１２４　　重点枠の活動（地学部）

１　重点枠の概要

高校生が天文学に関する本格的な観測を行う活動を、ハートピア安八天文台の協力の下に続けている。一昨年度、岐阜県立岐山高等学校地学物理部、岐阜県立大垣東高等学校理数科と本校地学部の県を超えた３校の連携で、「ハートピア安八高校生観測チーム」(AstroHA)を結成した。この地域連携の活動が重点枠として今年度新たに指定を受け、以下のテーマの研究に取り組んだ。

２　テーマ

(1)　天体スペクトルの観測・研究

SBIG 社の SGS 分光器と ST-7XE 冷却 CCD を購入し、ハートピア安八天文台の70cm望遠鏡で観測を開始した。和歌山大学との連携により西端一憲氏（大学院教育学研究科修士課程卒）を招き、分光器による観測実習を２回実施した。観測は明るい恒星と標準星を対象とした。

(2)　2009年7月皆既日食のコロナ観測（準備）

2009 年 7 月 22 日、海上以外の国内では 46 年ぶりに起こる皆既日食を種子島（鹿児島県南種子町）門倉岬付近で観測を計画した。その現地事前調査を、7 月 27 ～ 29 日に教員 2 名＋生徒 1 名で実施した。また、コロナ観測の事前研修として、8 月 22 ～ 23 日に国立天文台三鷹キャンパスで太陽観測衛星「ひので」のデータの解析方法について研修を実施した。

３　今年度の活動内容

(1)　準備

５月 16 日に３校の生徒・顧問で集まり、今年度の活動計画について相談し、合同合宿と太陽観測研修の日程の概要を決定した。また、機材を入手するまでの間に１年生向けの冷却 CCD 撮像練習を計画し、６月 10 日に前年までに実施してきた撮像・一次処理練習として、Ｍ３の観測をハートピア安八天文台で実施した。

また、７月５日に教員２名で和歌山大学を訪問し、講師の西端一憲氏から SGS 分光器の使用法・比較光源・画像解析について説明を受け、分光器の導入と同時に観測が開始できるように配慮していただいた。

国立天文台の太陽観測所所長の末松芳法准教授と研修の事前準備についてメールで指示を受け、生徒にプリントを配布した。

(2)　天体スペクトル解析実習

ア　第１回

９月14日にハートピア安八天文台で講師西端一憲氏を招き、天体スペクトル解析実習を実施した。講師より大学院での矮小銀河の分光観測研究の経験を生かした講義をいただき、本研究で使用している SGS 分光器の性能・特徴について理解することができた。また、生徒と一緒に実習していただき、画像の解析方法を確認し、有意義な実習となった。後述する高度補正

ハートピア安八での講義の様子

について理解をすることができた。また、後日メールにて便利なソフトを紹介していただき、解析に要する時間を短縮できるようになった。

イ　第２回

１月 17 日に再度西端一憲氏を招き、天体スペクトル解析実習を実施した。12月に観測済みの画像から解析した方法を、本校の生徒が説明し、それに対し講師からアドバイスをいただいた。また、天候も良かったので、天文台で観測実習も行い、講師とともにデータを得る方法を確認できた。

ハートピア安八天文台での観測実習

(3)　天体スペクトル観測

研修と並行して、７月 23 日，８月 19 日，９月９日，10 月 11 日，12 月 14 日，１月 17 日の６回ハートピア安八天文台の 70cm 望遠鏡に SGS 分光器を取り付け、観測を実施した。最初のうちは分光器の観測になれていないこともあり、露出不足からデータの S/N を高めることができなかったり、補正用フラットフレームのカウントを得られなかったり、失敗の連続であった。S/N 不足でもスペクトルの絵は得られ、PC の画面上では一見十分そうな絵に見えるので、後で後悔しないようしっかりカウント値が乗っていることを確認すべきである。

明るい恒星から観測練習し、色の対比が美しい二重星で、はくちょう座に位置するアルビレオの観測を開始した。他に夏の観測では、アークトゥルス・ベガ・デネブ・アルタイルの１等星を、秋以降はケフェウス座の赤色超巨星ガーネットスターとペルセウス座の食変光星アルゴルも対象に加えた。

ア　スペクトル画像の解析について

得られた画像については、通常の冷却CCD画像と同様に一次処理（ダーク処理・フラット処理）をかけ、その後いくつかの補正をかける。

ガーネットスターのスペクトル

(ｱ)　sky 補正

撮像したスペクトル画像は、ガーネットスターの例のように、星の光が波長毎に分かれて、横方向に伸びて写っている。画像各ピクセルのカウント値を得ることができるが、そのカウント値には恒星の光の他に背景である sky の光も含まれている。そのため、そのままでは恒星の正しいカウント値は得られない。背景の光を恒星の光から除く必要がある。

sky スペクトルを恒星のスペクトルから上下に少し離れた 5pixel 幅のカウント値とし、その平均を取る。恒星のスペクトルは縦方向（空間方向）を全て足し合わせ、データ幅の分だけsky平均を引けば本来の恒星の値が得られる。

(ｲ)　波長較正

次に横方向（波長方向）を実際の波長に直す較正をする。この分光器では望遠鏡の向きが変化すると中心波長が変化することが判明し、現在では、対象が変わる毎

に比較光源の撮像をするようにしている。

比較光源は当初は水銀を、12月以降はネオンも併用して波長を求めた。輝線の波長を理科年表の値で調べ、ピクセル座標を波長に変換する。

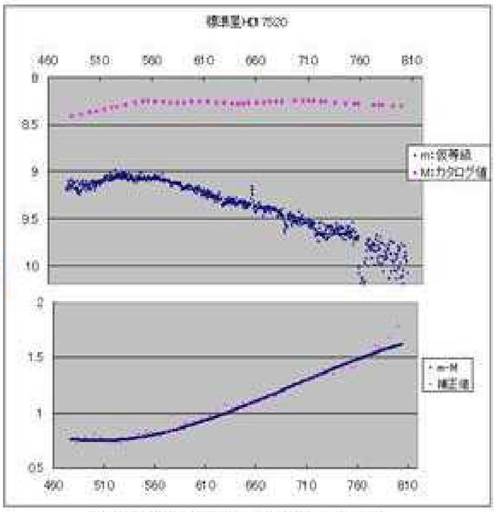
比較光源水銀のスペクトル

比較光源ネオンのスペクトル

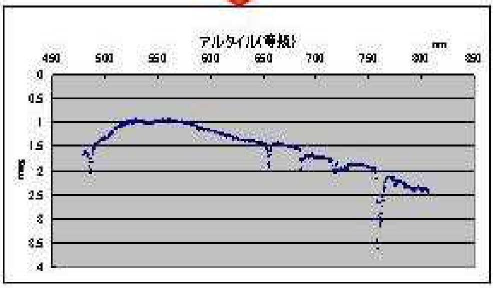
水銀では短波長・ネオンでは長波長付近に輝線があり、画像中央付近と端付近では１ピクセル当たりの波長が異なるので、補正式を考えなくてはならない。

(ｳ)　感度補正

CCD のチップや望遠鏡の性能のため、スペクトルの等級を算出しても本来の値とは異なる。その差を補正するために分光標準星用いる。



分光標準星より求めた補正値



補正後の分光感度曲線

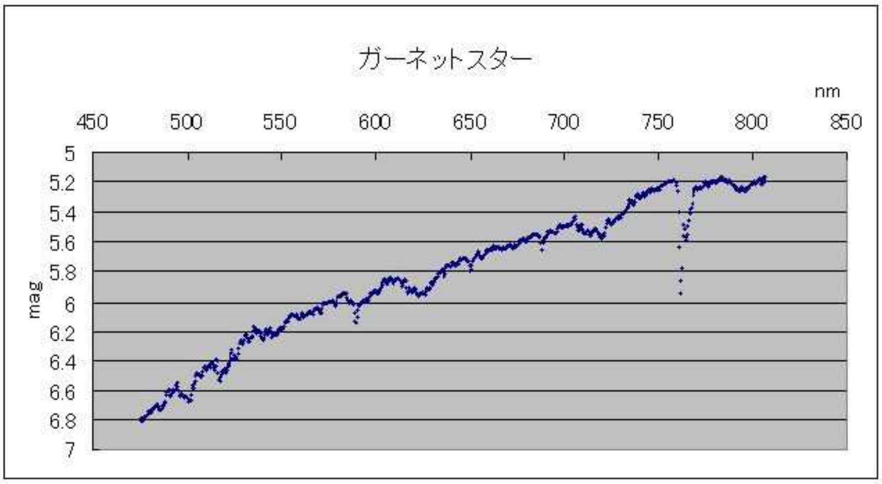
分光標準星とはあらかじめ各波長の等級が分かっている恒星で、それを撮像してカウント値から仮等級を算出し、発表されているデータと比較して感度補正の基準とする。分光標準星のデータは、KITT PEAK NATIONAL OBSERVATORY(1982)を参照し、補正量は３次曲線を使ってフィットする式を求め、他の星のデータに適用した。

(ｴ)　高度補正

観測時における標準星と対象星の高度が異なると、エアロゾルなどの影響により補正が必要となる。同一観測日に異なる高度の標準星を観測し、高度の影響を算出する方法が望ましいが、前述のカタログには７等以上と比較的暗い星しか記載がなく、70㎝の口径で高校生の活動できる時間内では観測が難しくなる。

彗星観測ハンドブック2004(高校生天体観測ネットワーク編)には「大気吸収によ

る減光量の補正」についての記述があり、この数式で補正できないかを考察中である。



ガーネットスターのスペクトル(横軸nm,縦軸等級)

イ　補正済みのスペクトル画像

以上の補正をしたデータをグラフ化すると、横軸に波長(nm)、縦軸に等級のグラフが得られる。ガーネットスターの例では、暗線（吸収線）がいくつか見られるが、700nmよりも長波長のものは地球大気による吸収であり、590nm付近で Na のD線、また620nm付近で酸化チタンの暗線が見られる。グラフは右上がりであり、赤色巨星（M型）であることが分かる。

ウ　スペクトル観測今後の方向性

現在は食変光星アルゴルの測光観測を、本校の屋上で継続中である。冷却 CCD ＋ 16mm カメラレンズを使い、ライトカーブを作成している。この結果とハートピア安八天文台での低解像度分光観測の結果から、連星アルゴルの物理量を推定する予定である。

波長較正に正確性を期すため、導入済みの Ne に加え比較光源をもう一種類用意し、シフト量の正確な算出に努めたい。また、標準星の分光観測を複数回行い、地球の自転による天頂離角 Z の変化によってどれだけの吸収があるか（1/cosZ に比例）を求め、大気減光の影響を補正できるようにしたい。

(4)　皆既日食観測地事前調査

2009 年 7 月 22 日に起こる、皆既日食の観測予定地である種子島と自然観察予定地である屋久島の現地事前調査を教員 2 名＋生徒 1 名で実施した。

ア　日程

27 日　中部国際空港 8:00 －－ JAL －－ 鹿児島空港－－バス－－鹿児島本港－－－－高速船－－種子島西之表－－－－宇宙センター－－－観測地門倉岬－－－西之表－－高速船－－屋久島安房－－タクシー－－－－旅館

28 日　旅館－－登山口まで送迎－－縄文杉トレッキング（所要 12 時間）－－－－－－旅館

29 日　旅館－－－ガジュマル園－－ヤクスギランド－－安房－－－－高速船－－－－鹿児島本港－－バス－－鹿児島空港－－ JAL －－ 20:55 中部国際空港

イ　日食観測地について

観測地である門倉岬付近では、駐車場から少々離れてはいるものの小さめの広場があり、日食の観測は十分可能である。問題は、当日多くの観光客が押し寄せるかも知れないことである。観測の場所取りはおそらく必要で、メンバーの数人で前夜から晴れていれば星の観測しながら野宿して、20 名の観測場所を確保するつもりである。

JAXA宇宙科学技術館

観測予定地門倉岬

ウ　種子島宇宙センター

　鹿児島宇宙センター管理課主任 大木田清美氏と打合せを実施した。来年ロケット発射場のバス見学ツアーに20名参加することと、センター内にある宇宙科学技術館の見学を予定していることを伝えた。科学技術館内の国際宇宙ステーション実験棟「きぼう」実物大モデルも生徒に是非見せたい。JAXA 職員によるミニ講演も可能である。

エ　屋久島自然観察

　日食観測は、仮に日食当日の天候が良くなくても、その他の観察・見学で成果が得られる計画としたい。悪天に対応するサブプログラムとして、宇宙センター見学と「海上アルプス」とも呼ばれる屋久島の、沿岸部から亜高山帯に及ぶ植物の垂直分布変化の調査を、生物部員の参加により計画した。

　事前調査では、縄文杉の見学を実施した。縄文杉を見るためには、一日に 11 時間往復で 22km のトレッキングが必要で、あまり体を鍛えていない文化部の生徒達には少々厳しい道のりである。しかし、ガイドを数名に一人つけたトレッキングは、随所で詳しい説明を聞くことができ、長時間の歩行もあまり苦にはならなかった。確かに縄文杉は神々しく、魅力的なものではあったが、来年の計画としては標高があまり高くないことがマイナスと判断した。

ガイドによる屋久杉切株の説明

縄文杉

　屋久島にはすばらしい自然があり、旅館の庭先で天の川がよく見えたり、海から立ち上がる７色の虹（一宮では空気が澄んでいないのか、虹は４色程度にしか感じられない）を見たり、感動の連続であった。ガジュマル園、屋久杉自然館、ヤクスギランドと事前調査したが、他にもマングローブも見学できるそうであり、森林限界への登

山・ヤクスギランド・マングローブの３班編制で植生調査をすれば、GPSデータを取りながら垂直分布変化の調査ができそうである。

屋久島での天の川

ガジュマル園

オ　来年度の計画

日食観測地については、屋久島の方が皆既継続時間の条件は良いが、天候の条件（雨が多い）を考慮し、また、生徒をロケット発射場の見学ツアーに是非参加させたいので、種子島とした。

以上から平成21年７月22日午前11時に起こる皆既日食の観測を、下記のように計画する。

① 場　所　　鹿児島県種子島最南端、門倉岬付近
② 参加人数　生徒15名、スタッフ５名(教員＋天文台職員)　計20名
③ 日　程　　７月19～23日（４泊５日）
　20日 屋久島自然観察
　21日 種子島に移動、観測リハーサル・宇宙センター見学
　22日 皆既日食観測

屋久島の自然観察では、沿岸部ではマングローブ、ガジュマルを観察し、標高1000mのヤクスギランドではこの島の象徴屋久杉を観察する。ガイドを付けて標高1700～1800mまで登山（黒味岳を予定）する班は森林限界の記録をし、垂直分布を分かりやすくまとめたい。雨天の場合は、登山は中止し、屋久杉自然館とヤクスギランドのショートコース見学とし、標高０～1000mの分布調査にとどめる。

皆既日食観測では、普段太陽の100万分の１という明るさのため観測することのできない太陽コロナの分光観測をする。種子島では継続時間は１分程度と短く、手際よく減光フィルターを付け外し、スカイ画像も含めて撮像する必要がある。また、分光観測の失敗に備え、ビデオ観測・デジカメ観測画像を取得し、コロナ流線を記録する。事前に国立天文台との連携により機材のチェックをお願いする。

また、国立天文台のサイトから太陽観測衛星「ひので」の当日データをダウンロードし、生徒の観測により得られた画像データとの比較・解析をする。解析が進んだ時点で、国立天文台を訪問しアドバイスを受ける。

日程の中で、夜間には満天の星空が望めると思われるので、南天低い天体と天の川の観察も実施の予定である。

(5)　国立天文台太陽観測研修

8 月 22 ～ 23 日に国立天文台三鷹キャンパスで太陽観測衛星「ひので」のデータの解析方法について研修を実施した。皆既日食当日の高校生チームによる観測データ（分光観測）と「ひので」データの比較を検討している。

ア　対象生徒

本校地学部５名、岐山高校地学物理部４名、大垣東高校理数科地学班５名計１４名

イ　実施日程

8月22日(金)　天文台キャンパス見学､講義

8月23日(土)　データ解析実習

国立天文台正門前にて

太陽フレア望遠鏡の見学

ウ　実施内容

a　太陽観測所見学

キャンパス内にある太陽フレア望遠鏡を見学し、観測所所長末松芳法准教授より説明を受けた。４連の望遠鏡で太陽フレア、彩層磁場をＨα線で観測している。

b　太陽観測衛星｢ひので｣について動画視聴

ひので科学プロジェクト特定技術職員の殿岡英顕氏より、このプロジェクトで得られた成果をまとめたDVDの説明を受けた。時間を縮めて作られた活発な太陽面のムービーは大変興味深いものであった。

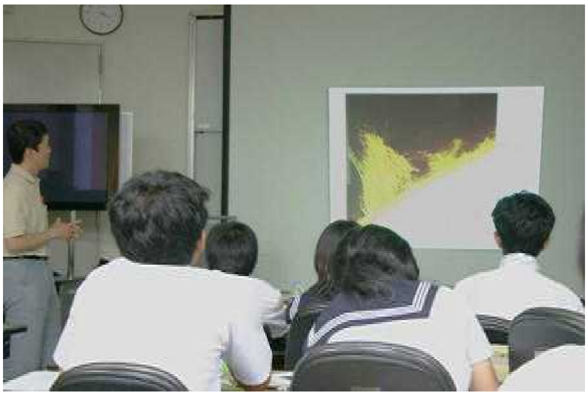
c　講義 ｢太陽コロナの観測｣

末松芳法准教授よりコロナについての詳細な説明を受けた。コロナ加熱問題について、現在考えられている２つの説について衛星「ひので」の観測データから解明できることが出てくるかも知れない。

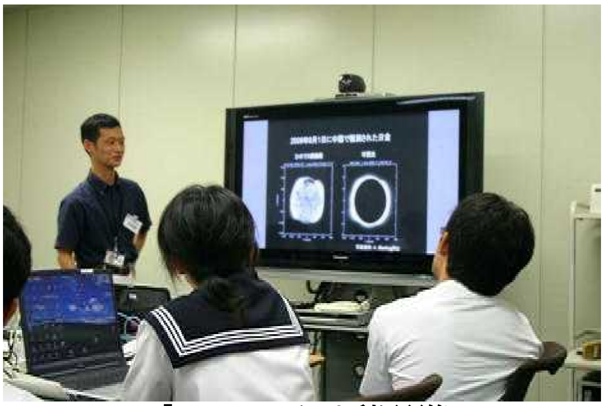
また、皆既日食の観測について細かなアドバイスを受けた。観測方法としては、｢偏光観測・輝線フィルター観測・フラッシュスペクトル観測・スリット分光観測｣のアプローチがあり、それぞれの長所・短所について説明を受けた。お勧めは偏光観測とのことであったが、せっかくの導入された分光器を生かせたらと考えていることをお伝えして、アドバイスを受けた。

最後に、翌日の実習用に持参したノートパソコンの設定をしてこの日の研修を終えた。

「ひので」動画紹介



講義　「太陽コロナの観測」


「ひので」 データ利用研修

実習の様子

ｄ　「ひので」データ利用研修

翌日には、ひので科学プロジェクト研究員 神尾精氏による太陽観測衛星「ひので」データ利用研修を実施した。太陽面画像の位置合わせには、倍率・回転角を合わせれば良い。太陽半径を可視光・Ｘ線画像のそれぞれで計測し、倍率を決めた。また、「ひので」画像は太陽自転軸を垂直に合わせてあるので、理科年表のＰ角度に従い回転角を決め、マカリの「画像解像度」と「回転」コマンドを利用した。生徒は次第に機械操作に慣れ、画像を重ねることができるようになった。

(6)　研究発表

７～10月の分光観測結果をまとめ、11 月 15 日に AIT サイエンス大賞で「分光観測による恒星の解析」として発表した。明るい星のスペクトルカタログ的なまとめ方で、波長較正・高度補正については、あまり処理が上手くない状態での発表となった。

３月の日本天文学会ジュニアセッションで、その後の観測データも含めて解析方法を改良した内容の発表を予定している。

４　来年度に向けて

(1)　天体スペクトル観測について

平成 21 年度も引き続き和歌山大学教育学部 富田晃彦准教授に連携をお願いして、分光器を高解像度に切り替え、連星について研究を深めたい。連星の解析については、他の連携先を紹介していただく必要もあるかも知れない。高速で公転している明るめの連星を選べば、ドップラー効果を検出できる可能性があり、公転速度を計算できる。分光連星の対象としては、β Per アルゴルの追観測、β Lyr を考えている。また、分光観測に慣れて余裕が出てくれば、銀河の回転速度算出や、球形ではない小惑星の分光観測にもチャレンジしたい。

また、ハートピア安八天文台に近辺の高校生が集まり、学術観測と研究を行える永続的なシステムを構築していくことを目標に活動を続けたい。せっかく入手した高価な機材を継続的に活用できることになるので、分光器などは学校備品扱いから天文台の備品として移行できることが望ましいと考える。

(2)　日食観測について

皆既日食観測では、太陽コロナの分光観測をする。素早くスカイ画像を撮像できるかどうか心配だが、ビデオ観測・デジカメ観測によるコロナ流線の記録にも期待する。引き続き国立天文台との連携により機材の事前チェックと、データの解析についてご指導をお願いする予定である。また、衛星「ひので」データと得られた画像データとの比較・解析をする。

５　謝辞

　本研究を進めるにあたり、国立天文台太陽観測所所長 末松芳法准教授、和歌山大学教育学部の富田晃彦准教授をはじめスタッフの方々には、多くのご助言をいただきました。また、観測施設の使用に際してご配慮をいただいたハートピア安八の梶井芳景館長、船越浩海副館長にこの場を借りてお礼申し上げます。

資料　報道資料

３校合同天体観測（SSH 重点枠）

岐阜の岐山・大垣東、愛知の一宮

宇宙へのロマン共有

3高校合同で天体観測

話し合い理解深め刺激に

岐阜、愛知の高校生がチームを組み、天体を観測している。共通のテーマに沿って研究を進めながら、「宇宙のかなた」に思いを巡らせる。他校の仲間と刺激し合うことで、研究熱も高まっている。（大垣支局・河郷丈史）

取り組むのは岐山（岐阜市）、一宮（愛知県一宮市）、大垣東（岐阜県大垣市）の三校。チーム名は「Astro HA」だ。文部科学省が理数教育に力を入れるスーパーサイエンスハイスクールに指定された岐山と一宮が合同研究を始め、二〇〇六年春から大垣東が加わった。本年度は二十人の生徒が参加している。

研究の拠点は、大型の反射望遠鏡を備えた岐阜県安八町の生涯学習センター「ハートピア安八」の天文台。主に金曜日の夕方に集まり、打ち合わせや観測、データの分析などに取り組んでいる。

「地味な作業が多くて大変」と岐山二年の浅井俊介さん（一六）。例えば星の測光作業では、高性能のカメラで天体の写真を撮影、専用のパソコンソフトを使い、星の明るさを計っていく。分析する写真は年間で千枚…。手間はかかるが「データが集まり、最後に形になるのがうれしい」とやりがいを感じる。

三校の生徒が話し合う中で、新しい考察が出てきたり、理解が深まったりする。大垣東二年の佐藤知佳さん（一七）は「分からないことを聞き合えるので、一緒に研究するのは良いことだと思う」と話す。一校に行事があっても、ほかの二校でカバーできる利点もある。

毎年新しい課題に挑戦しており、研究成果は、日本天文学会が中高生らを対象に開催する「ジュニアセッション」で発表。昨年のテーマは「トロヤ群小惑星・ディフォブスの断面」。恒星と地球の間にディフォブスが入り、地球の表面上にできるディフォブスの影を観測し、ディフォブスの形状を推定することに成功した。

当面の大きなテーマは来年の夏、国内の陸地では四十六年ぶりに観測される皆既日食。貴重な瞬間に立ち会うため、観測地点の鹿児島県の種子島まで出向く計画だ。今年はその準備として、太陽への理解を深めるための研修を予定している。

一宮二年の箕浦大さん（一六）は「太陽表面に現れるコロナやプロミネンスを肉眼で見る機会はめったにない。（皆既日食を）この目でしっかりと見るのが目標です」と胸を膨らませている。

生徒たちが観測に使う大型の反射望遠鏡

望遠鏡をのぞき込む生徒＝いずれも岐阜県安八町の生涯学習センター「ハートピア安八」で

観測ではパソコンを使用する生徒たち

平成 20 年 6 月 8 日付
中日新聞朝刊