

## JAHOU スペクトルカリキュラム・ワークショップの報告

木村 かおる（理化学研究所 計算宇宙物理研究室）

### 1. はじめに

日本ハンズオンユニバース協会（以下、JAHOU と略記する）では、主に米国で開発された教育プログラム、Hands on Universe のテキストを利用して活動を行っているが、その中では残念ながら天体分光學は扱っていない。そこで JAHOU では、会員を中心にスペクトルカリキュラム・ワーキンググループを組織し、天体分光學を対象にしたカリキュラムを作成した。テキストや解析用データは web 等で公開しており、興味を持つ方に自由に使っていただけるようになっている。しかし、天文分光學は高校物理で取り扱われないため、このカリキュラムをどのように授業に導入したらよいか、JAHOU 会員の中でも議論になっていた。2003 年 7 月にティーチャーズワークショップを開催した際に、執筆者の一人である半田利弘氏の提案で、年度内に一度講習会を開くこととなった。

12 月下旬、我々は JAHOU 会員を対象にスペクトルカリキュラム・ワークショップを美星天文台で開催した。このワークショップでは、このカリキュラムでは何を伝えたいのか、分光學とはなにかといった講義のほか、教室で行う実験の検討、観測や実践報告を行った。その様子を報告したい。

### 2. JAHOU スペクトルカリキュラム

私たちは分光學とはどんなものかを知らずに、宇宙の大きさや年齢、ブラックホールの存在などを学ぶことが多い。JAHOU スペクトルカリキュラムは、分光スペクトル観測が、最新の天文学と密接に関係しており、その解析方法が理解できるように作られた。スペクトルカリキュラムは、ワークブックとティーチャーズノートの 2 分冊となっており、ティーチャーズノートの前書きには、カリキュラムの趣旨が次のように述べられている。『スペクトルカリキュラムは、分光スペクトル観測において、その基礎的概念を、実体験を通じて中高生が理解することを目的とした独立教材である。』よって、実際にカリキュラムの中で利用されるデータは、FITS データであり HOU-IP、Makali i、Q-FITS といった教育普及用の画像処理ソフトを使って解析することが可能である。

以下、スペクトルカリキュラムの目次を上げるが、天体分光學の基本的な概念と実際のデータを解析することで、天体スペクトルの理解を深めることを目的としていることが、明らかであることが分かっていたであろう。

#### 第 1 章 導入 「色で広がる新しい世界」

- 1-1. 虹を調べてみよう
- 1-2. 何がわかるのだろう
- 1-3. 光と波
- 1-4. 運動とドップラー効果

#### 第 2 章 分光と組成 「虹で見る物質の指紋」

- 2-1. 恒星のスペクトル「星の虹を見てみよう」

2-2. 天体は何からできている？

2-3. 星雲のスペクトル「星雲の虹を見てみよう」

第3章 分光と温度 「虹は温度計」

3-1. 恒星のスペクトルと温度

第4章 分光と運動 「光の速度計」

4-1. 太陽の自転

4-2. 銀河の回転

4-3. 宇宙膨張

4-4. カニ星雲の膨張速度を測ろう

### 3. スペクトルカリキュラム・ワークショップ

ワークショップは JAHOU の TRA である大島修氏、畠浩二氏の呼びかけで、半田利弘氏を講師に、美星天文台の協力のもとで 12 月 26 日～28 日に行なわれた。

ワークショップは 18 名の参加があり、研究職 4 名、教員 12 名、社会教育施設関係者 2 名となっている。うち 1 名は、米国・Oak Park & River Forest 高校から Kevin McCarron 氏 (HOU 実践校：HOUTRA) が参加した。

スペクトルカリキュラムは、半田・木村で以前から HOU の国際会議等でも紹介しており、HOU の活動に参加している各国からも活用したいという希望が多くでている。今回は、今後スペクトルカリキュラムを国際的にどのように発展させていくかという、意見交換のよい機会になった。

3 日間のワークショップの内容は以下のとおりである。

第一日目

1. ワークショップ開催の趣旨説明 (木村かおる)
2. 自己紹介
3. JAHOU スペクトルカリキュラムの基本的な考え方 (半田利弘)
4. 講義「スペクトルから分かること スペクトルから宇宙膨張を調べる」(半田)
5. 発表「Spectra In American High School Classroom」(Kevin McCarron)
6. スペクトルカリキュラム 1-2 何がわかるのだろう 演習  
簡易分光器の作成 (2 種類) スペクトルチューブを使っての実験  
SOFIA-KIT を使っての赤外線検出
7. 発表「レプリカグレーチングでの教材開発と実践」(五島正光)
8. 観測装置の説明と観測実習「恒星のスペクトルを集めよう、カニ星雲」

第二日目

1. スペクトルカリキュラム 2-1 恒星のスペクトル 演習
2. スペクトルカリキュラム 4-4 カニ星雲の膨張速度を測ろう 演習
3. 発表「Using SDSS In Classrooms」(McCarron)
4. 討論「スペクトルカリキュラムをどのように発展させていくか」
5. 観測実習

### 第三日目

1. スペクトルカリキュラム 4-3 宇宙膨張 演習
2. 発表「実践報告：4-3 宇宙膨張」(原正)
3. 意見交換

以上のようにワークショップでは、講義/発表、実験/観測実習、解析/演習を行き来することで、理解を深めることを目的とした。

## 4. ワークショップの成果

スペクトルカリキュラムのポイントは、色とスペクトルの関係、光と波の相似性、ドップラー効果による天文学への応用、およびスペクトルと化学組成、物理状態の理解である。その根底には「知識-理解-納得」という、物事を理解していく過程を学ぶこととしている。よって、実験、発見、結果の記述、第三者への結果発表と討論を通して、得た知識をより理解できるように内容が組まれている。その際に利用する道具が、コンピュータである。コンピュータは測定のための道具であって、画像の情報を取り出すために使われている。最終的には、どの單元においても、測定によって量的関係を見出すことを目標としている。

McCarron 氏の話では、米国でもスペクトルの取り扱いはわずかで、生物では光合成、化学では炎症反応、物理では虹の話程度にとどまっている。しかし、一部の高校では、恒星のスペクトルから太陽系外の惑星系を調査するといった大学レベルの調査研究：

「Research Based Science Education」を行っている。残念ながら、通常の授業で扱われているスペクトルと、大学で扱われるスペクトルの内容を埋める教材はなく、米国においてもスペクトルカリキュラムの導入には、大きな期待を寄せている。

五島氏、原氏の実践報告では、スペクトルカリキュラムや FITS 画像を用いた授業では、研究者が扱っているデータを自分たちが解析することにより、生徒が天文学に興味を持つ割合が高くなった、答えを導き出す手順を理解できたなど、比較的反応はよかったとのことである。一方で、コンピュータの操作でつまずき、興味をもてなかったという生徒もいたという報告があった。

実験・実習は、大島氏、McCarron 氏を中心に意見交換を交えて行った。簡易分光器は、スペクトルカリキュラムにある工作用紙を用いた箱型のもの、リソグラフの芯（ラップの芯）を用いたものを 2 種類作成した。箱型の簡易分光器は、作成中に改良点も見つかり、早速テキストに反映させることになった。市販されている分光器や、NASA のポスターから作成した簡易分光器などを用意し比較してみた。いずれも分光学への導入として、蛍光灯、電球、太陽光、スペクトルチューブを見るのに十分であることを確認した。また、五島氏により簡易分光器とデジタルカメラの実験の紹介があった。

大島氏からは、スペクトルの興味深い実験をたくさん紹介していただいた。アルコールランプを使った実験では、アルコールランプに不純物が混ざっているためにうまく実

験ができなかった。その代用品としてチャッカマンが有効であることもわかった。

McCarron 氏からは、1m ものさしを使ったスペクトルの解析方法や、太陽電池パネルを使って赤外線を見る方法などの紹介があった。

観測実習については、綾仁氏・川端氏にお願いした。美星天文台では 105cm の望遠鏡を用いての分光観測が可能であり、実際に研究者がどのような装置を使って、どのように観測をしているのか、その過程を体験することができた。観測は二晩を予定しており、一晩目は各スペクトル型の恒星と、カニ星雲の撮像を試みた。参加者は 2 人一組で、撮像、分光器のセッティング、データ取りを順におこなった。二晩目は自由参加とし、銀河と AGN の撮像を行った。

画像解析は、国立天文台で配布している Makali i を使用した。Makali i は教育普及用のフリーソフトで英語版も公開予定であるため、日米で共通の解析ソフトを使うことができ、情報交換が行いやすくなると考えている。Makali i の使い方を含め、スペクトルの解析方法については畠氏が担当した。当日使用したデータは、解析用に処理されたものではないため、作業に時間がかかったが、自分たちが撮像した生データであること、新しいデータであることは、常に作業に楽しみを与えてくれた。演習は 2-1、4-4、4-3 の予定していたものを、すべて新しいデータを用いて行うことができた。

## 5 . 最後に

ワークショップは、講義/発表、実験/観測、演習と盛りだくさんであったが、新しい発見や、改良点なども見つかり、得るものが多くまずは成功だったと思う。また、McCarron 氏の発表の中にあつた、『授業では虹しか教えていないのに、一方では太陽系外の惑星を発見したり、活動銀河を研究したりしている。このギャップを埋めるためには、教師と生徒だけではどうにもならない。地域の天文クラブとの連携、大学、天文台、研究者との協力が必要になる。』には、まったく同感である。個人的には、今回のワークショップには研究者、教員、社会教育施設関係者が参加され、大変理想的な顔合わせだったことに満足している。今後、スペクトルカリキュラムをどう発展させていくか、研究者 教師 社会教育施設関係者の連携をいかに進め、リアルサイエンスを授業や科学教室にどう取り入れていくかが課題である。

なお、JAHOU スペクトルカリキュラムは、教育利用以外に制限を設けていないので、どなたでも利用できる。カリキュラムは、下記の URL で公開している。

<http://jahou.riken.go.jp/wg/SpCurWG/>