

「ひので」サイエンスセンター ——設立前から今後の課題まで



下条 圭美

〈自然科学研究機構 国立天文台チリ観測所／天文データセンター／ひので科学プロジェクト
〒181-0015 東京都三鷹市大沢2-21-1〉
e-mail: masumi.shimojo@nao.ac.jp

日本で3機目の太陽観測衛星である「ひので」衛星は、太陽分野では日本において初めて主要研究所が役割分担を明確化し、共同利用を行った衛星プロジェクトである。共同利用を含む科学運用の中心拠点として国立天文台ひので科学プロジェクト内に設立されたひのでサイエンスセンターは、衛星からの科学成果を最大化することを目的として、日本国内の主な太陽研究拠点および国立天文台天文データセンターとともに活動を行ってきた。ここではセンター設立の経緯から現在までの活動を振り返りつつ、今後のプロジェクトに向けた課題を示す。

1. 太陽観測データの特殊性

すばる望遠鏡やALMAなど大型望遠鏡を利用する観測的研究は、観測提案を立案するところから始めることが多い。また観測データが公開されるまでに、観測後約1-2年の観測提案者に与えられた占有期間が終了するのを待たなければいけない。一方、太陽フレアなどの太陽大気中で発生する現象の研究において、研究者間の観測データ交換が観測直後から盛んに行われている。これは太陽圏や地球磁気圏など太陽物理学の隣接分野を含む広いコミュニティにおいて、太陽での現象の発生直後から情報を共有することが重要視されているからである。最近の太陽衛星観測データのほとんどは、NASAが推進しているオープンデータポリシー¹⁾の影響もあり、科学研究上での利用制限なしで観測直後に公開されている。「ひので」衛星では、Hinode Operation Plan (HOP) と呼ばれる観測提案を全世界から受け付けているが、観測提案者に占有期間を与えていない。ほかの太陽観測衛星でも、同様な処置が行われている。

よって太陽観測衛星プロジェクトでは、観測提案の公募／審査および観測提案者によるデータ占有の管理をシビアに行う必要がない。研究者に観測データを利用していただき、科学的成果を最大化するための活動が共同利用の中心となる。これが、太陽観測衛星プロジェクトの共同利用がほかの大型望遠鏡プロジェクトと著しく異なる点である。

2. 「ひので」衛星以前の共同利用

1991年に打上げられた太陽観測衛星「ようこう」より前の太陽衛星観測データは、観測装置開発チームがそれぞれのプラットフォーム、多くは日本で大型計算機と呼ばれていたコンピュータ上に独自のプログラムを作成し、データ解析を行っていた。それらのプログラムに互換性や再利用する方法がないだけでなく、プラットフォームがなくなるとその観測データの解析が不可能となることが多かった。例えば、日本初の太陽観測衛星である「ひのとり」衛星の全観測データは宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(宇宙研)が運用し

ている科学衛星データベース (SIRIUS)²⁾ に収納されているが、大型計算機が事実上存在しない現在、データ解析には非常に大きな困難が伴う。「ようこう」衛星では、アメリカからのプロジェクト参加者であるロッキード・マーティン太陽宇宙物理学研究所が、データ解析のためDEC社製ワークステーションを多数導入し、米Research System社が開発したInteractive Data Language (IDL)^{*1}上でようこう衛星データ解析プラットフォームを構築した。インタラクティブにデータを取り扱え、簡単にデータの可視化が可能なIDLは、画像データがほとんどの太陽観測データを解析するうえで使い勝手が非常に良かった。このプラットフォーム上でようこう衛星チームに参加している日米英の研究者がさまざまな解析プログラム群を作成し、ようこう衛星データ解析ソフトウェアパッケージ(ようこうソフト)が形成された³⁾。さまざまなプラットフォームで稼働するIDLとようこうソフトの組み合わせによる利便性が、画期的な「ようこう」衛星観測データとともに世界中の太陽研究者を席卷し、IDLとようこうソフトを基として構築されたSolar SoftWare (SSW) パッケージ⁴⁾が、太陽データ解析プラットフォームのデファクトスタンダードとなった。「ようこう」衛星以降の衛星・地上太陽観測データの解析ソフトは、ほぼすべてIDL+SSW上で構築されている。

このように「ようこう」衛星プロジェクトは、太陽物理や関連分野において画期的な科学成果をもたらただけでなく、太陽観測データ解析においてもエポックメイキングなプロジェクトであった。しかし、当時のワークステーションは1セット分の予算で高級車が購入できるほど高価で、IDLのライセンス料も高かった。また、インターネットは当時から存在していたものの、帯域は現

在と比べ物にならないほど細く、大学から宇宙研に設置されたワークステーションにリモートログインしてデータ解析をするようなことはできなかった。もちろん、全観測データをインターネット経由で配布することは不可能だった。よって「ようこう」時代の共同利用は、研究者が宇宙研に来所して利用できるデータ解析環境を提供することが、大きな部分を占めていた。当時宇宙研にて研究していた筆者は、京都大学の方々から宇宙研に来所するために使う大垣夜行^{*2}の話をよく聞いたものである。

3. ひのでサイエンスセンター 設立準備

「ひので」衛星の観測データは、「ようこう」衛星に比べて桁違いに複雑になった。複雑化の要因は大きく二つある。一つは、「ようこう」衛星の観測データの次元が2-3次元(時間+波長or時間+太陽面座標)、4次元目があったとしても数点であったのに対し、「ひので」衛星の場合は4次元(時間+太陽面座標+波長)がデフォルトであり、可視光磁場望遠鏡のスペクトルポラリメーター(SOT-SP)に至っては偏光という5次元目も存在するという、データのもつ次元の増加である。もう一つは、「ようこう」衛星は太陽全面の観測が基本であったのに対し、「ひので」衛星は太陽のごく一部分の観測が基本となったことである。データの複雑化は、データ解析の複雑化だけでなく、データ検索の困難や解析に必要な計算機資源の増大を引き起こし、データ利用に対する敷居を上げてしまう。よって「ようこう」衛星で行ってきたデータ解析環境の提供だけでは、「ひので」衛星観測データ利用の普及、ひいてはプロジェクト全体としての科学成果が縮小してしまうことは自明であった。この問題意識の基に、

*1 IDL, 2016年5月時点では、IDLは米Harris社の製品である。

*2 大垣夜行, 1996年まで運行していた岐阜県大垣駅-東京駅間を走る夜行「普通」列車の通称。

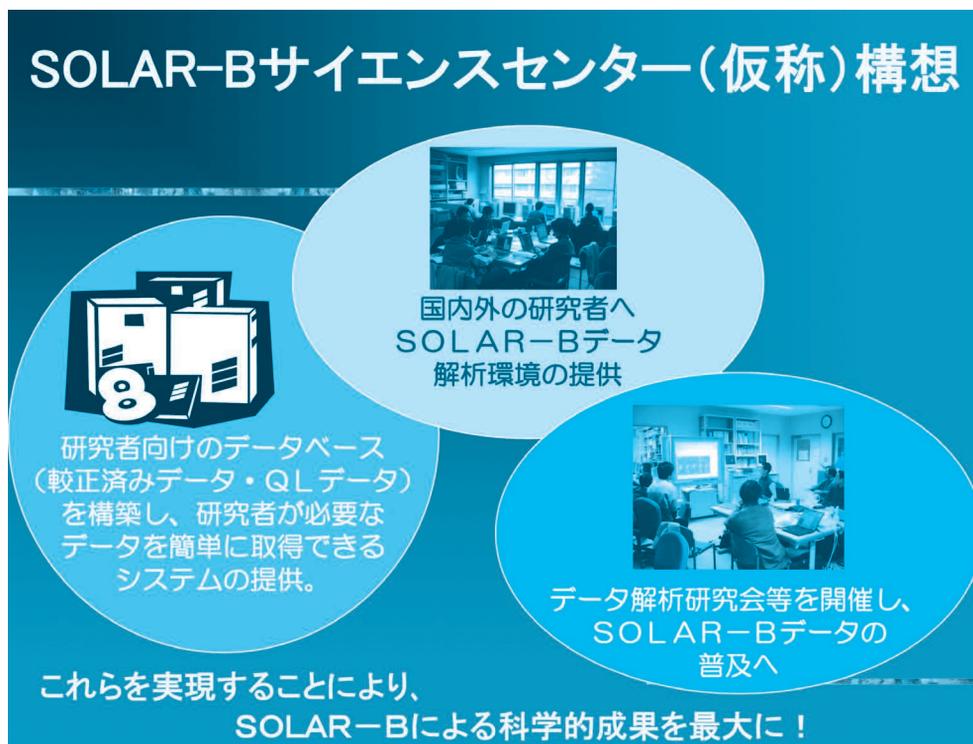


図1 ひのでサイエンスセンター構想(2004年2月作成)。衛星打上げ以前の資料であるため、センターの名称が“SOLAR-Bサイエンスセンター(仮称)”となっている。

2003年頃から「ひので」衛星プロジェクトにおける共同利用の検討が始まった。

図1は、サイエンスセンターの設立に向けて、関係者の皆さんに構想を説明していた頃のプレゼン資料である。この資料にも書かれているように、「ひので観測データベースおよびデータ検索／配布システムの運用」、「ひので観測データ解析環境の提供」、「データ解析研究会等によるひのでデータの普及」を3本柱に、共同利用を実施するサイエンスセンターの設立準備を行った。

センター設立準備当時に解決すべき問題の一つは、国立天文台と宇宙研との役割分担であった。2003-2004年は、3機関統合によるJAXA設立や、大学共同利用研究所や大学の法人化が進行しており、各機関の役割分担の明確化が求められる時期だった。そこでわれわれは、宇宙研のX線天文衛星プロジェクトで行われてきた役割分担を基に、

宇宙研は衛星運用、データ取得および配布⁵⁾までを担当し、国立天文台は望遠鏡の運用の一部および観測データを利用する研究者へのサポートを担当することにした。ひので“サイエンス”センターと名乗る理由はここにある。この役割分担により、サイエンスセンターの3本柱の一つである、「データ検索／配布システムの構築および運用」は宇宙研にてDARTS/Hinode⁶⁾として実現することになった。宇宙研は他衛星で培ったデータ検索／配布システムを構築するノウハウをもっていたので、適切な役割分担であった。

センターの目的と構想⁷⁾がほぼ決定した2004年後半から、データ解析システムの構築が国立天文台で始まった。ここで大きな問題にぶち当たる。お金の問題である。SOT-SPにより日々取得されるデータから3次元磁場マップを遅延なく作成するためには、小規模とはいえPCクラスター

システムを構築しなければならなかった。2006年度から京都大学大学院理学研究科附属天文台の柴田一成台長を研究代表者とした日本学術振興会の学術創成研究費「宇宙天気予報の基盤研究」⁸⁾から援助をいただいていたが、2004-2005年当時はPCクラスターシステムを構築するための資金が不足していた。自作PCによるPCクラスターの構築を検討していたが、当時国立天文台天文データセンター長だった水本好彦教授と浮田信治准教授のご協力により、Sun Microsystems社(現Oracle社)からPCクラスターおよびIDL解析サーバ用のx86サーバ(X4100)、OS(Solaris)、PCクラスター構築のためのミドルウェア(Sun Grid Engine)を寄付により得ることができた。このPCクラスター上にて東京大学の横山央明准教授、国立天文台の勝川行雄助教と著者で光球磁場ベクトル導出コードを開発し、SOT-SP用偏光スペクトル解析PCクラスターシステムを構築した。このシステムにより、手軽にSOT-SP観測データから光球磁場ベクトルマップを得ることが可能となり、科学成果の創出につながった。Sun Microsystems社からの寄付と学術創成研究費からの援助がなければ、その後の「ひので」衛星における初期成果がかなり縮小してしまった可能性が大きい。Sun Microsystems社、「宇宙天気予報の基盤研究」の研究グループおよびシステム構築に協力していただいた方々に深く感謝する。

4. サイエンスセンターの10年間

ひのでサイエンスセンターの設立日は、打上げ約1年前の2005年9月4日である。研究者の皆様に複雑化したデータおよびその解析手法を理解していただくため、ひので講習会を2005-2006年度に3回開催した。また、2006年秋にはデータ解析システムの共同利用を開始した。講習会をスタートとして始められたひのでワークショップシリーズは、この10年間で42回を数え、Faint Young Sun Paradoxから実験室におけるプラズマと太陽

との比較研究など幅広いトピックで開催されている。ワークショップの詳しい内容は、国立天文台ひので科学プロジェクトのホームページ⁹⁾を参照していただきたい。これらひのでサイエンスセンターの活動も助力となり、「ひので」衛星観測データを利用して執筆された論文数は、1,000編を超えている。

この10年間に二つのターニングポイントがあったと考えている。一つは、2011年3月に発生した東日本大震災である。この震災により、首都圏全域で行われた計画停電および節電要請のため、共に首都圏に位置する宇宙研相模原キャンパスと国立天文台三鷹キャンパスでのデータ二重化は、あまり意味をもたないことがわかった。また共同利用の活動も、震災後数カ月は停止を余儀なくされた。この反省を基に名古屋大学宇宙地球環境研究所にて「ひのでサイエンスセンター名古屋」¹⁰⁾が設立されたことは、観測データの保全だけでなく、新たな共同利用拠点の設立という意味もあった。もう一つは、2012年度末に行われた国立天文台天文データセンターの計算機リプレイスにおいて、ひので科学プロジェクトを含む国立天文台太陽関連プロジェクトの計算機システム¹¹⁾が、天文データセンターの共同利用計算機システムに合流したことである。これは、太陽の共同利用計算機システムが、強固な体制のうえで構築・管理されるようになったことを意味する。共同利用計算機システムは科学研究のインフラであり、インフラは強固な基盤のうえに築かれなければ意味がない。そういう意味では、国立天文台の太陽データ解析用共同利用計算機システムもやっと文字どおりインフラになったと言えるだろう。

5. 最後 に

打上げからその後数年間、ひのでサイエンスセンターは日本における成果創出に非常に効果的だった。近年では、米国・欧州では、各搭載望遠鏡毎のフレアリストや光球磁場ベクトルマップの

データベースなど、研究者によるデータ利用の関を下げ環境が積極的に整備されているが、日本においては、ひのでサイエンスセンター名古屋が中心となって作成した「ひので」衛星全体のフレアリスト¹²⁾以外、研究者の動向調査や調査結果に基づく機能拡張ができなかった。「共同利用とは“客商売”である。」といえるが、客(研究者)の要望に合わせた活動ができなかったことが悔やまれる。ただし日本では、データ利用者への科学的サポートが研究者としての業績に結びつきにくい。一方欧米では、サポート業務をすれば研究者として生計を立てていくことが可能である。長期にわたり活発な科学成果の創出ができるようなサイエンスセンターを構築するためには、科学的サポートが本務であるスタッフを雇用し、また評価していくことが必要ではないかと思う。

謝 辞

ひのでサイエンスセンターは、本文中に記した以外に多くの方々協力により設立され、運用が行われています。特に、センター立ち上げ時の計算機システム構築における技術面を、殿岡英顕氏(現JAXA/ISAS C-SODA)が一手に引き受けてくれました。彼の寄与がなければ、ひのでサイエンスセンターは砂上の楼閣であったと思います。この場を借りて、殿岡氏およびひのでサイエンスセンターにかかわられたすべての方々感謝いたします。

This work was carried out at the NAOJ Hinode Science Center, which is supported by the Grant-in-Aid for Creative Scientific Research The Basic Study of Space Weather Prediction from MEXT, Japan (Head Investigator: K. Shibata), generous donations from Sun Microsystems, and NAOJ internal funding.

参考文献

- 1) NASA Heliophysics Division, 2009, "NASA Heliophysics Science Data Management Policy"
- 2) 岡田尚基, 2015, 「前略, こちら地上系第4回衛星データの行方」, ISASニュース413, 8
- 3) Morrison M. D., et al., 1993, Bulletin of the American Astronomical Society 25, 1188
- 4) Freeland S. L., Handy B. N., 1998, Sol. Phys. 182, 497
- 5) Matsuzaki K., et al., 2007, Sol. Phys. 243, 87
- 6) <http://darts.isas.jaxa.jp/solar/hinode/>
- 7) Shimojo M., Tsuneta S., 2007, ASP Conf. 369, The 6th SOLAR-B Science Meeting, eds. Shibata K., Nagata S., Sakurai T. (Astronomical Society of the Pacific), p. 59
- 8) 日本学術振興会学術創成研究費「宇宙天気予報の基盤研究」課題番号17GS0208
- 9) <http://hinode.nao.ac.jp/>
- 10) <http://hinode.stelab.nagoya-u.ac.jp/>
- 11) <http://hinode.nao.ac.jp/SDAS/>
- 12) http://st4a.stelab.nagoya-u.ac.jp/hinode_flare/

Hinode Science Center

Masumi SHIMOJO

*National Astronomical Observatory of Japan,
National Institute of Natural Sciences, 2-21-1
Osawa, Mitaka, Tokyo 181-0015, Japan*

Abstract: The Hinode satellite project is the first solar satellite project in Japan that promotes the open use based on the systematical role sharing between the major Japanese institutes of solar physics. To maximize the scientific output from the Hinode, Hinode Science Center (HSC) organized in NAOJ has promoted the scientific use of Hinode observing data, in cooperation with most of the Japanese institutes of solar physics. In this article, I describe our activities from before the organization of HSC to the present, and show the issue for future.