

「科学観光の都・和歌山」に向けた新しい試み

プロアマ連携惑星観測データセンター構想

中 串 孝 志

1 Introduction

「学び」を「知的好奇心の充足」という形で娯楽に変換できるのは、人間固有の性質であり、言わば「種としての人間のアイデンティティ」である。そして科学は、知的好奇心の代表的な対象の一つである。従って、(科学を「見る」のではなく)科学を学ぶという行為は、人間の娯楽としての性質を持つ。それゆえ、観光のコンテンツに取り込まれ得るのである。これを「科学観光」と呼ぶことにしよう。

和歌山県は全国的に見て天文・科学教育の盛んな地域である。我が国でもトップクラスの天文教育普及施設であるみさと天文台やかわべ天文公園を有している。そして我が学部の尾久土正巳教授が中心になって立ち上げた「宇宙教育研究ネットワーク」は、和歌山大学附属生涯学習教育研究センターに本部を置き、先に挙げた和歌山大学・みさと天文台・かわべ天文公園の三者を結んでアウトリーチ活動を行うグループであり、数多くの実績を挙げている。また、千畳敷や三段壁を始め、惑星としての地球のダイナミクスを端的に示す科学的教材にあふれた地域でもある。従って、学問の府としての和歌山大学と合わせて、「天文・科学の都」と呼ばれても何ら遜色の無いはずの素質を持った地域である。現状がそうっていないのは、和歌山の誇る様々な天文・科学に関する資源を「学ば観光」の対象として扱う「科学観光」の見地から積極的に活用する視点が欠落していたからに他ならない。

一般に、大衆は「最前線の研究」に興味を示すが、中でも天文学は一般の関心の高い学問領域である。天文学界に於ける現在の潮流の一つに、系外惑星の話題がある。系外惑星とは、太陽系の外に存在する惑星(系)のことである。この系外惑星系は1995年に初めて発見された。2008年9月現在、250を超える惑星系に合計300個以上の惑星が発見されており、急速な発展を遂げている文字通り最先端の研究分野である。「系外惑星とはどのような天体なのか?」「どのような環境なのか?」などといった系外惑星の研究課題は「我々の地球や太陽系がこうなった必然性は何か?」という疑問と表裏一体の関係にある。従って必然的に、この系外惑星系研究の潮流は我々の太陽系内の惑星研究の大きなうねりを呼び起こしている。我が国も例外ではなく、惑星探査プロジェクトが盛んに検討されている。

国民的な「理科離れ」が叫ばれるようになって久しい。その対策として、科学教室や天文教室の類はよくあるが、上述のような「実際の最先端の研究」に参加させるものは殆ど存在しない。も

もちろんこれは、最先端の研究に参加するための技術・素養を、普通の非研究者は身に付けていないからである（もちろん必要が無いためである）。しかし天文学界においては、「ハイエンド・アマチュア」と呼べる程の腕利きの観測家が居り、彼ら/彼女らは、プロ研究者を凌ぐ撮影技術を持っていることも少なくないばかりか、自らの「作品」即ち撮影データをプロ研究者に使って欲しい、即ち自らの天体撮影技術を以て研究に参加したいと願っている人も多い。

本論文では、

- ・天文学界における惑星研究の潮流とアマチュア天文家のニーズを結びつけ、
- ・実際に学術的成果を挙げることができ、
- ・それによって本質的な天文・科学の普及活動が行うことができ、
- ・「天文・科学の都」としての和歌山の価値創造に資するような、
- ・和歌山大学発のプロジェクト

として、「プロアマ連携惑星観測データセンター」をインターネット上に構築する計画について紹介する。

2 過去のプロジェクト

2.1. 西はりま天文台火星共同観測プロジェクト

西はりま天文台火星共同観測¹は、西はりま天文台の時政典孝氏が1997年に立ち上げた、我が国の火星探査機「のぞみ」ミッションの支援観測を主たる目的とするプロアマ連携観測ネットワークである。以後、時政氏をディレクターとして運営され、2003年12月10日に終了した。参加者は、アマチュアの天文愛好家、専門研究機関、公開天文台などである。集められたデータは速やかにウェブサイト上に公開された（現在も公開されている）。本ネットワークは、社会教育促進、特に火星の科学に対する関心を高めることも視野に入れていた。アーカイブサイトの特徴は、データを日付・季節・火星の向き（地球に向いている経度）で整理し、（サムネイルではなく）その数値に直接リンクコードを張り、リンクをたどると生投稿データが表示される形式であったことである。ユーザ側に、必要なデータの日付・季節・火星の向きがはっきりと分かっている場合には便利であった反面、それが無い場合（例えばある程度の期間内で現象を探する場合など）には、一つ一つリンク先をたどらなければならず、必要なデータにたどり着くのが大変であった。

2.2. 月惑星研究会関西支部

月惑星研究会²は、50年以上の歴史を有する日本のアマチュア天文愛好家の団体である。関西支部は安達誠氏が率いており、現時点では同研究会中で最も活発なグループである。1990年代後半には（ビデオ）CCDカメラの普及により、彼らの研究の基盤はデジタル画像へとシフトした。彼

1 <http://www.nhao.go.jp/~tokimasa/mars/mars.html>

2 <http://alpo-j.asahikawa-med.ac.jp/>

らは国内のみならず海外からの投稿も歓迎している。彼らのワールドワイドなデータコレクションは火星だけでなく全太陽系天体を対象としており、投稿されたデータは、多くの人に「最新の太陽系の姿」を見てもらえるよう、その日のうちにウェブサイト上に公開される。アーカイブサイトの特徴は、観測日ごとにページが用意され、そこに全ての生投稿データが掲載されていることと、撮影者によるコメントや、安達氏による総括コメントが頻繁につけられていることである。全データを一覧できるので、現象を追いたい必要なデータを探するのが容易である反面、経度からのデータ到達が難しい（見たい「面」がどこにあるか分かりにくい）ことと、データの多い日には数十人の観測データが集中し各ページへのアクセスが非常に重いことが欠点であった。

2.3. 火星現象報告

上記2つの共同観測に見るように、アマチュア天文愛好家は少なからず自らの「作品」である観測データをプロ研究者に使ってもらおうという意欲がある。中でもハイエンド・アマチュアたちはプロ顔負けの撮影技術を誇る。中には解析をも自ら行い、査読付きの一流学術誌に論文を発表する者もいるのである。それにも関わらず、これらのデータは、専門的研究に供されることはなかった。

このような状況を知るに至った筆者は、いくつかの共同観測プロジェクトのうち上記2つにインターネットを介して寄せられた数千に及ぶ画像から、火星諸現象を総括するプロジェクトを立ち上げた。2003年観測シーズンにおける重要な発見は、火星気象の最大の特徴であるダストストームの前兆の可能性のある現象が観測された事である。また、縮小する南極冠に暗部が見られ、その変遷について探査機による研究に比肩する結果を得た。また高緯度域の大規模温度構造を反映している北極雲周縁部の波動構造を検出した。これらの発見は火星気候の全容解明に大きく貢献するものである [Nakakushi et al. (2004) ; Nakakushi et al. (2005)]。現在、申請者は2005年・2007年の両観測期について現象総括を行っている [e.g., 中串ほか (2006, 2008)]。この解析の中で北極雲の経度非対称性に (i) 地面と共回転する成分 (ii) 地方時について一定な太陽同期成分があることを発見した [中串ほか (2008)]。現在検証中である。

3 プロアマ連携惑星観測データセンター構想

前節に述べたように、プロアマ連携観測という新手法は、惑星気候の変動を解明する端緒となり得る。特に惑星表層は長短さまざまなタイムスケールの現象を見せるため、探査機による直接探査や理論計算、室内実験などの従来の研究手法に対し相補的な役割を果たすことができる。実際に、筆者の挙げた成果が評価され、我が国の金星探査計画との連携も検討されている (Imamura and Kasaba, personal communication)。

そこで筆者は本論文に於いて、火星での成果を足がかりに、惑星全般を対象とした世界規模のプロアマ連携観測ネットワークの構築を提案したい。これはインターネットを利用することで比

較的容易に実現可能であると予想される。このプロジェクトはまたアマチュアが天文学・惑星科学の最先端に参画する門戸を開くという点で社会教育・科学普及の観点からも意義深い活動である。重要なことは「プロアマ連携惑星観測データセンター」の持続可能な運用体制を如何に構築するかという点にある。以下、実現までの各段階について詳しく述べる。

3.1. 第1段階: 火星共同観測データセンター

汎惑星観測データセンターのプロトタイプとして、火星専用の小規模データ集積センターをインターネット上に構築し、2009年後半の観測期にキャンペーン観測を行い、データセンターの試験運用を行うことを目指す。それにより持続可能な体制作りのための諸要件を明らかにする。将来的に多くの参加者を集め、この運用を通して科学振興を図るならば、この要件を明らかにし、且つこれらをいかに平易なものとするか、が重要となる。

予想される要件としてまず考えられるのが、データフォーマットの統一性である。現状で、アマチュア天文愛好家が各方面に投稿・掲載しているデータには全く統一性が無い。アマチュア天文愛好家の場合、観測データを加工し「美しい天体写真作品を作る」ことが目標であることが多く、非常に主観的な操作が入ってしまう。これを禁止することは参加者の意欲を甚だしく削ぐことになり、データセンター構想そのものの存続に関わるため、画像の加工はある程度のレベルまでは看過せざるを得ない(従って用途は形態学的な考察のみに限られる)。またもちろん加工しない(本来の意味での)観測データの提供も受け付ける。従って、まず画像の圧縮形式としては、JPEG形式が考えられる。また加工していない生データの場合には、ビットマップ形式か、または天文学界で一般に用いられるFITS形式が望ましい。しかし、統一すべきデータのフォーマットは、このような画像そのもののファイル形式よりもむしろ、観測日時、撮影地、撮影時の状況(空の透明度など)、用いた観測/撮影機器の情報(口径、分解能、露出時間、波長など)といった、観測そのものに関するデータである。なぜなら、これらの情報はデータベースの検索のためのキーになる情報であり、この情報無しに集積されたデータアーカイブは、単に山積みされるだけに終わってしまう可能性が高いからである。大量のデータをアーカイブすることは重要であるが、検索されなければ意味が無いのである。

これらに加えて用意しなければならないものが2つある。1つは、投稿を容易にするウェブインターフェイスの開発である。これは上記の投稿データの統一的要件が絞り込まれた後に決まるものである。2つ目は、天体暦の計算をデータ入力に連動させるシステムの開発である。上記の要件に「観測日時」を挙げたが、これから導かれる天体暦に関するデータ、即ち対象とする天体(ここでは火星)のどこをどのように地球に向けているデータなのか、火星上の1年のどの季節なのか、などの対象天体に関する時間的なデータが本質的に重要なのである。しかしこれを計算するツールは、未だ一般的ではない。従って、投稿時に入力を求めるデータとして天体暦を挙げるのは、参加者にとって負担である。投稿時には観測日時のみを入力させ、データベース化する際に自動的に各種天体暦を付加してからデータを格納するようなシステムが必要であろう。このよう

なユーザー・フレンドリーなデータベースは、一朝一夕には作り得ない。2009～2010年の試験運用を踏まえ、継続的に発展させていくべきものである。

3.2. 第2段階: 専門的研究との融合

2009年後半～2010年には火星の観測期が到来する。この時期の火星では、氷晶雲の活発化が期待される。ここで筆者の研究を含む専門的研究の基礎として、上述の火星共同観測データアーカイブを利用するのだが、この「専門的研究とプロアマ混合データアーカイブとの橋渡し」を体系化することを試みるのが本研究の特色の一つである。

火星像から現象を抽出するには、まず現象が起こる以前の状態あるいは「定常状態」を把握し、そこからの変化を看破しなければならない。アマチュア観測家の場合、個々の観測装置・環境・画像処理のパラメータ設定にばらつきがあり、均質なデータアーカイブを作ることは難しい。従って微細な変化を読み取るための自動化ができないため、変動の発見は経験に裏打ちされた解析担当者の洞察力が決め手となる。数十年の観測歴を誇るハイエンド・アマチュアたちの意見をまんべんなく受け入れ、筆者ら専門的研究者が科学的見地からそれを取捨選択し物理的解釈を与えるという体制をとることで、アマチュアの科学力不足と研究者の経験不足を相互に補完することができるのである。

このように、プロアマ連携によるモニタリング自体で成果を出しつつ、同時にプロ研究者による、探査機も含めた各種の観測とそれに伴う定量的解析のターゲットとするべき火星上の地域を決定するための観測を行う、いわば「階層的観測体制」の確立を目指すのが第2の特色である(図1)。例えば、同じ地球時刻に観測する場合、火星・地球の自転周期の関係(火星の自転周期は

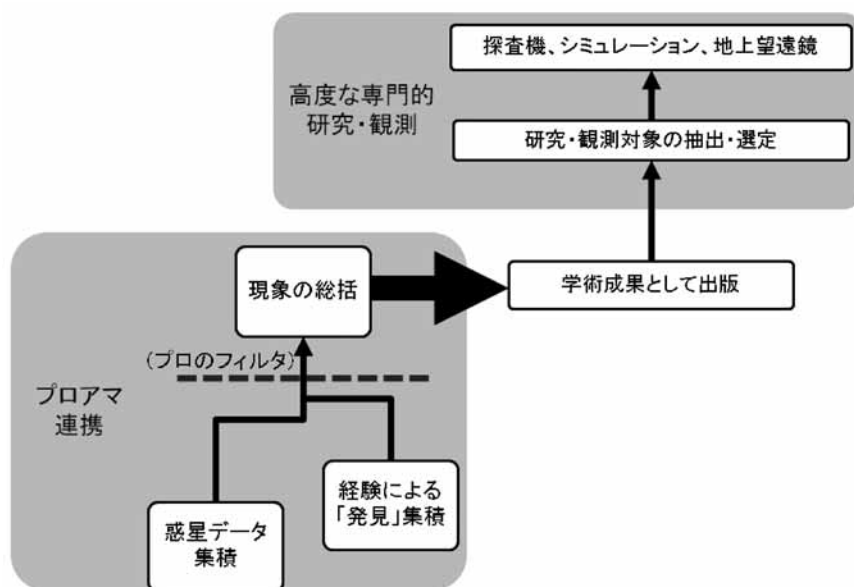


図1 階層的観測体制の概念図。プロアマ連携モニタリングの結果が、専門性の高い研究の出発点になる。

約24時間37分)により,1日ごとに経度約9度異なる火星面を観測することになる。従って観測ターゲット地域を定めれば,観測日時が自動的に決まる。このように観測対象地域を効率よく絞り込んでおくことは観測その他作業時間の節約につながり,一連の行程に機動性を持たせることができる。ネットワーク観測によるモニタリングで得た知見をより高度な観測に活用する一つのモデルケースともなり得る。

3.3. 第3段階: 汎惑星共同観測データセンター

これまでに述べたような一連の(科学的な研究コンテンツそのものの)プロアマ連携の体制作りの中で,運用上の問題を明らかにすると共に,システム運用から科学的成果へ昇華させ発表に至るまでの過程(整理,解析,考察,まとめ,発表,論文執筆など)において,どこまでがアマチュアに担当可能かを検討する。科学的成果を挙げるには至らなかったものの先駆的に行われたプロアマ連携観測データアーカイブ・プロジェクトが存在するので,それらを参考にする。それらのプロジェクトは基本的に1~2名の有志による手作業で全て管理されていたものが多いが,これでは継続的な運用体制は望めない。そこで実際の運営環境について,現地視察及び管理担当者に対するヒアリングを行い,何を自動化できるかを特に検討する。画像データ本体だけでなく付随する観測パラメータも含め,参加者に投稿してもらったデータのフォーマットの標準化が確定できるのはこの時点であろうと予想される。これらの自動化・標準化の工夫は,外部からのプロジェクトチームへの参画を容易にし,従ってマンパワーの向上を期待することができる。

4 課 題

以下,本構想を実現するに当たっての課題を検討する。

4.1. 投稿者向けウェブインターフェース

広く一般にデータの投稿を募るためには,インターネットブラウザ上で投稿操作が完結するようなウェブインターフェースが必要である。アマチュア天文愛好家には,コンピュータ上の操作に不慣れな高齢者も多い。またプロ研究者の多くはアウトリーチ活動に一定の理解を示すものの,実際に自ら何らかのアクションを起こす者は少なく,一般的にはこのようなプロジェクトへの参加に対する高いモチベーションを期待することはできない。特に投稿のための作業時間が長くかかるようであると,プロ研究者からの投稿は極端に少なくなるであろう。その一方,先述のように,投稿時に画像データと併せて提供されるべき付随情報を入力してもらわねばならない。これらの事情から,明快な操作性と時間的負担の少ない投稿作業を実現する,ユーザー・フレンドリーなマン=マシン・インターフェースであることが要求される。

4.2. 管理者向けインターフェース

サステナブルな運営環境を目指すならば、特定の人材に依存しない運営環境を構築しなくてはならない。そのためには、マニュアル作成はもちろんのこと、管理者に特定の専門的知識や技術を要求しないような、管理者にとってユーザー・フレンドリーな管理用インターフェースが必要となる。データベース管理ソフトウェアでこの役割が果たせるのか、それともオリジナルのソフトウェアが必要となるのか、検討の必要がある。

4.3. 運営費の確保

インターネット上の、いわば「無形」のデータセンターであるとはいえ、運営に必要な経費は必ず発生する。例えば、サーバやストレージなどハードウェアに関する費用が挙げられる。しかしよりクリティカルなのは人件費である。運営へのアマチュアの参加が無く研究者(この場合は筆者)が一人で行うには限界がある。特に数年で結果を出して完了する短期プロジェクトでなくサステナブルな運用を目指すならば、継続的な人材確保と人件費確保が本質的な問題である。そのためには科研費や助成金の獲得だけに依存するわけにはいかない。NPOの設立といった選択肢も視野に入れ、多角的に運営形態を検討する必要がある。

4.4. 研究者の確保

広く投稿されたデータが何らかの形で学問的研究に供されて初めてこのプロジェクトの意義がある。筆者は火星大気の研究であるので、火星の撮像データを用いた研究を遂行することができた。しかし惑星ごとに表層環境は全く異なるので、他の全ての惑星についてのサイエンスまでも責任を持ってカバーすることは難しい。従って投稿データに学問的意義付けを行うことのできる研究者を惑星ごとに確保することが必要である。しかし、特にアマチュア天文家の撮影環境で一般的な小口径望遠鏡でのサイエンスに明るい惑星研究者は多くない。優秀なデータが集まり得る(そして実際に集まっている)ことを考えれば、むしろ惑星研究者のほうを教育する必要があるのかもしれない。

5 Summary

本論文において、新しい研究形態であり且つ新しい科学教育・普及活動の形態としてのプロアマ連携惑星観測データセンター構想を紹介した。この構想が実現すれば、アマチュア天文家を最前線の科学研究に参画させ、具体的な科学的成果を挙げ、なおかつ一連の行程を通じて天文・科学の本質を伝えることができる。また、観測データアーカイブの充実は、プロ研究者の専門的研究の効率を上げることに繋がる。

また本論文ではこの構想を実現するためにクリアすべき検討課題を挙げた。インターネットは、このようなデータセンターの構築と運営に関する検討課題をクリアすることを容易にするも

のである。しかし、インターネット上に構築することの効果はそれだけにはとどまらない。インターネット上に構築することで、このプロジェクトに参加する人はワールドワイドになる。どこからでも参加できるからである。このように、人材を動かさずして結びつけることができることがインターネットの利点である。

同時に、「世界的ネットワークを運営する拠点が和歌山にある」ということ自体が人材を和歌山に呼び込む力を持つことも、拠点形成の大きな魅力である。それは和歌山を中心とする地域住民の科学的「知」の力のベースアップにつながる。冒頭に述べたように、和歌山には県立みさと天文台を始めとする公共天文教育機関があり、天文・科学の普及・教育の盛んな地域である。本プロジェクトはこの「天文・科学教育の都」としての、そしてその先にある「科学観光の都」としての和歌山の価値創造に資する。「科学観光」という新しい観光コンテンツのあり方を模索する上で、示唆に富むものになるだろう。

Acknowledgment

本研究は科研費（20840031）の助成を受けたものである。

References

- Nakakushi, T., Adachi, M., Iga, Y., & Tokimasa, N. 2004, PASJ, 56, 845
Nakakushi, T., Adachi, M., Iga, Y., Ikemura, T., Tokimasa, N., & Narumi, Y. 2005, PASJ, 57, 497
中串孝志, 安達 誠, 伊賀祐一 2006, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会 (千葉) P230-022.
中串孝志, 安達 誠, 伊賀祐一 2008, 日本天文学会 2008 年春季年会 (東京都渋谷区), L11a.