

## 集中連載

# 国際教員研修プログラム NASE

## ～ワークショップ7「目に見えない光」～

松本 桂（大阪教育大学）、上之山幸代（和歌山大学）、鷺坂奏絵（和歌山大学）、  
富田晃彦（和歌山大学）、中串孝志（甲陽学院中高）、福江 純（大阪教育大学）

### 1. はじめに

2019年11月9日（土）および10日（日）の2日間にわたり、国際天文学連合の教員研修プログラム NASE-Japan 2019 [1] が大阪教育大学天王寺キャンパスで開催された [2]。本稿ではワークショップ7「目に見えない光」について紹介・報告する。なお、本稿で扱っている天文学上の概念や知識そのものは、読者には承知のものとして殊更解説はしない。

### 2. ワークショップ7のねらい

ワークショップ7のタイトルは Astronomy beyond the visible で、和訳では「目に見えない光」とした。

#### 概観：

天体は広い波長域で電磁波を放射している。しかし人間の視覚はその非常に限られた一部、すなわち可視光しか見ることができない。簡単な実験を通じて、人間には見えない電磁波の存在を実証することができる。学校で使われる望遠鏡で観測できること以上の天体観測を紹介する。

#### ねらい：

天体から放射される、人の目で感知できない電磁波エネルギーについて示す。電波、赤外線、紫外線、マイクロ波、X線の存在を確かめるために、いくつか簡単な実験を行う。

このワークショップでの活動は次の10個が用意されているが、NASE-Japan 2019では時間の都合で、いくつかの活動については

スライドで説明したり実習で使用する装置を紹介するのみにとどめたものがある。

1. 分光器の作成 (Building a Spectrometer)
2. 雨粒で太陽光を分解 (Decomposing sunlight with raindrops)
3. ハーシェルの実験 (Herschel Experiment in the IR band)
4. 携帯電話のデジタルカメラで赤外線を受ける (Detection of the IR with a modern technological tool)
5. 白熱電球からの赤外線 (Detection of the IR light of a bulb)
6. 赤外線 LED を使った星座 (Constellation with IR LEDs)
7. リモコンを使った星座 (Constellation with remote controls)
8. 電波を発生させる (Producing radio waves)
9. ブラックライト (Black light (UV))
10. 紫外線カットフィルタ (Filter UV radiation)

### 3. 活動1：分光器の作成

ワークショップの冒頭でスライドを用いてさまざまな波長の電磁波について概観した後、ペーパー分光器の作成を行った（図1、2）。

具体的には、(1) 分光器の台紙を切り抜く、(2) CD-Rの金属層を剥がす、(3) 台紙の窓に合う大きさにCD-Rを切る。これが回折格子になるので台紙の窓に貼る、(4) 台紙を匣に組み立てる。ただし(2)と(3)は講師が一括して行った。また作成した分光器で、白熱電

球や蛍光灯など異なる光源のスペクトルを見てその違いを確認した(図3)。

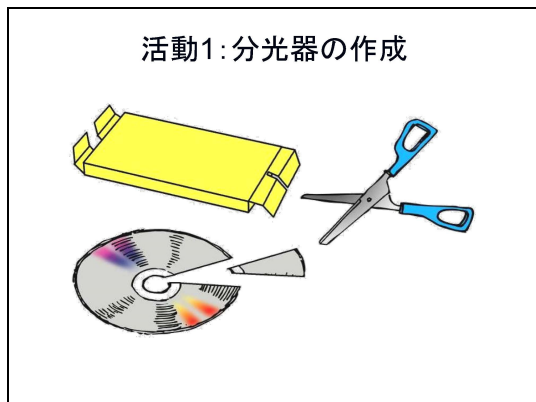


図1 活動1のスライド(ペーパー分光器)

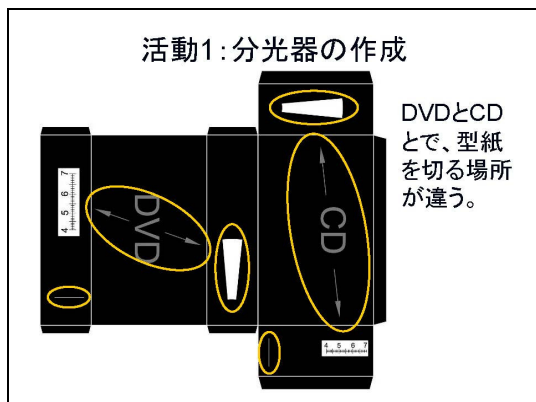


図2 活動1のスライド(分光器の台紙)



図3 活動1の様子

世話人側で用意するもの

- 分光器の台紙 [3]
- CD-R または DVD-R
- CD-R の切断が可能なはさみ

#### 4. 活動2：雨粒で太陽光を分解

ホースで水を撒いて虹を作る実習である(図3)。対象としてペーパー分光器の作成が難しいような小さな子供を想定しているらしい。屋外への移動時間が必要であり、また平均的な日本の学校教員であれば実体験を持っていると想定されるため、実施しなかった。



図4 活動2のスライド

NASEのスライドでは図4に続いて、星間雲など低温の天体からの放射、および赤外線についての説明があり、次の活動3へ続く。

#### 5. 活動3：ハーシェルの実験

1800年にウィリアム・ハーシェルはプリズムと温度計を使って、太陽光には目に見えない赤外線が含まれていることを発見した。これを再現する実習である。

具体的には、上面が開いたダンボール箱の底面に棒温度計を3本ないし4本並べる。また箱のふちに三角プリズムを、後で微調整できるようにテープなどで固定する(図5)。この時、棒温度計が箱の壁の影に入っているこ

と、およびプリズムが作る虹の青色、(緑色)、赤色、赤色の外側の部分に棒温度計の液溜めが来るように、太陽の日周運動も考慮しながら装置全体として調整する必要がある(図6)。また、事前に各温度計の示度が揃っていることを確認する。

その後、虹を温度計に当ててから1分ごとの温度を記録する。実際にやってみると、最も速く温度が上昇するのは黄～赤色付近である。しかし、赤色の外側で光が見えない場所でも温度は徐々に上昇することが見て取れる。当日は実際に太陽光で実習することは時間の関係でできなかつたが、著者が作成した装置の実物を参加者に検分してもらった。

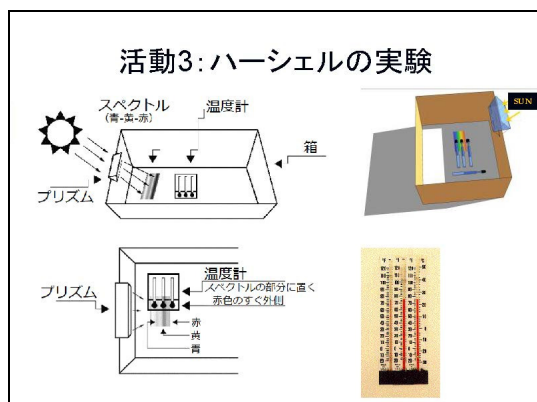


図5 活動3のスライド(赤外線検出)

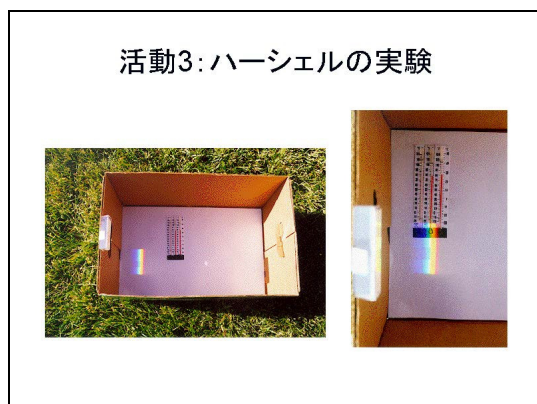


図6 活動3のスライド(温度計と虹の位置)

世話人側で用意するもの

- 三角プリズム
- 棒温度計 (3本または4本)
- 装置一式を収容する箱
- 温度の記録用紙 [4]

#### 6. 活動4: 携帯電話で赤外線を受ける

携帯電話やパソコンのWebカメラなど、近年の小型カメラデバイスで使われているセンサーの多くは赤外線域にも感度がある。また、たいていの電化製品のリモコンは通信に赤外線を使っている。そこで、リモコンのボタンを押したときに発光部から発射される赤外線をカメラを通して見ることで、目に見えない赤外線を見る実習である(図7、8)。

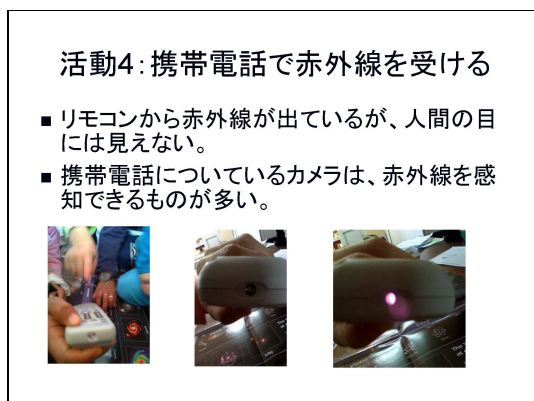


図7 活動4のスライド(赤外線を見る)



図8 活動4の様子

ただし著者の周囲では、最新型に近い iPhone のカメラではリモコンの光が見えないとの声もあった。これは、なまじカメラとしての性能が良くなっているため、赤外線をちゃんとカットしているからだと思われる。

世話人側で用意するもの

- 家電製品のリモコン

7. 活動 5：白熱電球からの赤外線

天体と地球の間に星間ダストなどがあると、可視光は遮断されるが赤外線なら見通せる状況が、天の川や暗黒星雲などの観測で生じる。白熱電球の連続スペクトルには可視光だけでなく赤外線も含まれているので、可視光では不透明でも赤外線を透過する物質を使ってこの状況を模することができる。

白熱電球の懐中電灯をフェルト生地で適切な厚さになるように包み、室内を暗くすると、目ではなにも見えないが、活動 4 で用いたカメラで見ると懐中電灯の灯りが見える (図 9)。

**活動5: 白熱電球からの赤外線**

- 白熱電球から発生するエネルギーの多くは可視光の範囲にあるが、赤外線も発している。赤外線は布を通り抜けるが可視光は通り抜けない。
- 同じ現象が銀河中の塵でも起こっており、これによって赤外線は透過できても可視光では不透明になっている。




図 9 活動 5 のスライド

ただし、フェルト生地の厚みを適切に調整するには試行錯誤が必要になるだろう。また、特に日本では白熱電球の懐中電灯の入手自体が難しくなっている (今回はベアトリズ・ガ

ルシアが持参したものを使用した)。


世話人側で用意するもの

- 白熱電球の懐中電灯
- 厚めのフェルト生地

8. 活動 6：赤外線 LED を使った星座

日本橋 (東京なら秋葉原) の電子パーツ屋で売っているような赤外線 LED を使って、有名な星座の星の配置になるように電子回路を作成し、活動 4 で用いたカメラで見る実習である (図 10)。活動 4 と本質的に同等の内容である一方、時間と手間はそれなりにかかるため、当日は実施しなかった。

**活動6: 赤外線 LED を使った星座**



カシオペア座を赤外線 LED で表示

図 10 活動 6 のスライド

世話人側で用意するもの

- 赤外線 LED 数個
- 電子回路の基盤
- 3~9V の電池または直流電源
- 100~500Ω の抵抗

9. 活動 7：リモコンを使った星座

活動 4 と活動 6 を併せたような実習である。リモコンを複数個用意し、星座の星の配置に手で持って、それを活動 4 で用いたカメラで見る (図 11)、いわゆる「人間星座」である。が……、絶対等級と距離を加味した星座の奥

行を再現する演示ならともかく、このような表層的な演示にはあまり意義を見出せなかった(幼児向けには良いかもしれないが)。また内容も本質的に活動4と同等である。

### 活動7: リモコンを使った星座



図11 活動7のスライド

世話人側で用意するもの

- 家電製品のリモコン数個 (活動4)

### 10. 活動8: 電波を発生させる

電池と導線で作った回路を閉じたり開いたりすると電波が発生する。この電波はAMラジオで受信することができ、音の形へ変換できる。また電波の強度は距離とともに減衰するが、壁などの障壁は乗り越えることができる。目に見えない電磁波である電波の存在を実感するための実習である。

これらを実演するために、2本の導線と9Vの電池を用いて回路を作る(図12)。一方の端をコイル状に巻き、もう一方の端は導体として鉛筆の黒鉛部を使う(鉛筆である必要性はない)。この回路を閉じるたびに電波が発生し、アナログAMラジオのチューナを動かしながら適切な周波数(当日使用した回路では650または1300kHz付近)で受信すると、ガリッというノイズが受かる。また、回路とラジオの間に遮蔽物を置いても受信できる。

### 活動8: 電波を発生させる

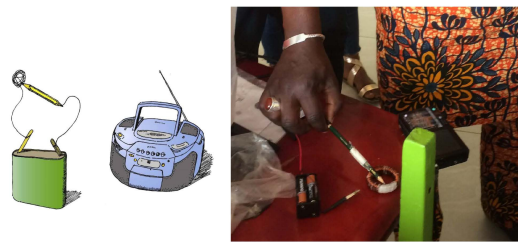


図12 活動8のスライド(電波を発生させる)

世話人側で用意するもの

- AMラジオ(アナログチューナ)
- 20cm程度の導線(2本)
- 9Vの電池

なお、スライドには用意されていないが、「木星の声を聴く」(Listening to the voice of Jupiter)という実習が活動9としてNASEの文章には存在する。これは、キャンパス大のアンテナを作り、短波ラジオで受信する。ただし、いつでも受信できるわけではない。

### 11. 活動10~12: ブラックライト(紫外線)、紫外線カットフィルタ

活動10以降は一連の実習となるので、まとめて記載する。スライドでは、活動10の前に、紫外線について放射の特徴、発見者、オゾン層との関係、天体の紫外線放射などの説明がある。

実習では、部屋を暗くした状態で、波長365nmのブラックライトを使い、目に見えない紫外線を蛍光物質に当てると光る、という演示を行う。また、蛍光物質の前にガラスレンズのメガネを置くとレンズの形の影ができる(紫外線を遮蔽する)が、プラスチックレンズのメガネだとその背後の蛍光物質はそのまま光る(図13)。

### 活動11: 紫外線カットフィルター

- ブラックライトまたは偽札探知機。
- 蛍光材料(紫外線に反応するもの)
- 一般的なガラス、メガネ(有機ガラスのものでないもの、それはプラスチック):これは紫外線フィルターになる。ガラスはUVを遮蔽するがプラスチックは遮蔽しない。



図 13 活動 10~12 のスライド (紫外線)

#### 世話人側で用意するもの

- 波長 365 nm のブラックライト
- 蛍光物質
- ガラスレンズのメガネ
- プラスチックレンズのメガネ  
(メガネは参加者に借りても良い)

スライドでは図 13 に続いて、X 線とガンマ線の説明、および電磁波の医療応用についての解説と続き、ワークショップが終わる。

#### 10. おわりに

いずれも(物さえ用意できれば)簡単に行える実習である。NASE の実習に共通の特徴は、様々な天文学上の概念や知識について、理屈としては理解しているが、実際にやってみたら確かにそうだった、と言えるようになる説得力があることだと感じた。

#### 文 献

- [1] NASE-Japan 2019  
<http://web.wakayama-u.ac.jp/~atomita/nasejapan2019/>
- [2] 富田晃彦、福江純、松本桂、中串孝志、上之山幸代、鷺坂奏絵 (2020) 「国際教員研修プログラム NASE: NASE-Japan 2019 の概観と開催の経緯」天文教育, Vol.32, No.2, 42-48

- [3] NASE-Japan 2019 ウェブサイト [1]、  
 工作型紙の PDF ファイル、7 枚目
- [4] NASE-Japan 2019 ウェブサイト [1]、  
 実習 7 の PDF ファイル、15 枚目



松本 桂



上之山 幸代



鷺坂 奏絵



富田 晃彦



中串 孝志



福江 純