

すざく衛星の公開データを用いた銀河団教育教材の作成

Development of a teaching material for cluster of galaxies

宇宙情報解析研究室：P06039-4 小林 隼士 指導教員：久保田 あや

2010年2月10日

1 背景と目的

X線天文衛星「すざく」、「あすか」、太陽観測衛星「ようこう」のような国際的に高く評価されている科学衛星から取得されたデータは宇宙情報解析センターのデータベース管理・公開システム（以後DARTSデータベース[1]）により一般公開されている。この貴重なデータを研究用としてのみではなく、宇宙科学教育の教材として容易に活用できるシステムを構築するプロジェクトが宇宙科学研究本部および首都圏の私立大学の研究者を中心として行われている。このシステムは出来上がった天体画像とその解説のみを一方的に提供するのではなく利用者が自らDARTSデータベースにアクセスし、誘導される手順に従って処理・解析することで研究者が解析の道順を辿り、そこで行われた創造と発見の喜びを疑似体験を目指し、理系の高校生、大学生、専門外の研究者を対象としたデータ処理と解析の手順をガイドするようなシステムを構築されつつある。

このプロジェクトの一員として本研究ではX線天文衛星「すざく」のデータを利用した銀河の集団であるAWM7銀河団の解析を行い、銀河団に高温ガスが満ちていること、またその高温ガスに含まれる元素の同定することで銀河団の進化を理解する教材を作成する。

2 銀河団教材

2.1 銀河団とは

銀河は星が数千個集まった天体で、銀河団はその銀河が数十個～数千個集まり、直径約1千万光年にもわたり数千万度に達する高温ガスで満たされていてX線で明るく輝いている宇宙で最も大きなスケールの天体である。高温ガスの主な主成分は水素だが、X線観測により鉄なども含まれていることがわかってきた。宇宙の始まり（ビッグバン）では水素とヘリウムしか作られず、その他の重元素は長い年月をかけて星の中で生成された物である。従って重元素の量と分布を調べることにより、どのような星が生まれ死んでいったのか、銀河・銀河団がどのように進化してきたかを知ることができる。

2.2 「すざく」衛星によるAWM7銀河団の観測

「すざく」(Astro-E2)[2]は、日本で5番目のX線天文衛星として、2005年7月に打ち上げられ、今現在も観測を続けている。画像とスペクトルと取得できるX線CCDカメラ(XIS[3]:0.2-12keV)4台とスペクトルのみ取得できる硬X線検出器(HXD[4]:10-600keV)1台でこれまでになかった広いエネルギー領域にわたり、より高いエネルギー分解能かつ高感度での観測ができる。本研究では銀河団ガスの分布に関する教材を提供するため、画像のとれるXIS検出器のデータを使用する。

本研究ではAWM7という天体を用いる。この天体はすざく衛星によって2006年8月5～7日に銀河団中心と東西の端の3つの位置で観測が行われた。AWM7銀河団は、ほぼ球対称な銀河団であることから銀河団同士の衝突などといった複雑な構造を考慮する必要がなく、またガスを構成する原子による特性X線が強く観測されており、銀河団ガスの元素の空間分布を理解するのに適している。なお、「すざく」で得られた科学的成果はすでに論文[5]により公表され、教材作成の際の解析の妥当性が検証できるという意味でも適当な天体といえる。また、既に作成されている教材でAWM7銀河団を使用した教材「宇宙最大の構造/銀河団の質量を測る-暗黒物質を暴く」の相補的な関係の教材の作成を目指す。

3 銀河団教材の作成

3.1 手法

銀河団からX線が出されるようなガスが約120万光年というスケールで広がっている。教材ではこれに加えて、最終的にどのような種類の元素によってガスが構成されているのか、またその空間分布、つまり中心付近と端での元素合成の違いを学習者が簡単な解析から導きだすことを目指した。

このために、DARTSデータベースで公開されている研究者用のデータの加工を行っていく。「すざく」

の観測した AWM7 のデータは FITS 形式¹で 1 つ 1 つの X 線光子について位置や時刻、場所、エネルギーといった情報が書き込まれていた。このイベントデータに対して、一つの X 線イベントに対して書き込まれている様々な情報から、位置、エネルギーのみの情報を取り出したイベントファイルをあらたに用意する。さらに、このイベントファイルから元素量を決定するにはスペクトル(エネルギーに対する頻度分布)を作成する必要がある。

3.2 到達目標 1:広がった放射の実感

イベントファイルのデータから位置情報のみを抜き出して作成した AWM7 銀河団中心付近は、可視光画像からは多くの銀河を見ることができ(図 1)、X 線画像からはガスが XIS の視野いっぱい(距離約 2 億 4 千万光年に対し、約 120 万光年 x 約 120 万光年)に広がっていることがわかる(図 2:左)。これを点源の天体 X 線画像(図 2:右)と比較し、高温ガスが広範囲で広がっていることを確かめる。

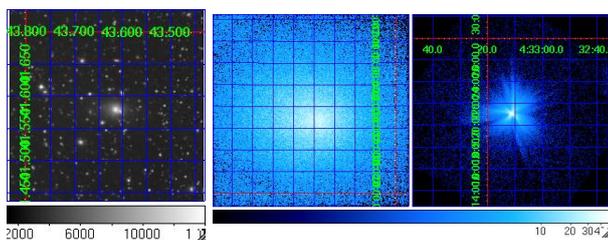


図 1: AWM7 銀河団中心付近の X 線画像、(右)ブラックホール 3C120 の X 線画像
図 2: (左)AWM7 銀河団中心付近の X 線画像、(右)ブラックホール 3C120 の X 線画像

3.3 到達目標 2:元素の同定

元の観測データを使用したからエネルギー情報を抜き出し、スペクトルの作成を作成させ、そのスペクトルから元素を同定させる。また、同定した元素が宇宙空間にどのように分布されているかを求めるといった実習を考えている。元のデータのイベントファイルをそのまま使用すると 1 ピンあたりのカウント数が少ないためカラー画像を作るのが難しい。また、このデータを下式から計算して元素の同定を行ったところ、計算結果に大きな誤差が生じたため、このデータを使用した元素の同定は行えないことがわかった。

$$E = Z^2 \times 10.2 [eV] \quad (1)$$

いったんテキストデータに落とした後、1 ピンあたりの統計を良くするため、ピンまとめし、元素の同定にはイベントファイルを使用するのではなく、こ

¹「すざく」衛星の観測データは天文業界標準の FITS(Flexible Image Transport System) 形式に変換され保存される。FITS データには、衛星の状態を知るためのデータ、検出器からの観測データ、衛星の姿勢データと軌道データ、時刻データが保存されている。

のテキストデータを扱うことにした。使用するツールは誰にでも使いやすい EXCEL(図 3)を用いることにした。

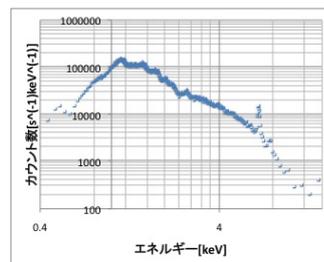


図 3: EXCEL で作成したスペクトル

教材作成に先立ち、私自身が特性 X 線と元素の対応を明らかにしなければならないので、組成比から元素を特定する。これは意図的に特定の元素の組成比を上げて元のスペクトル(図 4)と、変化後のスペクトル(図 5)で比較することで元素を同定することができた。

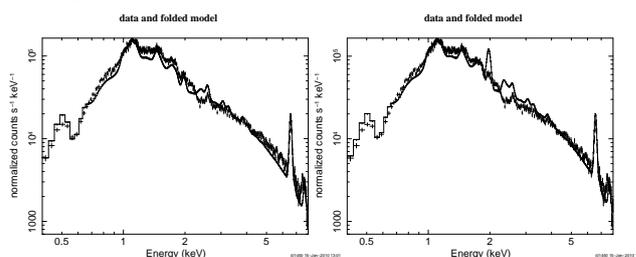


図 4: AWM7 のスペクトル
図 5: Si の組成比を上げたスペクトル

3.4 学習者による考察

教材の実習として、銀河団を X 線画像と点源の天体の X 線画像を出力させ比べることで、銀河団の広い範囲から X 線が放射されていること、またスペクトルの特性 X 線を計算し、元素の同定を行い、求めた元素が私たちの身近な場所でのどのようなものに使われているかを調べるといった実習を考えている。

4 まとめ

今回利用者が誘導される手順に従って処理・解析することで研究者が解析の道順を辿り、そこで行われた創造と発見の喜びを疑似体験できるようにデータ処理と解析の手順をガイドする銀河団の教材作成を目指した。X 線画像による広い範囲の放射の実感、高温ガスをしている元素の同定をスペクトルを作成させ、そこから求める実習を作成した。

参考文献

- [1] DARTS/Astrophysics at ISAS/JAXA
<http://darts.isas.jaxa.jp/>
- [2] すざくヘルプ編「すざく解析マニュアル」
- [3] Koyama, K. et al. 2007, PASJ, 59, 23
- [4] Takahashi, T. et al. 2008, PASJ, 59, 23
- [5] Sato, K. et al. 2008, PASJ, 60, 333