) 砕氷船



(b)雪上車＋そり 沿岸からドームふじへの輸送の基本（片道2-3週間）。



(c)小型精密物資は小型飛行機で直接運搬も可能

## 口径10m級アンテナ

暗黒銀河探査には、多素子カメラを搭載できる広視野 ( $>1^{\circ}$ ) かつ検出限界はコンフュージョンで決まるため、10 m級口径が必須。低温環境、輸送や電力の制約下で、 $\sim 1.5$  THzが観測目標

- 広視野の確保→リッチークレチアン主鏡と副鏡（双曲面）
- 0.4~1.5THzまでの観測（分解能 $5''@1.5\text{THz}$ ）
- 指向精度（ $<絶対2''$ 、 $<追尾0.5''$ ）、鏡面精度（ $<20\mu\text{m}$ ）

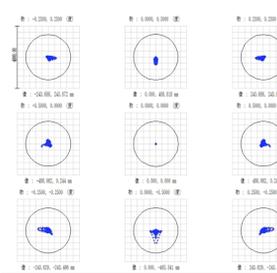
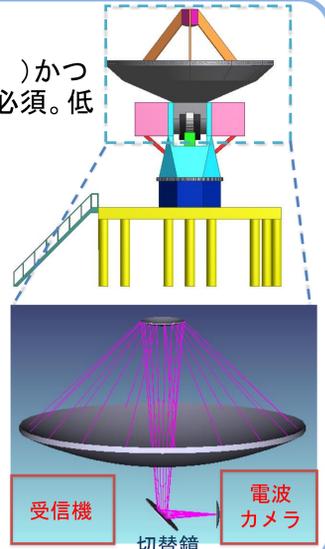


図8→ 10m級鏡の外観。雪面の基礎に、不等沈下による傾きを修正する機構を設ける。

図9→ ビーム伝送アンテナ系は、主鏡、副鏡、切替鏡で構成（ $F\sim 6$ ）ヘテロダイン受信機と、電波カメラは、切替鏡によりいずれかを選択

←図10 光線解析ソフトZEMAXによる像面スポットダイアグラム評価



## 電波カメラ

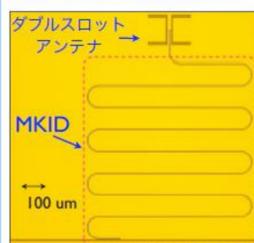
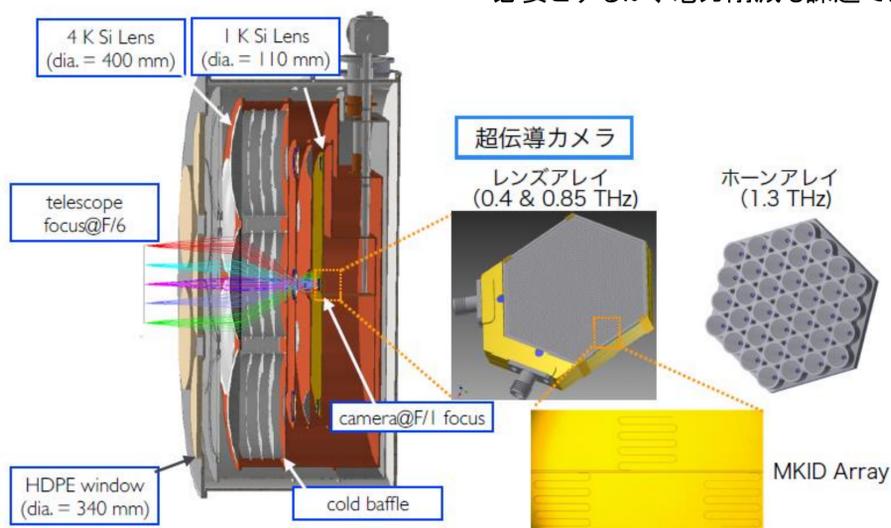


図11 MKIDと平面アンテナ



図12 プロトタイプ220-GHz帯600素子カメラ。

10m鏡の主観測装置。素子はMKIDS（Microwave Kinetic Inductance Detector）と呼ばれる超電導検出器を用いる。300、400、500GHzの多色と850 GHzの2タイプのカメラを用意する予定である。MKIDを高感度で動作させるために0.1K級の極低温冷凍機を必要とするが、電力削減も課題である。



## 開発計画

|     | 1年目  | 2年目  | 3年目  | 4年目  | 5年目  | 6年目 | 7年目      |
|-----|------|------|------|------|------|-----|----------|
| 望遠鏡 | 設計   | 製作   | 国内仮組 | 調整試験 | 試験評価 | 輸送  | 南極組立調整試験 |
| 受信機 | 概念設計 | 基本設計 | 詳細設計 | 製作   |      |     |          |

