

# FOCASの運用

## 服部 堯

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

e-mail: hattori@naoj.org



すばる望遠鏡第一期観測装置の一つである Faint Object Camera and Spectrograph (FOCAS) は、2000年のファーストライト以降20年近く使われ続けていることにはなりますが、その運用を維持するにあたっては多くの苦労がありました。特にこの10年間では、二つの大きな事故が印象的な出来事として挙げられますが、一方で競争力を維持するためのアップグレードも行われてきました。それらの出来事について、当時の状況も思い出しながらFOCASの運用を振り返ってみたいと思います。

## FOCASと私

2005年4月にFOCASのサポートアストロノマーとしてハワイ観測所に赴任して以来、14年が経過しました。2014年に装置部門に移り、観測サポートからは身を引きましたが、FOCASの維持運用には引き続き携わっています。

FOCASの運用に関して、この10年間で大きな出来事としては以下のようなものがありました。

- ・2010年：完全空亡型CCDへのアップグレード
- ・2011年：冷却水漏れ事故
- ・2018年：Integral Field Unit (IFU) の導入
- ・2018年：ハリケーンによる浸水被害

大きな災害に見舞われては来ましたが、復旧作業に伴う部品交換や機器改修によって寿命を延ばす事ができた面もあったように思います。また、作業を行う度に装置に対する理解が深まり、その後の復旧やアップグレード作業の役に立った事も事実です。そうして振り返ってみると、災害に遭ったことは必ずしも悪い面ばかりではなかったのかなという気もしますが、やっぱり大変だったというのが第一印象です。

## CCDアップグレード (2010)

2008年、同じすばる望遠鏡の観測装置 Superprime-Cam に、国立天文台と浜松ホトニクスが共同で開発した完全空亡型CCDが導入されました。FOCASでも同様の計画を立ち上げ、2008年にCCD デュワーと冷凍機を入れ替えるための機械設計、2009年にデュワーとCCDの試験、2010年にFOCASへのインストールと試験、という形で進んでいきました。旧CCDでの運用を続けながらとは言え、今思えば随分とゆっくりした進め方でした。2010年5月からの1か月程の休止期間

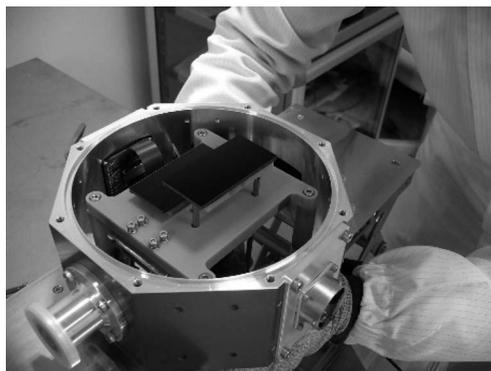


図1 新しく作られたデュワーへのCCDインストール。

を経て、6月に無事ファーストライトを迎えました。

入れ替えの結果、特に長波長側での感度が向上したわけですが、それに加えて読み出し時間の短縮(1/3-1/4倍)、不良画素の減少、制御用コンピュータの入れ替えによる動作の安定化などが重なり、観測時のストレスが大きく減少した事が記憶に残っています。

## 冷却水漏れ事故 (2011)

新しいCCDのファーストライトから約1年後の2011年7月2日、FOCASの観測ランが終わって休暇で出かけようとしている時に、事故の第一報が入りました。送られてきた写真にはFOCAS本体部分になみなみと溜まった赤い冷却水が写っており、大変衝撃的なものでした(図2)。後で分かったことですが、主焦点部から漏れ出した冷却水が主鏡で集められ、カセグレン焦点に集中して流れて行き、FOCASに注がれたようです。写真を見た時、「これは本当に復旧させる事ができるのだろうか?」という疑問が浮かぶと同時に、復旧させるにしてもそこに至るまでの道のりの遠さに絶望的な気持ちになりました。

それから約一週間はひたすらFOCASから冷却水を取り除く作業が続き、その後観測所内での相談、FOCAS本体の製作元である株式会社ニコンとの議論を経て、本格的な復旧作業に入って行き

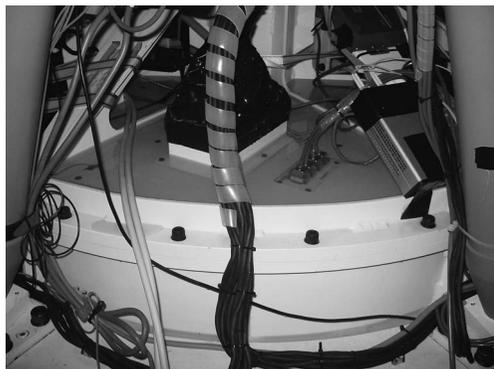


図2 大量の冷却水に浸されたFOCAS.

ました。7月から9月にかけては調査と洗浄と日本(株式会社ニコンの水戸工場)に送るための準備をしましたが、中でもマスク交換機構など、国立天文台が後から取り付けたコンポーネントを取り外す作業に時間を要しました。FOCAS本体を日本に送り出した後は、取り外した部品の分解、洗浄、組み立て、動作確認などに時間を費やしましたが、その過程では(無理を言って)発掘してもらった開発時の資料が大変役に立ちました。

光学系を含む本体の分解洗浄と電気系部品の入れ替えを終えたFOCAS本体がハワイに戻って来たのが2012年の5月、取り外したコンポーネントの再取り付けと動作確認を終えて山頂施設に輸送したのが2012年9月でした。10月5日には試験観測を行い、従来通りの性能を取り戻していることが確認できました。

随分と簡略化した形で書きましたが、これらの作業にあたっては本当にたくさんの人達に助けをいただきました。それまでFOCASの運用に関して直面してきた課題に比べ圧倒的に規模が大きく、チームで取り組むことの重要性和困難さも学ぶことができたように感じています。

## IFU機能の導入 (2018)

FOCASに面分光機能を実現するためのIntegral Field Unit (IFU)は、国立天文台先端技術センターの尾崎忍夫氏によって開発が進められて来ました。イメージライザーを使ったコンパクトなIFUで、FOCASに元々付いているマスク交換機構を利用して搭載する形なため、装置への変更はほとんど必要ない上にFOCASの分光機能が全て利用可能というものです。2018年3月2日にエンジニアリングファーストライトを迎え(図3)、2019年の前半期から共同利用観測に公開されました。

IFU導入以前のFOCASの観測を振り返ると、2010年のCCDのアップグレードによって感度は向上したものの視野の大きさは元のままで、

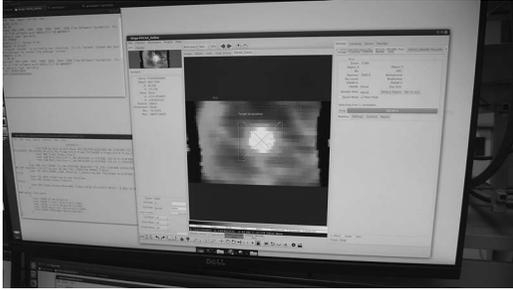


図3 IFUファーストライト時の天体導入画像。

Keck望遠鏡の広視野多天体分光器DEIMOSなどの装置に比べると一世代前のものである事は否めませんでした。ただ2014年にすばる望遠鏡の主焦点カメラHyper Suprime-Cam (HSC)が共同利用観測を開始し、そこで見つかったターゲットのフォローアップ観測が本格化することによって、FOCASに対する需要（提出されたプロポーザルの数）は低下することなく続いていました。そこにIFU機能が加わった事により、これまで以上に需要が増えているようです。2019年6月に行われた最初の共同利用IFU観測も成功裏に終わり、順調な滑り出しを見せています。

### ハリケーンによる浸水被害（2018）

2018年8月25日から26日の週末にかけて、ハリケーンの影響で大量の雨がハワイ島に降り注ぎました。翌週の山頂施設内の調査で、FOCASの内部に大量の水が入り込んでいる事が発見されました。FOCASは待機フランジに取り付けられていて雨漏り対策用の簡易カバーもされていましたが、それでは防ぎきれない程の水が降り注いだようです。ドーム内の雨漏りに加えて、内屋根で集められた雨水を排水するための雨どいが何らかの原因で曲がってしまっており、FOCASに向かって水が流れて行く形になってしまっていた事が、後の調査で判明しました。2011年の冷却水事故を想起させる出来事でした。

幸い電気系統には影響がなかったため、短期間で仮復旧する可能性を探りました。アクセスでき



図4 内部が結露したコリメーターレンズ。

る範囲で水を除去し、汚れたレンズ表面を拭いたところ、目視では汚れを確認することが困難になるくらい綺麗になりました。ただし、レンズ系の内部には少量ではあるものの水分が侵入しており、望遠鏡に取り付けたところ温度変化で内部に結露が生じ、透過率が大きく減少してしまう事が分かりました（図4）。なんらかの方法で内部の水分を取り除かない限り、科学観測に使える性能を発揮できないことが判明したのです。

そのためにはコリメーターレンズ系をFOCAS本体から外さなければいけませんでした。その作業を行った実績やノウハウが国立天文台にはありません。株式会社ニコンの水戸工場で行ったことのない作業でした。一方で、FOCAS本体を日本に送り返すためには2011年の復旧作業と同程度の手間と時間とお金が必要になってしまいますが、ハワイ観測所にその余裕はありません。株式会社ニコンの技術者との相談と交渉の結果、ハワイに来てもらって一緒にレンズ系の取り外し作業を行い、レンズ系だけを日本に送り返して洗浄作業をする、という作業方針で合意を得ることができました。

2019年2月にレンズ系の取り外しと日本への発送作業、3月に水戸工場での洗浄作業とハワイへの発送、4月にFOCASへの取り付けと動作試験という日程で進んで行きました。2011年の時に

比べると、書類作成など契約に関する作業にも時間を費やさなければいけなかったこと、4月の観測に間に合わせるためにタイトな日程だったこと、通関手続きのために輸送日程が不透明で見通しを立てづらかったこと、などの要因が重なって、精神的には大分辛い時期でした。

予定より少し遅れたものの、レンズ系は4月の頭にハワイに到着し、その約一週間後に観測を再開することができました。あいにくの悪天候と地震の影響でほとんど観測はできませんでしたが、唯一観測できた晩のデータでほぼ従来通りの性能を取り戻していることが確認できました。

## 最後に

比較的大きな出来事が続いたため系統的に振り返った内容にはなりませんでしたが、山あり谷ありの10年間でした。FOCASはあと数年間で運用を停止する予定ではありますが、それまでは現在の性能を保てるよう、またみなさんに使い続けたいと思ってもらえるよう、今後も努めていきたいと思えます。

最後になってしまいましたが、サポートアストロノマーとしてFOCASの運用を支えていただいた大山陽一さん、Chien-Hsiu Leeさん、青

木賢太郎さん、製作から20年経つにも関わらず質の高いサポートを続けていただいている株式会社ニコンのみなさん、またFOCASの開発運用に関わっていただいた全てのみなさんに感謝の意を表したいと思います。ありがとうございました。引き続きよろしくお願ひします。

## 参考文献

- 1) [https://www.naoj.org/Announce/2011/07/04/j\\_report\\_1\\_app.html](https://www.naoj.org/Announce/2011/07/04/j_report_1_app.html) (2019.10.24)
- 2) [https://www.naoj.org/Topics/2019/07/03/j\\_index.html](https://www.naoj.org/Topics/2019/07/03/j_index.html) (2019.10.24)

### FOCAS Operation

Takashi HATTORI

*Subaru Telescope, National Astronomical  
Observatory of Japan*

Abstract: Overview of the operation of Faint Object Camera and Spectrograph for this 10 years. This article covers the CCD upgrade in 2010, recovery from the glycol incident in 2011, implementation of IFU mode in 2018, and the recovery from the damage by Hurricane Lane in 2018.