

天文分野におけるアーカイブデータの活用

山田隆文 (奈良県立青翔中学校・高等学校)

あらまし

地学とりわけ天文分野においては、生徒が自ら観測によってデータを取得することが難しいが、国立天文台が公開しているアーカイブデータを用いれば、効果的な探究活動が行える。

キーワード

探究活動、天文教育、天文台、スペクトル、ハッブル定数

1 はじめに

高等学校「地学基礎」「地学」の天文分野においては、生徒が自ら観測によってデータを取得して探究活動を行うといったことが極めて困難である。その理由としては、遠方の微弱な光を発する天体を観測するためには、大口径の望遠鏡や分光器などが必要になるためである。勿論、その様な観測機材を有している高等学校や公開天文台に足を運びやすい高等学校もあるが、多くの場合、観測を行わずに指導しているのが現状である。そこで文部科学省も、生物・地学分野においては研究機関で取得されたデータの活用を推奨しており、啓林館「地学」教科書 p.410 ~ p.411 においてもその具体例が示されている。ただ、地学に精通した教員でないと、研究機関によるデータを入手するのは困難であるため、本紙ではデータの入手方法からその処理方法まで、より具体的に示すこととする。

2 観測データの入手方法

大学等の研究機関や公開天文台での観測データアーカイブは、インターネット上にいくらか存在している。ただ、それらの中にはデータの種類が偏っていたり、表記が英語であったりして、使いづらいものもある。そこで筆者が推奨するのは、国立天文台が運営するデータアーカイブである SMOKA (<https://smoka.nao.ac.jp/index.ja.jsp>) というサイトである (図1)。SMOKA とは、Subaru

登録の必要はないが、ダウンロードするためには登録が必要である。とは言え、登録は上記 web サイトから無料で行え、2 ~ 3 日程度で使用可のメールが届くようになっている。

今回は、「宇宙の膨張率を求める」といった実習を行う予定であるため、岡山天体物理観測所の新カセグレン分光器 (SNG) の銀河のスペクトルデータを入手することにした。web サイトの「シンプル検索」を選択し、Okayama の欄の「SNG」をプルダウンメニューで選び、「GO」をクリックする。すると、画面上部に天体の頭文字検索用のアルファベットが現れるため、NGC2701 のデータが必要であれば、「N」をクリックし、後は下の天体リストから探せばよい。ちなみに、天体リストの右端の () 内の数字はデータ数を示している。必要な天体名をクリックすると、データ請求ページに移る。ここでまず、画面上部 Thumbnail images. 右の「VIEW」をクリックすると、サムネイル画像が現れる。そこから良さそうなデータを選び、画面下部にある必要なデータ番号の Raw Data をチェックし、「Datarequest (for1-1000)」をクリックする。ここで言うところの良いデータとは、輝線が鮮明に写っているものを指す。後は、切り替わったページでアカウントを入力し、Are you ok? で「OK」をクリックすると、5 ~ 10 分程度で登録したメールアドレスにデータをダウンロードできる Web ページの URL とパスワードが送られてくる。

3 観測データの処理方法

さて、入手した SMOKA の観測データは、通常の画像表示ソフトでは見ることができない。なぜならば、この画像は FITS (フィッツ) という特殊な形式になっているからである。このデータを扱うには、すばる画像処理ソフト「Makali'i (マカリ)」 (<https://makalii.mtk.nao.ac.jp/index.html.ja>)

(国立天文台・(株)アストローツ 作) が便利である。このソフトは非常によくできているが、教育目的利用であれば無料でダウンロードできる。ソフトのインストールが無事終われば、いよいよ生徒による作業が可能となる。ここでは、前述の「宇宙の膨張率を求める」という探究活動を行う場合の手順を示す。

- ① すばる画像処理ソフト「Makali'i (マカリ)」を起動する。
- ② 画面上部の「開く」アイコンをクリックし、予め入手した SMOKA の銀河のスペクトルデ



図1 SMOKAのWebページ

Mitaka Okayama Kiso Archive の略称で、国立天文台データセンターにより、ハワイのすばる望遠鏡をはじめとする5つの研究用天文台で取得された撮像や分光のデータが公開されている。これらの観測データは、観測後のある一定期間、例えばすばる望遠鏡では18ヶ月間は観測者に専有権があるが、この期間を過ぎたデータは誰でも利用できるのである。データの閲覧だけであればユーザー

ータを読み込む。

- ③ 画面上部の「グラフ」アイコンをクリックし、画像の連続スペクトル部分（図2の⇒）に沿って波長とエネルギー強度の関係の特性曲線を表示させる。（このとき、横軸は予め波長が割り当てられている。）

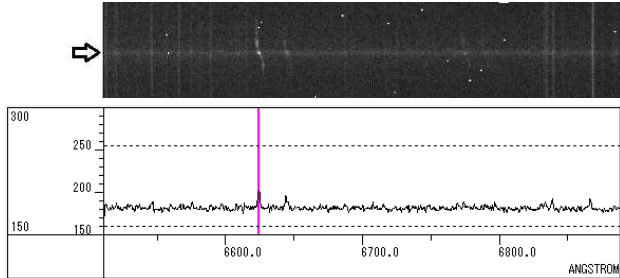


図2 NGC2701のスペクトルデータと特性曲線

- ④ 画像から H α 輝線の位置を確認し、グラフからその値を読み取る。（銀河の後退速度を求める場合は、スペクトル中の吸収線の方が適しているが、吸収線は判別しづらいため H α 輝線を用いている。）
- ⑤ 以下のドップラー効果の式より、銀河の後退速度 v (km/s) を求める。

$$v = c \cdot \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$$

c : 真空中の光速 (= 3.00×10^5 km/s)

$\Delta \lambda$: H α 輝線のずれ (Å)

λ : H α 輝線の元の波長 (= 6562.8 Å)

- ⑥ 銀河までの距離 r (Mpc) を、インターネット等で調べる。（銀河までの距離は、例えば NED (<https://ned.ipac.caltech.edu/forms/byname.html>) 等で検索することができる。）
- ⑦ ②～⑥の作業を 10 個程度の銀河について行い、その結果を以下の表 1 にまとめる。

表 1 銀河までの距離・H α 線の波長・後退速度の関係

名称	距離(Mpc)	H α 線(Å)	後退速度(km/s)
NGC673	65.6	6673.4	5060
NGC1003	11.0	6574.7	550
NGC1068	12.7	6585.6	1040
NGC1169	35.4	6633.7	3240
NGC2512	57.1	6662.4	4550
NGC2701	40.8	6625.8	2880
NGC4501	18.8	6607.8	2060
NGC5055	8.3	6575.9	590
NGC5371	29.5	6615.8	2420
NGC7782	79.0	6653.7	4160

- ⑧ 表 1 の銀河までの距離 r (Mpc) を横軸、銀河の後退速度 v (km/s) を縦軸にとってグラフを作成する（図 3）。
- ⑨ 図 3 のグラフの傾きより、宇宙の膨張率すなわちハッブル定数 H (km/s/Mpc) を求める。
- ⑩ ⑨ で求めたハッブル定数を用いて、宇宙の地平線（後退速度が光速に達するところ）までの距離を求める。

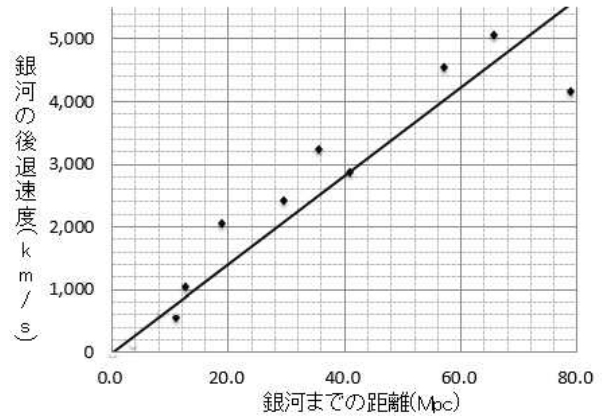


図3 銀河までの距離と後退速度の関係

4 まとめ

3の⑨で示した方法で、図3よりハッブル定数を求めると、以下の様になった。

$$v = H \cdot r \text{ より}$$

$$H = 4220 \div 60 \div 70.3 \text{ km/s/Mpc}$$

ここで、The LIGO Scientific Collaboration and The Virgo Collaboration (2017) が重力波の解析により得た最新の値は、 $70.0^{+12.0}_{-8.0}$ km/s/Mpc となっている。これ以前の値も概ね 70km/s/Mpc 前後になっており、この実習ではデータ数が少ないにも関わらず、良好な値が求められたと言える。しかしながら、各銀河のデータの標準値からのばらつきは大きいので、探究活動に採り入れる際は、データ数を増やすか適切なデータを選ぶ必要がある。

なお、今回は、地学基礎の内容に一番相応しいものとして「宇宙の膨張率を求める」というテーマを例に挙げたが、4単位地学に含まれるような発展的な探究活動として、次のようなものも考えられる。

- ① 「銀河の回転速度を求める」

岡山天体物理観測所で取得された銀河のスペクトルデータを用いて、円盤部の左右での H α 線のずれより、銀河の回転速度を求める。

- ② 「散開星団のHR図を描く」

木曾観測所の 1kCCD カメラで取得された撮像データを用いて、星団中の恒星の等級とスペクトル型を調べ、星団のHR図を描く。

最後に、本校中学3年生を対象にこの探究活動を行った際の感想としては、「画像データだったので興味が持てた。」「今度は自分達で観測したデータを処理してみたい。」との声が聞けた。

【参考文献】

- 鈴木文二・洞口俊博 編「あなたもできるデジカメ天文学」(2015)恒星社厚生閣
磯崎行雄 他著 文部科学省検定済教科書「地学基礎 改訂版」(2016)啓林館
磯崎行雄 他著 文部科学省検定済教科書「地学」(2017)啓林館