

第六回

天文高校生集まれ！

時：平成28年7月18日(月)10時～17時

場所：大阪教育大学天王寺キャンパス西館1階ホール



第六回天文高校生集まれ！！

内容：高校生の天文関連活動、研究成果の発表と交流

参加対象：高校生と顧問教員、指導者、保護者

※発表をする生徒・教員・保護者以外の参加も大歓迎です。

定員：160名まで

参加費：無料

お申込、お問合せ：tenmon-hs6@quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp

7月6日締切

主催：高校生天文活動発表会実行委員会、大阪教育大学

後援：日本天文学会、天文教育普及研究会、

高校生天体観測ネットワーク(Astro-HS)、東亜天文学会

ホームページ：

<http://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/tenmon-hs/index.html>

第6回高校生天文活動発表会～天文高校生集まれ～

プログラム

2016年7月11日

高校生天文活動発表会実行委員会

大阪教育大学

2016年7月18日 於大阪教育大学 天王寺キャンパス 西館ホール

9:30 受付

10:00 開会行事 実行委員長挨拶
会場校挨拶

セッション1

10:05 ①惑星大気の成分分析 (奈良県立青翔高等学校)

10:20 ②食現象から木星大気の性質を探る! (愛知県立一宮高等学校)

10:35 ③木星の模様を探れ (滋賀県立米原高等学校)

10:50 ④冥王星の衛星カロンを巡るクレーター年代学 (大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎)

休憩 (15分)

セッション2

11:20 ⑤多色トランジット観測による系外惑星の半径算出 (奈良県立青翔高等学校)

11:35 ⑥食変光星アルゴルの研究～デジタルカメラによる測光観測～ (金光学園高等学校)

11:50 ⑦電波観測で捉えた2016年しぶんぎ座流星群の特徴 (神戸市立工業高等専門学校)

12:05 ⑧自作ファイバー分光器の製作と観測システムの構築 (岡山県立玉島高等学校)

昼食 (50分)

セッション3

13:10 ⑨太陽黒点の面積と寿命の関係 (兵庫県立三田祥雲館高等学校)

13:25 ⑩夜空の明るさに対する光害対策効果の推定 (兵庫県立龍野高校)

13:40 特別発表 ⑩お盆のような月の輝きに迫る (続編) (ハートピア安八ジュニア天文クラブ)

ポスター発表紹介

13:55 ポスターのみの発表紹介2校 (学校紹介を含む)

P1 30cm 反射望遠鏡の修復 (姫路市立姫路高等学校)

P2 上がるカバルーン (兵庫県立舞子高等学校)

発表のない学校の学校紹介 (3校×1分=3分)

兵庫県立大学附属高等学校、大阪市立柏田中学校、京都市立堀川高等学校

14:10 ポスターセッション ポスター会場にて

15:30 会場 (ホール) へ移動案内

15:35 記念写真撮影

15:40 特別講演「重力波の初観測：重力波天文学の幕開け」

講師：大阪市立大学 田越秀行 先生

ご講演概要

今年2月にアメリカのチームによって発表された重力波の初観測は、アインシュタインが100年前に予言した重力波が見つかったというだけでなく、これまでは実際に存在するかどうか確認されていなかったブラックホールの連星の合体によって発生したものであるということで、それも驚きをもって受け止められました。

重力波の初観測とそれにより始まった重力波天文学の展望についてお話しします。

16:40 質問・討論タイム・コメンテーターから・閉会行事

16:55 解散

参加者のみなさまへ

※発表をされなくても生徒が参加されている学校・個人は学校紹介をお願いいたします。
(パワーポイントを作成していただければ、投影いたします。)

☆口頭発表 最初に学校紹介 1分+口頭発表 (10分) +質疑 (生徒の質問を中心に考えています) 2分
+コメント 2分 (研究者のコメントです)
*引率の先生方のコメント・質問は生徒の質問時間を保証するためにポスター会場をお願いします。
11分で鉦1つ、12分で、鉦2つ 15分で、鉦連打

☆ポスター紹介 2分 鉦1つ

ポスターセッションは、別室で行います。

ポスター掲示用ボードを用意しますので、そこに掲示していただきます。(セロテープやマグネットなどで)

口頭発表の学校も、必ずポスターをご持参ください。

受付で、データの入っている USB をお渡しください。

プレゼン用パソコンは持ち込み可能ですが、発表を円滑に行えるように特に条件がなければ、データを USB でもって来てください。

学校紹介も同様にしたいと思います。

☆昼食はご持参ください。学食は休日なので営業していません。

昼食はポスター会場でお済ませください。ホールは飲食禁止です。

飲料は近くに自販機があります。お弁当は大学の門の外 (歩5分) にあるコンビニで購入できます。

休憩時の飲み物などサービスはありません。

ゴミ分別回収にご協力ください。

☆名札は各自ご用意ください。

☆予稿集は各校で以下のHPからダウンロードして印刷の上、会場へお持ちよりください。

<http://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/tenmon-hs/>

コメンテーターの先生方のご紹介

田越秀行 (大阪市立大学)

松尾太郎 (大阪大学)

富田晃彦 (和歌山大学)

定金晃三 (大阪教育大学)

福江 純 (大阪教育大学)

惑星大気の成分分析

孤杉 一磨、村上 楓、吉田 響、田中 登梧（高3）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

我々は、兵庫県立大学西はりま天文台や岡山県美星天文台の大口径の望遠鏡と分光器を利用し、太陽系内の惑星大気の成分を調べることにした。観測の結果、火星・木星・土星・天王星・海王星の5つの惑星のスペクトルが取得でき、それぞれに現れた吸収線から化学組成の同定を行った。その結果、火星とその他の惑星のスペクトルには明確な違いがあり、同じ木星型惑星であっても木星・土星と天王星・海王星とでは異なった吸収線のパターンが見られた。このことから、木星・土星と天王星・海王星とでは大気組成が少し異なっていることが確かめられた。

1. はじめに

我々は、2015年5月に岡山県美星天文台で天体の分光観測を体験する機会に恵まれた。その際、天体のスペクトル中の輝線や吸収線を調べることにより、遠くにあるはずの天体を構成している成分が分かることに感動した。そこで、我々は、身近な天体である太陽系内の惑星について分光観測を行い、その大気成分を分析することを考えた。幸いなことに、2015年夏は土星・天王星・海王星の3惑星が観測の好機であり、2015年の年末から2016年初めは木星が観測の好機であった。我々は、これら4惑星の分光観測を兵庫県立大学西はりま天文台や岡山県美星天文台の大口径の望遠鏡で行い、それに先輩が取得した火星のスペクトルデータを加え、5惑星の大気成分の比較を行うことにした。

2. 目的

我々の研究の目的は、火星・木星・土星・天王星・海王星の5つの惑星について、低分散分光観測を行い、その結果として得られたスペクトル中の吸収線より、それぞれの惑星大気の化学組成の同定を行うことである。

3. 方法

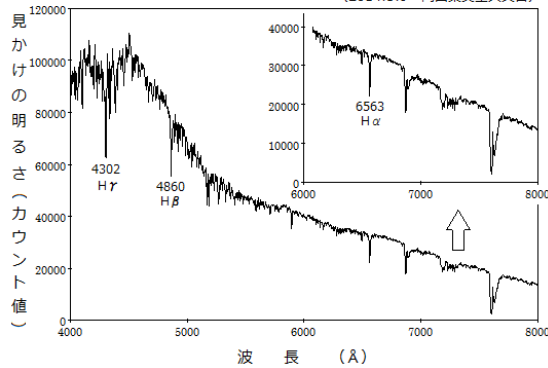
分光観測は、2015年8月7日夜に兵庫県立大学西はりま天文台の口径2mのなゆた望遠鏡で土星・天王星・海王星について、2016年1月9日夜に岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で木星について実施した。その観測及びデータ解析の手順は、以下の通りである。

- (1) 望遠鏡に低分散分光器と冷却CCDカメラを取り付け、目的の惑星のスペクトルであるライトフレーム、鉄やネオンの波長が分かっている輝線を写したコンパリソフレーム、画像上の光のむらを写したフラットフレーム、画像上のノイズを写したダークフレームなどの画像を取得した。
- (2) 「マカリ」（国立天文台・(株)アストロアーツ）により、一次処理を行った。一次処理とは、ライトフレームからダークフレームを減算した画像をフラットフレームで除算する処理である。
- (3) 「Be Spec」（川端哲也氏 作）を用いて、一次処理したデータを横軸が波長、縦軸が見かけの明るさのグラフに変換した。波長の較正には、コンパリソフレームを用いた。更に、グラフの吸収線の波長位置から、惑星大気中に存在する成分を特定した。

4. 結果 (スペクトルの強度較正は行っていない。)

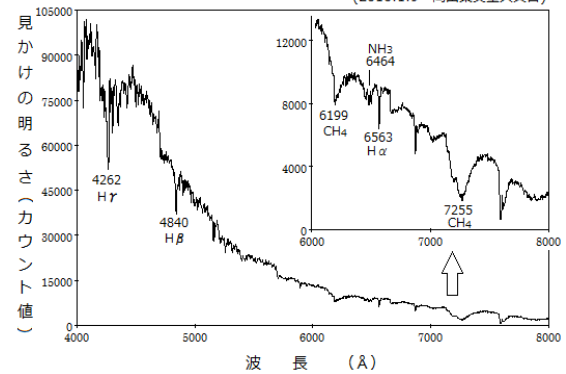
火星のスペクトル

(2014.5.9 岡山県美星天文台)



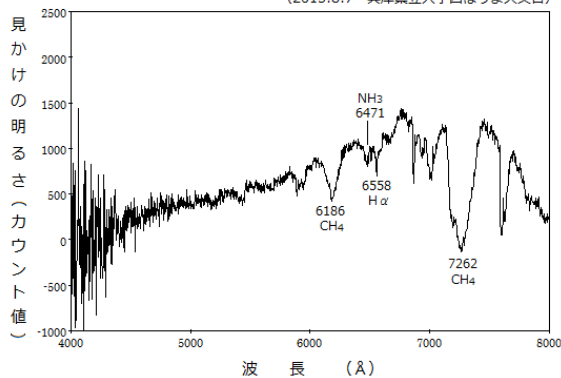
木星のスペクトル

(2016.1.9 岡山県美星天文台)



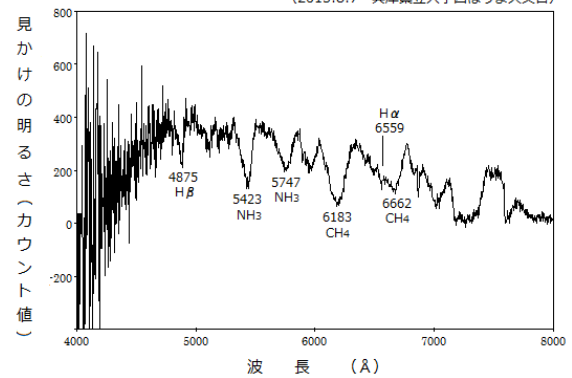
土星のスペクトル

(2015.8.7 兵庫県立大学西はりま天文台)



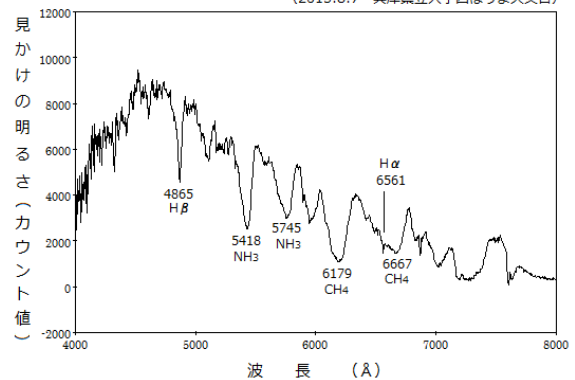
天王星のスペクトル

(2015.8.7 兵庫県立大学西はりま天文台)



海王星のスペクトル

(2015.8.7 兵庫県立大学西はりま天文台)



5. 考察

- (1) 火星のスペクトルでは、水素以外の吸収線は顕著ではなかった。
- (2) 木星と土星の吸収線のパターンはかなり類似しており、水素に加えアンモニアやメタンの吸収線もみられた。
- (3) 天王星と海王星の吸収線のパターンもかなり類似しており、アンモニアやメタンの吸収線が木星・土星よりも数多くみられた。

6. まとめ

今回、惑星の大気組成を調べた結果、我々の予想通り、地球型惑星（火星）と木星型惑星（木星・土星・天王星・海王星）で違いが確認できた。また、同じ木星型惑星であっても、木星・土星と天王星・海王星では異なるパターンの吸収線が現れ、大気組成が少し違うことがわかった。今後は、天文台の観測時間の制約上難しいが、チャンスがあれば金星のスペクトルも取得したい。

謝辞 本研究を行うにあたり、大阪教育大学の福江教授、松本准教授にご指導を頂きました。また、兵庫県立大学西はりま天文台の本田研究員、美星天文台の綾仁台長、前野研究員には、観測及びその後のデータ処理についてご指導を頂きました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

食現象から木星大気の性質を探る！

安福千貴、稲垣里彩、小崎瑛子、堀 友哉（高2）
千田康太、永井大貴、名和卓哉（高1）【愛知県立一宮高等学校】

1. はじめに

食とはある天体が他の天体にさえぎられて見えなくなる、あるいは他の天体の影に入り暗くなる現象の総称である。私たちは5月23日に起こった木星の衛星であるエウロパの食現象を冷却 CCD カメラを用いて観測し、エウロパが木星の影から出現するときの明るさの変化から木星大気の性質について研究している。エクセルの VBA（マクロ）を利用し、食の様子をシミュレーションして作成したライトカーブを、測光結果と比較した。

2. 観測・測光方法

場所：愛知県立一宮高校（愛知県一宮市北園通 6-9）

機材：冷却 CCD カメラ（SBIG 製 ST-7XME）、R,V,B フィルタ、
Celestron C8（D:200 mm f:2000 mm）、EM200 赤道儀、

観測日：2016年5月23日

ソフト：すばる画像処理ソフト マカリ ステライメージ ver.6
ステラナビゲータ ver.9 Microsoft Excel 2013

測光：dark 処理・flat 処理をした画像で、イオ・ガニメデ・エウロパの明るさをすばる画像処理ソフト“マカリ”で半径 10 で開口測光し、表計算ソフトでライトカーブを作成した。ここで、イオ・ガニメデは比較星として測光している。

3. 測光結果

図1の横軸は時間、縦軸はエウロパの明るさである。左は R・V・B、右は B のみのライトカーブである。

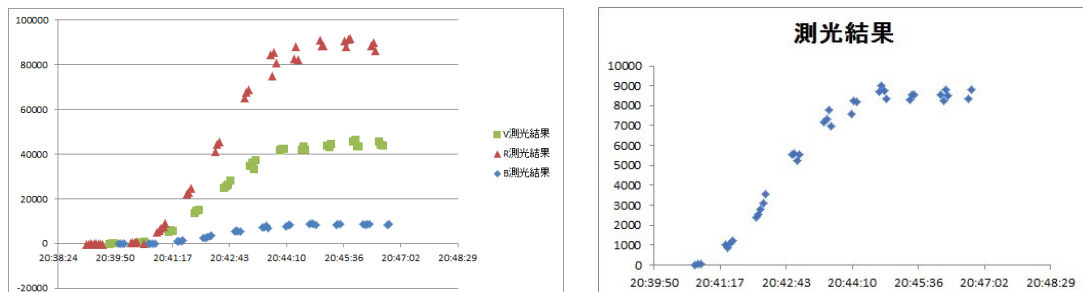


図1 ライトカーブ（エウロパ 5/23）

4. シミュレーション

エクセルの条件付き書式で明るさを 100-0 の数値として、明るい順に、白、黄、赤、と色分けをした。全セルの合計値をグラフで表し、ライトカーブを作成した。

木星の影を直線として、グラデーションを一定割合でかけた。エウロパは周縁減光の効果のだ円の方程式を用いて、マクロのコードに反映させた。

図 3 の左は木星本体影のグラデーションの幅を小さくしたもので、右はグラデーションの幅を大きくしたものである。



図 2 シミュレーションの様子

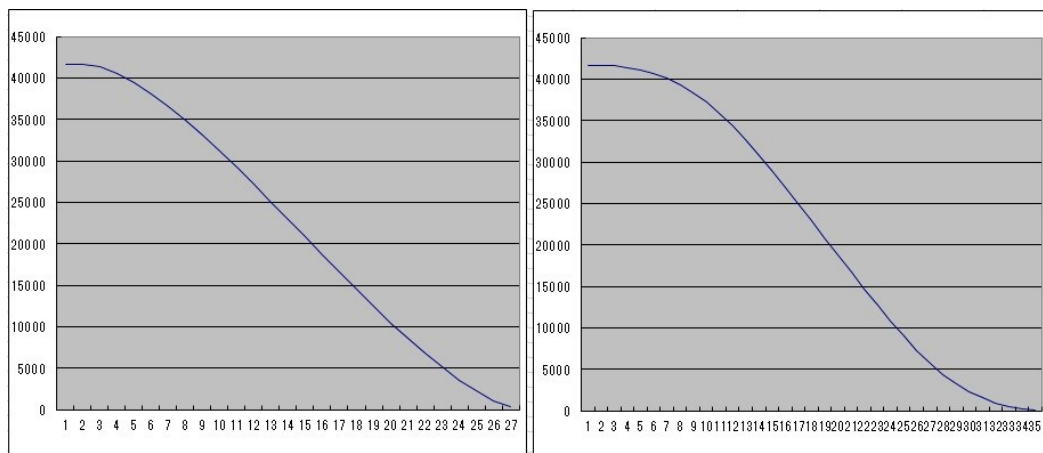


図 3 シミュレーション結果

5. 今後の展望

2014年10月8日に観測した皆既月食中の月面上のRVB光量変化と比較することで、地球大気と木星大気の性質の違いについて考察する予定である。

6. 参考文献

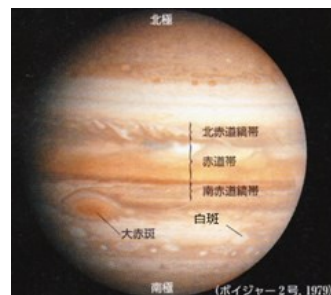
第13回AITサイエンス大賞

岐阜県立大垣東高等学校「木星の衛星食の観測～木星の影の特徴をとらえる～」

木星の模様を探れ

滋賀県立米原高等学校地学部天文班

動機 人工衛星などの他の研究機関の画像（図1）を用いず、自分達の手で惑星研究に耐えうる鮮明な画像を得たいと考えたことと、地学図表などに掲載されている木星の画像には必ず大赤斑が写っておりその裏側はどのようなになっているのかという疑問から本研究を始めた。



目的 本校の保有する機材を用いて木星を最も鮮明に撮影できる撮影方法を確立する。また木星の縞や大気の動きを調べるため展開図を作成する。

図1. 地学図表にある木星

研究1. 木星の観測方法の確立

1.1.方法 木星を最も鮮明に撮影できる機材、撮影方法を確立するため本校の保有する7台の天体望遠鏡を用い直焦点法、リレーレンズ法、バローレンズ法の3通りの方法で木星を撮影した。その後 Registax6 を用い撮影した全ての画像に階調処理を行った

1.2.結果 各望遠鏡で撮影した画像を比較した結果、 μ -180、リレーレンズの組み合わせが最も適切だとわかった（図2）。

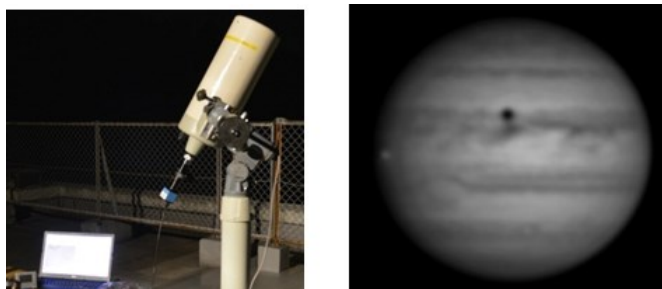


図2. 最適な観測装置と最も鮮明に撮影できた画像

研究2. 「鮮明な画像」の定義を決める

2.1.方法 研究1で撮影した画像を、主観的ではなく客観的に評価するために、マカリを用いて撮影した木星の画像中央に線を引き、輝度変化のグラフを作成し、三本の縞の部分に線を引き輝度差を求める。線を引いてできた明暗の角度の平均と輝度差を数値化したものの平均を評価の値とする（図3）。

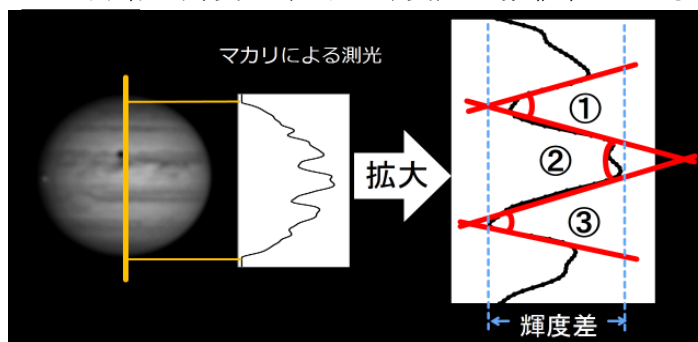


図3. 輝度差と明暗の角度

2.2.結果 鮮明な画像は、輝度差が大きく角度が小さい、逆に鮮明でない画像は、輝度差が小さく角度が大きいと分かった。また、統計 20 枚の画像を評価した結果より、鮮明な画像は角度が 35 度以下、輝度差が 8000 以上であると定義できた（図4）。

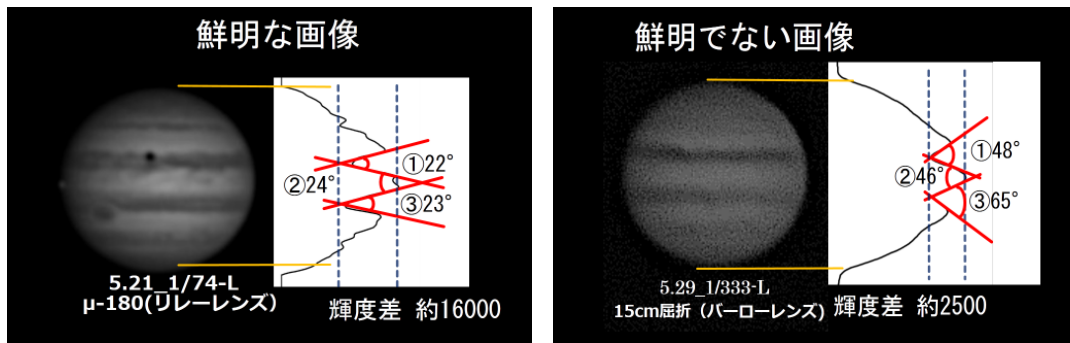


図4. 鮮明な画像と鮮明でない画像の輝度差と角度

研究3. 木星の展開図の作成

3.1.方法 木星全体の模様を探るために展開図を WinJupos のみで作成する方法、WinJupos と Excel を用いて作成する方法、Stella image のみで作成する方法の3通りで作成した。

3.2.結果 3通りの方法で作成した結果 Winjups と Excel を用いて作成する方法が最も適切だとわかった。また作成した展開図から北北温帯縞、北赤道縞、南赤道縞、南南温帯縞などのもようが確認できた(図5)。

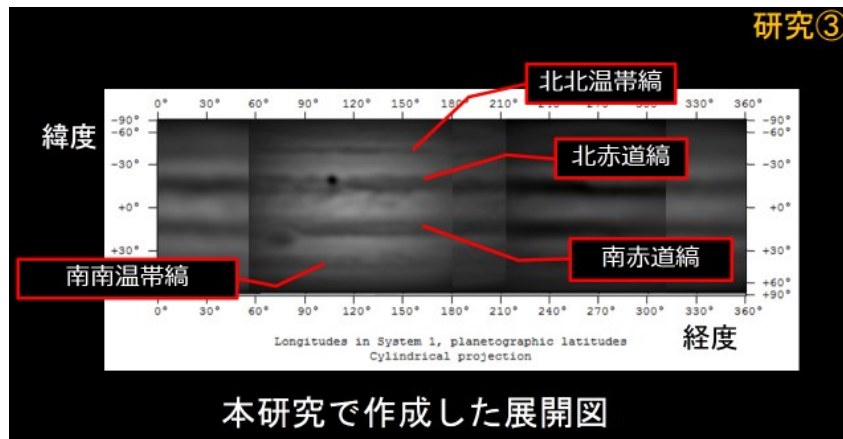


図5. 今回作成した木星の展開図

今後の課題

より鮮明な画像を撮影するために、結露対策などの工夫をする。また、木星を継続的に撮影することで縞の変化や大赤斑、白斑などの大気の動きを調べる。さらに、R画像やIR画像を撮影し、大赤斑、白斑などの変化を調べる。(図6)



図6. 木星のR画像とIR画像

参考文献

- ・天体観測の教科書 惑星観測編 安達誠著
- ・スカイウォッチング辞典 朝日新聞社 他
- ・天文年鑑(2015年版,2016年版) 誠文堂新光社

「冥王星の衛星カロンをめぐるクレータ年代学」(序章)

大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎地学部

(2年濱田吏穂 1年増田吉起・林紬生)

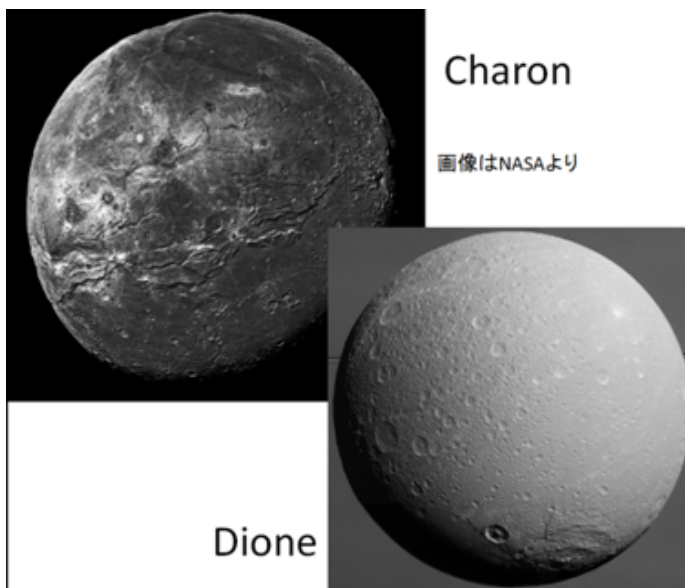
研究の概要

冥王星の衛星 Charon と土星の衛星 Dione の表面に見られるクレータを口径別にカウントし、サイズごとの頻度分布を作成する。それにより、小惑星帯から遠い星と近い星でクレータのサイズ-頻度分布にどのような差異があるのかを明らかにする。合わせて他の天体、たとえば月のクレータの頻度分布と比較したい。

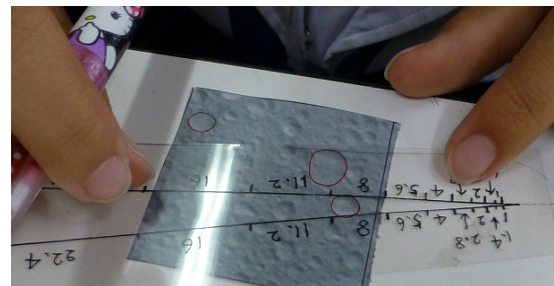
I. はじめに・研究動機

本校地学部で2010~11年度に火星のクレータの研究をしていたと知り、クレータカウント(クレータ年代学)に興味を持っていた。たまたま大阪教育大学の定金名誉教授から新たなNASAの探査衛星による最新画像の情報提供があり、これに挑戦してみようということになった。

II. 研究した2つの衛星の比較



	Charon	Dione
発見	1978 Christy,J.W	1684 Cassin
軌道長半径	17536km	377400km
大きさ	半径606km	半径561km
質量	$1.586 \times 10^{21} \text{kg}$	$1.695 \times 10^{21} \text{kg}$
平均密度	1.71g/cm^3	1.48g/cm^3
表面温度	マイナス220°C	マイナス186°C
自転周期	6.387日	2.7369日
公転周期	6.387日	2.7369日
太陽からの距離	約40天文単位	
表面重力	0.288m/sec^2	0.232m/sec^2
脱出速度	0.59km/sec	0.51km/sec

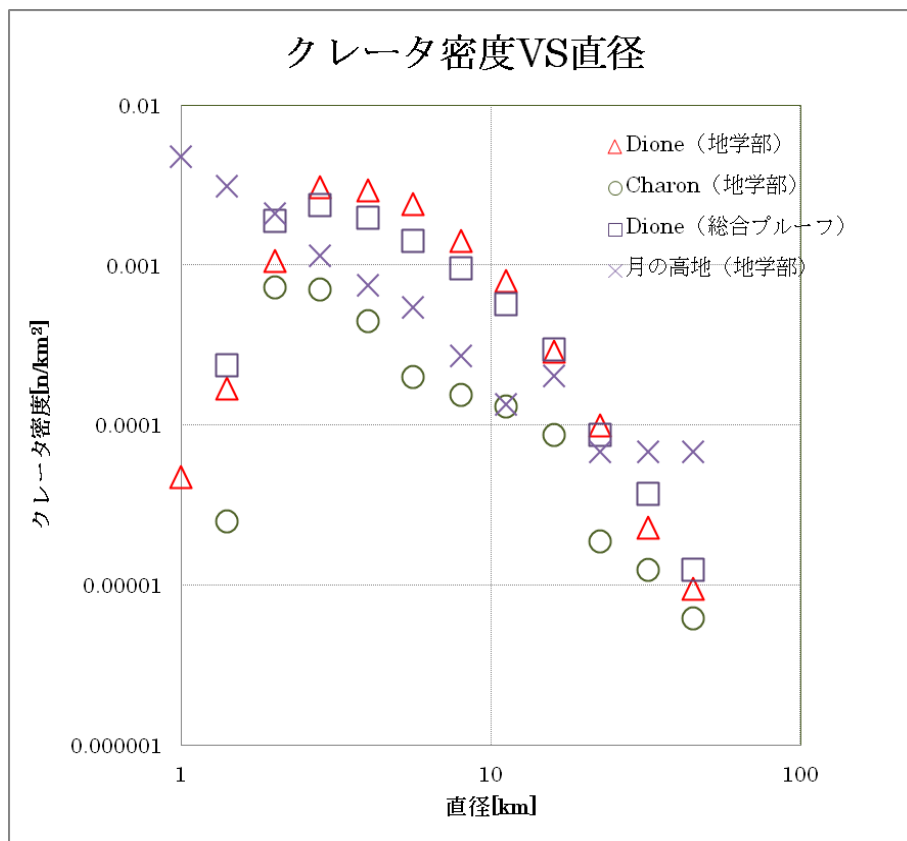


これらの画像は2015年7月14日に無人探査機 New Horizons より撮影された冥王星の衛星 Charon (カロン)とその比較のための土星の衛星 Dione (ディオオーネ)のほぼ同縮尺の画像である。(左:Charon 右:Dione)この2つは写真のように直径が似ているにもかかわらず、クレータ密度が大きく異なるため、研究にはこの2衛星の比較をまず行った。なおこの2衛星に関するほかの諸元を右上の表にまとめた。

III. 研究方法

上記画像をA0プリンタ用紙に印刷して、クレータをそれぞれ口径別にカウントしていく。その読み取りには、かつて本校地学部が開発した、クレータサイズ読み取り用の透明尺を2衛星用に新たに作成して用いた(右上写真が読み取りの様子)。そのデータを基にサイズごとに頻度散布図を作成し、そのグラフから2衛星の相違点を読みとる。

IV. 結果



Dione (□地学部・△本校総合プルーフ班), ○Charon, ×月の高地 (いずれも地学部) の3つの表面の比較を図に示す. なお Dione はクレータ数が多いので, 本校「総合プルーフ」の授業において顧問があらかじめ試験的に行ったカウントのデータ (生徒総数 21 名によるカウント) も比較として示す. なおカウント値は面積で割って, クレータ密度は平方 km あたりのクレータ数で示す.

V. 考察

- ・カウントの度数分布はクレータ年代学で期待されるような両対数グラフで直線になる分布を示す.
- ・Dione が今回の天体比較では一番密にクレータが見られ, 順に月の高地, Charon と続いた. ただし月の高地はカウント数が少なくあくまでも参考程度のものである.
- ・直径 2 km をピークに Dione, Charon とともにクレータの数が減少する. ただし, これは元画像の解像度が悪いためである可能性がある.
- ・Charon は分布の傾斜が緩く大きなクレータの率が比較的多いこと, 反対に Dione は傾斜が強く大きなクレータの率が少ないことがわかる.
- ・地学部と総合プルーフ班の読み取りは分布がほぼ一致するが, 小さい方で地学部の方のカウント数が若干高い. これは地学部員が読み取りに慣れて小さなクレータのカウントの精度が上がったことを示すと考えられる.

VI 最後に

衛星同士のクレータ密度の比較を行った. 講演では月の例や他の衛星との比較などの検討も述べる予定である. またクレータ年代学との関係の解析も将来の研究の展望として予定したい. データ収集にあたり本校総合プルーフの 21 名の生徒の協力を得た. 大阪教育大学名誉教授の定金晃三先生には, 衛星画像の情報提供のほかに本研究への様々なアドバイスをいただいた. 感謝します.

多色トランジット観測による系外惑星の半径算出

飯田 葉大、石田 真幸、牛之濱 俊希、山中 夏樹（高3）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

昨年度、本校の系外惑星研究グループが、TrES-1とHAT-P-43という系外惑星をもつと考えられている2つの恒星についてトランジット法による観測を行い、それぞれの系外惑星の半径を推定したところ、いずれも文献値The Extrasolar Planets Encyclopaedia (<http://exoplanet.eu/catalog/>) よりも1~2割程度大きな値となった。我々は、この原因が系外惑星の大気にあるのではないかと考え、B・V・Rc・Icの4種類のフィルターを用いて多色測光によるトランジット観測を行った。その結果、短波長のフィルターを使用する方が、かえって系外惑星の半径が大きく算出され、これは系外惑星の大気による散乱の効果であることが確認できた。

1. はじめに

昨年度、我々の1学年上の先輩達がケプラー宇宙望遠鏡による地球類似惑星の発見に興味を持ち、本校の系外惑星研究グループを立ち上げた。系外惑星の主な観測方法には、ドップラーシフト法やトランジット法等があるが、我々は、小型望遠鏡でも手軽に行えるトランジット法を用いることにしている。先輩達は、TrES-1とHAT-P-43という2つの恒星についてトランジット法による観測を行い、独自の簡便な算出方法により系外惑星の実半径を求めた。その結果、TrES-1bは1.2木星半径（文献値は1.099木星半径）、HAT-P-43bは1.6木星半径（文献値は1.283木星半径）という値が求まった。

我々は、先輩の研究を引継ぎ、我々の観測値と文献値のずれの原因を解明すべく、更に系外惑星のトランジット観測を行うことにした。

2. 目的

我々の研究の目的は、主として以下の2点である。

- (1) 系外惑星を持つと考えられている恒星WASP-80についてトランジット観測を行い、その結果より求めた系外惑星の半径がThe Extrasolar Planets Encyclopaediaの値より大きくなることを確かめる。
- (2) 昨年も観測を行ったHAT-P-43について、トランジット中心付近、トランジット終了後の2度の時刻においてB・V・Rc・Icによる多色測光観測を行い、透過光の波長と算出される系外惑星の半径との関係を調べる。

3. 方法

WASP-80は2015年8月7日に兵庫県立大学西はりま天文台の口径60cm望遠鏡でトランジット観測を実施した。その観測及びデータ解析の手順は、以下の通りである。

- (1) 望遠鏡に冷却CCDカメラとRcフィルターを取り付け、目的の天体と比較星を含むライトフレーム、フラットフレーム、ダークフレームなどの画像を取得した。
- (2) 「マカリ」（国立天文台・(株)アストロアーツ）により、一次処理を行った後、開口測光の機能を用い、比較星に対する目的の天体の相対的な明るさを求めた。
- (3) 「Microsoft Excel」により光度曲線を作成し、トランジット中の減光率を求めた。
- (4) 次式により、減光率から恒星に対する系外惑星の半径比を求めた。

$$L = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} \quad \text{変形して、} \quad r = R\sqrt{L} \quad (L: \text{減光率} \quad r: \text{系外惑星の半径} \quad R: \text{恒星の半径})$$

(5) 恒星の色指数からその半径を推定し、これと半径比から系外惑星の実半径を求めた。

一方、HAT-P-43は2016年1月9日に岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で多色測光観測を実施した。その観測及びデータ解析の手順は、以下の通りである。

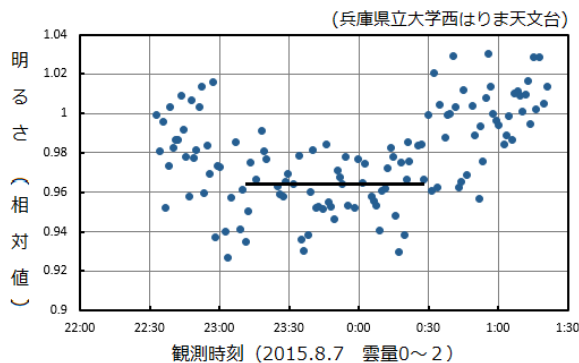
(6) 望遠鏡に冷却CCDカメラを取り付け、ETD (<http://var2.astro.cz/ETD/>) で調べたトランジットの中心時刻及び終了時刻の2度に渡り、B・V・Rc・Icフィルターによる画像をそれぞれ取得した。フラットフレーム、ダークフレームなども取得しておいた。

(7) 「マカリ」による一次処理後、開口測光により目的の天体の相対的な明るさを求め、各フィルター毎にトランジット中と後の値を比較して減光率をそれぞれ算出した。

(8) 上記(4)及び(5)の方法を用いて、各フィルター装着時の系外惑星の実半径を求めた。

4. 結果

WASP-80



HAT-P-43 (恒星半径は1.2太陽半径として計算した。)

(岡山県美星天文台 2016.1.9)

使用フィルター	減光率	実半径 (木星=1)
B ($\lambda_c=4360 \text{ \AA}$)	2.98%	2.02
V ($\lambda_c=5450 \text{ \AA}$)	2.29%	1.77
Rc ($\lambda_c=6380 \text{ \AA}$)	1.88%	1.60
Ic ($\lambda_c=7970 \text{ \AA}$)	1.75%	1.55

λ_c : 中心波長

5. 考察

(1) WASP-80の光度曲線から、トランジット中の減光率は $3.7 \pm 1.4\%$ となるから、系外惑星WASP-80bの半径は恒星の0.19倍 (0.15~0.23倍) となる。観測により色指数B-Vは1.38等だから、WASP-80を主系列星と考えると、Allen's Astrophysical Quantitiesより、その半径は0.61太陽半径となる。これらより、WASP-80bは木星半径の1.1倍 (0.9~1.4倍) と求められる。The Extrasolar Planets Encyclopaediaによると、0.952木星半径となっており、我々の値の方が16%ほど大きく求まった。なお、この惑星の公転周期は3.07日と短いため、ホットジュピターであると考えられる。

(2) HAT-P-43についての多色測光観測では、我々は当初、使用フィルターの中心波長が短くなるほど系外惑星の半径は小さくとなると考えて観測を行ったが、実際は波長が短いほど半径が大きく算出されることが分かった。これは、波長の短い光ほど惑星大気によって散乱されやすいため、この系外惑星が厚い大気に覆われていることを意味している。

6. まとめ

我々はトランジット観測により3つの系外惑星の半径を求めたが、すべて文献値よりも大きくなった。その原因を突きとめようと実施した多色測光観測であったが、波長による光の散乱の違いのため、予想とは正反対の結果が求まった。今後も引き続き、系外惑星の半径が大きく算出されてしまう原因を解明するために、トランジット観測のデータを増やすとともに、異なる半径算出方法を試してみたいと思う。

謝辞 本研究を行うにあたり、大阪教育大学の福江教授、松本准教授にご指導を頂きました。また、美星天文台の綾仁台長、前野研究員、兵庫県立大学西はりま天文台の本田研究員、高橋研究員には、観測についてご指導を頂きました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

食変光星アルゴルの研究 ～デジタルカメラによる測光観測～

金光学園高等学校（普通科） ○青木 悠祐 坂本 龍哉 滝口 道雄

1. はじめに

私たちは市販のデジタルカメラを用いて精度の高い天体観測を進めている。昨年度から食変光星アルゴル（周期 2.867 日）の極小付近を金光学園天文台で撮影し，得られた画像を RGB 3 色分解して光度曲線を求めてきた。

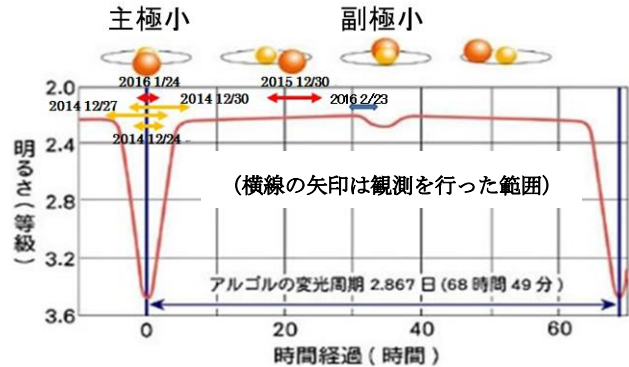


図 1. アルゴルの光度曲線（倉敷科学センターHP より）

2. 研究方法と結果

今回はデジタルカメラの直線性を調べて適正露出時間を知り，明るい比較星を用い，ダークとフラット光のデータで画素の感度ムラを補正し，測光精度を上げるように努めた。



図 2. 赤道儀に取り付けたデジタルカメラ

観測は，屋上のドーム内に設置された赤道儀の望遠鏡先端にカメラを取り付け（図 2），自動追尾をしながら行った。解析は，3 色分解して得た G バンドのデータを使用した。自動解析ソフト AIP 4 WIN を用いて開口測光を行い， κ Per との等級差で光度曲線を描いた。なお，G 等級は Tycho2 星表の VT 等級および標準システムの V 等級と強い相関があることが知られている（今村参照）。

2016/01/24 の観測では誤差が 0.1 等級より十分に小さく（図 3），多項式近似と中点連結法により主極小時刻を求めたところ，予報より約 30 分遅い値が得られた。また，昨年度の観測も同様なデータ処理を行い，より確かな結果を得た。主極小時刻の決定誤差は 10 分程度と思われる。

次に，2014/12/27（昨年度の観測）と 2016/01/24 の食時刻データから変光周期を求め，68 時間 49 分（約 2.867 日）という値を得た。従来の観測結果（倉敷科学センター HP 等に掲載）の変光周期の値に非常に近い結果が得られたが，1 年を超える期間の観測を用いることで誤差が抑えられ，秒の桁まで比較することが可能となった。



図 3. 2016/01/24 の光度曲線（G バンド）

3. 考察と結論

解析で得た G バンドの等級差 (アルゴル κ) に比較星の値 (3.90 等級) を加えてアルゴルの G 等級を求め、変光の位相に対する光度曲線を比較した (図 4)。主極小付近で見て、2014/12/30 と 2016/01/24 の光度曲線は、2014/12/27 と比べて約 0.2 等級明るくなっている。アルゴルは 2.12~3.39 等級の範囲を変光するとされるが、前 2 夜は月のため空が明るく、アルゴルより暗い比較星 (κ Per) がより暗く見積もられたためと思われる。

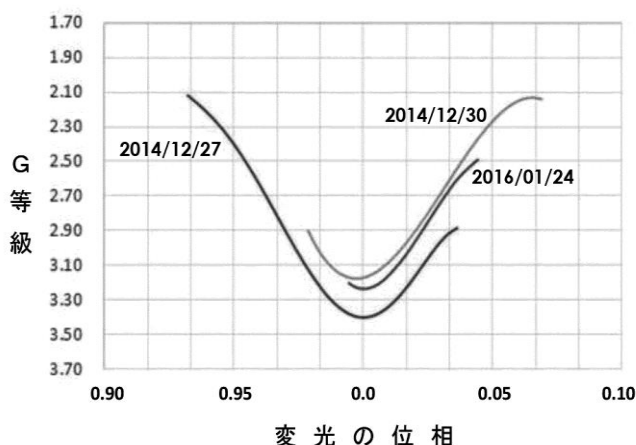


図 4. G バンド光度曲線の比較

今後 B バンドや R バンドも含めてデータ解析を行い、光度等級の精度を高めたい。

図 5 は、200 年を超えるアルゴルの食時刻 (観測値 - 予報値) を示したものである。この間の眼視・写真・光電測光による観測から、変光周期が変化していることが分かる。小振幅の緩やかな変化に加えて、突発的に (1840 年, 1920 年) 大きな変動が生じている。VSOJ (日本変光星観測者連盟)、慶応高校と私たちの観測結果を加えると、2000 年頃から約 4 秒延びて、歴史上もっとも変光周期が長くなっている (図 5)。

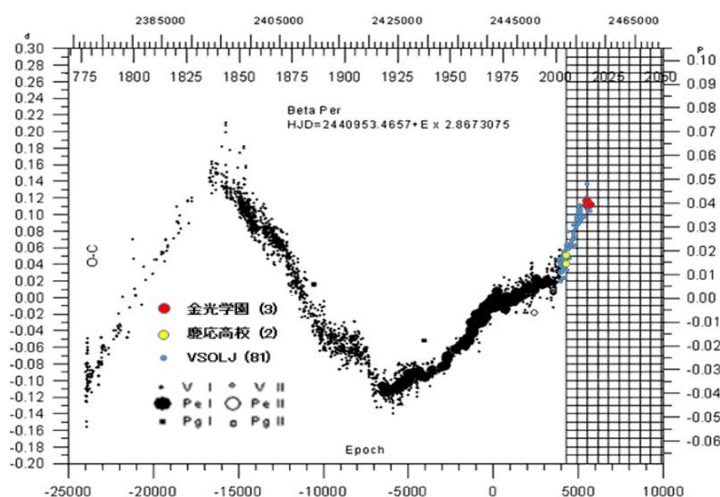


図 5. 食時刻 (観測値 - 予報値) のグラフ

半分離型連星であるアルゴルの突発的な周期変動は、主に質量放出や伴星の活動性によると考えられるが、その定量的な考察は難しく、結論に至っていない。

4. 参考文献

- ・天文アマチュアのための天体観測の教科書「変光星観測編」日本変光星研究会編.
- ・天文年鑑 2015, 誠文堂新光社.
- ・2015 年度探究 II 論文集, 金光学園中学・高等学校.
- ・ステラナビゲータ ver.9, アストロアーツ.
- ・倉敷科学センターHP 「食変光星アルゴル観測ガイド」(2015 年 10 月閲覧)
<https://www2.city.kurashiki.okayama.jp/lifepark/ksc/tokusyu/algol/index.html>
- ・今村和義「デジタル一眼レフカメラによる測光観測の検証」
http://imako-iak.boo.jp/wp-content/uploads/2014/05/2010_VSOLJ_Iak.pdf

電波観測で捉えた 2016 年しぶんぎ座流星群の特徴

神戸市立工業高等専門学校 自然科学部

中谷圭佑¹，吉村颯馬²，曾根田青暉²，服部勇希²，酒巻くるみ²，

乾優稀³，今村匠実³，森下竜磨⁴

谷口博⁵，大多喜重明⁶

¹都市工学科，²電子工学科，³応用化学科，⁴電気工学科，⁵一般科准教授（顧問），⁶一般科教授（顧問）

1. はじめに

しぶんぎ座流星群は日本で観測可能な三大流星群のひとつであり，例年 1 月初旬に観測される。その最盛期の期間は数時間程度であることが知られており，いつでも夜間に観測の最盛期を迎えるとは限らないため，目視での観測が難しい流星群のひとつと考えることができる。

流星電波観測は「流星電波観測国際プロジェクト」を中心として国内外で盛んに行われている電波観測であり，アマチュア無線電波の流星による反射波（エコー）を捉える観測として知られている。この観測では，天候に左右されることなく昼夜を問わず流星の飛来を電波で捉え，パソコン上で確認・集計をすることが出来るため，必ずしも目視の観測を必要としない。特に，昼間に飛来する流星を捉えることが出来るという点で，大変有用な観測である。

我々は，しぶんぎ座流星群をはじめとしてさまざまな流星群の最盛期の期間（時間）に興味を持ち，天候や昼夜を問わず観測できる流星電波観測を昨年 12 月末より開始した。今回の発表では，1 月初旬に最盛期を迎えたしぶんぎ座流星群の観測結果を中心に報告する。

2. 観測方法

流星は発光する際に，周辺の大気を一時的に電離状態にし，電子濃度が濃い空間（電離柱）を作り出す。通常は宇宙空間に突き抜ける無線電波は，流星の通過に伴い発生するこの電離柱で反射（前方散乱）する。流星によるこの反射波（エコー）を受信することにより，流星の数を数えようとする試みが流星電波観測である。今回の観測では，福井工業高等専門学校が発信してアマチュア無線電波を利用して観測する。学校の屋上にアンテナ（第一電波工業製のディスコーンアンテナ，D3000N）を設置し，ワンセグ用 USB チューナー（DVD-T）を介して，PC 上で SDR (Software Defined Radio) 「ソフトウエアラジオ」ソフト（MacOS 上で gprx を使用）を用い必要な周波数・変調方式に変換して受信する。受信周波数は 53.7492MHz（USB モード）である。受信音声をもろFFT（山本道成氏による）を用いてフーリエ変換し音声強度（受信強度）を計測・可視化する。受信データのデータ集計には HRO View，集計グラフ作成には HRO Report を使用した。

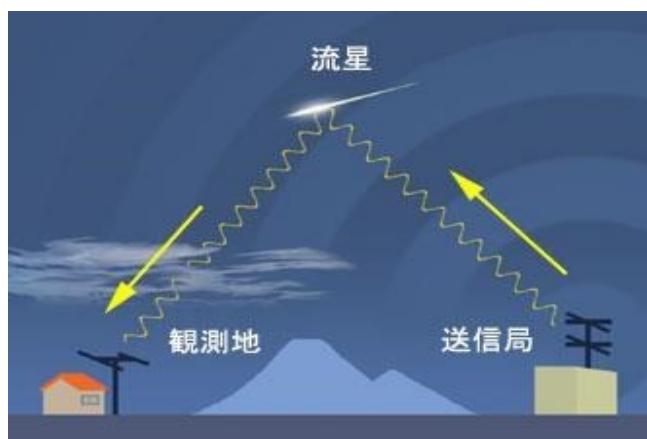


図 1：流星電波観測の概要

3. 結果

2016年のしぶんぎ座流星群の最盛期を含む1ヶ月分のデータを図2に示す。1月4日の3時から流星の数が増え始め12時に極大、1月5日の2時に収束したことがわかる(図2a)。流星群が飛来しない時期(図2b, c)の平均流星数1個を差し引くと、しぶんぎ座流星群の全飛来数は41個であった。また、同時間帯の極大値は11個と見積もられる。

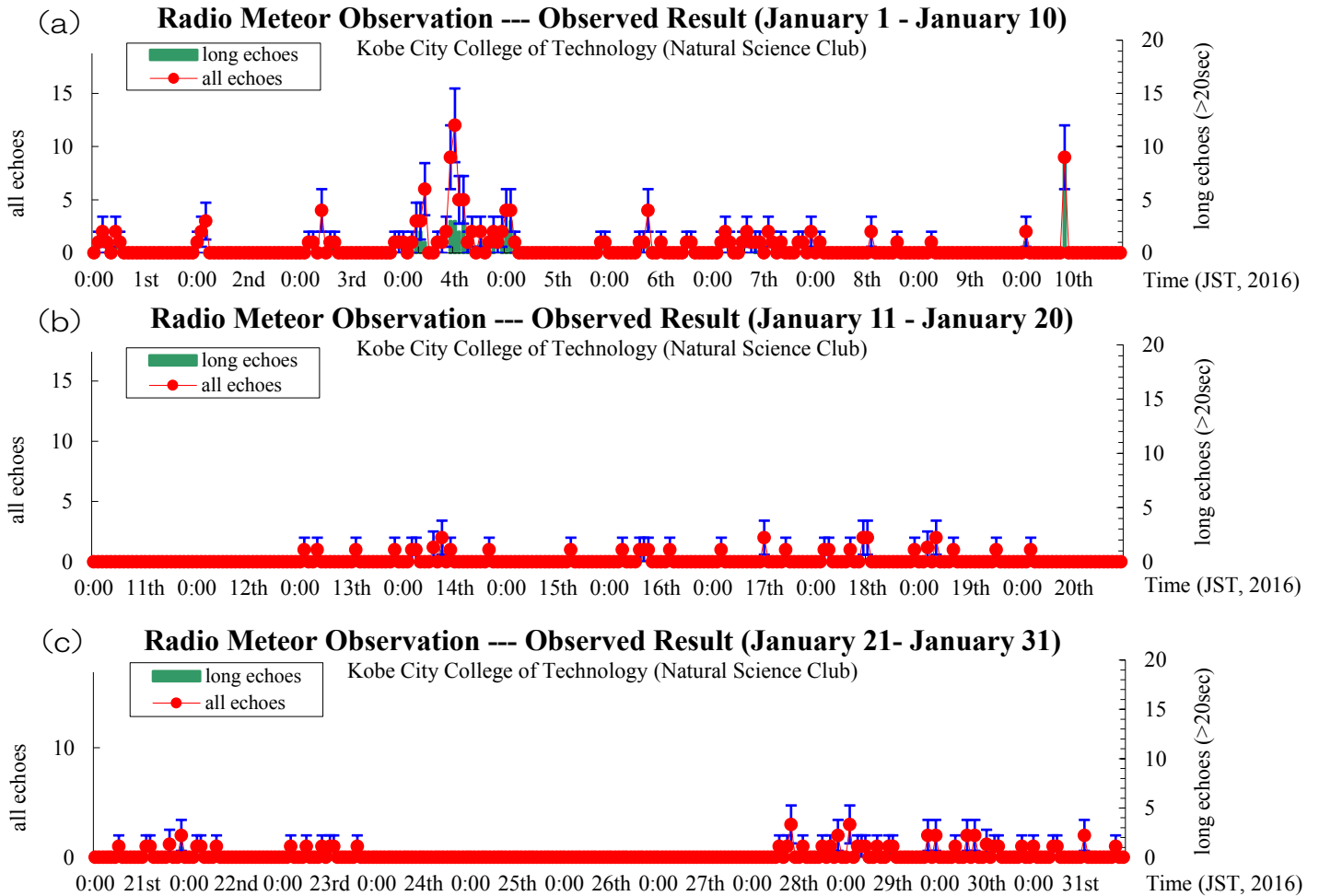


図2：流星数解析結果(期間2016年1月1日~1月31日)

4. まとめ

しぶんぎ座流星群を流星電波観測で観測した。2016年のしぶんぎ座流星群は、1月4日の3時に開始し、同12時に極大、1月5日の2時に終了し、流星群の継続時間は23時間と推測される。これまでに知られている継続時間(数時間程度)と比べてやや長い結果となった。今後も継続してデータを集め、同じ流星群の年々変動や他の流星群との比較を行う予定である。

5. 参考文献

流星電波観測国際プロジェクト

http://www.amro-net.jp/hro_index.htm

流星電波観測-AstroArts-アストローツ

<http://www.astroarts.co.jp/special/leo2002/hro/index-j.html>

自作ファイバー分光器の製作と観測システムの構築

畠 詩織 (高3) 【岡山県立玉島高等学校】

概要

3年前、美星天文台で分光観測を行い、分光観測に興味を持ち、手軽に本格的な観測ができるにはどうすればよいか考え自作の分光器を製作することにした。ファイバー式にすることは最初から決まっていたが、使用する回折格子は初期段階では、透過型を使用したものを考えたがテスト結果で反射型のほうが良い結果が得られたため、反射型回折格子を使用することにした。また、撮影装置は一般的なデジタル一眼レフカメラを使用した。システムの特徴を生かし、波長較正、フラット補正、強度較正も単純化することを考えた。現在、M42、シリウス、リゲル、ベテルギウス、アークトゥルス、スピカ、ベガのデータを取得した。

1. 目標としたファイバー式分光器

- ・手軽に本体を持ち運べる
- ・対象にあわせて望遠鏡やレンズが自由に变更できる
- ・出来るだけ安価に製作する

2. 分光器の製作

ファイバーの分光器側と望遠鏡（レンズ側）の固定をどうするかを考え、コーリメーターレンズをカメラレンズで代用するため、フィルムカメラのボディのジャンクション品を購入した。また、対象天体の導入が確認できるようにマニュアル式のフィルムカメラのボディを安価に購入した。カメラマウントを使用することで、ほとんどの望遠鏡に取り付けることができ、カメラレンズも使用することができる。

ファイバーの接続にはアクリルボードをカメラのフィルムの位置に張り付け、中心に穴をあけ、ファイバーを差し込めるようにした。

スペクトル撮影装置は一眼レフカメラを使用することにした。

持ち運ぶためのケース兼遮光用に発泡スチロールの箱を用意し、中を艶消し黒の塗装をした。

3. 使用した部品

- ・直径200マイクロメートル光ファイバーケーブル (エドモンドオプティクス)
- ・ブレード回折格子 600GPM 500MN (エドモンドオプティクス)
- ・フィルムカメラボディ 2台

- ・デジタル一眼レフカメラ (変更可能)
- ・その他 固定部品など

4. 完成した分光器と観測システムの構築

(1) スカイ、ダークデータの取得

スリット式の分光器と違い、ファイバーからの光は一か所しかないので一枚のデータからスカイデータが取れない。しかし、天体の周辺部を同じ露出で撮影することで、スカイとダークが同時に撮れる

(2) 波長較正データ・フラットデータ・強度較正データ

この分光器は光の出口が固定できているため、装置を取り外さない限り、観測後別途データを取得することが可能になっている。そこで、水銀灯を用意し、波長較正データを取得することにした。

また、強度較正についてはエジソンバルブ（カーボンランプ）が可視光領域ではほぼ黒体輻射に一致するため、2200Kのエジソンランプを使用し、比較光を使用することで標準星が撮影できなくても強度較正が可能となっ

ている。同時に、光の出口が固定されていることでフラット補正も可能となる。



ト補正も可能となる。

5. 観測・解析

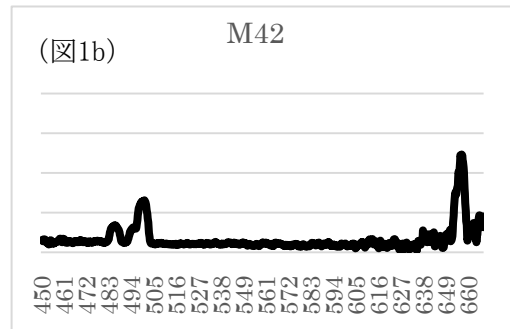
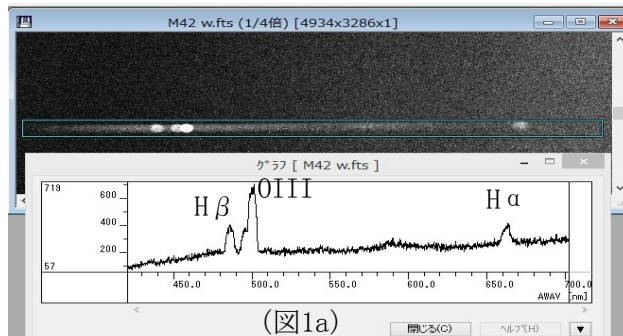
(1) 観測機材

・GINJI 20cm F4反射望遠鏡 ・タカハシ EM-100赤道儀 ・Nikon Df (撮影装置)

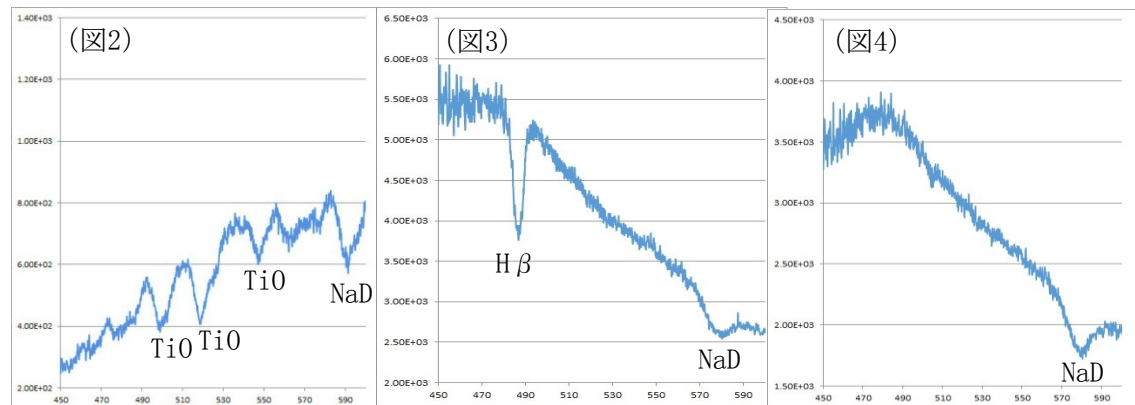
(2) 観測結果

すべてのデータの波長較正は水銀ランプで行った。

M42のデータは、本来 $H\alpha$ が一番強いがデジタルカメラの特性で低くなってしまっている(図1a)。しかし、カーボンランプを2200Kの黒体として強度較正を行うことで、良い結果が得られた(図1b)。



また、ベテルギウス(図2)及びは非常に良い結果が得られたが、シリウス(図3)、リゲル(図4)は短波長側に問題がみられた。



6. 考察と今後の課題

汎用性の高い分光装置の観測システムができたのではないかと思います。データの質については撮影装置にあたるデジタルカメラの性能によるところが大きい。しかし、この装置では天体用に改造したカメラを使用することも可能である。また、限界等級については高感度により強いカメラに変更すればよい。さらに、スピカ、ベガのデータも検証した結果、ファイバーの波長特性が原因であることが分かったので、ファイバーも交換できるように改造予定である。

7. 参考文献

- (1) カーボン電球の光 中川靖夫(照明学会誌 第74巻 第5号 平成2年)
- (2) 理科年表 (3) SkyServer (SDSS)
- (4) スペクトル物語 デジタルアトラス(国立天文台)

太陽黒点の面積と寿命の関係

兵庫県立三田祥雲館高校 天文部

溝口智貴 中田篤志 中村俊介 森内翔太 廣野河世 田中 暁【2年】
渡邊 歩 森本一成 小山息吹 古家後はるか 木寅沙也果 中井まりあ【1年】

研究の概要

太陽黒点の「寿命」についての先行研究は行われているが、その「寿命と面積」の関係については、詳しい研究はなされていない。そこで、太陽観測衛星 SDO が観測した画像データ及び、米国海洋大気局 (National Oceanic and Atmospheric Administration) NOAA の太陽面スケッチ画像データアーカイブを用い過去数十年における「寿命と面積の関係」を明らかにしようというのがこの研究の目的である。

1. データの収集

できるだけ長い期間のデータを集めるため、表1のように太陽観測衛星 SDO の画像及び米国海洋大気局 (NOAA) のスケッチのアーカイブを用いた。

(表1) データ概要

データ	期 間	アーカイブ
衛星画像	2010 ~ 2015	SDO
スケッチ	1980 ~ 2015	NOAA

2. 解 析

衛星画像、スケッチともに黒点が発生してから消えるまでが確認できる黒点を見つけ寿命を求める。また、最も複雑な形に黒点になった時に面積を測定した。

衛星画像については「太陽黒点観測補助ツール」を用い解析した。(図1) これは時刻を打ち込むと自動で太陽経緯度図を合わせるソフトである。これによって黒点の経緯度方向の距離(度)を求めその差を平方することによって黒点の面積(平方度)を求める。また、スケッチはプリントアウトしたものから太陽半径を単位として面積を求めた。(図2)

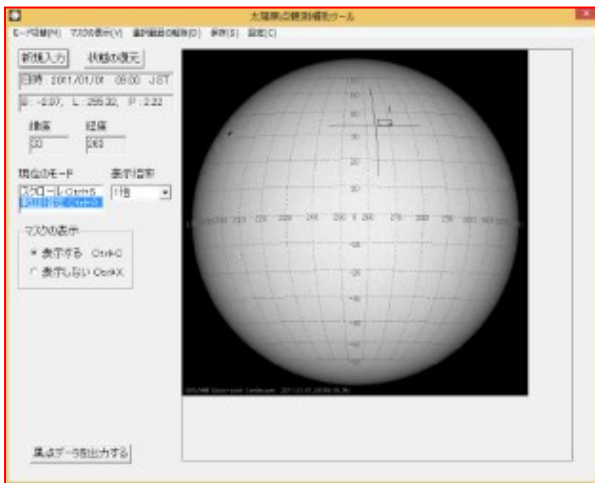


図1 太陽解析補助ツール

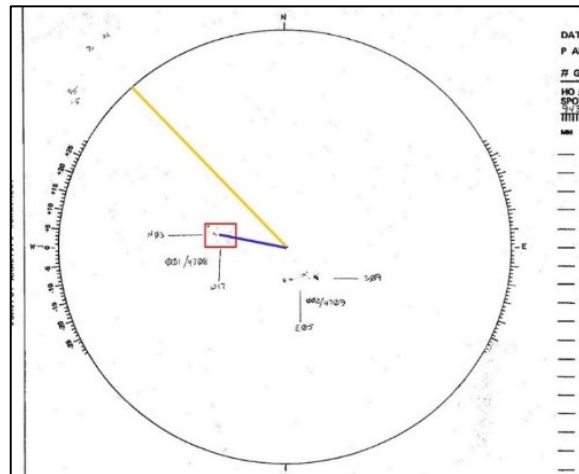


図2 スケッチ画像の解析

3. 結果

結果を次に示す。

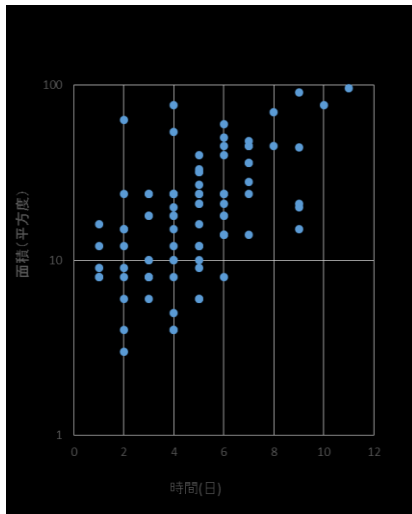


図3 SDO画像から求めた面積と寿命の関係
縦軸: 黒点の面積(平方度)
横軸: 黒点の寿命(日)

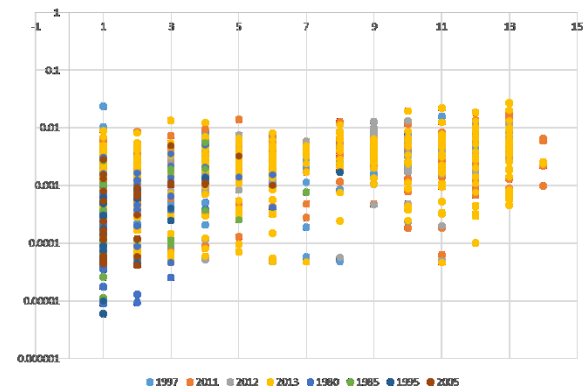


図4 黒点スケッチより求めた面積と寿命の関係
横軸: 黒点の寿命(日)
縦軸: 太陽面積で規格化した黒点の面積
・グラフ下の数字はそれぞれのデータの年を表す

4. 考察

- 1) 寿命が長くなるほど黒点の面積は大きくなる傾向にある。
- 2) 寿命の短い黒点に関しても面積の大きい黒点が見られ、面積の大きい黒点においては寿命の短い黒点は少ない。
- 3) 黒点の寿命が長くなると面積の最小値が大きくなっていくといえる。
- 4) 寿命が1,2日の黒点においては面積の最大値と最小値の差が大きく、その中に散らばって存在している。
- 5) 寿命が5~9日の黒点は面積の最大値がこれより寿命が短い黒点より小さくなっている。
- 6) 衛星画像, スケッチともに寿命が長くなると面積も大きくなるという似た傾向が求められた。
- 7) 2011, 2012, 2013年において、寿命が7~9日においてみられた黒点数の減少は面積の小さい黒点が少なくなっていると考えられる。

さらにこれらのことから次のことが考察できる。

黒点の面積の最大値は、寿命が1日から太陽の自転周期の半分の約14日においては寿命に関係なく一定である。すなわち黒点が発生させる磁場の最大面積が決まっていると考えられる。黒点の寿命にかかわらず面積の最大値は一定であり、最小値は大きくなっていったものの一つの寿命の中で散らばって存在していた。さらに黒点の寿命が短いほど最小値は大きくなっていったことから、太陽のエネルギー消費の様子は黒点ごとに違っていると考えられる。

5. 今後の課題

ある程度の傾向を掴むことができたが、より多くのデータを得てさらに正確な傾向を掴む必要がある。私たちだけでは、効率が悪いので、共同研究を行って頂ける学校を募集している。

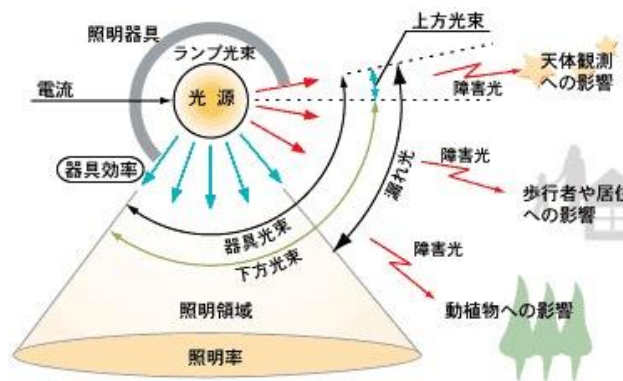
夜空の明るさに対する光害対策効果の推定

兵庫県立龍野高等学校

中村篤志、谷口沙彩

1 はじめに

光害とは町の街灯や住宅から漏れた過剰な明かりが大気中の浮遊物質により乱反射、散乱することによって引き起こされる様々な悪影響のことを指す。都市部では夜空が明るくなることによって肉眼で星を見ることが出来ない。そこで「伝統的セタライトダウン」という取り組みが行われている。これは旧暦セタの日には毎年行われているイベントでこの日だけは明かりを消して星を見るというものだ。参加を呼びかける際、何か指標があった方が一般の人には分かりやすい。そこで「何個の街灯に光害対策を施すと、どれくらい夜空は暗くなるのか」という指標の作成に取り組んだ。



↑照明学会 HP より引用

2 模擬街灯実験

実験は室内で行い、周辺からの光の侵入と反射を抑えるために暗室を作成した。街灯を模擬した白熱電球に覆いをかぶせた時、覆いをかぶせていない時の垂直方向への光の漏れを比較して、対策によってどれくらいの効果を得られるかを調べた。

3 順序

- ① 模擬した街灯に覆いをかぶせた時、覆いがない時の値の変化を調べる。
- ② ポグソンの式に調べた値を代入して等級の変化量を求める。

使用器具：デジタル一眼レフカメラ(Canon EOS60D)

カメラ設定 ISO 800, 焦点距離 35 mm, シャッター速度 30 s

4 実験結果

	平均カウント値
対策あり	1308.14
対策なし	1925.64

↑明るさは 67.4%に

ポグソンの変形式に代入

「対策あり」は「対策なし」の67.9% $\equiv 7/10$

$L_{前} = \chi, L_{後} = (7/10)\chi$ と置くと $\Delta m = 0.39$

ポグソンの変形式

$$\Delta m = -2.5 \log(L_{後}/L_{前})$$

Δm ・・・等級の変化量 \log は常用対数

$L_{前}$ ・・・光害対策前の夜空の明るさ $L_{後}$ ・・・対策後の夜空の明るさ

対策前→対策後

等級が 0.39 増える

5 モデル化

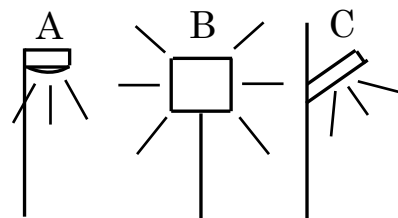
何個の街灯を消すと、どのくらい光害対策の効果が
あるのかモデル化を試みた。モデル化を行う範囲は
龍野高校の近くにある水田を中心に半径 756mの
円内にある街灯を対象とした

手順

- ① 街灯を分類
- ② 夜空の単位面積の設定
- ③ 単位面積中の街灯数計測
- ④ 照度を等級に変換

- ① 街灯を3種類に分類してそれぞれの上方向へ
漏れる光の量(上方光束)を求めた

上方光束 街灯 A タイプ:1318<lm>
街灯 B タイプ:6217.2<lm>
街灯 C タイプ:72149.55<lm>



- ② 夜空の高さを 900mと設定して三角比より夜空の単位面積は半径 756mの円
(1794623.04 m²)であると分かった
- ③ 基準点から半径 756mの円内に
街灯 A タイプ:10+12=22 個、街灯 B タイプ:18 個、街灯 C タイプ:165 個が存在した。
- ④ 星空単位面積に到達する全上方光束は、
(タイプ別の街灯一つ当たり上方光束)×(そのタイプの街灯の個数)の和で求められる。
よって、夜空に到来する全光束は 131764.75<lm>である。
これを星空の単位面積 1794623.04<m²>で割ったものが、星空での照度 0.07342<lx>である。

$$\chi = -2.5(5 + 2\log 2 + \log E)$$

x:等級 E:照度 logは常用対数

左の式に上記の照度を代入すると、-11.17等級
となった。しかしこの結果は明らかに誤っているた
め、このモデルのどこかに不備があることが判明
した。

6 考察

模擬街灯では室内に暗室を作成して実験を行ったが、周囲からの光を完全に防ぐことはでき
ていない。より正確な数値を得るため改善が必要である。

次にモデル化では大気中での光の散乱や減光について考慮していなかった点、夜空の高さの
設定が不十分であった点が問題点として挙げられる。大気中のエアロゾルなどの浮遊物質の
データや街灯の設置場所のデータ収集を行い改善していきたい。

7 謝辞・参考文献

研究の助言・機材の貸し出しをいただきました愛知県立一宮高校地学部顧問の高村先生に感謝します。
『夜空の明るさ2013』東筑紫学園高等学校 『道路照明灯からみる光害』浜松北高校

お盆のような月の輝きに迫る（続編）

ハートピア安八ジュニア天文倶楽部

田島 怜一郎(中3)【岐阜市立岐阜中央中学校】、橋口 健太(中3)【山県市立伊自良中学校】

要旨

お盆のような月に関心を持ち、コート紙や粗い砂などの試料で反射実験を行い、月の写真と明るさ分布を比較した。この結果、月面の反射の特徴は、拡散の強い反射で説明できた。月面のレゴリスの角ばった形状と弱い重力が、隙間の多い堆積環境を作り、そのレゴリス層での「深い反射」が拡散を進め、お盆のような月になると結論付けた。

1. はじめに

発泡スチロール球と満月（図-1）を比べると、月は周辺までくっきりと明るく、お盆のような月と言われる。私達は昨年に取り組み、月の非周辺減光の理由の解明に取り組んだ。

2 研究の内容

研究の目的は、撮影と測光の習得、実験を通して両者を比べ、お盆のような月の原因究明を行うことである。

(1) 月の写真撮影

岐阜県安八町のハートピア安八天文台の口径 15cm 屈折望遠鏡で、デジタル一眼レフカメラを用い、直焦点撮影を行った。

(2) 月の写真測光

月の測光では、月の中央から縁までを 4 分割し、海やクレーターなどの地形、明るさに影響されないよう考慮し、測光ポイントを決めた。（図-2）測光は Paint.NET という画像処理ソフトで、指定範囲の明度を複数回測定し、中央値を明るさとした。

(3) 月の測光結果

満月の測光結果は、どの地点でも明るさは変わらず、「周辺減光がない」ことを示した。（色や地形の影響がないように測光）

(4) 月の非周辺減光の原因（仮定）

月に周辺減光がない理由を 4 つ考えた。A 物質の組成 B 物質の色 C 月の地形 D 反射面の粒子の形状と大きさ。これらを熟考すると、D は否定要素がなく非周辺減光の原因と仮定できる。

(5) 月面を模した反射実験（変角高度分布）

月面は、「レゴリス」という粒子で覆われている。その多くは角ばった 1mm 程度の微粒子で、軽石のような穴がある。

月面を模した反射実験の試料とした紙やすり、粗い砂の差異は、紙やすりは砂粒が一層で、表面がのりで覆われて光沢があるのに対し、粗い砂は粒子の大きさが様々で、幾層にも重なり複雑な凹凸がある。（図-3）比較対象として、滑面の白色コート紙を用意した。

図-4 は自作の実験装置で、光源の LED ライトと照度計センサーは、自由に高度角と水平角を動かせる。実験では、それぞれを 22.5° ずつ動かし、変角光度分布を求めた。

(6) 反射モデル

反射には、鏡面反射と拡散反射があり、拡散反射には、ランバート反射と、より一般的なオーレン・ネイヤー反射がある。

(7) 反射実験結果

図-5 で実線のコート紙は、中心部が明るく周縁が暗くなっている。長

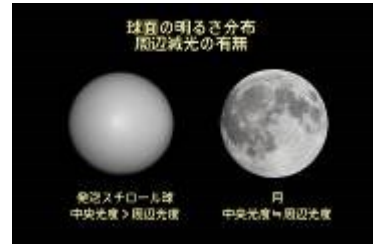


図-1 発泡スチロール球と月

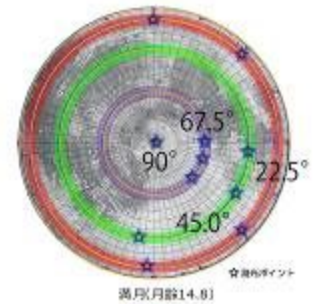


図-2 月の測光ポイント☆

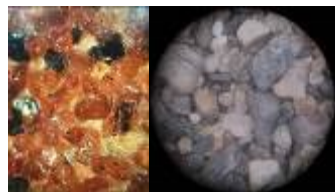


図-3 反射試料紙やすり・粗い砂



図-4 自作の反射実験装置

鎖線は紙やすりで、明るさの変化は目立たないものの周辺減光がわずかに残っている。粗い砂は、月と同様に明るさの変化がほとんどなく、月面の反射を表している。

これにより、月のレゴリスが、非周辺減光の原因の一つだと考えられる。これを反射モデルでも検証した。図-6は、コート紙、紙やすり、粗い砂の入射角 67.5° の反射モデルで、矢印の長さが反射光の明るさの比を表している。コート紙は、鏡面反射の要素が大きいランバート反射、紙やすりは、鏡面反射方向に散乱光成分が大きいランバート反射、粗い砂は入射光方向が明るい非ランバート反射（粗

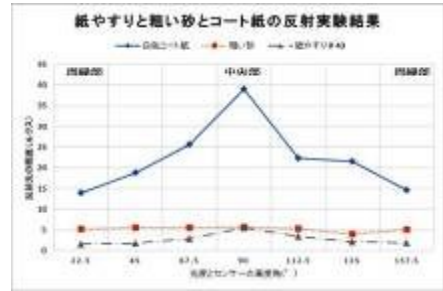


図-5 反射実験の結果

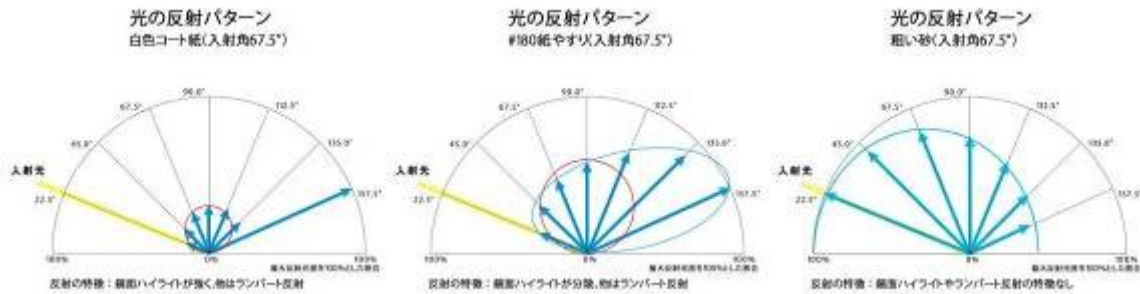


図-6 反射実験各試料の反射モデル（入射角 67.5° ）

面のオーレン・ネイヤー反射）である。

粗い砂の拡散反射は、月の反射の特徴と同様である。

(8) 実験結果・解析

実験の反射モデルを回転させて、満月の明るさ分布を再現した。(図-7) 白色コート紙では、顕著な周辺減光が見られる。粗い砂のモデルは、周辺減光が全くなく、満月の反射を再現している。

3 研究のまとめ

深い凹凸な反射面で、表土の中で何度も反射をした後に、複雑に分岐した光が表面に戻り、多数の反射光となって、表面から出ていくモデルが、月の反射の鍵を握っている。これを再現するのが図-8の剣山モデルである。剣山の針に横から LED 光束を当てた反射の様子は、粗面のオーレン・ネイヤー反射で、月のようである。この反射の特徴を「深い反射」と呼ぶことにした。

「お盆のような月」の原因を衝効果で説明している文献もある。しかし、図-9の上側を見て分かる通り、衝効果だけで示すと太陽光の入射角が全て同じのモデルになる。これは、地形としてあり得ず、お盆のような月を説明するには「深い反射」が必要である。

実験結果を受けての最終結果である。

- (1) 「深い反射」が月の反射の本質
- (2) レゴリスの穴の開いた表面、角ばった形状が隙間の多い堆積となり、「深い反射」を生み出す
- (3) 重力が弱く、風化のない月の環境もプラスに影響

4 参考文献

・天文年鑑 2014 (誠文堂新光社)
 ・光の百科事典 谷田貝豊彦ほか (丸善出版)
 ・世界はなぜ月をめざすのか 佐伯和人 (講談社)
 ・指導助言: ハートピア安八天文台 船越浩海

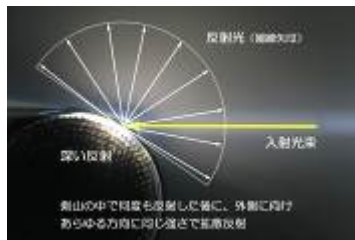


図-8 剣山の反射

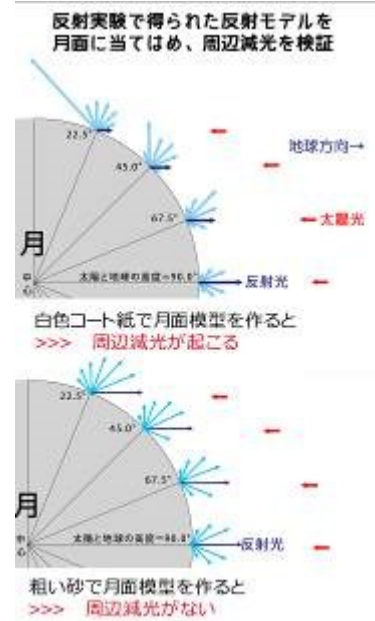


図-7 反射モデルの月

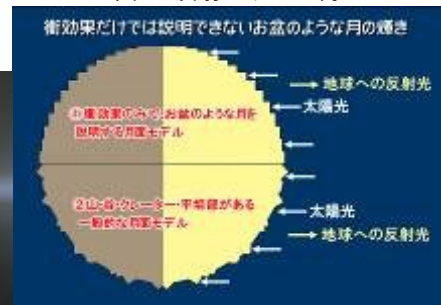


図-9 衝効果で示すお盆のような月

30cm 反射望遠鏡の修復

姫路市立姫路高等学校天文気象部 平瀬竜太郎 井上聖梧 (2年)
山中博斗 濱野諒 高橋智也 滝澤一輝 中西泰己 西尾菜月 (3年)

本校に設置されている 30cm 反射望遠鏡を修復したので報告する。この望遠鏡は昭和 36 年から使用され大変歴史があり、また主鏡研磨で有名な木辺成麿氏が製作した鏡が入っており非常に価値があるものである。部活の総力を挙げてこの望遠鏡の修復に努め、また、様々な方々のご支援を頂いて無事に修復することができた。

1. 姫路高校 30cm 反射望遠鏡の歴史

我が天文気象部は昭和 20 年代からの歴史があり、昭和 33 年に掩蔽観測の日本記録更新をする等の実績を持っている。昭和 36 年に旧校舎の第二天文台に 30cm 反射望遠鏡が設置され、昭和 45 年に旧校舎が焼失するも校庭に天文台があったことにより、望遠鏡は無事だった。そして昭和 47 年に現校舎の天文台に移されたが、その後、整備されず使用できなくなっていた。そこで私たちは、この望遠鏡を再び使用したいと思い修復した。



修復前の望遠鏡

2. 30cm 反射望遠鏡の仕様

- ・光学系 ニュートン式
 - 主鏡 直径 300mm 口径比 F 6.9
 - ・架台 赤道儀式架台 (ドイツ式)
 - 駆動方式 パルスモーター
- (今回の修復でシンクロナスモーターから変更)

3. 修復の全容

主鏡、斜鏡、鏡筒、ガイド鏡、接眼部、駆動部を整備し、新たにファインダーを設置した。主鏡及び斜鏡は、戦後多くの反射望遠鏡の主鏡を手掛け、レンズ和尚と呼ばれた木辺成麿氏により製作されたものである。これらは表面のメッキが傷んでいたため、専門業者に再メッキを依頼した。鏡筒においては、紙やすりや金属ブラシ等で表面及び内面の錆を落とす。その後、防錆を施した上で、迷光が発生しないようツヤ消しの黒スプレーを内面に塗装した。さらに、酸化や埃の堆積を防ぐため、主鏡のフード部に蓋を用意した。鏡筒回転装置においては、錆によって固着していたため、グリースアップして回転可能とした。また、鏡筒を回転させる際の光軸ずれを防ぐため 2 つのハンドルを側面に取り付けた。鏡筒・赤道儀のバランスがとれ



木辺氏の刻銘

ていなかったため、新たなウェイトを加え、修正した。接眼部においては、グリースアップと修正を行い、接眼鏡の落下を防ぐためストッパーを新たに 2 か所設置した。さらに、76mm ガイド鏡を整備し、正立 5cm 暗視照明付きファインダーを新たに取付けた。

本体の整備が終了した後は、中央に穴の空いた光軸調整用の接眼鏡を使い主鏡と斜鏡の光軸調整を行った。ファインダーやガイド鏡についても行った。

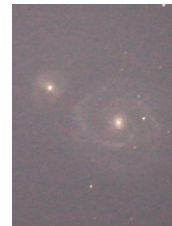
赤道儀の駆動装置においては、追尾速度を変えることのできないシンクロナスモーターから、追尾速度を変えることができるパルスモーター (水晶発振式ステッピングモーター) へと変更した。これによって、星への導入および追尾が容易となった。

4. 修復後の望遠鏡及び望遠鏡による撮影画像

修復した望遠鏡と、この望遠鏡で撮影した画像を示す。非常に鮮明な画像が得られた。



修復後の望遠鏡



M51(子持ち銀河)



M42



5. 今後の展望

我々部員は望遠鏡を修復するという貴重な経験をすることができた。今後、未永くこの望遠鏡が使用できるようにメンテナンスを続け、さらには研究会で発表できるような観測を行いたいと思っている。また、この望遠鏡を用いた観望会を通して、多くの方に深宇宙を目で体験してもらいたいと思っている。

6. 謝辞

今回の修復に当たり多大なご協力を頂きました星の子館元館長の石原様、星の子館学芸員の吉岡様、協栄産業の谷様及び川内様並びに鷲城会の皆様に心からの感謝の意を表します。本当に有難うございました。

上がるか、バルーン

兵庫県立舞子高等学校 先進理工類型（地学分野）

3年 山崎 遥加・村上 咲帆

舞子高校では、6年前から特色選抜において「先進理工類型」の生徒を募集しています。理工系分野で、世界で活躍できる人材を育てることを目的として、大学や研究所で実践的な講義や演習を体験することにより学力だけでなく夢と意欲も伸ばすことを目標としています。1年、2年、3年で学校設定科目「アドバンススタディズ（AS）Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ」を設置し、高大連携、高社連携のもと、大学や企業の様々な研究に触れるとともに、興味・関心のある分野の理解を深めます。ASⅠでは、大学・企業研究所等での見学・実験体験を通して、自分の目指すものを見つけるきっかけとし、意欲を育てます。ASⅡでは、1つ1つの実験・講義に対して事後学習を行い、実験技術の向上と、実験の背景となる理論への理解を深め、最終的な発表の準備をしていきます。ASⅢでは、グループ別研究課題の発表を通して、論理的に説明する力を身につけます。中でも、地学分野では、天文・宇宙に関係することを課題とし、この3年間では、望遠鏡作成（33cmの反射鏡を備えたドブソニアン）・プラネタリウムドーム作成・手作りロケットの打ち上げを行いました。今年度は、気球を上げることに挑戦しました。



1. はじめに

最近、宇宙・天文に関するニュースが多いと思います。火星接近・日本人宇宙飛行士の活躍・はやぶさ2号機・金星探査衛星「あかつき」の金星周回軌道投入など多くあります。こうした中で、身近でありながらあまり題材にあがることの少ない気球に着目しました。



2. 準備

① ポリ袋 何種類かの45リットルポリ袋を購入し、試しました。その結果、厚さ0.02mmの半透明のポリ袋が最も軽く上がることがわかりました。

② 熱源 ろうそく・アルコールランプ・キャンプ用固形燃料・調理用固形燃料(主成分メタノール)など試したが、取扱いの問題・火力・火の広がり方など試し、調理用固形燃料を使用しました。

③ 発射台 ポリ袋がふくらみ、熱せられた空気を十分取り入れるため、また、発射時の摩擦を減らすために針金で手作りの発射台を作成しました。しかし、袋を十分に広げることができないため、固形燃料との距離が保てなくなり、燃え出したり、熱で変形したため、この発射台の使用を止め、4本脚の丸椅子をさかさにして発射台にすることにしました。



④ ポリ袋内の温度を測定するため、デジタル温度計（SATO SK-1100）を使用しました。

時間(秒)	上昇温度(°C)	単位時間当たりの温度上昇
100	78	0.78
80	63	0.79
40	24	0.60
60	31	0.52
20	7.3	0.37

3. 実験・測定

① 20回実験しましたが、うまく上昇してくれた5回についての結果です。

② 15回は、うまく離脱上昇できなかった。主な原因として、ポリ袋内側表面に水滴ができ、発射台の脚と密着した状態になり、スムーズに離脱できなかったことです。

4. 考察

① 風向や風速を考慮して、あまり上空に飛んでいかにないように注意しました。

② 固形燃料の火力を一定に保つことに苦労しました。

③ 上昇気流により上昇を行ったのか、温まった空気により上昇したのかの区別がつきにくい。おそらく、短時間で離脱した場合は、燃料の燃え方にもよると考えられるが、上昇気流にて離脱した可能性が大きいと考えられる。

④ 安定して飛ばすための条件がなかなか定まりません。

5. まとめ・感想

大変貴重な体験ができたと思います。授業の中で、実際に作ってうまくいった感動は忘れ難いものがあり、将来に向かって、一歩前進したような気がします。