

簡易自作分光器を使った高校における課題研究の充実

直井 雅文（埼玉県立浦和高等学校）

Science project study in high school using a self-built spectrograph

Masafumi Naoi (Saitama Prefectural Urawa High School)

Abstract

Spectroscopic observation is the method that provides various physical quantities. So, I built a spectrograph because the spectrograph was expensive. In this report, I introduce some themes of science project study in high school using a spectrograph.

1. はじめに

天体の分光観測は様々な物理量を得ることのできる有効な観測法である。しかし、既製品や特注品の分光器は高価なものが多く、分光観測は高校における理科課題研究や部活動の研究にとってはハードルの高い方法になっている。そこで簡易な分光器を自作し、それを使ってどんな研究テーマが可能か、ここで報告する。

2. 簡易分光器の製作と主な観測対象

(1) 対物分光器

カメラレンズの先端に透過型回折格子を取り付けただけの、シンプルな構造である（図1）。高感度ビデオカメラに明るいレンズを組み合わせ、微弱な光での分光観測を可能にしたところが特徴である。そして、点光源であればスリットがなくてもスペクトルが得られるので、流星の分光観測への活用を考えた。



図1 対物分光器と観測時の様子

(2) スリット分光器

スリットの部分を透過した光を、コリメータレンズで平行光にし、透過型回折格子で分散させる構造である（図 2）。そして、高精度のカメラ用交換レンズと天体用冷却 CCD カメラを使い、測光精度をある程度高めた。そして、太陽大気や地球大気のスペクトル線を捉える月などの分光観測を考えた。

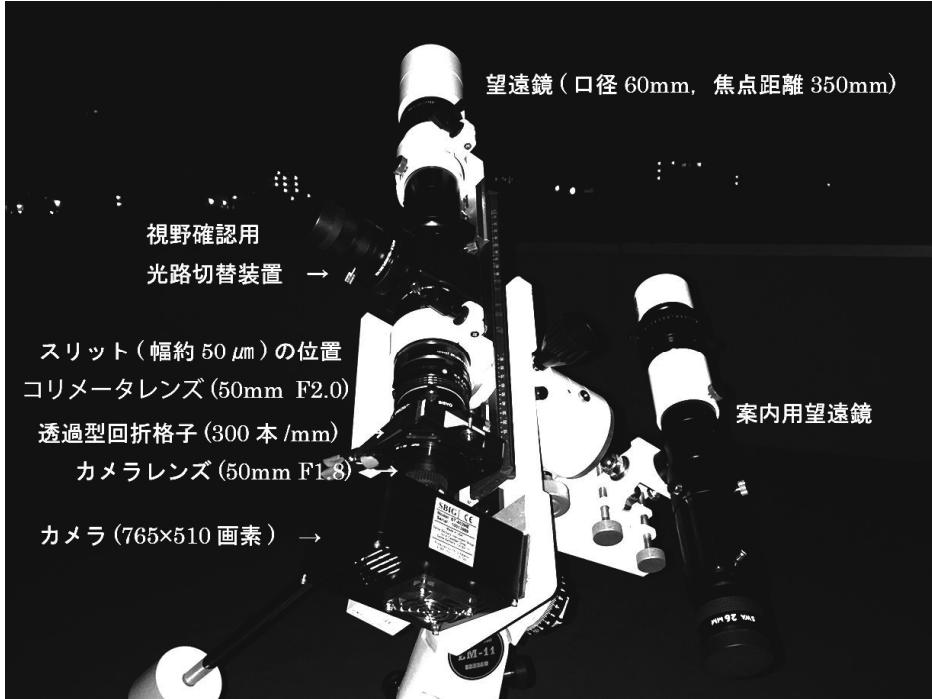


図 2 スリット分光器と観測時の様子

3. 実際の研究例

(1) 対物分光器による流星の観測

① 観測

時 間 : 2013 年 12 月 15 日 0 時～5 時

場 所 : 埼玉県立浦和高校の屋上

方 法 : 3 台のカメラを、視野を少しづつずらしてセットし、ガイドせず動画を記録する（図 1）。

② 解析

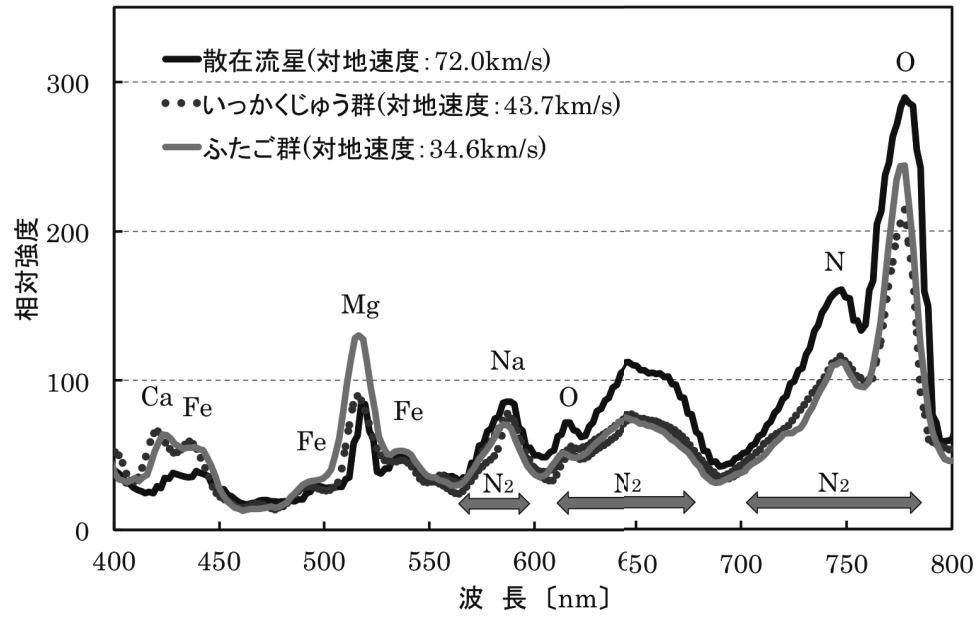
- ・スペクトルを捉えた部分を含めた前後の動画データを取り出し、一コマずつ“すばる画像解析ソフト マカリ(国立天文台作成)”で扱える FITS 形式に変換する。
- ・ダーク処理およびフラット処理をする。
- ・カメラの分光特性の補正を行う。
- ・既知のスペクトル線の波長と測定座標から、波長の校正をする。
- ・波長に対する相対強度のグラフをつくる。

③ 結 果

一晩で 3 つの流星スペクトルを捉えることができ、次の傾向が分かった（図 3）。

- 明るさのかなりの部分は、 N_2 などの大気による発光成分である。
- 対地速度が大きい流星の方が、地球大気による発光成分の割合が大きい。
- ふたご座流星群の Mg の輝線の強度が、他の 2 つの流星と異なるように見える。

図3 発光から消滅まで平均した流星スペクトル



(2) スリット分光器による月の観測

① 観 測

時 間 : 2014 年 10 月 8 日 17 時 45 分～18 時 45 分

場 所 : 埼玉県立浦和高校の屋上

方 法 : 月, Sky の画像を交互に撮影する（ダーク処理は撮影のたびに自動で行う）。

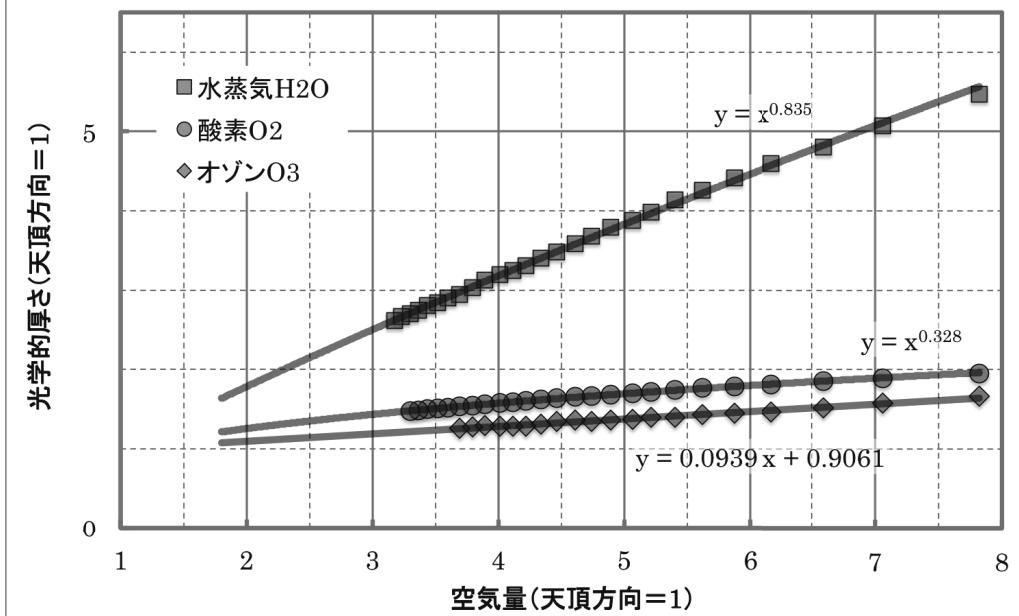
② 解 析

- 天体用冷却 CCD カメラからは、直接 FITS 形式でデータが得られるので、ダーク処理のみを行い、測定できるデータにする。
- 分光器全体の分光特性の補正を行う。
- 大気外の太陽のスペクトルデータを大気外の月のスペクトルデータと見なし、観測データと比較して、地球大気による散乱（レイリー散乱とミー散乱）の量を見積もる。
- オゾン O_3 、水蒸気 H_2O 、酸素 O_2 の吸収帯について、大気による散乱のみを受けた月の光と観測値から、各分子の吸収による光学的厚みを求める。
- 月の高度から、光が地球大気を透過した際の空気量を見積もる。
- 空気量に対する各分子の吸収による光学的厚みの関係をグラフにする。

③ 結 果

空気量に対する地球大気分子の吸収による光学的厚みは、オゾン O_3 は直線近似、水蒸気 H_2O と酸素 O_2 は累乗近似で表せそうであることが分かった（図 4）。

図4 月の高度と地球大気分子による吸収



4. 課題研究のテーマ案

(1) 対物分光器

捉えられるスペクトルは、流星群のときでも 1 晚で多くて数個である。しかし、データが増えれば、以下のような研究テーマが考えられる。

- ・ 「流星の発光成分は何か」
- ・ 「流星の速度と発光成分の関係」
- ・ 「流星群の違いと発光成分の関係」 など

(2) スリット分光器

高分散のスペクトルは得られないが、月や青空・夜空の分光観測から、地球大気による吸収・散乱の影響が調べられる。また、雲や植物などの反射スペクトルと比較して、次のような研究テーマが考えられる。

- ・ 「月の高度と地球大気分子の吸収量の関係」
- ・ 「エーロゾルによる散乱」
- ・ 「物質の色と分光反射率」 など

5. おわりに

高校の部活動や授業の課題研究に、自作の分光器でも十分使えそうであることが分かった。今後は、実際の研究に使い、またテーマ案も増やしていきたい。

※ この研究は、平成 27 年度科学研究費助成事業（奨励研究）の助成を受けて行った（課題番号 15H00176）。

重力波を使った天文教育

大西 浩次（長野工業高等専門学校）

Astronomy Education using the Topic of Gravitational Waves

Kouji Ohnishi (Nagano National College of Technology)

Abstract

The gravitational wave has been detected in September 2015. This was an unexpected phenomenon that is the coalescence of the 30 solar mass-30 solar mass black holes binary. KAGRA is just before the operation starting now. I introduce the way of approach as the astronomy education about how to tell a gravitational wave and how to support the gravitational wave research, especially, KAGRA (Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope) in Japan.

1. はじめに

2016年2月12日（日本時間）、アメリカのレーザー干渉計重力波観測所LIGO[1]が、2つのブラックホールの衝突合体による重力波の検出に成功したと発表した。重力波とは、中性子連星の衝突合体や超新星爆発など、大きな重力源の変動が作る小さな「時空のさえずり」ともいえる重力の波動である。重力波の検出は、AINSHUTAINによる一般相対性理論から予言される最後の宿題であった[2]。

1980年代後半、重力波の検出のため、各国でレーザー干渉計検出器が計画された。アメリカではLIGO、日本ではTAMA300などである[3]。

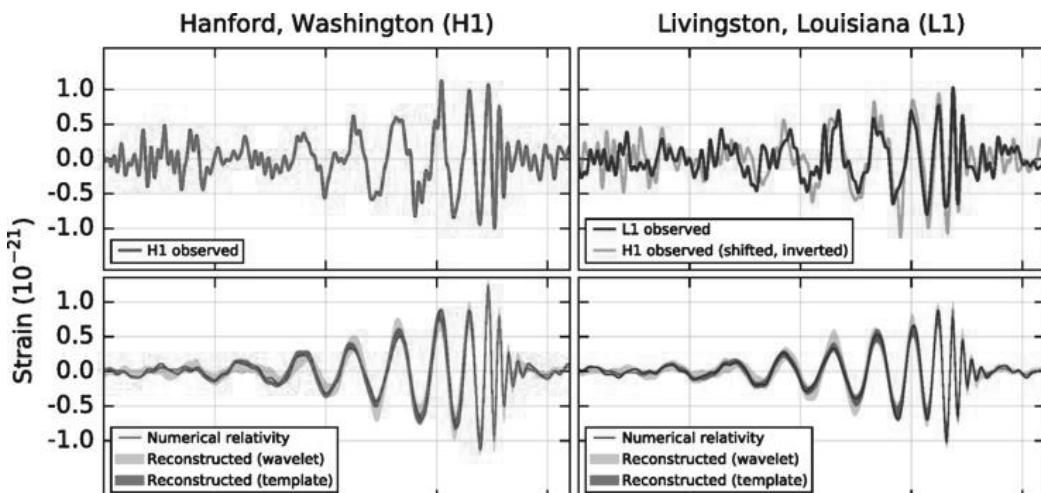


図1 受信された重力波の波形（左：ハンフォード観測所(H1)、右：リビングストン観測所(L1)) (P. Abbott et al. Phys. Rev. Lett. 116, 061102 (2016), Fig1[2]より改変)。上段は、観測された波形の時間変化、下段はブラックホール連星の衝突合体のシミュレーション。観測された重力波の大きさ($\text{Strain} = h = \delta L/L$)は 10^{-21} のマイナス 21 乗ほどの小さな変動である。これは、太陽・地球間の距離で原子 1 個分の大きさの変動に相当する。この波形は 2 つのブラックホールの公転周期が、わずか 0.2 秒間の間に、急激に短く（数ミリ秒）なり衝突して一体化する様子である。この波形を音で表現すると「チャーブ音」（鳥のさえずりの音）となる。なお、この重力波は L1 での受信の約 6.9 ミリ秒後に H1 で受信された。この時間差から重力波の到来方向が大マゼラン星雲を含む南天から北天へ続く約 100 度の帯状の領域であると制限されている。

これら第 1 世代目の干渉計の重力波源のメインのターゲットは銀河系近傍の中性子連星の衝突合体であった。これら第 1 世代目の検出感度で検出可能な事象は、数十万年に 1 度くらいの稀な現象と推定され、事実、重力波の検出はできなかった。ところで、もし、検出感度が数百倍向上すれば (Strain=h を 10 のマイナス 23 乗以上) 検出可能領域の体積は数千万倍も大きくなる。だから、年間数十回程度の検出が期待できることになる。いま、新しい技術で検出感度を向上させる第 2 世代目の観測装置が、次々、建設・稼動し始める。

2. 新 LIGO による重力波検出と KAGRA

第 2 世代目の観測装置の稼動の先陣を切ったのが新 LIGO だ。昨年、2016 年 9 月 12 日より試験観測を始め、そのわずか 2 日後の 9 月 14 日に史上初となる重力波を検出したのだ(図 1)。この解析の結果、太陽質量の 29 倍と 36 倍のブラックホール連星が衝突合体し 62 倍のブラックホールが出来る現象であることが分かった。このわずか 1 度の検出で、重力波の実証と同時に、ブラックホールの初の直接検出と予想外の 30 太陽質量ブラックホールの存在まで分かったのだ[4]。検出の 2 日後に重力波源のマルチメッセンジャー探査のアラートが流された。日本の光学グループは直ちに南天や北天の領域を探査したが、突発天体は見つからなかった。光学探査領域が、あまりにも大きいからだ(ブラックホール同士の連星合体のためでもあるが)。

ところで、日本の 2 世代目である KAGRA (Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope) の試験観測がもうすぐ始まる[5]。2 台の LIGO とヨーロッパの VIRGO も合わせると、来年には 4 台の重力波望遠鏡ネットワークが完成する。これらができると、重力波の到来方向がある程度特定できる様になる。これによって、重力波源の光学同定が可能になるだろう。

3. 天文教育と天文啓蒙イベント・天体现象イベント・天文学的現象イベント

天体现象や天文学(イベント)を題材とした天文教育キャンペーンとしては、これまで、大きく 2 つのカテゴリーを中心に行なわれてきている。ひとつは、天文啓蒙イベントで、大きな組織が記念年などにちなんで啓蒙イベントを行なうものである。例えば、2009 年のガリレオの望遠鏡から 400 年を記念した「世界天文年 2009」では、全世界的な啓蒙活動とともに、学校や社会教育施設の方々のグループや市民による草の根的な活動によって、天文教育キャンペーンとしては、画期的な成果を挙げることができた。また、2014 年から 2015 年にかけて行なわれた国際天文学連合(IAU)の系外惑星命名キャンペーンも成果を挙げたキャンペーンのひとつと言えるだろう。

もう一方は、天文現象の観測などを呼びかける形の天体现象観察キャンペーンで行われる天体现象イベントである。その代表的なものに、2012 年の金環日食の際に安全な観察のためのキャンペーンが行なわれた[6]。また、このキャンペーンの派生として、市民科学的な観測プログラムがいくつか行なわれ、金環日食の観測から太陽の直径を求めるなど、科学的な成果を得たものもあった。

このタイプのキャンペーンの中で、天文学的な現象を使ったイベントが考えられる。著者は、銀河系中心巨大ブラックホール天体 Sgr A*に落ち込むガス雲 G2 によって銀河系中心ブラックホールの活動が活性化をする様子を使い、市民に「**研究現場のどきどき・わくわく感をリアルタイムに伝える**」可能性を考えた。すなわち、研究者と教育者が連携しながら市民にリアルタイムに科学の最前線の成果と研究者の活躍を伝える試みである。しかし、ガス雲 G2 による銀河系中心の活発化(ミニ AGN 化)は残念ながら起こらず、リアルタイムに観測データやその様子を市民と共有するという試みはできなかった。それでも、研究者と教育者の連携を強めることができたと考える。なお、この銀河系中心にある若い星団の中で Sgr A*に非常に近づく星 S2 による銀河系中心の活発化の可能性が考えられている。Sgr A*と S2 の最接近の 2018 年に向けて、改めてキャンペーンを練り直したいと考えている[7]。

4. 重力波と天文教育

2016 年、すでに重力波天文学がスタートしている。このような時代に、天文教育は重力波と、どのように向き合っていくのであろうか。重力波を説明しようとする場合、どうしても一般相対論の話や干渉計、量子光学など高度な科学知識が前提になることが多く、それらをいかに「正しく」+「やさしく」伝えるか、十分にコンテンツを練る必要がある。また、科学データをどのように視覚や知覚に訴えられるようにするか、検討する項目が多い。このように考えると重力波を題材とした天文教育は非常に厳しいように思われる。そして、事実、多くの困難があると考える。それにも関わらず、我々は、重力波は天文教育の題材として重要だと考えている。

いま、神岡の鉱山の地下に、日本では第 2 世代目となる重力波望遠鏡 KAGRA が建設中である。最初の構想では、2 台の LIGO やヨーロッパの VIRGO、そして、KAGRA が本格稼動を開始する 2018 年頃、4 台同時で中性子連星合体に伴う重力波が「最初の重力波」として検出されるだろうと考えられていた。しかし、想定外の「30 太陽質量ブラックホール連星」の存在と、その合体に伴う（大きな振幅の）重力波が調整中の LIGO で検出されたことにより、日本の KAGRA が完成したころには、2 番煎じの検出装置とみなされる可能性がある。このような状況下で、私達は、KAGRA を主とする重力波望遠鏡を応援すべきなのであろうか。

私の答えは、「YES」だ。私達が、天文学をどのように伝えていくか、科学をどのように伝えていくかという命題を考えたとき、いま、建設中の KAGRA がどのようにシステムを建設し、検出準備を進めているか、そうして、いかに「重力波を検出する」かを、リアルタイムで伝えていくことで、「研究現場のどきどき・わくわく感をリアルタイムに伝える」ことができるのではないかと考える。私達がいま試されている科学教育・天文教育は、市民にあやふやな知識を伝えるのではなく、**科学の現場を共有することで、科学的な精神とは何かを確認する場を作ること**ではないだろうか。この意味では、日本の KAGRA を応援しながら、「研究現場のどきどき・わくわく感をリアルタイムに伝える」ための組織を作り、研究者と市民をつなぐことが大切ではないかと考えている。

5. まとめ

夜空を見上げるといろいろな思いを込めた名前の星を見つけることができる。最近、これらに 19 の系外惑星系の名前が新たに付け加えられた。これらの名前を見ていると、**天文学は私たちの文化そのものなのだと改めて気づくであろう**。ここで、重力波を使った天文教育は、科学を文化として多くの人に広めるための一つの試金石になるかもしれないと考えている。皆さんと、研究者と連携して、重力波を使った天文教育を構築して見ませんか。

参照

- [1] LIGO は、ルイジアナ州のリビングストン観測所と 3000 km 離れたワシントン州のハンフォード観測所の同型の基線長 4 km のレーザー干渉計重力波検出器 2 台で構成されている。
- [2] P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration) Phys. Rev. Lett. 116, 061102 (2016)
- [3] TAMA300: http://tamago.mtk.nao.ac.jp/tama_j.html
- [4] 太陽質量程度のブラックホールと数百万倍太陽質量の巨大ブラックホールの存在が間接的に知られていたが、これらの中間に埋める質量を持つブラックホールは見つかっていなかった。
- [5] 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA は、神岡鉱山の内部で建設中の基線長 3 km のレーザー干渉計重力波検出器。<http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/>
- [6] 「児童・生徒一人一人が安全かつ主体的に日食を観測するための教材の開発とその評価」(基盤研究(C)) 大西浩次
- [7] 「銀河系中心天体 Sgr A*事象を使った教育活動とその評価」(基盤研究(C)) 大西浩次

60mm 天体望遠鏡で見える 60 天体

60 celestial objects seen in aperture 60mm telescope

伊藤芳春 (聖和学園高等学校)

Yoshiharu ITO(Seiwa-gakuen High School)

1. はじめに

晴れいたら手軽に星を見たい、どんな望遠鏡でどのような天体を見たら楽しいのか自分なりにまとめ観望会で見せています。天体望遠鏡として楽しめる最低の大きさは経験上 6cm と思われ、また日頃お世話になっている仙台市天文台も 60 周年であったため、60 天体を選んでみました。明るい星ばかりですが、見やすいだけでなく天文学の発展に貢献した天体もいくつかあります。

2. 仙台市天文台について

1955 年仙台市中心部の西公園（桜ヶ岡公園）に、口径 41cm 反射望遠鏡を備えた天文台として創立されました。仙台市民の応援を得て、市民のためにつくられた天文台です。6 年目より中学生のために天文台実習が始まられ、1967 年には河北新報社よりプラネタリウムが寄贈され、小中学生のための学習投影が行われています。2008 年には都市化による観測環境の悪化と、仙台市地下鉄東西線建設のため移転を余儀なくされ、仙台市西部の愛子（あやし）地区に移転されました。2016 年には 60 周年となり、当時天文少年としてお世話になった方々も仙台市天文台とともに還暦相当の年となりました。現在、平日の午前中のプラネタリウムは学校利用に割り当てられることが多く、その時は一般の方々は利用できません。実は、幼稚園から高校・支援学校まで、1 年間に約 530 校、約 3 万 7000 人の児童生徒が授業の一環として天文台学習を受けているためです。

3. 口径 60mm 経緯台の能力と限界

表 1 60mm 望遠鏡のデータ

口径	60mm
焦点距離	600mm
口径比	F10
分解能	1.9 秒
集光力	73 倍
極限等級	10.7 等
架台	経緯台

東北地方は一般にシーイングが悪く、岡山天体物理観測所の最良のシーイングが 1.2 秒であることを考えると分解能 1.9 秒はまずまずの値です（表 1）。口径が小さいため集光力は圧倒的に小さく、手軽さを優先させたため架台は経緯台です。日周運動により天体が望遠鏡の視野を移動していくが、日周運動が見え地球の自転が分かるというメリットと考えました。彗星や星雲・星団は見えにくいですが、月惑星等の明るく有名な天体が見える望遠鏡と割り切ることにします。手軽な経緯台の望遠鏡（図 1）

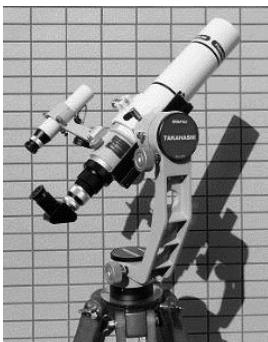


図 1 60mm 経緯台



図 2 双眼実体鏡

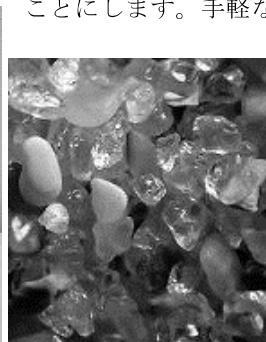


図 3 宮戸島の鳴砂

としては、ライバルは双眼実体鏡（図 2）です。組み立ての煩雑さは一切なくサンプルを置くだけで見ることができる（図 3）手軽さに近づけたいと思います。

4. 60 天体の選定

60mm 望遠鏡は集光力が弱いため、6 等級以上とし、仙台市天文台発行の季刊フリーマガジン「ソラリスト」の星図に出ている星を選ぶことにしました。多少の例外もあります。

対象天体：月・惑星・衛星（6）、一等星（16）、星雲・星団（13）、二重星（16）、赤い星（3）、系外惑星のある星（5）、天文学上の重要な発見（4）、近距離の恒星（4）（ ）内は天体の数。

No	星座	名前	分類	等級	距離（光年）	スペクトル型
1		月	衛星	-26.74		
2		水星	惑星	-12.7		
3		金星	惑星	-0.5		
4		火星	惑星	-4.4		
5		木星	惑星	-2.1		
6		土星	惑星	-2.5		
7	オリオン	ベテルギウス	一等星	0.5	500	M1
8	オリオン	リゲル	一等星、二重星	0.1+6.8	700	B8
9	オリオン	M42	オリオン大星雲	4	1300	
10	オリオン	トラペジウム	四辺形	4	1300	O8
11	ふたご	カストル	一等星、二重星	1.6+2.9	51	A1+A2
12	ふたご	ポルックス	一等星、系外惑星	1.1	34	K0
13	おおいぬ	シリウス	一等星、近距離	-1.5	8.6	A1
14	おおいぬ	M41	散開星団	5.0	2470	
15	こいぬ	プロキオン	一等星、近距離	0.4	11.5	F5
16	かに	M44	プレセペ星団	3.7	510	
17	しし	レグルス	一等星	1.4	79	B7
18	しし	ガンマ	二重星	1.8+3.6	130	K1+G7
19	おおぐま	ミザール	二重星	2.1+4.0	86	A1+A1
20	おおぐま	VY	赤い星	5.9~6.5	2500	C5
21	りょうけん	コール・カロリ	二重星	2.8+5.6	115	A0+F0
22	りょうけん	Y	赤い星	5.5~6.0	4000	C6
23	りょうけん	M3	球状星団	6.4	45000	
24	かみのけ	Mel 111	星団	2.7	270	
25	うしかい	アークトゥルス	一等星	-0.0	37	K1
26	うしかい	イプシロン	二重星	2.4+4.9	210	K0, A2
27	おとめ	スピカ	一等星	1.0	250	B1
28	おとめ	ガンマ	二重星	2.8+3.5	38	F0, F0
29	ヘルクレス	アルファ	二重星	3+5.4	600	M5+G5
30	ヘルクレス	M13	球状星団	4.0	22000	

31	かんむり	R	不規則変光星	5.7-14.8		C0
32	こぐま	ポラリス	北極星	2.0	430	F7
33	さそり	アンタレス	一等星	1.0	550	M1
34	さそり	M4	球状星団	5.2	7000	
35	はくちょう	デネブ	一等星	1.3	1400	A2
36	はくちょう	アルビレオ	二重星	2.9+5.1	430	K3+B8
37	はくちょう	61番星	二重星, 近距離, 固有運動	5.2+6.1	11.4	K5+K7
38	こと	ベガ	一等星	0.0	25	A0
39	こと	イプシロン	二重星	5.1+6.0	150	A7
40	わし	アルタイル	一等星	0.8	17	A7
41	わし	クサイ	系外惑星	4.7	18	G9
42	こぎつね	M27	惑星状星雲	7.6	970	
43	いるか	ガンマ	二重星	4.5+5.2	80	K0, F7
44	ケフェウス	ガーネットスター	赤色星	3.4-5.1	3000	M2
45	ケフェウス	ガンマ	系外惑星	3.2	46	K1
46	ペガスス	M15	球状星団	5.2	49000	
47	みなみのうお	フォーマルハウト	一等星, 系外惑星	1.2	25	A3
48	アンドロメダ	M31	銀河	4.4	230万	
49	アンドロメダ	ガンマ	二重星	2.2+5.0	390	K3+B8
50	ペルセウス	アルゴル	食変光星	2.1-3.4	93	B8+K2
51	ペルセウス	h- α	二重星団	4.4, 4.7	7330	
52	くじら	ミラ	脈動変光星	2.0-10.1	300	M5
53	くじら	ガンマ	二重星	3.5+7.3	80	A2+G5
54	ぎょしゃ	カペラ	一等星	0.1	43	G8+G1
55	ぎょしゃ	M37	散開星団	6.2	4720	
56	おうし	アルデバラン	一等星	0.9	67	K5
57	おうし	イプシロン	系外惑星	3.5	147	K0
58	おうし	ヒアデス星団	散開星団	0.8	130	K0
59	おうし	すばる	散開星団	1.4	410	B6
60	エリダヌス	イプシロン	近距離	3.7	10.5	K2

データは理科年表, 天文年鑑, フィールド版スカイアトラスより選びました。

5. 天文学史上の重要な星

理科年表の「天文学上の重要な発明発見と業績」より光学望遠鏡で見える天体を拾い出し,
60mm 望遠鏡で見える天体には○印をつけてみました。

- 1596年 ミラ星の変光 ファブリチウス (ドイツ)
- 1609年 望遠鏡による天体観測 ガリレオ (イタリア)
- 1656年 土星の環の確認 ホイヘンス (オランダ)
- 1675年 木星衛星の食による光の速度 レーマー (デンマーク)

- ・1801年 小惑星ケレス ピアジ（イタリア）
- 1838年 恒星の視差 ベッセル（ドイツ）ヘンダーソン（イギリス）ストルーヴェ（ロシア） はくちょう座 61番星
- ・1925年 白色矮星 エディントン（イギリス）アダムス（アメリカ）
- 1995年 主系列性のまわりの惑星 マイヤー、ケロツ（スイス）
- ・1995年 褐色矮星 パロマーグループ等

系外惑星を持つ恒星も見えます。残念ながら系外惑星は見えません。

おうし座イプシロン、ボルックス、フォーマルハウト、ケフェウス座デルタ

近距離の恒星の中で、はくちょう座 61番星は初めて年周視差が測定された恒星です。

名前	等級	距離
シリウス	-1.5 等	8.6 光年
エリダヌス座イプシロン	3.7 等	10.5 光年
はくちょう座 61番星	5.2 等	11.4 光年
プロキオン	0.4 等	11.4 光年
くじら座タウ	3.4 等	11.9 光年

くじら座タウは肉眼で見えるのですが、主要な星座の恒星ではないので「60天体」には入れませんでした。

6. 東日本大震災の夜の月

2011年3月11日の夜は、停電のため街明かりが無い中、時折雲間から見える星と月がとても美しかったことを覚えています。月齢6.5の月を見たときはあの日を思い出してほしいと思っています。

7. おわりに

60mm 天体望遠鏡でも十分美しく見飽きないほど楽しめる天体がありますが、天文学史上の意義など付け加えて説明すると印象深くわかつてもらえるのではないかと思います。

参考文献

仙台市天文台年報、第8号、2015、仙台市天文台

ようこそ星めぐり、2015、高橋博子、河北新報出版センター

ソラリスト、季刊フリーマガジン、仙台市天文台

理科年表、2015、国立天文台、丸善

天文年鑑2016、誠文堂新光社

フィールド版スカイアトラス、白尾元理、丸善

質疑応答

Q: GIGASTARの星空シートに展開すると、実際の空に筒を向けるきっかけになるかなと思いました。その時は、ぜひ、物語を執筆してください。（間瀬康文さん）

A:できるだけ協力します。

Q:いろいろ星を見ていると思いますが一番お気に入りの天体は何ですか？（大西浩次さん）

A:濃赤色の星、こと座Tです。9等ですが、ベガの近くなので写真からでも見つけ出せます。

水沢 VLBI 観測所における広報活動と木村榮記念館

亀谷 收 (国立天文台水沢 VLBI 観測所)

Outreach Activity of the NAOJ, Mizusawa and Kimura Hisashi Memorial Museum

Osamu Kameya (Mizusawa VLBI Observatory, National Astronomical Observatory of Japan)

Abstract

Mizusawa VLBI Observatory, a branch of NAOJ, has been continuing outreach activity together with Oshu Space & Astronomy Museum for many years. Kimura Hisashi Memorial Museum, which is operated by the Mizusawa VLBI Observatory, will become 50 years old in next year 2017.

1. はじめに

国立天文台水沢 VLBI 観測所[1]では、キャンパス内に奥州市が設置している奥州宇宙遊学館[2]および運営母体の NPO 法人イーハトーブ宇宙実践センターと協力しながら、天文教育普及活動を長年続けています。ここでは、ここ数年の取り組みについて報告します。

例年実施しているキャンパスの特別公開（いわて銀河フェスタ 2016）は、本年は 8 月 20 日（土）に実施し、1000 名以上の来場者を迎えるました。1967 年に開館した木村記念館（現、木村榮記念館：きむらひさしきねんかん）は、来年設置 50 年を迎えます。更に臨時緯度観測所として 1899 年 12 月に開所してから 2019 年で設立 120 周年を迎える事を踏まえ、それに向けての取組み等を紹介します。図 1 に国立天文台水沢 VLBI 観測所のキャンパスの航空写真（国立天文台水沢提供）に設置されている施設の名称等の説明を加えて示します。



図 1 国立天文台水沢 VLBI 観測所のキャンパス（上が南）

キャンパスは基本的に年末年始を除いて昼間は無料で見学が自由にできます。また、基本的に火曜日を除き（正確な休館日はHP等でご確認ください）、奥州宇宙遊學館と木村榮記念館[3]を見学する事が出来ます。（ただし、奥州宇宙遊學館は大人で200円の入場料がかかります。木村榮記念館は入場無料です。）

2. 国立天文台水沢 VLBI 観測所の天文教育普及および広報活動のここ1年間の状況

（1）文化財登録に向けた取り組み

国立天文台の三鷹キャンパス内には、多数の歴史的な望遠鏡や建物があり、文化財登録もされているものが多くあります。一方、国立天文台水沢キャンパスにおいても歴史的な建物や望遠鏡が多数ありますが、未だ文化財登録などはされていません。そこで3年後の2019年に臨時緯度観測所として1899年に開所してからちょうど120周年を迎える事を見据えて、まずは建物から文化財登録に向けて準備を開始しています。見て頂いた専門家の感触では、文化財登録される価値が十分ありそうですので、期待しています。1899年に建設されて12月から観測を開始した眼視天頂儀室[4][5]および方位を較正する目標台（図2）や1902年に極運動に関するZ項を発見した木村榮初代所長の業績等の解説展示を行っている木村榮記念館（旧臨時緯度観測所庁舎：図3）[3]が有力候補です。また、奥州市の所有ですが、1921年に建設された奥州宇宙遊學館（旧緯度観測所本館：図3）[2]も重要な候補です。



図2 眼視天頂儀室（左）と目標台（右：遠くに見える眼視天頂儀室の真北に設置されている）



図3 木村榮記念館（左）と奥州宇宙遊學館（右）

（2）北緯39度線の緯度線と説明板設置

これまで、眼視天頂儀[5]が設置されていた北緯39度8分3秒（光学観測での値。世界座標系

では 2.2 秒) の北緯をあらわす具体的な表示はありませんでした。世界の同じ北緯に 6 か所観測所を置いて観測した事を具体的に説明する必要があり、更に、北緯 39 度 8 分線と一緒に VERA 水沢局 20m 電波望遠鏡をバックに記念撮影できると良いという提案があり、水沢 VLBI 観測所の広報委員会で検討した結果、緯度線と説明板を 2015 年 12 月に設置しました。なお、北緯の値は、39 度 8 分と丸めています。図 1 および図 4 に示しますのでご覧ください。



図 4 緯度線と説明板（左：先に眼視天頂儀室がある）と説明板（右）

(3) 外国語表記

図 4 (右) に示すように、今回設置した 39 度 8 分の案内板には、英語表記を付け加えました。これまで外国語表記は、構内案内板の建物の文言のみ英語表示を付け加えていましたが、海外から来られる方への外国語表記が必要であろうということで、個々の説明板としては、初めて英語表記を付け加えました。

今年度広報関連予算を使って、他の案内板にも順次英語表記を加えていく予定です。なお、国立天文台水沢の HP[1]では、英語表記対応が数年前から行われています。

(4) 緯度観測所時代のガラス乾板の再発見

緯度観測所時代の文献等の資料は、今なおその多くが調査されることなく保管されています。その確認作業が、お茶の水女子大学の馬場氏と水沢 VLBI 観測所職員によって現在行われています[6]。その調査の中、2015 年 9 月に偶然、国立天文台水沢 VLBI 観測所旧図書庫内で緯度観測所時代のガラス乾板が 4 百枚以上再発見されました。その乾板の中には、これまで知られていないものが殆どでした。写真の説明情報が基本的に殆ど無いため、緯度観測所の OB、OG に見て頂き、どの様な写真で、どなたが写っているのかを調査中です。図 5 に、ガラス乾板から復元された写真の例として、眼視天頂儀に使用する蜘蛛の糸の研究で有名な平三郎氏とみられる写真[7]を示します。奥州宇宙遊学館 2 階セミナー室で 2016 年 3 月 5 日（土）に「ガラス乾板で蘇る緯度観測所の記憶」という特別写真展と緯度観測所・国立天文台関係者による講演・発表が行われました[7]。

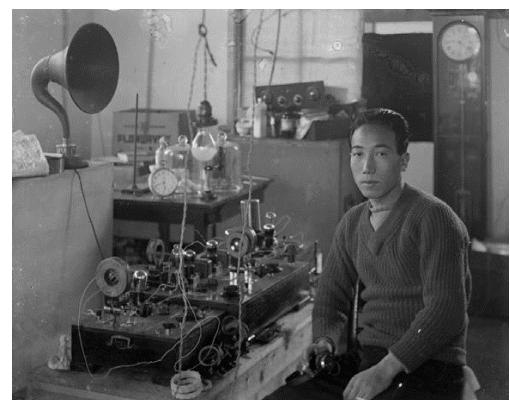


図 5 ガラス乾板から復元された写真の例

3. 来年開館 50 周年を迎える木村榮記念館

木村榮記念館[3]は、1899 年 12 月から観測を開始した臨時緯度観測所の庁舎として、1900 年 3 月（即ち、1899 年度中）に完成しました。1921 年に緯度観測所本館（現奥州宇宙遊学館）が完成するまで、庁舎として使用されていました。その後、職員の居室等として使用されていましたが、1967 年に現在の本館が完成した時にその役目を終えました。木村記念館の名称で内装が 1967 年 10 月までに整備され、臨時緯度観測所初代所長である木村榮が 1902 年に発見した Z 項とその後の解明の歴史を中心に展示をしていました。また、緯度観測所から国立天文台への移行期を含めた色々な研究内容も紹介していました。その後、2009 年に耐震改修工事を行うのに合わせて、展示を全面的にリニューアルし、木村榮の人となりと極運動研究と Z 項発見とその後の解明の歴史に特化した展示を行う事にしました。名称も、「木村榮記念館」とすることとしました。国立天文台水沢 VLBI 観測所の研究成果の説明展示は、奥州宇宙遊学館で行う事にその際分化させました。現在の所は、国立天文台水沢 VLBI 観測所が管理する無人の記念館で、奥州宇宙遊学館の開館日に合わせて、火曜日以外の昼間に一般向けに開館しています。余り知られていませんが、来年の 2017 年 10 月で開館 50 周年を迎えます[8] [9]。今の所、特別な行事は考えていませんが、最近再発見したガラス乾板等の情報を取り入れた、より分かりやすく充実した展示内容を目指したいと考えます。

4. その他の活動

毎年行っているものとして、VERA4 局の各観測局および三鷹地区等での特別公開[1]、高校生対象の Z 星研究調査隊（水沢）[10]と美ら星研究探険隊（石垣島）などがあります。また、結成以来、23 年に渡り活動の協力をしている日本宇宙少年団水沢 Z 分団[11]の月例活動があります。

参考文献等

- [1] 国立天文台水沢 HP <http://www.miz.nao.ac.jp/>
- [2] 奥州宇宙遊学館 HP <http://uchuyugakukan.com/>
- [3] 木村榮記念館 HP <http://www.miz.nao.ac.jp/kimura/>
- [4] 亀谷收, 国立天文台水沢の歴史, 国立天文台ニュース, No.234, pp. 4-9, 2013
- [5] 亀谷收, 眼視天頂儀 (Visual Zenith Telescope) 1 号機, 国立天文台ニュース, No.241, p24, 2013
- [6] Baba, Y. and Ishikawa, T., Nearly 120 Years of Science History in Danger: The Collections in the National Astronomical Observatory of Japan, Mizusawa, Proceedings of the International Symposium on the NAOJ Museums, held at Mitaka, Japan, Sept. 27-29, 2015, Eds. Kumiko Usuda-Sato, Shiomi Nemoto, and Hidehiko Agata, pp. 73-76, 2016
- [7] 「特別写真展 ガラス乾板で蘇る緯度観測所の記憶」パンフレット, 2016
- [8] Kameya, O. and Funayama, H., Kimura Hisashi Memorial Museum in NAOJ Mizusawa Campus, Proceedings of the International Symposium on the NAOJ Museums, held at Mitaka, Japan, Sept. 27-29, 2015, Eds. Kumiko Usuda-Sato, Shiomi Nemoto, and Hidehiko Agata, pp. 154-157, 2016
- [9] 亀谷收, オープンから 48 年を迎えた木村榮記念館, 平成 27 年度 黎明期日本天文史研究会集録, pp.55-57, 2016
- [10] Z 星研究調査隊 HP <http://www2.iwate-ed.jp/msw-h/Zstars/index.html>
- [11] 日本宇宙少年団水沢 Z 分団 HP <http://yac-z.totorogou.com/index.html>

神山天文台サポートチーム～5年間の活動とこれからの展望

坂部健太（京都産業大学・神山天文台サポートチーム）

Koyama Astronomical Observatory Support Team

~The Result of our activity for five years and our future~

Kenta Sakabe (Kyoto Sangyo University · Koyama Astronomical Observatory Support Team)

Abstract

We support the outreach activities of Koyama Astronomical Observatory (KAO) which are operated by a student volunteer team for five years. Our activity is to organize a stargazing party in the observatory and to make a plan for it by the volunteer team. In particular, our important activity is the stargazing party for Kyoto Sangyo University. These parties have been already operated seven times by our team. We got questionnaires in those parties. We discuss a result of questionnaires and develop a vision for the future.

1. はじめに

京都産業大学は、京都市北区に位置する全 8 学部がある総合大学です。神山天文台は大学内の研究施設として、また、一般の方々が広く天文を知ることができる施設として 2009 年に完成しました。また、神山天文台には口径 1.3m 反射望遠鏡の荒木望遠鏡を備えており毎週土曜日には天体観望会を実施しています。今回は、神山天文台に所属する私たち「神山天文台サポートチーム」の 5 年間の成果とこれからの展望についてお話をします。

2. 神山天文台サポートチームについて

神山天文台サポートチームとは、天文台の活性化を目的に本学学生で結成された学生団体です。今年で 6 年目になる団体ですが、一昨年までは「神山天文台ボランティアチーム」という名前で活動していました。その後名称を変更し、現在「神山天文台サポートチーム」という名前で活動しています。チームには 60 名ほどの学生が所属しており学部 1 年生から 4 年生さらには、大学院生まで在籍しています。また、本学がワンキャンパスということから理系学部だけでなく文系学部の学生も複数名参加しています。そのため、大学全体を巻き込んだ大きな天文イベントを実施することが出来ます。

普段の活動では、神山天文台が毎週土曜日に実施する天体観望会のボランティア、自分たちのイベントの企画・実施、そのための合宿・勉強会を行っています。天体観望会のボランティアでは、天文台が所有している口径が 12 cm の小型望遠鏡を用いて天文台前で観望を行い天体の解説などを実施したり、簡単な科学実験を行ったりしています。合宿・勉強会は、他天文施設を訪れる観望会の様子などを見学する、学生間で天文知識を共有するなど学生主体の活動となっています。イベントの企画・実施については次章で説明します。

3. イベント企画・実施

私たちは、年間を通して様々なイベントの企画・実施を行い天文台の普及活動を行っています。はじめに、それぞれの企画を担当する企画者を決定しどのような企画を行うか考えていきます。

その後、班分けを行い、班ごとにイベントに向けて準備をしていきます。イベントの周知に必要なポスター、ビラ、アンケートも自分たちで製作します。私たちは、学内だけでなく、学外のイベントも企画実施しています。活動開始から 5 年間で、近隣図書館との地域交流イベントやサタデージャンボリーと呼ばれる本学の地域交流イベント、京都市にある科学センターでのサイエンスフェスティバルに参加するなど幅広い天文普及活動を学生が主体で行っています。

その中で、5年間の活動の成果の一つとして紹介したい製作物が2点あります。1つ目は、「惑星並び替え」と呼んでいるものです（図1）。これは、太陽系内の惑星を水星から順に並べているものです。白抜きになっている部分にそれぞれの惑星の模型をはめ込むことができ、正しい順番に並べることが出来るか確認できる物です。これは、先ほど紹介したサタデージャンボリーで製作し、子どもたちに実際に使ってもらいました。2つ目に「手作り星座早見盤」を紹介したいと思います（図2）。これは、両面印刷の星座早見盤になっており、表面が星座線のある早見盤、裏面が星座線のない状態になっています。裏面の星座線がない部分に自由に星座を書くことが出来ることが特徴です。実際子どもたちにオリジナルの星座を作ってもらいました。小学校高学年くらいの子どもたちは思い思いに書くのですが、低学年から下の子どもたちは、オリジナルの星座を上手く見つけ出せず苦労していました。また、中には、星座線だけでなく作ったオリジナルの星座に色を付けるなど工夫も見られました。

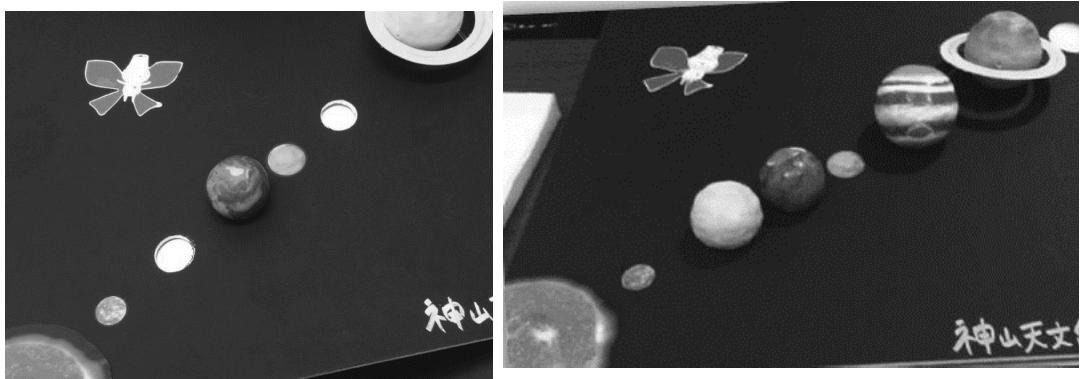


図1 惑星並び替え（左が並べる前、右が並べた後）

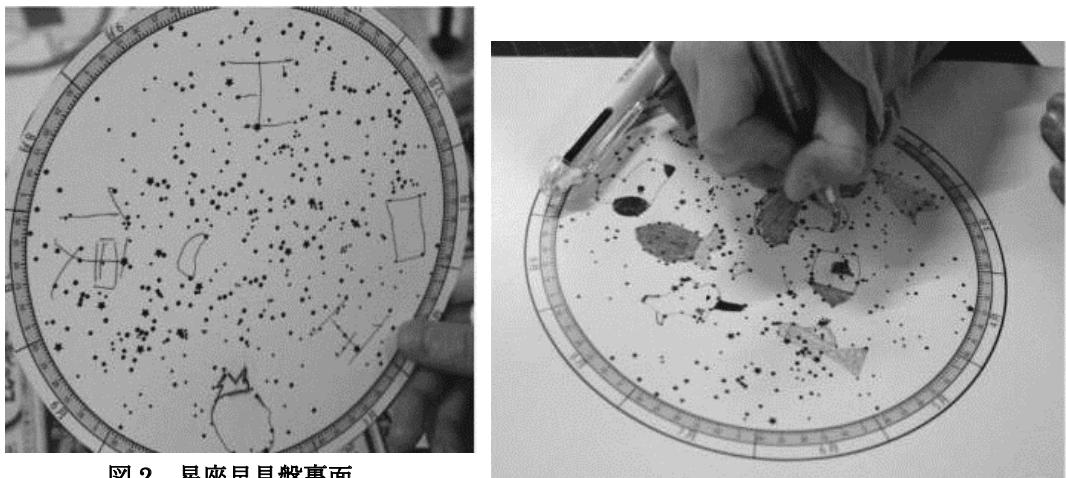


図2 星座早見盤裏面

4. 学内観望会

学内観望会は、イベント企画・実施の中で、私たちがとても大事にしている企画です。「学生による学生のための学内観望会」です。2章で神山天文台が実施している天体観望会についてご説明しましたが、この学内観望会は神山天文台ではなく学生が実施します。キャンパス内にある天文台として、学生に対して学生目線で観望会を実施して天文台に親しみを感じてもらえるような企画として3年前に始まりました。実施体制としては、荒木望遠鏡による観望と解説を担当する学生、小型望遠鏡を使って天文台前にて観望を実施する学生、Mitaka3D上映を担当する学生、その他誘導、受付担当に分かれて観望会を実施しています。これまで7回実施することが

出来、回数を重ねるうちに私たちも様々な新しいコンテンツを取り入れて実施しています。例を挙げると、観望会の広報活動の一環としてお昼休みに太陽望遠鏡によるゲリラ観望会、Mitaka3D 上映の時に配布する整理券の裏面にクイズを印刷し上映前に答え合わせを実施するなど、参加者に楽しんで頂けるコンテンツを考えています。そして、毎回参加者に向けてアンケートを取り今後の問題点を洗い出しています。次章では、アンケート結果から私たちが抱えている問題とその解決策についてお話しします。

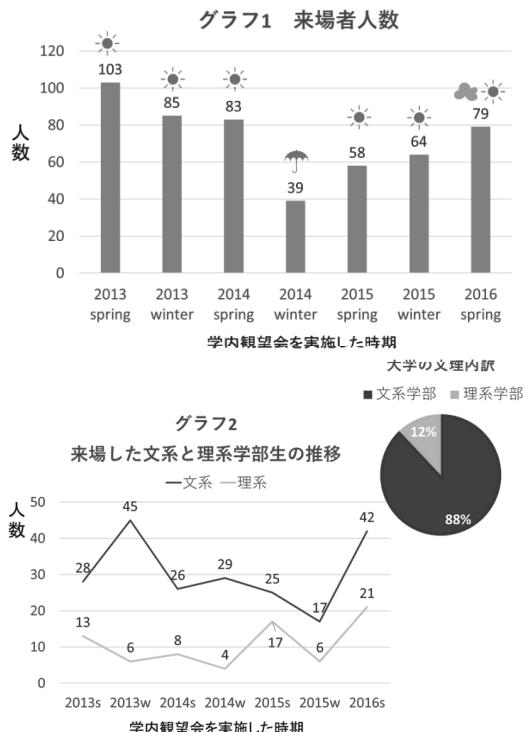
5. アンケート結果から

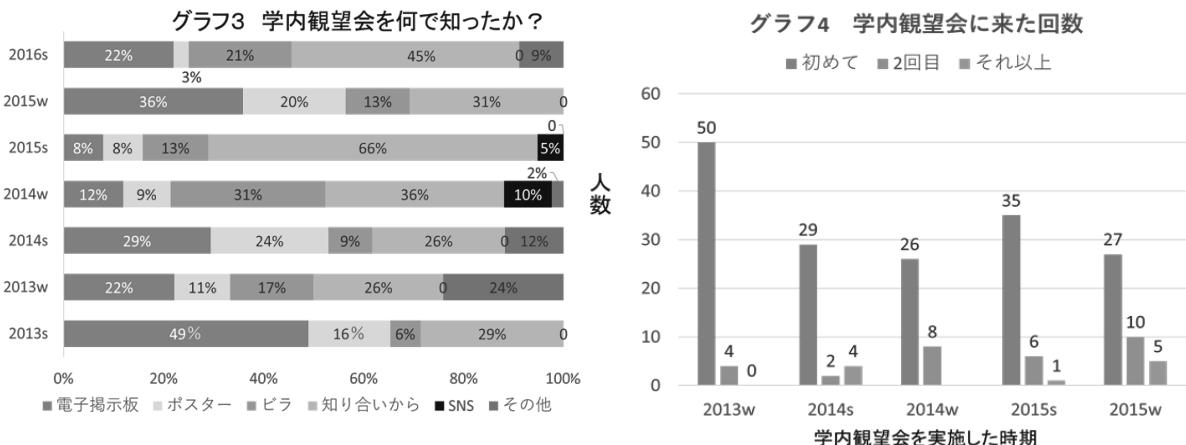
どうしたら来場者を増やすことが出来るのかということが、私たちの大きな課題です。全 7 回の「来場者人数と実施日の天気」を見てみると、2013 年春が最も多くその後、2014 年冬まで参加者は減少しそこから参加者は少しずつ増加しています（グラフ 1）。また、今年は新しい試みとして 1 日のみ実施の観望会を 2016 年春では 2 日実施しました。実施日のほとんどは天候に恵まれた状況で観望会が実施出来ました。唯一の雨であった 2014 年冬の観望会では、荒木望遠鏡での観望ではなく施設見学と Mitaka3D 上映を実施しました。来場者人数は次第に増えてきていますが、大学全体の学生数が約 1 万 3 千人なのでまだまだ来たことのない学生がたくさんいると考えられます。

次に見ていただきたいのが、「来場した学部生の推移」です（グラフ 2）。文系学生が理系学生より多く来場しているように見えますが、大学全体でみた文理内訳では、9 割弱の学生が文系です。そのため多くの学生が観望会に参加したことがない、特に文系学部生が来ていないと考えられます。これだけ来ていない理由として考えられるのは、神山天文台が研究施設であり学生にとって訪れやすい場所でないことが挙げられます。

次に、「学内観望会を何で知ったか？」という質問に対しては、知り合いからという答えが非常に多くなっています（グラフ 3）。2015 年春の学内観望会では、7 割弱の人が「知り合いから」と答えています。この結果より、私たちが製作しているポスター、ビラまた SNS による来場者は少ない傾向にあることがわかります。ポスターは実施日の一ヶ月前くらいに学内の大型掲示板に掲示しています。ビラはお昼休みの時間帯に私たちが学内でビラ配りを行い宣伝しています。SNS は Twitter を使っているのですが、現在のところあまり投稿できていません。電子掲示板は、学内の学生や職員が利用するシステムで POST といいます。私たちが考えた文章を、天文台の事務室の方から POST へ投稿してもらうことで、全学生が閲覧できるようになるため宣伝効果があります。

次に、「学内観望会に来た回数」に注目すると 2 回目以上と答えた人は 1 回目に来た人と比べるとかなり少ないです（グラフ 4）。このことから学内観望会の参加が初めての方が多く、2 回目以上のリピーターの方が少ないことがわかります。リピーターが少ない原因としては、観望会に一度来て満足してしまう人が多いと考えられます。





6.まとめ

アンケート結果から、私たちが参加者を増やしていくためには、「リピーター」、「来たことのない学生」、「SNS」と3つに焦点を絞り改善していくことが大事であると結論付けました（図3）。具体的な改善方法として「実施日程を複数日設けてみる」、「各学部向けの観望会を開催する」、「天文台に親しみをもってもらえるように周知イベントを開催する」、「SNSの投稿回数を増やす」という方法で参加者を増やしていきたいと考えています。その結果、参加者が増えていくことが天文台の活性化という私たちの目的を果たすことが出来るのではないかと考えています。

5年間の活動で、学内外問わず様々な所でたくさんの人々に神山天文台の普及活動並びに天文普及活動を行ってきました。

これからも普及活動を続けて、学生の立場から出来る事をやっていきたいと考えています。

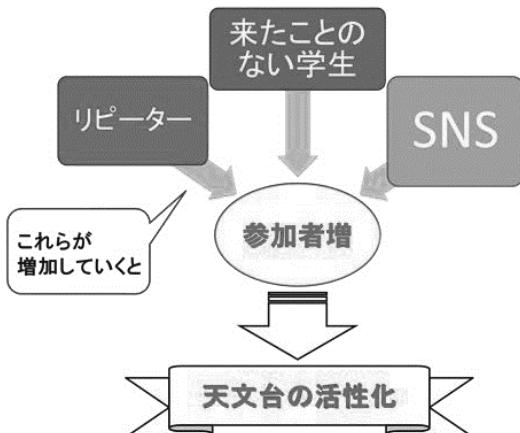


図3 これからの展望

質疑応答

Q:SNSはTwitterのみのことだったが、Facebookや写真などが多いのであればInstagramなど活用してはどうか、Twitterは投稿して数十分～数時間で効果が無くなってしまう。(寺 蘭 淳也さん)

A:今後活用ていきたいです。

Q:学生さんが60名もスタッフとして参加しているなど魅力的な団体だと思います。その秘訣はどのように分析されていますか? (杉本 直記さん)

A:活動として人と触れ合うことが多いので、天文のことを子どもたちに教えてあげることが出来るところが魅力だと思います。

Q:ゆるキャラ、ロゴはどのようにつくられましたか? (嶺重 慎さん)

A:ゆるキャラは、学生内でアイデアを出し合って候補となるデザインを提案し、学内で名前の投票を行い、大学が商標登録して作られました。ロゴマークは、去年学生が作ってくれたものです。

花山天文台観測実習の14年

西村 昌能

14 - years of practical researches in Kwasan Observatory

Masayoshi, Nishimura

Abstract

Using ultra-high dispersion spectrograph of Kwasan Observatory, we made practical researches on solar spectral observation in every summer vacations between 2002 and 2015, for Rakutou High School students. Our 14 - years of practical researches is more than one solar cycle. While at solar maximum, active phenomena such as flares, surge eruptions and the arch filament systems were observed, at solar minimum, the differential rotation and the five-minute oscillation were observed. We show the protocols of our practical researches and educational effects through this

1. はじめに

著者が勤務していた京都府立洛東高等学校は、2002年から14年間に渡って、京都大学大学院理学研究科附属花山天文台で太陽の高分散分光観測実習を実施した。研究機関と学校との連携には、大きく分けて（1）研究機関が募集する「募集型」と（2）学校が研究機関に連携を依頼する「提案型」があると考えられる。「募集型」には例として、銀河学校（東京大木曾観測所、1998年～）、君天（国立天文台三鷹、1999年～）、きみっしょん（JAXA、2002年～）、もし天（東北大、仙台市天文台、2011年～）などがある。本校の取組は「提案型」である。



図1 募集中型連携と提案型連携

この始まりは、私が洛東に赴任したその冬、「何か理科で取組できないか」と校長が研修旅行の懇親会で冗談交じりに私に語ったことであった。その夜に何かできないかと若干の時間、思案をして次の日に校長に提案した。費用などの調達について事務部と調整し、早速、花山天文台の柴田台長に提案をして、すぐさま、当時の黒河教授、野上助手など、天文台関係者10名ほどと会合できた。このようにして、次年度の夏から現在の形が始動したのである。

2. 取組の目的

私たちは、生徒たちに、ホンモノに触れさせたいという思いを持った。目的のいくつかは後付ではあるが、まとめてみると以下の6項目になる。つまり、

- 1) 本格的な研究をなぞる経験をすることで、研究というものを理解すること。また、研究者を間近に知ること。行えた生徒研究の大半は、1960年代、70年代の最先端研究に相当する。
- 2) 生徒の持つ天文学に対する強い興味関心を満たしたい。
- 3) 文化資産でもある天文台を利用したい。花山天文台は地元に親しまれていて、小学校の校歌

にも歌われている。

- 4) 実習として、自前のデータの解析をさせたい。
- 5) 協働的な課題解決型学びを生徒たちに体験させたい。
- 6) 教員も勉強したい。

3. 京都大学附属花山天文台のシーロスタッフと高分散分光器

観測実習に利用した分光器は次の仕様である。

焦点距離 18m、太陽像はスリット面で 18cm、スリット幅 100 μm 、スリット長 10mm (太陽面でのスリットの範囲が 5 万 km)、ピクセルサイズは 0.13 秒の大きさで、波長分解能 50 万、CCD カメラでスペクトル画像を取り込む。CCD の 1 ピクセルが 0.0032 Å (実測値) 分光波長幅はおよそ 4 Å である。スリット面は鏡面仕上げがされていて、反射した太陽像は、H α フィルターを通して撮像する太陽面の観察ができる。スリットは回転できない。

4. 観測実習のプロトコル

夏期休業中の 5 日間 (4 日間)、日帰りで 9 時から 5 時まできっちり実習を行った。参加者は校内で公募した。理科の授業で生徒全員に案内したのだ。参加者数の上限は天文台のキャパシティで 12 名までとした。生徒を指導していただいたのは黒河宏企教授のち名譽教授、石井貴子研究員、TA (大学院生、学部生) である。TA さんは後に優れた太陽研究者になられた方が多い。

観測対象は 太陽面活動 (分光が中心) で観測は天文台でおこなうが、解析は学校で行うこととした。研究者に迷惑をかけないためである。

打合は 2001 年度内であったが、2002 年から実施できた。当初はクラス担任をしたことのある理系生徒ばかりであったが、年度が進むにつれて文系女性ばかりの時もあった。

費用の調達は重要な事項である。校長の意向を汲んだものであったので、事務部の理解を得て最初は PTA、しばらくして府の教育委員会の指摘もあり SPP に移行した。最後は京都府フロンティア事業に申請を出し、加えて PTA から援助を頂いた。経費は 1 年でおよそ 40 万円程度である。

1 年間の流れは以下のようになる。

5 月 公募開始 理科の授業で全員に呼びかけている。

6 月 柴田台長の校内での講演会、実習参加希望者は必ず参加しなければならないが、一般生徒にも参加を促して 40 から 50 人の参加がある。

7 月 校内打合会

8 月 実習 第 1 日 午前、天文台内見学 第 1 日午後から最終日午前まで観測する。曇天時は、勉強会やアーカイブデータを利用した実習を行う。最終日午後に研究の報告会を行う。観測と解析は 4 名程度の 3 班体制

9 月～12 月 校内での再解析

2 月 校内実習報告会を柴田、黒河、長田各先生を助言者とお願いし他の観測実習と共に発表する。同時期に京都府理科研究発表会があり、参加者全員で発表会に臨んだ。

3 月 日本天文学会ジュニアセッション発表

5 月 JpGU ジュニアセッション発表 次年度科学賞応募

実習の 1 日の流れを書き連ねると

8 時半 学校もしくは、最寄り駅集合 タクシー移動

9 時 太陽館のスライドルーフを開ける。シーロスタッフ焦点面での白色光スケッチを行う。シーロスタッフ H α 像でプロミネンスサーチ。ザートリウス望遠鏡で、H α 像スケッチを行う。10cm 屈折で白色光スケッチのあと、ターゲットを決めて、スペクトル撮像する。

12 時から 13 時 休憩

午後も同じ動きをする。17 時にタクシーで戻る。

5. 研究対象の決定

5日のうち、実質4日分の観測ができる。毎日、太陽の観測をしていると何かの現象が見える。観測に利用する波長域は H α 領域（フレア、サージ、プロミネンス）、6302Å領域（自転、磁場、5分振動）である。班で相談して（TA、指導者のアドバイスを得ながら）様々な観測対象から自分たちの研究テーマを決定する。利用する原理はドップラー効果による視線速度測定が大半である。視線速度を用いて、行えるテーマを中心に選ぶ傾向がある。

太陽の11年周期を越える実習期間であるので活動状況によって、研究対象が大きく変化して、様々な現象が観測できた。「フレアの強度変化」「黒点磁場強度（ゼーマン効果利用）」「サージの視線速度変化」「差動回転」「5分振動」「浮上磁場領域のアーチフィラメント（AFS）の視線速度」がそれである。

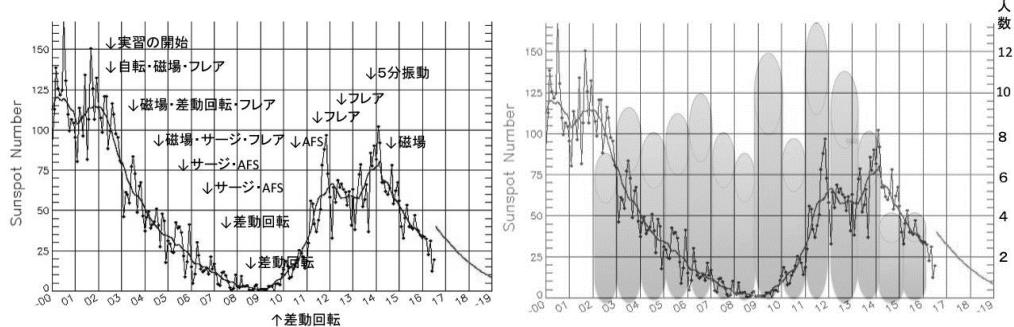


図2 黒点相対数の変化（年）に対してプロットした実習テーマ（左）と参加者数（右）

6. 実習の教育効果

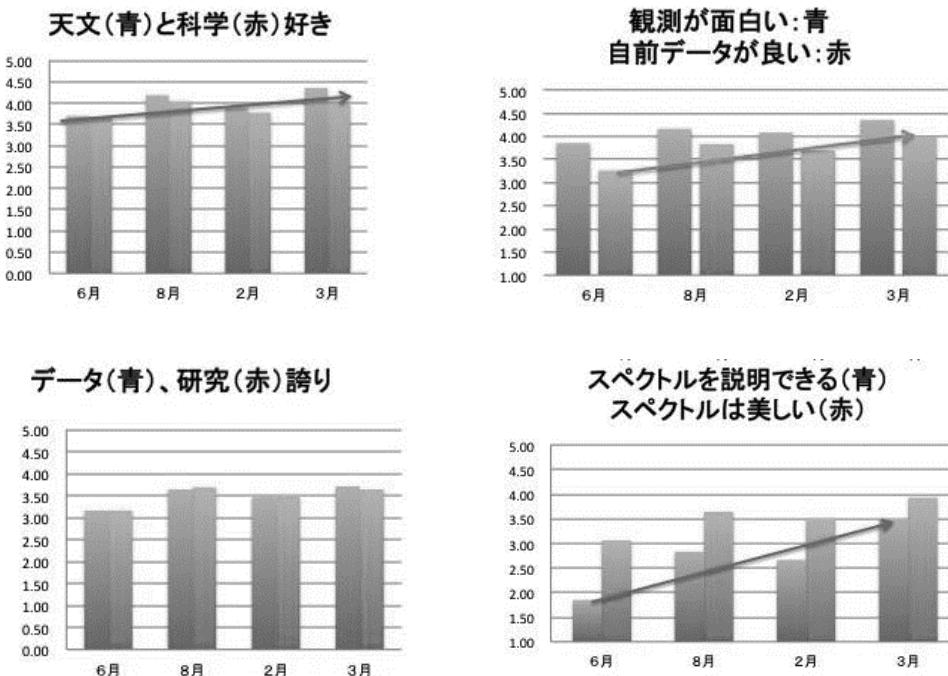


図3 実習前後に行ったアンケート調査結果

生徒の意識変化を捉るために 2008 年から 2013 年まで 26 項目のアンケート調査を 6 月（柴田一成先生の講演会）、7 月（実習前）、8 月（実習後）、2 月（プレゼン後）に行った。アンケートは 5 段階で生徒が評価するようにした。アンケート結果を一部まとめると、図 3 のようになる（図の青は左側、赤は右側の棒グラフを表す）。6 月の講演会と 2 月の校内発表会では、実習参加者以外に一般生徒が加わっているので、6、2 月分は、バックグラウンドと考えてよい。

アンケート結果を検討すると実習を進めるにつれて、天文や科学に好感を覚える生徒の数は増加する。観測が面白いとする生徒も同様であるが、それらの増加率に比べて、自前データの取得が良いと考えた生徒の増加率が大きいようである。研究に対する誇りについて問うてみたが、これも天文好き、科学好きの傾向と同じであった。ただ、スペクトルが美しいと答えた生徒の好感度の増加率はそれより大きく、スペクトルを説明できると答えた生徒の増加率はすべての項目の中で一番高かった。これは、スペクトルに対するなじみが少ない日常の中で、スペクトルやそのデータを取り扱うので太陽の分光観測を自分のものにしてきたのではないかと考えている。

6. 実習の終焉

私の定年と共に、天文台実習は終了した。実は、後継者と一緒に行っていたが、2 名とも先に転勤、退職されてしまわれたのだ。また、参加生徒の希望で、自然科学部という部活動を立ち上げたが、これが公募生徒の減少をもたらすという原因にもなった。

現在、「天文教育」に連載で、花山天文台実習で行ったこと＝花山天文台高分散分光器で高校生ができるなどをまとめている[1]。

参考文献

[1]西村昌能、黒河宏企、石井貴子 2016 「花山天文台で行った生徒実習から【1】太陽の 5 分振動の検出」 天文教育 2016 年 7 月号 Vol. 28. No4 p. 36

質疑応答

Q：男女比はどうでしょうか？（津村耕司さん）

A：「傾向としては女子の方が多いです。」と会場で回答しました。持ち帰り、アンケート結果を見てみると、実習参加者に限ると女性が 16 名、男性が 27 名（延べ数）で男女比は女性：男性 = 1 : 2 ほどになりました。

Q：アンケートのまとめは天文教育に投稿してください。（松村雅文さん）

A：しょうがないですね。了解しました。