

木曾アーカイブデータを用いた天文教材開発

伊藤信成(三重大)・山縣朋彦(文教大)・濱部 勝(日本女子大)・西浦慎悟(学芸大)・三戸洋之(木曾)

ABSTRACT

高校地学の履修率・開講率は低迷を続けており、高校生が天文学を系統的に学習できる機会は少ない。また大学においても天文学のデータ解析教材を望む声がある。木曾観測所には1KCCDの公開以来11万枚を超える膨大な撮像データの蓄積がある。このアーカイブデータを用いて高校生・大学生が自律的に学習できるデータ解析実習教材の開発を進めている。

1. はじめに

近年、天文・宇宙分野では、すばる望遠鏡や人工衛星等の大型機器を用いた研究が進められ、多くの成果を上げている。例えばハヤブサの成功は記憶に新しい。ハヤブサは惑星科学分野および宇宙工学分野で世界初の成果を上げ、地球への帰還の様子は世界中で報道された他、科学館等での衛星回収部品の公開では連日長蛇の列ができていた。この様に、学術分野では多額の成果を上げ一般市民も高い関心を寄せる天文分野ではあるが一方で高校における地学の履修率は、低い水準で推移している(図1)。高校地学の履修率低下には、大きく2つの問題がある。

◆科学的成果に対する意義を正しく理解できる人材の減少
学習指導要領¹⁾によれば、高校で地学を学習しなかった場合、太陽系より大きなスケールについて系統的に学ぶ機会がなくなるが、これは急速に発展している宇宙科学・宇宙開発の成果がブラックボックス化してしまふことを意味する。ブラックボックス化し、成果を正しく評価できる人材が減少することは、長期的観点から見れば当該分野の衰退を意味する。

◆地学を開講しない(できない)高校の増加
これにより進学した先の高校で地学が開講されていなければ、たとえ興味を持った生徒がいたとしても、独学でその学習を諦めるしかなくなってしまふ。現状では独学は難しい。結果として次代を担う研究者、技術者の減少が懸念される。
※研究者・技術者養成には物理学を履修の方が重要であるとの意見もあるが、天文普及のためには各地域で活動できる人材が不可欠であり、天文学を含め地域に即した学習ができる高校地学が開講されない状況は憂慮すべきと考える。

一方で、木曾観測所では1997年度以来、天文学に強い関心を持つ高校生に対する体験学習プログラム「銀河学校」を年1回開講しており、これまで約300名の高校生が参加している。同様のプログラムは各地で行われており参加した生徒の中から研究者になった者もおり、大きな成果を挙げている。またSSHをはじめとする連携推進プロジェクトにおいても、天文分野を中心とした取り組みを行っている高校もあり、天文学会でのジュニアセッションの充実ぶりを見ても、天文学を学びたいという潜在的な要望はあるものと考えられる。また、我々はこれまでの「銀河学校」やSSHの経験から、高校生であっても、意欲があれば学術的な内容を十分理解できることを確認した²⁾³⁾。

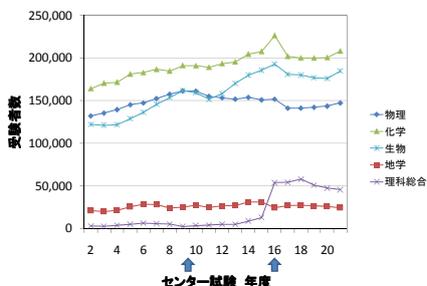


図1: 大学入試センター試験の受験者数の推移。平成9年および16年度に受験内容の改定があった

加えて、平成24年度(2012年度)から理科・数学に関して先行して実施される新しい高校地学の学習指導要領では、「宇宙の構成」として以下の3項目の学習が挙げられている。

- (ア) 太陽の形状と活動: 地球、惑星、月の表面の様子や大きさなどの特徴を扱うこと。
- (イ) 恒星の性質と進化: 恒星のHR図を中心に扱い、恒星の性質や進化については定性的な点と定める
- (ウ) 銀河系と宇宙: 銀河系の構造を中心に扱い、宇宙の膨張については定量的な扱いはしない

上記内容を進めるにあたっては、「観察、実験を行い、創意ある報告書の作成や発表を行わせること。また、それらを通して、仮説の設定、実験の計画、情報の収集、野外観察、調査、データの解釈、推論など探究の方法を習得させること。その際、適宜コンピュータなどの活用を図ること」となっている。学習指導要領では定量的な内容に制限がつけられているものの、コンピュータを用いた解析やデータの解釈については、以下に示す様に、これまで我々が木曾観測所で行ってきた学生実習と同じ方向性を持つものである。したがってこれまでの学生実習を基盤とした教材開発は、地学の学習を希望する高校生にとっては、高校での学習内容とかけ離れたものではないと考える。

以上の背景の下、本研究では、これまで大学生・高校生を対象に行ってきた実習テーマをもとに、**高校生から大学1~2年生程度を対象とした自立学習型の教材の開発**を目指す。

2. これまでの取り組み

我々は、まずは教師になることを志す教員養成系の学生に天文に触れ、現代天文学に対する正しい認識を持って教育現場に立つてもらうことを目指して、これまで天体観測実習を行ってきた。この実習では、単に天体観測に留まらず、解析や討論を通じ天体現象を解明する過程を重視しており(図2)、現在までに4大学の学生**のべ180名が参加**している。三重大学の場合の参加人数の推移を表1に示す。



図2: 大学生の天体観測実習の様子。a) 望遠鏡操作、b) データ解析実習の様子、c) 成果発表の様子

表1: 木曾観測所での大学生実習の参加人数(三重大学)

年度	参加人数	年度	参加人数
2005年度	30名	2009年度	17名
2006年度	29名	2010年度	17名
2008年度	16名	2011年度	16名

参加学生は教員養成学部に限らずいわゆる文系である。大学で多少天文学の講義はあるものの、本格的な天体観測やデータ解析は未経験の学生がほとんどであり、天文学に触れる時間としては高校生と同程度のもと考えられる。

3. なぜ自立学習型か

先に高校での地学の履修率の低下について述べたが、JST(科学技術振興機構)の調査によれば、理科の各分野について、「専門性が高い」と回答した普通科の理科教員の割合は、物理で27%、化学で36%、生物で33%、地学で9%と、地学分野が他の分野より低い。また地学II(地学Iの上位科目)を担当したことがある教員のうち、当該科目の指導が「苦手」または「やや苦手」と感じている普通科の理科教員の割合は、「地学II」が48%と最も高く、「物理II」が20%、「化学II」が18%、「生物II」が22%である⁴⁾。以上の状況では、地学専門の教諭がおり、天文学会のジュニアセッション常連校の様に活発な活動が行われている一方で、同じ高校生でありながらその様な環境を手に入ることができない多くの高校生が存在するのではないかと考えられる。その様な高校生・大学生に対しては、指導者がいない状況でも独学で進められるような自立学習型の教材が必要である。

4. データの抽出

本研究では、東京大学木曾観測所に保管されている可視CCDカメラの撮像データから、教材に適したデータを抽出する。木曾観測所では1993年度からの観測データが公開されている。1999年度に1Kから2KCCDに交換が行われたが、交換前後も含め現時点で公開されている画像枚数は**11万枚を超える**。この中から、各テーマに適した画像を抽出することになる。データの抽出はSNOVAを基本とするが、個々のメンバーが取得したデータも適宜利用する。同一の天体について複数回の観測されている例もあるため、データの品質の評価を行うことで教材として適した画像の選定を行う。

なお、木曾観測所のデータを用いるのは、基本的に同一の仕様・品質を持つ画像データを公開していること、以下に示すように様々な天体の観測データがあること、我々がデータ特性を熟知していること、等の理由による。

5. 教材テーマ

本教材では、テーマ毎にデータと学術背景および解析方法についてのドキュメントを1つのパッケージとして配布する(大学生実習で用いたドキュメントを参考に示す。添付冊子)。テーマとしては近傍天体から遠方天体まで系統的に取り上げるとともに、大学での利用も考えて15テーマ(「画像処理の基本」を除く)を選定した。具体的テーマを表2に示す。基本的にはテーマ毎に完結型にすることで興味あるテーマからの実施を可能にするとともに、全テーマを行うことで現在行われている天文研究の基本が押さえられるように選定したつもりである。また、木曾のデータは基本的に撮像データであり、冷却CCD等を有していれば高校生らが自分たちで同種のデータを取得することも可能である。冷却CCDを所有する高校も近年増加していることから、高校での課外活動等の際に高校生らがデータを取得し、そのデータで解析を行えるようなテーマも教材として多く含まれている。

表2: 教材として選択したテーマ

0. 画像処理の基本	天体画像の解析を行う際に基本となる処理についての実習(一次処理)
1. 三色合成	多波長観測から得られた画像から天体のカラー画像を作成(画像合成)
2. 標準星の測光	天体観測の基本である測光について理解し、測光標準星を用いて機械等級から測光標準システムにおける等級への変換方法を実習する(測光)
3. 月のクレーター	月のクレーターの大きさの分布を調べることで、月に衝突した小惑星・隕石のサイズ分布を推定する(クレーター、サイズ分布)
4. 小惑星の明るさと色	様々な小惑星の明るさの変化を調べることで小惑星の自転周期を推定すると共に色の違いから小惑星の分類を行う(光度曲線、タイプ分類)
5. 小惑星の軌道	小惑星・彗星の位置変化から軌道を求める(軌道決定)
6. 散開星団の年齢推定	星団のHR図を作成し理論等年齢線との比較から、星団の年齢を推定する(HR図、恒星進化モデル)
7. 球状星団までの距離	球状星団内にあるRR Lyr型変光星を抽出し、その見かけ等級と絶対等級の比較を行うことにより星団までの距離を推定する(変光星、距離推定)
8. 星雲の発光機構	様々な種類の星雲を多波長での観測し、恒星の色と比較することで、星雲の発光機構を推定する(連続光、輝線放射)
9. 星間吸収の検出	星間塵の存在により星の光は減光する。銀河系内に存在する星間塵を、星の計数をを行うことにより間接的に検出する(スターカウント、星間吸収)
10. 銀河系円盤の厚さ	星の色を基準に特定の種類の星の数を数えることで、銀河系円盤の鉛直方向の星の分布から円盤の構造を推定する(スターカウント、銀河系円盤)
11. 銀河系の大きさ	天球の各領域の観測から得られる、恒星の色・等級図上に現れる空隙領域(銀河系の端に相当する)の情報から、幾何学的考察から銀河系の大きさを導出する(HR図、距離推定)
12. 銀河の構造	銀河の形態は棒状だが、いくつかの共通した構造を持っている。銀河構造の規則性を見出し指標化する(表面測光、構造)
13. 銀河の形態と色	様々な形態の銀河。また銀河の各領域(中心、円盤、渦状腕、ダークレーン)での色の比較から、その成因を推定する(表面測光、Color測定)
14. ハッブル定数の推定	後退速度が分かっている天体の大きさを測定することにより、宇宙膨張を特徴づけるハッブル定数を求める(角距離、ハッブルの法則)
15. 銀河団の光度関数	銀河団内の銀河の光度分布を求め、特徴的な明るさ(M*)の銀河の見かけの大きさから、銀河団までの距離を推定するとともに、宇宙膨張の速度(ハッブル定数)を推定する(銀河団、光度関数、ハッブルの法則)

6. 本教材の特徴と開発スケジュール

特徴として以下の4点を挙げる。

- 1) **系統的な実習が可能なこと**。解析実習を行う教材は既に存在しているが、そこで取り上げられるテーマは単発のものが多く、また教員の指導があることを前提としているため、個人での遂行が難しい。本研究では、その両課題の解決し系統的学習可能な教材を目指す。
- 2) **解析対象が複数あること**。同一テーマであっても、異なる天体について解析を行うことで、天体間での比較が可能になり、内容の更なる理解を図ることができる。本研究ではテーマ毎に、複数(3~5種)の天体データを提供することで、繰り返し実習による内容理解と天体間の相互比較化を目指す。
- 3) **研究者が利用したデータであること**。実際に天文学者が利用したデータを用いることで、より研究に対する臨場感をもって学習することができる。例えば木曾観測所では、ハヤブサの目的地選定のために**小惑星イトカワ**の観測も行われている。この様なデータを教材化できれば、学習者はより興味を持ってテーマに取り組みやすくなる。
- 4) **学習者による観測が可能なこと**。SSH等により天体観測機器を整備している高校もある。上記テーマは、撮像観測を基本にしており、観測機器があれば学習者自身が観測を行うことができる。実習の発展として、興味があるテーマに対して、自ら観測を行い、その結果について議論することができるのも本教材の特徴と言える。

すでにテーマの一部は形としてまとめている(西浦がスター参照)。テーマ全体としては3年を1つの目安として開発を進める。

※本研究は科学研究費補助金(基研(C):自立学習型天文教材の開発)の助成を受けています

参考文献

- 1) 研究施設を利用した天体観測・解析実習について。山縣・西浦、文教大学教育学部紀要、39、pp.111-120、(2005)
- 2) 銀河学校。伊藤、天文教育、12(3)、pp.5-9、(2000)
- 3) 銀河学校2003-この5年間で得られたモノ。西浦、天文月報、96(1)、pp.7-13、(2003)
- 4) 平成20年度高等学校理科教員実態調査結果報告書。科学技術振興機構、(2009)