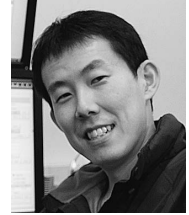


SEEDSの観測現場

工藤 智 幸

〈国立天文台ハワイ観測所 650 North A'ohoku Place, Hilo, HI 96720, U.S.A.〉
e-mail: kudotm@subaru.naoj.org



すばる望遠鏡での系外惑星・円盤探査戦略枠観測「SEEDS」が2009年から始まった。5年間、120夜、目標500天体の大規模サーベイ観測である。メンバーは約120名。円滑に遂行していくには、準備・現場・アフターケアのすべてがうまく調和する必要がある。本稿では、SEEDSプロジェクト完遂までの歩みとして、観測にかかわる作業内容の詳細を現場視点で紹介する。

1. 5年間、120夜、目標500天体

2008年7月、すばる望遠鏡による系外惑星・円盤探査の大規模サーベイ「SEEDS (Strategic Exploration of Exoplanets and Disks with Subaru)¹⁾」が初めての戦略枠観測として採択され、2009年10月から開始となった。SEEDSでは、5年間で太陽質量程度の若い天体（年齢10億年以下）の撮像サーベイを行い、原始惑星系円盤の形態解明と、木星質量程度の系外惑星を直接検出することが目標であった。本プロジェクトに割り当てられたすばる望遠鏡の時間は120夜。その中で、天候の影響、装置トラブル、校正用データの取得時間も鑑みながら約500天体のサーベイ（+フォローアップ観測）を遂行する必要があった。

筆者は主に、観測準備・装置維持管理・現場指揮・ユーザーサポートなど、裏方の作業に従事してきた。サイエンスの成果は本誌特集号の各著者におまかせし、ここでは、このプロジェクト完遂までの歩みを、現場の視点から紹介していきたい。

2. 観測体制

予定天体が500個もあると、それぞれ調べたい内容も異なり、観測方法も変わってくる。そし

て、SEEDSメンバーは国内外の研究者を合わせ、最大で120名に達した。そのため、チーム内での円滑な検討を推進すべく、分野ごとの専門家による五つのカテゴリーに分け、それぞれに代表を割り当てる体制がとられてきた。各カテゴリーを簡単に紹介すると以下ようになる。

2.1 YSO (Young Stellar Object)

距離140パーセク程度に存在する星形成領域の天体が主なターゲットである。年齢は約1-10 Myr程度であり、惑星探査だけではなく、母体となる原始惑星系円盤の形態を探ることも本カテゴリーの目的である。さらに細かく、中質量 (Herbig Ae型星)、低質量 (T Tauri型星)、連星系 (Binary) といったサブカテゴリーにも分けて検討を進めてきた。歴代チーフは高見道弘氏→工藤→橋本淳氏（詳細は次号の橋本氏、武藤恭之氏の記事も参照）。

2.2 DD (Debris Disk)

上記、原始惑星系円盤とは異なり、すでに形成された微惑星同士が衝突し、二次的に発生した塵 (デブリ) が主体となった円盤をもつと考えられる天体である。微惑星が成長し惑星となっている可能性も高く、われわれの探査でも重要なターゲットである。距離は140 pc以内、年齢は10 Myr-6 Gyr程度。チーフ担当は白田知史氏。

2.3 OC (Open Cluster)

形成年代がほぼ同一と考えられる散開星団での惑星探査を重点においたカテゴリーである。年齢100–300 Myrの天体が対象。プレアデス星団が主なターゲットであるが、SEEDS後期には、Ursa-MajorやOctans-Nearの領域の天体も追加した。チーフは松尾太郎氏（詳細は松尾氏の記事を参照）。

2.4 MG (Moving Group)

固有運動がほぼ同じと考えられる近傍星に照準を合わせたカテゴリーである。OCカテゴリーと重複する面もあるが、こちらは比較的距離が近い50 pc以内の天体が主であり、年齢も100 Myrより若いものが多い。チーフは葛原昌幸氏とMcElwain氏。

2.5 NS (Nearby Stars)

そのほか、惑星形成の兆候が見られる極近傍星に重点を置いたカテゴリーである。ターゲットは主に30 pc以内の100 Myr–1 Gyrの年齢をもつ天体であり、選定方法の違いによりCA (Chromospheric Activity), Kin (Kinematic Age), High (Highmass stars), MD (M dwarf), WD (White dwarf), RV (Radial velocity) といったサブカテゴリーに分けて、詳細に検討を詰めてきた。歴代チーフは、神鳥亮氏→田村元秀氏（詳細は葛原氏、笠岡瑠氏の記事を参照）。

3. 計画立案

実際の観測の1カ月前くらいに、上記五つのカテゴリー（+いくつかのサブカテゴリー）から、候補天体のリストが届けられる。ここから、数カ月ごとに3–7日程度割り当てられる観測期間に対し、詳細な時間割りを決定していく。目的にもよるが、オーバーヘッド（天体導入、補償光学AO188の設定など）も含め基本的に1天体50–80分の観測時間とした。基準として、必要な深さ（限界等級）を考慮するのは言うまでもないが、もう一つ重要な判断要素「視野回転量」によっても左右される。SEEDSプロジェクトでは、主に

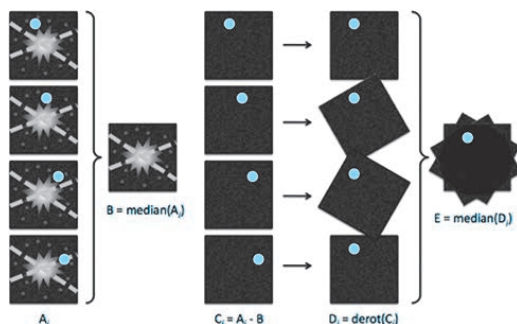


図1 角度差分撮像 (ADI) における解析の概念図。SEEDSメンバーの一人であるChristian Thalmann氏提供の図一部改変。

角度差分撮像 (Angular differential imaging; ADI)²⁾ という方法を用いて惑星探査を行ってきた。これは通常の恒星時追尾（北が画像の上にくるようなトラッキング方法）とは違い、瞳像を固定して、地球の自転に従い視野をわざと回転させながら画像を取得する方法である。瞳像が固定されるため、焦点面のPSF (Point spread function) が安定する利点がある。この安定したPSFを用いてそれぞれの画像から主星の光を引き算し、最後に北が上になるように視野回転を戻して足し合わせれば、伴星が浮き出る最終画像が得られるという理屈である。そして、局所的なスペックルも効率良く引き算するLOCIというアルゴリズム³⁾を用いることで、淡い惑星候補を逃さず検出しようと試みてきた。

この視野回転の量によって、どこまで主星近傍まで探れるのかが決まる。天体の南中高度によって、回転量も速度も異なるが、最も遅い低高度の天体においても最低15度程度は回転量を確保したいため、約1時間程度積分時間になるように設定しているのである。

南中の前後1時間程度が視野回転を稼ぐのに効率の良い時間帯である。そして、天体の高度が高い（＝エアマスが小さい）ほうが大気擾乱も少なく、質の高いデータが取得しやすい。

こういった観測条件にも注意しながら、各カテ

Time	Target	Mode	Notes
18:30	HIP 1163	(OC) [PDI]	
19:30	ref		
20:10	HIP 2462	(OC) [ADI]	
21:10	HD Tau	(YSO) [PDI-ADI]	
22:40	ref		
23:30	AS Aur	(YSO) [PDI-ADI]	
00:00	AS Aur	(YSO) [PDI]	
00:20	VY Tau	(YSO) [PDI]	
01:50	ref		
02:30	HIP 40774	(MC) [ADI]	
03:50	HIP 4593	(NS/HS) [ADI]	
04:50	HD 107146	(DD) [ADI+PDI]	
06:10	FS - or Done files		
07:00	finish		
17:00	FCas OBE		
18:00	HIP 104214	(NS/OC/Adp) [ADI]	0.3-mask
19:20	HIP 13345	(MC) [ADI]	
20:40	HD 21363	(OC) [ADI]	
22:00	DM Tau	[ADI-PDI]	
23:45	ref		
00:10	ref	(Same)	
00:40	LX Tau	(YSO/Binary) [PDI]	
02:10	Pol Sul		+ d3 mask (changed)
02:40	GJ 1111	(Mas)	
04:00	V 55 Cnc	(NS/RV) [AOI+PDI]	0.3 mask
05:20	ref		
06:00	FS - or Done files		
07:00	finish	(Aut, etc.)	

図2 実際の観測スケジュール例。各種天体名や観測モードなどを分刻みで表記してある。

ゴリーに不釣合いが少なくなるよう、丁寧に時間配分を決めていった。全天体に共通の選択基準としては、補償光学装置の性能を活かすべく、月からの離角が15度以上、Rバンド(0.65ミクロン)等級で15等より明るいもの。そして、望遠鏡の駆動限界から赤緯-40度以上の天体を選定している。

最後に、地味だが重要な工夫がもう一つ。経緯台式のすばる望遠鏡が180度回転するには6分必要である。もし北天(赤緯-19度以上)と南天の天体を交互に移動した場合、毎回天体の切り替えに6分消費することになる。SEEDSサーベイではメイン以外の校正用天体も含め1日に8-10天体を観測。つまり、ADI観測用に南中時刻に合わせた選定に加え、北天同士、南天同士で観測スケジュールを組み合わせ、望遠鏡の回転時間をうまく調整すれば、1日1天体分(1時間程度)は捻出することが可能となる。そして、これが120夜ぶんである。小さい工夫だが、この5年間で目標天体数を達成できたのは、この(せこい?)作戦が功を奏したことは言うまでもない。

4. 装置の事前準備

SEEDSでは主にHiCIAO(ハイチャオ)⁵⁾と呼ばれる高コントラスト近赤外線撮像装置を使って

観測を行ってきた。観測波長帯は主にHバンド(1.6ミクロン)を使用。補償光学AO188⁶⁾と組み合わせることで、すばる望遠鏡の回折限界に迫る空間分解能と、明るい中心星から0.1-1秒角の範囲で4-6桁の高コントラストを達成している。HiCIAOは常温のコロナグラフ+差分光学系、そして70 K程度まで冷却したカメラ部の2構成となっている。コロナグラフは常温部に搭載されているため、目的に応じたマスクサイズをフレキシブルに交換できる利点がある。また、冷却部の光学系もコンパクトであるため、冷却・昇温作業の時間短縮にも役立っている。しかし一方で、光学系が二つに分かれているため、観測ポジションへの装置交換の際は毎回必ず正確な光軸調整の必要があった。そのほか、AO188との微調整や、ウォラストンプリズムを用いた差分撮像での正確な位置合わせ、および歪み補正のためのマルチピンホールデータの取得など、観測前にやっておくべき仕事も多く、骨のある運用だったのも事実。

ちなみに、この事前準備で一番の強敵は「当日(観測のその日!)の装置交換」である。当時、すばる望遠鏡の赤外側のナスミス台には、IRCS, Kyoto-3D-II, RAVEN, SCEXAO, HiCIAOといった五つの装置がひしめき合っていた。限られた日程で、装置を交換し、準備し、運用するのは難しく、時に当日に装置交換を行い、日没の観測に間に合わせる(もちろんそのまま観測指揮を執る!)という大車輪になったことも何度かある。装置も人間も壊れなかったのは奇跡だろう。

5. 実際の観測現場

「準備が8割」。どのような世界でもこれに似た言葉が使われているように、観測も同じ。SEEDSでは、すばる望遠鏡本体、HiCIAO、補償光学AO188、偏光観測用波長板、そしてそれらを制御するソフトウェアと操作する人間、すべてがうまくいく必要がある。準備は厳しかったものの、幸い観測開始までに間に合わないということ

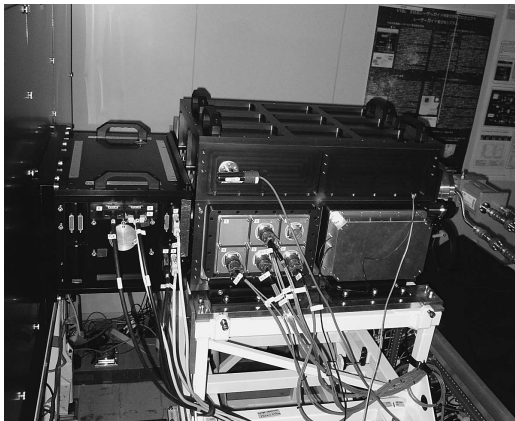


図3 SEEDSプロジェクトで用いた主力装置「HiCIAO」の外観。左側の黒い前方部分は常温のコロナグラフ機構と差分光学素子が入っている。右側の青い部分は約70 Kに冷却されたHiCIAOのカメラ部である。

は無く、概ね安心して観測に望んだ。以下、残り2割だが重要な注意点と実際の観測の様子を簡単に紹介していく。

5.1 注意点1 (安全面)

ハワイ島マウナケア山頂は標高が約4,200 mであり、気圧が平地の6割程度しかない。酸素濃度も薄く、観測中は常に高山病に注意する必要がある。山頂滞在メンバーは基本的に合計7名までであり、ハワイ観測所の規定に沿って行った。山頂における作業資格、および救命安全講習を受けた望遠鏡オペレーターと、筆者のようなSA(サポートアストロノマー)は必須。そして、オペレーターがほかの観測者3名、SAがほか2名の安全管理に責任をもつことで観測を維持してきた。もしさらに人数が多くなる場合は、安全講習を受けた観測所員の追参加をお願いしたり、前後半の2班体制とするなど、工夫しながら切り盛りしてきた。

また、2012年ころから、山頂施設に携帯酸素吸入器「ヘリオス」が導入された⁷⁾。これはウェストポーチのような形状で持ち歩きが可能であり、細いチューブを鼻に通し、呼吸に合わせて酸

素が吸える医療用器具である。この効果は絶大で、山頂で体調が悪くなる観測者が大幅に減少し、下山後も疲れが低減されるため、長期観測での体調維持に大いに助かった。同じ辛さを経験している高地作業者の安全のためにも、他の観測所でも採用されることを願う。

5.2 注意点2 (悪天候)

地球上の観測天文学者にとって、最大の難敵は天候だろう。雨、もしくは湿度80%超えてドームは開けられない。そして、ハワイとはいえ、冬期にもなれば標高4,200 mのマウナケア山頂付近は雪が降る。すばるドームの天井は平らなため、雪が積もれば雪かきが必要となる。路面凍結の危険もあり、雨・雪の場合はさすがに歯が立たない。

しかし、曇りの場合は戦えることもある。サーベイという観測の性質上、数時間に及ぶ長時間積分が必要になることは少ない。そのため、われわれは多少雲が出ていようが、シーイングが悪かろうが、パッチワーク的な「足搔き」を何度も試みた。SEEDSは直近の1-2カ月で出た情報もすぐに反映可能な戦略的なサーベイ観測であるため、当日の観測天体は固定されていない(もちろん円盤・惑星探査用途の天体に限る)。よって、曇った場合でも、全天カメラや、暗視スコープを使い、「雲の隙間」を探し出し、その時間、その高度に観測可能な天体を現場で選び出し、すぐに望遠鏡を向けるというスクランブル観測も実施した。また、Maunakea weather centerのホームページ⁸⁾にアップされている風向・風速・衛星画像から雲の動きを予測し、どれくらいの観測時間を確保できるかを検討しながら進めた。

もちろん、雲越しに観測した場合、色を正確に判別し、そこから物理量を出すような「測光観測」や、塵やダストによる光の偏りを捉える「偏光観測」はできない。しかし、薄雲であっても、「点源」つまり伴星の位置さえつかめれば、その時期の固有運動の測定になり、それが背景星なの

か、それとも惑星の可能性があるのか、今後の追観測は必要か、といった判別が可能となる。この観測の成否如何で、限られた120夜の中に割り当てる天体数も変わり、翌年以降の数時間の確保につながったため、やる価値は十分あっただろう。

5.3 観測室での作業

観測遂行における最小構成人員は、「望遠鏡オペレーター」「補償光学AO188の操作要員」「HiCIAOの操作担当」の3名である。ここに、日本や世界各国からの観測者が同行し、操作を行う担当者に指示を出してもらったり、紙で手書きのログを取ってもらったり、簡易解析をお願いしたりなど、皆で協力しながら進める。現地に足を運べない観測者は、遠隔地からリモートTV会議システムを通しての参加となる。われわれ現地要員もある程度観測内容は理解しているものの、詳しい確認が必要と判断した場合、適宜カテゴリーの各専門家と相談しながら進めた。もし万が一、突発的なスケジュール変更で担当者と連絡が取れなくなった場合でも、後述するQLサイトを利用し、各カテゴリーで行ってきた観測諸元を元に遂行していった。

われわれの観測の場合、1ショット数十秒の短い積分時間をその都度確認しながら、1日に何天体も導入と積分を繰り返す。ハワイ観測所のルール上、山頂施設での滞在は1日に14時間以内であるため、この時間内にその日の装置セットアップ・観測・校正データの取得までをこなし下山する必要がある。そして、SEEDSでは観測だけでも連続3日以上、準備を含めるとそれ以上の期間マウナケアに滞在し、観測作業に従事することもあった(筆者の場合、最長で連続16日間…)。

なかなか手ごわい運用であったが、疲労低減と作業効率を優先すべく、食事のタイミングも自由とし、もし辛い場合は交代で仮眠をとったり、標高2,800 mにある「ハレポハク中間施設」からのリモート参加も認めながら、無理が少なくなるよう指揮することを心がけてきた。評価は参加者の

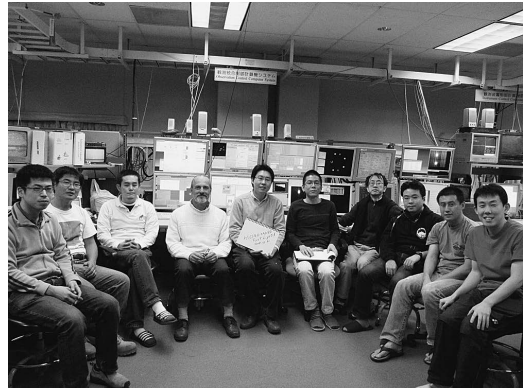


図4 SEEDSプロジェクト初期における観測室での1枚(HiCIAO+AO188のファーストライト)。

みなさんに委ねるが、おおむね順調だったと信じたい。

5.3.1 楽しいこと

自分たちの観測とはいえ、連日酸素の薄い山頂でデータを取り続けるのは体力的にも精神的にもつらい。しかし、厳しい面ばかりではなく、もちろん楽しいこともある。それは何と言っても、最新のデータをすぐに見ることができることだ。今でこそ、似たサーベイ観測が進みつつあるが、SEEDSプロジェクト当初はほかの望遠鏡はまだどこも同等のサーベイを初めていなかった。つまり、現場でみるほとんどの画像は中心星の近傍0.1-1秒角の領域に迫ることができる世界初の惑星探査画像である。

データはリアルタイムで世界各地の各カテゴリーの担当者へ転送され、早ければ数時間後には簡易解析画像が届く。トラブルもなく、安定しているときは、山頂にいる観測チーム自らもデータ解析に加わる。そして、結果の画像に惑星候補が写っていると俄然テンションが上がる。もちろん、主星と惑星候補天体が重力的に束縛されているかどうか固有運動を確認するため、時期を開けて再び観測する必要があるのだが、それでも未知の星が目の前に出現するとワクワクするものである。また、偏光データの簡易解析でも今まで見た



図5 観測者から差し入れてもらったお菓子たち。おかげで、観測室の雰囲気も良くなり、士気も上がった。

ことのない、新しい原始惑星系円盤の姿が現れた場合、「この非対称はなぜか?」「この穴は何だ?」といった疑問で観測室が沸き返ることもしばしば。

これら、新しい知見が得られると、至急、多色測光が必要なのか、さらにより主星の内側を目指すために手法を変えて追観測を行うべきかの判断に迫られることになる。いざ追観測と決断した場合は、緊急で翌日かそれ以降の観測スケジュールの大幅な組み直しが必要となる。うれしい悲鳴であり、良くも悪くもエキサイティングな時間だった。

そしてもう一つ。影の立役者とも言える存在が、観測者の差し入れてくれるお菓子たちである。観測期間中、食べ物は宿泊施設であるハレポハクで得ることができるが、日本人にとって必ずしも美味しいとは限らない。長期観測ともなると、優しいものが食べたくなる。そんな中、士気を上げてくれたのが、観測者のもってきてくれた日本製のお菓子だった。疲れた身体に、甘すぎないチョコレートや、あんこ、栗といった優しい味、そして、センベイのような飽きさせないほんのりとした塩気を口に運ぶと、ピリピリした雰囲気も薄れ、会話が弾み、楽しく観測することができた。山頂でのメンタル面を考えるうえで、メン

バーからのこのような協力は本当にありがたいものだった。

6. 観測後のサポート体制

6.1 装置、望遠鏡見学

サイエンス観測と校正データの取得作業が終われば、すぐに下山も可能だが、教育上重要なこととして「装置・望遠鏡見学」も行ってきた。SEEDSでは大学院生の教育も重視しており、観測者としての参加は若い人をなるべく優先させてきた。データをただ与えられるだけではなく、現場に赴いて、どういった装置でどのように取得されたかを最初に知ることで自らの理解も深まっていき、解析の際、データの扱ひも丁寧になってくれるだろう。これは実際に観測を主導したわれわれ受け入れ側にとってもうれしい。

その後、次の装置への交換、および観測者の下山・帰国を無事確認し、ようやく観測終了である。

6.2 データ配布

取得データはほぼリアルタイムで各カテゴリーのチーフやその他の解析メンバーに送られ、観測後2週間を目処に処理し、簡易解析結果(Quick Look; QL)を内部ページに公開するようになってきた。ユーザーはそこから観測された状況などを踏まえ、大まかにデータのクオリティーを判断し、興味があるものに対して論文化の意思表示を提出する体制である。そして、各種校正データやその情報などもWebを通じて閲覧できる形にし、もし質問などがあった際は、ヘルプデスクに連絡するといった環境を整えていた。ここの部分を一手に引き受け、重点的に整備したのは日下部氏である。

6.3 解析パイプラインの整備

HiCIAOで得たデータは、他装置で取得されたものと同じように一次処理(フラット補正、バッドピクセルの補完など)が必要である。さらに、SEEDSでは偏光差分撮像(PDI)、角度差分撮像

(ADI) といった特殊な観測方法を駆使しているため、ユーザーがいち早く最終結果にたどり着き、必要な物理量を出すには、専用のパイプライン整備が不可欠であった。PDIデータに関しては偏光器開発者本人である橋本氏、そしてADIデータでは、解析アルゴリズムの発案者であるDavid Lafreniere氏と、HiCIAOに合わせたカスタマイズを行った神鳥氏、Thalmann氏、Brandt氏、McElwain氏、葛原氏の尽力が大きかった。現在までにSEEDSの成果として39本の投稿論文があるが、その迅速な論文化に彼らの大きな貢献があったの言うまでもない。

7. 今後に向けて…

順調に観測が進行し、目標を達成できたSEEDSプロジェクトは大成功と言っていだろう。事前にルールを決め、週1回の装置チーム会議、月に1回の全体TV会議、年に1回の全員が一同に会する打ち合わせをもち、お互いの意見をすり合わせる事ができたため、大きな事件は皆無だった。しかし、ここまでの道のりでももちろんすべてがうまくいったわけではない。

例えば、(当たり前かもしれないが)新しいデータが強烈すぎたがために、論文化の担当を決める際に取り合いも数例生じた。また、現場要員への要求が人一倍多かったにもかかわらず、その後、こちらからの最低限のお願い(QLを会議までに準備するなど)すら聞いていただけない方もいた。そして、実は準備段階において、残念ながらこの5年間、天体リストが締め切りまでにそろったことは一度もない。これはひとえに筆者の頼りなさが原因だろう。もう少し毅然とした立ち居振る舞いができれば、作業スケジュールの無理を避けられたらと反省している。そのほか、メール一つにおいても、そこに相手が見えないぶん、理不尽な要求を平然としてきたり、人に頼むとは思えない表現をされる方も散見され、平静を保つのに苦慮したことなど、耐え忍んだ事例の

数々はここにはとても書ききれない。

今回、観測現場を通し、大きなプロジェクトを内側から見ることで、運用の難しさを改めて理解できたのは大きな経験である。観測を行うのは人間。装置は頑張ったぶんきちんと動いてくれたが、人間同士だと必ずしもそうとは限らない。お互いほんの少しの心遣いで、まだまだ改善できる余地があると感じた。

今後、すばる望遠鏡を使った系外惑星研究の分野では、赤外ドップラー装置「IRD⁹⁾」や極限補償光学「SCEXAO¹⁰⁾」と面分光装置「CHARIS¹¹⁾」を使ったサーベイ観測が検討されている。今回の戦略的観測のような大きなプロジェクトに発展していく可能性がある。現場運用の形として、今回の経験が役に立ち、皆で仲良く、今後も安全に観測が遂行される(していける)ことを切に願っている。

謝 辞

本稿は、マウナケア山頂での指揮に携わった関係で、SEEDSメンバー120名の観測における代表として書かせていただいたものである。特に、SEEDSプロジェクトPIである田村元秀氏は、個性派ぞろいのユーザーからの無理難題も的確に裁き、リーダーとしてチーム内を統率していただいた。現場の声を各メンバーへ届け、観測を円滑に進める環境を作っていただいたことに深く感謝したい。HiCIAO開発の装置リーダーだった鈴木竜二氏には、筆者の稚拙なハードウェアの理解、および不器用さのため多大な迷惑をかけてしまった。この場を借りてお詫びするとともに、助けていただいたすべてのことにお礼を言いたい。さらに、補償光学AO188チームの早野裕氏、美濃和陽典氏、大屋真氏には、準備作業の段階から観測中のトラブル対応も含め、筆者からの緊急電話(特に夜中!)に何度も親身に応えていただいた。山頂にて青ざめているなか、受話器の向こうで声を聞けたときのうれしさは忘れない。また、初期

観測メンバーである神鳥氏と、最後までサポートし続けてくれた日下部展彦氏、橋本氏のおかげで、筆者に作業が集中することなく、分担してうまく安全に観測が遂行できた。雑談も含め、山頂でツライながらも一緒に笑って過ごした時間は貴重で楽しかった。そして、ハワイ観測所の昼間作業員であるデイクルーや望遠鏡・装置グループのみなさん、ソフトウェアグループの方々には、トラブル対応の際、一緒に悩んで、一緒に解決法を探っていたいただいた。ほかにも、体調や精神面を気遣い、オフィスにこもりがちだった筆者を食事や飲み誘ってくれた先輩・同輩・後輩の各みなさんの心配りがうれしかった。

「観測はできて当たり前」と思われていることも多く、実際そうあってほしいと思いつながら作業に臨んだ。しかし、完遂までの道のりは決してそんなことはなかった。すばるは小さな善意が集まって観測が成り立っている望遠鏡だと改めて感じた。サポートしていただいたすべての方々に、心の底からお礼を述べたい。

そして最後に、筆者は裏方作業に従事してきたため、陽の目を浴びることはないと思っていましたが、今回、このような執筆の機会を与えていただいた田村氏、および天文月報編集委員の町田正博氏をはじめとした関係者のみなさまに感謝いたします。

参考文献

- 1) Tamura M., 2009, AIP Conf. Proc. 1158, 11
- 2) Marois C., et al., 2006, ApJ 641, 556
- 3) Lafreniere D., 2007, ApJ 660, 770
- 4) http://gopira.jp/sym2010/proceedings/2/kandori_kotenren100820.pdf
- 5) Suzuki R., et al., 2010, Proc. SPIE 7735, id. 773530
- 6) Hayano Y., et al., 2010, Proc. SPIE 7736, 77360N
- 7) http://www.megacare.co.jp/products/03_helios.html
- 8) <http://mkwc.ifa.hawaii.edu/>
- 9) Kotani T., et al., 2014, Proc. SPIE 9147, article id. 914714 12 pp.
- 10) Jovanovic N., et al., 2015, PASP 127, 890
- 11) Groff T. D., et al., 2014, Proc. SPIE 9147, id. 91471W 10 pp.

SEEDS Observations

Tomoyuki KUDO

Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan, 650 North A'ohoku Place, Hilo, HI 96720, U.S.A.

Abstract: SEEDS (Strategic Exploration of Exoplanets and Disks with Subaru) was started as a Subaru strategic observation project to 500 objects survey with 120 allocated nights in total for 5 years. Our team consists of 120 members. In order to smoothly perform this big project, we need to make elaborate preparations, safety works at summit and the aftercare. In this article, we review the outline of our survey and the detail of real observation works.