

日本天文学会 2024 年春季年会

第 26 回 ジュニアセッション予稿集

2024 年 3 月 12 日

日本天文学会 第26回ジュニアセッションへようこそ

日本天文学会 ジュニアセッション実行委員長
山村一誠

長かった新型コロナウイルスによる行動制限も終わり、われわれの日常も新たな段階を迎えました。ジュニアセッションも昨年から現地での対面開催が復活し、第26回を迎える今年のジュニアセッションも、57件の発表が予定されています。皆さんは、この日に向けて、学校で、あるいは志をともにする仲間たちと一緒に研究してきたことでしょう。その成果を存分に発表し、活発な議論が繰り広げられることを期待しています。

天文学は人類最古の学問の一つです。古代の人たちは、肉眼で、光害もない環境で毎晩星空を眺め、星をつなげて星座とその物語を創る一方で、日々の星の動きを観察し、暦をつくり、宇宙の姿について思索しました。およそ400年前に望遠鏡が発明されると、人類の天文学的知識や興味は飛躍的に拡大しました。肉眼では見えない暗い天体の発見、天体までの距離の測定も可能になりました。それまでは「星は夜空をどのように動いているか」が中心だった天文学は「星はなぜ光るのか?」「星雲や星団の正体は?」「宇宙はどんな構造をしているのか?」といった、天体の性質や宇宙の成り立ちが主要な課題となりました。特に20世紀後半以降は、急速に発達する技術に基づく大望遠鏡や、人工衛星による宇宙からの観測、さまざまな電磁波に加えてニュートリノや重力波といった新しい手段を使った観測に加え、大規模な計算機を用いた理論研究なども進み、いまやわれわれの興味は、「宇宙はどのように始まり、いかにして今の姿になったのか?」「われわれの他に、生命はいるのだろうか?」という、人類の存在そのものを問うものになっています。

このような天文学の最先端を突き進む研究者たちが議論する場である日本天文学会春季年会で開催されるジュニアセッションで、皆さんは、プロの研究者と同じように研究発表し、研究者も交えて議論します。過去の参加者の中には、プロの研究者として、天文学会で活躍されている方もいらっしゃいます。たとえ研究者にならなくても、「研究する心」は社会のどんな場面においても必要となるものです。皆さんには、ぜひジュニアセッションで受けた刺激を、将来につなげていただきたいと思います。

最後になりましたが、ジュニアセッションを支えているすべての方に厚く御礼申し上げます。

日本天文学会 2024 年春季年会

第 26 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：日本天文教育普及研究会
後援：日本学術会議

【口頭セッション】 : 2024 年 3 月 12 日 (火) 9:30~11:17、13:30~15:18
会場：東京大学 本郷キャンパス + オンライン

【ポスターセッション】: 2024 年 3 月 12 日 (火) 11:17~13:30、15:18~16:30
ポスター会場：東京大学 本郷キャンパス

コメント受付

発表へのコメントは、インターネットで受け付けています。
<https://forms.gle/CJNYe7MW9gPdzMzg9>



【2024 年 3 月 12 日 (火) のスケジュール】

9:30 開会あいさつ、諸注意

9:45 口頭講演 (各講演 3 分 質疑は 1 講演 1 分で、数講演分まとめて行います)

座長：森 万由子 (東京大学)、竹内 彰継 (米子工業高等専門学校)

A 太陽・月	: 01、02、04、05、06、07	9:45~10:09
B 流星・小惑星	: 08、09、11、12、13、14、15、16	10:09~10:41
C 星雲・星団・銀河	: 17、18、19、20、21、22、23	10:41~11:09
D 宇宙探査・開発	: 24	
E その他	: 26	11:09~11:17

11:17~13:30 ポスターセッション、昼食

13:30 口頭講演 (各講演 3 分 質疑は 1 講演 1 分で、数講演分まとめて行います)

座長：津村 耕司 (東京都市大学)、

円福寺 春雄 (横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校)

F タイセッション	: 28、29、30、31、32	13:30~13:50
G 星空環境	: 33、34、35、36	13:50~14:06
H 装置・観測方法	: 38、39、40、41、43、44、45、46	14:06~14:38
I 恒星	: 48、49、50、51	14:38~14:54
J 惑星	: 52、53、54、55、56、57	14:54~15:18

15:18~16:30 ポスターセッション

天文学辞典

日本天文学会では、天文学辞典をオンラインで公開しています。
みなさんの研究成果を発表する際に、ぜひご活用ください。

<https://astro-dic.jp/>



目次 Contents

A 太陽・月 The Sun / The Moon

- 01T** 消長表による 1930 年代の太陽黒点観測データの整理 **10**
今津 英翔、栗原 昊士朗 (高 1) 【武蔵高等学校】、衣斐 航太郎、遠藤 寛也、星 裕人 (中 3)、岸田 悠吾、
皿海 翔大 (中 2) 【武蔵中学校】
- 02T** 藤森賢一氏の黒点観測データのデジタル化とそのデータの活用 **11**
渡井 陸、小川 麻由子、小口 明日鷹、菊池 千聖、北島 壮太郎、小平 晃大、鈴木 琴葉、中澤 賢、花水 絢、
岡山 真人、伊藤 流星 (高 2) 【長野県諏訪清陵高等学校】
- 03P** 黒点観測データの正確性の検証とその活用 **12**
渡井 陸、小川 麻由子、小口 明日鷹、菊池 千聖、北島 壮太郎、小平 晃大、鈴木 琴葉、中澤 賢、花水 絢、
岡山 真人、伊藤 流星 (高 2) 【長野県諏訪清陵高等学校】
- 04T** ウィルソン効果による太陽黒点の深度考察 - 2024 - **13**
地学部ソレイユ班：荻巣 桃依、大久保 有華 (高 2) 【愛知県立一宮高等学校】
- 05T** プロミネンスの時間的変化の研究 **14**
國橋天文部太陽班：間明田 梨柰 (中 2)、秋山 奏佑、町田 菜々子 (中 1) 【國學院大學栃木中学校】
- 06T** 太陽の高分散分光観測から求める差動自転検出の試み **15**
天文部：名城 愛莉、小田切 綺音、佐々木 一架、佐竹 優佳、山崎 ひなた (高 2) 【川口市立高等学校】
- 07T** 月面の地形についての考察 **16**
國橋天文部月班：遠藤 優太、舟橋 桃子、鈴木 一平 (高 2) 【國學院大學栃木高等学校】

B 流星・小惑星 Shooting Stars / Asteroids

- 08T** 流星群の眼視観測における解析と考察 **17**
科学部 天文班：垂水 綾之介、一政 志道、尾崎 愛星、河野 恵一朗、佐藤 光優、寺坂 天志、西田 珂凜 (高 1)
【宮崎県立宮崎北高等学校】
- 09T** 流星の自動観測装置の製作と流星群の分析 **18**
天文気象部：水澤 資人、西 梨杏、大谷 勇人、奥出 理人、沼邊 龍樹、村田 圭総 (高 1)
【東京都立立川高等学校】
- 10P** 安価なソフトウェア無線機 SDR を用いた流星の電波観測システムの構築 **19**
成蹊高等学校天文気象部：赤川 陽大、本橋 優斗、町田 有規 (高 1) 【成蹊高等学校】
- 11T** 流星観測のバリアフリー化を目指して **20**
中央大学附属中学校・高等学校 地学研究部：
野口 智代 (高 1)、小林 直生 (高 2)、伊藤 美織、金子 千優 (高 1) 【中央大学附属高等学校】
- 12T** 輝線原子特定による流星高度と輝線強度の関係 2024 **21**
地学部スペクトル班：棚橋 聖悠、奥村 実季、井川 瞳 (高 2) 【愛知県立一宮高等学校】

T: 講演 (3分間)
質疑 (1分間) はまとめて行います。
*のついている講演のポスターはありません。
P: ポスターのみ

- 13T*** 流星の軌道解析 3~こと座・ふたご座流星群の母天体を探る~ 22
科学部: 中島 拓海、松本 悠那 (高2)、林 あい (高1) 【福岡工業大学附属城東高等学校】
- 14T** 小惑星 (98943) 2001 CC₂₁ の測光観測 23
伊藤 悠莉 (高1) 【新島学園高等学校】
- 15T*** 2001CC21 の観測データとその解析 24
星の学校小惑星班: フィゲロア ビクトル龍馬 (高2) 【修道高等学校】
- 16T** 石垣島天文台むりかぶし望遠鏡による太陽系内の新天体と NEO の観測 25
美ら星研究体験隊 2023:
相川 英真 (高3) 【鶯谷高等学校】、小泉 大河 (高3) 【東京都立墨田川高等学校】、
松本 蒼生 (高3) 【沖縄県立八重山高等学校】、望月 碧斗 (高3) 【品川翔英高等学校】、
伊藤 蒼永 (高2) 【北海道釧路湖陵高等学校】、久保 昂大 (高2) 【栄光学園高等学校】、
フィゲロア ビクトル龍馬 (高2) 【修道高等学校】、宮下 遥 (高2) 【鹿児島県立鶴丸高等学校】、
森田 篤人 (高1) 【麻布高等学校】

C 星雲・星団・銀河 Nebulae / Star Clusters / Galaxies

- 17T** 減光を補正した H α 線による M42 の星形成率の推定 26
銀河学校 2023 A 班:
塩地 裕大 (高2) 【北海道旭川北高等学校】、竹之内 龍 (高2) 【灘高等学校】、
片山 哩 (2023年卒) 【岡山白陵高等学校】、市川 晴花 (2023年卒) 【宮城県仙台第二高等学校】、
池田 奈央 (高3) 【大阪教育大学附属高等学校】 (天王寺校舎)、河野 旺実 (高3) 【海城高等学校】、
近藤 典雅 (高3) 【日本大学豊山高等学校】、佐藤 安佑夏 (高2) 【麻布高等学校】、
原 詞美 (高2) 【杉並学院高等学校】
- 18T** 星形成領域 D R 21 アンモニア分子輝線の野辺山 45m 望遠鏡による観測と考察 27
八ヶ岳☆s B 班:
永田 あかり (高2) 【長野県松本深志高等学校】、依田 陽 (高専2) 【長野工業高等専門学校】、
渡井 陸 (高2) 【長野県諏訪清陵高等学校】、沖浦 夢花 (高2) 【長野県野沢北高等学校】
- 19T** 野辺山 45m 電波望遠鏡を用いた W51 のアンモニア分子輝線の観測 28
北杜市立甲陵高等学校科学部天文班:
名取 修、麻生 斗吾 (高1)、伊藤 寛士、加藤 勇誠 (高3)、村上 太一 (高2) 【北杜市立甲陵高等学校】
- 20T** 銀河のマルチバンド観測から探るバルジの性質 29
銀河学校 2023 B 班:
村尾 和紀、花房 瞬星 (2023年卒) 【海城高等学校】、市川 まどか (高2) 【四天王寺高等学校】、
西村 友葉 (高2) 【関西創価高等学校】、水城 光太 (高2) 【早稲田大学系属早稲田実業学校高等部】、
藤澤 千聖 (高3) 【東京都立小金井北高等学校】、石垣 咲季 (高2) 【沖縄県立八重山高等学校】、
ダブシラト エルムーン (高2) 【麻布高等学校】、吉澤 溪太 (高2) 【大宮開成高等学校】

コメント受付

発表へのコメントは、インターネットで受け付けています。
<https://forms.gle/CJNYe7MW9gPdzMzg9>



21T	可視光輝線による M82 の回転曲線の作成～観測不可能な情報の解明に向けて～	30
------------	--	-----------

もし天 2023 $\sqrt{\text{KORE}}$:

赤川 優歌 (中等 5) 【兵庫県立芦屋国際中等教育学校】、内田 拓人 (高 1) 【海城高等学校】、
釜石 光理 (高 2) 【盛岡白百合学園高等学校】、長谷川 寿一 (中等 5) 【海陽中等教育学校】

22T	渦巻銀河の枝分かれの謎に迫る	31
------------	----------------	-----------

もし天 2023 銀河人 (ぎやらんちゅ) 班 :

清水 玲那 (高 1) 【神戸女学院高等学部】、鶴見 優葵 (高 2) 【恵泉女学園高等学校】、
西尾 優里 (高 2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、
平田 拓海 (高 2) 【宮城県仙台第一高等学校】

23T	$z\sim 5$ のクェーサーと周辺銀河の解析	32
------------	--------------------------	-----------

巣鴨中学校地学班 : 青山 暁信 (中 3)、峯 輔孝 (中 2)、武藤 碧 (中 1) 【巣鴨中学校】

D 宇宙探査・開発 Space Missions / Space Development

24T	「衝突を利用してスペースデブリを除去する衛星」の提案	33
------------	----------------------------	-----------

理数科宇宙班 : 石山 元喜、島貫 統、松岡 俊治、満澤 源之介 (高 2) 【愛知県立瑞陵高等学校】

25P	自然濾過実験～結果と考察～	34
------------	---------------	-----------

金井 美樹、窪山 日和、内山 大地、山田 彩乃、太田 瑠奈、田口 秀夫、藤川 凧砂、早川 日奈子、
宇津木 佳歩 (高 1) 【星野高等学校】

E その他 Others

26T	太陽フレア発生に伴う渡り鳥の分布変化	35
------------	--------------------	-----------

科学部 太陽フレアと生物班 : 後藤 愛由、福山 彪賀 (高 2) 【宮城県立宮崎北高等学校】

27P	太陽活動とプレートテクトニクスの関係性	36
------------	---------------------	-----------

物理部天文班 : 伊藤 真生、佐藤 睦、竹山 愛理 (高 2) 【東北学院榴ヶ岡高等学校】

F タイセッション Thai Session

28T	The study of factors affecting the occurrence of light pollution that comes from the park	37
------------	---	-----------

Sunisa Manocharoen, Jirayu kitniyom (Grade 12 equivalent)
【Piboonbumpen Demonstration School Burapha University】

T: 講演 (3分間)
質疑 (1分間) はまとめて行います。
*のついている講演のポスターはありません。
P: ポスターのみ

- 29T** The study of factors causing inaccuracies in determining the size of the Earth using lunar eclipse photograph **38**
Kansiree Singnate, Panida Innaul (Grade 11 equivalent) 【Thoenwittaya School】
- 30T** The Study of the distance from the Earth to the Sun, and the Earth's Orbit around the Sun through Analyzing Photographic Images **39**
Phawinee Thawiphan, Prita Phudwongjit (Grade 11 equivalent) 【Suwannakuhapittayasan School】
- 31T** The simulation of eclipsing binary system with variable star **40**
Pimpitcha Kanchanastheira, Sittirat Thongsiri (Grade 11 equivalent) 【Prommanusorn Phetchaburi School】
- 32T** Simulating plant growth under accelerated gravity, resulting from a greater gravitational force than that on The Earth **41**
Sukita Veha, Patipat Jitpinit (Grade 12 equivalent) 【Piboonbumpen Demonstration School Burapha University】

G 星空環境 Dark Skies

- 33T** 薄明による夜空の等級変化 **42**
佐藤 優作、五十嵐 昊、中川 里桜、長沼 蒼大、梅田 夏鈴 (高1) 【横浜市立戸塚高等学校】
- 34T** 光害の可視化～高輝度ランプの影響を探る～ **43**
天文気象部：袴田 采海、石田 寛和、川端 大平 (高3)、森田 幸香、中村 桃子、古都 紗妃 (高2) 【東京都立立川高等学校】
- 35T** 星の瞬きと高層気象～星と気象を結びつける～ **44**
綿引 蒼太郎 (高2) 【東京都立戸山高等学校】
- 36T** 気象衛星の電波干渉予測計算を利用したスターリンク衛星の光害対策 **45**
金子 晃 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、橋本 将 (高2) 【早稲田佐賀高等学校】

H 装置・観測方法 Instrumentation / Methods

- 37P** 自作木製プラネタリウムドームの再組み立てとその改善 **46**
地学部プラネタリウム班：鈴木 陽菜、角田 紗希、今田 結優土、石神 和幸 (高1) 【愛知県立一宮高等学校】
- 38T*** 身近な素材を使ったフーコーの振り子実験 ～第1弾：おもりの検討～ **47**
自然科学部天文班：
藤田 睦樹、山田 柚月、佐藤 朝香、高橋 一成、齋藤 知夕、坂本 和咲 (高専3)、
石上 眞綾、前 綾乃 (高専2)、小新堂 平、永野 友理、稲石 帆乃果 (高専1) 【神戸市立工業高等専門学校】

発表へのコメントは、インターネットで受け付けています。
<https://forms.gle/CJNYe7MW9gPdzMzg9>

コメント受付



39T	実験室にあるものを用いた自作反射望遠鏡の作成	48
	九段中等天文部： 川島 孝太、藤原 義武、大松 舜弥、山下 実桜、八木 聡望、牧田 満月（中等5）、北澤 七奈（中等3） 【千代田区立九段中等教育学校】	
40T	HR 図を用いた球状星団 M13 の年齢推定のための測光方法についての研究	49
	高柳颯人、大村 優太、園田 涼（高2）、梅田 夏鈴（高1）【横浜市立戸塚高等学校】	
41T	昼間の星における C-PL・IR カット フィルターの効果	50
	名古屋中学校自然科学部・名古屋高等学校地球科学部： 野村 祐斗、高瀬 颯真、松原 有輝（高1）【名古屋高等学校】、足立 健人、肆矢 晃大（中2）【名古屋中学校】	
42P	スリットビューアを用いたスペクトルの研究	51
	國橋天文部スペクトル班： 鈴木 一平（高2）【國學院大學栃木高等学校】、 茶谷 和紀、関口 雪那、間明田 梨椰（中2）【國學院大學栃木中学校】	
43T	日本の公開天文台の標準機を目指した次世代型天体観測用分光器の開発	52
	松本 一生、吉田 浩瑛、野坂 優一、森下 央翔（高専3）、前田 孝太郎（高専2）、 足立 悠斗、遠藤 愛、梶村 涼太、柏木 琴葉、仲西 涼、鐘築 昇太郎、原田 果歩、松本 有未（高専1） 【米子工業高等専門学校】	
44T	駿台学園北軽井沢天文台 75cm 望遠鏡の撮影星像データの解析	53
	青野 佐保、樋口 舞、安彦 青空、磯部 一貴、岩佐 レン、新海 秀彬、三上 日菜子、麻田 実、 鈴木 春（高1）、亀井 沙世、早川 桂都（高2）【駿台学園高等学校】	
45T	雲が星の観測精度に及ぼす影響について	54
	西尾 優里（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	
46T	虹星カペラの再現	55
	東京都立墨田川高等学校 天文部： 田中 真央、藤井 涼太、片山 わかな、杉浦 暢（高2）、足立 維月、井上 和哉、布引 謙生、萩原 颯、 伊藤 桐、西川 湊、関口 妃菜、小島 侑大（高1）【東京都立墨田川高等学校】	
47P	LED 調光器で恒星の色を再現する	56
	ハートピア安八天文台ジュニア天文倶楽部： 古方 伶旺（中1）【岐阜東中学校】、尾崎 由基（中3）【安八郡安八町立登龍中学校】、 曾我部 文麗（小6）【岐阜市立合渡小学校】、小林 美琴（小5）【津島市立南小学校】、 高賀 寧子（小4）【岐阜市立長良小学校】	

T: 講演 (3分間)
質疑 (1分間) はまとめて行います。
*のついている講演のポスターはありません。
P: ポスターのみ

I 恒星 Stars

- 48T** ペガサス座 DY (DY Peg) の測光観測 57
天文気象部: 二木 莉沙乃、新熊 萌花 (高2)、丸山 伊涼、八尾 佳里奈 (高1) 【兵庫県立舞子高等学校】
- 49T** フレア星 EV Lac の3色測光観測 58
山崎 立稀、竹之内 公太郎 (高2) 【新島学園高等学校】
- 50T** ブラックホール連星 GRS1915+105 のまわりの近赤外線偏光マップと星間磁場構造 59
井口 仁 (高2) 【広島大学附属福山高等学校】
- 51T** 世界各地の古記録から SN1006 を再考する 60
岡田 結菜 (高2) 【市川高等学校】

J 惑星 Planets

- 52T*** 水星の外核の半径の推定~磁場の大きさと外核の速度を用いた検証に基づく~ 61
後藤 稜弥 (高2) 【大阪府立北野高等学校】
- 53T** 惑星の表面で起こる気象現象の撮影と表面現象の考察~木星を中心に~ 62
サイエンス部2年天文班:
市来 悠希、樽見 廻、南 大貴、末山 大聖、田畑 翔和 (高2) 【鹿児島県立国分高等学校】
- 54T** 分光観測による木星大気の組成の研究 II~観測技術の向上を目指して~ 63
地学部: 塚原 夏海、西形 ひより、武内 円花、高柳 芽幸 (高2)、
作山 一葵、真庭 一樹、中山 智寛、星野 心大朗、前中 銀河 (高1) 【埼玉県立浦和西高等学校】
- 55T** 木星の分光観測による物質濃集の解析 64
もし天 2023 HAS 計画班:
市川 まどか (高2) 【四天王寺高等学校】、中野 響 (中等5) 【仙台市立仙台青陵中等教育学校】、
フィゲロア ビクトル龍馬 (高2) 【修道高等学校】、山田 梨紗 (高1) 【南山高等学校】
- 56T** 太陽光と土星の光の吸収線比較 65
竹原 夏帆 (高2)、清水 穂華、長島 佑莉 (高1) 【横浜市立戸塚高等学校】
- 57T*** スペクトルから惑星大気の成分分析と色の考察 66
自然科学部天文班: 中井 翔一郎 (高2) 【兵庫県立大学附属高等学校】

コメント受付

発表へのコメントは、インターネットで受け付けています。
<https://forms.gle/CJNYe7MW9gPdzMzg9>



消長表による1930年代の太陽黒点観測データの整理

今津 英翔、栗原 昊士朗（高1）【武蔵高等学校】、衣斐 航太朗、遠藤 寛也、星 裕人（中3）、岸田 悠吾、皿海 翔大（中2）【武蔵中学校】

要旨

武蔵高等学校中学校太陽観測部(旧制武蔵高等学校太陽観測所)は1931年から太陽黒点のスケッチ観測を行っている。この度、初期のスケッチは残っているが、黒点を集計したデータが存在していなことが判明した。そこで戦前の黒点観測について失われている集計データを再構築するため、当時のデータを消長表に改めてまとめることとした。

背景

太陽観測部では1931年から太陽黒点のスケッチ観測を行っている。現在では、1940年以前のデータにおいて黒点観測データを集計した状態がないことが判明した。また、1930年代の資料は古く、資料として長く保存できない。そこで、1930年代の黒点観測データを消長表にまとめることとした。

方法

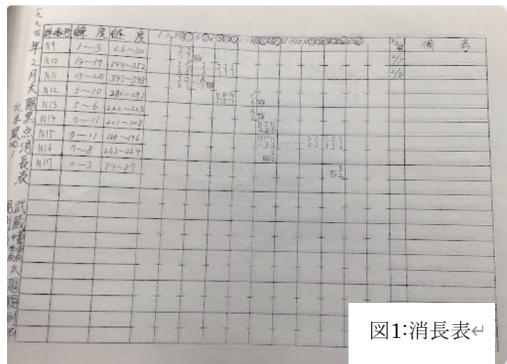


図1:消長表

黒点観測データを集計する方法として消長表を利用した。消長表とは、それぞれの黒点群の日ごとの状態と太陽面での位置を詳細にまとめた表である(図1)。

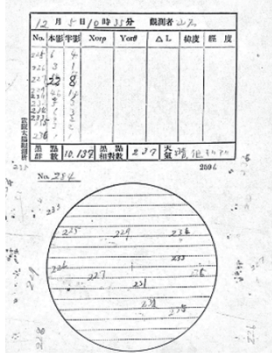


図2:スケッチ記録

結果

1931年1月から1940年8月までの太陽観測部のスケッチ観測データを消長表にまとめた。下図は1931年の3月の消長表である。

今回の集計では、黒点群の太陽面での緯度経度を求められなかった。

項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
f	9	8	7			6		3	2	1																						
MW	bot	bot	b			b		b	b	a																						
Z	c	c	c			B		B	B	A																						
f			2	2		4		8	9	5		2																				
MW			b	b		b		b	b	b		b																				
Z			B	B		B		B	B	B		B																				
f																																
MW																																
Z																																
f																																
MW																																
Z																																
f																																
MW																																
Z																																
f																																
MW																																
Z																																
f																																
MW																																
Z																																
f																																
MW																																
Z																																

図3:作成した消長表 1931年3月

結論

1930年代の黒点観測データを、消長表の作成により今後の研究に活用しやすい形に変えることができたとともに、過去の黒点観測データをデジタル上に保存できた。

今後の展望

今回作成した消長表には緯度や経度が不明であり、今後緯度経度を集計していきたい。また、作成した消長表をもとに、現在のものと比較して太陽活動の変遷などをまとめていきたい。

参考文献

- [1]清水一郎、小野実、小山ひさ子、『太陽黒点の観測』、恒星社厚生閣、1977/6/15.
- [2]桜井隆、小島正宜、小杉健郎、柴田一成、『シリーズ現代の天文学第10巻 太陽』、日本評論社、2009/03/20.
- [3]柴田一成、上出洋介、『総説 宇宙天気』、京都大学学術出版会、2011/5/31.
- [4]天文年鑑編集委員会、『天文年鑑』、誠文堂新光社、2023/11
- [5]注釈チューリッヒ分類, 最終閲覧日 2024/1/22, https://www.kahaku.go.jp/research/db/science_engineering/sunspot/Zurich.html.
- [6]長野高専トピックス, 最終閲覧日 2024/1/21, <https://www.nagano-nct.ac.jp/topics/2023/12/post-488.php>.

藤森賢一氏の黒点観測データのデジタル化とそのデータの活用

渡井 陸、小川 麻由子、小口 明日鷹、菊池 千聖、北島 壮太郎、小平 晃大、鈴木 琴葉、中澤 賢、花水 絢、岡山 真人、伊藤 流星（高2）【長野県諏訪清陵高等学校】

要旨

諏訪地方での市民化学の第一人者として太陽黒点観測を70年以上に及び続けて来られた藤森賢一氏（以下藤森氏）の太陽黒点の全データの集計及びデジタル化とデータの正確性の検証を行った。

1. 研究動機

太陽黒点数は観測ベースで太陽活動を過去4世紀にわたって延伸できる極めて貴重な観測指標である (Clette et al., 2023)。当該指標の構築にあたっては数多の個人観測者のデータが用いられており、中でも藤森氏など本邦の個人観測者のデータは世界屈指の安定性を誇ることが知られている (Mathieu et al., 2019)。そこで本校では藤森氏からの依頼も受け、川口市立科学館の学芸員である誌間等氏の、近年の黒点記録の分析 (Hayakawa et al., 2023) を踏まえ、名古屋大学の早川尚志氏との共同研究で、黒点相対数と黒点座標を数値化し、藤森氏の太陽黒点観測記録を分析した。当該成果は名古屋大学との共同研究論文として、近く国際学術誌に投稿予定である。以下その内容を概観する。

2. 研究方法

(1) データのデジタル化

藤森氏から黒点観測の月報のスキャンを受け取り、観測データを同一形式で数字に起した。

(2) データ打ち込みの際の誤入力の検査

データを入力後に、私たちが作成したプログラムを使用して文字の入カミスの検査、例えば東西南北をEWSNと表しているが、緯度の欄にEやWがある時、ミスとして検出する。その次に数値の入カミスの検査、例えば4月31日などあり得ないデータをミスとして検出する。以上の二段階で誤入力などの検出を行った。

(3) データの活用

作成した表から黒点の存在範囲を用いて、ベルギー王立天文台にある黒点観測のデータセンター（以下SILSO）が計算した黒点相対数の決定値（Version 2）と比較し、データの安定性を評価した。

検証1. 藤森データの黒点相対数とSILSOの黒点相対数を散布図に表し、2つのデータの近似曲線及び、決定係数を求めて比較した。

検証2. 藤森データの黒点相対数とSILSOの黒点相対数の比率、及び補正された藤森データの黒点相対数とSILSOの黒点相対数の差をそれぞれグラフ化し、その範囲と差異を検証した。

検証3. 黒点の存在範囲から蝶形図を作成し、一定周期で黒点の緯度分布の変動の傾向を確認した。

3. 結果

図1からSILSOの黒点相対数の近似曲線を描いた。決定係数 R^2 が0.9を超えているため、藤森データは正確であると言える。

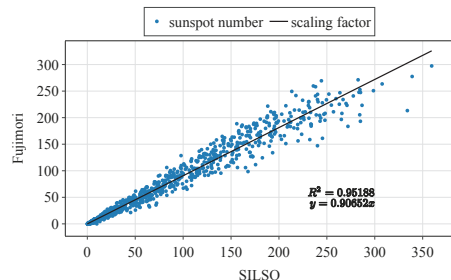


図1. 藤森データとSILSOの黒点相対数の関係

図2では、藤森氏の黒点相対数とSILSOの決定値の比率、差異を計算した。藤森データとSILSOとの黒点相対数の比率は太陽活動周期の極小期にブレが生じている。また、1960年まで学習曲線が見える他、1969年頃にデータの比率が急変している。その後は2010年頃まで概ね安定している。

図3より藤森データとSILSOとの黒点相対数の差異は極大期にブレが生じている。これは極小期は観測された黒点相対数は減少するため、藤森データとSILSOとの差異が小さくても、比率に大きくブレが生じる。対して極大期は観測される黒点数が多くなるため、藤森データとSILSOとの差異が大きく出やすいためだと考えられる。1969年付近に僅かなドリフトが見られるが、これは観測手法を直視から投影へ変更したためと考えられる。

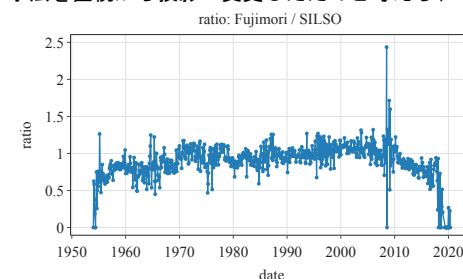


図2. 藤森データとSILSOの黒点相対数の比率

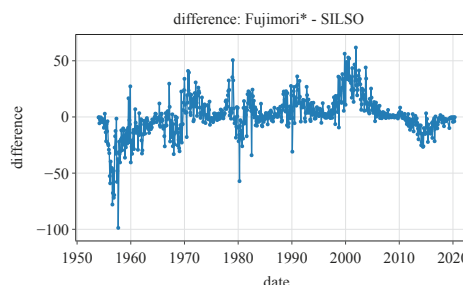


図3. 藤森データとSILSOの黒点相対数の差異

図4よりおよそ十年間の周期中で黒点の増減の傾向が一致している。黒点数が10年程度のスパンで極大期と極小期を繰り返していることが示唆される。

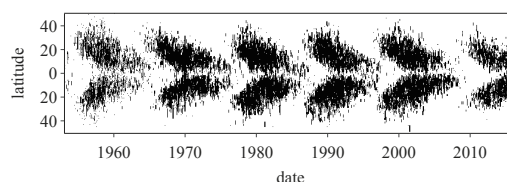


図4. 藤森データの黒点位置の分布

5. 参考文献

- (1) Clette et al. 2023, Solar Physics, 298, 44
- (2) Hayakawa et al. 2023, Geoscience Data Journal, 10, 87
- (3) Mathieu et al. 2019, The Astrophysical Journal, 886, 7
- (4) Sunspot Index and Long-term Solar Observations <https://www.sidc.be/SILSO/home> (2023年12月参照)

黒点観測データの正確性の検証とその活用

渡井 陸、小川 麻由子、小口 明日鷹、菊池 千聖、北島 壮太郎、小平 晃大、鈴木 琴葉、中澤 賢、花水 絢、岡山 真人、伊藤 流星（高2）【長野県諏訪清陵高等学校】

要旨

本校では74年間にわたり、黒点観測が継続されている。コロナ禍による観測日数の減少などによる、正確性の不透明なデータを検証するために、近年の本校の黒点相対数と決定値との間の関係を調べた

1. 研究動機

本校天文気象部では1950年から74年間太陽黒点の観測を行っている。近年新型コロナウイルスの影響による観測日数の低下や、集計方法の伝達が不十分であったため、集計方法を新しく統一して、黒点群の緯度範囲と黒点相対数のデータを再入力し、正確性の不透明な近年の黒点データを検証した。

2. 研究手法

(1) 観測手法

黒点観測は本校の設備である口径102mm倍率60倍の屈折式望遠鏡を用いて、太陽像を直径150mmの円に投影し、スケッチしている。

(2) 検証手法

観測した黒点から黒点相対数を求める。黒点相対数 R は、黒点群数を g 、全黒点数を s として、 $R = 10g + s$ で算出できる。清陵高校の黒点スケッチから求めた黒点相対数とベルギー王立天文台にある黒点観測のデータセンター（以下SILSO）が集計した黒点相対数を比較した。
 検証1. 本校の黒点相対数とSILSOの黒点相対数を散布図に表し、2つのデータの近似曲線と決定係数を求めた。
 検証2. 本校の黒点相対数とSILSOの黒点相対数の比率、及び補正された本校の黒点相対数とSILSOの黒点相対数の差異をそれぞれグラフ化し、範囲と差異を検証した。

本研究では2015年1月から2023年11月末の観測結果を用いた。

3. 結果

図1より決定係数 R^2 が0.82493であるため、本校のデータはある程度の誤差こそあれ、概ね正確であると言える。

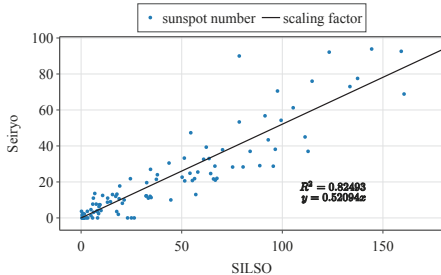


図1. 本校とSILSOの黒点相対数の関係(2015~2023年)

図2、3より、極小期において黒点相対数の比率に、極大期において黒点相対数の差異にブレが生じた。

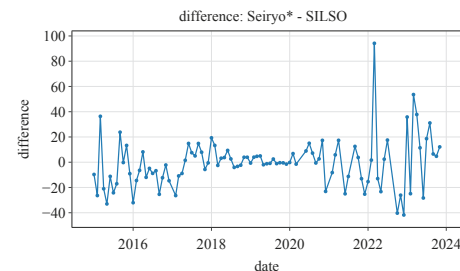


図2. 本校とSILSOの黒点相対数の差異(2015~2023年)

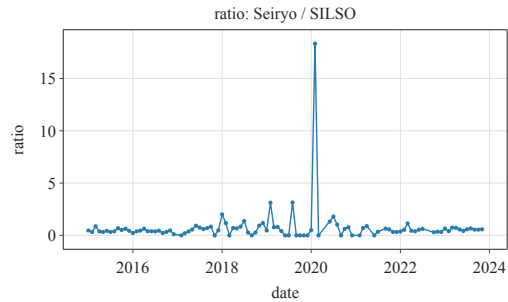


図3. 本校とSILSOの黒点相対数の比率(2015~2023年)

4. 考察

図1の僅かな誤差については、当番制で観測を行っているため各個人の黒点数の認識に差異が生じることや新型コロナウイルスの蔓延により観測日数が減少していることが挙げられる。

図2,3では極小期において黒点相対数の比率に、極大期において黒点相対数の差異にブレが認められる。これは誤差が大きいことを示すものではなく、小さな誤差が大きく示されたものである。よって、本校とSILSOの間に大きな誤差が生じた期間は認められない。

5. まとめ

諏訪清陵高校の直近9年間の黒点相対数のデータは正確性があると言える。

6. 今後の展望

過去70年分の蓄積データを同じ形式で打ち込み、より長い期間での比較をすることでさらに黒点のデータの正確性を高めていきたい。今後正確性を高める手法として、観測者が変わることによって生まれる黒点数や黒点群数の乱れに対して、観測者ごとに補正係数をつけてから統計をとりたい。

7. 参考文献

- (1) 天文年鑑編集委員会, 天文年鑑 2023, 株式会社誠文堂新光社, 210-214
- (2) Sunspot observations at Kawaguchi Science Museum: (1972 - 2013), (2023年12月28日参照) Hisashi Hayakawa, Daisuke Suzuki, Sophie Mathieu, Laure Lefèvre, Hitoshi Takuma, Eijiro Hiei
- (3) 自然科学研究機構 国立天文台, 太陽観測科学プロジェクト三鷹太陽地上観測 https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/activity/2022/activity_2022.html, (2023), (2023年5月30日参照)
- (4) Sunspot Index and Long-term Solar Observations <https://www.sidc.be/SILSO/home>

ウィルソン効果による太陽黒点の深度考察 - 2024 -

地学部ソレイユ班：荻巣 桃依、大久保 有華（高2）【愛知県立一宮高等学校】

要旨

太陽黒点の大きさと深さには正の相関があるという仮説のもと、黒点の大きさとウィルソン効果により求めた黒点の深度を考察した。その結果、黒点の大きさと黒点の深度には弱い正の相関関係があると得られた。また、磁気と黒点の深度の関係性を調べたが、太陽観測衛星SDOの画像が視線方向のデータであることから、関係性があるとはいえない。

1. はじめに

ウィルソン効果とは、黒点が太陽周辺部に近づく際に、太陽黒点の暗部が凹んで見える現象のことである。

2. 測定方法

画像処理ソフトマカリ上で各黒点の距離等を計測した後、以下の式を用いExcel上で黒点の深度を算出した。測定する黒点は同心円であると仮定して図1のような視線方向からの角度を定義した。

$$\theta A + \theta D = \theta B + \theta C$$

ここから黒点の深度を求めることが可能である。

3. 測定結果と考察

(1) 仮説

太陽黒点が大きいくほどウィルソン効果は強く表れる、つまり深度が大きくなる。

(2) 結果

前研究では、引用している画像が粗い・データ量が少ないという問題点が発生したため、本研究では画像解像度の異なるデータを合算しグラフを算出した。黒点の大きさとウィルソン効果の強さには弱い正の相関関係があるといえる。(図2)

(3) 考察

黒点が大きいくほど磁気が強くなり深度が大きくなると考察し、極端な深度が表れている黒点を選出、黒点の深度が浅いものと深いものとで比較して磁気との関係の考察を試みた。磁気の比較には、SDO画像を使用した。SDO画像は、人工衛星SDOがHMIで捉えた太陽の磁場画像であり、白もしくは黒いほど磁気が強いといえる。

< 深度比較 >

図3：色が限りなく中間色で、ほぼ認識不可

図4：色が暗い部分があり、磁気が強いことが確認可能

磁気が強いほど深いと思われたが、別画像では深い黒点も中間色に近く磁気が弱いという結果になった。これは、SDO画像が視線方向のみであることに関係していると考えられる。

< 黒点の発達における追尾 >

図5から図6のように黒点が発達していくにつれ深度は浅くなっている。しかし、西側にある黒点群が測定に何らかの影響を与えている可能性があるため、黒点の深さと磁気の関係性は言い切れない。

以上より、磁気と黒点の大きさに関係性はないと考えられるが、画像の特性からこの結果は言い切れない。

4. 今後の展望

- ・SDO画像が視線方向の磁場しか示さないため、画像補正により全方向の磁場の基準を統一する
- ・90°付近の黒点が同心円か否かの判定方法を探ると共に、引き続きデータ数を増やす

5. 参考文献

TH.PROKAKIS 「The depth of sunspots」 (1974)

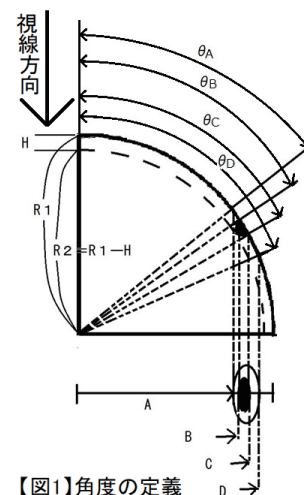
国立米子工業高等専門学校 「小望遠鏡を用いた太陽黒点のウィルソン効果の検出」

https://www.asj.or.jp/jsession/old/2011haru/42_jsession2011.pdf

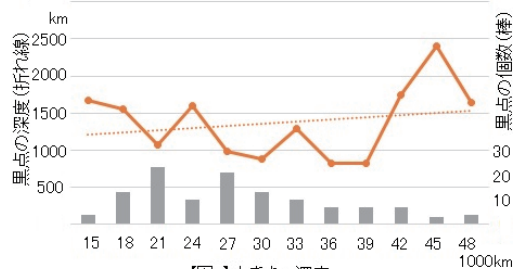
「ウィルソン効果による太陽黒点の深度考察」 https://www.asj.or.jp/jsession/2023haru/files/14P_poster.pdf

SDO | Solar Dynamics Observatory (nasa.gov) <https://sdo.gsfc.nasa.gov/data/aiahmi/>

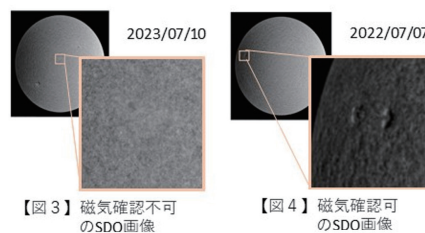
理科年表2022 国立天文台 <https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/solarobs.html>



【図1】角度の定義

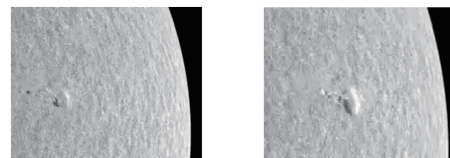


【図2】大きさ-深度



【図3】磁気確認不可のSDO画像

【図4】磁気確認可のSDO画像



【図5】
2023/11/11-1319km

【図6】
2023/11/12-850km

「プロミネンスの時間的変化の研究」

國橋天文部太陽班：

間明田 梨椰（中2）、秋山 奏佑、町田 菜々子（中1）【國學院大學栃木中学校】

要旨

國橋天文部太陽班では、口径5 cmに絞った屈折望遠鏡にHαフィルター（透過波長650 nm）を用いて2023年12月4日に2個（活動型と静穏型）のプロミネンスの撮像を行った。それぞれの明るさと大きさについて約20分間の変化を調査した。その結果、活動型の方が大きさの変化が大きくなる傾向が見られたが、明るさは両者とも変化が小さかった。

1. 目的

活動型と静穏型のプロミネンスの明るさと大きさの変化を調べる。

2. 方法

使用機材

- ・口径5 cm屈折望遠鏡（タカハシ製FC100を5 cmに絞る）（図1）
- ・Hαフィルター（ラント社B1200`透過波長650 nm）
- ・CMOSカメラ（ZWOASI294MC）

Hαフィルターを付けた望遠鏡にCMOSカメラを装着し、太陽全体を2023年12月4日13時59分39秒～14時21分43秒（2分4秒間）約1分間隔で撮像した。そのうち2個（活動型Tと静穏型S）のプロミネンスに注目し、明るさと大きさの測定を行った。（図2）測定には国立天文台の画像解析ソフト「Makali'i（マカリ）」を用いた。測光のメニュー（矩形測光）を使用し、プロミネンス全体を大きな長方形に囲み（A）、黒い箇所を細かく長方形に分割し（B）、そのピクセル数を省いて大きさを求めた（図3、4）。

プロミネンスの大きさ = (測定するプロミネンスのピクセル数 (A)) - (黒い箇所のピクセル数 (B))

また、プロミネンスのみを長方形に囲み、平均カウント値から長方形の個数分を割り明るさを求めた。

プロミネンスの明るさ = 測定したプロミネンスのピクセルあたりの平均カウント値



図1：口径5 cm屈折望遠鏡

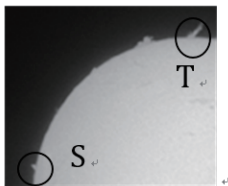


図2：Hα線を通して見た太陽（2023年12月24日14時21分43秒）

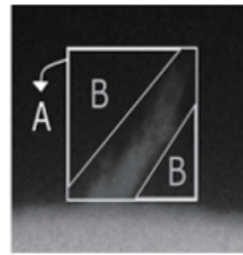


図3：活動型 (T)

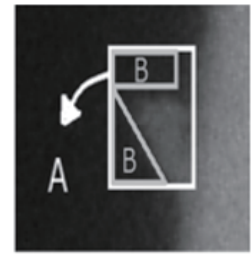


図4：静穏型 (S)

4. 結果

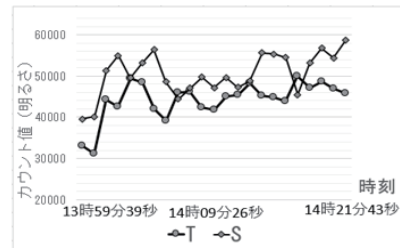


図5：プロミネンスの明るさの変化

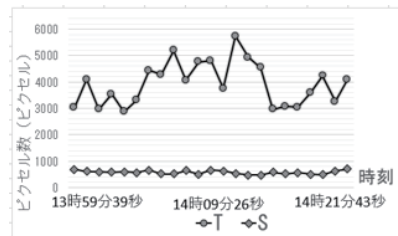


図6：プロミネンスの大きさの変化

図5、図6から、活動型 (T) と静穏型 (S) のプロミネンスでは大きさの変化の量に差はできるものの、明るさは短期的な時間ではカウント値の差が小さいことがわかった。

5. 考察

プロミネンスの明るさは短期的な時間では変化が少ないことがわかったので、さらに長期的な撮像、測定を行いたい。また、大きさはさらに様々なプロミネンスの大きさの変化を測定し、分類したい。

6. 参考文献

『あなたもできるデジカメ天文学 “マカリ” パーフェクトマニュアル』
鈴木文二・洞口俊博 編 恒星社厚生閣

太陽の高分散分光観測から求める差動自転検出の試み

天文部：名城 愛莉、小田切 綺音、佐々木 一架、佐竹 優佳、山崎 ひなた（高2）
【川口市立高等学校】

要 旨

太陽の高分散分光観測を学校で保有する機材で行い、「マカリ」「MSエクセル」という汎用性の高いソフトウェアを使って解析した結果、太陽が差動自転していることの検出に成功した。

1.研究の背景

我々は、太陽の高分散分光観測スペクトルデータからドップラー効果により太陽赤道の自転速度が1.94 [km/s]であることを9月に行われた埼玉県の研究発表会等で報告した。今回はこのスペクトルデータを用いて太陽緯度南北15度ごとの各自転角速度を求め、太陽の差動自転の検出を行った。

2.方法

2023年7月11日本校屋上（埼玉県川口市）で顧問製作の高分散分光器を用いて地球大気吸収線が多く見られるNa(D)線付近を西から東に向けて北半球と南半球に分けてスリットスキャンし、それぞれ約700枚のスペクトル画像を取得した。撮像したスペクトル画像より太陽面画像（ヘリオグラム）を作成し（顧問に依頼）、太陽面経緯度線を重ね、東西リムにおける各緯線の位置を決定、そこにおけるスペクトル画像（図1）を「マカリ」で一次処理、地球大気吸収線で波長付けを行い、太陽大気吸収線から求めた波長と改訂ローランド表の値の差のドップラー効果により、各緯度の速度を求めた。吸収線中心位置については、吸収線の輝度データを高次関数近似し、その中心位置をサブピクセルまで求めて精度を上げた。観測した太陽東西リムの赤道速度 V_W と V_E には地球自転と公転によるドップラー効果、太陽重力赤方偏移が重なっているが、 V_W と V_E の差 $V_W - V_E$ を求めることにより、これらはキャンセルされる。さらに観測時の太陽面中心緯度 B_0 の補正を行い、太陽半径と緯度より、各緯度における自転角速度を求めた。

3.結果と考察

結果は図2のようになった。南北半球双方において赤道に近いほど角速度が大きく、高緯度になるにつれて小さくなるという差動自転の傾向が見られた。また、北半球の方が緯度による変化が小さいという結果になった。

4.結論と今後の課題

学校で保有する機材と、国立天文台がフリーソフトとして提供している解析ソフト「マカリ」、「MSエクセル」のみを使用して太陽の差動自転を検出することができた。しかし、ヘリオグラムの歪みにより、経緯度線を太陽リムに正確に一致させられないことや、大気の揺らぎなどの要因で画像のスリット方向の変動が大きく解析するスペクトル位置決定が難しいなどの問題があった。今後の課題として、観測や解析の数を増やし、それらのデータの平均値として結果を求めて精度を上げるとともに、エラーバーの表示もできるようにしたい。

5.参考文献

- [1]太陽の自転軸 https://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/cande/sun_spin.cgi
- [2]改定ローランド表 <http://www.astrosurf.com/spectroheli/atlas-en.php>
- [3] 西村昌能 天文教育 2016年9月号 p.8、差動回転の検出
- [4]理科年表 2016年 国立天文台編 p.78

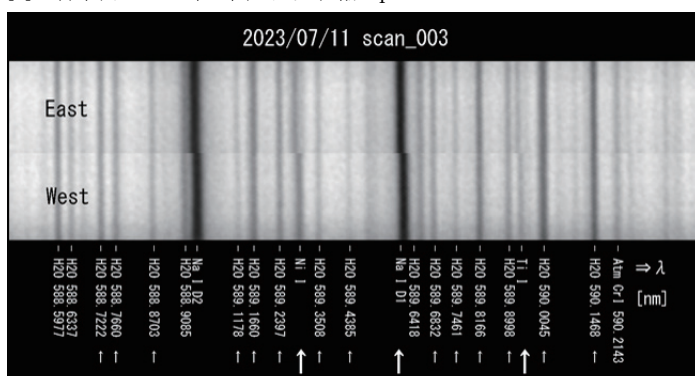


図1 太陽の東西リムにおける赤道上のスペクトル画像

図の小さい矢印は波長決定に使用した地球大気の水蒸気吸収線、大きい矢印は太陽自転速度の計算に用いた太陽大気吸収線である。太陽大気吸収線のみならず、ドップラー効果による吸収線位置のずれが見られる。

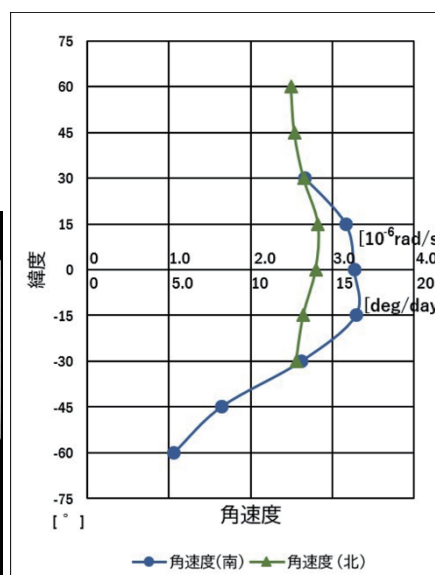


図2 緯度と自転角速度の関係

自転角速度の単位は、[deg/day]と[rad/s]を併記した。誤差は大きいですが、差動自転の傾向が見て取れる。

「月面の地形についての考察」

國府天文部月班：

遠藤 優太、舟橋 桃子、鈴木 一平（高2）【國學院大學栃木高等学校】

1. 要旨

2023年4月28日及び7月29日に本校天体ドームにて撮像した月の画像から画像処理ソフト「マカリ」を用いて海と陸それぞれのクレーターの深さと直径を計測し、その違いについて考察した。また、2023年12月25日にスリットビューアを用いて月の地形別のスペクトルを撮像しその違いを考察した。

2. 仮説

質量の大きな隕石ほど大きなクレーターを形成し、隕石の衝突時のエネルギーが熱と力に変わりクレーターを形成する為、クレーターの深さと直径(測定したデータ全て)には相関関係があり、岩石の種類が異なる為、陸と海での相関関係は異なると考えた。また、陸と海では構成している岩石の種類が異なるため、スペクトルの波形が異なると考えた。

3. 方法

<クレーターの深さと直径>

ZWO ASI294MC カラーCMOSカメラとタカハシ製10cm屈折望遠鏡を使用し2023年4月28日及び7月29日に撮像した画像をすばる画像処理ソフト「マカリ」を用いてクレーターの深さと直径を求めた。三角関数の定義より以下の計算式が成り立つ。

深さ=太陽高度(tanθ)×影の長さ

クレーターは均一な円形ではないと仮定し、クレーターの半径を均等に4か所測り、平均化したのち直径を算出した。

<陸と海のスペクトル>

ZWO ASI294MC カラーCMOSカメラ、CELESTRON SKYRIS 236C、タカハシ製10cm屈折望遠鏡、及びスリットビューアを用いて月のスペクトルを撮像し(図1)、画像をすばる画像処理ソフト「マカリ」を使用して月の陸と海のスペクトルを測定した。

4. 結果

<クレーターの深さと直径>

測定したクレーター全体の深さと直径には正の相関が見られた(相関係数0.48)。また、陸と海のそれぞれの相関係数にも大きな違いが見られなかった(図2)。陸：0.48、海：0.49

<陸と海のスペクトル>

陸と海のスペクトルの輝度の最大値をそれぞれ比較すると、陸の方が輝度の値が約60大きいということが分かった(図3、図4)。

5. 考察

図2より陸と海それぞれの相関関係に大きな違いが見られなかったため、クレーターの形状について場所による違いはないと考える。また、図3及び図4より波長のピークの違いが見られなかったため、輝度の違いはあるものの陸と海による吸収した光の波長に違いはないと考えた。

6. 展望

直径と深さについて計測したクレーターのデータ数を増やし、本研究時の相関係数との変化を調べ、再度結果を考察したいと考えている。また、今回得られたスペクトルを太陽光のスペクトルと比較し、どの波長の光が吸収されているかを調べたい。

7. 参考文献・引用

・第6回日本天文学会ジュニアセッション予稿集「月のクレーターの深さの求め方、及びその深さと直径の関係」慶應義塾高等学校様

<https://www.asj.or.jp/jsession/old/>

・あなたでもできるデジカメ天文学

・astropics

<https://astropics.bookbright.co.jp/craters-on-the-moon>

8. 謝辞

スリットビューアの開発に携われた株式会社昭和機械製作所の渡邊 和明様に感謝申し上げます。

クレーターの深さを計測するにあたり助言を下された会津大学上級准教授、平野 成様に感謝申し上げます。

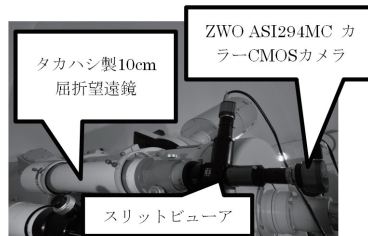


図1 撮影使用機材

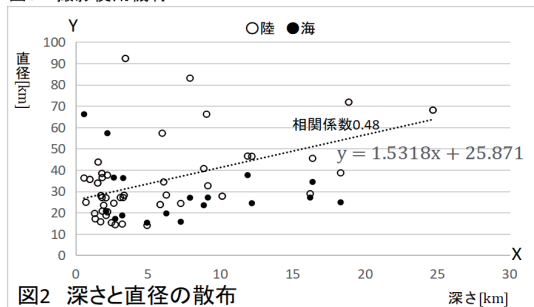


図2 深さと直径の散布

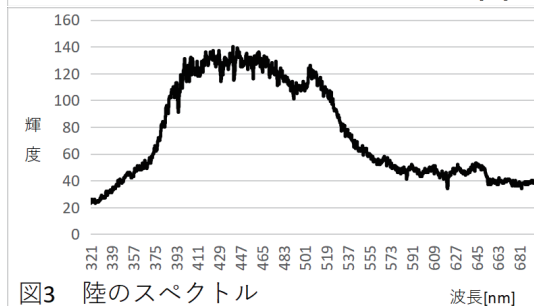


図3 陸のスペクトル

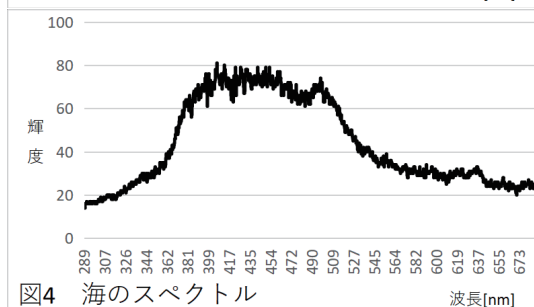


図4 海のスペクトル

流星群の眼視観測における解析と考察

科学部 天文班

垂水 綾之介、一政 志道、尾崎 愛星、河野 恵一朗、佐藤 光優、寺坂 天志、西田 珂凜 (高1)

【宮崎県立宮崎北高等学校】

要旨

流星とは、小さな物質が地球の大気圏に飛び込んで激しく熱と光を発して消滅をしていく現象のことである。流星は、ビデオ観測や眼視観測によって確認できる。今回、2023年8月13日17時ごろに極大を迎えると予報のあったペルセウス座流星群を2023年8月13日21時～14日4時まで眼視観測を行った。観測した結果、予報とは違い14日2時ごろに1番多く流星が観測された。

1. 動機及び目的

私たちは流星観測の良さを広め、流星をより多くの人たちに身近に感じてもらいたい。そこで流星観測のなかでも誰でも容易に取り組める眼視観測の正確性を調べようと考えた。そこで、8月13日にペルセウス座流星群の眼視観測を行い、観測予報と結果を比較する。

2. 観測方法

今回は、ペルセウス座流星群を観測する。観測期間は2023年8月13日21時00分～8月14日4時00分である。観測場所は西都原古墳第二古墳群駐車場(緯度32°7'23"経度131°23'24"標高65.5m)である。

今回は眼視観測で行う。流星の速さをR(rapid:速い),M(medium:普通),S(slow:遅い)に,V(very:たいへん),r(rather:やや)を組み合わせ、速い方から7段階で分類し、観測できた流星の流れた位置をその付近の星座で記入する。観測開始から、10分おきに見上げている空の雲量と最微光星を調べプロット観測記録紙に記入する。記入と観測は7人で行った。

3. 観測結果

今回の観測では、合計で292個の流星を観測できた(図1)。

4. 考察

(1) 観測予報との差

アストロアーツの観測予報から8月13日の17時が極大、13日の宵から明け方にかけて流星数が少なくなっていくといわれていた。実際観測を行い、2時ごろの流星数が76個で最大という結果が出た。観測を始めた21時から流星数は増加していた(図1)。上記から予報通りの観測結果でなかったといえる。

(2) 輻射点からなす角度と速さの関係

流星が流れた位置を星図に表した。それを輻射点を0度として20度毎同心円状に区切りグラフにした(図2)。

作成したグラフを見ると100度にかけて流星数が増加している。これは相対速度が関係していると考えた。

R, Sのどちらも輻射点を0度としたときに100度付近が一番流星を観測することができた。

(3) 等級と流星数の関係

等級ごとの群と散在のグラフを見ると、等級が下がるにつれて、見えた流星数が多くなっている(図3)。上記のことから、光害の少ない場所や月明かりが少ない時間帯で観測するとより多くの流星を見ることができると考えられる。

5. まとめ

より多くの流星を見るためには観測時に光害が少なく輻射点からある程度離れた場所を観測する方がよい。

6. 参考文献

- 1) 天文学の図鑑 著者 池田 圭一著、株式会社技術評論社、2015年
- 2) 流星眼視観測マニュアル、日本流星研究会事務局 記録観測(溝口 秀勝) 流星観測便利帳(岡 雅行) 2005年、<https://s50045684d61aef20.jimcontent.com/download/version/1688113524/module/12460865327/name/眼視観測マニュアル.pdf>
- 3) 流星観測用星図(J2000.0) 第2版 日本流星研究会 事務局 SUZUKI Satoru 著 2016年、<https://www.web-nms.com/ホーム/日本流星研究会/流星観測用星図/>

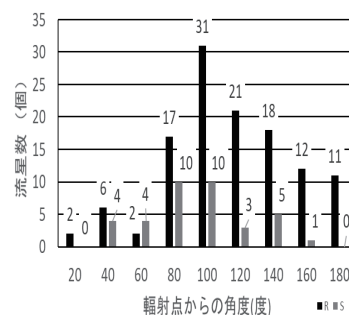
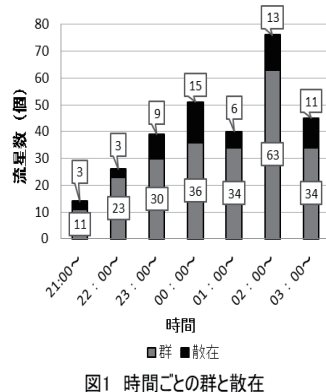


図2 輻射点からなす角度と速さの分布

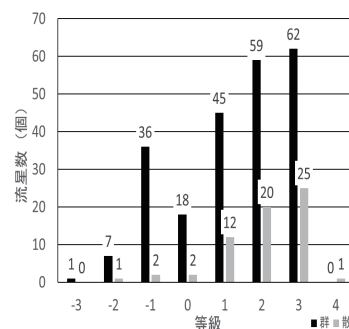


図3 等級ごとの群と散在

流星の自動観測装置の製作と流星群の分析

天文気象部：

水澤 資人、西 梨杏、大谷 勇人、奥出 理人、沼邊 龍樹、村田 圭総（高1）【東京都立川高等学校】

要旨

流星群の眼視観測は徹夜で行う必要があり、限界がある。本研究では無人で観測を可能にするため、ビデオと電波を用いた自動観測装置を自作し、流星群の分析を行った。

1. はじめに

天文気象部では約70年前からペルセウス座流星群、10年前からふたご座流星群の眼視観測を行っている。本研究では徹夜観測以外の日も観測できるようにするため、安価な防犯カメラATOMCam2と電波を用いた自動観測装置を製作し、2023年のペルセウス座流星群とオリオン座流星群を観測した。また、本部の約10年間のペルセウス座流星群の分析を行った。



図1 自作の観測装置

2. 目的

流星群を無人で自動観測するためにビデオと電波による装置を開発し、検知プログラムを作成してリアルタイム検知システムを目指す。

3. 方法

ビデオ観測装置（図1左）は、赤外線モードにしたカメラを4方位と天頂に向けて計5台設置し、各動画を1つに合成した。次に、自作のPythonプログラムでノイズ除去のための二値化を行った。原口（2021）¹⁾によると、「短時間発光」と「発光継続時間」から流星を検知できることから二値化後の流星検知はその手法を用いた。電波観測装置（図1右）は、八木アンテナを53.75MHzの電波発信局のある福井県立大学に向けて設置し、MROFFTで記録した画像から機械学習を用いて、流星を判別するプログラムを開発した。ペルセウス座流星群では、長野県入笠山でビデオと眼視観測を行い、プログラムの開発が途中であったため、比較明合成画像や動画から流星を目視で判別した。オリオン座流星群でも同様に試みた。

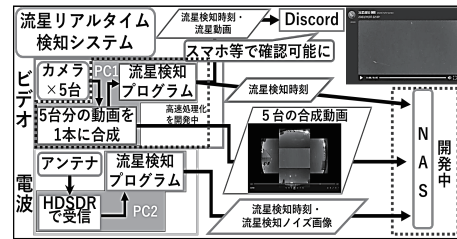


図2 検知システム概要

4. 結果と考察

(1) 観測機器の製作と自動検知システムの構築

製作したカメラと電波の観測機器、検知プログラムを用い、リアルタイムで検知して結果をスマホ等に通知するシステムの開発を行った。ビデオは天頂カメラのリアルタイム検知に成功した（図2）。これまで幾つか火星も検知できた。電波観測は、現在開発途中である。

(2) 眼視、ビデオ、電波による流星群観測の結果

ペルセウス座流星群では、2~4時にビデオの方が多く観測された（図3）。また、オリオン座流星群では、全般的にビデオの方が眼視よりかなり多く観測されており（図4）、理由として、本校屋上の夜空は夏の合宿地と比較してかなり明るいために、眼視では見逃しがちな暗い流星を、ビデオの赤外線カメラで捉えることができたからだと考えられる。また、眼視では、視界の下の方の低い位置の流星を見逃している可能性が考えられる。電波の計測数が少なめだった原因は調査中である。

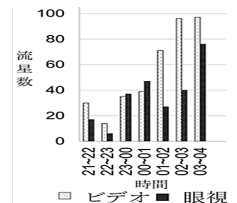


図3 ペルセウス座流星群の眼視、ビデオの比較

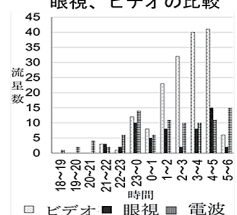


図4 オリオン座流星群の眼視、ビデオ、電波の比較

(3) 9年分のペルセウス座流星群の分析

本部では毎夏ペルセウス座流星群を、4方位に分かれ10分毎に雲量や最微光星を記録する方法で観測してきた。過去9年分の観測データからHR(1時間の流星数)と雲量3以下(周囲の山が雲量となるため)となる割合をグラフ化したところ（図5）、観測数が最も多かったのは、極大が3時頃となり、よく晴れた2013年であった。2014・2016・2017年は月齢を考慮して極大から外れた日に観測している。

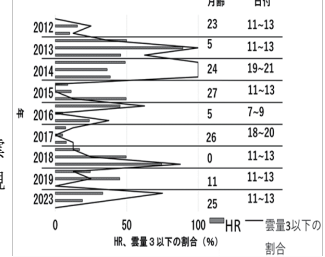


図5 ペルセウス座流星群9年間の推移

5. まとめ

ビデオと電波の流星観測装置を製作し、ビデオは天頂カメラの流星検知に成功した。また、眼視の過去データと実際に装置で観測したデータを分析することができた。今後はビデオの検知は精度を高め、仰角や方角等も記録したい。電波は深層学習によるエコー画像の自動判別プログラムの開発を進める。最終的には2つを関連させたリアルタイム検知システムを構築できるようにし、様々な流星群について分析を行いたい。

参考文献

- 1) 原口美悠(2021)「流星自動検出パイプラインの構築」『岡山大学地球および惑星大気科学研究室卒業論文』
- 2) 北山直洋(2019)『Pythonで始めるOpenCV4プログラミング』カットシステム
- 3) 流星電波観測国際プロジェクト「流星電波観測とは」<https://www.amro-net.jp/about-hro.html> (参照日：2024/1/19)

安価なソフトウェア無線機SDRを用いた流星の電波観測システムの構築

成蹊高等学校天文気象部：赤川 陽大、本橋 優斗、町田 有規（高1）【成蹊高等学校】

本発表の要旨

電波望遠鏡は天文学研究では広く用いられているが、一般には光学望遠鏡より導入の敷居が高い。近年、PCと接続して利用するソフトウェア無線機が安価に流通するようになり、これを天体観測に転用することで気軽に天体の電波観測が可能となってきた。今回、これを利用した流星観測システムを構築したので紹介したい。

1. 研究の背景

成蹊高校ではこれまでATEC社製の流星観測受信機MRX-50を用いHRO (Ham-band Radio Observation) による流星電波観測を実施してきた。今回、国立天文台からご紹介頂き、流星電波観測用の受信機を安価なソフトウェア無線機SDR (Software Defined Radio) に変更した。この無線機は、従来アナログのハードウェアとして実装されていた機能をPCのソフトウェアで賄うことによって、無線機の小型化・軽量化・低価格化を実現したものである。実際にPCに受信機を接続したようすが図1である。受信用のアンテナはHRO観測で利用してきた50MHz帯受信用のCOMET社製HB9CVアンテナをそのまま流用した。



図1 アンテナ線に接続したSDR無線機

2. SDRによる流星電波の観測

実際に流星の観測を始める前に、FMラジオの電波を受信できるか試した。SDR無線機としてNooelec社製の「RTL-SDR v5 SDR」(5,000円程度)を使用した。より安価なSDR無線機も市場に流通している。片側がアンテナ端子、反対側がUSB端子になっており、USB端子が付いたスティック型メモリーをやや大きくした形状である。これをAIRSPY社製のソフトウェア「SDRsharp」で制御し、受信周波数の設定等を行った。周波数を超短波の80.0MHzに合わせたところ、きれいな音でFMラジオ放送を聴くことが出来た(図2)。

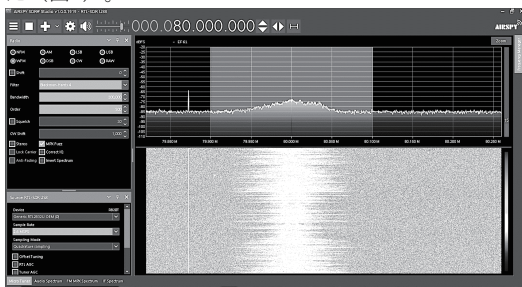


図2 FMラジオ放送受信時のSDRsharp制御画面

次に流星の観測に取り掛かった。ここでは流星が直接発している可能性のある電波を観測するのではなく、流星が流れたときだけ反射する地上からの電波を観測する。今回は、福井県立大学アマチュア流星電波観測研究会が送信している周波数53.755MHzを利用した。これに対し「SDRsharp」の受信周波数は53.754MHzとした。このソフトウェアにはUSB (Upper Side Band) モードがあり、流星が流れると53.755MHzの電波を受信し、差分の1kHzの音を出す。この音をWindowsPC内蔵の「サウンドミキサー」を経由して山本道成氏作成のソフトウェア「MROFFT」に送った。「MROFFT」はPCの音声をフーリエ変換しグラフ化できるソフトウェアであり、流星の発生時刻を連続したPNG形式の画像として記録できる。図3は、流星電波観測中の「MROFFT」(右下)と「SDRsharp」(それ以外)の画面である。

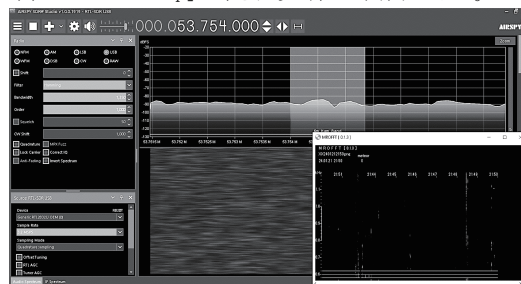


図3 流星電波観測中のPC画面

3. 観測結果

以上の観測システムを利用し、現在流星電波観測を継続中である。ジュニアセッション当日には、このシステムでとらえた流星の観測結果を示したい。

4. まとめ

成蹊高校天文気象部は、安価なSDR無線機を利用した電波観測システムを構築し、流星電波観測を行った。電波の無線機は安価で、ソフトウェアはいずれもフリーでダウンロード可能なものである。今回は既設のアンテナを利用したが、アンテナの安価な自作方法も公開されている。国立天文台が公開する『アルマーの冒険』[1]では、アンテナや受信機をやや変えて、太陽や木星の電波を観測する方法も紹介されており、これらにもチャレンジできればと思う。

電波天文学は従来の天文学にはない魅力があり、気軽に利用可能なツールがあれば、より広く普及する可能性がある。私たちの発表を機に、少しでも電波天文学の魅力が伝わり、電波天文学の裾野がより広がっていくことを期待している。

参考文献

- [1] 国立天文台 2023, 電波天文まんが『アルマーの冒険』第10回「ソフトウェアラジオを使って流星の電波観測」, <https://www.nao.ac.jp/contents/naoj-news/almar/data/almar10.pdf> (2024年1月5日閲覧)

流星観測のバリアフリー化を目指して

中央大学附属中学校・高等学校 地学研究部：
野口 智代（高1）、小林 直生（高2）、伊藤 美織（高1）、金子 千優（高1）
【中央大学附属高等学校】

要旨

流星観測のバリアフリー化を目指し新たな流星電波観測手法を開発した。流星電波観測で検知される流星エコー音はホワイトノイズ（以下、『ノイズ』）が多く、視覚等に障がいを抱える人が流星観測を行う際の課題となりうる。そこで音響編集ソフトウェア（以下、『ソフト』）を用いて流星エコー音のノイズを抑制し、iPhoneの音声操作で簡単に観測できるアプリケーション（以下、『アプリ』）を開発した。その結果、流星エコー音のノイズは概ね抑制された。また、聴き取りテストでは73%の人がノイズ抑制前よりも抑制後の方が聴きやすいと回答した。

1. はじめに

流星電波観測は、流星が大気圏を通過した際に生じる電離柱に反射した電波を受信して観測する方法である。私たちは誰でも容易に流星観測を行うことを目的として『流星出現通知システム』の開発に取り組んできた。本システムは、流星観測によって得られる音声データから流星出現シグナルを自動検出し（基準値：495 Hz）、流星の出現をアプリ等で通知することができる（米村ほか、2019）。近年『障害者差別解消法』が改正され障がいのある人への合理的配慮が義務化された（2024年4月施行開始）。これを受け私たちは、これまでに開発した『流星出現通知システム』のバリアフリー化を目指した。特に、流星電波観測時に得られる流星エコー音はノイズを多く含むため、視覚障がいを持つ人や高齢者が長時間聴くことは難しい。この点に着目し、1) 観測で得た流星エコー音のノイズを抑制する改良、及び2) iPhoneで流星エコー音を聴くアプリ『聴く流星』の開発を行った。

2. 研究手法

本研究・開発では、2021年8月13日に観測したペルセウス座流星群のデータを使用した。まず『流星出現通知システム』を使用し、流星観測時に得られた流星シグナルを解析して音声ファイルとして出力した。次に、ノイズを抑制するため、音響編集ソフトOpen Broadcaster Softwareを用いて音声データに複数のフィルターを適用した。音響編集ソフトAudacityのスペクトル解析を用いて、ノイズが正しく抑制されたかどうかを確かめた。そして、ノイズ抑制を行なった流星エコー音をYouTubeで配信した。さらに、流星エコー音を聴くiPhone向けのオリジナルアプリ『聴く流星』（バーチャルアシスタント機能Siriを用いてiPhoneアプリで再生する機能を持つ）を開発した。また、ノイズ抑制前後の流星エコー音の聴きやすさを比較するために『聴き取りテスト』を実施した。

3. 結果と考察

流星エコー音に複数のフィルターを適用して音響編集を行うことでノイズ抑制に成功したが、流星エコー音を完全に抽出する点では課題が残った（図1）。スペクトル解析の結果から、ノイズ抑制に成功した箇所は基準値周辺の周波数成分が集約されていたことがわかった。一方で、ノイズ抑制が困難だった箇所は、流星エコー音と判別する基準値（495 Hz）と同様の周波数成分に加えて他の周波数成分が多層的に重なっており、これが原因であると考えられる。本研究で開発したアプリ『聴く流星』を用いて、ノイズを抑制した流星エコー音を再生することに成功した。『聴き取りテスト』では、73%の人が『ノイズ抑制前よりも、ノイズ抑制後の方が聴きやすい』と回答した（図2）。

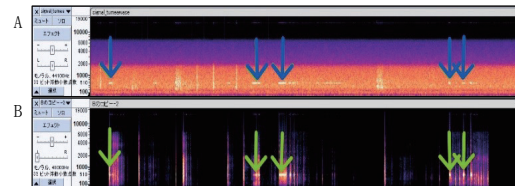


図1. ノイズ抑制前 (A) とノイズ抑制後 (B)
縦軸は周波数、横軸は時間、矢印は流星エコー音を示す。
スペクトログラムが白いほど周波数成分が大きい。
カラーの画像はPDFを参照する。

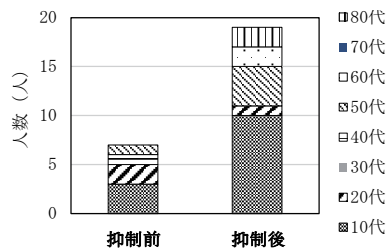


図2. 聴き取りテストの結果
グラフは10代～80代の結果を積み上げて示している。

4. 今後の展望

本システム及びオリジナルアプリ『聴く流星』を用いて流星電波観測を行い、リアルタイムでの動作を確かめたい。また、視覚障がい及び認知機能に困難を抱える人々に対して『聴き取りテスト』を実施したい。

5. 謝辞

本研究は中央大学附属中学校・高等学校の平野誠先生、委嘱指導者の伊藤早織博士、田島丈年先生、米村優輝氏、石本貴昭氏にご指導頂いた。また本研究に協力くださった地学研究部員及び卒業生、全ての方々に深謝の意を表す。

参考文献

- [1] 米村ほか（2019）「流星出現通知システムの開発 -流星発生の予測と発生情報配信の確立を目指して-」 気象文化大賞第8回「高校・高専『気象観測機器コンテスト』」報告書
<https://www.wxunka.com/cms/wp-content/uploads/2017/01/report-of-8th-No3.pdf>
(2023年10月23日閲覧)

輝線原子特定による流星高度と輝線強度の関係2024

地学部スペクトル班：棚橋 聖悠、奥村 実季、井川 瞳（高2）【愛知県立一宮高等学校】

要旨

私たちは流星のスペクトルについての研究を行った。モノクロビデオカメラに回折格子シートを取り付け、複数の流星を撮影した。それらの流星のうち輝線が出ているコマを静止画として切り取り、各輝線と0次光までの距離を測り流星ごとに比較した。その結果、流星高度の違いによって輝線強度に変化が見られた。

1. 方法

場所：ひるがの高原観測所

機材：モノクロビデオカメラWatec100Nレンズ（12mmF1.4）、透過型回折

格子フィルム（エドモンド500/mm）

観測手順：1. 動画をステライメージで1/30秒毎の静止画に変換

2. 画像処理ソフト「マカリ」を用いて画像上でグラフを取り、0次光から輝線スペクトルまでのpixel距離を測定

3. pixel距離を基に波長に変換し、理科年表を参照して原子を特定

〈原子特定の仕方〉

事前研究ではMgを基に輝線原子を特定していたが、正確に特定出来なかったそれはMgの輝線から離れるにつれて歪みが大きくなるからだと考えた

→Mgではなく、Hg(図1)を基にpixel距離を波長に $\sim 400\text{nm} : 1.44(\text{nm}/\text{pixel})$ $400\sim 540(\text{nm}) : 1.45(\text{nm}/\text{pixel})$ $540\text{nm}\sim : 1.43(\text{nm}/\text{pixel})$ で換算



図1 水銀の輝線

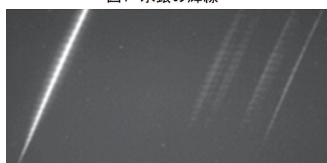


図2 流星と輝線

2. 結果

(I) 2023年5月5日(図2)

《高高度》(図3)

- ・Mg,Naの輝線の強度が大きく、Ca,Feの強度が小さい

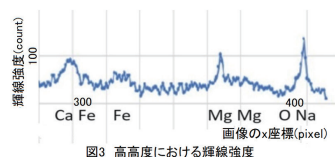


図3 高高度における輝線強度

- ・Naの左にOが見られる

《中高度》(図4)

- ・全体的に輝線の強度が上昇
- ・特にNaの輝線の強度の上昇が大きい

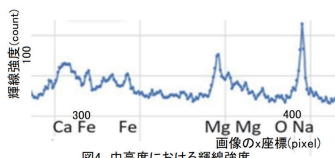


図4 中高度における輝線強度

《低高度》(図5)

- ・全輝線の強度が低下
- ・Oの輝線がほとんど見えかかっている

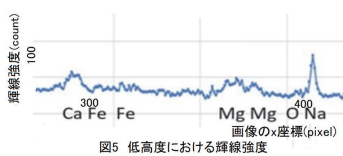


図5 低高度における輝線強度

(II) 2023年8月28日

*□は未特定の輝線

《高高度》(図6)

- ・Caの輝線の強度が大きい

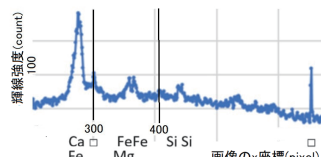


図6 高高度における輝線強度

《中高度(爆発)》(図7)

- ・全ての輝線の強度が大幅に上昇
- ・右方のCaの輝線の強度の上昇率が小さい

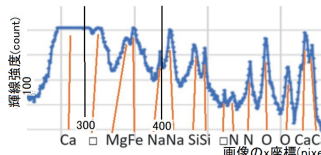


図7 中高度(爆発)における輝線強度

《中高度》(図8)

- ・全ての輝線の強度が低下
- ・右方のCaの輝線が消える

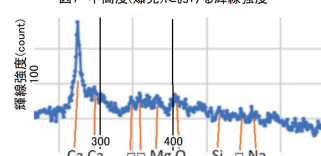


図8 中高度における輝線強度

《低高度》(図9)

- ・Caの輝線強度に変化はない
- ・その他の輝線は消える

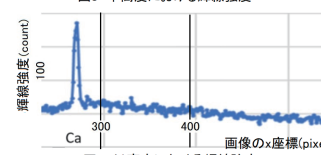


図9 低高度における輝線強度

3. 考察

- ・結果IからOは大气起源であるため、他の輝線より消えるのが早いと思われる
- ・結果IからMg,Naの輝線強度が大きいのは、流星本体に含まれるMg,Naの量が多いからだと考えられる
- ・結果IIから右方のCaの輝線は流星本体から離れているため、2次光だと考えられる

4. 今後の展望

- ・高度を正確に特定する
- ・流星群ごとの特徴を分類
- ・まだ特定出来ない輝線の原子を特定する

5. 使用ソフト

- ・すばる画像処理ソフト「マカリ」
- ・Microsoft Excel
- ・ステライメージ
- ・UFO Capture

6. 参考文献

- ・理科年表 令和4年
- ・国立天文台分光宇宙アルバム <https://prc.bao.ac.jp>

流星の軌道解析 3～こと座・ふたご座流星群の母天体を探る～

科学部：中島 拓海、松本 悠那（高2）、林 あい（高1）
【福岡工業大学附属城東高等学校】

要旨

本研究では流星の観測を行い母天体の推定を目的とした。独自の方法で流星の軌道要素を算出した結果、こと座流星群はサッチャー彗星、ふたご座流星群はフェートンが母天体であると推定した。

1. 動機

私たちは流星の観測を行った際、「流星の母天体を推定することはできるのか」と疑問を持ち流星の研究を始めた。

約 4 時間観測を行い静止画と動画で流星を 29 個撮影出来た。その中で 1 個がステレオ撮影に成功した。

表1 流星 I（こと座流星群）の観測結果

	距離	時間	対地速度	軌道速度	軌道長半径
流星 I	12.2km	0.20秒	57.4km/s	41.9km/s	30AU以上

2. 本研究目的

こと座・ふたご座流星群の母天体の考察を行い、さらに流星観測における改善・他の観測方法の考察を行うこととし、研究を行った。

表2 流星 I（こと座流星群）の軌道要素

	軌道長半径	離心率	軌道傾斜角	昇交点黄径
流星 I	30AU以上	0.97	78.8°	212.7°
サッチャー彗星	55.7AU	0.98	79.8°	213.5°

3. 研究方法

1. 2 地点から夜空を動画と静止画で撮影する。
2. 星図（心射図法）に流星の軌跡の線を引き、放射点を求める。
3. 星図ソフトステラナビゲータ 10 を用いて始点・終点の方位角と高度を調べ、正弦定理を用いて距離を算出し、始点・終点を直角座標で表す。
4. 動画から発光時間、流星物質の速度を求める。
5. 軌道長半径を算出し、母天体の軌道を求める。軌道長半径、離心率を求めるためケプラーの法則と力学的エネルギー保存則から求めた式から、私たち独自の数式を構築して求めた(図 1, 2, 3, 4)。

研究 B [2023 年 12 月 14 日ふたご座流星群]

約 4 時間観測を行い静止画と動画で流星を 40 個撮影出来た。その中で 1 個がステレオ撮影に成功した(図 5, 6)。



図5流星 II（静止画）
00:11



図6流星 II（動画）
00:11

表3 流星 II（ふたご座流星群）の観測結果

	距離	時間	対地速度	軌道速度	軌道長半径
流星 II	18.2km	0.50秒	36.4km/s	35km/s	1.31AU

表4 流星 II（ふたご座流星群）の軌道要素

	軌道長半径	離心率	軌道傾斜角	昇交点黄径
流星 II	1.31AU	0.90	26.5°	261°
フェートン	1.27AU	0.89	22°	265°

5. 結論

ステレオ撮影した流星から独自の数式を用いて母天体の推定を行うことができた。天体の軌道長半径、離心率を求めたところ、こと座流星群の母天体はサッチャー彗星、ふたご座流星群の母天体はフェートンであると考えた。

6. 参考文献

- ・全天恒星図 2000（著）中野 繁 誠文堂新光社
- ・天文年鑑 2022 年版 誠文堂新光社
- ・https://ssd.jpl.nasa.gov/tools/sbdb_query.html

4. 結果と考察

研究 A[2023 年 4 月 23 日こと座流星群]

$$E = -\frac{1}{2} \frac{GMm}{r}$$

E : 軌道エネルギー[J]
G : 万有引力定数
M : 太陽の質量[kg]
m : 流星の質量[kg]
r : 軌道長半径[m]

図1 軌道エネルギーの式

$$\frac{v}{v_E} = \sqrt{2 - \frac{1}{a}}$$

v : 流星の速度
v_E : 地球の公転速度
a : 軌道長半径[AU]

図2 軌道長半径の式

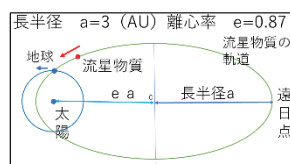


図3 楕円軌道のモデル

$$\frac{v \sin \theta}{v_E} = \sqrt{1 - e^2} \sqrt{a}$$

v : 流星の速度
v_E : 地球の公転速度
a : 軌道長半径[AU]
θ : 軌道と太陽のなす角
e : 離心率

図4 離心率の式

小惑星(98943)2001 CC₂₁の測光観測

伊藤 悠莉 (高1) 【新島学園高等学校】

要 旨

はやぶさ2の拡張ミッションで観測する小惑星(98943)2001 CC₂₁の自転に伴う光度変化を観測できた。光度曲線の振幅より、小惑星は短軸に対して長軸が約2倍の細長い形をしていると考えられる。

1. はじめに

はやぶさ2の拡張ミッション⁽¹⁾で観測する小惑星(98943)2001 CC₂₁が2023年1月から2月にかけて約16等級となり本校の望遠鏡で観測可能となる。小惑星(98943)2001 CC₂₁の自転に伴う光度変化を測定する。

2. 方法

西村製作所の40cmF5ニュートン式反射望遠鏡とビットラン冷却CCDカメラBJ-54L、Lフィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行った。画像はダーク・フラット補正を行った後にマカリとAstroimageJで測光した。撮影は20℃冷却、2×2ビニング、60秒露出で行った。目標天体は本校の望遠鏡の観測限界であったためLフィルターで撮影を行った。観測は2023年1月31日、2月9日、2月15日の3回観測した。

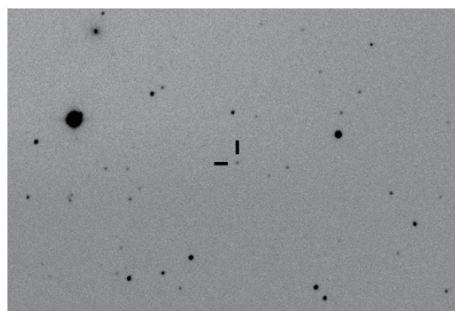


図1 白黒反転した拡大CCD画像

3. 結果

図1に40cmF5反射望遠鏡で撮影した画像を示す。撮影画像の一部を白黒反転させ拡大した画像で、小惑星は観測限界であるため淡い像となっている。図2に観測結果を示す。図2の横軸は小惑星の自転周期を5.025時間として表し(グラフ内の縦のライン)、3回の観測結果を重ねて表示した。縦軸の等級はLフィルターで撮影した画像を比較星のR等級で算出した。

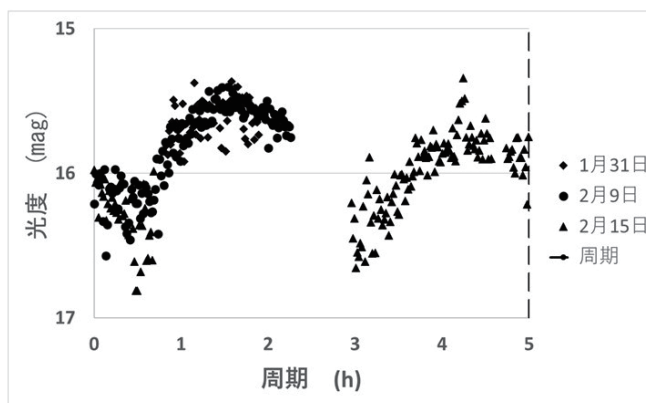


図2 小惑星(98943)2001 CC₂₁の光度変化(AstroimageJによる測光)

4. 考察

小惑星(98943)2001 CC₂₁は本校望遠鏡の観測限界の光度のため、Lフィルターを使用し撮影した。小惑星の光度を求めるための比較星の等級は、ステラナビゲータ(USNO-A2.0)⁽²⁾のR等級を使用した。そのため、正確な光度を測定することはできなかった。撮影画像の小惑星の像が淡いためマカリでの測定誤差は大きくなったが、AstroimageJの自動測光の方が測定値のばらつきが小さく測定できた。そのため、図2のグラフはAstroimageJの測定値を使用した。図2の測定結果から、小惑星の自転に伴う光度変化を観測することができたと考える。

光度変化の振幅(Amp)は長軸(a)と短軸(c)の比から、 $Amp=2.5\log_{10}(a/c)$ で表される。図2の2月9日の結果より振幅を求めると0.85等級となり、長軸(a)と短軸(c)の比(a/c)は2.2となった。小惑星(98943)2001 CC₂₁は、短軸に対して長軸が約2倍の細長い形をしていると考えられる。2月9日の結果は観測誤差が少なく、1日の観測で極大光度と極小光度の観測ができているため、この日のデータで解析を行った。

5. まとめ

はやぶさ2の拡張ミッションで観測する小惑星(98943)2001 CC₂₁の自転に伴う光度変化を観測できた。また、小惑星は短軸に対して長軸が約2倍の細長い形をしていると考えられる。

6. 謝辞

群馬県立ぐんま天文台の天文係長・西原英治先生にご指導をいただきました。また、日本スペースガード協会の浦川聖太郎先生にご指導をいただきました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

7. 参考

- (1) 小惑星探査機「はやぶさ2」ホームページ <https://www.isas.jaxa.jp/missions/spacecraft/current/hayabusa2.html>
- (2) アストロアーツ ステラナビゲータ11

2001CC21 の観測データとその解析

星の学校小惑星班：フィゲロア ビクトル龍馬（高2）【修道高等学校】

要旨

美星スペースガードセンターで観測された小惑星 2001CC21 の光度曲線のデータを解析した結果、小惑星の形状（軸比）、自転周期、等級差を導出する事が出来た。

1.はじめに

本研究では探査機「はやぶさ2」の延長ミッションでフライバイする候補天体の一つである小惑星 2001CC21 を観測することは、フライバイをする時の観測計画に影響を与える可能性がある事が示唆される。また、岡山県井原市美星町では 1989 年 11 月より光害防止条例を独自に制定し、2021 年 11 月に国際ダークスカイ協会(IDA)により星空保護区として認定されたことから、観測上の優位性が指摘される。

2.方法

美星スペースガードセンター 1m 望遠鏡に取り付けられている CCD カメラで 2023 年 2 月 8 日に観測を行った。露光時間 60 秒の写真を 135 枚取得し、その後ソフト「SAOImage ds9」を使用し標準星とそとの小惑星のカウント値（明るさ）を測光し、ポグソンの式により絶対等級の値を求めた。なお、ポグソンの式は次の通りである。

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log \frac{L_1}{L_2}$$

3.結果

図 1 のグラフは時間ごとの光度（明るさ）の変化を光度曲線として表されたグラフである。このグラフから自転周期と光度曲線の極大と極小の等級差を求める事が出来る。

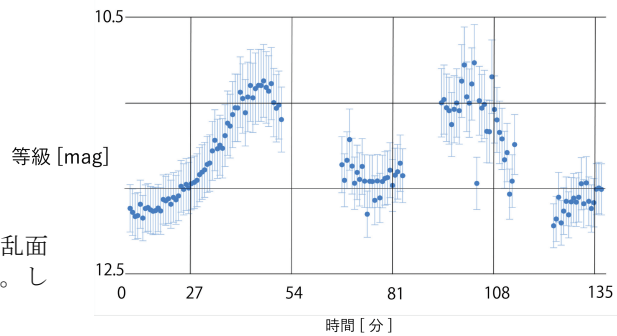


図 1. 小惑星 2001CC21 の光度曲線

4.考察

図 1 の光度曲線の等級比により、小惑星の散乱面積の最大値と最小値の比を導出する事ができる。したがって、小惑星の軸比を求める事ができる。

5.今後の展望

球形に近い小惑星であればどのような光度曲線になるのかについて観測を行う。さらに、データ上で観測できなかった時間があるので、詳細な追観測を行い、精度を高める。

6.謝辞

日本スペースガード協会の浦川 聖太郎先生にご指導を頂きました。今回の研究テーマについてのデータは美星スペースガードセンターのデータを使用させて頂きました。この場をお借りして厚くお礼を申し上げます。

7.引用文献

[1] 日本天文学会編、天文学事典、<https://astro-dic.jp/> (2024 年 1 月 21 日閲覧)

石垣島天文台むりかぶし望遠鏡による太陽系内の新天体とNEOの観測

美ら星研究体験隊2023：

相川 英真（高3）【鶯谷高等学校】、小泉 大河（高3）【東京都立墨田川高等学校】、
松本 蒼生（高3）【沖縄県立八重山高等学校】、望月 碧斗（高3）【品川翔英高等学校】、
伊藤 蒼永（高2）【北海道釧路湖陵高等学校】、久保 昂大（高2）【栄光学園高等学校】、
フィグロア ビクトル龍馬（高2）【修道高等学校】、宮下 遥（高2）【鹿児島県立鶴丸高等学校】、
森田 篤人（高1）【麻布高等学校】

要旨

2023年8月21日、22日の2日間、石垣島天文台にあるむりかぶし望遠鏡を用いて、未知の小惑星や地球接近天体（Near-Earth object 以下NEO）の探索を行った。その結果、NEO候補1天体の追観測に成功し、3つの候補天体を観測することができた。

1. 目的

本研究の目的はNEOの発見あるいは追観測を行い、小惑星の地球衝突問題であるスペースガードに貢献することである。NEO天体はスペースガードの観測・研究を行う上で重要な情報となるため、観測したNEOのデータは国際天文学連合（IAU）の小惑星センター（Minor Planet Center 以下MPC[1]）に報告する。

2. 研究

口径105cmむりかぶし望遠鏡のMITSuME3色同時撮像カメラで連続撮影を行った。これにより得られた画像データを小惑星探索ソフトに読み込ませ、周囲の星に対して動いている天体を探索した。発見を目指した観測では、8月21日に衝付近の3領域、8月22日に衝付近の9領域の撮像を行った。なお1領域は視野 $0.2^\circ \times 0.2^\circ$ 、1枚3分露出での撮影8枚を1セットとし、1領域の撮影時間は計約26分となっている。NEOの追観測は、MPCに報告されているデータから追観測が必要な2天体分2領域について21日に行った。

3. 結果

2日間で新天体候補3天体（IA095, IA096, IA097）を検出でき、追観測を2~3回実施した。その後、8月23日に石垣島天文台にて、8月26日に美星スペースガードセンターにて追観測が行われた。結果、8月23日にIA095(図1)の再検出があったが、ハワイのパンスターズ望遠鏡での観測の方が早く、2023 NV₈[2]という仮符号が付けられている。これは、小惑星帯の中のハンガリア群またはNEOである可能性がある。一方、IA096(図2)については、追観測で検出されなかった。IA097(図3)については、8月23日と8月26日に検出され、2017 KG₅₁[3]の可能性があるとわかった。

また、ハワイのパンスターズ望遠鏡でも発見されたNEO候補2天体のうち1天体（P2119wH）の追観測に成功した。P2119wHは、2010年に発見された2010 SA₆₇[4]に同定された。

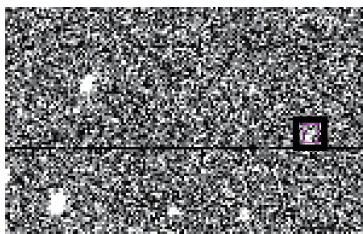


図1 IA095



図2 IA096

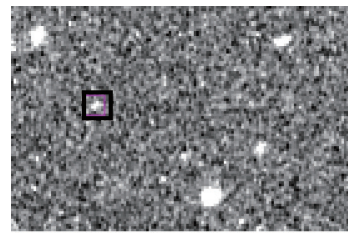


図3 IA097

4. 考察

2日とも大気による乱れが少なく星像が小さかったこと、解析に画像のコンポジットを採用したこと、むりかぶし望遠鏡の性能を最大限引き出して20等にせまる暗い天体の光を拾うことができ、新天体候補の検出につながったと考えられる。衝の位置に近かったなどの好条件下で観測できたことも、今回の発見に影響したと言える。その他、小惑星の向きが良かった（形が非一様で見かけ上太陽光の反射面積が大きな時にたまたま観測した）ために検出できた可能性も考えられる。

また、今回追観測したNEO候補は、同じ領域に写っていた小惑星帯の既知天体と明らかに異なる向きの運動をしていたことから、既知天体の軌道（軌道傾斜角）が大きく異なる可能性も考えられる。

参考文献

- [1] IAU Minor Planet Center, <https://minorplanetcenter.net>
- [2] https://minorplanetcenter.net/db_search/show_object?utf8=%E2%9C%93&object_id=2023+NV8
- [3] https://minorplanetcenter.net/db_search/show_object?utf8=%E2%9C%93&object_id=2017+KG51
- [4] https://minorplanetcenter.net/db_search/show_object?utf8=%E2%9C%93&object_id=2010+SA67

謝辞

本研究は、JSPS科研費ひらめき☆ときめきサイエンス23HT0083（美ら星研究体験隊「新しい星を見つけよう！」）の補助を受けて行われました。ここにお礼申し上げます。

減光を補正したH α 線によるM42の星形成率の推定

銀河学校2023 A班：

塩地 裕大（高2）【北海道旭川北高等学校】、竹之内 龍（高2）【灘高等学校】、片山 哩（2023年卒）【岡山白陵高等学校】、市川 晴花（2023年卒）【宮城県仙台第二高等学校】、池田 奈央（高3）【大阪教育大学附属高等学校（天王寺校舎）】、河野 旺美（高3）【海城高等学校】、近藤 典雅（高3）【日本大学豊山高等学校】、佐藤 安佑夏（高2）【麻布高等学校】、原 詞美（高2）【杉並学院高等学校】

要旨

本研究ではH α 線とH β 線の2種類の水素輝線を用いて減光量を推定・補正した上でH α 線による星形成率の推定をM42に対して行なった。結果として星形成率はおよそ $10^{-4} M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ と推定され、過去に異なる手法から推定されていた値と概ね一致することが分かった。

1. イントロダクション

大質量星を含む若い星団には大質量星からの強い紫外線によるHII領域が存在することが知られている。HII領域からは水素原子の再結合線であるH α 線をはっきりと観測することができ、その光度を用いて観測領域の星形成率を推定することができる。一方、H α 線は星間空間の塵などによって吸収・散乱されてしまう（減光される）ため、H α 線の光度は実際よりも小さく見積もられる。しかし、星間減光は短い波長ほど減光量が大きくなるという波長依存性を持つため、異なる遷移で放射されるより短波長のH β 線を組み合わせることで、H α 線がどれほど減光されているかを評価でき、光度の正しい推定に繋がる。我々は太陽系から最も近く詳細に調べることが可能な大質量星形成領域であるM42を観測し、より正確な星形成率の推定を行い、他の手法で推定された値と比較することでその妥当性・有用性を検討した。

2. 手法

東京大学木曾観測所において、105cmシュミット望遠鏡と観測装置Tomo-e Gozen、H α ・H β 線の波長付近の光のみを通すフィルターを用い、M42の全体像を8つの領域に分割して観測した。撮像データの処理にはmakali'iを使用した。一次処理を行なった8領域の撮像データを全て繋ぎ合わせ、各フィルターごとのデータから求められるH β /H α 比を用いて、Vバンドでの減光量の広域マップ(図1)を作成し、各ピクセルごとの減光等級を評価した。減光を補正したH α 線の光度を求め、H α 線の光度と星形成率の関係式[1]を用いてM42の星形成率を推定した。

3. 結果

H α 線の光度や星形成率がどれほど星間減光に影響されるのかを確認するために、補正前と補正後のH α 線のマップからそれぞれ星形成率を算出し比較を行った。減光補正を行う前が光度： $7.51 \times 10^{36} \text{erg s}^{-1}$ 、星形成率： $5.93 \times 10^{-5} M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ 、補正後は光度： $2.55 \times 10^{37} \text{erg s}^{-1}$ 、星形成率： $2.01 \times 10^{-4} M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ と推定され、減光の効果を見積もった場合には星形成率を約0.3倍に小さく見積もることが分かった。

4. 考察

本研究では、減光を補正した上で星形成率が $2.01 \times 10^{-4} M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ であると求められた。過去に同じ領域に対して、星団の年齢などに基づいた異なる手法から星形成率が $10^{-4} M_{\odot} \text{yr}^{-1}$ 程度であることが

推定されており[2]、今回の結果と整合的である。また、今回用いたフィルターでは、H α 線に近い波長の[NII]や[SII]、H β 線に近い[OIII]を区別することができなかった。したがって、我々が求めた星形成率はH α 線を用いた推定値の上限であると考えられる。

本研究に際して東京大学木曾観測所職員の皆様ならびに銀河学校2023スタッフの皆様の多大なるご協力を賜りました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

参考文献

- [1] Kennicutt, 1998, ARA&A, 36, 189-231
- [2] Hillenbrand, 1997, AJ, 113, 1733-1768

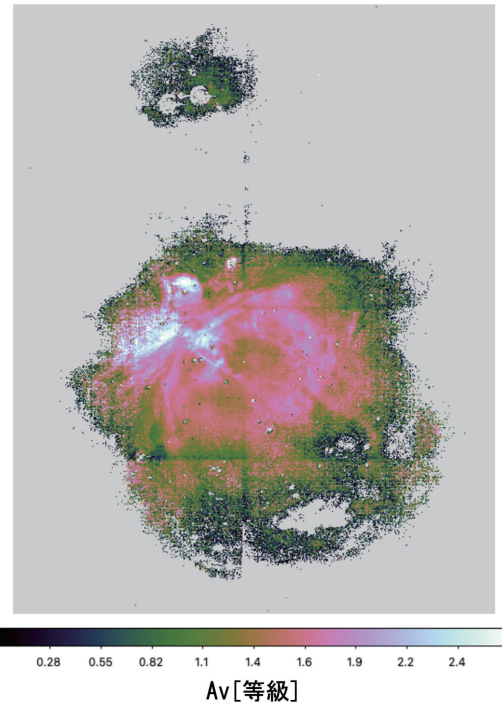


図1：H α 線とH β 線の比から得られた減光マップ

星形成領域 DR21 アンモニア分子輝線の野辺山45m望遠鏡による観測と考察

八ヶ岳☆s B班：

永田 あかり（高2）【長野県松本深志高等学校】、依田 陽（高専2）【長野工業高等専門学校】、
渡井 陸（高2）【長野県諏訪清陵高等学校】、沖浦 夢花（高2）【長野県野沢北高等学校】

要 旨

参考文献 (1) において未だ観測されていない範囲を観測し、その結果を参考文献 (2) の赤外線分布図と比較し、赤外線が多く検出されている部分はアンモニアも多く検出されるわけではないという結果を得た。この結果をもとに私たちは赤外線が多く検出されている部分では星生成が活発に行われているがアンモニアが観測されない理由についてダストやアンモニアの密度と一酸化炭素の位置関係が関係あると考え考察を行った。

1. はじめに

星は低音高密度のガスから生まれ、そのようなガスとアンモニアの電波の分布はよく一致することが知られている。そこで、2023年3月に行われた八ヶ岳☆sにおいて野辺山45m電波望遠鏡を使用しDR21についてアンモニア輝線の観測を行った。観測結果と赤外線、参考文献 (3) の一酸化炭素の分布図を比較し考察を行った。

2. 観測方法

観測は2023年3月に野辺山45m電波望遠鏡を用いて実施した。観測ではon the fly方式を採用し、DR 21の方向(RA, DEC) = (20h39m00.0s, 42d25m00.0s) を観測基準座標とした12分×6分の範囲をアンモニア分子輝線の観測帯域である22GHz帯で観測した。

3. 結果

観測を行った結果DR21の広範囲にアンモニア分子ガスの分布を観測した。

4. 考察

結果より赤外線が強くアンモニアが弱く観測される範囲ではどのような活動がされているかを考察する。

赤経20時39分00.00秒、赤緯 42度19分00.00秒を観測基準座標とした6分×6分の範囲のアンモニアの分布図と一酸化炭素の分布図の画像を図3に示す。どちらも破線で囲まれている部分が輝線を多く検出した部分である。

赤外線は、主に星などによって温められたダストから発せられる。このことから赤外線が強く、アンモニアが弱く観測される範囲には若い星が存在し、高温のダストを発していると考えられる。このダストがアンモニアを外に押し広げたため、正面から見たアンモニアの密度が低くなり、図3の四角形で囲まれた範囲アンモニアの密度が低く観測されたのではないかと。また、アンモニア分子輝線が暗い部分(図2黒い部分)は、赤外線部分(図1破線内部)で最も明るい領域であることが分かる。赤外線で明るい部分(図1破線内部)には、ダストが多く存在していると考えられる。アンモニアは、高温のダストによって破壊されアンモニアが少ししか検出されないのではないかと考えた。なぜ四角形で囲まれた範囲(図3)のアンモニアが壊されず残ったのかについてはアンモニアと一酸化炭素(13CO(1-0))の分布を重ねると、一酸化炭素がアンモニアに覆いかぶさるように分布していることがわかる。このことから一酸化炭素の温度がダストやアンモニアより低いためこの部分のアンモニアが星生成による光や高温のダストに破壊されることなく残ったと考える。

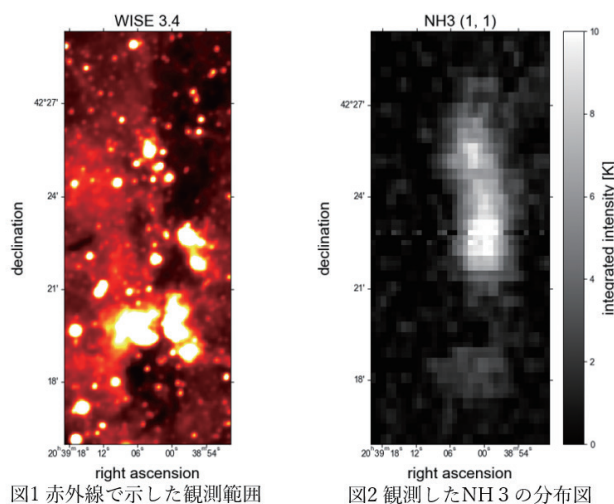


図1 赤外線で示した観測範囲

図2 観測したNH3の分布図

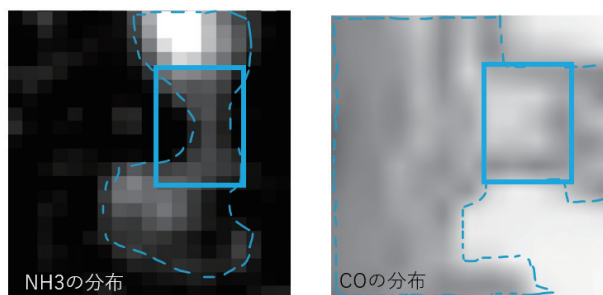


図3 アンモニアと一酸化炭素の分布図

参考文献

- 野辺山45m
<https://www.juen.ac.jp/lab/tosaki/kyouzai/radio/NH3/DR21.html#point> (2023年3月26日)
- Aladin lite
<https://aladin.cds.unistra.fr/AladinLite/> (2024年1月15日)
- N, Schneider. et al. Understanding star formation in molecular clouds III. Probability distribution functions of molecular lines in Cygnus X.2015.25p
- 背景/性質/大質量星形成領域
<https://www.astroarts.co.jp/news/2004/04/14rd21/index-j.shtml> (2023年3月26日)

野辺山45m電波望遠鏡を用いたW51のアンモニア分子輝線の観測

北杜市立甲陵高等学校科学部天文班：
 名取 修 (高1)、麻生 斗吾 (高1)、伊藤 寛士 (高3)、
 加藤 勇誠 (高3)、村上 太一 (高2) 【北杜市立甲陵高等学校】

要 旨

分子雲の構造を理解し、惑星系の形成過程の初期条件に制限を与えることを目的とする。国立天文台野辺山宇宙電波観測所の45m電波望遠鏡を用いて、実際の観測方法を学びながら、巨大分子雲W51(わし座)中のアンモニア分子の輝線を観測した。複数の仮定が必要となるものの、アンモニア分子の量から分子雲の質量分布を推定することは可能であり、分子雲コアとみられる高密度領域を探し出すことができた。また、分子雲コアの推定質量から原始惑星系円盤の質量におおまかな制限をつけることができる。観測結果から、巨大分子雲W51の質量分布を推定した結果を議論する。

1. 背景

分子雲の電波観測から、分子雲コアの質量を推定し、惑星系形成における初期段階である原始惑星系円盤の質量に制限をつけることで、惑星系形成の理論研究の初期条件を決めることができる。今回、国立天文台野辺山宇宙電波観測所を使用できることとなり、使用可能周波数帯から、アンモニア分子を観測することとなった。アンモニア分子の量を測定することで、複数の仮定を導入することにはなるが、分子雲の質量分布を推定することができ、分子雲コアの発見と質量推定が可能であると期待できる。本研究では、分子雲コアの多数観測が可能と予想される、巨大分子雲W51を観測対象とした。なお、原始惑星系円盤の質量推定には、本観測結果からの追解析を要する。

2. 方法

主にHやHeで構成されている分子雲中の僅かなアンモニアの輝線から、存在量を概算し、過去のデータを基に存在比を推定して、HやHeの存在量を求める。分子雲観測・解析の手順は以下の通りである。

- ① 45m 望遠鏡で OTF(マッピング領域内でアンテナを移動、短い間隔でデータを取得)で一部領域を観測する。
- ② リダクションソフト・*noStar* を用いてベースラインを引きマッピングする。
- ③ このデータを、*SAOImageDS9* を用いて追解析する。

3. 結果

図1に、W51の観測結果を天球面にマッピングしたものを示す。図1に表示された画像の白い部分はアンモニア分子が集まっている領域であり、分子雲コアの一つであると推察できる。同領域に注目し、アンモニア分子による輝線を出力した(図2)。周辺に比べ、一桁近く強い輝線を示している。この領域には水素やヘリウムも同程度高密度で集まっていると推察され、分子雲コア、すなわち星・惑星系形成領域であると分かる。

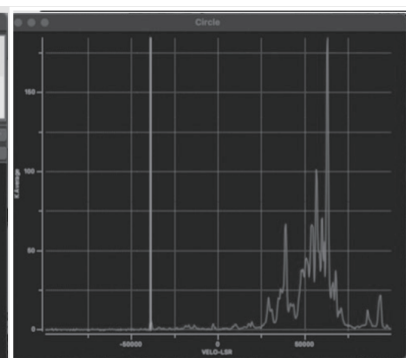
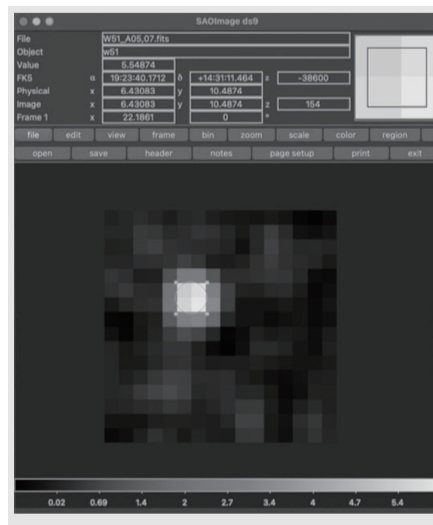


図2(右上):分子雲コアのアンモニア輝線

図1(左):観測で得られた質量分布

4. 考察

観測領域にアンモニア分子の強い輝線を観測できたことから、水素・ヘリウムも同様に集まっていると推察される。すなわちこの領域は星・惑星系形成領域、もしくはその形成の過程であることがわかる。アンモニア分子輝線の強さからアンモニア分子の量を定めることができるため、当該領域における水素・ヘリウムの量を推定でき、星・惑星系形成領域の質量に制限をつけることができる。これにより、原始惑星系円盤の初期質量を見積もることも可能である。

5. まとめ

分子雲中の星・惑星系形成領域を観測することができた。W51の構造の一部を理解でき、当該領域の質量を知ることによって、星や惑星系の形成過程の研究に条件を与えることができる。本観測は試験的な側面もあり、観測の手法や生データの見方、解析の仕方を学ぶこともできた。発表では分子雲コアと原始惑星系円盤の定量的な質量を議論したい。

参考文献

- [1] 野辺山45m電波望遠鏡Webページ,
<https://www.nro.nao.ac.jp/~nro45mrt/html/> (2024年1月22日閲覧)
- [2] 基礎からわかる天文学(半田利弘 著)

銀河のマルチバンド観測から探るバルジの性質

銀河学校2023 B班：

村尾 和紀、花房 瞬星（2023年卒）【海城高等学校】、市川 まどか（高2）【四天王寺高等学校】、西村 友葉（高2）【関西創価高等学校】、水城 光太（高2）【早稲田大学系属早稲田実業学校高等部】、藤澤 千聖（高3）【東京都立小金井北高等学校】、石垣 咲季（高2）【沖縄県立八重山高等学校】、ダブシラト エルムーン（高2）【麻布高等学校】、吉澤 溪太（高2）【大宮開成高等学校】

要旨

円盤銀河のバルジは星形成の活発さや形状という点において楕円銀河と類似しているといわれている。そこで、複数の近傍銀河の多波長画像を解析したところ、円盤銀河のバルジは楕円銀河よりも色指数のばらつきが大きいことが分かった。これは、楕円銀河の形成時期とバルジの形成時期の分布が異なることを示唆している。

イントロダクション

銀河は形状別に円盤銀河や楕円銀河などに分類される。前者は円盤状のディスクと膨らんだ中心部のバルジから構成され、後者は楕円体をしている。円盤銀河のディスクでは比較的活発に星が形成されているが、バルジではあまり星が形成されていないといわれている。一方で楕円銀河では全体的に星形成は活発でない。よって、円盤銀河のバルジと楕円銀河は、似た形状を持ち、星形成が盛んでないという点で類似している。そこで私たちは、両者が形成時期という点でも類似しているのか確かめるため、バルジと楕円銀河の色を比較した。

手法

2023年3月27日東京大学木曾観測所において、105cmシュミット望遠鏡、観測装置Tomo-e Gozenを用い、観測可能な近傍銀河18個をマルチバンド(B, V, R)観測した。撮像データの処理にはmakari¹、データの解析にはExcelを使用した。一次処理を行った撮像データに対し銀河と標準星の測光を行うことで銀河のB, V, R等級を算出し、それをもとに色指数B-V, V-Rを求めた。また、銀河の長軸方向に沿ってカウント値を測定し、明るさの分布を作成した。

解析と結果

1. 観測した明るさの分布を銀河の表面輝度分布のモデルであるセルシック則に基づいてフィッティングした。これにより、明るさの中心集中度であるセルシック指数と、銀河の全光度の半分が入る半径である半光度半径が求められた。

フィッティング結果より、銀河の分類を行った。本研究では、円盤銀河をディスク構造の見られる銀河、楕円銀河をディスク構造の見られない銀河と定義した。すなわち、ある半径から外側でセルシック則との差が急激に大きくなるような分布をもつ銀河を円盤銀河(図1)、それが無ければ楕円銀河(図2)と分類する。今回は、フィッティングに成功した14天体のうち9天体が円盤銀河、5天体が楕円銀河と分類された。

円盤銀河ではバルジに注目した結果となったため(図1)、得られた半光度半径をバルジのサイズとした。一方で楕円銀河は、セルシック則で銀河全体の明るさの分布を精度よく説明することができたため(図2)、求めた半光度半径を楕円銀河のサイズとした。また、セルシック指数はおおよそ0.8~1.5であり、バルジと楕円銀河で比較しても顕著な差は見られなかった。

2. 各銀河に対し、半光度半径内の色指数を求めた。ただし、銀河面の傾きや銀河の扁平度は撮像データから求められないため考慮せず、銀河の中心から円状に測光した。

楕円銀河の有効半径内と円盤銀河のバルジの有効半径内について、B-V色指数を横軸に、V-R色指数を縦軸に取ってプロットし、SSP(Simple Stellar Population)モデルの時間依存の色指数変化を示した(図3)。SSPモデルとは一度に誕生した恒星集団の進化を記述しているモデルであり、図3では星形成からの時間が経過するほど右上に位置する。

考察

フィッティングをした際に得られたセルシック指数より、バルジと楕円銀河において明るさの空間分布の形状が似ていることが分かる。しかし、楕円銀河の中心部に比べてバルジのほうが色指数のばらつきが大きい。原因として、円盤銀河のバルジ部分にある恒星集団の年齢がそれぞれの銀河で異なっていることが考えられる。

今後の展望

色指数にばらつきが見られる原因を特定するため、今後より慎重な星間減光の議論が必要である。また、円盤銀河のバルジを測光する際にディスク成分が含まれてしまったおそれがあるため、バルジのみに注目した測光ができるようにする方法も考えたい。

本研究に際しては東京大学木曾観測所職員の皆様ならびに銀河学校2023スタッフの皆様の多大なるご助力を賜りました。この場をお借りして心より御礼申し上げます。

参考文献：[1] Cardell, J. A., Clayton, G. C., & Mathis J. A., 1989, ApJ, 345, 245

[2] Calzetti, D., Kinney, L. A., & Storchi-Bergmann, T., 1994, ApJ, 429, 582-601

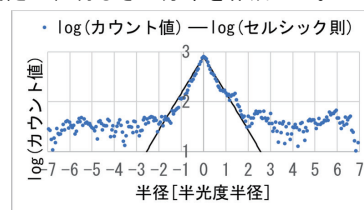


図1. VバンドのM51(円盤銀河)にフィッティングを行った結果

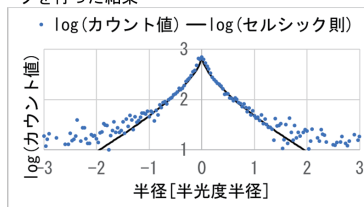


図2. VバンドのNGC2768(楕円銀河)にフィッティングを行った結果

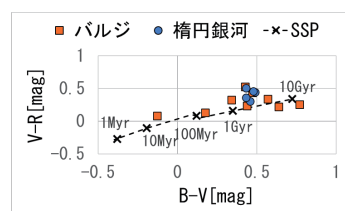


図3. 銀河中心付近の色指数プロット+SSP曲線

可視光輝線による M82 の回転曲線の作成～観測不可能な情報の解明に向けて～
もし天 2023 √KORE :

赤川 優歌 (中等 5) 【兵庫県立芦屋国際中等教育学校】、内田 拓人 (高 1) 【海城高等学校】、
釜石 光理 (高 2) 【盛岡白百合学園高等学校】、長谷川 寿一 (中等 5) 【海陽中等教育学校】

要旨

観測の難しい情報の解明を目指して、H α 輝線(6562.8Å) や[NII] 輝線(6583.5Å)による M82 の回転曲線を作成し、力学質量の分布を求めた。作成した回転曲線から M82 内のダークマターの質量の算出を試みた。

1. 研究の動機

ダークマターやブラックホールなど観測不可能なことについて知りたいときに、観測可能な情報からそのことについてアプローチできれば、今分かっていないことの解明につながるのではないかと考えた。

そこで、天の川銀河の回転曲線から銀河について様々な情報(銀河の力学質量、等)が得られていることに注目して、他の銀河についても回転曲線を作成することでそれぞれの銀河の特徴を解明したいと考えた。

2. 仮説

銀河の回転曲線とは、回転速度を銀河中心からの距離の関数として表したものである。先行研究[1]では銀河の回転速度から求めた銀河の質量(力学質量)と銀河の光度から求めた銀河の質量(星質量)には差があることが分かっている。銀河の力学質量と星質量に差があるのはダークマターがあるからだと考えられている。この説が正しいとすれば、銀河の力学質量と星質量の差を比較することにより観測対象の銀河のダークマターの質量を比較できると考えた。

3. 研究方法

仙台市天文台[2]のひとみ望遠鏡を用いて近傍の円盤銀河の分光観測を行った。銀河内の星形成領域から発される H α 輝線のドップラーシフトによる波長のずれを測定することで銀河の各部分における視線速度を導出した。視線速度の差は銀河の回転運動によるものであると考えられ、銀河の各部分における回転速度が計算できる。そこで、縦軸に回転速度、横軸に銀河の回転中心からの距離をとったグラフを作成した。回転速度から観測した銀河の力学質量の分布を求めた。

4. 観測

仙台市天文台[2]のひとみ望遠鏡(口径 1.3m)を用いて、可視光(6500Å 付近)の分光観測をした。スリット幅が 1.35" で、グレーティングは中分散(R~7008)、低分散(R~1766)を用いた。観測天体は、M31(中分散)、M82(中分散・低分散)、M81(低分散)である。積分時間は表 1 に示した。

表1:観測結果

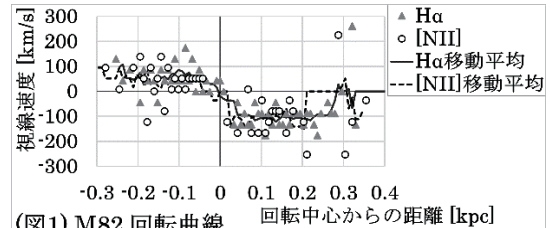
(日時:2023年12月24日 21:00-24:00, 26:30-27:10)

観測天体	分光器	合計積分時間(s)	スリット幅	結果
M31	中分散	720 (180s×4)	1.35"	×(積分時間 短)
M82	中分散	1920 (240s×8)	1.35"	×(積分時間 短)
M82	低分散	720 (240s×3)	1.35"	○(解析で使用)
M81	低分散	240 (240s×1)	1.35"	×(雲通過)

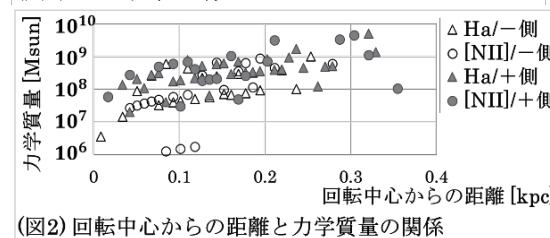
5. 結果

M31(中分散)、M82(中分散)については積分時間が足りず解析に十分な強度の輝線が得られなかった。M81(低分散)については悪天候のため輝線が得られなかった。M82(低分散)では H α 輝線と 2 本の[NII]輝線が得られ、それぞれについて銀河の回転によるものと考えられるドップラー

シフトがみられた。H α 輝線及び[NII]輝線のドップラーシフトから作成した回転曲線を図 1 に示した。さらに、M82 が銀河中心に対して円運動をしていると仮定して、得られた銀河中心からの距離と回転速度から銀河のそれより内側の部分の力学質量を求めた。その結果を図 2 に示した。



(図1) M82 回転曲線



(図2) 回転中心からの距離と力学質量の関係

6. 考察

得られた回転曲線で、速度は銀河中心に対して東側(一側)で正、西側(+側)で負の値をとる傾向にあり、M82 が回転運動をしていることが認められる。これは H α 、[NII]のいずれの輝線から作成した回転曲線についても言える。両者の間でデータの分布に顕著な差が生まれなかったのはどちらの輝線も同じように銀河内の星形成領域から発されるからだと考えられる。なお、H α のほうが[NII]よりも強い輝線であるため、H α から作成した回転曲線のほうがデータ数が多く、[NII]から作成した回転曲線のほうが値の散らばりが目立つ。また、力学質量について、先行研究[3]では銀河の東西で力学質量に有意な差が見られたが、今回は東西で大きな違いは見られなかった。今回観測できたのは銀河の中心部分の領域に限るため、銀河全体の力学質量を導出しダークマターの総量を見積もることはできなかった。

7. 結論

H α 、[NII]を用いた可視光での観測で M82 の回転曲線を作成し、銀河の回転の存在を確認した。位置ごとの回転の速度や力学質量の分布を求めることができた。しかし、観測できた領域が銀河の中心付近のみであったため、今回は銀河全体の力学質量から星質量を差し引きダークマターの質量を求めることはできなかった。

参考文献

[1] 「ミッシングマス」 日本天文学会 天文学辞典 <https://astro-dic.jp/missing-mass-2/> (2024/1/22 閲覧)
[2] 仙台市天文台 <http://www.sendai-astro.jp/laboratory/hitomi.html> (2024/1/19 閲覧)
[3] Greco, J. P., et al., 2012, ApJ, 757, 1 <https://arxiv.org/pdf/1202.0824.pdf> (2024/1/19 閲覧)

渦巻銀河の枝分かれの謎に迫る

もし天 2023 銀河人（ぎやらんちゅ）班：

清水 玲那（高1）【神戸女学院高等学部】、鶴見 優葵（高2）【恵泉女学園高等学校】、西尾 優里（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、平田 拓海（高2）【宮城県仙台第一高等学校】

1. 要旨

私達は渦巻銀河の腕が枝分かれる原因は何なのかを知りたいと考えた。銀河の腕は重力源によって乱れる密度波であることから「渦巻銀河の腕の枝分かれが生じる原因は銀河の衝突である」という仮説を立て、これを調べるには星形成率を調べるのが有効であると考えた。

2. 研究方法

ひとみ望遠鏡のVバンド、Rバンドを用いて、1回3分の露光時間でバンドごとに4回ずつ観測を行う。綺麗に撮れた2枚の画像の1次処理を行いVバンドのデータで腕と枝を定義し、V/Rのデータで値が大きいところ、すなわち星形成率の大きいところを調べる。

3. 観測

観測日時：2023年12月25日 0:00~2:00

観測装置：仙台市天文台ひとみ望遠鏡

観測天体：M51,81,101

使用バンド：Vバンド、Rバンド

4. 結果

腕ごとに各場所のV/Rの値を数値化してグラフにした。

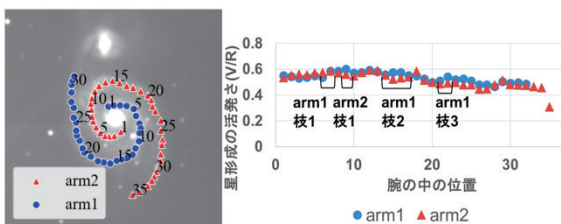


図1. M51の各腕における測光位置と星形成の活発さ

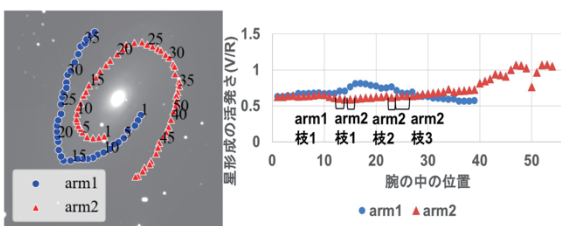


図2. M81の各腕における測光位置と星形成の活発さ

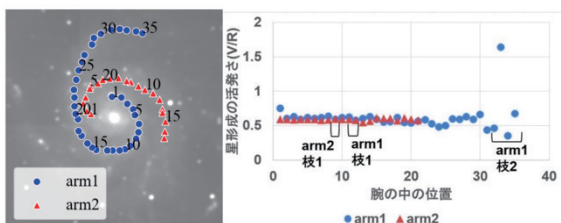


図3. M101の各腕における測光位置と星形成の活発さ

5. 考察

●M51 (図1より)

- ・arm2-35において極端な数値の低下がみられる。

→腕がここを境目に途切れていると考えられる。

- ・arm1、arm2各々において、複数の観測箇所ごとに数値のピークが現れ、周期性があるように見える。

→「枝」の付け根の場所と対応していると考えられる。

●M81 (図2より)

- ・arm1-16ではV/Rの値の増加がみられ、これは枝の付け根の部分と一致している。

- ・腕の先端であるarm2-40においてV/Rの値が著しく増加している。

→この部分はarm1と比べて腕の末端が広がっているため、「枝」が多く存在していると考えられる。

- ・同じ銀河内で、arm2-20周辺は枝が多く存在しているがV/Rの値に大きな増加は見られない。

●M101 (図3より)

- ・他の銀河と比べてV/Rの値は比較的なだらかに推移している。

→M101には枝が多くあり、随所で星形成が行われているからだと考えられる。

これらを踏まえて次の2つの仮説を考えた。

①銀河自体の運動など銀河衝突以外の理由でも星形成が起こっている場合

M81におけるarm2-50など、枝の位置に対応してないがV/Rの値が大きくなっている部分は銀河衝突以外の要因により星形成が起こっているのではないか。

②銀河衝突のみにより星形成が起こっている場合

M81におけるarm2-50では、銀河が正面衝突したことによって一部分のみのV/Rの値が大きくなっている。またM51、M101では銀河同士が横から衝突したことにより銀河全体で密度波に乱れが生じ、腕の中での変化が比較的平坦になった。

6. 結論

枝の位置と星形成の活発さを表す値に一部相関が見られたことから、渦巻銀河の腕の枝分かれが生じる原因の一つとして銀河の衝突が考えられる。また、課題点としては星形成をしていることが銀河衝突と結びつけられるのか（必要十分性が言えない）が挙げられる。

7. 参考文献

[1] 谷口義明、岡村定矩、祖父江義明編、現代の天文学シリーズ4「銀河」I 日本評論社、2007

[2] 祖父江義明、有本信雄、家正則編、現代の天文学シリーズ5「銀河」II 日本評論社、2007

[3] 日本天文学会編、天文学辞典 <https://astro-dic.jp/> 2023年12月22日~28日閲覧

[4] 中西昭雄編、メシエ天体&NGC天体ビジュアルガイド [5] NASA

<https://www.spitzer.caltech.edu/image/ssc2003-06c1-spiral-galaxy-messier-81> 2024年1月17日閲覧

[6] AstroArts

<https://www.astroarts.co.jp/news/2001/03/12hst-m82/index-j.shtml> 2024年1月19日閲覧

z~5 のクェーサーと周辺銀河の解析

巢鴨中学校地学班：青山 暁信（中3）、峯 輔孝（中2）、武藤 碧（中1）【巢鴨中学校】

概要

クェーサーとは遠方宇宙に位置する、非常に放射の強い活動銀河核である。クェーサーはその強い紫外放射によってダークマターハロー中のガスを温めることで半径 100 万光年にも及ぶ周囲の領域で銀河の形成を阻害する「光蒸発効果」を持つと考えられており、シミュレーションでは質量の小さな銀河ほどその影響を強く受けると考えられている。我々は z~5 のクェーサーとその周辺銀河で光蒸発効果について調べた。

1.方法

我々はオンラインデータベース NED(2)から z~5 のクェーサーのリストを入手し、クェーサーから一定の距離の銀河のデータを SIMBAD(3)から得て、z~5 での光蒸発効果の影響を調査した。具体的な手順としては、NED のデータからクェーサー周辺の銀河の個数密度を計算したのちにクェーサーからの距離ごとに個数密度のプロファイルを作成した。

2.結果

クェーサー周辺の領域での銀河の個数密度をクェーサーからの距離ごとに表を作ったものが下の表 1 である。表より、クェーサーに近いほど銀河の個数密度は小さくなることがわかる。

3.考察

クェーサーの影響を受けていると考えられる領域で銀河の個数密度が小さかったことより、z=5 付近においては光蒸発効果を確認することができた。また、クェーサーからの距離が近いほど個数密度が小さくなっているため放射を強く受けるほど光蒸発効果の影響は大きくなると考えられる。ただし、今回の研究ではそれぞれのクェーサーの紫外放射フラックスの値と周辺銀河の個数密度に強い相関関係が見られなかった。これはサンプル数が不足していること、クェーサーのフラックスの値同士にあまり差がなかったためだと思われる。

4.総括

今回の研究の結果、z~5 では光蒸発効果を確認することができた。また、クェーサーに近ければ近いほど個数密度が小さくなることも分かったがクェーサーの紫外放射が強いほど個数密度が小さくなるかどうかは明確な答えを得られなかった。

5.今後の展望

この研究でのサンプルは統計的な結果を出すのにあまり十分でない数であった。また、先行研究と結果にずれが生じたのはサンプル数が足りなかったことや我々が行った手法との違いなど様々な理由が考えられる。先行研究(1)では、z~4 において光蒸発効果を確認することができていたため、先行研究と同じような手順を踏めば望んだような結果を得られたかもしれない。様々な赤方偏移で多くのクェーサー及びその周辺銀河について研究することで光蒸発効果に対する理解を深めることができるだろう。

6.参考文献

- (1)内山久和 クェーサーと銀河の共進化史の探求
https://asj.or.jp/jp/activities/geppou/item/113-8_478.pdf
- (2)NED
<https://ned.ipac.caltech.edu>
 最終アクセス 2023年1月19日
- (3)SIMBAD
<https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/>
 最終アクセス 2023年1月19日

半径(arcmin)	クェーサー1	クェーサー2	クェーサー3	クェーサー4	クェーサー5
1arcmin	0	0	0	0	0
2arcmin	0.5	0.75	0.25	0	0
3arcmin	0.66	0.56	0.11	0	0
4arcmin	1	0.625	0.19	0.19	0.19
5arcmin	1.1	0.8	0.12	0.36	0.48

「衝突を利用してスペースデブリを除去する衛星」の提案

理数科学宙班：石山 元喜、島貫 統、松岡 俊治、満澤 源之介（高2）【愛知県立瑞陵高等学校】

要旨

本研究では、地球周回軌道上のスペースデブリ（以下：デブリ）を除去する衛星を検討した。衛星をデブリに衝突させて、大気圏に落下・燃焼させることで除去する。繰り返し使用可能で、長期的な運用ができる「衝突によりデブリを地球に落下させる衛星」（以下：Cushion）を提案する。

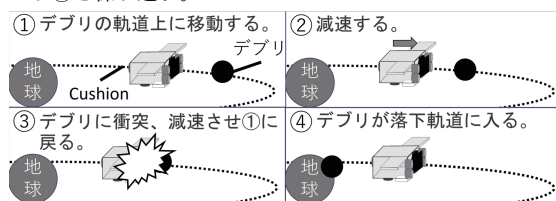
1. 背景・目的

宇宙開発において、宇宙機にデブリが衝突し、宇宙機が故障することが問題になっている。10~100mmの小型のデブリであっても宇宙システム・宇宙環境に大きな被害を出す恐れがあり、これらの除去が必要である。また、小型のデブリは50~70万個ある。そのため、本研究では、小型のデブリの除去を繰り返し行うことができ、長期的に運用できるCushionを提案することを目的とした。

2. 方法

2.1 概要

Cushionが除去するデブリは10~100mmのものとする。Cushionによるデブリの除去を発見・追跡・除去の三段階に分ける。発見とは、対象のデブリの軌道、速度と質量を調べることである。追跡とは、発見したデブリの軌道にCushionを乗せることである。今回考察した除去については、図1のように行う。十分に減速させるため、①から③を繰り返す。



(図1)デブリ除去の四段階のフェーズ

2.2 基本構成

I) 構成

Cushionは図2の部分を用意する。本研究では除去に関する衝突部について検討する。

- ・衝突部……A
- ・推進部……B
- ・位置制御部……C
- ・測定部……D
- ・減速部……E

質量：約500kg

注1：衝突後の

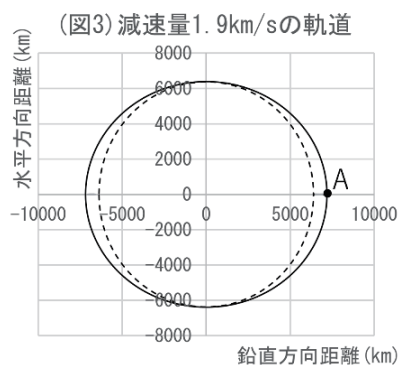
Cushionの姿勢が変わらないようAの中心とCushionの重心を結ぶ線分が進行する軌道と平行になるようにする。

注2：Cは減速時にCushionが軌道を外れないよう鉛直方向上向きに力を加えるものである。

II) 衝突部の構造

緩衝部と直接衝突部に分けられる。緩衝部は車のエアバックのようなもので衝突時の衝撃を吸収する。直接衝突部は強度の高いAl-Zn-Mg系合金を用いる。

3. 議論



衝突前後のデブリの軌道の変化は、二体問題の運動方程式を利用した軌道方程式を用いて計算した。減速する速度（以下：減速量）を変化させ、衝突後の

軌道を求め、デブリを地球に落下させるために必要な減速量を調べる。同じデブリに繰り返し衝突することで、衝突部の負担をできる限り少なくする。また、同じデブリを落下させる際、繰り返し衝突では、実際にデブリの高度が800km、質量が1kgの場合で計算をする。点線が地球、点Aが接触地点、実線が地球を質点としたデブリの軌道である。(図3)は減速量1.9km/sの場合である。これより高度800kmの時に必要な減速量は1.9km/sであることが分かる。実際には一度に減速させることは難しいので繰り返し衝突をして、徐々に軌道を変化させる。

4. まとめ

本研究では、繰り返し使用可能で、長期的に小型のデブリを除去できるCushionを提案した。またCushionについて衝突後のデブリを地球に落下させるのに必要な減速量を考察し、衝突後のデブリの軌道を求めた。引き続き、発見・追跡・除去の各段階についても検討を進めたい。

5. 参考文献

*スペースデブリ発生防止標準

<https://sma.jaxa.jp/TechDoc/Docs/JAXA-JMR-003E.pdf>(2024/01/21閲覧)

*合金の種類と調質 アルミニウム材料の諸特性データベース | 一般社団法人 日本アルミニウム協会 |

<https://www.aluminum.or.jp/materialdb/1.html>(2024/01/21閲覧)

自然濾過実験～結果と考察～

金井 美樹、窪山 日和、内山 大地、山田 彩乃、太田 瑠奈、田口 秀夫、藤川 風砂、早川 日奈子、宇津木 佳歩（高1）【星野高等学校】

要旨

家庭で用意できるものを使い、高校までの知識だけでどれほど綺麗に濾過できるか調べる。ペットボトルの濾過装置を2種類作り、汚水を作る時に使った水と濾過水の3種類の水質を調査した。

目的

近年、宇宙開発が進み火星などの地球以外の惑星の土の成分などが分かるようになってきた。火星に似せた土でミミズの繁殖に成功した事例もある為、自然の場合どんな色や成分が残るのか気になり比較実験をして、調べるのが目的である。

方法

- ・濾過装置の作り方

ペットボトルの蓋の方から3分の2に切った2リットルペットボトルを使用し、飲み口に30cm×1mのガーゼを半分に切って折りたたみ、輪ゴムで固定する。中に7.5cm×14.5cmのカット綿1枚を丸めて飲み口に押し込む。そして中に4～6枚のカット綿を半分に切って濡らして入れる。（図1）

- ・（3層の場合）

20～13mm程度の礫600gを5回程洗い、粗粒な砂600gを10～13回程洗い、細粒な砂700gを10回程洗った。それを細粒な砂、粗粒な砂、礫の順番に硬いもので押し付けながら入れる。（図2）

- ・（6層の場合）

20～13mm程度の礫300gを5回程洗い、粗粒な砂300gを10～13回程洗い、細粒な砂350gを10回程洗った。それを細粒な砂、粗粒な砂、礫の順番に硬いもので押し付けながら入れる。（図3）

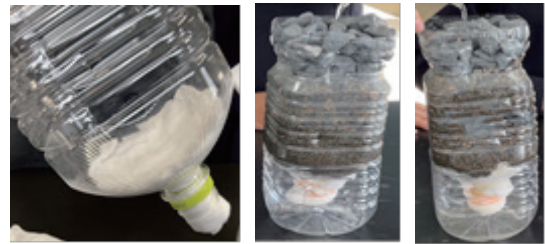


図1

図2

図3

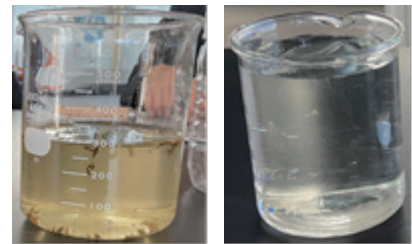


図4

図5

実験

2リットルペットボトルに砂を3分の1くらい入れて水道水を上まで入れて振って泥水を作る。（図4）それを濾過装置に流し込み濾過する。濾過したものを観察する。（図5）

結果

A→水道水(汚水を作るときに使った水)	採取時間	2024/1/9	14:42
B→3層の濾過装置で濾過した濾過水	採取時間	2024/1/9	15:00
C→6層の濾過装置で濾過した濾過水	採取時間	2024/1/9	15:55

表1 水質調査結果

計量対象項目	判定 (合否あり)	A	B	C
大腸菌	不検出 (合)	不検出 (合)	不検出 (合)	不検出 (合)
pH値	7.4 (合)	8.0 (合)	8.0 (合)	8.0 (合)
濁度	1.5未満 (合)	1.0 (合)	1.0 (合)	1.8 (合)
臭気	無臭 (合)	微土臭 (否)	微土臭 (否)	微カビ臭 (否)
外観 (色調)	無色 (合)	微濁 (否)	微濁 (否)	微濁 (否)

参考) 合格判定基準

pH値	5.8～8.6
濁度	2以下

考察

表1の水質調査の結果では、6層の濾過装置と3層の濾過装置で行い、6層の方がより濾過することができた。このことから考えると、濾過装置は層を多くし隙間なく敷き詰めることでより綺麗に濾過できると予想することができる。そのため今回の結果よりさらに綺麗に濾過する場合、装置のサイズを大きくし層を増やす必要があると考えられ、改良が必要である。

太陽フレア発生に伴う渡り鳥の分布変化

科学部 太陽フレアと生物班：
後藤 愛由、福山 彪賀（高2）【宮崎県立宮崎北高等学校】

要旨

我々は太陽フレアが発生すると渡り鳥が道に迷うという仮説をたてた。それをもとに太陽フレアの発生データと渡り鳥の飛来地点のデータの比較を行った。太陽フレアが発生すると渡り鳥であるヨーロッパコマドリは高緯度への分布が小さくなることが分かった。

1. 目的

現在、渡り鳥が行動するにあたって地球の磁場をもとに移動しているとも考えられている。また、太陽黒点が増えると太陽フレアも増加し磁気擾乱が起こる。我々は本当に地球の磁場をもとに渡り鳥が行動しているのかどうかを、太陽黒点という新たな視点から解き明かしたいと考え研究を始めた。

2. 太陽フレアと地球磁場の関係について

太陽フレアは爆発に伴い電磁波や大量の高エネルギー荷電粒子を放出する。太陽フレアの規模が大きいと高エネルギー粒子や太陽フレアによって発生した陽子が地球磁気圏に入り込む。すると、地球の磁場が乱れる現象である磁気擾乱現象が起こる。

3. 渡り鳥について

渡り鳥は地球の磁場を頼りに飛来する個体もいると言われている。渡り鳥であるヨーロッパコマドリは目の網膜にクリプトクロム4という青色受容体のタンパク質を持っている。このクリプトクロム4でヨーロッパコマドリは磁気を感じると言われている。

4. 研究方法

磁気擾乱のデータ

気象庁地磁気観測所の磁気擾乱のデータを引用した。このデータは2000年から2023年7月までの磁気擾乱の年月日、K指数、地磁気活動度、発生した地磁気現象、国際静穏日、国際擾乱日、のデータがある。

渡り鳥の飛来データ

今回はヨーロッパコマドリを対象とする。ヨーロッパコマドリのデータは海外の鳥の音声データを集めている。xeno-cantoへメールを送り、使用許可を頂いた。これは、1987年から2023年7月間の飛来した年月日、緯度、経度の4890件数分のデータである。これをスクレイピングアプリであるoctoparseを使用して入手する。

これらのデータをもとに「擾乱があるとき」と「擾乱がないとき」に分け、変化がないかを調べる。

Excelでもともと別々であった磁気擾乱のデータとヨーロッパコマドリの飛来地のデータを一つにする。このデータを使用し緯度と経度で地磁気活動度が静穏な時と活発な時の散布図を作り比較する。標本数が異なるため誤差の有無についてt検定を行い確認する。

5. 結果

磁気擾乱があるときはないときに比べ、渡り鳥の高緯度への分布が小さい(図1、2)。検定結果 $0.05 > 0.03858...$ より擾乱があるときはないときに比べて高緯度に飛来するヨーロッパコマドリの数が少ないといえる。

6. 考察

磁気擾乱現象は極地の方が影響は大きく、極地に飛来する数が減っているのではないかと考えた。また検定結果より誤差ではなく、擾乱ありのときは擾乱なしのときに比べて緯度に注目したときの分布が低緯度に集まっているといえる。そのため磁気擾乱の影響がより顕著に表れる極地を避け高緯度に飛来しなくなるのではないだろうか。

よって太陽黒点が増加すると渡り鳥が迷うといえる。

7. 参考文献

〔1〕 気象庁 地磁気観測所 磁気嵐の基礎知識

https://www.kakioka-jma.go.jp/knowledge/mstorm_bg.html

〔2〕 広島大学 ラジカル機構対について

<https://home.hiroshima-u.ac.jp/yt1112/styled/files/13110ff14-306f305730993081306b.pdf>

〔3〕 Bird Life International

<https://www.birdlife.org/>

〔4〕 山階鳥類研究所

https://www.yamashina.or.jp/hp/ashiwa/ashiwa_index.html

〔5〕 xeno-canto

<https://xeno-canto.org/species/Erithacus-rubecula>

〔6〕 気象庁地磁気観測所

https://www.kakioka-jma.go.jp/obsdata/overview/overview_month.php?year=2023&month=8

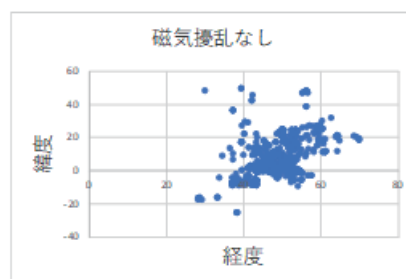


図1 磁気擾乱がない時の渡り鳥の分布

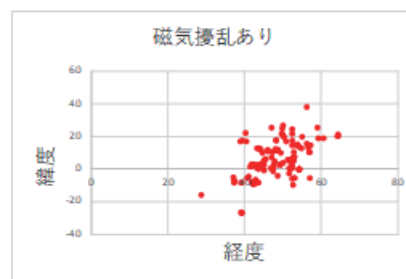


図2 磁気擾乱があるときの渡り鳥の分布

太陽活動とプレートテクトニクスの関係性

物理部天文班：

伊藤 真生、佐藤 睦、竹山 愛理（高2）【東北学院榴ヶ岡高等学校】

1. 研究背景

東北地方太平洋沖地震という悲劇を繰り返さないために、我々は地震予測という観点から防災・減災に取り組むべく研究を行った。3.11の太陽活動が活発であったこと、以前から囁かれていた太陽活動が地震を誘発するという説に興味を持ち、太陽活動とプレートテクトニクスの関連性を調べた。

2. 定義

この論文を読み進めるにあたって、定義づけが必要であると判断された語や使用するデータなどを明確に記す。

- ・今回扱う地震のデータは、特別な表記がない限り気象庁マグニチュードを使用する。
- ・太陽活動が活発というのは、フレアやプロトン現象など太陽活動自体が盛んであるという意味のほか、ここでは太陽が地球の地磁気に与える影響が大きい場合(コロナホールなど)にも用いる。
- ・時間は特別な記載がない限り UT を採用する。

3. 過去の巨大地震と太陽活動

はじめに、2010年以降に発生した巨大地震と当時の太陽活動を照合した。

・東北地方太平洋沖地震 M_J9.0(2011.3.11)

この地震が起きる数日前から太陽活動は活発であった。3月1日にはコロナホールの影響でSG型地磁気嵐が発生し、静止軌道付近の2MeV以上高エネルギー電子フラックスが10000[個/cm²/sec/sr]を超えた。3月7日にはM_{3.7}のLDEフレアが発生し、それに伴って静止軌道付近の10MeV以上のプロトン粒子フラックスが増加を始め、8日2時頃に約30PFUまで増加している。また同日8日1時にはプロトン現象が発生し、8時頃に最大約50PFUにまで達している。9日23時にはX_{1.5}フレアも発生していた。

・令和6年能登半島地震 M_{7.6}(2024.01.01)

12月31日に、光学重要度は3Bに達するX_{5.0}の太陽フレアが起こった。X₅以上の太陽フレアが発生するのは2017年以来であり、また此度のフレアは太陽活動第25周期が開始してから最大規模のフレアとなっている。その後もMクラスフレアが複数発生しており、この時点で太陽活動は十分に活発だと考えられるが、それに追加される形でプロトン現象も発生した。少し期間は空いてしまうが、2023年12月25日にM_{1.1}のフレアも発生しており、太陽活動は活発、或いはやや活発な状態が継続していたといえる。

4. 2023年の地震と太陽活動

・2023年1月から12月までに起きた地震回数と太陽活動の関係性を可視化するために、地震回数の合計の中央値とプロトン現象の図1を作成した。いずれもこれは月ごとのデータである。だが、この図1だけでは関係性をうまく示すことができなかった。

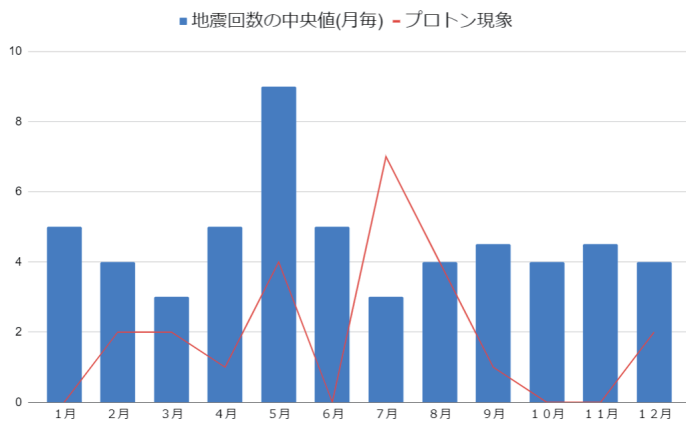


図1 地震回数の中央値とプロトン現象

5. 今後の展望

此度の研究では太陽活動がどのようにして地震に影響するのか突き止めることができていないため、詳細に調べたい。

6. 参考・引用文献・データ元

国立研究開発法人情報通信研究機構『宇宙天気予報』<https://swc.nict.go.jp/>
Yahoo!『地震情報』<https://typhoon.yahoo.co.jp/weather/jp/earthquake/list/>

The study of factors affecting the occurrence of light pollution that comes from the park.
 Ms. Sunisa Manocharoen (Grade 12), Mr. Jirayu kitniyom (Grade 12)
 [Piboonbumpen Demonstration School Burapha University, Chonburi Province, Thailand]

Abstract

This project aims to study the shapes of lamps that maximize reflection and determine the road surfaces that most effectively reduce light pollution. Conclusion is a rectangular pyramids base reflects light onto the ground most effectively. Additionally and black-tinted concrete demonstrated the highest reduction in light reflection from the lamp to the sky.

Research background

Light pollution is the light that arises from human activities during the night, encompassing the pollution resulting from the excessive use of light. This includes the inappropriate design and installation of electric bulbs or lamps, leading to adverse effects on both humans and the environment.

In Currently, light pollution is consistently on the rise, primarily due to urban expansion. This trend has significantly impacted astronomical observations, making them increasingly challenging. Additionally, nighttime light interference also disrupts the lives of wildlife.

Our team is interested in studying the factors influencing the occurrence of light pollution originating from public parks. Our team plan to conduct experiments comparing various shapes of light fixtures to identify the shape that can most effectively reduce light pollution. Additionally, they aim to compare the reflection characteristics of different road surfaces, such as asphalt and concrete, to find the road surface that minimizes light pollution most effectively.

Method

1. Study and gather information regarding the regulations for installing lights in public parks.
2. Design and cut plastic boards according to the shapes of the light fixtures. As shown in Fig 1.
3. Apply foil to the inner surface of the light fixtures.
4. Test the light reflection of each shape of the fixtures to find the most efficient design in terms of energy conservation and brightness enhancement for public parks. Install the fixtures at a height of 2 meters and measure the brightness on the ground at points corresponding to the center of the light bulb, on the road surface directly under the light, and on the road surface at distances of 1, 2, 3, and 4 meters away from the pole in a horizontal direction. Measure the brightness using a lux meter, As shown in Fig 2.
5. Once you have the best shape for the lamp, for the fixtures is determined, proceed to conduct experiments to test the reflection on road surfaces, including asphalt and concrete. Measure the brightness values reflected upward. As shown in Fig 3.



Fig 1 : shows the shape of the lamp in various forms

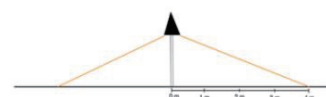


Fig 2 : shows the distance for measuring the reflection of each shape of lamp

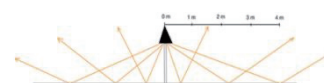


Fig 3 : shows the measurement range for reflectivity of various types of road surfaces

Result

SHAPE	MEASUREMENT PLANE DIRECTION	BRIGHTNESS AT DISTANCES ALONG THE HORIZONTAL PLANE FROM THE LIGHT FIXTURE POSITION (LUX)				
		0 m	1 m	2 m	3 m	4 m
SQUARE BASE PYRAMID	RIGHT	61.90	40.10	13.85	3.15	0.42
	45°	61.20	42.40	15.69	4.63	1.16
	LEFT	60.70	43.40	17.45	4.62	1.07
SEMI - CIRCULAR SHAPES	RIGHT	22.35	19.07	9.25	3.32	1.50
	45°	21.90	19.85	10.48	3.70	1.84
	LEFT	22.79	18.41	8.37	3.08	1.67
GYROELONGATED PENTAGONAL PYRAMID	RIGHT	25.33	29.28	10.60	3.51	1.53
	45°	24.16	24.61	7.49	3.03	1.59
	LEFT	24.16	23.15	6.72	1.07	1.42
RECTANGULAR PRISMS	RIGHT	23.64	20.76	10.84	4.42	2.13
	45°	22.57	19.87	9.07	4.23	2.08
	LEFT	22.97	17.58	6.91	3.16	1.72

Table 1 Shows the results of the experiment on the reflection of surfaces inside the light fixture.

TYPE OF ROAD SURFACE	EP.	BRIGHTNESS AT THE DISTANCE IN THE HORIZONTAL PLANE FROM THE POSITION OF STREETLIGHT (LUX)					AVERAGE
		0 m	1 m	2 m	3 m	4 m	
ASPHALT ROAD	1	13.90	4.58	2.54	1.40	0.50	3.84
	2	8.83	4.20	2.72	1.31	0.99	
	3	7.34	4.31	2.76	1.64	0.59	
CONCRETE ROAD	1	12.00	6.93	5.27	2.52	1.14	5.87
	2	13.30	7.29	4.82	2.85	1.51	
	3	13.80	7.33	4.78	2.95	1.55	
CONCRETE ROAD PAINTED BLACK	1	7.43	2.80	1.61	0.82	0.56	3.22
	2	11.20	2.09	1.06	0.42	0.41	
	3	10.9	6.07	1.67	0.81	0.39	

Table 2 presents the results of the experiment on the reflection of each type of road

Results and Discussion

Conclusion From the experimental study to find the most efficient shape of light fixtures that can help reduce light pollution, it was found that the most efficient light fixture is the pyramid-shaped one with a rectangular base. (From the results in Table 1.) This fixture provides better brightness values and minimizes light reflection the most. This is due to the extensive light dispersion of this pyramid-shaped fixture, which results from the lower internal reflection angles compared to other shapes. When light is directed downward onto the ground, it yields the highest brightness values

From the experiments, it was found that the type of road surface with the least amount of light pollution from the ground to the sky is Black-topped colored concrete. This type of road surface showed the least brightness in terms of reflection. (From the results in Table 2.) As for the concrete road surface, it has a smoother texture compared to asphalt and is white, resulting in more light reflection. This led to a higher level of light reflection compared to black-topped concrete. In the case of the asphalt surface, it exhibited a higher level of light pollution, especially when it had a similar black color to Black-colored concrete. Consequently, this results in a higher rate of Light pollution compared to the black-topped colored concrete road. Black-colored concrete is not harmful to Light pollution.

Summary

The results from the experiment indicate that a square base pyramid shape can achieve the maximum ground reflection of light. Additionally, it was found that roads made of black-tinted concrete can minimize the rate of reflection of light from overhead lamps to the greatest extent.

Reference

- [RICHEST]. <https://www.เทคโนโลยี.net> [Installation of street light poles and public street lamps] (10/4/2023)
- [Carolyn Collins Petersen]. <https://www.darksky.org/light-pollution/> [Light pollution] (16/5/2023)
- [TONANASIA]. <https://www.tonanasia.com/บทความ-การวัดความเข้มของแสง/> [Light Intensity] (21/5/2023)

The study of factors causing inaccuracies in determining the size of the Earth using lunar eclipse photograph

Ms. Kansiree Singnate (Grade 11), Ms.Panida Innaul (Grade 11)
 [Thoenwittaya School, Lampang province, Thailand]

Abstract

This study aims to calculate the Earth's size through lunar eclipse photographs and explores factors contributing to inaccuracies in calculation. We collected lunar eclipse photographs with various sizes of dark shadow on the moon and clear shadow edges. Then, we found the center of the circle of the Earth's shadow in order to calculate the shadow's radius, employing trigonometry and similar triangles. We found that there are some factors affecting the result accuracy, including differences of the Earth's shadow size and position, and the variations in shadow intensity and color.

Objective

- 1) To calculate the Earth's radius from lunar eclipse photographs
- 2) To investigate the factors causing the result's inaccuracy with this method

Method

- 1) Capture lunar eclipse photos through a telescope with a digital camera, set the real local time at the shooting location. Capture photos that clearly show the Earth's shadow.
- 2) Select one lunar eclipse photo that clearly shows the Earth's shadow.
- 3) Open the selected photo in Adobe Photoshop and convert the image into grayscale black and white.
- 4) Assume that the Earth's shadow is a perfect circle. Then find the center of the Earth's shadow by drawing chords overlapping the Earth's shadow in at least 3 lines. Then draw perpendicular lines at the midpoints of each chord. According to perpendicular line drawing will pass through the center of a circle. Meaning that the intersection of these lines is the center of the Earth's shadow as shown in Fig 1.

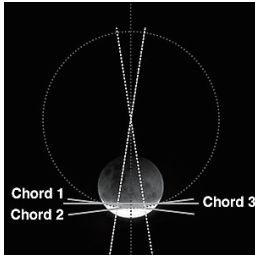


Fig. 1 : shows 2 perpendicular lines drawn from 2 chords at the bottom.

- 5) Define the edge of the shadow in order to make a circle with respect to the center from the previous step. As the darkest border has color codes ranging between d-c (as show in Table 1). So the first circle, as the reference circle, is created along this border.

#f1f1f1	#e3e3e3	#d2d2d2	#c0c0c0	#b1b1b1
#f8f8f8	#e3e3e3	#d9d9d9	#c4c4c5	#b8b8b8

Table 1 : shows some examples of the color codes which the first letters of each code are used to define the edge of the shadow.

- 6) Then create 4 additional circles that have the same center as step 5. Specify the size of the newly created

circles to have diameters greater and smaller than the size of the reference circle from the previous step. Approximately 10 pixels (Px), with the edge of each circle matching in the color code range b-a, c-b, e-d, and f-e respectively. So we get 5 circles with slightly different sizes since the color codes vary.

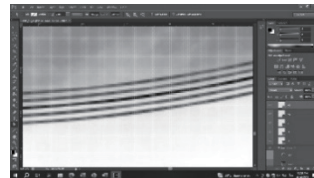


Fig. 2 : shows 5 circles created a long shadow border.

b - a
c - b
d - c
e - d
f - e

Table 2 : Show the color code ranging in each circle.

- 7) As each circle represents the whole shape of the Earth's shadow. So get the diameter values from the circles as in pixel units, so we get the radii of the Earth's shadow (r).
- 8) Use r to calculate the actual radius of the Earth (R) from the following equation.

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{R}{d+L} = \frac{r}{L}$$

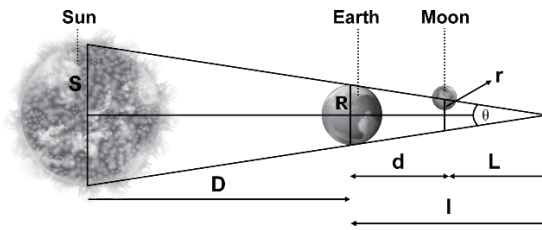


Fig. 3 : shows a diagram of a lunar eclipse.

- 9) Analyze the data statistically and summarize the results regarding the factors causing deviations in this method.

Conclusion

The calculation of the Earth's size from the lunar eclipse by using the similar triangle method and trigonometry can provide a result that is accurate and close to the actual size of the Earth. The average value of the Earth's radius obtained from this method is 6,328 kilometers which is 0.67% different from the Earth's actual radius. This study has found factors that may contribute to inaccuracies, including the selection of photographs with various sizes of umbra shadows. In addition, the intensity and blurriness of the shadow slightly impact the results. Meanwhile, determining the center of the Earth's shadow is a factor that has the most significant impact on the inaccuracies.

Reference

National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT) (Public Organization). (2020). Full Moon Eclipse Phenomenon. Chiang Mai: National Astronomical Research Institute. Retrieved from <https://www.narit.or.th/>

The Study of the distance from the Earth to the Sun, and the Earth's Orbit around the Sun through Analyzing Photographic Images.

Miss Phawinee Thawiphan (Grade 11) Miss Prita Phudwongjit (Grade 11)
[Suwannakhupittayasan School, Nongbualumphu province, Thailand]

Abstract

The study of this project aims to find the distance from the Earth to the Sun and examine the orbital eccentricity of the Earth around the Sun. The investigation was conducted on the days of Aphelion and Perihelion from the Time and Date website (*1). The plan involved photographing the Sun from July 4, 2022, to May 10, 2023, using a camera with a 10-inch Dobsonian telescope. A total of 56 solar images were covered, capturing reference star images for angular distance comparisons using Stellarium Program. We used 56 solar images to measure for size using Adobe Photoshop, calculating the angular diameter by comparing with the angular distance of the reference star. The distance from the Earth to the Sun on different days and times was calculated. The study revealed that the maximum distance from the Earth to the Sun was 1.553×10^8 kilometers, the minimum distance was 1.498×10^8 kilometers, and the Earth's orbit around the Sun is elliptical with an eccentricity of 0.0181, showing a deviation of 8.38 percent.

Introduction

The Earth is a satellite of the Sun, and its orbit around the Sun forms an ellipse. The Earth has an average distance of 149.6 million kilometers from the Sun. The closest point to the Sun is called Perihelion, and the farthest point is called Aphelion. Due to the elliptical orbit, the apparent size of the Sun varies each day. This phenomenon inspired the researchers' interest in studying the eccentricity of the Earth's orbit around the Sun and the distance from the Earth to the Sun based on photographs of the Sun.

Method

Data Collection

1) The researcher searched for the dates and times of the Sun's closest position to the Earth (Perihelion) and the farthest position from the Earth (Aphelion) to plan the photography schedule, using the Time and Date website, 2) Captured images of the Sun from July 4, 2022, to May 10, 2023, with significant dates being July 4, 2022 (Aphelion) and January 4, 2023 (Perihelion,) and 3) Photographed reference stars.

Data Analysis

In the study, we conducted the following procedures: 1) Measured the angular distance of reference stars with Stellarium. 2) Determined the angular distance of reference stars from photographs using Adobe Photoshop. 3) Measured the Sun's size from photographs with Adobe Photoshop as Figure 1. 4) Calculated the angular diameter of the Sun, reference stars, and Earth-to-Sun distance. 5) Computed Earth-to-Sun distances on various days and times using the formula $\tan(\theta/2) = (D/2) / R$ (where θ = apparent angular diameter of the Sun, D = Sun's center diameter - 1.391×10^6 km, R = distance from the Earth to the Sun). 6) Calculated Earth's orbit eccentricity using $\text{eccentricity} = (R_{\max} - R_{\min}) / (R_{\max} + R_{\min})$ (where R_{\max} = maximum Earth-to-Sun distance, R_{\min} = minimum Earth-to-Sun distance).

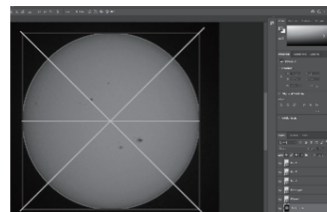


Figure 1: Measuring the Sun's size

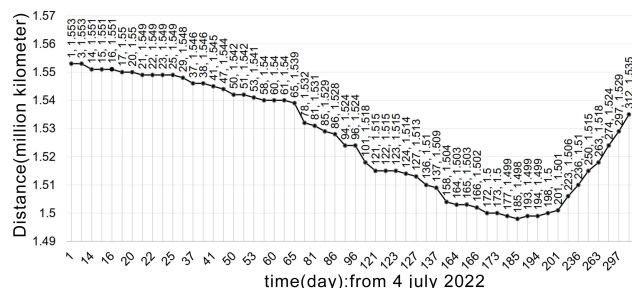


Figure 2: Graph of the distances from the Earth to the Sun related to time

Conclusion

From Figure 2 and Table 1, studying the eccentricity of Earth's orbit around the Sun and the distance from the Earth to the Sun, it is observed that the Earth's orbit forms an elliptical shape. The farthest Earth-to-Sun distance occurs at Perihelion on July 4, 2022, measuring 1.553×10^8 kilometers. The closest distance, at Aphelion on January 4, 2023, is 1.498×10^8 kilometers. The eccentricity of Earth's orbit around the Sun is calculated as 0.0181, resulting in a deviation of 8.38 percent.

Table 1: The Sun's angular diameter and Distance between the Earth and the Sun

day	Date_Time	Hours since 04/07/22_00:00	Sun's angular diameter	Distance between the Earth and the Sun: km	day	Date_Time	Hours since 04/07/22_00:00	Sun's angular diameter	Distance between the Earth and the Sun: km	day	Date_Time	Hours since 04/07/22_00:00	Sun's angular diameter	Distance between the Earth and the Sun: km				
1	04/07/22_12:24	12	0.5132	1.553×10^8	41	13/08/22_15:13	975	0.5158	1.545×10^8	96	07/10/22_14:48	2295	0.5231	1.524×10^8				
3	06/07/22_12:15	60	0.5132	1.553×10^8	47	19/08/22_13:29	1117	0.5163	1.544×10^8	101	12/10/22_12:23	2412	0.5249	1.518×10^8				
14	17/07/22_11:52	324	0.5140	1.551×10^8	50	22/08/22_15:49	1192	0.5168	1.542×10^8	121	01/11/22_12:49	2893	0.5262	1.515×10^8				
15	18/07/22_15:22	351	0.5140	1.551×10^8	51	23/08/22_11:28	1211	0.5168	1.542×10^8	122	02/11/22_15:42	2920	0.5262	1.515×10^8				
16	19/07/22_15:49	376	0.5140	1.551×10^8	53	27/08/22_14:44	1311	0.5171	1.541×10^8	123	03/11/22_15:15	2943	0.5262	1.515×10^8				
17	20/07/22_15:27	399	0.5142	1.550×10^8	58	30/08/22_11:58	1380	0.5175	1.540×10^8	124	04/11/22_15:47	2968	0.5264	1.514×10^8				
20	23/07/22_16:50	473	0.5143	1.550×10^8	60	01/09/22_15:07	1431	0.5176	1.540×10^8	127	07/11/22_16:20	3040	0.5267	1.513×10^8				
21	24/07/22_16:02	496	0.5145	1.549×10^8	61	02/09/22_16:08	1456	0.5176	1.540×10^8	136	16/11/22_15:16	3255	0.5281	1.510×10^8				
22	25/07/22_15:40	520	0.5145	1.549×10^8	65	06/09/22_12:27	1548	0.5180	1.539×10^8	137	17/11/22_15:42	3280	0.5282	1.509×10^8				
23	26/07/22_15:47	544	0.5145	1.549×10^8	78	19/09/22_15:09	1983	0.5201	1.532×10^8	158	08/12/22_15:31	3784	0.5299	1.504×10^8				
25	28/07/22_15:36	592	0.5146	1.549×10^8	81	22/09/22_15:07	1935	0.5204	1.531×10^8	164	14/12/22_15:33	3928	0.5303	1.503×10^8				
29	01/08/22_17:06	689	0.5150	1.548×10^8	85	26/09/22_15:11	2031	0.5214	1.529×10^8	165	15/12/22_15:23	3951	0.5304	1.503×10^8				
37	09/08/22_15:38	880	0.5155	1.546×10^8	86	27/09/22_12:34	2053	0.5216	1.528×10^8	166	16/12/22_15:29	3975	0.5307	1.502×10^8				
38	10/08/22_15:07	903	0.5155	1.546×10^8	94	05/10/22_15:20	2247	0.5229	1.524×10^8	172	22/12/22_15:06	4119	0.5312	1.500×10^8				
														312	10/05/23_12:07	7476	0.5191	1.535×10^8

Reference

Puripat Tanachaiyasirong and Thanaphon Tancharoen. (2019). Utilizing Moon Photographs for Calculating Angular Diameter, Apparent Size, and Distance from Earth to the Moon. Bang Pakok Wittayakom School, Bangkok.
Aparna Kher. (2022). Perihelion and Aphelion. Retrieved June 29, 2022, from <https://www.timeanddate.com/astronomy/perihelion-aphelion-solstice.html>(*1)

The simulation of eclipsing binary system with variable star
 Ms. Pimpitcha Kanchanastheira (Grade 11) and Mr. Sittirat Thongsiri (Grade 11)
 [Prommanusorn Phetchaburi School, Phetchaburi province, Thailand]

Abstract

The purposes of this research are to create a simulation of 3 target groups and show its light curve from the simulation. These target groups are (1) an eclipsing binary system, (2) a variable star, and (3) an eclipsing binary system with a variable star. The results show that the created program can display models of the eclipsing binary star systems with the variable star and reveal the determinant of a star system, the light curve, that is consistent with the physical properties of that star system.

Introduction

Variable stars are stars which brightness changes over time. The light curve of a variable star differs depending on its type. Furthermore, a binary star system is a star system in which two or more stars orbit around the center of mass of the system. A light curve is obtained when observing a binary star system in the period covers its orbital period, which can be used to predict the physical properties of the star system. The authors interested in creating a program to simulate an eclipsing binary star system with a variable star in one system and to determine the physical properties of the star system from the simulated light curve by using data from the All-Sky Automated Survey for Supernovae (ASAS-SN) database, and Python programming language for calculate and displaying the simulation.

Materials and Methods

PART 1: Simulate an eclipsing binary system and show the light curve.

1. Write a Python program, using Numpy to perform mathematical operations and Matplotlib to draw graphs. Using an equation as follows:

1.1 Newton's law of gravitation

$$\vec{F} = \frac{Gm_1m_2}{r^3}\vec{r} \tag{1}$$

where \vec{F} is the gravitational force between bodies, m is the masses of the bodies, \vec{r} is the distance between their center of mass, and G is the universal gravitational constant.

1.2 Equation of position and velocity calculation for, "Leapfrog method"⁷

1.3 Calculate the luminosity and brightness to simulate the star's light curve. Using equations as follows:

$$L = A\varepsilon\sigma T^4 \tag{2}$$

$$B = \frac{L}{4\pi d^2} \tag{3}$$

where L is the luminosity, A is surface area, ε is the emissivity, σ is Stefan-Boltzmann constant, T is Absolute temperature, B is the Brightness, and d is the distant

PART 2: Simulate a variable star.

1. Plot a variable star's light curve by using a Python program, using ASAS-SN database to determine Phase Luminosity Absolute magnitude and Radius changed by Phase.

2. Simulate a variable star, showing its radius change over time according to Phase from step 1.

PART 3: Simulate an eclipsing binary system with a variable star.

1. Change one member of an eclipsing binary system in simulation to a variable star.

2. Create a light curve of the system.

Result

The result of PART 1 is shown in Fig 1. This simulation can display a binary star system orbiting around its center of mass with different inclination and shows the light curve of the system corresponding to their eclipse.

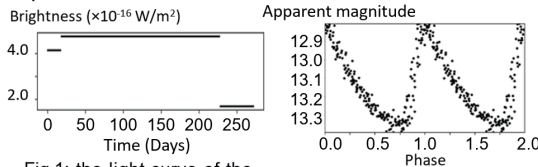


Fig 1: the light curve of the simulated eclipsing binary star system.

Fig 2: the created light curve.

The result of PART 2 is shown in Fig 2. The creation of a light curve that is simulated from the simulation of variable star's collapse and expansion.

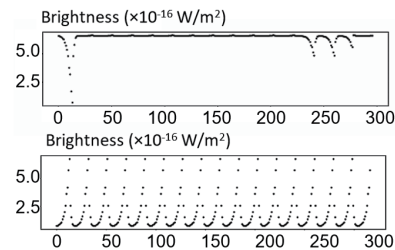


Fig 3: the created light curve of the simulation of eclipsing binary system with variable star.

The result of PART 3 is shown in Fig 3. The light curve of the simulation of an eclipsing binary system with a variable star. The upper graph is observed at inclination 0°, while the lower graph is observed at inclination 90°.

Conclusions and Discussion.

The simulation of an eclipsing binary system can display the system with various inclination angles. The simulation uses initial conditions including mass, period, orbital velocity and their positions.

The simulation of a variable star can display the variable star with radius changed over time along with its phase and can display its light curve. In this study, the surface temperature of the star is set to be constant. As a result, the variable star radius is changed by its corresponding magnitude.

The simulation of an eclipsing binary system with a variable star can display the light curve that corresponds to characteristics of each type of star. The model of the eclipsing binary star system and the variable star model are combined in the same model. The created simulation does not account for the transfer of mass between the stars in the system. According to the upper graph in Fig 3, a variable star that collapses and expands is represented by the diminutive curve, and a pair of eclipses is represented by the dimmer. Furthermore, because they are not visible as the eclipsing binary system at a 90-degree inclination, the lower graph only displays the features of the variable star.

References

Lan Morison (2008). INTRODUCTION TO ASTRONOMY AND COSMOLOGY. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication. United Kingdom.

Simulating plant growth under accelerated gravity, resulting from a greater gravitational force than that on The Earth.
 Ms. Sukita Vaha (Grade12), Mr. Patipat Jitpinit (Grade 12)
 [Piboonbumpen Demonstration School Burapha University, Chonburi Province, Thailand]

Abstract

The project purpose to study germination rate of green been planting in an accelerated rate due to higher gravitational force than The Earth. Using a gravity simulator that has been invented for experiment. When inclined rotation in an experimental cultivation set, 100 green bean seeds were planted. The rotation was continued consecutively for a period of 2 days and planting an additional 100 green bean seeds normal The Earth gravity conditions. Comparing the germination rate results of green beans by controlled in the same environment .

The results show that plants grown in the simulator exhibit a growth rate of 83% and an average weight of 0.371 grams, whereas plants grown under normal conditions show a growth rate of 97% with an average weight of 0.445 grams.

Introduction

According to population data from 2002-2017, the human population increased by 16.94 percent, raising concerns about the future. It is implied that there are limited resources on The Earth. These resources may not be sufficient to meet the growing needs of the human population. Humans may need to move to another planet that may have a different gravitational acceleration than The Earth.

Plants are important to human life because they contain essential nutrients. In addition, other environmental factors It is also important for human survival. The researcher therefore intends to experiment with growing plants to study the growth and changes of plants under conditions of higher gravitational acceleration compared to The Earth.

Method

- 1) Calculate the acceleration due to gravity using the formula $RCF = 1.12 \times r \times (RPM+1000)^2$
 RCF (g force) = relative centrifugal force
 RPM (r/m) = revolutions per minute
- 2) Create a simulation of a greater gravitational force than that on The Earth, start by installing the MY-1025Z2 250W Gear Box 12V DC Brush Motor. Then, attach a lever with a length of 34 centimeters to the motor's rotation point
- 3) Create a planting set by cutting the plastwood board trays to fit the experimental dish. Drill holes to create 100 slots per tray and cover the experimental dish with the lid to control moisture.4. Planting crops with a control set and an experimental set within the simulation apparatus, controlling variables that have the greatest impact on plant growth to optimize their development.

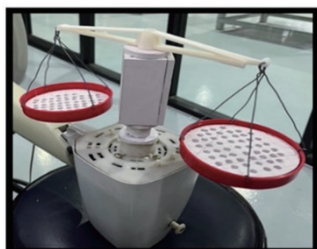


Fig 1 The Gravity Simulator

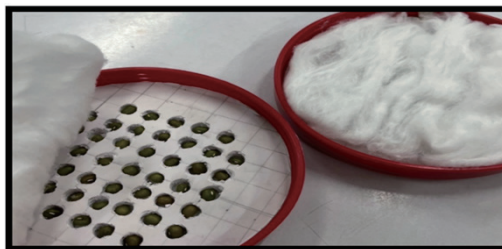


Fig 2 Show planting trays, tray liners with cotton wool. Top with a plastic sheet with holes drilled for placing the green beans.

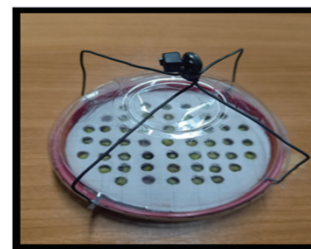


Fig 3 Show a planting tray covered with clear plastic. to control environmental factors.

Result

	Number of plant is growing (Percentage)	Average Mass (Grams)
acceleration due to gravity greater than The Earth's	83	0.371
acceleration due to gravity of The Earth	97	0.445

Table 1 shows a comparison of the germination rate and the average mass value of green beans grown in different gravity conditions.

Form the Table 1, Green beans grown in a acceleration due to gravity greater than The Earth's have a growth count of 83 plants, an average plant mass of 0.371 grams. Green beans grown in a normal gravitational environment have a growth count of 97 plants, an average plant mass of 0.445 grams

Conclusions and Discussion

From the experiment, it was found that green bean plants grown in a simulated gravitational acceleration environment due to increased gravitational force had a mass that was less than the average, specifically 0.074 grams per plant. This result was obtained over a period of 3 days of experimentation. The observed outcome indicated that the green bean plants exhibited growth only in the initial stage of seed germination, resulting in the experiment showing the development of root sprouts in the green bean plants.

Growing beans in an environment with a higher gravitational acceleration than The Earth's has shown results with a lower average mass compared to growing beans under normal conditions on The Earth. This is due to the higher gravitational acceleration, which enhances the growth of bean plant stems compared to normal conditions on The Earth. Conversely, bean plants grown in an environment with higher-than-normal gravitational acceleration tend to have longer roots. This phenomenon is known as positive gravitropism, causing the roots to grow in the direction of increased gravitational force.

Reference

- 1) Macrotrends. (2023). World Population 1950-2023. Retrieved April 20, 2023, from <https://www.macrotrends.net/countries/WLD/world/population>
- 2) Merck. G Force Calculator RCF to RPM. Retrieved April 30, 2023, from <https://www.sigmaaldrich.com/TH/en/support/calculators-and-apps/g-force-calculator>

薄明による夜空の等級変化

佐藤 優作、五十嵐 昊、中川 里桜、長沼 蒼大、梅田 夏鈴（高1）
【横浜市立戸塚高等学校】

要旨

「薄明」とは6等星が肉眼で見えるかどうかの限界で、天体観測に適した時間の終わりと始めの目安になる。
Sky Quality Meter（図1）（以下SQMと表記）を使用して本校の屋上から、薄明時の空の等級を定期的に測定した。
等級は、SQMの値が大きいほど暗く、小さいほど明るい。



図1 SQM

測定方法

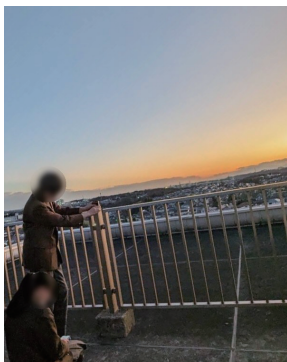


図2 実験風景

快晴時、SQMを用いて外灯の光が入りづらい本校の屋上（横浜市戸塚区）の柵付近で薄明時の光量を5分毎に3回測定し、記録が一定になるまで続ける（図2）。この研究の測定日、日没時刻、月齢は表1の様になっている。

表1 測定日、日没時刻、月齢

測定日	日没時刻	月齢
12月21日（木）	16:33	8.1
12月22日（金）	16:33	9.1
1月9日（火）	16:45	27.1

研究結果

この結果（図3）から日没からの時間と光量の比例が見られ、日没後45分付近から一定になっていることが分かった。

また、12月と1月のデータを比べてもあまり変化は見られなかった。また、月齢も光量に大きく関与しないと考えられる。

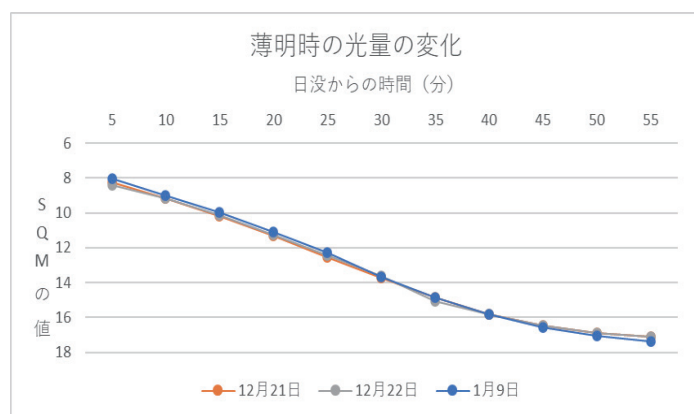


図3 薄明時の光量の変化

参考文献

国立天文台暦計算室暦 <https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/wiki/C7F6CCC0.html>
便利ジャパン <https://www.benri.jp/calendar/moon/>

光害の可視化～高輝度ランプの影響を探る～

天文気象部：袴田 采海、石田 寛和、川端 大平（高3）
森田 幸香、中村 桃子、古都 紗妃（高2）【東京都立立川高等学校】

要旨

本校天文気象部の先行研究を引き継ぎ、デジタル一眼レフカメラ、HQカメラ、SQM-Lを用いて夜空の明るさにおける光害の影響を可視化し分析した。また、最近設置されたナイター照明による明るさの影響を調べ可視化した。

1. はじめに

日々の天体観測から光害の夜空の明るさへの影響を感じ、2021年より本部先輩がデジタル一眼レフカメラを用いた自動観測による夜空の分析を開始した。本研究では一眼レフカメラによる撮影を継続し、先行研究で行った水平方向の撮影画像とデータを用いた比較による分析に加えて、SQM-LとHQカメラを用いた天頂方向の撮影も開始し、分析を行った。また、2022年秋に本校校庭のナイター照明が水銀灯から高輝度のメタルハイドランプに交換されたことによって明るさが極端に増したことから、明るさを可視化する方法を考え、分析した。

2. 研究方法

(1) デジタル一眼レフカメラを用いた観測：先行研究に引き続き、Raspberry Piで制御した一眼レフカメラ2台を郊外方面と都心方面に向けて設置し、毎日18時～5時の1時間ごとに自動撮影した。

(2) HQカメラを用いた観測：より安価で広範囲の撮影が可能なRaspberry Pi専用のカメラであるHQカメラ(High Quality Camera)を天頂方向に向け、17時から翌日5時まで5分ごとに定時撮影を行った。(1)(2)のどちらも得られた画像をグレースケール化(※)し、ピクセル値(光度)の平均値を求めて明るさの値とした。

※OpenCVより $Y(\text{光度}) \leftarrow 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$

(3) SQM-Lによる計測：SQM-L(Sky Quality Meter)とは夜空の暗度を平方秒角あたりの等級で測定する機械である。これを合宿や徹夜観測の日の18時から朝6時まで仰角10度ずつ測定することで全天の明るさを調査した。本校屋上と長野県入笠山で計測したものをPythonでグラフ化し比較した。

3. 結果と考察

(1) 階級と画像処理ソフト「ImageJ」による分析：校庭のナイター照明が高輝度のメタルハイドランプに交換されたことによる変化を調べるため、先行研究で作成した階級を用いて分析し、明るさの階級が3から5に増したことが分かった(図1)。また、ImageJを用いて晴れと曇りの日の画像を3D表示し、雲による街明かりの反射を可視化した(図2)。

(2) 直接光と明るさの関係：画像の地上部と夜空の部分を取り分けて明るさの平均値を求め、雲、ナイター照明の有無等で分類し、それらが与える影響について相関を調べ、直接光はメタルハイドランプが最も地上部の明るさに影響することが分かった(図3)。

(3) 一日の天頂の明るさの推移：快晴の四夜をグラフ化し、大幅に明るさが減少した時刻と校庭のメタルハイドランプの消灯時間が一致し、影響が見られ、0時半頃まではゆるやかに減少、それ以降は明るさの変化は少ないことが分かった(図4)。

(4) 立川市と入笠山の全天の明るさの比較：二地点のグラフを作成し並べ、日の出、入りの時間帯の明るさの差異はなく、天文薄明終了後の時間帯は立川市の夜空が圧倒的に明るいことが分かった(図5)。

4. まとめと今後の展望

一眼レフカメラとSQM-L、及びHQカメラを用いて様々な方法で夜空の明るさを調査した。本研究で開始した天頂の明るさの調査について、天気などの条件による違いを分析するために、SQMを用いた計測とHQカメラによる撮影を継続し、比較する。また、LED、HIDライトなどの街明かりのより詳細な分析を行い、都心方面と郊外方面の比較もデータを蓄積して分析する。

参考文献

- [1] 大磯佳苗・鈴木遙夏(2021)「デジタル一眼レフカメラを用いて夜空の明るさの変化を探る」日本天文学会第23回ジュニアセッション 13S
- [2] 平岡七海他(2022)「デジタル一眼レフカメラとSQMを用いて夜空の明るさの変化を探る」日本天文学会第24回ジュニアセッション 06S
- [3] 吉原達紀他(2023)「光害の可視化～街明かりが夜空に与える影響～」日本天文学会第25回ジュニアセッション 03T
- [4] 星空公団 小野間史樹(2017)「デジカメ星空診断ハンドブック」

https://www.env.go.jp/air/life/hoshizorakansatsu/pdf/H29_digitalcamera_handbook.pdf (2024年1月19日閲覧)



図1：水銀灯とメタルハイドランプ

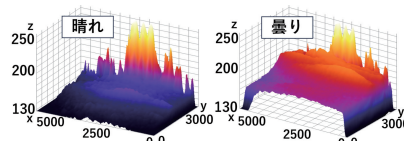


図2：晴れの日と曇りの日の画像の3D表示

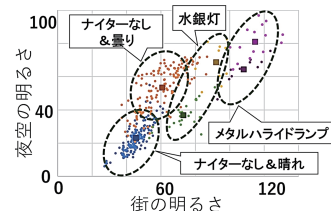


図3：直接光と夜空の明るさの相関

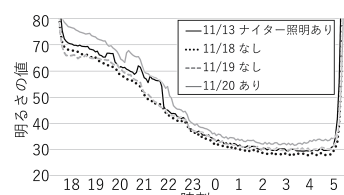


図4：四夜分の天頂の明るさ変化

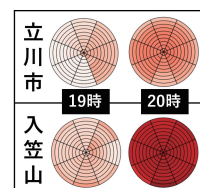


図5：全天のグラフ比較

星の瞬きと高層気象～星と気象を結びつける～

綿引 蒼太郎 (高2) 【東京都立戸山高等学校】

1. 星の瞬きの要因

星光の屈折は、空気の密度変化によって起こる。そのため大気中で空気密度が不均一なとき、瞬きが生じる¹⁾。空気密度は、気温、湿度、気圧といった気象要素に影響される。そこで、瞬きを定量化し、気象要素と比較することで、因果関係を発見することができるのではないかと考え、この研究を始めた。

2. 観測・分析の手順

①高層気象観測が行われる21:10-21:40の間に荒川土手下で行う。一眼レフカメラ(4K撮影)と天体望遠鏡(口径80mm, 焦点距離900mm)を接続し、星を30秒間、動画として撮影する。

②撮影した動画は、ソフト(プログラミング作業は専門の方をお願いした)で分析する。

ソフトでは、1)動画をフレーム画像に分解 2)星が写っているピクセルの平均輝度を抽出 という作業²⁾を行う。

③フレーム画像(計720枚)の輝度データから変動係数を取り、瞬きの指標とする。(以降、これを瞬き偏差と呼ぶ。)

※変動係数…標準偏差を平均値で割ったもの。(図1)

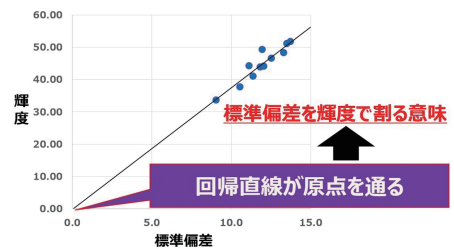


図1 輝度平均と標準偏差の関係
図1 輝度平均と標準偏差の関係、瞬き偏差と日毎の気象要素の

3. 結果・考察

昨年夏に実施した予備観測では、星の瞬きには3つの要因、

星の明るさ・高度・気象要素があることが分かった。

別に行った観測から、「①カメラの設定を調節することで、明るさが異なる星でも瞬き偏差の値が一致する」「②高度65°以上ならば瞬き偏差の値は変わらない。」ということが分かった。これらを考慮して観測を行うことで、星の明るさ・高度の2変数を無視することが可能となり、瞬き偏差と日毎の気象要素の対照的な比較が可能となった。

今回は、2023年10月29日～2024年1月15日までの計23日分の観測データを用いた。

※・天頂偏差…高度65°以上の10観測星あたりの瞬き偏差の平均値

・北極星偏差…北極星(高度低(35°))の瞬き偏差

○“主観的データ”と瞬き偏差

主観的データとは、機械を用いずに自身の目で判断したデータのことである。瞬き度合いは6段階評価となっており、正の相関を示した(図2)。このことから、カメラと人間の目、それぞれが捉える瞬きの相対評価はおおよそ一致すると考えられる。そのためカメラで撮影した動画から抽出する瞬き偏差の値も信用してよいと考えられる。

○“気象要素”と瞬き偏差

高層大気各指定気圧面のデータ(横軸:気圧)と天頂/北極星偏差の相関係数(縦軸)を考えた(図3)。

→指定気圧面とは、気象庁が定めている上空の25の気圧面のこと。例えば、指定気圧面の1つである400hPaは高度約7300m地点にあたる。

※四角で囲まれた左端のプロットは地上で計測した値
気温:地上～500hpaで負の相関、300hpaより上空で弱い正の相関。→よく瞬くときは高層で気温が低く、低層で高いとき。低層で気温が高いときは水蒸気や塵の影響で放射冷却が緩和されるからと考えられる。

絶対湿度:地上付近で負の相関があるが、高層では相関無し。→上空に行くほど絶対湿度は小さくなっていくため、地上付近でしか相関はとらなかつたと考えられる。水蒸気が多いほど星像がぼやけ、明暗の変化が少なくなる
平均風速:常に正の相関→風は他の要素と違って刻々と時間変化するものだからと考えられる。

屈折率:地上付近で正の相関があるが、高層では相関無し。

→地上付近のほうが空気密度は高く、瞬きに与える影響が大きいからと考えられる。

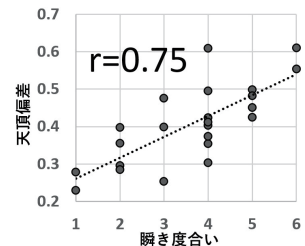


図2 実視による瞬き度合いと天頂偏差の相関

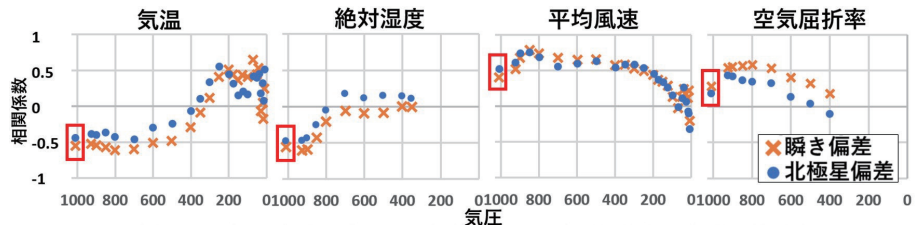


図3 各気圧面ごとの気象要素と瞬き偏差の相関係数(縦軸:相関係数、横軸:気圧)

4. 参考文献

1)夜空のキラキラ-大阪大学

https://www.sci.osaka-u.ac.jp/ja/wp-content/themes/rigaku_r/qa-pdf/qa10.pdf

2)日本天文学会 “恒星の瞬きの数値化と変動天体の光度測定”

<https://www.asj.or.jp/jsession/old/2014haru/yokou2014/05.pdf>

気象衛星の電波干渉予測計算を利用したスターリンク衛星の光害対策

金子 晃 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、橋本 将 (高2) 【早稲田佐賀高等学校】

要旨

本研究は、スターリンク衛星の写り込みによる天体観測の妨害を防ぐ方法を見つけることを目的とし、TLEを用いた気象衛星ひまわりの電波干渉の予測の事例をもとにスターリンク衛星用の観測妨害の予測計算を作成した。その結果、観測天体からの離角において計算で求めた数値と実際の数値で、その誤差が0.1度以内になった。

1. 背景

人工衛星は太陽光を反射する為、天体観測を妨害することがある。2018年から打ち上げが始まり、2024年現在その数が6000機近い通信衛星であるSTARLINK衛星（以下スターリンク）は特にこういった妨害を起こしやすい。事実、りょうけん座の超新星爆発の観測を妨害した他、不特定多数のアマチュア天文家の観測の妨害を起こしている。本研究はスターリンクの写り込みを防ぐ為の計算に、2016年8月に発生した気象衛星ひまわり7号（以下ひまわり）の電波干渉の予測計算を参照した。電波干渉は低軌道衛星と静止衛星の位置関係が地球から見て同一直線上になり重なった際に発生する。この事例より、スターリンクと遠方の天体の位置関係は低軌道衛星と静止衛星の位置関係と同等であるという仮説を基に、ひまわりの電波干渉の軌道計算を改変し、スターリンク予測用の計算にした。

2. 目的

スターリンク衛星の妨害を避ける新しい方法として、気象衛星ひまわりの電波干渉の予測計算を利用できるかを調べる。また、作った計算の正確性の評価を行い、実用性の評価も行う。

3. 研究手法

既にひまわりの妨害予測のExcelデータを入手しており、この計算は電波干渉の予測をできており誤差は小さく正確性は十分であると判断した。その為計算式は変更せず入力するTLEデータをスターリンクのものに限定した。また、常に高度と方角が同じである静止衛星と異なり妨害を予測したい天体は無数にある為、観測方向の高度と方角を自由に入力できるようにした。計算結果は地平線から天頂までの高度を90度としたときに、観測予定の天体と近傍を通過するスターリンクの距離が近い順に離角として出力される。以下は実験の手順である。

- (1) ひまわりの電波干渉の予測計算をスターリンクの妨害の予測計算に改変する。
- (2) こと座のベガの周辺をデジタル一眼レフカメラで定点観測し、ベガの近くを通るスターリンクの写真を撮る。
- (3) スターリンク用予測計算にベガの近くをスターリンクが通過した際の高度、方角、時刻、緯度経度を入力し、計算で求めた離角と実際の写真の離角を比較する。2つの数値の誤差によって予測計算の正確性を評価する。

4. 結果

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| ○観測条件 | ○観測結果 |
| ・時刻：2023年11月22日 17：50 | ・予測計算で得られた離角：1.07度 |
| ・高度：47.3度 | ・観測で得られた離角：0.98度 |
| ・方位角：111.2度（西北西） | →誤差：約0.09度 |
| ・観測地点：神奈川県横浜市港北区 | |

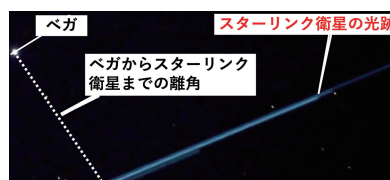


図1：観測写真（点線が離角）

5. 考察

観測結果より得られた誤差が約0.09度であり、この妨害予測計算は観測に使う際には十分正確であると判断した。また、ひまわりの電波干渉の計算がスターリンクの妨害予測にも応用できることも判明した。一方で不便な点もあり、妨害が懸念されるスターリンクの視等級がわからない為、深夜のように地球の影に完全に隠れて見えないスターリンクも計算結果に出力されることがあった。本計算はスターリンク以外のTLEにも対応している為、あらゆる人工衛星の妨害も予測できる他、衛星数が増加してもTLEがあれば対応できるなど、アップデートが可能で拡張性にも優れている。今後の展望として、ひまわりの電波干渉予測計算は正確かつ応用できる範囲が広い為、既存の計算に高度のデータを入れることでスターリンク衛星同士の衝突予測なども理論上は可能であると考察できる。

6. 参考文献

- [1] STARLINK衛星通過予測サイト；heavens above (<https://www.heavens-above.com>)
- [2] TLEデータ入手サイト：celestrak (<http://celestrak.org>)
- [3] 人工衛星の起動概論. 川瀬成一郎. コロナ社. 2015
- [4] 天体の位置計算 増補版. 長沢工. 地人書館. 1985
- [5] 宇宙システム概論 衛星の設計と開発. 茂原正道. 培風館. 1995

7. 謝辞

ひまわりの電波干渉の研究文書および軌道計算のデータについては、元気象庁気象衛星センター職員である森喜和様よりご提供頂きました。なお、研究への利用および軌道計算のプログラムの改変についてはご了承をいただいています。

自作木製プラネタリウムドームの再組み立てとその改善

地学部プラネタリウム班：

鈴木 陽菜、角田 紗希、今田 結優土、石神 和幸（高1）【愛知県立一宮高等学校】

要旨

本校屋上で1961年以来、天体観測に使用されていた地学ドームは2013年に老朽化の影響で内部に自作木製ドームを製作し、プラネタリウムとして一般公演に活用されてきた。また2016年には従来のドーム部分を傾斜型ドームに改良し、室内の空間を有効活用して定員を増やすことに成功し、活用を続けていた。しかし2022年8月から2023年3月の改修工事によりドーム部分は撤去、平屋根に変更され、その際に内部の木製ドームも解体を行った。

そこでプラネタリウム一般公開という伝統を継承するため、2023年4月よりプラネタリウム木製ドームの再組立に取り組んだ。

1. 再組み立て上の課題

- (1) 正確な大きさに裁断されていないことによるスクリーン間の隙間
 - (2) 従来の投影方法では投影範囲が狭い
 - (3) 換気扇からの光漏れ/プロジェクタからの発熱による室温の上昇
- 以上の課題点から主に課題を改善することを目標とし再建に取り組んだ。

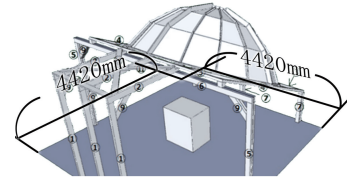


図1 木製ドームの全体像

2. 製作

ドームおよび支持構造の組立以前のプラネタリウムドームの構造の設計を基に組み立てを行った。

- (1) ドーム土台の形成
2×4の木材16本を用いて補強材にビス4本で固定し、十六角形の土台を作った。
- (2) ドーム骨組みの組み立て
台形の木材の角度を三段階に変化させ曲線の角度をつけた。なるべく等間隔に骨組みを立てたが、後に微調整が必要になった。
- (3) ドーム骨組みの間隔の微調整
土台に立てた骨組みの間隔の大きさにはそれぞれ少しずつ差が生じていたためドーム部分の補強を行うとともに微調整を行った。補強材には1×4の木材を使用し、ドーム部分の2段目に上下交互になるよう補強材を固定した。

3. 改善

課題(1)の改善としては、スクリーンの裁断方法と手順、さらにスクリーン間にできてしまった隙間の埋め方を工夫した。スクリーンごとのサイズを採寸した後、貼り付けを行う再建前の手順から、スチレンボードの平均のサイズを採寸した後に仮留め、サイズ調節、本留めに分けて製作を行うという手順に変更した。採寸の際、平均のサイズを算出しドーム支持構造の歪みに合わせて微調整を行うという工程を加えたことにより、可能な限り隙間を減らすことができた。ドーム部分の段を下からXYZとし、1800mm×900mmのスチレンボードから無駄のない裁断の工夫をした(図2)。

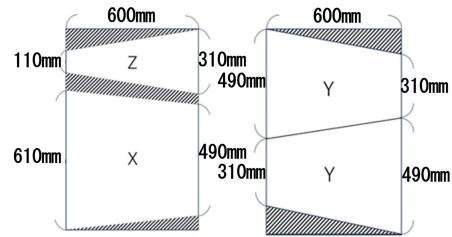


図2 スクリーンの裁断図

課題(2)の改善としては、図3のようにプロジェクタから直接投影するのではなく、図4のようにカーブミラーを介して投影することで投影範囲を拡大した。しかし同時にプロジェクタ自身の影も投影されてしまうという問題が生じた。

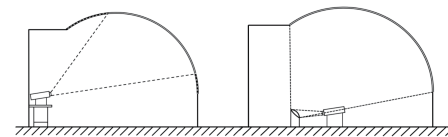


図3 直接投影

図4 間接投影

課題(3)の改善としては、換気扇にルーバーを設置した。また、室温を改善するためにスポットクーラーを設置した。クーラーの使用電力を考慮し、地学ドーム内部の電源を増設した。

4. 今後の展望

今後の課題として、より本物に近い星空空間を演出するために換気扇や冷暖房の音を抑え、静かな空間を作り出すことを模索中である。さらにプロジェクタと凸面鏡の調整を続け、映りこんでしまったプロジェクタ自体の影を減らす予定である。

5. 謝辞

本研究は、過去の班員たちの残した活動記録を参考にした。これらは、第12,15,18,20回AITサイエンス大賞(<https://www.ait.ac.jp/ext-center/youth-projects/grand-prize/>)にて発表されたものである。ただし、発表資料は非公開である。

身近な素材を使ったフーコーの振り子実験 ~第1弾：おもりの検討~

自然科学部天文班：

藤田 睦樹、山田 祐月、佐藤 朝香、高橋 一成、齋藤 知夕、坂本 和咲（高専3）、石上 眞綾、前 綾乃（高専2）、小新堂 平、永野 友理、稲石 帆乃果（高専1）【神戸市立工業高等専門学校】

要旨

日常生活では、太陽や月、夜空の星々が動いて見えるため、地球が自転していることを実感できる機会は少ない。地球が自転していることを確かめられる実験の1つに、フーコーの振り子実験がある。私たちは、多くの人々に地球の自転を実感してもらうために、身近に入手できる素材や日用品を使って、フーコーの振り子実験を行う方法を研究している。本講演では、おもりの素材や実験方法の工夫について発表する。

1. はじめに

フーコーの振り子実験は振り子の振れる方向の変化により、地球の自転を確認できる実験である [1]。1581年にレオン・フーコーに考案されて以来、約4世紀経った現在でも各地で実験が繰り返されている。フーコーの振り子は博物館や学校、テーマパークなどにも設置されている。しかし、実験を精度よく行うには高額で大型の装置を用いる必要があり、私たちが身近に実験を行うことは難しい。多くの人々に地球の自転をより身近に感じてもらうためには、身近な素材を使ってフーコーの振り子を作製することが重要である。

2. 装置の作製

2.1. おもりの作製

おもりは (A) 水を入れたペットボトルと (B) 土を入れたバケツ (図1) の2種類を作製した。(A) では、1 Lのペットボトルに水を入れキャップを締め、キャップにヒートンを取り付けてピアノ線を取り付けられるようにした。角度を測定するためのレーザーポインターはボトル内部が水で満たされているため、側面に取り付けた。

(B) では、バケツ底面の中央に穴を開け、土を入れた。底面に開けた穴を覆うように塩化ビニル製の筒を入れ、この筒にレーザーポインターを取り付けられるようにした。おもりの総重量は3.8 kgである。また、振動の等方性を確保するために、バケツの持ち手を取り外して4つの穴を開け、十字にピアノ線を通した。

2.2. 土台の作製

おもり (A) を用いた実験に使用する土台は、木板の中央部にヒートンを取り付けたものを木製の棚に掛けて作製した。実験の際は、高さ0.80 mの実験台の上に置いた。おもりを吊るすための糸にはピアノ線を用いた。

おもり (B) を用いた実験では、耐久性を高めるため、脚立を用いた土台に変更した (図2)。脚立の最上段に、万力でピアノ線と厚さ約1 cm金属板を挟んで固定した。金属板は固定部に等方性をもたせるためのもので、直径5 mmの円形の穴を開けている。ピアノ線の下端はベンチで引っ掛けを作り、おもりを吊るせるようにした。

2.3 角度測定用紙の作製

角度測定用紙は製図用ソフト Jw_cad [2] を用いて作製した。中心点を設定し、その点からA3用紙の短辺の長さ直径とした円を作図しその円の半径を中心角1° 間隔に分割した。

3. 実験方法

1. 土台を平らなところに設置し、各おもりを取り付ける。
2. おもりにレーザーポインターを取り付け、レーザー光が角度を測る紙の中央で静止するようにする。

3. おもりを糸が張った状態のままになるよう引っ張り、外力が加わらないように離した。その後、1分間でどの程度、振動面が変化するかを調べた。なお、おもりを離す動作については (1) 手を離す、(2) 糸を取り付けてハサミで切る、(3) 糸を取り付けて火で焼き切る、の3パターンを試行した。

4. 結果と考察

ペットボトルのおもりと木製の棚を土台とした実験では、おもりの振動面の変化の方向が一定にはならなかった。これは、土台のヒートンにピアノ線を取り付けた部分が揺れ動くことが原因であると考えられる。バケツを用いたおもりを使用した実験では、1分間で振動面が一定の方向に約1° 動いた。これは理論値 (神戸市では1分間で約0.1°) より大きな値である。原因は離す際の力の加え方や、金属板とピアノ線の摩擦などが考えられる。また、おもりを離す動作については (1)、(2)、(3) とともに離した後のおもりの小刻みな振動にあまり違いはなかった。しかし、(1) は上手く動かさずとおもりの振動が少なくなるため、現状では (1) の手法が、最適である。

5. まとめ

今回の実験では、身近な素材でフーコーの振り子を作製することができ、地球の自転によって振動面が変化することを確認することができた。しかし、振動面の変化の大きさは、理論値より大きくなっており、実験の精度が課題である。より精度のよい実験を行うため、引き続き、装置の改良に取り組みたい。

参考文献

- [1] 国立科学博物館で学ぶ物理学、<http://wonderphysics.web.fc2.com/physicsfoucault.html> (2023年11月1日閲覧)
- [2] Jw_cad のホームページ、Jiro Shimizu & Yoshifumi Tanaka、<https://www.jwcad.net/> (2024年1月22日閲覧)

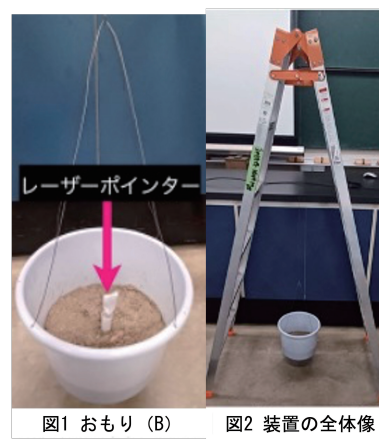


図1 おもり (B)

図2 装置の全体像

実験室にあるものを用いた自作反射望遠鏡の作成

九段中等天文部：

川島 孝太、藤原 義武、大松 舜弥、山下 実桜、
八木 聡望、牧田 満月（中等5）、北澤 七奈（中等3）【千代田区立九段中等教育学校】

要 旨

学校の実験室にある器具や薬品だけを使用し、銀鏡反応を用いて手作りの反射望遠鏡を作成した。自作の反射望遠鏡と市販のものを比較し、見え方の違いを明らかにした。

1. 動機・目的

本校の天文部は小学生を対象に天体観望会を行い、100円ショップで入手可能な材料だけを用いて屈折望遠鏡を作成している。そこで身近な材料を使用して反射望遠鏡も手作りすることは可能なのか疑問を抱いた。授業で銀鏡反応の存在を知りこれを反射望遠鏡に活用することを思いついた。

銀鏡反応とは、アンモニア性硝酸銀水溶液にアルデヒドを加え加熱すると、硝酸銀水溶液に含まれる Ag^+ が還元され、単体の銀 Ag が生成される反応のことをいう。本研究では、銀鏡反応により作成した鏡を使った反射望遠鏡の作成と画像解析による定量的な市販望遠鏡との見え方の比較を目的とする。

2. 実験

薬品：0.1mol/L 硝酸銀水溶液、3mol/L アンモニア水溶液、0.2mol/L ブドウ糖水溶液、2mol/L 水酸化ナトリウム水溶液

材料：時計皿、カバーガラス、ピーカー、赤色レーザーポインター、段ボール

機材：反射望遠鏡^{※1}(Sky-Watcher DOB8 S)、すばる画像処理ソフト Makali'i、ImageJ

手順：1. 銀鏡反応により、時計皿とカバーガラスに銀メッキを施す。一般的に、銀鏡反応を行う場合は穏やかに加熱するが[1]、加熱をしたところ正常に銀が付着しなかった(図1)。そこで加熱を行わなかった結果、きれいに銀を付着させることができた(図2)。

2. 銀の付着した時計皿とカバーガラスを使用し自作の反射望遠鏡^{※2}を作成した(図3)。

3. 自作望遠鏡と市販望遠鏡にレーザーポインターを離れた位置から照射して撮影した。

4. Makali'i と ImageJ を用いて撮影した画像を解析した。

※1 焦点距離:1200mm 口径 150mm ※2 焦点距離:120mm 口径:130mm



図1 加熱あり



図2 加熱なし

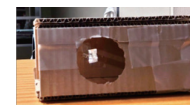


図3 自作望遠鏡

3. 結果



図4 作成した望遠鏡

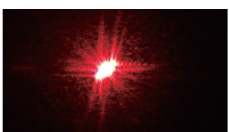


図5 市販の望遠鏡

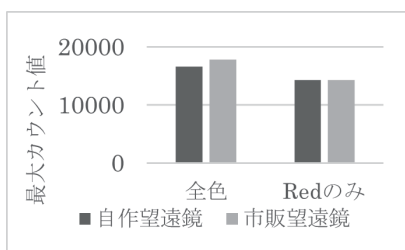


図6 光の明るさ

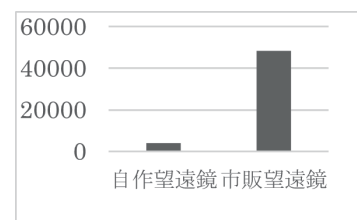


図7 光の大きさ

照射したレーザーポインターを各望遠鏡で撮影した図を図4、5に示す。RGB全色の光の明るさは市販望遠鏡の方がわずかに明るく、Redのみの光の明るさはいずれも14335で等しかった(図6)。一方、明るい部分^{※2}の面積は約11倍という著しい違いがあった(図7)。

※2 明るい部分の定義はカラーモード HSB で上限は(255,255,255)、下限は(0,0,65)とする。

4. 考察

図6より、銀鏡反応を用いて作成した反射望遠鏡と市販の望遠鏡には光の明るさに違いはないと考えられる。他方、明るい部分の面積には違いが見られた。この面積の違いは、自作望遠鏡は市販望遠鏡に比べて焦点距離が短く倍率が低かったためだと考えられる。そのため、自作望遠鏡の倍率をより高くするためには、さらに凹みが大きく焦点距離の長い時計皿を主鏡としてとして使用することが有効だと考える。

5. 参考文献

[1]「5分でわかるアルデヒドの性質」<https://www.try-it.jp/chapters-9788/sections-9894/lessons-9926/point-2/> (1月20日)

HR図を用いた球状星団M13の年齢推定のための測光方法についての研究

高柳 颯人、大村 優太、園田 涼(高2)、梅田 夏鈴 (高1) 【横浜市立戸塚高等学校】

要 旨

昨年の研究から戸塚高校で散開星団の年齢推定に成功した(第25回ジュニアセッション)。そこで今度は少し難易度が上がるが、球状星団の年齢推定に挑戦しようと思いこの研究を開始した。まずはヘルクレス座の球状星団M13を撮影し、すばる画像解析ソフトマカリを用いて開口測光を行い、HR図を作成した。恒星進化曲線と比較した結果、推定年齢を出すことが出来なかった。そこで測光の方法を矩形測光に変更したが、開口測光のデータとあまり変わらないことが分かった。

1. 研究方法 観測 測光

2023年8月6日に本校のASKO製ニュートン式反射望遠鏡(口径35cm)、冷却CCDカメラを使用してBバンド(30s×5枚)、Vバンド(30s×5枚)に分けてM13(先行研究の推定年齢110億年)を撮影した。撮影した画像をすばる画像解析ソフトマカリを使用して合成し、ダークフレームで減算、フラットフレームで割り算を行った。そして各バンドそれぞれ200個の星を開口測光した。

2. 絶対等級の算出

測光で得たカウント値とボグソンの式を使用してM13の等級を算出した。その際CI* NGC 6205 KAD 205を比較星とした(図1)。更にM13までの距離(およそ6800pc)を使用し、絶対等級を求めた。比較星は開口測光、矩形測光どちらも同じである。

3. 年齢の推定

作成したHR図に恒星進化曲線(Bertelli G, et al., 1994)を重ね合わせグラフの折れ曲がり点から年齢推定を試みた(図2)。

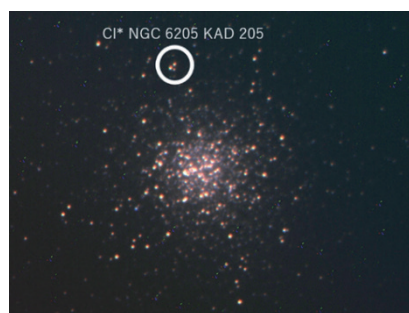


図1 M13と比較星

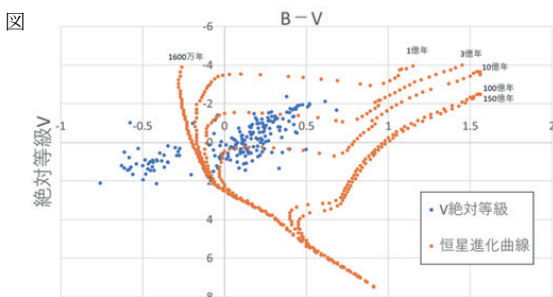


図2 開口測光でのHR図

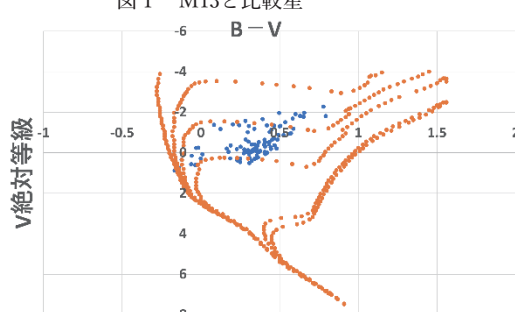


図3 矩形測光でのHR図

4. 結果

図2が結果である。先行研究から4等級から折れ曲がるはずが0等級に集中しており、明確に違っていた。

5. 考察

本研究では推定年齢を出すことができなかった。開口測光での中心の星が測光できない、空の明るさを取る際に星の明るさが計測されてしまうという問題点があると考えた。そこで、矩形測光を用いて、各バンドそれぞれ100個の星を測光した。空のみの明るさを万遍なく測光しカウント値の平均を求めその値を星のカウント値から画素数を合わせ引いたことで空の明るさと星の明るさをより正確にデータを集めてHR図を作成した結果が図3である。図2、図3を比べた結果データ分布があまり変わっていないので測光方法は年齢推定に関係ないことが分かった。今後は、いろいろな方法を用いて検証をしたい。

参考文献

Forbes, Duncan A. et al. 2010, MNRAS, 404, 1203
Bertelli G., et al., 1994, A&AS, 106, 275

昼間の星におけるC-PL・IRカット フィルターの効果

名古屋中学校自然科学部・名古屋高等学校地球科学部：
野村 祐斗、高瀬 颯真、松原 有輝(高1)【名古屋高等学校】、
足立 健人、肆矢 晃大(中2)【名古屋中学校】

要 旨

大気中の分子や微粒子が太陽光を散乱するため、昼間に等級の低い星を観察することは困難である。しかし、太陽と90°離れた方向の青空は偏光成分が多いため、円偏光フィルター(C-PLフィルター)を使うと5等星まで撮影をすることができた。5等星に対し、C-PLフィルターの有無と赤外線カットフィルターの有無と撮影の時系列とを考慮した比較撮影を行い、肉眼とCMOSカメラでは5等星の見え方が異なる理由を明らかにした。

1. 研究の背景・目的

本クラブでは活動時間中にできる天体観測として、以前から昼間の星の観察・撮影を行ってきた。昨年度は、C-PLフィルターを取り付け空の明るさを下げることによって、昼間の5等星(はくちょう座β星B)の撮影に成功した(1)。しかし、眼視ではC-PLフィルターを使わないと見えないのに対し、CMOSカメラを使用して撮影し画像処理をするとC-PLフィルターを使用しなくても5等星を確認することができた(図1)。私たちはこの原因をCMOSカメラが赤外線を捉えることができたためだと考え調査した。



図1 CMOSカメラで撮影した昼間の5等星(円内)
左)C-PLフィルターなし 右)C-PLフィルターあり

2. 方法

<使用機材> 屈折望遠鏡(宇治天体精機, 口径250mm, 焦点距離2000mm), アイピース(Vixen, LV15mm), 偏光フィルター(Kenko, ZX C-PL), 一眼レフカメラ2台 EOS kiss X9(非改造)(以下X9), EOS kiss X9i(IRカットフィルター取り外し)(以下X9i)

<観測操作> ベガで正確に位置合わせを行ったあと、SUPER STAR IVを用いてはくちょう座68Cyg(5等星)に導入した。時間の経過によって天体が観望しやすくなったかがわかるようにするために、C-PLフィルターを取り付けて動画を撮影した後C-PLフィルターを取り外して撮影を行い、再度C-PLフィルターを取り付けて撮影した。また同様の理由からX9を使用して撮影した後X9iを使用し撮影を行い、再度X9を使用し撮影した。C-PLフィルターを取り付けて撮影する際は、C-PLフィルターを回転させて空が最も暗く見える角度にしてから、撮影を行った。ステライメージ9を用いてコンポジットし、開口測光分析を行った。この結果を使い、天体の輝度積分から空の輝度積分を引き、その差を天体の明瞭さと定義した。

3. 結果と考察

結果を下表(表1)に示す。

表1 明瞭さの比較

	C-PLフィルターあり	C-PLフィルターなし	C-PLフィルターなし
X9 (IRカットフィルターあり)	20793.6	5216.6	23930.8
X9i (IRカットフィルターなし)	31449.8	6915.9	32676.5
X9 (IRカットフィルターあり)	21670.1	6497.8	26039.7

どの条件下でも5等星は撮影することができた。IRカットフィルターがないものは、あるものよりも星がより明瞭に見えた。また、C-PLフィルターの有無のほうが、IRカットフィルターの有無よりも明白に輝度に差ができた。X9iとX9の明瞭さの比較から、肉眼に近いX9よりもCMOSカメラのような赤外線を映すことができるX9iの方がより5等星が明瞭に見えた。これは赤外線の撮影が可能になったからである。肉眼で確認できなかった5等星がCMOSカメラで撮影すると確認できたのはCMOSカメラが赤外線の像を捉えたことが理由であると明らかになった。

4. 参考文献

(1)名古屋高等学校地球科学部, 秋の昼間のアルビレオ-C-PLフィルターとWebカメラを使った昼間の惑星と恒星の観測-, 令和4年第37回高文連自然科学専門部研究発表会研究集録, 愛知県高校文化連合自然科学部専門部, http://kbrs.html.xdomain.jp/R04/paperR04_05.pdf (2024年1月23日確認)

「スリットビューアを用いたスペクトルの研究」

國栃天文部スペクトル班：

鈴木 一平（高2）【國學院大學栃木高等学校】、

茶谷 和紀、関口 雪那、間明田 梨椰（中2）【國學院大學栃木中学校】

1. 要旨

國栃天文部スペクトル班は、スリットビューアを用いた木星の大赤斑を含むものと含まないもののスペクトル撮影し、違いを考察した。あわせて、M42のスペクトルを撮影しその特徴を分析した。

2. 方法

2024年1月15日に西村製40cmカセグレン式反射望遠鏡 $f=6000\text{mm}$, $F=15$ で木星を、昭和機械製グリズム式低分散直視分光器「VEGA」及びスリットビューア（図1）を用いて、大赤斑を含む縞模様（図2）にスリットを合わせ、CELESTRON SKYRIS 236Cを使用して撮影した。また、スペクトルをCMOSカメラ ZWO ASI294MCを使用し白黒画像で撮影した。同様に木星の大赤斑を含まない縞模様を2023年12月25日に撮影した。同じ手順により、M42のトラペジウム上にスリットを合わせ（図3）2024年1月16日にスペクトルを撮影した。

スペクトルを撮影した後、画像編集ソフト「ステライメージ9」を使用してダーク処理をした。その後、国立天文台のすばる画像解析ソフト「Makali'i（マカリ）」を用いて「グラフ」のツールを使用しスペクトルと輝度のグラフを作った。波長付けは水銀灯を用いた。

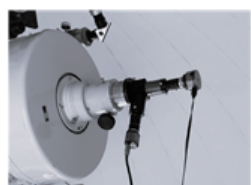


図1 グリズム式低分散直視分光器「VEGA」及びスリットビューア

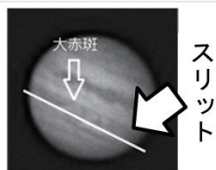


図2 木星 大赤斑 日付2024年1月15日

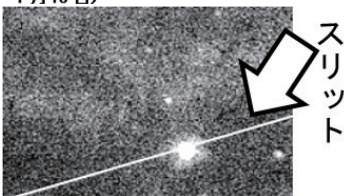


図3 M42 トラペジウム 日付2024年1月17日

4. 結果

2枚の木星のスペクトルの画像の露出を合わせ、グラフを比較できるように、大赤斑を含まない方の縦軸の目盛の間隔を2倍した。（図4、図5）

木星の大赤斑を含む方（図4）のスペクトルは500nm付近をピークとし、383nmから683nmに広く見られた。木星の大赤斑を含まないスペクトル（図5）は450nmの波長の光が多く検出されたが、長い波長の光はあまり見られなかった。

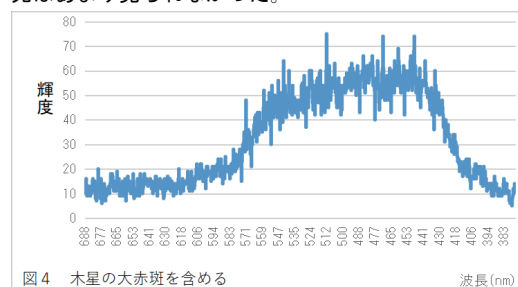


図4 木星の大赤斑を含める

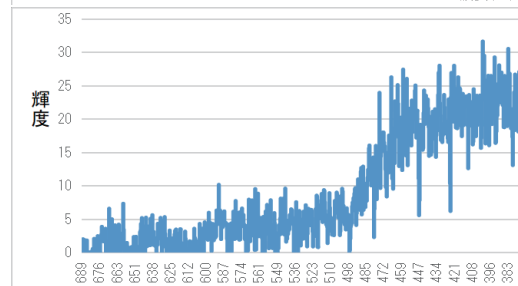


図5 木星の大赤斑を含まない

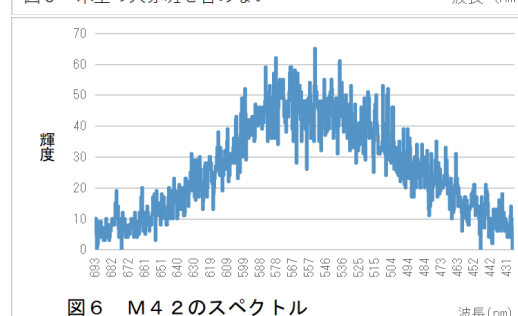


図6 M42のスペクトル

5. 考察

木星の大赤斑含む縞模様のスペクトル（図4）は、441nm~559nm（緑）をピークとし、383nm（青）~668nm（赤）の波長が見られた。大赤斑を含まない方は、（図5）383nm~472nm（青）を中心に見られた。大赤斑を含む方は、太陽の光を青から赤まで緑をピークとして、反射していることが考えられる。

M42（図6）は散光星雲なので赤の光が強いと予想したが、ピークは557nm付近（黄）に見られた。これは、トラペジウムが原因であると考えられる。

6. 謝辞及び参考文献

スペクトルの作り方を参考にさせていただいた鈴木文二先生（渋谷教育学園幕張中学校・高等学校）、石田光宏先生（横浜市立戸塚高等学校）に感謝申し上げます。

・“マカリ”パーフェクト・マニュアル
鈴木文二様・洞口俊博様編 恒星社厚生閣

日本の公開天文台の標準機を目指した次世代型天体観測用分光器の開発

松本 一生、吉田 浩瑛、野坂 優一、森下 央翔（高専3）、前田 孝太郎（高専2）、足立 悠斗、遠藤 愛、梶村 涼太、柏木 琴葉、仲西 涼、鐘築 昇太郎、原田 果歩、松本 有未（高専1）
【米子工業高等専門学校】

1. はじめに

私達は全国の公開天文台の分光器の保有率を調査した。その結果、わずかに一割程度しか保有していないことが判明した。これは、(1) 分光器の既製品は高額で公開天文台の定常予算での購入が困難であること、(2) 分光器の自作にはスリットビューワー製作などがあり、それも困難であることが原因と考えられた。一方、米子高専科学部は形式が異なる4台の分光器を保有しており分光観測の経験も豊富である。さらに、高専であるため、金属加工や電子回路の製作も得意である。そこで、私達は安価で簡単に自作可能なうえ物理観測にも耐え得る低分散分光器を開発した。テスト観測の結果所定の性能を満たすことが確認できたので、その結果について報告する。

2. 分光器の設計・製作

本分光器ではビクセン製のフリップミラーを改造し回折格子収納部とした。そして、加工を最小限に抑えるため、市販の接続リング類を多用して分光器本体とした(図1)。また、スリットは、自作のスリット取付部にカッターの刃を向かい合わせて接着し製作した。なお、本分光器はZWO社のフィルターホイールにスリットを取付けることにより、観測に合わせてスリット幅を変更できる機構とした。ところで、本分光器では、電子回路でステッピングモーターを制御し、回折格子が回転する機構とした。これにより、0次と1次のスペクトルが正確に切り替えられ、1台のカメラでスリットビューワー(0次スペクトル)と分光観測(1次のスペクトル)の二つの役割を担わせることが可能となった。



図1 分光器の分解図

3. 性能確認と今後の展望

性能確認のためにまずナトリウム灯の撮像を行った。その結果D線が2本に分解できており、所定の分解能 $R=1000$ を満たすことが分かった(図2)。また、月の分光観測を行ったところ、0次スペクトルを利用したスリットビューワーも良好で(図3左)、本校のCCDカメラで可視光線が一度に撮像できることもわかった(図3右)。

ところで、本分光器は回折格子が回転するため動かすごとに回折格子の角度ずれが想定される。そこで回折格子を1次、0次、1次、…のスペクトル位置に動かし、その時のずれ量を測定したが、有意なずれは検出されなかった。

今後私達は本分光器の図面を本校HPで公開し全国に向けて発信していく予定である。

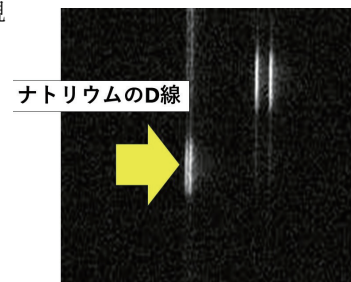


図2 D線の分解

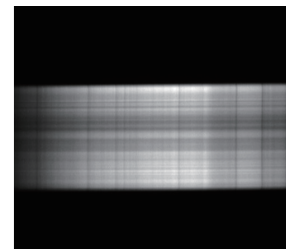
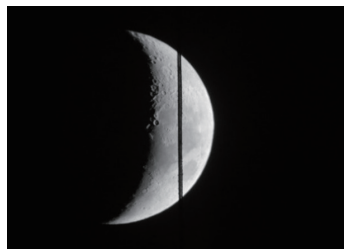


図3 月の分光観測 左：スリットビューワー画像 右：スペクトル画像

4. まとめ

安価で自作が容易なうえ物理観測にも耐え得る天体観測用分光器を開発した。本分光器は、低分散分光器でありながら、ナトリウムのD線を分解する分解能を有しており、分解能は $R=1000$ になった。本分光器を利用すると、従来の低分散分光器では困難だった銀河回転の速度の測定や散光星雲の分光診断などの観測が可能となると考えられる。

参考文献

- LLP京都虹工房ホームページ <https://photo-cross.com/product.html>
- ビットラン株式会社ホームページ <https://www.bitran.co.jp/camera/astro/>
- 小暮智一著、宇宙物理学講座第3巻、星間物理学、1994年、ごとう書房出版

駿台学園北軽井沢天文台75cm望遠鏡の撮影星像データの解析

青野 佐保、樋口 舞、安彦 青空、磯部 一貴、岩佐 レン、新海 秀彬、三上 日菜子、
麻田 実、鈴木 春 (高1)、亀井 沙世、早川 桂都 (高2) 【駿台学園高等学校】

要 旨

駿台学園の75cm望遠鏡で撮影した天体写真で、星像の明るさ測定値から恒星の等級をどの程度推定できるかを調べる目的で解析を行った。まず星像の明るさの測定値として星像内のピクセル出力値の積算値を計算し、恒星カタログ (GAIA DR3) の等級値と比較する。r (red), g (green), b (blue) それぞれのピクセル積算値をカタログの RPmag, Gmag, BPmag と比較したところ、r は $\pm 0.3\text{mag}$ 程度の誤差に収まる関係図が得られたが、gは 1.0mag 程度、b は 2.0mag 程度の大きな差を示す星も多く、g と b では等級の推定は困難であることがわかった。

1. はじめに

駿台学園では、北軽井沢にある合宿所に口径75cmの望遠鏡を設置しており、その直焦点に取り付けられたデジタルカメラで、約 $30' \times 40'$ の視野の天体カラー写真を撮影することができる。そこで今回、ここで得られた天体写真について、その特性の調査として撮影された星像の明るさとその星の等級との関係を調べた。

2. 撮影データ

今回使用した天体写真は、2022年12月に撮影した μ Cep とその周囲の恒星の写真で、視野は約 $30' \times 40'$ 、また露光時間は ISO25600で4秒のものを用いた。他の時期に撮影された画像と比較する試みはまだ行っていないので確定的なことは言えないが、当日は天候も安定しており、良好な天体写真であると考えられる。

撮影された写真は5568×3712ピクセルの画像で、これを画像処理ソフト (gimp) により800×533ピクセルの .pnm 画像に変換した。星像の大きさは、今回測定した最も暗い星で直径約5ピクセル程度、ピクセル出力値は最大255 (8ビット)、バックグラウンド出力値は各カラーとも80~110程度だった。また約12等級程度の星像ですでにピーク値が最大値255 に達しており、これより明るい星では、飽和状態の影響が積算値に大きな影響を与えている。

3. 星像データ解析

GAIAカタログでこの範囲の恒星を調べると、G等級で13等級より明るい星として約150星がリストアップされるので、この中から80星を選んで星像を同定し、星像のピクセルの出力値を r, g, b それぞれで積算した。今回の積算値の範囲は500~13000であったが、バックグラウンド見積りの誤差の影響は200程度に達するので、暗い星の測定値の誤差はかなり大きいと考えられる。なお、星像の積算範囲の決定は、断面図のグラフを用いて眼視で行ったが、これによる誤差は上記のバックグラウンド見積りの誤差に含まれると考えられる。

4. 解析結果

写真上の星像の各カラーのピクセル積算値を、カタログに示されているそれぞれの等級 (GAIAカタログでは、RP, G, BPmag) と比較したものを図1~3に示した。なお、両者の関係をわかりやすくするために、横軸を $15.0 - \text{カタログ等級}$ とし、縦軸を $2.5 \times \log(\text{ピクセル積算値}) - 7.0$ とした。これにより、星の明るさがピクセル値に正しく反映されている場合、両者の関係は傾きが +1 の直線になることになる。

図からわかるように、r (red) については、今回の「星像から等級を判定する」という目的に適用可能であるような関係図が得られたが、g (green) および b (blue) については大きなばらつきが認められ、等級の判定に用いることが困難であることがわかった。

また r の場合でも、明るい星像が飽和状態の影響を大きく受けていることが認められ、傾きが +1 より小さく、また明るい星ほど傾きが小さくなる関係図が得られている。

6. 結果の考察と今後の課題

上記のように、カラー r に関しては写真上の星像から等級を判定できることがわかったが、今回の4秒露出の写真上では明るい星はかなりの程度ピクセル値の飽和状態に達しており、関係式は傾きが +1 より小さくなっている。この場合、飽和状態は星像の広がりに影響を受けるので、異なる写真にはここでの結果は適用できないと考えられる。

他方、カラー g, b の大きなばらつきについては、そのばらつきの大きさはバックグラウンドの判定の誤差などに比べてかなり大きく、変光星などの影響も考えられるが現状では原因不明である。原因解明のために、露出時間を変えた写真や、撮影時期の異なる別の写真、異なる天体領域の写真などとの比較検討が必要と考えられ、これが今後の課題である。

今回の解析では、バックグラウンドの算定や星像範囲の選定などを個々に眼視によって行ったが、これらを計算プログラムによって自動化することにより、星野写真内の未知の天体の発見とその等級の決定を行うことが可能になると考えられる。そしてこれが、本学園の大型望遠鏡とGAIAカタログを利用すれば13等級程度までの天体に対して適用可能になり、微小星の星団などの研究に応用できると考えられる。

図1: カタログ等級とピクセル積算値の関係 (red)

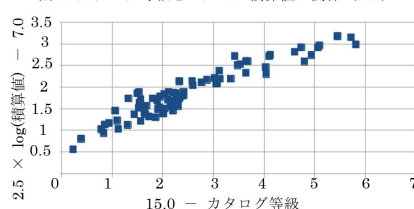


図2: 図1と同じ、ただしカラーはgreen

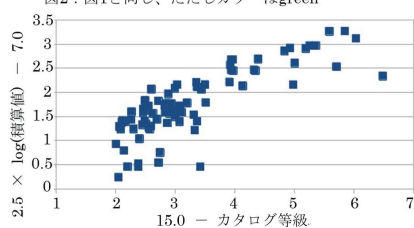
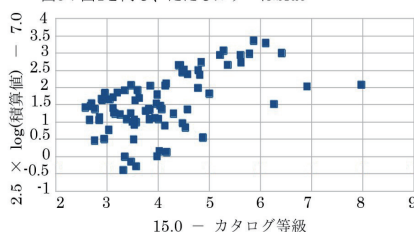


図3: 図1と同じ、ただしカラーはblue



雲が星の観測精度に及ぼす影響について

西尾 優里 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

要旨

本研究では、雲によって天体の観測精度がどのように変わるのかを数値的に調べることを目的とし、モデル実験を通して観測される光の明るさが雲の厚さと光の波長によりどのように変化するか比較した。その結果、雲の厚さが厚くなると観測される等級は二次関数的に増加し、また波長の長い光の吸収の影響を受けやすいことが分かった。

1. 背景

天体の観測において、雲量などの天候条件は影響を及ぼすことがある。またそれに関連して、目視では晴れているように見えて実際は上空に雲があるといった状況もある。このことから、上空の雲が観測に及ぼす影響を調べることでより正確な観測ができるのではないかと考えた。

2. 目的

雲が星の観測精度にどのように影響しているかを数値的に調べる。

3. 研究手法

図1の装置により、ドライアイスに水を加えることで白煙を生成し、ledライトを光源としてモデル実験を行った。ドライアイスの入ったビーカーに水200mlを入れ、水槽の指定の高さまで煙を生成した。その後、SQM-Lで光源の等級を測定し3回測定したものの平均値を測定結果とした。

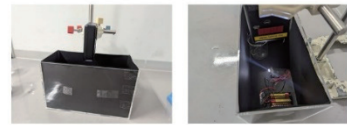


図1 実験装置

また、仮説として次の2点を考えた。

- ①雲の中の雲粒の量が増えることで光が通過する際に散乱しやすくなるため、雲の厚さに比例して計測される数値は減少する。
 - ②同じ雲の厚さであっても波長が短い色の光の方が屈折しやすいという性質により、波長の短い光を発する光源の方が雲の影響を受けやすい。
- これらを検証するため、雲の厚さを0,10,15cm、光の色を白、赤、緑、青で変えて実験を行った。

4. 結果

測定結果を表1に示す。

雲の厚さ(cm)	等級(mags/arcsec^2)				e^-τの値			
	白	赤	緑	青	白	赤	緑	青
0	7.88	8.38	7.17	6.28	1.00	1.00	1.00	1.00
10	7.99	8.50	7.26	6.72	0.90	0.90	0.92	0.67
15	8.28	9.66	7.89	7.00	0.69	0.31	0.52	0.51

表1 測定結果

$$I_v(r_1) = I_v(0)e^{-\tau}$$

$$\tau \equiv \int_0^{r_1} \kappa dr$$

図2 大気減光の式

5. 考察・まとめ

- (1)測定結果より、雲が厚くなるに連れて観測される等級の数値は増加するが、比例ではなく二次関数的に増加していることが分かる。
 - (2)測定結果より、赤色のほうが青色よりも雲の厚さによる影響が大きい事がわかる。この点について図2における大気減光の式における e^-τ の値を比較すると、10cm のときは青の e^-τ の値が他の色より小さく、吸収係数が大きくなり、15cm のとき赤の e^-τ の値が他の色のおよそ半分程に小さく、吸収係数は大きくなっている。これらの結果から、雲が薄い場合は短い光の散乱が起こるが、雲が厚くなるにつれて光の吸収による影響を強く受けるようになり、相対的に光の散乱による影響が小さくなることが考えられる。
- 今後の展望としては、液体窒素など他の物質を用いた雲での実験との比較や実際の観測による検証を行いたいと考えている。

6. 参考文献

- [1]笠原三紀夫「大気と微粒子の話 エアロゾルと地球環境」京都大学学術出版会,2008
- [2]荒木健太郎「雲を愛する技術」光文社,2017
- [3]unihedron社 Sky Quality Meter-L (unihedron.com) 2024年8月9日閲覧
- [4]ドライアイス 清水鐵男 (jst.go.jp) 2024年8月9日閲覧
- [5]mycraft社 LEDのスペクトル(分光分布)とは?(my-craft.jp) 2024年1月18日閲覧

虹星カペラの再現

東京都立墨田川高等学校 天文部：

田中 真央、藤井 涼太、片山 わかな、杉浦 暢 (高2) 足立 維月、井上 和哉、布引 謙生、
萩原 颯、伊藤 桐、西川 湊、関口 妃菜、小島 侑大 (高1) 【東京都立墨田川高等学校】

要旨

虹星とは、望遠鏡で観察したときに、星が虹色に見える現象です。なかでも、ぎょしゃ座の一等星であるカペラは、虹色に見えることが多いことから虹星カペラと呼ばれています。2022年秋に、観測した際には、ほかの星と違いカペラはいつも虹色に光って見えました。夕日の再現実験などは知られていますが、虹星を再現する実験はありません。どうか、この天体現象を室内で再現できないかと思い、カペラと地球の位置関係を電球とカメラで再現し、室内で虹星の再現を目指しました。

1. 目的

望遠鏡やカメラで観察するとカペラは緯度の低い時、星の瞬きによって星が虹色に見える。(図1) 星の瞬きは、星からの光が地球の大気によって屈折し、その変化が大きいと星が点滅して見える現象のことである。星の瞬きには、高度11 kmの対流圏と成層圏の間の大気の揺らぎの影響が大きいとされている。特に、温度差や、水蒸気の量、風が強いときなどに、虹色に見える。そこで、人工的に大気の大気温度差や、水蒸気などの違いを作ることで、室内に虹星を再現することができないか実験を行うことにした。

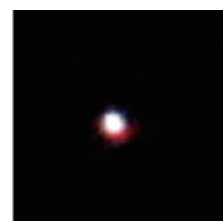


図1 カメラで撮影したカペラ

2. 方法

四重星であるカペラを再現するのは難しいため、明るい二重星と仮定し、MDFパネル2枚の間にハンドスピナーを挟み回転台とし、2つの電球が動くカペラ再現装置を作成した。カペラのスペクトルは太陽に近いため、電球には太陽光のスペクトルに近いパルクプレミアXを光源として使用した。カペラ再現装置から10 mの地点に一眼レフカメラを設置し、回転台を回転させ、電球の位置を変えて撮影を行った。水蒸気による上昇気流を再現するため、ウォーターバスで水を沸騰させ、これを大気の揺らぎとして使用した。揺らぎの場所を調整するため、カメラから1 m、5 m、9 mと距離をずらし、影響を調べた。また、大気の揺らぎの原因としてドライアイスの冷気や、スモークマシンでも同様の地点で揺らぎを発生させ、実験を行い変化を調べた。長距離で実験を行うため、夜間に廊下で測定をした。カメラと電球を30 m離して設置し、カメラから1 mの距離にウォーターバスで水を沸騰させ、大気の揺らぎを再現して撮影した。(図2)



図2 30m地点での撮影の様子

3. 結果・考察

カペラ再現装置を回転させ、電球の位置関係を変化させながら撮影を行ったが、虹色を測定することは出来なかった。これはカメラからの距離に対して電球が大きく、光の屈折の影響が見られないためと考えられる。ウォーターバスによる揺らぎを与えたものでは、カメラから1 mで水蒸気を与えた場合、電球の色が少し揺らいで見えた。(図3)しかし、虹星を再現できたとはいえなかった。ドライアイスの実験では、電球に変化は見られなかった。スモークマシンの実験では、電球に煙がかかると電球の色がオレンジ色に見えた。これは、夕日の再現実験であり、スモークマシンの煙が青色の光を吸収し、赤色の光が残るためであると考えられる。(図4)

今回の実験がうまくいかなかった原因として、以下のことが考えられる。電球とカメラの距離が近く、光源が面になってしまった。また、光の波長の変化が、距離が短すぎて差が見られなかった。大気の揺らぎをとらえるには、揺らぎが不十分だったなどの可能性が考えられる。

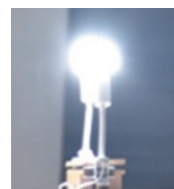


図3 虹が見えた電球

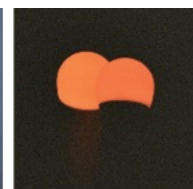


図4 水蒸気を通して見た電球 (赤色に見える。)色はPDF参照。

4. 今後の展望

今回の実験方法では、虹星を上手く再現することが出来ていない。再現のためには、より屈折率の影響を出すため、カメラと電球の距離を長くする。屈折率が高い水を使用するなどの工夫が必要と考えられる。現在、光源とする電球のサイズを小さいものにすることや、水を使用して揺らぎの影響を出す。水蒸気の影響を大きくするなどの実験方法を再度検討し、実験を行っている。虹星カペラ再現のため、いい実験方法がありましたらアドバイスをお願いします。

5. 参考文献

沼沢茂美 脇屋奈々代(2017)「星座の図鑑」株式会社誠文堂新光社
岩槻秀明(2014)「最新気象学のキホンがよ〜くわかる本[第2版]」株式会社秀和システム

LED 調光器で恒星の色を再現する

ハートピア安八天文台ジュニア天文倶楽部：

古方 伶旺 (中1) 【岐阜東中学校】、尾崎 由基 (中3) 【安八郡安八町立登龍中学校】、
曾我部 文麗 (小6) 【岐阜市立合渡小学校】、小林 美琴 (小5) 【津島市立南小学校】、
高賀 寧子 (小4) 【岐阜市立長良小学校】

要 旨

モノクロ CMOS カメラ (以下、CMOS カメラ) にジョンソン光電測光フィルター-BVR (以下、3色フィルター) を付け、撮影した恒星をマカリで測光し、各色のカウント値の比を3色 LED 調光器 (以下、LED 調光器) に光度として指定し恒星の色を再現した。

1. 目的

LED 調光器で恒星の色を再現する。

2. 観測方法

a. 恒星の撮影 タカハシ FS-60 望遠鏡 (以下、望遠鏡)、CMOS カメラ、3色フィルターを望遠鏡の対物側に装着し、測光値が飽和しないよう図1のように撮影した。

b. LED 調光器の撮影 望遠鏡、CMOS カメラ、測光値の飽和を避けるための ND フィルター (ND4+ND8) を用い各色の光度特性を測るため、約 25m 離れた LED の光度を変え撮影した。

図2で示した PIC マイコン装着の LED 調光器は、赤緑青の LED チップを PWM 制御で光度 (0~255) を指定し、フルカラーLEDを任意の色 (光) で表現できる装置である。また、21個の1等星と任意で30個のRGB値を記録できる。装置制作は榎谷則夫先生に依頼した。

恒星、LEDともに10枚撮影し加算平均し1次処理を行った。そのデータからマカリで開口測光し光度のカウント値を得た。

3. 結果

a. 恒星の測光結果：3色フィルターを用いて撮影した1等星アークトゥルス、デネブ、ベガの測光結果を表1に示す。測光値の比を、LED 調光器で明るさの指定ができるように8ビット整数比の数値で表した。

b. LED の測光結果：図3はLEDの調光器の光度特性を示したグラフである。各色LEDの光度は、ほぼ比例関係となり直線性を確認できた。ただし、このグラフのy切片は原点(0,0)を通らない。これはLEDとPWM調光の相性(特性)が原因で、光度指定値が30(255の10%)以下は誤差が大きい。測光結果では、同じ指定光度値でも、赤が青や緑に比べ大きく上回っている。これはCMOSカメラの感度特性によると考えられる。RGBの光度指定値をすべて100にするとピンクを帯びた白になった。緑と青を赤同様の光量にするには補正が必要で、表2の色成分を考慮して表1の補正後値とした。

4. 解析考察

補正前の指定値でLED調光器を点灯させると、アークトゥルスはピンクを帯びた赤になり、デネブは薄い白青、ベガは白青となった。また、LED調光器の3色を同じ比で光度指定しても、数字の大小で色合いが違って感じ、特に数値が大きいと白っぽくなり要注意である。さらに、簡易スペクトルメーターを用いてLED調光器の白を見たとき、光度が低いときは黄のスペクトルが欠落したような薄い色であった。それが原因で、特に黄から橙の再現色は、ピンク味が強くなったと考えられる。

そこで、簡易色彩輝度計でLED各色のRGBの光度を調べると、表2のように赤LEDにも緑成分や青成分があり、緑や青LEDも同様だった。この互いに含まれる色の光度が無視できない値となり色合いがうまく再現できない原因と考えた。各LEDの他色の割合を導き出し、各色に値を加算するとより恒星に近い色が再現できた。しかし、アークトゥルスは白っぽくなった。これは、黄から橙を出すためには赤と緑の光度が必要だが、全体光度も上がるためである。

図4は人の眼による色の感じ方に着目したxy色度図で、図中に黒体軌跡が示されている。アプリ(*1)で星の表面温度からxyz(RGB)値を求めた。表1にあるxy色度図の値をLED調光器で再現すると、指定値が大きいいため白味を帯びた橙であった。

5. 結論

恒星の測光結果の補正値を使ったLED調光器で、ベガとデネブなどの青から白は再現できた。一方アークトゥルスの橙は、再現したい色よりもやや白っぽくなった。輝度調整のため乳白色フィルターを使用する、または、黄成分のみ加色できる仕組みが必要であると考えた。今後の課題として黄から橙の再現方法を模索していきたい。

6. 参考文献等

ルミエネーションによる恒星の色再現 天文教育 28(6),P.50-56、2016年11月、日本天文教育普及研究会

音と色の散歩道 黒体と色温度(*1) <http://k-ichikawa.blog.enjoy.jp/etc/HP/js/CIEXYZ2/cie6.html>

LEDの色度図(色度座標)とその見方 https://my-craft.jp/html/aboutled_led_shikidozu.html

あなたもできるデジカメ天文学 鈴木文二・洞口俊博 編,2015年11月15日,恒星社厚生閣

【謝辞】科学普及支援団体でんもんぶ 榎谷則夫先生にLED調光器を作成していただきました。また、ハートピア安八天文台台長 船越浩海先生には研究の様々な場面でご指導・ご助言をいただきました。ありがとうございました。

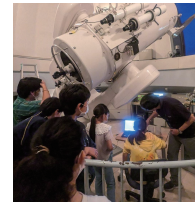


図1 恒星撮影の様子

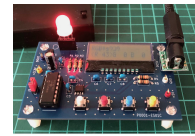


図2 LED調光器(光の三原色実験器)

表1 恒星の3色測光結果とxy色度図のBGR値

アークトゥルス(500ms) K2型 4,200K 橙 4,195K	デネブ (500ms) A2型 8,600K 淡青白 8,590K	ベガ (500ms) A0型 9,500K 青白 9,400K		
フィルター	測光結果	8ビット整数値	補正後値	xy色度図
青 B	3,649,492	111	69	109
緑 G	4,197,335	128	88	174
赤 R	6,422,655	195	92	255
青 B	2,771,433	84	78	255
緑 G	3,539,494	108	101	194
赤 R	3,229,497	98	71	180
青 B	8,226,309	250	96	255
緑 G	5,771,483	175	94	182
赤 R	5,392,071	164	60	163

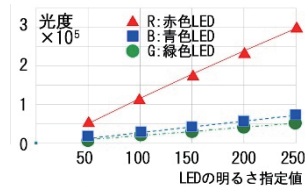


図3 明るさを指定したLED調光器の測光結果

表2 各色LEDに含まれる他色の割合

3色LED	赤LED	緑LED	青LED
色成分	赤	青	赤
割合	0.05	0.09	0.14
	0.43	0.05	0.30

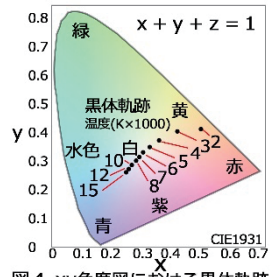


図4 xy色度図における黒体軌跡

ペガサス座 DY (DY Peg) の測光観測

天文気象部

二木 莉沙乃、新熊 萌花 (高2)、丸山 伊涼、八尾 佳里奈 (高1)

【兵庫県立舞子高等学校】

要旨

観測によって、ペガサス座 DY (DY Peg) の明るさが周期的に変化することを確かめ、Bバンド、Vバンド、Rバンドによる3色測光観測で得られた値から光度曲線を作成し、極大と極小を算出して、表面温度を求めた。

1. はじめに

私たちは去年、脈動変光星である、うお座 DW の Bバンドと Vバンド、Rバンドを使用した、3色測光観測を先行研究としました。今年は、一昨年に先輩が二色測光を行った、ペガサス座 DY (DY Peg) で、新たに三色測光を行い、色指数により温度を求めることにしました。

2. 観測と解析方法

10月20日から21日の20時8分から1時20分にかけて西はりま天文台60cm反射望遠鏡に冷却 CCD カメラを用いて、Bバンドフィルター、Vバンドフィルター、Rバンドフィルターを使用し3色測光観測を行った。それぞれの露出時間を30秒で順番に撮影を行った。その後、撮影したダークフレーム・フラットフレームの中央値(メジアン)を国立天文台の解析ソフト Makali'i を用いて求め、撮影した画像の一次処理を行った。それを用いて図1のように目標天体・比較星・チェック星を決め、これらのカウント値を測定した。こうして求めたカウント値をボグソンの式に代入し、等級を求めた。

3. 結果と分析

観測で得られた光度曲線は図2のようになった。

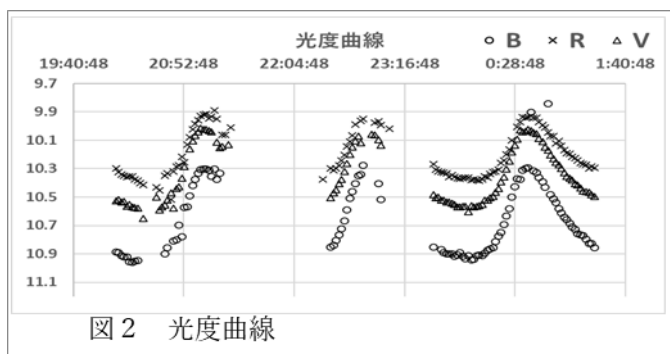


図2 光度曲線



図1 比較星と目的星

表1 光度曲線から

	極大	極小
R等級	9.93	10.38
V等級	10.04	10.6
B等級	10.29	10.93
B-V	0.25	0.33
V-R	0.11	0.22

表2 色指数と温度

	極大 (° K)	極小 (° K)
B-V	7600	7000
V-R	7600	6800

4. 考察

この星の周期は図2から約103分ということがわかる。過去の研究論文 (SIMBAD Astronomical Database) に105分と記載されており、近い数値が出た。表1より B-V と V-R に対するスペクトル型・温度が、3色測光により2つの色指数がほぼ一致した。この温度は ("A Modern Mean Dwarf Stellar Color and Effective Temperature Sequence") に記載の数値より算出した数値である。今回の研究で、表2でわかるように、B-V より求めた色指数と温度の関係と V-R より求めた色指数と温度の関係がほぼ一致し、当初の目的であった複数の色指数による温度の値が一致することが確認できた。今後は、一昨年の研究でできていない、極大と極小のときの半径の変化の算出を目指したい。

5. 謝辞

兵庫県立大学西はりま天文台研究員の大島誠人様よりご指導いただき、この場を借りてお礼申し上げます。

6. 参考文献

SIMBAD Astronomical Database

http://www.pas.rochester.edu/~emamajek/EEM_dwarf_UBVIJHK_colors_Teff.txt

フレア星EV Lacの3色測光観測

山崎 立稀、竹之内 公太郎 (高2) 【新島学園高等学校】

要 旨

フレア星EV Lac について2回の恒星フレアを観測できた。10秒露出の観測により、フレア初期の急激な光度変化を観測することができ、1分~2分で最大光度になることが分かった。光度変化はB等級が一番大きくV等級、R等級の順に変化が小さくなることが分かった。

1. はじめに

フレア星は2022年の変光星観測者会議の報告書^①から小型望遠鏡で観測できることを知った。観測しやすいフレア星としてYZ CMi・CR Dra・EV Lac・AD Leo・EQ Pegが提案されていたため、EV Lacを観測した。R,V,Bフィルターの3色で光度変化を観測した。

2. 方法

西村製作所の40cmF5ニュートン式反射望遠鏡とビットラン冷却CCDカメラBJ-54L、光電測光用ジョンソンR,V,Bフィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行った。画像はダーク・フラット補正を行った後にAstroimageJで測光した。撮影は-20℃冷却、2×2ピニング、10秒露出で行った。短時間の光度変化を観測するために10秒露出で行った。観測は2023年10月5日から11月6日までの11日合計26時間行った。

3. 結果

図1に10月5日の光度変化を、図2に10月10日の光度変化を示す。図の縦軸は通常時の光度を平均し、0magとして光度変化をグラフに表している。

10月5日の光度変化

- Bフィルター： 約0.32等級変化
- Vフィルター： 約0.15等級変化
- Rフィルター： 約0.10等級変化
- ピークまでの時間： 約2.4分(B等級)
- 全体の継続時間： 約23分(B等級)

10月10日の光度変化

- Bフィルター： 約0.25等級変化した。
- Vフィルター： 約0.10等級変化した。
- Rフィルター： 約0.05等級変化した。
- ピークまでの時間： 約0.7分(B等級)
- 全体の継続時間： 約6.4分(B等級)

4. 考察

1日2時間から3時間の観測で合計26時間観測を行い、2回のフレアを観測することができた。10月5日は大きなフレアであるが、10月10日も光度変化は少ないがフレアであると考えられる。

2回のフレアの光度変化はB等級の変化が大きく、V等級、R等級の順に変化が小さくなった。このことはフレアが高温度であることを示唆している。10秒露出で観測することができたので、フレア初期の急激な光度変化を観測することができ、1分~2分で最大光度になることが分かった。比較的大きなフレアは20~30分程度で通常光度に戻り、小さなフレアは数分で通常光度に戻ることが分かった。

5. まとめ

11日合計26時間の観測で2回の恒星フレアを観測できた。10秒露出の観測により、フレア初期の急激な光度変化を観測することができた。光度変化はB等級が一番大きくV等級、R等級の順に変化が小さくなることが分かった。

6. 謝辞

群馬県立ぐんま天文台の天文係長・西原英治先生にご指導をいただきました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

7. 参考

- (1) 「フレア星観測のすすめ」前原裕之 (NAOJ/VSOLJ) 変光星観測者会議2022 年集録

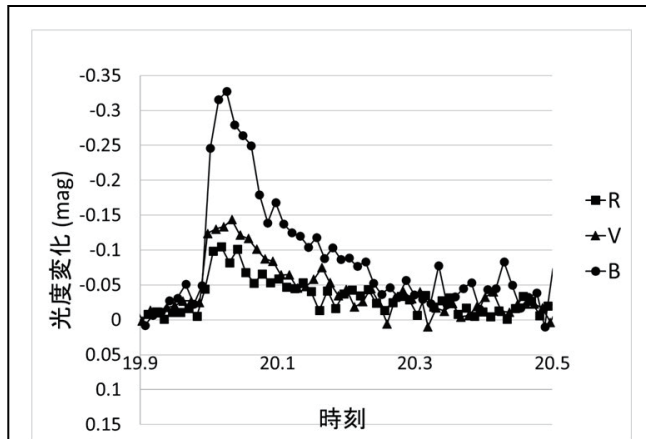


図1 フレア星EV Lacの光度曲線 (10/5)

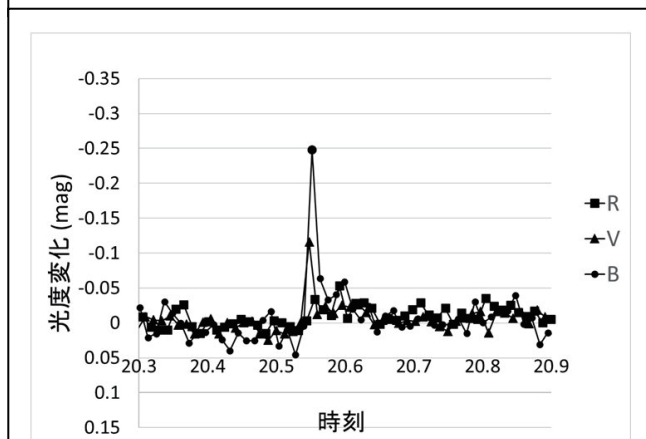


図2 フレア星EV Lacの光度曲線 (10/10)

ブラックホール連星GRS1915+105のまわりの近赤外線偏光マップと星間磁場構造 井口 仁 (高2) 【広島大学附属福山高等学校】

要旨

GRS1915+105とその周辺の星の偏光データをかなた望遠鏡で観測し、ベクトルマップを作成した。偏光度や偏光方位角を分析した結果、星間物質の影響を受ける距離範囲が限定でき、GRS1915+105本体の偏光がそれほど強くないことが示唆された。さらに、特異な偏光を持つ星も観測され、その星の特性の精査が期待される。

1. はじめに

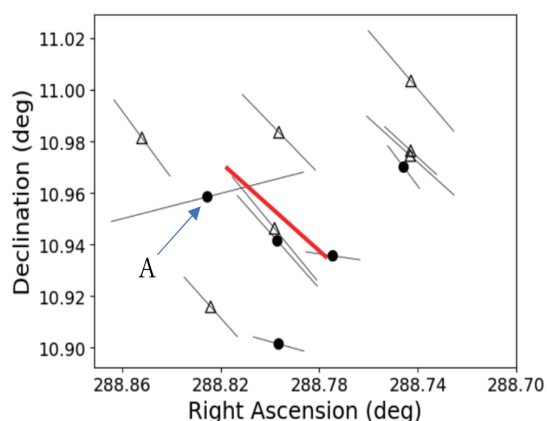
GRS1915+105は、一般的な恒星と太陽の約12倍の質量の恒星質量ブラックホールから成るX線連星であり、可視光では手前の星間雲に遮られて見えないが、近赤外線では透けて見え、その光は偏光していることが知られている [1]。一般に星間雲で減光を受けると星間偏光が加わる。そこで、観測される偏光のうちどの程度がGRS1915+105自体の偏光なのかを評価するため、星間偏光成分を推定することが本研究の目的である。またそれによって周辺の星間磁場の構造を捉えられるほか、特殊な偏光を持つ星が発見できるかもしれない。

2. 研究方法

2023年4月10日に広島大学のかなた望遠鏡で観測したGRS1915+105及びその周辺の星の偏光データから後述する偏光ベクトルマップを作成した。この際、ディザリング観測で得た複数のデータセットから同じ星のものを同定し、平均値を導出した。また、ストークスQ,Uに関しては偏光データの誤差推定に必要な標準偏差も算出した。また、かなた望遠鏡のデータとGaiaカタログの星のデータをマッチングすることで各星の距離を同定し、距離ごとのベクトルマップも作成し、これらのベクトルマップから領域や距離ごとの偏光度、偏光方位角の傾向を分析した。さらに、偏光の時間変動を測定するため、2023年10月23日にもかなた望遠鏡を用いて観測を行った。

3. 研究結果

Gaiaとのマッチングが取れた星は地球から3kpc以内に位置する5つの星のみであった。図1に、GRS1915+105付近の星のベクトルマップを示す。Gaiaとのマッチングが取れた4星(後述のAを除く)の平均は、偏光度1.4%、偏光方位角59°程度である一方、GRS1915+105と同様に可視光が遮られてGaiaとのマッチングが取れなかった7星の平均は、偏光度2.1%、偏光方位角44°であり、後者がGRS1915+105本体の偏光 (2.4%±0.1%, 偏光方位角38°±1°; Imazato et al. 2021)とおおむね一致した。



【図1】得られた偏光ベクトルマップ。丸印と三角印はそれぞれ、Gaiaカタログとマッチングが取れた星とそうでなかった星を表す。線分の長さは偏光度に比例し、線分の向きは偏光方位角を表している。真ん中の太線はGRS1915+105の偏光ベクトルを示す。

4. 考察

Gaiaカタログは可視光で観測できる天体をまとめている。今回マッチングできたのは全て地球から3kpc以内に位置する比較的近傍の星であることから、3kpc程度のところに星間雲があり、より遠方の星の光を遮っていると推測される。そして、ベクトルマップの作成によって、星間雲より遠方にあると考えられる星はGRS1915+105とほぼ同じような偏光を示すことがわかった。このことから、観測された偏光の多くは星間偏光によるものであり、GRS1915+105固有の偏光は、これまで考えられていたほど大きくはないと分析できる。一方、図1中にAで示した星には特異な偏光が観測され、固有の偏光を持つ星だと考えられる。

5. 参考文献

[1] Imazato, F., et al., 2021, ApJ, 916, id114

世界各地の古記録からSN1006を再考する

岡田 結菜 (高2) 【市川高等学校】

要 旨

望遠鏡を用いずに肉眼で確認できた超新星爆発は過去に7回あり、そのうちの3回目の1006年にあった超新星爆発 (SN1006) は史上最大輝星であったと考えられている (作花, 2013)。しかし、明るさ・発生日時・観測期間に様々な見解があり、議論の余地がある。そこで、古記録に残されたSN1006の記録を取りまとめ、その特徴を再考した。

1. はじめに

SN1006についての古記録は南天で起こった現象にも関わらず、北半球の国々で多くの古記録が残されている。その数は約30に及ぶ (Stephenson, 2010) とされている。本研究では、改めて古記録の文献調査を実施し、その数 (表1) や科学的な情報の抽出を試みている。

2. 研究対象

Gardner & Milne (1965) によるとSN1006の残骸 (図1; SNR1006) はオオカミ座β星付近にある。Winkler et al. (2003) は残骸までの距離を約7200光年 (2.18 ± 0.08 kpc) であると示している。SN1006はIa型超新星に分類されることが分かっており (Uchida et al., 2013)、爆発する際の星の質量がほぼ一定であると判断することができるので、絶対等級も $-19.0 \sim -19.3$ 等とほぼ一定となる (Richardson et al., 2002)。そのためSN1006の見かけの等級は $-7.23 \sim -7.69$ 等と求められる。しかし、Uchida et al. (2013) では、SNR1006は重い元素が南東方向に偏って分布していることを明らかにしており (図2)、このことは元の天体が爆発を起こした際に歪んで爆発したことを示唆している。歪んだ爆発をしたのであれば、ある方向に対して明るさの強弱が現れた可能性がある。

3. 結果

表1にある文献調査したすべての古記録を、大まかに統合すると以下のようになる。「SN1006は、世界各地で1006年5月1日から5月12日にオオカミ座とケンタウルス座の領域で初めて観測された。超新星の色は青白で徐々に明るくなり、「火星のようである」や「半月の形のようにである」と例えられている。また、日周運動に従って動き、北半球の各地域では約3ヶ月後には見えなくなった。」

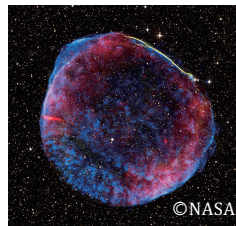


図1 SN1006の残骸画像

表1 SN1006の古記録が残されている国と史料

国・地域	史料数 [冊]	古記録数
日本	2 (12)	2 (25)
中国	3	5
アラブ地域	2	3
イラン	2	2
エジプト	1	1
スイス	1	1
イタリア	1	1
アメリカ*	1	1
合計	13 (23)	16 (39)

史料数：古記録が掲載されている書物の数
古記録数：1日分の記録を1としてカウント
*：アメリカの記録は書物ではなくネイティブアメリカンの壁画
(): 科学的な検証に適さない古記録も含めた数

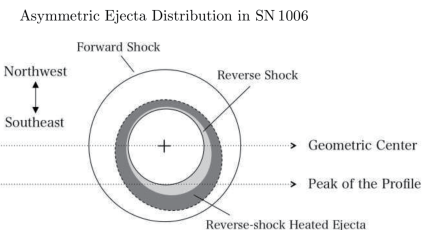


図2 元素分布の模式図 (Uchida et al., 2013)

4. 考察

古記録の統合に際して、明るさや色について明確に書かれたものは少ない。そのため、解釈の仕方では整合性が取れたり、矛盾が生じたりする。例えば、超新星の色も捉え方によっては赤・黄・緑と解釈できてしまう。そこで、本発表では以下の2点について検証を行っている。

1) 『明月記』の「火星のようである (螢惑如)」とは何か

螢惑とは火星のことである。本研究では「火星のようだ」というのは明るさではなく色について述べていると解釈している。当時、陰陽寮では10名の天文生が戌刻と寅刻に定時観測をしていた (向原, 2020)。このことから、午後8時付近か午前4時付近に観測したSN1006について書かれている可能性が高い。午前4時付近の超新星が現れたとされる位置は地平線下であり、SN1006を観測することができない。そのため、戌刻の地平線から昇って間もなくの記録と考えられる。1006年5月は一晩中、南の空で火星を観測することができたため容易にSN1006と火星を比較できたはずである。観測が戌刻であれば地平線上に昇ったばかりで、高くなっても高度8度ほどなのでレイリー散乱の影響で夕陽のように赤く見えたと解釈できるのではないかな。

2) 『宋史』の「半月の形のようにである (状半月如)」とは何か

半月のような明るさだった解釈されることもあるが、「状」は「形」という意味である。SN1006は遙か遠くに位置しているので地上から観測した場合、点で観測されたと考えられる。そのため、半月の形が見えたとは考えにくい。また、後の文章で明るさについて述べている箇所があることから明るさと解釈することにも違和感がある。そこで本研究では光芒の出入りに偏りがあつた (図3) のではないかと解釈した。ただし、光芒の現れ方で半月の形と訳すのは大袈裟すぎるため、今後の実験でLEDを光源として、LEDに何も手を加えない場合とフィルムでLEDの半分を隠した場合を、それぞれ一定距離からカメラで撮影して、光芒の出入りに偏りが現れるかを確認しようと考えている。この解釈ができれば、古記録からも歪んだ爆発を指摘できると考えている。

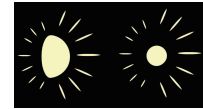


図3 光芒が偏っている様子のイメージ (左) 半月 (右) 超新星

引用文献

Gardner & Milne, 1965, *Astron.J.*, **70**, 754.; 向原, 2020, 黎明館調査研究報告, **32**, 1-13.; 作花, 2013, 恒星社厚生閣, 182p.; Richardson, et al., 2002, *Astrophys.J.*, **123**, 745-752.; Stephenson, 2010, *Astron. & Geophys.*, **51**, 5.27-5.32.; Uchida et al., 2013, *Astrophys.J.*, **771**, 1-10.; Winkler et al., 2003, *Astrophys.J.*, **585**, 324-335.

水星の外核の半径の推定～磁場の大きさと外核の速度を用いた検証に基づく～

後藤 稜弥 (高2) 【大阪府立北野高等学校】

要 旨

本研究では、惑星の磁場が外核に存在する自由電子の運動によって生じているという事実を用いて水星の外核の半径を推定した。その際に、既に構造が明らかになっている地球の内部構造と比較を行った。

1. 研究の背景

惑星には、外核という磁場を生み出す源となっている高温・高圧の液体の層が存在する。その外核が磁場を生み出すメカニズムはアンペールの法則であり、電子が運動することで磁界が生まれている。そのように考えたときに、惑星は内部の電子運動によって生じる電流と磁場との相関があるのではないだろうかと考え、この研究を開始した。

2. 方法

今回は地球型惑星で固有磁場を十分に保持している水星と地球の比較を行うことで水星の外核の半径を推定した。そのとき、地球も水星も内部の物質は鉄やニッケルなどであるため、同じ構成物質であるとみなした。

今回使った公式

1. $I = envS$ (I =電流の大きさ[A], e =電子1個の電気量[C/個], n =自由電子の単位面積あたりの個数[個/ km^2], v =自由電子の平均速度[km/h], S =導体の断面積[km^2])

2. $H = I/2r$ (H =磁場の大きさ[A/km], I =電流の大きさ[A], r =円形電流の半径[km])

この2つの公式から $H = envS/2r$ が算出される。よって、外核の半径は円形電流の半径と一致するため r [km]となる。そのため、 r 以外の変数が求まれば、半径についての方程式を立てることが可能である。

また、図1のように惑星表面での磁場、自転速度、惑星の半径をそれぞれ

H [A/km], V [km/h], R [km]とする。また、外核付近での磁場、外核の回転速度、外核の半径をそれぞれ h [A/km], v [km/h], r [km]とする。また、外核の密度を ρ [g/cm³]とする。このとき速度は $V : v = R : r$ であるので、 $v = (r/R) \cdot V$ である。導体の面積 S は外核を円とみなしたときの円の面積の半分、つまり $S = \pi r^2/2$ である。自由電子の個数 n は半径 r の外核の(体積×密度)の定数倍であるため $n = 4\pi r^3/3 \cdot \rho \cdot \alpha$ (α は定数)。磁場の大きさは距離の3乗に反比例するので $h = H \cdot (R-r)^3 \cdot \beta$ (β は定数)。このことから $h = envS/2r$ は次のように変形することが可能である。

$$H \cdot (R-r)^3 \cdot \beta = envS/2r = \{e(4\pi r^3/3 \cdot \rho \cdot \alpha) \cdot (r/R) \cdot V \cdot (\pi r^2/2)\} / (2r) = \alpha e \pi^2 \rho r^5 V / 3R \Leftrightarrow \alpha / \beta = 3HR(R-r)^3 / e \pi^2 \rho r^5 V$$

表1のデータの値を代入する。

I.地球のデータから定数 α / β の値を求める。ここでは $\alpha / \beta = k$ とする。

II.この定数 k を用いて水星の r についての五次方程式を立てる。

$$a_1 r^5 + a_2 r^4 + a_3 r^3 + a_4 r^2 + a_5 r + a_6 = 0 \quad (a_1=1, a_2=0,$$

$$a_3=2.1736 \times 10^7, a_4=-1.5910 \times 10^{11},$$

$$a_5=3.8822 \times 10^{14}, a_6=-3.1575 \times 10^{17})$$

る。

表1 水星と地球のデータ

	惑星の半径 R[km]	外核の半径 r[km]	自転速度 V[km/h]	表面磁場 B[nT]	表面磁場 H[A/km]	密度 ρ [g/cm ³]
地球	6371	3478	1574	30600	24351.4	10
水星	2440	求める値	10.83	195	155.181	3.43

これを解くと $r = 2.06 \times 10^3$ [km] つまり、水星の外核の半径がおおよそ 2060km である。

3. 議論

現在の提唱としては水星の外核の半径はおおよそ 1800 km であるとされている。今回の結果を踏まえると、今回の結果の値 2.06×10^3 km がある程度正しいことがわかる。また、水星が確かな固有磁場を保有する理由には、1.惑星に占める外核の半径が大きいため核に自由電子を多く含み、電流が生じやすいこと、2.自転速度が速いために電子の回転する速度が速いこと、が挙げられると考えた。今回は地磁気逆転等の考慮をしていないので、その点がこれからの展望である。

(参考文献)[1]NASA Solar System Sizes <https://science.nasa.gov/resource/solar-system-sizes/>

[2]NOAA Planet Rotations <https://sos.noaa.gov/catalog/datasets/planet-rotations/>

[3]ScienceDirect Planetary Magnetic Field <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/planetary-magnetic-field>

[4]ScienceDirect Core mantle boundary topography from short period PcP, PKP, and PKKP data <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031920102002042>

[5]AGU Journals Mercury's Interior Structure Constrained by Density and P-wave Velocity Measurements of Liquid Fe-Si-C Alloys

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020JE006651>

[6]神奈川県立 生命の星・地球博物館 地球のからくり <https://nh.kanagawa-museum.jp/kenkyu/epacs/museum/3b03.htm>

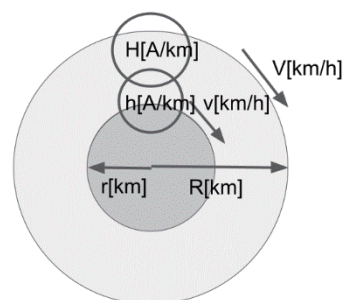


図1 惑星の内部構造

惑星の表面で起こる気象現象の撮影と表面現象の考察～木星を中心に～

サイエンス部2年天文班：

市来 悠希、樽見 廻、南 大貴、末山 大聖、田畑 翔和（高2）【鹿児島県立国分高等学校】

要 旨

木星では一昨年と今年、閃光現象が日本で観測されている。私達は、そのことに興味を持ち、木星と土星を撮影して閃光現象の検出に挑戦した。また大赤斑も撮影して考察を行った。

1. はじめに

京都大学の観測チームが一昨年、民生品を用いた自動観測で、木星表面に起こった閃光現象を撮影することに成功した。観測に用いた機材は学校の望遠鏡よりも少し大きめの反射望遠鏡なので、自分達でも閃光現象の撮影が出来ると考え、木星・土星を中心に撮影を始めた。

2. 研究方法

1) 観測に使用した機材

鏡筒：CELESTRON C8 XLT（口径203mm,焦点距離2032mm）,赤道儀：EM200TemmaPC-Jr.,カメラ：Player One Mars-C
拡大レンズ：タカハシ2倍バローレンズ,フィルター：ZWO UV/IRカットフィルター
GPS受信機：HiLetgo VK172 G-Mouse USB GPS/GLONASS USB GPSレシーバー

2) 方法

鏡筒に2倍バローレンズを介してカメラを接続し、カメラはノートPCに接続する。撮影は動画で行い、そのデータはHDDに保存する。パソコン上でソフトSharpCapを起動して撮影する。Exposureで1コマあたりのカメラの露出時間、Gainで画像の解像度を選択しつつ、惑星のピントを合わせる。撮影する動画について、撮影時間または静止画の枚数を決めて撮影を開始する。撮影後の画像処理を考慮して、撮影時間35秒・静止画枚数2000枚程度に調整。

撮影後動画データをAutoStakkert!でスタックを行った。スタック処理後の画像は、まだ大気の揺らぎに由来する像のボケが残るため、RegiStax6を用いてシャープな惑星写真を完成させた(ウェーブレット処理)。

3. 観測結果

1) 気象現象の撮影について

昨年度から撮影を継続しているが、今年度導入したUV/IRカットフィルターにより、惑星画像の鮮明度が向上して、多くの模様を捉えることが出来た。大赤斑の撮影にも成功した(図)。しかしながら、月惑星研究会の画像に比べるとまだ鮮明度が不足している。

2) 閃光現象について

観測できていない。今年8月29日1時45分(日本時間)に木星表面で、小天体の衝突に伴うと推定される閃光現象が発生し、国内のアマチュア天文家が撮影に成功しているが、我々は観測していなかった。土星についても同様に閃光現象を探したが発見できていない。

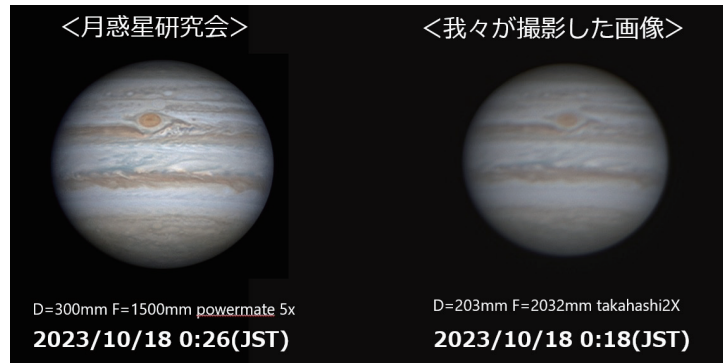


図 撮影した木星画像の比較

4. 考察

大赤斑の撮影に成功し、その長径を計測したところ12.4°だった。また堀川(2015)によると今回観測した大赤斑の形状はType-1であり、また縮小傾向の様子を確認することができた。また、大赤斑の移動から木星の自転周期を9時間36分と推定した。

5. まとめ

木星と土星の撮影を主とした観測を行った。特に木星については昨年度よりも画像の鮮明度が向上した。大赤斑の観測にも成功し、その形状や大きさから大赤斑の縮小傾向を捉えた。大赤斑の動きから木星の自転周期を求めた。また木星と土星について閃光現象の検出を試みているがまだ発見出来ていない。

6. 参考文献

- ・天文アマチュアのための天体観測の教科書 惑星観測 [編] 誠文堂新光社
- ・堀川邦昭(2015)眼視による木星面模様の位置測定について 天文月報(2015年)Vol.108, no3
- ・天文年鑑 2023年版 誠文堂新光社

分光観測による木星大気の組成の研究II~観測技術の向上を目指して~

地学部：塚原 夏海、西形 ひより、武内 円花、高柳 芽幸（高2）、作山 一葵、真庭 一樹、
中山 智寛、星野 心大朗、前中 銀河（高1）【埼玉県立浦和西高等学校】

要 旨

木星の縞模様に対応するスペクトルの差の検出を試みた。二次スペクトルの影響を除外するために短波長側をカットして撮像した画像にも縞模様が確認できたので、縞について緯度毎に解析を行った。その結果、メタンバンドに相当すると思われる吸収帯は見られたが、緯度毎のスペクトルの明確な差の検出には至らなかった。

1. 本年度の研究

ここ数年、本校地学部は木星の緯度毎のスペクトルの比較に取り組んでいる。2020年度はメタンの吸収帯等が不明瞭で、明確な差は見出せなかった¹⁾。その際、メタンの吸収帯付近に可視光の二次スペクトルが影響している可能性があったため、2021年度は二次スペクトルの除去に最適なフィルターを選定した。それに加えて、昨年度はスリット部分を直接視認できるスリットビューワを導入し、以前より精度が高い撮像が可能になったが、シーイングの影響が大きかったために縞模様と思われる濃淡の違いが見つけられなかった。これらを踏まえて、本年度は良好なシーイングで露出時間を切り詰め撮像を行った。また、ジュラルミン板を用いて接続部品の支持を強化した。そして再度、木星の緯度毎のスペクトルの比較を試みた。

2. 観測について

- (1) 観測期間:2023年12月8日~(継続中)
- (2) 観測場所:本校屋上
- (3) おもな観測機材(図1):望遠鏡(VixenFL-102)、R1フィルター(Kenko)、分光器(VEGA昭和機械製作所)、スリットビューワ(昭和機械製作所)、冷却 CCD カメラ(ATIK TITAN)



図1 主な使用機材.

(4) 使用ソフト

撮像:Artemis Capture
画像処理:Makali`i Stella Image9
解析:Makali`I、Microsoft Excel

3. 撮像および解析方法

(1)撮像にあたって木星の縞とスリットが直交し、かつ木星の中央部にあたるように機材を調節し、その状態で30枚撮像した。また波長付けのための画像として対物レンズ側にネオンランプを配置し、木星とNeのスペクトルが重なった画像も同様に30枚撮像した。それぞれの画像にダーク処理を、Neを入れない画像にのみスカイ処理を施した。この時、Ne入りの画像は30枚で加算平均を行っているが、本予稿の段階では、Ne無しの画像は加算平均を行わずに良像1枚を用いている(図2)。

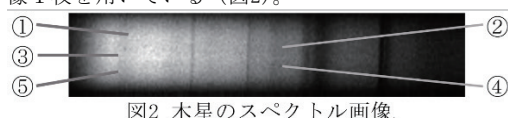


図2 木星のスペクトル画像

(2)図2の画像から木星の比較的明瞭な縞模様に対応すると思われる明部及び暗部について、図2の上部より①明部Ⅰ、②暗部Ⅰ、③明部Ⅱ、④暗部Ⅱ、⑤明部Ⅲとし、それぞれのほぼ中央の緯度のスペク

トルについて、カウント値を①~⑤のスペクトル中の最大値で割り、最大カウント値を1としてグラフ化した。この時、カウント値を輝度値とし、また、理科年表を参照してNe入りの画像からNeの輝線の位置を求め、そこからピクセル値と波長の関係を求め、ピクセル値を波長に変換した(図3、図4)。

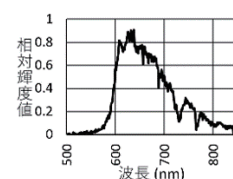


図3 明部Ⅱの
スペクトルグラフ

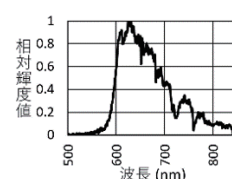


図4 暗部Ⅰの
スペクトルグラフ

4. 解析結果・考察

数年来取り組んできた木星の分光観測であるが、今年度の観測で、R1フィルターによって二次スペクトルの影響を除いたスペクトル画像において、木星の縞模様を反映していると思われる画像を、はじめて得ることができた。以前までそれが撮影できなかったのは、R1フィルターを光路に入れると、適正露出とするために露出時間を長くしていた関係で、撮像時のシーイングが大きく影響し画像の濃淡が平均化されてしまったからだと思われる。

また、図3、4を含む①~⑤のすべてのスペクトルにおいて、メタンバンドを含む700nmより長波長側の波長域の輝度値に、大きな差は見られなかった。よってこの波長域は、明暗の差には影響していないと考えられる。

5. 今後の課題

現段階では太陽光由来の要素についてデータ処理等を行っていない。口頭およびポスター発表に向けて、それらの点を含めて検討を続けたい。

6. 参考文献

- 1)木星スペクトルにおける緯度による差の検出[守屋佑真、関延凌、田尻尚大、脇谷悠、(埼玉県立浦和西高等学校)、日本天文学会ジュニアセッション(2021)35S]
- 2)木星のスペクトル撮像における二次スペクトルの影響の軽減について[脇谷悠、田尻尚大、井上晴人、桑本夏向、杉本遥菜、(埼玉県立浦和西高等学校)、日本天文学会ジュニアセッション(2022)26T]
- 3)分光観測による木星大気の組成の研究 [杉本遥菜、井上晴人、青木小夏、木部大晟、高野こころ、高柳芽幸、塚原夏海、西形ひより、原都磨、(埼玉県立浦和西高等学校)、日本天文学会ジュニアセッション(2023)22T]
- 4)理科年表 国立天文台編(2023)

木星の分光観測による物質濃集の解析

もし天2023 HAS計画班：

市川 まどか（高2）【四天王寺高等学校】、中野 響（中5）【仙台市立仙台青陵中等教育学校】、
フィゲロア ビクトル龍馬（高2）【修道高等学校】、山田 梨紗（高1）【南山高等学校】

1. 要旨

本研究では、木星の縞模様は緯度ごとによる物質分布の偏りが原因であるという仮説を立て、それを木星大気の緯度、経度ごとによる分光観測を行うことで検証した。スペクトルを解析した結果、メタン、アンモニアが極域に集中しており、さらにアンモニアの物質分布が北緯15度付近で減少していることが分かった。

2. 研究背景・目的

木星大気の特徴として緯度方向にはっきりと色の分かれた縞と帯の存在が挙げられる。しかし、先行研究は大気の熱収支や圧力・気温分布など鉛直方向の構造に着目したものがほとんどであった[1]。

よって今回私たちは木星の縞模様は緯度ごとに物質分布が偏ることによって生まれたという仮説を立て、緯度方向の大気成分の分布を観測で実証しようと考えた。

3. 研究方法

可視域低分散分光器を用いて1.35"のスリットを木星(視直径47")に当て、積分時間20秒で分光観測した。

スリットを当てた位置は緯経方向の中心から0"、6"、12"、20"離れた位置の8箇所である(図1)。スリットを当てる位置は、木星の縞や帯に緯線方向のスリットが合うように決定した。

得られたデータに1次処理、2次処理を施したのち、木星由来の吸収線の波長を同定し、緯度ごとに規格化した。

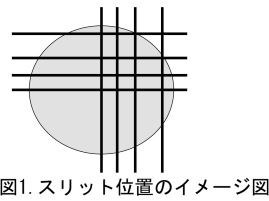


図1. スリット位置のイメージ図

4. 観測

2023年12月24日、仙台市天文台のひとみ望遠鏡を用いて木星とスペクトル標準星(B型)の分光観測を行った。

5. 結果

観測で得られたスペクトルデータ(図2)から、木星大気由来の吸収線、近辺に別の吸収線がないものを選別する。まず、フラウンホーファー線と標準星スペクトルを参考にして太陽大気由来の吸収線と地球大気由来の吸収線を同定した。次に先行研究[2]を参考にメタン吸収線とアンモニア吸収線の同定を行った。以上の結果、測定に適したデータは6193 Å付近のメタン吸収線と6497 Å付近のアンモニア吸収線であることが分かった。

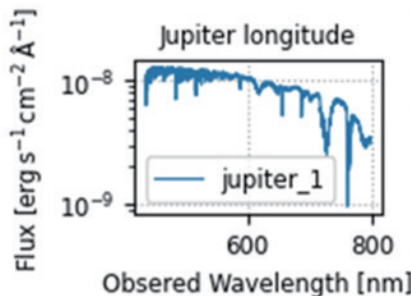


図2. 二次処理済みスペクトルデータ

吸収線強度を測定する際に以下の2点を仮定して計算を行う。

- ・吸収線強度は、物質通過前のスペクトルと通過後のスペクトルとの差の面積で表せる(図3参照)。
- ・入射スペクトルは



図3. 吸収線スペクトル(実線)と推定入射スペクトル(破線)

吸収線両端を結んだ線分で近似できる。

しかし、緯度によって入射する太陽光のエネルギーは異なるため、上記のように算出した吸収線強度を単純比較することはできない。ここでさらに、

- ・木星大気の成分は東西方向に均等であると仮定すれば、[スリット位置が緯度xのスペクトル]÷[スリット位置が経度xのスペクトル]で、緯度方向の物質分布について議論することができる(図4)。

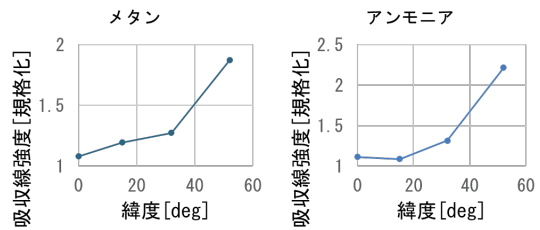


図4. 緯度ごとの吸収線強度

6. 考察

メタンの吸収線強度は赤道から極域に向かって単調増加していることから、メタンは極域で集中していると予想できる。アンモニアの吸収線強度にもメタンと同じく極域に集中する傾向が見られたが、アンモニアに関しては、北緯15度付近の縞で吸収が少なくなっているため、縞に濃集しにくい傾向もあると考えた。

先行研究[3]では可視光観測よりも35kmほど下層のアンモニア量を測定しているが、私たちと同じく北緯15度付近の縞のアンモニア量は他の領域よりも少ないという結果を出している。よって、大気中のアンモニア量は鉛直方向だけでなく緯度方向にも偏っているといえる。

濃集の原因として、アンモニアの分布と木星の縞模様に関係があることが予想できる。また、メタンとアンモニアの両方が極に集中していることから、自転や熱勾配による恒常風も濃集に関連しているのではないかと考えられる。

7. 結論

今回の観測により、木星の物質分布に関してメタンとアンモニアが極域に集中しており、さらにアンモニア量が北緯15度付近の縞で減少していることが分かった。

本研究に際し、もし天2023の皆様には多大なるご助力を賜りました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

参考文献

- [1]"Jupiter" edited by Fran Baganell, Timothy Dowling, and William McKinnon
- [2] Sato, M., Hansen, J. E., 1979, JAtS, 36, 1133-1167
- [3] Doriann, B., et al., Icar, 314, 106-120

太陽光と土星の光の吸収線比較

竹原 夏帆 (高2)、清水 穂華、長島 佑莉 (高1) 【横浜市立戸塚高等学校】

・ 要旨

土星は太陽の光を反射して輝いている。太陽光と土星の吸収線の強度を比較することで太陽と土星、2つの天体の大気の構成元素の違いを調べられるのではないかと思います、分光観測を行った。

・ 目的

太陽光(直接光)と土星の光(太陽の反射光)の吸収線を比較することにより土星の大気の構成元素を確認する。

・ 観測方法

太陽と土星を冷却CCDカメラと分光器(図1)を用いて撮影する。

(土星は本校の口径35cmニュートン式反射望遠鏡で撮影)

この時、太陽と土星の高度が同じになるような時間帯

(太陽: 2023年8月24日 17時30分 高度 9° 、

土星: 2023年8月24日 19時50分、高度 14°)で撮影を行った。

・ 結果

撮影した画像をすばる画像解析ソフトMakali'iを使って解析した結果、図2、図3のようなグラフが得られた。

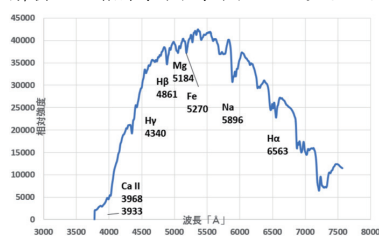


図2 太陽のスペクトル

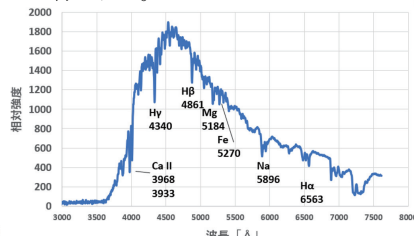


図3 土星のスペクトル

得られた結果をもとに、吸収量を比較するためエクセルを使って連続成分のカウント値を1にして吸収線の最下点との差を求めた(例としてH γ 、図4と図5)。ここでは各元素の吸収線の波長ごとに表1に記入している。

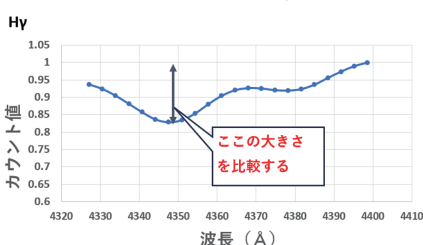


図4 太陽におけるH γ の吸収線の深さ

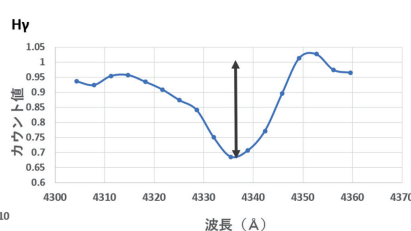


図5 土星におけるH γ の吸収線の深さ

表1 元素と吸収線の最下点

元素	波長[Å]	太陽	土星	差
H α	6563	0.116955	0.220649	0.103694
H β	4861	0.09391	0.163438	0.069528
H γ	4340	0.139952	0.264791	0.124839
Na	5896	0.168354	0.288435	0.120081
Mg	5184	0.066102	0.138199	0.072097
Ca II a	3933	0.0776	0.52786	0.45026
Ca II b	3968	0.14065	0.52695	0.3863
Fe	5270	0.071054	0.114736	0.043682

太陽と土星の大気中の割合を示す表1より2つの天体の値を比較した結果、土星の吸収線の深さが深いため、吸収線として検出された元素のすべてが土星の大気中にあると確認できた。

吸収線の深さの差を比較するとH γ では約2倍であった。CaIIでは約6.8倍の差があった。Feでは約1.6倍の差があったなど元素によって差があることが分かった。Hは文献と観測結果はほとんど合致していると思われる。CaIIは大気成分として文献には記載されていないが、本研究では観測された。

・ 予想と結果の比較

本来ならば得られたはずのCH $_4$ 、He等の吸収線が得られなかった。土星にはNH $_3$ が含まれているが表れなかったので観測、解析の方法に改善の余地があるのではないかと思います。また、今回は連続成分のカウント値を1にして吸収線の最下点と差を求めた。今後は本来の方法である、グラフの最下点からの面積を求め、データの正確性を高めていきたい。

・ 参考文献

著:John A. Eddy 「A New Sun: The Solar」 1979年



図1 観測機器

スペクトルから惑星大気の成分分析と色の考察

自然科学部天文班：

中井 翔一朗（高2）【兵庫県立大学附属高等学校】

要旨

1. はじめに

私たちは昨年まで太陽のスペクトルを高度を変えて観測し地球大気による吸収線の研究を行っていた。本年度は、今までの先輩方のノウハウを引き継ぎつつ、新たに惑星の大気のスペクトルを観測し惑星大気の成分を分析する研究を行うことにした。

2. 目的

本研究の目的は、可視光に吸収のある木星・土星・天王星・海王星の4惑星について、先行研究であるジュニアセッションの発表を参考にさらに深く惑星大気の成分について研究することである。

3. 観測について

分光観測は2023年11月3日夜に、岡山県の美星天文台で、101cm反射望遠鏡と分光器を用いて木星・土星・天王星・海王星の4惑星について行った。撮影した波長は可視光付近の3900~8000オングストロームである。また、比較のためにその惑星の周りの衛星や太陽とよく似たスペクトルの恒星も撮影した。波長を較正するための光源にはドーム内を照らす蛍光灯を用いた。

4. 解析について

スペクトル画像は「マカリ」を用いてバイアスとフラット処理など一次処理を行った。その後、「BeSpec」でスペクトル画像をスペクトルデータに直し、蛍光灯のスペクトルデータで波長同定して、グラフを作成した。このとき、同時に撮影した比較星についてもグラフを作成し、エクセルを使って次の4つについて較正した。①地球大気の吸収②観測高度によるスペクトル変化③太陽光の色④望遠鏡と分光器の特性 また、研究者が求めた惑星の反射率を基に観測したスペクトルデータを較正した。

5. 結果

図1は較正したデータを1つのグラフにしたもの、図2は土星を分光観測している写真である。図1よりガス型惑星である木星・土星と氷ガス型惑星である天王星・海王星では大気の吸収量や吸収線の数が異なっている。また、天王星・海王星は赤い波長がほとんど吸収されている。太陽の光自体を100%とすると、どの惑星も反射率50%前後となっている。そして、メタン・アンモニアで比較した場合、全体的にメタンの吸収の方が深くなっている。

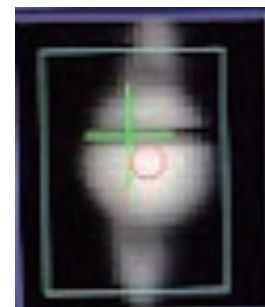
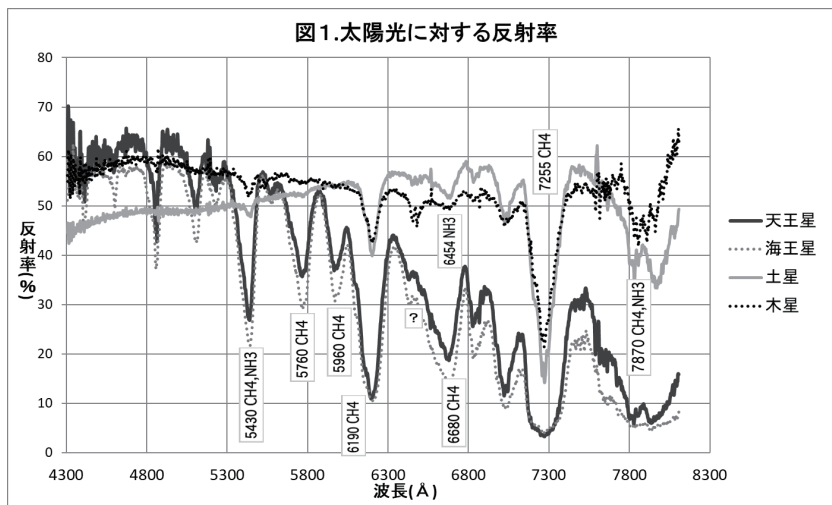


図2. 観測時の土星

6. 考察

土星は6000 Å以下で木星より10%ほど反射率が低くなっているが、これは較正のための参照星に土星は土星の環を用いて、木星はエウロパを用いたため、エウロパ本体のスペクトルが影響した可能性がある。

メタンやアンモニアの吸収は氷ガス型惑星の方が多く深いのは、氷ガス型惑星の大気にメタンとアンモニアが多いからか、太陽からの距離が遠く温度が低いからだと推測される。

また、ガス型惑星と氷ガス型惑星を比較した場合、15%程度氷ガス型惑星の方が吸収が深くなっていて、海王星と天王星を比較すると、特に6000 Å程度でおよそ6~7%海王星の方が吸収が深い。

このことは可視光観測での氷ガス型惑星のほうがガス型惑星より青く、海王星のほうが天王星より青いという事実と一致する。

7. 参考文献

Stellar Spectroscopy — Eden Astronomical Observatory (2023年12月20日)

惑星大気の成分分析 奈良県立青翔高等学校 2016年日本天文学会ジュニアセッション(2023年11月1日)

memo

表紙写真の説明

土星環の傾きの変化

土星環は土星の赤道面にある。土星における春分・秋分には、太陽が赤道面に位置するため、環の真横から光が当たることになり環は見えなくなる。また、地球から環を真横に見るタイミングでも環は見えない。これが土星の環の消失だ。2025年の環の消失に向けて、環の傾きがどんどん小さくなっていく様子にこれから注目していきたい。（クレジット：国立天文台）

撮影データ

国立天文台 50センチ公開望遠鏡、テレビュー パワーメイト 2x、ADC、
UV/IR カットフィルター、撮影・画像処理 長山省吾

上：2020年8月15日 22:45(JST)、

カメラ

: ZWO ASI 290MC、

総露出時間 14分

下：2023年8月24日 23:46(JST)、

カメラ

: ZWO ASI 462MC、

総露出時間 10分

ジュニアセッション実行委員会・世話人

実行委員 山村 一誠（実行委員長）、石川 直美、大西 浩次、小倉 和幸、篠原 秀雄
世話人 浅見 奈緒子、飯塚 亮、石田 光宏、小野 智子、小野間 史樹、鈴木 文二、
田中 里佳、内藤 博之、永井 智哉、西村 昌能、檜木 梨花子、船越 浩海、
松本 直記、山岡 均、山田 隆文、吉川 真（五十音順）

誌面構成 中田 彩子 印刷 株式会社 明友社

日本天文学会では、天文学辞典をオンラインで公開
しています。みなさんの研究成果を発表する際に、
ぜひご活用ください。

<https://astro-dic.jp/>

天文学辞典

