

Data Discovery in Education

ーリアルデータを用いた天体教室の実践ー

財)日本科学技術振興財団 科学技術館
木村 かおる

1. はじめに

科学技術館(東京都千代田区)では、2001年よりサイエンス友の会の会員を対象に、リアルデータを用いた天文教室を実施している。初年度は、アメリカで開発された高校生向けの天文教育プログラム「Hands-On Universe」(HOU)を導入して、研究者(若手を含む)、教員、社会人が中心となって教室を展開した。社会教育施設では、受講者を固定しにくいことや、中・高校生が集まりにくいなどの理由から、学校教育で実施される長期にわたってのプログラムは社会教育で行う教室には合わない部分があった。しかし、リアルデータを用いたプログラムは参加者の達成感も大きく、社会教育向けのプログラムに作り変えることで教室を持続することができる考えた。新たに企画した子ども天体観察教室とリアルデータを用いた教材開発、懸案事項になっていた予算の獲得についても合わせて報告する。

2. 子ども天体観察教室の実施

2.1 子ども天体観察教室

2004年度から実施している子ども天体観察教室は、文部科学省生涯学習政策局が実施している「子どもの居場所づくり」支援事業の一環である。科学技術館は、国立科学博物館を中心に組織された全国科学系博物館等における地域子ども教室推進事業運営協議会に参加し、「子ども天体観察教室実行委員会」を科学技術館事業部内に組織し、地域子ども教室推進事業として各教室を展開した。

子ども天体観察教室は地域連携を基盤に、千代田区内の小・中学校および科学技術館サイエンス友の会の会員を対象に、「子ども天体観察教室」「アストロバイオロジー教室」「天体観察会」「コンピュータで探る宇宙」の4プログラムを開発し提供した。この事業の実施においては、地域の学校との連携はもとより、社会教育施設や、小学校において放課後で行うアフタースクールプログラムにおける天文教材の開発、地域住民や近隣の大学生・大学院生によるコーディネータ、ボランティア、ティ칭ング・アシスタントの発掘と育成、活動団体の組織化と支援等も目的にした。予算は3年間で約650万を確保した。



図1. 子ども天体観察教室の様子



図2. 研修会の様子

2.2 ハンズオンユニバース教室(2001-2003 年度)

サイエンス友の会で実施している「コンピュータで探る宇宙」の前身は、2001年に始まったハンズオンユニバース教室である。ハンズオンユニバース教室は、科学技術館で毎週土曜日に行われている科学ライブショー「ユニバース」のスタッフを中心に、リアルデータの解析を行うことで、最新の科学の研究成果に触れることを目的に開催された。初年度は、学校週5日制の導入に伴った、第2・4土曜日の休業を利用して半年間の継続プログラムを企画実施した。講師は、ボランティアとして参加し、「Hands-On Universe」を日本語に翻訳した教材を用いて、実験、実習、講義、データ解析、研究発表などを行った。2年目以降は、コーディネータの不在、講師人員の確保が困難であった等の理由から、夏休みの集中講義形式で行った。教材も高校生向けから、中学生用の「Hands-On Solar System」(HOSS)と日本ハンズオンユニバース協会(JAHOU)で作成した「スペクトルカリキュラム」から講座組み立て、教室の実施にあわせてHOSSを翻訳したものでテキストを作成した。この2年間は子どもゆめ基金からの資金を調達して、講師謝金等に充てた。

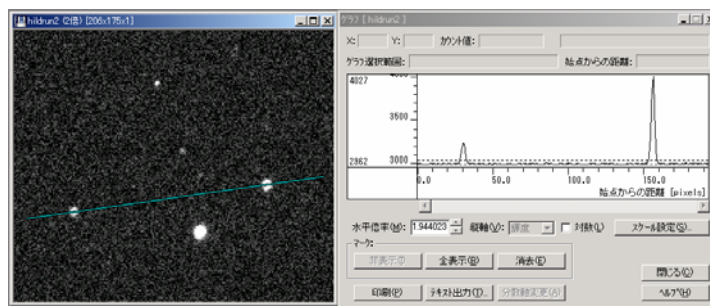


図3. どの天体が小惑星 Hildrun (ヒルドラン) でしょう？(JAHOU 教室 2003 年のテキストから)

2.3 コンピュータで探る宇宙(2005 -2006 年度)

「コンピュータで探る宇宙」は、子ども天体観察教室実施2年目から開始した。サイエンス友の会の活動として「天体観察会」を年度の下半期で実施するため、「コンピュータで探る宇宙」は上半期に6回の教室を設定した。対象は科学技術館にもっとも多く来館する小学校4年生以上で、星や宇宙に興味があり、パソコンの経験があることを条件とした。情報リテラシーの向上やデータ解析の実習にはインターネットにつながっているパソコンを使用する必要がある。またユニバースのコンテンツを使用するため、科学技術館4階のパソコン道場、ユニバースホールや5階フォレストの展示を利用した。

参加者は友の会ニュースで毎回募集(14名)し、5~15名に対し、研究者やユニバース運営アシスタントのちもんず、大学生/大学院生らが講師やTAとなって、教室を運営した。

3. コンピュータで探る宇宙

3.1 教材開発

「コンピュータで探る宇宙」は子ども天体観察教室の趣旨から、宇宙に関する理解をより深めるために、研究者が語る、リアルデータを解析する、実験・工作・観察を取り入れたプログラムにしている。プログラムは6回のシリーズものであるが、社会教育のメリット・デメリットを考慮し、すべて1回の完結型とした。また著作権についても配慮した。子ども天体観察教室で作成した教材・テキストは共同著作物

となるため、著作権の所在を明らかにし、教材の利用については、第三者でも教育目的において使いやすいように、自由利用マークの添付などの了解をとった。さらに使用する画像や日本語への翻訳、一部使用や改変、再配布などについては、著作者に口頭やメールで使用の許可を取った。

社会教育では学習指導要領にとらわれないため、参加者の興味関心や進度に合わせてさまざまな話題を提供できる。教材はハンズオンユニバース教室で作成したテキストを参考にしながら、NASAの教材を日本語化し、サイエンス友の会向けのテキストやワークシートを作成する予定だったが、NASAの子ども向け教材は、星や宇宙に興味を持つ日本の小学生のレベルには不十分であること、できるだけ日本のデータベースを使いたい、常に新しいデータを使いたいということで、国立天文台太陽活動データベース、HOU、スローン・デジタル・スカイ・サーベイ(SDSS)のデータを使った教材を開発することにした。利用可能なデータベースやシミュレーションから、太陽、月のクレーター、ブラックホールと重力、いろいろな銀河、星の色と一生、太陽系シミュレータを使ってみよう、赤外線で見える宇宙の7教材を作成した。どのプログラムも、下記の流れに沿って展開している。

- ①これから学ぶ天体について、自分のイメージを絵や文章で表現し発表する
- ②テーマに沿った実験・工作・観察を行う
- ③講義(研究者から話を聞く)
- ④データの検索方法とデータの確からしさを調べる
- ⑤画像データもしくは物理データの解析
- ⑥解析結果の発表、情報の共有と評価を行う



図4. 簡易分光器をつくろう



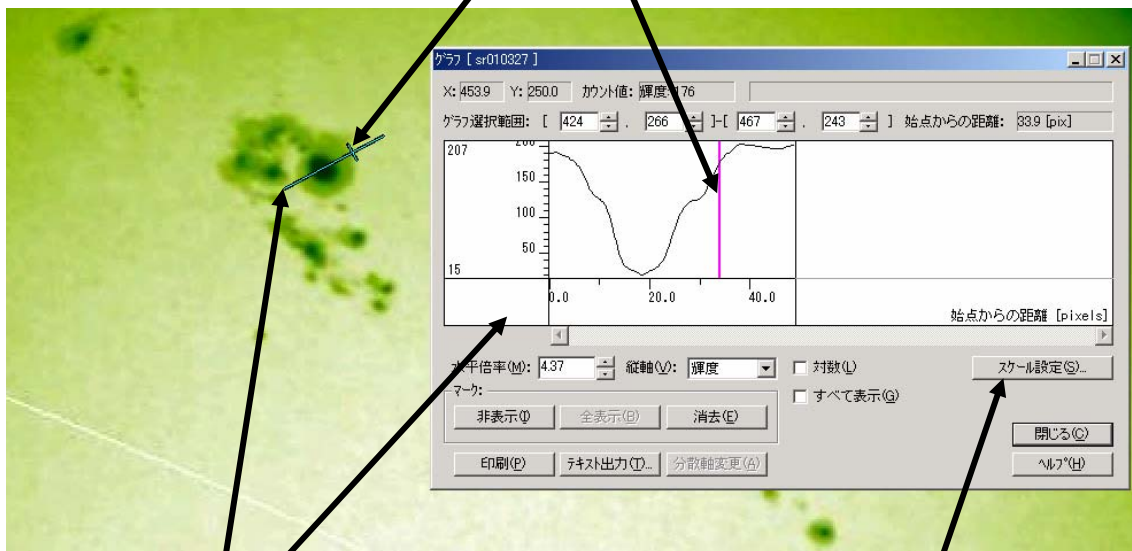
図5. フォトセルを使った実験

3.2 画像データの解析とマカリ

画像データの解析はマカリを使った。解析は自宅でも使うことが出来るように、各自が国立天文台のサイトを検索し、ダウンロードして実習用に使っているPCにインストールすることからはじめた。はじめに全員でピクセルや座標、画像の種類といった画像解析に必要な基本的な事柄を実習した。最初は全員が同じ画像を用いて練習をするが、そのほかは自分の誕生日のデータや、最新のデータなどを検索して解析ができるようにした。

「太陽」と「月のクレーター」の教材では、スライス機能を用いて黒点やクレーターの大きさを測る、リンク機能から黒点の動きから太陽の自転を予測する、自転周期を求めるなどの演習を行った。マカリの操作は各自が工夫をしながら、いろいろな機能の使い方を試していた。データは、国立天文台太陽活動データベース、北の丸インターネット望遠鏡(KIT)の画像データベースからダウンロードした。

画像のグラフラインに現れる点は、クリックした
グラフグラフの点に対応しています。



グラフラインを
クリック&ドラッグした後に
グラフが表示されます。

グラフを描いた後、
「スケール設定」メニューでグラフの
表示を変えることもできます。

やってみよう！

- 好きな黒点を選んで、位置を書き、大きさをピクセルで測りましょう。

(x,y) = (,)

黒点の大きさ

ピクセル

- えらんだ黒点は、太陽全体の大きさの何分の一になっていますか？

太陽の大きさ(直径)

ピクセル

黒点の大きさ

ピクセル

黒点は太陽の大きさの

分の1

3.3 物理データの解析と SkyServer

「いろいろな銀河」、「星の色と一生」、「赤外線で見える宇宙」では SDSS のデータを使った SkyServer の教材を基に、そこで提供されている DR4 および DR5 Navigate Tool を用いての解析を試みた。Navigate Tool の基本的な使い方は全員で練習し、SDSS で取得した画像データから星の色を分類する、球状星団の星の色を調べる、銀河のグループ分けなどを行った。

星の色と一生では、JAHOU のスペクトルカリキュラムより、「星の色とは何だろう」、「フィルターのはたらき」について十分説明し、実験を行った後でデータ解析を行った。数値のみの表示のため、途中で解析作業をあきらめてしまうのではないかという心配もあったが、子どもたちは、いかに多くのデータを処理するかということに夢中になっていた。もう一方の Navigate Tool のコマンドが英語表記であるということも心配していたが、難くこなしていた。

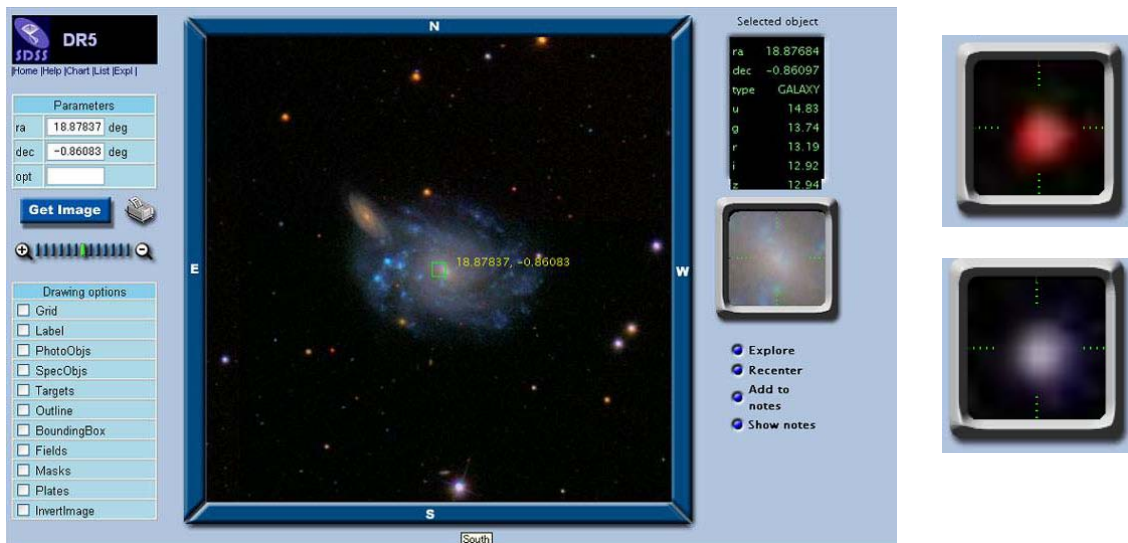


図6. SDSS DR5 Navigate Tool (<http://skyserver.nao.jp/dr5/en/tools/chart>)

SkyServer NoteBook

objId	type	ra	dec	u	g	r	i	z			
587731512068997133	STAR	18.931408	-0.624179	15.208	13.694	12.805	12.632	13.42	Explore	Navigate	Delete
587731512605474927	STAR	18.102297	-0.14107	21.553	19.976	19.594	19.304	19.308	Explore	Navigate	Delete
587731512605474936	STAR	18.110613	-0.156783	21.986	20.502	19.702	19.443	19.24	Explore	Navigate	Delete
587731512605475019	STAR	18.146568	-0.159876	23.358	22.08	20.432	18.782	17.9	Explore	Navigate	Delete
587731512605475026	STAR	18.175642	-0.141826	23.954	21.114	19.572	18.531	17.971	Explore	Navigate	Delete
587731512605475103	STAR	18.152067	-0.152914	22.099	21.369	20.939	20.829	20.855	Explore	Navigate	Delete
587731512605540368	STAR	18.194051	-0.168638	16.536	15.324	14.931	14.787	14.752	Explore	Navigate	Delete
587731512605540470	STAR	18.212723	-0.187696	20.34	19.172	18.749	18.581	18.503	Explore	Navigate	Delete
587731512605540675	STAR	18.186628	-0.147959	23.492	22.649	21.96	21.654	21.256	Explore	Navigate	Delete
588015508740440068	STAR	18.092008	-0.344393	17.425	15.694	15.024	14.8	14.7	Explore	Navigate	Delete

HTML
 XML
 CSV

図7. SDSS による恒星の物理データ

4. 星の色を分類する

みなさんが選んだ星の色を調べてみましょう。色を定量的に表す $u-g$, $g-r$, $r-i$ を計算しましょう。

ra	dec	$u-g$	$g-r$	$r-i$	$i-z$

$r-g$ の値を比べてみましょう。一番青い星と、一番赤い星はどの星ですか？

一番青い星の位置 (ra,dec) :

一番赤い星の位置 (ra,dec) :

コンピュータで探る宇宙「星の色と一生」のテキストより抜粋

3.4 いろいろな波長で観測したリアルデータの教材

「コンピュータで探る宇宙」では、2年間で可視光、X線、赤外線領域の教材を作成した。X線や赤外線は、「コンピュータで探る宇宙」シリーズとして、実験や工作を含め、ユニバースのコンテンツからもシミュレーションが利用できる、きれいな写真もたくさんあることから教材を作ることを試みた。しかしながら画像データ/物理データを扱った本質的な解析方法や結論の導き方がよくわからないため、公開されている画像を楽しむ程度にとどまっている。(図8参照)

さまざまな科学衛星がとらえた各波長の公開画像データは大変美しく、各衛星の web ページを見るだけでも楽しい。地上では NRAO や SDSS、宇宙望遠鏡では SOHO、HST、CHANDRA、SPITZER、SWIFT などの web ページは画像も、E/PO の教材も用意されている。KEPLER ミッションでは、学校教育だけでなく社会教育も視野に入れ、教材の提供を考えている。日本でも国立天文台の太陽望遠鏡、電波望遠鏡からの画像データや、朱雀、ひのでといった衛星からのデータも入手可能になりつつある。特に X線観測については日本のお家芸でもあり、ブラックホールは子どもたちの興味や関心の高い天体である。来年度以降、スペクトル画像などを使ってブラックホール候補天体をサーベイするような教

材が作れないかと考えている。専門家のアドバイスや協力をいただきながら、ブラックホールの教材をより高い関心の持てるものにしたい。その他にも SDSS データと組み合わせたり、AGN をテーマにした教材も作りたい。どのような教材が作れるか、どこに素材があるか、面白いテーマなどいろいろなアイデアも提供していただければと思う。なお、可視光やスペクトルの画像データを解析する教材は、PAOFITS ワーキンググループでも開発され配布されているので今後、参考にしたい。

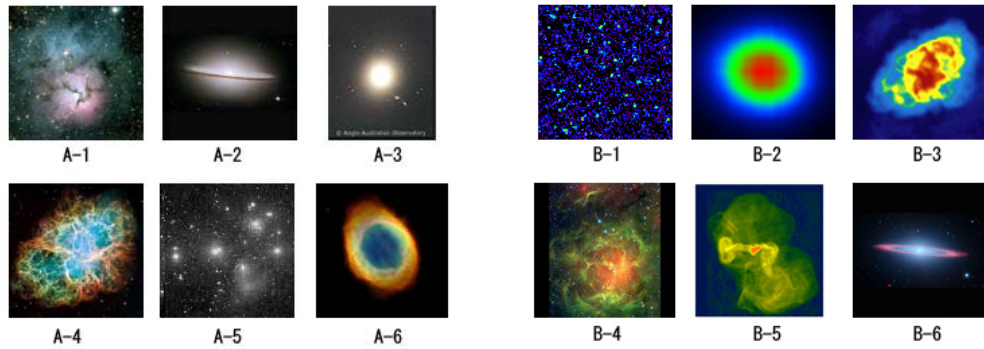


図8. Q: A群とB群から同じ天体だと思うものを探して組合せましょう (赤外線で見えた宇宙から)

現在は、web上にはありとあらゆる情報が混在している。リアルデータがたくさん存在することはありがたいのだが、教材用の素材を集めるために、それぞれのミッションのサイトを探し出し、使える画像を探すのは大変骨の折れる仕事である。各テーマの導入では、「目に見える光」と「目に見えない光」といった話に触れることが多いので、このような画像と物理データの入手がさらに手軽にできるようになるとありがたい。宇宙科学研究所のPLAINセンターで開発中のデータベースシステムDARTSでは、各ミッションへのリンクも装備する予定ということで、大いに期待したい。

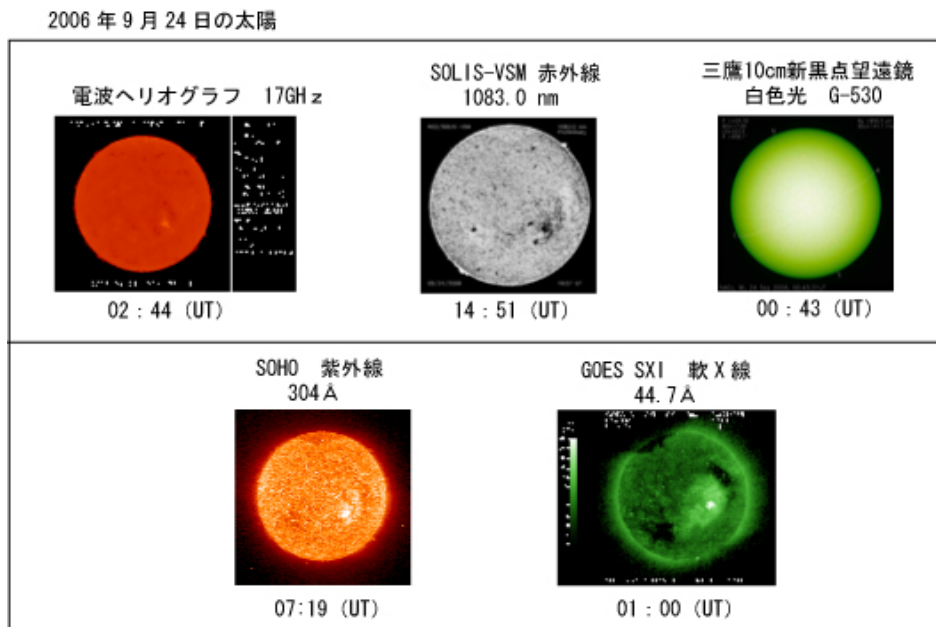


図9. いろいろな波長で見た太陽(赤外線で見えた宇宙のテキストから)

4. まとめ

2006年9月にボルティモアで開かれたアメリカ太平洋天文学会の年会で、“Data Discovery in Education: A Discussion.”- リアルデータを教室でどのように活用するか? というワークショップが開かれた。ワークショップには20名ほどの参加者がおり、3グループに分かれてモデレータが提案する課題についてディスカッションを行い、各グループの見解を発表するというものであった。参加者は、高校/大学の教員、研究者、科学館の学芸員や研究員、アマチュア天文家などで、データを提供する側、教材やデータを使う側、データを加工して可視化した映像を提供する側と、多種多様の顔ぶれで質の高いディスカッションが展開された。リアルデータとは何か、どんなデータや出力の形態が求められているのか、データの科学的意味を知る手段は? といった、双方の立場から意見が交わされた。今後、これらの意見をまとめて教育現場で使いやすいデータの提供、リアルデータを使った教材の開発、人材育成を行っていくという方針が話し合われた。2006年のFITS画像教育利用ワークショップにおいても、同様の意見や感想が寄せられていることから、双方からの情報提供と共有、協力がリアルデータを使った教育活動をさらに充実させるものであると考える。

社会教育で利用するリアルデータを用いた教材の開発は、学習指導要領にとらわれないとはいえ、参加者のレベルや目的、ゴールなど明確にしなければならない。特に、参加者はその場限りということ考慮に入ると、1回の教室では多くのことは望めない。よい教材を開発するためには科学館職員、研究者、参加する子どもたちの協力が不可欠である。フィードバックをかけながら、教材は進化するものであってほしい。今のところ、これらの教材に対する評価調査は行ってはいない。今後アンケート調査や聞き取り調査などを行っていく必要があるが、リピーターの割合が高く(母数が少ないので評価しにくい)、付き添いの保護者の方からも、自宅でもパソコンに向かって習ったことを試していた、という話を聞いた。このようなことから、常に新しいデータに触れられ、多くのデータが使える教材は、子どもたちの興味関心を保つために有効であると思われる。取り扱うテーマやデータは高度なものであったし、英語のサイトやツールを使ったことで、「難しい」と関心がそがれるのではないかという心配もあったが、サイエンス友の会といった組織では、このような高度な内容でも、小中学生に対して十分教室が成立することがわかった。

さらにこれらの教材は学校教育でも使用してもらえるように、学習指導要領との対応表などを追加していくことを考えている。今後も、開発費用や教材を使いこなせる人材の育成のために、資金の獲得も考えながら継続していきたい。

参考資料:

平成16年度全国科学系博物館等における地域子ども教室推進事業実施事例集

FITS画像教育利用ワークショップ収録

科学技術館サイエンス友の会 2001年度活動報告

「コンピュータで探る宇宙」テキスト 2005年度、2006年度版

“Data Discovery in Education: A Discussion.” ワorkshop収録