

チリで世界最高の赤外線宇宙観測に挑む — 東京大学アタカマ天文台（TAO） —

吉井 譲

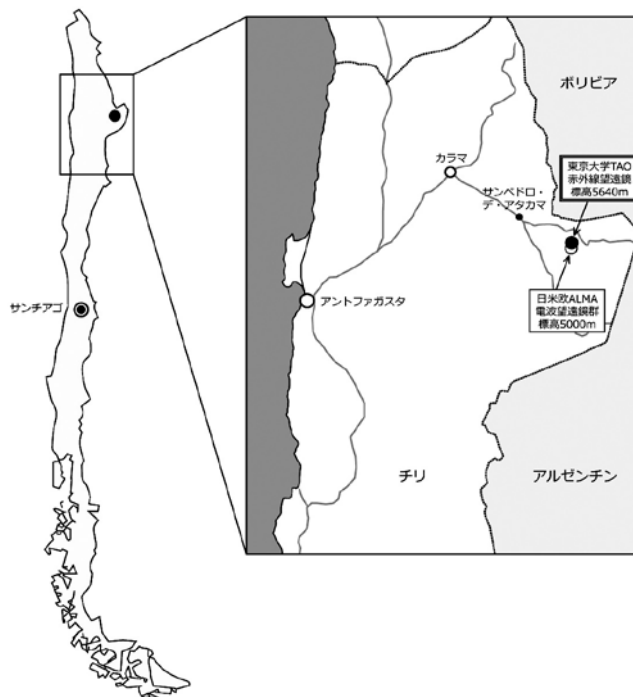
チリ北部に広がるアタカマ地区は、世界中の観光客をひきつける魅力あふれる場所である。延々と広がる砂漠やダイナミックな間欠泉、フラミンゴが飛び交う塩湖など、観光スポットを挙げればきりがなが、夜に広がる美しい星空もその魅力の一つとなっている。実際、世界的にみても天体観測がこれほど適した場所は他に類はなく、米国やヨーロッパをはじめとした諸国の望遠鏡が無数に存在している。そうした意味でチリは世界最高の天体観測拠点であるといえる。

東京大学では、チリ北部アタカマ砂漠に、大型の赤外線望遠鏡を建設する計画を進めている。これは The University of Tokyo Atacama Observatory、通称 TAO と呼ばれる計画である。本稿では、TAO 計画の概要をこれまでの経緯や政府・地元との関係等も含めて解説する。

TAO計画の特徴

TAO 計画は赤外線観測用の望遠鏡をアタカマ地区に設置する計画である。(図) 望遠鏡の性能は大まかには鏡の口径によって決まるが、TAO 望遠鏡の口径は 6.5m であり、日本が運用する望遠鏡としてはハワイのすばる望遠鏡（口径 8.2m）に次ぐサイズとなっている。口径としても大規模な望遠鏡であるが、TAO の特徴は何といっても設置地点の標高にある。TAO 望遠鏡はアタカマ砂漠、標高 5,640m のチャントール山の山頂に設置される。これは富士山よりも 1,800m 以上高く、また、すばる望遠鏡のあるマウナケア山よりも 1,400m 以上高い。TAO の設置地点は天文観測施設としては世界最高標高となる。富士山やマウナケア山に登られた方は経験があると思うが、高い山に登ると空気が薄くなり、めまいや吐き気と言った高山病の症状を発する人もいる。実際 TAO 望遠鏡が設置されるサイトでは気圧は約 0.5 気圧、つまり空気が通常の半分しかない。これは人間にとってかなり過酷な環境であり、多くの場合酸素吸入なしにはまともに動くことも難しい。しかしこ

図：東京大学アタカマ天文台（TAO）の位置



の環境は天体観測には非常に適している。特に天体から発せられる赤外線は上空の空気に吸収されずに望遠鏡に届くため、赤外線で宇宙をみるには、チャントール山は世界最高の場所であると言える。

20年前から始まっていたTAO計画

TAO 計画がスタートしたのは 1998 年、今からちょうど 20 年前にあたる。計画はまずは望遠鏡の設置場所（サイト）を探すことから始まった。赤外線での天体観測には、標高が高く、気流が安定していることが必要である。また大型機器を長期に運用するためには、政情が安定していることが必須となる。これらの点をふまえ世界中をくまなくサーチした結果、チリのアタカマは当初から有力な候補であった。気象衛星のデータ解析からもこの地が天体観測に向いていることは明らかであった。しかし実際の地形状況や気候条件は実地での調査が不可欠である。そこで 2002 年に徒歩で（その時点で道路はなかった）山頂調査を実施した。写真 1 はこの山頂調査時のもの

である（写真1）。過酷な険しい坂道を上っていくのは登山家でも工事関係者でもない、東京大学の教員である。何としてもよい望遠鏡を作りたいという強い意志を感じていただけるだろうか。



写真1：2002年に実施した徒歩によるチャナントール山頂調査時の写真

この現地調査によって山頂が望遠鏡建設に十分な広さを有していることが明らかとなり、計画はスピードを上げて進められるようになった。チリ科学技術委員会（CONICYT）の許可を得て、2006年に山頂へのアクセス道路が完成、車での登頂が可能となった。我々は計画の具体化に向けてチリ政府との交渉を開始し、2007年についてTAOは天文台建設事業主体と認定され、チリ大統領令で学術免税特権のある法人格が付与された。2009年にはパイロット観測用の口径1m望遠鏡（通称ミニTAO望遠鏡）が完成、実際の天体データが取得できるようになり、2011年にはTAOは世界最高標高の天文台としてギネスの世界記録に登録された。（写真2）



写真2：チャナントール山頂にある東京大学アタカマ天文台（TAO）の全景。標高5640mの世界一高い天文台。右は口径1mのミニTAO望遠鏡のドーム、左は観測用のコンテナ

得られたデータは良い意味で予想を超えるものであり、これまでの望遠鏡では見えなかった宇宙からの赤外線を次々と検出することに成功した。この成功を受け、2012年に日本政府から計画予算が措置され、いよいよ口径6.5mのTAO望遠鏡の制作がスタートすることとなった。また2014年にはチリ国有財産省から50年間の山頂使用権を得て、望遠鏡の長期運用の条件が整うこととなった。

チリと共に

TAOのような大型科学計画を進めるには、チリ政府や市町村、あるいは付近住民の理解や協力が不可欠である。望遠鏡は都市から遠く離れた高峰に建設するため、山頂領域の自然環境や近隣の生活環境への影響が避けられないからである。加えて、TAOが設置されるチャナントール山は国有地であると同時に先住民にとって神聖な山であり、信仰の対象ともなっている場所である。そのようなところを整地して大型の施設を置くというのは、例えて言うならば、富士山の山頂に外国人が望遠鏡を建てるようなものである。言葉を尽くしての説得があっても僅かでも納得できない感情が残ると、やがて反対運動に火がつくこともある。このため、先住民の同意がなければ、チリ政府はそもそも山頂開発の許可を出すことはしない。

TAO計画では当初からチリ政府はもとより望遠鏡サイトがあるサンペドロ・デ・アタカマ市、また現地住民や先住民団体と話し合いを重ね、お互いを尊重しあう良好な関係構築に尽くしてきた。たとえば現地サイトに何らかの重機を入れる場合は、パチャママ（母なる大地という意味で、アンデスの古



写真3：2006年にチャナントール山頂で行われた記念碑の除幕の様子

い神話にあらわれる大地の女神)への祈りの儀式を必ず執り行うようにしている。特に大規模な工事をスタートさせる場合には、先住民団体のメンバーを山頂に招待し、現地の神父を呼んだうで地鎮祭を行っている。写真3はその様子で、中央にあるのはミニ TAO 望遠鏡建設時に山頂に設置された記念碑である。現地工事で出た岩に日本の御影石が張り付けられたもので、表面には現地語で友好を意味する“TATAI”の文字が刻まれている。この記念碑の周りに現地住民と日本側関係者が集まり、パチャママにお酒を捧げながら TAO 計画の成功を祈願する姿は、普段測定器と数式で世界と向き合っている執筆者にとっても心動かされるものである。

我々は大学人であり教育者でもあるので、現地の教育についてもできる限りの貢献をしたいと考えている。たとえば2016年からは東京都の足立区と協力し、現地の高校生を東京に短期留学させるようなプログラムも行っている。また最寄りの港町であるアントファガスタ市では、地元のアントファガスタ大学と共同で TAO 計画を紹介するイベントなども実施(写真4)、東京大学の研究者が講演を行うなどの



写真4：アントファガスタ大学と共同で開催した TAO 計画を紹介するイベントに参加した地元学生との集合写真

活動も行っている。さらにはチリ第二州政府やサンペドロ・デ・アタカマ市と協力してプラネタリウムを設置する計画も推進している。場所は市内の TAO 山麓施設内であり、完成すれば先住民や旅行者が最先端の科学研究に触れられる施設になると期待している。

振り返ると、当初、現地にて、望遠鏡で宇宙の起源に迫ることができると話したとき、我々には祖先から語り継がれた我々の宇宙があると反発されたことがあった。それが今では一緒に協力し合って TAO

計画を実現しようとしている。研究室に閉じこもっては決して得られない触れ合いの喜びがあればこそ、長い困難な道のりを諦めずに歩んで来れた。ここに至るまでの両国政府や大使館をはじめ各方面からの力強いサポートに対して、この場を借りてあらためて御礼申し上げたい。

迫る初観測

2012年からスタートした口径6.5mのTAO望遠鏡の製作・建設は現在、大きな山場を迎えている。望遠鏡サイトは作業環境が非常に過酷であるため、現地での作業をいかにスムーズに行うかは計画の成否を決める重要な要素となっている。そのため望遠鏡の本体やドームなどの精密機器は日本国内で製作・仮組を進めてきており、一部はすでに梱包され、チリへの出荷を待つ状況にある。また望遠鏡の心臓部である口径6.5mの鏡は米国アリゾナ大学で研磨が終了しており、こちらも最終調整を行っている段階にある。(写真5) これらをサイトに運び上げるには、山頂アクセス道路を道幅6m以上に拡張する必要があるが、その工事も終盤に差し掛かってきており、20名程度のワーカーが毎日作業にあたっている。アタカマ地区はこの冬例年よりも多くの積雪に見舞われ、日によっては日中の気温が-10度を下回る厳しい環境であった。そんな過酷な環境下でもチリ人ワーカーたちは熱意をもって工事作業を進めてくれており、難工事も着実に進んできている。今年中に道路が完成したのちは、日本で調整済みの望遠鏡設備を搬入する予定であり、輸送の準備や受け入れ手続きも進められている。搬入が完了したらいよいよ望遠鏡が初めて星を見るファーストライト観測が待っている。(写真6)

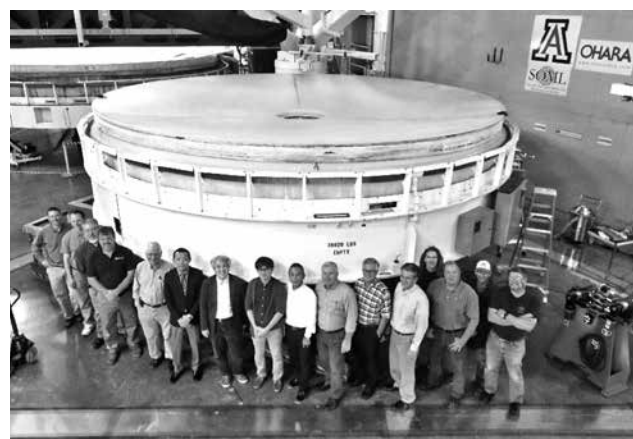


写真5：アリゾナ大学で研磨を終えた TAO 望遠鏡の口径6.5m主鏡

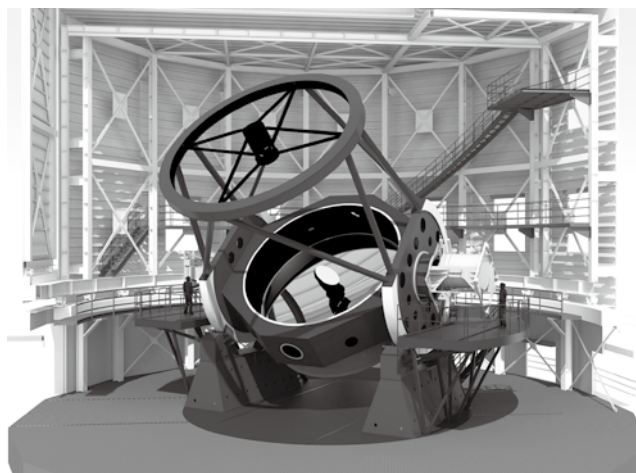


写真 6：口径 6.5m の TAO 望遠鏡の完成予想図

そして未来へ

ファーストライト後は速やかに調整を進め、本格的な科学観測をできるだけ早くスタートさせる。アタカマの優れた赤外線での観測環境を活かせば、宇宙開闢から間もない生まれたての銀河の姿や、地球の

ような惑星が誕生する瞬間なども見る事が可能となる。これらは世界で類をみない唯一無二の観測結果となるであろう。このような科学研究への期待はもちろん、我々には別の夢もある。それは10年20年後に、TAOを見て育ったチリの子供たちが成長して天文学者となり、日本の研究者とともにTAO望遠鏡を用いた観測で宇宙の謎に挑戦することである。これが実現した時に初めて、TAOは真の国際プロジェクトとして成功したと言えるであろう。TAO計画の実現に向けて、今後とも努力を続けていきたい。ご理解ご協力を賜れば幸いである。

(TAO 計画の概要については、<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/TAO/> をご参照)

(よしい ゆずる 東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター名誉教授、TAO プロジェクト代表)

ラテンアメリカ参考図書案内

タンゴと日本人



『タンゴと日本人』

生明 俊雄 集英社 (新書)

2018 年 8 月 235 頁 840 円+税 ISBN978-4-08-721043-9

19 世紀末にブエノスアイレスの港町で生まれたタンゴは、20 世紀に入ってパリで評価され、洗練された小気味のいいリズムは欧州で広く受け容れられてアルゼンチンに凱旋してきた。日本でも戦前戦後何度もタンゴ流行の波があって、日本人の多くはさほど思っていないが「日本人は我々に次いで世界で二番目にタンゴの好きな国民」とアルゼンチン人が認めているほどである。1953 年に歌手藤沢嵐子がアルゼンチンで大反響を呼び、1961 年には既にフランスで大成功をおさめタンゴ王と言われたフランシスコ・カナロの楽団が来日し、各地の演奏会は超満員になった頃が日本のタンゴ・ブームの最盛期であった。1990 年代後半にはバンドネオン奏者でモダン・タンゴと見做されたアストル・ピアソラの世界的なブームがあった。

本書は戦前ダンス音楽として輸入され、戦後に数度のブームを迎えて今は未だ根強いファン層はいるもののその後日本では表舞台に立つことはなくなったタンゴが、実は歌謡曲と融合してタンゴ調、タンゴそのもののヒット曲を生みだし、日本の音楽文化に溶け込んできたことを詳細に指摘している。タンゴの起源と日本への到来、ダンスホールやタンゴ喫茶、コンサートや不振のタンゴ界を 50 余年にわたって支えてきた「民音」、ラジオやレコード、テレビと、タンゴを育てた場所と仕組み、発展を牽引した解説者や中南米音楽専門誌、バンドリーダー達の仕事人、「黒猫のタンゴ」は言うに及ばず、フランク永井の「有楽町で逢いましょう」はじめタンゴの要素を取り入れた歌謡曲は枚挙に暇がない。しかし、日本でのタンゴはいまや歌謡曲とともに地下に潜ってしまった観があるが、学生タンゴバンド出身で長く洋楽界で関わってきた著者は、徹底的に見せるダンスで世界を席巻した「タンゴ・アルヘンティーノ」ショーや死後クラシック音楽演奏家からも取り上げられて人気を復活したピアソラの例を挙げて、タンゴを愛する DNA を他国の人以上に沢山持ち次世代に受け継いでいる筈の日本人のエネルギーで「タンゴよ 蘇れ」と結んでいる。

〔桜井 敏浩〕