

Junior Session

日本天文学会 2013 年春季年会

第 15 回 ジュニアセッション講演予稿集

Astronomical Society of Japan

Junior Session



2013 年 3 月 20 日～23 日

於 埼玉大学

日本天文学会 第15回ジュニアセッションへようこそ

日本天文学会会長 櫻井 隆

2000年の春季年会に始まったジュニアセッションも、今回で15回目となります。昨年5月の金環日食に関係した発表が数多く寄せられ、これまでで最多の81件が集まりました。

天文学は、プロの天文学者でなくとも研究に貢献できる珍しい学問分野です。(郷土史の研究や考古学も、そのような珍しい分野でしょうか。)物理や化学では、現在ではこういうことは残念ながら難しくなっていました。なぜ天文学でそのようなことが可能かというと、天体現象は多種多様で、少数の大きな天文台、天体望遠鏡だけではカバーしきれないからです。彗星や新星、超新星の発見は、主にアマチュア天文家によるものです。私の専門は太陽の研究ですが、例えば皆既日食でのコロナの観測は、皆既帯に観測機材を持ち込まなければならず、天候に恵まれないとデータが得られないため、小さな装置でも工夫(＋幸運)次第で第一級のデータが得られます。

今回発表される研究も、自ら観測や調査を企画、実施してデータを取得し、その結果を考察して結論を導き、またそれらをわかりやすく表現して発表する、という一連の過程を経ることは、プロの研究者の行う研究と同じです。その中で、天体観測をする楽しさや、謎に立ち向かう緊張感、何かを得られたときの達成感をぜひ味わっていただきたいと思います。また多くの場合、研究はグループでされているので、共同作業で物事を進めることを身につけるにも役立つでしょう。研究はうまく行くと行きも行かないときもあるのですが、ジュニアセッションへの準備と参加は、皆さんにとってきっと貴重な経験、良い思い出となると思います。会場での活発な発表と質疑応答を期待しています。

日本天文学会 2013 年春季年会

第 15 回 ジュニアセッションプログラム

主催：日本天文学会

共催：天文教育普及研究会、高校生天体観測ネットワーク

◆口頭セッション : 2013 年 3 月 23 日 (土) 9:30 ~、14:00 ~
埼玉大学全学講義棟 1 号館 3F (1-301 講義室) = K 会場

○ポスターセッション : 2013 年 3 月 23 日 (土) 13:00 ~ 14:00
埼玉大学総合体育館 (体育室 1) = 年会ポスター会場
※ポスターは年会の会期 (3 月 20 日 ~ 23 日) を通して掲示が可能

【2013 年 3 月 23 日 (土) のスケジュール】

午前の部 座長：阪本 成一 (宇宙航空研究開発機構)、殿村 洋文 (星野高等学校)

開会

9:30 ~	セッション 1: 宇宙開発ほか	1-5,7-8	(講演各 4 分) + 質疑 5 分
	セッション 2: 銀河・星雲・星団	12-17	(講演各 4 分) + 質疑 5 分
	セッション 3: 恒星・変光星	19-22,24-26	(講演各 4 分) + 質疑 5 分
	セッション 4: タイセッション	27-32	(講演各 6 分) + 質疑 5 分
	セッション 5: 金環日食 1	33-39	(講演各 4 分) + 質疑 5 分

昼休み

13:00 ~ 14:00 ポスターセッション

午後の部 座長：相馬 充 (国立天文台)、直井 雅文 (埼玉県立浦和高等学校)

14:00 ~	セッション 6: 金環日食 2	40-47	(講演各 4 分) + 質疑 5 分
	セッション 7: 太陽・金星	51,53-56,58-59	(講演各 4 分) + 質疑 5 分
	セッション 8: 太陽系	60-61,63,65-67,70-71	(講演各 4 分) + 質疑 5 分
	セッション 9: 夜空の明るさ	72-73,76-77,79-80	(講演各 4 分) + 質疑 5 分

目次

◆口頭発表 ○ポスター発表

セッション１ 宇宙開発ほか

- 01 月に移住せよ！～夢と希望が詰まっています。～ 10 ◆ ○
第11回 君が作る宇宙ミッション PLANET 班；久富 貴弘(高専3)【国立久留米工業高等専門学校】、大山 のぞみ(高2)【福島県立福島高等学校】、弓野 智史(高2)【土浦日本大学高等学校】、春日 郁香(高1)【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、北村 英悟(高1)【千葉県立船橋高等学校】、柳澤 真穂(中等4)【新潟県立柏崎翔洋中等教育学校】
- 02 ”分G”～重力を操り、医療・科学そしてその先へ～ 12 ◆ ○
第11回 君が作る宇宙ミッション ASTRO 班；酒巻 愛(高3)【埼玉県立不動岡高等学校】、鈴木 萌(高3)【東京純心女子高等学校】、峰岸 優美子(高3)【東京都立杉並高等学校】、太田 優(高2)【愛知県立一宮高等学校】、野村 かりん(高2)【慶應義塾女子高等学校】、小山 祥生(高1)【北海道札幌開成高等学校】
- 03 太陽光反射衛星 SOLAR-M ～ピカリ～ 14 ◆ ○
第11回 君が作る宇宙ミッション SOLAR 班；棚田 和玖(高3)【早稲田実業学校高等部】、山中 嶺(高3)【聖和学院高等学校】、相川 和希(高2)【静岡県立韭山高等学校】、笹川 天斗(高2)【新潟明訓高等学校】、鈴木 里奈(高2)【神奈川県立相模原青陵高等学校】、大村 実果里(高1)【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
- 04 そうだ、地球を見よう ～気軽に楽しい高軌道旅行～ 16 ◆ ○
第11回 君が作る宇宙ミッション MUSES 班；稲毛 百合香(高1)【横浜女学院高等学校】、稲川 智也(高1)【香川県立高松高等学校】、藤田 里緒奈(高2)【宮城県宮城第一高等学校】、大橋 由佳(高2)【広島なぎさ高等学校】、北村 太司(高3)【慶應義塾高等学校】、吉川 稲穂(高3)【滋賀県立膳所高等学校】
- 05 国際宇宙ステーションの観測と高度測定 18 ◆ ○
松本 有理佳、只木 莉緒奈、吉村まな美(高2)【群馬県立前橋女子高等学校・地学部】
- 06 IINA サイエンスプロジェクト 人はなぜ宇宙を目指すのか～太陽系の科学～ 20 — ○
帆刈 華歩(高2)【埼玉県立伊奈学園総合高等学校】
- 07 古天文学：巨大遺跡による西欧と日本の比較 22 ◆ ○
坂井 遥香(高2)【神田女学園高等学校】、坂井 裕香(高1)【東京都立日比谷高等学校】
- 08 New Type 太陽観測装置の製作 24 ◆ ○
大塚 光(高2)、長谷川 貴大、川島 悠暉(高1)【茨城県立土浦第三高等学校】
- 09 振り子をふってみました 26 — ○
井波 直登、小林 勇貴、中島 瑞希(高2)【茨城県立土浦第三高等学校】
- 10 プラネタリウム投影用ドーム作成 28 — ○
小俣 はるな、小原 彩花、丸木 灯、森田 恵里(高2)、中村 仁美、山浦 沙彩、吉野 朱美(高1)【星野高等学校・天文部】
- 11 惑星追跡装置～青空に輝く金星を見つけよう～ 30 — ○
ハートピア安八高校生観測チーム；柏 陽介、傍島 大貴、小宅 紗衣(高2)、青木 奏太、伊藤 多津生、児玉 裕貴、清水 良広、説田 敬介、日比野 靖千、豊田 有里、菱田 真由(高1)【岐阜県立大垣東高等学校】

セッション２ 銀河・星雲・星団

- 12 銀河団を用いた宇宙膨張の追試験 32 ◆ ○
銀河学校 2012C 班；吉田 奈央(高2)【愛知県立一宮高等学校】、中曽根 亘(高2)【立教池袋高等学校】、小山 雄大(高2)【福島県立安積高等学校】、増子 望都(高3)【埼玉県立大宮高等学校】、植村 千尋(高3)【吉祥寺女子高等学校】、澤田 直輝、沖本 直哉(高2)【愛知県立旭丘高等学校】、鈴木 萌(高3)【東京純心女子高等学校】
- 13 銀河群 Arp321 周辺のダークマターの検出 34 ◆ ○
高木 勇太、伊達 恒博(高2)【埼玉県立豊岡高等学校・天文部】

- 14 銀河に咲く赤い光 –星が生み出される現場– 36 ◆ ○
銀河学校 2012B 班；潮海 麻生(高 2)【大阪府立天王寺高等学校】、伊藤 双葉(高 2)【長野県飯田高等学校】、今村 春香(高 1)【長崎県立長崎西高等学校】
- 15 星雲の進化—星雲の形とその関係— 38 ◆ ○
田中 哉太(高専 1)【国立長野工業高等専門学校】、大場 樹(高 1)【宮城県宮城第一高等学校】
- 16 ぎょしゃ座領域の星生成史 ～散開星団から探る～ 40 ◆ ○
銀河学校 2012A 班；島 匠(中等 4)【東京大学教育学部附属中等教育学校】、中居 直生(高 2)【横浜市立戸塚高等学校】、開 恵利子(高 2)【豊島岡女子学園高等学校】、松岡 友希(高 2)【愛知県立一宮高等学校】、三輪 祐也(高 2)【兵庫県立小野高等学校】、井口 穂南(高 3)【四天王寺高等学校】、奥田 優希(高 3)【長野県木曽青峰高等学校】、北村 勇人(高 3)【埼玉県立大宮高等学校】、松室 こころ(高 3)【大分県立国東高等学校】
- 17 M67 の色等級図の作成と年齢推測 42 ◆ ○
笠原 崇志、井上 資生(高 2)、大熊 由貴子(高 1)、木下 豪(中 3)、友田 健登、山野 泰誠(中 2)【金光学園中学校 / 高等学校・天文気象部】
- 18 CCD カメラによる天体観測【II】 44 — ○
目崎 太郎、青山 航太郎、越智 俊樹、崎土居 和也、小森 明夫(高 2)【広島大学附属福山高等学校】

セッション 3 恒星・変光星

- 19 短周期ミラ型変光星の水メーザー探査 46 ◆ ○
Z 星研究調査隊；大向 史恵(高 2)【岩手県立大船渡高等学校】、杳沢 拓(高専 1)【国立一関工業高等専門学校】、佐藤 貴裕(高 2)【岩手県立水沢高等学校】
- 20 ブラックホール連星の軌道計算と小型 J A S M I N E 衛星での観測可能性の検討 48 ◆ ○
谷 昌典(高 1)【広島大学科学わくわくプロジェクト科学塾研究室 / 広島県立広島高等学校】
- 21 アルゴルの光度の変化を追って… ～都内でどれほどの精度で観測できるのだろうか？～ 50 ◆ ○
濱田 和成、長谷川 遥己、新井 傑(高 2)【駿台学園高等学校・天文部】
- 22 食変光星「W-Uma」の形状決定 52 ◆ ○
坂井 秀充(高 2)、坂田 竜太郎(高 1)【福岡県立小倉高等学校・科学部 S S 天文研究会】
- 23 短周期食変光星のライトカーブを用いた分類 54 — ○
松下 悠里(高 1)、加倉 彩可(高 2)【福岡県立小倉高等学校・科学部 S S 天文研究会】
- 24 アウトバーストを起こした HT Cas 56 ◆ ○
板谷 由菜(高 1)、大仁田 萌、各務 正浩、小林 亮介、田副 未来人、西村 友佳、野村 みのり、林 由樹、瓶子 実紗央(高 2)【京都府立洛東高等学校・自然科学同好会】
- 25 SgrNova2012-5 ～V & y フィルターによるライトカーブ～ 58 ◆ ○
野々部 早紀、松岡 友希(高 2)、佐原 彰秀、荒木 由希(高 1)【愛知県立一宮高等学校・地学部】
- 26 いて座新星の観測からわかったこと 60 ◆ ○
尾方 孝輔、掛本 貴之、松吉 美菜枝、河合 洋樹、木村 駿文、谷口 裕亮、辻本 和之、山本 将也(高 2)【奈良県立青翔高等学校】

セッション 4 タイセセッション

- 27 Calculation of Galaxy's Distance with Supernova Ia 62 ◆ ○
Wasutin Khodkaew(11th Grade)[Pua School]
- 28 Ellipticity of Galaxies in Fornax Cluster 64 ◆ ○
Toon-yarat Rattanaprapa(11th Grade)[Pua School]
- 29 Determination of the Large Magellanic Cloud's Distance Using the Cepheid Variable Star 66 ◆ ○
Chaleeya Promma(11th Grade)[Pua School]

- 30 Stellar density as a function of Galactic Latitude
in the Milky Way Galaxy near Galactic Longitude 0. 68 ◆ ○
Ratchanon Buarod(10th Grade)[Benchamaratrangsarit School]
- 31 Orbital Period of Eclipsing Binary of Variable Star V357 Peg 70 ◆ ○
Rattanawadee Tekavong(11th Grade)[Benchamaratrangsarit School]
- 32 Determination of the velocity of “comet c262p/McNaught-Russell”
in October 2012 72 ◆ ○
Napun Charoensinrungreung(11th Grade) [Benchamaratrangsarit School]

セッション5 金環日食1

- 33 Eclipses 2011・2012 74 ◆ ○
青山 幸恵(高2)、齋藤 慧大、濱田 菜那、斉藤 浩志(高1)【青森県立青森南高等学校】
- 34 ベイリービーズから求めた太陽半径2 76 ◆ ○
谷河 澤、寺尾 美奈子、福井 順子、上田 凜、高橋 綾(高2)、谷口 冬馬、田中 敦、中川 克隆、喜友名 正樹、杉本 侑弥、堤 光、
白澤 由紀乃(高1)【兵庫県立三田祥雲館高等学校】
- 35 金環日食の限界線を探せ！ 丘中学校全校生徒の観測から 78 ◆ ○
平井 萌奈(中3)、高橋 さくら、安藤 祥吾、八戸 一平(中2)、中山 史織、今市 百音、名取 芽衣、酒井 愛里、柿元 拓実、竹田 智晃(中1)
【塩尻市立丘中学校・科学部】
- 36 金環日食 北限界線の観測 80 ◆ ○
ハートピア安八高校生観測チーム；柏 陽介、傍島 大貴、小宅 紗衣(高2)、青木 奏太、伊藤 多津生、児玉 裕貴、清水 良広、説田 敬介、
日比野 靖千、豊田 有里、菱田 真由(高1)【岐阜県立大垣東高等学校】
- 37 金環日食の観測～ビデオ観測による太陽半径の測定～ 82 ◆ ○
ハートピア安八高校生観測チーム；太田 優、池田 太郎、林 恭平(高2)、栗木 孝輔、服部 京香、松井 梨乃(高1)【愛知県立一宮高等学校・
地学部】
- 38 金環日食の観測 ～金環日食中の明るさの変化～ 84 ◆ ○
ハートピア安八高校生観測チーム；青山 拓雲、赤地 優樹、岩佐 直哉、尾関 勝史、小酒井 宏輝、村瀬 在都、横山 智之(高2)、
加藤 大暉、河村 新、華井 竣平、山田 隼大(高1)【岐阜県立岐山高等学校・地学部】
- 39 金環日食時の照度の変化 ～空の明るさに影響を与えた太陽周辺減光～ 86 ◆ ○
ハートピア安八ジュニア天文倶楽部；富田 小冬(小4)【一宮市立向山小学校】、橋口 健太(小5)【山県市立伊自良南小学校】、
林 萌々音(小5)【大垣市立東小学校】、後藤 大輝(小6)【羽島市立小熊小学校】

セッション6 金環日食2

- 40 金環日食観測会 一空に輝く光のリングを見るー 88 ◆ ○
相田 和泉、小山 奈々、滝口 可奈子、中山 茜(高2)、大野 亜優、角井 麻衣子(高1)【星野高等学校・天文部】
- 41 金環日食の観測で地球から月までの距離を求める 90 ◆ ○
小野 海、千田 美穂、館花 彩理衣、大内 沙織、泉川 千佳(高1)【岩手県立水沢高等学校・科学部】、森園 礼美、崎山 敏圭、木場 拓也、
種田 咲良、小園 末瑞希(高2)【鹿児島県立川薩清修館高等学校・科学部】
- 42 地球の自転効果に因る日食時の月までの距離と月の速度の測定 92 ◆ ○
村松 直哉、新井 直之(高専2)、田中 哉太、中沢 昇平、酒井 直哉、竹内 秀幸、田村 暢(高専1)、篠原 史也(高専3)【国立長野工業高等
専門学校・天文部】
- 43 BS アンテナによる金環日食の電波観測 94 ◆ ○
梶原 悠、須田 麻美、野間 千尋、山崎 祐輔(高3)、金子 雄祐、鈴木 遙香(高2)、石川 悌義、加茂 広大、黒須 裕真、黒宮 直央、
鈴木 広希、山下 智輝、横山 雄基(高1)【埼玉県立蕨高等学校・地学部】

- 44 世界で一番小さい電波望遠鏡で観測した 2012 年金環日食 96 ◆ ○
藤田 稜介、桐山 雅通、湯上 裕介(高 2)、中村 涼(高 1)【巢鴨高等学校・地学班】
- 45 全国多地点での金環日食の明るさ観測 98 ◆ ○
鈴木 雄晴(高 3)、山崎 竜輔(高 2)、伊東 健一(高 1)【久留米大学附設高等学校】
- 46 金環日食時と皆既月食時の明るさと環境の変化 100 ◆ ○
大山 楓、高山 繁季、佐々木 祐衣、武田 丈、藤井 湧雅(高 2)、加藤 僚記、北川 祐太、佐藤 弘典、厚木 南十、鶴見 稜太(高 1)、
中村 元太(中 3)【國學院大學栃木中学校 / 高等学校・天文部】
- 47 金環日食による気象変化 102 ◆ ○
遠山 剛将、眞鍋 智史、西田 侑加、酒井 祐実、高橋 由夏、森田 崇史(高 1)【兵庫県立舞子高等学校】
- 48 2012 年 金環日食を五つの視点で見る 104 — ○
深井 悠未、竹田 結美、森 今日子(高 3)、児玉 修一、佐野 薫、町田 憲治(高 2)、澤田 幹太、小山 紘樹、中嶋 麻里、松本 美歩、
中澤 孝仁、岩銅 壮平(高 1)【新潟県立高田高等学校・地学部】
- 49 2012 年 5 月 21 日部分日食・函館での観測結果について 106 — ○
野口 知世、立石 美樹(高 2)、渋谷 比奈、長岡 真帆、対馬 知穂(高 1)、岡田 結衣、東 杏華(中 2)、岡本 珠詩、長谷川 咲季(中 1)【遺愛
女子中学校 / 高等学校・地学部】
- 50 金環日食による彩層高度の計算と周辺減光の検出 108 — ○
津久井 遼、齋藤 拓巳、粟野 智美、小川 智恵、坂従 拓海、平井 まりん、山村 めぐみ(高 2)、大谷 典聖、海谷 佳佑(高 1)【茨城県立下妻
第一高等学校・地学部】

セッション 7 太陽・金星

- 51 Mクラスフレアの分光観測 on 黒点 NOAA11548 110 ◆ ○
各務 正浩、小林 亮介、瓶子 実紗央(高 2)、藤本 弘輝、松本 遼(高 3)、大仁田 萌、西村 友佳、野村 みのり、板谷 由菜、林 由樹(高 2)
【京都府立洛東高等学校】
- 52 アーチフィラメントの速度マップの作製 112 — ○
大脇 秀捷、加川 庸一、川上 優太、久古 貴将、富田 拓也、波多野 瑤、林原 真史(高専 3)、笹谷 航(高専 2)、田原 早央莉、
永見 莉奈(高専 1)【国立米子工業高等専門学校・科学部】
- 53 CaK 線フィルターグラムによる太陽の 5 分振動の検出 114 ◆ ○
大脇 秀捷、加川 庸一、川上 優太、久古 貴将、富田 拓也、波多野 瑤、林原 真史(高専 3)、笹谷 航(高専 2)、田原 早央莉、
永見 莉奈(高専 1)【国立米子工業高等専門学校・科学部】
- 54 金星の太陽面通過を用いた黒点本来の温度測定 116 ◆ ○
三尾 剛、前川 華澄(高 2)、前田 健登、頼安 寿樹、花田 雄貴、久保 実央(高 1)【兵庫県立大学附属高等学校】
- 55 1 天文単位を求める 118 ◆ ○
川上 琢真、林 幹太(高 2)【石川県立七尾高等学校・S S C天文班】
- 56 金星の太陽面通過による 1 天文単位の測定 120 ◆ ○
西崎 遥香、藤原 明日香(高 2)、柏野 玲琳、奥田 雄大(高 1)【岡山商科大学附属高等学校・自然科学部】
- 57 金星の太陽面通過から太陽までの距離を求める 122 — ○
三尾 剛、前川 華澄(高 2)、前田 健登、頼安 寿樹、香山 主樹、花田 雄貴(高 1)【兵庫県立大学附属高等学校】、棚池 祐馬、前川 群、
苫野 杏樹(高 2)【兵庫県立龍野高等学校】
- 58 紫外線による金星の観測と金星大気の運動解析 Part 2 -南北に対称性はあるのか- 124 ◆ ○
浅岡 晃次、浅野 貴仁、鈴木 拓馬、中村 一貴(高 2)【静岡県立磐田南高等学校】
- 59 金星のシュレーター効果について 126 ◆ ○
吉田 梨奈(高 2)【群馬県立前橋東高等学校】

セッション 8 太陽系

60	太陽光を受けて光る天体の分光分析 長尾 朋、太田 耀文(高2)、渋谷 彩乃、高崎 夏子、神尾 朱音(高1)【埼玉県立浦和西高等学校・地学部】	128	◆	○
61	反射スペクトルによる月面鉱物の研究 高松 由佳、榎本 仁美、郡司 歩直美(高2)、中野 杏梨、小幡 朱莉、増山 風帆(高1)【埼玉県立春日部女子高等学校】	130	◆	○
62	MoonKAM を用いた月の研究 1 小型クレーターの比較による、表側と裏側におけるレゴリス層厚の違いに関する考察 六車 正治、寺戸 聖菜(高2)、永田 広平(中2)【関西創価中学校 / 高等学校・MoonKAM Project Team】	132	—	○
63	MoonKAM を用いた月の研究 2 クレーターの直径と深さの関係に関する考察 六車 正治、寺戸 聖菜(高2)、永田 広平(中2)【関西創価中学校 / 高等学校・MoonKAM Project Team】	134	◆	○
64	かぐや画像を使った月面のライナーガンマのクレーター年代学 新井 修平、渡辺 大輝、甲斐 義之、古田 賢太郎、黒岩 裕人、川嶋 祥裕、栗原 勇人、田村 亮祐(高2)【成蹊高等学校・天文気象部】	136	—	○
65	流星による大気発光について 池田 愛帆、吉野 智哉(高1)【横浜市立戸塚高等学校・天文部】	138	◆	○
66	流星塵についての研究 大崎 数馬(高2)、廣木 康祐(高1)【群馬県立前橋東高等学校】	140	◆	○
67	仮想の太陽と真の太陽 PART2 塚野 莉佳、横尾 悠羽(高2)、高田 諒馬、吉川 滉也、小野寺 真実、寛 由樹子、阪本 葉生里、安井 友海(高1)【國學院大學久我山高等学校】	142	◆	○
68	スーパームーンのなぞ ～月の大きさの変化～ 宮本 果陽子(中1)【鳥取市立佐治中学校】	144	—	○
69	小惑星「E r o s」の自転軸の決定 後藤 理咲子、岡村 麻美(高1)【福岡県立小倉高等学校・科学部 S S 天文研究会】	146	—	○
70	小惑星「S e m i r a m i s」のライトカーブの形状要因 大山 俊平(高2)【福岡県立小倉高等学校・科学部 S S 天文研究会】	148	◆	○
71	小惑星の測光観測 –デジタル一眼レフカメラの可能性を探る– 加藤 連詞、羽田 有輝、廣瀬 将司(高2)、庄崎 弘基、中川 諒人、橋本 健、樋口 誠人、真壁 聖矢(高1)【那須高原海城高等学校】	150	◆	○

セッション 9 夜空の明るさ

72	「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさを調べるⅦ –SQMLE・SQML 多点同時観測による夜空の明るさマップ作成の試み– 立石 美樹(高2)、渋谷 比奈、長岡 真帆、対馬 知穂(高1)、岡田 結衣、東 杏華、花田 愛海(中2)、岡本 珠詩、長谷川 咲季(中1)【選愛女子中学校・高等学校 / 地学部】	152	◆	○
73	三鷹七中天文部の夜空の明るさ観測の予備調査 森 雪絵(中3)、橋口 紗瑛、原田 遼子(中2)、倉田 蓉子(中1)【三鷹市立第七中学校・天文部】	154	◆	○
74	SQM による全天スキャン 富田 小冬(小4)【一宮市立向山小学校】	156	—	○
75	SQM による光害調査 ～日本を飛び出して～ 岡本 諒、祖父江 琢哉、吉田 奈央、渡邊 大貴(高2)、足立 匠、栃倉 芳年(高1)【愛知県立一宮高等学校・地学部】	158	—	○
76	「ちょっと待って！ SQM」 飯島 有紀、田島 初花(高1)、小野 真梨子、喜楽 綾乃、窪田 葵、柴山 万優子、長澤 祐佳、矢野間 千恵(高2)【群馬県立前橋女子高等学校・地学部】	160	◆	○
77	夜空の明るさからみた黄砂の流動 西村 有輝(高3)、本田 百花(高2)、畠山 貴紗子、川口 史恵(高1)【東筑紫学園高等学校・理科部】	162	◆	○

78	夜空の明るさへの月光と雲量の影響 土中 陽介、井上 靖崇(高3)、八杉 美晴(高2)、坂本 直樹(高1)【東筑紫学園高等学校・理科部】	164	—	○
79	月・太陽の色 ～地球大気による散乱の影響～ 蝦名 沙也香、工藤 演美(高2)、川村 麻衣、後村 元稀(高1)【青森県立青森南高等学校】	166	◆	○
80	水島の夜空の明るさ～天の川の見え方～ 畠 詩織、玄馬 野乃花、三宅 那直(中2)【倉敷市立連島中学校】	168	◆	○
81	比較明合成による都会の星の撮影 細谷 瑛子、上野 未遊、高橋 有里紗、早坂 麻紀、中島 由佳(高1)【成蹊高等学校・天文気象部】	170	—	○

2012 年秋季年会ポスター発表

秋 01	光と水による鉄カンラン石の変化 - 波長の違う光による風化・変質 - 橋本 直弥(中3)、小島 虎偉、武藤 啓太、齋藤 勇太、柏原 悠輝(中2)【大田区立南六郷中学校・宇宙科学部】	172	—	
秋 02	全国多地点での金環日食の明るさ観測 鈴木 雄晴(高3)、山崎 竜輔(高2)、伊東 健一(高1)【久留米大学附設高等学校】	174	—	
秋 03	ベイリービーズから求めた太陽半径 谷河 澤、寺尾 美奈子、福井 順子、上田 凜、高橋 綾(高2)、谷口 冬馬、田中 敦、中川 克隆、喜友名 正樹、杉本 侑弥、堤 光、白澤 由紀乃(高1)【兵庫県立三田祥雲館高等学校・天文部】	176	—	
秋 04	銀河群 Arp321 の光学質量導出 高木 勇太、伊達 恒博(高2)【埼玉県立豊岡高等学校・天文部】	178	—	

月に移住せよ！～夢と希望が詰まっています。～

“第 11 回 君が作る宇宙ミッション PLANET 班”

久富 貴弘 (高3) 【国立久留米工業高等専門学校】	大山 のぞみ (高2) 【福島県立福島高等学校】
弓野 智史 (高2) 【土浦日本大学高等学校】	春日 郁香 (高1) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
北村 英悟 (高1) 【千葉県立船橋高等学校】	柳澤 真穂 (高1) 【新潟県立柏崎翔洋中等教育学校】

1.はじめに

宇宙へ進出することは、人類の長年の夢である。私たちの祖先が誕生してから、人類と宇宙は密接に関わってきた。人類が初めて宇宙へ進出してからわずか50年余りでここまで宇宙開発が進歩した理由の一つは、人類が持つ好奇心、探究心を満足させる対象が宇宙であったからである。現在より科学技術が格段に発達しているであろう未来でも人類は、現状に満足することなく、さらなる宇宙進出を行うことが予想できる。

また、地球では人口の著しい増加に伴い資源の枯渇や食糧不足等、様々な問題が生じている。特に、エネルギー不足の問題は深刻である。近い将来、エネルギー不足により多くの産業が成り立たなくなると予想される。これらは社会に大きな打撃を与え、人々の生活を悪化させる恐れがあるため、回避しなければならない。

人類の長年の夢を叶えるため、さらなる宇宙進出を行うと同時に前述の問題を改善するために、地球外に有人施設を構築し、人類を移住させることを提案する。

2.計画

2-1 移住先の選択

私たちはまず地球周回軌道上でのスペースコロニー建設を考えた。しかし、宇宙空間には地面がないため新しい建設ノウハウを習得する必要があることと、コロニーにデブリが衝突する危険性があることから、軌道上に建設することはリスクが高いとした。次に、他の星への移住について考え、候補地として地球からの距離が近い月・火星・金星を挙げた。本ミッションでは一般人を移住させるため、移動リスクやコストを低くする必要がある。よって、私たちは移住先の決定条件として「距離」という観点を最重要とし、移住先に月を選択した。

2-2 人の輸送方法

私たちは、地球から月までの輸送手段について、静止軌道上に中継地点となる International Space Airport (以下 ISA) を建造し、地球-ISA 間、ISA-月間の二段階に分けること考えている (図1)。二段階に分けた大きな理由は中継地点を作ることにより乗客にあたえる身体的影響、また機体に及ぼす影響を減らすためである。大気圏突入時と宇宙空間脱出時で別の機体を使用しフォルムや性能を変えることで、乗客へのリスクを軽減でき、かつ効率的に航行できると考えた。輸送手段を2段階に分けたうち、地球-ISA間でエレベータを、ISA-月間でスペースプレーンを使用する。スペースプレーンとは、地球上で使用されている飛行機と同様、自ら推進力を持つ輸送機のことを指す。この2つの手段を使用することによって、効率的、かつ安全に月に人員を輸送できると考えた。



図1 宇宙エレベータ・スペースプレーン構想 模式図①

2.3 月面施設

(1) 条件設定

移住にあたり、月の環境を可能な限り守るべきだと考えた。月面施設は、一般人の安全に配慮して宇宙線対策を最優先にし、また 1.はじめに で述べた地球の状況から、地球から持っていく資材を少なくすべきだと考えた。

(2) 宇宙線対策

月面に存在するレゴリスを宇宙線の遮蔽に用いる。ただし、レゴリスは遮蔽に用いるのに十分な量が存在すると仮定する。レゴリスの密度を 1.5 g/cm^3 、月での宇宙線量を 500 mSv/年 ②、目標とする遮蔽後の放射線量を 1 mSv/年 (ICRP 基準) と設定する。放射線遮蔽能力は、遮蔽に利用する物質の密度と厚さに依存することから③、レゴリスの厚さは 6.1 m と算出した。④ ※月は現在も探査中であり、用いた数値はすべて暫定的なものである。

(3) 月面の施設の構造について

月面の施設の構造を図2に示す。月面上に大きなカプセルを設置し、その中に家などの施設を設置する。カプセル内は普段着で生活できるようにする。宇宙線対策のためのレゴリスはタンクの中に入れ、厚さを均一に保つ。

(4) 月面の街について

月面の街の構造について図3に示す。街は1カプセルを1地区として、複数の住居地区と各専門地区を合わせたものを1ブロックとする。ブロック内はトンネルで結び普段着で移動ができるようにする。通常の日常生活はブロック内で済むようにする。ブロック内を結ぶトンネルは緊急時に閉鎖して地区を隔離できるようにする。

(人は他地区に避難させる。) また、総合発電所や空気水製作所などの独立施設はブロックとは独立して設置する。

《地区について》

住居地区・・・住居、商店、公共施設、診療所、発電機、小農場、生命維持装置等を設置して、最低限の生活ができるようにする。

専門地区・・・中枢機能地区、医療地区、工業地区、農業地区、商業地区、学園地区、憩いの地区、娯楽地区等専門性のあるものを置き、月での生活がより快適なものになるようにする。

独立施設・・・総合発電所、総合大気・水製作所、空港、刑務所等を独立して設置する。



図2 月面カプセル

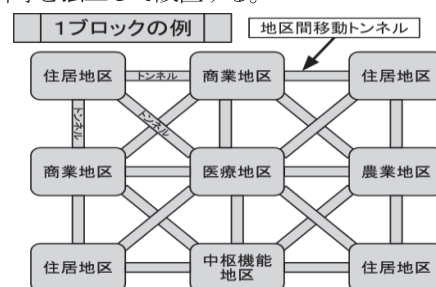


図3 月面の街

3.まとめ

人類の長年の夢を叶えるため、またさらなる宇宙進出を行うと同時に地球上の問題を改善するために、地球外に有人施設を構築し、人類を移住させることを提案した。このミッションを達成するにあたり、移住先・月面施設・輸送方法という3点を考察した。移住先には「地球との距離」という項目を最も重要視し月を選択した。月面施設はカプセルを多数設置し、宇宙線対策を最優先とした。また月までの移動の際には、乗客の安全と効率的な輸送を考慮して、宇宙エレベータとスペースプレーンの2種類の方法を併用する手法を提案した。

4.参考資料

①JAXA航空プログラムグループ <http://www.apg.jaxa.jp> (2013.1.24 参照)

②月探査情報ステーション <http://moonstation.jp/ja/qanda/F613> (2013.1.24 参照)

③大橋康廣 ほか "月面構造物設計条件の検討 ～月面居住施設における遮蔽物レゴリスの検討～"

土木学会年次学術講演会講演概要集第6部 Vol.:47 巻 1992年 498-499 頁

④JAXA宇宙教育センター宇宙放射線 http://edu.jaxa.jp/seeds/pdf/2_radiation.pdf (2013.1.24 参照)

”分G”～重力を操り、医療・科学そしてその先へ～

酒巻愛(高3)【埼玉県立不動岡高校】、 鈴木萌(高3)【東京純心女子高校】、
 峰岸優美子(高3)【東京都立杉並高校】、 太田優(高2)【愛知県立一宮高校】、
 野村かりん(高2)【慶應義塾女子高校】、 小山祥生(高1)【北海道札幌開成高校】

1. 背景と目的

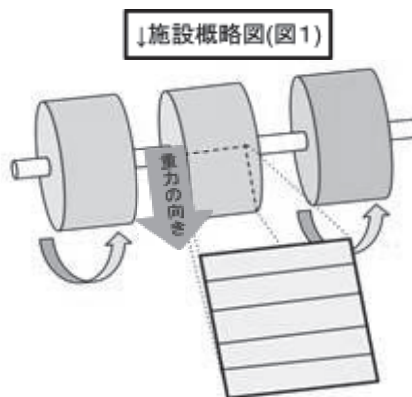
宇宙空間は宇宙飛行士といった限られた人間だけに利用されている。このため将来的な宇宙利用に際しては医療、理工学の面において課題がある。その問題点を以下に挙げる。医療の面では、宇宙の微重力環境は虫菌や老化の抑制に役立つと考えられている。しかし、その実証はまだ行われていない。他にも、宇宙飛行士が宇宙で長期滞在すると体液の分泌量が減少し、骨密度が低下する。このことから、彼らが地上1Gの環境に急に戻ると健康状態に支障が出る。次に理工学的な面においては、微重力実験によって解決される現象や利用可能になる技術が多くある。しかし微重力状態での実験は小規模でしか行われていない。そのうえ、地上において実験は長くても数十秒が限界のため、より長時間利用可能な研究施設が望まれる。

これらの背景をもとに重力を自在に変化できる環境が必要である。このような環境を実現するために「分G」施設を提案し、構成などを検討する。この施設において、微重力環境での宇宙医療という新たな分野を開拓し、医療技術の実証をする。そして得られた技術を利用し、地上及び宇宙空間で高度な治療を行う。また、宇宙飛行士や宇宙医療の患者また医療従事者の身体への影響を減らすために重力を段階的に上げていくことや、多くの科学者が無重力・重力変化を利用した実験を行うことも可能とする。

2. 分G施設について

(1) 分G施設の概要

分Gとは 重力を用途に応じて自由に分けられるようにする考えである。今回は0～1Gの重力を状況に応じて作り出せる施設を考える。施設は遠心力を利用し重力を発生させるため円柱状である。このとき実験・訓練をする場所と居住・医療の目的では求められている重力の幅が異なるため、重力を発生させる機構を二つにする。 実験・訓練モジュールでは研究者が自由に重力を設定できるようにするため、回転速度を可変にする。また、居住・医療モジュールでは生活のための1G空間とリハビリのための1G以下空間が必要であり、重力を段階的に変化させればよい。よって回転速度を一定にし、内部を5層に分けることでそれぞれの層で決まった重力を発生させる。なお、将来増設する際は団子状に繋いでいく。



(2) 収容人数の検討

収容人数の最終目標を約3000人、初期目標を330人とした。最終目標の内訳は医療従事者約1700人、研究者約200人、宇宙飛行士訓練関係者約20人とスタッフ（施設内の庶務を行う）約1000人とした。初期目標の内訳は医療従事者約10人、研究者約200人、宇宙飛行士訓練関係者約20人、スタッフ約100人とした。人数比は大学病院と南極観測隊を参考とした。初期から最終目標にかけての人数変化は図2のように変化していく。

(3) 初期目標達成のための居住・医療モジュール大きさ検討

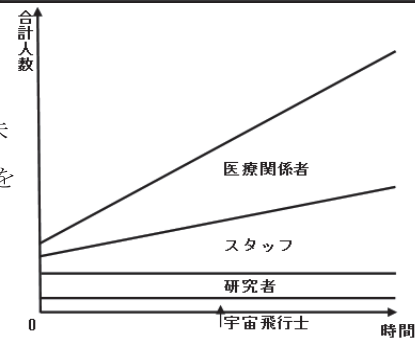
I) コリオリの力による角速度の上限の決定

コリオリの力とは、自分が回転体にいるとき、中心方向に動いた際に受ける力である。施設内ではコリオリの力によって人体に悪影響を及ぼす可能性がある。今回コリオリの力が1G未満であれば悪影響がないとした。(式1)。この結果より、角速度 ω を0.5rad/s未満とした(式2)。

$$(\text{コリオリの力}) = 2m\omega v < mg \quad \text{-(式1)}$$

$$\omega < 0.5[\text{rad/s}] \quad \text{-(式2)}$$

↓収容人数の項目別経年変化イメージ図(図2)



ただし、 m :質量[kg]、 ω :角速度[rad/s]、 g :重力加速度[m/s²]、 v :中心方向への速度[m/s]である。

II) 制限された角速度での半径の最小値の決定

式2を満たす半径 r は、遠心力の公式(式3)より、39.2(m)以上であればよい(式4参照)。

$$(\text{遠心力}) = mr\omega^2 \quad \text{-(式3)}$$

$$r > 39.2[\text{m}] \quad \text{-(式4)}$$

III) 収容人員を収容するための必要面積及び必要幅の決定

今回は生活の際支障が最も少ない一番外(1G)の層を居住空間とした。不動産情報等を参考に必要最小居住面積は9m²とした。この層は居住のみではないので多めに見積もって1人当たりの居住スペースを20 m²とした。幅は実際の建物を参考に10mとした。

IV) 半径の大小に関する考察

半径が小さいと床の曲面が大きくなり、回転速度が速くなり低コストではあるが、安全性が低く、コリオリの力の身体への影響が大きくなる。半径が大きいと高コストになるが、回転速度が遅くなり、床が水平に近づく。以上よりコスト、安全性に十分考慮しつつ、半径



を大きくすることにした。

V) 大きさの決定

幅10m、1番外の層の床面積6600m²の2つより直径を算出すると約210mとなった。

3. 課題

今回決めた施設の構成をもとに、分G施設をいつ、どこに、どうやって、建設するか、またその施設を運用するエネルギーをどうやって確保していくか、今後検討が必要である。

4. まとめ

現在、微重力環境下での身体的悪影響の対処をはじめとした医療や理工学的な現象の解明・技術開発の可能性はあるが、いまだ実証されていない。この問題を解決するため、重力を自在に変化させることができる分G施設が必要である。検討を行った結果、施設は300人規模で、大きさは直径190m、幅10mである。また重力は遠心力によって発生させる。この分G施設により宇宙医療という新たな分野の開拓、宇宙から地球に帰還する際の人体への悪影響を減らし、長期的な実験を行う。それらの技術を将来的な宇宙利用に応用する。そして最終的に誰でも宇宙に住めるようになることが目標である。

太陽光反射衛星SOLAR-M ～ピカリ～

“第11回 君が作る宇宙ミッションSOLAR班”

棚田和玖（高3）【早稲田実業学校高等部】， 山中嶺（高3）【聖和学院高等学校】

相川和希（高2）【静岡県立韮山高等学校】， 笹川天斗（高2）【新潟明訓高等学校】

鈴木里奈（高2）【相模原青陵高等学校】

大村実果里（高1）【横浜サイエンスフロンティア高等学校】

1. 背景

日本の食料自給率は約 40%と他の先進国に比べて低く、諸外国からの輸入に依存している[1]。この原因として日本農業の国際競争力が低いことが考えられる。また、2011 年 3 月の東日本大震災が引き起こした大規模停電により、夜間の移動や救出は困難を極めた。宇宙にある既存のエネルギーを人工衛星をもちいて地上で得ることでこれらの問題に対応できると考えた。

2. ミッション作成の条件

上記の背景よりエコなエネルギーを用いた解決策として、宇宙から太陽光をそのまま地球に送り光として利用する。この方法では以下のようなメリットが挙げられる。

- ・太陽光は常に降り注ぐので時間に関係なく使える
- ・太陽光を照明としてそのまま使える
- ・農業が発展する
- ・光を直接使うため、エネルギーの変換を要する太陽光パネル等よりも 効率的
- ・宇宙で発電する場合に比べて輸送費や建設費が比較的低コストで済む

3. ミッションの目的

本ミッションの目的は宇宙太陽光送光システム衛星の実証である。このミッションにおいて考えられる利用方法を 2 つ、以下に示す。

3.1. 促成栽培農法への利用

近年、日本農業の輸入依存と国際競争力の低調が問題となっている。競争力を高めるために「生産量を増やす」「生産コストを下げる」ことが必要である。その方法として宇宙太陽光送光システムの利用を提案する。

- ・宇宙太陽光送光システムを利用した促成栽培（電照栽培）

宇宙太陽光送光システムは大規模な電照栽培を可能にし、土地利用度による土地生産性を向上させる。また、太陽光の使用によって電照に必要な設備費と電気代の削減が可能となり、生産コストを抑えることができる。

3.2. 災害緊急時の照明としての利用

東日本大震災の直後、道路損傷等で電気供給は困難な状況にあった。そこで宇宙太陽光送光システムを利用すると、以下のようなメリットが挙げられる。

- ・被災地に「光」を「光」として届けることで、地上が電力供給の行えない状態においても即応し、迅速な救助活動を行える。
- ・災害発生時に被災者が迅速かつ安全に避難できる光量を確保し二次災害による被害を抑える。
- ・被災者の避難生活や心理的支援に役立てる。

4. 宇宙太陽光送光システム衛星の概要

本ミッションの概要を示す。太陽光を衛星の鏡で反射し、その光を直接地球上へ送る（図1）。衛星は常に太陽光を確保できる位置におり、昼夜関係なく光を好きな場所へ供給できる。

4.1. 衛星ミッション部

衛星ミッション部の詳細を示す（図2参照）。衛星全体の形状は半径約11mの円形で鏡の面積は約350m²、全体の重さは約7.8t（鏡約2t、バス部約5.8t）である。また光量を調節するための集光システムや反射のオンオフを切り替えられる反射率変換システム、反射する波長の選択などを目的としたフィルタリングなどの機構を取り入れる。

4.2. 衛星バス部

衛星バス部[2]を構成するサブシステムを以下に示す。

- ・電源系：太陽光パネル、バッテリー発電量は3m²で1kW。
- ・通信系：アンテナ（小型アンテナ）
- ・姿勢制御系：三軸で制御するリアクションホイール、スラスタ、燃料
- ・データ処理系：データレコーダー・CPU（2系統冗長系CPU）等
- ・構造系：円筒形構体

4.3. 軌道

準天頂軌道を用いる。（準天頂軌道の近地点・遠地点は、“準天頂衛星みちびき”を参照に約32000km・39000kmと設定した[3]）



図1 衛星を利用して直接光を送る

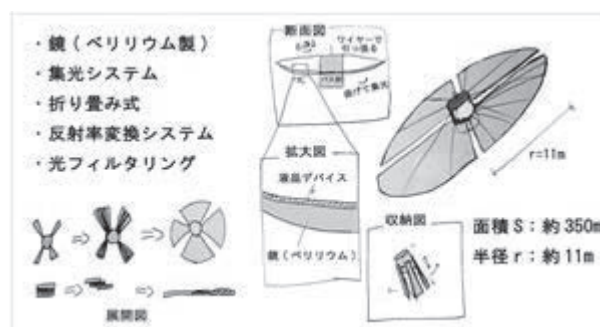


図2 衛星の概要、各システム

5. 結論

宇宙太陽光送光システムを構築することによって、日本農業の輸入依存と国際競争力を改善できる。そして緊急災害時に即応し、被災地を照らすことで夜間の安全性を確保し二次被害の拡大を抑える、同時に救助活動の補助に役立つ。

以上、この2点が「太陽光反射衛星 SOLAR - M〜ピカリ〜」によって実現する。これらのミッションを我々は提案する。

参考文献

- [1]山崎耕造著、トコトンやさしいエネルギーの本、日刊工業新聞社(2005年)
 [2]宮崎康行著、人工衛星をつくる～設計から打ち上げまで～、オーム社(2011年出版)
 [3]SEES, 計測データ, http://seesproxy.tksc.jaxa.jp/fw/dfw/SEES/Japanese/Data/data_j.shtml

そうだ、地球を見よう ～気軽に楽しい高軌道旅行～

“第 11 回 君が作る宇宙ミッション MUSES 班”

稲毛 百合香（高 1）【横浜女学院高等学校】，稲川 智也（高 1）【香川県立高松高校】，藤田 里緒奈（高 2）【宮城県宮城第一高等学校】
大橋 由佳（高 2）【広島なぎさ高校】，北村 太司（高 3）【慶応義塾高校】，吉川 稲穂（高 3）【滋賀県立膳所高等学校】

I. 背景

現在宇宙空間での無重力環境を利用した研究が行われており、新薬の開発などの研究結果もでつつある。しかし現在、研究予算が不足し宇宙開発の意味に懐疑的な意見も存在するため、宇宙開発をさらに進めるためにはこれらの問題を解決することが必要だと考えられる。また、ISAS 一般公開来客者を対象とした「宇宙旅行に行きたいか」というアンケートに対して、96%もの人が「行きたい」と回答していることから、宇宙旅行に関する期待は高いようである

II. 目的

研究を経済的に支え、また一般人に宇宙に興味を持ってもらうため、主に一般人を対象とした気軽に楽しい宇宙観光ビジネスを実現する。私たちの考える宇宙観光ビジネスと宇宙での研究、一般人の相互関係を図 1 に示す。

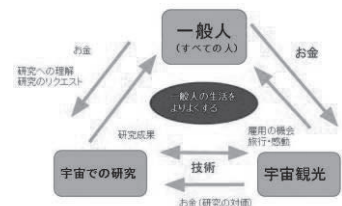


図 1：私たちの考える宇宙観光ビジネスと宇宙での研究、一般人の相互関係

III. プラン概要

期間は移動に片道 1 日、宇宙滞在 3 日の、計 5 日を計画している。高度 400km の円軌道に投入後、軌道上で“軌道変更宇宙船”に乗り換えて近地点 400km、遠地点 25000km の楕円軌道に移動する。楕円軌道でホテルにドッキングし様々な活動をする。費用は 500～800 万円程度とし、一般人が宇宙旅行できるものを想定する。

1. 高軌道の設定

宇宙旅行に行った際に“地球の全体像”を私たちの身近にある携帯電話のカメラで撮影し、記念に残したいと考えたためである。また、近地点から遠地点に移動していく際に、地球の見え方の変化が期待できる。加えて、月などの他天体よりも近い軌道のため、比較的安価だと考えられる。「丸い」地球を見ることで人々に世界平和の心をもたらすなどの精神効果も期待できると考える。これらを踏まえ以下の計算を行い、軌道を決定した。

軌道高度の算出

1. 実験的検証

紙に書いた地球の絵が理想の大きさ（丸く見える程度）になるように携帯の機能で撮影した。そのときの絵の直径とレンズとの距離を測り、地球の直径との比で高度を求めた。

12800000m：地球の中心から $X_m = 0.128m : 0.3m$

$X = 30000km$ これより地球の半径分を引き、23600km となる。

2. 幾何学的検証

一般のカメラで地球の全体を撮影するために必要な

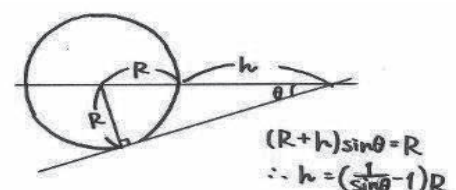


図 2, h：地上から宇宙船の高度, R：地球半径, θ ：カメラの視野角

高度を求める。幾何学的に考えると図2のようになる。一般的なカメラのレンズの視野角は25～50度なので θ が低い値で撮影できる条件を考える。 $\theta=25/2 \times \pi/180$ を代入すると、高度 h は約23095kmとなる。以上の実験的検証と、幾何学的検証による裏付けにより、軌道を25000kmとする。

2.費用の設定理由

1人あたりの旅行代金 500万～800万円

旅行代金設定の条件

- ・リピーターを獲得できる金額であること
→世界旅行の値段 約100万円をふまえ、気軽に行ける値段を考えた。
- ・一般人が、その気になれば行ける金額であること
→実際に自分自身が宇宙旅行に行くと考えたとき、払えると思った最高金額。
- ・一般的な家庭が前もって準備すれば行けるであろう金額であること
→家族旅行など、1つの家庭から複数人の旅行であっても旅行可能な値段を考えた。

3.用途

商業事業であるため、民間会社を設立する。研究機関の予算不足を解消するため、その民間会社が一定量の収益をあげて研究機関に提供する。

4.サービス

このツアーでは丸い地球全体を見ることができる。さらに観光する度に、宇宙から様々な現象をみることもできる（例：月食・日食・星座・地球に降り注ぐ流星・オーロラ）。また、宇宙で活躍されている研究者の講演や機内食を充実させることも考えている。

IV.手段についての検討

機体

- ・スペースデブリ排出防止や1フライト当たりのコスト抑制のため、再利用可能機体を使用する。
- ・ヴァンアレン帯を通過するため、放射線遮蔽を重要視する。

地上から円軌道：スペースシャトルのような宇宙往還機を開発する。

- ・二段式（親機：ジェット機 子機（宇宙機）：再突入能力付きロケット）
 - ・単段式（大気圏内での飛行能力も持つロケット）
- 以上を検討

ツィオルコフスキーの公式を用いた結果、機体と燃料の質量比が1:3.5であれば軌道に到達できる。（化学ロケットの比推力 $Is_p=300$ 秒（メタンやケロシン）を参考に計算）

大きさ 50人乗り：（参考 フォッカー50 50人乗り＝乾燥重量12t） 全体重量 54t
100人乗り：（参考 MRJ 100人乗り＝乾燥重量30t） 全体重量 135t
仮に50人乗りなら・・・客席（シートピッチなどは旅客機参考）：10m

このような一般人向けの宇宙旅行ツアーを実現することにより、人々の宇宙への関心を高め、技術など人々に還元できるしいシステムを構築できると考える。

※一般人とは、「現在宇宙に行こうと思っても気軽に行くことが出来ない人達」のことをさす。現在宇宙に行ける可能性のある宇宙飛行士や大富豪などは一般人の定義から除くが、旅行自体は老若男女全ての人が対象となる。

国際宇宙ステーションの観測と高度測定

ISS Altitude : Observation and Calculation

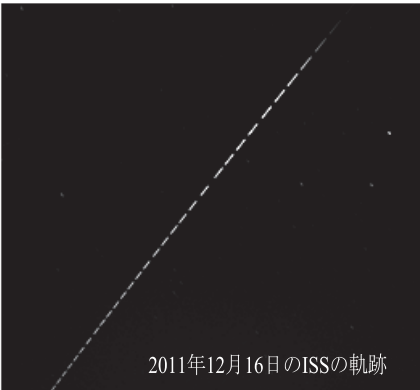
松本有理佳、只木莉緒奈、吉村まな美（高2）
【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

1. 研究動機

物理学的な理論より、高い高度で地球を周回する飛翔体ほどその速度は速くなり、速くになればあるほどみかけの速さは遅く見える。例えば、地球を周回する飛翔体の写真を右図のように連続的に撮影すると、観測者からの直距離が変化するため、軌跡の長さが変わることがわかる。

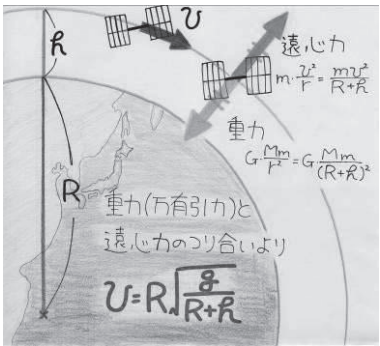
このように、飛翔体を連続的に撮影した写真から軌跡の長さや位置を求めることで、撮影した飛翔体の高度や速度がわかるのではという疑問からこの研究は始まった。

研究するにあたり、JAXAなどのウェブサイトを検索すれば簡単に情報を入手できるISSを研究の対象とすることに決めた。



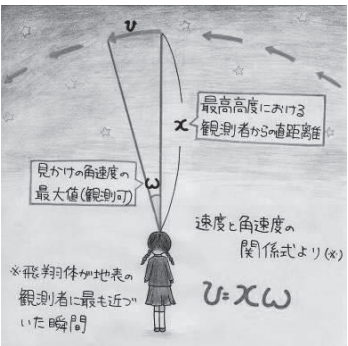
2. 仮説

ほぼ円運動で地球を周回する飛翔体（ISS等）の速度 v ，地表からの高度 h ，最高高度における観測者からの直距離 x には、次の関係が成り立つ。



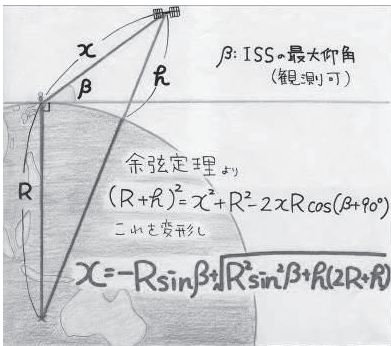
① 飛翔体にはたらく万有引力と遠心力のつり合いより

$$v = R \sqrt{\frac{g}{R+h}}$$



② 飛翔体が地表の観測者に最も近づいた瞬間、速度と角速度の関係式より

$$v = x\omega$$



③ 右図の余弦定理より

$$x = -R \sin \beta + \sqrt{R^2 \sin^2 \beta + h(2R+h)}$$

以上3式を連立すれば、飛翔体の速度 v ，高度 h ，直距離 x を導けるという仮説を立てた。

3. 研究目的

実際にISSの一地点連続写真観測を行い、ISSの高度を写真から求めて仮説の検証を行うことが研究の目的である。また、ISSは高度350km～400kmあたりの範囲で高度が変動するので、測定した高度と実際の高度の誤差を少なく（目標は1%以内に）することで、ISSの高度変化を正確に追跡することができる。観測精度を上げ、高度変化の検出を行うこともこの研究の目的である。

4. 観測方法

前橋女子高校にて露出時間を2.0秒に設定し、ISSの軌跡を一地点連続写真撮影する。撮影した写真から ω 、 β の値を測定し、仮説で立てた3式に代入して高度 h の値を求める。

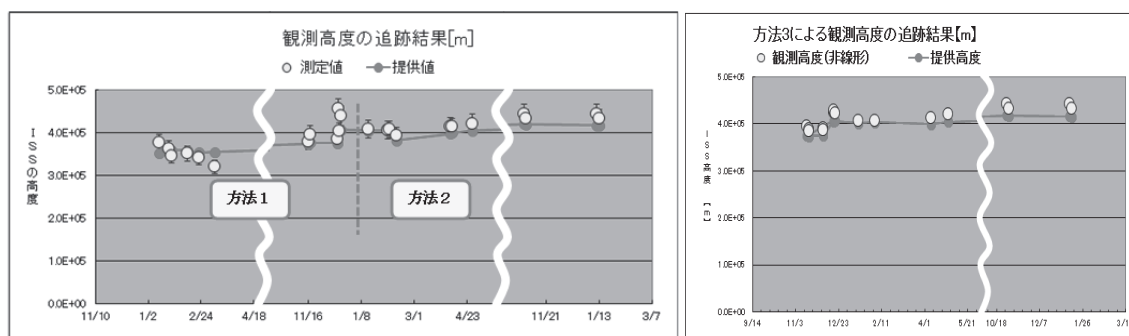
2010年に研究を開始してから数々の問題点の改善を行っているが、2011年12月に大幅に観測方法を見直した。本研究ではこれ以前の観測を方法1、改善後の観測を方法2としている。また、現在は方法2に新たな計算方法を追加した方法3を用いている。

方法1 ・カメラ「NikonD60」、レンズ「AF-S DX NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6G VR」を使用し、赤外線リモコン「ML-L3」を用いて上記の通り、ISSの撮影を行う。

方法2 ・カメラを「NikonD60」から「NikonD7000」に変更
・レンズを「AF-S DX NIKKOR 18-55mm」から単焦点「AF-S DX NIKKOR 35mm f/1.8G」に変更
・線形解析に非線形解析を追加

方法3 方法2に加えて、
・高度の計算方法をニュートン法に変更
・ β の値は観測せずにJAXAのウェブサイトからの提供値を用いていたが、ISSの軌跡の写真から天文シミュレーションソフトウェア「ステラナビゲータ」を用いて測定する方法を発見した。これにより、撮影した写真からの情報だけで高度を測定することができるようになった。

5. 結果と考察



現在23回の写真撮影に成功し、高度を測定することができている。グラフからわかるように、方法を変え、問題点を改善したことで精度が上がった。また、高度変化の追跡にも成功している。

しかし、計算結果では提供値よりもやや高い値がでてしまっている。これは地球の自転を考慮せずに解析を行っているためであり、この問題点についてはExcelによる数値シミュレーションを検討している。実際に行った結果、誤差の値は+3%~+4%の範囲だと推測している。

この研究の応用として、偶然写真に写りこんだ人工衛星の解析にも成功している。2月3日のISS写真観測時に、偶然人工衛星と思われる飛翔体が写りこんだ。この飛翔体に同様の解析を行ったところ、測定した値との誤差-1.7%の精度で観測できた。

今後は人工衛星の観測を主として行い、ISS以外の飛翔体にもこの研究が有効であることを実証していく予定だ。その成果をジュニアセッションで発表できるように進めていきたい。

<参考文献> JAXA(Web) <http://www.jaxa.jp/>

SIMBAD Astronomical Database(Web) <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

宇宙情報センター(Web) <http://spaceinfo.jaxa.jp/ja/iss.html>



I I N Aサイエンスプロジェクト

人はなぜ宇宙を目指すのか～太陽系の科学～

帆苅 華歩（高2）【埼玉県立伊奈学園総合高等学校】

1. はじめに

伊奈学園では、本物に触れさせる教育を推進し、さまざまなプログラムを実施している。理科で実施しているI I N Aサイエンスプロジェクトは、学年、HR、部活等、まったく関係なくプログラムへの参加を希望できる。今年度は、「どうして人は宇宙を目指すのだろうか」という疑問に対して、考え、意見を交換した。私たちは、この疑問に対する答えを探すために、太陽系について学ぶことからはじめ、惑星探査機「はやぶさ」の成し遂げた功績を知ること、糸口を見出そうとした。

2. プロジェクトの流れ

①	5月9日（水）	全体打合せ 日程の詳細、班編制、ノート作成
②	5月11日（金）	DVD鑑賞 「HAYABUSA」
③	5月21日（月） 6:00～9:30	金環日食観測 日食めがねを一人一つずつ使い、観測 JAXAから借りた太陽電波観測機を用い、観測
④	5月下旬	金環日食 ポスター発表準備
⑤	6月2日（土） 9:00～12:00	科学プレゼンテーション研修 講師 井上 徳之 先生（JST）
⑥	6月7日（木） 13:30～15:30	JAXA 太陽系探査に関する講義 「はやぶさ」、「かぐや」 講師 久保田 孝 先生（JAXA）
⑦	6月13日（水） 16:00～18:00	埼玉大学教育学部 大朝 由美子 先生 太陽系の起源から現在の太陽系に関する講義
⑧	7月中旬	流星塵の採取・観察 顕微鏡を用いて、流星から落ちてくる塵を観察する
⑨	7月23日（月）	JAXA相模原キャンパス 施設見学・実習
⑩	7月28日（土）	日本科学未来館 学習プログラム利用 プレゼンテーション実習
⑪	7月30日（火）	埼玉大学教育学部 施設見学・実習・講義 教育学部準教授 大朝 由美子 先生

12	夏休み中	各班 発表準備 いなほ祭にて、ポスター発表、プレゼン発表を行う。 班ごとに日程を決め、準備。
13	9月7日(土) 8日(日)	いなほ祭 モールにてポスター発表 学習室にて発表(プレゼンテーション)
14	11月10日(土)	お台場サイエンスアゴラ 主催 JST 場所: 日本科学未来館周辺
15	11月11日(日)	高校生によるサイエンスフェア 主催 埼玉県教育委員会 場所: 大宮ソニックシティ

3. 核となる活動

①太陽系について学ぶ。

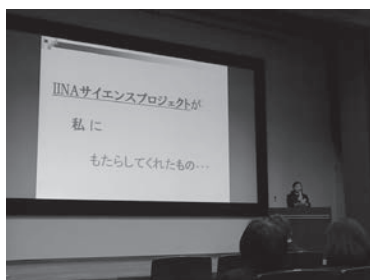
埼玉大学教育学部天文学教室の大朝由美子先生のご協力の下、太陽系の起源や星ぼしの誕生、一生などを事前にご講義いただき、天文観望等させていただいた。

②金環日食の観察・観測

昼間に観測できる絶好の天文現象を、参加者全員で観察した。

③惑星探査機「はやぶさ」を知る。

実際に惑星探査機「はやぶさ」のプロジェクトチームとして、はやぶさに開発当初より関わっていらしやった宇宙航空研究開発機構(JAXA)の久保田孝先生、吉川真先生に、惑星探査機についてご講義を頂戴する。学校が夏季休業中には、JAXA相模原キャンパスを訪問し、施設見学をさせていただくとともに、相模原キャンパスで学ぶ大学院生と談話の機会を頂戴した。



4. まとめ

なかなか答えの出ない問い、あるいは答えのない問いに対し、どのように考え、どのように判断していけば良いのか、常にそのような状況に直面しながら、研究を進めている研究者の方々に直接触れ、多くのことを考えさせていただききっかけをいただきました。宇宙に思いをはせながら、多くの研究者の方々が熱い思いも感じ取ることができ、大変貴重な機会をいただきました。これからの私たちは、教科書で学ぶようなことだけを考えればよいわけではなく、自分でさまざまな場面に直面したときに、考え、そして自分の責任のもと、判断できるような力が必要になると思います。それを自分の課題とし、今後も、いろいろなことにチャレンジしたいと思わせてくれるプロジェクトでした。

古天文学：巨大遺跡による西欧と日本の比較

坂井遥香（高2）【神田女学園高等学校】

坂井裕香（高1）【都立日比谷高等学校】

1. はじめに

同じく島国である日本と英国の巨大な石造物を天文学の観点から比較してみた。

2. 考察①：先史時代の天文遺跡（日本）

「益田岩船（石船）」

- ・巨大な石造物。
- ・奈良県高市郡貝吹山塊の東端にある石船山（標高150m）の北側中腹に位置する。
※南の眺望が悪く、占星台（四方見晴らしの良い丘に造られるべき）になりえない。
- ・深成岩性の花崗片麻岩。
- ・人為的に他所から運搬されたもの。
※岩船上面の組織の「目」は南北に、「領家変成帯」のそれは、東西に走っている。
- ・日没観測台と推測される。

『岩船石稜線の天文方位は、北正面が真北から東へ13.0度偏っている。』

「酒舟石」

- ・明日香村岡の丘上にある。
- ・花崗片麻岩、東西方向で約5.3mの大きさ。
- ・春分秋分と冬至夏至の時の日没を観測する装置だったと推測できる。
- ・中央溝が真西にセットされており、左右の側溝の方角は夏至・冬至の日没方位と一致する。

『酒舟石中央溝の方位は、岩船と同じく偏角13°の方位にある。』

さらに、

『岩船石と酒舟石は、3km離れているが平行に並んでいる。』

つまり、

「為政者は、偏角13度の方位に起こる日没を観測し、春土用入りの日を知り、これを人民に告知した」と思われる。

以上のことから、

日本は古来、太陰暦を行用していた。

農事は季節との関係が深く、太陽暦の知識が不可欠であった。

水稻播種の期日を知る事は最大の関心事であった。

これらから、太陽光と巨大な石造物により天文知識を得ていたと考えられる。

3. 考察②：先史時代の天文遺跡（英国）

「ストーンヘンジ」

- ・巨石環状列石（直径約30m）。
- ・石の総重量、約2400t。
- ・イギリス、ソールズベリー平原（ロンドンの南西約120km）にある。
- ・紀元前2750～前1100年頃に建造。
- ・古代人の天体観測台。
- ・日月の出入りを観測する施設。
- ・主要な2本のレイラインと石による標識。
- ・入口の石柱4対が、夏至の日昇方向を指すようになっている。

※「天文台説」（1963年、英国人でボストン大学元教授ジェラルド・S・ホーキンズ）
コンピュータ分析により、遺跡の中心と参道の中央を結ぶラインが夏至の日の出方向を示し、石の組み合わせが夏至冬至や春分秋分の日の出・日の入りの方向、真夏真冬の月の出入りの方向を示していることが判明。

さらに、

夏至の日の出（太陽）は、北東の2個の石の間を通してヒール・ストーンのほぼ真上から昇る。この日を神聖なる日とし、豊穡を祈ったと考えられる。

つまり、

「夏至や冬至の時期を知ることで、作物の収穫時を決定した」と思われる。

以上のことから、

太陽の観測は、祭礼や収穫の時期を決定するうえで重要な意味を持っていた。

4. まとめ

日本古代の天文知識は、飛鳥時代より中国の古法にならってきた。そのため、様々な仮定を実証することができている。

英国においては、神殿であり天文台であったのだろうが、そのスケールの大きさから、巨石の運搬の方法においても真実はいまだに解明されていない。

New Type太陽観測装置の製作

大塚 光（高2）・長谷川 貴大・川島 悠暉（高1）
【茨城県立土浦第三高等学校】

要 旨

金環日食をはっきりとかつ安全に大人数で観測させるには、明るい太陽像をスクリーンに投影させる方法が良いと思う。そこで、焦点距離20mの凹面鏡を利用し、その反射像をスクリーンに投影することを考えた。約2ヶ月掛けて主鏡セルやフォークマウントを作り1/2倍速の赤道儀に搭載し完成。本番では金環日食を多くの生徒に観察してもらうことができた。

1. はじめに

昨年、5月21日（月）に金環日食が起こった。特に茨城県は全域が金環帯に入る絶好の条件だった。多くの生徒が観測すると予想し、いかに安全にかつ綺麗に太陽像を観測してもらうかを念頭に、機器の開発を行うことにした。

2. 仮説

焦点距離の長い鏡を使って太陽像をスクリーンに投影すれば、多少光軸がずれてもきれいな太陽の拡大像が投影でき、多くの人に太陽観測を楽しんでもらえる。

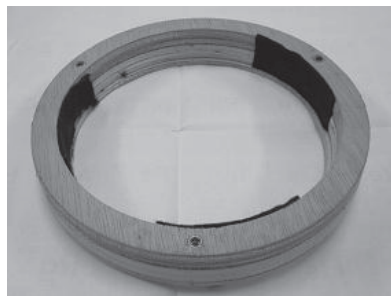
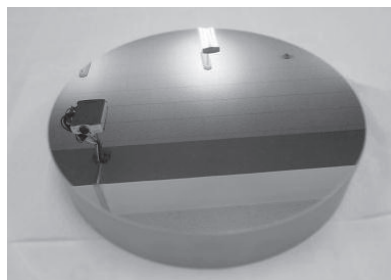
3. 製作過程

①主鏡について

口径150mm焦点距離20mの反射鏡である。市販はされていないので日高光学研究所に製作を依頼した。面の形状は球面である。

②セル（鏡の枠）

反射鏡を赤道儀に取り付けるために反射鏡のセル、および自由に動かせるフォークを4台分製作した。セルの中心は、厚さ12mmの合板を外径175mm内径155mmにくりぬき、それを2枚重ね接着した。内側には鏡を優しく固定できるように厚さ2mmのフェルトが貼り付けてある。これだけでは固定できないので、前面には厚さ3mm外径175mm内径150mmの合板を貼り付けてある。これが、前面から鏡を支えている。このセルには4mm用の鬼目ナットが表面に1つ、裏面には3つ埋め込んである。右の写真は裏面である。裏蓋は厚さ5mm直径175mmであり、3枚のパッドが貼ってある。これを4mmキャップボルトで3カ所留め、鏡を裏面から押さえている。



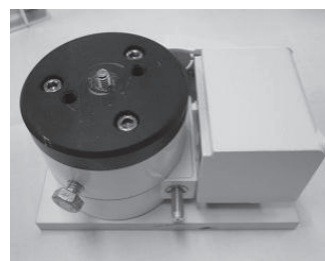
③フォーク

厚さ3mm, 25mm角のアルミアングルで組み上げた。両側は長さ130mm, 赤道儀との接続する, 下のアングルの長さは225mmとした。できるだけコンパクトになるように計算しサイズを決めた。セルとはセル側の鬼目ナットに6mmノブつきボルトで固定している。ただ, アングル部分が干渉するので, 強度を保てるよう, 5mmだけ残して削ってある。



④赤道儀

反射した太陽像を一定の場所に投影するには, 追尾速度を日周運動の1/2にしなければならない。最近小型で1/2倍速機能を持つ小型赤道儀が安価に販売されているので, これを使用している。赤道儀とフォークは1/4インチねじ1本で固定している。アルミアングルに1/4インチネジのネジ山を切り, さらにナットで固定しているので外れる心配はない。



4. 結果

製作を初めて2ヶ月ほど経ってやっと完成した。日食を想定し朝早く学校に集まってファーストライトを実施した。追尾精度も文句なしで地軸の方向と赤道儀の極軸を合わせなくても数十分ほぼ同じ位置に見えていた。拡大率が小さいからであろう。また, 視野が極めて広いので誰でも, 太陽を導入できる大きな利点も確認できた。

金環日食当日は体育館の西側に移動式「スクリーンを設置し, 300名を超える多くの生徒と数十名の教員に観察してもらうことができた。この装置は合計4台製作し, それぞれ日立一高, 江戸崎総合高校でも観測に成功した。原子力機構用に作ったものは, 東海村立中丸小学校で使用された。総数1,000名を超える方々に金環日食を今回製作した新型太陽像投影装置を使って楽しんでもらったことになる。



5. まとめ

以上の様に, 仮説通り長焦点の反射鏡は素晴らしい性能を発揮してくれた。多くの方に日食を楽しんで頂くことができた。ただ, ピントを出すには, スクリーンと反射鏡の距離を精密に決める必要がある。これも, 予想していたが, 光軸から離れるに従って像は劣化し, 黒点の観測には使えないなどの問題点も明らかになった。そこで, 右の写真の様に平面鏡と組み合わせ, 光軸付近の反射光を投影できるように改良を加えた。これを書いている時点では, ファーストライトを行っていないので結果はジュニアセッションにて発表したい。



振り子をふってみました

井波 直登・小林 勇貴・中島 瑞希（高2）
【茨城県立土浦第三高等学校】

要 旨

私達、科学部の中で、地球の自転を証明しようという話が出た。昨年、新型太陽像投影装置を制作した際に地球の自転に興味を持ったからである。私たちは、主に二つの方法で地球の自転を証明することにした。1つはジャイロ装置を用いた方法、そしてもう1つがこの振り子を用いた方法である。

1. はじめに

レオンフーコーが1851年パリのパンテオン寺院にて行った、実験の再現を校内でしたいと思った。振り子の性質として、支点の移動、回転に関わらず常に一定の方向に振れ続けること（外部からの影響を完全になくした状態に限る）が一般的に知られている。私たちは、この性質を利用して自転を証明することにした。

2. 仮説

- ①1時間以上振れる振り子があれば、地球の自転を証明できる。土浦三高の緯度は北緯 $36^{\circ} 03' 21.5''$ なので、1時間あたり 8.8° 程回転するはずである。
- ②振り子の振幅が小さくなる原因は、おもりおよびワイヤーの空気抵抗と支点の摩擦であると考えられるので、これらを小さくすれば、長時間振ることが出来る。
- ③おもりが重くなれば、表面積に対して体積（質量）が大きくなるため、相対的に空気抵抗を減らすことになるので重いおもりの方が長い時間振ることが出来る。

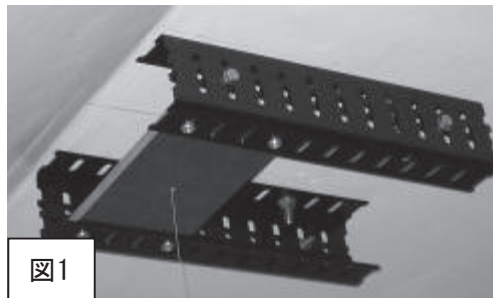


図1

3. 方法

土浦三高、特別棟1階東階段の天井に図1のようなベースを取り付け、そこから3.7メートルの最初は0.3mmステンレスワイヤー、後に0.3mmピアノ線を垂らし先端におもりをつけ振り子とした。また、0.5Kg, 3.5+0.5Kg, 6.5kgとおもりの質量を変えて、1分ごとに振り子の振れ幅の変化を調べた。振り子の支点は、最初は図2のようにボルトで止めたかったが、これでは摩擦が大きいと考え、より摩擦が少ないと思われるボールチェーンに変更した。また、振幅を測定するには図3の様な紙にメモリを書いて測定する

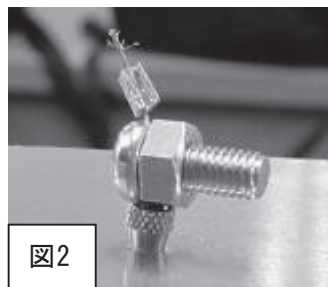
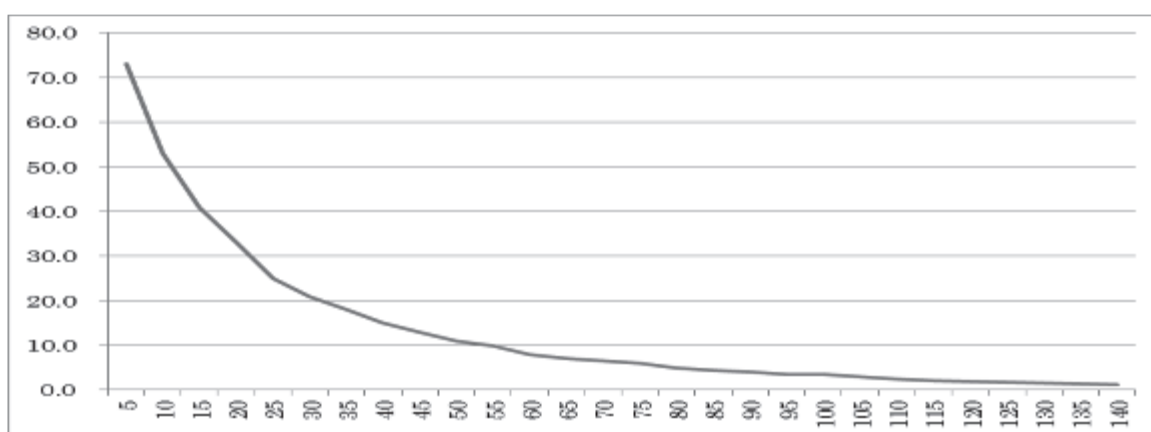
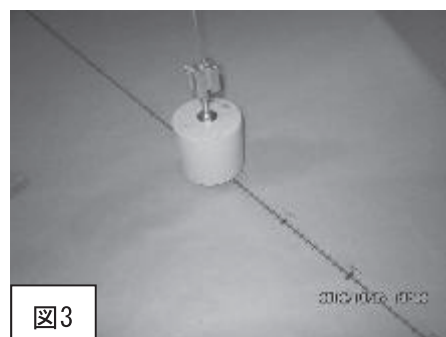


図2

ことにした。

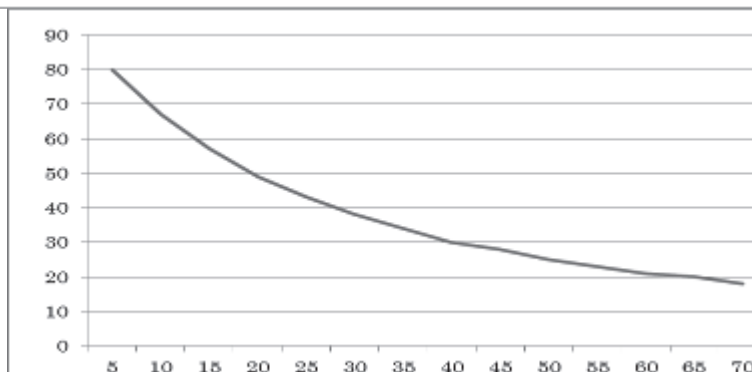
4. 結果

当初ワイヤーで重りをつるしていたが、ねじれの関係上重りが回転してしまうためピアノ線に変更した。上から見て左周りに3分で10度ほどの勢いで回り始めた。また、おもりを放す瞬間を手で行うとぶれが生じてしまいすぐに、おもりが楕円運動を始めてしまった。まだ、地球の自転を証明するにはほど遠い状態である。おもりの質量と振幅の関係は以下のグラフのとおりで上の0.5Kgにたいし下の3.5+0.5Kgでは振幅の減衰率が小さくなっている。



5. 考察

想定していたのよりとても早く回転角が大きくなってしまった理由は、おもりの形状、話すときのタイミング、支点のボールチェーンが原因と思われる。



6. 今後の課題

おもりとして6.5Kg円筒形のものを使用しているが、より抵抗が少ないと考えられる球形の6.0kgのハンマー投げのおもりに変更する予定である。

また重りを放す瞬間も手で操作を行うとブレが生じるため、電磁石を使用しブレをできるだけ少なくした。しかし、これでもまだ、改善の余地があるようだ。



プラネタリウム投影用ドーム作成

小俣はるな/小原彩花/丸木灯/森田恵里 …… (2年)

中村仁美/山浦沙彩/吉野朱美 …… (1年)

【星野高校天文部】

1 はじめに

私たちは、プラネタリウムを投影するドームとして、京都の聖母学院の斉藤恭司さん考案のフラー型ドーム（直径5～6m）を、小さく設計し直したものを作成し使用していた。

一番初めに作ったドームは、紙製ダンボールを使用していたが、5年程前に丈夫にするために紙製の段ボールを白のプラスチック段ボールに変えた。しかし、白いプラスチック段ボールは光を通してしまうため、黒く塗って光をさえぎった。スペースに余裕が出来たこととドーム自体が老朽化していたことを受け、作り直すことを決めた。

今回はプラスチック段ボールを黒く塗らず、アルミホイルで光をさえぎり、サイズを少し大きくし作成することにした。

2 製作に必要な用具

材料：白のプラスチック段ボール、黒と白のガムテープ、ベニヤ板、速乾性ボンド、アルミホイル両面テープ

用具：金属製の定規、大型カッターナイフ、カッターマット、コンパス、大きい分度器

3 製作方法

- ・ベニヤ板に8種類の型を取る
- ・ベニヤ板の型を元にプラスチック段ボールに書き写す
- ・定規を使用し丁寧に切り取る
- ・切り取ったパーツを組み立てる

図1：編6B

図2：正6B

図3：正5B

図4：abb

図5：acc

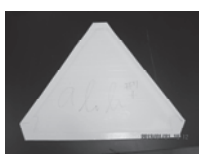
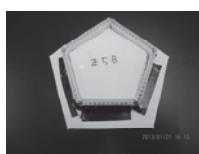


図 6: 台形 A



図 7: 台形 B



図 8: 長方形



図 1 ~ 8 全て

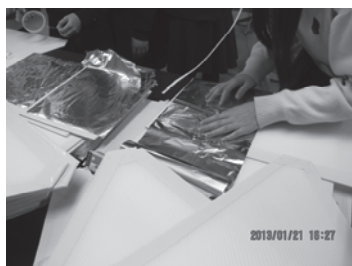


4 製作上の注意

プラスチック段ボールを切断する際に以下のことに注意する。

- ・型に合わせて線を引く時は、型と鉛筆の間に隙間が出来ない様にする。
例えば、1 mm の違いでも全体として数 cm の違いになる可能性がある。
- ・プラスチック段ボールを切っていると、カッターの切れ味が悪くなるので刃先をこまめに折る。
- ・プラスチック段ボールはなるべく 1 回で切り落とす様にする。
また、切り口が段ボール面に直角になる様にする。
- ・段ボールの端は輸送で痛んでいる事があるので、全て使わず周辺 1 cm 程度を切り落としてから使う。

作業中の様子



5 おわりに

前のドームを解体する作業から大変だった。縮小するための計算過程や、プラスチック段ボールを切る過程が思ったより複雑だった。今、アルミホイルを貼り付ける作業をしているので、ジュニアセッション当日までに完成させたいと思う。

6 参考

斉藤恭司「6 m プラネタリウム・ドームの作成と活用」、『第 4 回天文教育普及研究会』（1990 年）
 斉藤恭司「ドームの作り方」

惑星追跡装置～青空に輝く金星を見つけよう～

～ハートピア安八高校生観測チーム～

柏陽介 傍島大貴 小宅紗衣(2年) 青木奏太 伊藤多津生 児玉裕貴 清水良広 説田敬介 日比野靖千

豊田有里 菱田真由(1年)【大垣東高校】

1. はじめに

明けの明星、宵の明星として私たちに親しまれている金星だが日中の金星の動きは、あまり知られていない。また、金星は太陽と月以外で唯一、日中に肉眼で観測できる天体である。しかし日中に金星を観測するためには、金星の位置を広い空から特定する必要がある。そこで、誰でも簡単に青空から金星を見つけ出せるように、今回の惑星追跡装置の製作に取り組んだ。

2. 方法

(1) 製作環境・観測環境

製作所：岐阜県安八郡安八町の生涯学習センター「ハートピア安八」

観測地：岐阜県安八郡安八町の生涯学習センター「ハートピア安八」

北緯 35 度 20 分 8 秒、東経 136 度 39 分 52 秒 標高 18m

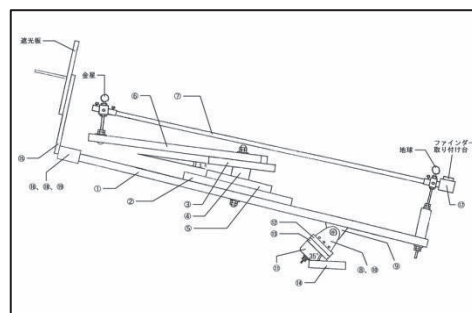
岐阜県立大垣東高等学校(3 階渡り廊下)

北緯 35 度 21 分 1 秒、東経 136 度 37 分 25 秒

(2) 製作

- ・地球から見た金星をこの装置に再現し、金星を追跡することができる。
- ・金星は内惑星であるため常に太陽に伴って運動し、その範囲は太陽からそれぞれ東西に約 46° (最大離角) の範囲で見られる。そこでまず回転軸から 50cm の所に地球を置きその長さを 1 天文単位とし、その内側に半径 36.1cm で回転する板を重ねその円周を金星の公転軌道とし、自由に回転できるようにした。

完成予想図



- ・地球と金星は約 587 日の会合周期で相互位置が変化している。従って、その現象が明らかである日付に地球、金星、太陽が一直線となるように日付を合わせ、その日からどれだけ経過したかで金星の太陽に対する位置を決定することができる。
- ・金星の回転板に会合周期をもとにした日付の目盛りをつけ観測日の金星の太陽に対する位置を決定した後、装置を太陽に垂直になるように向けると実際の金星を観察することができる。
- ・金星の公転軌道は地球の公転軌道面(黄道)に対して約 3.4° の傾きをもっている。その現象をできるだけ補正するため、装置の金星が回転する面も 3.4° の傾斜を持たせている。
- ・黄道の傾きを東西だけでなく、南北(上下)にも補正した。
- ・内合および外合近辺で太陽と金星が近くなったとき、誤って太陽を直接見ることを無いように遮光板を取り付けた。

機材：テーブルソー・電動糸のこ・ボール盤・ベルトサンダー

(3) 観測

- ・三脚に爪つきナットで三脚に固定する。
- ・遮光板とファインダーを取り付ける。
- ・大まかな向きを北極星を基準に合わせる。
- ・早見表の日付をあわせる。
- ・遮光板裏のグノモンを利用して太陽の方向に向ける。
- ・ファインダーをのぞく。



完成品

3. 結果と課題

今回の活動を通して以下のような成果を得るとともに、いくつかの問題点が生じた。

(1) 設計・製作に関して

- ・装置の原理を考えるにあたって、天体の運動またその表し方についての知識や理解を深めることができた。また、装置を具体化する中で図面を描いたり素材を検討するなど、さまざまな事柄に対し自分たちでいろいろな意見を出し合えた。
- ・今回の製作では、テーブルソーや卓上ボール盤など初めて使う工作器材もあってその使用方法や手順など戸惑いや失敗も多かった。しかし、先輩や講師の方から懇切に指導していただき何とか装置を完成させることができた。これらの経験を通して工作技術をある程度身につけ、次のものづくりに取り組む際に多いに役立てられるだろうという自信を得た。

(2) 観測に関して

- ・結果として、装置が完成したのが遅れ、本論文を執筆しているまでの時間があまりなかった。また天候の状態もあり明確に金星をとらえることはできなかった。今後、天候のよい時をみて観測の機会をできるだけ多くもっていきたい。

(3) 問題点

- ・装置の形状もあって、ややバランスが悪い。ウェイトなどを試す必要がある。
- ・木製であるため回転部にスムーズさが欠ける。間に剥離紙を挟むなどの工夫をしているが改善を考えていきたい。
- ・観測には、天体望遠鏡に附属していたファインダーを流用している。他に適切なものがないか試していきたい。
- ・金星の位置を決めるための日付の目盛りは会合周期をもとにつけている。観測にはその日が内合など、特定な位置関係の日からどれだけ回転したかで合わせている。やや合わせづらい汎用性に問題があるという意見がある。目盛りのとりかたなどに他により方法がないかを検討したい。

4. 使用ソフト・参考文献

使用ソフト：Microsoft Word 2010、Microsoft Excel 2010

参考文献：理科年表平成 23 年 丸善株式会社、天文年鑑 2010 年 誠文堂 新光社

銀河団を用いた宇宙膨張の追試験

吉田奈央（高2）【愛知県立一宮高等学校】

中曽根亘（高2）【私立立教池袋高等学校】

小山雄大（高2）【福島県立安積高等学校】

増子望都(高3)【埼玉県立大宮高等学校】

植村千尋（高3）【私立吉祥寺女子高等学

校】澤田直輝、沖本直哉（高2）【愛知県立

旭丘高等学校】鈴木萌（高3）【私立東京純

心女子高等学校】

1.はじめに

我々は2012年3月に東京大学木曽観測所で開かれた「銀河学校2012」に参加し、“銀河団の観測から探る宇宙膨張”

というテーマで研究をした。目的は銀河団を用いて宇宙の膨張速度が加速か、等速か、減速かを求めることである。宇

宙の膨張速度は、宇宙の時刻と、宇宙の伸び具合（赤方偏移）

でグラフを作成することによって示すことができる。また、宇宙の時刻は銀河団までの距離を使用することで推測でき、距離は銀河団の明るさと大きさによって求めることができる。

したがって、我々は、銀河団の明るさと大きさについて解析処理を行うために、東京大学木曽観測所の105cmシュミット望遠鏡で観測を行った。そして、銀河団までの距離と赤方偏移によって宇宙の年齢と大きさの関係性を見つけ出し、宇宙の膨張速度と銀河団までの距離の測定方法について考察した。

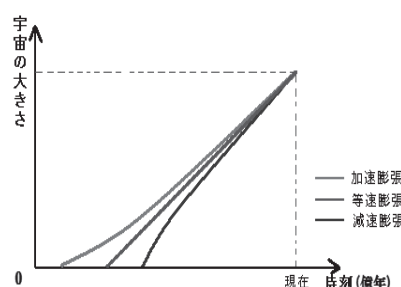


図1 宇宙の年齢と大きさ

2.観測

観測日時:平成24年3月27日

観測場所、望遠鏡:東京大学木曽観測所、105cmシュミット望遠鏡

研究対象:おとめ座銀河団、かみのけ座銀河団、ヘラクレス座銀河団

3.方法

宇宙の時刻と宇宙の大きさは対応しており、宇宙の膨張速度を調べるには赤方偏移と銀河団までの距離を用いてグラフを作ることが必要である。我々は赤方偏移は理科年表(2011)の値を用い、以下の2つの方法で距離を調べた。

① 銀河団の明るさを用いる

1:2.観測の方法で撮影した画像の銀河をすばる画像処理ソフト マカリで測光をした

2:明るさと距離の関係式を式(1)とし、銀河団の距離を求めた。

$$(\text{銀河の明るさ}) = \frac{1}{(\text{銀河までの距離})^2} \quad (1)$$

② 銀河団の大きさをを用いる

1:2.観測の方法で撮影した画像の銀河をDS9で大きさを測定した

2:大きさと距離の関係式を式(2)とし、銀河団の距離を求めた。

$$(\text{求める銀河団までの距離}) = (\text{おとめ座銀河団の距離}) \times \frac{\text{おとめ座銀河団の見え目の大きさ}}{\text{求める銀河団の見え目の大きさ}} \quad (2)$$

①, ②で求めた距離と、赤方偏移を用いて宇宙の膨張速度に関するグラフを作った。

4.結果

それぞれの銀河団の明るさと大きさを調べた結果、どの銀河でも図のように同じような分布が見られた。しかし、銀河団によって分布している位置がずれていた。この位置のズレは地球からそれぞれの銀河団までの距離に関係していると考えられる。なぜならば、銀河団が遠いほど銀河は暗く、小さく見えるはずだから、明るい銀河が少ないというのは銀河団が遠くにあると言えるから。よって、この位置のズレの比を考えることによって銀河団ごとの距離の比に対応すると考えた。しかし、一様に分布しているわけではないので、複数の点を基準に銀河団ごとの比を取って距離を求めた。

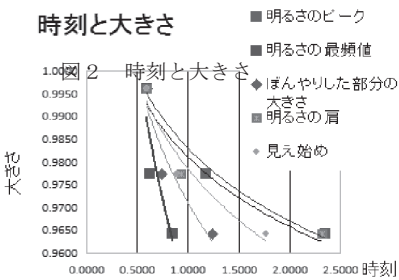


表 1 それぞれの手法を用いた時の銀河団までの距離

銀 河 団 ま で の 距 離	明るさのピーク	明るさの最頻値	ぼんやりした 部分の大きさ	明るさの肩	見え始め
Virgo	0.5900	0.5900	0.5900	0.59	0.59
Coma	1.1772	0.6300	0.7400	0.93329	0.885
Hercules	2.3488	0.8500	1.2400	2.3195	1.77

5.考察

今回銀河までの距離を求めるために、明るさと大きさという2つの手段を用いた。

大きさについてはDS9で測り、明るさはマカリィで測った。しかし、図1のようなグラフにした所、手段によって出てくる距離の値が違った。これらの原因はそれぞれの手段によって誤差の要因が考えられる。

①銀河団の大きさを用いた場合

- ・DS9を用いて銀河の大きさを測定したので銀河団の端がどこからどこまでなのかは、画面の設定や測定する人の感覚によって変化してしまった。
- ・大きさを測る対象の銀河の数が少なく、銀河団に含まれている暗くて小さな銀河まで観測できていなかったため銀河団の大きさを正確に測定できていなかった。

②銀河団の明るさを用いた場合

- ・大きさと同様、測光する対象の銀河が少なかったため銀河団の明るさを正確に測定できていなかった。

6.使用ソフト

- ・すばる画像処理ソフト マカリィ
- ・SAOImage DS9

7.謝辞

本研究は、東京大学木曽観測所の松永典之さんをはじめとする東京大学木曽観測所のスタッフの方々とTAの深瀬雅央さん、青木みささん、林隆之さんにご協力いただきました。また今回のジュニアセッションに参加するにあたりNP0法人サイエンスステーションの協力をいただきました。この場を借りて深くお礼申し上げます。

銀河群Arp321周辺のダークマターの検出

高木勇太、伊達恒博（高2）【埼玉県立豊岡高等学校天文部】

1. はじめに

私たちは、銀河群の質量を求める研究を行ってきた。そののち、力学的質量・光学的質量を求めることができるようになった。この2つの方法で出した質量を比較することによって、ダークマターの存在を証明することができる。

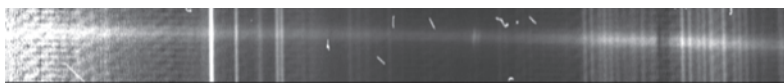
前回の研究では銀河群Arp321の力学的質量・光学的質量を導出した結果、光学的質量が力学的質量より100倍近く大きくなったため、解析をやり直した。計算の途中で標準星の測定が甘かったり、宇宙線が除去しきれていなかったり、波長較正がずれていたため、誤差が生じてしまった。途中計算の確認をするなど前回の考察の反省を生かし、今回の研究に臨んだ。

2. 方法

データは、1月27日,28日広島大学東広島天文台の1.5m光学赤外線望遠鏡かなたの1露出型偏光撮像器HOWPolで撮影したArp321銀河群の分光・撮像データである。

撮影した分光データを画像解析ソフト「マカリ」で一次処理して、街灯などの人工光の輝線を使った波長較正を行い、H α 輝線の波長を測定した。

測定したH α 輝線から赤方偏移を求めた。（※図1）



（※図1 スペクトル画像）

求めた赤方偏移から後退速度を求め、さらにハッブル則($H_0=72\text{km/s/Mpc}$)を使い、銀河までの距離を求めた。

力学的質量

銀河群は、地球から遠のいていくほかに、銀河それぞれが固有運動をしているので、運動エネルギーが万有引力の位置エネルギーと等しく、ビリアル平衡が成り立つとすると、次の式で質量を求めることができる。

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V})^2$$

σ : 速度分散(後退速度の平均値から各銀河の後退速度の値を引き、その平均をだしたもの。)

$$M = \frac{3R\sigma^2}{2G}$$

M : 質量
R : 銀河群の見かけの領域の半径($5.02216 \times 10^{20}\text{m}$)
G : 万有引力定数($6.673 \times 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$)

光学的質量

星の明るさを使って質量を求めるためには、標準星が必要となる。標準星にする星の等級は、Aladinのデータを参考にした。B等級のデータしかなかったため、解析には、B

画像を用いた。

銀河群の見かけの等級を決めるため、そばにある恒星3つを測光し、そのカウント値を標準星の光の量とした。標準星の見かけの等級、skyの平均値を使い、銀河群全体の見かけの等級を求めた。そして、分光で求めた距離を使って銀河それぞれの絶対等級を求めた。さらに銀河群の絶対等級、距離、太陽のB等級の絶対等級を使って、太陽の質量を値として銀河の質量を求めた。

$$\frac{l}{l_0} = 10^{\frac{s-M}{25}}$$

l : 銀河のカウント値

l₀ : 太陽の光の量

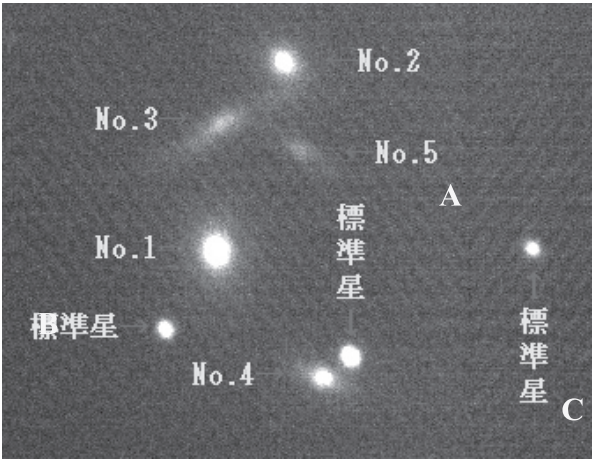
e : 太陽のBmagの絶対等級

M : 銀河群の絶対等級

3. 結果

	m	M
A	12.95246	
B	13.00989	
C	13.09235	
平均	13.01824	-21.8475
	z	V (km / 秒)
No.3	0.022338027	6701.40795
No.4	0.02255135	6765.405
No.5	0.022795148	6838.54452
平均	0.022561508	6768.45249
	σ	56.02722615

光学質量	太陽何個分か↓
	85313890795
力学質量	太陽何個分か↓
	759367008813



↑ Arp321 銀河群

結果の通り、力学的質量が光学的質量より8.9倍大きくなり、銀河群Arp321周辺のダークマターがあることが分かった。

4. 考察

光学的質量より力学的質量の方が大きいという結果が求められたので、銀河群Arp321のダークマターの検出したといえる。WMAP2005のグループの発表によると、物質は4%、ダークマターは23%、となっているので、その比は6.75倍光学的質量より大きい。私たちが求めた結果は、8.9倍になった。このため、銀河群Arp321周辺はダークマターの割合が多いのかもしれない。

5. 謝辞

広島大学宇宙科学センター准教授植村誠先生はじめ関係者の皆様には観測の指導をしていただきました。ここに感謝いたします。

東京学芸大学自然科学系広域自然科学講座宇宙地球科学分野助教の西浦慎悟先生には観測のサンプル選びの際、条件等や解析の注意点などについて御指導をいただきました。ここに感謝いたします。

(独) 科学技術振興機構による「中高生の科学部活動支援事業」の支援を受けました。感謝します。

銀河に咲く赤い光 ―星が生み出される現場―

潮海麻生(高2)【大阪府立天王寺高等学校】

伊藤双葉(高2)【長野県飯田高等学校】

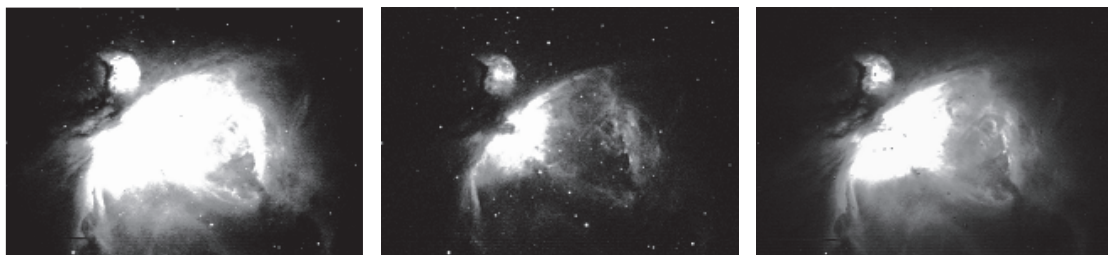
今村春香(高1)【長崎県立長崎西高等学校】

1. はじめに

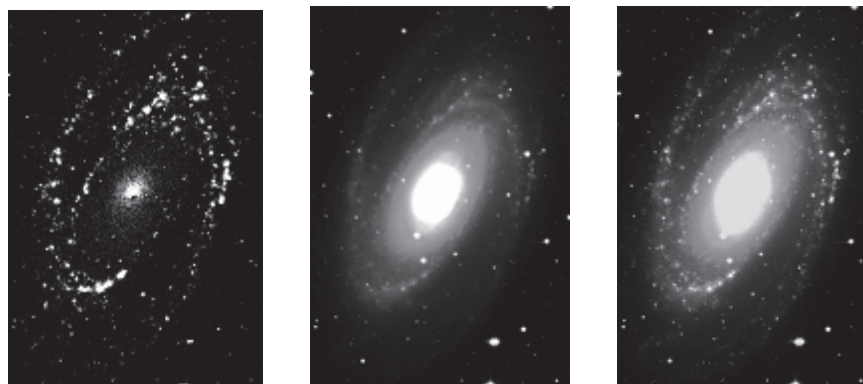
私たちは銀河学校2012 に参加し、東京大学木曽観測所にて「銀河に咲く赤い光―星が生み出される現場―」というテーマで、銀河の躍動を感じることを目的として研究をした。銀河において、星が作られる場所では「 $H\alpha$ 放射」と呼ばれる特殊な赤い光が出る。それを観測し、星がどのような場所で生まれるのか、銀河は1年あたりに何個の星を生み出しているのかを考えた。

2. 方法

- ・東京大学木曽観測所の105cmシュミット望遠鏡でM42、M51、M81、M82、M101を6577と6737の2つのバンドで撮影する。6577は $H\alpha$ 線を捉え、6737は $H\alpha$ 線を捉えない。これによって $H\alpha$ のみの画像を作る。解析ソフト「マカリ」を用いて画像の一次処理を行い、データを得た。
- ・4つの銀河の $H\alpha$ の明るさをM42と比較して各銀河の星形成率を算出する。M42の星形成率は「Kennicutt 1984,1998」を参考にした。
- ・HIP63698を使って銀河の太陽質量の星の数を求め、太陽何個分かを基準に銀河の年齢を考える。
- ・星と水素ガスの分布について調べ、銀河のどの位置で星が生まれているのか検討する。



▲M42の画像 左から順に6577,6737, $H\alpha$



▲M81の画像 左から順に6577,6737, $H\alpha$

3. 結果

天体名	距離(光年)	明るさ	M42 移動後の明るさ	M42 何個分	星形成率	年齢
M42	1.5.E+03	7.2.E+09	－	1	8.E-05	2.1.E+8
M51	2.1.E+07	1.3.E+06	36.73	35388.89	2.83	5.0.E+9
M81	1.2.E+07	9.5.E+05	112.50	8444.44	0.68	<u>2.1.E+10</u>
M82	1.2.E+07	1.5.E+06	112.50	13333.33	1.07	4.3.E+9
M101	1.9.E+07	2.2.E+06	44.88	49024.69	3.92	4.1.E+9

注: 明るさ＝カウント値

HIP, HIP 何個分の項目は省略してある

指数表示 (例) E+03 は 10 の 3 乗

宇宙年齢 1.37.E+10

4. 考察

- ・銀河の星の数/形成率を計算するとM81が宇宙年齢を越える。明らかに矛盾しているため、星形成率は変化すると考えられる
- ・星形成率順に並べることによって銀河の進化モデルがわかるのではないかな？
- ・銀河が若い時の方が全体に占めるバルジの割合が小さいと思われる。
- ・バルジ比順に並べるとM51(小)とM101で矛盾する。これはM51(小)がM51(大)にH α 線を放射する水素ガスを奪われたために形成率が落ちたのではないかな？

5. まとめ

今回の観測・研究で、銀河の星形成活動の実態を知り銀河の画像を動画として見ることができた。また、研究を行っていく中で銀河の画像を年齢の若い順に並べたところディスクに対するバルジの比が高くなっていくように見えたが、観測した銀河の数が少なく確証を得ることはできなかった。

6. 最後に

本研究にあたって、さまざまな助言をしてくださった東京大学木曽観測所の酒向先生、木曽観測所の皆さん、銀河学校スタッフの皆さん、TAの方々に大変お世話になりました。ありがとうございました。

参考文献・使用ソフト

- ・理科年表
- ・Kennicutt 1984, 1989
- ・すばる画像処理ソフト マカリ

星雲の進化―星雲の形とその関係―

大場樹（高 1）【宮城第一】
田中哉太（高専 1）【長野高専】

1. はじめに

星雲とは、宇宙の中のガスや塵が集中していて星が誕生している場所である。星雲について調べると、その星雲にあるダストから星が作られ、大質量星の強い紫外線によって H II 領域が形成されることがわかった。よって、星雲のダストの量や H II 領域の光の強度と、星雲の年齢には関連があると予想をたてた。そこで私たちは、3つの星雲を観測し、そのダストの量と H II 領域の光の強度を求め、予想が正しいかを確認することとした。今回の研究では、東北大学 51cm 望遠鏡を用いて観測し、ダスト量の計算は、日本の遠赤外線観測衛星「あかり」の観測データを用いた。

2. 方法

- ・観測日時・場所
2012 年 8 月 9 日 21:52～ 東北大学
- ・使用機器
東北大学 51cm 反射望遠鏡、冷却 CCD 「Apogee AltaU9000」（視野：72' × 72'）、Ha band・Rband を用いた。
- ・観測対象
わし星雲（M16）、オメガ星雲（M17）、三裂星雲（M20）、ベガ（こと座 α 星）
- ・露出時間・フレーム数
1 分・5 フレーム

3. 結果

あかりのデータが図 1、各星雲の観測結果が以下の表 1 である。



	Haband	R band	time
M16	○雲あり	アーカイブ&曇データ	2012.8.9 21:52～
M17	○雲あり	アーカイブのみ	2012.8.9 22:37～
M20	なし	なし	

表 1 各星雲のデータ

図 1 あかりのデータ

	M20	M16	M17
ダストの密度	2569	1718	911
H II 領域の光の強度	—	0.699×10^{-14}	1.26×10^{-14}

表 2 各星雲のダストの量と H II 領域の光の

*ダストの比較に関して、各星雲の広がりによる違いがでない様に、その面積で割ったものを使う。

[領域内の総カウント数/領域内の総ピクセル数]

*H II に関しても同じ理由から、その面積で割ったものを使う。

[領域内からのフラックス/領域内の総ピクセル数]

M20 のデータは、曇りデータであり研究への使用は不適切であったためアーカイブデータを使用した。そのため、M16、M17 との H II 領域の光の強度の比較はしていない。

4. 考察

まだ星形成にダストが使われていないため、若い星雲のほうがダストが多いという予想をもとに、表 2 の値を使って星雲を年齢順に並べると、若いほうから M20→M16→M17 という順に並ぶ。また星雲内で大質量星の数が増加する、即ち時間が経つことにより、H II 領域の強度は大きくなるという予想をたてた。それをもとに、M16 と M17 を比べるとダストの場合と同じ順となった。よって、ダスト量と H II 領域の強度は年齢と関係があるとかんがえられる。

5. まとめ

今回の研究では、我々が予想した星雲の年齢、ダストの量、そして H II 領域の光の強度における関係のうち、ダストの量と H II 領域の光の強度間においては相互関係が確かめられた。

一方で、悪天候や時間制限などの理由により十分に観測できた天体の数が少なく、一般的にこの議論をするためには更に多くの天体の観測が必要である。また、これらの仮説を確かめるには、星雲の年齢を別の独立した方法（例えば、HR 図を利用した方法）で調べる必要がある。

ぎょしゃ座領域の星生成史

～散開星団から探る～

銀河学校 2012A 班:島匠(中等 4)【東京大学教育学部附属中等教育学校】、中居直生(高 2)【横浜市立戸塚高校】、開恵利子(高 2)【豊島岡女子学園高校】、松岡友希(高 2)【愛知県立一宮高校】、三輪祐也(高 2)【兵庫県立小野高校】、井口穂南(高 3)【四天王寺高校】、奥田優希(高 3)【長野県木曽青峰高校】、北村勇人(高 3)【埼玉県立大宮高校】、松室ころこ(高 3)【大分県立国東高校】

1.はじめに

我々は、散開星団の地球からの距離・大きさ・年齢より「散開星団から探る天の川の星生成史」を探るべく天の川のぎょしゃ座にある散開星団を調べた。本研究は、2012 年 3 月に東京大学木曽観測所で開催された、銀河学校 2012 にて行われたものである。

2.観測

観測日時 2012 年 3 月 13 日:V バンド

2012 年 3 月 27 日:I バンド

観測対象 ギョしゃ座の散開星団 M36、M37、M38、

M36 と M37 の中間領域、M36 と M38 の中間領域

観測機材 東京大学木曽観測所 105cm シュミット望遠鏡 KWFC

露出時間 M36、M37、M38:1 秒 星団の中間領域:30 秒

3.解析

本研究では、M36、M37、M38 と、隣り合う天体の中心を直線で結んだ中間領域の画像について解析を行った。

画像は合計 9 枚あり、M37 から順に①～⑨と番号を付けた。なお M36 は⑤、M38 は⑨である。(図 1 参照)

(1)撮影した画像の一次処理を行い、画像毎に HR 図を作成。

(2)各星団の中心が映っている画像をもとに、明るさは距離の 2 乗に反比例することを用いて、地球から 10pc の距離にある星と各星団を比較し距離の計算を行う。(図 2 参照)

(3)各星団は同じ視野角と仮定し、見かけの大きさは距離に反比例することを用いて、大きさを求める。

(4)各星団の HR 図を用いて青くて明るい星ほど寿命が短いことを踏まえ、各星団の年齢を求める。

4.結果

各星団の距離、大きさの比、年齢および画像毎の HR 図は以下のとおりとなった。

星団名	M36	M37	M38
地球からの距離	1100pc	1400pc	2800pc
大きさの比	1	1	4
年齢	4800 万未満	4800 万	4800 万未満

表1 星団の距離、大きさの比、年齢

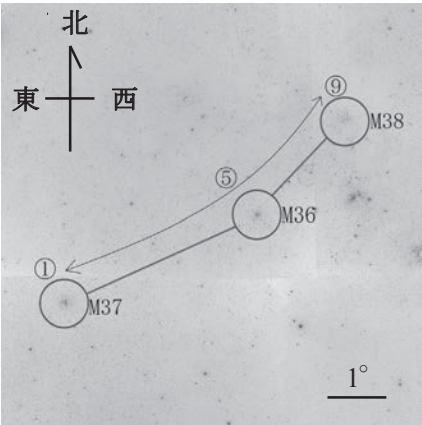


図 1 観測範囲
(SkyView DSS1 Blue より)

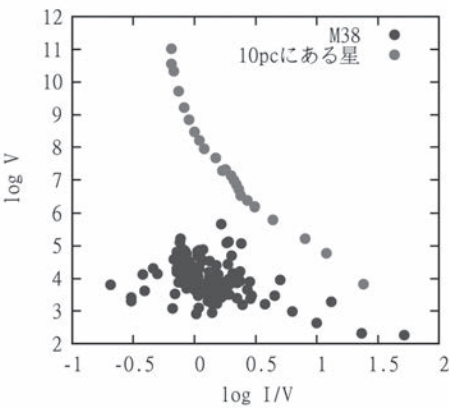


図 2 距離の求め方

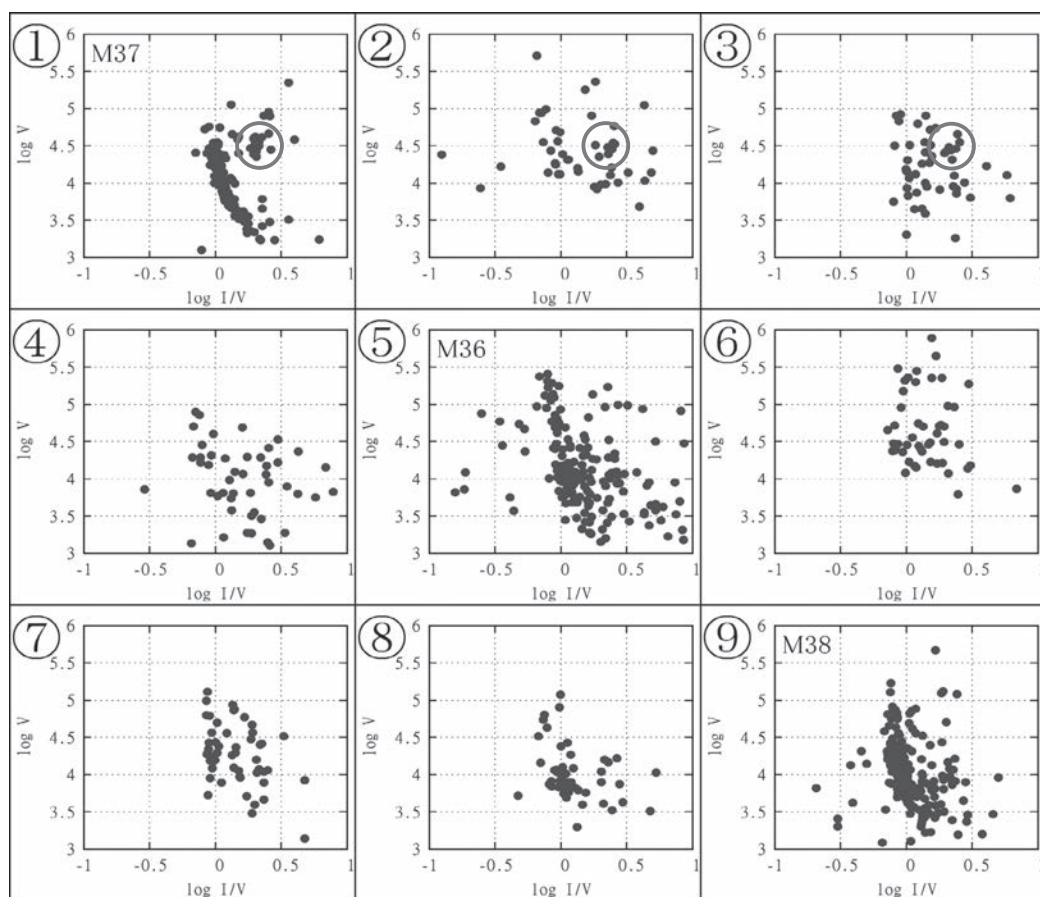


図3 画像ごとのHR図

5. 考察

M36、M37とM38の距離の差が約2倍ある。各星団を中心としたHR図を比較すると、M37は図3の右上に赤色巨星と思われる分布(図中○印)が見られ、M37に近い中間領域のHR図にも同様の分布が見られることから、M37は他の星団より年老いているものと考えられる。また、M36、M38の周辺にはNGC1931やIC417をはじめ多くの星雲がある。星雲が星団よりも若いことから、M36、M38の領域はM37の領域よりも若いことが分かる。

M38は他の星団より大きい。大きな星団が作られるには大量の物質を必要とするため、M38が生成された付近は多量の物質があったと考えられる。

2つの星団の中間領域のHR図は、星団のHR図と似た傾向が見られるため、我々が中間領域と位置付けた範囲も星団の一部であると考えられる。

6. 今後に向けて

今回の研究では、星団の広がりまで調べたが、星団どうしが重なっていることも考えられる。

そして、調べた領域が狭かったため、星団の縦の広がりまで考慮できなかった。今後このような課題に取り組んでいきたい。

7. 謝辞

本研究は東京大学木曽観測所の三戸洋之氏、TAの村仲渉氏、西嶋颯哉氏、村川真莉菜氏をはじめ銀河学校のスタッフの皆様にも多くの助言と協力を頂きました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。また、本発表にはNPOサイエンスステーションの協力をいただきました。

M67 の色等級図の作成と年齢推測

笠原崇志、井上資生（高2）、大熊由貴子（高1）木下豪（中3）、
友田健登、山野泰誠（中2）【金光学園中学高等学校 天文気象部】

1. はじめに

散開星団 M67 は蟹座にあり、地球からは 2350 光年（721pc）離れている。比較的古い星々からできているため、年齢は太陽とほぼ同じである。そのため、M67 は太陽の生まれ故郷であり、太陽の誕生後に星団から離れて現在の位置に落ち着いたという説もあった。また、天の川から離れているので、観測にも適していた。

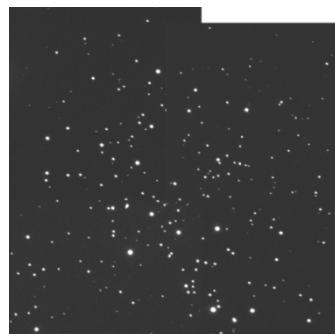


図1. 撮影した M67

2. 研究内容

①M67の撮影

今回の研究では美星天文台の 101cm 望遠鏡と画素数 1024×1024、サイズ 26.4mm×26.4mm の冷却 CCD カメラを使用させていただき、M67 の大きさと望遠鏡の視野の関係で 4 分割して撮影を行った。まずはフィルターVを使用して天体フレームとダークフレームを撮影した。同じことをフィルターR でも行い、その後、先程と同じ手順で標準星 HR4468 も撮影した。最後にドームを閉じて白熱灯でフラットフレームの撮影を行った。

②データ解析

ダーク・フラット処理後、測光用ソフト「makalii」を使用して測光を行った。データをテキスト出力し、EXCEL で集計。その後、標準星である HR4468 のカウント値と

ノーマン・ポグソンの式

$$(\text{等級} = \text{標準星の等級} - 2.5 \log_{10} \frac{\text{標準星のカウント値} / \text{露出時間}}{\text{目的天体のカウント値} / \text{露出時間}})$$

を使用して等級を計算した。そのデータの横軸を V-R、縦軸を V (等級) でグラフ化し、色等級図とした。

3. 結果

今回の観測では 314 個の恒星データが測定できた。限界等級は 20 等級程度で、作成した色等級図（図2）を見ても主系列星はよく表れていた。赤色巨星へ進化する転向点も表れていた。

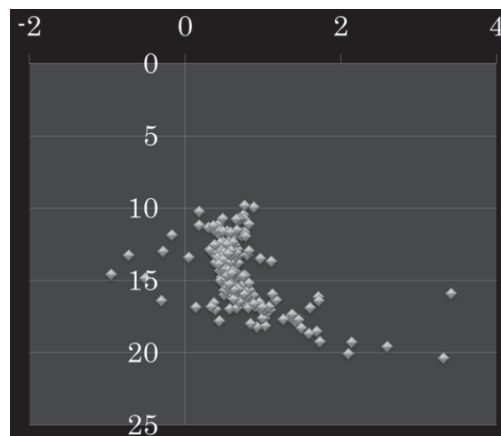


図2. 作成した色等級図

4. 考察

①すばるの色等級図（図3）との比較

すばるの色等級図は非常に若い星団であるため、主系列がほぼ直線である。M67 星団の色等級図は、主系列の左上部分が右方向へと移行している。このことから M67 は古い星団であることがわかる。

②球状星団 M15 の色等級図（図4）との比較

M15 はペガサス座にあり、比較的古い星々からなる球状星団である。M15 の色等級図は主系列星が、M67 よりさらに右上に移動していることから、M15 は M67 よりも古い星団であることが分かる。

③年齢推測

恒星進化理論曲線（図5）を用いて年齢推測を行った。

式 $M = m - 5 \times \log_{10} (D / 10)$

【M：絶対等級 m：等級】に $D = 721\text{pc}$ を代入すると、

$M = m - 9.29$ となる。この値を使用し、縦軸を 9.29 等級下げて絶対等級に変換した。このデータと恒星進化理論曲線を重ね合わせて年齢推測を行った結果、M67 の年齢は 30～50 億年と推定された。

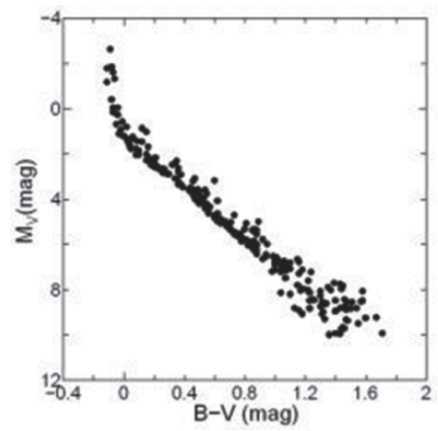


図3．すばるの色等級図

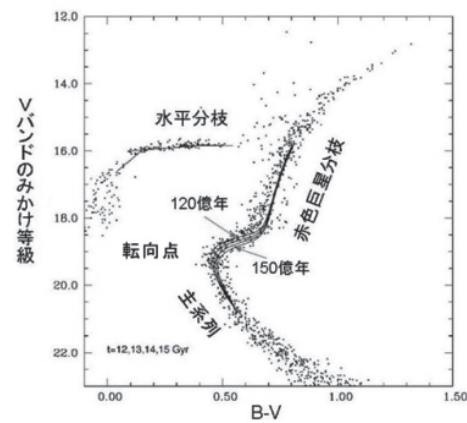


図4．球状星団 M15 の色等級図

5. 結論と今後の課題

今回の観測では 314 個の恒星データを測定することができた。美星天文台の観測機器を使用させていただいたおかげで、これまでのものよりも正確な色等級図を得ることができた。

今後、年齢推定をもっと詳しく行うために、星団のメンバーシップも考慮し、散開星団以外の恒星を除去し、再解析を行ってきたい。また、理論モデルとの比較も考え、B バンド、V バンドの測光観測にも挑戦してみたい。

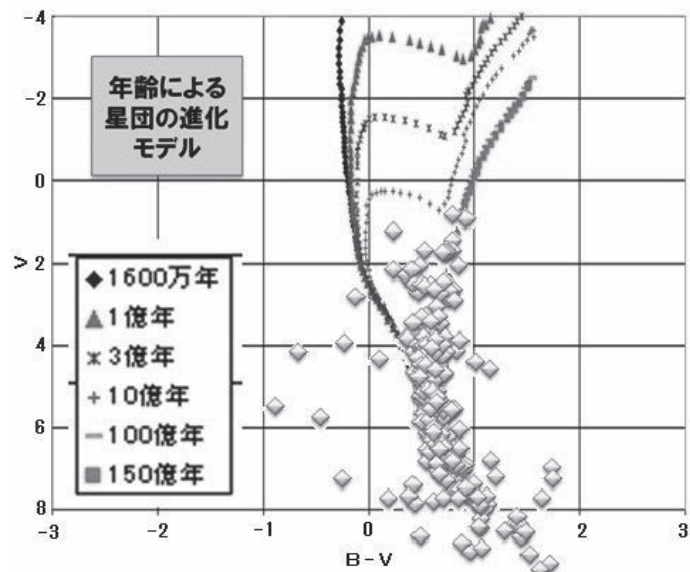


図5．作成した M67 色等級図と比較

CCD カメラによる天体観測 [Ⅱ]

目崎太郎（高2） 青山航太郎（高2） 越智俊樹（高2）

崎土居和也（高2） 小森明夫（高2）

【広島大学附属福山高等学校】

I はじめに

私たち天文地学クラブでは CCD カメラを用いて星団を撮影し、そのデータを元に HR 図を作成している。HR 図とは、縦軸に絶対等級、横軸に表面温度を取り、構成をひとつずつプロットすることで作ることのできるグラフである。先輩たちから研究を引き継ぎ、より正確な HR 図を作成することを目指して研究を進めた。今回は散開星団である M11（たて座）を、広島大学東広島天文台と私たちの学校で撮影し、比較をおこなった。

II 方法

観測場所…東広島天文台

機材…CCD カメラ HOWPol + かなた望遠鏡（口径 1.5 m）

観測場所…広島大学附属福山中・高等学校

機材…CCD カメラ ST-402ME + MEADE LT-15（口径 15 cm）

いずれも解析ソフト マカリを用いて画像を解析

III 測光についての工夫

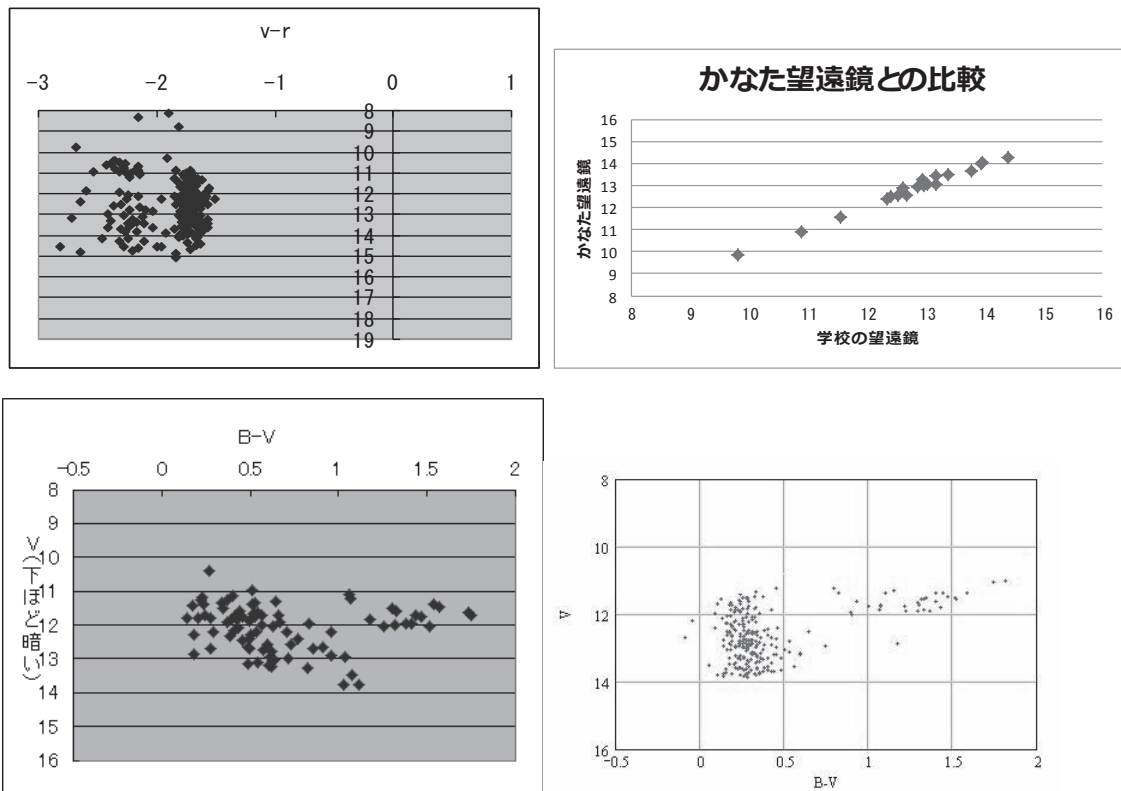
- ・よいフラット画像の撮影：感度ムラを補正するための、一様な光を当てた画像を、乳白色のアクリル板を、鏡筒の前に取り付け、薄明かり時に雲に向けて撮影した。
- ・測光の方法：マカリを用いて星を一つずつ測光する際に、半自動の設定でより正確な測光をめざした。半自動は、恒星の重心のみ自動で検索し、恒星の半径、その周囲の空の明るさを求めるスカイ領域の半径、幅をの上記の設定を自分で行う。半自動にすることでスカイ領域を他の恒星に重ならないように設定できる。これまでスカイ領域を自動にしていたので誤差が大きくなっていた可能性がある。

IV 結果

それぞれの HR 図の縦軸は、見かけの等級で作成した。

上左：かなた望遠鏡(測光：半自動) 上右：かなた望遠鏡と学校の望遠鏡との比較

下左：私たちの望遠鏡（半自動） 下右：<http://mbond.free.fr/M11/M11.htm> の HR 図



V 考察

かなた望遠鏡の画像で、測光を自動、半自動で比較しても、大きな差は見られなかった。かなた望遠鏡と学校の望遠鏡で撮影したM11のVフィルターの画像で、V等級の測定値に差が出るかを調べたが、グラフはほぼ直線になり、学校の望遠鏡でもかなた望遠鏡で求めたV等級に大きな差がない値が求められていることが確認できた。

かなた望遠鏡の観測実習では $(V-R)$ で色差を求めたが、私たちのCCDのフィルターは (B, V, I) なので、 $(V-I)$ を横軸にしているの、直接比較することができない。そこで、インターネット上で私たちと同じ $V-I$ 等級で作成されたHR図(下右: 203mm telescope, a SBIG ST7E camera)との比較をおこなった。大まかな形はよく似ているように思うが、右では横軸の0~0.5に星が集中しているのに対し、左では0~1の範囲に広がっている。このちがいがなぜ生じたのかは、今のところわからない。しかし、かなり信頼のできる測定ができるようになってきたと考えている。

VI これからの展望

HR図の作成方法の向上を目指して研究をおこない、星団の観測、測光において天文台で得られたデータに近い観測をおこなう方法が確立できた。露出時間を長くして、より暗い星まで測光ができれば、星団の年齢の測定にも踏み込んでいけると考えている。

短周期ミラ型変光星の水メーザー探査

大向史恵(高2)【県立釜石高校】

杓沢拓(高1)【国立一関高専】

佐藤貴裕(高2)【県立水沢高校】

諸言

本研究は、昨年(2012年)8月7日から9日まで岩手県奥州市の国立天文台-水沢VLBI観測所で、岩手県内の高校生数名で組まれたZ星研究調査隊が電波望遠鏡を用いて行った新天体の観測、及びその研究についてまとめたものである。

1. はじめに

この観測・研究は、国立天文台-水沢VLBI観測所の大型電波望遠鏡(直径20m)を用いて、短周期ミラ型変光星の水メーザー天体、およびその新天体についてのものである。また、このZ星研究調査隊とは、岩手県内の高校生を対象に、自然科学(主に天文学)への関心を高めるために設立されるものである。

2. 研究の目的

まず短周期ミラ型変光星とは、100日以上300日以下の周期で変光、および膨張・収縮を繰り返す恒星のことで、なかにはその膨張・収縮にともなって宇宙空間にガスを大量に放出するタイプの変光星が存在している。また、メーザー天体とは宇宙空間において、超強力な電磁波を発生させ放出している天体の事で、メーザーの発生源としては、星間分子雲や変光星の膨張・収縮に伴い放出されるガスが主である。ここで述べている水メーザーとは、メーザー源となっているガスが水分子で構成されていることからそういう呼び方をしている。一般に、変光星が放出するガスを発生源としているメーザー天体の大きな特徴は、そのメーザー源となるガスを放出する変光星の周期が長周期(300日以上)であることがあげられ、今までに世界中で観測されてきた変光星が放出するガスを発生源としているメーザー天体のほとんどがこの特徴をもっている。従って、長周期ミラ型変光星の放出するガスを発生源としているメーザー天体の研究は進んでいるが、短周期ミラ型変光星の放出するガスを発生源としているメーザー天体はいまだほとんど観測されておらず、データも皆無に等しいため短周期ミラ型変光星を発生源とするメーザー天体を発見することが出来れば大変大きな成果となる。今回の研究の目的は以上である。

3. 理論・方法

今回のこの研究において、もっとも重要な位置づけにあるのが電波望遠鏡をもちいての観測である。この研究の大きな流れとしては、事前に観測対象とする短周期ミラ型変光星をいくつか選定し、観測スケジュールをたて、そのスケジュールに沿って電波望遠鏡で観測をおこなう。その後、電波望遠鏡を通して得られた膨大なデータを十分な考察をするために解析ソフトで解析し、分子輝線スペクトルのグラフとして結果を得る。その精密な結果を考察し、更にここで短周期ミラ型変光星のメーザー天体である可能性が高い天体についてももう一度詳しく観測する、というプロセスを取る。まず、天体選定について説明する。短周期ミラ型変光星をリストアップしその中からメーザー天体である可能性が高い天体、すなわち「地球からの距離が比較的近い」、「比較的明るい(実視等級が小さい)」、「他の分子輝線で活動が認められる」という条件をつけそれをもとにピックアップする。本研究では約15個の天体を観測し、最終的には1個の天体に注目して観測を行った。なお、ここで述べている分子輝線とは、分子が高いエネルギー準位から低いエネルギー準位に移ると

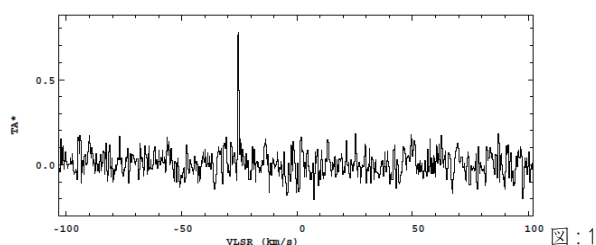
き、それに相応するエネルギーを光子として放出し、その放出される光子の周波数が分子輝線として得られることである。次に、電波望遠鏡の観測スケジュールを立てる。この作業は本観測において大変重要なステップであり、観測の結果をも左右する。スケジュールを立てる方法はリストアップした天体を、条件をもとに考察し、「観測の時間帯」や「観測する時間の長さ」を任意で設定する。これらの任意に設定した観測スケジュールを電波望遠鏡を制御するコンピューターに入力し、観測を開始する。観測は午後7時に始め翌日の午前3時にまで及んだ。次に観測データの解析作業を行う。これは観測結果には天体からの電波以外に、私たちが日常使う携帯電話などの電波が原因で雑音が入ったり、大気中の水蒸気が天体からの電波を妨害するため、それらを軽減しデータをさらに精度の高いものにするために行うものである。また、ここでメーザー天体である可能性があるデータを得たときはまた観測を行い精度の高いデータでさらに考察する。このような手順の繰り返しで観測を行う。

4. 結果

本観測では、やぎ座のV星（短周期ミラ型変光星）を発生源とする水メーザー天体を新発見することが出来た。

～概要～

名称: V-Cap
 座標: 赤経: 21h 7m 36.7s
 赤緯: 23° 55' 14"
 実視等級: 2.99等級
 絶対等級: -7.22等級
 変光周期: 276日
 距離: 1100パーセク(約3200光年)



今回発見した水メーザーの概要は上に示したとおりで、図:1は発見した水メーザーの観測結果として得られた分子輝線スペクトルのグラフである。

このグラフ中で、真ん中あたりに強い信号が検出されているが、これこそが新しく発見した水メーザーを観測した証拠である。

4. 考察

今回発見した水メーザーは、発生源の変光星(V-Cap)が現在、増光段階にあるのでそれに伴って、今後さらにこの水メーザーの電波強度が増していくのではないと思われる。今回の観測では、ほかのいくつかの天体についても観測したが結果を得られなかった。しかし、この発見があったので、ほかにも短周期ミラ型変光星を発生源とするメーザー天体はあるのではないかとと思う。

5. まとめ

今回、この研究・観測を通して大変多くのものを得ることが出来たと思う。とくに、新しく発見した水メーザー天体のことで、とても大きな成果となった。

また、このZ星研究調査隊では見ず知らずの県内の高校生が集まり、そんな中でお互いに意見をかわし、交流を深めることが出来たのも大きな成果である。さらには、こうやって本物の電波望遠鏡を操作し観測するという大変貴重な経験は、僕たちにとって大切な思い出になったし、宇宙への関心が一層高まった。

この成果、経験を無駄にせず、日々の生活に活用し、また、将来の進路選択に役立てていきたいと思う。

ブラックホール連星の軌道計算と

小型 JASMINE 衛星での観測可能性の検討

谷 昌典（高校 1 年）

【広島大学科学わくわくプロジェクト科学塾研究室／広島県立広島高等学校】

1. 研究の目的

ブラックホールと恒星が互いに連星系をなしてまわっている天体をブラックホール連星という。ブラックホール自身は電磁波を出さないで、伴星である恒星を観察し、その運動からブラックホールと思われる天体のパラメータを調べる方法がある。しかし、これまでに光のドップラー効果を利用した視線方向（我々が天体を見る方向）の速度の情報しか得られていないため、軌道傾斜角や軌道の向き（天空面上の方位角）が不明なままで、ブラックホールの質量といった基本的な物理量でも誤差が大きいものが多い。一方、近い将来の打ち上げが期待される小型 JASMINE 衛星は、10 マイクロ秒角という詳細な位置決定精度をもっていることから、伴星の軌道を正確に決められる可能性がある。

そこで今回は可視近赤外域で比較的明るい Cyg X-1 と SS 433 という 2 つのブラックホール連星候補と LS I +61 303, LS 5039 という 2 つのマイクロクエーサー（コンパクト星かブラックホールか中性子星かは決着していない）について、それぞれ距離や軌道がどのように求められ、天球面上でどのように見えるかを計算してみた。最終的な目標は、小型 JASMINE 衛星でこれらの軌道を観測可能かどうか見極めることである。

2. JASMINE 衛星について

JASMINE とは、Japan Astrometry Satellite Mission for Infrared Exploration の略で、赤外線や可視光で様々な天体を高精度で観測することを目的としている。JASMINE 衛星に先駆けて打ち上げられる予定である小型 JASMINE 衛星では、近赤外 H_w バンドで 11.5 等より明るい天体に対し、JASMINE 衛星と同じ 10 マイクロ秒角の精度で位置を決定することが出来る。

3. 天体の軌道について

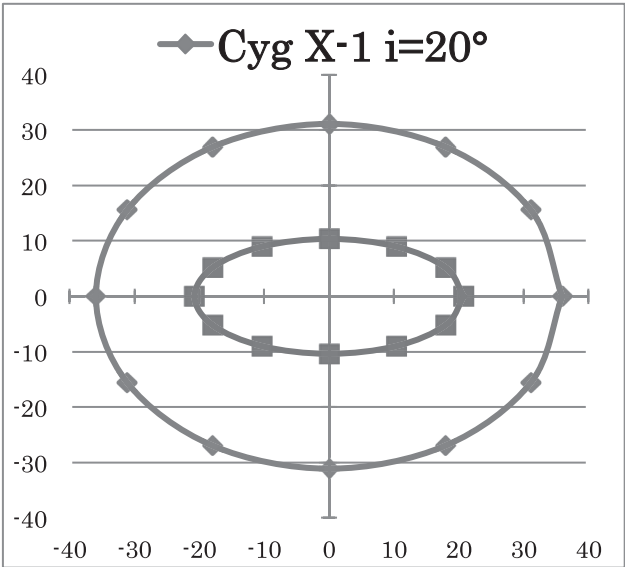
一般に、天体の軌道は楕円形である。その公転面が私たちにたいしてどの程度傾いているか（軌道傾斜角）、楕円の長軸がその公転面の中でどれだけ回転しているか、という 2 つの傾きによって、天球面上での見え方は異なってくる。

これまでに、恒星の視線方向の運動から得られた軌道データに基づき、公転面の傾きを取り得る範囲で変えてそれに応じて軌道が天球面上でどう見えるか図示した。

4. 結果

計算は、互いの質量差が小さい 2 質点の運動の古典的計算法を用い、上述の注目度の高い 4 つのブラックホール連星候補について行った。以下ではそのうち、Cyg X-1 について述べる。軌道パラメータや距離は McClintock & Remillard「Black Hole Binaries」§ 4.1 に従った。図は、軌道傾斜角 $i=20^\circ$ 、 60° の場合に私たちから見た伴星の動きを示している。つまり公転面が、私たちが天体を見る方向に対しそれぞれ 70° 、 30° 傾いている。また、横軸、縦軸共に単位はマイクロミリ秒角である。

小型 JASMINE 衛星の精度は 10 マイクロ秒角級、限界等級が $H_w=11.5$ 等級なので、 $H=6.7$ 等級の Cyg X-1 を十分観測可能であることが分かった。その観測から、軌道傾斜角や軌道の向き、楕円の離心率、そしてブラックホールの質量を決定することも可能になると期待される。



Cyg X-1	質量	長径	短径
$i=20^\circ$	14.5M sun	70m icro	62m icro
$i=60^\circ$	7.32M sun	41m icro	20m icro
周期	134.396h	H等級	6.65等

5. まとめ

小型 JASMINE 衛星では Cyg X-1, SS 433 が確実に軌道を空間分解可能である。LS I +61 303, LS 5039 は軌道傾斜角が 0° に近いときに分離可能である。

質量が 3 太陽質量を超えていればブラックホールであるといえるので、今回調べた天体のうち Cyg X-1, SS 433 はほぼ確実にブラックホールである可能性が高い。また、LS I +61 303, LS 5039 については観測結果によってブラックホールか中性子星か判別できる。

アルゴルの光度の変化を追って… ～都内でどれほどの精度で観測できるのだろうか？～

濱田和成、長谷川遥己、新井傑（高2） 【駿台学園高等学校 天文部】

1. はじめに

近年のデジタルカメラの普及により、天体の明るさなどのデータを、特殊な装置を用いなくても手軽に測定できるようになってきた。そこで今回は、市販の普通のデジタル一眼レフを用いて恒星の写真を撮り、恒星の等級を、どのような状況でどの程度の精度の測定ができるかを調べることにした。今回は題材としてペルセウス座を選び、アルゴルの変光のようすを観察した。アルゴルは、食変光星の代表として知られており、2.867日ごとに約7時間のあいだ一時的に減光するので、等級測定の精度を測るのによい題材となる。今回は、アルゴルが極小光度の時（2012年12月6日）と、その前後の通常の光度の時に写真を撮り、データを統計的に解析した。解析に際しては、既存の解析ソフトなどはなるべく使用せず、写真のRAWデータを利用しつつ、デジタル写真データのようすを観察した。

2. 撮影状況と方法

使用したデジタルカメラは、Nikon D5100、またカメラレンズは、AF-SNIKKOR 18-55mm[F=5.6]である。ズームは55mmを使用し、ペルセウス座を視野に収めるようにした。また絞りは F=5.6 とした。撮影場所は、東京都北区王子、駿台学園校内ベランダである。

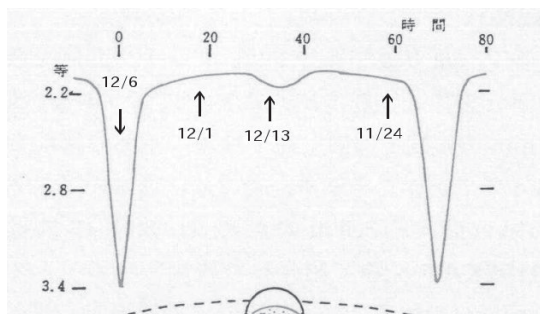


図 1, アルゴルの光度曲線と撮影日

撮影は2012年11, 12月に行った。撮影の時間帯は下表の通りで、またこれらとアルゴルのフェイズとの対応は左図の通りである。

11月24日, 16:10～18:10

12月 1日, 17:30～18:40

12月 6日, 17:00～18:45

12月13日, 17:35～18:45

撮影状況は以下の通りである。

11月24日 IS01600 露出2.5秒

12月13日後半 IS0800 露出3秒

それ以外はすべて IS0800 露出1秒

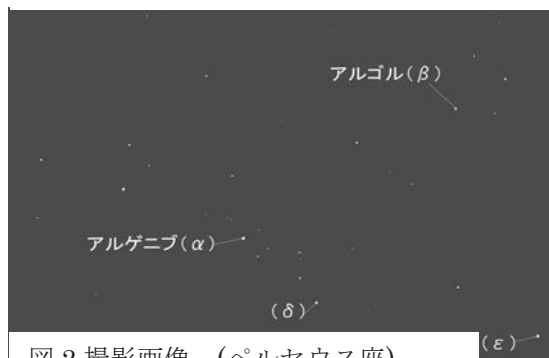


図 2, 撮影画像 (ペルセウス座)

撮影方法は、星像がCCD素子の感度限界を超えないように短めの露出時間とし、またフォーカスもやや外して広がった星像となるようにした。いくつかのテスト撮影の後、IS0800で露出時間1秒を選択したが、比較のためフォーカスを大きく外して3秒露出にしたものも撮影した。撮影時間は短い、ガイド撮影とした。

11月24日の撮影では、月齢11の月が近くに

あり、背景のレベルが高かったが、それ以外の日は快晴で、また短時間露出であったため、十分に低レベルの背景の画像が得られた。

なお、『天文年鑑』によるアルゴル極小は12月6日、17時36分であった。

3. 結果

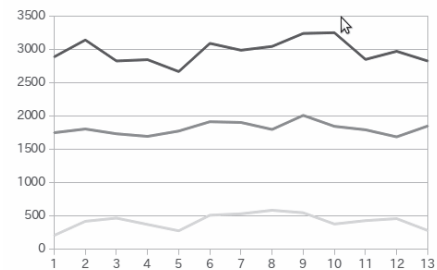
3-1. データ整約方法

デジタルカメラのデータは RAW

画像で与えられるので、これをなるべくそのまま処理するようにしてデータの様子を具体的に観察するとともに、画像データのデジタル処理の方法も習得するようにした。

具体的手順は以下の通りである。

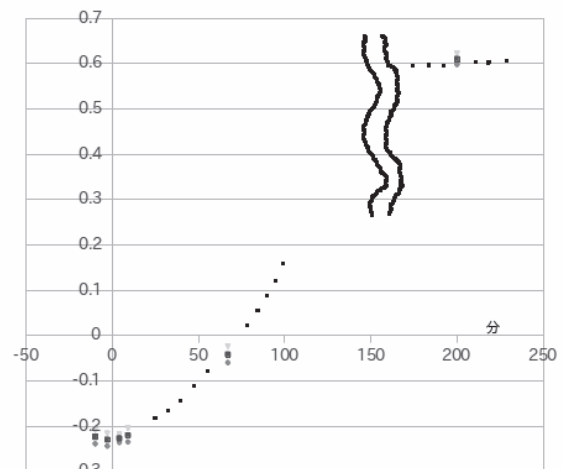
- (1) “dcraw” によりRAW画像を.ppm画像に変換
- (2) ppm画像をcプログラムを用いてバイトごとに処理
- (3) 各撮影画面の星像を切り取りccd出力を積分
- (4) δ Per を基準とし、 α , β , ϵ Per の出力を比較
- (5) 観測データを数分ごとに区切り、このような測定を繰り返して平均値と標準偏差を計算する。



3-2. この方法による測光の観測精度

上の方法で求めた標準偏差は、等級に換算して 0.06~0.14 程度であったが、12月1日の観測では 0.25 という大きなばらつきとなっていた。原因は不明である。また12月13日の観測では、フォーカスをやや大きめに外して撮影し、整約したところばらつきは 0.05 程度に改善した。さらにこの状態で露出時間を3秒に変えたところ、0.03 にまで改善した。

右図の3つの点で示された観測精度は上記の標準偏差を観測個数の平方根で割ったものである。



3-3. アルゴルの明るさの変化のようす

右の図はアルゴルの極小付近を観測したもので、横軸は極小からの経過時間 (分)、縦軸は δ Per に対するアルゴルの相対的明るさである。極小付近は約 50 個のデータを平均したもので観測精度の見積もりは 0.015 等級程度となっている。右上の観測点は 12月13日のものである。

4. 考察とまとめ

観測精度に関して、次のようにまとめることができる。

- (1) 都心の空で通常のデジタルカメラを用いた観測でも、条件が良ければ 0.015 等級程度の測光精度が可能であることが分かった。
- (2) しかし観測日によっては異常に精度が悪いデータもあり、注意する必要がある。
- (3) 今回はフォーカスを調節して比較的シャープな星像によって観測したが、フォーカスはかなり外したほうが測定精度が高いことが分かったので改めてこの方法を実験してみたい。
- (4) 11月24日のデータは、月明かりのために安定したデータが得られなかったため、今回は省略した。

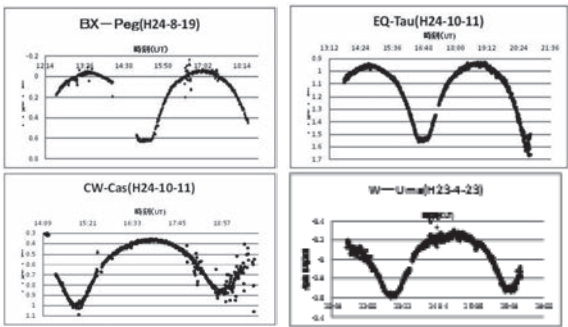
食変光星W-Umaの形状決定

坂井秀充（高2）坂田竜太郎（高1）【小倉高等学校科学部SS天文研究会】

要旨

私たちは食変光星の観測を行っており、時間ごとの光度変化をグラフにしたライトカーブを描いてきた。平成23年～24年度までの観測で約15種類のライトカーブを描くことに成功している。本校は分光器などの恒星の分光に必要な機材を備えている。これらの測光観測と分光観測の技術を用いて食変光星の形状決定を行った。

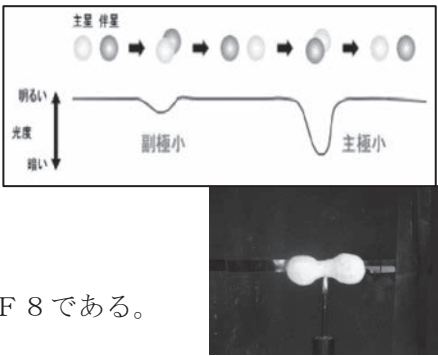
今回は、比較的明るく周期の短いW-Umaに着目し、研究を行った。



1. 食変光星W-Umaについて

食変光星というのは、2つの恒星が引力により互いの周りを回る連星系のことで、恒星どうしが隠しあうことで見かけの明るさが変化している。W-UmaはEW型に分類される食変光星で、恒星間の距離が近く、いびつな形状になっていると考えられている。

また、周期は8時間、等級は8等級、スペクトル型はF8である。



2. ドップラー効果による波長の変化から恒星間の距離を求める

ドップラー効果が最も起こるときに観測を行い、ドップラー効果による波長の差から計算を行った。（右上図は波長が変化していない恒星のスペクトル。右下図は波長が変化したスペクトル）解析するとH α 線に10Åの差が見られた。太陽の質量をMとして2つの恒星の質量は1.29M、0.86Mであるため、計算を行うと中心間の距離は $2.1 \times 10^9 m$ となる。太陽と同じ質量だと考えると、恒星間の距離は $7.0 \times 10^8 m$ となった。（右は計算に使用した数式）



$$\Delta\lambda = \lambda_B - \lambda_A = \frac{2v}{c} \lambda_0$$

$$v = \frac{\Delta\lambda c}{2\lambda_0}$$

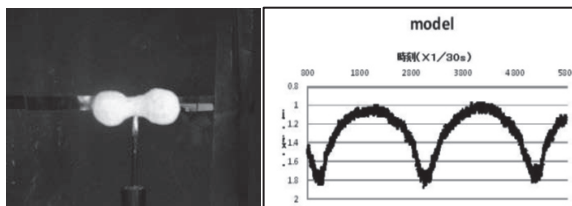
3. 計算結果とライトカーブから粘土モデルを作成

W-Uma のライトカーブは極大部分で常に光度変化が起こっており、極小部分でも光度変化がおこるのが特徴である。これらのことから2つの仮説を考えた。

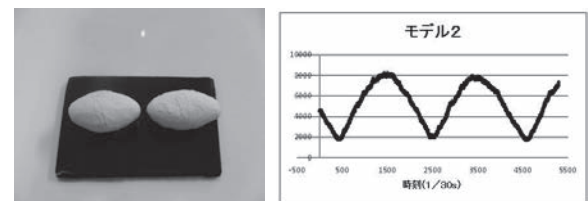
- I. 球形の恒星がガスでつながり、いびつな形状になっている
- II. 楕円形の恒星がわずかに接触し、相互回転している

それぞれの仮説に計算で得た数値を用いて粘土モデルを作成し、ライトカーブを測った。

I. いびつな形状



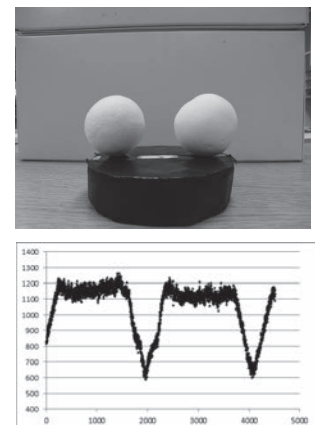
II. 楕円形



仮説 I のライトカーブはW-Umaのライトカーブと同じ特徴を示した。仮説 II は極大部分がとがってしまい、W-Umaの特徴と一致しなかった。

4. 結果

極小部分で光度変化が起こるのは球形の恒星が相互回転することで起こると考えられる。また、極大部分での光度変化は恒星間ガスが存在するためだと思われる。逆に、恒星間ガスをなくした粘土モデルは右のようになった。このように極大部分が平らになり、恒星間ガスの影響は明らかである。よってW-Umaは仮説 I のモデルの形状である。この結果はスペクトルを利用した計算によって考えられる形状に非常に似通っている。



5. 参考文献

永井和男の食変光星観測のページ <http://eclipsingbinary.web.fc2.com/index-j.htm>

日本変光星研究会 <http://nhk.mirahouse.jp/index.html>

Minor Planet at 366

(宮坂正大氏のホームページ)

<http://www.toybox.gr.jp/mp366/>

スペクトル博物館 (可視光線編)

大阪教育大学天文学教室編集

短周期食変光星のライトカーブを用いた分類

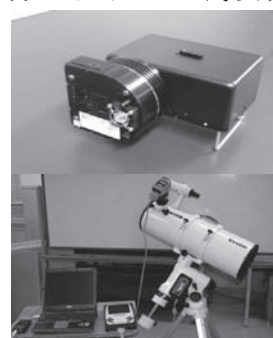
松下悠里（高1）加倉彩可（高2）【福岡県立小倉高校科学部SS天文研究会】

1. はじめに

小倉高校科学部SS天文研究会では、8年前より小惑星のライトカーブ観測を行ってきた。この観測を通じて星の光度を正確に測定する技術を培ってきた。そこで、私たちはこれまで培ってきた測光観測の技術を使って、恒星の中でも比較的短時間で光度変化を繰り返す短周期食変光星についての研究を行った。観測したライトカーブを比較してみると、極小部分に特徴が現れることに気づいた。そこで、極小部分に注目して食変光星の分類を行った。

2. 測光方法

- 20cmの反射望遠鏡に、冷却CCDカメラST-402を接続して、対象天体を30秒おきに8時間撮映→一晩中晴れる夜に観測する。
- 画像処理ソフトAIP4WINにより相対的に光度を算出し、ライトカーブを描く。



3. 食変光星を分類する方法

Microsoft Excel2010 を使い、次のような手順で分類を行った。

対象天体：[Cas0523] [AB-And] [AO-Cam] [BX-Peg] [W-Uma] [YY-Eri]
[MU-Aqu] [NR-Cam] [GZ-And]

4. 食変光星の分類の基準

対象の12の食変光星のライトカーブを2つの極小部分に着目して分類する。

- I型：主極小・副極小で光度変化が起きる→ライトカーブがフラットにならない
- II型：副極小で光度変化が起きない→副極小でライトカーブがフラットになる
- III型：主極小で光度変化が起きない→主極小でライトカーブがフラットになる

5. 主極小・副極小とフラットの仕組み

①フラットの仕組み

2つの星が完全に重なるとき、

【通過】大きい星の前を小さい星が通過する（図1）

→光度が一定にならない（ライトカーブがフラットにならない）

【掩蔽】大きい星の後ろを小さい星が通過する（図2）

→光度が一定になる（ライトカーブがフラットになる）

※ただし、I型のライトカーブがフラットにならないのは、公転軸が傾くことによって完全に2つの星が重ならないことによって起こるものである。

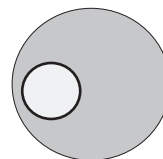


図1

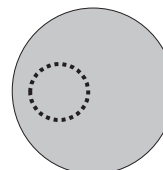


図2

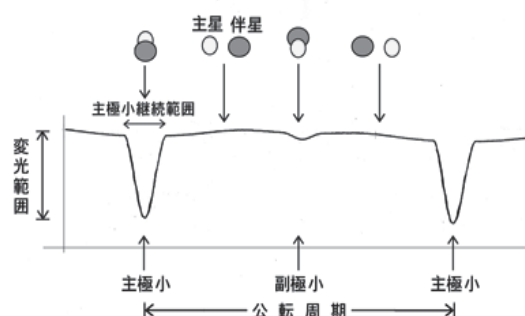
②主極小・副極小の仕組み

明るい星が手前になり重なるとき

(食変光星全体の光度が高くなる)→副極小

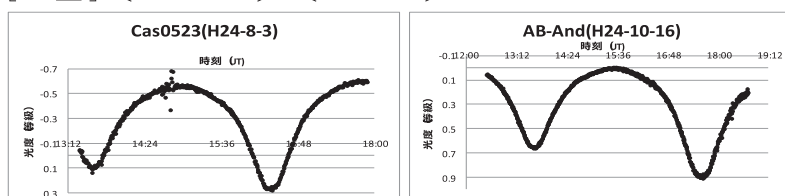
暗い星が手前になり重なるとき

(食変光星全体の光度が低くなる)→主極小

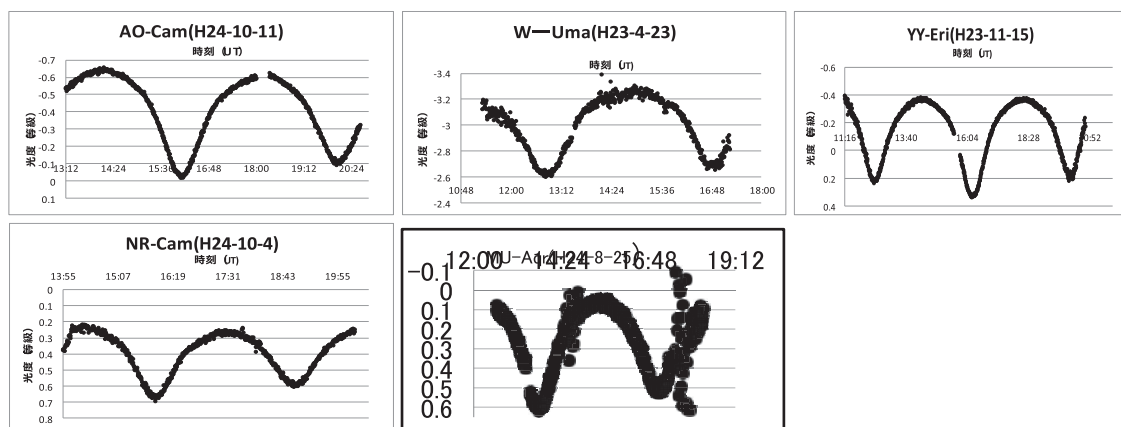


5. 分類結果

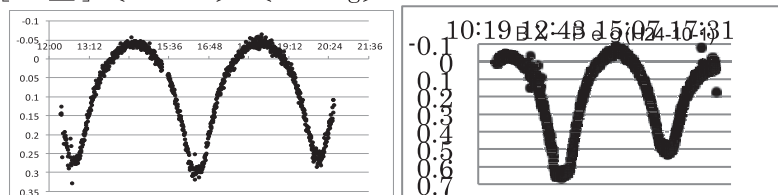
[I 型] [Cas0523] [AB-And]



[II 型] [AO-Cam] [W-Uma] [YY-Eri] [MU-Aqu] [NR-Cam]



[III 型] [GZ-And] [BX-Peg]



6. 今後の方向性

Microsoft Excel2010 を用いた分類方法では先行研究の結果とは異なる結果になった。そこで、分類の精度を上げるために BASIC で P C シミュレーションを行い、分類する。

7. 参考文献

永井和男の食変光星観測のページ：<http://eclipsingbinary.web.fc2.com/index-j.htm>

日本変光星研究会：<http://nhk.mirahouse.jp/index.html> Minor Planet at 366

山崎篤磨氏「大熊座 W 型近接連星」

アウトバーストを起こした HT Cas

京都府立洛東高校 自然科学同好会

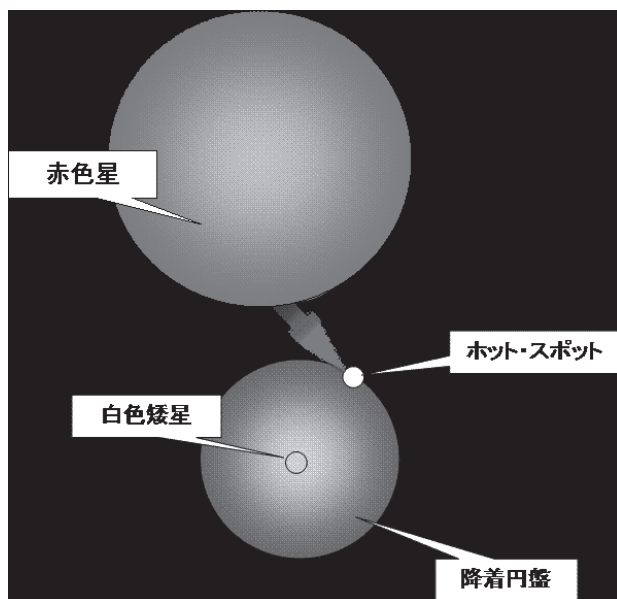
1年 板谷由菜 2年 大仁田 萌 各務正浩 小林亮介 田副未来人 西村友佳
野村みのり 林 由樹 瓶子実紗央

(1)はじめに

私たちは昨年度に引き続き、2012年11月22日に京都大学にて激変星 HT Cas の測光観測を行い、光度曲線を作成した。また、大阪教育大学から12月4日に起こったアウトバースト後の観測データを、提供していただいて光度曲線を作成した。

(2)激変星とは

白色矮星を主星、赤色星を伴星とする連星で、周期は数時間程度である。そのため、赤色星から白色矮星に向かってガスが落ち込んでいる。そのガスは白色矮星の周りで明るく輝く降着円盤を形成している。ガスが降着円盤におちていく所はホットスポットと呼ばれ、特に明るく輝く部分である。



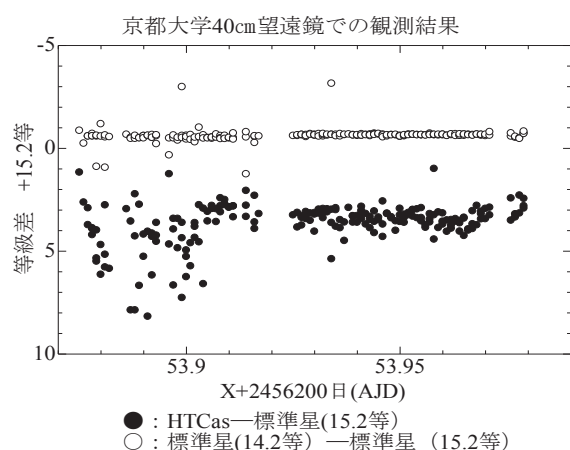
(3)対象の激変星

HT Cas は、カシオペア座にある激変星で蝕の周期は106分である。この星は、2012年12月4日にアウトバーストと呼ばれる現象があった。アウトバーストとは、降着円盤のガスが中心に落ち込み、降着円盤が明るくなる現象のことである。

(4)観測について

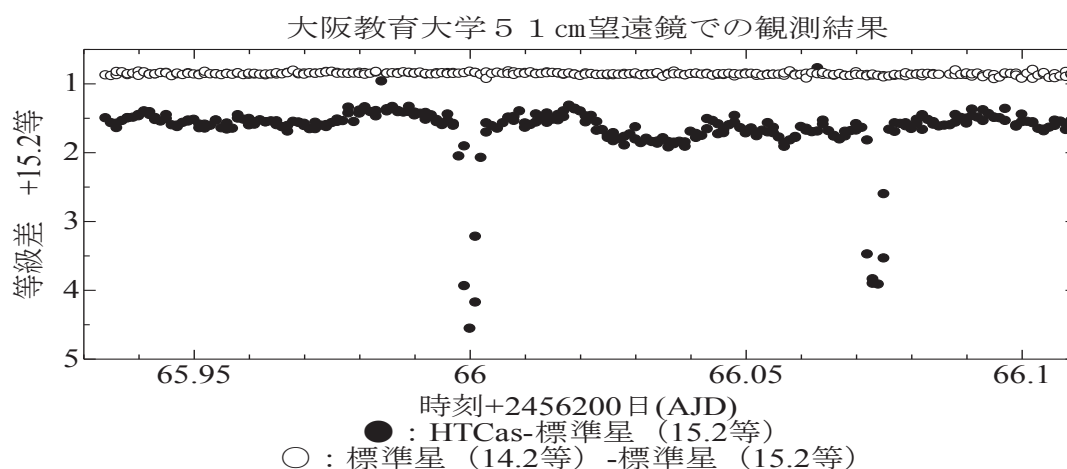
私たちは2012年11月22日 UT 09時16分～UT11時30分に、京都大学理学部屋上天文台 40 cm望遠鏡（露出時間 30 秒、ノーフィルター）で観測した。さらに、12月4日 UT 10時25分～UT14時39分に大阪教育大学 51 cm望遠鏡（露出時間 30 秒、V フィルター）で観測したデータを提供して頂いた。

(5)解析



国立天文台提供の画像処理ソフト マカリを利用して、両方の観測データとも fits データの一次処理を学校で行い、HTCas と比較星の明るさを測定した。

京都大学での観測では、標準星と HT Cas の等級差は約 4 等である。蝕の時刻を推定してみたが、悪天のためか、わからなかった。



大阪教育大学の観測では、図の 66 日の所と、66.07 日と 66.08 日の間に蝕がみられる。

比較星と HT Cas の等級差は、0.7 等であった。2 つの蝕の間隔は約 106 分であった。これは文献の値とよく一致している。光度曲線の形からホットスポットの角度は、 -28 度と分かった。大阪教育大学のデータは、アウトバースト後なので全体的に明るくなっている。

アウトバーストによりどれくらい明るさが変化したかは(京都大学でのデータの等級差) — (大阪教育大学でのデータの等級差) で求められるので

$$4 \text{ 等} - 0.7 \text{ 等} = 3.3 \text{ 等}$$

アウトバーストで約 3.3 等(約 20 倍)明るくなったことがわかる。

ジュニアセッションでは、モデル光度曲線との比較から得られる結果も報告する予定である。

(6)謝辞

京都大学の野上先生、大島さん 大阪教育大学の松本先生、学生のみなさん 国立天文台の今田さんに謝辞を申し上げます。12 月 4 日のデータは大阪教育大学から提供していただきました。

SgrNova2012-5 ~V&yフィルターによるライトカーブ~

野々部早紀、松岡友希（高2）、佐原彰秀、荒木由希（高1）【愛知県立一宮高校】

1. はじめに

新星とは、ロッシュローブを満たす白色矮星と赤色巨星が互いの重力で影響し合い、赤色巨星から白色矮星の表面に水素ガスが積もる。水素ガスがある程度蓄積された後に、熱核暴走反応（ガスの核燃焼）を起こしてエネルギーが放出され、明るくなり、だんだん暗くなっていく現象である。(図1)

この現象は、超新星とは別の現象である。減光時期における等級を求めることで、白色矮星の質量を求めることができる。

2. 方法

冷却CCDカメラで撮影した画像を一次処理（ダーク、フラット処理）後、すばる画像処理ソフトマカリを使用し、対象星と比較星、チェック星の3つを測光した。その結果をポグソンの式を用い、Excelでグラフ化した。

ポグソンの式

$$m_2 - m_1 = -2.5 \log_{10}(b_2/b_1)$$

※ m_2 は対象星の等級、 m_1 は比較星の等級、 b_2 は対象星の輝度、 b_1 は比較星の輝度。

3. V, y フィルターについて

広帯域の V バンドでは、新星の輝線の寄与が大きくなり、連続光成分の正確な光度が出ない。輝線の成分を避け連続光成分のみを測定できるように設計されたフィルターが y フィルターである。(図2)

新星の観測、白色矮星の質量算出には、y フィルターの方が適している。

V フィルターと y フィルターの両方を使用したのは、y フィルターと V フィルターを比較するためである。

観測した新星のグラフの傾きをグラフの傾きと比較することで白色矮星の質量を算出することができる。

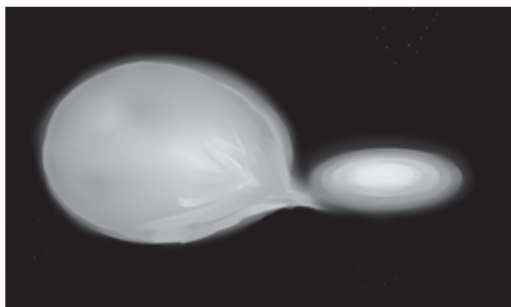


図1

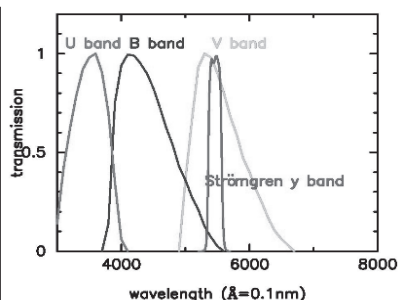


図2

4. 結果

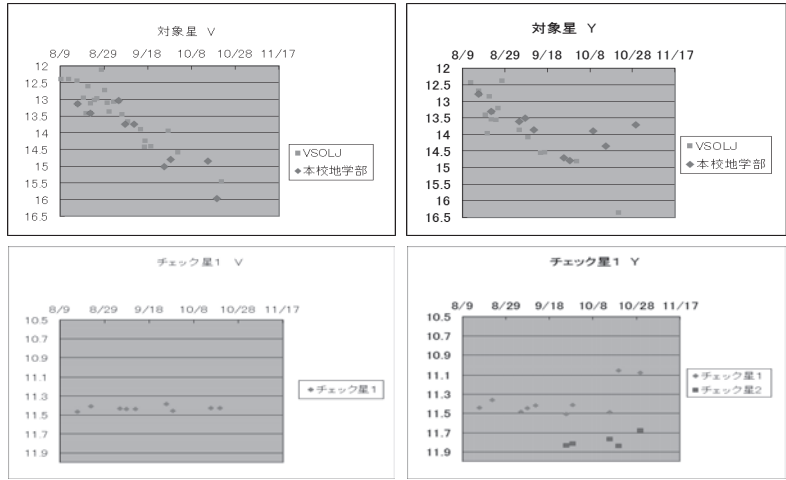


図3

※ VSOLJ：日本変光星観測者連盟

5. 考察

Vフィルターでは、日が経つにつれて暗くなり、VSOLJのグラフと比較したところ、Vフィルターのグラフでは同じような推移が見られた。

yフィルターでは、VSOLJでは、最後まで等級が下がっていったのに対し、本校の観測結果では、9月下旬から等級が上がった。

この原因は、yフィルターを使うと狭い波長幅で撮影していて、星が暗く写ってしまので、露出を長く設定したところ、星が流れてしまったためと思われる。

結果としては、Vフィルターとyフィルターでは大きな違いが見られなかった。

6. まとめ

yフィルターのグラフを加藤先生の論文の表をもとに作成したグラフ(図4)とスケールを合わせたところ、このグラフ(図5)より、10月になるまでの点の分布は1.1Mに近いことがわかる。

よってこの新星における白色矮星の質量は、太陽質量の1.1倍と推定された。

しかしながら、VSOLJのデータを主にしており、来年、機会があれば自分たちのデータのみで算出してみたい。

7. 謝辞、参考文献、使用ソフト

加藤 万里子先生（慶應大学） 「yフィルターによる観測のすすめ」
「新星風理論の新しい展開」

<http://lyman.c.u-tokyo.ac.jp/~hachisu/novae/y-filter/nova.html>

シリーズ 現代の天文学 7 「恒星」 VSOLJ MLよりデータを引用
すばる画像処理ソフトマカリ Excel ステラナビゲータ

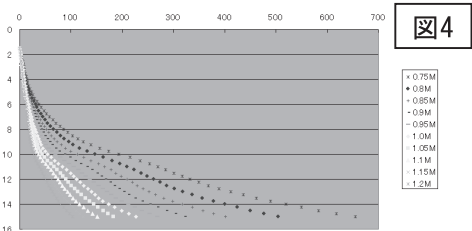


図4

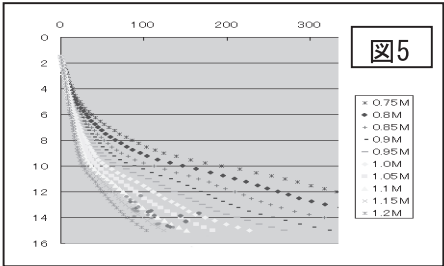


図5

いて座新星の観測からわかったこと

尾方孝輔、掛本貴之、松吉美菜枝、河合洋樹、木村駿文、谷口裕亮、
辻本和之、山本将也（高2）【奈良県立青翔高等学校】

1. はじめに

2012年の春から夏にかけて、いて座に立て続けに新星が発見された。我々は、このうち、6月26日に発見されたNova Sgr 2012 No.3と7月7日に発見されたNova Sgr 2012 No.4の2つの新星について、BVRIバンドでの多色測光観測及び低分散分光観測を行い、その結果を分析することで、新星の特徴を調べ、地球からの距離やガスの膨張速度等を求めた。

2. 方法

＜測光観測＞ 大阪教育大学天文台の口径51cm望遠鏡で実施

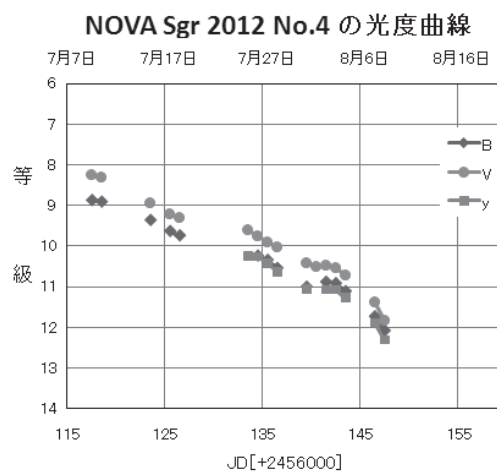
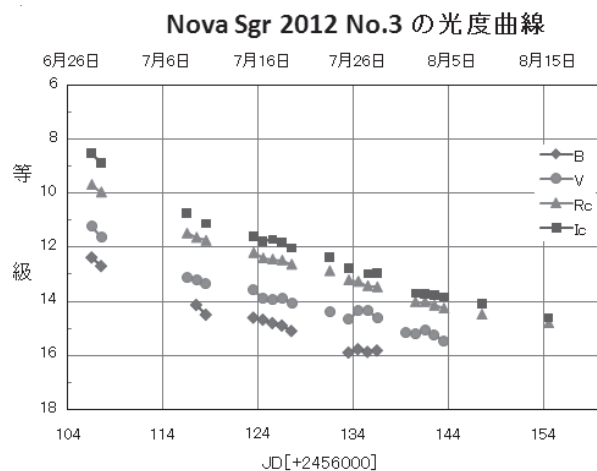
- ① 6月下旬から8月中旬にかけての晴れた日に、B・V・Rc・Icフィルターによる目的の新星のライトフレーム、フラットフレーム、ダークフレームを各5～10枚取得する。
- ② 「マカリ」（国立天文台・(株)アストロアーツ）により、一次処理を行う。
- ③ 引き続き「マカリ」にて測光処理を行い、各新星の光度曲線を作成する。

＜分光観測＞ 美星天文台の口径1m望遠鏡及び西はりま天文台の口径2m望遠鏡で実施

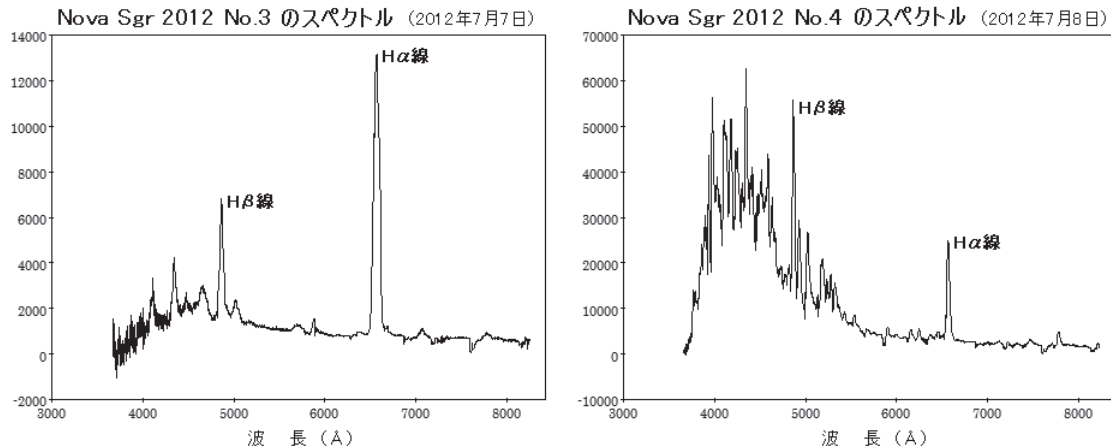
- ① 望遠鏡に低分散分光器を取り付け、目的の新星と分光標準星のライトフレーム、コンパリソフレーム、フラットフレーム、ダークフレームを各3～5枚取得する。
- ② 「マカリ」（国立天文台・(株)アストロアーツ）により、一次処理を行う。
- ③ 「BeSpec」（川端哲也 氏）により、スペクトルの一次元化、比較光による波長校正を行う。

3. 結果

＜測光観測＞



<分光観測>



注: どちらのグラフも縦軸の分光標準星による強度較正は行っていない。

4. 考察

- ① Payne-Gaposchkin (1957) によると、新星のスピードクラスは、極大から2等級減光するのに要する日数を t_2 (日) とすると、次のように分類される。

Very fast $t_2 < 10$ (日) Fast $t_2 = 11 \sim 25$ (日) Moderately fast $t_2 = 26 \sim 80$ (日)
Slow $t_2 = 81 \sim 150$ (日) Very slow $t_2 = 151 \sim 250$ (日)

光度曲線より外挿すると、Nova No.3は $t_2 = 5$ 日、Nova No.4は $t_2 = 16$ 日となるため、Nova No.3はVery fast、Nova No.4はFastであるといえる。また、 t_2 が短いほど白色矮星の質量が大きくなる傾向があるため、Nova No.3の方がNova No.4よりも大質量といえる。

- ② Downes & Duerbeck (2000) によると、新星のVバンドでの極大絶対等級 $M_v.max$ (等) とスピードクラスの間には、 $M_v.max = -11.32 + 2.55 \log t_2$ という経験式がある。これにより、Vバンドの極大絶対等級は、Nova No.3は-9.54等、Nova No.4は-8.25等となる。さらに、見かけの等級 m_v (等) と距離 r (pc) との関係 $m_v - M_v = 5 \log r - 5 + A_v$ (A_v : 星間吸収量) より、新星までの距離は、Nova No.3は $A_v = 4.74$ と見積もると 1.6×10^4 pc、Nova No.4は $A_v = 1.17$ と見積もると 1.2×10^4 pc よりそれぞれ近いといえる。

- ③ 光度曲線の各バンドから、色指数を求めると、Nova No.3ではV-I及びR-Iの値が、Nova No.4ではB-Vの値が、それぞれ減少する傾向があり、どちらの新星も我々の観測期間中に温度の高い成分が出現したと推定できる。

- ④ ガスの膨張速度 v (km/s) は、スペクトル中のHα線の中心波長 λ (Å) とその幅の半分の値 $\Delta\lambda$ (Å) から、ドップラー効果の式 $v = c \cdot \Delta\lambda / \lambda$ ($c = 3.00 \times 10^5$ km/s: 真空中の光速) により求めると、Nova No.3は 3.9×10^3 km/s、Nova No.4は 2.5×10^3 km/s となる。

5. まとめ

今回、我々が観測及び解析を行った2つの新星は、いずれも古典新星でありながら少し異なる特徴を示す結果となった。今後は、今回行えなかった強度較正にも着手するばかりでなく、様々なタイプの新星について研究を深めていきたいと思う。

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、兵庫県立大学西はりま天文台の新井研究員に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。

Calculation of Galaxy's Distance with Supernova Ia

By Wasutin Khodkaew

Pua School

266 Mu 8, Tambol Pua, Amphoe Pua, Nan, 55120, Thailand

billybeller@gmail.com

Abstract

This research calculates the distance from the Earth to the Supernova Ia CSS121008. CSS121008 was detected at RA 1h 42m 44, Dec +21 39' 28.4'' on 8 October 2012 and was classified as Supernova Ia. The distance is calculated from photos taken in V filter by PROMT 5 telescope at Chile between 12 and 25 October 2012 and magnitudes were measured by comparing with a reference star, with the maximum brightness determined to be 16.9. Using this magnitude, the distance to the supernova CSS121008 and the parent galaxy is measured at 550 ± 10 million light years.

1. Introduction

There are many galaxies in the universe and there are many procedures that can calculate distance from the Earth to the galaxies. For the galaxies that are not far from the Earth, astronomers can calculate the distance by many theories such as parallax, period of binary star, radial velocity of galaxy, rotate velocity of galaxy, etc but the distance with these theories are incorrect for the galaxies that are so far from the Earth. For those galaxies, astronomers calculate by observation with Supernova type Ia because there is less deviation than another procedure.

A Type Ia Supernova typically results from the violent explosion of the White Dwarf Star in a close binary star system. There are Red Giant Star and the White Dwarf Star in the system. The Red Giant's masses are transferred to the White Dwarf. When mass of the White Dwarf is more than 1.38 solar mass, the White Dwarf will violently burst called Supernova Type Ia. The minimum absolute magnitude is -19.3.

The relation between absolute magnitude and apparent magnitude can be used to calculate distance with equation $m - M = 5 \log d - 5$ where m is apparent magnitude, M is absolute magnitude and d is the distance in parsec.

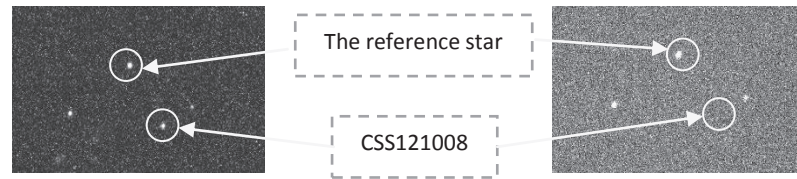
This research calculated the distance from the Earth to the Supernova Ia CSS121008. The data used for calculation are the photographs of CSS121008 taken by Prompt 5 telescope at Chile.

2. Method

The data about Supernova Type Ia is from www.cbat.eps.harvard.edu/lists/RecentSupernovae.html. When a new Supernova Type Ia was discovered, its image would be taken remotely via PROMPT 5 telescope at the Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO). Five exposures were taken each day with each exposure lasting 150 seconds. The photos used in this research were taken between 12 and 25 October 2012. The Supernova type Ia was studied in this research is CSS121008 at RA 1h 42m 44.8s DEC +21 39' 28.4''.

After five exposures were combined, the flux of CSS121008 and a reference star was measured by aperture photometry tool, the magnitude was calculated three times from two different reference stars. The average flux will be used to calculate apparent magnitude.

Obtain apparent magnitude of the reference star (RA 1h 41m 38.8s DEC +21 38' 46.7") in V filter from catalog GSC 2.3. The reference star's apparent magnitude is 16.51.



Substitute apparent magnitude of the reference star, flux of the reference star and flux of CSS121008 into the equation to calculate CSS121008's apparent magnitude

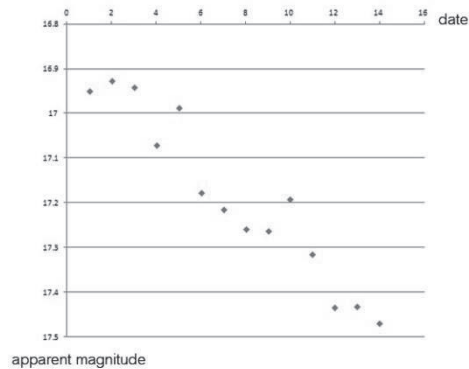
$$m_1 - m_2 = -2.5 \log(f_1 / f_2)$$

Plot graph between apparent magnitude of CSS121008 and time for calculating maximum brightness of CSS121008.

Substitute the minimum apparent magnitude into the equation $m - M = 5 \log d - 5$ (M is absolute magnitude, $M = -19.3$) in order to calculate the distance from the Earth to CSS121008.

3. Results

The figure below shows the light curve between apparent magnitude of CSS121008 and time.



4. Discussion

From the light curve, the maximum brightness of CSS121008 is 16.9 magnitude. Substitute the magnitude into the equation $m - M = 5 \log d - 5$, $M = -19.3$. The distance from the Earth to CSS121008 is 170 ± 4 million parsecs or 550 ± 10 million light years.

The error in the photometry process in this measurement is estimated by repeating the photometry with a different reference star. The error in the magnitude measurement is estimated to be about 0.1, which translated into about 10 million light years.

5. Conclusion

The calculation of the distance between the Earth and the Supernova Type Ia CSS121008 at RA 1h 42m 44.8s Dec +21 39' 28.4" is 550 ± 10 million light years. Since supernova occurs in a star inside a galaxy, this means that the distance to the host galaxy is also 550 ± 10 million light years.

6. Acknowledgement

This work made use of the PROMPT robotic telescopes at the Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO). The PROMPT access for Thai students is made available through a collaboration between the University of North Carolina at Chapel Hill and the National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT).

Ellipticity of galaxies in Fornax cluster

Toon-yarat Rattanaprapa

Pua School, Nan, Thailand

peteratauspert@hotmail.com

Abstract

This research is the studying about ellipticity of all 15 elliptical galaxies in Fornax cluster which is NGC 1339, IC 1919, NGC 1344, NGC 1374, NGC 1379, NGC 1387, NGC 1389 NGC 1427, IC 2006, NGC 1428, NGC 1399, NGC 1351, NGC 1404 and ESO 358-10 from PROMPT telescopes by using contour method and full width at half maximum technique, there are 3 E0-type galaxies 7 E1-type galaxies 3 E2-type galaxies and 2 E3-type galaxies

Introduction

Galaxies cluster is a group, cluster or super cluster of galaxies. Milky Way and nearby galaxies are in the Local group which is width at about 4 million light years. Milky Way has large Magellan cloud, small Magellan cloud and some dwarf galaxies as its natural satellite. The nearest galaxy cluster is Virgo cluster which is about 50 million light years away from Milky Way. Others galaxy clusters such as Coma cluster which has about 10,000 galaxies at 300 million light years away from Milky Way and Hercules cluster at 500 million light years away from Milky Way.

Fornax cluster is a galaxy cluster in Fornax constellation. It's about 62 million light years away from Milky Way. Fornax cluster is smaller than Virgo cluster and has 58 galaxies, 15 galaxies are elliptical galaxies, so I would like to research for the ellipticity of galaxies in Fornax cluster by using Hubble's galaxy classification. Hubble's classification divided galaxy into spiral, spiral bar and elliptical. Spiral galaxies are also divided as Sa Sb and Sc spiral bar galaxies as SBa SBb and SBc for the elliptical galaxies it has divided in 7 types, E0-E7.

Procedure

Acquire galaxies' images from the PROMPT 5 telescope at the Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO), which has a field of view 10 arcminutes using an exposure time of 300 seconds in filter V. Use full width at half maximum technique (FWHM) to set contour then use ellipse tool of the SAO Image ds9 software to find major axis and minor axis of galaxies for use in Hubble's classification to classified galaxies

Find the ellipticity of galaxies by FWHM (Full width at half maximum) technique by set the contour line round the area that the value is half of the max value of the galaxy. Use ellipse tool to find major axis and minor axis of galaxy for Hubble's classification in this formula $10 \times \left(1 - \frac{b}{a}\right)$ (a is a major axis and b is a minor axis).

The result of Hubble's classification shows as the numbers from 0-7 the number represented the ellipticity of galaxy from less ellipticity to the most elliptical. This formula was created by Edwin Hubble, an American astronomer.

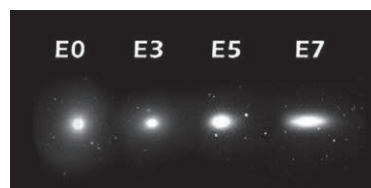


Image 1 elliptical galaxies type E0, E3, E5 and E7

Result and Discussion

Ellipticity of galaxies in Fornax cluster from SAOimage DS9 software by Hubble's classification show in the table

Type	Galaxy	Hubble's classification Result
E0	NGC 1374	0.1
	NGC 1379	0.2
	NGC 1387	0
E1	IC 1919	1.7
	NGC 1339	1.7
	IC 2006	1.4
	NGC 1427	1.8
	NGC 1399	1.3
	NGC 1382	1.1
	NGC 1404	1.3
E2	NGC 1389	2.5
	NGC 1428	2.3
	ESO358-10	2.4
E3	NGC 1344	3.2
	NGC 1351	3.3

Conclusion

There are 3 E0-type galaxies such as NGC1374, NGC 1379 and NGC 1387, 7 E1-type galaxies such as IC 1919, NGC 1339, IC 2006, NGC 1427, NGC 1399, NGC 1382 and NGC 1404, 3 E2-type galaxies such as NGC 1389, NGC 1428 and ESO358-10 and 2 E3-type galaxies such as NGC 1344 and NGC 1351.

From the table, Fornax cluster has no E4 type or more galaxies so Fornax cluster is a galaxy cluster that has less ellipticity galaxies.

Acknowledgement

This work made use of the PROMPT robotic telescopes at the Cerro Tololo Interamerican Observatory. The PROMPT access for Thai students is made available through a collaboration between the University of North Carolina at Chapel Hill and the National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT).

Determination of the Large Magellanic Cloud's distance using the Cepheid variable star

Chaleeya Promma

Pua school

266 Mu 8, Tambol Pua, Amphoe Pua, Nan, 55120, Thailand

Chaleeya_php@hotmail.com

Abstract

This work determines the Large Magellanic Cloud's distance using the period-luminosity relation of the Cepheid variable star. I acquired data from the PROMT 5 telescope and used the catalog of Cepheid from the OGLE database to locate the Cepheid variable star. I measured light curve of one Cepheid variable star which is in the Large Magellanic Cloud, then took the magnitude and the period-luminosity relation, to calculate the distance. I found the distance of the Cepheid variable star to be about 158,000 light-years.

1. Introduction

There are many methods to determine the distance of celestial objects. These include using radar, parallax, redshift or type Ia supernovae for galaxies, and the Cepheid variable stars. Each method is suitable for different celestial objects for example parallax can be used to find the distance of nearby stars but type Ia supernovae for galaxies can be used for more distant stars. This method also needs an Ia Supernova to occur but the Cepheid variable stars don't have this qualification. In this research, I determined the Large Magellanic Cloud's distance by using the period-luminosity relation of the Cepheid variable star. This is the same method used by Edwin Hubble to discover galaxies other than the Milky Way.

The Cepheid variable star can be used to determine the distance of a galaxy or a cluster from earth. The period of Cepheid variable star is related to the luminosity of the star, which can be used as standard candle. Distance can then be calculated using the distance modulus.

The purpose of this research was to determine the distance of the Large Magellanic Cloud using Cepheid variable star. I used the variable data of one Cepheid variable star which is in the Large Magellanic Cloud and used data from the PROMT 5 telescope in Chile.

2. Method

I acquired data about the Cepheid variable star from PROMT 5 telescope at the Cerro Tololo Interamerican Observatory (CTIO) and used the catalog of Cepheid from the Optical Gravitational Lensing Experiment (OGLE) to locate Cepheid variables in our data. I performed photometric analysis of one Cepheid with one reference star, and got the magnitude of the reference star from the USNO-A2.0 database.

When I located the variable star and the reference star, then I took the image to photometry and got the apparent magnitude of the variable star to compare with the magnitude of the reference star. Then I took the average magnitude of the variable to plot a light curve of the variable star. Graphs of the variable star reveal the period magnitude of Cepheid variable star. I took the period magnitude of the variable star to determine the absolute magnitude from the equation: $M = -2.80 \log P - 1.43$, which is given by the graph showing the apparent magnitude and period of Cepheid variable star. Because apparent magnitude is related to the absolute magnitude from

the equation $\langle m \rangle - \langle M \rangle = -5 \log d - 5$, absolute magnitude is directly related to the average luminosity of the star too. Therefore, a correlation between the period of Cepheid variable star and the average luminosity is $\log \frac{\langle L \rangle}{L_{\odot}} = 1.15 \log P + 2.47$, when $L_{\odot}$ is luminosity of the sun. It can be written in terms of the absolute magnitude: $M = -2.80 \log P - 1.43$.

Finally I calculated the distance from the equation of absolute magnitude and apparent magnitude: $m - M = 5 \log d - 5$

3. Results

I took the data to photometry and create X, Y graphs. The X-axis is the time in Julian Date and the Y-axis is the magnitude of the stars. From the graph, the data is not contiguous because some information is missing, but the periods of variable star can clearly be seen and they reveal light curves of the variable star because the magnitude of the variable star moves up and down over time.

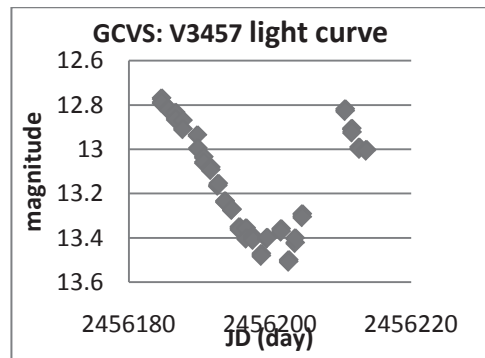


Figure1: Light Curve of GCVS: V3457 variable stars

Figure 1 reveals that the period magnitude of GCVS: V3457 variable star is 23.5 days and the average apparent magnitude is 13.2.

4. Discussion

I found the absolute magnitude from the period of the variable star. By equation: $M = -2.80 \log P - 1.43$, when M is absolute magnitude and P is the period of variable star. So the absolute magnitude is -5.27.

Then I substituted the average apparent magnitude (m) and the absolute magnitude of GCVS: V3457 variable stars (M) in equation: $m - M = 5 \log d - 5$. I solved the equation above to obtain the distance (d) of 48,300 parsec or 158,000 light years.

5. Conclusion

This determination of the Large Magellanic Cloud's distance used the period-luminosity relation of the Cepheid variable star. I found the distance of Large Magellanic Cloud about 48,300 parsec or 158,000 light years.

6. Acknowledgement

This work made use of the PROMPT robotic telescopes at the Cerro Tololo Interamerican Observatory. The PROMPT access for Thai students is made available through a collaboration between the University of North Carolina at Chapel Hill and the National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT).

Stellar density as a function of Galactic Latitude in the Milky Way Galaxy near Galactic Longitude 0.

Ratchanon Buarod

Benchamaratransarit School

222 Choopol Rd, Tambol Namaung, Amphoe Maung, Chachoengsao, 24000 Thailand

Abstract

This project studies on the stellar distribution of Milky Way galaxy. Starting from 7 September, 2012 to 15 January, 2013. The purpose is to study the star density per square arcmin near galactic longitude 0. The Research has found that the stellar density decrease as the galactic latitude increases, with the maximum stellar density at 23.3 stars per square arcmin around galactic latitude 10 degrees.

Introduction

Milky Way Galaxy is the galaxy that contains our solar system. We can see the Milky Way galaxy on the sky appears as a cloud of light. Milky Way galaxy contains hundreds of billions of Stars. And our solar system is one of them. A disk-shaped galaxy has varying stellar density according to galactic latitude. Milky Way galaxy is a spiral-barred galaxy and the arms extended from a central four arms.

Directly in the galactic plane are lane of dust and gas which can obscure light from stars. But if we look to the Scorpio and Sagittarius, Milky Way can be seen in the area, a vast and bright. This is because we are looking through the center of the galaxy.

Method

1. Determine the galactic longitude to study here is the galactic longitude 0, because it is the center of the galaxy. Then the data on the position group of stars. Convert the galactic coordinate system (Latitude, Longitude) to Equatorial coordinate system (RA, DEC). Divided by longitude at 0, 1, and the longitude 359 will shoot 13 shots. The latitudes are 30, 20, 10, 0, -10, -20, -30, -40, -50, -60, -70, -80 and -90 degrees.

2. Ordered PROMPT4, PROMPT5 telescopes in Chile (CTIO: Cerro Tololo Inter-American Observatory) with the field of view of 10 arcmin. Exposure for 120 seconds using R filter.

3. Prepare the images for counting stars.

4. Make a table 100 channels on the transparency to facilitate and accuracy of information.

5. Determine the minimum brightness that can be observed in this study and define that to be the cutoff magnitude (maximum magnitude of stars that will be counted).

6. Count total number of stars brighter than the cutoff magnitude, divided by the area to calculate stellar density per square arcmin.

Result

The cutoff magnitude is set to be 17. The information is divided into the density of the number Stellar per square arc minute of longitude 359, 0 and 1 (Figure 1.) and an average density of Stellar per square arc minute of longitude 0 (Figure 2).

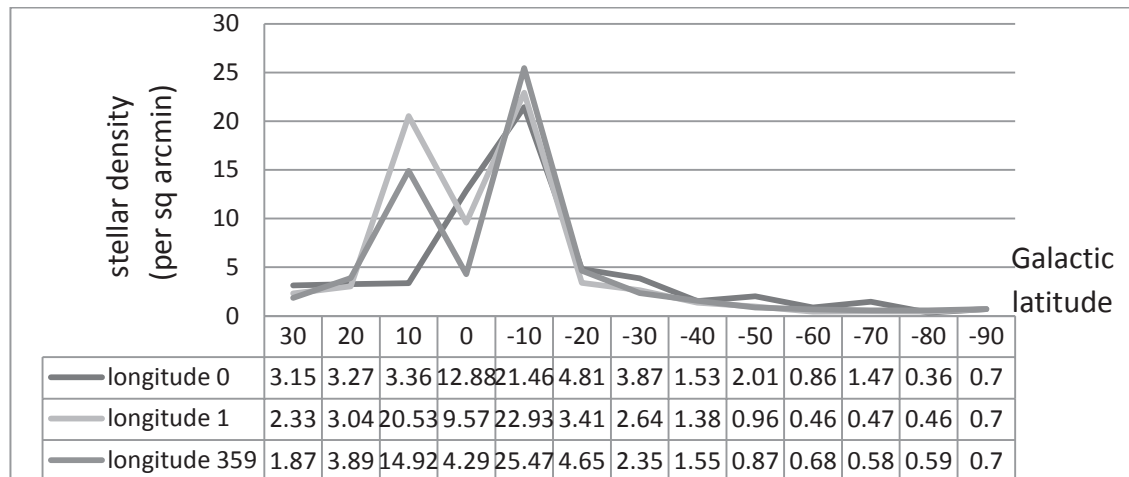


Figure 1, The density of Stellar per square arc minute of longitude 359, 0 and 1

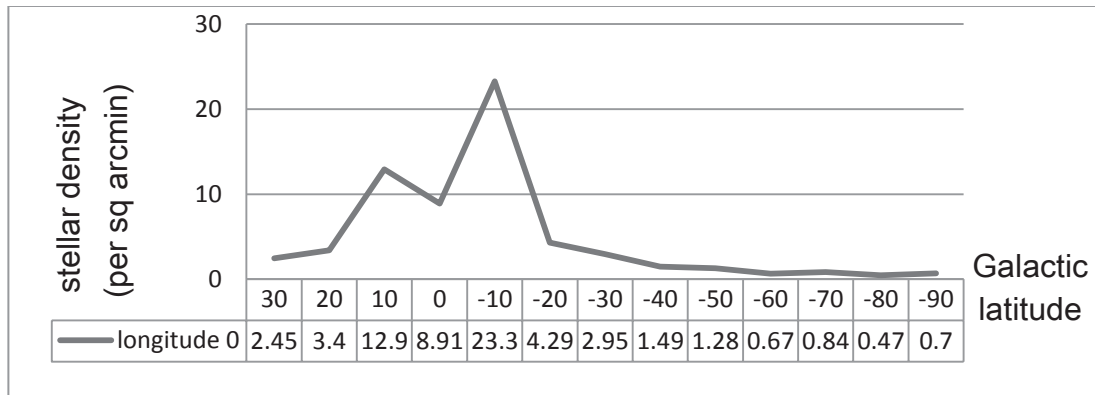


Figure 2, An average density of Stellar per square arc minute of longitude 0

Discussions

Geometry of the spiral galaxy should suggest that stellar density should be highest near the galactic plane. However, due to dust band and gas that runs through the plane of Milky Way Galaxy, the brightness of stars decreases, also known as interstellar extinction. Data analysis on this research has shown that the central bulge of the galaxy should extend to around galactic latitude of 30 degrees, beyond which the stellar density decrease to almost constant when looking directly out of the galactic plane.

Conclusion

Study the star density per square arcmin near galactic longitude 0. The latitude is 30 to -90 degrees. The maximum stellar density is found to be at galactic latitude -10 with the average stellar density 23.3 stars per square arcmin.

Acknowledgement

This work made use of the PROMPT robotic telescopes at the Cerro Tololo Interamerican Observatory. The PROMPT access for Thai students is made available through a collaboration between the University of North Carolina at Chapel Hill and the National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT).

Orbital Period of Eclipsing Binary of Variable Star V357 Peg

Rattanawadee Tekavong

Abstract

This project studies the orbital period of the eclipsing binary system V357peg at coordinate RA 23h45m35.06s Dec +25 28' 28.94". The variation in apparent magnitude of the system is recorded at different phases and constructed into a light curve that can be used to measure the orbital period of the binary system. The variable period of the system is measured to be 0.8 days.

Introduction.

There are generally four types of binary systems: visual binary, astrometric binary, spectroscopic binary, and eclipsing binary; here we will learn about Eclipsing binaries. In an eclipsing binary system, the two stars close together and cannot be resolved separately. The orbital plane of the system lies almost parallel to the line of sight. However, we can observe the orbit of eclipsing binary by the changing in apparent magnitude. As two stars orbit and block each other from line of sight, the light observed is reduced and give a characteristic light curve of the system. As the orbit comes back to the starting point, the light curve repeats and the time it takes for the light curve to repeat is equal to the orbital period of the system.

V357peg is an eclipsing compact binary system where two stars orbit really close to each other. Such system may have its physical characteristics, orbital period that changes over time along with the system evolution. By studying orbital period, it can lead to calculating the system's mass, orbital velocity, and separation. Furthermore, the orbital period can provide insight to the birth, evolution and modeling of the star system.

Method.

1. Choose a variable star with visibility and period suitable for studying during September-December 2012. V357 Peg is used to study the transition period. By courtesy of Assoc. Prof. Boonraksa Soonthornthum In the database.

2. Take images using PROMPT telescopes (CTIO) with filter V, Exposure Length 10 seconds every 15 minutes.

3. Identify V357 peg and reference star from the images.

4. Obtain flux from the image.

5. Calculate the apparent magnitude of v357peg from Flux, using the formula

$$m_2 = m_1 + 2.5 \log (f_1 / (f_2)).$$

Where m_2 is the Apparent Magnitude of V357 peg.

m_1 is the Apparent Magnitude of reference star.

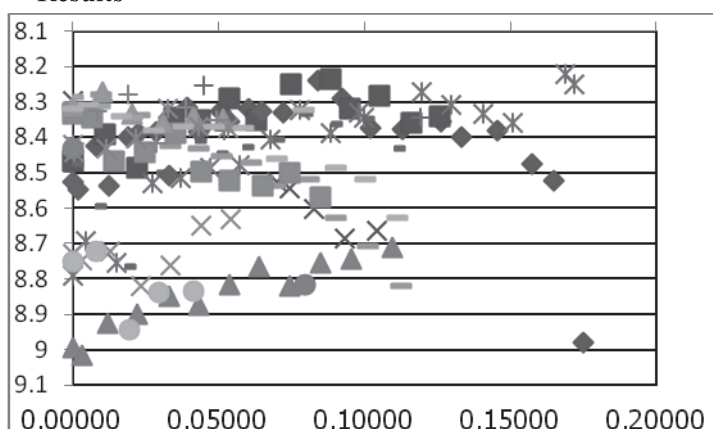
f2 is Flux of V357 peg.

f1 is Flux of reference star.

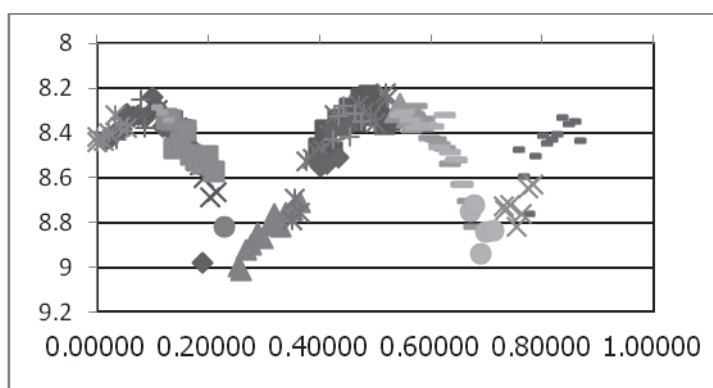
6. Use the apparent magnitudes to create a light curve. Since the light curve is fragmented and the phases do not match, period stacking must be used to generate a continuous light curve spanning the entire period. Period stacking is done manually.

7. Graphs were analyzed for variable periods at Apparent Magnitude position to come close to setting a starting point.

Results



Graph showing the relationship between the Apparent Magnitude and time series from each of the measurement session of V357 peg.



This graph shows the relationship between the Apparent Magnitude and Phase of the eclipsing binary system V357 peg.

Discussion

After period stacking, we are now able to see the characteristic light curve of this binary system. From the light curve we then can estimate the orbital period to be around 0.8 days, with some uncertainties owing to Unfavorable weather conditions such as strong winds or the light from the moon limit some observation. The period stacking process is also done manually and prone to some errors.

Conclusion.

The study found that the variable star V357 peg has apparent magnitude varying from 8.2 to 9.1 with the variable period of about 0.8 days.

Determination of the velocity of “comet c262p/McNaught-Russell” in October 2012
Napun Charoensinrungreung
Benchamaratransarit School
222 Choopol Rd, Tambol Namaung, Amphoe Maung, Chachoengsao, 24000 Thailand

Abstract

This project studies the motion of comet “c262p/McNaught-Russell” from 3 October to 31 October 2012. The comet is tracked and photographed with PROMPT telescope in Chile. The position of the comet is then tracked over time and angular velocity is calculated. The velocity is measured to be fluctuating during the study period with the angular velocity measured to be between 20.54-35.09 arcmin/day

Introduction

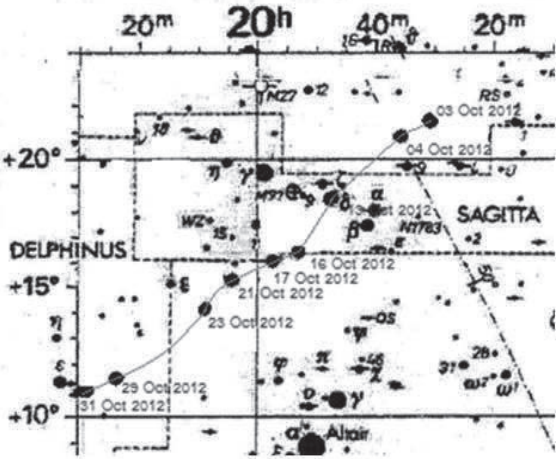
Comet is an object in solar system. It orbits around the sun, consisting of ammonia and ice bordered mostly. Scientisis believe that comets carry the compound organic to the world. This research was conducted to study the project of data collection and calculation velocity of the comet. And find out the location that change, compared with stars.

Method

1. Find out the location of comet by making an approximate estimate of each day from the <http://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi> which will tell the position RA and DEC of the unit in hours.
2. Ordered shooting 3,4,13,16,17,21,23,29 and 31 October, 2012 with the camera PROMPT (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) in Chile (CTIO :(Cerro Tololo Inter-American Observatory)).
3. The photographs were brought to analyze the position of the comet in the images of using techniques blink to observe point moving in the picture and when it was found. We would choose a schedule the light of an object if the position cover the area more than 1 pixel we would use an average instead.
4. In each day checked and noted how the comet has changed and recorded the time.
5. Bring the record from the note and calculated it and found out the velocity in the unit of arcmin/day. It was separated from two to consider the change in the value of RA can be calculated from $15(\Delta RA)\cos Dec$ and the other part of the DEC calculated from $\frac{Dec_2 - Dec_1}{\Delta t}$ by Δt is the difference in the time from the first point to the second point it has a unit in Julian date.
6. The resultant velocity is calculated in each day by velocity = $\sqrt{V_{RA}^2 + V_{DEC}^2}$ Julian date.

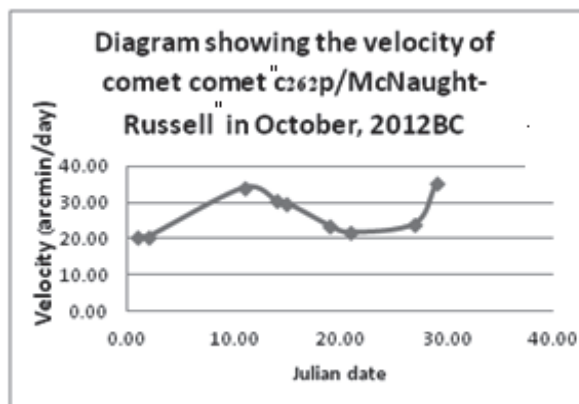
Result

Day/month/year	Dec			Ra			Mag
	Degree	Lipda	Philipda	Degree	Lipda	Philipda	
03/10/55	21	42	3.05	19	30	56.505	15.34
04/10/55	21	21	25.18	19	32	15.57	15.31
13/10/55	18	07	34.55	19	16	41.63	14.97
16/10/55	16	59	44.87	19	52	31.57	14.86
17/10/55	16	37	9.26	19	54	41.26	14.83
21/10/55	15	04	12.53	20	03	28.04	14.69
23/10/55	14	15	52.29	20	08	21.57	14.63
29/10/55	11	51	51.65	20	24	5.36	14.45
31/10/55	11	03	27.41	20	29	45.02	14.39



This picture showing the movement of the comet “c262p/Mcnaught-Russell” by the x- axis shown the value Ra and y- axis are shown the value Dec with the table that shows the coordinates of the comet

Diagram1 The diagram showing the resultant speed of the comet 3,4,13,16,17,21,23,29,31 “c262p/McNaught-Russell” on October, 2012received.



Discussion

We have tracked the motion of comet “c262p/McNaught-Russell” in October. The angular velocity is then calculated from the change in coordinate using the formula discussed above. The resulting angular speed is as follows :

Day/month/year	Velocity(arcmin/day)
3/10/2012	20.54
4/10/2012	20.58
13/10/2012	34.05
17/10/2012	30.41
21/10/2012	29.77
23/10/2012	23.51
24/10/2012	21.61
29/10/2012	24.02
31/10/2012	35.09

We can see that the angular velocity increases slightly. From the magnitude data, we also see that the comet also brighten up every day. This means either the comet is orbiting closer to the Sun or the distance to Earth is decreasing.

One difficulty in determining the location is to find where the comet nucleus is. We solve this problem by choosing the brightest part of the comet as the nucleus. In the case where more than one pixels tie for the brightest, we simply take the average as the position.

This study also has other limitations such as the relative position between Earth and the comet that would affect the position of the comet. It is also possible there are other factors that might affect the apparent speed of the comet.

Conclusion

The velocity is measured to be fluctuating during the study period with the angular velocity measured to be between 20.54-35.09 arcmin/day.

Acknowledgement

This work made use of the PROMPT robotic telescopes at the CerroTololo Interamerican Observatory. The PROMPT access for Thai students is made available through a collaboration between the University of North Carolina at Chapel Hill and the National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT).

Eclipses 2011・2012

青山幸恵（高2）、齋藤慧大、濱田菜那、斉藤浩志（高1）

【青森県立青森南高等学校自然科学部】

1 はじめに

2011年から2012年の月食・日食のとき撮影した画像で、次の3つの研究をした。

- 1 日食・月食の画像から、月の距離が変化しているのかを調べる。
 - 2 日食の画像から月縁の凹凸の高低差を調べる。
 - 3 皆既月食の画像より地球の影の中心からの距離と、月面の色合いの違いを調べる。
- シミュレーションにより大気による太陽光の屈折を調べ、月食が赤い理由を考察する。

2 研究の方法・結果

1) 月の距離

太陽半径を x ，地球半径を y ，月半径を z ，地球の影の半径を u ，地球から太陽までの距離を a ，月までの距離を b とおき，地球から太陽・月のまでの距離の比 a/b を求める式を導く。

日食の場合，写真に写った月と太陽の半径の比を k とすると， $a/b = kx/z$ となる（図1）。

月食の場合，写真に写った地球の影と月の半径の比 p とすると， $a/b = (x-y)/(y-pz)$ となる（図2）。

結果）月の距離は，かなりの違いがあった。部分日食は

$4.4 \times 10^5 \text{km}$ ，皆既月食は $4.3 \times 10^5 \text{km}$ ，部分月食は $3.5 \times 10^5 \text{km}$ だった。

ステラナビゲータと比較すると，皆既月食の誤差は 9.8% もあり，部分日食，部分月食は 2% 前後だった。

2) 月縁の凹凸と山の高さ

部分日食の 5 枚の画像を，マカリで凹凸がはっきり確認できるまで月縁を拡大し，縁の位置測定をした。得られた位置を，月の中心を原点とする座標に変換し，上から左回りの位置角と，平均月面からの高さのグラフを作った（図3）。

結果）得られた月縁は， $\pm 3 \text{km}$ の高低差があった。

5 つの画像の月縁には最大で 2 km の高さのずれがある。画像の月縁のぼやけた幅から，誤差は 2 km 以内である。

凹凸が大きいところは山や海などクレーターがあると考えられる。

天文年鑑の月面図，JAXA のホームページ「月周回衛星 かぐや画像ギャラリー」にある『「かぐや」が見た月の地形(最新版)』と比較した結果，いくつかの山脈と海を確認した。

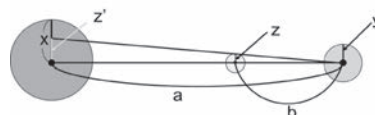


図1 日食時の月の距離の計算方法

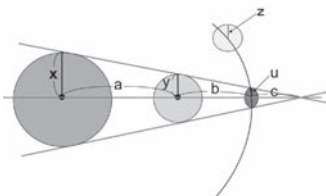


図2 月食時の月の距離の計算方法

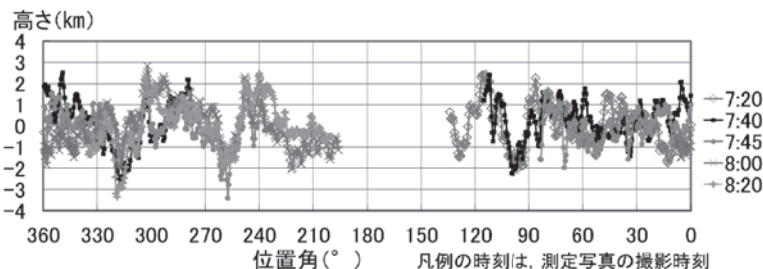


図3 月縁の凹凸

3) 皆既月食の色

A 皆既月食の画像をマカリで測定し、地球の影に入りこむ光の明るさの分布を調べた (図 4)。

結果) 影の中心から月半径の 2.6 倍より内側で濃度が急降下し、特に B が低くなっていく。

B 屈折の公式 $\sin i / \sin r = n_2 / n_1$ を用い、太陽光が大気を屈折して月面に届く様子のシミュレーションをおこなった (図 5)。

・大気モデルと屈折率の式「1979 U.S.標準大気」, 「大気差」にある式を利用

・大気圏を 0~30km に限定し、厚さ 1km の屈折率一定の層に分けた。

計算) ・光の波長: 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 μm

・光の出発点: 太陽の上端~下端の 5 か所

・光の出発方向: 地球上空 0~30km に向けた

結果) ・波長による経路の差は少しである。

・太陽からの出発点により、到達点はかなり違う。

・光が大気圏の 16~20km 程度の高さを通過すると影の中心に到達する。

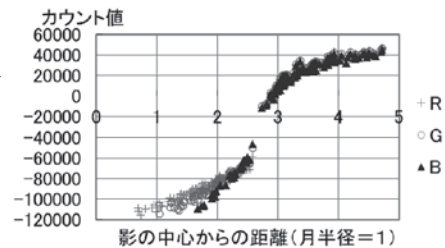


図4 地球の影の明るさの分布

(カウント値は、露出1/500秒に換算)

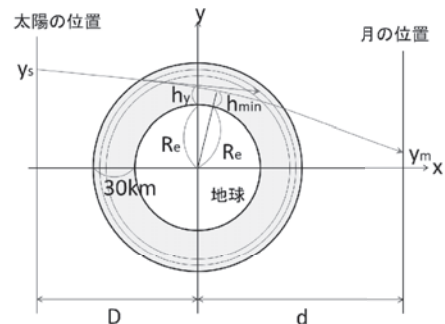


図5 太陽面から出た光の経路

3 考察

1) 月の距離

月の公転軌道は楕円である。部分月食と金環日食では月が反対の位置にある。月食のときは地球に近く、日食のときは遠いことを確認した。

皆既月食は部分月食より半年前だったので、軌道上の位置が反対で遠かった (図 6)。

2) 月縁の凹凸と山の高さ

凹凸は多かったが、数 100km の間に 3km ほどの高低差で、傾斜は緩やかであった。

各画像の高さが 2km ほどずれるところは、何回測定しても変わらないので、大気のゆらぎによる画像の乱れの可能性がある。

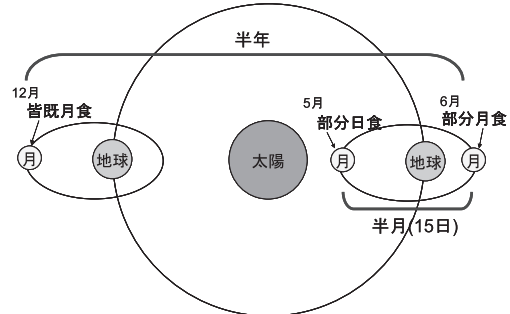


図6 月の軌道と日食・月食時の月の位置

3) 皆既月食の色

シミュレーションによって、皆既月食の本影部分の光は、成層圏下部の狭い範囲で散乱していることが分かった。散乱は大気・塵・水蒸気が大い原因だが、成層圏には水蒸気はほとんどないので、月食の赤みの原因は成層圏にある大気や塵であると考えられる。

色によって屈折の仕方に差がなかったのが意外であった。

4 参考文献・使用ソフト

国立天文台 『平成 23 年理科年表』『平成 24 年理科年表』 丸善

国立天文台天文情報センター暦計算室 <http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/>

天文年鑑編集委員会 『天文年鑑 2012 年版』『天文年鑑 2013 年版』 誠文堂新光社

JAXA 『「かぐや」が見た月の地形 (最新版)』

http://wms2.wms.selene.darts.isas.jaxa.jp/selene_viewer/jpn/observation_mission/lalt/lalt_010.html

ベイリービーズから求めた太陽半径 2

谷河 滲 寺尾美奈子 福井順子 上田 凜 高橋 綾 (高2) 谷口冬馬
 田中 敦 中川克隆 喜友名正樹 杉本侑弥 堤 光 白澤由紀乃 (高1)
 【三田祥雲館高校天文部】

要 旨

2012年5月21日の金環日食を北限界線付近で3か所に分かれ望遠鏡に取り付けた高感度ビデオカメラを用い観測した。限界線付近では長時間ベイリービーズを観測することができる。月の凹凸はかぐやのデータから厳密に求められている。大きさが厳密にわかっている月をものさしとして観測で捉えたベイリービーズが生滅する瞬間を利用し太陽半径を求めた。現時点では太陽半径は $696,048\text{km} \pm 26\text{km}$ と求めている。さらに多くの観測地点の解析を行い、さらに正確な結果を報告したい。

1. はじめに

現在採用されている太陽半径の値は $696,000\text{km}$ であり、これはAuwersが1891年に求めた値を元に定めたものである。その後、何度か太陽半径は求められているが、その値は確定していない。

一方、月探査機「かぐや」によって月の地形は詳細に調査された。太陽縁が月の谷間に達する、または山頂が太陽縁にかかった瞬間を捉えることによって高精度な太陽半径を求めることができる。私たちは2012年5月21日の金環日食の際に撮像されたベイリービーズから太陽半径を求めることに挑戦した。

2. 観測

2-1 観測場所

ア	西宮北六甲台	E 135° 14' 56.8"	N34° 50' 10.7"	標高267m (NASA予想北限界線上)
イ	多目的広場	E 135° 16' 28.8"	N34° 48' 50.5"	標高360m (暦編纂室 ")
ウ	ふるさとの家	E 135° 17' 14.3"	N34° 48' 10.0"	標高386m (相馬・早水 ")

2-2 観測機器

ア 西宮北六甲台 観測機材

望遠鏡 VIXEN FL80S+エクステンダー (D=80mm f=1152mm、F11.4)

カメラ WATEC WAT902H

減光 アストロソーラーフィルター 眼視用のみ

イ 多目的広場 望遠鏡 VIXEN A80M (D=80mm f=910mm、F14.4)

カメラ WATEC WAT100N

減光 アストロソーラーフィルター 眼視用のみ

ウ ふるさとの家 望遠鏡 VIXEN A80M (D=80mm f=910mm、F14.4)

カメラ WATEC WAT120N

減光 アストロソーラーフィルター 撮影用のみ

2-3 観測時間 午前7時20分-7時40分 (JST)

撮影した動画はAVIファイルに変換し、解析ソフトLimovieで扱えるようにする。

3. 解析

得られた画像から次の手順で解析を進める。

- ① ビデオブラウザでベイリービーズの生滅を肉眼で検出する。
- ② 解析ソフトLimovieでベイリービーズの生滅時間を正確に特定する。
- ③ Occultの画像を参照し、ベイリービーズの位置を特定する。
- ④ ベイリービーズの赤経、赤緯 (α_1, δ_1) を特定する。
- ⑤ 観測地点からの太陽の中心位置赤経、赤緯 (α_2, δ_2) を使って(1)式より太陽視半径 d ($^{\circ}$) を求める。

$$\textcircled{6} \quad \cos d = \sin \delta_1 \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos (\alpha_2 - \alpha_1) \cdots (1)$$

4. 結果

現時点では多目的広場の画像より5個、北六甲台の画像より8個、計13個のベイリービーズの生滅を観測している。ふるさとの家の画像は光量不足で今のところ明瞭なベイリービーズの生滅を検出できていない。

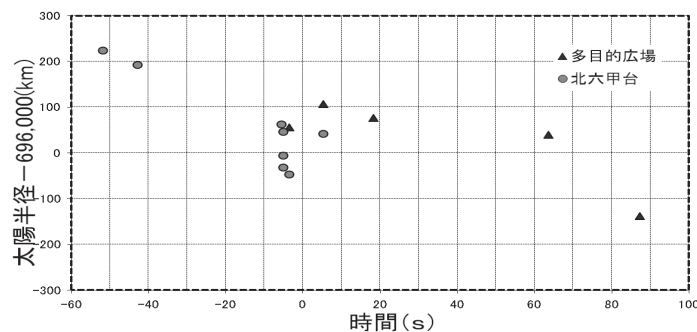


図1 求めた太陽半径

13個のベイリービーズからの太陽半径。横軸の時間はベイリービーズが生滅した時間の午前7時30分（極大時間）からの差を表わし、縦軸は求めた太陽半径と暫定半径(696,000km)の差を表わしている。極大時刻付近で多くのベイリービーズを検出している。また各データは危険値のテストを行っている。

この結果を平均することにより太陽半径は 696048kmであった。

5. 考察とまとめ

(1) 求めた太陽半径、696,048 $\pm$ 26kmは国立天文台 相馬充氏の算出した696,019 $\pm$ 10kmに近い値であった。

(2) 現時点では解析の途中にあるのでさらにベイリービーズを検出し、平均値が収束する値を求め、精度を高く太陽半径を決定したい。

(3) 誤差については次のように考えた

(ア) 月の凹凸の誤差=0.01秒角 $\Rightarrow$ 月では $\pm$ 5m 太陽では $\pm$ 7km

(イ) ビデオテープの時間分解能 1/30秒 $\Rightarrow$ $\pm$ 4 km

(ウ) 統計的な誤差 $\Rightarrow$ $\pm$ 26km

よって、5月21日の太陽半径は 696,048 $\pm$ 26km と求めた。

(3) 月による回折やシンチレーションによる誤差を考慮できていないので、さらに値が変わる可能性がある。

参考URL

1) 日食予報 <http://www.astro-hs.sakura.ne.jp/solar-eclipse/predcalc.pdf>

2) 星食観測支援ソフトOccult <http://www.lunar-occultations.com/iota/occult4.htm>

3) 光度変化測定用ソフトLimovie

http://www005.upp.so-net.ne.jp/k_miyash/occ02/limovie.html

金環日食の限界線を探せ！ 丘中学校全校生徒の観測から

平井萌奈(3年)、高橋さくら、安藤祥吾、八戸一平(2年)、中山史織、今市百音、名取芽衣、酒井愛里、柿元拓実、竹田智晃(1年) 【長野県塩尻市立丘中学校科学部】

1、はじめに

丘中学校では、全員が自宅付近で日食観測に取り組み、限界線を探す活動をした。その方法と結果について発表する。

2、方法

①金環日食の場所による見え方の違い

図1に地上からの日食の見え方を示す。アから見ると金環食に見える。次に、ウから見ると、部分食に見える。また、イから見ると太陽の縁が重なる。これが限界線である。相馬たち(2012)は、「金環日食とは見かけ上、月が太陽の中に完全に入って、太陽の周囲のどこも月に隠されることがない現象と定義することにする」としている。これより、図2のAとBは金環食、CとDは部分食であると考え、相馬・早水の予報限界線は、BとCの見え方をする境目にある。この考えに基づき、A～Dを基準として、肉眼による見え方がどれに近いかを観測した。

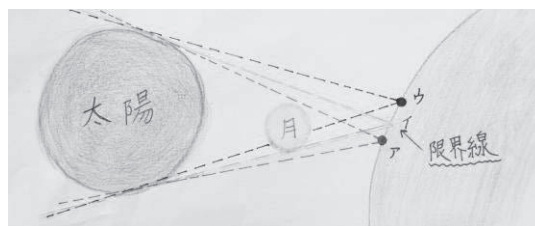


図1 観測地点による金環日食の見え方

②全校生徒による観測

全校生徒が日食グラスを使った肉眼による観測をおこなった。月が太陽の中心に最も近づく時刻である7時34分5秒ごろに、自宅またはその近くで観測し、カードに観測した場所、見え方、様子などを書き入れ提出してもらった。

③日食地図作り

集まった一人一人の観測を、見え方別に色分けしたシールを地図上に貼った。

赤はAで金環日食、黄色はBで出ぎりぎりの金環日食、緑はCでベیلیービーズ、青はDで部分食である。その結果、図2のような日食地図が出来上がった。(元の図はカラー)



図2 日食地図

3、結果と考察

①日食地図を見て

図2を見ると、肉眼での見え方にばらつきがあり、どの場所でもそれぞれの色(見え方)が混ざっている。これは、人により、視力も感じ方も違っているからだと思われる。しかし、全体を見ると、北の方には、部分食や、ベیلیービーズが多く、南のほうには金環食が多い。これから校区(観測地域)の中央付近に部分食と金環食の境目があるらしい。しかし、ばらつきのために限界線がどこかははっきりしなかった。

②エリアごとの見え方の割合

そこで、観測地域を予報限界線に平行な幅500mの範囲(エリア a からl)に区切り、そこに含まれる見え方 A,B,C,D の数を数え、それぞれがどのくらいの割合で含まれているかを計算した。表1にその結果を示す。北側のエリアは、金環:部分がおよそ3:7である。それに対して南側のエリアは、金環:部分の比が逆になり、7:3あるいは8:2になっている。その境目がライン1になる。この結果から、観測された限界線はライン No.1 である、という結論を出した。ただし、限界線があると思われるエリア(d,e)には大きな工場や田畑があり、家が少なく観測数も少ないことから、この部分についてははっきりしない。

この結果を、標高補正(南東へ約1000m)した予報限界線と比べると、観測より求められた限界線は予報の約500m南東である。

表1 エリアごとの見え方の割合

ライン	エリア	見え方								金環と部分の割合	
		A		B		C		D		○A+B	⌋C+D
		数	%	数	%	数	%	数	%	%	%
-2	a	3	6	15	31	7	15	23	48	37	63
	b	8	9	24	26	15	16	47	49	35	65
-1	c	1	2	19	31	21	34	20	33	33	67
0	d	1	17	1	17	1	17	3	50	34	67
1	e	9	18	18	33	6	12	16	33	55	45
2	f	7	39	6	37	2	11	3	17	72	28
3	g	24	44	23	42	5	9	3	5	86	14
4	h	17	26	34	53	5	8	8	13	79	21
5	i	2	22	4	44	2	22	1	11	66	33
6	j	5	36	7	50	0	0	2	14	86	14
7	k	4	50	3	38	0	0	1	13	88	13

参考文献

相馬, 荒木, 野田, 田澤, Gossens, 早水(2012); 2012年5月21日の日本における金環日食限界線; 国立天文台報プレプリント

金環日食 北限界線の観測～ハートピア安八天文台観測チーム～

柏 陽介 傍島 大貴 小宅 紗衣（高2）青木 奏太 伊藤 多津生 児玉 裕貴 説田 敬介 清水 良広 日比野 靖千
豊田 有里 菱田 真由（高1）【大垣東高校】

1. はじめに

本研究は、2012 年 5 月 21 日に起きた金環日食において北限界線を特定し、未だ正確にわかっていない太陽の半径を計算によって求めることを目的とした。結果として詳しい北限界線の位置は特定できなかったが、おおよその太陽の半径を求めることはできた。

2. 観測

○観測環境

観 測 地：揖斐川 岐阜県揖斐川町の揖斐川、三町大橋付近の河川敷 D 地点(北緯 35 度 28 分 1.063 秒 東 136 度 35 分 16.634 秒) 標高 33.5(m)

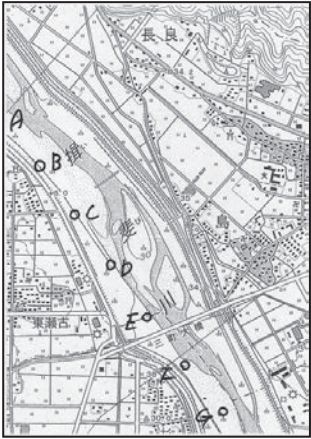
観測時刻：2012 年 5 月 21 日 6 時 18 分～8 時 57 分

機 材：コンパクトデジタルカメラ（メーカー等の統一無し） 口径 60(mm) 屈折望遠鏡 太陽投影板

そ の 他：食の最大の太陽の位置（太陽高度 31.9° 方位角 266.6° ）

○観測

予想北限界線の相馬・早水ラインとほぼ垂直になるよう揖斐川の河川敷に、D 地点を予想限界線上になるように A～G 地点に 250(m) 毎に布陣した。望遠鏡で太陽投影板に太陽を投影しコンパクトデジタルカメラで 3 分毎に 3～5 枚撮影する。



3. 画像処理

撮影した画像から必要のない部分を取り除き、解析用の画像を作成する。
最初に正円補正(撮影した画像を全て正面から撮ったように補正する)を行い、食が浅い部分を下向きになるように回転する。そして、縦 30(mm)横 150(mm)の大きさと切り取る。

4. 解析

○画像での判断

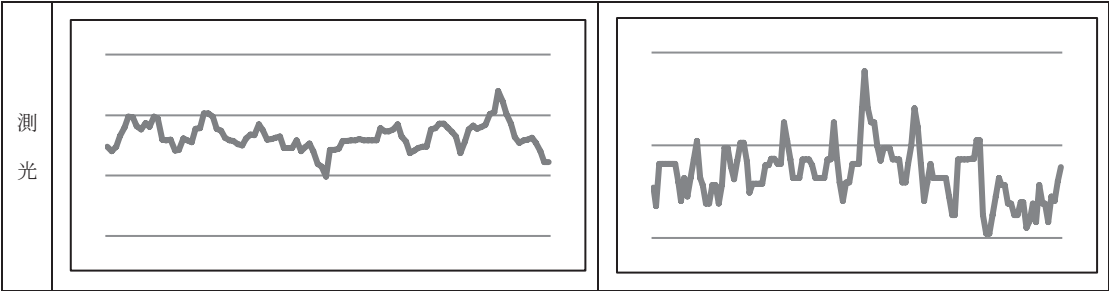
まず長方形に切り取った画像をコントラスト調整やレベル調整などで、太陽の像がはっきりするようにする。次に像が切れていると思われる部分にスリットを付ける。

○解析:測光での判断

まず、太陽の像の周りの背景の平均値を測光する。次に元の画像からアで得た値を減算し、ペイリービーズの部分と背景の明るさを一定にする。そして、ペイリービーズの部分を通るように直線で測光する。このとき、直線を 1 ピクセルずつごかしグラフの山が一番小さくなる部分を見つける。また、測光した値をエクセルで保存しグラフを作成する。

5. 解析結果

	C 地点	D 地点
画像		



以上の解析より C 地点では金環日食になっていない、つまりベイリービーズが現れている。D 地点では貴環日食になっている、つまりベイリービーズは現れていないという結果を得た。よって、北限界線は C 地点と D 地点の間を通っていたと結論付けた。

6. 太陽半径を求める
5. より C 地点と D 地点の間に北
限界線が通っていたとわかったが、
ピンボケなどの影響で詳しい位置
が特定できなかった。よって今回
は、C, D 地点の中間、D 地点から北
西に 125 (m) の地点を通っていたと
して、太陽の半径を求める。

○高度補正

観測で参考にした予想北限界線
は標高を考慮しないものなので、
観測地点の高度によって移動する
値を求める。

○太陽の半径を求める

基本移動量 (仮に太陽の半径が
100 (km) 違うと、限界線の太陽方
向と直交する面で 267 (m) 移動す

項目	基準値(km)	変化後(km)
太陽半径(696000+X)	696,000.000	696,037.168
太陽半径の変化の値(X)	0.000	37.16760384
太陽の地心距離	151,413,152.000	151,413,152.000
月半径	1,738.000	1,738.000
月の測心距離	402,500.000	402,500.000
月の地心距離	405,900.000	405,900.000
月の中心から太陽の中心までの距離	151,007,252.000	151,007,252.000
S'-S''間の距離	694,262	694,299
α°	0.2634215392	-
RAD α°	0.0045975732	-
β°	-	0.2634356418
RAD β°	-	0.0045978193
M-ME間の距離	378,022.858	-
M-ME'間の距離	-	378,002.621
ME-E間の距離	24,477.142	-
ME'-E間の距離	-	24,497.379
E-EA間の距離	112.536	-
E-EA'間の距離	-	112.635
項目		移動距離(km)
限界線の移動距離		0.0990720169
項目	高度補正(m)	高度補正(km)
C地点とD地点の中間の高度補正	99.0720169309	0.0990720169
RAD31.9°	0.556760031	-
RAD28.8°	0.502654825	-
標高	33.500	0.034
東にずれる距離	53.820	0.054
南東にずれる距離	25.928	0.026

る)を水平面に変換し、更に北限界線と垂直方向に変換すると、移動量は約 300 (m) になる。この数字を元に観測
で得られた北限界線の移動から太陽の大きさを逆算すると 696000+37.2 (km) という値が得られた。

7. 結果・まとめ
- ① 太陽の半径は 696000+37.2 (km) という値を得ることができた。
- ② 太陽の半径を求めることができたが、正確な北限界線の位置ではないのでおおよその値である。
- ③ 撮った画像にピントが合っていないものがあり解析が困難であった。
8. 参考資料・使用ソフト

○使用ソフト : Microsoft Word 2010 Microsoft Excel 2010 ステラナビゲーター Ver.7

すばる画像処理ソフト マカリ Adobe Photoshop 7.0

○参考 資料 : Astro-HS 2012 金環日食観測ガイド

金環日食の観測～ビデオ観測による太陽半径の測定～

ハートピア安八高校生観測チーム <愛知県立一宮高校地学部>

太田優 池田太郎 林恭平(高2) 栗木孝輔 服部京香 松井梨乃(高1)

1. はじめに

国際天文学連合が採用している太陽半径 696,000km は、有効数字 3 桁である。

私たちは 5 月 21 日に起きた金環日食の観測を行い、ベイリービーズの消失・出現時刻と予報とのずれから、より正確な太陽半径の算出することに挑戦した。ベイリービーズとは、金環となる前後に月の谷からもれ出た太陽の光が、ビーズのように見える現象である。

2. 方法

① 月と太陽の模式図

予報のベイリービーズの消失・出現時刻と実際のビーズの消失・出現時刻の差 (Δt) に月の太陽に対する相対速度をかけて距離をだした。

しかし、これは月の進行方向への距離であり、太陽半径ではないため、補正するために月と太陽の模式図を用いて、 $\theta (= \phi - \delta)$ をビーズ 1 つずつについて求め、 $\cos \theta$ をかけた (図1)。

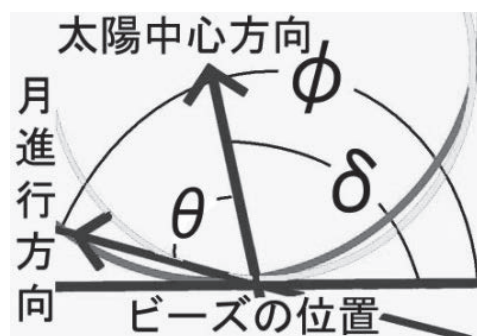


図1 θ の求め方

しかし、ベイリービーズの消失・出現時刻の決定精度が低いため、②の作業を行うことにした。

② フィッティング

フィッティングによって、ベイリービーズの消失・出現時刻をより正確に求める。

Limovie を用いて各ベイリービーズが消失・出現したと思われる時刻の前後のカウント値を求める (図2)。

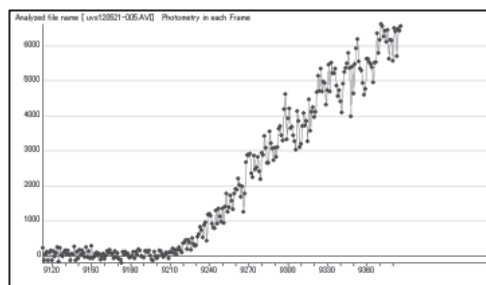


図2 測光したカウント値

その数値から消失時刻・出現時刻を算出するが、この動画は、大気の揺らぎの影響によって約 0.7 秒周期でぶれているため、21 コマ以上で移動平均をとった (図3)。

さらにその値の階差をとり、階差の移動平均をとる（図4）。

そして、図3と図4を比較すると、両方ともある共通の時刻までは0に近い数値で、それ以降は急に値が増加し始める（これは第二接触における変化であり、第三接触においては逆の変化が起きる）。その時刻がベイリービーズの消失・出現時刻と判断した。この消失・出現時刻を①の計算式に当てはめて太陽半径を求めた。

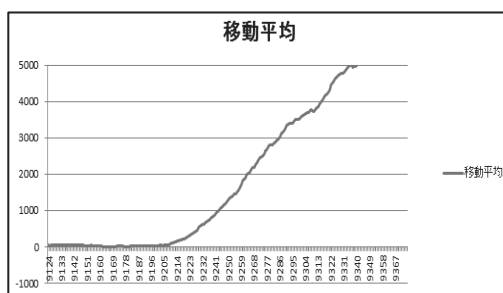


図3 移動平均



図4 階差

3. 結果

①でのビーズの結果の平均は $696,048\text{km} \pm 21\text{km}$ であった。

②の結果、第二接触では $69,6043\text{km}$ 第三接触では $69,6029\text{km}$ となった。

4. まとめ

国立天文台の相馬充先生の $696,010\text{km} \pm 20\text{km}$ であった。フィッティングによって求めた太陽半径のほうが相馬先生の値と近く、より正確だと思われる。しかし、この値は暫定値でありさらに変化する可能性がある。現在はより正確な太陽半径とフィッティングをした場合の誤差を求めるために、研究を進めていきたい。

参考文献

- ・金環日食観測 B チーム <http://www.eclipse2012.jp/team-b/>
- ・Astro-HS 金環日食解析ガイド <http://www.astro-hs.sakura.ne.jp/>

使用ソフト

- ・Limovie (宮下 和久 氏)
- ・Occult Ver4
- ・Photoshop Ver5.5
- ・ステラナビゲータ Ver9

謝辞

- ・相馬 充 先生 (国立天文台)
- ・早水 勉 先生 (せんだい宇宙館)
- ・井上 毅 先生 (明石市立天文科学館)

金環日食の観測 ～金環日食中の明るさの変化～

ハートピア安八高校生観測チーム

青山拓雲，赤地優樹，岩佐直哉，尾関勝史，小酒井宏輝，村瀬在都，横山智之（高2）
加藤大暉，河村新，華井竣平，山田隼大（高1）【岐阜県立岐山高校地学部】

要 旨

我々は，SQMを使用し「夜空の明るさ」について調査を行ってきた。昨年度からは，愛知県立一宮高校コアSSH「全国一斉！みんなで夜空の明るさ調査」に参加し，光害について調査している。この調査期間中である2012年5月21日に，金環日食を観測することができた。そこで，日食時の空の明るさの変化を，現在行っているSQMを用いて観測し，明るさの変化の特徴について考察した。

1. はじめに

現在，SQMを使用し夜空の明るさを調査している。この調査の一環として，金環日食中の太陽の明るさが，空の明るさにどのように影響するか疑問をもち調べることにした。

そこで，金環日食時空の明るさをSQMによって調べるとともに，温度変化も測定して，明るさの変化と温度の関係も考察することを目的として調査を行った。

2. 方法

観測場所：岐阜県立岐山高校（運動場）【図1】

（北緯35度27分28秒， 136度46分49秒）

日時：2012年5月21日06時00分01秒～09時20分03秒

機材：SQM-LE（2台）

減光フィルター（富士フイルム製 D-2.0）

観測用コンピューター（2台）



【図1 観測地点】

3. 結果

（1）眼視観測による日食の観測

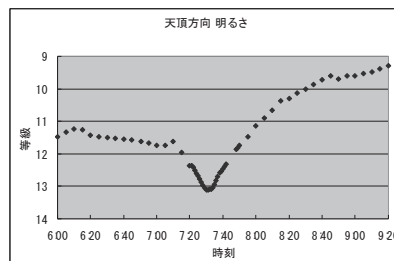
眼視観測によって，第1接触から第4接触までの時刻を求めた。

第1接触	第2接触	食の最大	第3接触	第4接触
6:18:21	7:30:46	7:31	7:33:05	8:57:29

（2）明るさについて

①天頂方向

SQMより，最暗時と最明時の差は1.69等の差となった。07:10から食の最大までは1.49等差の変化となり，急激に暗くなった。また，食の最大は13.11等となり，その後，第3接触後は第2接触前より明るくなった【図2】。



【図2 天頂方向の明るさ】

②北極星方向

SQM より、最暗時と最明時の差は 2.08 等差となった。07:10 から第 2 接触までは、12.21 等から 13.52 等へと暗くなり、1.31 等差と急激な変化となった。また、最暗時は 13.52 等となり、その後、第 3 接触後は第 2 接触前と同じ明るさであった【図 3】。

(3) 温度について

①天頂方向

06:55 から徐々に温度が下がっていった。最も温度が低くなったのは 07:38 であり、最高時と最低時の差は 6.2℃であった。第 3 接触後は、第 2 接触前より温度が高くなった【図 4】。

②北極星方向

最高時と最低時の温度差は 6.4℃であった。06:55 から温度が下がり始め、最も温度が低くなったのは 07:33 であった。第 3 接触後は、第 2 接触前より温度が高くなった【図 5】。

4. 考察

(1) 明るさについて

- ・天頂方向および北極星方向では、07:10 から明るさが大きく変化している。これは、光球面が月によって覆い隠される面積の割合は、食分の変化に対して一定の割合でないため、特に食分が大きくなると、光球面が広い範囲で隠され、結果として急激な変化となる【図 6】。
- ・天頂方向に比べて北極星方向の方が暗くなるのは、太陽が天頂に近い南側を通過するからである。

(2) 温度について

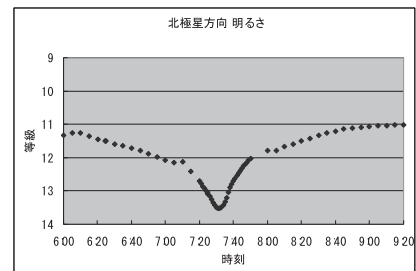
- ・07:10 までの変化の割合が小さいのは、明るさと同様、光球面の隠される部分の割合が小さいからである。
- ・明るさの最暗時刻に比べて温度の最低時刻が遅れるのは、太陽からの放射が一度地表に吸収された後、地表からの赤外放射によって暖められるからである。
- ・食の最大となる時刻の前後で、最高温度が違うのは、太陽の高度が変化しているからである。

5. まとめ

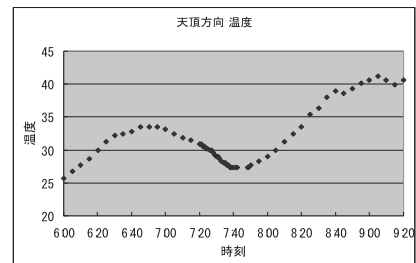
- ・SQM を向ける方角を検討すること。また、撮像による全天の測光観測を行うことで、より正確な観測を行う。
- ・天頂方向と北極星方向の明るさの最暗時と温度の最低時のズレを検討していく。
- ・画像の補正を行い、より正確なデータを集める。

6. 参考文献等

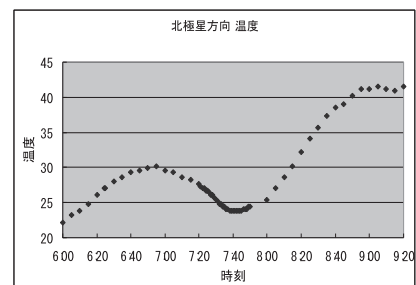
- ・アストロアーツ「金環日食2012」特設サイト <http://www.astroarts.co.jp/>
- ・せんだい宇宙館- 日食Q&A- <http://sendaiuchukan.jp/>



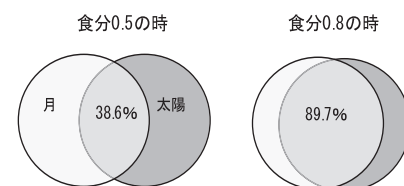
【図 3 北極星方向の明るさ】



【図 4 天頂方向の温度】



【図 5 北極星方向の温度】



【図 6 太陽の発光面積の変化】

金環日食時の照度の変化 ～空の明るさに影響を与えた太陽周辺減光～

富田小冬（小4） 橋口健太 林萌々音（小5） 後藤大輝（小6）

【ハートピア安八ジュニア天文倶楽部】

はじめに

日食は珍しいので何かしたい。そう思ったので私たちはハートピア安八天文台で観測することにした。共同観測することで写真撮影や照度、気温、湿度など一度に多くのデータを分担して取ることができた。

目的

- 日食で起きる様々な変化（照度、気温、湿度）を調べる。
- 日食時の空の明るさの変化を調べ、その原因を明らかにする。

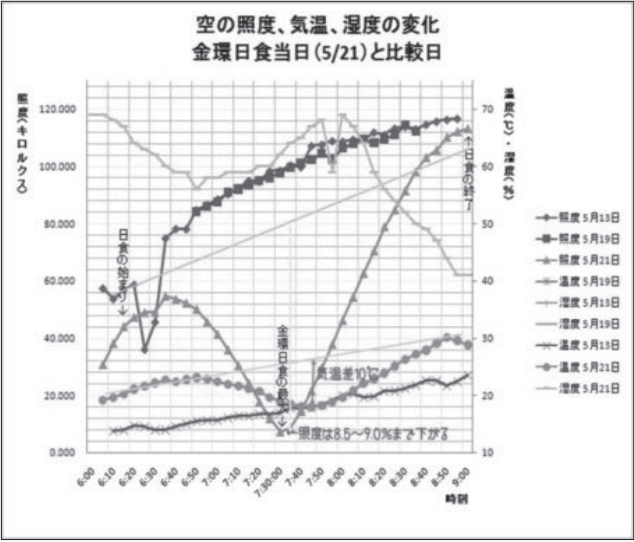
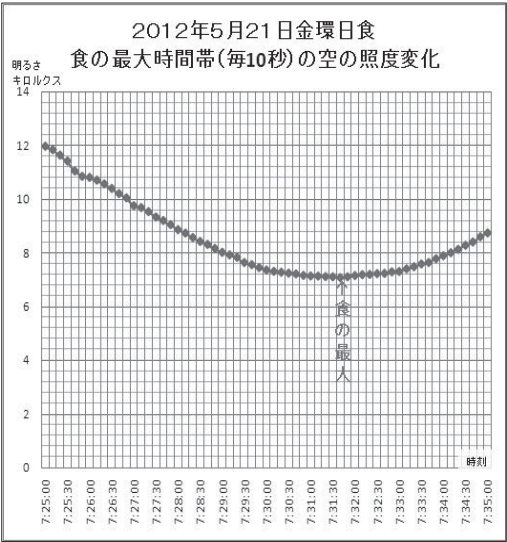
観測方法

- 金環日食の経過を写真に撮る。
一眼レフカメラ＋広角レンズ、口径10cm望遠鏡＋一眼レフカメラ、空全体の写真撮影。
- 空と太陽の照度、温度、湿度の変化を調べる。
太陽の明るさは老眼鏡の直焦点像に照度計を付けて計測。
太陽の明るさは照度計だけ計測。食の最大は照度計をビデオで撮影する。これらを6時10分から9時00分まで5分毎に撮影。ただし、7時25分から7時35分までは30秒ごとに撮影。



観測結果

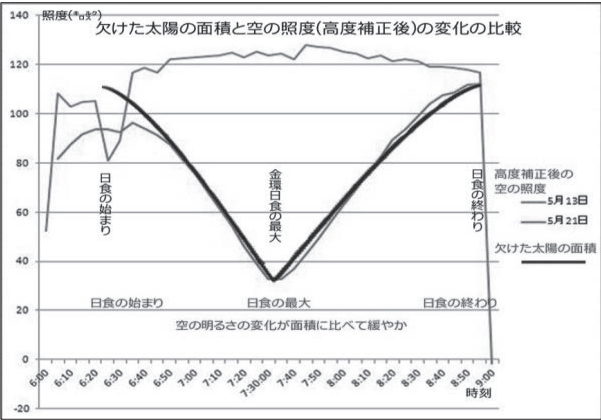
- 食の開始30分以降は快晴になり安定したデータを取得できた。
- 照度：太陽が欠けていくと値が下がり、食の最大で最低値になる。満ちていくと照度が高くなり、通常の日と同じ明るさになる。
 - 気温：気温は食と共に下がり7時45分が最低値となった。日食のない日の気温と比較すると、約9℃下がっていた。
 - 湿度：湿度は約15分遅れで食の進行の様子が数値に現れた。
- 食の最大時の照度は、日食のない日の照度と比較をすると8.5～9.0%まで低下した。このように「日食によって値がどのくらい下がったか？」を調べる為に、日食ではない通常の日の比較用データを利用した。老眼鏡を使った照度の測定に失敗した為、天気に恵まれ比較的良好なデータが取れた空全体の明るさのデータをもとにし、より詳しい解析を進めた。



解析と考察

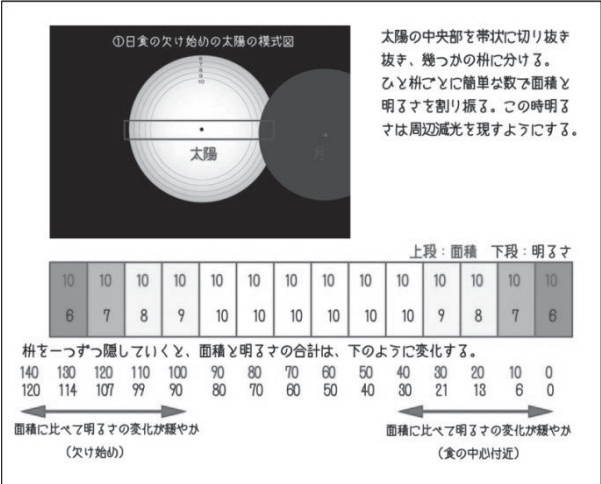
太陽の拡大写真をもとにかけた太陽の面積を求めた。面積と照度のグラフを比較した。

まずは高度補正を行った。食の始まりの前後は雲の影響を受けてデータが乱れている。高度補正は日食による太陽の形(面積)の変化と照度の変化を詳しく比較するために、高度による明るさの変化の影響を取り除くという目的がある。日食とほぼ同じ天気だった5月13日の太陽高度と空の明るさのデータを基準として高度補正を行った。日食開始後データが安定した6時35分と、終了後の8時55分の照度値を基準にして、日食当日の観測値に補正した値を加減した。面積と照度には大きな関係が認められた。



面積と照度の測定値のグラフの傾きについては、特徴的な違いがあることに気が付いた。日食の始まりのころ、食の最大の頃、食の終わりのころでは、照度の変化が面積に比べて緩やかなのである。欠け始め、食の最大、食の終了時には、変化の大部分が太陽の周辺部の変化である為、暗い部分の変化は全体に及ぼす影響が少なくなり、結果、グラフの傾きが緩やかになると考えた。

グラフ形状の違いの原因が太陽の周辺減光と仮設して、右図のような模擬実験を行った。日食と同じようにマス隠していき、照度と面積の変化の結果をグラフにした。



結論

観測から得られた空の明るさと太陽の面積の変化を示した高度補正後のグラフ、模擬実験から求められた、それぞれの変化を示したグラフを見比べると、その特徴が全く同じであることが分かった。つまり、観測で得られた空の明るさは、仮説の通り太陽の周辺減光の影響を示していた。また、欠けた太陽の面積の計算結果と空の明るさの観測結果から、欠けていない時の値に対する食の最大時での値は、面積で11.6%、明るさで約9.0%となり、太陽の周辺減光を裏付ける結果となる。空の明るさは太陽の周辺減光を反映して変化していると結論づけられた。

食が深くない部分日食でも、単に空全体の照度変化から周辺減光が分かることが明らかになった。これは大きな発見であった。また、手を伸ばした時の爪の大きさよりも小さな太陽のさらに周辺の明るさの違いが、空全体の明るさにまで影響を及ぼしていることは、驚きであった。

謝辞

最後にこの研究指導に当たり多くの助言をいただいた、愛知県立一宮高等学校の高村裕三朗先生、岐阜県立情報科学芸術大学院大学の和田喜孝先生に、この場を借りて感謝の意を表します。

金環日食観測会 ―空に輝く光のリングを見る―

相田和泉/小山奈々/滝口可奈子/中山茜 …… (2年)

大野亜優/角井麻衣子 …… (1年)

【星野高校天文部】

1 はじめに

2012年5月21日に金環日食が起こった。これは日本では1987年9月23日に沖縄本島などで見られた金環日食以来25年振りのものである。次回は18年後の2030年6月1日に北海道で見られるものになってしまい、地元で観測出来る機会は少ない。そこでわたしたち星野高校天文部はこの金環日食を観測する予定を立て、当日には観測会を開くことにした。

これと並行して、星野学園小学校の生徒を対象にした観測会も実施した。わたしたち天文部は金環日食を撮影する撮影班と小学生と一緒に観測をする観測班に分かれて当日まで準備を行った。

2 方法

撮影班：校舎の屋上にカメラを用意し撮影を行った。

観測班：望遠鏡・ピンホールカメラ・老眼鏡を用いた投影機の3つを用意した。また、当日は用意した日食メガネを人数分使用し、肉眼での観測も行った。



図1 左から望遠鏡・ピンホール・投影機・日食メガネ

観測班の最大の目的は「小学生に楽しんでもらうこと」なので、小学生が飽きないように様々な工夫をした。

①望遠鏡

望遠鏡には複数人が一度に観測出来るように太陽投影板を取り付け、複数人が同時に日食の経過を見られることが出来る形にした。



図2 投影版を付けた望遠鏡での観測の様子

②ピンホール

画用紙にピンで穴を空け、地面に日食の経過を投影した。この際、子どもでも楽しめるように版權キャラクターの絵を描き、その形に穴を空けた。



図3 ピンホールでの観測の様子

③ 投影機

工作用紙とアルミホイルで作成した投影機に老眼鏡のレンズをセットする。これによって拡大された形で金環日食が投影された。



図4 投影機での観測の様子

3 結果

撮影班：食の最大時刻である午前7時34分頃の空には少し雲が出ていたが、金環日食の経過を無事に撮影することが出来た。



図5 撮影班による金環日食の経過写真

観測班：小学生だけでなく付き添いの先生方、観測を観にいらした校長先生も楽しんでくれたようだった。投影版を利用した観測なども上手に行えた。

また、嬉しいことに後日小学生から感謝の手紙を頂いた。当日まで必死に準備したことが実を結んだので嬉しかった。



図6 観測中の写真・小学生からの手紙の写真

4 まとめ

2012年は金星に関する天体イベントが多く、この金環日食以外にも6月6日に金星の太陽面通過、8月14日に金星食と有意義な観測が出来た。しかし太陽面通過は雲に覆われて肝心の通過の瞬間を観測することは出来ず、また、金星食もはっきりと見ることは出来なかった。それらに比べて今回の金環日食は美しいものを見ることが出来、自分たち以外にも楽しんでもらえて満足出来た。

5 参考

国立天文台 金環日食

<http://naojcamp.mtk.nao.ac.jp/phenomena/20120521/>

つくば星の会 日食観察用「ピンホール式太陽投影機」を作ろう

<http://www.asahi-net.or.jp/~hw9a-kbnw/thk/eclipse120521/eclipse120521b.html>

$$\tan \Delta \theta = \tan (\theta_2 - \theta_1) = \frac{\tan \theta_2 - \tan \theta_1}{1 + \tan \theta_2 \tan \theta_1}$$

今、 $L \gg R_1$ 、 $L \gg R_2$ と $1 \gg \tan \theta_1$ 、 $1 \gg \tan \theta_2$ なので、

$$1 + \tan \theta_2 \tan \theta_1 \approx 1 \text{ とおくことができる。}$$

$$\tan \Delta \theta = \tan \theta_2 - \tan \theta_1 = \frac{R_2 \sin H_2}{L - R_2 \cos H_2} - \frac{R_1 \sin H_1}{L - R_1 \cos H_1}$$

$$\begin{aligned} \tan \Delta \theta &= \frac{(R_2 \sin H_2)(L - R_1 \cos H_1)}{(L - R_2 \cos H_2)(L - R_1 \cos H_1)} - \frac{(R_1 \sin H_1)(L - R_2 \cos H_2)}{(L - R_1 \cos H_1)(L - R_2 \cos H_2)} \\ &= \frac{LR_2 \sin H_2 - R_1 R_2 \sin H_2 \cos H_1 - LR_1 \sin H_1 + R_1 R_2 \sin H_1 \cos H_2}{L^2 + R_1 \cos H_1 R_2 \cos H_2 - L R_1 \cos H_1 - L R_2 \cos H_2} \end{aligned}$$

ここで、

$$L \gg \begin{cases} R_1 R_2 \sin H_2 \cos H_1 \\ R_1 R_2 \sin H_1 \cos H_2 \\ R_1 \cos H_1 R_2 \cos H_2 \end{cases} \quad \text{なので省略できると考え、省略した。}$$

$$\tan \Delta \theta = \frac{LR_2 \sin H_2 - LR_1 \sin H_1}{L^2 - L R_1 \cos H_1 - L R_2 \cos H_2}$$

$$\tan \Delta \theta = \frac{R_2 \sin H_2 - R_1 \sin H_1}{L - R_1 \cos H_1 - R_2 \cos H_2}$$

$$(L - R_1 \cos H_1 - R_2 \cos H_2) \tan \Delta \theta = R_2 \sin H_2 - R_1 \sin H_1$$

$$L = R_1 \cos H_1 + R_2 \cos H_2 + \frac{1}{\tan \Delta \theta} (R_2 \sin H_2 - R_1 \sin H_1)$$

この L を求める式に、 $R_1 = 4947 \text{ km}$ $R_2 = 5424 \text{ km}$ $H_1 = 53.14^\circ$ $H_2 = 63.92^\circ$ $\tan \theta = \tan 0.1362^\circ = 0.0023771$

を代入し、計算すると

$$L = R_1 \cos H_1 + R_2 \cos H_2 + \frac{1}{\tan \Delta \theta} (R_2 \sin H_2 - R_1 \sin H_1)$$

$$L = 4947 \times \cos 53.14^\circ + 5424 \times \cos 63.92^\circ + \frac{1}{\tan 0.1362^\circ} (5424 \times \sin 63.92^\circ - 4947 \sin 53.14^\circ)$$

$$= 4947 \times 0.599861793 + 5424 \times 0.439625672 + \frac{1}{2.377142919 \times 10^3} (5424 \times 0.898181088 - 4947 \times 0.800103636)$$

$$= 5352.045935 + \frac{1000}{2.377142919} \times 913.621534$$

$$= 5352.045935 + \frac{913621.534}{2.377142919}$$

$$= 389688.0177 \text{ km}$$

5. 結果と考察

月までの距離は 38 万 9700km と求められた。国立天文台天体暦のデータから算出した距離は、40 万 5800km であり、誤差は約 4% である。入来の写真がもっと鮮明で、多くのデータあれば、より誤差の少ない結果になったと思う。

参考文献

国立天文台天体暦 理科年表 国立天文台 VELA データ ステラナビゲータ ver. 9

地球の自転効果に因る日食時の月までの距離と月の速度の測定

---日食画像の解析によるケプラー第2法則の確認---

村松直哉，新井直之（2年），田中哉太，中沢昇平，酒井直哉，竹内秀幸，田村暢（1年）
篠原史也（3年）【長野工業高等専門学校天文部】

1. はじめに

人は、両目で見る風景の違い（視差）から遠近感を得る。2009年の皆既日食の際に、長野高専天文部では、離れた2点間での画像から、視差を求めて、月までの距離を測定した。今回、2012年5月21日の金環日食の際に、食分と明るさ、及び温度などを測定した。画像から太陽の面積を求めるプログラムを作成し、太陽の面積と明るさの関係を解析した。図1は、太陽の面積の時間変化を示している。図のように、食の始まりから金環の時間より、金環から食の終わりまでの時間の方が7分長いことが判った。この原因は、地球（観測者）の自転に因って、月の見かけの速度が変化しているためだと考えられる。そこで、1カ所で観測された画像データから、観測者の自転の効果を考慮して、月までの距離と月の公転速度を導出してみた。

2. 観測

観測日：2012年5月21日 5時44分から9時

観測場所：長野県塩尻市吉田小学校（E 137° 57' 19.5" N 36° 09' 55.7" 高度 644m）

観測方法：デジタル一眼カメラ、シャッタースピード 1/320[s]、F11、ISO200（図1）

ソフト：Processing、すばる画像処理ソフト マカリ

3. 太陽の面積変化

太陽の見かけの面積を求めるために、画像を明るさで2値化して、明るい太陽像の部分と暗い背景の部分とに分けて、明るい部分のpixel数を数え上げた。自動解析用のプログラムをプログラミング言語”Processing”を用いて作成した。測定した数値の最小の値を食の最大として図1のようにまとめた。

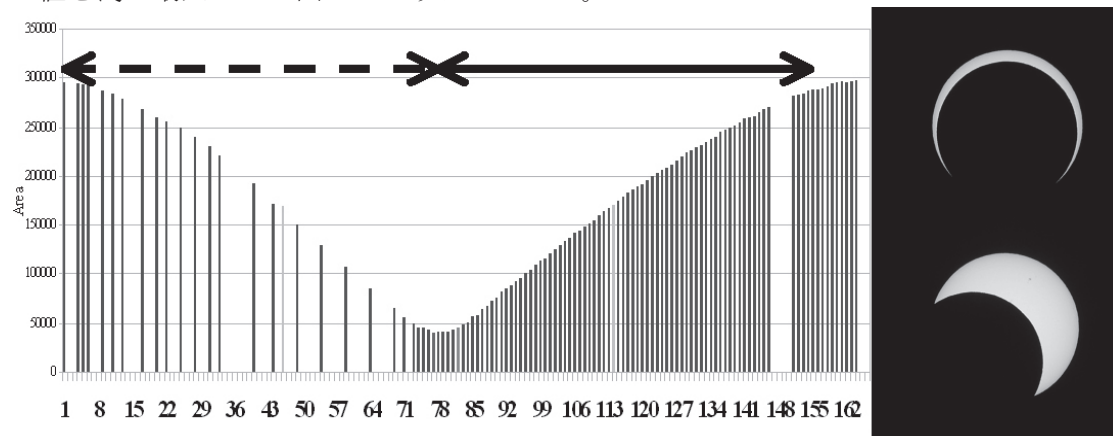


図1 太陽の面積の時間変化（左）と解析に使った画像例（撮影：長野高専天文部）
第1接触から面積最小までの時間差と面積最小から第4接触までの時間差が7分間ある。

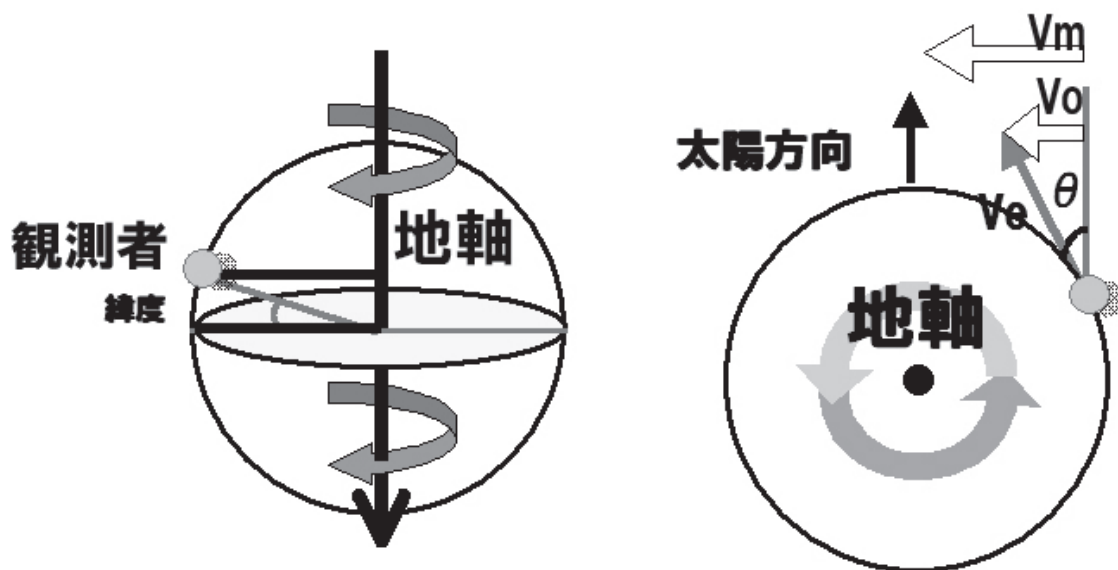


図2 太陽から見た観測者の自転（左）と月の公転面から見た観測者の速度（右）

4. 地球-月間の距離算出

観測者からの太陽に対する見かけの月の角速度 ω [rad/s]は、月の速度を V_m [m/s]、観測者の月の移動方向に射影した速度を V_o [m/s]、月までの距離を R [m]とすれば、

$$\omega = (V_m - V_o) / R$$

となる。ただし、 V_o は、太陽の高度 θ [rad]により変化し（図2右）、また、緯度（図2左）や地軸に対し月の見かけの進行方向（2012年金環日食では約 30° 、2009年皆既日食では約 20° ）に依存する。地球の自転速度を V_e とすれば、 $V_o(\theta) = V_e \cdot \cos(\text{緯度}) \cdot \cos 30^\circ \cdot \sin \theta$ [m/s]と表される。

ここで、月の角速度 ω の θ 依存性を測定すれば、 R と V_m が同時に求める事が出来る。

（連立方程式 $\omega_1 = (V_m - V_o(\theta_1)) / R$, $\omega_2 = (V_m - V_o(\theta_2)) / R$ より、 R と V_m が求まる。）

同様に、2009年7月22日の皆既日食時のデータも解析した。

5. 結果と考察

上記の方法より、2012年金環日食時の月までの距離は $(4.1 \pm 0.1) \times 10^8$ [m]、月の速度は $(9.3 \pm 0.2) \times 10^2$ [m/s]となった。また、2009年皆既日食時の月までの距離は $(3.6 \pm 0.3) \times 10^8$ [m]となり、月の速度は $(1.05 \pm 0.1) \times 10^2$ [m/s]となった。月の距離と速度の積は、金環日食時と皆既日食時ではほぼ同じ値である。このことより、日食時で、「面積速度が一定である」というケプラーの第2法則が成立していることが確認できた。

6. まとめ

地球（観測者）の自転効果を使って、1観測点でのデータから、日食時の月までの距離と、月の速度を導出できた。さらに、皆既日食と金環日食の解析より、金環では月が遠く、皆既では月が近いだけでなく、金環では月が速く、皆既では月が遅い事が確かめられた。これらより、ケプラーの第2法則が成立していることが確認できた。

今回の解析で、太陽の面積を測定するプログラムを制作したので、各地の大量のデータを短時間で解析できるようになっている。そこで、各地のデータを解析することで地球上を通過した月の影の速度を正確に追う事ができると考えられる。皆さんのデータの提供を期待しています。

BSアンテナによる金環日食の電波観測

梶原悠、須田麻美、野間千尋、山崎祐輔(高3)、
安藤史剛、金子雄祐、鈴木遙香(高2)、
石川悌義、加茂広大、黒須裕真、黒宮直央、鈴木広希、山下智輝、横山雄基(高1)
【埼玉県立蕨高校地学部】

1. はじめに

電波も赤外線も、目には見えないが光(=電磁波)の一部である。人体や天体を含め、すべての物体はその温度に応じた強度のさまざまな電磁波を放射している(黒体放射)。

私たちは市販のBSアンテナ(直径50cm)を使った電波望遠鏡を組み上げ、太陽や月が放射する電波の強度を測定してきた。

そして昨年5月21日、金環日食という珍しい現象があり、望遠鏡や肉眼での観測に加え電波での観測を行った。

2. 目的

私たちは次の3点を目的として観測を行った。

- 1) 日食中の太陽電波の強度変化を捉える。
- 2) 光学観測と比較することで太陽面における電波の放射領域を探る。
- 3) 得られたデータから太陽表面の電波強度の分布を推測する。

3. 観測方法

BSアンテナで太陽を追尾し、月に隠される太陽の電波強度を測定した。アンテナでとらえた電波を検波器で直流の電流に変換し、テスターで電圧として強度を測定し、パソコンでデータを自動記録した。

また、15分おきに空の電波を測定し、これを太陽の電波強度から引くことで、観測機材などの雑音を排除する。このとき、アンテナが一台しかないため太陽電波の測定が一時的に途切れる。



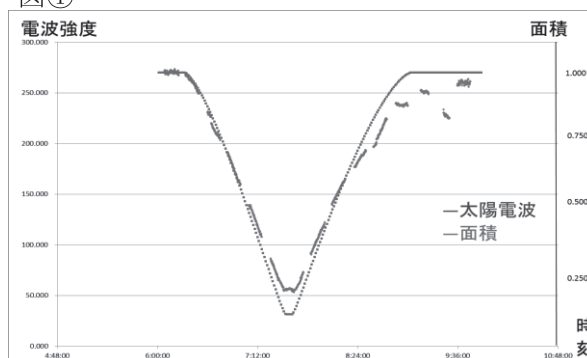
図①

4. 観測結果

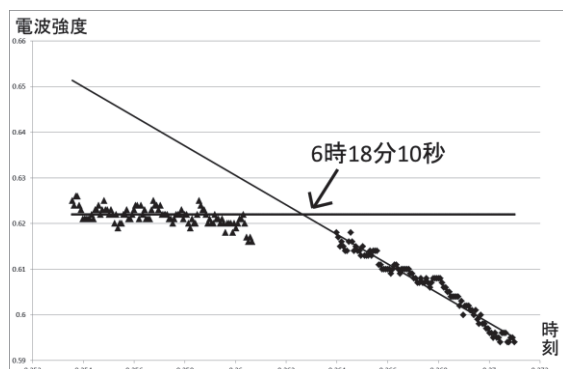
観測結果をまとめ、面積変化のグラフと重ね合わせた(図①)。

一部欠けているのは空の電波を測ったためである。

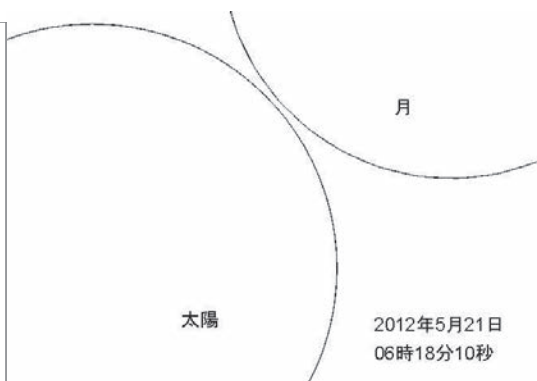
面積は山口大学の藤沢先生に計算していただいたものを使用している。



5. 考察・展望



図②



図③（ステラナビゲータより作成）

まず、電波強度の変化の様子と面積の変化の様子は概ね合致し、日食中の太陽電波の強度変化を捉えられていることが分かった（図①）。

また、第一接触あたりのデータをよく見ると（図②）、電波強度が低下し始めた時刻は6時18分10秒であることが分かる。蕨高校での第一接触の時刻は6時19分20秒なので、時間にして70秒の差があることが分かった。天体シミュレーションソフトであるステラナビゲータを使用し（図③）この距離を測る。ステラナビゲータ上の太陽の直径と差の比は、137:2であり、太陽の実際の直径は140万kmなので $140万/137 \times 2 \approx 2万$ 。したがって太陽の光球から約2万kmの地点までから電波が放射されていると推測できる。

2万kmというと彩層より高く、コロナのかなり下部にあたる。よって太陽は主に彩層からコロナの下部くらいまでの領域から電波を放射していると考えられる。つまり電波で見る太陽は可視光で見る太陽よりも大きいのである。

次に金環食のあたり（図①中心下部）を見ると、食の最大付近で面積の減少に比べ太陽電波強度の低下が明らかに緩やかになっている。これは彩層やコロナから放射された電波をアンテナが拾っているためではないかと考える。つまり途中からは彩層やコロナの遮られる面積が光球の面積に比べて少なくなりその分の電波強度が強くなったため全体の電波強度の低下が緩やかになったのではないかと考えた。

今後の展望としては、光球の領域による電波強度の差があるのかという点についてと、電波が2万kmまでから放射されているとしたが、なぜコロナの上、中部からは放射されていないのか、それともBSアンテナが電波を捉えられなかっただけなのだろうか、という点について追及を続けたい。

謝辞

半田先生（鹿児島大学）、藤沢先生（山口大学）、時政先生（佐用町生涯学習課）の先生方には本研究において様々なアドバイスをいただきました。感謝申し上げます。

参考文献

- 1) シリーズ現代の天文学第10巻太陽（日本評論社）
- 2) シリーズ現代の天文学第16巻宇宙の観測Ⅱ電波天文学（日本評論社）
- 3) 天体観測の教科書 太陽観測編（誠文堂新光社）

世界で一番小さい電波望遠鏡で観測した 2012 年金環日食

藤田稜介（高2） 桐山雅通（高2） 湯上裕介（高2） 中村 涼（高1）

【巣鴨高等学校 地学班】

1. はじめに

2009 年 7 月 22 日に、東京では部分日食が見られるはずだったが、厚い雲に阻まれた。このとき、先輩たちは「世界で一番小さい電波望遠鏡」（中島潤一, 2004）を用いて、太陽電波の強度の変化として日食を観測することに成功した（栗本ら, 2011）。そこで、僕たちも 2012 年 5 月 21 日の金環日食を先輩たちが用いたものと同じ電波望遠鏡で観測した。

その後、僕たちの観測結果を集計・整理したところ、いくつか問題点が見つかったので、それらについて検証した。

2. 観測方法

(1) 観測機材

「世界で一番小さい電波望遠鏡」

- ・パラボラアンテナ TDK 製、BS-TA352
- ・検波器 エレクトロデザイン製、RFD-1500
- ・デジタルテスター 三和電気計器製、PC20

(2) 観測地

巣鴨学園校舎屋上（東京都豊島区）

北緯 $35^{\circ} 44'$ 、東経 $139^{\circ} 43'$

(3) 観測時間

東京での日食の時間は 6 時 19 分 02 秒から 9 時 02 分 37 秒まで、金環は 7 時 31 分 59 秒から 7 時 37 分 00 秒まで、最大食分は 7 時 34 分 30 秒の 0.969 と予測されていた。

そこで、6 時 09 分から 9 時 09 分までの 3 時間、観測した。

(4) データの取得方法

次の①から④の 4 つの操作を 1 サイクル（9 分間）とした。

パラボラアンテナは頻繁に向きを変える必要があるため手で支えた。

検波器やテスターに直射日光が当たると計器の温度が変わり測定値の誤差が大

きくなると考え、パラボラアンテナのみを日向に置き、他の機材は日影に置いた。

- ①太陽や建物のない方向にパラボラを 1 分間向けた。このときの受信値の最小値を V_{sky} とする。
- ②太陽にパラボラを 6 分間向けた。このときの受信値の最大値を V_{sun} とする。
- ③電波吸収体にパラボラを 1 分間向けた。
- ④最後の 1 分間で観測値を確認した。

3. 観測結果

6 分間の V_{sun} の平均値から前後の V_{sky} の平均値を引いた値を、ひとつのサイクルでの太陽の電波強度とした。食の前後に対する相対値として太陽電波の強度の変化を求めた。

そして、食分と食面積を、 $(1 - \text{食分})$ および $(1 - \text{食面積})$ により、食されていない部分つまり輝面側の比率に変換して、これらと観測値を比較した（図 1）。

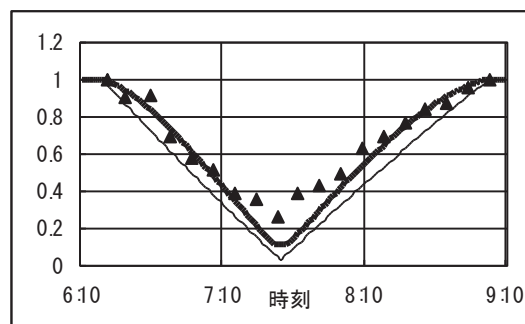


図 1 観測結果

▲：観測値、細線：食分、太線：食面積
食分と食面積は輝面に変換した。
縦軸は食前後の値を 1 とした相対値。

観測値を、食分・食面積と細かく比べると、ややずれているものの、金環前までは値が下がり、金環後には値が上がるという

傾向は同じだった。

ただし、金環となる時間の前後では、観測値が食分・食面積の値よりも少し大きくなっていた。

4. 考察

(1) 食分・食面積と観測値の比較

図1にもとづいて先述したように、観測値の変化の様子は食面積の変化の様子とほぼ同じだが、金環食前後の観測値が食分・食面積の値より大きくなっていた。

(2) 金環前後で値が上がった理由

図1に見られるように、金環となる時間の間は、電波強度の値が食面積と比べて0.06だけ大きくなっていた。これには、次の2つの原因が考えられる。

①月による影響

月の電波が太陽の電波強度に影響しているのではないかと考えた。月の日影の温度を200Kとし、月による電波がどれほど影響しているのかを計算したところ、ズレの2/15程の影響を与えているという結果が得られた。

よって、月の影響だけでは値のズレを説明しきれないと判断した。

②雲による影響

金環前後で、一時的に雲が太陽にかかったために値が上がったと考え、昨年12月に同じ電波望遠鏡を用いて雲から放射される電波を観測したところ、空の値(V_{sky})よりも弱いものの、電波を放射していることが分かった。

金環日食中の湿度が5月の平均的なものだったとすると、雲の温度は0～5℃と見積もられる。先述した月による影響の残りの13/15を雲が放射した電波によるとすると、雲の視直径が1.1°くらい、またはそれに相当する雲量の時と求められた。

しかし、当日の写真や動画から、金環中の雲量を判断することはできなかった。

(3) 金環日食を観測できたといえるか？

図1に示したように、観測値の変化の様子は食分・食面積とほぼ一致しており、金環日食を観測できたように見える。

しかし、金環食中の5分間は食分・食面積が一定になるはずであるが、金環食中の

電波強度は一定とはいいいにくい(表1)。

表1 金環食中の電波強度の変化

時刻	電波強度
7:31	0.20
7:32	0.34
7:33	0.28
7:34	0.27
7:35	0.21
7:36	0.17
平均	0.25 ± 0.051

電波強度は食前後を1とした相対値

ただし、あくまでも仮定にもとづく計算ではあるが、先述した月と雲による影響を考慮すると、表1の金環食中の観測値は、ほぼ一定とみなせる。

したがって、僕たちは「世界で一番小さい電波望遠鏡」を用いて、金環日食の観測に成功したとみなすことができた。

5. 今後の課題

金環日食の観測に成功したといえるが、あくまでも仮定にもとづく計算結果を根拠としており、観測成功を強く主張することは難しいと感じている。

雲の影響、月の影響について、当時の雲の温度及び大きさ、月の日影の電波強度などの値を得られないか、今後の研究課題として後輩たちに取り組んで欲しい。

参考文献

- 栗本貴維・林浩平(2011)「世界で一番小さい電波望遠鏡で観測した2009年7月22日の日食」、生徒理科研究発表会(東京私立中学高等学校協会)
- 中島潤一(2004)「世界で一番小さい電波望遠鏡」、日本天文学会春季年会資料

全国多地点での金環日食の明るさ観測

鈴木雄晴（高3）、山崎竜輔（高2）、伊東健一（高1）【久留米大学附設高等学校】

要 旨

2012年5月21日の金環日食当日、本校の上空は厚い雲に覆われていた。観測隊は早朝に登校して準備していたが、ついに太陽が姿を表すことはなかった。

しかし、事前に設置していた太陽電池は明るさの変化を克明に捉えていた。本校生たちが全国各地で測定したデータも重ね合わせ、日の出からの時間経過によって、電圧が最低となる時刻と実際の極大にどのような差が生まれるのかを考察する。

1. 観測概要

自作の太陽電池モジュールに、英ラスカー・エレクトロニクス製の電圧ロガー(8400円)を接続した。その装置を付近に障害物がない場所に固定し、データロガーにかかる電圧を1秒毎に記録した。

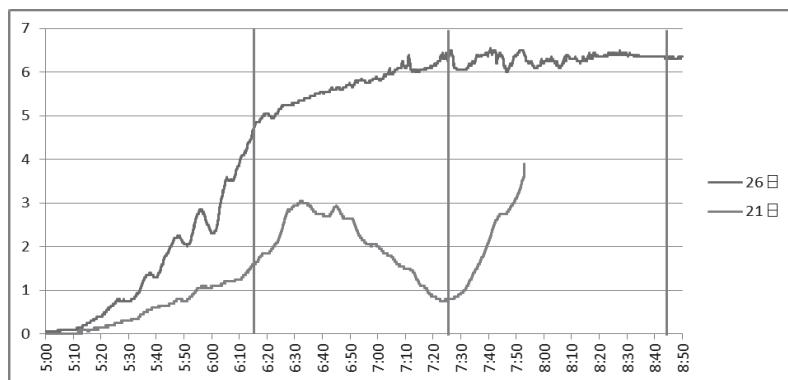
4つの装置間での測定値の差を調べるため、同一日の同時刻にデータロガー2台と太陽電池4基を順に組み合わせて予備実験を行った。その結果、太陽電池によっては数%の誤差が出るのがわかった。多地点間比較ではグラフに反映する。各データロガー間でもわずかに値が異なるが、1%未満のためこれは無視した。

観測は、5月21日の朝に福岡県久留米市(本校)、鹿児島県指宿市、和歌山県沖、東京都で行った。さらに、通常の日々のデータを取るため、26日に再度本校で観測した。

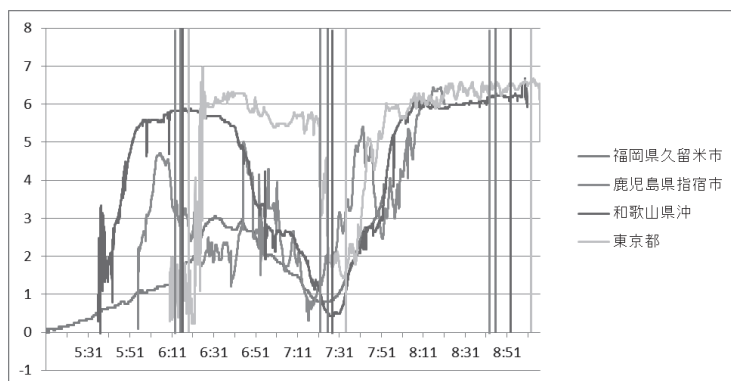
データはテキスト形式でパソコンに取り込めるので、これを表計算ソフトに移してグラフ化や解析を試みた。

2. 結果・考察

まず、福岡県久留米市での21日と26日のデータを比較した(グラフ中の縦線は左から食の始め、最大、終わりを表す。以下同様)。日の出時刻に2分差があるので21日に合わせている。日食当日のものは途中で切れている



ものの、食の様子をよく検出できていることがわかる。食の始まる時刻以前から双方の明るさに差があるが、これは天候の影響と思われる。



次に、前述4地点でのデータのグラフをすべて重ねた。どの地点でも、明るさの変化が食の最大前後に急になる様子が見てとれ(これは太陽面の周辺減光のためと考えられる。鈴木 2009,p.318)、概ね今回の日食を再現することができた。電圧が最低となる時刻を見

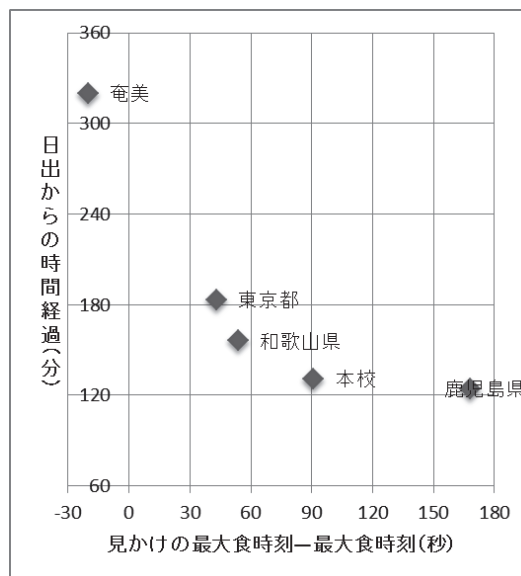
ると、西から東へ向かうにつれ遅くなっていく様子もわかる。

それでは、電圧が最低となる時刻と実際の極大は一致しているのだろうか。測定開始や終了など、値が安定しない状態を除いた最低電圧が、一番長く継続している時刻の中央値を「見かけの最大食時刻」と定義する。すると、見かけの最大食時刻と最大食時刻には数十秒から数分の差があり、西の方ほど大きくなっていった。

これはこの現象が朝の現象だったことに起因すると思われる。本校でのグラフで特に顕著であるが、まだ周囲が明るくなりきらない頃に日食が起きていたのだ。

このことをさらに深く調べるため、4地点のデータに2009年7月22日・奄美大島での日食のデータを交え、散布図上に表した。散布図では、日出から時間がたっている地点ほど最大食時刻のずれが少ないことがわかる。

もっとも、サンプルの数が少ない、食分(深いほど減光・増光が急なため、その分見かけの最大食時刻は正確になる)の差を考慮していないなど問題点も多い。簡単な装置で朝の日食の特徴をつかめることを示したというのが今回の結論といえるだろう。



3. まとめ

人間の視覚は様々な明るさに対応することができる。言い換えれば、日食での明るさの変化がわかりにくいということだ。それを想像力で補うのに、明るさのグラフは非常に役に立つ存在だ。今回食の最大に注目したが、これらのデータには他にも様々な可能性が眠っているのではないだろうか。例えば、時刻による明るさの違いや天候の影響を完全に補正できれば、食分ごとの減光量を求められるかもしれない。我々はこれからも探究を続けていくつもりである。

参考文献・ウェブサイト

- 鈴木雄晴(2009)「星の色からのぞくその素顔 ～天体のスペクトル写真～」、『2009卒業論文・制作集』、久留米大学附設中学校、pp. 317-8
- 国立天文台 天文情報センター 暦計算室 eco.mtk.nao.ac.jp

☆≡ 金環日食時と月食時の明るさと環境の変化 ☆≡

大山 楓、高山 繁季、佐々木 祐衣、武田 丈、藤井 湧雅(高2)

加藤 僚記、北川 祐太、佐藤 弘典、厚木 南十、鶴見 稜太(高1)、中村 元太(中3)

【國學院大學栃木中学高等学校 天文部】

1. はじめに

日食時や月食時に月や太陽の光量(照度)はどれだけ変化するのでしょうか。私たちは 2012 年 5 月 21 日の金環日食と 2011 年 12 月 10 日の皆既月食について冷却 CCD やデジタルカメラの映像を通じてその変化を数値的にとらえました。また、金環日食時に気象要素である気温や湿度の変化も調べ、その原因を推測しました。

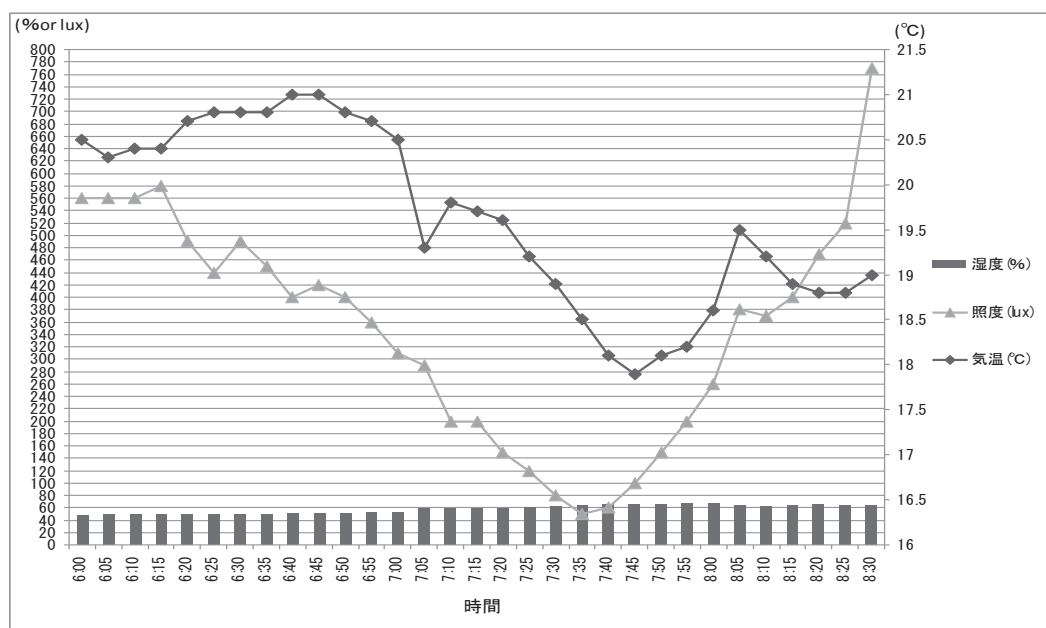
2. 方法

日食の照度は、「天頂照度計測箱」(「2012 年金環日食観測学習連絡会」指定)を作り、それを用い、本校の教室・ベランダ・高校の屋上・中学の屋上でそれぞれ照度、気温、湿度を測りました。照度は照度計、気温・湿度はデジタル温湿時計を使って測りました。

月食の光度は、高校の屋上で冷却 CCD(ビットラン BJ41-C)を使って撮った写真をパソコンに取り込み、ステライメージ ver.6 というソフトを使って『アストロアーツ社』の助言により、「天体部分のみのピクセル値(画像を構成している最小単位のこと)の合計を出す」という方法で光の三原色(R/G/B)に分けて調べました。

3. 結果

それぞれの結果をグラフにまとめました。



-金環日食時における照度・気温・湿度の変化-



-月食時の光度の変化-

4. 考察

金環日食時:金環日食が始まった頃から徐々に気温も照度も下がってきています。さらにそのまま低下し、金環に入った 7:35 頃に最低照度となっています。最低照度は、室外でははじめの照度の $1/14 \sim 2/14$ に下がり、室内では $1/13 \sim 2/13$ に下がりました。別の調べにより金環時には太陽面の 90%が隠れたことが分かりましたが、照度はその割合よりも減ったということになります。また、気温は室外では $4^{\circ}\text{C} \sim 7^{\circ}\text{C}$ 下がり、室内では $3^{\circ}\text{C} \sim 3.5^{\circ}\text{C}$ 下がりました。いずれも光量の変化よりも時間的に遅れて結果がでました。

皆既月食時:光の三原色である赤(RED)、緑(GREEN)、青(BLUE)の光度の変化を表したグラフを見ると、皆既月食時の 23 時 05 分～23 時 58 分にかけて、赤の光が強かったことが分かります。また、その値は一番光が弱い青と比べると約 50 倍強いことが分かりました。満月の光量に比べ、皆既中の一番弱いときで R は $1/2000$ 、B と G はそれ以下であることが言えます。皆既中は小刻みに明るさは変化していますが、はっきりした極小値が見られませんでした。地球の影にすっぽり入ったからといって、一番暗くなるとは限らないことに気付きました。

5. まとめ

日食時や月食時の光量の変化は今までは目でしかとらえていませんでした。しかし、今回、デジタル技術を使い、明るさを数値化することによって様々なことが分かり、興味がそそられました。

金環日食による気象変化

遠山 剛将・眞鍋 智史・西田 侑加・酒井 祐実・高橋 由夏・森田崇史（高1）

【兵庫県立舞子高等学校天文気象部】

1. はじめに

2012年5月21日の金環日食が気象にもたらす影響を調べました。観測項目は、気温・湿度・照度・日射量・面積比（直径比）です。また、これらを比較するため、金環日食当日とよく似た天候条件である5月23日にも測定しグラフにまとめ比較しました。

また、本校のある場所は、金環日食の北限界線にきわめて近く、リング状に見えるか、部分食に見えるか、期待を持って観測に臨みました

2. 方法

(1) 気温・湿度・照度

本校では、以下の2か所の観測地点で、測定しました。

① グランド 東経135度3分23秒 北緯34度39分29秒 標高40m

② 校舎屋上 東経135度3分19秒 北緯34度39分26秒 標高58m

気温・湿度は、データロガー機能付の温湿度気圧計[MHB382]を用いて測定しました。これを地表(床)から150cmの高さで直射日光が当たらず、通気性のある箱に入れて測定しました。照度は、データロガー機能付の照度計[LX2000SD]を用い、自作の照度測定箱に入れて測定しました。これは、『日食観測学習の手引き』を参考に、コピー用紙の空き箱の内側に、黒画用紙を貼り、中央に開けた円形窓の底に照度計の測定部を配置します。円形窓の大きさは、測定部から天頂をみると立体角が0.1ステラジアンになるようにしました。2ヶ所とも地面(床)にまっすぐ天頂を向くように置き、天頂方向の照度を測定しました。人間が目で感じる明るさとは異なるが、周囲の状況に左右されずに測定できたと思います。

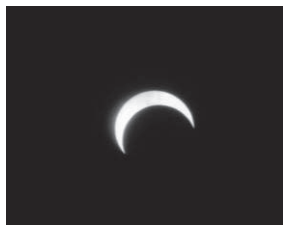
(2) 日射量

本校屋上には、太陽光パネルが設置してあり、常時、日射量や発電電力量を事務室前パネルに表示しています。このパネルと電波時計を一緒に撮影し、変化を調べました。

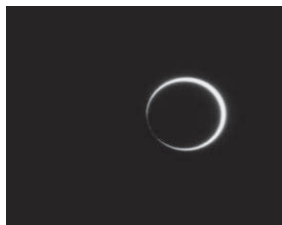
(3) 直径比

撮影した写真の月により食された部分の対称軸方向の距離を元の太陽面の直径で割ることにより、どの程度日食が進んだかがわかり、他のデータと比較することで、日食の進行との関連性が見つけられます。ただし、前半は、雲が多く、写真が撮れませんでした。

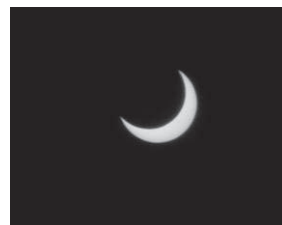
7時18分00秒



7時30分45秒

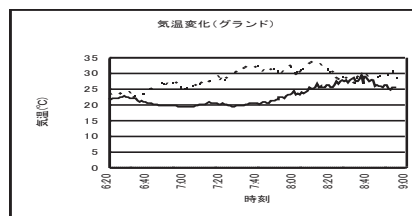
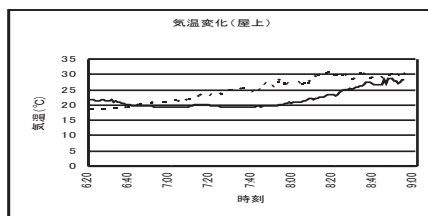


7時45分06秒

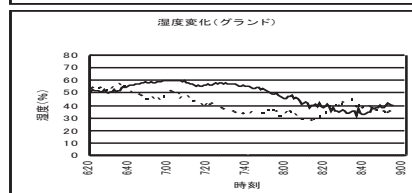
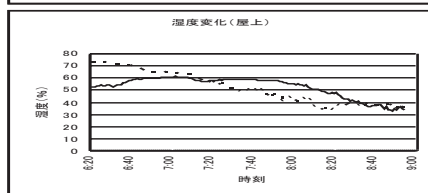


3. 結果 (5月21日は実線, 23日は点線)

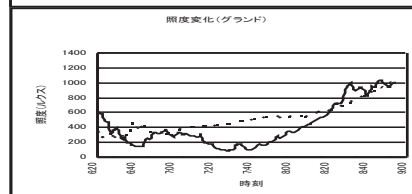
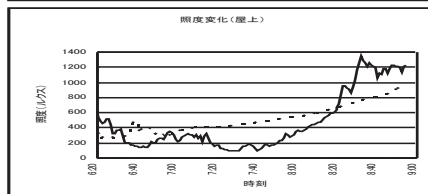
(1) 気温変化



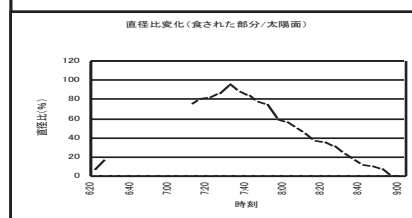
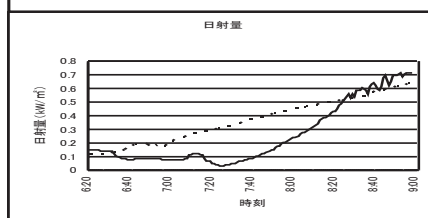
(2) 湿度変化



(3) 照度変化



(4) 日射量 直径比



4. 考察

- ① 2ヶ所で、同一項目を測定することにより、データの信憑性があがりました。
- ② 日食の変化とともに、気温が下がり湿度が上がった。これは2日後の計測と比較すると逆の結果になっているので金環日食の影響からなる変化であると考えられる。
- ③ 照度・日射量共、食の始めからゆるやかに低下し食の最大である7時30分頃に最低を記録し、その後ゆるやかに上昇していった。23日は常に上昇しているのも金環日食の影響からなる変化であると考えられる。
- ④ 本当に太陽の恵みはありがたいと感じました。エネルギー問題が取り上げられている今日、太陽光を使って発電することの重要性や可能性を再認識した次第です。
- ⑤ 本校のある場所は、金環日食の北限界線にきわめて近く、リング状に見えるか、部分食になるか実際に見るまで不安でした。幸い、わずかながらリング状になり、ベリリービーズもはっきり見ることが出来ました。

5. 今後の課題

兵庫県下4校による共同研究グループ(HYPAR)で、小惑星の研究観測を行います。また、本校独自には、太陽の活動が活発になると言われている本年、黒点の観測に取り組むと共に、変光星の観測を行う予定です。

〈参考文献〉

日食観測学習連絡会「日食観測学習の手引き(解説書)」

2012 年 金環日食を五つの視点で見る

深井悠未、竹田結美、森今日子(3年)、児玉修一、佐野薫、町田憲治(2年)、澤田幹太、小山紘樹、中嶋麻里、松本美歩、中澤孝仁、岩銅壮平(1年)【新潟県立高田高校地学部】

1. はじめに

本校のある上越地域では、部分日食しか観測できないので、茨城県のつくば市に赴いて観測することにした。班に分かれて、5つの項目について調べた。どの計器の観測結果も日食の影響を受けていて金環日食について深く知ることができた。

2. 観測概要

●観測地・・・茨城県つくば市(東経 140° 6' 40" 北緯 36° 4' 83")

※緯度経度は事前に GPS にて計測。

●観測日時・・・5月21日(月){第一接触(午前6時20分)の10分前(午前6時10分)から、第四接触(午前9時05分)の5分後(午前9時10分)まで行った。}

●観測内容

①日食時の気温、湿度変化・・・デジタル式温湿度計を自作百葉箱の中に設置し観測した。

②日食時の照度変化・・・食面積最大時の太陽高度に合わせ、照度計で観測した。

③太陽電池による日食時の電圧の変化・・・SUNNY 用太陽電池、LIGHTS 用太陽電池の2種類の太陽電池をそれぞれ電圧計につないで計測を行った。

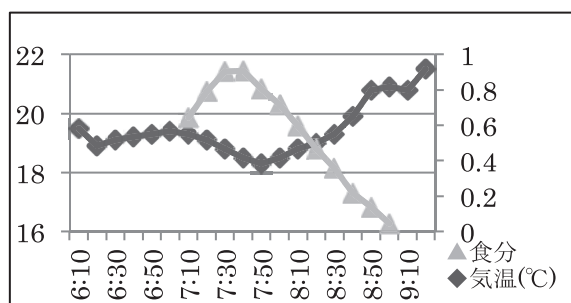
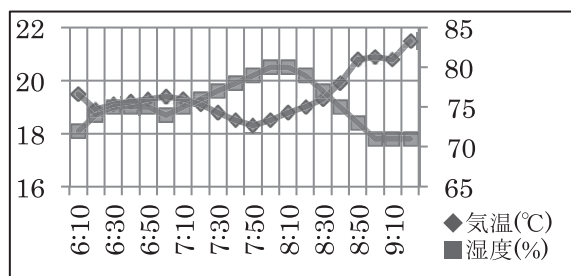
④写真・ビデオ撮影・・・写真は赤道儀を用い、6:10~7:10までは10分、7:10~7:25まで5分、7:26~7:44まで2分、7:45~8:00まで5分、8:00~9:10まで10分の間隔で撮影を行った。

⑤スケッチ・・・太陽投影板に投影して用紙にスケッチした。

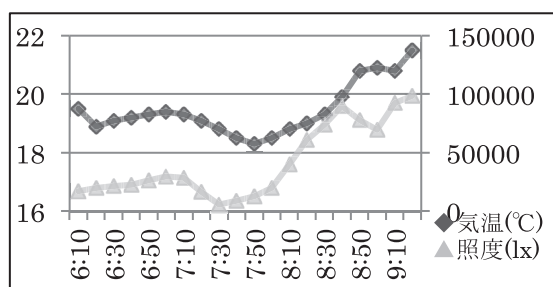
3. 観測結果

[1]気温と湿度の比較 観測初めは、曇っていたため若干の理想値との差はあったが、7:30より気温が下がり始め、7:50に最低気温の18.3℃を観測した。その後は上昇を続け、9:20には21.5℃となった。湿度は、温度と逆の推移を示し、最大で80%となった。

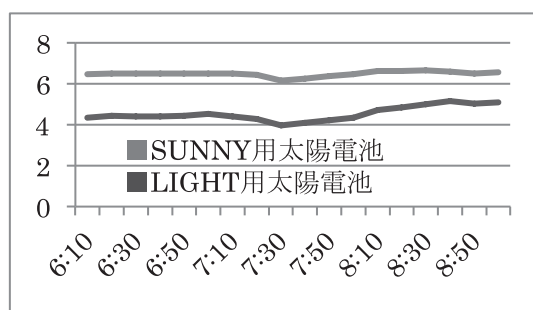
[2]気温と食分の比較 食分が大きくなるにつれて、気温が下がった。食分が最大(7:36)になってから14分後に最低気温が観測された。



[3] 気温と照度の比較 照度は7:00より徐々に下がり始め7:32には観測初めの1/6程度である2980 lxにまで落ち込んだ。それからは、順調に上昇を続け観測終了時(9:20)には98500 lxになった。また、9:00に照度が69600 lxまで落ち込んでいるのは、雲が出ていたためであると思われる。食分変化とおおよそ逆の推移を示している。ただ、食分が7:36に最大であったのに対し、照度は7:32に最小となった。SUNNY用(屋外用)太陽電池は6.0V~6.7Vの間で推移した。また、LIGHTS用(室内用)太陽電池は3.0V~5.15Vの間で推移した。2つのグラフを比較してみると、電圧の全体的な大きさに違いがみられるものの、非常に似かよった推移を示していることが分かる。2種類の太陽電池、照度の3つのグラフ全てにおいて、それぞれ7:32に最小値をとった。

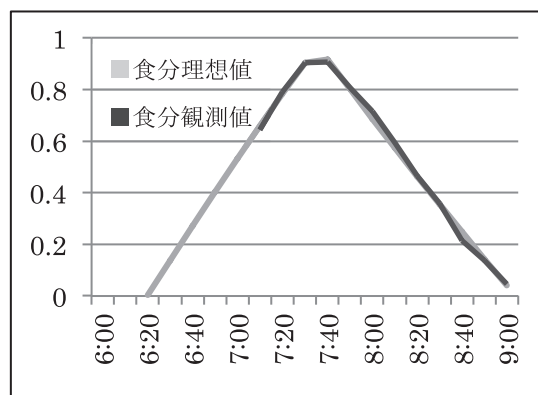


は、雲が出ていたためであると思われる。食分変化とおおよそ逆の推移を示している。ただ、食分が7:36に最大であったのに対し、照度は7:32に最小となった。SUNNY用(屋外用)太陽電池は6.0V~6.7Vの間で推移した。また、LIGHTS用(室内用)太陽電池は3.0V~5.15Vの間で推移した。2つのグラフを比較してみると、電圧の全体的な大きさに違いがみられるものの、非常に似かよった推移を示していることが分かる。2種類の太陽電池、照度の3つのグラフ全てにおいて、それぞれ7:32に最小値をとった。



[4] 写真撮影 概要の通り

[5] スケッチ 太陽投影板に投影し、スケッチを行った。その後、食分の計算を行った。6:00~7:00においては、太陽に雲がかかっており、投影ができなかったためスケッチができなかったが、7:05からは天候が回復しスケッチが可能となった。観測を始めた7:05は食分0.594であったのに対し、食分最大時(7:36)においては0.944となった。7:36からはなだらかに減少を続けた。



上記のグラフは我々の観測結果から計算された食分変化と、予報計算値による食分変化である。この二つを比較してみると、一部でずれが見られるものの、概ね一致していることが見て取れる。いずれも、7:36において食分は最大となった。

4. 考察・まとめ・感想

● 気温が上がるにつれて、湿度が下がったのは、全体の水蒸気量が増加したのではなく、温度が低下に伴い、飽和水蒸気量の低下に起因していると思われる。

● 観測初めはちょうど東の方角に雲がかかっており観測も危ぶまれたが、時がたつにつれて晴れてきたのは良かった。全員がきちんと自らの役割を果たしてくれ、きちんとしたデータをとることができた。このような珍しい現象の観測ができて、有意義な時間を過ごせた。

2012 年 5 月 21 日部分日食・函館での観測結果について

遺愛女子中高地学部

高 2 野口知世

高 3 海老名朱梨 熊澤果奈 高 2 立石美樹 高 1 渋谷比奈 長岡真帆 対馬知穂

中 2 岡田結衣 花田愛海 東 杏華 中 1 岡本珠詩 長谷川咲季

1. はじめに

2012 年 5 月 21 日、東北南部以南では金環日食となる日食が起こった。函館では深くかける部分日食が観測された。私たちは学校で早朝からこの日食の観測を行った。記録画像をもとに食の進行を調べ、食の最大の時間帯、食分を求めた。同時に気温・湿度、学校体育館屋上に設置されたソーラーパネルの発電量などについても調べた。これらの結果から、日食が地表の環境にどのような影響を及ぼしたのかを考察する。

2. 観測方法

事前によびかけ一般生徒も参加してみんなで日食を見よう！という体制を整えた。そのために、ピンホール 20 個、日食眼鏡（アストロアーツの日食シートを利用）80 個を作成した。また、76mm 屈折望遠鏡に投影板をつけたほか、小型望遠鏡にも発泡スチロールボードと傘の骨を利用して投影板をつけたものを複数用意した。午前 7 時 30 分ごろから、教職員、生徒が多数、グラウンドを訪れ、ピンホールや日食眼鏡で欠けていく太陽をながめた。

観測は Astro-Hs 高校生天体観測ネットワークの観測基本マニュアルに従った。

①食の進行の記録：デジタルビデオ、デジタルカメラ（PTNTAX ist*Ds 300mm 望遠、ND400 フィルター2枚使用、固定）による直接撮影（10 分ごと、および食の最大付近では 5 分ごと）

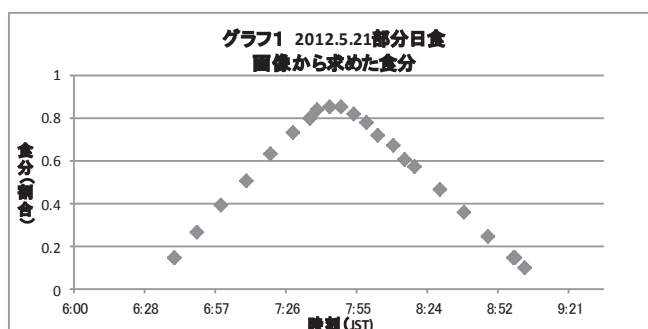
②気温・湿度 校舎わきの日陰・地上約 1 m に乾湿計をつるして計測した。

③空の明るさ 体育館 3 階テラスに固定された SQMLE にゼラチンフィルター D20 を 2 枚貼り付け 1 万分の 1 に減光し、等級を記録した。

④ソーラーパネル発電量：ホールにある表示パネルをビデオで撮影しておき、あとで発電量をよみとった。

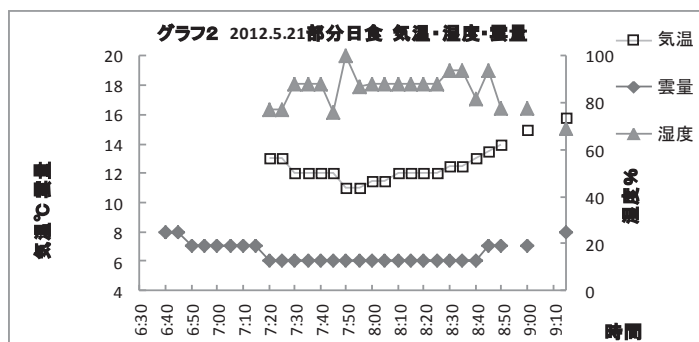
3. 観測結果

① 食分と食の進行 カメラによる画像をもとに食分をもとめ、食の最大の時刻を求めた（グラフ 1）。



画像が 5 分ごとであるため、5 分間隔の値となっているが、最大は 7:45、最大食分 0.85 となった。

② 気温・湿度・雲量 グラフ 2 のようになった。食の最大時には霧がたちこめ、吐く息が白くなって肌寒く感じた。最低気温・湿度 100% になった



時刻は食の最大よりわずかにずれている。一方、3 階テラスに設置された SQMLE に記録された温

度（これは機械内部の温度で必ずしも気温と同じにならないが、相関はある）では8:05まで温度が下がっていた。

- ③ SQMLEにかぶせたゼラチンフィルターがややずれてしまったため当初の予定（ND2 フィルター 2 枚で 10 等の減光）よりも明るくなってしまったが、同じ状況のまま翌日までおき、日食ではない翌日の明るさとは比較できた（グラフ 3）。空は食の最大の時刻に暗くなり、翌日朝の同時刻より約 2 等暗くなった。
- ④ソーラーパネルの表示を読み取った結果ではグラフ 5 のようになった。食が進むにつれて発電量は減少し 7:45~7:50 の間、0.1~0.09kw の値を繰り返した。翌日の同時刻の発電量と比較すると約 8 0%程度の発電量に減少していた（グラフ 4）。

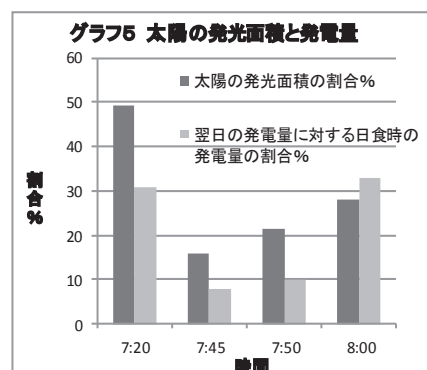
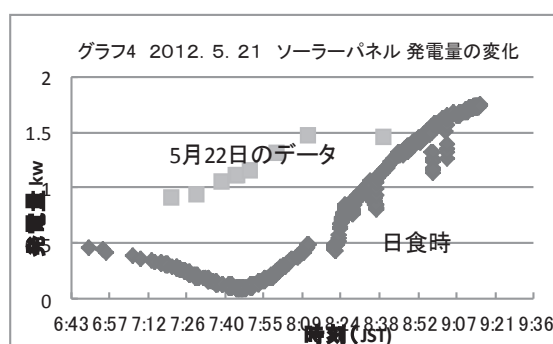
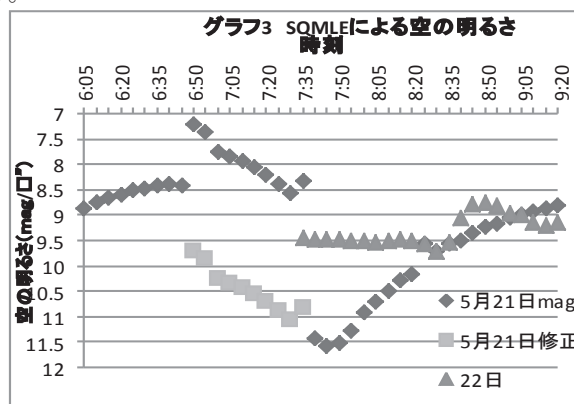
4. 考察

(1)食の進行と気温変化のずれについて

最低気温・湿度 100%の時間帯と、食の最大が約 5 分ずれていた。また、3 階テラスで写真撮影をしていた 3 年生の先輩たちは、息が白くなり霧が発生した変化には気づかなかった。このことは地表が最も大きく影響を受けたことを表すと考えられる。しかし、同じ 3 階テラスに設置された SQMLE が記録した機械内の温度は地表と同様に下がっていた。後日追実験を行い SQMLE が記録する温度について調べた結果では、コンクリートからの輻射熱も拾っていることがわかったため、日射によって暖められたテラス表面のコンクリートからの熱が、地表同様に減少したことを表していると考えられる。

(2) 太陽の発光面積とソーラーパネルの発電量の比較

食の進行にともなう太陽の発光面積の減少と、ソーラーパネルの発電量の減少を比較した。発光面積は、印刷した画像を使って作図して計算する方法と、天体画像解析ソフト「マカリ」を使って太陽・月の中心座標を求め、計算して求める方法の二つを用いて平面として求めた。ソーラーパネルの発電量が日射量と比例して増加するかどうかについては検討する必要があるが、食の最大付近では、発光面積の減少以上に発電量は減少していた（グラフ 5）。これを周縁減光の影響としてよいかどうか、さらに検討したい。



参考文献：数研出版 「地学 I」

Astro-Hs 日食観測マニュアル、解析マニュアル (<http://www.astro-hs.sakura.ne.jp/>)

皆既日食時における空の明るさ変化 ～太陽電池を利用した明るさの観測～ハートピア安八高校生観測チーム、日本天文学会 2010 年春季年会ジュニアセッション講演要旨

金環日食による彩層高度の計算と周辺減光の検出

津久井遼、齋藤拓巳、栗野智美、小川智恵、坂従拓海、平井まりん、山村めぐみ（高2）

大谷典聖、海谷佳佑（高1）【下妻第一高校地学部】

1. はじめに

地学部は2012年5月21日に金環日食の観測を行った。天文分野では次のテーマを設定した。

- ①日食を利用した彩層高度の計測
- ②太陽の周辺減光の検出（この他に気象分野で日食中の気温と風向の変化も観測した）

2. 方法

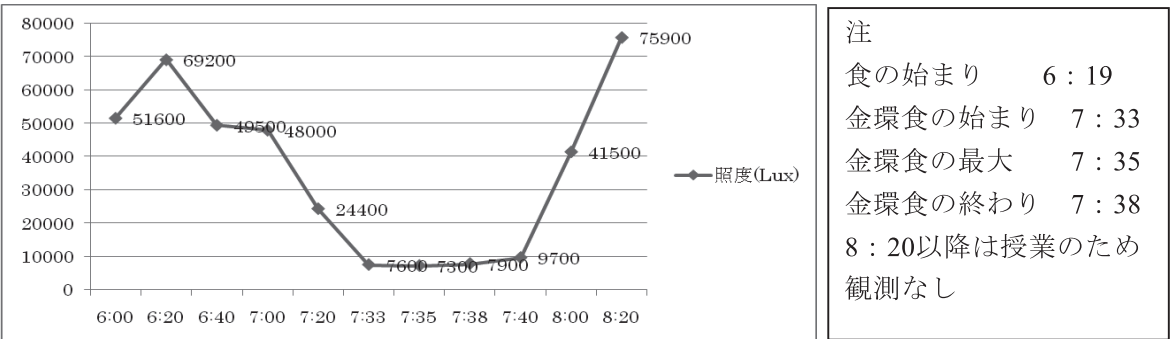
①では、白色光望遠鏡とH α 光望遠鏡で金環食の継続時間を計測する。H α 光では太陽の光球の周りに彩層が見えるから、彩層の厚さの分だけ、白色光より継続時間が長くなるはずである。その差と、太陽の日周運動の速さなどのデータから彩層の厚さを求める。

②では、照度計を用いて太陽方向の明るさを計測する。計測は6:20から8:20までの20分毎と、第2・第3接触時、食の最大時に行う。金環食中の照度変化から、周辺減光の検出を試みる。

3. 結果

①の観測結果として、金環食の継続時間はH α 光で313秒、白色光で287秒となった。差は26秒であり、これは月が彩層の前を2回通過するのに要した時間になるから、1回の通過にはその半分の13秒を要したことになる。

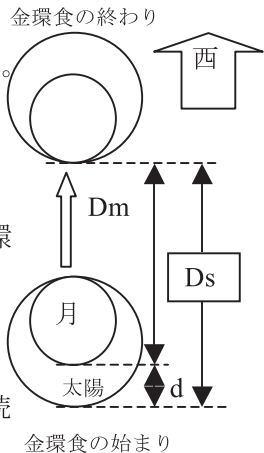
②の観測の結果、照度変化は次のグラフのようになった。



4. 考察

①ではまず、太陽と月の動きの西向き角速度 ω_s 、 ω_m [$^{\circ}/s$]を求める。 ω_s には、地球の自転による一日で 360° 西向きの動きと、地球の公転による1年で 360° の東向きの動きがあるから、 $\omega_s=0.00417$ [$^{\circ}/s$]。次に ω_m であるが、白色光による金環食継続時間を T_w とおくと、右の図で $\omega_m=D_m/T_w$ である。また、当日の月と太陽の視直径の差を d 、金環食継続中に太陽が動いた角度を D_s としたとき、 $D_m=D_s-d$ と表せる。よって $\omega_m=(D_s-d)/T_w=0.00402$ [$^{\circ}/s$]である。

これらのデータから彩層の見かけの角度 θ_c [$^{\circ}$]を求める。 ω_s と ω_m を求めたのと同様に計算する。ここで、H α 光と白色光の継続時間の差13秒を t とおく。



右の図の曲線Pは月が接触する光球面の縁、曲線Cはその真上の彩層面の縁を表す。PとCの間が彩層である。

月がPに接してからCに接するまでの時間が t になる。その間に彩層縁が動く角度を $dc[^\circ]$ 、月が動く角度を $dm[^\circ]$ とする。

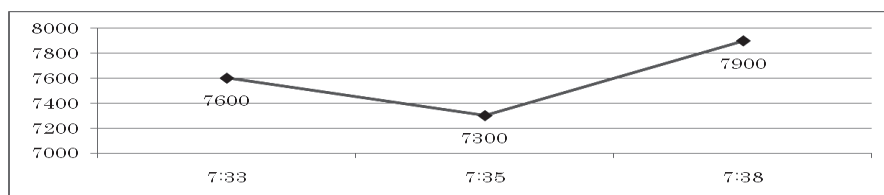
$dc = \omega_s \times t$ 、 $dm = \omega_m \times t$ と表せる。また右図より $\theta_c = dc - dm$ である。ここまでの計算結果を代入し、 $\theta_c = 0.00018[^\circ]$ となる。

ここから彩層高度を求める。観測点O、光球面の縁上の点P、その真上の彩層面上の点Cについて、直角三角形OPCを作る。 $\angle POC = \theta_c$ 、辺CPの長さが彩層高度、辺COが観測点とCとの距離だから、 $CP = CO \times \tan \theta_c$ となる。ここでCOは当日の太陽と地球との距離から地球の半径を引いた値を用いる。

以上から彩層高度

$CP = 151416200 \times \tan 0.00018^\circ \div 4800$ [km] である。

次に②のデータを考察する。



上図は金環食中の照度変化のグラフである。金環食の始まりと終わりの時に比べて、食の最大時には最も照度が下がっている。

太陽に対する月の大きさは一定だから、太陽表面の明るさが一様だとすると、金環食中の照度は太陽の上昇に伴って一定に上昇するはずである。しかし、実際は食の最大時に照度が最低になっている。食の最大時には、太陽の、月からはみ出す部分はすべて周辺部である。対して、金環食の始まりと終わりの時は、周辺部の一部が月に隠される。ここで太陽の表面は周辺部に行くほど暗くなるとすると、食の最大時の照度は最低となり、この変化が説明できる。

こうして、金環食中の照度変化から、周辺減光が検出できた。

5. まとめ

①金環日食から、彩層高度は約4800kmであると計算できる。

②金環食中の照度変化から、太陽表面の周辺減光を検出に成功した。

参考文献

- ・天文年鑑2012 ・日食のすべて ・金環日食を見よう
- ・天体観測の教科書太陽観測編 ・天体観測の教科書日食月食星食観測編
(以上、誠文堂新光社)
- ・観測ガイド (高校生天体観測ネットワーク運営委員会)
- ・ブリタニカ国際大百科事典
- ・Wikipedia百科 ・国立天文台暦計算室HP ・高校生天体観測ネットワークHP
- ・アストロアーツHP ・ジュニアセッションHP

Mクラスフレアの 分光観測 on 黒点 NOAA11548

京都府立洛東高校黒点観測グループ

各務 正浩 小林 亮介 瓶子 実紗央 藤本 弘輝 松本 遵
大仁田 萌 西村 友佳 野村 みのり 板谷 由菜 林 由樹

洛東高校ではこの 11 年間、花山天文台で太陽の高分散分光観測による実習を続けている。2012 年も 8 月 16 日～21 日の 5 日間観測実習を行った。フレアが発生した 18 日までは中性鉄線で黒点の磁場を調べたり、小さいフレアを調べていたりしていた。18 日は、観測準備をして世界時 0 時 30 分（日本時 9 時 30 分）頃に観測を開始し、中性鉄線で黒点の磁場測定のためのスペクトルを撮っていたところ、太陽の東側のリム上にフレアが発生したのに気付いた。そこで、ただちに世界時 0 時 46 分（日本時 9 時 46 分）から $H\alpha$ 線を中心にしたスペクトルの観測を開始した。 $H\alpha$ 線分光観測を行ってそのフレアの時間変化を調べた。



フレアとは

黒点から黒点上空のコロナの領域に延びる磁力線がつながり変わることを「磁気リコネクション」という。この事象が起きるとき、磁場のはじける力によって高温度のプラズマが、上方へ宇宙空間に延びる磁力線に沿って飛び出す。下方へは黒点に結びつく磁場に沿って彩層へぶつかる。そうして明るく輝いたり、電波や X 線を放射する現象がフレアである。 $H\alpha$ 線は可視光線の領域になるが、

この磁気リコネクションでは下方へはじかれるプラズマが彩層などの太陽大気などと衝突するときに明るく輝く輝線として観測される。フレアは衛星から X 線で観測されたり、地上から電波望遠鏡で観測され、これらの観測はフレア上部の情報が分かる。今回の試みた $H\alpha$ 線での観測ではフレア下部の様子が分かる。

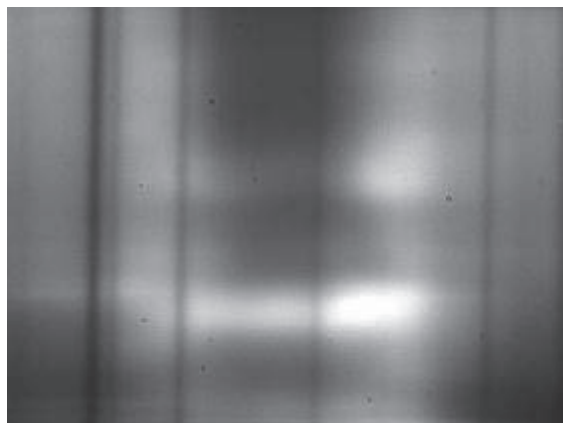
上の画像は飛騨天文台の SMART で得られたリムフレアの画像（世界時 01 時 01 分 57 秒）。

観測装置

京都大学大学院理学研究科附属花山天文台の太陽館にある口径 70cm のシーロスタット望遠鏡に附属する高分散分光器（波長分解能 50 万・スリット幅 100μ ・スリット長が太陽面上で約 5 万 km）を使用した。スリット面は鏡になっており、そこを反射した太陽光を $H\alpha$ フィルターに通してモニター観測でき、観測対象をスリットに導くことができる。スリットは固定式で画像にあわせて回転はできない

2012 年 8 月 18 日世界時 0 時 46 分から途中で雲に覆われて中断したが、世界時 2 時

24 分までフレアの観測を行った。この間に 157 個のスペクトルデータを取得することに成功したが、分光器が高分散過ぎてフレアの明るい部分の波長幅がスペクトル画像の波長範囲を超えていた為除外した。結果として 66 個のスペクトルデータが解析に使うことにした。



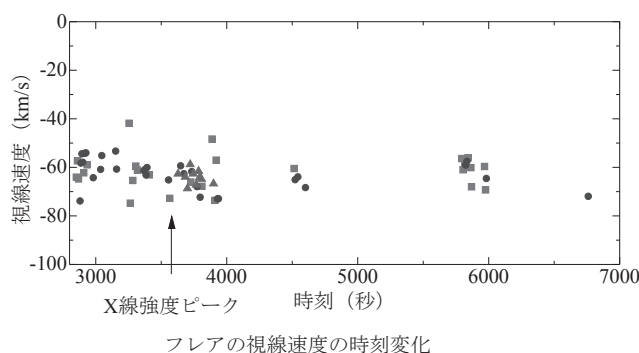
原理

今回は $H\alpha$ 線スペクトルの視線速度を調べた。視線速度についてはドップラー効果によるスペクトル線の変位量を $\Delta\lambda$ (Å) とし $H\alpha$ 線の静止波長を λ (Å)、光速を c km/s、視線速度を V km/s とすると、ドップラー効果の式が次のようになる。

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = V/c$$

この式で $\Delta\lambda$ を観測すると視線速度 V が求まる。

上の画像で、横軸が波長で縦軸がスリット長。前ページの SMART 画像に対応している。明るいところがフレアである (世界時 01 時 02 分 01 秒)。



解析

この観測データを国立天文台提供の画像処理ソフト「マカリ」を利用し画像データからデジタルデータに変換した。画像データのスケールは波長に関して、1 ピクセルが 0.0032 Å であることが分かった。フレアの輝線成分の輪郭をなぞってその中心と $H\alpha$ 線の中心線との差 ($\Delta\lambda$) を求めた。

結果と考察

観測の結果、フレアの $H\alpha$ 線の視線速度、ドップラー幅、大きさの時間変化を調べることができた。視線速度は -60 km/s 程度の青方変位で推移し、徐々に大きくなる傾向が見られた。また、X線強度がピークとなる世界時 1 時 15 分頃には、フレアのドップラー幅、大きさとも大きくなった。また、SMART 画像でもフレアの成長が確認できた。ドップラー幅の原因は分からないが、 $H\alpha$ 線でも、フレアの放射ピークを見いだせたと考えている。

謝辞

京都大学大学院理学研究科名誉教授 黒河宏企先生 附属花山天文台研究員 石井貴子先生をはじめ、天文台のスタッフのみなさん、TA のみなさんにお世話になった。記して感謝の意を表したい。この研究は、京都府のフロンティア事業の支援をいただいた。

アーチフィラメントの速度マップの作製

国立米子高等専門学校 科学部

大脇秀捷、加川庸一、川上優太、久古貴将、
富田拓也、波多野瑤、林原真史（高専3）、

笹谷 航（高専2）、田原早央莉、永見莉奈（高専1）

1. はじめに

太陽黒点は強い磁場をともなっている。そして、黒点の磁力線は太陽内部で作られ、浮上したものである。このような浮上して来たばかりの磁力線をアーチフィラメントと呼び、この現象の中央では約10 km/sの上昇運動が、端では太陽の重力により磁力線にそって物質が落下するため約30～50 km/sの下降運動が観測される(図1)。今回我々は、太陽面中央で発生したアーチフィラメントを捉えたので、その速度マップの作製を試みた。

2. 観測

我々は、2012年8月21日にアーチフィラメントの観測を行った。観測には、本校の太陽彩層速度場観測望遠鏡を使用し、 $H\alpha$ フィルタ(FWHM=0.3Å)を取り付け観測を行った。観測では $H\alpha$ の透過波長帯を $H\alpha$ 線の中央(6562.8Å)と、 $\pm 0.6\text{\AA}$ ずらした波長で、露光時間を0.01秒として30コマずつ撮像した。さらに、観測にダーク、フラット、フラットダークをそれぞれ10コマずつ撮像した。

3. 解析

まず撮像した画像のダーク・フラット処理を行った。次に、 $H\alpha$ 中心、 $H\alpha - 0.6\text{\AA}$ 、 $H\alpha + 0.6\text{\AA}$ の三枚全てに見えている模様を使って位置合わせを行った。 $H\alpha$ 波長は、図2で図示した部分ならば2次関数でFittingすることが可能である。

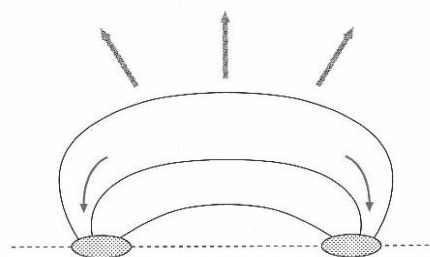


図1 アーチフィラメントの模式図

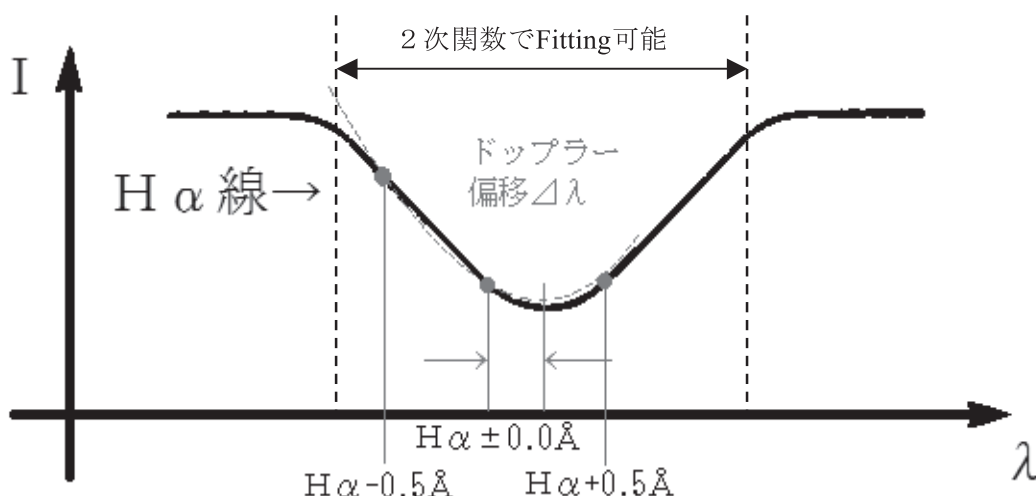


図2 $H\alpha$ 波長を用いた2次関数Fitting

Fittingすると3枚の画像の対応するピクセルの明るさは、図2の $H\alpha \pm 0.0\text{\AA}$ 、 $H\alpha - 0.6\text{\AA}$ 、 $H\alpha + 0.6\text{\AA}$ の波長での明るさを表していることになる。その後、ドップラー偏移 $\Delta\lambda$ を速度に直し、この操作をすべてのピクセルに対して行って速度マップを作製した(図3)。そこで、この3枚の画像を二次方程式でFittingし関数の最下点を求め $H\alpha$ 線中心($6562.8\text{\AA}$)からのずれ $\Delta\lambda$ (これがドップラー偏移)を求めた。

$$v = \frac{\Delta\lambda}{6562.8} C \quad C = 3.00 \times 10^5 \text{ km/s}$$

4. 結果

図3の速度マップよりアーチフィラメントの中央で約10 km/sの上昇運動が、アーチフィラメントの端では約30km/sの下降運動が起きていることが分かる。この速度は、文献値とほぼ同じ値でアーチフィラメントの速度の測定に成功したと言える。

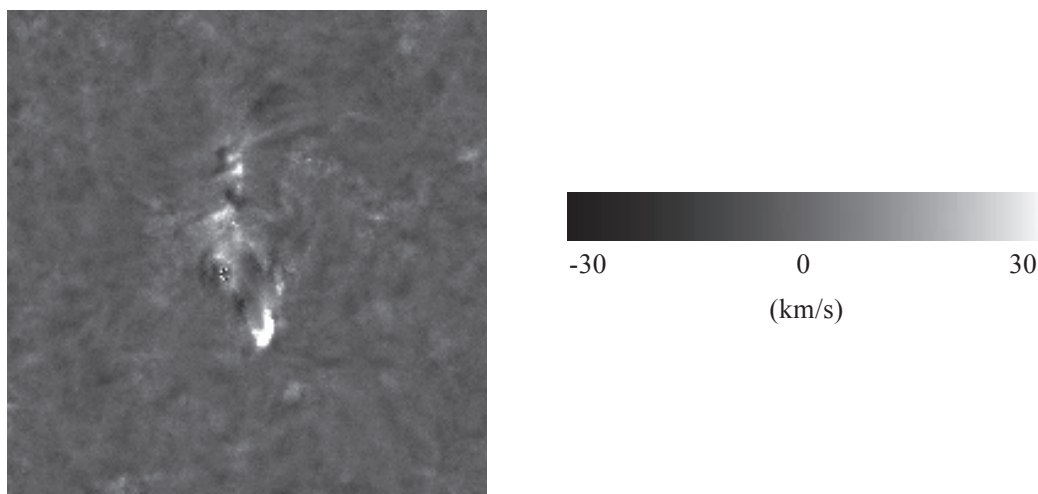


図3 アーチフィラメントの速度場

5. 考察とまとめ

今回の研究で目標であったアーチフィラメントの速度場の作成は、上昇運動と下降運動の値が文献の値と似ているため成功したといえる。彩層での速度の中央値は0.9km/sであった。これは本来0 km/sとなるはずなので、我々が $H\alpha$ 線中心と考えていた波長がずれていたことになる。しかし、このずれを補正しても中央の上昇流は10 km/s、両端の下降流30 km/sで文献と同様の値なので、今回のような2次関数にFittingする解析でも比較的良好な値がでることがわかった。

参考文献

写真集「太陽」柴田一成・大山真満 共著 裳華房

CaK線フィルターグラムによる太陽の5分振動の検出

国立米子高等専門学校 科学部

大脇秀捷、加川庸一、川上優太、久古貴将、
富田拓也、波多野瑤、林原真史（高専3）、

笹谷 航（高専2）、田原早央莉、永見莉奈（高専1）

1. はじめに

太陽の表面は周期5分で振動しており、これは太陽の5分振動と呼ばれている。これは太陽の固有振動であり、太陽が周期5分で脈動しているために起こる現象である。この現象は主に太陽の彩層と光球で観測されており、太陽の彩層と光球の間が観測できるCaK線が観測に適していると考えた。そこでCaK線フィルターにより太陽を一定時間連続撮像し、撮像したものにフーリエ変換を行いパワースペクトルを作成した。さらに k - ω 図を作成することにより太陽の5分振動の検出を試みた。

2. 観測

2012年8月17日と21日に太陽表面の観測を行った。観測には口径80mm、焦点距離910mmのアクロマート式屈折望遠鏡を4倍テレセントリックレンズで焦点距離を伸ばし、その後にCaKフィルタ($\text{FWHM}=2.4\text{\AA}$)をとりつけたものを使用した。なお、観測では露光時間を0.01秒、時間間隔を6秒として301コマ撮像した。さらに、観測時にダーク、フラット、フラットダークを10コマずつ撮像し、それらを平均してダーク・フラット処理を行った。撮像データは画像が301コマあるので、画像 $\times$ 301コマの三次元配列としてIDLを用いて解析を行った。

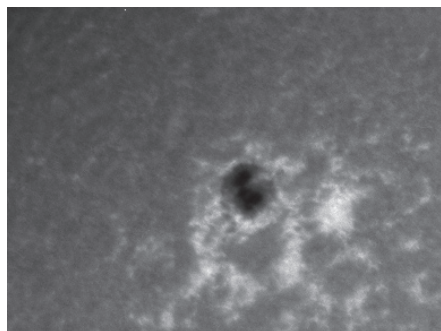


図1 8月17日の太陽のCaK画像

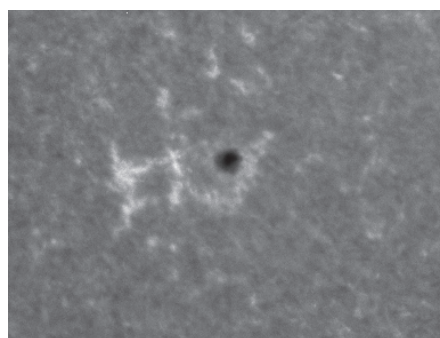


図2 8月21日の太陽のCaK画像

3. 解析

ダーク・フラット処理を行った画像群は望遠鏡のガイドエラーのため画像の位置がずれていった。そのため相関追跡法によってガイドエラーを補正した。その後観測画面の各ピクセルを時間方向に一次元配列として抽出し、最少二乗法を用いて直流成分を除去した。そして、時間方向のフーリエ変換を行い、各周波数でのパワーを空間方向に積分しパワースペクトル（図3，4）を作成した。

4. 結果

図2をみると2日とも周期5分でピークが存在していることが確認できる。また周期15分でもピークが確認できているがこれは対流による振動を捉えているものだと考えられる。

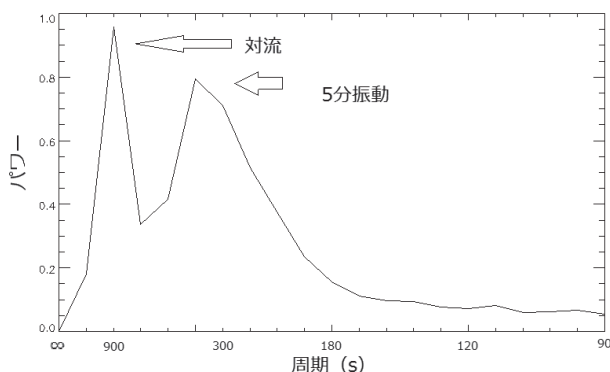


図3 8月17日の太陽表面のパワースペクトル

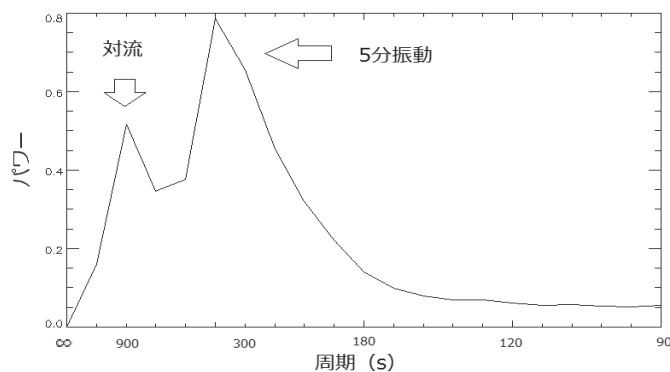


図4 8月21日の太陽表面のパワースペクトル

5. 考察とまとめ

パワースペクトルをみると2日とも5分振動が検出できていることが明らかである。そこで確認のため k - ω 図を作成した。方法は、時間方向にフーリエ変換したものを x 方向、 y 方向にも同じようにフーリエ変換を行い波数平面でのパワースペクトルを作成し、 k - ω 図(図5, 6)を作成した。作成した k - ω 図をみると撮像時間が30分と短かったため ω 方向の解像度が悪く確認しづらいが僅かながらリッジ(図6の点線)が確認できる。このことから5分振動が検出できているといえる。今回の観測ではパワースペクトルでは鮮明に5分振動が検出できたが、 k - ω 図では撮像時間が短かったためリッジの確認が容易ではなかった。そのため次の観測では撮像時間を増加してリッジの検出をより明確にしたい。

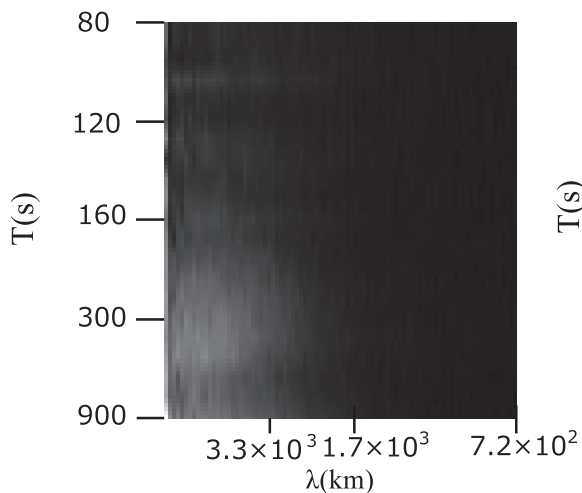


図5 8月17日の太陽表面の k - ω 図

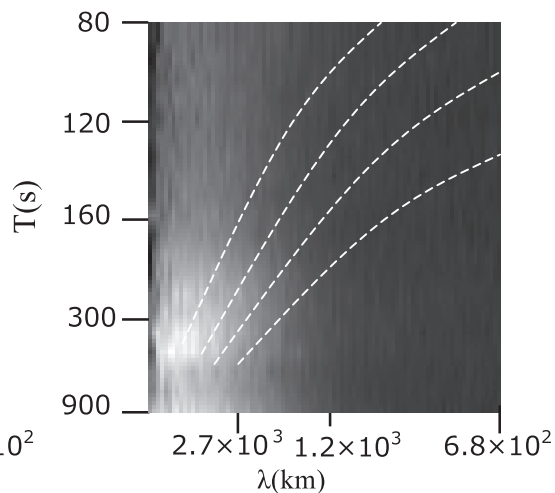


図6 8月21日の太陽表面の k - ω 図

参考文献

- 尾崎洋二 日本物理学会誌 第34巻 第6号 (1979) 466-472頁
- 写真集太陽 柴田一成 大山真満 裳華房

金星の太陽面通過を用いた黒点本来の温度測定

三尾剛、前川華澄（高2）、前田健登、頼安寿樹、花田雄貴、久保実央（高1）

【兵庫県立大学附属高等学校】

要 旨

昨年の6月6日にあった金星の太陽面通過の観測によって得た画像を用い、金星像への散乱光などの影響を求め、黒点の明るさから差し引くことで、黒点の温度を詳細に調べた。並びに昨年の金環日食の画像からも同様に黒点の温度を求めた。求めた黒点の温度と面積を比べてみたところ、相関性はないことが分かった。

1. はじめに

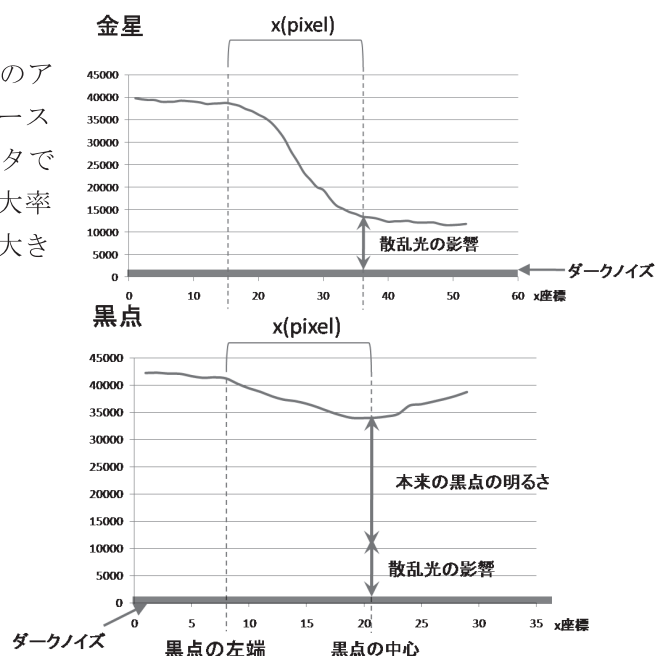
金星の太陽面通過や部分日食など、太陽が一部隠される現象を撮影すると、隠された部分は地球の空気や望遠鏡のレンズによる散乱光やピンボケなどによって本来よりも明るくなっている。この状況を調べれば、黒点の明るさから差し引くことができる。そこで私たちは5月21日にあった金環日食を淡路島で、6月6日にあった金星の日面通過を私たちの学校で観測した。残念ながら金環日食では鮮明な画像を得ることができなかったため、青森南高校さんから画像を頂いた。

2. 方法

金星の太陽面通過観測には学校にある口径13cm望遠鏡タカハシTOA-130に減光フィルムのアストロソーラーフィルター眼視用を、アイピース部分にデジタルカメラを取り付け、RAWデータで10分置きにインターバル撮影を行った。拡大率は黒点と金星を同時に捉えられ、かつ黒点の大きさが十分調べられる程度に調整した。

私たちが得たRAWデータと元西はりま天文台研究員の時政典孝さん、青森南高校さんからそれぞれ頂いたTIFデータをステライメージでfitデータに変換し、画像解析ソフトMakaliiを用いて画像上の黒点と金星それぞれの中心座標、中心の明るさを調べた。また金星像の縁から暗くなるようす【右図】と、黒点像の縁から中心まで距離を調べた。黒点の中心までの距離において、金星像が受ける散乱光の影響を、黒点中心の明るさから除いた。

太陽表面の温度が6400Kであるとして、これらの値をシュテファン-ボルツマンの法則に



代入することにより、黒点の温度を得た。

また黒点の大きさを測るのに際し、それぞれの画像の大きさが異なっていたため、金星の大きさや太陽の大きさに、自分たちの画像に合わせる形で補正した。

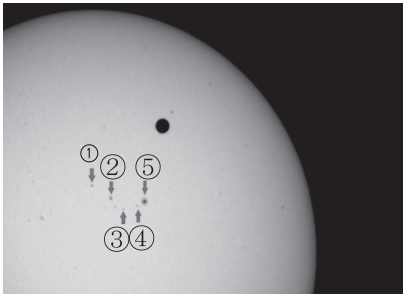
$$T_s = T_p \cdot \left[\frac{I_s}{I_p} \right]^{\frac{1}{4}}$$

T_s :黒点の温度 T_p :光球面の温度

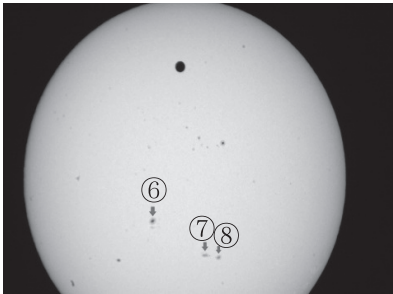
I_s :黒点の明るさ I_p :光球面の明るさ

3. 結果

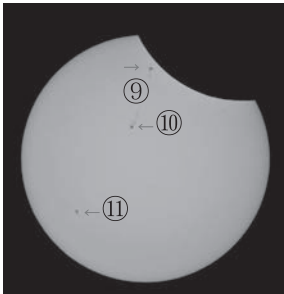
黒点	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
温度 [K]	5056	5193	4313	5043	4506	4676	5832	5593	4895	4608	5156



自分たちで撮影した画像

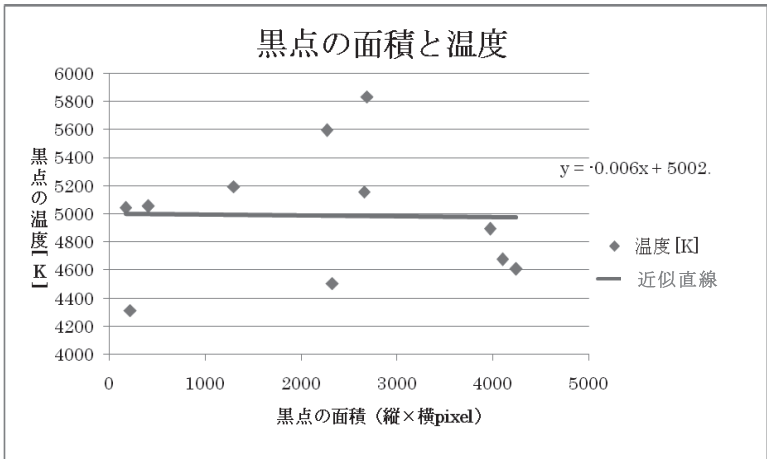


時政さんの画像



青森南高校さんの画像

4. 考察



最初、黒点の面積が大きいほど黒点の活動が活発で、温度が高くなると考えていたので、黒点の面積と温度の関係をグラフにしてみた。その結果、このグラフからは面積と温度には関係性がないと思われる。今後、磁力などとの関係性についても調べていきたい。

もし、金星の明るさを除くという補正をしなかつ

た場合、たとえば、黒点①は6065Kとなり、約1000Kの差が生じる。このことから補正の必要性は十分にあると考えられる。

また、ピントの細かい調整ができていれば比較的正確な値が得られると考えられるので、今後の観測時には細かい注意を払いたい。

最後に、金星の太陽面通過の画像データを頂き、研究の指導をしていただいた元西はりま天文台研究員の時政典孝さんと、金環日食の画像を下さった青森南高校さんに深く感謝の意を表します。

1天文単位を求める

川上琢真、林幹太（高2）【石川県立七尾高等学校 SSC天文班】

要 旨

今年起こった金星の太陽面通過は次に起こるのが105年後という貴重な天文現象である。この現象を利用して研究できないかと考え、日本とシンガポールで金星の太陽面通過を同時計測し、そのときにできる視差を利用して地球と太陽の距離を測った。その結果、その距離は 1.310×10^8 kmと分かった。

1. はじめに

2012年6月6日、金星の太陽面通過という天文現象が起きた。この現象は地球、金星、太陽の順で一直線に並ぶ現象で、地球から観測すると、太陽の表面に金星の小さな黒い影が見える。

中世のヨーロッパ諸国で観測が行われたがいずれも失敗し、1874年によりやく観測に成功。その時地球と太陽の距離を求めたが正確なものではなかった。ここで我々はおよそ130年前と同じ方法で観測を行い地球と太陽の距離である1天文単位[1AU]を求めようと思った。

2. 方法

1) 観測方法

今回の観測はシンガポールとの共同観測ということで両観測地点での撮影環境を揃えるために以下の設定を設けた。

- | | |
|----------------------|---------------------|
| ① 撮影時刻は毎時00分、20分、40分 | ④ シャッタースピードは1/4000秒 |
| ② 撮影時はNDフィルターを使用 | ⑤ ISO感度は100 |
| ③ アイピースを使用せずに撮影 | ⑥ レンズ絞りF8 |

日本の観測地は本校の天文ドーム（東経 136.96° 北緯37.04°）でシンガポールの観測地はNUSハイスクールの天文ドーム（東経103.77° 北緯1.31°）である。

2) 計算方法

点A、点Bをそれぞれシンガポール、本校と置き、ベクトルと三角比から2点間の距離を求める式を作ると

$$AB = (\text{地球の半径}) \times \sqrt{2 \times \begin{pmatrix} 1 - \cos(A\text{の緯度}) \times \cos(A\text{の経度}) \times \cos(B\text{の緯度}) \times \cos(B\text{の経度}) \\ - \cos(A\text{の緯度}) \times \sin(A\text{の経度}) \times \cos(B\text{の緯度}) \times \sin(B\text{の経度}) \\ - \sin(A\text{の緯度}) \times \sin(B\text{の緯度}) \end{pmatrix}}$$

正弦、余弦を代入してABを求めると、 AB=5076[km]

$$1AU = \frac{(\text{画像での太陽の直径(ピクセル)})}{(\text{金星のずれ(ピクセル)})} \times \frac{\sin 46^\circ}{1 - \sin 46^\circ} AB \times \frac{1}{2 \tan 0.258^\circ}$$

1AUを求める式にABを代入して1AUを求める。

3. 結果

6月6日の日本の天気は晴れ時々曇り、シンガポールの天気は晴れ時々雨だった。両観測点とも観測に成功し、後日シンガポールからデータを受け取り、Photoshopを用いて写真の合成を行った。

太陽の直径はおよそ1414pixelで、金星のずれはおよそ15pixelであった。

今回の研究では、3回同時刻に金星の太陽面通過の写真が撮れたので、3回合成して、1AUを求めた。

表3 太陽の直径[ピクセル]、金星のずれ[ピクセル]の値を並べ式(2)に代入した値

太陽の直径 [ピクセル]	金星のずれ [ピクセル]	1AU[km]	撮影時刻 [日本]
1409	14	1.419×10^8	10:51:33
1422	17	1.178×10^8	10:54:08
1418	15	1.333×10^8	11:30:48

上の表の値を平均して、 $1AU = 1.310 \times 10^8$ [km]

4. 考察

金星の太陽面通過が起きたときの日本の天候は雲も少なかった。しかし、シンガポールでは雨が降ったこともあり、日本では写真が多く撮れたがシンガポールでは数回しか撮影できなかった。合成は3回しかできず、1AUは求めることができたがあまり正確な数値にはならなかった。

5. 今後の課題

日本で撮った写真には、晴れた写真が多かったのでこれを生かす方法を考え1AUを求めてみたい。

6. 参考文献

1. 須和方 博, かわせ かよこ, できるシリーズ編集部. できるPhotoshop Elements 4.0 Windows版. インプレス. 2005. 302 p. ISBN978-4-8443-2194-1

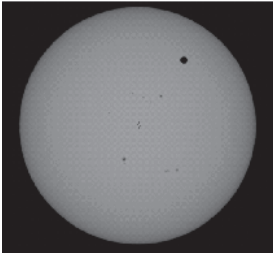


図1 本校で撮影した写真

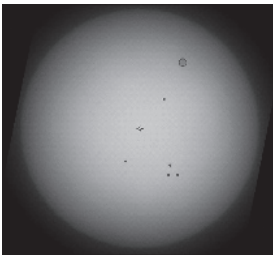


図2 シンガポールで撮影した写真

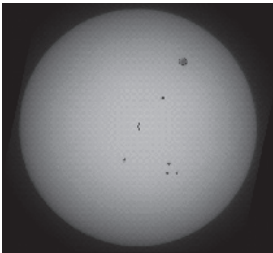


図3両者を合成した写真

「金星の太陽面通過による 1 天文単位の測定」

岡山商科大学附属高等学校 自然科学部

2 年 西崎 遥香 藤原 明日香

1 年 柏野 玲琳 奥田 雄大

1. 概要

金星の太陽面通過の観測による天文学的な意義として、地球－太陽間距離（1 天文単位：1 au）が何 km なのかを測定できることである。今回、本校では「AU by 金星 2012 画像共有プロジェクト」呼掛人 半田 利弘（鹿児島大学） 畠 浩二（岡山商科大学附属高等学校）ほか」での本校とアリゾナでの観測データを使用し、1 天文単位を求めた。

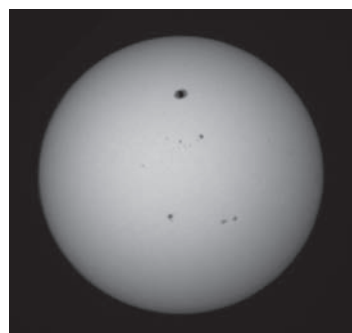
2. データ

10 時 40 分 JST（岡山）

本校観測データ

18 時 40 分 U.S. Mountain Time (Arizona)

Frank Pino 氏観測データ画像共有プロジェクト提供



3. 解析方法と結果

① ステライメージ5 使用し、太陽直径が岡山の画像と同じピクセル数（2600pix）になるようアリゾナの画像の解像度の調整をする。

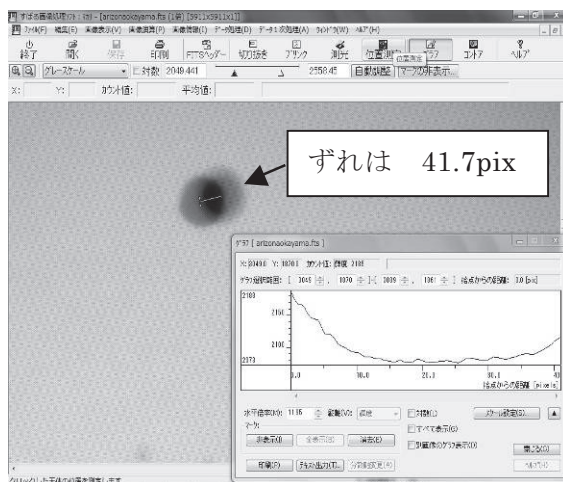
② 太陽画像の 1pix あたりの角度の計算をする。太陽視直径は 1891.4 秒である。つまり $1891.4 \text{ 秒} / 2600 \text{ pix} = 0.727 \text{ 秒/pix}$ だ。

③ ステライメージ5 により岡山の画像とアリゾナの画像の向きを調整しコンポジットする。

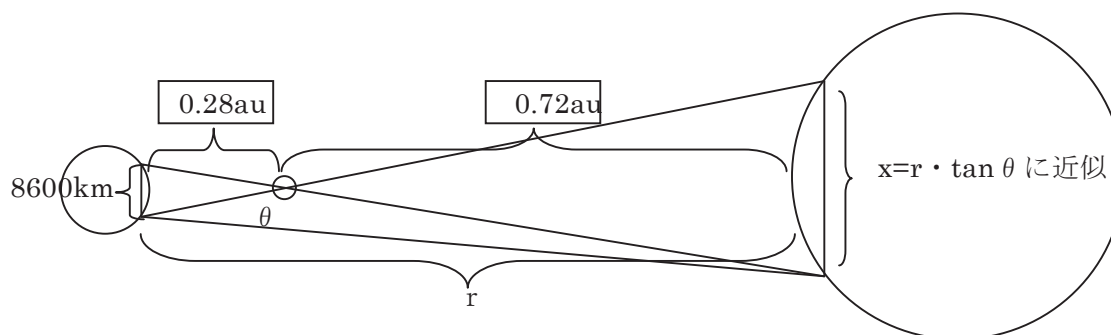
④ 「すばる画像処理ソフト Makal'ii」により、コンポジット画像の金星の位置ずれを計測する。

⑤ mitaka plus Google Earth により岡山とアリゾナ観測時刻の太陽から見た地球が一直線上に並ぶように調整し、その時刻の太陽から地球を正面に見た、岡山－アリゾナ間の直線距離を算出する。地球直径 12800km と画像の地球直径 650pix で岡山－アリゾナ間の 437pix から距離を算出する。結果岡山－アリゾナ 8600km になった。

⑥ 太陽－金星－地球の距離は それぞれ、0.72au、0.28au であるので、地球－金星：金星－太陽の距離比率は 2.8 : 7.2 となる。



(金星－地球間の距離は金星の平均最大離角 46.3° より算出 $\Rightarrow 1 - \sin 46.3^\circ$)



⑦ アリゾナから岡山までの距離を 8600km、太陽面に映されたずれを x km、1 au は r km として表わすと下記の数式になる。

$$2.8:7.2=8600:x$$

$$2.8x = 8600 \times 7.2$$

$$x = 8600 \times 7.2 / 2.8 = 221100$$

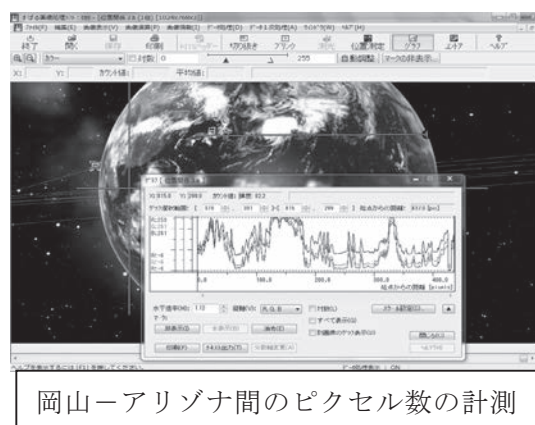
$$\tan(41.7 \times 0.727 / 3600) = x / r$$

$$r = 22100 / 1.47 \times 10^{-4}$$

$$= 1500000000 \text{ km}$$

(不確定要素の誤差を考え有効数字は2桁とした)

上の数式から $1 \text{ au} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ ということがわかった。



4. 考察

現在、国際天文学連合で決められている 1 au は、149597870700m と定められているが、我々自然科学部は、 $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ という結果を算出することに成功した。これは、金星の太陽面通過により算出した値の中ではかなり精度の高い値である。過去のデータでは誤差 10% でも精度としては十分であるといえる。しかし、アリゾナの観測時刻の精度に若干の問題があり、アリゾナの太陽高度が非常に低かったため、実際の誤差を多少広くとる必要があるのかもしれない。



5. 今後の予定

現在、国内のサイトで誤差の検出が可能かどうか複数のデータで検証している。また、プロジェクト参加の他の海外のデータについて確認をしているので、入手できしだい解析を進め、誤差を検出していきたい。

金星の太陽面通過から太陽までの距離を求める

三尾 剛(高 2)、前川華澄(高 2)、前田健登(高 1)、頼安寿樹(高 1)、香山主樹(高 1)、花田雄貴(高 1)【兵庫県立大学附属高等学校】

棚池祐馬(高 2)、前川 群(高 2)、苫野杏樹(高 2)【兵庫県立龍野高等学校】

要 旨

私たちは6月6日に起きた金星の太陽面通過を観測し、黒点と金星の画像を得ることができました。そこで、同時刻に共同観測していたタイの LESA 校と太陽観測衛星 SDO の観測画像と私たちの画像とを比較し、地球－太陽間の距離を求めました。その結果、太陽までの距離は1億3,380万 km、1億5,540万 km となりました。

1、はじめに

金星の太陽面通過観測による太陽までの距離の算出は、宇宙の大きさを知る手がかりとして、18世紀より行われている伝統的な研究です。私たちは学校の望遠鏡による画像と、以前より親交のあるタイの LESA 校と太陽観測衛星 SDO の画像を比較し、太陽までの距離を算出することにしました。

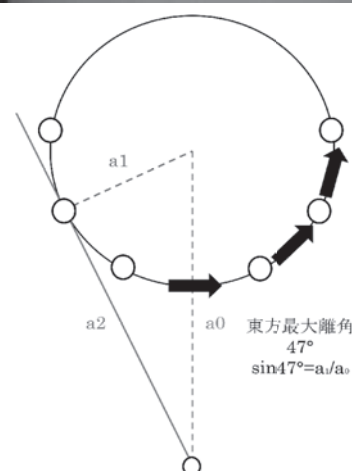
同時刻における2地点での太陽面の金星の位置のずれ(視差)が分かれば、三角測量の要領で金星までの距離が求められます。また、金星の東方最大離角から求められる地球－太陽－金星間の距離の比を使って太陽までの距離を算出できます。

県立大附高は LESA 校画像、龍野高校は SDO 画像を手分けして解析にあたりました。

2、観測と解析の方法

観測にはタカハシ 13 センチ屈折、ビクセン 8 センチ屈折望遠鏡を使用し、太陽観測のため減光フィルム(アストロソーラーフィルター眼視用)を鏡筒に取り付けました。カメラは一眼デジタルカメラを使用し、Astor-HS の呼びかけに合わせて10分ごとに RAW データで太陽を撮影しました。

得られた RAW データの画像を専用ソフトで FITS



共同観測したタイ LESA 校の観測風景

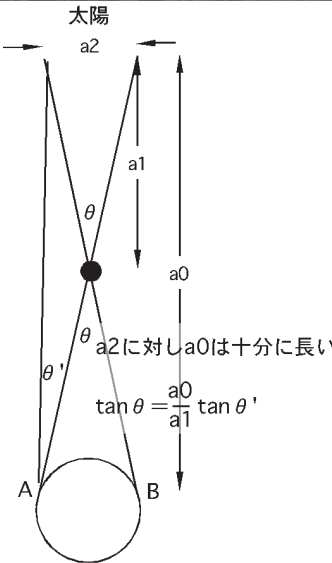
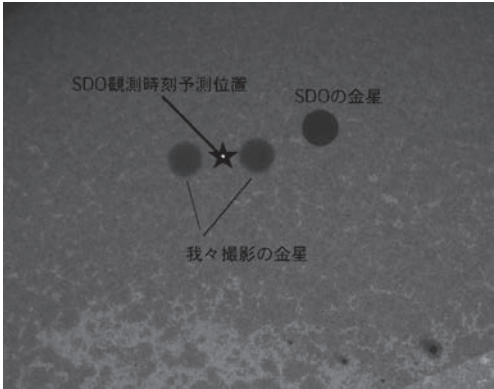
データに変換し、画像処理ソフト Makalii で太陽・金星の中心座標をピクセルで求めました。太陽の中心座標は、画像上の太陽の円周上に異なる 3 点を取り、2 点を結ぶ線分の垂直二等分線の交点を算出することで求められます。また、金星の場合は、金星像の x 座標 y 座標の最大値・最小値をそれぞれ求め、その平均値を中心座標としました。測定誤差を小さくするために上記の測定を 5 回行い、平均値を求めました。タイや SDO で観測されたデータも、同様に太陽・金星の中心座標をピクセルで求めました。画像はそれぞれスケールと傾きが異なっていたので、それぞれの太陽直径のピクセル数を求め、その比を用いてスケールを補正し、傾きは 2 つの黒点を結ぶ線分の傾きで合わせました。全く同時刻の観測は行えなかったため、LESA、SDO の観測時刻における日本での金星位置を、その時刻を挟む 2 つの画像から導出し、2 地点からの金星位置のずれ(視差)を求めました。

日本ータイ、日本ーSDO の距離は、それぞれの緯度経度高度から、球面三角の公式・余弦定理で求めました。求めた 2 地点間の距離と視差から、三角測量の要領で、地球ー金星間の距離を求め、地球ー太陽間の距離を算出しました。

また、背景とした太陽までの距離が近く、金星までの距離とそれとの比が約 3 : 4 であるので、太陽面上での金星位置のずれが図の θ ではなく θ' であるとして視差を補正してみました。

観測地情報

	経度	緯度	高度
兵庫県大附高	東経134° 24'	北緯34° 54'	
タイLESA	東経100° 38'	北緯13° 46'	
SDO	西経100° 42'	南緯4° 28'	35,781km



3、結果と考察
解析結果

	画像上の視差 θ' (秒角)	視差補正後 θ (秒角)	2地点間距離 (km)	太陽までの距離(万km)	太陽までの距離 (視差補正後 万km)
LESAとの比較	23. 17	31. 2	4038	13400	9780
SDOとの比較	166. 8	228. 1	46200	21300	15540

実際に知られている 6 月 6 日の太陽までの距離は約 1 億 5180km です。結果は、SDO との比較は視差の補正をした方が、タイ LESA との比較はしない方が知られている値に近くなりました。これが観測や解析によるずれによるものかどうかは分かりません。

お世話になった先生方とも一緒に検討しましたが、補正が正しいかどうか解決できていません。2 地点が 730km 離れると、太陽の位置そのものが 1 秒角ずれることから、金星太陽面通過から太陽までの距離を求めるには、 θ の求め方に工夫が必要だと考えます。

紫外線による金星の観測と金星大気の運動解析 Part 2 ー南北に对称性はあるのかー

浅岡晃次, 浅野貴仁, 鈴木拓馬, 中村一貴(高2)【静岡県立磐田南高等学校】

1. はじめに

昨年, 私たちの先輩が紫外線による金星の観測と金星大気の運動解析を行った(富田, 2012). しかし, 鮮明な画像は得られなかった. また, 画像解析も北半球しか行わなかった. そこで今年度は, より鮮明な紫外線による金星画像の撮影を行い, 撮影した画像から南北両半球の金星大気の運動解析を行うことを試みた.

2. 金星の紫外画像の撮影

2.1 方法

コーティングを施していない紫外線を透過する15cm屈折望遠鏡の対物・接眼レンズと, 一眼レフカメラ(NikonD300)の間に可視光を遮断し, 紫外線(365nm)を72%透過する紫外線透過可視フィルター(HOYA CANDEO OPTRONICS CORPORATION製 U-360)を取り付け, 撮影した(図1参照). 撮影条件は, 露光180秒, ISO10000である.

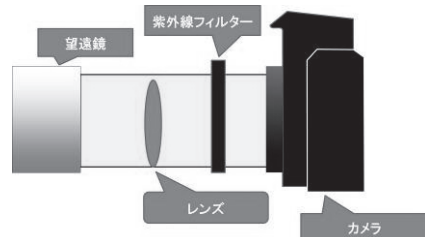


図1 撮影観測システム

2.2 結果

図2, 3は2012年11月4日午前3時30分に本校天体観測室で撮影した金星の紫外画像である.

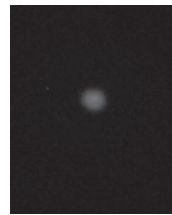


図2 本校にて撮影

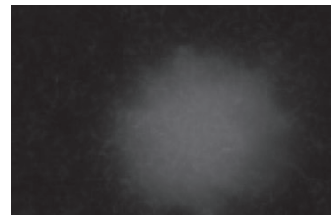


図3 図2の拡大画

2.3 考察

今回の撮影では昨年度よりも鮮明な画像を撮ることができた. しかし, 金星大気の運動解析に使用できるほど分解能は高くない.

また, 撮影された写真は本来なら青色になるはずだが, 赤色を呈する. この原因は, 紫外線以外の電磁波が入ったこと, 紫外線フィルターの表面が完全に平面で無かったこと, 高感度CCDカメラではなく一眼レフカメラにより撮影したこと, 金星の高度が低く大気の揺らぎによるノイズが入ってしまったことなどが挙げられる. また, 画像解析を行うには十分な分解能を得ることはできなかった. さらに十分に鮮明な画像を撮影するために, 撮影機器の見直しと, 撮影技術を高める必要がある.

3. 金星大気の運動解析

3.1 方法

鮮明な紫外画像を撮影できなかったため, 大気の揺らぎの影響の無い宇宙空間から探査機Galileoが撮影した画像をインターネットから入手して, 解析

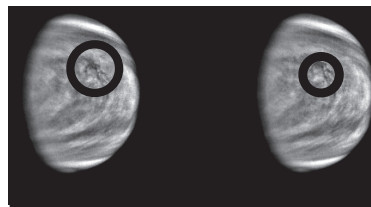


図4 同一の雲のパターン（右側は2時間後）

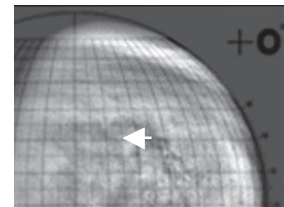


図5 緯度経度を求めるネット

を行った. 1996年1月29日に撮影した, 時刻が2時間異なる紫外線画像2枚を比較して, 同一の雲のパターン(図4)を探し出した. 次にこの雲のパターンの緯度経度を, 経線と緯線を描いたメッシュ画像に重ねて求めた(図5). この値から2時間に移動した角距離を求め, 角速度を計算した. 次に各緯度における一周するのにかかる時間を求めた. また, 画像解析ソフトMakali`iを用いて緯度ごとの輝度を調べ, プロットした点の対応を確認した.

3.2 結果

同一の雲のパターンを15個探し出すことができた. 図6はその緯度と各速度の関係を示す. 図より低緯度ほど角速度が速いことがわかる. 図7は緯度 0° (赤道)における輝度の時間変化を示しており, 金星大気は西周りに移動していることがわかる. これらの結果, 金星大気は最大 $2.5(^{\circ}/h)$ (赤道), 最小 $1.6(^{\circ}/h)$ の東風であり, 南北にほぼ対称なスーパーローテーションが確認できた.

3.3 考察

去年の研究では, 0° から 20° 付近で雲の動きの角速度が遅くなり, 20° から 30° で速くなり, 30° 以上で再び遅くなるという結果が得られたが, 今回の研究では低緯度から高緯度につれて連続的に速さが小さくなるきれいなカーブを描くことができた.

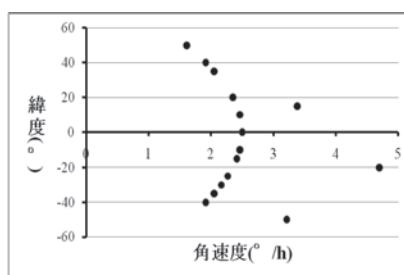


図6 雲の移動速度

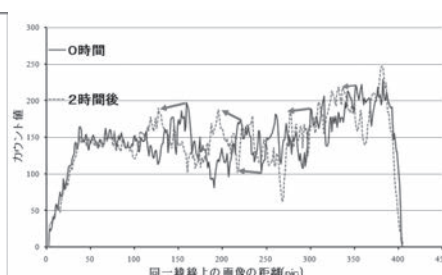


図7 赤道上の雲の輝度の時間変

また, Makali`iによる輝度の変化でも, その傾向は確認できる. さらに, 今回の研究テーマの「南北の対称性」については, 緯度の異なる15個の雲のパターンを追跡することにより確認できた. 金星の大気の運動は地球のそれと比べてかなり速いことが知られているが, 金星の自転速度はとてつもなく遅いため, コリオリの力は働かないことになる. 今後はこれらとの関係を明かにして, 金星のスーパーローテーションの原因を明らかにしたい.

4. 結論

去年よりも鮮明な金星の紫外線写真を撮影することができた. また, 探査機Galileoの画像から金星の雲の動きは, 南北に対称性を持っていること, 風速は最大 $2.5(^{\circ}/h)$ (赤道), 最小 $1.6(^{\circ}/h)$ の東風であり, 金星の自転角速度, $6.2 \times 10^{-2} (^{\circ}/h)$ を超えていることが検証され, スーパーローテーションが確認できた.

5. 謝辞

この研究を進めるにあたり岡山大准教授はしもとじょーじ先生, 浜松市天文堂の村井陽一氏, 浜松星を見る会の八木弘巳氏, 遠州星を見る会の宇都正明氏にお世話になりました. ここにお礼を申し上げます.

参考文献・ウェブページ

富田敬人, 2012, 紫外線による金星の観測と金星大気の運動解析, 第14回ジュニアセッション予稿集, 116. 117.

遠藤壮啓, 2010, 金星紫外線反射率の時間変化, 岡山大学理学部卒業論文, pp32
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00110>

金星のシュレーター効果について

群馬県立前橋東高等学校 吉田 梨奈 (高2)

要旨

内惑星である金星は満ち欠けをするわけだが、理論上の輝面比が観測から求めた輝面比と一致しない現象が古くから知られている。(シュレーター効果) この現象が本当に見られるのか否か、主に眼視観測で調査した結果、主に明けの明星において輝面比が理論値を下回る現象が認められた。

1 はじめに

金星は内惑星であるため満ち欠けをするが、理論上の輝面比が0.5を超えているにもかかわらず、眼視ではまだ三日月状に見えたりする、輝面比が理論値を下回る現象が古くから知られていて、この効果を18世紀に熱心に金星を観測したシュレーターにちなんで、シュレーター効果と呼ばれている。日本では1970年代に明治大学天文部が行った観測などが知られている。原因は金星面に存在する大気の影響とも言われているが、明確な説明は得られていない。この効果が本当に見られるのか、見られるならその原因は何なのか探るため、私は金星の観測、データ解析を行った。

2 観測方法

過去のシュレーター効果は眼視観測で認められていることから、主に眼視観測を行った。観測には口径80mm F15屈折式天体望遠鏡(133倍)、口径76mm F10反射式天体望遠鏡(152倍)を用いた。明けの明星の観測は全て反射式望遠鏡によるものである。眼視で金星の形状をなるべく正確に方眼紙上にスケッチし、後で輝面の面積を求め、輝面比を測定した。同時に表面模様などにも注意し白紙上にもスケッチを行っていた。

また、デジタルカメラでの撮像をパソコンに取り込み、ディスプレイ上で輝面比を測定することも試みた。このときに使用した望遠鏡は口径300mm F5反射望遠鏡であった。2012年3月27日から10月19日まで述べ33回の観測を行った。セッション開催時には更にデータを追加した結果を提示できると思う。

3 結果

- (1)眼視観測において輝面比が理論値と観測値で異なる現象は明瞭に認められた。
- (2)いわゆるシュレーター効果と言われているのは観測値が理論値を下回る現象である。この現象は明けの明星において認められたが宵の明星においてはむしろ逆に観測値が理論値を上回る現象が認められることが多かった。
- (3)写真観測では光量が多い金星像が滲んでしまい輝面比が実際より大きく測定されてしまうため、単純撮影ではこの方法は向かないことが判明した。

4 考察

金星は昼間の観測が出来なかったため常に夕方の西天、明け方の東天どちらも比較的低空での観測を強いられた。そのためシーイングの影響を強く受けることが多く、像が揺らいたり、滲んでしまい正確な形状を把握するのが困難なことが多く、特に夕刻時の観測ではこの影響を受けることが多かった。明け方は比較的、大気が安定していることが多く、一瞬の良シーイングをうまく捕らえ、精度の高いデータが取れることが多かった。

シュレーター効果が明けの明星で明瞭に見られたのは正確な形状把握が出来れば確かにこの効果は存在するのではないだろうか。原因は金星大気による太陽反射光の吸収で輝面比が小さくなるのではないだろうか。今後可視光だけでなくバンドパスフィルターを用いた様々な透過光での観測が望まれると思う。

太陽光を受けて光る天体の分光分析

長尾朋、太田耀文（高2）、渋谷彩乃、高崎夏子、神尾朱音（高1）

【埼玉県立浦和西高等学校地学部】

1. はじめに

天文の研究は、測光と分光といった物理的な解析によって行われるが、本研究では、分光による方法で2つのテーマに取り組んだ。ひとつは、2011年12月10日の皆既月食、もうひとつは、2012年7月31日に行った京都大学附属飛騨天文台DSTドームレス太陽望遠鏡による月面分光である。ともに、太陽を光源とする光が月面に当たることで生じる変化をとらえようとするものである。

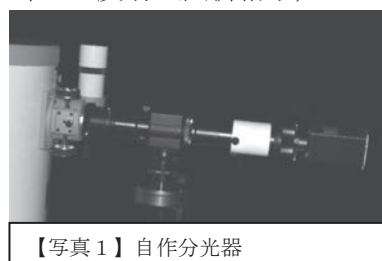
2. 観測

（1）2011年12月10日 皆既月食による地球大気の吸収線について

- ・観測地 埼玉県立浦和西高等学校屋上
- ・観測機材 25cmニュートン式反射望遠鏡、自作分光器（300本/mm反射式回折格子）
Atik-Titan冷却CCDカメラ

太陽、満月、および皆既月食中の月面の可視光スペクトルを撮像し、それぞれを比較した。

地球大気によるフラウンホーファ吸収線（A線、B線）と太陽大気による吸収線の吸収率の違いをマカリで測定した。



【写真1】自作分光器

（2）2012年7月31日、月面のカンラン石による $1.05\mu\text{m}$ の吸収

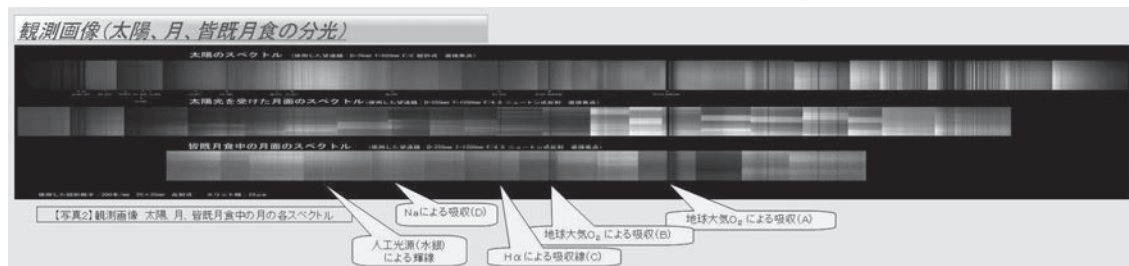
- ・観測地 岐阜県高山市 京都大学附属飛騨天文台
- ・観測機材 DST（ドームレス太陽望遠鏡）垂直分光器
Photometrics CH350裏面照射型赤外線冷却CCDカメラ
（国立天文台太陽観測所より借用）

月探査衛星「かぐや」は、その分光観測から、月面でのカンラン石による波長 $1.05\mu\text{m}$ の吸収が、クレーターの外周部で局所的に存在することを発見した。この吸収を地上から検出するため、750、875、1050nmの分光強度を、危難の海クレーター東縁で測定し、その吸収の検出を試みた。

3. 結果

（1）皆既月食

観測画像より、光源である太陽の大気による吸収線が満月、皆既月食にも現れている。



皆既月食は地球大気を長く通過した光であるため、地球大気による吸収（ Fraunhofer A、B線）が卓越することを予想し、検証を行った。その結果、右図のように、C、D線の吸収率が90%程度であることに比べて、A、B線では60.8%、74.4%と大きな値を示し、予想通りの結果が得られた。

(2) カンラン石

DSTは高分散のため、カンラン石の吸収全体を見ることは出来ない。そこで、700,875,1050nmの3点を撮像し、700に対する875、1050の輝度比が吸収によって小さくなることを検出することにした。

しかし、太陽観測用望遠鏡にとって月の明るさは十分ではなく、多くの露出時間をかける必要があった。各波長について3枚ずつ撮像を行い、ダーク、フラット処理を施した画像を波長方向に積分してスリット位置での輝度とした。解析の結果、残念ながらカンラン石による吸収を検出することは出来なかった。

4. 考察

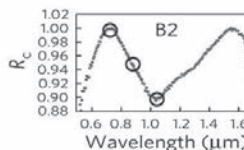
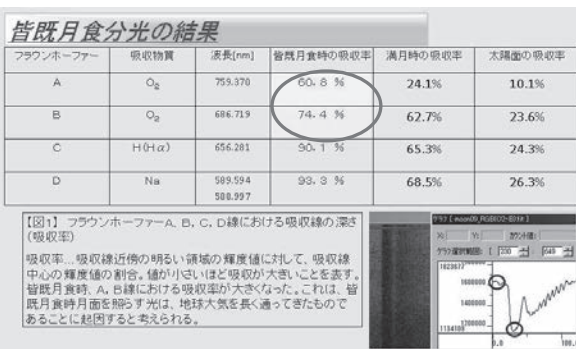
2つの観測とも光源の光量に対して分光器の分散が大きく、撮像に要する露出時間が長くなってしまった。そのため、望遠鏡が目標をきちんと追尾できていたかどうかの疑問が残る。DSTはわずかにカンラン石が検出された地点からずれてしまっていた。低分散の分光器を使うなどの改善が必要である。

5. まとめ

今回の観測は、私たちにとって初めての分光観測にもかかわらず、少々難しすぎるテーマを設定してしまった。基本を再度押さえた上で、研究を続けていこうと考えている。さらに、撮像範囲を広げ、2次元での解析が出来るように進めていきたい。

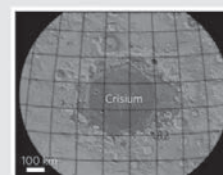
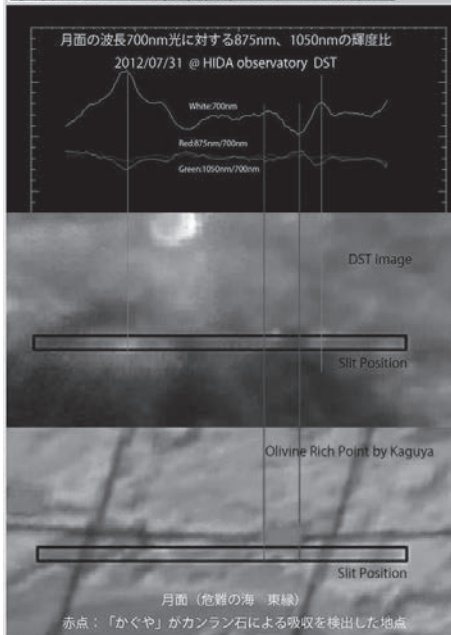
6. 謝辞

飛騨天文台での観測および観測データの解析では、多くの研究者の方に協力していただきました。この場を借りて御礼申し上げます。



【図2】カンラン石の吸収

飛騨天文台 観測結果(月面の分光)



【図3】雑誌ネイチャーに掲載された危難の海周辺のカンラン石の吸収が認められる地点

【図4】月面分光結果

上のグラフで、白線は月面の輝度グラフ、これより、下の画像との位置あわせを行った。赤線は700nmに対する875nmの輝度比、同様に緑線は700nmに対する1050nmの輝度比である。

- ・赤い縦線の範囲をみると、残念ながらグラフ赤線(875/700)、緑線(1050/700)の輝度比低下はみられなかった。
- ・検出に失敗した原因として
- ・今回の観測で「かぐや」がカンラン石による1050nmの吸収を検出した地点とDSTのスリット位置がわずかにずれていた。
- ・露出時間が5分と長く、この間DSTは正確に月面を追跡できなかった。
- ・5分間露出でも1050nmの画像は露出不足で鮮明な画像が得られなかった。

などが考えられる。

反射スペクトルによる月面鉱物の研究

高松由佳、榎本仁美、郡司歩直美(高2)、中野杏梨、小幡朱莉、増山凧帆(高1)

埼玉県立春日部女子高校

1 はじめに

今まで私たちは赤外線放射温度計を用いて、月面温度について研究してきた。これらにおいて、月の表面温度と岩石の関係を考えたとき、どのように岩石は暖められていくのだろうかという疑問が生まれた。これは岩石の種類を特定できれば、暖められ方もわかるはずである。そこで、岩石の種類を特定する方法として、鉱物に光をあて、その反射した光を測定することを考えた。鉱物によって反射スペクトルの特徴が異なれば、月のモデルは現実にあったものを作れるだろうし、観測結果の解釈も正確さが増す。この研究の目的は、鉱物の反射スペクトルを利用して、月表面の岩石・鉱物を特定することである。

2 実験

光の反射光を調べるために、分光器を使用した。私たちはスペクトルの精度を上げるため、分光器の改良を試みた。顕微鏡とマイクロメーターで調整しながら、分光器のスリットの幅をより狭いものに作り変えた。スリットはカミソリの刃で作ったが、 $100\mu\text{m}$ から $70\mu\text{m}$ へ狭めることに成功した。こうすることでスリットに入ってくる光の範囲が狭くなり、今までの分光器よりも細かな部分のスペクトルを正確に撮影することができるようになった。

月を照らしているのは太陽であるが、太陽光とまったく同じ光を人工的なもので代用することは難しい。実際に使用したのは夜間の工事現場の照明として使われているもので、100V、500W の照明である。このライトのスペクトルを撮影すると、赤い光(R)を強く出していることが分かった(図1)。事前の文献調査で、鉱物の反射の特徴は $600\sim 800\text{nm}$ あたりで出るため、都合がよかった。鉱物のサンプルを入れる容器は、その反射によって不要な輝線や吸収線が入らないもの、黒くて光を反射しない素材を選んだ。これはスペクトルを撮影して確かめた。

鉱物分子の光の散乱は、 0° 、 180° および 90° 、 270° で強くなることが知られている。 0° という実験案も出たが、ライトと分光器の角度を 0° にするのは不可能なため、角度は 90° になるように設置した(図2)。

今回の実験で使用した鉱物・岩石は斜長石、玄武岩の2種類である。また、月の表面というのはレゴリスという細かな砂のようなもので覆われているため、それを再現するために鉄製乳鉢を用いて鉱物をすり潰した。顕微鏡とマイクロメーターで測ったところ、サンプルの平均的なサイズは $1\mu\text{m}$ 前後だった。

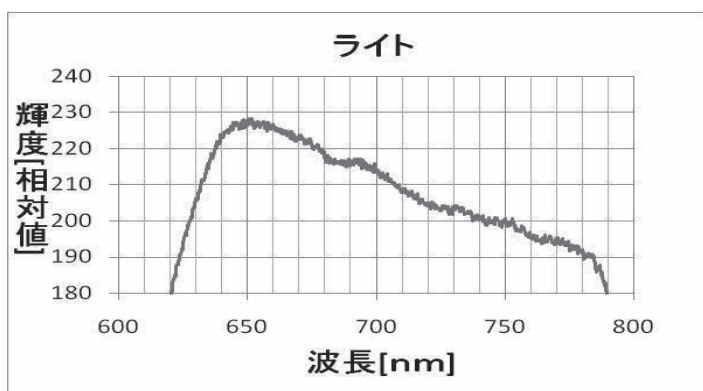


図1 ライトの分光特性



図2 実験の様子

3 解析

実験で撮影したスペクトルの画像を画像処理ソフト「マカリィ」で処理した。マカリィは光の強度と座標を測るソフトで、国立天文台のホームページからダウンロードすることができる。撮影した写真はどのピクセルがどの波長に対応するか判断することができない。そのため蛍光灯を撮影することにより、ピクセルと波長の対応関係を求めた。蛍光灯には水銀の輝線が含まれており、その輝線の波長を理科年表から

調べ(365、546、579nm)、画像上の座標(ピクセル単位)と波長の1次関数のグラフをつくった。ここで、デジタルカメラは、色を再現するため、Red (R)、Green (G)、Blue (B)があるのだが、解析に使用したデータはRの部分である。これには2つの理由がある。1つ目は鉱物の反射の特徴がR(600~800nm)の部分でよく現れること(GやBでは、特徴がよく出ない。)。2つ目は実験の際に使用したライトの反射光のRのところと比較的強いからである。

4 実験結果

図3が実験の結果である。このグラフが鉱物の反射光の強度をライトの光の強度で割ったグラフである。つまり、このグラフが鉱物の反射特性と言える。ただし、グラフの690nmのピークには、ライトそのものに輝線があるため、鉱物のピークと断言できないかもしれない。

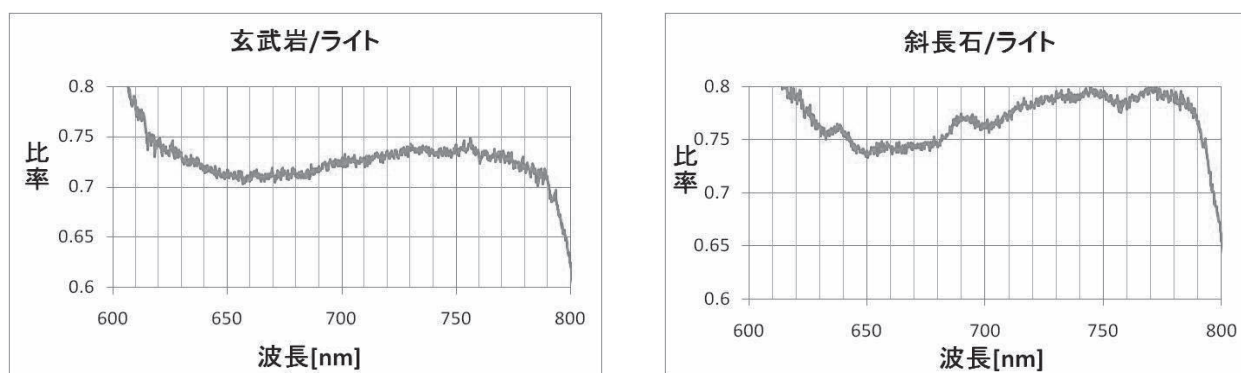


図3 鉱物をライトで割ったグラフ

5 考察・まとめ

解析の結果、月の海と高地のスペクトルのグラフはこのようになった。観測結果には太陽の光の反射の特徴が含まれているため、青空のスペクトルを撮影し、月の値を青空の値で割った。このようにすると、月の本当の反射のスペクトルになる(図4)。

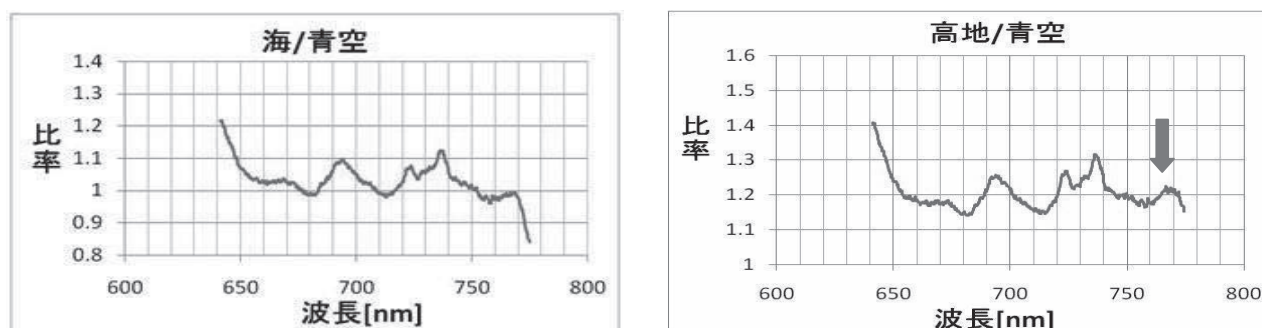


図4 月の高地と海のスペクトル

まず、月と実験した鉱物の反射特性を見比べると、690、720~730、770nmにピークが見られることから、斜長石とよく似ていることがわかったが、玄武岩とはあまり似ていなかった。

今回の実験ではサンプルのサイズが細かすぎたため、反射スペクトルの特性が十分に再現できなかったのかもしれない。そのため、サイズによる鉱物のスペクトルの違いを現在研究中である。

6 参考文献

- (1)「比較惑星学」、岩波地球惑星科学講座、岩波書店、1997
- (2)「最新・月の科学」、渡部潤一、NHK ブックス、2008
- (3)「理科年表」、国立天文台編、丸善、2012
- (4)T.Hiroi and C.M.Pieters “Estimation of grain sizes and mixing ratios of fine powder Mixtures of common geologic minerals”, JGR99, 1994

MoonKAMを用いた月の研究 1

小型クレーターの比較による、表側と裏側におけるレゴリス層厚の違いに関する考察

六車正治、寺戸聖菜(高2)、永田広平(中2)【関西創価学園 MoonKAM Project Team】

要 旨

私たちは「地球によるブラインド効果」仮説を立て、MoonKAMで撮影した月面写真から小型クレーターの直径と形状の分布を比較することで、立証を試みた。

また、単純クレーターと複雑クレーターの度数分布を比較検討し、「月の裏側の方が表側に比べてレゴリスが厚く堆積している」と推論した。

更に以上の結果から、クレーター分布密度から形成年代を推定する「クレーター年代学」において、月では表側と裏側で異なる式を用いる必要性が示唆された。

1. はじめに

MoonKAM (<https://moonkam.ucsd.edu/about/moonkam>) とは、NASAの月重力探査衛星GRAILに搭載されたデジタルカメラで月面を撮影するという教育プログラム(2012年2月～11月実施)で、私たちはこれに参加し、裏側を含む貴重な写真を撮影した。

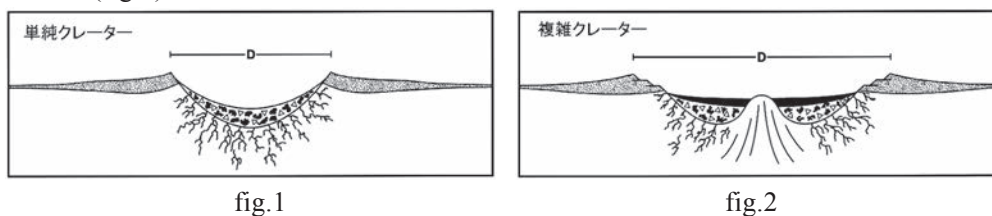
本稿では、この時撮影した写真を用いて小型クレーターの分析をおこない、月の表側と裏側の違いについて考察した。

2. 方法

私たちは月が常に同じ面を地球に向けていることから仮説1「地球によるブラインド効果のため、月の裏側に衝突クレーターが集中した」を立て、次のような検討をおこなった。

MoonKAMで撮影した写真のうち、緯度・経度が表と裏それぞれの中心座標(0° , 0°)、(0° , 180°)から、 $\pm 30^{\circ}$ の範囲に入るものを集め(表側37枚、裏側37枚)、その中で確認できるクレーターの直径を調べた。

次に仮説2「裏側に衝突クレーターが多いのであれば、クレーター形成の際に月面物質が粉砕されてできるレゴリスも厚く堆積している」を立て、単純クレーター(fig.1)と、複雑クレーター(fig.2)の2種類に区別して、直径との関係を調べた。

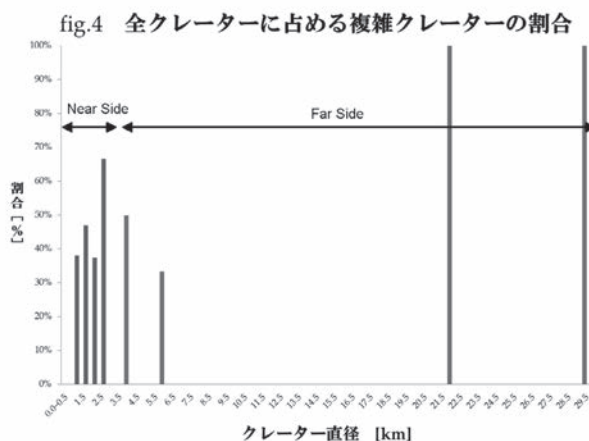
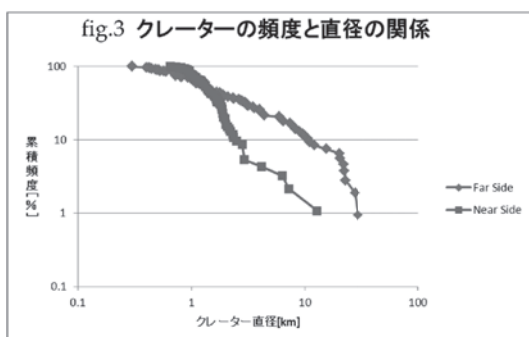


<http://craters.gsfc.nasa.gov/assests/images/craterstructure.gif>より改変

3. 結果

写真上で確認できたクレーターは、表側が93個、裏側が106個であった。これを大きいものから順に並べ、累積頻度と直径のそれぞれ対数をとってグラフにしたところ(fig.3)、裏側には表側に比べ、①小さなクレーターの絶対数が多い、②全クレーターに占める小さなクレーターの割合が高い、ことがわかった。

またクレーター形状に関する検討では(fig.4)、③表と裏では複雑クレーターの数に大きな差がある、④小型の複雑クレーターは、裏側ではほとんど見られない、⑤全クレーター中に占める複雑クレーターの割合は、表側の方が直径の小さな方に片寄っている、との結果が得られた。



4. 考察

後期重爆撃期以降、月面で形成された衝突クレーターは小型のものがほとんどであったとの前提に立てば、結果①及び②より仮説1は裏付けられたと考えてよいのではないかと推察される。

また「クレーターの科学」で紹介されているOberbeckらの室内実験(1968)によれば、「表層の砂層が薄いと平底型の衝突クレーターが形成されやすい」とあり、結果③、④及び⑤は、仮説2と矛盾しない。

更に、表側と裏側でクレーターの生成頻度に有意な差が存在するとすれば、クレーターの分布密度から形成年代を推定する「クレーター年代学」において、月では表側と裏側で異なる式を用いる必要があることが示唆され、今後の検討が必要と思われる。

5. まとめ

私たちは、MoonKAMで撮影した月面写真中の小クレーターを比較検討することで、クレーター年代学で用いる式は表と裏で変えなければならないのではないかと推論するにいたった。今後、比較するクレーター数を増やし、詳細なデータ分析をおこなっていきたい。

参考文献

- ・水谷 仁「クレーターの科学」（東京大学出版会、1980）

MoonKAMを用いた月の研究 2

クレーターの直径と深さの関係に関する考察

六車正治、寺戸聖菜(高2)、永田広平(中2)【関西創価学園 MoonKAM Project Team】

要 旨

私たちはNASAの教育プログラムMoonKAMに参加し、鮮明な月面写真を入手する機会を得た。地上から撮影した写真を用いる手法では特にクレーターの深さに関して誤差が大きくなることから、MoonKAM画像を用いて小クレーターの直径と深さを求め、考察を加えることにした。

1. はじめに

MoonKAM (<https://moonkam.ucsd.edu/about/moonkam>) とは、NASAの月重力探査衛星GRAILに搭載されたデジタルカメラで月面を撮影するという教育プログラム(2012年2月～11月実施)で、私たちはこれに参加し、裏側を含む貴重な写真を撮影した。

水谷 仁「クレーターの科学」で紹介されているPikeらの研究(1974)によれば、「月の新鮮なクレーターでは、直径約10kmを境に深さ／直径の比が変化する」とある。

望遠鏡を使った地上からの研究としては慶應義塾高等学校の生徒らによるものもあるが、Pikeも指摘しているように地上からの観測で得られるデータはかなり不確かである。

そこで私たちは、GRAILが月周回軌道から撮影した鮮明な画像を用いて、本考察をおこなうことにした。

2. 方法

まず写真の縮尺から、クレーターの直径と影の長さを算出する。

次に、クレーターの緯度と経度、撮影日時(UTC)から「ステラナビゲーター9」を使用して月面における太陽高度を割り出し、測定した影の長さから三角関数を用いてクレーターの深さを求める。なお、クレーターの深さの定義は、Pikeらが用いたのと同じ、リムの高さを除いた深さとした。(fig.1)

また月が球体であることから、月平線近くで撮影されたクレーターでは画像にゆがみが生じるため、深さを求める際に算出した直径と実直径との誤差率を考慮した。なお、クレーター直径の測定は月平線と平行な方向で測定をおこなっている。

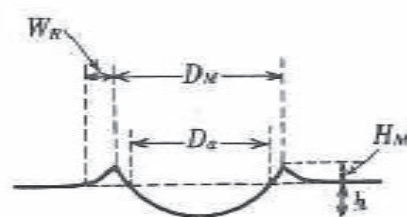


fig.1 クレーターの深さ(h)

「クレーターの科学」より

3. 結果

現時点で分析が終了している19個のクレーターについて、直径と直径に対する深さの割合の関係をグラフに示した。(fig.2)

クレーター直径が増大するにつれて、直径に対する深さの割合が小さくなる傾向にあるのがわかる。

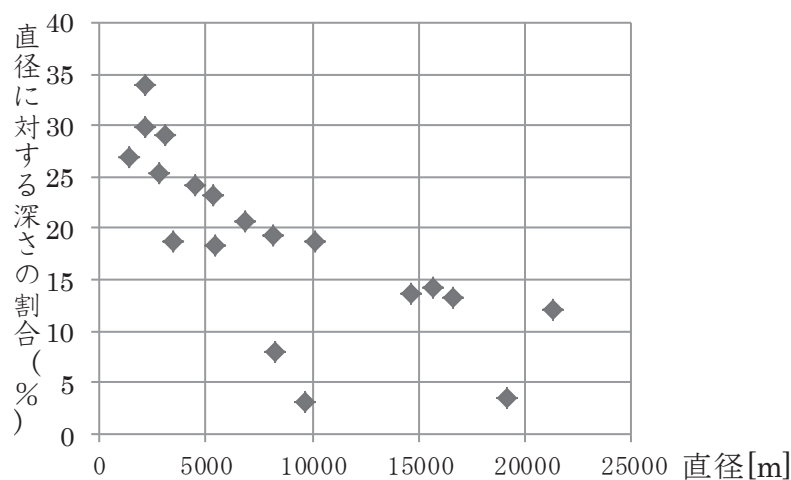


fig.2 クレーター直径と深さの関係

4. 考察

月の表面は隕石衝突（クレーター形成）時に飛び散った砂（レゴリス）で覆われており、場所によってそのレゴリス層の厚さは異なると考えられる。従ってクレーターの深さも、形成された場所のレゴリス層厚に左右される可能性がある。また「表側と裏側ではレゴリス層の厚さが異なるらしい」との考察（MoonKAMを用いた月の研究1）と併せて考えると「クレーターの深さと直径の比も表側と裏側で異なるのではないか」との新たな疑問も浮上した。

更に、レゴリス層が薄いと考えられる『海』にあるクレーターの比率についても、今後調べていきたいと考えている。

5. まとめ

考察過程で、大型クレーターは一枚の写真に収まらず測定が困難、高緯度地域は影が重なるため影の長さが測定できない、古いクレーターはリムが崩れているため調査に不向きであることなどが判明し、あらかじめ分析するクレーターの選別が必要であると判明した。

MoonKAMの撮影ミッションは終了したが膨大な写真データが残されており、今後、若いクレーターを中心に分析数を増やしていきたい。

参考文献

- ・水谷 仁「クレーターの科学」（東京大学出版会、1980）
- ・ステラナビゲーター9（アストロアーツ、2010）

かぐや画像を使った月面のライナーガンマのクレーター年代学

成蹊高校天文気象部

新井 修平, 渡辺 大輝, 甲斐 義之, 古田 賢太郎,
黒岩 裕人, 川嶋 祥裕, 栗原 勇人, 田村 亮祐, (高2)

1. クレーター年代学とは

一般的に、空気の無い天体では、クレーター地形が時間の経過につれて風化することが無く、表面が古い地域ほど長期間隕石衝突にさらされているため多くのクレーターができ、若い地域では逆にクレーターの個数は少ないと考えることができます。月の単位面積あたりのクレーター個数(密度)から、月面の年代を推測する方法をクレーター年代学と呼びます。

2. ライナー γ とは

図1は、ライナー γ と呼ばれている月面の模様で、地球から見える月面(北緯 7.5° ・西経 59.0°)に位置しています。ライナー γ は、反射率の高い部分がドーナツ状になっていて、以前は中央が凹んでいると考えられていました。しかし、かぐや衛星の探査によって実際にはまったくと言っていいほど凹凸がないことが明らかになりました。ライナー γ の模様の成因にはいくつかの説があり、彗星の接触によってできたという彗星接触説や、ライナー γ から発生している磁場によって宇宙線があたりやすくなって月面が白くなるという磁場説があります。

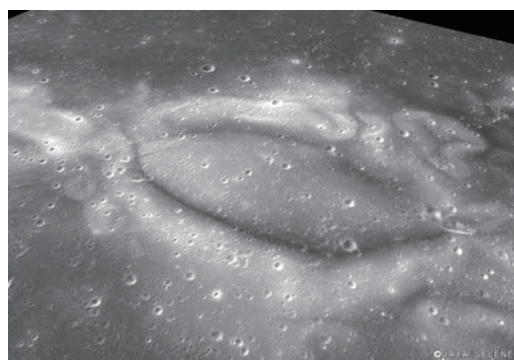


図1. カウントに使用したかぐや衛星撮像ライナー γ の画像

3. 目的

私達は、月探査機かぐやの撮影した画像を使用し、ライナー γ のそれぞれの場所の形成年代を求めてみることにしました。彗星などが衝突してできたのであれば、内側の部分は周囲よりも若い年代になるはずです。磁場が原因である場合には、クレーター密度は模様に関係なくどこでも同じになっているはずです。

まずライナー γ を地形の特徴から、図1のように縁のようにになっている白い部分を Rim、その内側を Inner、逆に外側を Outer と呼ぶことにしました。それぞれのクレーターの個数と半径を測定することで、それぞれの地域のクレーター密度の累積頻度分布を求めました。

4. 測定方法

・使用した画像

月探査衛星かぐやが撮影した地形カメラ(TC)の高解像度画像を JAXA のホームページ内にあるかぐや (SELENE) のアーカイブデータ (<http://l2db.selene.darts.isas.jaxa.jp/index.html.ja>) から入手しました。

・使用ソフト

クレーターの個数と半径の測定には、SAOimage ds9 (<http://hea-www.harvard.edu/RD/ds9/>) というフリーソフトを使用しました。この ds9 は、特定のクレーターをマウスでクリックすると、そのクレーターの(Y 座標・X 座標・半径m)が表示され、テキストデータとして保存できる仕組みとなっています。

・測定後の処理

ds9 で測定したデータについて表計算ソフト(MS-Excel)を用いて、大きさごとに頻度を求めます。この頻度をそれぞれの地域の面積で割ったものが単位面積あたりの頻度 (個数/km²) に鳴ります。半径の大きなものから順に単位面積あたりの頻度を足し合わせたものが累積頻度分布曲線 (図 2) です。

5. 考察

クレーターの累積頻度を求めることで、その月面の年代を比べることができ、グラフの左はじが高いものほど、その場所の年代が古いことが分かります。

図 2 から Inner, Rim, Outer の 3 地点を比較します。上記のグラフを見た通り Rim が最も累積頻度分布が大きく、次いで Inner、最後に Outer という結果になっています。

この結果から、この 3 地域には表面の地形ができた年代に差があることがわかります。頻度分布から、ライナー γ は Rim が最も古く、Outer が最も新しい地点だと推測することが

できます。これは、彗星衝突や磁場が原因の場合とは違う結果です。ライナー γ の地形のできた原因は、これまで考えられていなかったものである可能性があります。

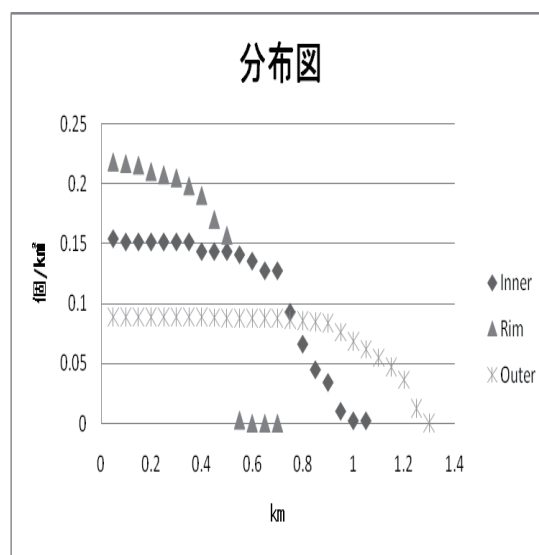


図 2. ライナー γ のクレーターカウント結果

謝辞

クレーターカウントの方法については、名古屋大学・諸田 智克先生、大阪大学・佐伯和人先生にご指導頂きました。

流星による大気発光について

池田 愛帆(高1)、吉野 智哉(高1)【横浜市立戸塚高等学校 天文部】

1. はじめに

戸塚高校では回折格子を用いて、流星スペクトルを撮影し含まれている元素を特定してきた。Ca、Si、Mg、Naなどの金属元素の他にO、Nなどの大気起源によるものだと考えられる元素の波長が確認できた。

流星が大気を発光させる再現実験を、加速された電子を用いて行ってみた。

2. 方法

1. 真空放電管による大気発光実験

通常流星は地上より150km から100km 程度の高さで光り始め、70km から50km の高さで消滅する。理科年表2009 年版によると、その時の気圧はおよそ0.01Pa から10Pa である。

流星の発光高度の大気圧を再現するため、真空チェンバーを用いて、内部の気圧をさげながら、放電により内部の気体(大気)に電子を衝突させる実験を行った。

CCD 分光器をで、陰極付近、中心、陽極付近の三ヶ所で発光した光のスペクトルを撮影し、撮影したスペクトルと実際の流星スペクトルを比較した。

2. 流星スペクトルの波長同定・分析

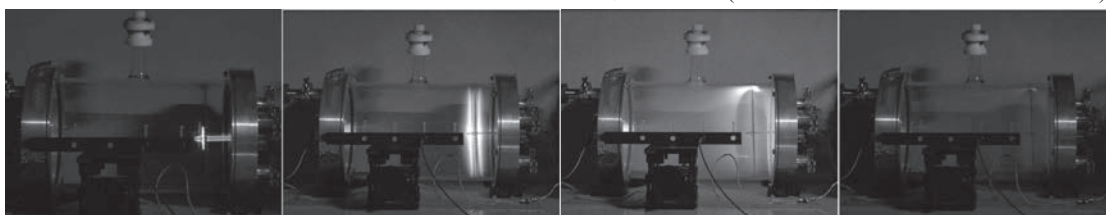
流星スペクトルは、Watec 社のWAT-100N、8mm レンズ(F 値0.98)、SonotaCo 氏のUFOCaptureでビデオ撮影した。カメラには、あらかじめ回折格子のレプリカを取り付けておいた。

波長の同定は、画像処理ソフト「ステライメージVer.6」を用いて、流星の動画を切り出し、それらの画像を画像計算ソフト「マカリ」とを用いて流星のスペクトルを数値として出し、Excelを用いてCa、Si、Mg、Na、Oを基準に波長を同定した。

3. 結果

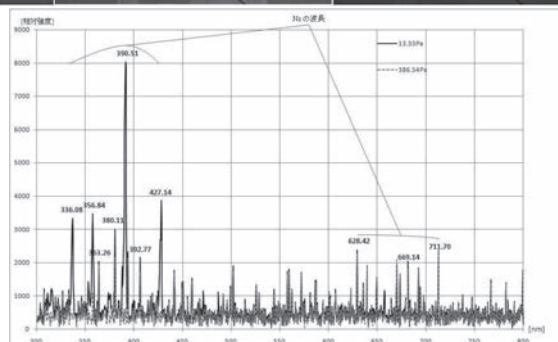
1. 真空放電管による実験

▼真空放電の様子(左から順に圧力が低くなっている)



①陰極付近のスペクトル

減圧が進むと青・紫色の光がしだいに強くなる。このことは、391nm、428nm 付近の発光で、気圧の減少とともに強度が増加し、約13.3Paをピークに強度が減少していくことで確認された。また、3.1Paまで下げてしまうと衝突する分子が極端に少なくなり、発光しなくなった。



◀ 陰極の波長

淡いピンク色の光は、630~730nm付近との混色による光がと考えられる。

②中心、及び陽極付近のスペクトル

減圧に伴って、相対強度が大きく変化する波長域はない。391nm、428nm付近の光は、気圧減少に伴って、強度が増してくるが、これは加速原子のエネルギー増加によるものだと考えられる。

③結果のまとめ

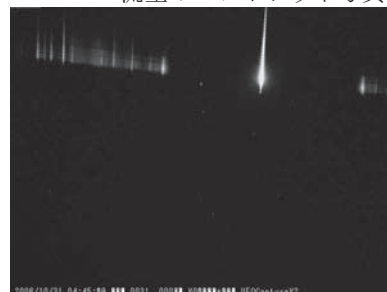
実験結果はN₂を放電させたときのスペクトルと一致した。N₂の1st positive, 1st negativeの発光と、N₂の2nd positiveの青・紫色の発光が陰極から陽極にかけて、観察され、気圧減少とともに消滅する。

2. 流星解析の結果

流星をスペクトルでは、Ca II (393nm)、Mg I (517nm)、Na I (590nm)、Si II (635nm)、N II (661nm)、N I (747nm)、O I (777nm)の波長が確認された。

また、これらの波長は時間経過によって変化し、流れ始め(fram34)は、O I の強度が高く、他の波長は目立たず、確認されなかった。それ以降、徐々に金属原子の波長が確認されるようになる。

▼流星のコンポジット写真

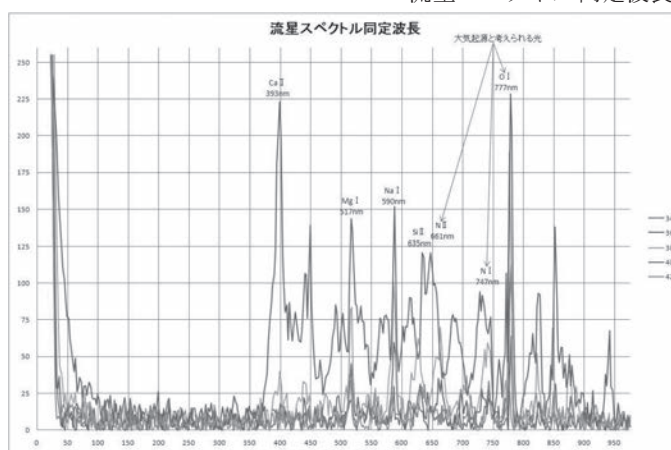


4. 考察

真空放電の実験から、大気発光は低いエネルギーでは起きないということが分かった。実験では、流星発光時の圧力を再現できているが、発生したプラズマのエネルギー不足から、N I やO I の原子が発光するに至っていない。

N I やO I が大気起源であることの可能性では、流星起源のSi II よりN I やO I が先に発光していることである。流星が衝撃波によって作られた圧縮空気で大気中のN I、O I がプラズマ化し始めに発光していると考えられる。その後流星本体の含有鉱物も解離、励起そして発光したと考えられる。

▼流星スペクトル同定波長



5. まとめ

今回の研究及び実験では大気発光の実証が出来なかった。今回の原因と考えられる「エネルギー不足」という点から、電子をプラズマに変え、プラズモイドを飛ばす実験をしたいと思う。それにより、より多くのエネルギーを与えることが出来る。

今回の研究にご協力いただきました、日本大学理工学部物理学科の皆さん、浅井先生に心より感謝申し上げます。

参考文献

Nist Atomic Spectra Database <http://www.nist.gov/pml/data/asd.cfm>

<http://www.isigas.com/N2SpectralProfile.html>

流星塵についての研究

群馬県立前橋東高等学校 大崎 数馬（2年）

廣木 康祐（1年）

要旨

流星塵の年周変化を5年間に渡り調査した結果、9－10月の秋期に毎年増加が認められた。これは年間を通しての流星（主に散在流星）の年周変化と一致する。

また、雨水、雪中、堆積した土砂、空気中いずれの領域からも流星塵と思われる球粒固体が発見出来た。

1 はじめに

流星物質が大気圏に突入し、プラズマ発光したのちに、いったん気化した固体は再び凝固して固まる。この際表面張力で球体になり、顕微鏡下で完全黒体球体として観察されるものを流星塵と呼んでいる。溶接などで気化して固まったものも同様な形状をするため人工物との判別に注意しなければならないが、年間数千トンも地球に降り注ぐ宇宙の塵の存在は無視できないものと思われる。

我々は過去5年間に渡る流星塵の採集データを解析し、散在流星、群流星との関連や地球の様々な場所、領域に普遍的に存在する流星塵の検証を試みた。

2 方法

流星塵は以下の方法で採集した。なお採集地である学校周辺はおおむね田園地帯であり、周囲に鉄工所、線路など人工流星塵の原因になるような施設は見られない。また、群馬県前橋市内にある学校と平行して赤城山山麓に位置する富士見町においても同時期に採集を試みた。

- （1）ガラス板法： スライドガラスにグリセリンを塗布し、24時間屋外に放置し、スライドガラス1枚分に吸着した流星塵を顕微鏡（150倍）にて検鏡し、大きさと数を記録した。年周変化、粒径分布のデータは主にこの方法で取得した。
- （2）雨水ろ過法： バケツに雨水をためて、ろ過後、ろ紙を切り取り検鏡した
- （3）融解雪ろ過法： 積雪を融解、ろ過し、検鏡した
- （4）積塵採取法： 屋上に降り積もった塵を採集、水中で磁石を用いて攪拌し、磁石に付着した流星塵を検鏡した。
- （5）空中採取法： 国際宇宙ステーションから宇宙空間に存在する宇宙塵の採集に成功している。我々は地上において直接空気中に浮遊する流星塵の採集を試みた。大きなビニール袋に長時間、大量の空気を通過させ、ビニールに付着した流星塵を検鏡した。

以上、様々な方法で採集を試みたのは過去において、南極の氷中、深海底、雪、雨などからの流星塵検出が報告されていることを追認するためと、流星塵の降下が地球において無視できない普遍的なものであることを立証するためである。

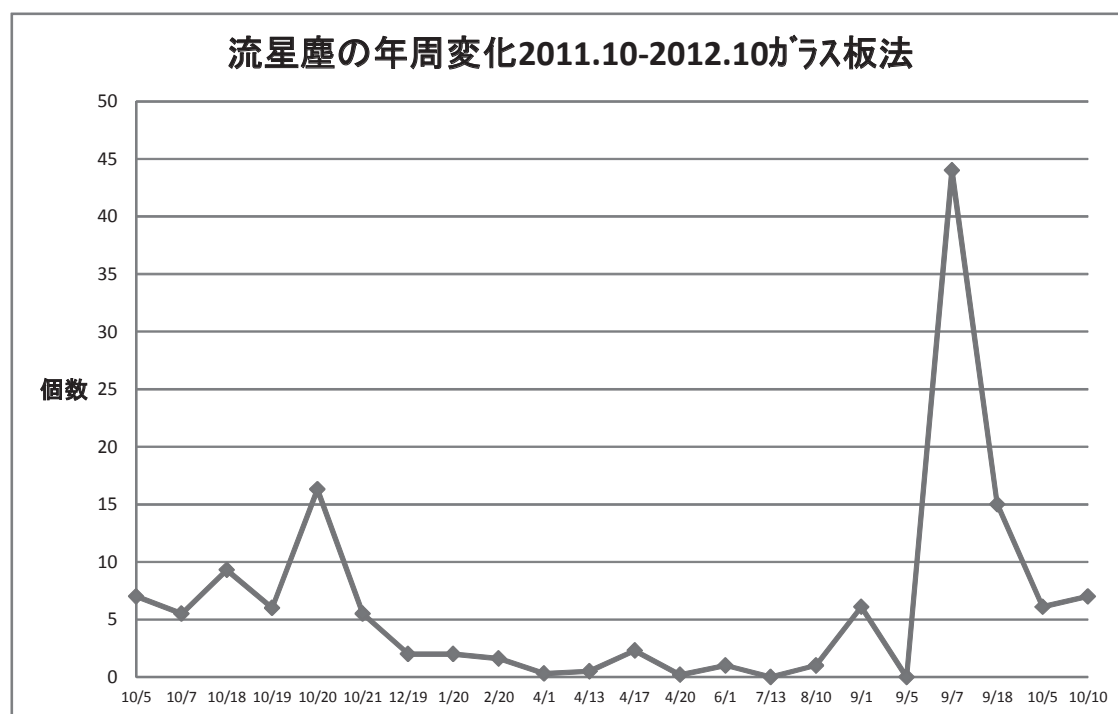
3 結果および考察

(1) 流星塵は毎年必ず9－10月の秋期に増加する。増加数は年により一定ではないが、この傾向は5年間変わらず、確実なものである。一方、散在、群両方含めた流星数の年周変化は夏期6－8月に多いことが知られている。いくら出現が豊富でも単発的な流星群の影響はあまり出ず、あくまでも全体の流星物質の地球への流入量の影響が流星塵個数の年周変化となって現れるはずである。そのこととこの結果は良くあっているように思える。

仮に流星塵が人工的なものであったなら、なぜ複数の地点で毎年秋に増加するのか説明することが困難ではないだろうか。セッション開催時には複数地点でのデータも示し、このことを提示したい。

(2) 流星塵の粒径は $10 - 15 \mu\text{m}$ の物が非常に多い。ただし、高倍率で検鏡すると $10 \mu\text{m}$ 以下のものも多数みつき、流星物質と同様に小さな物ほど数が増加するのかもしれない。

(3) いずれの採集方法でも流星塵は見つかった。データが少なく断言出来ないが、年周変化の傾向もガラス板法と似ているようである。空気、水、人間などとの接触がなければ流星塵はありえないはずであることを示すための対照実験を空中採取法においては何度も行った。混入により、数は少ないものの流星塵が検出されてしまっているが、もっと実験を厳密に行った結果をセッション開催時には報告出来たらと思う。



仮想の太陽と真の太陽 P A R T 2

塚野莉佳 横尾悠羽 (高2)

高田諒馬 吉川滉也 小野寺真実 笥由樹子 阪本葉生里 安井友海 (高1)

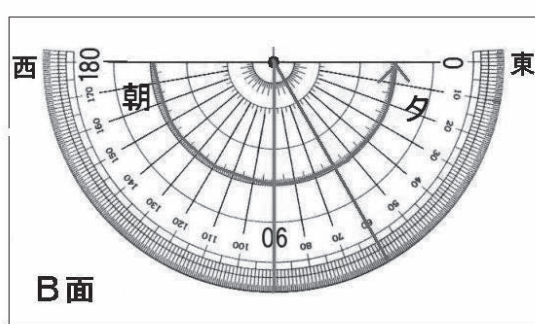
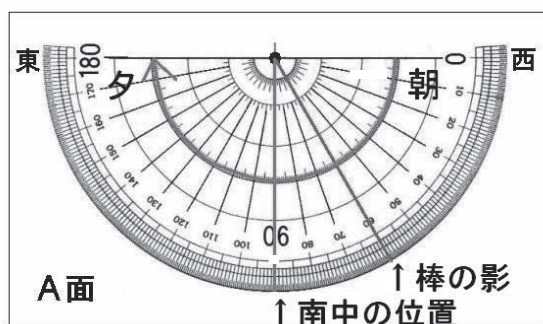
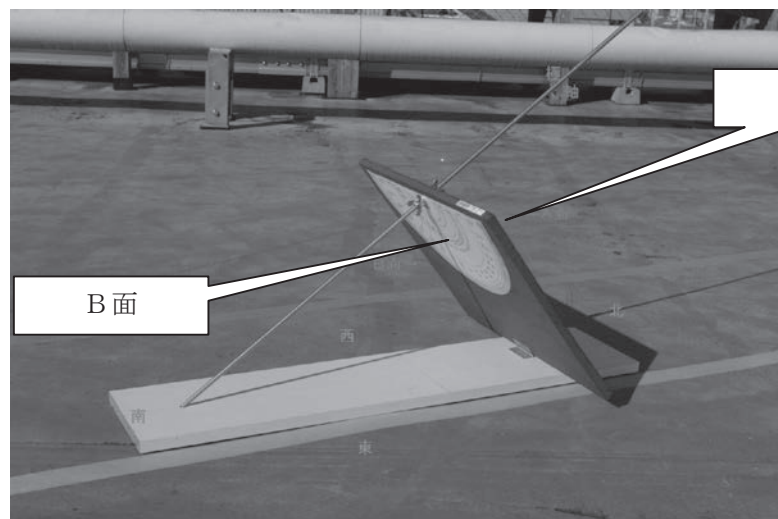
【國學院大學久我山高等学校】

1. はじめに

私たち國學院久我山高校地学部は、一昨年11月から日時計を用いた簡単な方法で太陽の南中時刻を調べてきた。昨年の京都での学会ではその観測方法と4ヶ月間の観測による途中経過を発表した。今回はそこまでの反省を基に改良を加え、観測結果をグラフにまとめ『理科年表』のデータと比較してみた。

2. 方法

必ずしも太陽が南中する時刻に観測できるわけではないので、任意の時間に観測して日時計の影の位置から南中時刻を算出するために下のような日時計を作製した。南中時刻は日時計に映る影の位置を読み取る。



上図の南中の位置と、棒の影のなす角は、1時間に15度(4分で1度)ずつ移動していくので「真北からの影の位置の角度」から太陽の南中時刻を算出できる。

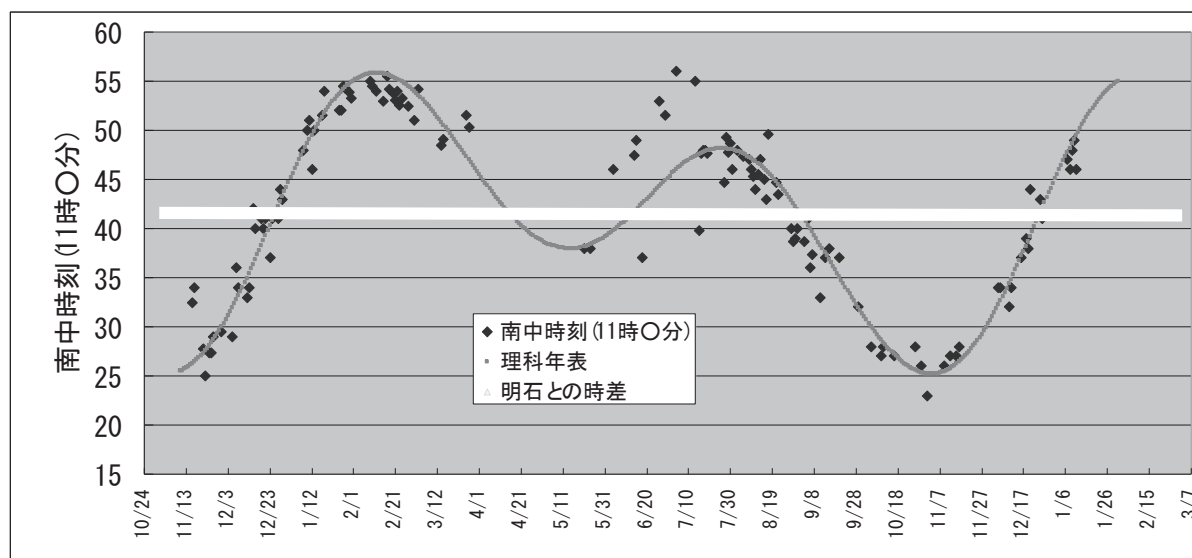
昨年出た反省点として・・・

影が読み取りにくい→より大きな日時計を作製

休暇中や試験中の観測回数が少ない→できる限り観測回数を増やした

3. 結果

東京・久我山で1年2ヶ月間(133日307回)に渡り観測した南中時刻の変化をグラフにすると下図のようになった。



『理科年表』のデータを元に算出した久我山での南中時刻のグラフと似た変化をしている。

4. 考察

観測方法に関してはまだまだ改善できる箇所があること、昨年から今年にかけて日時計を大きくし、戸惑いも出たことを配慮するとますますの結果だと思う。5月から7月前半にかけて、観測の結果と『理科年表』のグラフがずれてしまったのは、自作の日時計の軸の角度がずれてしまったことが原因だと考えている。

5. まとめ

まだまだ正確な結果を出せていないので、これからも観測を続けていきたいと思う。

参考文献

理科年表(丸善)

スーパームーンのなぞ ～月の大きさの変化～

宮本 果陽子（中1）【鳥取市立佐治中学校】

1. はじめに

2012年5月6日は、スーパームーンでした。いつもの満月よりも大きな満月だったそうです。月の大きさは本当に変わるのか？ 変わるとしたらその原因は何か？ 私は疑問に思ったので調べようと思いました。

2. 方法

(1) 同じカメラ、レンズで月を写す。

カメラ：フジフィルム ファインピックスS 5プロ

レンズ：ニコン 70mm～200mm望遠レンズ

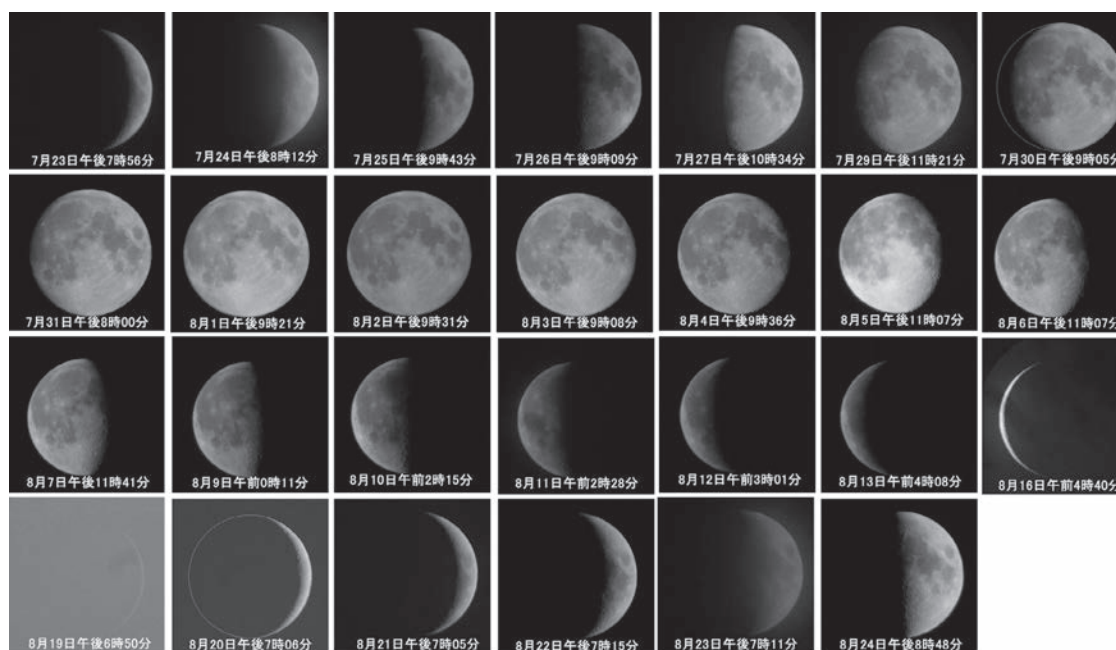
2倍の拡大レンズを取り付けて、400mm相当で撮影

(2) 写した月をプリントし、直径を測る。

(3) 直径の変化をグラフで表し、月の大きさの変化を調べる。

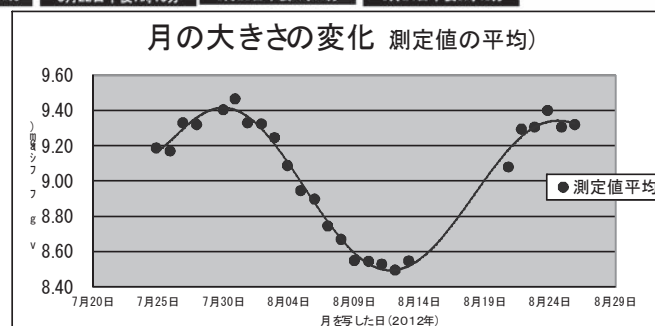


3. 結果



・2013年7月23日～8月24日の間で、計27日写すことができました。

・観察期間中で、月の大きさが最大となったのは、7月30日と8月23日でした。



月の大きさは毎日少しずつ変化していること、最も大きくなった日から、次に最も大きくなるまで25日かかっていることがわかりました。これに対して、月の形の変化を比べてみると、同じ形に戻るのに29日かかっていることがわかりました。

さらに、満月のときに最も大きくなるとは限らないこと、最も大きくなる量は、毎回同じではないということもわかりました。

4. 考察

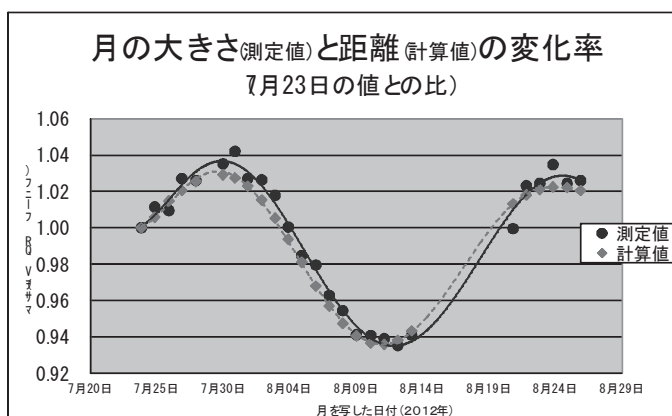
なぜ月の大きさが変わるのかを考えてみました。

仮説1：実際に月の大きさが変わる。

仮説2：月と地球の距離が変わるので、月の大きさが変わって見える。

私の考え：月は岩石でできているので、風船のようにふくらんだり縮んだりしないのではないかと考えました。そこで、月と地球の距離が変わることによって、大きさが変わって見えるのではないかと考えました。

月と地球の距離が変わっているかどうかを確かめるために、ステラナビゲータ（天文シミュレーションソフト）を使って、月を写した時の月と地球の距離を調べてみました。そして、月の大きさの測定値の変化率と、月と地球の距離の変化率(比べやすいように逆数になっています)をグラフにして比べてみると、月と地球の距離の変化により月の大きさが変化しているということがわかりました。



5. まとめ

この研究から、3つのことがわかりました。

- (1) 月と地球の距離が変わっていくことで、月の大きさが変わって見える。
- (2) 月が地球の周りを回る通り道は、きれいな円ではなく近かったり遠かったりしている。
- (3) 月の満ち欠けの周期と月が地球の周りを回る周期は同じではないため、いつもスーパームーンになるとは限らない。

私はこの研究をするまで、月をじっくりと観察することはありませんでした。今回1カ月間、月の写真を写し続けて、月のみかけの大きさが、日々変化している様子を知ることができました。しかも、規則的に変化している様子をグラフで見た時には、とても驚きました。そして、今までよりも月に興味が出てきました。また、何か調べてみたいです。

参考資料

- ・理科年表（平成24年版）：丸善株式会社発行。国立天文台編
- ・天文年鑑（平成24年版）：誠文堂新光社発行。天文年鑑発行委員会編
- ・ステラナビゲータ（天文シミュレーションソフト）：株式会社アストロアーツ
- ・暦のページ <http://koyomi.vis.ne.jp/>

小惑星「Eros」の自転軸の決定

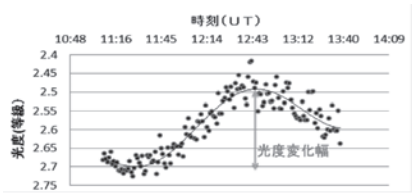
後藤理咲子、岡村麻美（高1）【福岡県立小倉高等学校SS天文研究会】

要旨

わたしたちは平成17年から、形状の分かっていない小惑星の形状を観測したライトカーブによって再現する研究を行っている。今年度は、小惑星の自転軸の傾きがライトカーブに影響を及ぼしていると考え、小惑星の自転軸の傾きの研究を行うことにした。小惑星「Eros」は探査衛星により形状が判明しているため、小惑星「Eros」をもとに研究を行うことにした。



1. ライトカーブ

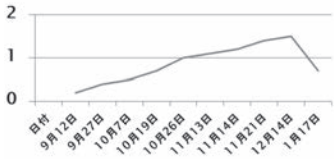


グラフの縦軸を「光度」、横軸を「時間」、光度の最も高いところと最も低いところの幅を「光度変化幅」という。

2. 研究

- ① 実際の小惑星「Eros」のライトカーブ（4か月20夜分のデータ）により光度変化幅を調べ、グラフに表した。

右のグラフより、小惑星「Eros」の光度変化幅は観測日によって違いがあることがわかる。

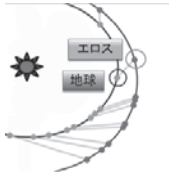


- ② 実際の小惑星「Eros」の形状をもとに粘土モデルを作成した。また、3天体（太陽・地球・小惑星）の位置を調べてまとめた。

粘土モデル



位置（太陽中心）

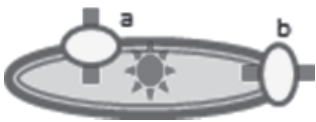


これでは自転軸の向きが分かっていないため、実験を行った。

3. 実験

自転軸の方向を決定するために2つの仮説を立てた

- a、自転軸が地球の公転面に垂直
 - b、自転軸が地球の公転面に平行
- 作成した粘土モデルを用いて、

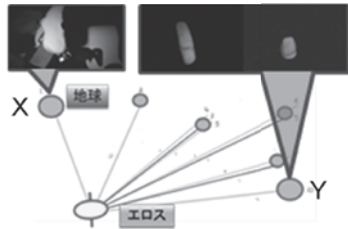


実験室で仮説 a、b を再現し、ライトカーブの観測を行う。

3. 結果

a、エロスがどの位置に存在しても同じ光度変化幅になった。

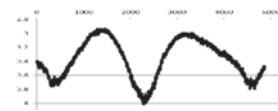
b、位置 (Eros 中心)



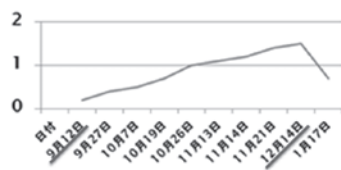
X 地球から見るときは自転しても同じ面しか見えないため光度変化幅はほとんどない。



Y 地球から見たときは自転するにつれて面が変わるため光度変化幅が大きい。

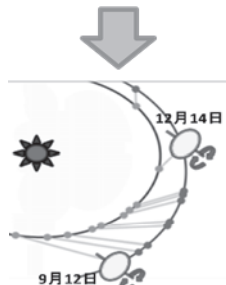


小惑星「Eros」の光度変化幅は観測日によって違いがあるという仮定から、仮説 b が正しいと考えられる。



9月12日のときは光度変化幅が0.2度で約0度であるから、自転軸は地球に対して平行であると考えた。

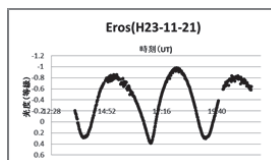
12月14日のときは光度変化幅が1.5度であるから、自転軸は地球の公転面に対して、ほぼ平行になっている。



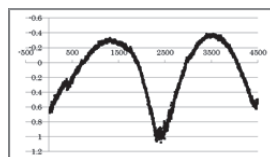
この仮説をもとに図に表してみると左図のようになった。

上図のような自転軸に設定して再現実験を行い、ライトカーブに変換した。

実物



粘土モデル



実際の小惑星「Eros」のライトカーブと粘土モデルのライトカーブを一致させることができた。

4. まとめ

「形状が同じでも自転軸の向きによってライトカーブが変化する」という結果から自転軸の詳細な決定方法の確立と、自転軸の傾きによるライトカーブ変化の特徴を明らかにすることができた。

5. 参考文献

Minor Planet at 366 宮坂 正大氏

小惑星「Semiramis」のライトカーブの形状要因

大山峻平（高2） 【福岡県立小倉高校SS天文研究会】

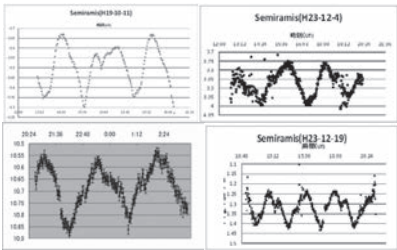
要 旨

本研究では、形状の分かっていない小惑星の形状をライトカーブを用いて再現する研究を平成17年から行っている。本年度は小惑星「Semiramis」のライトカーブの特徴を元に自転軸の傾きを求め、その上で粘土モデルによる再現実験より、いびつな光度変化の要因を確認した。

1. はじめに

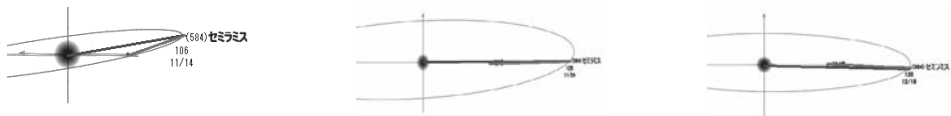
本研究を行うにあたり平成19～24年の合計49夜で観測したライトカーブから共通点をまとめた。その結果、ライトカーブの極大部分で大きな凹みが確認されることがある。だが、時期が過ぎるとこの極大での変化がなくなったり、現れたりするという現象が起きている。本研究ではこの極大での光度変化の要因について研究を行った。縦軸光度（等級）、横軸（時間：UT）

また、光度変化の幅が0.20等級から0.30等級の間で変化することに着目して自転軸の傾きの方向と角度を推測した。（予稿集では省略）



2. 天体の位置

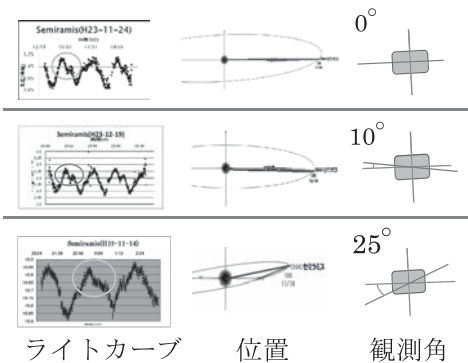
再現実験を行うためには観測した日の天体（太陽、地球、小惑星）の位置を調べる必要がある。天体の位置は「ステラナビゲータ」というパソコンソフトを用いた。その結果、Semiramisは地球の公転面に対して上下に移動していることが分かる。



3. 観測角

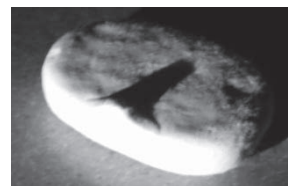
上記の天体位置とライトカーブを結びつけるために観測角というものを定義した。

これは、地球から小惑星への視線と小惑星の自転軸に対して垂直な面との線から成る角である。この観測角に基づいてみると、右図のとおり観測角が0°と25°で極大部分で光度変化は起きず、10°で光度変化が起きていることが分かる。



4. 粘土モデル

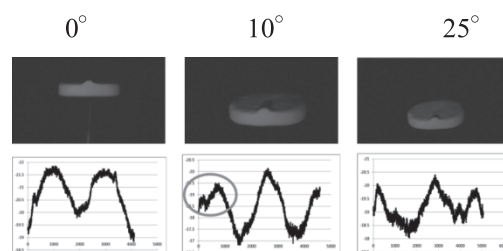
観測角との関連性から粘土モデルを作成した。このモデルは小判型の土台の上面の側面部分に壁を取り付けたものである。仮説を立てると、実験で観測角が 10° のときに壁によって小判型の上面に影が出来て、これが極大での光度変化を起こすのではないかというものである。



5. 実験と結果

実験条件は観測角が約 0° 、 10° 、 25° である。また、再現実験では太陽を白熱球、地球をビデオカメラ、小惑星を上記の粘土モデルに代用した。

その結果、実験でも観測したものと同じように観測角が 10° のときに極大部分で光度変化が起きている。実験で撮影したビデオを検証すると以下のことが分かった。観測角が 0° と 25° では 極大での光度変化が現れなかった。また、観測角が 10° のときは壁によって出来た影が極大での光度変化起こして実際のライトカーブと同じ特徴を持ったライトカーブとなった。



6. まとめ

5. の実験より極大での光度変化が壁によってできた影が影響していると分かった。また、実際のSemiramisのライトカーブと同様に観測角が変化することでライトカーブを変化させることができた。このことから形状自体の明るさの変化だけでなく、観測角の違いによる小惑星の表面にできる影もライトカーブの短期間での変化に起因していると結びつけることができる。

7. 今後の展望

- ・小惑星「Semiramis」の正確な形状再現
- ・小惑星「Semiramis」以外で短期間にライトカーブの極大が変化する小惑星の検証

8. 参考文献

- ・小惑星の諸性質に関する資料 「IAU Minor Planet Center」
- ・宮坂正大氏のホームページ（観測方法等の参考） 「<http://www.toybox.gr.jp/mp366>」
- ・小惑星の諸性質、スペクトルに関する資料 「理科年表2009」
- ・小倉高校の過去の研究実績

平成17年度～平成23年度の小倉高校科学部に関する論文

小惑星の測光観測

ー デジタル一眼レフカメラの可能性を探る ー

加藤連詞、羽田有輝、廣瀬将司（高2）

庄崎弘基、中川諒人、橋本健、樋口誠人、真壁聖矢（高1）

【那須高原海城高等学校】

1. はじめに

昨年度より、既知の小惑星の特性調査で天文学に貢献しようと観測を始めた。小惑星の測光観測は、冷却CCDカメラで行われるのが一般的である。しかし、本校にはその設備がないため、デジタル一眼レフカメラで測光を試みた。

デジタル一眼レフカメラで小惑星の測光観測をできるかどうか、①カメラの感度は十分か、②カメラのノイズの影響はないか、③測光の結果は妥当かを調べることを当面の目的とした。

2. 観測方法

観測日時 ① 2011年11月26日 22時～24時（小惑星 # 45）

② 2012年12月16日 22時～24時（小惑星 # 129）

③ 2013年 1月10日 22時～24時（小惑星 # 129）

観測場所 栃木県大田原市 ふれあいの丘天文館

使用機材 ①天体望遠鏡 65cm 反射望遠鏡

$f = 7800 \text{ mm}$ （三鷹光器製）

②カメラ Nikon D700

直焦点、露出時間 30秒

測光方法 ステライメージによるアパチャー測光



3. 観測結果

3. 1 撮像データ（小惑星 #45）

撮像データは、 $2815 \text{ ピクセル} \times 1872 \text{ ピクセル}$ （各ピクセルは $0.34''$ 角）の大きさである。

デジタル一眼レフカメラで得られるデータは、図1のように光の三原色(RGB)フィルターを通したものであり、①ベイヤー補間(図1の矢印)したカラー画像と②ベイヤー補間していないベイヤー画像(モノクロ)がある。図2はカラー画像を分解して得られるR,G,B各画像

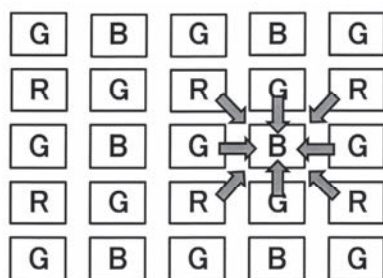


図1 デジカメのベイヤー配列

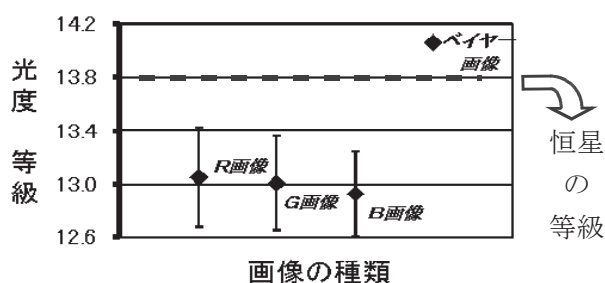


図2 各画像による測光結果

とペイヤー画像による測光結果を比較したものである。測光した恒星はGSC-ACT40.446(13.8等級)である。

3. 2 小惑星の測光結果 (小惑星 #45)

図3のように、光度は緩やかに暗く(等級が大きくなる)傾向が認められ、およそ光度は12等級だった。

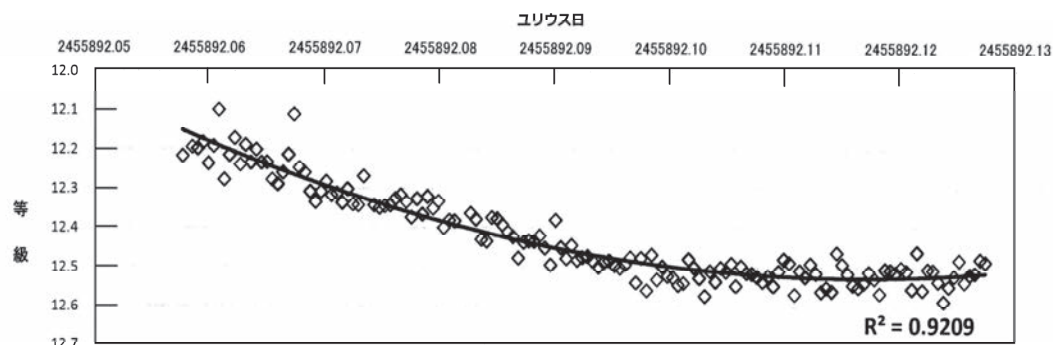


図3 小惑星 #45 の光度変化曲線

4. 考察

微細な光度変化を捉えることができたので、感度は十分と考える。また、露出時間が短いためか、ダークフレームにノイズはほとんど認められなかった。そして、図4は、IAU小惑星センターのデータである。私たちが観測した日のデータはなかったが、既往データから内捜される値および光度変化傾向と私たちの測光データはほぼ一致した。

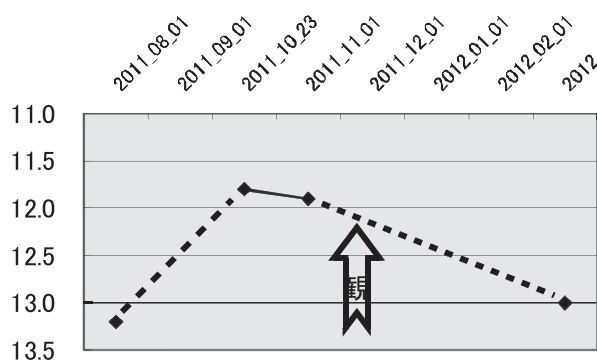


図4 既往データとの比較
(縦軸は等級、横軸は日付、矢印は観測日)

5. まとめ

デジタル一眼レフカメラは、小惑星の測光観測に使用できる可能性をもつことがわかった。今後は、一つの小惑星について長期間の観測を実施し、小惑星の自転周期を求めたい。

6. 謝辞

小惑星撮像の際は、栃木県大田原市ふれあいの丘天文館の望遠鏡とカメラを使用させていただきました。小惑星撮像データの解析については、浜野和弘氏 にご指導いただきました。ありがとうございました。

本研究は、平成24年度中高生の科学部活動振興プログラム ((独)科学技術振興機構) によるご支援を受けました。感謝します。

「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさを調べるⅦ

Light pollution in “Luminous City” HakodateⅦ

—SQMLE・SQML 多点同時観測による夜空の明るさマップ作成の試み—

遺愛女子中学高等学校地学部

Iai Girls` Junior and Senior High School Earth Science Club

高2 立石美樹 高1 渋谷比奈 長岡真帆 對馬知穂

中2 岡田結衣 東 杏華 花田愛海 中1 岡本珠詩 長谷川咲季

1. はじめに

私たちのクラブは、昨年度から愛知県立一宮高校のコア SSH「全国一斉！夜空の明るさ調査」に参加し SQMLE による自動観測と、七飯町、北斗市、函館市内の合計6か所での SQML による夜空の明るさの測定、最微光星等級と SQML の等級の比較を継続した。また、2012 年 10 月には愛知県立一宮高校からお借りした 40 台の SQML による同時観測を広く行った。その結果から、函館周辺の夜空の明るさの広がりを検討した。



図1 調査地域

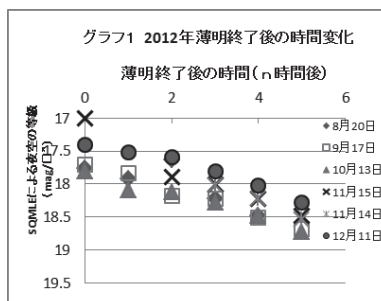
2. 観測方法

観測は、下弦から上弦の、薄明終了1時間後以降 22 時までの時間帯に実施した。

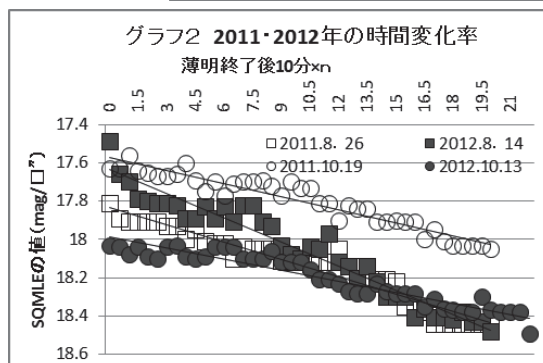
(1) クオリティメーター (SQMLE、SQML) : ユニヒドロン社製の『スカイクオリティメーターSQMLE』は体育館のテラスに設置し、PC に接続して 5 分ごとの夜空の明るさを記録した。また、『SQML』は学校周辺と、市内宝来町・末広町・高丘町、北斗市久根別、七飯町本町の部員と観測協力者の自宅で、5 回連続でスイッチを押して中央値をもとめ、眼視観測の最微等級と、雲量を記録した。

(2) 眼視観測 : ステラナビゲーターを使って作成した 0.5 等級ごとの星図をもとに、各地で観測をおこなったときに何等級まで見えていたかを記録した。

(3) SQML40 台による多点同時観測 : 10 月の観測期間にクラスメートと、公立はこだて未来大学天文部の協力により、函館市・北斗市・七飯町で同時観測を実施した。事前に使用する SQML についておよその個体差をもとめ、5 回計測の中央値をとり観測点ごとの最高値を抽出し、個体差と時間変化率による時間補正を行って、地図上にシールをはり、分布を調べた。このほか、8 月、10 月、11 月に部員宅周辺で移動観測も実施した。



3 結果 (1)SQMLE 薄明終了後 1 時間ごとの値(グラフ 1)を見ると、2011 年には冬に向かって 1 か月ごとに値が明るくなっていく傾向が見られたが、2012 年の 8 月～12 月では、12 月以外大きな差は認められなかった。時間ごとの変化率は 8 月が大きく、10 月が小さくなっている (グラフ 2)。また、8 月以外、夜空は 0.2 等程度 2011 年より暗くなった。

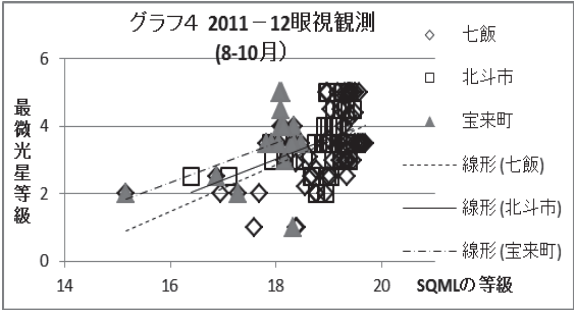
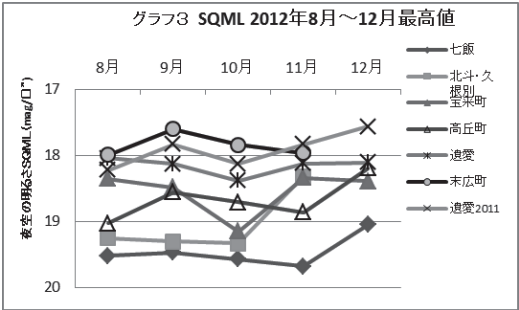


(2)SQML 各観測点の月ごとの最高値をまとめた

(グラフ 3)。8 月を除き 9 月～12 月は各観測点と

もに 2011 年の値が暗くなり、冬に向かって値が明るくなっていく傾向も 12 月を除き、顕著ではなかった。

(3) 眼視観測 2011・2012 年の 3 観測点の結果について SQML の等級と最微光星等級の相関を見ると、



観測者ごとに一定の相関がみられる（グラフ4）。
(4)多点同時観測：図2に示す結果になり、特に明るい光源が集中する地域では17等以下の地点もあるが、函館市中心部では多くが17～18.4等で、この区域から七飯町に向かって5km離れると19.5等以上になり、10km離れると20等以上の暗い空となった。

4. 考察

2011年と比べると2012年の夜空の値が8月以外暗くなった原因としては①節電・ライトダウンの影響、②天候の二つが考えられる。節電により大きな明るい施設が消灯していた時期があり、時間変化率が8月に大きくなっていることから、節電のためのライトダウンは広がっていたものと考えられる。今後、街灯りの写真測光にも取り組みたい。天候状況を2011年の同時期と比較すると、8月以外、気温が高く湿度は低く見通しのきく空であったが、8月は気温・湿度ともに高く、水蒸気が多い見通しの悪い空であった（グラフ5）。このため、8月は明るくなったと考えられる。夜空の明るさの変化は天候の影響も受けている。

多点同時観測の結果を、北九州市の東筑紫学園高校が作成した北九州5万分の1等光度線図と比較した。最も明るい地点の差は0.2等だが、18.4等までの区域の広がり函館のほうが狭く、都市の規模に対応して17.5～18.5等の区域の面積が異なると考えられる。一方、天の川が見える19.5等以上の地域までの距離は、ほぼ同じだった。函館では平野が続くため、街灯りの影響が減る区域までの距離が長くなっているのではないかな。さらに2010年までに行った移動観測の結果も補正して加え、データを検討し等光度線を引くことを試みたい。

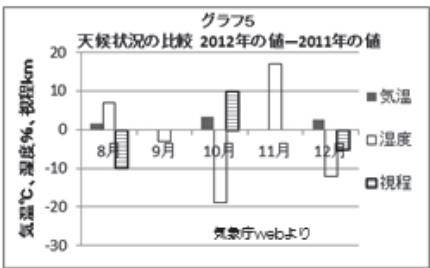
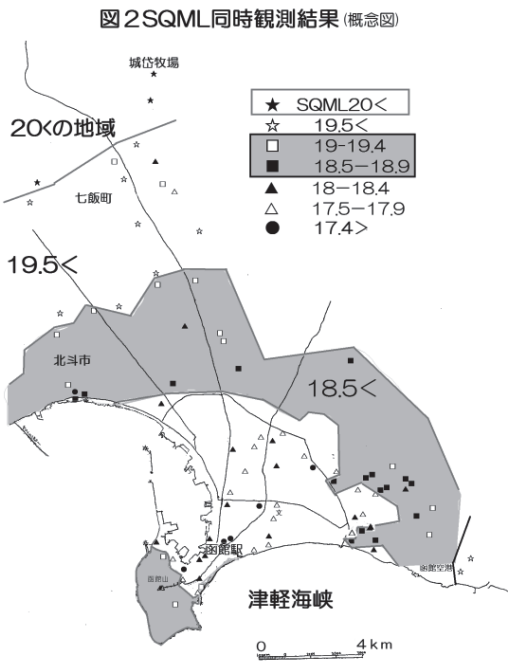


表1	人口(各市役所webより)	最も明るい地点の観測値	夜空の等級17.5-18.4の範囲(面積)	17.5等以上から19.5等以上の区域までの距離
函館と北九州の比較				
函館市	約30万	15.66	34.25 km ²	5 km
北九州市	約100万	15.43	175.5 km ²	5 km

参考文献：・北九州5万分の1等光度曲線地図(2012) 東筑紫学園高校理科部 ・コアSSH「全国一斉！夜空の明るさ調査」 研修会資料 ・「ひかりのまち函館」の夜空の明るさを調べるⅠ～Ⅵ 遠愛女子中高地学部 日本天文学会ジュニアセッション講演要旨集2007-2012 ・気象庁web 気象統計ページ
なお、この研究は(独)科学技術振興機構「中高生の科学部活動振興プログラム」の助成を受けた。

三鷹七中天文部の夜空の明るさ観測の予備調査

森雪絵(中3)、橋口紗瑛、原田遼子(中2)、倉田蓉子(中1)

【三鷹市立第七中学校天文部】

1. はじめに

三鷹七中天文部は、年に数回、校舎の屋上で観望会を行っている。しかし、中学校の部活動なので限られた時間(夏は 18:30、冬は 18:00 まで)でしか活動することができない。そのため天文部の活動時間内で星がよく見える日に観望会を行いたいと考えた。本観測では月明かりにより夜空が明るくなっていると仮定した。私たちはスカイクオリティメーター(SQM)を用い、東京都三鷹市の 18:00 における月の大きさと夜空の明るさの関係について調べることにした。今回は、より正確に調べる為に観測に影響を及ぼすであろう、SQM を使用する際の個人差、薄明中の明るさの変化、地上からの光、月が SQM のセンサーに直接入る範囲の 4 つについて観測を行った。

2. 方法

使用機材：国際光器社スカイクオリティメーター(SQM-L)

観測場所：本校屋上(東京都三鷹市大沢)

実験 1 個人差について

観測者が SQM を持って観測を行った場合、数値にどのくらいの差がでるのか調べた。

(1) 立ち位置(ビニールテープで固定)、持つ高さ(地面から 1.2m)、SQM を向ける方向(北極星)の条件を観測者 2 名でそろえた。

(2) 薄明中の明るさの変化の影響が出ないように、19:30 に交互に測った。

実験 1 の結果より、実験 2 以降では、SQM を三脚にとりつけ、地面から 1.4m の高さで実験を行った。

実験 2 地上からの光について

地上からの光(街灯や建物の光等)が夜空全体にどのように影響しているのかを調べた。

(1) SQM を三脚に取り付け、緯度方向にだけ動かした。

(2) 地平線を 0° 、天頂を 90° とし、真北から天頂にかけて 10° ずつ測定した。

実験 3 薄明中の明るさの変化について

観測を行う 18:00 に太陽(薄明)の影響がどの程度あるのかを調べた。

(1) SQM を三脚に取り付け、真北の仰角 70° に固定した。

(2) 18:00 前後である、17:20～18:20 で、2 分毎に測定した。

実験 4 月の影響について

月の光が直接 SQM のセンサーに入ってしまうことにより、数値が正しく測れない場合も考えられるため、月の光がどの程度まで SQM の測定範囲に入るのか調べた。

(1) SQM を三脚に固定し、緯度方向だけ動かした。

(2) 月が SQM のセンサーの中心にくる場合を 0° とし、月から天頂にかけての延長線上を 10° ずつ測定した。



図 1. 観測装置
三脚に取り付けて観測を行う。

3. 結果

実験 1 観測者が変わると最大で $0.27\text{mag}/\square$ の誤差が生じた。観測者によって SQM の向いている場所が少し変化してしまい、若干の誤差が生まれたと考えられる。この個人差を解消する為に三脚の上部に SQM を取り付けた装置を作った。

実験 2 仰角 70° から天頂までは値が高い。よって、 70° 以上では地上からの光の影響がないと考えられる。

実験 3 1 月 20 日の日没は 16:47 なので日没の約 70 分後に薄明が終わることが分かった。よって、日没から約 70 分後に観測を行えば、薄明の影響をほとんど受けずに測定することができる。

実験 4 0° (月の中心)から 20° までは、SQM の明るさが $17.00\text{mag}/\square$ 以下と影響が大きい。従って、月が天頂にあるときに、月から 20° 以上離れているところへ SQM を向けなければならない。

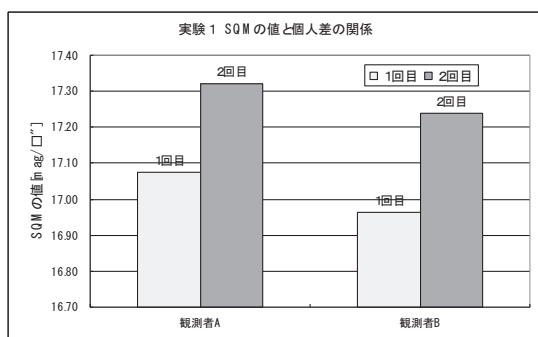


図2 実験1 夜空の明るさと個人差の関係
1月11日 19:30～19:35

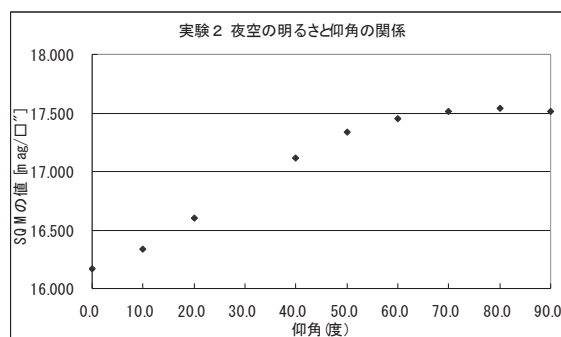


図3 実験2 夜空の明るさと仰角の関係
1月11日 19:23～19:30 10°ごとに測定。30°は欠測

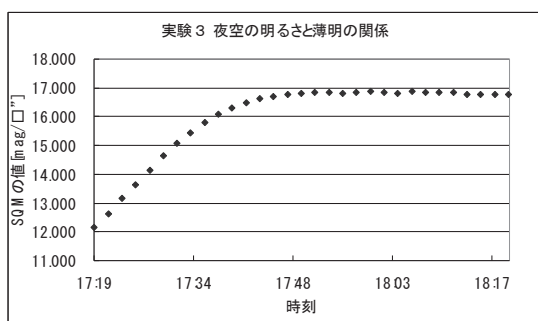


図4 実験3 夜空の明るさと薄明の関係
1月20日 17:20～18:20 2分ごとに測定

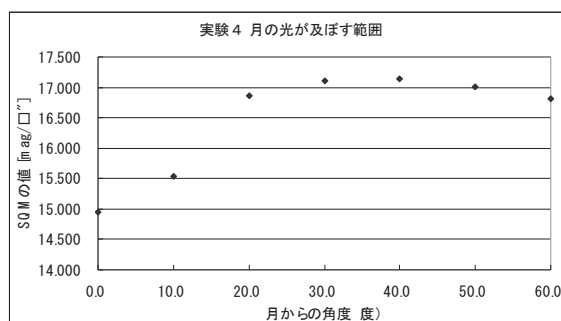


図5 実験4 月の光が及ぼす範囲
1月20日 18:33～18:40 月から10°ごとに測定
50°～60°の値の変化は街明かりの影響と考えられる。

※グラフの値はすべて SQM で 5 回測定した平均値を用いた

4. まとめ

今回の実験より、以下のことがわかった。

- (1) 観測者が SQM を手に持って測定を行うと SQM を向ける方位や高度に個人差が出ることがわかった。
- (2) 地上からの光は仰角 60° まで大きく影響していた。そのため 70° 以上で測定を行う。
- (3) 薄明中の明るさの変化は 17:50 よりほぼ変わらなくなった。
- (4) 月から 20° 以上離れないと直接月の光が入ってしまうことがわかった。そのため月から 20° 以上離して観測を行う。

上記により月の大きさと夜空の明るさの関係を調べるために次の条件で観測を行う必要があることがわかった。

- ・ SQM は三脚に取り付け固定する。
- ・ 方位は真北、仰角 70° のエリアを観測する。
- ・ 時刻は薄明の影響を受けにくい 18:00 に行う。

5. 今後の課題

- ・ 今回の実験をふまえ、1月15日から1月27日まで月の大きさと夜空の明るさの変化の関係を観測している。測定されたデータより分析を行いたい。
- ・ 今回行ったのは 18:00 に観測を行う場合の実験だったが、日没時間の変化で、本研究は、冬季に限定される。そのため、夏季の場合の実験も行いたい。
- ・ 雲量やその他の気象条件でどのくらい夜空の明るさに影響するのか、調べなければならない。

参考文献

- 天文年鑑編集委員会 2012 『天文年鑑 2013 年版』 誠文堂新光社
 天文年鑑編集委員会 2011 『天文年鑑 2012 年版』 誠文堂新光社
 スカイオリティメーター 取扱説明書

SQM による全天スキャン

富田小冬（小 4）【愛知県一宮市立向山小学校】

1. はじめに

一宮高校から SQM をお借りして 1 年半になる。昨年、一昨年は愛知県、岐阜県、滋賀県の計 255 か所で夜空の明るさの計測をした。多くのポイントで明るさを計測したことで、SQM の扱いにも十分に慣れ、計測地点に行けばおおよその数値を予想できるようにもなった。そして計測していくうちに、ふと SQM がどれくらいの差異を計測できるのか調べてみたくなった。そこで、普段は SQM で天頂だけを計測しているが、全天を計測してみる事にした。

2. 方法

今回は SQM の計測と併せて一眼レフカメラでの撮影を行った。

場所：愛知県立一宮高校（一宮市北園通 6-9）

機材：SQM-L（図 1、2）

一眼レフカメラ NikonD3000

※三脚は 10° 刻みの目盛付きのものを作成していただいた。（図 2）

- ・ SQM を三脚に固定し、方位角、仰角共に 20° 毎に計測

方位角 0°、20°、40°・・・340°

仰角 10°、30°、50°、70°、90°

- ・ 一眼レフカメラを三脚に固定し、方位角、仰角共に 30° 毎に計測

方位角 0°、30°、60°・・・330°

仰角 0°、30°、60°、90°

観測日：2012 年 12 月 22 日

ソフト：すばる画像ソフト マカリ

ステライメージ Ver. 6.5

測光：画像をステライメージで fits に変換した後、すばる画像処理ソフトマカリで測光した。開口測光、半自動、半径 50 ピクセルの設定で、1 つの画像につき 4 か所測光を行った。（図 3）



図 1



図 2

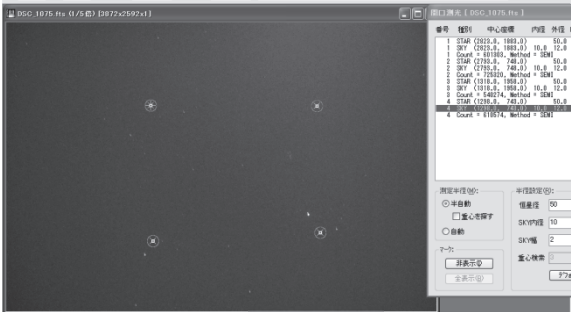


図 3

3. 結果・考察

南西方向は **SQM** の方が明るい結果になった。**SQM** は光源等の光も拾って、半径 10° の範囲を平均しているが、測光をしたデータは、光源等をよけて測っているため、**SQM** の数値だけが明るくなったと考えられる。(図 4)

南東方向は多少の誤差があるが、**SQM** と測光したデータがほぼ一致した。(図 5)

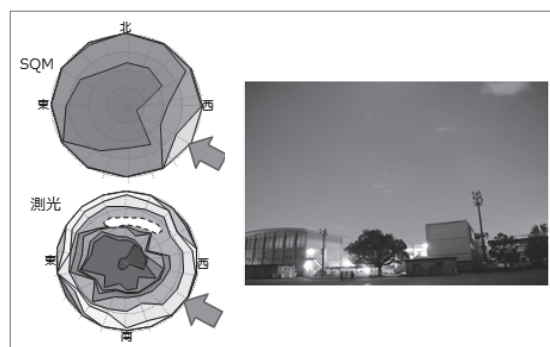


図 4

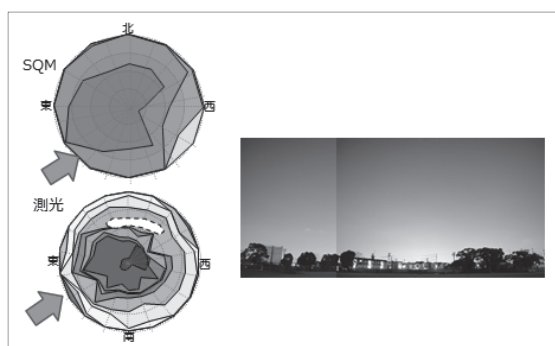


図 5

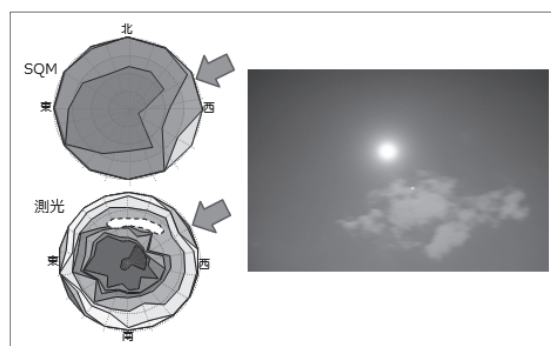


図 6

西方向の月周辺は **SQM** のデータはしっかりとれた。測光のデータはこの高度の 30° のデータに方向のズレがあるので今後見直していこうと思っている。(図 6)

4. まとめ

SQM では直接の光源の差異を顕著に捉える事ができた。

SQM と測光のグラフは機材の特徴によっても違いが出ることが分かった。

月とその周辺の明るさは、見た目だけではなく **SQM** によっても明らかになった。

5. 今後の課題

今回この研究で一宮高校のほかにハートピア安八天文台でも計測したが、画像が 5 枚ほど足りず解析できなかったため、今後計測・撮影をやり直そうと思っている。

また、一宮高校での計測結果をみると、データの一部に若干のズレがあるように感じる。計測時に角度の設定を間違えた可能性があり、次回はその点にさらに注意し計測する必要がある。

6. 参考文献

天文年鑑

7. 謝辞

本研究は愛知県立一宮高校コア SSH「夜空の明るさ調査」に参加する中で進めたものである。ご指導いただいた一宮高校の高村裕三朗先生、地学部の皆さん、ハートピア安八天文台長の船越浩海先生にこの場を借りてお礼申し上げます。

SQM による光害調査 –日本を飛び出して–

岡本諒、祖父江琢哉、吉田奈央、渡邊大貴（高2） 足立匠、栃倉芳年（高1）

【愛知県立一宮高等学校】

1. はじめに

現在、主に都市部の光が過剰になることによって、自然生態系等に影響を与える「光害」と呼ばれる環境問題がある。私達はSQM(Sky Quality Meter)という機器を使用し、光害について、シミュレーションとSQMによる観測の二面から調査を行ってきた。そして、今年からはイギリスやハワイからのデータを得られるようになった。また、この研究はコアSSH事業により、全国の高校生や小中学生と連携してデータを提供してもらって行われている。

2. 方法

(1)使用機材

SQM-LE (LANに接続して一定間隔でデータを自動記録可能な機器) を全国21校と天文台4か所の合計25か所に設置し、継続的にデータを収集した。また、SQM-L (持ち運び可能な機器) を用いて多地点のデータを収集した。

(2)性能評価

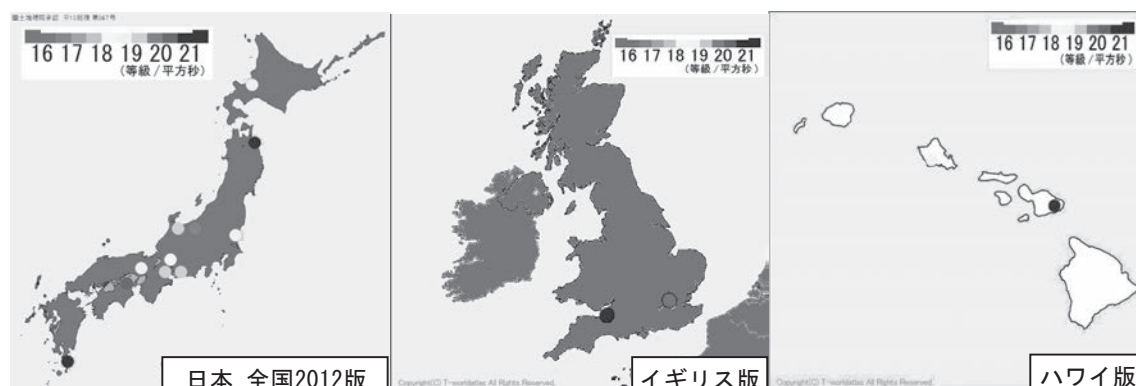
SQMの信頼性を確認するために、SQMと冷却CCDカメラに同一光源に向けて明るさを変化させて測定した。その結果、SQMの等級と冷却CCDのカウント値(等級に変換)はリニアリティが認められたため、SQMの示す等級は信頼できるものだと確認できた。

(3)個体差

SQMの調査基準をそろえるために、基準となるSQMを決め、その基準のSQMと比較対象のSQMを同一光源に向けて測定した。その結果から、縦軸を基準のSQM、横軸を比較対象のSQMとしてグラフを作成し、最小二乗法によって個体差を求めた。個体差は全国に貸し出したSQMに対しても求めた。

(4)明るさマップ作成

全国の提携している高校からのSQMのデータを集計して、夜空の明るさマップを作成した。マップから都市部と地方で夜空の明るさに大きな差が確認できた。



■観測環境

機材：SQM-L, SQM-LE 期間：2012年7月23日～8月4日 20:00～22:00

場所：日本 10道県 11地点、イギリス、ハワイ

(5)夜空の明るさシミュレーション

SQM-LEによる定点観測データから、夜空の明るさ変化の要因を探ろうと試みた。一晩の明るさと電力使用量を比較すると、傾向に一定の関係が確認できた。また、都市部に近い場所のほうが、一晩を通して夜空が明るいことが分かった。これより、都市との距離と人間の活動が影響するとして、明るさシミュレーションを作成した。下記の式を用いて、各都市からの影響を求め、それらを足し合わせて、各地点の明るさを推測した。

仮定：光源…市区役場(人口20万人以上) 光源の強さ…人口に比例

$$\text{式： } L = \frac{(H-h)^2}{H^2} \times \frac{L_0 \times e^{-D\sigma}}{D^2}$$

L 明るさ L_0 光源 e 自然対数 D 距離

σ 消散係数 6×10^{-6} H 反射する高度 h 測定した地点の高度

($e^{-D\sigma}$ はランベルト・ベールの法則 / D^2 は明るさの強さは距離の二乗に反比例 による)

光源からの光が反射する高度の仮定を変化させてシミュレーションをしたところ、Hとして2～3kmが妥当であると分かった。

3. 結果

今年の夜空の明るさシミュレーションの結果、実測値と11地点中5地点で0.5等級以下の誤差であった。また、高度をシミュレーションの要素として加味することで、精度を向上させることができた。

夜空の明るさシミュレーションの結果（単位：Mag/□"）											
	富山	種子島	時習館	三本松	札幌 開成	一宮	津	八戸北	水戸 第二	長野西	三田 祥雲館
実測値	19.1	22.04	19.36	20.4	18.99	18.43	19.46	21.59	18.67	19.84	18.86
計算値	19.21	22.00	19.38	21.58	18.27	18.30	18.94	20.79	18.82	19.09	20.32
誤差	+0.11	-0.04	+0.02	+1.18	-0.72	-0.13	-0.52	-0.80	+0.15	-0.75	+1.46

4. 考察

夜空の明るさシミュレーションでは、ある地域に限っての検証として、一定の評価は可能であると判断できる。

今後は、光害の実態把握をさらに進めるため、調査地点を増やして各地のデータを蓄積していきたい。また、実地観測が難しい地点での夜空の明るさを推測するためにもシミュレーションの精度を向上させていきたい。

5. 参考文献・使用ソフト・謝辞

環境省光害ガイドライン 白地図MapMap6.0 SQM-Reader

ハートピア安八天文台 名古屋大学大学院 柴田隆教授

コアSSH全国夜空の明るさ観測チーム St.Paul's Highschool 名古屋大学 青木慶伸氏

「ちょっと待って！SQM」

飯島有紀、田島初花（高1）

小野真梨子、喜楽綾乃、窪田葵、柴山万優子、長澤祐佳、矢野間千恵（高2）

【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

1. はじめに

「夜空の明るさ」調査は、今では全国の高等学校で広く行われており、「SQM (Sky Quality Meter)」が主な観測機器として用いられている。昨年から私達も夜空の明るさについての研究を始めたが、同じ星空をカメラで測光した場合と SQM で測光した場合で異なる数値が得られることがあった。そこで、SQM とカメラの信頼性を詳しく調べることにした。

- (1) SQM-L の信頼性の評価…SQM-L が正確な明るさを測定しているかどうかを確認する。
- (2) カメラの信頼性の評価…デジタル一眼レフカメラが正確な明るさを測定しているかどうかを確認する。
- (3) 実際の夜空の明るさ測定…SQM-L とデジタル一眼レフカメラで実際の夜空の明るさを測定して、それぞれの値を比較し、実際の観測時に SQM やカメラが正確な明るさを測定しているかどうかを調べる。

〈指導助言・協力〉 星空公園 小野間史樹氏

2. SQM-L の信頼性の評価

【実験方法】 反射光の影響を除くため、測定は暗室内で行う。

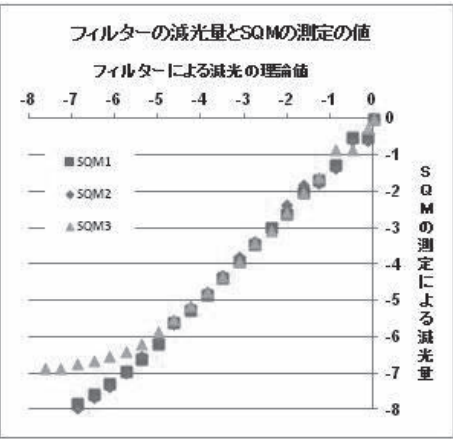
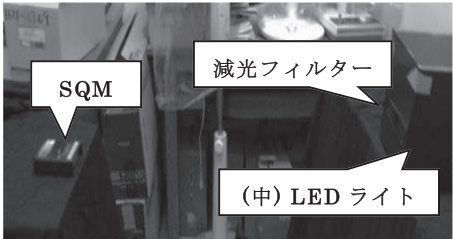
- ① LED 光源と SQM-L の光感知部位との距離を 110cm とし、光源に減光フィルターを取り付ける。
- ② 減光フィルターは、0.375 等級ずつ 21 段階に減光できるものを用いる。
- ③ 一段階減光するごとに SQM-L で等級を測定し、減光フィルターの減光の幅と測定した値の減光の幅を比較する。
- ④ 同機種の SQM-L 3 台について同様の実験を行う。

【結果】

約 6 等級の減光まではフィルターの減光の幅と SQM で測定した値の減光の幅が比較的一致していたが、6 等級以上の弱い光の範囲においては理論値よりも SQM-L の測定値の方が減光の幅が小さくなっている。測定した 3 台とも同様の傾向を示した。

【考察】

光の強い状況下では SQM-L の測定値は信頼できると考えられる。光の弱い状況下で SQM-L の測定値が理論値より高くなったのは、光源以外の光を完全に除去できなかったことが要因の 1 つだと推察できる。



3. カメラの信頼性の評価

【実験方法】

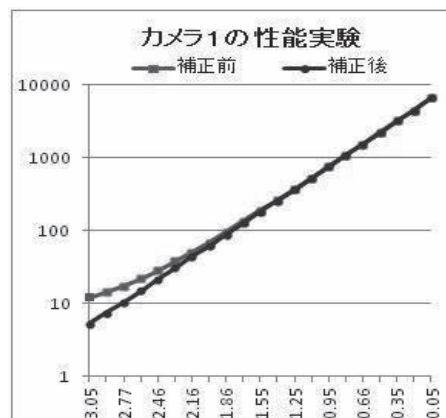
暗室で平面光源を減光フィルター（21 段階）で減光したものをそれぞれ 3 台のカメラ（全て Canon X50）で撮る。シャッター速度は 1/50、F 値は 5.7 に設定する。その後、カメラの蓋をした状態でシャッターを切る。撮った写真を元に各々数値化し、グラフ化する（補正前のグラフ）。蓋をしていてもシャッターを切る際に、カメラ自身の明かりが上乘せされているため正確な数値が出なくなるので、蓋をした時にも生じる明るさの数値を補正前の数値から引く（補正後のグラフ）。

【結果】

対数グラフに直して補正すると 3 台とも直線になった。暗い方が補正の前後で値の差が大きい。

【考察】

カメラは明るさを正確に測定しているため、夜空の明るさ測定には充分な性能を備えている。



4. 実際の夜空の明るさ測定

【写真の取り方・処理方法】

雲のない晴れた夜にカメラを天頂に向け、露出時間 30s で撮影。基準星（等級 4.0~5.0, $-0.5 \leq B-V \leq 0.5$ ）を探し、Excel と専用ソフトを用いて夜空の明るさを求める。

【結果】

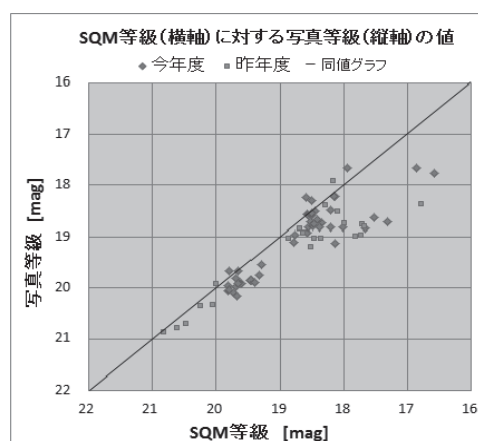
昨年の 21 点に 50 点を加えた全 71 点のデータを処理した。等級 21~20 付近ではカメラと SQM-L の値はほぼ一致した。しかし、空が明るくなるにつれて SQM-L の値がカメラよりも明るく測定された。

【考察】

特に 19 等級より明るい条件下において、SQM-L はカメラよりも明るい値を計測する場合がある。これは、SQM-L が夜空以外の明るさも計測していることが原因だと考えられる。

【結論】

今回は上空が充分に開けた街灯などの影響がない場所を選んで測定したが、市街地などの明るい場所では、SQM は本来よりも明るい値を測定した。人工光が近くにあるとその反射光が様々な経路を辿り、一部の光が SQM に入射する。その結果、夜空以外の明るさも測定するので実際よりも明るい値が測定されてしまうと考えられる。SQM が 20 等級より明るい数値を示したとき、私達はそこに一定量の人工光の影響を考慮しなければならない。今後は更にデータ数を増やし、SQM の測定値にどの程度のぶれが生じるのかを明らかにしたい。



夜空の明るさからみた黄砂の流動

東筑紫学園高等学校 理科部

(高3)西村 有輝

(高2)本田 百花

(高1)川口 史恵 畠山 貴紗子

1. はじめに

11年にわたる観測の結果、「夜空の明るさ」は様々な気象状態や、SPM・光化学オキシダントなどの目に見えない環境汚染物質に、強く影響されることを証明した。このことが評価され、2010年に「星空の街・あおぞらの街」全国協議会より『環境大臣賞』を受賞した。そして、「夜空の明るさ」を地図で可視化した北九州の1/5万等光度曲線地図を製作し、2012年の全国高等学校総合文化祭 富山大会自然科学部門で、第2位の「文化庁長官賞」をいただいた。さらに、2013年の第37回全国総文祭長崎大会自然科学部門に、理科部としては3年連続で出場する予定である。

今年は、昨年から研究を行っている黄砂の研究を継続して行った。スカイクオリティーターL Eを用いた連日観測のデータをもとに黄砂の流動についてさらに詳しい検証を行った。

2. 夜空の明るさからみた黄砂の流動

近年、ユーラシア大陸内陸部から日本への黄砂の飛来が注目を浴びている(図1)。

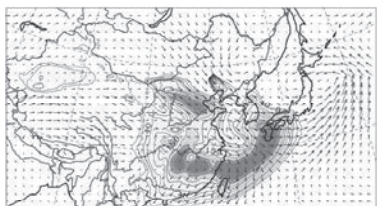


図1. 中国からの黄砂飛来の様子

日本に飛来してくる物質は様々な種類がある。空気中に浮遊する数nm～数mmの液体または固体粒子をエアロゾルとよび、最近問題視されているPM2.5も含まれ、黄砂もエアロゾルに含まれている。

黄砂は図2のように、日本に飛来する際、中国の工場地帯で発生した有害物質と結びつき、日本人の健康面に対しても影響を与える事が報告されている。

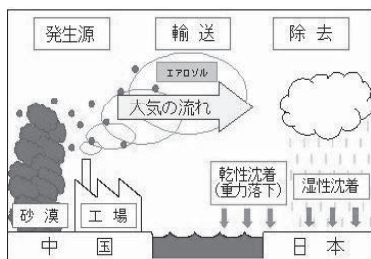


図2. エアロゾルの飛来

2006年、黄砂が飛来している時を狙い、夜空の明るさの各地同日観測を行った。その結果、夜空がとても明るく、黄砂が夜空の明るさに影響を及ぼしているのではないかと考えた。

図3は、国立環境研究所が長崎県大村市でライダー観測している黄砂データと、北九州の夜空の明るさを定点連続観測したデータを比較したものである。この図の2011年4月9日～11日と4月25日～28日の期間の長崎黄砂の飛来量を見ると、黄砂の値が上がるとともに、夜空の明るさの値が上がっている。また、黄砂の値が下がるとともに、夜空の明るさも下がっている。

よって、この結果から北九州で観測した夜空の明るさに黄砂が影響を及ぼしていることがわかる。

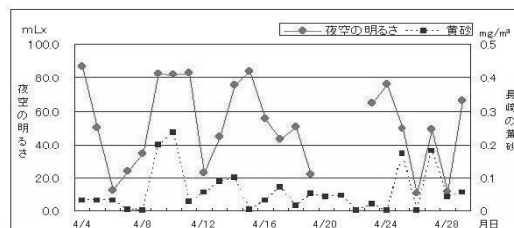


図3. 長崎の黄砂と北九州の夜空の明るさ

次に2012年、スカイクオリティーターL Eを学校の屋上に設置し、15分毎の連続観測データをとった。そのデータと国立環境研究所からいただいた15分毎の黄砂データを比較し、考察を行った。

図4は、2月25日の北九州で観測した夜空の明るさと、長崎の黄砂データを同時刻で表したものである。グラフをみると、23:00～1:45の時間帯にかけて黄砂の数値が大きく変化している。そこで、図中のCASE I とCASE II に注目して、グラフを新たに作成した。

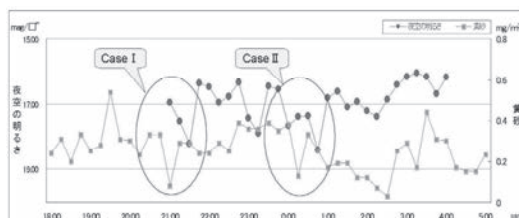


図4. 長崎の黄砂飛来量と北九州の夜空の明るさ(2月25日)

図5(CASE I)は、2月25日に黄砂が長崎を通過して、その30分後に北九州に飛来したと考えて作成した。次に図6(CASE II)は、図5と同じ日に黄砂が長崎と通過して、その45分後に北九州に飛来しと考えて作成している。

図5と図6で、黄砂が飛来した時間が15分ずれているのは、風向が北西～北に変化したためと考えられる。この期間、SPMや光化学オキシダントはあまり変化していなかった。よって、21:00～1:00の間に北九州に飛来した黄砂が、夜空の明るさに影響を及ぼしていることがわかる。

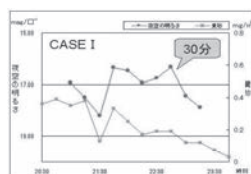


図5. 長崎の黄砂と北九州の夜空の明るさ(CASE I)

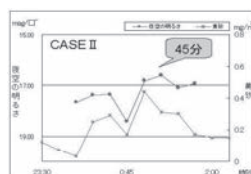


図6. 長崎の黄砂と北九州の夜空の明るさ(CASE II)

さらに、福岡市でのライダー観測データを福岡大学の白石先生よりいただいた。

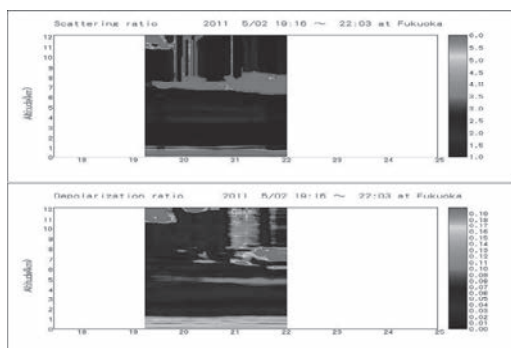


図7. ライダー観測の結果(福岡市)

図7のScattering ratio(上図)は大気中を浮遊している微粒子の散乱比、濃度を表すものである。色が明るく、数値が高いところは、微粒子の濃度が高いことを示している。これを見ると、地表0m～上空約1kmにおいて、黄砂を含む微粒子の濃度が高いことがわかる。

Depolarization ratio(下図)は偏光解消度、つまり微粒子の非球形度を示しており、数値が高いところは微粒子がごつごつしていることを表す。地表0m～上空約1kmにおいて、非球形粒子である黄砂が確認できる。これらの2つの図より、地表付近を移動している微粒子はほぼ黄砂であるといえる。また、黄砂が地上付近を移動しているということは、地上付近の風速・風向に強い影響を受けることが考えられる。

以上のデータより、黄砂は地上付近を移動しており、夜空の明るさに大きく影響を与えている。このように、黄砂が地上付近

を移動している結果は、黄砂ははるか上空を飛んでいると思っていた私たちの常識を大きく覆したといえる。

さらに2011年からの研究で、黄砂がユーラシア大陸から九州に飛来する際に、黄砂前線を伴って飛来することがわかった(図8)。観測結果からも、黄砂が飛来する時間差が1時間以内であったため、北九州と長崎にほぼ同時に飛来していると考えられる。

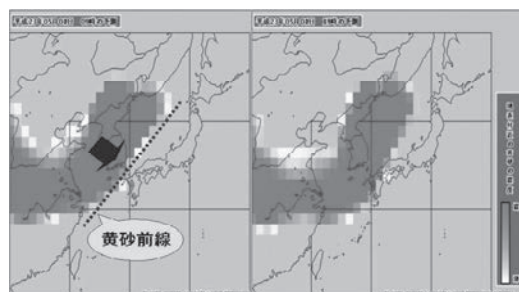


図8. 気象庁による黄砂の飛来予測図

黄砂は、ユーラシア大陸内陸部の砂漠から飛来してくるが、自然的要因だけで飛来量が年々増加しているわけではない。森林伐採や焼畑農業による砂漠化など、人為的要因によるものもある。

3. おわりに

北九州の夜空の明るさと長崎の黄砂の相関関係の時間のズレを調べたところ、夜空の明るさに黄砂が影響を及ぼしていること、さらにその間の風向の変化の影響など、黄砂の流動を推測することができた。

なお、福岡市のライダー観測による黄砂の数値データが入手できなかったため、本来の意図した研究ができなかった。次年度こそ、長崎・福岡の黄砂データと北九州の夜空の明るさを比較することで、夜空の明るさと黄砂の関係をより詳しく調べ、黄砂の流動状態を明らかにしたい。

4. 謝辞

今回、夜空の明るさと黄砂の飛来量値の比較を行うにあたり、国立環境研究所の清水先生、福岡大学の白石先生に黄砂の数値データやライダー観測のデータを提供していただきました。ありがとうございました。

参考文献(一部)

- ・北九州市環境局環境対策課(2003～2012):
未発表資料(SPM値、光化学オキシダント値)
- ・ライダーネットワークによる黄砂の
3次元構造と輸送状態の把握(2009): <http://www.nies.go.jp/kenkyusaizensen/200904/200904.html>
- ・CFORSデータ(2011):
<http://soramame.taiki.go.jp/dss/kosa/cfors.php?yy=10&mm=03&dd=20&hh=21>

夜空の明るさへの月光と雲量の影響

東筑紫学園高等学校 理科部 (高3) 土中 陽介 井上 靖崇
(高2) 八杉 美晴
(高1) 坂本 直樹

1. はじめに

11年にわたる観測の結果、「夜空の明るさ」は様々な気象状態や、SPM・光化学オキシダントなどの目に見えない環境汚染物質に、強く影響されることを証明した。このことが評価され、2010年に「星空の街・あおぞらの街」全国協議会より『環境大臣賞』を受賞した。また、2012年8月の全国高等学校総合文化祭富山大会では第2位にあたる『文化庁長官賞』をいただいた。また今年8月の全国高等学校総合文化祭長崎大会に、理科部としては3年連続での出場が決定している。

2. 等光度曲線地図と経時変化

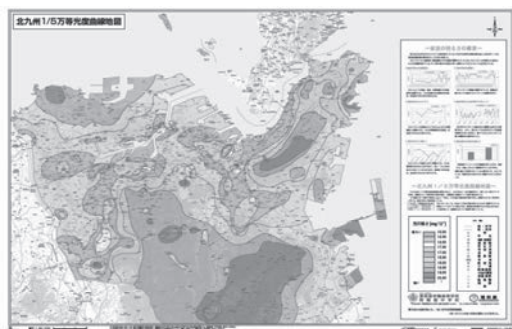


図1. 北九州1/5万等光度曲線地図

2011年度に完成させた等光度曲線地図(図1)を製作する際、観測には3～4時間かかっている。この観測中の時間差による変化を補正するため、夜空の明るさの経時変化の研究を行った。2012年の7月に、岐阜県で行われたSQM全国ネットワークの研修会では、全国規模で明るさマップを作りたいということになった。そこで、私たちが行ってきた経時変化が話題となり、全国各地で経時変化を求めようということになった。

3. 月光と雲量の影響

これまで私たちは、等光度曲線地図の製作を行う際、「新月の日」かつ「雲量が0に近い時」という条件で観測を行ってきた。これは、月光と雲量が夜空の明るさに大きく影響を与えるのが分かっていたからだ。今回は、その観測条件が正しいのか、またその影響力を調べるため、改めて月光と雲

量の影響について詳しく検証した。検証には、本校の屋上に設置しているスカイオリティメーターLE(図2)を用いた。

そして、2012年2月～9月の20時から5時までの9時間、新月と満月のデータ、雲量の異なる日のデータを使用し、

- ① 月光だけの影響
- ② 雲量だけの影響
- ③ 月光と雲量の影響

について、それぞれ考察を行った。



図2. スカイオリティメーターLE

①. 月光の影響

まず月のみの影響を調べるため、「新月の日」と「満月の日」を比較・考察した。

図3は、新月かつ雲量0の日の夜空の明るさである。時間が経つにつれて、夜空の明るさが暗くなり、4時30分の日出と共に急激に明るくなっている。この時、22時から0時にかけての夜空の明るさの変化率は、10分毎に0.02 mag/□"であった。これは、2011年の研究結果である市街地の経時変化率と一致していることから、今回の結果は整合性があるといえる。

新月は夜空の明るさに影響を与えない。そのため、夜空の明るさが暗くなるのは、人間の活動時間によって市街地の明るさが暗くなったためだと考えた。

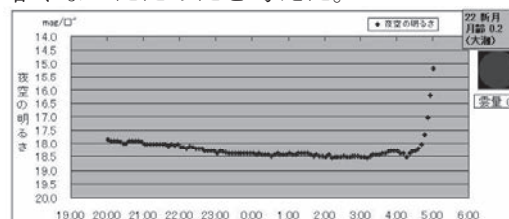


図3. 新月の結果(4/22)

図4は、満月かつ雲量0の日の夜空の明るさである。スカイオリティメーターLE(SQM-LE)は天頂付近を測定するため、月が天頂に近づくにつれて夜空の明るさは明るくなり、遠ざかると暗くなる。そのため、満月の日には夜空の明るさが山なりに変化するという結果が得られた。この

時の観測始め(20時)と南中時刻(0時03分)の夜空の明るさを比較すると0.85 mag/□"もの差があった。これが、月による影響だと考えられる。

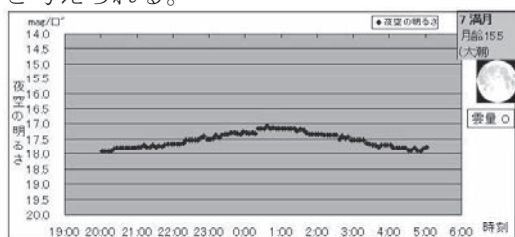


図4. 満月の結果(4/7)

②. 雲量の影響

次に、夜空の明るさへの雲量の影響を調べるため、新月に近い時の雲量0および10の条件について考察した。

図5は、雲量10の日の結果である。これは、新月で雲量0の結果(図3)と傾向が似ており、20時から0時にかけて徐々に暗くなっている。しかし、0時の値を雲量0の日と比較すると2.50 mag/□"も明るくなっていた。これは、上空の雲によって街の明るさが乱反射され、夜空の明るさが増幅されたためである。

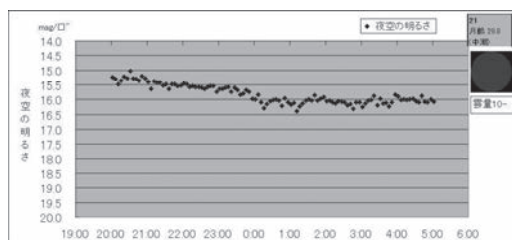


図5. 雲の影響①(2/21)

図6は、図5と同様に雲量10の日の結果であるが、2月21日(図5)と異なり、21時から2時にかけて夜空の明るさが大きく変化し、ばらつきが見られる。特徴的な0時から1時にかけて、夜空の明るさは18.12 mag/□"から16.25 mag/□"と、1.87mag/□"明るくなっていた。雲はその日・その時間帯によって、雲量だけでなく、高さやさ、形状なども異なるためであろう。

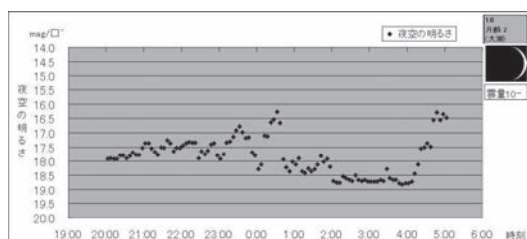


図6. 雲の影響②(9/18)

また、さまざまな雲量による夜空への影響を調べた結果も、図5・6のように、夜

空の明るさに与える影響は異なっていた。

以上より、雲が夜空の明るさに大きく影響を与えていることがわかった。

③. 月光と雲量の影響

最後に、月光と雲量の影響が同時に現れている日について、考察を行った。

図7は、満月に近く、雲量が1の日の結果である。全体的な傾向を見てみると、満月の日(図4)と同様に、月が南中(22時57分)に近づくにつれて夜空の明るさは明るくなっている。さらに、23時00分から23時50分にかけての50分間で、17.78 mag/□"から16.20 mag/□"と、急激に1.58 mag/□"も明るくなった。これは、この時間にスカイオリテーターLEの視野角に雲が入ったためだと考えた。月光と雲量の影響が同時に見られる、大変興味深い結果であるといえる。

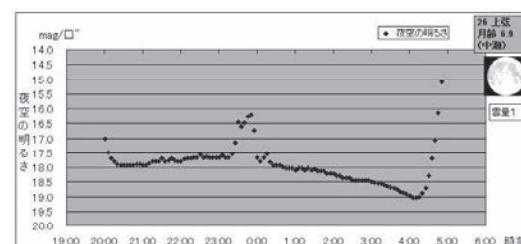


図7. 月光と雲量の影響(7/31)

今回の結果より、月光と雲量は夜空の明るさにそれぞれ大きく影響を与えており、観測された結果には、それぞれの特徴が合成された形で現れていた。また、雲が厚いと月光の影響をあまり受けないが、雲が市街地の明かりを強く反射させ、より夜空が明るくなってしまふといえる。

4. おわりに

今回の検証より、月光、雲量は夜空の明るさに大きな影響を与えているといえる。つまり、「新月」・「雲量が0」という観測条件は必要であり、これまでの等光度曲線地図の製作の観測条件は正しかったことが証明できた。

また、月齢1サイクルの夜空への影響を調べようとしたが、観測条件が整わず、雲量0での「上弦の月」・「下弦の月」などのデータが不足していた。今後は、月のデータ、雲量のデータを増やして詳しく追求していきたい。

参考文献 (一部)

・気象庁: <http://www.date.jma.go.jp/obd/stats/etn/index.php>

・東筑紫学園高等学校・照曜館中学校理科部

(2012): 夜空の明るさ X I,

第27回福岡県高等学校総合文化祭資料 27pp.

月・太陽の色 ～地球大気による散乱の影響～

蝦名沙也香、工藤演美（高2）、川村麻衣、後村元稀（高1）

【青森県立青森南高等学校自然科学部】

1 はじめに

私たちは、地平線近くの月・太陽が光の散乱により赤く見えることについて研究している。今年は、月・太陽の色が日によってどの程度異なるかと、その原因を調べる。

2 方法・結果

1) 撮影・測定

様々な高度の月・太陽を、200mm 望遠レンズで撮影した。（月は ISO400, F11, 太陽は ISO200, F22, ホワイトバランスは「晴天」、太陽のフィルターは ND400, 16, 4）

1回の撮影で4枚の写真を選んだ。月面は海、高地それぞれ1か所ずつ、太陽は中央部を、マカリで RGB の平均カウント値を測定した。カメラに入った光の量 L とカウント値 D との間には、 $D = a \log_{10} L + b$ (1) の関係がある。露出時間の異なる画像から求めた傾き a の値を用いて、決まった露出時間(今回は 1/500 秒)のカウント値 D' に換算した。

2) 散乱量の大きさ

a 光が通過する大気量とカウント値の関係

地平線に近い月や太陽が赤く見えるのは、光が通過した大気量に関係する。大気量は高度の $\sin$ に反比例するため、横軸に $1/\sin(\text{高度})$ をとったグラフをつくったところ、ほぼ直線になった(図1)。この直線を

$$D = -k \{ 1/\sin(\text{月・太陽の高度}) \} + c \quad (2)$$

とし、傾き k は「大気減光係数」とする。

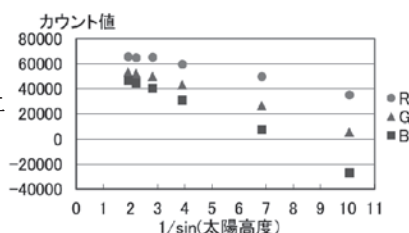


図1 大気量とカウント値の関係

b 大気減光係数

誤差の大きい日を除き、月8日間、太陽11日間のデータについて、大気減光係数 k を求めた(図2)。大気減光係数は、日によってかなり違いがあるが、すべて $B > G > R$ の順になった。大気量が多くなるほど、青や緑の光が赤より多く散乱・吸収され、相対的に赤が強い。

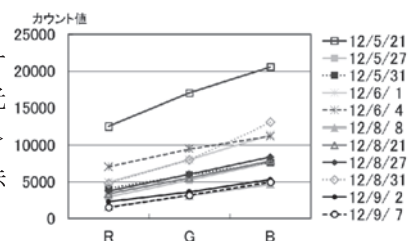


図2 太陽の大気減光係数

太陽と月を観測できた日の大気減光係数を比較した。9月2日はほぼ同じだが、5月27日はかなり違った。

c 大気に入る前の月・太陽の RGB カウント値

式(2)の切片 c は、大気に入る前の月や太陽のカウント値を表している(図3)。月の高地は、R が強く B が弱い。海は RGB ほぼ同じであった。

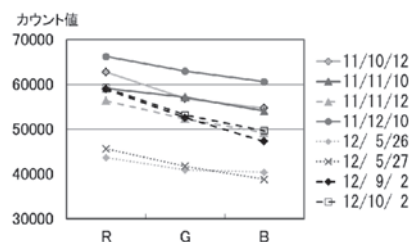


図3 大気に入る前の月の高地のカウント値

月の切片 c は、日によって差が大きかったため、測定ポイントの太陽高度と値の関係を調べた。

測定ポイントの経度・緯度^{※2※3}と、月面上で太陽が真上から照らす地点の経度・緯度^{※2}から測定ポイントの太陽高度を計算した。

結果、月面の明るさは、太陽高度が高いほど明るかった。

d 大気減光係数の時間変化

大気に入る前の太陽のカウント値 c の平均を求め、(2)式から逆に、各時刻の大気減光係数 k を求めた。多くは1日の中であまり変化しないが、かなり変動のある日もある。

3) 散乱量(大気減光係数)と気象条件・散乱物質

散乱量と蒸気圧や湿度の関係を、気象庁のデータをもとに調べたが、関係はなかった。

散乱量と季節や気圧配置の関係を調べた。春の移動性高気圧に覆われていた5、6月は散乱量が大きく、多くが赤く見えた。8~11月は小さく、黄色がかかることが多かった。

環境省の黄砂飛来情報から、仙台と札幌のデータを調べ、散乱量との関係を調べた。観測日の散乱量と黄砂の分布に特徴的な傾向はなく、黄砂との関係は見られなかった。

国立環境研究所ライダーネットワークの札幌・仙台のデータをもとに上空の散乱物質の状況を調べた。青森のデータがないので、はっきりした結論は出なかったが、減光係数が大きい日は、水その他のエアロゾルや薄い雲が関わっている可能性が大きいと思われる。ただし、写真は曇った日には撮影していないので、肉眼でわかる雲の影響ではない。

3 考察

今回の研究で、散乱量の違いは日によって異なっており、極端に多い日もあることがわかった。その原因については十分には解明できなかったが、3つについてまとめた。

1) 散乱物質(黄砂・水蒸気・水滴)について

散乱の要因として大気中の水蒸気や塵がある^{※1}。

黄砂の影響には、観測日に黄砂が影響する日がなく、確認できなかった。

水は、気体・液体・固体のいずれか不明だが、散乱に影響することがわかった。

・5月21日の日食の日、散乱量が極端に大きかった。青森平野は低い雲がかかり、雲より高く快晴であった標高550mの山で撮影したことや、ライダーのデータから、水蒸気や低空のごく薄い雲に影響された可能性が高い。

・6月4日は月食の日で、夕方まで晴れたので、太陽を撮影した。日没あたりに曇り、晴れた山で撮影した。この日も散乱量が大きかった。

2) 朝夕の散乱量の違いについて

朝は、水蒸気や塵が空気中に散らばらず、散乱は小さい^{※1}。8月8日に撮影した朝日は、散乱が小さく、上の説明に合っている。ただ、もっとデータが必要である。

3) 月・太陽両方撮影できた2日間の大気減光係数の値の一致・不一致について

値が一致している9月2日は、1日中快晴で、大気の状態に変化がなかった。それに対し、値が違う5月27日は、減光係数が時間とともに変化したためである。

4 今後の課題

今回は、ライダーについて大まかに調べただけだが、高層大気や天気図などのデータを加えて、総合的に判断すると、もっと詳しく解析できるのではないかな。

5 参考文献

桜井邦朋 1991 『自然の中の光と色』 中公新書^{※1}

天文年鑑編集委員会『天文年鑑 2011 年版』『天文年鑑 2012 年版』誠文堂新光社^{※2}

JAXA 『「かぐや」が見た月の地形(最新版)』^{※3}

http://wms2.wms.selene.darts.isas.jaxa.jp/selene_viewer/jpn/observation_mission/lalt/lalt_010.html

環境省黄砂飛来情報 <http://soramame.taiki.go.jp/dss/kosa/>

気象庁ホームページ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

国立環境研究所ライダーネットワーク <http://www-lidar.nies.go.jp/>

「水島の夜空の明るさ～天の川の見え方～」

畠 詩織，玄馬 野乃花，三宅 那直（中2）

【倉敷市立連島中学校】

1 研究の動機と目的

昨年は、水島の夜空はどれくらいの明るさなのか、月の影響はどれくらいあるのか、月食の影響はどれくらいあるのか調べたが、今回は、天の川の明るさを水島と美星の空で調べ比較した。

2 概要

天の川は私たちの太陽系がある銀河の円盤方向の星の密集した部分をみたもので、南の低空のいて座方向を中心として白鳥座から北に伸びている。銀河には約2000億個の恒星があってほとんど水素でできており、銀河の中には水素が多くある。そこで、水素の出す光が良く映るカメラと普通のカメラを使って天の川の明るさを調べた結果、水島ではほとんど差が出なかったが、空のよい美星町でははっきりと差が出た。

3 使用機材・ソフト

デジタル一眼レフカメラ

(Nikon D40、Nikon D40H α 改造機)

レンズ (Tokina SD12-24 F4 DX II、
AF-S NIKKOR 14-24 F2.8G)

ステラ・イメージ 6.5

ステラ・ナビゲーター 8

すばる画像処理ソフト マカリ

4 観測日時・場所

水島：2012年8月4日・7日

22時～23時30分

美星：2012年8月8日

21時～22時



5 観測方法

一眼レフカメラを銀河方向に向け
Iso400 F4 露出30秒 焦点距離24mm (画角45度)の条件で RAW 画像で数枚ずつ撮影した。



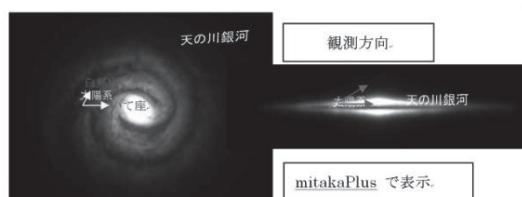
また、ダーク画像とフラット画像を撮影した。

※ ダーク画像はレンズの蓋をしたまま30秒の露出をする

※ フラット画像は快晴の空の画像を使用した。

銀河測定時のデータの種類

- ・水島と美星それぞれ
- ノーマルカメラ ・銀河面から離れた場所
・銀河面
- H α 改造カメラ ・銀河面から離れた場所
・銀河面

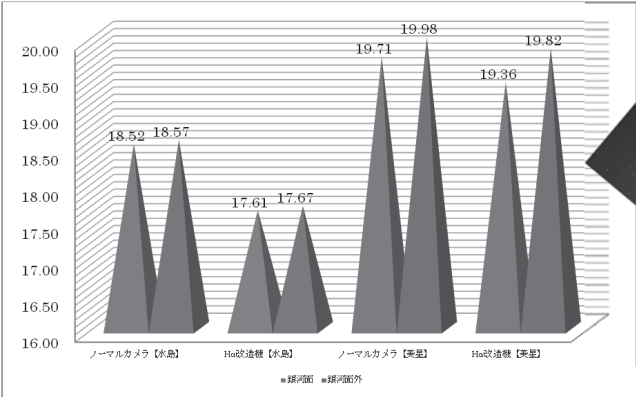


6 解析方法

- ① デジタルカメラの RAW 画像を、ステラ・イメージで FITS データに変換し、ダーク処理とフラット処理をする。
- ② 比較する恒星を選んで「マカリ」の測光機能で測り、エクセルに出力し、変光星でない恒星5個～6個の等級を「ステラ・ナビゲーター」で調べる。
- ③ マカリのグラフ機能で銀河面と、銀河面のすぐ外のエリアを測光し、エクセルに出力し、その値の中央値を求める。この中央値を、空の明るさのカウント値とし、恒星の等級とカウント値を利用し、空のカウント値を等級に変換する。

7 結果～銀河（天の川の明るさ）～

	水島(月齢 16.4)		美星(月齢 20.4)	
	ノーマルカメラ 【水島】	H α 改造機 【水島】	ノーマルカメラ 【美星】	H α 改造機 【美星】
銀河面	18.52	17.61	19.71	19.36
銀河面外	18.57	17.67	19.98	19.82
等級差	-0.06	-0.06	-0.27	-0.46



水島（左）と美星（右）の天の川

8 考察

水島の空では、普通のカメラで写したよりも天体用に改造したカメラより約1等明るい結果になったが、天の川の場合と天の川の外ではあまり差がでなかった。

美星の空では、水島より1等以上暗い空で、天の川の場合と天の川の外でははっきりと差が出た。その差は天体用に改造したカメラのほうが大きかった。

美星では、天の川がはっきり見えて天体用のカメラのほうが等級差が大きいので水素でできたガスが多くあることが分かった。

水島の空は、普通のカメラでも天体用のカメラでも天の川の場合と天の川の外で差がないので天の川を見るのには適さないことが分かった。

ただし、美星での観測は、1時間ほど早かったので同じ時間だともっと空が暗くなっていた可能性がある。

（天の川の観測は、観測場所のずれが大きく影響するため、昨年の月食時の観測の結果から、スカイ・クォリティ・メーターは適さない事が分かっていたため使用しなかった。）

美星天文台の101cm望遠鏡の分光器で水島・福山・岡山方向の夜空の散乱光を観測させていただいたので、現在解析中です。それにより、水島の夜空を照らしている明かりの正体を探ります。

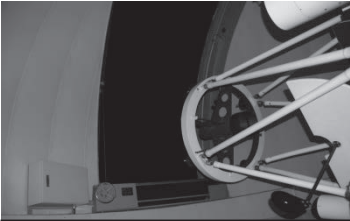
9 参考文献

- ※「デジタル一眼レフカメラを用いた夜空の明るさ調査手法の提案」
小野間 史樹, 伊藤 絢子, 原田 泰典, 福島 英雄, 香西 洋樹
- ※「デジカメ星空診断の展開～デジカメで夜空の明るさ調査を～」

星空公団 デジカメ星空診断 呼びかけ人一同

10 謝辞

美星天文台で観測のご指導をしてくださった、綾仁一哉先生ありがとうございました。



横倒しの 101cm 望遠鏡



比較明合成による都会の星の撮影

成蹊高校天文気象部

細谷 瑛子, 上野 未遊, 高橋 有里紗, 早坂 麻紀, 中島 由佳 (高1)

1. はじめに

夜空の暗いところでは、カメラを固定して長い時間露出をすると星の動きを撮影することができますが、夜空の明るい都会では、カメラで長時間露出をして星の写真を撮ってしまうと、どうしても空が白く明るくなって星が写らなくなってしまいます。そこで、比較明合成という方法を使って、デジタル処理をして短時間露出画像を複数合成することで、あたかも長時間露光と同じように、明かりの多い街中でも星の動きをきれいに撮ること試みました。デジタル処理というと手間がかかるだと思いがちですが、カメラ設定や撮影場所をきちんとし、一定間隔で撮影した星空写真がとれば、後は専用ソフトを使って作業をするだけで、比較明合成ができます。東京の街中でも星空の写真が撮れる方法をみなさんに知ってもらいたいと思います。

2. 比較明合成とは

デジタルカメラは、フィルムのかわりに、たくさんの映像素子(光を感知する細かいセンサー)に光を受けて画像を作ります。このとき露出時間を昼間より長めにすると、夜景を撮ることができます。比較明合成では、この夜景の画像をたくさん撮ります。そして、それぞれの画像をコンピュータで比較して、画像上の同じ位置の撮像素子で記録されたもののうち最も明るい情報を選んで、一枚の画像に合成します。実際には合成する作業はソフトウェアが自動的にやってくれます。建物や樹木など動かなくて明るさの変わらないものは、撮像素子上の情報は変わらないので、合成しても写った像は一枚の夜景写真をとったときとほぼ同じです。しかし、星は夜空の中を動いていくので、時間によって違う場所に撮像素子に写りますから、フィルムカメラで固定撮影をしたときと同じように、星の動きの軌跡が線となって画像に残ります。

3. 用いる機材

- ・デジタルカメラ できれば一眼レフ コンパクトデジタルカメラでもできます。
- ・しっかりした三脚
- ・ソフト: SiriusComp (<http://phaku.net/siriuscomp/>) 星空つづりSirius作フリーウェア
- ・画像処理用のパソコン

4. カメラの設定と撮影

- ・記録画質はRAWもしくはJPEG (RAWの方がよい画像を作れますが、パソコン上で現像してJPEGに変換する必要があります。)
- ・ノイズリダクションをオフにします。
- ・露光時間は、背景の明るさと星の写り方をみて決めます。長すぎると背景がとんでしまいます。短いと星が写りません。
- ・焦点は無限遠。惑星など明るい天体があれば、ライブビューでピント合わせします。
- ・インターバル撮影の機能がついているカメラは、露出時間を考えて撮影間隔をセットします。露出時間に対して撮影間隔が長すぎると星の軌跡が点線になります。短すぎるとカメラの画像保存動作と重なってしまいます。
- ・三脚にしっかりセットして、構図を決めます。背景のバランスと星の軌跡がどうなるか(1時

間に15°回転する)を考えることが大事です。

- ・最初か最後にレンズにキャップをして真っ黒な画像(ダークフレーム)を撮ります。

5. SiriusComplによる画像合成の手順

- ① 撮影した画像(JPEGまたはRAW)を選択(RAWは別の現像ソフトと連携する必要があります)。
- ② ダークフレームのファイル名を指定します。
- ③ 完成ファイルの名前を指定します。
- ④ 比較明合成に使用するファイルを指定します。連続撮影をしていると、飛行機のライトなどが写り込むので、そのような画像は指定から外します。
- ⑤ ステライメージ, Photoshopなどのソフトを使って、各自の好みの仕上がりになるよう画像処理します。

6. 撮影した画像の例(写真1)

日時: 2012年11月10日17時57分～18時30分

場所: 成蹊大学本館

機材: オリンパスPEN + 14mm広角ズームレンズ

撮影条件 ASA800相当, 5秒露出, 15秒間隔撮影, 58枚(ダークフレームを含む)を合成.

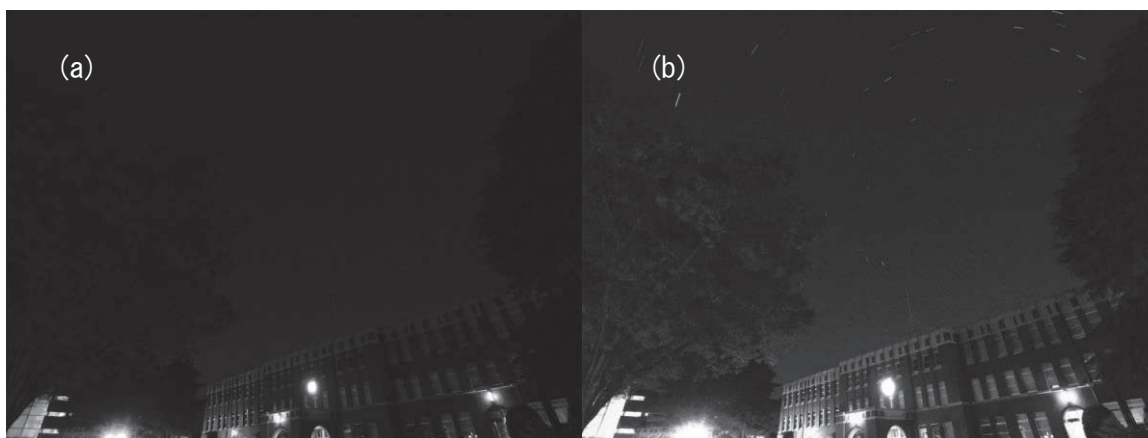


写真1 (a)合成前の一枚の画像 (b)比較明合成後の画像
東京・吉祥寺でも星の動きが写せます！

7. 比較明合成の利点

- ・街中でも星さえ見えれば撮影できること
- ・長い露光だと白飛びするような街明かりのような場合でも、短い露光を繰り返すことで、星と街明かりも一緒に撮ることができること
- ・暗い星でも目立つように写せること
- ・長時間露出ではノイズ(画面の粗さ)が出てしまうが、比較明合成で多枚数をコンポジット(合成)することで一枚あたりのノイズも少なくできる。また、ランダムに出ているノイズは打ち消しあって低ノイズに仕上がる

光と水による鉄カンラン石の変化 -波長の違う光による風化・変質-

東京都大田区立南六郷中学校 宇宙科学部

3年 橋本直弥 2年 小島虎偉 武藤啓太 齋藤勇太 柏原悠輝

1. はじめに

火星はなぜ赤いのか？ それは火星の表面が酸化鉄に覆われていることが一因だと言われている。過去の火星上には湖や川など、水があった痕跡があったことが分かっている。

火星の岩石が水に浸ったまま紫外線を浴びる環境があった場合、岩石にはどのような変化が起こるのか。それは火星に酸化鉄が多いことに関係するのか。南六郷中学校宇宙科学部はそれを調べるために現在、主に鉄カンラン石を用いて(カンラン石を多く含む玄武岩が火星上に多く存在する可能性が高いため)実験を行っている。

2. 目的

精製水に浸した鉄カンラン石に、波長・照度の異なる紫外線と、地球に降り注ぐ太陽光線に近い蛍光灯の光を当てた時の変化の違いを調べる。

3. 使用した試料・器具・装置等

紫外線照射装置6号(自作)、波長の異なる光の照射装置(自作)、石英試験管(外径18mm)、パイレックス試験管(外径18mm)、東京都八丈島産鉄カンラン石試料(直径2~3mm)、シリコン栓(ゴム栓の場合、光の照射後に劣化が激しかったため)

4. 方法

- 鉄カンラン石試料を、5個ずつ5セット用意する。
- 4本の石英試験管に、それぞれ鉄カンラン石試料を5個と、10分以上煮沸した精製水を試験管の口から2cmまで入れ、シリコン栓で栓をする。
- パイレックス試験管に、鉄カンラン石試料を5個と先と同じ精製水を入れ、光を遮断するためにアルミホイルを巻きつける。
- 4本の石英試験管に入れた試料の名称をuvCS, uvC, uvA, fとし、パイレックス試験管に入れた試料はnfとし、それぞれ表1の光を照射する。
- これらを、1週間毎に取り出し、観察・乾燥質量測定・USB顕微鏡による表面観察を行う。

5. 結果

2012年3月29日に実験を開始した。7月10日までの結果について報告する。なお、実験装置内の温度は夏場で70℃程、冬場は40度程で、今回の実験では、60~70℃くらいであった。

■実験後の表面観察の結果

uvCS：目に見える変化の大きさは、uvCと同程度かそれ以上。uvCと同様に表面の光沢が失われ、色が暗くなったように見える。

uvC：表面の光沢がなくなり、鉄カンラン石自体の色が暗くみえる。表面に、削られたように白くなっているところがある。少し丸みを帯びた。

uvA：実験前に角ばったところや傷があったところは、白っぽくなった部分がみられる。角が削られるといった大きな変化は見られない。

f：uvAと同様に角ばったところや傷があったところには、白くなった部分が見られた。だが、uvAよりも変化した部分は少ない。

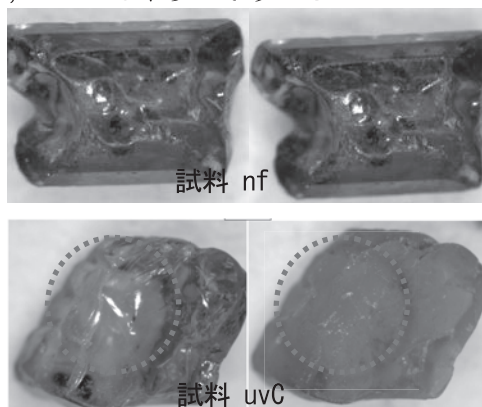


図1 実験後の表面
(それぞれ、左:実験前 右:実験後)

nf: uvA fと同様、角ばったところは、少し白っぽくなった試料もある。だが、uvA,fと比べると明らかに変化が少ない。

■質量の変化の割合

実験前後の5個の鉄カンラン石を電子天秤で測定した合計質量は表2のようになった。

次に実験前後での変化の割合を求めた結果、実験後の質量の変化の割合を求めた。その結果を図1に示す。

変化が大きい順に、uvCS,uvC,uvA,nfという順になり、鉄カンラン石への質量変化が大きくなるのは波長が短い、すなわち光のエネルギーが大きい光となった。

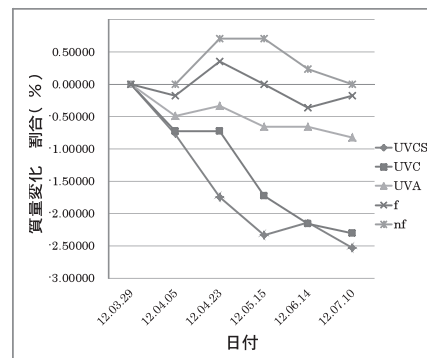


図2 質量変化の割合

6. 考察

顕微鏡による表面観察ではuvAはuvCほどではないが表面が白くなった。この表面の変化はuvCS>uvC>uvA>f>nfの順に変化が小さくなったように見える。質量変化の割合を求めると、uvCS>uvC>uvA>f>nfの順に小さくなり、表面観察と同じ順になった。特に、光の波長が長いfは、観察においても質量変化においても変化が小さく、光を当てないnfにおいては、fと同様に鉱物の変化がほとんどなかった。

これらの結果から、鉄カンラン石に対しては、uvCと水は、風化を促進させると思われる。さらに、uvAと水も風化を促進させる可能性がある。つまり、水があり、照射した光のエネルギーが強いほど、鉄カンラン石の風化を促進すると思われる。今後の実験で明らかにしたい。

火星の色との関係

これまで、宇宙科学部ではuvCと水で鉄カンラン石がどのように変化するか実験を行ってきた。その結果、鉄カンラン石が風化し、茶褐色の水酸化鉄と考えられる微粒子が発生した。このことから火星が赤くなった原因の一つとして、uvCと水により鉱物が風化・変質し茶褐色の微粒子ができ、その微粒子が火星の地表に残り地表の色を赤くした可能性がある。

また、この実験でuvAと水でも鉄カンラン石での風化・変質が起きた可能性があると考えられる。

今後の課題

今後鉄カンラン石の表面の変化を数値化するために鉄カンラン石写真に方眼をかけて面積を求め表面の白くなった部分の面積の変化も求めたいと考えている。さらに、実験後の鉄カンラン石と実験前の鉄カンラン石を不飽和ポリエステル樹脂の中に入れ、鉄カンラン石内部の様子を調べる実験を行いたいと考えている。

夏は60℃くらい、冬は20℃くらいと、実験器具内の温度が変化している。今回の報告では実験器具内の温度が現在の火星よりも高い。温度条件についても、今後検討する必要がある。

2012年3月29日に実験を開始した。7月10日までの結果について報告した。今後も継続して実験を行い、火星がなぜ赤いのか、追求したい。

参考文献

- 1.大田区立南六郷中学校 (2011春): 紫外線と水によるカンラン石の変化2, 日本天文学会 2011年春季年会第13回ジュニアセッション予稿集 56~57
- 2.大田区立南六郷中学校 (2012): 火星の表面にはなぜ酸化鉄が多いのか? その一因を探る, つくばscienceEdge2012 サイエンスアイデアコンテスト 発表作品

謝辞

この実験研究を進めるうえで、昨年まで顧問を務めてくださった、大田区立蒲田中学校プラネット科学部現顧問の小森信男先生、現在顧問を務めてくださっている出口英二先生には、常に的確で私たち中学生にも分かりやすい御指導を頂いております。ありがとうございます。

全国多地点での金環日食の明るさ観測

鈴木雄晴（高3）、山崎竜輔（高2）、伊東健一（高1）【久留米大学附設高等学校】

要 旨

今年5月21日の金環日食当日、本校の上空は厚い雲に覆われていた。観測隊は早朝に登校して準備していたが、ついに太陽が姿を表すことはなかった。

しかし、事前に設置していた太陽電池は明るさの変化を克明に捉えていた。本校生たちが全国各地で測定したデータも重ね合わせ、日の出からの時間経過によって、電圧が最低となる時刻と実際の極大にどのような差が生まれるのかを考察する。

1. 観測概要

自作の太陽電池モジュールに、英ラスカー・エレクトロニクス製の電圧ロガーを接続した。その装置を付近に障害物がない場所に固定し、データロガーにかかる電圧を1秒毎に記録した。

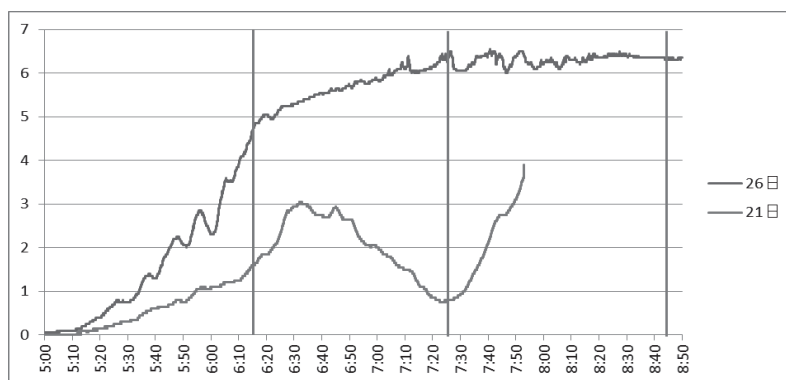
なお、4つの装置間で測定値に若干の差が見られたため、予備実験を行った。その結果、太陽電池モジュールによっては数%の誤差が出ることがわかった。多地点比較ではグラフに反映している。各データロガー間でもわずかに値が異なるが、1%未満のためこれは無視した。

観測は、5月21日の朝に福岡県久留米市（本校）、鹿児島県指宿市、和歌山県沖、東京都で行われた。さらに、通常の日のデータを取るため、26日に再度本校で観測した。

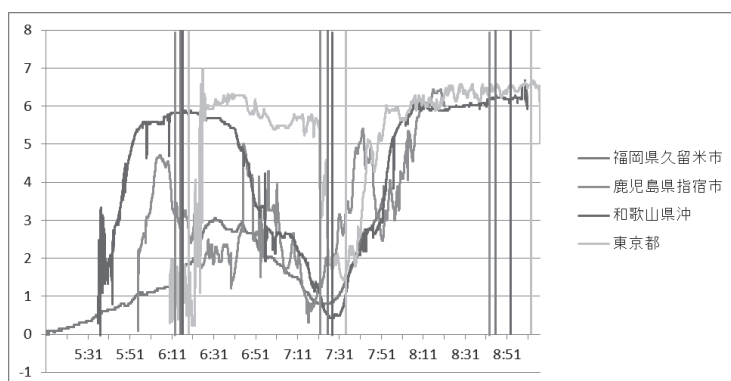
データはテキスト形式でパソコンに取り込めるので、これを表計算ソフトに移してグラフ化や解析を試みた。

2. 結果・考察

まず、福岡県久留米市での21日と26日のデータを比較した(グラフ中の縦線は左から食の始め、最大、終わりを表す)。悪天候のため、日食当日のものは途中で切れているものの、食の様子をよく検出できていることがわかる。食の始まる時刻以前から双方の明るさに差があるが、これも天候の影響と思われる。



次に、前述の4地点でのデータのグラフを重ねた。どの地点でも、明るさの変化が食の最大前後に急になる様子が見てとれ(これは太陽面の周辺減光のためと考えられる。鈴木



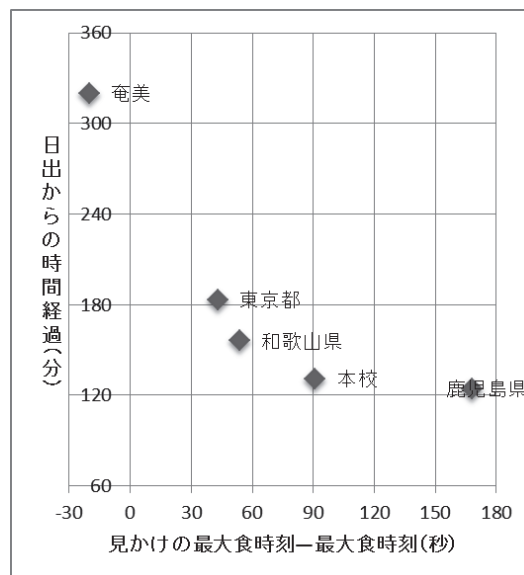
2009,p.318)、概ね今回の日食を再現することができた。電圧が最低となる時刻を見ると、西から東へ向かうにつれ遅くなっていく様子もわかる。それでは、電圧が最低となる時刻と実際の極大は一致しているのだろうか。測定開始や終了など、値が安定しない

状態を除いた最低電圧が、一番長く継続している時刻の中央値を「見かけの最大食時刻」と定義する。すると、見かけの最大食時刻と最大食時刻には数十秒から数分の差があり、西の方ほど大きくなっていった。

これはこの現象が朝の現象だったことに起因すると思われる。本校でのグラフで特に顕著であるが、まだ周囲が明るくなりきらない頃に日食が起きていたのだ。

このことをさらに深く調べるため、4地点のデータに2009年7月22日・奄美大島での日食のデータを交え、散布図上に表した。散布図では、日出から時間がたっている地点ほど最大食時刻のずれが少ないことがわかる。

もっとも、サンプルの数が少ない、食分(深いほど減光・増光が急なため、その分見かけの最大食時刻は正確になる)の差を考慮していないなど問題点も多い。簡単な装置で朝の日食の特徴をつかめることを示したというのが今回の結論といえるだろう。



3. まとめ

人間の視覚は様々な明るさに対応することができる。言い換えれば、日食での明るさの変化がわかりにくいということだ。それを想像力で補うのに、明るさのグラフは非常に役に立つ存在だ。

今回食の最大に注目したが、これらのデータには他にも様々な可能性が眠っているのではないだろうか。例えば、時刻による明るさの違いや天候の影響を完全に補正できれば、食分ごとの減光量を求められるかもしれない。我々はこれからも探究を続けていくつもりである。

参考文献・ウェブサイト

- 鈴木雄晴(2009)「星の色からのぞくその素顔 ～天体のスペクトル写真～」、『2009 卒業論文・制作集』、久留米大学附設中学校、pp. 317-8
- 国立天文台 天文情報センター 暦計算室 eco.mtk.nao.ac.jp

ベイリービーズから求めた太陽半径

谷河 滯 寺尾美奈子 福井順子 上田 凜 高橋 綾 (高2) 谷口冬馬
 田中 敦 中川克隆 喜友名正樹 杉本侑弥 堤 光 白澤由紀乃 (高1)
 【三田祥雲館高校天文部】

要 旨

2012年5月21日の金環日食を北限界線付近で3か所に分かれ望遠鏡に取り付けた高感度ビデオカメラを用い観測した。限界線付近では長時間ベイリービーズを観測することができる。月の凹凸はかぐやのデータから厳密に求められている。大きさが厳密にわかっている月をものさしとして観測で捉えたベイリービーズが生滅する瞬間を利用し太陽半径を求めた。我々は現時点では太陽半径は $696,054\text{km} \pm 30\text{km}$ と求めているが、さらに解析を進めより正確な結果を報告したい。

1. はじめに

現在採用されている太陽半径の値は $696,000\text{km}$ であり、これはAuwersが1891年に求めたものである。その後、何度か太陽半径は求められているが、その値は確定していない。一方、月探査機「かぐや」によって月の地形は詳細に調査された。太陽縁が月の谷間に達する、または山頂が太陽縁にかかった瞬間を捉えることによって高精度な太陽半径を求めることができる。私たちは2012年5月21日の金環日食の際に撮像されたベイリービーズから太陽半径を求めることに挑戦した。

2. 観測

2-1 観測場所

ア 西宮北六甲台 E $135^{\circ} 14' 56.8''$ N $34^{\circ} 50' 10.7''$ 標高267m (NASA予想北限界線上)
 イ 多目的広場 E $135^{\circ} 16' 28.8''$ N $34^{\circ} 48' 50.5''$ 標高360m (暦編纂室 ")
 ウ ふるさとの家 E $135^{\circ} 17' 14.3''$ N $34^{\circ} 48' 10.0''$ 標高386m (相馬・早水 ")

2-2 観測機器

ア 西宮北六甲台 観測機材

望遠鏡 VIXEN FL80S+エクステンダー (D=80mm f=1152mm、F11.4)

カメラ WATEC WAT902H

減光 アストロソーラーフィルター 眼視用のみ

イ 多目的広場 望遠鏡 VIXEN A80M (D=80mm f=910mm、F14.4)

カメラ WATEC WAT100N

減光 アストロソーラーフィルター 眼視用のみ

ウ ふるさとの家 望遠鏡 VIXEN A80M (D=80mm f=910mm、F14.4)

カメラ WATEC WAT120N

減光 アストロソーラーフィルター 撮影用のみ

2-3 観測時間 午前7時20分-7時40分 (JST)

3. 解析

得られた画像から次の手順で解析を進める。

- ① ビデオブラウザでベイリービーズの生滅を肉眼で検出する。
- ② Limovieでベイリービーズの生滅時間を正確に特定する。
- ③ Occultの画像を参照し、ベイリービーズの位置を特定する。
- ④ ベイリービーズの赤経、赤緯 (α_1, δ_1) を特定する。
- ⑤ 観測地点からの太陽の中心位置赤経、赤緯 (α_2, δ_2) を使って(1)式より太陽視半径 d ($^{\circ}$) を求める。

$$\textcircled{6} \cos d = \sin \alpha_1 \sin \alpha_2 + \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos (\delta_2 - \delta_1) \cdots (1)$$

4. 結果

現時点では多目的広場の画像より6個、北六甲台の画像より8個、計14個のベイリービーズの生滅を観測している。ふるさとの家の画像は光量不足で今のところ明瞭なベイリービーズの生滅を検出できていない。

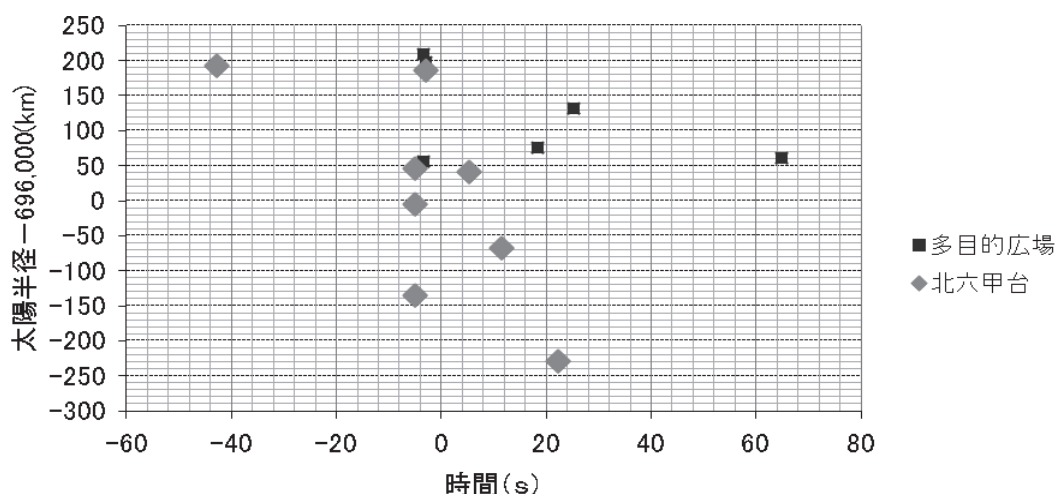


図1 求めた太陽半径

求めた14個のベイリービーズからの太陽半径。横軸の時間はベイリービーズが生滅した時間の午前7時30分（極大時間）からの差を表わし、縦軸は求めた太陽半径と暫定半径 (696,000km) の差を表わしている。極大時刻付近で多くのベイリービーズを検出している。

この結果より我々は太陽半径を $696,054\text{km} \pm 30\text{km}$ と求めた。

5. 考察とまとめ

- (1) 我々の結果から太陽半径は $696,054\text{km} \pm 30\text{km}$ と求めた。
- (2) 現時点では解析の途中にあるのでさらに多くのベイリービーズを検出し、精度の高い太陽半径を求めて行きたい。
- (3) 周辺減光の効果を考慮できていないので、さらに値が変わる可能性がある。

参考URL

- 1) 日食予報 <http://www.astro-hs.sakura.ne.jp/solar-eclipse/predcalc.pdf>
- 2) 星食観測支援ソフトOccult <http://www.lunar-occultations.com/iota/occult4.htm>
- 3) 光度変化測定用ソフトLimovie
http://www005.upp.so-net.ne.jp/k_miyash/occ02/limovie.html

銀河群 Arp321 の光学質量導出

高木勇太、伊達恒博(2 年) [埼玉県立豊岡高等学校天文部]

1.はじめに

私たちは 3 年前から銀河の研究をテーマに活動している。今まで研究したことがなかった衝突している Arp 天体ではどのようなものなのか気になったので、今回の研究を行った。銀河のスペクトル画像を撮るために分光器のある口径 1m 以上の望遠鏡が必要で、広島大学東広島天文台の 1.5m 光学赤外線望遠鏡かなたの 1 露出型偏光撮像器 HOWPol を使わせてもらい、銀河群 Arp321 の撮像と分光観測を行った。今回はデータから光学質量を求めた。

2.観測対象と観測・解析方法

[観測対象の選出]

22 時以降の高度が 45 度以上の状態を 1 時間以上保つことができ、明るさが 14 等級以上の銀河を観測対象とし、Arp(1966)のリスト(右表)から選出した。

[観測]

観測日:2012 年 1 月 27,28 日

撮像: B,V,R 各 band を 60 秒の露光で 5 枚ずつ撮影をした。

(右下写真)

分光: 300 秒を 3 枚ずつ各銀河の撮影をした。

[解析]

撮影した銀河群メンバーのうち、H α 輝線を読み取れた 3 銀河の解析を行い、ハッブルの法則で距離を求めた。(H α =72km/s/Mpc)

①画像解析ソフト「マカリ」でダーク処理、フラット処理、街灯などの人工光の輝線を使った波長較正を行い、H α 輝線の波長を測定した。

②観測した H α 輝線から、赤方偏移を求めた。

$$z = \frac{\lambda'}{\lambda} - 1$$

z =赤方偏移, λ =H α の波長[nm]
 λ' =赤方偏移後の波長[nm] (定数)

③上で求めた赤方偏移から、銀河の視線方向の速度を求めた。

$$v = zc$$

v =銀河の視線方向の速度[km/s]
 c =光速[km/s]

④ハッブル定数を利用し、③で求めた速度から距離を求めた。

$$d = v / 72$$

d =距離[Mpc]
72=ハッブル定数

今回、星の明るさを使って銀河の質量を求めるため、標準星が必要となる。そのため、銀河群のすぐそばにある恒星を標準星とし、測光を行った。Sky を測る際、銀河の影響を受けてしまうことを考え、星のない領域を何か所か選び、矩形測光を行った。この時標準星の質量を太陽質量と同じと仮定して等級を求めた。

⑤ 標準星の等級、sky の平均値を使い、銀河それぞれの等級を求めた。

$$m = a - 2.5 \log(l/b)$$

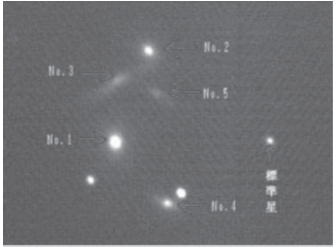
m =等級[Bmag], a =標準星の等級
 l =銀河のカウント値, b =skyの平均値

⑥求めた等級、距離で銀河それぞれ絶対等級を求めた。

$$M = m + 5 \log(10/d)$$

M =銀河の絶対等級

観測候補					
Arp名	明るさ	RA	dec	銀河の個数	観測
48	14.842	01h19m59.2s	+12d20m38s	3	×
147	12.28	03h11m18.9s	+01d18m53s	2	×
243	11.99	08h38m24.1s	+25d45m17s	3	×
82	12.983	08h11m14.7s	+25d11m35s	2	×
283	10.557	09h17m26.9s	+41d59m48s	2	×
321	11.817	09h38m54.5s	-04d51m05s	7	○
198	14.857	10h59m46.0s	+17d39m10s	2	×
138	11.917	11h58m42.9s	+25d02m25s	2	×
238	12.628	13h15m32.8s	+62d07m37s	2	×



絶対等級を求める際、No.1 と No.2 は H α 輝線を確認出来ず、距離を求めることができなかったため、他の 3 天体の距離の平均を仮定として求めた。

⑦絶対等級、距離、太陽の Bmag の絶対等級を使って、太陽の質量を値として銀河の質量を求めた。

$$\frac{l}{l_0} = 10^{\frac{e-M}{25}}$$

e=太陽のBmagの絶対等級
lo=太陽の光の量

⑧最後に⑦で求めた太陽質量を質量(kg)に直した。

3.結果

No.1 と No.2 は H α の輝線の波長が確認できず、解析できなかった。

なので、No.3 No.4 No.5 の赤方偏移の平均を仮定とし求め、研究結果をまとめた。

4.考察と今後の課題

天の川銀河の質量は太陽の約 2000 億倍なので、今回私たちが解析したこれらの銀河の質量は天の川銀河と比較してどれも小さいものであるという結果を得た。このような結果が出たことについてその可能性を次のように考察した。

- ・これらの銀河が実際に小さいものである。
- ・標準星が太陽と同じ質量と仮定して質量を求めた。もし、標準星の質量が太陽の質量より大きかったら銀河群の質量も大きくなると考えた。
- ・力学質量ではなく、光学質量を求めたのでダークマターの質量が含まれていなく、実際の質量よりも小さくなってしまった。

今回観測して解析した銀河群の光学質量が大きいものとはいえない。なので、次はダークマターが含まれている実際の力学質量を求めたい。

謝辞

広島大学宇宙科学センター准教授植村誠先生はじめ関係者の皆様には観測の指導をしていただきました。ここに感謝いたします。

東京学芸大学自然科学系広域自然科学講座宇宙地球科学分野助教の西浦慎悟先生には観測のサンプル選びの際、条件等や解析の注意点などについて御指導をいただきました。ここに感謝いたします。

(独) 科学技術振興機構による「中高生の科学部活動支援事業」の支援を受けました。感謝します。

参考資料

HALTON ARP (1966) : ATLAS OF PECULIAR GALAXIES, California Institute of Technology

Pasadena, California 91109

- ・ ned(NASA)
- ・ Aladin sky atlas
- ・ SkyView Virtual Observatory(NASA)
- ・ 沼澤茂美 他(2009): 「NGC・IC 天体写真総カタログ」 誠文堂新光社

表紙	金環日食のリングがつながった瞬間
撮影日時	2012 年 5 月 21 日 7 時 31 分 53 秒
撮影	佐藤幹哉
撮影地	かわさき宙（そら）と緑の科学館

※約 20 分前は小雨が降っていましたが、奇跡的に晴れ間がやってきて約 1000 名の観覧会参加者と感激しながらの撮影となりました。

ジュニアセッション実行委員会・世話人

実行委員	大西 浩次（委員長）、石川 直美、篠原 秀雄、鈴木 文二、畠 浩二、山岡 均
世話人	飯塚 亮、小野 智子、谷川 智康、内藤 博之、永井 智哉、西村 昌能、船越 浩海、 松本 直記、吉川 真
アドバイザー	縣 秀彦、高橋 典嗣、長谷川 直子、渡部 潤一

紙面構成 中田 彩子

印刷 株式会社 明友社