

# すばるのここ10年の成果と観測所の将来

吉田 道利

〈国立天文台ハワイ観測所 650 North A'ohoku Pl., Hilo, HI 96720, U.S.A.〉

e-mail: yoshida@naoj.org



すばる望遠鏡は1999年のファーストライト以来、20年を経過し、なおも優れた科学成果を生み出し続けている。ハワイ・マウナケア山頂という天文観測の最適地にあつて、優秀な光学性能に支えられた広視野観測能力と高解像度観測能力の両方を併せ持ったすばる望遠鏡は、多彩な観測装置を国際共同利用に供してきた。本稿ではすばる望遠鏡のこの10年の推移を振り返り、今後のハワイ観測所の在り方を考えてみたい。

## 1. はじめに

すばる望遠鏡が20歳になった。先日、マウナケア天文台群の大先輩であるカナダ・フランス・ハワイ望遠鏡(CFHT)の40周年記念イベントに出席したが、その時に「すばるはようやく成人だな。CFHTはもう中年だよ」と言われた。ああそうだなと思った次第であるが、しかし、そう言われれば確かに、すばるはやっと一人前になったのだなと感慨深かった。一方、中年に差し掛かったCFHTは、今も新しい観測装置を装着し、インパクトのある科学的成果を生み出し続けている。だが、そのCFHTもそろそろ次の望遠鏡への更新が取り沙汰されはじめた<sup>1)</sup>。

すばるはまだ20歳である。私の感じでは、そのポテンシャルはまだ3割も発揮されていない。いや、様々な事情でまだ1割程度しか使いきれていないのではないかとすら思う。この望遠鏡の潜在能力は想像以上であり、まだこれからが望遠鏡人生の佳境に入っていくのだと感じている。

さて、天文月報編集部から「すばる望遠鏡のここ10年間の科学成果を振り返り、さらに将来の展望を示すような記事を書いてもらえますか」という要望が来たのは、今年の5月ごろであつ

た。難しいお題で、手に余ると思ったが、責務と考え引き受けた。だが実際、深く考えるほどどこから手を付けたらいいか分からなくなり、筆が進まない日々が続いた。編集部の皆様には大変なご迷惑をおかけしたが、観測所運用の日々を追われて、執筆がずいぶん遅れてしまった。時間というものは思った以上に早く過ぎる。

で、いろいろ考えたのだが、この小文では網羅的に10年間の成果を負うことはヤメることにした。その時々々の成果はこの天文月報でもたびたび紹介されているし、特に最近大きな成果をあげているHyper Suprime-Cam(HSC)については、最近発行されたHSC特集号<sup>2)</sup>に装置から科学成果まで大変よくまとめられている。具体的な科学成果についてはそうした文献に譲ることにしたい。

以下に、ここ10年のすばる望遠鏡の大きな「流れ」を、観測装置を中心に書いてみたい。

## 2. 2010年代のすばる望遠鏡—観測装置とSSP—

### 2.1 役目を終えた観測装置たち

2010年台に入って、すばる望遠鏡の当初から活躍を続けてきた装置のいくつかがその科学的寿

命を終え、退役していった。

Suprime-Cam (S-Cam) はすばる望遠鏡が立ち上がった直後から非常に多くの科学的成果をあげてきた観測装置である (図1)。その詳細は天文月報のSuprime-Cam特集号<sup>3),4)</sup>に詳しいので、そちらを参照されたい。S-Camについては後継機であるHSCが2013年より稼働し始めたことを受け、退役させるかどうかについてコミュニティを巻き込んだ議論が行われた。ハワイ観測所の運用面を考えれば、HSCとS-Camを共存させることは大変に負担が大きい。また、視野で圧倒的に勝るHSCに対してS-Camの果たすべき役割について大きな疑問符がついた。しかし一方、立ち上げ当初のHSCに多少の不安定さが残っており、バックアップ装置としてのS-Camの重要性もまた、無視できないものがあった。さらに、S-Camに用意された多彩な狭帯域フィルターはHSCのフィルターセットにはないユニークさを持っており、HSCのフィルター搭載枚数の制限などもある。一部のユーザーからは運用継続が望まれた。しかしながら、実際にはHSCを用いた新たなすばる戦略枠プログラム (Subaru Strategic Program: SSP) が始まり (HSC-SSP)、HSCの望遠鏡への搭載夜数が急速に伸びるのに反して、S-Camの需要は減少していった。そして遂に2017年5月29日、S-Camは最後の観測を行い、共同利用運用が停止された。

HiCIAO<sup>5),\*1)</sup>はAO188に対応した高コントラストコロナグラフ装置として2009年から観測を開始した。HiCIAOは開発当初から、これを用いてSSP, SEEDS (Subaru Strategic Exploration of Exoplanets and Disk Survey)<sup>6)</sup>を実施することが想定されていた。SEEDSは2009年から2014年にかけて120夜を獲得して、原始惑星系円盤や系外惑星のサーベイ観測が実施された。SSPの終了と

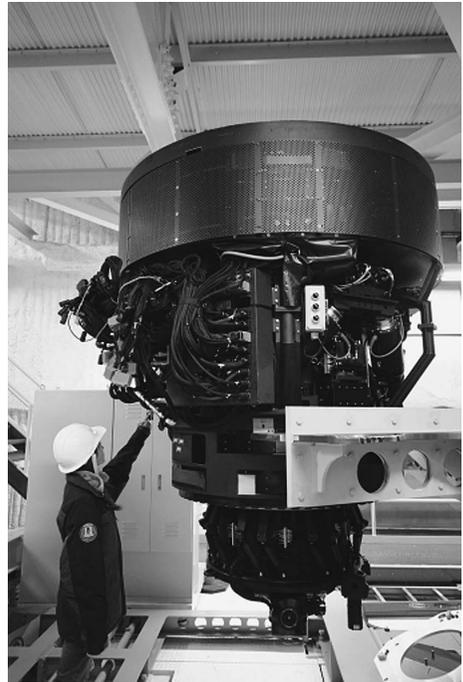


図1 すばる望遠鏡主焦点カメラ Suprime-Cam.

ともにHiCIAOの基本的な役割は終了し、2017年に運用が停止された。

FMOS<sup>\*2)</sup>はすばるの主焦点に400本の光ファイバーを配置した、多天体近赤外分光装置である<sup>7)</sup>。30分角の視野をカバーする近赤外多天体分光装置はその当時画期的なものであり、装置コンセプトはすでに1998年ごろより練られていたが、開発は困難を極めた。2008年にファーストライトを迎えた後も分光器の一つにトラブルを抱え、装置運用にも常に不安定さがつきまとった。FMOSを使用して、FastSoundと名付けられた宇宙論サーベイがSSPに採択され、2011年より4年間に40夜が投入された。FastSoundは当初予定された観測目標を達成し、赤方偏移1.4の時点での宇宙の構造形成速度を表すパラメータである $\sigma_8$ の値に制限をつけることに成功した<sup>8)</sup>。その後もFMOS

\*1 High Contrast Instrument for the Subaru Next Generation Adaptive Optics

\*2 Fiber Multi Object Spectrograph

は銀河進化の研究に用いられたが、次世代の超大型多天体分光装置PFS\*<sup>3</sup>の計画が進むにつれ、PFSへの移行を念頭に2017年にその運用を停止することとなった。

Kyoto 3DII\*<sup>4</sup>は京都大学によって開発された三次元分光装置で、ファブリ・ペロ干渉計や面分光ユニットを用いた三次元（空間二次元+波長次元）観測ができる装置である<sup>9)</sup>。いわゆる持ち込み装置（PIタイプ装置）として2006年より活動銀河の観測などに使用されてきたが、2017年に退役することとなった。

以上の装置を含め、これまでにすばる望遠鏡で退役した観測装置は以下ようになる。AO36\*<sup>5</sup>（2008年）、CIAO\*<sup>6</sup>（2008年）、CISCO/OHS\*<sup>7</sup>（2009年）、FMOS（2017年）、S-Cam（2017年）、HiCIAO（2017年）、Kyoto3DII（2017年）。こうして見ると、結構多くの装置が退役をしているのが分かる。2017年に退役装置が集中しているが、これは、HSCの稼働、PFSの開発、CHARIS\*<sup>8</sup>やIRD\*<sup>9</sup>への系外惑星サイエンスの移行などが重なった結果であると考えている。

## 2.2 2010年代の観測装置たち

2010年代に入ってから新たに運用を開始した観測装置をリストアップすると以下ようになる。FMOS（2011年、ただし2017年に退役）、HSC（2013年）、CHARIS（プリンストン大学が開発したPIタイプ装置；2016年稼働）、IRD（アストロバイオロジーセンターが中心となって開発したPIタイプ装置；2018年稼働）。

AO188\*<sup>10</sup>は2008年に導入され、現在でもすばる



図2 極限補償光学装置SCEXAOとCHARIS. すばる望遠鏡のナスミス台の上に設置されている。ナスミス焦点は写真の左側にある。

望遠鏡の基盤補償光学装置として稼働している<sup>10)</sup>。2011年より、AO188にはレーザーガイド星モードが導入され、観測可能天域が大幅に拡大した。AO188を用いる観測装置はIRCSおよびIRDであり、また極限補償光学装置SCEXAO\*<sup>11</sup>へのフロントエンドとしても使用されている。

すばる望遠鏡での系外惑星研究を支えているSCEXAO（図2）は、2000素子の可変形鏡を持つ極限補償光学装置である<sup>11)</sup>。波面補償の低次部分はAO188に任せ、高次成分をピラミッド型波面センサーを用いて補償することで、近赤外域でほぼ回折限界に達する解像度を得ることに成功している。SCEXAOは2015年から稼働を始めた。

CHARIS<sup>12)</sup>はプリンストン大学が開発した高コントラストの面分光装置であり、2016年から使用されている。現在、すばるによる系外惑星研究は、SCEXAO+CHARISによる高解像度観測と、IRDによる超精密視線速度分光観測の二つの

\*<sup>3</sup> Prime Focus Spectrograph

\*<sup>4</sup> Kyoto tridimensional spectrograph II

\*<sup>5</sup> 36 elements Adaptive Optics

\*<sup>6</sup> Coronagraphic Imager with Adaptive Optics

\*<sup>7</sup> Cooled Infrared Spectrograph and Camera for OHS+OH Suppressor

\*<sup>8</sup> Coronagraphic High Angular Resolution Imaging Spectrograph

\*<sup>9</sup> Infrared Doppler spectrograph

\*<sup>10</sup> 188 elements Adaptive Optics

\*<sup>11</sup> Subaru Coronagraphic Extreme Adaptive Optics

手法によって主として展開されている。CHARISによる高解像度面分光は系外惑星の分光観測に威力を発揮するが、地球型惑星のような恒星のごく近傍の小さな惑星の観測を行うことはできない。これは8 m望遠鏡の限界である。そこで、東京大学／アストロバイオロジーセンターの田村元秀氏らは、近赤外域での超精密視線速度測定によって間接的に地球型惑星を発見するという手法を採用した。要するに惑星の軌道運動によって母星が振り回されるのを検出しようというのだが、地球型惑星は軽いので母星も軽い方が母星が振り回される度合いが大きくなり、それを検出しやすい。軽い恒星と言えばM型主系列星などがターゲットとなる。こうした恒星は可視光で暗く近赤外線で見やすいので、近赤外線で見ると有利となる。これがIRDの戦略である。

IRD<sup>13)</sup>は近赤外線の高分散分光器であり、ナスミス焦点から光ファイバーですばる望遠鏡ドーム地下に設置されている分光器に星の光を導く。超高精度視線速度測定を実現するため、観測データの波長校正のためにレーザー周波数コムを用いている。レーザー周波数コムは、レーザー光を発信させ、周波数方向に等間隔で多数の輝線を作り出すシステムである。個々の輝線の周波数が正確に決まっているため、これらを参照すれば観測データの波長校正が正確にできる。現在、IRDの視線速度測定精度は約2 m毎秒である。星が、人が早足で歩くぐらいの速度で動くのを捉えることができるのだ。

新しく開発されたわけではないが、既存の観測装置への改造・改修の努力も行われてきた。MOIRCS<sup>\*12)</sup>の検出器を最新のものに更新し、さらに面分光機能を加えた“nuMOIRCS”プロジェクト(2015–2016)はそうしたものの一つである。また、最近ではFOCAS<sup>\*13)</sup>に面分光ユニットが開

発された。

### 2.3 2020年代の観測装置たち

2020年代のすばる望遠鏡の新しい観測装置の目玉は、何といたってもPFS<sup>14)</sup>である。およそ1.3平方度に及ぶ視野の中にある2,400個の天体を同時に分光できる機能を持つこの装置は、これまでに開発された中で最高の性能を持つファイバー多天体分光器であるだけでなく、今後10年以上にわたって高い競争力を保つ観測装置となることが期待されている。

その源流はオーストラリアのAAT (Anglo Australian Telescope) 用に開発された2dF分光器<sup>15)</sup>にまで遡ることができる。2dFは、2度の視野中に400本の光ファイバーを動的に配置する事ができる装置であった。望遠鏡の主焦点に多数のファイバーを自由に配置して多天体分光をするというコンセプトはFMOSのモデルとなった。やがて、FMOSはさらにその発展形であるWF-MOS<sup>\*14)</sup>として、Gemini望遠鏡グループから提案されることになる。WF-MOSのコンセプトは後のPFSと大変近く、Geminiグループは自分たちの望遠鏡に装着することを断念して、すばるに設置するべく日本のコミュニティと交渉し合意を得た。だが、残念なことに最終的な予算獲得に失敗した。WF-MOSの決起集会となるはずだった研究会でGemini側から計画断念を告げられ、大いに落胆したのを覚えている。WF-MOSは頓挫したがそのコンセプトは魅力的であり、東京大学IPMUの村山齊氏を始めとする多くの方々の努力により、PFSの開発へと結実した。村山氏は、開発中のHSCとPFSを組み合わせる大規模な宇宙論・銀河サーベイを実現する「SuMIRe (Subaru Measurement of Images and Redshifts)」プロジェクトを立ち上げ、資金集めに奔走された。

PFSのサーベイ能力には世界中が注目してお

\*12 Multi-Object Infrared Camera and Spectrograph

\*13 Faint Object Camera and Spectrograph

\*14 Wide Field Multi-Object Spectrograph

り、この装置の完成が待ち望まれている。現在の予定では2022年より本格運用が開始される。

PFSの次に、ハワイ観測所、東北大学などが台湾やカナダと協力して進めつつあるのが、ULTIMATE-Subaru<sup>16),\*15</sup>プロジェクトである。これは、地表層補償光学（GLAO）という技術を用いて、広視野（約20分角）にわたって近赤外域で0.2秒角の解像度で観測できる装置である。ULTIMATE-SubaruのGLAO部分についての概念設計レビューは2018年10月に行われ、高い評価を得た。現在は、予備設計レビューに向けてさらに詳しい設計が進行中である。同時に、現在のすばる望遠鏡のレーザーガイド星システムを更新し、GLAOに繋がる強力なレーザーを導入しAOトモグラフィ実験を行う準備が進んでいる。ULTIMATE-Subaruは2026年からの観測開始を予定している。

#### 2.4 すばる戦略枠プログラム（SSP）

個々のすばる戦略枠プログラム（SSP）については児玉氏の記事<sup>17)</sup>に詳しいので参照されたい。これまでに、SEEDS, FastSoundの二つのSSPが完了し、現在、HSC-SSP, IRD-SSPの二つのSSPが走っている。PFSが完成すれば、PFSを用いた300夜以上のSSPが走ることとなる。

ここでは、そもそもSSPというものがどうやって生まれてきたのか、それを簡単に振り返ってみたい。

きっかけはMOIRCSであった。2000年代初め、MOIRCSは近赤外線で大視野多天体分光ができる観測装置として完成が待ち望まれていた。東北大学（当時）の市川隆氏を中心として開発されたMOIRCSは2006年より、すばるの共同利用に供されることになった。MOIRCSがいよいよ立ち上がろうとする頃、開発チームからMOIRCSを用いた大規模観測プログラムを実施したいとの要請がハワイ観測所およびすばる小委員会に届い

た。今でもそうであるが、すばるでは観測装置開発の見返りとして20夜の観測時間を開発チームに提供する。何年も何億円もかけて開発した努力の見返りがたったの20夜なのかという批判は当時も今もあるが、このルールはすばる建設当初から決められ、今も変わっていない。すばる小委員会では、MOIRCSチームの要請を受け、「新しい観測装置はその性能が旬な間に集中して観測時間を投入して後世に残るような科学的成果の遺産作りに活用すべきだ」との議論がなされた。そこから「SSP」という発想が生まれていく。しかし、残念なことに議論の成熟が間に合わず、SSPという枠組みが固まる前にMOIRCSの共同利用が始まった。開発チームには大変なフラストレーションであったろうが、自分たちで共同利用時間を獲得していくという前向きな姿勢で対応をしていた。

MOIRCSにSSPが適用できなかったのはすばる小委員会の大きな反省点となった。そこで次の観測装置には間に合うよう、枠組みの整備が行われた。この時に現在のSSPの基本的な仕組みは作られた。その初めての適用例がHiCIAOであり、SEEDSであったのである。この後のSSPの展開については児玉氏の記事に譲ろう。

### 3. 2010年代のすばる望遠鏡—研究成果の流れ—

#### 3.1 すばるのポテンシャル

すばる望遠鏡はその稼働当時、広視野かつ高解像度という二つの性能を有し、多彩な観測装置によって様々な観測研究に使用された。今ではHSCによって望遠鏡の限界にまで達する超広視野化を実現し、一方、SCEXAOによってこれも望遠鏡の限界に近い解像度の像を得ることに成功している。望遠鏡の潜在能力の二つの限界—可視光における広視野と近赤外線による高解像度—

\*15 Ultra-wide Laser Tomographic Imager and MOS with AO for Transcendent Exploration

が、ここに来てようやく見えてきた。しかしながら、望遠鏡の性能限界を追求するには、まだまだ探索されていない領域は多い。近赤外線での広視野観測、可視光での高解像度観測、広視野多天体面分光、極限の時間分解能観測など、これからの発展が見込まれる観測分野がいくつもある。これがこの記事の冒頭で、すばる望遠鏡の「ポテンシャルはまだ3割も発揮されていない」と書いた所以である。

### 3.2 プレスリリースから読み解く研究の流れ

さて、稼働開始から様々な観測研究分野で活躍してきたすばる望遠鏡であるが、この10年ばかりの科学成果の動向を眺めると、いくつかのトレンド

が見えてくる。すばるの生産してきた1000を超える数の論文を全部精査する能力も時間もないので、ここはすばるのプレスリリースから傾向を読み解くことにする。もちろん、これは統計的には大変問題があるし、そもそも当の研究結果を得た研究者が「記者発表したい」と思わなければここには表れないのであるから、相当なバイアスがかかっている。それは承知の上で、とにかく全体の傾向（研究者が何をプレスリリースしたかったのかを含めて）を見てみよう。

図3は、すばるからの研究成果のプレスリリースを、年毎のリリース数に対する各分野でのリリース数の割合で示したものである。1年ごとだと年ごとによりリリース数がバラつくので、2年ごとの合計で示している。分野の分類は独断で決めた。星惑星形成には星間物質の研究結果も入っている。近傍銀河には活動銀河も入れた。近傍銀河と遠方銀河の境目はざっと赤方偏移1とした（正確ではない）。実際には遠方銀河となると100億光年を超えているものも多く、赤方偏移2以上かずっと近傍かですばると分かれているの

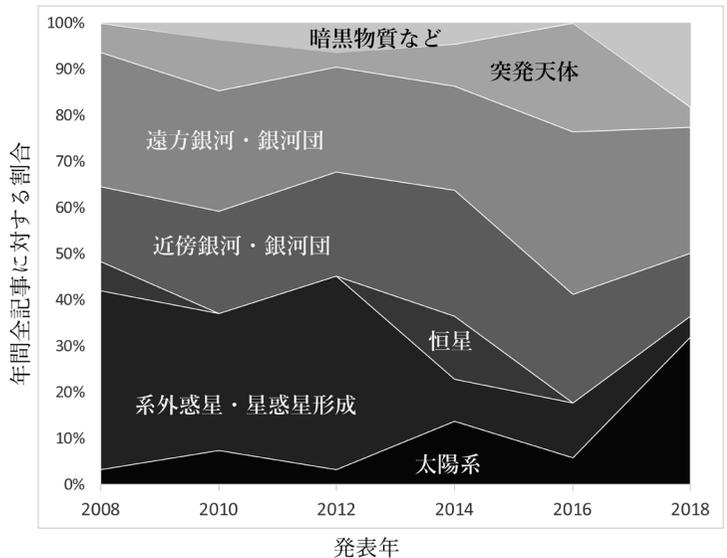


図3 すばる望遠鏡による観測研究成果のプレスリリースの統計。2年毎のリリース合計に対する各研究分野でのリリースの割合を示す。

が興味深い。突発天体には超新星、新星、ガンマ線バースト、重力波天体が入っている。

興味深いことに、2008年から2012年ぐらいまでは系外惑星・星惑星形成に関するプレスリリースが顕著に多い。これは、SEEDSプロジェクトの進展によるものと、丁度その頃世界的に系外惑星分野が急速に伸びていたことが関係していると思われる。銀河関係のリリース割合はほぼ一定である。近年、太陽系関係と暗黒物質（ダークマター）関係の割合が増えているのが目を引く。HSC-SSPの進展によってダークマター分布の解明を中心とする宇宙論的な観測結果が増えてきたことと、最近の太陽系外縁天体発見のプレスリリースに代表されるような、すばる広視野を活かした太陽系天体探査の結果が次々と出始めたことを反映していると思われる。太陽系関係では、今年に入って、中間赤外線による惑星観測の結果も複数リリースされた。

ことプレスリリースに関する限り、銀河関係の発表は途切れることなくあるようだ。すばるはやはり銀河の研究には強く、その競争力は衰えてい

ないということだろう。そして、HSCの活躍によって宇宙論的な観測結果が量産されつつあるのも、この図から読み取れる。一方、系外惑星関係は一見振るわないように見えるが、これはSEEDSが終わって、SCEXAO/CHARIS、IRDといった新しい観測装置による研究にシフトしたことによる一時的な停滞と見る。ALMAによる惑星形成現場の観測研究が華々しい成果をあげており、多くの研究者がそちらに流入していることもあると思う。ただし、惑星そのものを見ることができるのは可視赤外線であり、新しい観測装置が安定して稼働し、さらにはIRD-SSPが進展することによって、これからより多くの成果が出てくるのではないかと期待している。

### 3.3 すばる論文数の推移

この章の最後に、すばる望遠鏡を用いた研究による査読論文数の推移を示しておく(図4)。これは、望遠鏡稼働開始からの年数を横軸に、すばるのライバルである世界の大型望遠鏡の年間論文数の推移を比較したものである。注意していただきたいのは、この図の縦軸は「望遠鏡一台当たりの」論文数である、ということである。実際に

は、Keck、Geminiは2台、VLTは4台の望遠鏡からなるので、それぞれの総論文数を2ないしは4で割ってある。これがフェアな比較かどうかはさておき、単体の望遠鏡としての生産率はこうしたほうが見やすいと思う。これを見ると、すばる望遠鏡は他の8-10 m望遠鏡とほぼ同じような論文生産率、論文生産曲線を描いていることが分かる。だいたい年間150本程度でどの望遠鏡も生産率が飽和しているのが面白い。1年は365日であり、望遠鏡の稼働率を考えると普通は年間200夜~250夜が観測に供される。このうち、天候やトラブルでダメになった観測を考慮すると、成功する観測夜数は年間150夜程度となる。つまり、1晩1本の割合で論文が出ている計算となる。つまりは、この辺りが単独望遠鏡での論文生産率の限界に近いと言えるのかもしれない。

## 4. これからのハワイ観測所

すばる望遠鏡は現在、科学的成果の生産能力が極めて高い状態にある。運用開始から20年が経過して、衰えるどころか、強力な観測装置を得て、ますますインパクトのある観測結果を生み出し続けている。HSC-SSPは2020年には観測を終了するが、その膨大なデータはレガシーな価値を持っており、様々な研究に活用されるであろう。HSCの超広視野は重力波源の追跡観測などのマルチメッセンジャー天文学にも大いに貢献するであろう<sup>18)</sup>。動き始めたIRDによる地球型系外惑星の発見にも期待がかかる。日々進化している補償光学装置はすでに8 m望遠鏡の限界に迫る高解像・高コントラストを実現している。ULTIMATEのキーコンポーネントであるGLAOは望遠鏡そのものの性能向上であり、広視野補償光学を実現するだけでなく、既存の補償光学と組み合わせることによって、より安定した像改善を広い

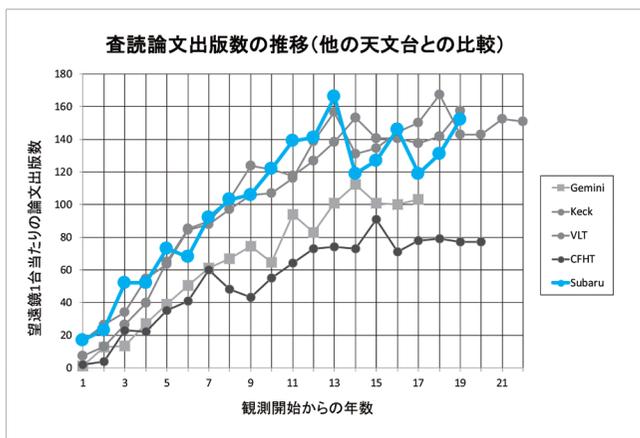


図4 すばる望遠鏡による観測研究成果の査読論文数の推移。望遠鏡稼働開始からの年数による査読論文数の推移を世界の他の大望遠鏡との比較した。Keck、VLT、Geminiはそれぞれ複数の望遠鏡からなるが、ここでは望遠鏡一台当りの論文数として比較している。

波長域にわたって実現するに違いない。2022年にはPFSがやってくる。PFSは、8-10 m望遠鏡の中で群を抜いた広視野と同時観測天体数を誇り、これまでの分光サーベイとは一線を画す優れたデータを生み出すであろう。

20歳になったすばる望遠鏡はまさに今、幼年時代を抜け出し、成熟した望遠鏡として科学的にはその黄金時代を迎えようとしているのである。すばる望遠鏡の科学研究面での未来は明るい。

しかしながら、こうした明るい未来が見えているにも関わらず、すばる望遠鏡を取り巻く環境は年々厳しさを増している。すばる望遠鏡運営経費は文部科学省の大規模学術フロンティア促進事業によって支援されているが、その査定額は年を追うごとに厳しいものとなってきた。これは我が国の経済状況とそれに対する政策を反映したものと思われる。これからのハワイ観測所・すばる望遠鏡は、優れた科学的成果をあげていくことに留まらず、国民、社会への還元といったことをより一層強く意識していくことが求められている。2016年までの状況は有本氏の記事にあるが、私が所長を拝命した2017年からは状況はさらに厳しさを増している。年々少なくなる国からの配分額の下、限られた予算ですばる望遠鏡のパフォーマンスを最大限にすべく、自然科学研究機構、国立天文台、およびハワイ観測所はぎりぎりの努力を続けている。

このような状況の一方、すばる望遠鏡は運用開始から20年、ドーム建設開始からはすでに30年近い時間が経過している。望遠鏡については、まだ予算が潤沢にあった時期に三菱電機とともに計画的な保守・改修を行っていたため、細かな不具合は残っているものの、しばらくは大改修を必要としない。しかし、ドームについては、建設以来大きな改修は行われておらず、近年その老朽化が目立ってきた。減額される運営経費で日々の運用と大きな改修計画を同時に進めるのは極めて困難である。年間予算減少に対応して、これまで三菱

電機に頼ってきた保守改修をなるべく自前で行えるようにする必要が生じている。しかし、急激な減額に体制が追い付いておらず、そうした「内製化」を実現するのは容易ではない。幸い、望遠鏡・ドーム修理のため2018年度の補正予算6億円をいただくことができ、このお金で喫緊に対処が必要なドームメインシャッターの改修や無停電電源装置の更新などが行えるようになったが、人員不足は依然大きな問題である。

こうした厳しい情勢に対応するためには、国際協力・国際共同を進め、国外からお金と人を集めていく必要がある。国立天文台では、すばる科学諮問委員会と議論を重ねながら、すばる望遠鏡共同運用のための国際パートナーシップの枠組みを制定した。すばる望遠鏡の国際パートナーを獲得するためにこれまで行ってきた試みについては有本氏の記事<sup>19)</sup>に詳しい。同記事にあるように、韓国、中国、東アジア天文台、オーストラリア、カナダ、インドと国際パートナーシップについて議論を重ねてきたが、残念ながら本原稿執筆時点で具体的なパートナーシップを確立できた国・組織はない。ただ、最近になって、中国がすばるに投資する意思を見せ始め、カナダでも天文学の将来戦略にすばる共同運用への参加が具体的に議論され始めた。中でもインドは、将来のTMTを見据えて、8-10 m望遠鏡へのアクセスが緊急の課題であるとの認識の上に立って、すばる共同運用への参加を強く望むようになっている。この辺りから国際パートナー獲得を実現していくのが良いのではないかと考えている。

すばるの将来を考える上でTMTとの関係は当然深く考慮すべき事項であるが、それについては児玉氏の記事<sup>15)</sup>に尽きている。無用な重なりは読者を退屈させるだけであろうから、ここでは省略することとしたい。

## 5. 最後 に

すばる望遠鏡は、ハワイでそして三鷹で、その

運用のために奮闘努力してきた、過去から現在に至る多くの観測所員によって支えられている。彼らの献身的な努力なしに、すばるが生み出した素晴らしい科学成果はあり得ない。もちろん、すばるを存分に活用して優れた研究をしてこられた研究者の皆さんあってこそ、すばるは今日、世界で最も生産性の高い望遠鏡としての位置を獲得することができた。そしてまた、すばるの研究成果を受け入れ、すばるを愛してきていただいた市民の皆さんからの温かいサポートも欠くことはできないものであった。すばる望遠鏡が20周年を迎えるに当たって、皆さんに深く感謝したい。そして、これからもまた、より一層のご支援のもと、壮年を迎えるすばるが大きく羽ばたくことを祈念して、本稿を閉じることとする。

最後になりましたが、本原稿の執筆を勧めていただいた青木和光氏、遅筆の私に最後まで辛抱強く付き合ってくださいました天文月報編集部の皆様に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) <https://mse.cfht.hawaii.edu/> (2019/10/8)
- 2) HSC特集, 天文月報, 2019, 112, 2号; 3号; 4号
- 3) Suprime-Cam特集, 天文月報, 2017, 110, 12号
- 4) Suprime-Cam特集, 天文月報, 2018, 111, 1号; 2号; 3号
- 5) Hodapp, K. W., et al., 2008, Proc. SPIE, 7014, 19
- 6) SEEDS特集, 天文月報, 2016, 109, 4号; 5号
- 7) Kimura, M., et al., 2010, PASJ, 62, 1135
- 8) 奥村哲平, 他, 2017, 天文月報, 110, 131
- 9) Sugai, H., et al., 2010, PASP, 122, 103
- 10) Hayano, Y., et al., 2010, Proc. SPIE, 7736, 21
- 11) Jovanovic, N., et al., 2016, Proc. SPIE, 9909, 99090W
- 12) Groff, T. D., et al., 2015, Proc. SPIE, 9605, 96051C
- 13) Kotani, T., et al., 2018, Proc. SPIE, 10702, 1070211
- 14) Tamura, N., et al., 2018, Proc. SPIE, 10702, 107021C
- 15) Lewis, I. J., et al., 2002, MNRAS, 333, 279
- 16) Minowa, Y., 2017, Proceedings of AO4ELT5, 157 (DOI: 10.26698/AO4ELT5.0170)
- 17) 児玉忠恭, 2019, 天文月報, 112, 858
- 18) 富永望, 2017, 天文月報, 110, 19
- 19) 有本信雄, 2019, 天文月報, 112, 845

### Subaru Telescope: Its Past 10 Years and Future

Michitoshi YOSHIDA

*Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan*

Abstract: The Subaru Telescope has been producing excellent scientific results for 20 years since the first light in 1999. It is located at one of the best astronomical observation sites in the world, the top of Maunakea, Hawaii, and has provided both wide-field and high-resolution observation capabilities supported by excellent optical performance to many astronomers in the world. In this article, I would like to look back over the past 10 years of the Subaru Telescope and consider its future.