

南極望遠鏡計画

中井直正¹、市川隆²、瀬田益道¹、本山秀明³、宮岡宏³、他南極天文コンソーシアム

¹筑波大学数理物質系

²東北大学大学院理学研究科

³国立極地研究所

Antarctic Telescope Project

NAKAI Naomasa¹, ICHIKAWA Takashi², SETA Masumichi¹, MOTOYAMA Hideaki, MIYAOKA Hiroshi
and Consortium of Antarctica Astronomy

¹Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba

²Graduate School of Science, Tohoku University

³National Institute of Polar Research

(New) Dome Fuji Station, which is located at 3800m above sea level and whose temperature is quite low (-20°C~-80°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 two large terahertz and infrared telescopes at the station under the 9th JARE six-year plan, aiming at making astronomical observations including to search missing galaxies.

第 IX 期 6 年計画において南極内陸部の(新)ドームふじ基地 (標高 3800m) に口径 10m テラヘルツ望遠鏡と口径 2.5m 赤外線望遠鏡を建設し、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~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。アタカマ高地の冬季とは同程度であるが、ドームふじ基地での冬季の透過率 (未測定) はさらに良いことが期待される。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)、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。

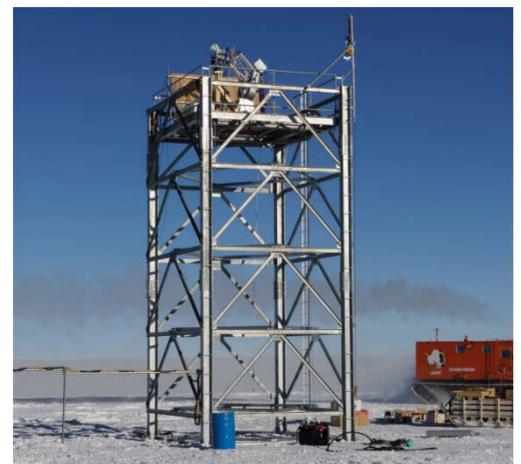


図 1.ドームふじ基地に設置した高さ 11m の台の上にシーイングモニターを置き、大気のシーイングを測定した(東北大)。

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、第 IX 期 6 か年計画で(新)ドームふじ基地に 10m テラヘルツ望遠鏡 (図 2) と 2.5m 赤外線望遠鏡 (図 3) を設置して、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 テラヘルツ望遠鏡には当初 1000 画素程度のちに 10 万画素程度の超伝導電波カメラを搭載し 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。2.5m 赤外線望遠鏡も世界最高水準の 400 万画素赤外線カメラ×3 台を搭載し、南天の掃天観測を行う。発見された天体は口径 8m すばる望遠鏡や口径 30mTMT などと詳細観測を行う。2つの望遠鏡で銀河のサブミリ波~赤外線までのスペクトルを決定して銀河までの距離や性質を明らかにする。また両望遠鏡とも汎用であり、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天文コミュニティーでも高く評価され、日本学術会議物理学委員会天文学宇宙物理学分科会の推薦とともに筑波大学長から日本学術会議の大型計画マスタープランに申請された。また両望遠鏡とも筑波大学、東北大学、国立極地研究所の 3 者の合同計画として本年度に文部科学省に概算要求を行ったが、最近の昭和基地への輸送力の低下を主要因とする(新)ドームふじ基地の建設予定が不透明であることから財務省への提出は見送られた。しかし、国立極地研究所等とよく協議の上これらの課題に対処し、また第 IX 期 6 か年計画に組み入れていただくことによって再度概算要求を提出し、早期の実現を目指したい。

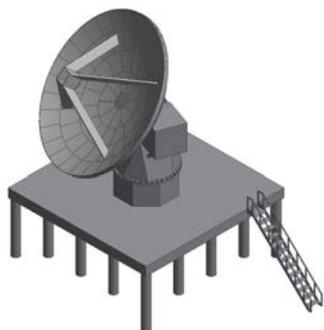


図 2. 南極 10m テラヘルツ望遠鏡 (完成予想図)

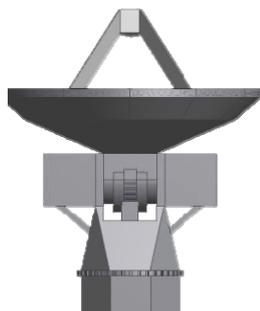


図 3. 南極 2.5m 赤外線望遠鏡 (完成予想図)

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.