

# すばる望遠鏡の科学戦略： 「すばる2」，そしてその先へ



小山 佑世

〈国立天文台ハワイ観測所 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: koyama.yusei@nao.ac.jp

すばる望遠鏡はこれまで25年間、運用を支える観測所スタッフと多くのユーザの皆さまに支えられ、素晴らしい科学成果を創出してきました。25周年を迎えた今も、「すばる2」計画のもと、すばる望遠鏡はその進化を続けています。いよいよ、すばるが「大口径望遠鏡」を名乗る時代も最終章に入ります。2030年代には、地上30メートル級の望遠鏡が完成します。大規模なサーベイ観測に特化した地上・宇宙望遠鏡の計画も進んでいます。本稿では、その2030年代を見据えながら、国立天文台ハワイ観測所に在籍する研究者の視点で、すばる望遠鏡の将来を展望します。

## 夢の、すばる望遠鏡

すばる望遠鏡がファーストライトを迎えた1999年1月、私はまだ高校1年生でした。当時何も知らなかった私は、日本がハワイに大きな望遠鏡を作ったというニュースが流れ、とても驚いたことをよく覚えています。この望遠鏡で、日本は天文学の最先端に躍り出るといえるのです。この望遠鏡を使うのは一体どんな人たちのだろう？自分には遠く離れた世界の話だと思いました。でも、ひょっとして大学で天文学科に進学すれば、この望遠鏡を使って研究することもできるかもしれない。そう思ったのが、私がこの世界に進んできたきっかけでした。天文学の知識はまるでありませんでした。「望遠鏡」と「観測装置」の意味の違いもわからなかったし、「星」と「銀河」の違いさえわからなかったと思います。しかし、すばる望遠鏡に憧れてこの世界に進み、そして気がつけば、国立天文台ハワイ観測所の職員として現地ハワイに赴任することになりました。そう、夢は叶ったのです。

私は2015年から9年間、現地ハワイに勤務しました。そのなかで私が何より感じたのは、望遠鏡を年間365日、休まず運用できているのは本当に奇跡であるということ。そしてそれは観測所スタッフ全員の弛まぬ努力の結晶であるということです。25年の歳月、ハワイでは地震もありました。火山の噴火も何度もありました。さらにコロナ禍もありました。さまざまなトラブルに見舞われて、時には長期間観測ができない時期もありました。それでも不死鳥のように蘇り、すばる望遠鏡は今なお世界第一線の活躍を続けています。

今回、すばる望遠鏡の科学戦略についての執筆依頼をいただきました。かつてすばる望遠鏡に憧れ、この場所に辿り着くことを目指して人生を歩んできた私にとって、この25周年のタイミングでその将来を語ってほしいと依頼されることはとても光栄なことであり、また身の引き締まる思いでもあります。しかし私がどんなに情報を集めてそれらしく書いたところで、やはりサイエンスの各分野を、あるいは装置開発の各分野を牽引される専門家の皆さまのように迫力をもった記述はで

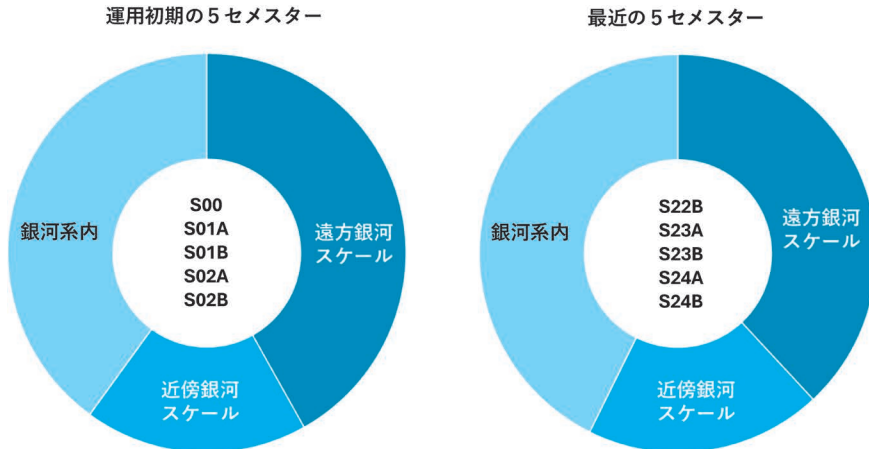


図1 すばる望遠鏡の運用開始から最初の5セメスターと、直近の5セメスターについて、一般共同利用枠で採択された観測プログラムの分野別割合（件数ベース）。25年前と現在で、すばるユーザの科学的興味の分布はそれほど大きく変わっていないようすがわかる。

きません。そこで本稿では、ハワイ観測所に勤める研究スタッフとしての視点で、これからのすばる望遠鏡を展望してみたいと思います。

## すばるの科学戦略と科学成果の歩み

私はすばる望遠鏡の建設期や初期運用の頃を知らない世代です。当時の空気感や、どのようなサイエンスで盛り上がっていたか、実体験として語ることはできません。しかし、すばる望遠鏡の過去25年におよぶ観測プログラムの記録を探ってみると、当時のようすが少し見えてきます。すばる望遠鏡のウェブサイトでは、過去に採択されたすべての課題リストが公開されています [1]。

まず、すばる望遠鏡が運用を開始して最初の5セメスター（S00, S01A, S01B, S02A, S02B期）の採択課題リストから、各課題の観測対象に注目して、「遠方銀河スケール（赤方偏移 ( $z$ )  $> 0.5$ ）」「近傍銀河スケール ( $z < 0.5$ )」「銀河系内（太陽系、系外惑星を含む）」で分類したのが図1（左）

です\*1。これに対して、もっとも最近の5セメスター（S22B, S23A, S23B, S24A, S24B）で同様に統計を取ったものが図1（右）です。興味深いことに、採択されているプロポーザルの分野割合は運用初期からほとんど変わっていないことがわかります。もちろん細かく見ればある特定の時期に盛り上がる（または盛り下がる）分野はあるかもしれませんが、しかし上の結果は、大局的に見るとすばる望遠鏡のユーザの科学的興味の分布は25年間それほど大きく変化しているわけではないことを示していると言ってよいでしょう。

もう一つ、興味深いデータがあります。図2は過去25年間のすばる望遠鏡からの成果リリースを振り返り、リリースされた内容を再び「遠方銀河スケール」「近傍銀河スケール」「銀河系内」に分類して、その件数をまとめてみたものです。時期によって少しずつ変化はありますが、こちらもそれほど顕著な変化は見られません。一方で、上で述べた採択課題の割合を思い出すと、採択課題

\*1 ここでは科学目標や観測対象を、公開されている観測プログラムのタイトルのみで筆者が判断しています。そのため100%の精度はありませんが、ここでの議論には大きな問題はないということでご了承ください。また、「遠方銀河」・「近傍銀河」の境界も曖昧です。筆者の感覚で、赤方偏移0.5付近（約50億年前の宇宙、太陽が生まれた頃の時期）を境界に分類しているつもりですが、これも研究者によって（また時代によって）定義が異なることも承知しています。

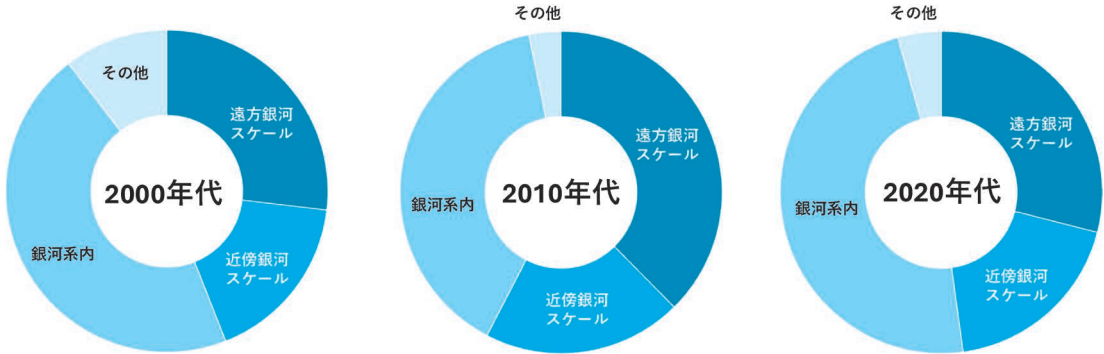


図2 2000年代, 2010年代, 2020年代 (本稿執筆時点まで) にすばる望遠鏡から成果リリースされた内容を図1と同様に遠方銀河スケール, 近傍銀河スケール, 銀河系内に分類した。観測成果以外の, たとえば新しい装置完成時のリリース記事や理論的な研究の成果リリースは「その他」に分類した。

数は銀河系外の分野が多いのに対して, 研究成果リリースは銀河系内の話題が多いという若干の逆転現象が起きているようです。これにはさまざまな背景があると思われますが, ここで「銀河系内」と分類した成果のなかには, 太陽系外惑星や太陽系内天体の成果も含まれていて, 特にこれらの分野で, 観測成果を積極的に発信されていることが, この結果に表れているようです。

すばる望遠鏡の運用開始からまもなく, S02A期には, Target of Opportunity (ToO) の観測プログラムが採択されています。また同じくS02A期には2件の「インテンシブ・プログラム」が採択されています。すばる望遠鏡の運用開始当初から, 時間軸・突発天体への対応や, ある程度まとまった時間を投入する大きなプログラムの必要性がコミュニティ内で認識されていたことがわかります。

そのほか, S03A期からは, サービスプログラムも開始されています。マウナケアの望遠鏡群との時間交換の議論は2005年頃から行われ, Gemini望遠鏡との時間交換はS06B期から, Keck望遠鏡との時間交換はS07B期からスタートしています。当時のすばる小委員会 (現在の科学諮問委員会) の議事録を見ると, マウナケア天文台として「Keck, Gemini, すばるで連携しなくてはVLTに勝てない」という危機感があったことが伝わっ

てきます。Keck望遠鏡, Gemini望遠鏡との時間交換は現在も続いているようですが, いよいよ30メートル級望遠鏡が動き出す時代に向けて, すばる望遠鏡やその他の地上8-10メートル級の望遠鏡がどのように競争力を維持していくのか, 改めてこの「危機感」に立ち返って, 他の望遠鏡との連携を模索する必要があるかもしれません。

さらにすばる小委員会の記録を紐解くと, 2005年から2006年にかけて, インテンシブプログラムを超えた, さらに大きなプログラムの必要性についても議論が始まっています。これが「すばる戦略枠プログラム (Subaru Strategic Program; SSP)」の始まりです。当時はFMOSやHiCIAOといった新規装置の完成が見えてきていたところで, 100-200夜規模のプログラムも実施できるように検討が進んでいました。

すばる望遠鏡の公式サイト[2]によると, 「すばる戦略枠プログラム」とは, 「他の追従を許さないユニークな観測装置を用い, 個人または個別グループの研究課題を超えて, 長期にわたるまとまった観測を行うもので, これによってすばる望遠鏡の成果を世界により強く発信するとともに, 当該分野でサイエンスのリーダーシップを確立することを目的とするもの」と定義されています。そしてより具体的に, A. 歴史的サーベイ観測 (=高いサーベイパワーを持つ観測装置を用いて,

得られる科学的成果のみならず、取得されるデータそのものが日本、および世界の天文学者にとって利用価値が高い場合、とくに、個別の割付でなく、深さ、視野、などの面で、戦略的かつ系統的な計画が非常に有効である場合)、B. 重要で明確な目的をもつ系統的観測 (=ユニークな観測装置を用いて、天文学における重要、かつ明確な目的に沿って、個別の課題を超えて系統的かつ長期的な観測が必要な場合) が期待されていると書かれています。

その後、最初の SSP として HiCIAO を用いた SEEDS プロジェクト (120 夜) が 2009 年から、第二弾の SSP として FMOS を用いた FastSound プロジェクトが 2012 年から、そして 2014 年からは、HSC の SSP (300 夜) が行われ、いずれも素晴らしい成果を挙げています。また 2019 年からは、IRD による SSP (175 夜) がスタートし、観測が最終段階に入っているところです。なお、SSP 導入の経緯や上記 4 件のプログラムについては、すばる望遠鏡 20 周年の記事にも詳細が記載されていますので、そちらもご参照ください [3]。

## 「すばる 2」の時代へ

### 広視野観測能力を、研ぎ澄ます (HSC, PFS)

「すばる 2」の名前を聞いたことがある方も多いと思います。すばる望遠鏡に特に変わった様子はないのに、なぜ「すばる 2」なのだ? と不思議に思う方もいらっしゃるかもしれません。すばる望遠鏡が 20 周年を迎えた頃、そこから先の 10 年を見据えた科学戦略・運用方針を策定する機会がありました。そこで生まれたのが「すばる 2」のコンセプトです。運用開始から 20 年が経過したすばる望遠鏡が新しいフェーズに入り、これからも世界の最先端を走り続けるための精神的支柱のようなものだと思っただけだとよいでしょう。

この「すばる 2」のコンセプトのなかで、特に重視されているのが「広視野」の観測能力をさら

に強化することです。すばる望遠鏡のユーザには馴染みの事実ですが、すばる望遠鏡は特に広視野の観測能力に定評があります。運用開始初期から活躍してきた主焦点カメラ Suprime-Cam, そしてその後継機である視野 1.8 平方度の Hyper Suprime-Cam が現在のすばる望遠鏡の成果創出を支えています。すばる望遠鏡からは毎年 150 本程度の成果論文が生まれていますが、その多くが Suprime-Cam, Hyper Suprime-Cam による広視野サーベイ観測による成果であること、また時間交換を行う Keck 望遠鏡や Gemini 望遠鏡のユーザからも、広視野観測装置への希望が集中している事実からも、広視野観測がすばる望遠鏡の得意分野であることは紛れもない事実です。

HSC に続き、「すばる 2」における「第二の矢」として現在もっとも盛り上がっているのが、Prime Focus Spectrograph (PFS) です。HSC が広視野の多色撮像機能を提供するのに対し、PFS の持ち味は「広視野の多天体分光機能」です。1.3 平方度の視野内に分布する約 2,400 天体のスペクトルを同時に取得することができます。その圧倒的な同時観測天体数に加えて、一度の露出ですべての天体について可視光 ( $0.38 \mu\text{m}$ ) から近赤外線 ( $1.26 \mu\text{m}$ ) までのスペクトルを同時に取ることができるというのも、PFS の優れた特徴です。

2024 年 9 月、ちょうど本稿を執筆している最中に、嬉しいニュースが入ってきました。この PFS による、360 夜の戦略枠プログラム (SSP) が採択されたのです。長期にわたり、PFS を開発してきたチームの皆さま、またサイエンス検討に携わった多くの皆さまの努力が報われた瞬間であり、すばる望遠鏡の新しい歴史の幕開けとも言える瞬間です。PFS は複雑な装置で、観測所での運用も過去にない大変なものになると予想されます。今後 PFS が実際に観測を開始すると、また多くの予想できなかった困難に直面することもあるでしょう。しかしここまできたら、装置チームと

観測所が手を携えて、すばる史上最大の360夜というプログラムを走り切ることができると信じています。S25A期からはPFSの一般共同利用も開始されます。上で採択された戦略枠プログラムは、宇宙論・銀河進化・銀河考古学の三本柱で提案された観測プログラムとなっていますが、さまざまな分野の研究者のアイデアによって、装置開発チームが当初想定していなかった新しい分野で大きな科学成果が生まれることも期待されます。

### 究極のすばる望遠鏡 (ULTIMATE-Subaru)

上で述べたHSCとPFSは、可視光の観測装置です。可視光の観測は月明かりの影響を受けるため、満月期にはいずれも本来の力を発揮することができません。ここで、すばる2の「第三の矢」として登場するのが「ULTIMATE」です。ULTIMATEは、すばる望遠鏡に次世代の広視野補償光学を搭載する計画です。「補償光学」とは、大気揺らぎに合わせて鏡の形状を高速変形させることでシャープな星像を得る技術で、地上望遠鏡でありながら宇宙望遠鏡並みの高い空間解像度を実現することができる手法です。補償光学は近赤外線特に威力を発揮します。そして近赤外線の観測は、月明かりの影響をほとんど受けません。これからのすばる望遠鏡は、HSCとPFSが新月期を、ULTIMATEが満月期を担当することにより、原理的には年間通していつでも広視野観測ができるようになるのです。

補償光学システムは、すでに多くの望遠鏡に搭載されており、すばる望遠鏡でもAO188という補償光学システムが運用を続けています。従来の補償光学の大きな問題として、(1) 視野が限られてしまう、(2) 複雑な光学系を通すため感度をロスしてしまう、(3) 自然ガイド星を必要とするためターゲット近くに明るい星が必要である、という大きな制約がありました。ULTIMATEはこれらの問題を克服するため、「地表層補償光学 (Ground Layer Adaptive Optics; GLAO)」を導入します。GLAOでは、地表に近い部分の

大気揺らぎにフォーカスして星像の改善を行います。広い視野の四隅に4本のレーザーガイド星を打ち上げて大気揺らぎを複数箇所モニターし、視野全体の星像を一様に改善します。また副鏡を可変形鏡にすることで、感度の低下も防ぐことができます。回折限界の星像は得られませんが、マウナケアの標準的な大気条件においてKバンド帯で0.2秒角の解像度を視野直径20分角にわたって実現することができます。これは大口径望遠鏡に搭載される最大視野の補償光学システムであり、また得られる解像度はハッブル宇宙望遠鏡やNASAがこれから打ち上げを予定しているNancy Grace Roman宇宙望遠鏡(以下、Roman宇宙望遠鏡)に匹敵します。

ULTIMATEは、宇宙の構造形成史と銀河の進化史の解明を主要な科学目標に掲げています。遠方天体の観測は赤方偏移によって観測波長が長波長側へシフトするため、遠方宇宙の開拓には近赤外線での観測が不可欠です。可視光の観測では、大質量銀河を見つけるために有効なバルマーブレイクや星形成銀河に見られるH $\alpha$ 輝線などは赤方偏移1程度(約80億年前の宇宙)まで、超遠方宇宙の銀河を見つけるための指標であるライマン $\alpha$ 輝線やライマンブレイクは赤方偏移6-7程度(約130億年前の宇宙)までしか捉えることができません。この「波長の壁」を超えてさらに遠方の宇宙を開拓するためには、より長波長での観測が不可欠なのです。実はまさに今、世界中の研究者がこの方向に向かって次世代の計画を検討しています。次章では、この世界の潮流のなかで、すばる望遠鏡がどう生き残っていくかを考えてみたいと思います。

ちなみに、ULTIMATEは遠方宇宙開拓のためだけのツールではありません。星が混んだ領域や、塵に深く埋もれたすべてのターゲットに対して威力を発揮します。たとえば、高い空間解像度を活かして近傍銀河を個々の星々に分解する観測、天の川銀河の中心領域や銀河面の広域観測、

星形成領域を狙う観測なども計画されています。さらにULTIMATEを用いて天空上の1平方度程度の領域を5年間ほどモニターすると、赤方偏移 $>6$  (130億年以上前の宇宙)の超新星爆発を捉えることもできると期待されています [4].

私はULTIMATEのプロジェクトサイエンティストも務めていますので、ここではULTIMATEについてやや詳しく解説しました。その立場によるバイアスはあるとしても、PFSがいよいよ動き出す今、すばる2の成功の鍵を握る次のキーワードがULTIMATEであることは明確です。私としては、長く携わってきて思い入れもあるプロジェクトですから、是非(現在の予定どおり2028年度に)完成を迎えて、目の覚めるようなシャープな画像を皆さまに届けられるように、プロジェクトのメンバーとともに全力を尽くします。

#### マルチメッセンジャー、系外惑星サイエンス

ここまで、すばる2の広視野戦略を支える装置開発に焦点を当てて記述してきました。広視野観測が特に生きるのは、すでに登場した宇宙論や銀河進化の分野がまず思いつきますが、すばる2のサイエンスの柱としてはあと2つ、「マルチメッセンジャー天文学」と「系外惑星科学」を掲げています。

広い視野をもつすばる望遠鏡は、重力波やニュートリノなど、宇宙からやってくるさまざまな(電磁波に限らない)シグナルをキャッチした際に、その方向に望遠鏡を素早く向けて、対応天体を同定する強力なツールとして期待されています。対応天体が同定されたら、今度はその天体の素性を詳しく解明するために、高感度の分光観測のニーズが高まってきます。その目的では、新しいすばる望遠鏡の分光装置「NINJA」が活躍するでしょう [5]。NINJAは現在開発中のPIタイプ装置<sup>\*2</sup>で、可視光から近赤外線までの波長帯を

同時に分光できる装置です。一天体集中型ではありますが、ULTIMATEの補償光学(狭視野LTAOモード)にも対応しており、シャープに絞り込んだ光を高い感度で分光することができます。

ここで少し気になる点も挙げておきます。マルチメッセンジャー天文学における「対応天体の同定」という観点では、やはり広視野の深撮像能力は重要で、依然としてHSCがもっとも強力な装置と考えられます。しかし重要なイベントが報告された当日に、すばる望遠鏡に必ずHSCが搭載されているとは限りません。ULTIMATEが搭載されている夜ならば、赤外線に対応天体探しを実行できる可能性はありますが、PFSが搭載されている夜だとHSCへの切り替えはできませんし、その他の観測装置での観測中でも、HSCへ切り替えるのは簡単ではありません。実はすばる望遠鏡の装置交換は大変で、少なくとも現在の運用方針では主焦点の装置を頻りに付け替えるようなことは想定されていません。とはいえ、本当に数年に一度しか起きないような重要なイベントが起きた日に、どのような装置が付いていてもベストな装置に切り替えるような緊急対応モードも用意しておく必要が出てくるかもしれません。少し前までは、それは中小口径望遠鏡の仕事だろうと言われていました。しかし実際にユーザコミュニティからはすばる望遠鏡へのそのようなフレキシブルな運用を期待する声も高まっていると感じています。

系外惑星の研究は、この20年間で大きく進んだ分野であり、一般社会からの関心も特に高く、さらにTMTをはじめとする30メートル級望遠鏡の目玉とされるサイエンス分野でもあります。すばる望遠鏡では、高分散分光のIRD、高コントラストの極限補償光学装置であるSCEXAOと、そのSCEXAO用に開発されたさまざまな観測装置

<sup>\*2</sup> 国立天文台ハワイ観測所では、大学などの研究グループが、比較的小きな規模の観測装置を独自に開発し、それをすばる望遠鏡に搭載してユニークなサイエンスを実現することをサポートする仕組みをもっています。このタイプの装置を「PIタイプ装置」と呼び、観測所が責任をもって運用する基幹装置とは区別しています。

が「PIタイプ装置」として運用されています。PIタイプ装置はこれまで、「装置チームが行いたいサイエンスを行うために観測所に持ち込まれる」ものでした。そのため装置の開発も運用も、基本的には装置チームが担うというのが原則です。しかし、IRDはSSPを行いましたし、最近ではSCEXAOを使う интенシブ課題も採択されています。PIタイプ装置も、装置開発チームだけがやりたいことをやるというレベルを超えて、コミュニティスケールの装置が当たり前になりつつあるような実感があります。これまでのPIタイプ装置はこうだったから、という前例だけではなく、観測所に持ち込まれる競争力のあるPIタイプ装置を観測所としてどのようにサポートすれば、すばる全体として科学成果を最大化できるか、という視点で今後議論が必要になりそうです。すばるの科学運用については、次号にも別記事が予定されています。

## 2030年代のすばる望遠鏡を展望する

2020年代も気がつけば中盤に入りました。「すばる2」の次を見据えた「すばる3」の議論も始まったところです。すばる3の話題は、次号に別記事が予定されていますので、そちらをご参照いただければと思います。本章では、より広く世界情勢を俯瞰して、世界の中でのこれからのすばるの立ち位置について考えてみたいと思います。

まず2030年代に向けて、地上ではTMTをはじめ30メートル級望遠鏡が稼働することは非常に重要です。8メートル級で「大口径」だと言っていた時代はあと数年で終わりを迎えるのです。また、地上望遠鏡だけでなく宇宙望遠鏡の存在についても、これまで以上に注意しておく必要があります。2021年にNASAが打ち上げに成功したJWSTは現在目覚ましい成果を出し続けています。やはり今後の光赤外線天文学において「超高感度」「超高解像度」の方向性で世界をリードするのは、JWSTと地上の30メートル級望遠鏡の役

割となることは間違いないでしょう。

では、すばるが得意とする広視野サーベイの軸ではどうでしょうか。南半球では、9.6平方度(!)の視野をもつ口径8.4メートルのサーベイ専用望遠鏡(LSST)を擁するベラルービン天文台がまもなく稼働し、可視光域では他の追従を許さない、広くて深い探査を実施します。広視野観測で活躍してきたすばるも、単純なブロードバンドでの広視野観測の一本槍では、LSSTには敵いません。すばるとしては、北天への独自のアクセスを生かしながら、これまで同様にHSCの多彩なフィルター群を活用しつつ、またPFSによる広視野多天体分光機能を組み合わせて、LSSTと協調することが重要になるでしょう。

広視野の赤外線観測の方向性ではどうでしょうか？欧州宇宙機関ESAのEuclid宇宙望遠鏡が2023年に打上げに成功し、着々と観測データを届けています。また米国NASAのRoman宇宙望遠鏡も2026-2027年の打上げを予定して順調に進んでいます。EuclidとRomanは、いずれも広視野赤外線観測がメインの巨大ミッションで、スペースからの高感度の近赤外線広視野観測を展開します。すばる望遠鏡では、ULTIMATEが2028年度以降に稼働を予定していますが、やはり単純なブロードバンドによる測光観測ではこれらの宇宙望遠鏡に及びません。しかしこちらも多彩なフィルター群を用意することで、EuclidやRomanとタイアップした観測を行いながら、すばるとしての独自色を打ち出し、宇宙+地上の同時観測の機会なども利用して存在感を示していくことが重要になります。

手前味噌ではありますが、一つユニークな取り組みとして「SUPER-IRNET」という国際協力の枠組み作りを紹介します。これは2021年度よりスタートした日本学術振興会の研究拠点形成事業の一つで、「近赤外線・広視野天文学」をキーワードに、日本・米国・フランス・オーストラリア・台湾の5ヵ国連携を強化する研究者交流プロ

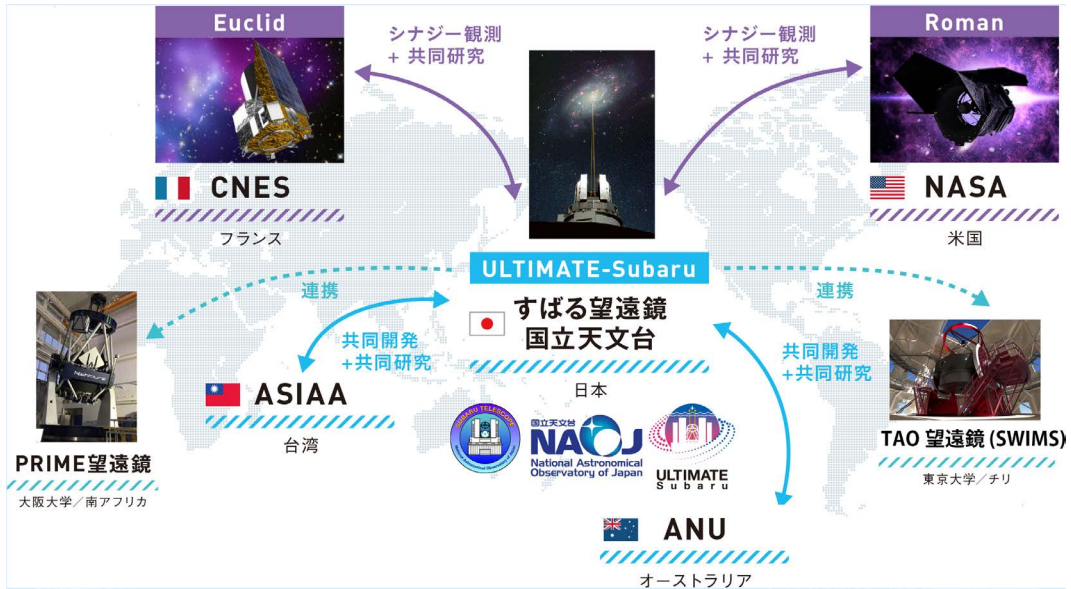


図3 2021年度から始まった日本学術振興会の研究拠点形成事業「地上・宇宙望遠鏡の連携による近赤外線広視野深宇宙探査時代の国際研究拠点形成」(通称SUPER-IRNET)の概念図[6]. 「近赤外線」「広視野観測」をキーワードに、日米仏豪台の五カ国連携を強化する。欧米の宇宙望遠鏡ミッションとすばる望遠鏡の連携、すばるの次世代広視野補償光学ULTIMATEの開発、そして赤外線広視野観測で特色をもつ国内の大学望遠鏡との連携もはかる。(画像提供: 国立天文台, 東京大学TAOプロジェクト, 大阪大学, NASA, ESA)

グラムです(図3)。このプログラムでは、(1) 米国NASAのRoman宇宙望遠鏡とすばるの連携、(2) 欧州ESAのEuclid宇宙望遠鏡とすばるの連携、(3) すばる望遠鏡におけるULTIMATEの開発を軸とし、さらに近赤外線の広視野観測でユニークな特徴をもつ東京大学のTAO望遠鏡の観測装置SWIMS、大阪大学のPRIME望遠鏡など、日本国内の大学望遠鏡に携わる研究者コミュニティを一つに束ねて、これらの望遠鏡・観測装置群がすべて稼働する2020年代後半以降に、日本の研究者が近赤外線広視野サーベイ天文学をリードできる機運を高めていくことを目指しています。たまたまですが、SWIMSの「S」、ULTIMATEの「U」、PRIMEの「P」、Euclidの「E」、Romanの「R」をつなげると「SUPER」になることに気づき、このプログラムを(やや陳腐な響きはあると思いますが、)「SUPER-IRNET」と名付けました。SUPER-IRNETはすでに4年目を迎えています、

5カ国から200名以上のメンバーが参加しており、国内の参加研究者も2021年発足当初から登録数が倍増しています。ワークショップの開催などを通して、S-U-P-E-Rの各計画に関わる研究者の横のつながりが生まれ、プロジェクトの垣根を越えた研究者交流が実現しています。

Romanとすばるは、協調観測として2027年頃からすばる望遠鏡の100夜を使う大きな約束があります。これはNASAに100晩をただ提供するのではなく、日本と米国のサイエンスコミュニティが一緒に100夜のプログラムを作り上げて、Roman宇宙望遠鏡の科学価値を最大化しようという計画で、現在その中身について議論が進んでいます。Euclidとすばるの協調観測は、これまで一般共同利用のインテンシブ課題として採択されて、Euclidのサーベイ領域をHSC(zバンド)で観測する計画が進行中です。すばる望遠鏡の地上観測データに世界から期待が集まり、それが日本



からの各ミッションへの「貢献」となって、日本の研究者が欧米の大規模計画に参加できる、というモデルケースが生まれているのです。

もちろん正直に述べるなら、NASAの計画などと予算規模を比べてしまうと、(残念ですが)がっぷり四つに組んで戦うのはなかなか難しいと言わざるを得ない部分もあります。それでも、たとえばHSCやULTIMATEの多彩なフィルターを使う多色観測はこれからの宇宙望遠鏡群とも相補的で、うまく連携することができれば地上・宇宙望遠鏡の相乗効果を生み出し、すばるからの科学成果が増えるだけでなく、そこからまた日本の研究者が世界の大規模計画に羽ばたいていく足がかりにもなり得るのです。

本稿の執筆にあたって、他の8メートル級望遠鏡の戦略についても少し勉強してみました。たとえばGemini望遠鏡が2019年に出版した文書「Strategic Scientific Plan for Gemini Telescope」[7]、Keckから2024年に出版された「Keck 2035」という文書[8]などは、すばる望遠鏡の将来を見定めるうえで大変参考になります。私が読むかぎり、8メートル級の望遠鏡はどこも2030年代の戦略策定に苦慮しているようです。これまで10メートルの口径をもって圧倒的な感度で世界をリードしてきたKeck望遠鏡でさえ、可視光の広視野カメラや広視野補償光学を搭載しようという話題が出ているくらい、これまでの戦略の踏襲では生き残ることができないという危機感が感じられます。すばる望遠鏡は、早い時期から広視野観測に特色を出してきましたので、その点では少し有利な状況にあると言えるでしょう。しかし上に述べたとおり、広視野サーベイを専門とする望遠鏡プロジェクトが地上・宇宙で動き出しているなかで、すばる望遠鏡もあぐらをかかいていられるはずはありません。世界の潮流に埋もれることなく、すばるとしての魅力を研ぎ澄ます努力が必要なのです。

## おわりに

国立天文台ハワイ観測所には、建設当時を知るスタッフはほとんどいなくなりました。すばる望遠鏡で育った世代が、現在のすばる望遠鏡の運用を支えています。

2021年にJWSTが打ち上がり、その華々しい成果が出てきたとき、すばる望遠鏡に提案される観測プロポーザルの件数が有意に減少した時期がありました。研究者というのは「いまこれが面白い!」というものが目の前に現れると、過去の縁などはあまり気にせず、そちらに没頭してしまうものです(もちろん、それが仕事なので仕方ないのですが…)。それでもまさに今、「すばる3」の議論も始まりました。観測所のサイエンティストとしては、2030年代のすばるの目玉装置の検討、既存装置のアップグレード、運用方針の転換なども十分に検討して、すばる望遠鏡をユーザの皆さんに「飽きられない存在」にしなくてははいけないと思っています。

すばる望遠鏡は、すでに一般社会でも十分な知名度を持っています。これは、これまですばる望遠鏡を建設・運用し、そのすばる望遠鏡で素晴らしい科学成果を創出・発信してきたすべての皆さまの残した財産だと思っています。その財産を次の世代に引き継ぐために、すばるはこれからも子どもたちに夢を見せることができる存在であり続けなくてはならないのです。

## 謝辞

本稿執筆にあたり、天文月報編集委員会の皆さま、特に日下部展彦さん、小野寺仁人さんに大変お世話になりました。またこのすばる望遠鏡25周年企画でお声がけくださった石井未来さん、そして本文中にも記したとおり、これまでのすばる望遠鏡の運用を支えてきたすべてのスタッフの皆さまと、科学成果創出を支えてきたユーザの皆様にご感謝申し上げます。また、ULTIMATE-Subaru

プロジェクトの皆さま、SUPER-IRNETの世話人の皆さまにも、この場を借りて感謝申し上げます。

### 参考文献

- [1] <https://www.naoj.org/Observing/Proposals/pastinfo.html> (2024.9.29)
- [2] <https://www.naoj.org/Science/SACM/Senryaku/senryaku.html> (2024.9.29)
- [3] 児玉忠恭, 2019, 天文月報, 112, 858
- [4] Moriya, T., et al., 2019, PASJ, 71, 59
- [5] Tokoku, C., et al., 2022, Proceedings of the SPIE, Volume 12184, id. 121847R 7 pp.
- [6] <https://ultimate.naoj.org/superirnet/index.html> (2024.9.29)
- [7] <https://www.gemini.edu/news/gemini-strategic-scientific-plan> (2024.9.29)
- [8] <https://www.keckobservatory.org/wp-content/uploads/2024/05/Keck-2035-Strategic-Plan.pdf> (2024.9.29)

### Science Strategy of the Subaru Telescope: Subaru-2.0 and Beyond

Yusei KOYAMA

*National Astronomical Observatory of Japan,  
2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan*

Abstract: Subaru Telescope has been a great success over the last 25 years with a tremendous efforts of the observatory staffs and science users. Subaru Telescope is now in the “Subaru-2.0” phase—in which significant works to upgrade its science capabilities are ongoing. However, at the same time, it is a critical time to start seriously thinking about the future strategy of Subaru toward the era of 30 m-class telescopes and next-generation large space missions in the world. In this article, I discuss the future directions of the Subaru Telescope from the perspective of a research staff working at the observatory.