

南極 10m 級テラヘルツ望遠鏡計画

中井直正¹、久野成夫¹、瀬田益道¹、宮岡宏²、本山秀明²、関本裕太郎³、他南極天文コンソーシアム

¹筑波大学数理物質系

²国立極地研究所

³国立天文台

Antarctic 10-m Terahertz Telescope Project

NAKAI Naomasa¹, KUNO Nario¹, SETA Masumichi¹, MIYAOKA Hiroshi², MOTOYAMA Hideaki², SEKIMOTO Yutarō³
and Consortium of Antarctica Astronomy

¹Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

²National Institute of Polar Research

³National Astronomical Observatory

(New) Dome Fuji Station, which is located at 3800m above sea level and whose temperature is quite low ($-20^{\circ}\text{C}\sim-80^{\circ}\text{C}$), is one of the best and unique sites for astronomical observations at infrared to submillimeter wavelengths on the ground. We are planning to construct a 10-m class terahertz telescope at the station, aiming at making astronomical observations including large field surveys for extremely distance galaxies.

南極内陸部の(新)ドームふじ基地(標高 3800m)に口径 10m 級テラヘルツ望遠鏡を建設し、暗黒銀河の探査をはじめとする南極天文学の展開をはかる。

これまでのドームふじ基地における大気測定によって当該基地はサブミリ波電波や近中間赤外線において地上で最高の観測環境にあり、テラヘルツ波電波や遠赤外線においては地上で唯一観測可能な地であることが明らかになった。また晴天率等も極めて高く、以下にまとめるように赤外線～サブミリ波帯において地上で唯一、最高の観測環境にある。

(1)大気中の水蒸気量が極めて少ないため、大気透過率が良く、また時間的に非常に安定している。高地で低温な新ドームふじ基地での可降水量の推定値はドームAと同等で、冬期平均で 0.14mm、良好 25%レベルで 0.10mm と極めて少ない (Saunders, et al. 2009; Yang, et al. 2010)。そのため大気透過率が非常に高い(大気吸収率が低い)。ラジオメーターを用いた現地での夏季 1 か月間の 220GHz での大気の光学的厚み τ は $\tau\sim 0.05$ (大気透過率 $\sim 95\%$)という低い値で非常に安定しており (Ishii, et al. 2010)、現在地上で最も良いと言われているチリ北部のアタカマ高地(標高 5050m)での値よりも格段に優れている。南極内陸部高原地帯での大気透過率とその安定度は 860GHz での実測や衛星データでも示され (Peterson, et al. 2003; Kulesa, et al. 2013 private communication)、地上で最高である。

(2)大気放射が非常に少ない。ハワイのマウナケア山(標高 4200m)と比較して近赤外線で 2 桁、中間赤外線で 1 桁も大気放射が少ないことが計算から推定されている。よって大気雑音が少ないので赤外線での感度がそれだけ飛躍的に高くなる。

(3)大気のシーイング(大気ゆらぎ)が非常に良い。ドームふじ基地で 2013 年 1 月 4 日～23 日に雪上 11m で測定した可視光(波長 472nm)での自由大気のシーイングは最良 0.2"～0.3"にも達し、平均でも 0.52"と優れている (Okita, et al. 2013)。また設置境界層は雪上 11m かそれ以下と低い。これは可視光や近赤外線でも高い角分解能が得られることを示している。

(4)晴天率が高い。快晴率は 68% (1994,1995 年実測)で、晴天率は 8～9 割と推定される。衛星データによると夜間の雲量は南極内陸部でもドームふじ基地が最低レベルである (Saunders, et al. 2009)。

(5)風は強くない。平均風速は 5.8m/s でチリのアタカマ高地よりも弱い。特に 10m/s 以上の風は非常に少なく、20m/s 以上の風はほとんど吹かないのが大きな特徴である。これは望遠鏡を目的天体に向けるときの指向性を確保するのに重要である。

(6)多くの天体は地平線下に沈まないことと夜間が 4 か月間継続することから、同一天体の長期連続モニターが可能である。

また南極望遠鏡は衛星搭載望遠鏡に比べて、大型望遠鏡が可能、安価、長寿命、修理が可能、検出器は最新のものに交換可能などの有利な点がある。

天文観測における以上の非常に優れた特性から、(新)ドームふじ基地で南極天文学を開始するべく、大気測定等の現地調査に加えて南極望遠鏡のプロトタイプである 30cm 可搬型サブミリ波望遠鏡と 40cm 赤外線望遠鏡の開発を中心として、低温下でも動作する望遠鏡技術等の開発を続けてきた。

これらの準備をもとに、(新)ドームふじ基地に 10m 級テラヘルツ望遠鏡 (図 1) を建設して、130 億年先の暗黒銀河の探査をはじめとする南極天文学を開始し強力に推進する計画を提案したい。10m 級テラヘルツ望遠鏡には当初 3000 画素のちに 2 万画素の力学インダクタンス検出器 (MKID) を用いた超伝導電波カメラ (図 2) を搭載し 0.4~1.5THz で南天の掃天観測を行って現在行方不明となっている遠方宇宙の暗黒銀河の探査を行う。また超伝導ヘテロダイン受信機も搭載して高分散分光観測も行う。発見された銀河はチリのアタカマ砂漠にある超大型電波干渉計アルマで銀河内部の詳細構造を明らかにする。また当該望遠鏡は汎用であり、遠方銀河のみならず、近傍銀河、銀河系内の星形成領域、系外惑星の大気の観測、太陽系惑星の観測、地球大気の観測などにも利用される。

本南極望遠鏡計画は日本の天文学の新しい発展をはかるものとして天文コミュニティーでも期待が大きく、また日本学術会議の大型計画マスタープランに掲載され、当会議物理学委員会天文学・宇宙物理学分科会で中型計画としても非常に高く評価されている。本望遠鏡の実現を図るため、筑波大学、国立極地研究所、国立天文台の 3 者で共同して新ドームふじ基地の建設と合わせて文部科学省に概算要求を行う。

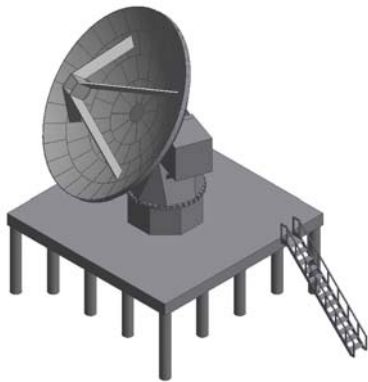


図 1. 南極 10m テラヘルツ望遠鏡 (完成予想図)

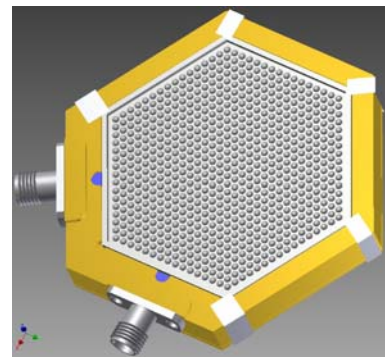
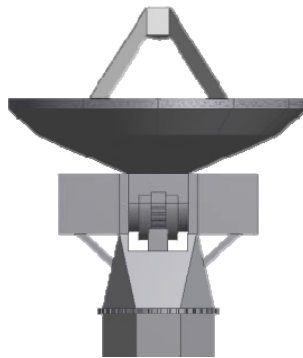


図 2. 超伝導電波カメラ

References

- Ishii,S., Seta,M., Nakai,N., Nagai,S., Miyagawa,N., Yamauchi,A., Motoyama,H., Taguchi,M., “Site testing at Dome Fuji for submillimeter and terahertz astronomy: 220 GHz atmospheric-transparency”, *Polar Science*, 3, 213-221, 2010.
- Okita,H., Ichikawa,T., Ashley,M.C.B., Takato,N., Motoyama,H., “Excellent daytime seeing at Dome Fuji on the Antarctic plateau”, *Astronomy & Astrophysics*, 554, L5 (4pp), 2013
- Peterson,J.B., et al. “Stability of the Submillimeter Brightness of the Atmosphere above Mauna Kea, Chajnantor, and the South Pole”, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 115, 383-388, 2003
- Saunders,W., et al. “Where is the best site on Earth? Domes A, B, C and F, and Ridges A and B”, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 121, 976-992, 2009
- Yang,H., et al. “Exceptional Terahertz Transparency and Stability above Dome A, Antarctica”, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 122, 490-494, 2010.