

# 蕨高校SPP講座「宇宙の探求～天文学者を体験しよう」 ～FITS教材を取り入れた天文学体験講座の紹介～

篠原秀雄（埼玉県立蕨高等学校）

## 1 はじめに

### 1-1 この企画のねらい

筆者の勤務校では、前年まで化学で SPP が実施されていましたが、今年度は天文で実施することになりました。

これまでの経験から、生徒たちの星や宇宙への興味・関心は高いものの、天文分野に関して学習してきた内容の少なさや、実際に星を見る実体験の不足などを実感しています。また、天文学者というのはいつも望遠鏡で星を見ているというイメージを、生徒に限らず一般的でももっているようです。実際の研究においては、物理学を手段として用いるわけですが、そのようなことは、まったくと言っていいほど知られていません。地学を学んでいる生徒は、自分たちが学習している知見がどのようにして得られたのかという研究の過程を学ぶことなく、結果としての知識のみをもっぱら学習しています。また、物理を学んでいる生徒にとっても、自分たちが学んでいる物理学が、実際に研究の場でどのように使われているのかを知る機会は、ほとんどありません。

以上の状況を考えて、次の3点をねらいとして、この講座を企画しました。

- 1 宇宙についてもっと知ってもらいたい。
- 2 天文学の研究方法を知ってもらいたい。
- 3 自分でも体験してほしい。

### 1-2 蕨高校について

筆者の勤務校である蕨高校は、「文武両道の進学校」をスローガンに掲げています。生徒の学習意欲は高く、部活動にも熱心に取り組んでいます。

理科に関するカリキュラムは、次のとおりです。

- |        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| 1 学年   | : 理科総合 A（物理・化学分野）＋化学 I の 2 科目必修 |
| 2 学年   | : 物理 I ・生物 I ・地学 I から 1 科目選択    |
| 3 学年理系 | : 化学 II、物理 II ・生物 II から 1 科目選択  |
| 3 学年文系 | : 化学 I ・生物 I ・地学 I から 1 科目選択可   |
- ※地学は文系のみ

### 1-3 プログラムの大きな流れ

講座全体の最後を、宇宙図 (<http://stw.mext.go.jp>) を用いて私たちの宇宙の過去・現在・将来といった宇宙論の講演で締めくくろうと考えました。生徒がもっとも関心を寄せる分野のひとつです。そして、この企画全体を通したすべてのプログラムが最終的にその最後の講義へ結びついていくように、その内容と構成を工夫しました。

プログラムの概略は次のとおりです。

#### (1) ガイダンス（2007年12月12日，蕨高校）

- ・天体画像のスライドショー：  
どんな天体があるか知る。天体の美しさを味わう。天体のスケールの違いを知り、おおまかな階層構造について知る。

#### (2) 講座第1日（2007年12月22日，国立天文台三鷹キャンパス）

- ・講義：  
天文台、天文学者の仕事等についての講義を聴く。
- ・施設見学：  
4D2U シアターで宇宙の階層構造や大規模構造などについてイメージをつかむ。
- ・天体観望：  
公開望遠鏡で天体を実際に見る。対象天体として、惑星、星団、銀河と

いうように、なるべく複数の階層構造をまたいで見られるようにする。

### (3) 講座第2日 (2008年1月7日, 蕨高校)

- ・望遠鏡の作成：  
望遠鏡の原理を学び実際に望遠鏡を作成する。
- ・簡易分光器の作成：  
スペクトルや分光観測について学び、簡易分光器を作成する。
- ・ハッブル則の実習：  
銀河のスペクトル画像からハッブル則を導く実習をおこない、宇宙膨張について学ぶ。最後にまとめとして宇宙についての講義を聴く。

このような構成をとることにより、膨張宇宙までを単に天下一の知識として学ぶのではなく、その知識が得られた研究のプロセスまでを含めて学ぶことができます。

FITS 画像・FITS 教材は、プログラム第2日のハッブル則の実習の中で利用しました。

## 2 参加者について

### 2-1 募集方法

募集定員は25名です。参加者を募集するにあたって、物理・地学選択者を優先することにして、2段階に分けることにしました。これは、授業で学習していることとの関連性を重視したことと、物理・地学選択者には天文への興味関心が高い生徒が多いのではないかと予想したことによります。はじめに、第1期募集として、全体の定員枠の7割程度を物理・地学選択者だけから受け付けることにしました。その後、第2期として残りの枠を一般生徒から募集することにしました。

しかし、これがまったくの見込み違いで、第1期の募集をしてみると、1人の申し込みもありませんでした。まったく予想外のことでした。

結局、第2期の一般生徒(1年生と2年生)からの募集で、定員すべてが埋まることになりました。その結果、集まった生徒は女子・文系優勢になりました。

### 2-2 参加者について

参加者は、2年生より1年生の方が多く、男子より女子の方が多くなりました(表1)。また、理系9名に対して文系が13名とりました(表2)。

※アンケート用紙へ未記入の場合があったので、数字の合計が人数の合計とあわないことがあります。

理科の選択科目については、生物が圧倒的です(表3)。物理の5名はすべて1年生で、来年度選択予定ということになります。したがって、前項に書いたように、現在物理を学んでいる生徒については応募はゼロでした(物理を教えている筆者としてはとてもショックでした)。

参加しなかった理由は、調査をしていないのでわかりませんが、何人かの生徒との雑談で出てきたのは、部活動との関係で参加できないとか、天文台まで自分で行くのが面倒、などといったことでした。

また、以下は完全なる推測ですが、理系の生徒は理学系よりも工学系を志望する方が多いようで、宇宙の謎のようなものにあこがれる傾向が文系の生徒よりもむしろ少なく、より現実的なのかも知れません。

	男子	女子	計
1年生	8	7	15
2年生	0	10	10
計	8	17	25

表1 参加者の内訳 (学年/男女)

文系	理系
13	9

表2 文系/理系

物理	生物	地学
5	15	1

表3 選択科目 (履修予定の場合を含む)

## 2-3 参加者への事前アンケートから

この講座に参加した理由や、宇宙や天文学に対してどのようなイメージをもっているのかといったことについて、事前アンケートで調査してみました。

### (1) 参加した理由

上位3つと下位3つは表4のとおりです。天文台へ行って大きい望遠鏡で星を見ることが強い動機になっています。

### (2) 自分の目で見たことのある天体

ついでに、どのような天体（天文現象）を見たことがあるのか（ないのか）を知りたくて質問項目に入れておきました（表5）。

トップの流星、流星群については、2001年のしし群を見た生徒が多いようです。なお、回答数には本校の地学部員の回答を含んでいますので、それを抜くと下位の項目の中で、「土星の環、日食、織女・牽牛星、M31」はすべて1人だけとなります。また、「彗星(2)」とありますが、これは地学部員2名がホームズ彗星を見ただけで、それ以外で彗星を見た生徒はいません。

気になるのは、「夏の大三角を見ている」のに「織女・牽牛星を見していない」という回答が前者を見ている10人中6人もいることです。学習システムの問題なのか、実体験の不足なのか、あるいは小学校4年生で学習してから日がたっただけで単に忘れてしまっただけなのか、そのあたりは追求していませんが、問題があることは確かでしょう。

## 3 実施内容

### 3-1 ガイダンス ～2007年12月12日（水）、蕨高校PC教室

講座第1日に先立って、放課後の1時間ほどを使って、ガイダンスを実施しました。内容は、天体のスライドショーです。PAONETの画像を有効活用させていただきました。スライドの構成は、身近な天体である月からスタートして、惑星・彗星などの太陽系内天体、続いて散開星団や星雲、球状星団、そして銀河、銀河団という順に配列しました。そうすることにより、天体のスケールが段階的に大きくなっていき、宇宙の階層構造に触れられるようにしました（ただし、階層構造に本格的に触れるのは、天文台での4D2Uシアターになります）。また、画像はなるべく美しいものを選び、その魅力を十分に味わえるようにも配慮しました。

### 3-2 第1日 ～2007年12月22日（土）、国立天文台・三鷹キャンパス

この日は、午後1時に武蔵境駅に集合、バスで天文台に移動しました（図1）。輪講室で挨拶が済んだ後、すぐに施設見学になりました。

#### (1) 天文台施設見学

はじめに4D2Uシアターで立体画像による宇宙の映像を楽しみました。引率の教員を含めて私以外はこの映像を見るのが初めてで、宇宙を自在に移動して映し出される立体映像に驚きの声が上がっていました。地球を離れて、太陽系、星団、銀河、銀河団と、スケールが上がっていく映像で、宇宙の階層構造を十分に体感してもらえたと思います。

その後は、すぐ近くにある天文台歴史館の見学でした（図2）。

### Top 3（カッコ内は回答数）

- 1 大きい望遠鏡で星を見たい(18)
- 2 天文台へ行ってみたい(17)
- 3 星や宇宙に興味がある(16)

### Bottom 3

- 3 星占いに興味がある(2)
- 2 宇宙に関するアニメや小説が好き(1)
- 1 将来天文に関する職業に就きたい(0)

表4 この講座に参加した理由

### Top 3（カッコ内は回答数）

- 1 流れ星・流星群(17)
- 2 オリオン座(16)
- 3 夏の大三角、冬の大三角(10)

### Bottom 3

- 3 土星の環、(部分)日食、織女・牽牛星、M31(3)
- 2 彗星(2)
- 1 自分の誕生日の星座(0)

表5 見たことがある天体（天文現象）



図1 国立天文台見学正門前にて

## (2) 講義

ここでは、天文台の紹介ビデオを見せていただくとともに、天文情報センター普及室長の縣秀彦氏から天文学者の仕事や天文学の研究内容などについて講義をしていただきました。熱の入った縣氏の講義に対して、生徒からは、宇宙人はいるか、ワープは可能か、などといった質問も飛び出し、とても活気のある時間になりました。

## (3) 天体観望会

この日の最大の楽しみが、50cm 公開望遠鏡による天体観望でした。さらに 8cm 望遠鏡と 140mm 双眼鏡も用意していただき、火星や M103 (散開星団)、M31などを観察する予定でした。

惑星、星団、銀河と、4D2U シアターで見た映像の実物を実際に見てほしいと思いましたが、とても残念なことに、雨天により中止となってしまいました。



図2 天文台歴史館前にて

## 3-3 第2日 ~2008年1月7日(土)、蕨高校物理室、PC教室

第2日は、会場を蕨高校に移し、朝9時から夕方4時まで、一日のプログラムでした。午前中は物理室で工作を中心に、午後はPC教室で画像解析と講義という流れでした。

### (1) 望遠鏡・分光器の原理と作成

凸レンズのはたらきを学んだ後に、手作り望遠鏡を作成しました。キットの 6cm 屈折+木製大型三脚のセットです。限られた時間の中で何とか終わらせるために、望遠鏡も三脚も事前に地学部の部員に一度作ってもらい、失敗しやすい点をチェックしたり、時間のかかる工作部分を事前に部員に作ってお願いしたりしました。それによって、1時間強で何とか鏡筒を完成させることができました。



図3 望遠鏡の作成

## (2) スペクトルの学習と分光器の作成

次はスペクトルと分光観測の説明でした。はじめに直視分光器で様々な光のスペクトルを観察しました。光源として用いたのは、太陽光、蛍光灯、水素の放電管等です。水素の放電管と蛍光灯で輝線が異なることから、分光観測によって光源にある物質の種類がわかるということを知ってもらいます。さらに、ドップラー効果の説明も簡単にして、光源の運動状態までわかるということも学びます。このスペクトル観測、特に水素の輝線を見ておくことが、次のハッブル則に強く関連します。

続いて回折格子のレプリカフィルムと工作用紙を使った簡易分光器を作成しました。

## (3) 画像解析実習

### ～ FITS 教材「ハッブル則」の利用

午後は、会場を PC 教室に移し、ハッブル則をテーマとする画像解析実習に取り組みました (図 5)。

今回のこの実習では、対象生徒のほとんどが文系であったこともあって、物理の知識を駆使して画像解析をマスターするといったことではなく、「私たちが報道等で接する科学の成果が、どのように見いだされてくるのかという過程を、少しでも味わってもらいたい」ということを主たるねらいとしました。

画像解析に使うソフト「マカリィ」は、昨年末に必要数をインストールしておきました。生徒数分のライセンスを取得したのですが、生徒用 PC は再起動すると環境がもとに戻るようになっていたため、ライセンス登録の意味がないということになってしまいました。結局教員用 PC のみ、ライセンス登録をしました。

使える時間が 1 時間半程度と非常に短かく、その中でこの実習すべてを終わらせる必要があったこと、そして生徒の多数が文系であり物理を既習しているものが皆無であったことから、テキストとワークシートは独自のものを作成しました。

(この原稿の最後に参考資料として載せておきます。) また、マカリィの起動とファイルの読み込み、そして終了などの基本的な操作の練習だけは、ガイダンスの時に済ませておきました。

今回用意したテキストについて、オリジナルのものとの大きな違いは、波長の変化から後退速度を計算する過程を省いたことです。ドップラー効果の説明はもちろんしましたが、「波源の移動(後退)によって波長が変化する(長くなる)」、「波長の変化量が多いほど波源の移動速度が大きい」といった程度の定性的なレベルにとどめ、数式の扱いはしていません。マカリィでは  $H\alpha$  線の波長がグラフから直接読み取れますから、その変化量をすぐにグラフにすることができます(図 6)。グラフはエクセルの機能を使わず、紙に自分でプロットすることにしました。

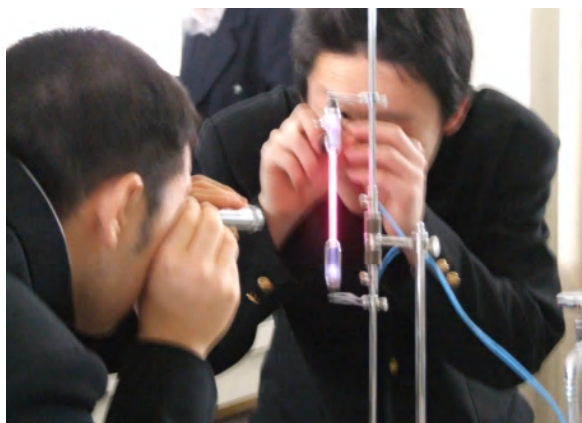


図4 水素放電管のスペクトルの観察



図5 ハッブル則の実習

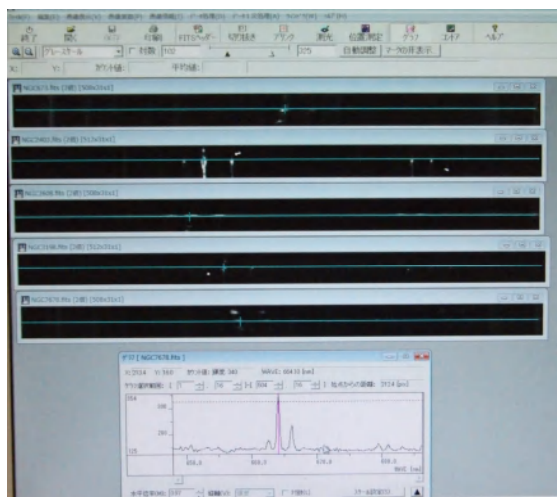


図6 マカリィの画面

テキストの中に、スペクトル画像の中の H $\alpha$  線の位置を示しておいたこともあって、ほとんどの生徒がスムーズに実習を進めることができました。

なお、ここで読み取る H $\alpha$  線については、午前中のスペクトルの学習で水素の放電管の線スペクトルを見ていたため、生徒にとっては唐突でなく、水素で一番目立つ輝線として納得できたようです。

描いたグラフをもとにして、遠い銀河ほど大きな速度で後退しているということ、その解釈として「膨張する宇宙」という考えが出てきたこと、そしてその考えが他の証拠もあって現在では広く受け入れられていることなどを生徒に伝えました。

単に知識として「宇宙は膨張している」と伝えるだけよりも、このような実習を通して宇宙の膨張を知るという体験は、生徒にとってより深いレベルでの理解につながったことと思います。

#### (4) 講義

ここまでの総まとめとして、国立天文台 天文情報センター 普及室長の縣秀彦氏から講義をしていただきました(図 7)。「宇宙とは？」をテーマに、宇宙図を使いながら説明していただきました(図 8)。途中、難解な部分もありましたが、生徒は何とか食らいついでいこうとしてがんばっていました。

特に、ダークマターやダークエネルギーなどの話題で、宇宙を占める大部分が未解明であるという話は印象が強かったようです。天文学や天文学者に対するイメージもだいぶ変わったようです。



図7 宇宙についての講義



図8 宇宙図を手手に講義をされる縣氏

## 4 まとめ

### 4-1 事後アンケート

最後に参加した生徒を対象にアンケートを実施しました。原稿を書いている時点で、完全な集計が済んでいないので、概略だけ記します。

プログラム個々に満足度を問いましたが、どれも5点満点でいうと4点台の得点でおおむね満足してもらえたようです。特にポイントが高かったのが、4D2U シアター、望遠鏡や分光器の製作、縣氏によるまとめの講義、でした。

天文学や天文学者に対するイメージの変化を問うたところ、多くの生徒が、この講座に参加する前は「天文学者はいつも望遠鏡をのぞいている」「宇宙の大部分は解明されている」といったイメージだったようですが、講座に参加した後では「天文学の研究はデータ解析が多い」とか「宇宙には未解明の部分が多い」といったように変化しています。

マカリイを使ったハッブル則の実習については、満足度のポイントは他のプログラムよりやや低めでしたが、それでも5点満点で平均4点以上ということで、限られた時間の中に詰め込んだ割にはよかったのではないかと思います。感想の中にも「専門的なことは難しく理解できなかったけど、マカリイを使ってグラフを作り、宇宙が広がっていくことが分かって感動しました。」といったコメントもありました。

## 4-2 まとめ

生徒の感想を2つほど載せます。

「宇宙というものがどのように解明されていくかが分かって面白かった。天文学に対する知識がより一層深まった。難しい話も多かったが、宇宙の中の様々なことを理解できた。また宇宙にはまだまだ分からないことがあることが神秘的に感じた。」

「宇宙っていうのは星とか銀河とかあるんだよなーっていうぐらいの知識しかなかったけれども、今回のSPPで驚くほど知識が増えました。まず、天文学者。いつも望遠鏡ばっかのぞいていると思っていたら、実は研究中心。宇宙の広がり。太陽系、銀河の向こうには何があるのかなど。」

他にも同様の感想が多くありましたので、当初の目的であった「宇宙についてもっと知ってもらいたい」「天文学の研究方法を知ってもらいたい」といったことについては、おおむね達成できたのではないかと考えています。

また、次のような感想もありました。

「ただ何となく宇宙について思っていたことが、大きく変わりました。宇宙が膨張していることや星を見ることが過去を見るなんてことは今まで一度も考えたことがなかったです。難しい内容もあって頭がついていけなくなりそうな事もあったけど、大まかなことは理解できたと思います。今回望遠鏡を作ったので、晴れた日には星の観測とかをしてみたいと思いました。今回の講義でまたいろいろな疑問が増えたので、時間がある時にでも趣味で調べてみたいです。」

このように、この講座への参加が天文を楽しむ終着点ではなく、これからも楽しんでいこうとする出発点になったという感想もあって、担当者としては嬉しく思っています。

なお、目的のひとつであった「自分でも体験してほしい」ということに関して、生徒の最大の参加理由であった天文台での観望会が雨天のために中止となってしまったことが、とても心残りです。そこで、リターンマッチとして、近くにある川口市立科学館の定例観望会に行つて土星を見ることを計画中です。

## 参考資料

ハッブル則のテキストとワークシート


高等学校 SPP 講座  
 宇宙の探求 ～天文学者を体験しよう～ 第二回  
 「天体スペクトルから宇宙膨張の証拠を見つけよう」  
 ～画像解析ソフト「マカリイ」によるハッブル則の実習～

1 画像解析ソフト「マカリイ」とは

- デジタルカメラの画像（JPEG 画像）は、ファイルサイズを小さくするために様々な処理が施されています。→ 本来の画像の情報が再現できないので研究用には使えません。
- 研究用の画像には、カメラが受けた光の情報がそのまま記録されています。
  - FITS 画像
- その FITS 画像を手軽に扱うことができるフリーソフトがマカリイです。
- 研究用の FITS 画像は、観測からおよそ 1 年たつと一般に公開されるまで利用可能
  - 誰もが天文学の研究をすることが出来ます。

2 マカリイを起動してみよう


- パソコンを起動して画面左の「すばる画像処理ソフトマカリイ」のアイコンをダブルクリックします。



こんな画面があらわれます

3 銀河の光のスペクトルを見てみよう

- まずは銀河 NGC673 のスペクトルを聞いてみましょう。
- NGC673 は、右図の写真のような姿をしています。
- とても遠いところにある銀河で、私たちからの距離はおよそ 2億3600万光年になります。
- これは、光の速さで 2億3600万年前かかる距離という意味です。
- ※表現をかえると、この写真に写っている光は、今から 2億3600万年前にこの銀河を出発した光ということになります。



NGC 673  
(2億3600万光年)

- それでは、この銀河のスペクトルを調べてみることにしましょう。

- 1 -

宇宙の探求



- ツールバー右上の「開く」をクリック
- 「ファイルの場所」の▼をクリック
- 現れた窓の一番下「SPP2007」をクリック
- フォルダ「image」をダブルクリック



- フォルダ「fit」をダブルクリック
- fit 画像のファイルがいくつかあらわれます。
- 一番上にある「NGC673.fit」をダブルクリック（クリックして「開く」も可）

すると、下のような画像があらわれます。  
これが銀河 NGC673 の光のスペクトルです。



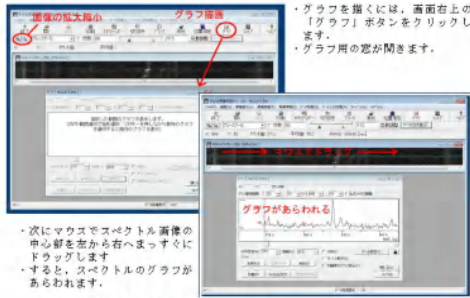
- 赤色になっていませんね。
- 天文学者に必要なのは美しい色ではなく、ここに現れた何本かの明るい線（輝線）なのです。
- 例えは中央付近にあるもっとも明るい輝線は、NGC673 にもっとも多く含まれている水素原子が発する光（H $\alpha$ 線）なのです（本来は赤い色になります）。
- この輝線に注目します。この線から、いったい何がわかるのでしょうか？

- 2 -

宇宙の探求

4 スペクトルのグラフをつくってみよう

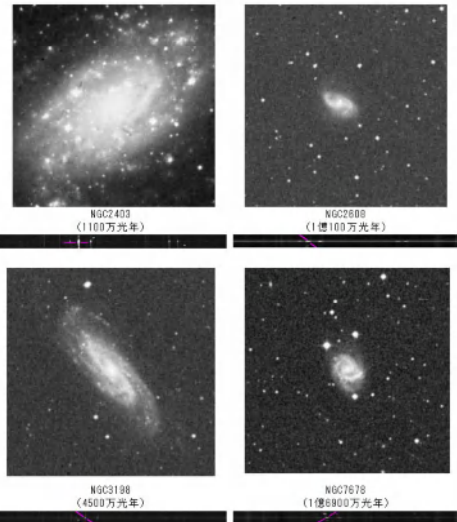
- このスペクトル画像の横軸は光の波長に相当します。
  - 画像の上でマウスを滑らせてみましょう。
  - すぐ上の窓に「wave: 670.0nm」のような数値があらわれます。これが、画像のその位置の光の波長を示しています。
  - 第「nm」は「ナノメートル」と読み、10億分の1メートルを意味します。
  - もうひとつ、「カウント値」に注目してください。
  - これは、その波長の光がどれくらいの強さであるかを示しています
- それでは、マウスをH $\alpha$ 線の上にあわせてみてください。
  - 波長はだいたい667nm、カウント値は100くらいですね。
- スペクトル画像には他にも何本かの輝線が見えています。そこで、波長とカウント値の関係をもっと見やすくするために、グラフにします。
- グラフをつくるときに、画像が小さいとやりづらいので、拡大しましょう。左上の虫眼鏡ボタンの「+」をクリックします。



- グラフを描くには、画面右上の「グラフ」ボタンをクリックします。
- グラフ用の窓が開きます。
- 次にマウスでスペクトル画像の中心部を左から右へまっすぐにドラッグします。
- すると、スペクトルのグラフがあらわれます。
- 横軸が波長、縦軸が光の強さ（カウント値）です。
  - 一番高いピークは何でしょう？
  - さっきスペクトル画像で見たH $\alpha$ 線ですね。
- H $\alpha$ 線のピークををクリックしてみましょう。グラフ中に線があらわれ、その点の波長や光の強さがすぐ上の窓に示されます。（線がずれてしまっても大丈夫、この線はマウスでつまんで移動できます。）
- ちょうどピークの位置に線がある状態で、その波長を読み取ってください。
- ワークシートの表に記入しましょう
- この波長の値が、この後お話をする宇宙膨張の証拠になっていきます。

5 他の銀河のスペクトルも見よう

- 他の銀河についても、同様の手順で波長を読み取ります。
  - NGC673のグラフと画像は閉じてしまいましょう。
  - 「3 銀河の光のスペクトルを見よう」からの手順を繰り返します。
  - ファイルを開くときに、NGC673ではない銀河を選んでください。
  - 銀河はNGC673を含めて全部で5つあります。
  - 波長を読み取ったら、ワークシートに記入してください。
- 各銀河はこんな姿をしています。



6 銀河までの距離とスペクトルの変化の関係は？

- 表を見ると、H $\alpha$ 線の波長の値は銀河によって少しずつ違ってきますね。どれが正しい値なのでしょう？
- 実験室で得られる本来のH $\alpha$ 線の波長は656.3nm（これが本来の値）です。ですから、どの銀河についてもH $\alpha$ 線の波長は変化しているのです。どうしてこのようなことが起こっているのでしょうか。
- その原因は、**光のドップラー効果**です。
- 銀河が動いていることによって、銀河からの光の波長が変化しているのです。
  - 5つすべての銀河の波長は本来の値より長くなっています。
  - このことは、これらすべての銀河が私たちが遠ざかっている（後退している）ことを示しています。
  - また、銀河ごとに波長の変化量が異なっているのは、銀河によって後退速度が異なっているということを示しています。
  - そして、波長の変化が大きい銀河ほど大きな速度で動いていることになります。

それでは、銀河までの距離と銀河の速度（後退速度）の関係を調べてみましょう。横軸に距離、縦軸に波長の変化量をとって、ワークシートにグラフを描きましょう。

<グラフからわかること>

- 銀河までの距離と、波長の変化量（つまり銀河の後退速度）は比例している。
- つまり、遠い銀河ほど大きな速度で私たちが遠ざかっていることになる。

これは、1929年にアメリカのハッブルが観測から見つけた法則です。 **ハッブルの法則** (Edwin Hubble (WikipediaのHPより))

7 ハッブルの法則が意味することは？

- 銀河が距離に比例する速度で遠ざかっていることは何を意味しているのでしょうか。
  - 「宇宙は膨張している」** というのが、その結論でした。
  - 膨張宇宙の時間を遡ると、過去の宇宙は小さかったことになりえます。あるところまで時間をもどすと、宇宙は点に集まってしまう。そこが宇宙の始まりです。
- 
- 点状は私たちの銀河を中心とした宇宙のある領域を表す
- 宇宙が膨張しているとき、銀河ほど、後退速度が大きい。（距離をあらわす矢印が長い。）
- ※私たちが宇宙の中心にいるわけではありません

「天体スペクトルから宇宙膨張の証拠を見つけよう」画像解析ソフト「マカリイ」によるハッブル法則の実習 ワークシート

1 各銀河のH $\alpha$ 線の波長とその変化量

- まずは、NGC673のスペクトルからH $\alpha$ 線の波長を読み取って記入しましょう。
- H $\alpha$ 線の本来の波長は656.3nmです。この値からのずれを計算して記入しましょう。
- さらに、他の銀河についても同様に作業し、表を完成させましょう。

銀河型番	ファイル名	H $\alpha$ 線の波長[nm]	本来のずれ[nm]	銀河までの距離[百万光年]
1	NGC673	NGC673.fits		236
2	NGC2403	NGC2403.fits		11
3	NGC2808	NGC2808.fits		101
4	NGC3198	NGC3198.fits		45
5	NGC7878	NGC7878.fits		169

※銀河までの距離単位[百万光年]について  
 → 光の速さ(1秒間に30万km進む)で1年かかる距離が1光年(=約9兆4600億km)  
 ・NGC673は2億3600万年の距離にある。これは、今地球に届いている光が、2億3600万年前にその銀河を出てきたことを意味している。

2 銀河までの距離と波長のずれをグラフにしよう

