

天文学における 52 次隊での成果と将来計画

沖田博文¹、市川隆¹、高遠徳尚²、小山拓也¹

¹ 東北大学大学院理学研究科天文学専攻

² 国立天文台ハワイ観測所

The result of JARE52 on astronomy, and the future work

Hirofumi Okita¹, Takashi Ichikawa¹, Naruhisa Takato² and Takuya Koyama¹

¹ Astronomical Institute, Tohoku University

² Subaru Telescope, NAOJ

We carried out the measurement of “Infra-red sky background”, “Pracipitable Water Vapor (PWV)”, and “Seeing” at Dome Fuji station during 2010-2011 summer. From these results, we stood that Dome Fuji is one of the best site on Earth.

ドームふじ基地の天文学的な観測条件調査として「赤外線での空の明るさ」「大気水蒸気量」「シーイング」の測定を 52 次隊で実施した。測定の結果、赤外線での空の明るさはハワイ・マウナケア山頂に比べ約 100 倍明るかった。この原因としてダイヤモンドダストによるミー散乱と考えられる。なお極夜期にはこの強い散乱が天体観測に与える影響はほとんど無いこともわかった。大気水蒸気量の測定からは可降水量(PWV)は夏期のドームふじで 0.6mm と、地上最高と言われるチリ・アタカマ高原の 2.0mm に比べて大幅に少ないことが分かった。シーイング測定結果からは統計的に 2 つのモードを持ちそれぞれ 0.72±0.14 秒角、1.3±0.43 秒角が期待され、17 時に極小となる事が分かった。この結果はドーム C での先行研究と同様であったが、気象データのとの比較では明確な相関が見られないといった違いも見つかった。これらの観測結果からドームふじ基地は予想通り天体観測に適していると言えることが示された。

ドームふじ基地は地球上に残された最後の天体観測サイトとして期待されている。年平均気温 -54.4°C、最低気温 -79.7°C の極低温環境から地球大気・望遠鏡自身からの熱放射が地球上最小で赤外線天体観測に適した場所である。さらに大気中の水蒸気量も最小のため地球大気の水蒸気による吸収が少なくサブミリ波～テラヘルツ帯にかけて他の観測地では観測出来ない波長で天体観測出来る。加えて地球大気はその乱流によって空間分解能を低下させる原因となるが、ドームふじではその特異な自然環境によって極めて安定した大気が存在し、高い空間分解能が得られる事がシミュレーションから示されている。

そこで我々はドームふじ基地での本格的な天体観測をめざし、南極天文コンソーシアムを結成(代表：中井直正筑波大教授)し、-80°C でも動作可能な望遠鏡の開発とドームふじ基地での天文学的な観測条件の調査を進めてきた。調査は 48 次隊へ観測を委託して以来、51 次隊からは毎年隊員を派遣して調査を進めている。52 次隊では 2011 年 1 月 12 日～29 日にかけてドームふじ基地に滞在し、冬期の無人天体観測の為に装置の設営と夏期のサイト調査を実施した。以下に 52 次隊で得られたドームふじ基地の天文学的な観測条件調査結果を示す。

[赤外線での空の明るさ] 空の明るさは天体の検出限界を決めるパラメーターで 1 平方秒角あたりの等級(Intensity)で表す。赤外線での空の明るさは可視光に対して約 10,000 倍明るく一般に天体観測は困難である。ドームふじ基地はその極低温環境によって他の観測地に比べ約 100 倍空が暗く赤外線観測に最適と考えられている。しかし空の明るさは熱放射の影響だけでなく、月や太陽による散乱の効果も考慮しなければ正しく評価できない。そこで我々は H バンド(波長 1.6μm)及び Ks バンド(2.2μm)での空の明るさを実測した。Figure 1. は空の明るさを太陽との離角で示したものである。この結果からドームふじでの散乱係数はハワイ・マウナケア山頂での値より約 100 倍大きいことが分かった。これはダイヤモンドダスト(氷霧・細氷)によるミー散乱が原因であると考えられる。なおこの観測結果から極夜期の空の明るさを見積もったが、天体観測に与える影響はほとんど無いこともわかった。

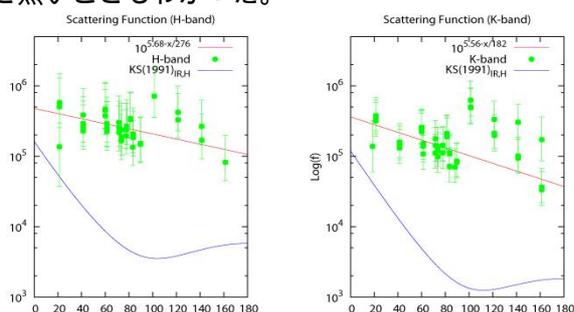


Figure 1. 散乱係数の角度依存性。図左が H バンド(1.6μm)で図右が Ks バンド(2.2μm)での観測結果を表す。横軸が太陽(光源)からの離角(度)で縦軸が散乱係数の対数となる。(青)先行研究、(緑)今回の観測結果、(赤)フィッティング結果を意味する。先行研究と比較して散乱係数は約 100 倍大きく、ドームふじでは強い散乱があることが分かる。

[大気水蒸気量] 天体からの光は大気中に含まれる水蒸気によって吸収を受ける。水蒸気量は可降水量(PWV)で表され、標高 4,200m のハワイ・マウナケア山頂で 2.4mm、5,000m のチリ・アタカマ高原で 2.0mm 程度(夏期)である。これに対し南極ドームふじ基地は標高 3,800m で冬期には-80°Cまで下がることから水蒸気量が極めて少ないことが予想され天体観測に適していると言える。そこで我々は 1.6 μ m までの分光計を用いて太陽を観測し、太陽スペクトル中に見られる水蒸気の吸収線の強度から大気水蒸気量の測定を行った(Figure 2.)。この結果夏期のドームふじの可降水量は 0.6mm と予想通り極めて少ない事が判明した。

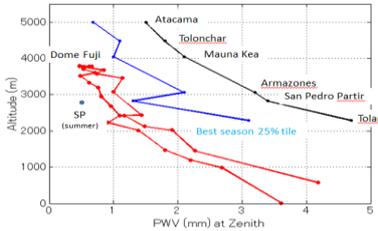


Figure 2. 標高毎の水蒸気量。横軸は天頂での可降水量(mm)で縦軸は標高(m)を表す。(黒)は主な天体観測サイトでの値を表し(青)はベストシーズンの値を表す。これらに比べ、(赤)ドームふじ及びルート上で測定した可降水量は極めて少ないことが分かる。

[シーイング] シーイングとは大気の揺らぎによって本来点光源である星が広がって見える現象であり、星像のサイズ(秒角)で評価する。世界最高条件と言われているハワイ・マウナケア山頂で 0.6 秒角程度である。シミュレーションにより南極大陸内陸高原では地上数 10m の接地境界層の上では 0.3 秒角のシーイングが得られると期待されている。そこで夏期・雪面上でのシーイング観測を実施した。観測の結果シーイングは統計的に 2 つのモードをもち、それぞれ 0.72 \pm 0.14 秒角、1.3 \pm 0.43 秒角が期待されることが分かった(Figure 3.)。また 17 時に極小を得ることも分かった(Figure 4.)。この結果はドーム C での先行研究と同様であったが、気象データのとの比較では明確な相関が見られないといった違いも見つかった(Figure 4.)。

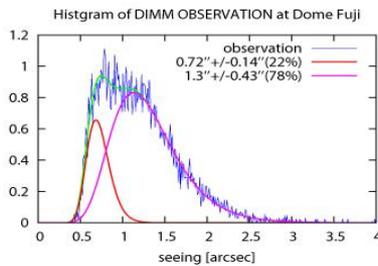


Figure 3. シーイングのヒストグラム。横軸がシーイング値(秒角)で縦軸が頻度を表す。対数正規分布の重ね合わせによるフィッティング結果から、シーイング値は 2 つのモードをとり、それぞれ 0.72 \pm 0.14 秒角、1.3 \pm 0.43 秒角が期待される。

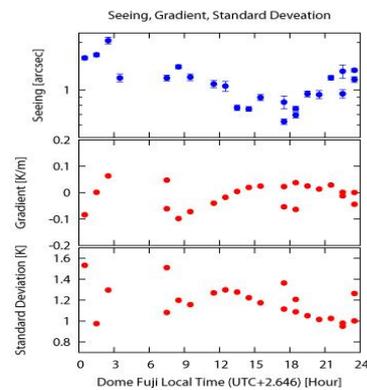


Figure 4. (図上) 1 時間毎の平均シーイング。横軸時刻で縦軸がシーイング値(秒角)を表す。17 時頃に極小が見られる。(図中)高さ 16m の気象タワーから得られた温度勾配($^{\circ}$ C/m)の時間変化。(図下)同様に温度の標準偏差($^{\circ}$ C)の時間変化。ドーム C での先行研究で示唆されていたシーイング値と温度勾配の関連性は、今回の観測結果からは見られなかった。

これらの観測結果からドームふじ基地は予想通り天体観測に適した場所であることが示された。今後も継続して観測条件調査を行う予定である。また 54 次隊からは無人発電モジュール PLATO-F を用いた冬期無人天体観測も実施する計画である。

References

- Aristidi, E. et al., "Site testing in summer at Dome C, Antarctica", *Astronomy and Astrophysics*, 444, 651-659, 2005
- Krisciunas, K. and Schaefer, B.E., "A Model of the brightness of moonlight", the *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 103, 1033-1039, 1991
- Takato, N. et al., "Preliminary evaluation of Dome Fuji as a possible site for an infrared astronomical observatory -SODAR measurement of atmospheric turbulence in the boundary layer in Antarctic summer-", *Antarctic Record*, 52, 182-192, 2007
- Swain, M.R. and Gallee, H., "Antarctic Boundary Layer Seeing", the *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 118, 1190-1197, 2006