



# 『宇宙スペクトル博物館：虹からクェーサーまで』

栗野 諭美<sup>1</sup>， 乗本 祐慈<sup>2</sup>

1 <大阪教育大学宇宙科学研究室 〒 582-8582 大阪府柏原市旭ヶ丘 4-698-1>

E-mail: awano@cosmos.cc.osaka-kyoiku.ac.jp

2 <国立天文台岡山天体物理観測所 〒 719-0232 岡山県浅口市鴨方町本庄 3037>

E-mail: norimoto@oao.nao.ac.jp

天体観測において分光観測から得られる情報は、位置観測や測光観測から得られる情報とともに非常に重要な意味合いを持っています。今回紹介する天体スペクトル画像集は、天文学を趣味とするアマチュア、天文学を学ぶ学生、さらに学生の指導に当たる教員を主な対象として、分光学的方法を基礎から説明し、天体物理学の基本事項を分かり易く解説するとともに、いろいろな天体のスペクトルを紹介することを目的としています。

## 1. はじめに

このプロジェクトは平成8年の春からはじまり、丸2年かけてようやく今春 CD-ROM としてみなさんにお配りすることとなりました。初年度は岡山天体物理観測所で恒星のスペクトルを観測し、試行的な画像を作成して検討をおこないました。翌年の春には、国立天文台の平成9年度共同開発経費の援助を受けることが決まり、本格的な作業が始まりました。この仕事は私たちの他5人の方々[定金晃三、田鍋和仁、福江 純（大阪教育大学）、前原英夫（岡山天体物理観測所）、加藤賢一（大阪市立科学館）]との共同作業として進行してきました。

この CD-ROM（天体スペクトル画像集）に含まれるスペクトル画像は、例外を除いてすべて岡山天体物理観測所の望遠鏡（65 cm 太陽クーデ望遠鏡，91 cm 望遠鏡，および，188 cm 望遠鏡）で観測されたオリジナルです。また星雲や銀河などのイメージは大阪教育大学の 51 cm 反射望遠鏡で撮影されたものです。もともとこのプロジェクトの発端としては、天文学の教育に必要なスペクトルデータを、教育現場（教室）でかんたんに使える素材として欲しいということと、岡山観測所で得られ蓄積されたスペクトルデータを、教育目的に用い

ることによって社会へ還元できないかという発想がありました。

ここでなぜスペクトルかということ、天体観測において分光観測から得られる情報は、位置観測や測光観測から得られる情報とともに、非常に重要な意味合いを持っているということが言えます。たとえば、天体の視線速度の情報などはスペクトルを観測することからしか得ることができません。しかしながら、銀河や星雲などの天体画像を見ることと比較すると、天文学においてスペクトルの意味を理解するためには、それに付随する基礎的な物理的知識を必要とし、したがってとっつきにくいものがあります。また、現状としてスペクトルデータを扱ったわかりやすい解説書はほとんどありません。

今回報告する天体スペクトル画像集の CD-ROM が、このような現状において天文学の学習に少しでも役に立つことを期待しています。

## 2. スペクトル

スペクトルというと、みなさんは何を思い浮かべるでしょうか？ 言葉の定義で言えば、光の強さを波長の関数として単位波長域あたりの単位であらわしたものをスペクトルと言いますが、身近なもので言えば、七色の光の帯、例えば虹のようなイ

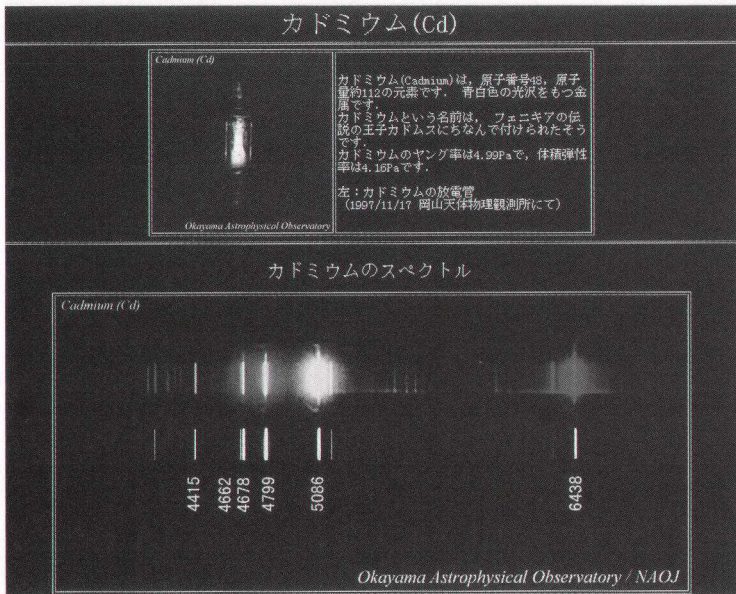


図1 実験室のスペクトルカドミウム

メージが思い浮かぶことと思います。私たちの身のまわりには、実は、スペクトルに関係したことはたくさん見られます。虹は太陽光線が大気中の水滴によって屈折されて七色に分けられる現象です。昼間の青空や、赤い朝焼けや夕焼けも、空気分子や塵によって太陽の光が散乱されたものです。私たちが普段「色」として認識しているものは、光の散乱の度合い、すなわちスペクトルに依存していると言っても良いでしょう。

スペクトルはこんなに身近なものでありながら、その原理が解明されたのは17世紀になってからでした。1666年、I. ニュートンは偶然窓の隙間から入り込む太陽光が七色に分かれているのを見て、それを *specter* (おぼけ) からとって、スペクトルと名付けました。彼はガラスプリズムに太陽光を通す実験から光の性質を明らかにしましたが、この原理が天文学へ応用されたのは150年後のことでした。

分光学が天文学に導入されたことによって、私たちは遠くの天体のいろいろな物理的性質を知ることが可能となりました。また20世紀になるとスペクトルは理論的にも説明されるようになり、天文学

に多くの新しい情報を提供しました。このように、分光学は20世紀の天文学において必要不可欠な研究手段として用いられるようになったのでした。

天体のスペクトルから私たちはいろいろなことを知ることができますが、大きく分けると3種類の情報を得ることができます。それは、天体の視線速度の情報、天体の温度や圧力、大気の化学組成など天体そのものに関する情報、そして天体と地球の間にある星間物質の情報です。

天体のスペクトルは、一般に連続スペクトルと線スペクトルからなります。

連続スペクトルは、星の波長ごとのエネルギーの分布を表しており、星の場合は単一の黒体放射でほぼ近似できます。この場合にはエネルギー分布が最大になる波長は温度の逆数に比例するというウィーンの変位則が成り立っていると考えて良いので、連続スペクトルの形の観測から星の表面温度を求めることができます。

線スペクトルは、原子のエネルギー準位の間を電子が移る際に、エネルギーを吸収あるいは放射するために生じるもので、天体の表面大気元素の存在量や種類、運動や温度などの物理状態によって波長や強さ、幅や深さなど形が異なります。従ってそれらの情報を分析することによって天体の表面の温度、圧力、化学組成、あるいは、運動の状態などを知ることができます。線スペクトルの現れ方によって星のスペクトル型の分類はなされています。このようにして、スペクトルに含まれる情報を分析することで、私たちは天体のいろいろな物理的性質を知ることができるのです。そういう意味でスペクトルの情報は天体から来る手紙といっても良いでしょう。

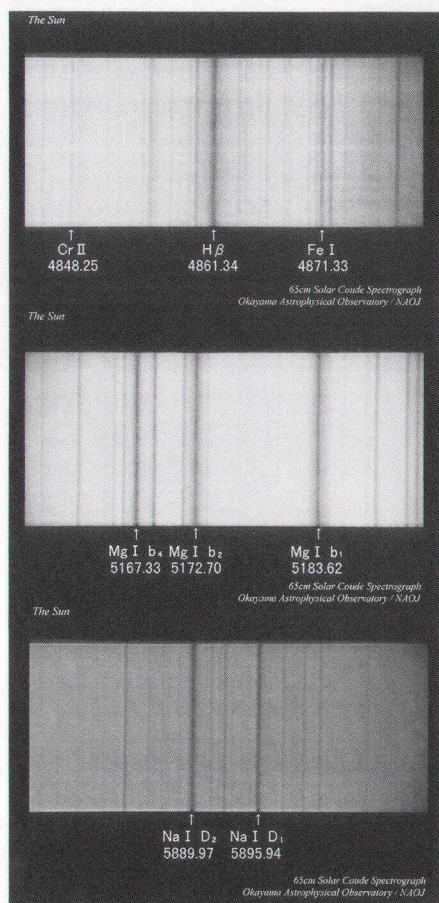


図2 太陽の高分散スペクトル。上から  $H\beta$ 、マグネシウムの3重線、ナトリウムのD線

### 3. 宇宙スペクトル博物館

分光データ（スペクトル）は、一般の人たちにはとても扱いにくく、その意味を理解するためには基本的な物理的知識を必要とします。今回このCD-ROMでは、天文学の専門家以外の人を主な対象として、スペクトルに詳しくない人でも楽しく天体のスペクトルを基礎から学べるように配慮しました。主な特徴をまとめると以下ようになります。

- ◆ コンピューターの画面で見えることを前提にしているため、データは画像を主体とし、理解を助けるため文章による説明がつけ加えられています。
- ◆ 分光学の基礎から学べるように、スペクトルの

実験から理論までをかんたんにわかりやすく、図や写真を用いて説明しています。また、身のまわりの現象や実験室のスペクトルからさまざまな天体のスペクトルまで、カラーおよびモノクロの画像として取り込み、楽しみながら視覚的に捉えられるように工夫しています。

- ◆ スペクトルデータは岡山観測所で得られたオリジナルデータを素材にしており、すべて国産です。
- ・ 65cm 太陽クーデ望遠鏡と分光器を使って、太陽の高分散スペクトルをビデオ撮影し、それから取り込んだ画像が使われています。太陽の高分散スペクトルのカラービデオ映像は世界的にも類例のないものです。
- ・ 恒星の低分散スペクトルは、91cm 望遠鏡を使ってこの画像集のために新たに撮影されました。波長域としてCa IIのH,K線から水素の $H\alpha$ 線までをカバーしています。
- ・ オリオン大星雲やすばるなど親しみのある天体は、実際の天体のイメージと対物スペクトルをならべ、対応がつけやすいよう工夫しています。
- ・ 明るい恒星のスペクトルは星図の上でその星をクリックすれば見られるようになっています。また、それぞれの星のデータやお話がつけ加えられています。
- ・ 太陽のスペクトルや望遠鏡などの動画像もあります。
- ◆ 各セクションのなかで、やや専門的と思われる事項の詳しい説明は $\alpha$ として加えてあります。また、説明文の中で使われる特に重要な用語や概念は、それを説明した用語集を用意しました
- ◆ すべての画像や説明はHTMLを使って記述されており、パソコン上で簡単に閲覧できるようになっています。

スペクトルデータは岡山観測所で得られたオリジナルデータを素材にしていますが、この2年間で撮影可能なもの以外（188 cm 望遠鏡を使って観測さ

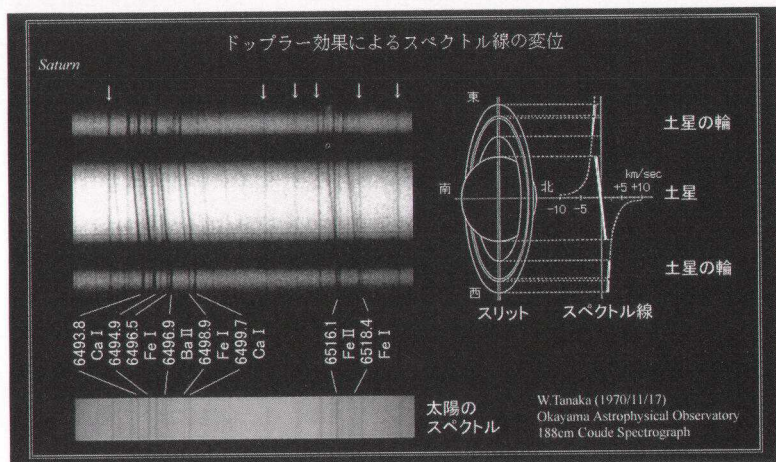


図3 土星の高分散スペクトル

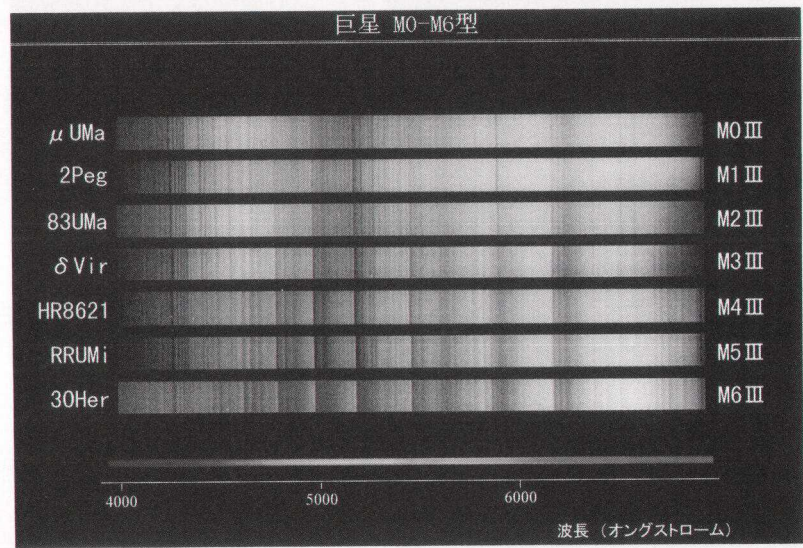


図4 恒星のスペクトル分類 1 M型巨星

れた惑星や恒星の高分散スペクトル、銀河のスペクトルなど)は、観測所に保管されていた乾板を使用したり、岡山で観測されている研究者の方々をお願いしてデータを提供していただきました。多くの研究者がこのスペクトル画像集の趣旨に賛同し、こころよく協力して下さいました。ご協力いただいた方々に感謝いたします。

宇宙スペクトル博物館は以下のように構成されています。

開始画面に9つのセクションのスイッチがあり、それらをクリックすることで見たいセクションへ入れます。各セクションのなかにもいくつかの分岐が

あり、それらをたどっていくことで自然に学習できるよう配列されています。

- ◆ スペクトルとは？
  - 光と色
  - 光の実験
  - 電磁波スペクトル
  - 分光学の歴史

- ◆ 身のまわりの世界
  - 虹, コンパクトディスク (CD), しゃぼん玉, 電球, 蛍光灯, ホタル……ほか

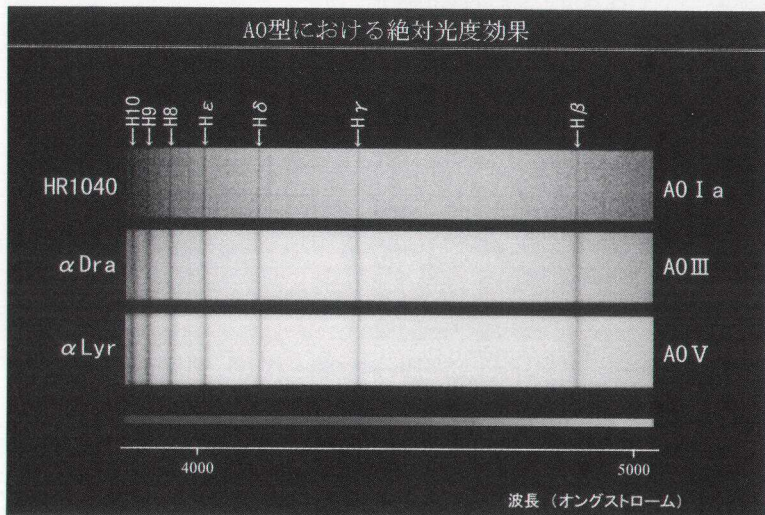


図5 恒星のスペクトル分類 2  
A0型巨星の絶対光度効果

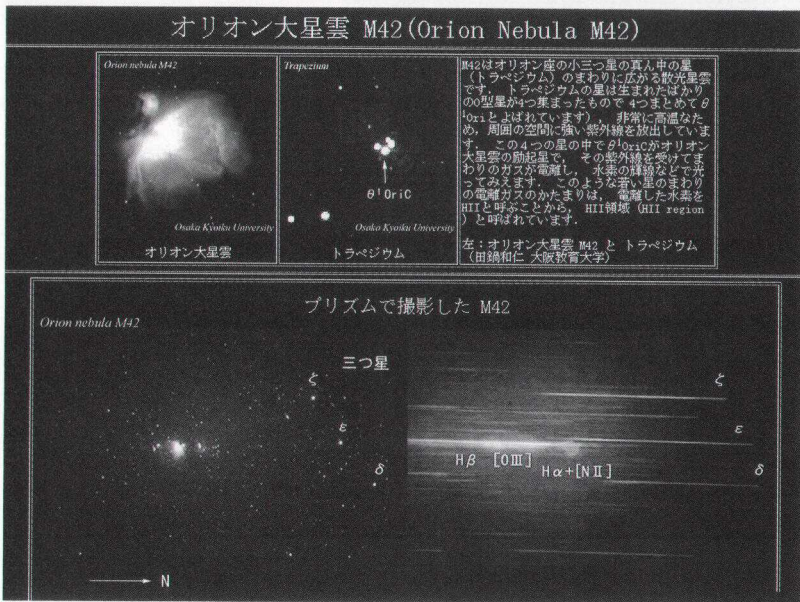


図6 オリオン大星雲のスペクトル

◆ スペクトル実験室

- 連続したスペクトル
- 黒体輻射スペクトル
- 輝線と吸収線
- 原子スペクトル
- 元素のスペクトル
- ドップラー効果

◆ 望遠鏡と観測装置

- 望遠鏡のしくみ
- 観測装置のしくみ
- 分光器のしくみ
- 岡山天体物理観測所の紹介
- 大阪教育大学天体観測室の紹介

◆ 太陽と太陽系天体

- 太陽, 金星, 地球 (大気), 火星
- 木星, 土星, 彗星

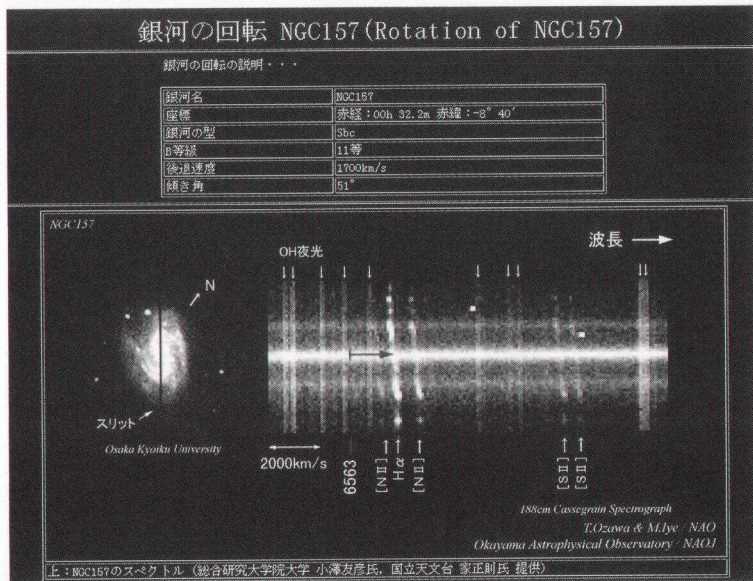


図7 銀河の回転 NGC157

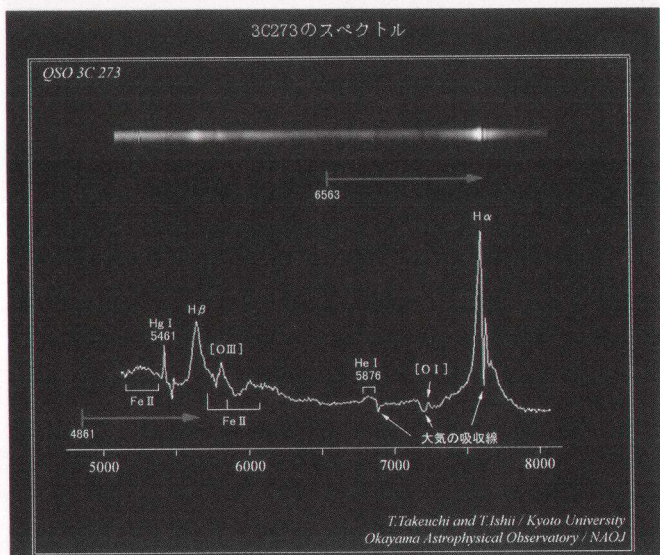


図8 クェーサーのスペクトル 3C273

◆ 恒星と連星の世界

恒星のスペクトル型

特異な星

変光星 (激変星と超新星)

HR図

星の一生

◆ 星雲・星団・銀河

星雲と星団

銀河

クェーサーと活動銀河

3 K 宇宙背景放射

◆ スペクトル用語集

◆ スペクトル画像集



#### 4. おわりに

2年間という限られた時間の中でのプロジェクトしたが、本当にあっという間に過ぎてしまいました。仕事を進めていくうちにあれもこれもとどンドン欲が出てしまい、身近なものからクーサーまでと、はじめの計画からみると、はるかにはみ出した内容を扱う結果になりました。たいへん幅広いデータを扱うことになってしまいましたが、多くの方々のご協力を得てどうにか一通りのデータを集めることができました。CD-ROMを使った画像集ということで、初めのころには音声や動画を使ったダイナミックな構成にしたいと考えていましたが、時間的な制約などのため音声を使うことは断念しました。また、動画についても、おまけ程度のもになってしまいました。これらは将来の課題にしたいと思っています。全体の構成や説明文など、ああすればもっと良くなった、こうすればもっと分かりやすくなった、などと反省する点がいくつもあります。このように至らないところはたくさんありますが、この天体スペクトル画像集を見て、少しでも天文学なかでも天体のスペクトルに興味を持ってもらえたら……、分光学を勉強するきっかけになれば……と思っています。

この宇宙スペクトル博物館 CD-ROM は天文関係の（特に教育・普及にたずさわる）方々にお配りする予定です。具体的な配布方法は現在検討中ですが、詳細は4月以降に岡山天体物理観測所と大阪教育大学天体観測室のホームページに載せる予定です。 <http://www.cc.nao.ac.jp/oa/> または、

<http://galaxy.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/> をご覧ください。

なお、予算の関係で数に限りがあるため（約1500枚を作成予定）先着順とさせていただきます。また、送料等の実費をご負担いただくことがあります。ご了承ください。

私（粟野）の修論という形ではじまったこのプロジェクトですが、たくさんの方々のご協力を得ることができ、多くの貴重なアドバイスをいただきました。特に、画像を提供していただいた方々、手作業を手伝ってもらった大阪教育大学の後輩のみなさん、本当にありがとうございました。

#### Cosmic Spectral Museum

— From A Rainbow to Quasars —

Yumi AWANO<sup>1</sup> and Yuji NORIMOTO<sup>2</sup>

1 *Astronomical Institute, Osaka Kyoiku University*

2 *Okayama Astrophysical Observatory, NAOJ*

Abstract: We have produced a multimedia software dedicated for astronomical education. Our attention is focused on the light and its spectrum seen in the universe. We explain in this software the basic concepts of the spectrum, show various laboratory spectra and those seen in our daily life. We collect spectral images of various astronomical objects, including solar system objects, stars, nebulae, galaxies and quasars.

In order to demonstrate their physical properties, we use several movies and animations, while many images are documented using the HTML. We hope that this software is useful for students, teachers, amateurs, and researchers, who are interested in astronomy and astrophysics.