南極テラヘルツ望遠鏡(ATT)計画

1　計画タイトル

「南極テラヘルツ望遠鏡（ATT）」計画

2　問い合わせ先

久野成夫、筑波大学数理物質系、kuno.nario.gt@u.tsukuba.ac.jp

中井直正、関西学院大学理工学部、nakai@kwansei.ac.jp

3　マスタープラン提案時の提出元として想定される大学・機関・部局等

国立大学法人　筑波大学

4　マスタープラン 2017 への採否状況

採択　　（ただし、「南極望遠鏡計画」としてテラヘルツ望遠鏡＋赤外線望遠鏡）

5　計画状況　（実施中・提案中）

提案中

6　計画実施時期

南極 10m テラヘルツ望遠鏡計画

建設：2020-2026 （7 年）、 観測：2027-2046 （20 年）

（南極 30m 級テラヘルツ望遠鏡計画　　建設：2028-2037（10 年）、 観測：2038-2067（30 年））

7　総経費および予算プロファイル

南極 10m テラヘルツ望遠鏡計画

建設：26 億円／7 年、 観測：0.4 億円／年（＋基地運営費：1.2 億円／年）

（南極 30m 級テラヘルツ望遠鏡計画　 建設:350 億円／10 年、観測:30 億円／年（基地運営費を含む））

8　計画の概要

地上で最高の天文観測環境にある南極高原地帯のドーム C または新ドームふじ（図1）に超広視野の口径 10m テラヘルツ望遠鏡を設置してサブミリ波～テラヘルツ波による南天の広域掃天観測を行い、高赤方偏移において可視光では見えない暗黒銀河の探査を行うことによって宇宙における銀河と AGN の形成史を明らかにする。さらにその経験を基に口径 30m 級テラヘルツ望遠鏡を新ドームふじ基地に建設し、宇宙最初の銀河形成を含む究極的な銀河・AGN の形成進化の解明や超広域磁場観測による星惑星系形成等の解明を行う。

当該望遠鏡の建設を通じて、現在、世界的に構想されている「国際南極天文台」を新ドームふじ基地に設置し、ミリ波～可視光の単一鏡および干渉計並びに開発中の南極周回気球望遠鏡を用いたサブミリ波 VLBI などの超高感度観測を国際協力で推進する。

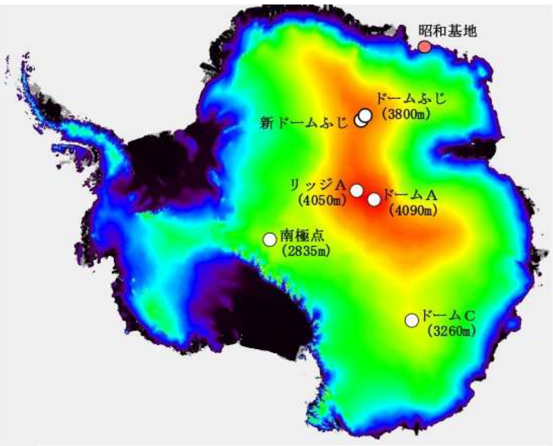

図 1. 南極大陸の基地（色は標高を表す）

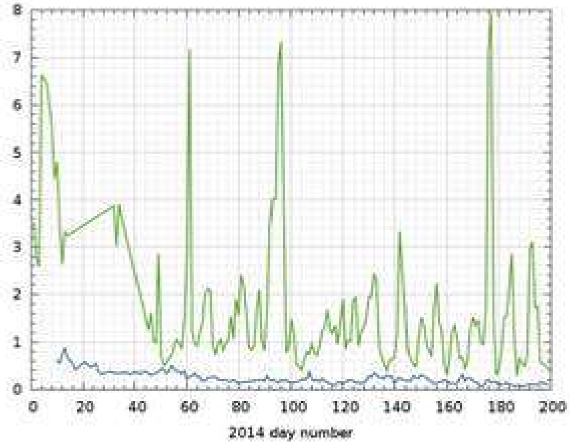

図 2. 南極リッジ A（下）とチリ ALMA サイト（上）の水蒸気量(Burton+2015; Credit C.Kulesa)

南極テラヘルツ望遠鏡(ATT)計画

9 目的、学術的意義、当該分野・社会等での位置づけ

南極内陸部(図1)は標高 3000m〜4000m で気温が−20℃〜−80℃の極寒の地であるため、大気中の水蒸気が極めて少なく且つ安定している(図2)。そのため、サブミリ波、テラヘルツ波、赤外線の大気透過率が非常に高く、地上から宇宙への最後の窓が開いている。また、晴天率は9割で可視光のシーイングは 0.2”に達し、風も弱い。そのため地上で圧倒的に優れた天文観測環境にある。

ここに 10m テラヘルツ望遠鏡を建設して現在未解明である宇宙初期における銀河と AGN(巨大ブラックホール)の形成史を明らかにする。現在、赤外線・サブミリ波で発見されている銀河は可視光で見えている銀河の数倍〜10 倍に達している。また図3に示すように可視光による星形成率は赤方偏移 z〜2-3 で最大となりその前後で減少すると言われているが、赤外線・サブミリ波では z>1 ではほぼ一定で、少なくとも z〜4 まではそれが続いており、矛盾している。また宇宙再電離の時期も未確定であり、再電離するのに必要な銀河の数も 7 割〜9 割が足りない(暗黒銀河)と言われている。これらを明らかにするにはダスト放射が赤方偏移したサブミリ波〜テラヘルツ波帯観測が必須である。10m 鏡では、現在 z〜6 まで検出されている L= 10^{13} Lo の銀河が z〜20 まで検出可能、30m 鏡では Arp220 クラスの L=10^{12} Lo の銀河が z〜20 まで検出可能。また 30m 鏡では z>10 で水素分子 H_2 の観測を狙い、水素分子からの初代星・初代銀河の形成の直接観測を目指す。AGN のダストは高温(>150 K)なのでテラヘルツ波〜赤外線の観測が高赤方偏移の AGN の検出に最も有利であり、SPICA と協同観測を行う。また超広視野を活かして銀河系の高角分解能の広域磁場観測を行い、星惑星系形成と磁場構造との関係を明らかにする。

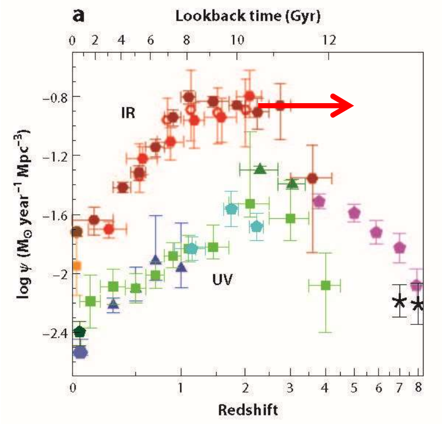

図 3. 星形成率(z); Madau & Dickinson 2014 改

このようなサブミリ波〜テラヘルツ波観測は世界的にも強く要求されている。また南極での天文学の推進は一般の方の強い関心と支持を得ている(新聞掲載 15 回等)。

10 実施内容(実施機関・体制、国際協力等を含む)

南極 10m テラヘルツ望遠鏡計画 (200GHz〜1.5THz, 視野 1 度、連続波電波カメラ、ヘテロダイン受信機)

国内:筑波大学(概算要求主体)、関西学院大学、北海道大学、国立天文台、電気通信大学、埼玉大学、金沢大学、福島高専、JAXA、情報通信研究機構、新潟工科大学、ほか南極天文コンソーシアム

国立極地研究所(新ドームふじ基地に建設の場合)

国外:フランス、イタリア(コンコルデイア基地@ドーム C に建設の場合)(協力は了解済み)

(南極 30m 級テラヘルツ望遠鏡計画

国内:国立天文台(概算要求主体)、国立極地研究所、上記南極天文コンソーシアム、他、

国外:アジア(タイ、台湾、中国、韓国、他)、他)

11 現在までの準備・実施状況

2004 年より技術開発を推進。サイト調査(ドームふじ=2009 瀬田、ドーム C=2016 中井)。視野 1 度のアンテナ光学系の設計に成功。ミリ波〜テラヘルツ波帯 MKID 電波カメラ開発中。テラヘルツ波帯(1.0〜1.5 THz)のミクサー開発中。低消費電力の受信機開発済み。耐寒用アンテナ部材、放射冷却による鏡面の霜対策、雪吹き溜まり対策、雪面設置に伴う不同沈下対策などを考案済み(他望遠鏡でも実証済み)。ドーム C での建設の場合のフランス・イタリアの協力了解済み。新ドームふじ基地の場合の大量輸送法(デンマークの大型砕氷貨物船、ベルギー基地経由の内陸輸送)も検討済み。10m テラヘルツ望遠鏡の概算要求は継続中。