

= ハワイ観測所への提言 =

## 2020年代に向けたすばるの戦略

～次世代地上・スペース望遠鏡を見据えた運用と人材育成～

2012年6月30日

すばる小委員会

= 趣旨 =

すばる小委員会（以下、SAC）では、超大型地上望遠鏡や大型宇宙望遠鏡、中小の大学望遠鏡が運用されていると予想される 2020 年代に向けて、すばる望遠鏡をいかに戦略的にかつ安全に運用していくかに焦点を絞り、ほぼ月一度のペースで議論を重ねてきた。2009 年 3 月には、それまでの議論の結果をまとめ、光赤外専門委員会への提言書として提出した。今回は、この 2 年間の SAC 内での議論をまとめ、ハワイ観測所への提言を行うことにした。これは、超大型地上望遠鏡の姿が具体的に見え始めた現在、すばる望遠鏡の運用主体に直接的に提言を行うことによって、SAC での議論がより実効力のある形で生かされていくことを意図したものである。同時に、本提言書は、今期（2010 年 7 月－2012 年 6 月）の SAC 活動の総括ともなるものである。

= 目次 =

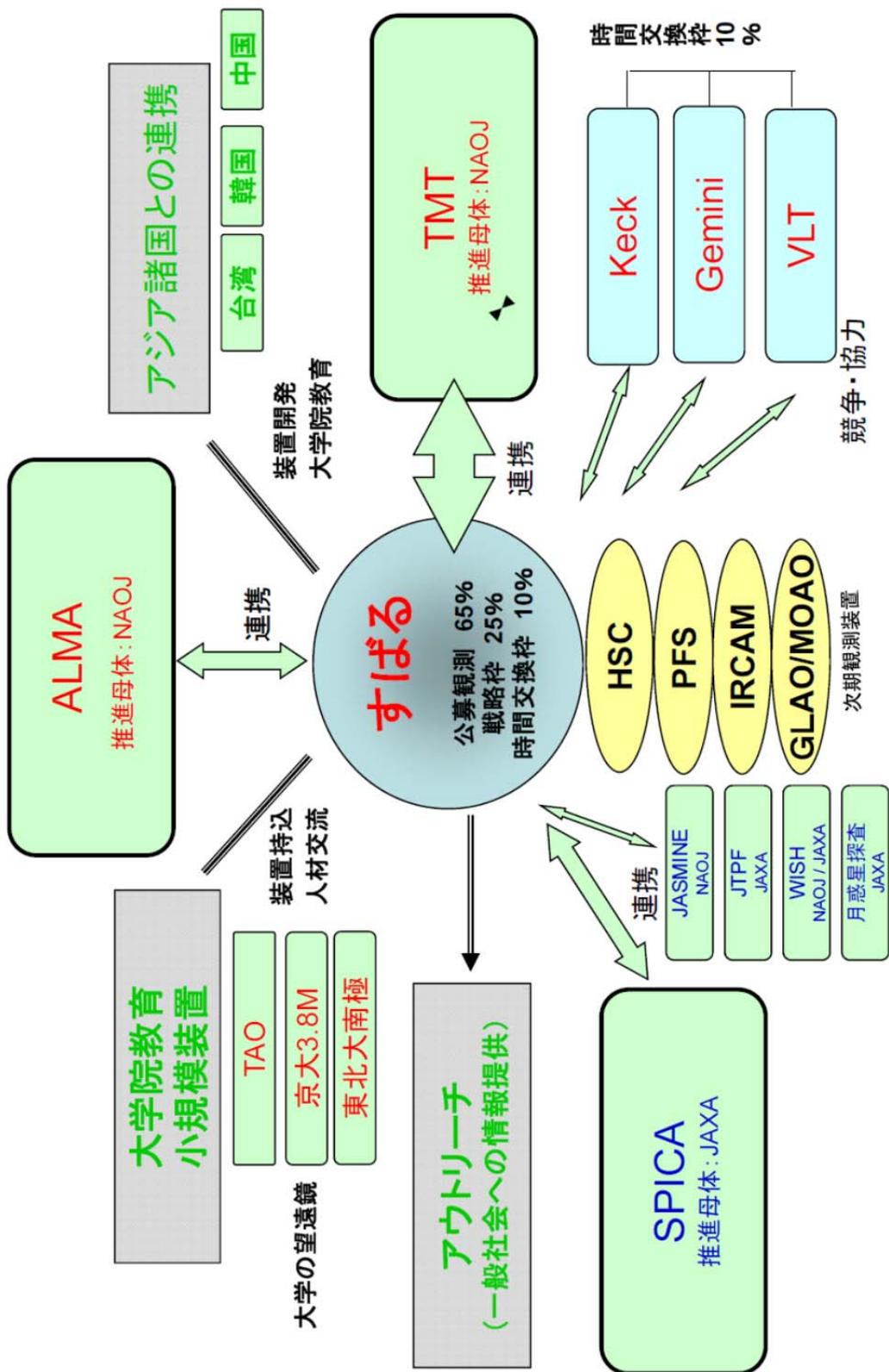
★序論 今後 10 年のすばる

- 1 ALMA との連携
- 2 SPICA との連携
- 3 TMT との連携
- 4 HSC 及び PFS の開発
- 5 次世代広視野補償光学系と赤外線装置
- 6 他の望遠鏡との時間交換・協力
- 7 大学院教育・大学の装置
- 8 アウトリーチ
- 9 アジア諸国との連携

★付録：すばる小委員会 委員名簿

2011.12.20

# --2020年へのすばるの戦略 “天・地・人”-- すばる小委員会



## ★序論 今後 10 年のすばる

すばる望遠鏡は、2012 年現在、日本の光赤外天文学のフラッグシップとして世界最先端の研究成果を生み出し続けている。多彩な観測装置を駆使した一般共同利用に加え、最新の装置を集中的に用いる戦略枠の設置、新たな観測装置の不断の開発など、そのアクティビティはいまだ衰えることを知らない。2011 年に起こった望遠鏡事故も乗り越え、望遠鏡や観測装置の復旧も成し遂げられつつある。加えて、Hyper-Suprime-Cam (HSC) という最先端装置が立ち上がろうとしており、次世代観測装置である Prime Focus Spectrograph (PFS) 計画も国際協力の下、精力的に進められている。すばるは今、壮年期を迎えていると言ってよいであろう。しかしながら、今後 10 年を考えた場合、すばるが現在のような繁栄期を維持し、世界に伍して最先端の成果を出し続けるには、冷静かつシビアな視点での戦略が必要である。

すばるの今後に大きな影響を及ぼすものとして、超大型地上望遠鏡（具体的には TMT : Thirty Meter Telescope) の建設がある。日本の光赤外天文学コミュニティは、TMT への参加と推進の意思を明確にしている。これを受けて、日本の光赤外天文学のリソースは今後 10 年間に TMT 中心に移行していくであろう。すばるの予算、人材確保は難しくなるであろうし、現在のような運用形態の維持は相当困難となることが予想される。したがって、10 年後のすばるのあるべき姿の明確化と、それに向けた運用形態の見直しが必要であろう。すばるの最も重要な任務は共同利用である。まず、そのあり方や進め方について、今後の世界の天文学動向を見据えながら、日本のコミュニティ全体を巻き込んだ議論を継続的に行い、具体的な見直しプランを構築していくべきである。その中で、特定の装置へのリソースや観測時間の集中投資などを考えていく必要がある。また、マウナケア山頂を中心とする望遠鏡間でのリソース分担（観測時間交換、観測装置開発における望遠鏡間の役割分担など）の進め方についても、具体的に検討していくべきである。

以下では、今後 10 年間、最先端の観測機器や大型計画 (ALMA、SPICA、TMT) との連携、それらを念頭においた装置開発、既存の他の望遠鏡群との協力・連携、教育、アウトリーチ、アジア諸国との連携といった各問題に、すばるがどう関わっていくべきかについて、SAC の意見を述べる。これらは SAC からハワイ観測所への提言であり、以て今後 10 年のすばるを考える礎とされたい。

### 1 ALMA との連携

ALMA の運用が 2012 年より開始され、すでにこれまでのミリ波・サブミリ波望遠鏡とは比べ物にならない高い質のデータが算出されつつある。従来の多波長天文学では解像度の異なるデータを結び付けることが往々にして難しかった。すばる望遠鏡は補償光学の活用によ

って既に 0.1 秒角を切る高解像度観測も可能になっている。ALMA の完成によって、すばるとは相補的な分子ガスやダストの情報を、1 秒角以下から 0.1 秒角以下の空間分解能で取得することができるようになる。解像度もマッチした近赤外線（将来は可視光も）からミリ波に至る相補的な観測を行うことによって、観測天文学のあらゆる分野でブレイクスルーが期待できる。

既に各分野で電波天文学と光赤外天文学の研究者が合同でワークショップを行うなど連携した研究が始まりつつあるが、今後は波長横断的な研究が容易に行うことができるサポート体制の整備が急がれる。ALMA においてはデータ解析にかかる負担を最小限にして、より多くの分野の研究者の参画を図っている。今後のすばるにおいては、光赤外天文学の観測経験が少ない観測者でも、観測データから迅速に科学的成果を生み出すことができるように、データ解析及びキャリブレーションの可能な限りの自動化が望まれる。そのような工夫によって、すばるユーザーをより広く開拓することも必要であろう。

## 2 SPICA との連携

2020 年代には、次期スペース赤外線天文衛星 SPICA が実現していると期待される。SPICA は口径 3.2m の冷却望遠鏡であり、地上からは観測の困難な波長(5–200 ミクロン) における様々な観測により、塵に覆われた宇宙の星形成史・超巨大ブラックホール形成史を探ることや、惑星系形成過程及びその多様性の解明を目的とする。2012 年では、未だ「リスク低減フェーズ」と呼ばれるプリプロジェクト段階にあるが、JAXA 全社的な「SPICA 推進チーム」が立ち上がり活動を開始し、欧州 (ESA,SRON 等)・韓国・台湾からの明確な参加の意思表示もあり、着実に実現に向けて前進している。

まず地上のすばる望遠鏡とスペースの SPICA は非常に相性がよく、それらの連携観測は大変生産的であることを指摘したい。「あかり」や Spitzer 等のスペース赤外線望遠鏡は比較的口径が小さく、すばるで探査された遠方宇宙で見つかった天体についての追観測結果はあまり生産的ではなかった。SPICA の実現までには、例えば、すばる HSC、PFS の活躍により  $z=1-3$  の「激動期宇宙」の活動的な銀河種族の研究が進み、中には原始ガス組成を持つ形成途上銀河の候補も多数見つかっているであろう。口径 3.2m の SPICA であれば、これら活動的な銀河種族からの中間遠赤外の水素分子輝線や原子・イオンの禁制線を一挙に検出し、それらの物質組成や埋もれた AGN と星形成の関係等を初めて明らかにすることができる。一方 SPICA で行う深宇宙の中間遠赤外線サーベイから新たに見つかる天体種族について、すばる望遠鏡による追観測の体制もぜひ整えておき、戦略的に連携観測を進めるべきであると考える。そのためには、SPICA とすばる望遠鏡を用いてどのような系統的なサイエンスを展開するのか、合同研究会の開催が有効であり、定期的実施すべきと考える。

また我が国の光学赤外線天文学コミュニティはここ 10 年の大きな柱として、地上は TMT、スペースは SPICA を選択した。すばる望遠鏡と SPICA との連携は、ゆくゆくは TMT と SPICA の連携に発展させて行くことが強く望まれる。

### 3 TMT との連携

TMT は、2020 年代の運用を目指し、日本を含めた国際共同で建設が進められている口径 30m の次世代大型望遠鏡である。日本の光赤外天文学分野にとって、TMT 計画はすばるの次の大型計画であり、集中的なリソースの投入を行ってぜひとも早期実現を目指す必要がある。このとき、サイエンス・技術両面ですばるが TMT 計画に果たす役割はきわめて重要である。一方、すばるは TMT のためだけにあるわけではない。すばるは共同利用望遠鏡として、日本のサイエンスを支え、人材育成のために資する役割を負っている。TMT 計画を推進しつつ、すばるをどのように運用するか。TMT 完成までの過渡期である今後 10 年間においては、TMT 時代を見据えたすばるの戦略を明確に定めておかななくてはならない。この観点から、今後 10 年間のすばる—TMT 連携について SAC の提言を以下に述べる。

TMT が威力を発揮するのは、8~10m 級の望遠鏡では暗すぎて分光できない天体の分光観測であり、ターゲット観測である。このため、日本が TMT で重要なサイエンスを行い国際共同研究の競争で優位に立つためには、TMT での観測ターゲット天体を周到かつ大規模に用意しておくことが必須である。この目的には、以下の二種類の装置群を用いた大規模サーベイで構築された天体カタログを用いることが大変望ましい。

(1) 次世代主焦点観測装置である HSC と PFS。HSC の撮像サーベイは、2012 年度にファーストライトを迎え、2013 年から 5 年間の予定で大規模サーベイが行われる計画である。この計画によって、重力レンズ天体、高赤方偏移銀河など稀少天体のユニークかつ大規模なカタログが得られるだろう。日本主導の HSC サーベイの稀少天体カタログの優位性を活用し、TMT 分光観測で世界をリードできると期待できる。このとき、HSC サーベイで見つかった稀少天体候補を PFS で分光フォローアップして、高い信頼性で TMT 観測ターゲット天体を選び出しておけば、より競争力が高まるであろう。

(2) 赤外線でのドップラー法による系外惑星探査用分光器 (IRD)。IRD は M 型星の放射のピークがある近赤外線の波長域に最適化し、可視光ドップラー法では困難だった M 型星周りのハビタブル地球型惑星の効率的な探査を目指している。IRD は、速度分解能 1m/s を達成することにより、太陽近傍の約 1000 個の M 型星について 1 地球質量までの地球型惑星の系統的探査を行うことが可能になる。発見されたハビタブル地球惑星について、TMT により惑星の大気スペクトルを分光解析することにより生命の兆候の有無について解明する、といった戦略的な観測を行うことが可能となる。

このように、すばる望遠鏡によるサーベイと TMT によるターゲット分光観測の相乗効果は大きく、サイエンスの面では強力な連携が期待される。

TMT は、米国、カナダ、中国、インドとの国際共同研究で進められるが、TMT 計画の推進には各研究者・技術者に国際共同研究の経験が必要とされる。すばる HSC、PFS の計画も米国、台湾、フランス、ブラジルなどとの国際共同研究で進められている。このため、今後 10 年間は HSC、PFS や後述する次世代補償光学装置 (AO) の開発計画の機会を活用し、大学院生・若手研究者は積極的に国際共同研究の経験を培うべきである。上述したように、すばる望遠鏡によるサーベイと TMT の連携は強力であり、HSC・PFS 等で経験を積んだ若手研究者が TMT のサイエンスをリードできると期待される。

すばる次世代装置計画の一つに次世代 AO 装置の開発がある。TMT の口径の威力を最大限発揮するには AO が不可欠である。すばるの次期 AO 開発は、TMT の AO 開発に直接寄与するだけではなく、TMT の装置開発で活躍できる人材の育成という面でも大きな意味がある。前述の PFS、さらには現在検討が始まっているすばるの次期赤外観測装置なども、大型装置開発を通じた人材育成の機会として捉えるべきである。ただし、装置開発からサイエンスを導出するまでのタイムスケールは装置の大型化に伴って長期化しており、大学院 5 年間で装置開発からサイエンスまでの研究を展開することは難しくなっている。このため、TMT の大型観測装置開発で活躍する研究者を確保するためには、すばるでの不断の装置開発とともに、今後 10 年間で TMT 装置開発のポストの確保も検討していく必要がある。

#### 4 HSC 及び PFS の開発

すばるの特色は広視野、良い結像性能、安定性であるが、この特色を活かした次世代観測装置開発を行い、今後 10~20 年間ににおいてもすばるの世界第一線級の望遠鏡としての位置を存続させることが重要である。その目的で計画されているのが、次世代主焦点観測装置である HSC と PFS である。

HSC は、現在の主焦点カメラ Suprime-Cam の視野に比べ約 7 倍大きい広視野を有し、良い結像性能を保持するよう設計されている。期待されるサイエンスは、太陽系天体から、銀河進化、高赤方偏移銀河、ダークエネルギーの性質を探る宇宙論まで多岐に渡り、コミュニティの関心・サポートも高い。2012 年度内には HSC のファーストライトを迎え、2013 年度から共同利用が開始し、また HSC 国際共同研究チームによるすばる戦略枠 HSC サーベイが始まる見通しである。

HSC から得られるデータは膨大であり、一般共同利用のための高精度・高速データ処理・補正パイプラインの開発が必要不可欠である。また、パイプラインの開発の支援、パイプライン利用の講習会など一般ユーザーのサポートも行う必要があるだろう。

望遠鏡と HSC の取り付けあるいは取り出しには丸一日程度かかることが予想され、ダウンタイムの最小化の観点から、一度の HSC ランは 2 週間程度に及ぶ可能性がある。HSC

観測の効率化の観点から、HSC ラン内はキュー観測モードの導入も検討に値する。キュー観測の議論に併せて、HSC キュー観測を支援するサポート研究支援員の主導による標準星（フィールド）の観測など、HSC のデータ品質管理体制を整備することも検討すべきである。このような観測・運営体制の抜本的改革は、CFHT ではサーベイ観測が始まると同時に導入されており、この10年間サーベイ観測をサポートしているCFHT観測所の経緯・経験を学ぶ必要もあるだろう。

PFS は、Kavli IPMU(東京大学)と国立天文台が中心となる日本、米国、台湾、ブラジル、フランスの研究者からなる国際共同研究で進められている。PFS は、8~10m 級望遠鏡の多天体分光装置として随一の広視野と同時観測天体数を誇る装置である。宇宙論サーベイのみならず、銀河考古学、銀河進化など多彩な研究分野で威力を発揮するものと期待される。現在、世界中で広視野撮像サーベイの計画は多数あるが、多天体分光装置の計画はまだ十分に練られておらず、PFS の独自性は極めて高い。さらに、SDSS サーベイの成功から明らかのように、天域の同じ領域の撮像サーベイと分光サーベイの相乗効果は極めて大きく、HSC・PFS サーベイは、今後何十年にも渡り人類に残るレガシー的サーベイデータになると期待される。

ただし、PFS は共同研究に参加している研究機関が多く、研究体制が複雑である。また、装置開発・資金獲得についても今後解決すべき課題が数多くある。観測所は、SAC とともにコミュニティの代表として、今後も PFS 計画の進展を注視し、重要な意思決定のプロセスの際には積極的に関与していく必要がある。この意味において、2013 年初めの基本設計審査直後に予定されている国立天文台の正式参加の検討は大事なステップとなる。PFS 完成後は、PFS はすばるの共同利用装置になることは確認されているが、PFS によるすばる戦略枠サーベイの詳細、PFS の共同利用装置として受け入れる際の諸問題（運用、維持費、修繕費）などについては引き続き議論する必要がある。

また、HSC と同様に PFS から得られるデータも膨大であり、そのデータ処理・補正は専用のデータ処理・補正パイプラインの開発が必要不可欠である。一般共同利用の観点からも、高精度・高速かつユーザーフレンドリーなデータ処理・解析パイプラインの開発が必要である。

HSC、PFS はすばる最大の大型装置であり、運用については観測所にさらなる負担がかかると考えられる。観測所の限られた人的リソースの範囲内で、HSC、PFS の装置交換にかかる負担を見極め、装置交換の頻度、他の共同利用装置との運用のバランス、暗夜・明夜間の装置割り付けの最適化などの課題について、コミュニティ全体を巻き込んだ注意深い議論を行う必要がある。また、繰り返しになるが、HSC、PFS の観測ランは2週間程度の長期にわたる可能性が高く、観測の効率化、人員の削減の観点から、HSC、PFS 観測ランにはキュー観測の導入を検討すべきであろう。データ品質管理のために特別な観測体制を組むことも、検討すべき課題である。

HSC、PFS はともに様々なサイエンスを可能にする魅力的な装置であることは間違いがない。ただし、HSC 撮像サーベイでは同一のサーベイから様々なサイエンスを引き出させることに対して、PFS 分光サーベイでは、ターゲット天体が必要な分光サーベイの特性から、宇宙論、銀河進化、銀河考古学を同時に可能にする単一のサーベイを立案するのは不可能である。こうしたことを考慮し、2011 年度のすばるユーザーズミーティングで、PFS に関しては、1 装置に対して戦略枠プロジェクトを複数認めるという決定を行った。今後もしばる戦略枠のあり方を引き続き検討し、コミュニティの意見を汲み取りながら、必要があれば柔軟に改訂する必要がある。

すばる HSC・PFS サーベイは、世界の天文コミュニティに日本人研究者主導のサーベイデータ（天体カタログ、天体情報など）を提供できる絶好のチャンスである。これを行うには、良く整備されたカタログ、高精度補正されたデータ、またユーザーに使いやすいプラットフォームを持つデータベースを提供する必要がある。このようなデータベースがあって初めて、天体カタログだけを用い、各研究者のアイデアから統計量を活かしたサイエンスを行うことができる。また、すばるデータベースと他のデータベースを組み合わせ、多角的視点からのサイエンスも可能になるだろう。残念ながらデータ解析パイプラインの開発、データベースを整備する分野についての日本は経験が浅い。今後、ハワイ観測所としても、この分野に予算や人材を補充していく必要がある。

## 5 次世代広視野補償光学系と赤外線装置

HSC、PFS は可視光観測装置であり、暗夜でこそ威力を発揮する。今後 10 年間のすばるにおいては、HSC、PFS を用いた可視光での観測が出来ない明夜でも競争力のある観測を行うことが必須である。そのためには、すばる望遠鏡の特徴を生かした赤外線波長域の次世代観測装置を開発する必要がある。HSC、PFS に引き続く次世代の赤外線波長域の観測装置の検討がハワイ観測所を中心に東北大学、東京大学のグループも参加して開始された。現在は地表層補償光学系と組み合わせた 15 分直径程度の領域をカバーする広視野赤外線撮像装置、多天体面分光装置の検討が進められている。特に地表層補償光学系については性能シミュレーションも進み、近赤外線ではハッブル宇宙望遠鏡に匹敵する 0.2 秒角の高空間分解能が非常に広視野にわたって高い確率で期待されることがわかってきた。このような観測所の主導のもとでの次世代装置に関するフェージビリティや予想性能などの検討は、広視野補償光学系に限らず今後も継続的に進めるべきである。

このような検討結果を基礎にして 2011 年 9 月には次世代補償光学系で狙うサイエンスを議論するワークショップが行われた。特に広視野の次世代補償光学系の目指すサイエンスケースとして中間赤方偏移の銀河の力学構造探査、宇宙初期の輝線銀河の探査、球状星団や銀河系バルジを分解した銀河考古学、銀河中心方向のアストロメトリなどが挙げられた。2012 年 3 月にはすばるユーザーズミーティングにおいて半日程度の特別セッションが設けられ、

より広いコミュニティに対して検討報告と議論が行われた。これらの議論をもとにすばる望遠鏡次世代広視野補償光学系の検討書がまとめられている。

ハワイ観測所を中心とした装置の検討についてはこれまでのミーティングの結果を受け、さらに発展させて中心となるサイエンスケースを据えて、補償光学系や観測装置に要求される仕様を固め、装置の具体的な提案を作成し、実現のロードマップの検討を行うことが要望される。一方で SAC を中心として広視野の補償光学系に国際競争力が十分にあるか、特に 2020 年代においてすばる望遠鏡にしか出来ない観測を実現できるか、また十分に広いコミュニティのサイエンスニーズを反映しているか、といった面から多角的な検討も深める必要がある。

## 6 他の望遠鏡との時間交換・協力

今後すばる望遠鏡の予算が飛躍的に増加することは考えにくく、観測装置の開発もかなりの困難が予想される。一方すばるはその広視野の機能を生かし、HSC、PFS などの広視野撮像・分光観測に重点を移していく方向性が示されている。この広視野装置はマウナケアの他の望遠鏡あるいは ESO の VLT にとっても魅力あるものであり、すばるとの時間交換への要求が今後は増えるものと予想される。

一方、他の望遠鏡のアップデートも着実に進められており、すばるユーザーにとっても魅力のある観測装置が次々と登場してきている。このような状況にあって、一つの望遠鏡があらゆる観測装置を装備する時代はすでに過去のものとなりつつある。今後は時間交換等を通して、すばるユーザーが他の望遠鏡を積極的に使っていくことが必要となろう。

他の望遠鏡と一口にいても、マウナケア山頂の望遠鏡群と VLT など南天にある望遠鏡群との時間交換・協力体制は異なると思われるので、以下に分けて詳述する。

マウナケア山頂の Keck・Gemini そして将来的には次世代 CFHT が今後どのような観測装置を準備しているかをすばるとしては十分に知っておく必要がある。観測者にとって魅力のない装置であれば時間交換の意義も薄れてしまう。逆に言えば、すばるユーザーが他の望遠鏡を積極的に利用する状況を作り出すためには（現状では必ずしも十分といえない）、今この段階ですばるユーザーが他の望遠鏡の装置開発に提案をしていくことが重要であろう。これはハワイ観測所が経費を負担するという事ではない。すばるユーザーにとってマウナケア望遠鏡群が魅力あるものであり続けるにはどのような観測装置が必要であるかを、それぞれのユーザーとともに議論する状況を作り出すことが必要である。たとえば次世代観測装置 WS あるいはサイエンスミーティングなどを活用して進めることが考えられる。

また視点を変えれば、すばる望遠鏡にどのような観測装置が必要であるかを他の望遠鏡ユーザーの視点から提言してもらうことも意味がある。自分たちの望遠鏡という考えにとらわれず、マウナケア望遠鏡群を相互に活用するという発想から、マウナケア望遠鏡群全体を自分たちの望遠鏡としてとらえ、どのようなサイエンスを展開するかを考えるこ

とが今後の 8-10m 級の望遠鏡を有効利用する唯一の道であろう。時間交換枠の夜数は、現在はセメスターごとに Keck が 6 夜以下、Gemini が 4~8 夜であるが、今後これを増やしていくことを検討すべきであろう。

VLT に関しても積極的な時間交換が意義深いと考えられるが、VLT は上記マウナケア望遠鏡群とはその位置づけが異なる。VLT とはまず時間交換枠の設定を通して、相互に望遠鏡を使うという協力体制が現状では望ましいと思われる。VLT とはこれまでに時間交換の経験がないため、適切な交換夜数の見積もりはやや困難であるが、VLT の多機能性、南天にあること、ALMA との連携などを考慮すると、セメスターごとに 20 夜程度の時間交換枠を設定することを推奨する。

次に日本人以外の PI (外国人 PI) のすばる共同利用観測への応募の取り扱いについて考えてみたい。すばる共同利用観測では、外国人 PI の割合を 2 割程度に落ち着くように配慮している。時間交換枠を多くの望遠鏡と取り決める際には、同時にこの外国人 PI の割合を制限することを検討すべきである。

確かに外国人 PI の観測による論文数はすばるの出版論文数のある割合を占め、それが年とともに増えていく傾向はある。これを考慮すると外国人 PI を制限することは、すばるの論文生産数という観点からは必ずしも好ましいものと言えない。しかしながら外国人 PI の採択数を大幅に削減しても、Keck/Gemini/VLT との時間交換枠を最大限に利用すれば、外国人がすばるを使う機会が決して減るわけではないことに留意すべきである。

時間交換枠を増やすことによって、外国人 PI のすばるへのアクセスがこれまで同様に保てるのみならず、VLT などとの新しい時間交換枠の設定により、日本人 PI が使用できる 8~10m 級の望遠鏡の夜数はこれまでよりも大幅に増えることになる。

ここで気を付けなければいけないのは、Keck/Gemini/VLT との時間交換を推進し、外国人 PI を大幅に制限することにした場合、上記望遠鏡群のユーザー以外の外国人研究者にとっては、これまで同様のすばるへのアクセスが不可能となる点である。これは特に大型の望遠鏡を持たないアジア諸国の研究者にとっては重大であり、日本人研究者との共同研究を積極的に推奨するのはもちろんであるが、アジア枠の創設を考慮する必要があるであろう。

想定されるアジア枠の夜数は、過去十年間のすばる望遠鏡のアジア人 PI の数を考えればセメスターあたり数夜が適当と思われる。ただしこれはこれまでの実績を考慮した夜数であり、今後日本・中国・インドが TMT に参加し、韓国が GMT に参加する状況を考えると、すばる望遠鏡を使ったこれらアジア諸国 (台湾を含む) の若手研究者の育成を積極的に図る必要がある。時間交換枠への応募もアジア諸国の研究者にはその扉を開いておく必要がある。

## 7 大学院教育・大学の装置

国立天文台と大学が共同して行う観測装置開発やプロジェクト的観測を推進するにあたって、大学院生が長期にわたって（あるいは断続的に長期にわたって）ハワイ観測所に滞在できる仕組みとして、RCUHを通じたインターンシップがあるが、これはよく機能しており、今後も維持するのが適切であろう。プロジェクト的な研究でない場合でも運用可能であると一層よいと考えられる。

学部での教育への寄与も検討の価値があるだろう。近年は、高校生向けの大学での実習講座など研究に触れる機会の若年化が進んでおり、学部生のうちから本格的な研究に触れる機会の重要性も認識されている。大学の教員が行っている観測的研究に学部生の時から参加できる枠組みを観測所で作れないか検討すべきである。（現在は、旅費を大学側で負担するとしても観測に参加できない。）

すばるの共同利用観測装置は大型化が進み、大学のグループが提案から開発、共同利用開始まですべてを担うことは困難になっている。他方、装置開発の人材育成の視点からも、共同利用装置開発に大学が積極的に関与することは不可欠である。次世代の共同利用観測装置の開発では観測所やSACが主体となってコミュニティの意見をとりまとめて推進し、これまで以上に積極的に大学のグループと共同して開発を進めるべきである。

また、装置開発に関わる人材を継続的に育てるために、各地の大学の大学院生がハワイ観測所に数か月の単位にわたって滞在し、個別の装置のアップグレードに関わる試験やエンジニアリング観測と評価作業を担当する教育プログラムを観測所が大学のスタッフと連携して行うことなども考えられる。

更に、大学との連携で国際的に独自性のある観測装置開発を推進してゆくためには、日本国内での観測装置開発アクティビティの継続的な活性化と、装置開発を行う若手研究者の育成が重要である。その一環として、大学での中小規模の（場合によっては特定の科学的目的に特化したような）観測装置の開発を推奨し、持ち込み観測を可能な限りサポートしていくことが重要である。中小規模観測装置の開発を奨励するためにはかつて存在したすばるR&D経費のような予算枠を復活させるなどの費用の面からのサポートは重要であろう。特に、予算配分だけで終わらずに、審査と実績の追跡などを通じて実際の開発へのアドバイス、及びノウハウなどの提供を行うなど、積極的に観測装置開発をサポートする体制を整備することが望ましい。さらに敷衍すれば、すばる望遠鏡の観測装置開発に限ることなく、このような体制を光赤外天文学分野で持つことができれば一層望ましいだろう。このような活動はTMTに向けて国際的に独自性のある観測装置を大学発で開発していくことの基礎にもなると期待される。

現在走っている大型装置計画であるHSC、PFS計画はともに、国際共同研究で進められ、大学院生らが主導して研究を進めることが難しくなっている。次世代、TMT時代を担う若手研究者の育成は急務であり、HSC、PFS共同研究内で大学院生の研究テーマの確保は注意深く検討されるべき問題である。この問題について、SACとしてもHSC・PFSの研究体制を注意深くモニターし、必要があれば、提言していく。また、HSC・PFSサーベイデータを用いた、大学院生主導の研究成果の統計などの調査なども求めていく。

## 8 アウトリーチ

すばる望遠鏡による観測成果や諸活動の広報は継続的に活発に行われており、天文学の普及にとどまらず、市民の科学や自然への関心に応えるうえで大きく貢献している。一方、一件あたりの掲載率等は落ちているとの見方もある。運用開始から10年余りがたち、すばる望遠鏡というだけで当初のようなニュース性はないこと、また観測成果のインパクトとしても、8メートル級望遠鏡の登場当初のように簡単にはあがりにくくなっていることを考慮すれば、これはある程度やむをえないが、今後工夫が必要であることも意味している。

美しい天体画像の公表への期待も依然高く、10周年記念で画像集の出版も行われたが、まだ期待に十分応えられてはいない。

ハワイでの出前授業に代表される普及活動は精力的に行われ、マウナケア天文台の一員としても大きな役割を果たしている。日本でも定期的な講演会を開始した。パンフレット等の刊行物も継続的に発行されている。

2006年のSAC提言ではサイエンス成果についての物理関係者への広報活動の強化が提案され、具体的にあげられていた物理学会誌での特集号は2008年2月号において実施された。一方、大学関係者の講演等アウトリーチ活動へのサポート(旅費や資料提供)については、まとまった形では行われていない。

観測成果の広報活動も、戦略枠観測等、大規模な望遠鏡時間を投入して行われている観測を重視することが重要である。現在、太陽系外惑星の探査や惑星系形成の研究を進めている戦略枠観測(SEEDS)では継続的に成果公表が行われている。今後の戦略枠観測等でも広報活動を位置づけて行く必要がある。

そのなかで、広視野で深い撮像が可能となるHSCを活かした天体画像のリリースは重要課題である。天体の選択や大きな画像の公表方法など、具体的に検討を進めておく必要がある。

さらに、今後はTMT計画の広報活動も活発化していくと思われるが、これとの連携は必須である。そのなかでは、すばる望遠鏡による成果広報を通じてTMT実現に寄与するとともに、2020年代にすばる望遠鏡がどういう役割を果たしていくのか、わかりやすく示していくことが重要である。

## 9 アジア諸国との連携

望遠鏡並びに観測装置の大型化に伴い、国際協力なしには天文学推進は語れない状況になりつつある。そのような状況の中、欧米の天文学者と互角に戦っていくためには、アジア諸国、とりわけ東アジアとの連携が益々重要となるであろう。電波天文学の分野では、東アジ

ア VLBI 計画が、韓国、中国との協力のもとで進みつつあり、一方、ALMA 計画を軸に台湾との協力、さらに、韓国との協力体制も築かれようとしている。光赤外天文学の分野においても、赤外天文衛星あかりでは韓国と強固な協力関係があったし、SPICA でも韓国・台湾との協力が開発の要となっているが、今後は同様な東アジア協力体制を、すばる望遠鏡を軸として展開していく必要がある。

実際、HSC プロジェクトや PFS プロジェクトにおいては、台湾との緊密な協力関係が出来上がっており、観測装置の共同開発が具体的に現在進行中である。一方、韓国とも、すばる望遠鏡を用いた共同研究を立ち上げようという話が具体化しつつあり、ハワイ観測所と KASI が中心となって日韓光赤外天文学者のジョイントワークショップの開催準備が進んでいる。また総研大のすばる冬の学校へのアジア諸国からの活発な応募状況等に見られるように、すばる望遠鏡並びに日本の光赤外天文学に対する期待は非常に大きい。台湾・韓国と進めているような共同開発や共同研究、大学院教育を今後は中国、インド、タイ、インドネシアなどのアジア諸国に広げていく努力が必要となるであろう。

このような共同開発や共同研究をさらに押し進める事で、将来的には、(東) アジア諸国と共同ですばる望遠鏡の運用を行う事も視野に入れられるのではと考える。10年後の TMT 時代を迎えるにあたり、すばる望遠鏡の役割を再定義する必要があるが、一つの可能性としては、すばる望遠鏡を東アジア望遠鏡と位置づけることだろう。この考え方は、現在、東アジア中核天文台連合 (EACOA) にて検討されている東アジア天文台構想とも関連する話でもあり、時間はかかるかもしれないが、今後の重要な検討課題となると思われる。また、すばる PDF 枠を創設する等、積極的にハワイ観測所や三鷹へ人材を受け入れる方法や、ハワイ観測所として各国の装置開発活動を奨励する枠組み作りも重要である。

★付録

すばる小委員会 委員名簿 (2010年7月～2012年6月)

台内委員：青木和光、臼田知史、高遠徳尚、田村元秀、中村文隆  
有本信雄 (2012年3月退任)

台外委員：秋山正幸 (東北大学)、太田耕司 (京都大学)、岡本美子 (茨城大学)、  
川端弘治 (広島大学、2011年6月退任)、菅井肇 (IPMU)、  
高田昌広 (IPMU)、松原英雄 (JAXA)、本原顕太郎 (東京大学)、  
吉田道利 (広島大学)

委員長：有本信雄 (2010年7月～2012年3月)  
吉田道利 (2012年4月～2012年6月)