

ひのでといっしょに太陽を見よう —高校生たちとの共同観測—



矢 治 健太郎

〈国立天文台太陽観測所 〒181-8588 東京都三鷹市大沢2-21-1〉

e-mail: kentaro.yaji@nao.ac.jp

太陽観測衛星「ひので」の観測データは、研究だけでなく教育目的にも利用することが奨励されている。そこで、われわれは高校や公開天文台・科学館との共同観測を行う観測提案を行い、実施してきた。この共同観測の目的は、日頃太陽観測をしている高校生や天文教育関係者がひのでの観測データに関心を持ち、自分たちの太陽観測データと比較することを促進することである。共同観測した高校の中には、その結果を府県の学生科学賞・クラブ発表会などで発表しているところもある。教育目的の観測提案はひのでで初の試みであり、海外の研究者からも関心が高い。本稿では、この共同観測の実施状況とその効果について報告する。

1. はじめに

ひので衛星は2006年に打ち上げられた太陽観測衛星である。ひのでの観測成果はプレスリリースやホームページを通して公開されているが、この観測結果は、研究だけでなく教育目的にも利用することが奨励されている。これまでに、PAONET（公開天文台ネットワーク）のひのでデータ活用ワーキング・グループ（以下、PAOひので）により、ひのでの観測成果を紹介したDVDを2種類リリースしている¹⁾。これは、公開天文台・プラネタリウム・科学館の教育普及関係者と研究者が共同で作成したという点で意義深い。

さらに、PAOひのででは、ひのでの観測データをもっと学校教育現場で直に活用できる機会を考えてきた。ところが、ひのでのデータは、ウェブ上に公開されるまでにインターバルがあり、リアルタイムで画像をチェックできない。そこで、高校や公開天文台・科学館との同時に観測を行う時間帯を設ければ興味をひくのではないかと考えた。ひので衛星と高校生たちの同時観測、これは

筆者がひので打ち上げ以来暖めていた構想で、どう実現しようかと思案していた。そんなことをPAOひのでの打合せで話していたら、国立天文台の下条圭美さんが、「だったら、矢治さんが、HOP（Hinode Operation Plan, 後述）を提案して、提出したらどうですか?」と言ってくれた。「え、こんな内容でもHOP出しているの?」と思ったが、その後、高校や公開天文台・科学館との共同観測を行うという観測提案を行い、実施することになった。

この共同観測の目的は、日頃太陽観測をしている高校生や天文教育関係者がひのでの観測データに関心を持ち、自分たちの太陽観測データと比較することを促進する。さらに、学校教員の教材開発や、公開天文台・科学館での展示の活用を目指している。

意外なことに、教育目的の観測提案はひので初であり、海外の研究者からも関心が高い。この共同観測は「ひので衛星といっしょに太陽を観測しよう」と命名し、筆者は略して「ひのでといっしょ」と呼んでいる（あまり浸透していないが）。



2. ひのでの観測提案について

ひのでは、定常的に、1日2回太陽のX線全面画像を撮影し、その他の時間帯は主に活動領域(黒点群)を各観測装置で観測している。しかし、研究者の観測提案に応じて、他の領域の観測や特別な観測も行っている。例えば、極域や静穏領域、プロミネンスの観測、また、国内や海外の太陽観測所との共同観測。高時間分解能、高空間分解能、マルチフィルターに特化した観測などなど。昨年の金環日食や金星太陽面通過の観測も同様である。

この観測提案は、HOPと呼ばれ、誰もが応募できる。筆者が今回のHOPを提案したときは、よほど変な観測提案でなければ、ほぼ通る、とのことだった。もっとも、太陽活動が活発になった現在はちょっと事情が変わっている。観測提案書は観測を行う前月の14日までに提出する。もちろん英語。観測目的や使用する観測装置、共同観測先、さらには、ひのでチーム内のコンタクトパーソンなど詳細を書く。提出後は、国内外のコアメンバーが検討して、20日頃までには結果が判明する。ただし、取得された観測データにプライバシーはなく、誰でも入手し、利用・解析できる。これまで(5月10日現在)、230のHOPが提出されている²⁾。

筆者が提案したHOPは、HOP173「EPO campaign observation mainly for high school students」³⁾として2010年8月に採択された。聞くところによると、このHOPはあっさり通ったらしい。

観測内容はいたってシンプルで、日本時間の11時から15時の間、活動領域かプロミネンスの観測を行う。そして、13時に太陽の全面像を観測する(シノプティック観測という)、というものである。通常、シノプティック観測は日本時間の3時と15時に行われるが、高校生たちは昼頃観測を行うことが多いと思い、全面画像の観測を13時に行うことをリクエストした。観測当日は、

毎朝10時までに観測内容や希望する観測領域をひのでの観測当番(Chief Observer)に連絡することになっている。

3. 実施状況

2010年以来、夏休みシーズンと12月に合わせて、この共同観測「ひのでとっしょ」を行ってきた。当初は、日頃太陽観測を行っている高校の天文部や公開天文台・科学館に声をかけ、2011年には、ホームページ⁴⁾やリーフレットを作って、高校生天体観測ネットワーク(ASTRO-HS)⁵⁾やPAONETに参加している学校・施設に告知してきた。参加する共同観測の期間や日数は自由である。1日だけでも構わない。詳しい共同観測期間や施設は以下のとおりである。

3.1 観測期間

a) 2010年度

2010年9月1日から6日

2010年12月14日から20日

HOPの提案書の提出が遅れたため、夏期の観測は結局9月に実施した。兵庫県立西はりま天文台公園、川口市立科学館、埼玉県立浦和和西高校、滋賀県立米原高校、大阪府立岸和田高校が参加した。

b) 2011年度

2011年7月24日から8月6日

2011年12月19日から24日

2010年の共同観測がひので関係者に好評だったため、夏は2週間連続の観測期間を申請したところ認められた。ホームページやリーフレットを作って宣伝した結果、慶応義塾高校(神奈川県)、兵庫県立大学附属高校、修道中学校・高校(広島県)、広島城北中・高校、小林西高校(宮崎県)など参加校も増えた。埼玉大学教育学部も参加している。晴天に恵まれて、すべての共同観測先で同時観測がほぼ達成された。また、7月末からは大きな黒点群が出現したり、フレアも発生するなど、太陽活動が活発な時期を観測することができ

た。12月は、新たに、東京理科大学の天文研究会、月光天文台（静岡）、ハートピア安八（岐阜）が参加した。

c) 2012年度

2012年7月23日から31日

2012年8月26日から9月1日

2012年12月17日から22日

2012年の夏は7月上旬と8月下旬の2回に分けた。その理由の一つに8月下旬は2学期が始まっていて、そのほうが観測しやすい。という声があったためである。参加者に観測しやすい時期を選択してもらったが、結局、両期間とも観測したところが多かった。12月の観測結果については、2013年1月27日に実施した秋田大学高校地学セミナーにて、データ解析実習に活用している⁶⁾。

3.2 観測の概要

西はりま天文台公園や川口市立科学館では、白色光・H α 線・CaK線で観測を行っている。川口市立科学館ではさらに光球面磁場の観測を行っている。高校では、伝統的な黒点スケッチから白色光・H α 線・CaK線でも観測を行っている。最近では、廉価なH α 線・CaK線フィルターが出回っていることもあり、H α 線・CaK線で観測を行うところが増えている。そこで、プロミネンスの観測も毎回試みているが、観測実施2日前に観測領域を指定しないといけないこともあり、結局、当日指定した領域にプロミネンスが出現せず、あまりうまくいっていない。

各学校・施設は観測結果を個々のホームページで紹介したり、研究発表に活用している（後述）。また、観測期間修了後は、観測日数や観測状況を

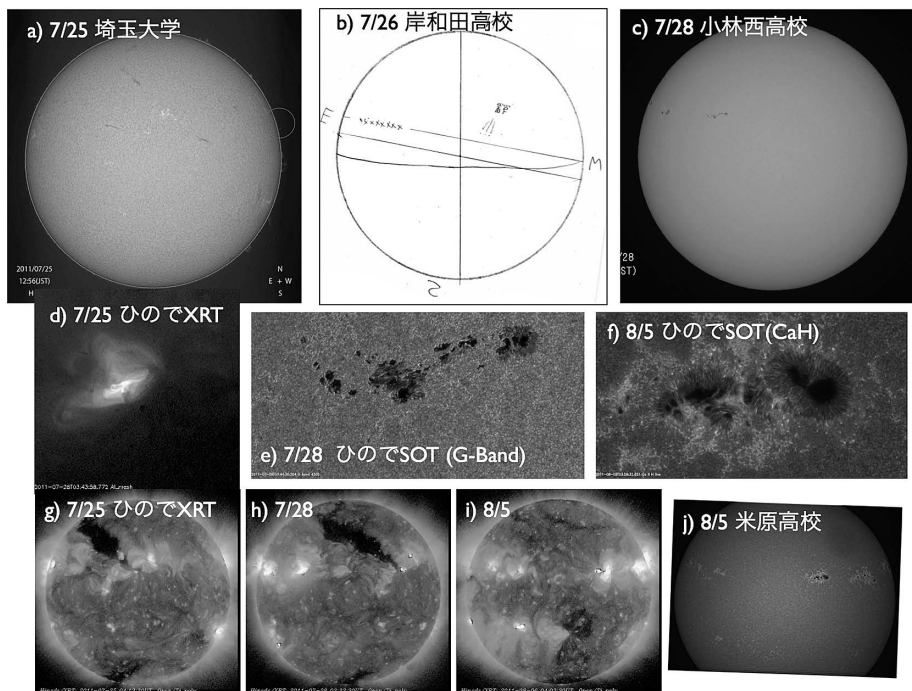


図1 2011年7月の共同観測画像のダイジェスト。

- a) 7月25日のH α 線画像（埼玉大学教育学部）、b) 7月26日の黒点スケッチ（岸和田高校）、c) 7月28日の白色全面像（小林西高校）、d) 7月25日のひのでX線画像（部分）、e) 7月28日のひのでSOTのGバンド画像、f) 8月5日のひのでSOTのCaH画像、g) 7月25日のひのでX線全面画像、h) 7月28日のひのでX線全面画像、i) 8月5日のひのでX線全面画像、j) 8月5日のCaK線画像（米原高校）。

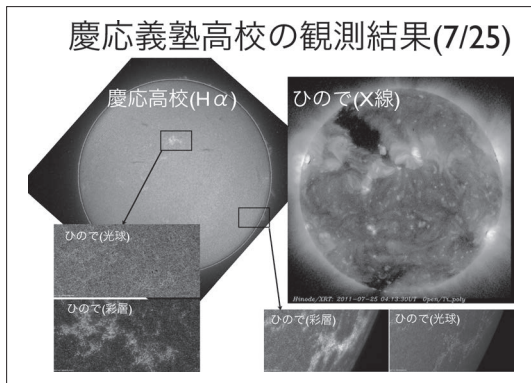


図2 2011年7月25日の慶應義塾高校とひのでの観測画像.

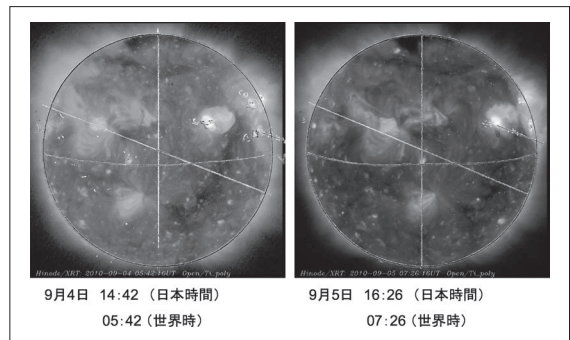


図3 岸和田高校の黒点スケッチとひのでX線画像を重ねたもの(大阪府高等学校地学クラブ研究発表会発表資料から).

(5) ひので衛星のX線画像との比較からわかること

結果(p46~49)にあるように、6日間のCaK線画像、Hα線画像、X線画像を比較すると、次のような点が明らかになった。

①磁場の浮上によって最初にできる丸く小さい明るいプラージュは、どの画像でも次第に明るさを増す。(フレアを起こす場合)

黒点No11105を拡大したもの

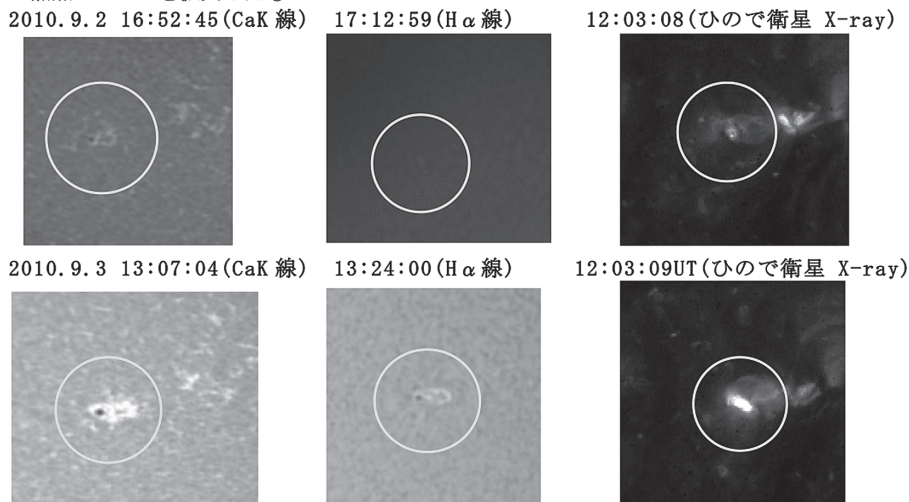


図4 米原高校のHα線・CaK線・ひのでX線画像を比べたもの(滋賀県学生科学賞県展の出展論文「CaK線およびHα線での太陽観測」より).

報告している.

3.3 サポート体制

2010年度は、ひのでの観測画像と各校・施設の観測結果をホームページにまとめて、共同観測

者が随時利用できるようにした. 2011年度は、「ひので衛星といっしょに太陽を観測しよう」というホームページを作成して、共同観測の告知を行うとともに、「ひのでの観測対象」「ひのでの

データのチェックの仕方」「参考ホームページ」など、共同観測先に役立つ参考情報をまとめた。

また、以前は個別にメールで観測をサポートしていたが、お互いの観測状況が知りたいという声があり、情報交換のためのメーリングリスト(ML)を立ち上げた。この際、画像もある程度大きなものを添付できるようにした。共同観測期間中は、観測時間帯と観測領域をMLで知らせた。また、ML以外でも個別に共同観測の方法や観測データの活用方法についてサポートは続けている。実際、「太陽画像のどこに注目すればいいのか?」「9月4日と5日でひので太陽画像の明るさが違うのはなぜ?」など素朴な質問が寄せられている。

いくつかの学校には、観測の事前あるいは事後に直接訪問し、共同観測の方法をレクチャーしている。

4. 共同観測の結果

ここでは、特にひので衛星と高校との共同観測結果を中心に紹介する。2011年夏の観測結果を例にする。前述のとおり、晴天に恵まれ、連続観測できたところが多かった。図1はいくつかの観測画像をダイジェストにまとめたものである。

慶応義塾高校は7月25日にHα全面観測を行っている。このHα画像を用いると、図2のような資料を作ることができる。この日は、2カ所の活動領域を観測しており、X線(コロナ)、Hα線(彩層)、CaH線(彩層)、Gバンド(光球)の構造の違いが見て取れる。このような資料を学校教材や展示に活用してほしいと願っている。

5. 観測データの活用

共同観測した高校のなかには、県内の学生科学賞・クラブ発表会などで発表した所もある。その発表状況をいくつか紹介する。

5.1 大阪府立岸和田高等学校天体部

岸和田高校の天体部は1970年以来、伝統的に黒点スケッチを継続している。彼らは2010年の

秋に「ひので画像と比べる岸高黒点スケッチ」という題目で、大阪府高等学校地学クラブ研究発表会で発表している。彼らの黒点スケッチとひのでX線太陽全面像を比較し、黒点群と活動領域のコロナの関係を調べて、発表を行った(図3)。

5.2 滋賀県立米原高等学校地学部

米原高校は、可視光・Hα線・CaK線で太陽の撮像観測を行っている。この共同観測では、ひのでX線画像と地学部で取得したHα線・CaK線を比較し、フレアを起こす活動領域について調べている。研究結果は、滋賀県学生科学賞県展(図4)や滋賀県高等学校文化祭に出展された。

5.3 小林西高等学校天文同好会

小林西高校は宮崎県の私立高校である。可視光の太陽全面像の撮像観測を行っている。2011年より共同観測に参加し、可視光画像とX線画像の

ひので衛星との太陽共同観測
小林西高校 天文同好会 2年
山崎利、下村智宏、野村輝、林莉沙、長倉長寿

はじめに
研究動機
ひので衛星について学習したことで興味を持ち、より詳しく知りたかったから。特に黒点については、その正体がよくわからなかったので、自分たちで調べようと思ったから。
また、同じくらいに滋賀県立米原高校から「ひので」で、ひので衛星と共同観測を行うチャンスがあり、ぜひ参加したいと思ったから。
今回は、彼らが撮影した写真と、ひので衛星が撮影した写真を比較した。

観測方法
観測方法
望遠鏡の光線に、黄光フィルターをつけて、デジタルカメラで撮影した。可視光での観測である。
7月28日～8月4日のうち、5日間の写真を撮影した。

画像の比較と考察
観測した画像(可視光)と、ひので衛星が撮影した画像(X線、可視光)を比較した。観測した画像(可視光)と、ひので衛星が撮影した画像(X線、可視光)を比較した。観測した画像(可視光)と、ひので衛星が撮影した画像(X線、可視光)を比較した。

感想と今後の展望
観測した画像によって、太陽は色々な姿に見えることがわかった。可視光線では光球、X線では彩層やコロナを観測できたことがわかった。
●思いや、彼らから様子を知ることができた。とても大変だったが、ピンと合わせる事がなかなか難しかった。
●黒点の中心が大きいので、場所をこまめに確認し、撮影した。
●観測したデータの活用方法を教えてくれた。観測から、楽しかった。
●今回はフレアや目撃などを研究してみたいです。

図5 小林西高校の宮崎県高等学校総合文化祭「ひので衛星との太陽共同観測」発表ポスターより。

比較を行った。第33回宮崎県高等学校総合文化祭で「ひので衛星との太陽共同観測」という題で発表している(図5)。発表内容は他の発表校の関心をひいた模様。同校天文同好会顧問の河野健太教諭も第17回高等学校と大学との物理教育に関する連絡会で、「太陽観測による電磁波の学習」という題で発表し、共同観測の結果を活用している。

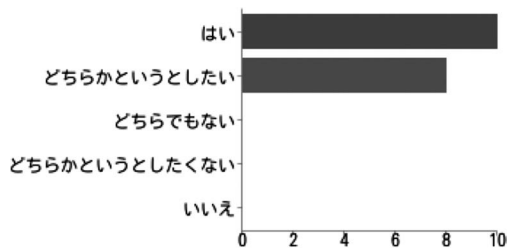
6. アンケート調査

この共同観測について、参加者を対象に2種類のアンケート調査を実施した。以下、回答結果の一部を紹介する。

6.1 共同観測に関するアンケート(2011年1月に実施)

2010年度の夏と冬の共同観測後に、共同観測先にアンケートを実施し、18名から回答があった。内訳は教員5名、生徒11名、公開天文台1名、科学館1名だった。生徒11名はすべて同じ高校である。

質問5 ひのでの共同観測を今後もしたいですか？

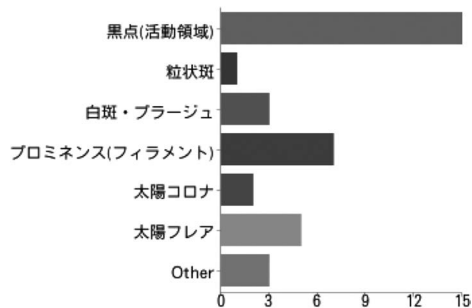


理由)

- ・衛星や各地の方との共同観測は楽しい
- ・他校の観測記録と比べることができる
- ・部活の研究発表にひのでの画像は重宝するから
- ・自分たちではできないこと、考えもしなかったことが新しく知れるのと、部活動での研究にもなる
- ・個人の観測ではなく、全国の高校生と人工衛

星を使って行うというスタンスが生徒のモチベーションを上げている

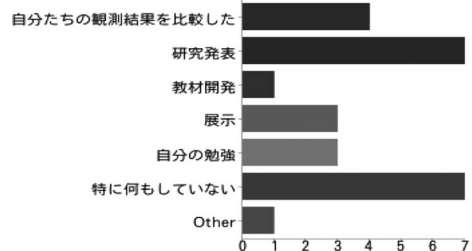
質問9 共同観測の対象として何に興味がありますか？(複数回答可)



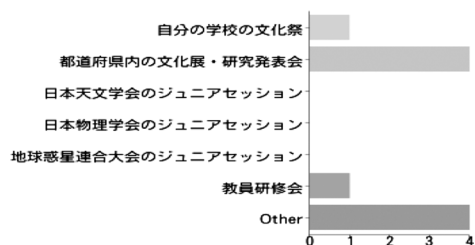
質問10 どのような課題で共同観測にのぞみましたか？

- ・衛星画像との比較
- ・正確な黒点スケッチを取る
- ・プロミネンスの連続画像
- ・太陽の撮影(全体像、黒点)研究室の学生に太陽観測の基本的事項を説明しながら撮像しました。できればプロミネンス噴出やフレアなど動的現象を連続観測して動画に仕立てることに興味があります
- ・太陽の撮影、黒点の有無や数

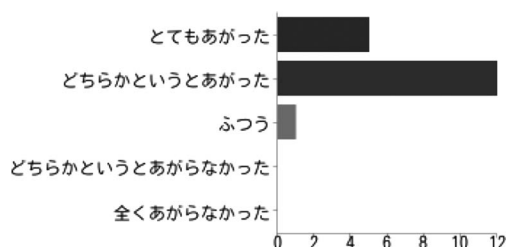
質問11 この共同観測をどう活用しましたか？



質問11-A 「研究発表」「展示」と回答された方へ、どういう場で「展示」や「発表」を予定していますか？



質問18 今回の共同観測であなたの観測のモチベーションは上がりましたか？



質問19 ひのでとの共同観測についての感想、要望、コメント

- ・来年も継続してほしい。余裕があれば提案したい
- ・ひので衛星の映像がすごかったです
- ・共同観測で新しいことを知れてよかった
- ・画像も共有できるとよい
- ・観測後のフォローを期待している
- ・デジタルカメラで撮像するのが精一杯で他校の方の観測データや結果、まとめはたいへん参考になりました
- ・MLに大いに助けられました

6.2 研究発表活動に関するアンケート（2012年2月に実施）

いくつかの学校・施設は研究発表まで実現している。そこで、2011年の共同観測のあと、どういった点に着目して研究発表を行っているか、ヒアリングやメール調査を行った。

（調査先）米原高校・岸和田高校・小林西高校・ハートピア安八

質問1 どこで発表したか？

- ・日本学生科学賞
- ・大阪府高校地学クラブ研究発表会
- ・滋賀県児童生徒科学研究発表大会
- ・滋賀県高等学校文化祭
- ・宮崎県高等学校総合文化祭
- ・SHH 校内発表会（科学系のクラブによる発表会）
- ・高校の文化祭
- ・宮崎科学技術館スターフェスティバル
- ・高等学校と大学との物理教育に関する連絡会

コメント：意外なことに天文学会のジュニアセッションの発表がない。その理由としては、「ジュニアセッションの存在を知らなかった」「顧問がその域に達していないと判断した」など。

質問2 どんなどころに注目して研究活動を行ったか？

- ・黒点スケッチ・可視光画像とひので画像との比較（主流）
- ・黒点とコロナの関係
- ・黒点はなぜ中緯度地帯に現れるのか？
- ・可視光・CaK線・X線の画像を比較
- ・ひので（X線）とSDO（紫外線）の共通点を探る
- ・CaK線の画像と紫外線放射との関係…IDL（データ解析ソフトウェア）使用
- ・太陽の活動領域の変化から、フレア発生の予兆を見つける
- ・プロミネンス噴出から、イベントリスト作成

質問5 ひのでのデータでわからないところ、難しいところはないか？

- ・DARTS（衛星データベース）のしきいが高い
- ・画像を目で見比べて比較というのが意外と難しい
- ・SDO衛星の画像の色の意味について
- ・今後はどこに注目したらいいか？（共同観測前からある質問）



・巨大黒点の発達とX線コロナとの関係

6.3 アンケート等から見えること

1) 各校・施設の研究活動の傾向

全体的に、白色光全面像とひのでX線全面像、H α 線・CaH線画像とひのでX線画像の組み合わせの比較が多い。また、XRTの画像の利用は多いが、意外とSOTのGバンド・CaK線の画像の活用が少ない。各校・施設で観測した黒点やH α の画像をひのでさらに詳細に調べるという目論見だったが、そこまで到達できなかつた。1日だけの比較が多いので、数日分の連続したデータの比較から検討を行ってほしい。

国立天文台ひのでのホームページの画像は活用しているものの、宇宙研の科学衛星データベースDARTSまでアクセスして利用しているケースは少ない。これは、英語、インターフェイス、回線に問題があり、一つの壁になっているようだ。Makali'i, IDLなどの画像解析ソフトまで使うところも限られている。

2) 観測データの活用レベル

以上から、各校・施設の活用レベルを以下のようにまとめてみた。☀の数が多いほど、取り組んでいる施設・学校が多いことを表している。

1. 共同観測に参加する(手をあげる)

[☀☀☀☀☀]

2. 観測データを比較する [☀☀☀☀]

「でも、観測のポイントがわからない」の音がちらほら。

3. 研究発表を行う/展示に活用する

[☀☀☀]

ただし、ウェブ上の画像が中心。数日間ではなく、1日だけのデータの比較が多い。

4. データアーカイブ(DARTS)にアクセスする [☀☀]

5. 共同観測時間以外のデータを活用する

[☀☀]

6. Makali'iやIDLを使って解析する。 [☀]

(まだ1校程度)

7. 観測プロポーザルの提案 [・]

さすがに、観測プロポーザルを提案するところはまだまだない。自分たちから観測プロポーザル(HOP)を出すところが出てきてほしい、と願っている。もちろん、サポートは必要である。

7. 国内外の反応

この共同観測は、ひのでで初めての教育目的の観測提案となった。てっきり、アメリカなどで教育目的の観測は行われていると思っていたが、知人の外国人研究者に聞いたところ、それまでそういう事例はないとのことだった。

そのためか、観測提案当初から、海外の研究者からの関心が非常に高く、ひので関連の国際会議に出かけると「Good proposal」だと声をかけられたり、「観測結果はどうなった!」と必ず聞かれる。XRTやSOTの観測当番(Chief Observer)も関心が高く、朝の電話会議に同席するときなど緊張感が高い。たまに、「日本語でいいから観測ページを紹介してくれ」と言われることもある。だから、参加高校・施設のホームページ上で何か活動報告があるときは、必ず知らせるようにしている。2010年12月の観測では、ひので側の事情で観測できない日があったとき、わざわざ追加観測が実施された。テレコン(電話会議)上でも、EPO Observation, Outreach Observationとして認識されている。

海外でも、CAP2011⁷⁾やIAU総会のSpS14セッション⁸⁾など、天文教育・アウトリーチ関係の国際会議で発表している。高校生との共同観測という取組みは外国人研究者の関心をひいているようだ。

2011年にひのでのミッション延長のための外部評価が行われた際にも、ミッション延長資料に反映された。

8. まとめにかえて

ひので衛星との共同観測「ひのでどいっしょに

太陽を観測しよう」をこれまで6回にわたって行ってきた。参加層も高校や天文教育施設に加えて、大学の教育学部や天文同好会など幅が広がってきた。共同観測によって、各校のモチベーションは上がっている。観測後の追跡調査から、各校で共同観測・データの活用に差があり、共同観測に参加するだけのところから、共同観測結果を発表研究にまでつなげている学校が出てきていることがわかった。発表場所は府県の研究発表会・総合文化祭、校内発表会、科学館、教員研修会などさまざまなどである。データ活用の仕方は、黒点とX線画像、H α 線/CaK線画像とX線画像との比較が多い。

今後、DARTSやMakali'iの活用といった一歩先の活動へと進展させるためには、画像チェックやデータ活用法のマニュアルの作成など、まだまだフォローが必要である。

これから、太陽活動極大期を迎えるにあたり、ひのでの観測にはさらに関心が高まるであろう。中高生や天文教育関係者の興味・関心に応えるためにも、この共同観測は継続していきたい。

謝 辞

本活動を進めるにあたって、国立天文台ひのでサイエンスセンター・宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所ひので関係者に励ましと助言をいただいたことに感謝します。「ひのでとっしょに太陽を観測しよう」に参加・協力した時政典孝氏（佐用町役場）、鈴木大輔氏（川口市立科学館）、埼玉県立浦和西高校、滋賀県立米原高校、大阪府立岸和田高校、宮崎県小林西高校、埼玉大学教育学部、他の参加校・施設の皆さんに感謝します。本活動は国立天文台共同研究（平成22-24年）および科学研究費補助金・基盤研究（C）（23501027）の一環で行いました。

参考文献

- 1) 矢治健太郎, 2008, 天文月報, 101, 565
- 2) HINODE Operation Plan (HOP) list
http://www.isas.jaxa.jp/home/solar/hinodeop/hop_list.php
- 3) HOP173
http://www.isas.jaxa.jp/home/solar/hinode_op/hop.php?hop=0173
- 4) 「ひので衛星とっしょに太陽を観測しよう」ホームページ
<http://hinode.nao.ac.jp/user/yaji/hinode/ishho/>
- 5) 高校生天体観測ネットワーク (ASTRO-HS)
<http://www.astro-hs.sakura.ne.jp>
- 6) 矢治健太郎, 2013, 日本天文学会2013年春季年会予稿集, 295
- 7) Communicating Astronomy with Public 2011 (CAP2011)
<http://www.communicatingastronomy.org/cap2011/>
- 8) IAU General Assembly 2012 Special Session #14-Communicating Astronomy with the Public for Scientists
<http://www.communicatingastronomy.org/meetings/iauga2012-sps14/>

Let's Look at the Sun with Hinode together! Kentaro YAJI

*National Astronomical Observatory of Japan,
2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan*

Abstract: It is highly encouraged to use Hinode data for not only research but also education. So, we performed joint observations with high school students, public observatories and science museums in recent years. The goals are that they have interest in Hinode data and compare their own data with Hinode data, and then using the results, the students have a presentation at science contests. This is the first proposal for education in Hinode observation and has attracted foreign researchers' high interest. We tried to report the joint observations in details.