

# すばる HDS の 20 年

田 実 晃 人

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

e-mail: tajitsu@naoj.org



HDS（高分散分光器）はすばる望遠鏡の第一期装置として2000年の立ち上げから活躍し続けている。HDSのサポートアストロノマーとして観測の現場から見つめたその20年を振り返る。

## 1. はじめに

高分散分光器（HDS）<sup>1)</sup>はすばる望遠鏡の第一期観測装置として2000年7月にファーストライトを迎え、その後着実に科学成果を挙げてきた。筆者がはじめてHDSに対面したのは2001年の4月、初期の性能試験観測のなか共同利用が開始されたときだったと記憶している。その組み立て作業には立ち会っていないが、装置というより巨大な部屋といったほうがいいHDSの佇まいを見るにつけ「よくこんな巨大なものをこんな場所に…」と感心させられてしまう。そんな開発に携わった方々の苦勞に答えるようにHDSは日本の天文学を底上げし、そして世界の天文学をリードする存在であり続けてきた。その成果をすべて挙げるには誌面が足りないが、本稿ではそんなHDSの20年を観測現場から振り返ってみたい。

## 2. 惑星探しは忙しい

HDSの観測対象は遠方のクエーサーから近くは彗星などの太陽系内天体までバラエティにとんでおり、モードは分光のみといってもそのアプローチは様々である。30分露出の間にじっくり

データを解析してその結果について議論する—などというのが現場スタッフからすればある意味理想的なスタイルではあるが、多忙を極める観測もある。

なかでも強烈だったのは2004年から数年にかけて行われた佐藤文衛氏（現東京工業大学）をPIとする太陽系外惑星探索である\*1。当時発見されはじめた系外惑星のなかでも明るい星のまわりを短周期で周るホット・ジュピター\*2を数多く見つけようというこのプログラムは、多ければ一晩150–200の恒星を立て続けに短時間露出し、それを4–5晩程度続け天体の視線速度変化を探り当てるといふ機械的にも人的にもまるで耐久テストをしているかのような観測だった。さらに競争の激しいこの分野でいち早くKeck望遠鏡等を使いこの手法を確立してきたアメリカのN2Kコンソーシアムとのコラボレーションということもあり、秒単位に及ぶオーバーヘッド削減の追究等観測者からの要求もきびしかった。このためサポートアストロノマー（SA）としても装置の運用形態としても鍛えられた観測だったと今思い返される。あまりに疲労困憊するため背に腹はかえられず、スリットビューワー上での天体導入の自動

\*1 天文月報第102巻第2号98–102頁「可視、赤外ドップラー法で切り拓く系外惑星の世界」（佐藤文衛）を参照。

\*2 ちょうど本原稿の校正作業中に最初の太陽系外惑星を発見したMichel Mayor博士とDidier Queloz博士の2019年ノーベル物理学賞受賞が発表された。両氏が1995年に発見した51 Peg bも恒星のまわりを約4日で周回する典型的なホット・ジュピターである。

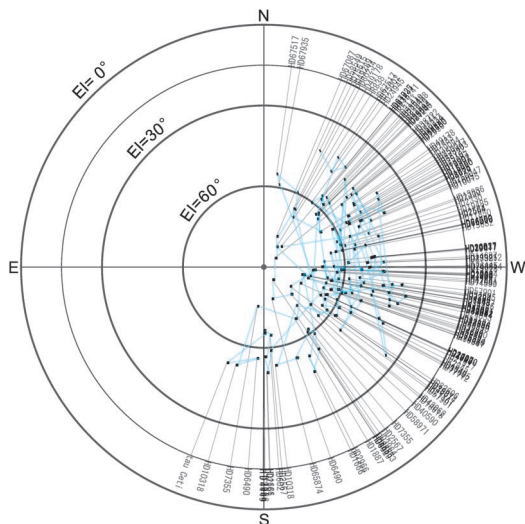


図1 2004年12月20日の系外惑星探索での天球面上での望遠鏡の軌跡。黒線(点)が天体の露出。この夜は約150天体が分光観測された。数が多すぎて天体名を確認できないのはご容赦いただきたい。

化、手書きログの電子化、観測手順書（オペファイル）作成アプリ<sup>\*3</sup>などが開発されていき、その後HDSの観測スタイルが他と比べてスムーズだといわれる礎がここで築かれたともいえる。

そんな甲斐もあってかこのキャンペーンで発見された最初のホット・ジュピターは続く測光観測にてトランジット（惑星の恒星面通過による隠蔽現象）を起こしていることがわかり、天体のサイズ・質量が決定できてしまうという幸運にめぐまれることになる<sup>2)</sup>。その後トランジットサーベイ観測がさかんにおこなわれるようになると、逆にトランジットが見つかった天体に対してロスター効果（トランジット中のドップラー効果の変化から惑星公転の軌道傾斜角等を決定できる）の観測などもさかんにHDSでおこなわれるようになった<sup>3)</sup>。TMT時代へ向けた天文学のひとつの大きな潮流である系外惑星の分野で日本の研究グルー

プの確立に貢献したことはHDSが誇れる業績といっていよう。

### 3. 逆境◎？

すばるの観測装置のなかでもHDSは安定した装置といわれるが、たしかにナスミス焦点に設置されたHDSは装置交換がないためにそこに起因するトラブルとは無縁で、観測日以外でも望遠鏡についていた状態で動作確認ができる。SAとしてはいくぶんか楽をさせてもらっている部分もあるが、そのぶん他装置にトラブルがあった場合に空いてしまった観測スロットを埋める緊急代打としてHDSが使用されることも少なくない。

そのなかでも特に印象深いのはのちにNature誌から論文が出版されたふたつの観測である。ひとつめは2004年の5月29日（以下いずれもハワイ時間）、急遽行われることとなった青木和光氏（国立天文台）の観測である<sup>\*4</sup>。この日筆者は前々日の朝まで5日間のHDS観測ランを終えたばかりで、6月1日からはじまる次のHDS観測ランにむけた谷間を家で休んでいたのだと思う。この次のラン自体ももとは6月末に予定していたものを5月上旬に発生した赤外ナスミス焦点の装置（CISCO）のフィルター交換機構トラブルによって日程移動させたものであったが、その休んでいた昼に受けた電話はカセグレン装置のIRCS<sup>\*5</sup>も前夜の観測中に冷凍機コールドヘッドが故障し「使える装置はHDSしかないが今晚なんとかならないか？」というものだった。幸か不幸か観測ランの間でHDSの冷凍機はたちあげたままであり、（こちらの体が動いてくれれば）あとはどのプログラムを行うかである。そこで白羽の矢が立ったのがたまたまこちらが忙しいため早めに準備されていた青木氏PIの観測であった。あとは氏の天文月報の記事に書かれたとおりであるが、この晩の観測の出鼻

<sup>\*3</sup> Subaru HDS++ OPE file Editor <https://www.naoj.org/Observing/Instruments/HDS/hoef/>

<sup>\*4</sup> 天文月報第99巻第4号197-204頁「第一世代星による元素合成に迫る」（青木和光）を参照。

<sup>\*5</sup> その後188素子補償光学（AO）システムのたちあげにともなって赤外ナスミス焦点へと移設された。

で最も鉄組成の低い星(当時)<sup>4)</sup>を引き当てることになる。このプログラムはハンブルグ/ESOサーベイとよばれる観測から綿密に選別した候補天体を観測するものであったため遅かれ早かれこの発見はされるべきものであったといえるが、次に紹介するHDSのもうひとつのNature論文はかなりの偶然が重なった結果であった。

2013年8月に行われた主鏡蒸着に伴い、翌9月下旬の週末は金土日とHDSが搭載された可視ナスミス焦点の調整が行われていた。これが「好天のため思いの外早く終了しそう。(週末で交換はできないので) あまった時間でHDSを使用した効率測定等の観測を行えないか？」という連絡を受けたのが土曜日の朝。そこでテニスをしながらかえたのが一ヶ月ほど前に発見されたNova Delphini 2013 (=V339 Del) の分光観測を効率測定と平行して行うことであった。この新星はHDSでもたびたび観測されているNova Scorpii 2007 (=V1280 Sco)<sup>5), 6)</sup>以来7年ぶりに明るい新星で、たびたびメールがとびかうのを横目で見ては蒸着期間ですばるが使えないのをたいへん残念に思っていたからである。効率測定はHDSのほぼ全波長域(300–940 nm)を使っておこなわれるため新星のデータも同じ波長域で取得できたが、紫外域のスペクトルを中心に特徴的な吸収線群がみられた。このなかでも特にベリリウムイオンの共鳴線(波長313 nmの二重線)付近に強い吸収を確認したが、飽和したように見えるプロファイルでこの日のデータだけでは同定は困難であった。減光期に入ったという報告のあった同新星の引き続きの観測が重要とは考えたが、翌10月頭からは主焦点カメラSuprime-Camの共同利用観測が始まる予定であり、その希望をかなえるのは難しいだろうとも思えた。ところが今度はそのSuprime-Camのフィルター交換機構にトラブルが発生、急遽代

打としておこなった10月1, 2日のHDS観測にて弱くなった吸収線の中からリチウムの元となる不安定同位体<sup>7</sup>Beを同定することができた<sup>7)</sup>というのが、「古典新星における爆発的リチウム合成の発見」<sup>\*6)</sup>の観測の実際である。幸運もあったがマウナケアという最高の立地とHDSの高波長分解能があって初めてなし得た結果であったといえる。その後この現象は二例目三例目もHDS観測によって確認され<sup>8)</sup>、古典新星において普遍的なものであることが確実視されている。

すばるの共同利用観測の日程は常にスケジュール通り行われるよう観測所スタッフが尽力しているが、上記のような緊急事態が発生してしまうことはままある。偶然ではあろうがそうした緊急事態への対処のなかでHDSを代表するような科学成果が得られたことは観測現場の人間として感慨のようなものを覚える。もちろんその影にはトラブルシュートや緊急のスケジュール変更に対応してくださったダイクルーや望遠鏡エンジニアリング部門をはじめとする観測所スタッフの努力があったことを申し添えておきたい。

#### 4. 20年を超えて

20年のHDS運用のなかでの最大のトラブルといえは2006年10月15日にコナ北部で発生した地震による光学配置のずれであった。このときの再調整は翌年にかけての年末年始に行われ約一ヶ月の作業を要した<sup>\*7)</sup>。それを除けば(観測所その他装置と比較すれば)安定した運用が継続されてきた。

そんなHDSではあるが20歳に近づいてきたここ数年経年劣化と思われるトラブルが少しずつ目立つようになってきている。大きなものでは2018年8月におきたシャッターの故障が挙げられる。その原因はスリット直後にあるアルミ合金製シャッ

\*6 天文月報第108巻第9号591–508頁の同タイトル(田実晃人)を参照。

\*7 作業はHDS開発メンバーの他、設計・製作に携わった株式会社ニコン、住友重機械工業株式会社の方々の協力のもとにおこなわれた。作業の結果、最も大きくデータに影響していたのは検出器支持枠の下方向約1 mmのずれであった。



図2 2006年12月の復旧作業にてHDSのユニット全体（総重量約6トン）をチェーンブロック（上）を使って人力で2mm水平移動させる。下写真は右から宮野英治氏，小室俊氏（株式会社ニコン）。

ター板の金属疲労による破断であった。その時点でのHDSの総フレーム数が131440。アーカイブされない調整用のデータを含めるとこの20年で10万回程度のシャッターを切ったことになり\*<sup>8</sup>，一般的なカメラの寿命で考えてもシャッターユニットの交換としては妥当な時期にきていたのだなど感じた。幸い観測所装置部門の土井由行氏の尽力によって代わりのシャッター板が一ヶ月以内に製作され復旧を果たしたが、これからはこうしたトラブルにも付き合いながら観測を続けていくことになるだろう。

現在の観測所ロードマップでは2025年を超えてHDSを運用していくとされている。エシエル高分散分光器というある意味確立された観測装置であるため20年を経ても第一線であり続けたHDSではあるが、その機能を維持さらには改善

しつつTMT世代の同機能装置の運用開始につなげていくことが望まれる。

## 謝 辞

HDSの観測は筆者の他にもセカンドSAとして表泰秀氏，青木賢太郎氏にサポートしていただきました。両氏をはじめ，観測所の運用を支えているすべてのスタッフに感謝申し上げます。野口邦男氏，青木和光氏，川野元聡氏をはじめとするHDS開発メンバーの皆様，ならびに設計・製作をされた株式会社ニコンの皆様には2019年現在においてもトラブルのたびに迅速かつ丁寧な対応をして頂いています。皆様の素晴らしい仕事があったからこそHDSは20年を経た現在でもおおむね元気に動いております。ここに深く感謝の意を表したいと思います。

## 参考文献

- 1) Noguchi, K., et al., 2002, PASJ, 54, 855
- 2) Sato, B., et al., 2005, ApJ, 633, 465
- 3) Narita, N., et al., 2009, PASJ, 61, L35
- 4) Frebel, A., et al., 2005, Nature, 434, 871
- 5) Sadakane, K., et al., 2010, PASJ, 62, L5
- 6) Naito, H., et al., 2013, PASJ, 65, 37
- 7) Tajitsu, A., et al., 2015, Nature, 518, 381
- 8) Tajitsu, A., et al., 2016, ApJ, 818, 191

## 20 years of Subaru HDS

Akito TAJITSU

Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan, 650 North A'ohoku place, Hilo, HI 96720, USA

Abstract: We overview a part of scientific achievements and footprints of High Dispersion Spectrograph (HDS) of Subaru Telescope during its first 20 years operation started in July 2000.

\*<sup>8</sup> HDSは一回の露出で2つのフレーム番号が赤青それぞれのCCDチップのイメージにつけられる。またバイアスイメージではシャッターは使用しない。