

日本天文学会 2025 年春季年会

第 27 回 ジュニアセッション予稿集

2025 年 3 月 20 日

日本天文学会 第 27 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会
山村一誠

高校生・中学生が、プロの研究者の集まりである学会で研究発表を行う日本天文学会ジュニアセッションは、2000年に始まり今回で27回目を迎えます。この間参加者数・発表数も変遷し、最近では毎回約60件前後の発表があります。実は、一つのセッションとしては、日本天文学会年会の中では一番参加者の多いセッションです。今年も63件の発表が予定されており、活発な議論が行われることを期待しています。

発表の内容も、年によって変化しています。最近ではプロの研究者が直接生徒さんを指導する機会が増え、またネットワークの発展により最先端の観測データを誰でも利用できるようになり、プロ顔負けの専門的な研究発表を行うグループも増えてきました。一方で、長い歴史を持つ学校の部活の中で蓄積されたデータを用いた研究、また学校の有志による初めての発表など、今年もさまざまな研究スタイル、動機に基づく発表が集まっています。

天文学は、人類最古の学問の一つです。古代、農耕のために暦を正確に把握するという要求に始まり、さらに占星術のために天体の位置を正確に予言するために研究が進み、それが万有引力の発見につながりました。また星の輝きは、分子、元素、そして原子核反応の理解の進展と密接に関わっています。時代時代で研究の背景や目的、研究手法は違えど、天文学の長い歴史に共通するのは、宇宙をしっかりと観察し、そこから論理的な説明を導く努力、そしてそれを他者との議論を通じて普遍的な知として磨き上げていく活動です。

ジュニアセッションで行われる様々な研究発表についても、その根底は同じであるべきであると考えます。「本に書いてあるから」「ネットで見たから」ではなく、データを基に、あるいは自由に発想した仮定から、論理的に考察し、得られた結論を客観的に検証すること、またそれを他者と議論して理解を共通化しようとする努力。これらは、研究のみならず、皆さんが将来関わっていく社会で重要なスキルとなっていきます。これを、天文学研究を通じて学んでいただく機会となるように願い、我々はジュニアセッションを運営しています。

今日一日の議論を通じて、「楽しかった」だけでなく「知らないことが悔しかった」「もっともっと研究したくなった」という気持ちを獲得してもらえれば、運営に携わるものとしてこれ以上の喜びはありません。

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 2025 年春季年会

第 27 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】 : 2025 年 3 月 20 日 (木・祝) 9:30~11:23、13:30~15:10
会場：水戸市民会館 + オンライン

【ポスターセッション】: 2025 年 3 月 20 日 (木・祝) 11:23~13:30、15:10~16:30
ポスター会場：水戸市民会館

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/qGPSzTuLEToTBrSZ8>



【2025 年 3 月 20 日 (木・祝) 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：濤崎 智佳 (上越教育大学)、西 健一郎 (鹿児島県立国分高等学校)

A 星空環境	: 01、03	9:45~ 9:53
B 位置天文	: 06、07	9:53~10:01
C 太陽・月・惑星	: 09、11、13、14、15	10:01~10:21
D 彗星・流星・小惑星	: 18、19、20、21	10:21~10:37
E 装置・観測方法・宇宙開発	: 23、25、26、29、30、32	10:37~11:01
F その他	: 33、34、36	11:01~11:13
I 分講演 (04、05、08、10、12、17、24、28、31、47)		11:13~11:23

11:23~13:30 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：鳥羽 儀樹 (国立天文台)、布施 亮平 (駿台学園高等学校)

G タイセッション	: 37、38、39、40、41、42	13:30~13:54
H 恒星	: 43、44、45、46、48、49、50、51、52	13:54~14:30
I 星雲	: 53、54、55	14:30~14:42
J 銀河・宇宙論	: 56、58、59、60、61、62、63	14:42~15:10

15:10~16:30 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 星空環境 *Dark Skies*

- 01T** 太陽像を用いたシーイングの測定 10
科学探究部天文班：栗飯原 凛久、富永 光葉、星川 祥太郎、矢代 優空（高2）【東京都立富士高等学校】、
落合 咲輝（中3）【東京都立富士高等学校附属中学校】
- 02P** 気象条件による UVB 量の変化についての考察 11
金井 美樹、市ノ川 星来、内山 大地（高2）、相原 和奈、関口 莉央、小泉 凛桜、廣澤 美佳莉、植松 もも、
鈴木 莉心（高1）【星野高等学校】
- 03T** SB プロジェクト 高高度気球による成層圏での気象データ収集の試み 12
愛知県立旭丘高等学校 天文部 SB Project：
山田 真寛、春日井 敬之、水越 大聖、大内 碧貴（高2）、傍嶋 隆太郎（高3）【愛知県立旭丘高等学校】
- 04S** 光害の可視化 ～街明かりが夜空に与える影響～ 13
東京都立立川高等学校 天文気象部：安藤 悠貴、古川 更紗、小林 彩波（高2）、
森田 幸香、中村 桃子、古都 紗妃（高3）【東京都立立川高等学校】
- 05S** とめなくちゃ、光害 ～夜空は暗く、未来は明るく～ 14
舛田 桜、上中 玲実、上山 楓葉、奥田 悠愛（高2）【奈良県立青翔高等学校】

B 位置天文 *Astrometry*

- 06T** シミュレーションによる小惑星衝突から地球を守る方法の考案 15
菊池 亮汰、酒田 優斗、鈴木 蕾太、田山 阿太郎、林 彩那（高2）【茨城県立日立第一高等学校】
- 07T** あの星までは何 km？ ～年周視差で近傍星ラランド 21185 との距離を測る～ 16
科学部地学班：
林 あい、刀根 佳子（高2）【福岡工業大学附属城東高等学校】

C 太陽・月・惑星 *The Sun / Moon / Planets*

- 08S** 黒点相対数と蝶形図からサイクル 25 を探る 17
天文気象部：河村 早苗、八木下 凱（高2）【東京都立立川高等学校】
- 09T** 黒点移動速度と大きさの関係 ～太陽の差動回転の観測～ 18
理科部地学班：田沼 峻、大沼 樹（高2）【早稲田大学高等学院】
- 10S** 太陽表面現象の温度分析 19
國學院大學栃木中学校天文部：秋山 奏佑、町田 菜々子（中2）【國學院大學栃木中学校】
- 11T** 月の陸と海のスペクトル分析 20
國學院大學栃木高等学校天文部：中居 健剛、安野 隆也（高1）【國學院大學栃木高等学校】

T：講演（3分間）
S：講演（1分間）
質疑（1分間）はまとめて行います。
P：ポスターのみ

12S 木星・土星の表面で起こる現象の記録とその考察 II	21
サイエンス部1年天文惑星観測班： 上村 瑞樹、上村 海空、竹井 ゆきな、西 愛実、花木 愛彩（高1）【鹿児島県立国分高等学校】	
13T メタンバンド画像で明かす木星表層部	22
地学部：真庭 一樹、作山 一葵、星野 心大朗、中山 智寛、前中 銀河（高2）、西牧 佑恭、櫻井 遥、 角田 篤哉、山本 琥太郎、滝村 史緒、吉田 十彩、尾形 紬希（高1）【埼玉県立浦和西高等学校】	
14T スペクトルによる惑星の表面大気組成検証	23
戸塚高等学校天文部：清水 穂華（高2）、新井 悠太、横井 綾羽（高1）【横浜市立戸塚高等学校】	
15T 微惑星集積過程における固体惑星自転の決定	24
名取 修、高保 翔太、窪田 瑞樹（高2）【北杜市立甲陵高等学校】	

D 彗星・流星・小惑星 *Comets / Meteors / Asteroids*

16P 彗星の周期を求め比較する	25
細谷 蒼天、昆 承太郎（高1）【東北学院榴ヶ岡高等学校】	
17S 紫金山・アトラス彗星のデジタルカメラ画像の解析	26
安彦 青空、樋口 舞、磯部 一貴、岩佐 レン、新海 秀彬、鈴木 春、麻田 実（高2）、 関根 菜々美、大島 絵里、加藤 千翔、瀧高 みこと、渡邊 梨央、岩佐 健良、川村 楓、高島 結香（高1） 【駿台学園高等学校】	
18T 流星電波観測による流星群の解析	27
泉 佑樹、矢島 稜大、的場 圭佑、平尾 優季、北川 総士、国友 大暉（高2）【慶應義塾高等学校】	
19T 流星の自動観測装置の製作と流星群の分析	28
天文気象部：水澤 資人、西 梨杏、大谷 勇人、奥出 理人、村田 圭総（高2）【東京都立立川高等学校】	
20T 石垣島天文台むりかぶし望遠鏡による未同定小惑星の探索	29
美ら星研究体験隊2024 むりかぶし班： 足立 衛希（高1）【白陵高等学校】、大塚 蔵人（高1）【東京都立片倉高等学校】、 坂口 このみ（高1）【九州産業大学付属九州産業高等学校】、佐藤 希望（高2相当）【所属なし】、 志村 瑛美（高2）【東京都立新宿山吹高等学校】、長田 知樹（高1）【灘高等学校】、 永島 大夢（高3）【千葉県立木更津高等学校】、早川 直志（高2）【海城高等学校】、 藤尾 和澄（高1）【大阪星光学院高等学校】	
21T 掩蔽観測の結果と今後の方針	30
兵庫県立小野高等学校天文部： 近田 煌貴、井上 凜太郎、菅野 臣、西村 優那、正木 僚一、後藤 叶一（高1）【兵庫県立小野高等学校】	
22P 小惑星による恒星食を利用した小惑星の形状の解明	31
小惑星による恒星食班：西田 珂凜、一政 志道（高2）【宮崎県立宮崎北高等学校】	

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/qGPSzTuLEToTBrSZ8>

E 装置・観測方法・宇宙開発 *Instrument / Method / Space Development*

- 23T** ロストテクノロジーからの脱却 ～最新テクノロジーから考える宇宙服～ 32
横山 大輝、前田 恭佑 (高2) 【大阪府立北野高等学校】
- 24S** 火星の自然災害に対する防護に関する研究 33
亀田 叶夢、大谷 悠月、大内 勇輝 (高2) 【神奈川県立横須賀高等学校】
- 25T** Aušra(オーシュラ)ガンマ線バースト観測衛星開発プロジェクト 34
白石 春翔 (高専3)、【国際高等専門学校】、フィゲロア ビクトル龍馬 (高3) 【修道高等学校】
- 26T** 自作の四分儀を用いて地球の円周を求める 35
長野工業高等専門学校 天文部：市川 朔豊、丸山 亮太 (高専3)、塚田 耕大、土屋 統子、藤田 乃亜、
宮澤 花帆 (高専2) 【長野工業高等専門学校】
- 27P** 自作簡易アンテナを用いた太陽電波の観測 36
科学部電波天文学班：神毛 莉菜、齊藤 月渚、羽澤 碧真、日高 未花 (高1) 【宮崎県立宮崎北高等学校】
- 28S** 張り子の技法を用いた電波望遠鏡の鏡面の作成 37
横浜サイエンスフロンティア高等学校天文部：
西尾 優里 (高3)、藤井 寿斗、鈴木 智也、關 幹隆 (高2)、一ツ橋 柚貴、伊藤 歩華、財田 清良、手塚 葵、
和田 宙大、茅根 壮太郎、鷺田 美沙希 (高1) 【横浜サイエンスフロンティア高等学校】、
渡邊 結衣 (中2)、本間 敦士 (中1) 【横浜サイエンスフロンティア高等学校附属中学校】
- 29T** 機械学習による大気の揺らぎの補正技術の開発 38
成蹊高等学校 天文気象部：
赤川 陽大、岡部 慎、松澤 幸希、森田 仁意 (高2)、福井 千紘、根岸 陽向、五島 紘 (高1) 【成蹊高等学校】
- 30T** 天体観測用分光器の波長較正ユニットの開発 39
前田 孝太郎 (高専3)、遠藤 愛、柏木 琴葉、鐘築 昇太郎、仲西 涼、原田 果歩、松本 有未 (高専2)
【米子工業高等専門学校】
- 31S** 回折格子を用いたスペクトル観測 40
早稲田大学高等学院 理科部地学班：荒巻 哲彦、杉本 啓 (高2) 【早稲田大学高等学院】
- 32T** スマート天体望遠鏡における超新星搜索への挑戦 41
サイエンス部1年天文超新星搜索班：
川崎 翔大、有村 拓真、大竹野 弘夢、高松 陽南子、横山 涼世 (高1) 【鹿児島県立国分高等学校】

F その他 *Others*

- 33T** プラネタリウムの惑星棚に関する調査と惑星投影の精度向上に向けての改良案 42
堤 くらら、吉田 理紗 (高1) 【神戸女学院高等学部】

T：講演（3分間）
S：講演（1分間）
質疑（1分間）はまとめて行います。
P：ポスターのみ

34T 身近な素材で作るかんたんプラネタリウム 43
自然科学部天文班：前 綾乃、石上 眞綾（高専3）、小新堂 平（高専2）、原田 慶紀、小島 彩（高専1）
【神戸市立工業高等専門学校】

35P 組み立て式プラネタリウム 44
山田 彩乃、太田 瑠奈、吉川 めい、藤川 凜砂、奥野 瑞貴、窪山 日和、澁谷 京華（高2）、
栗原 蒼二郎、古林 奨大、佐藤 尊、森田 幸樹（高1）【星野高等学校】

36T 天文普及における折り紙の教材としての利用 45
明石市立天文科学館星の友の会ほしとも学生会部：
井口 智晴、落合 夏菜（高1）【兵庫県立明石北高等学校】、中島 こころ（高専1）【明石工業高等専門学校】、
山崎 航暉、中戸川 直道（高1）【六甲学院高等学校】、谷 和磨（高2）【明石市立明石商業高等学校】、
小川 倅葉（中1）【播磨町立播磨中学校】

G タイセッション *Thai Session*

37T Study of Light Pollution Affecting Astronomical Observations in the RGB Wavelengths Together with the Application of Mathematics Models for Light Pollution 46
Sakdithach Sai-ngam (Grade 12) 【Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi】

38T The Study of the Relationship Between the Active Galactic Nuclei and Star Formation in Face-On Galaxies Within the MaNGA Survey 47
Natthaphat Changngoen (Grade 12) 【Srisawatwittayakarnchangwatnan School】

39T Correlations between SMBH Mass and Sérsic Index of AGN Host Galaxies 48
Thatchayuth Klipbua (Grade 10) 【RBIS International School】

40T Visualizing gravitational lensing with varying mass distance and position 49
Siraphob Phonphakdee (Grade 12) 【Piboonbumpen Demonstration School, Burapha University】

41T Study and Development of Autopilot for space rover and tracking position using IMU 50
Tustong Tongnumpen (Grade 11) 【Piboonbumpen Demonstration School, Burapha University】

42T Development of celestial object pinpointer equipment: Sky Object Beam (SOB) 51
Yossawat Lohasiriwat (Grade 9), Puripat Thangsurbkul (Grade 9)
【Chulalongkorn University Demonstration Secondary School】

H 恒星 *Stars*

43T 電波望遠鏡「VERA」を用いた水メーザーの観測 52
美ら星研究体験隊 2024 VERA 班：石垣 咲季（高3）【沖縄県立八重山高等学校】、
海野 優奈（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、大野 智輝（高3）【麻布高等学校】、
小林 香凛（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、
仲村 夏海（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、
松葉 絢音（高2）【筑波大学附属高等学校】、森田 篤人（高2）【麻布高等学校】、
山路 晴葵（高1）【山口県立下関西高等学校】

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/qGPSzTuLEToTBrSZ8>

コメント受付



44T	ベテルギウスの大減光の特殊性の研究	53
	銀河学校 2024 A 班：猪子 立成（高3）【滝高等学校】、茂木 煌平（高3）【海城高等学校】、 福島 陸人（高3）【聖光学院高等学校】、西尾 優里（高3）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、 牧野内 蓮（高3）【長野県飯田高等学校】、千本木 玲季（高3）【神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校】、 神戸 珠子（高3）【女子学院高等学校】、齊藤 美音（高専3）【明石工業高等専門学校】、 志村 瑛美（高2）【東京都立新宿山吹高等学校】、鶴見 優葵（高3）【恵泉女学園高等学校】、 中山 博貴（高2）【成城高等学校】	
45T	ペガサス座 BP の測光観測	54
	舞子高等学校天文気象部： 丸山 伊涼、八尾 佳里奈（高2）、岩見 樹、戸田 大貴（高1）【兵庫県立舞子高等学校】	
46T	フレア星 EQ Peg の3色測光観測	55
	野中 僚太、田島 圭、井上 七輝（高1）【新島学園高等学校】	
47S	フレア星 EV Lac の巨大黒点の観測	56
	伊藤 悠莉、川口 青葉（高2）【新島学園高等学校】	
48T	スマート望遠鏡を用いた食変光星の解析	57
	地学部変光星班：荒川 陽向、井上 莉玖、鶴飼 琉生、田中 杜樹（高1）【愛知県立一宮高等学校】	
49T	プレアデス星団食の観測と解析	58
	宮崎県立宮崎北高等学校 科学部月班：佐藤 光優、垂水 綾之介（高2）【宮崎県立宮崎北高等学校】	
50T	トモエゴゼンを用いた超新星の可視光多色撮像データから得られる考察	59
	銀河学校 2024 B 班：渡辺 椋太（2024年卒）【宮城県仙台二華高等学校】、 山中 秀仁（高3）【栄光学園高等学校】、冨澤 佳乃賀（高3）【青森県立弘前高等学校】、 長谷川 寿一（中等6）【海陽中等教育学校】、三好 礼真（高3）【白百合学園高等学校】、 雲出 彩恵（高専3）【明石工業高等専門学校】、山谷 剛瑠（高専2）【福島工業高等専門学校】、 片山 泰賀（高2）【麻布高等学校】、三浦 まそら（高2）【長野県諏訪二葉高等学校】、 小林 千恵子（高2）【富士見高等学校】、米納 大翔（高2）【安田学園高等学校】	
51T	恒星の低分散分光観測における 新しい強度補正方法を用いたスペクトル型の観測的研究	60
	天文部：富田 涼介、菅原 環、杉村 優生子（高2）、井上 湧、江口 真由美、小倉 遙河、小泉 翔愛、 櫻井 優輝、佐々木 健人、寺原 直希、中根 陽輝、了馬 健貴（高1）【川口市立高等学校】	
52T	惑星状星雲 M57 の形成前の恒星の性質を探る	61
	横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校・附属中学校 天文部： 樋渡 風駕、脇田 都輝（高1）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、 青木 康生（中3）、本間 敦士（中1）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校附属中学校】	

| 星雲 *Nebulae*

53T	もしも太陽が星の都で惑星状星雲になったら ～組成から見る惑星状星雲の形状について～	62
	もし天 2024 Nebulous 班： 加賀屋 諒（高2）【渋谷教育学園幕張高等学校】、廣中 すみれ（高2）【北海道科学大学高等学校】、 木下 和奏（高2）【石川県立小松高等学校】、千本木 玲季（高3）【神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校】	

T：講演（3分間）
S：講演（1分間）
質疑（1分間）はまとめて行います。
P：ポスターのみ

54T 惑星状星雲のスペクトルの違いについて 63
濱村 聖空、鈴木 輪（高2）【茨城県立土浦第三高等学校】

55T 学校の口径13cm屈折望遠鏡での星雲のスペクトル取得とその成果 64
新谷 脩容、東 穂乃花、南條 芯、横山 日菜子、藪中 絢音、森 崇彰、浦川 凌大（中3）
【兵庫県立大学附属中学校】

J 銀河・宇宙論 *Galaxies / Cosmology*

56T 自作電波望遠鏡を用いた水素21cmの観測 65
自然科学部天文班：丹原 洋、向井 信太郎、吉松 尚輝（高2）、平田 美空、西村 柚菜、宮下 煌太郎（高1）
【京都市立堀川高等学校】

57P 中性水素21cm線を用いた銀河系の回転曲線の作成 66
科学研究部 物理数学班 天文班 電波班：
森 悠斗、柴田 春音、芹澤 聡一郎、丸田 凌志郎（高2）【東京都立科学技術高等学校】

58T Pythonを用いたNGC 3184の銀河回転運動の解析I 67
相対論・宇宙論プロジェクト：滝田 海理、井上 嶺、崔 而耐、新海 権利、長谷川 稀人、中谷 大地、
尾田 琉斗、井上 斗翔（高1）【名古屋大学教育学部附属高等学校】

59T H α 強度とバルジ半径比から探る銀河進化 68
もし天 2024 Evalax 班：
寺崎 颯太（高2）【久留米大学附設高等学校】、山谷 剛瑠（高専2）【福島工業高等専門学校】、
小林 杏珠（中等4）【東京都立桜修館中等教育学校】、眞鍋 風和（高1）【大阪府立天王寺高等学校】

60T sSFRと金属量から探る銀河の化学進化 69
もし天 2024 ANDROMETAL 班：有賀 千尋（高1）【山梨英和高等学校】、栗原 昊士朗（高2）【武蔵高等学校】、
佐藤 希望（高2相当）【所属なし】、前田 琉斗（高専2）【津山工業高等専門学校】

61T プランク画像から探る初期宇宙におけるクェーサーのエネルギー源 70
細川 紗椰（高3）【雙葉高等学校】

62T 区分された領域ごとのハッブル定数測定による宇宙の非等方性の証明に向けた新たなアプローチ 71
フィゲロア ビクトル龍馬（高3）【修道高等学校】

63T 多宇宙研究 - 別宇宙に移る可能性について - 72
team 沼本：
沼田 結菜（高2）、栗本 智咲（高2）【神奈川県立横須賀高等学校】

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/qGPSzTuLEToTBrSZ8>

コメント受付



太陽像を用いたシーイングの測定

科学探究部天文班：

栗飯原 凜久、富永 光葉、星川 祥太郎、矢代 優空（高2）【東京都立富士高等学校】、
落合 咲輝（中3）【東京都立富士高等学校附属中学校】

要旨

本研究では都立富士高校での太陽像を用いたシーイングの検出を目的とする。独自のシーイング測定プログラムを開発し、試験観測を行った。観測によって得た合計約20万フレームを用いて、本校の2か所でのシーイングを評価した。この結果から、観測したタイミングでは屋上のシーイングがより優れていた。

1. 序論

東京都中野区にある都立富士高校の校内において太陽黒点観測に適した場所を調査した。シーイングには観測環境が影響する^[3]ことがわかっている。特に、水辺の環境が良いとされているため、我々は屋上とプールサイドの2か所で試験観測を行い、独自プログラムでシーイングを数値化した。

2. 観測

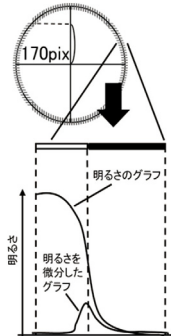
1分おき10秒、5回の観測(1セット)を、場所を交互に1日7セット、計5日分を行った。表1に観測環境を示す。

表1 観測環境

場所	屋上(35.69° ,139.67° ,高さ47.1m)																			
日付	2024年11月4日				2024年11月23日				2024年12月7日				2024年12月22日				2025年1月13日			
気温	22	27	27	23	11	12	14	13	16	18	16	18	12	14	14	14	11	17	15	13
湿度	42	35	32	35	38	35	35	33	32	28	30	32	43	37	35	35	30	26	30	30
風向	NE	N	NW	NW	NW	NW	NW	NW	SE	SE	SE	SE	SW	SE	NW	SW	E	N	E	NE
風速	0.3	1.3	3.8	7.3	9.7	14.9	12.3	9.4	9.9	4.8	4.3	4.5	11	11.2	11.7	10.5	18.9	16.5	20.5	18.5

場所	プールサイド(35.69° ,139.67° ,高さ39.5m)																			
日付	2024年11月4日				2024年11月23日				2024年12月7日				2024年12月22日				2025年1月13日			
気温	24	29	24	15	15	16	19	19	17	14	15	15	16	16	16	155	16	16	16	155
湿度	42	35	42	33	34	32	28	28	29	36	35	35	27	27	27	29	27	27	27	29
風向	N	NE	SE	NW	NW	NW	NW	NW	NW	N	NW	NW	NE	NE	N	N	NE	NE	N	N
風速	0.3	3.0	10.2	13.6	7.3	9.0	7.3	3.0	4.5	16.5	9.3	11.1	21	21.7	20.2	20.2	21	21.7	20.2	20.2

観測装置	スペック
望遠鏡 (Skywatcher ソーラークエスト76)	口径76mm(3") 焦点距離500mm
カメラ (ZWO ASI432MM)	最大感度長さ580nm(λ) ダイミツレンゲル2761 露出 1/3000sec.、1100px撮影 解像度 1688×1104
回折限界(λ)	$L=1.22 \times (\lambda/D)=2.09''$
空間系統誤差	$\delta r = \frac{3.7-L}{F} = 0.12\%$ ピクセル分解能 3.7



3. シーイングの解析手順

1. 太陽像を円と仮定し、その中心と半径を求める。太陽像の縁付近(図1円周部分)でのピクセルの明るさを取得し、明るさのグラフを作成する。さらにそのグラフを空間的に微分したグラフを作成する。

2. 明るさを微分したグラフの最大値がある点が太陽像の縁であると考え、その点から太陽像の中心を通る直線までの距離を求め、計算によって求めた理論上の距離との差を求める。

3. 1か所で観測された各50秒間の動画について、動画全体における観測された距離と理論上の距離の差について標準偏差を求めることでゆらぎの大きさを推定する。ここで、3.において太陽像の縁を検出するために使用するピクセルの並ぶ方向は、太陽像1周を評価できるように、中心を通り直行する直線から、170ピクセル離れるまでの範囲で向きを変え、1枚の太陽画像につき1360の点で明るさを測定した。

4. シーイングの解析結果

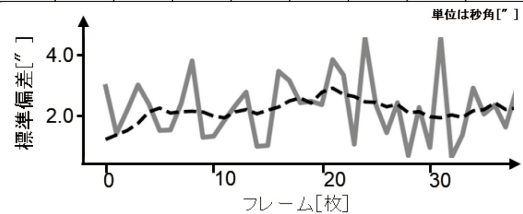
解析結果をまとめた表2より、観測される太陽像上の距離 r 、理論上の大きさ \bar{r} について屋上で $r = \bar{r} \pm 8.86''$ 、プールサイドで $r = \bar{r} \pm 8.97''$ と表せる。また、各場所の画像のゆらぎの大きさの1σ範囲を考慮してゆらぎの大きさを比較すると、屋上でのゆらぎの大きさが有意に小さいといえるものが最も多かった。

表2 各動画におけるゆらぎの大きさ

比較	2024年11月4日		2024年11月23日		2024年12月7日		2024年12月22日		2025年1月13日	
	屋上	プール	屋上	プール	屋上	プール	屋上	プール	屋上	プール
1	8.379	8.847	9.303	8.926	9.353	9.081	8.756	8.738	8.305	8.645
2	8.713	8.847	8.986	8.926	9.175	9.081	8.792	8.738	8.535	8.645
3	8.713	9.376	8.986	8.860	9.175	9.023	8.792	8.721	8.535	9.068
4	9.016	9.376	8.377	8.860	8.850	9.023	8.840	8.721	8.466	9.068
5	9.016	8.702	8.377	9.081	8.850	9.649	8.840	8.981	8.466	8.897
6	8.933	8.702	8.986	9.081	9.372	9.649	8.966	8.981	8.999	8.897
1σ	0.246	0.3549	0.335	0.114	0.209	0.346	0.079	0.146	0.258	0.208

5. 考察

シーイングは屋上のほうが0.11'' だけ小さかった。これは、プールサイドの観測環境が壁に近く空気の流れがより乱れた一方、屋上は周囲が開けた環境であったために大気の流れが層流に近い状態だったことが考えられる。図2では最もシーイングの良い10秒間の動画について、フレームごとの標準偏差の値(実線)とその10項移動平均(点線)の変動を示す。移動平均の変動からシーイングの変動は一定範囲内で起きていることが推測できた。今回実施したのは試験観測であり、今後場所や季節を変えてより多くのデータを使用した分析が必要である。



参考文献

[1] 宮良碧ら他, 太陽像によるシーイングサイズの測定手法の開発, 天文学に関する技術シンポジウム集録, 第37巻, 2017
 [2] 日本天文学会編, 天文学辞典, <https://astro-dic.jp/> (2024年11月20日閲覧)
 [3] H. Socas-Navarro et al., Solar Site Survey for the Advanced Technology Solar Telescope. I. Analysis of the Seeing Data, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 117, 837, pp.1296-1305, 2005

気象条件によるUVB量の変化についての考察

金井 美樹、市ノ川 星来、内山 大地（高2）、相原 和奈、関口 莉央、小泉 凜桜、廣澤 美佳莉、植松 もも、鈴木 莉心（高1）【星野高等学校】

要 旨

紫外線強度計、雲量観察ドームなどの道具を使い、約2ヶ月間13時から本校の屋上で観測し、雲量による紫外線の量の変化を調査した。実験の結果をもとに紫外線の量の変化をグラフを使い比較した。

目 的

近年日本では皮膚がんにかかる人が増加傾向にある。その要因は、食生活、皮膚の色素や生活環境など色々考えることができる。例えば、環境省からは紫外線による人の健康への影響として、皮膚がんになる可能性が高くなるという参考資料が発表されている。そこで私たちは、皮膚がんの要因の一つである紫外線に着目し、その中でも皮膚がんに強く影響を与えるUVBについて、それが何によって量の変化を見せるのか調べた。(1)

実験方法

雲量観察ドームと紫外線強度計（UVA・UVB測定用）を使って紫外線（UVB）と雲量を調べる毎日13時に星野高校石原キャンパスの見通しの良い屋上で測定を行う

星野高等学校 石原キャンパス：埼玉県川越市石原町2丁目7-1-11（標高 海拔16.5m）

道 具

●雲量観察ドーム

雲量観察ドームはドームに空を映し、全天に占める雲の割合を観察する時に使う黒色半球雲量観察ドームを見通しの良い屋上に置き、13時に雲量の割合を調べる。

雲量の割合は、観測地点の空全体を10としたときに、雲がどれくらいの割合をしめているかで決める。また雲の割合が0または1のときは快晴、雲の割合が2～8のときは晴れ、雲の割合が9または10のときは曇とする。

●紫外線強度計

紫外線強度計CENTER 532（UVA・UVB測定用）は、波長260nm～395nmの紫外線合算総強度を測定する小型のデジタル紫外線測定器である。

UVセンサーは固定式と分離式の両方での使用ができる 今回の実験では分離式を使う 分離式では、センサーを手を持って測定できるため、様々な場所での紫外線強度測定が行うことができる。

結 果

図1のように、紫外線量の最大値最小値と雲量の日ごとの変化を棒グラフとプロットで表した。グラフを見るとわかるように、雲量が少ない日は紫外線量が比較的多くなっている。また、雲量が9以上の日は空全体が雲に覆われているため、日光が直接我々に届くことがなく、数値が低くなった。

考 察

紫外線量は雲量によって変化しやすいことがわかった。太陽が雲に覆われていると比較的我々に紫外線が届かないため紫外線による影響は少なくなる。また、雲量が多い日でも太陽が隠れない限り晴れた日と紫外線量は変わらない。そのため、紫外線が自分に当たるまでに障害物が多いほどその影響は受けにくいことが推察された。

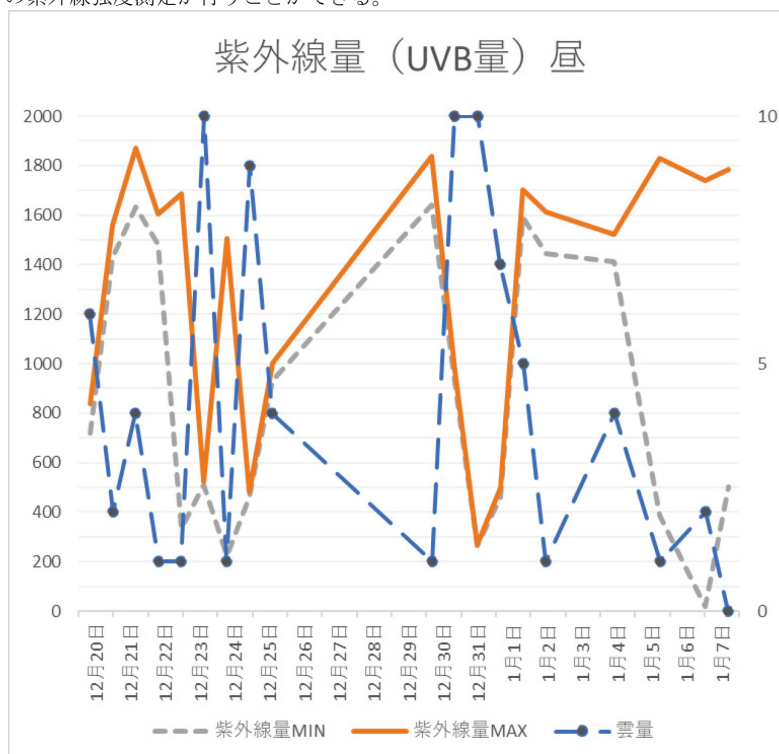


図1

参考文献

(1) 環境省平成20年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書 第3部太陽紫外線の状況 参考資料
https://www.env.go.jp/earth/report/h21-02/3-2_chapter3-ref.pdf

SBプロジェクト 高高度気球による成層圏での気象データ収集の試み

愛知県立旭丘高等学校 天文部 SB Project :

山田 真寛、春日井 敬之、水越 大聖、大内 碧貴(高2)、傍嶋 隆太郎(高3) 【愛知県立旭丘高等学校】

0. 要旨

「日本一宇宙に近い高校」を掲げる旭丘天文部の活動の一環として、高高度気球『ここう1号』の打ち上げ実験を行った。成層圏という特殊な環境下において科学調査や創作活動を行うことにより、高校生の活動の幅を広げるきっかけとなることを目標としている。

1. 実験の概要

カメラやセンサ、各種通信機器を搭載したバルーンを成層圏まで飛ばし、海上に着水後、船舶で回収した。この過程で上空の映像、音声、気温、気圧、湿度、放射線強度などの気象データや気球の飛行データを取得し、発信機を用いて機体をリアルタイムでトラッキングした。また、上空の強力な紫外線を利用してUVレジンを硬化させ、「世界一高い高度で作ったキーホルダー」を作成した。

2. 機体構成

機体構成は以下のとおりである。

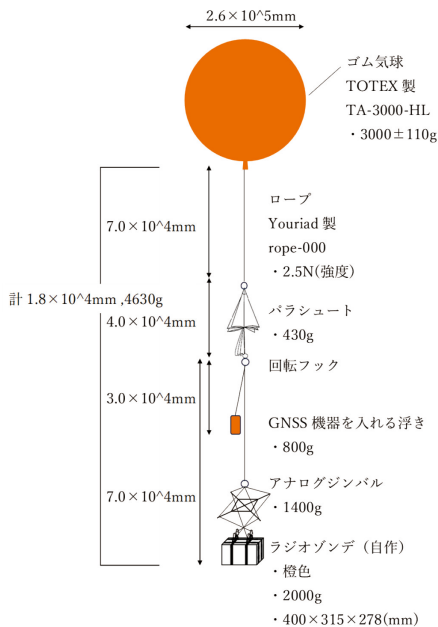


図1. 機体の概要図

3. 気象・飛行データ

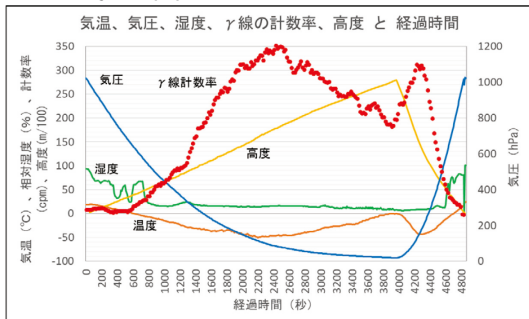


図2. 取得した気象データ

BME280温湿度・気圧センサとガイガーカウンターを図1ラジオゾンデに搭載し、図2にあるように気象データを取得した結果、気圧は高度上昇に伴い低下し、高度が低いほど変化が大きく、最高高度付近では18.33hPaを記録して地上の約1/60の圧力に相当した。

また、対流圏では湿度変化が大きく、湿度が上昇した地点の映像には雲が確認される一方、成層圏では湿度がほぼ一定であった。気温は地上で約20°C、16000mで最低-50.33°Cを記録し、その後上昇に転じて25766mで-0.2°Cとなり、成層圏での気温上昇はオゾン生成時の熱によるものと推測された。さらに、γ線計数率は高度上昇とともに増加し、27800mで最高324回/分を記録した後減少し、この高度での最大値は空気シャワー現象によるγ線生成が空気密度の適な条件下で最も活性化したためと考えられる。

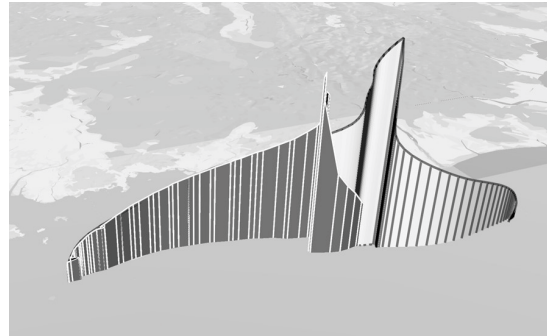


図3. シミュレーションによる予測(右)と実際の飛行軌跡(左)

愛知県伊良湖岬から打ち上げ、静岡遠州灘付近に着水した。最高高度は28242m、直線距離約47000mを飛行し、ELTRES (LPWA通信機器)を含む3系統でリアルタイムのGNSSトラッキングを実施した。図3にあるように、シミュレーションより約3000m低い高度で破裂し、偏西風に乗る時間が短く予想より約25000m西に着水した。予想上昇速度6.5m/sに対し実際は7.1m/sであったことから、バルーンへのガス過充填が上昇速度を上げ早期破裂を招いたと考えられる。落下速度は想定5.0m/sに対し13.4m/sで、映像からパラシュートの紐が絡んでいることが確認された。

6. 総括

着水時の衝撃で一部機体が損傷したものの、多くの目標を達成し、初挑戦としては上出来であった。しかし、着水地点のズレやパラシュートの展開方法など、改善すべき点も多く見られた。自作の機体を飛ばし、成層圏という未知の世界を目にしたことで、世界がこれまで以上に身近に感じられるようになった。打ち上げまでの1年間は、技術、規制、資金など数多くの課題に直面したが、メンバー全員が協力してそれらを乗り越えた。この過程で得た学びはプロジェクトにおいて最も価値のある成果であり、それを次世代に引き継ぐべきだと考えている。また、この活動が多くの高校生が宇宙を目指すきっかけとなることを願っている。

7. 謝辞

本計画の遂行にあたり、多大なるご支援を賜りました皆様に深く感謝申し上げます。徳島大学大学院 佐原理教授および株式会社GOCCO様には貴重なアドバイスを頂戴し、研究の基盤を構築できました。実験機材をご提供いただきましたソニーセミコンダクタソリューションズ様、株式会社クレスコ様、株式会社旭化成様、株式会社トーテックス様、株式会社金山化成様、性能評価試験装置をご提供いただいた名古屋大学宇宙地球研究所様に心より御礼申し上げます。また、共同実験にご協力いただいた京都女子大学 水野義之名誉教授に深く感謝いたします。

光害の可視化 ～街明かりが夜空に与える影響～

東京都立立川高等学校 天文気象部：安藤 悠貴、古川 更紗、小林 彩波（高2）
森田 幸香、中村 桃子、古都 紗妃（高3）【東京都立立川高等学校】

要旨

本校天文気象部は2021年より夜空の明るさについて研究を始めた。本研究では観測を継続し、一眼レフカメラとRaspberry Piを用いて制御する自作撮影装置、SQM(SKY QUALITY METER)、Raspberry Pi用のHQ (High Quality) カメラの3手法を用いて、夜空の明るさを可視化し、街明かりが夜空に与える影響を分析した。

1. はじめに

本部では日々の天体観測を通じ、周囲の街明かりによる星の見えづらさを感じている。本校屋上からは、東方面の25km以上先に渋谷から新宿など都心のビル群が見渡せ、街明かりにより上方の空が薄明るく見える。2021年に本部の先輩が一眼レフカメラを用いて水平方向の空を自動撮影する装置を作り、画像から明るさの程度を可視化して分析する研究^[1]を開始した。2022年には校庭のナイター照明が高輝度ランプに交換され明るさが増したことがわかった^[2]。

夜空の明るさは、標準星を撮影して背景の明るさを測定する方法^[3]が一般的であるが、本研究では都心方面の水平方向（高度13度まで）を撮影したjpeg画像をグレースケール化し、ピクセル値を明るさの値(光度=0.299R+0.587G+0.114B)とする独自の方法で比較を行った。また、Raspberry Pi用のHQカメラによる天頂の定時撮影と、SQM-Lによる全天の明るさの比較も実施した。

2. 研究方法

(1) 一眼レフカメラによる都心方面の空の分析

1時間ごとに定時撮影したjpeg画像のピクセル値を図1のようにグラフ化し明るさの変化をみる。また、画像の上部3000px縦100pxごとに横方向に区切ってピクセル値の高度ごとの平均を求め、これを明るさの値として1日分短冊を作成し、300日分を合成して1時間ごとに明るさの変化を分析した（図2: 明るいほど色を薄くしている）。

(2) HQカメラによる天頂方向の夜空の分析

安価なHQ(High Quality) カメラを天頂方向に向けて定時撮影する装置を製作し、データを分析した。

(3) SQMによる晴れ日の夜空の明るさの可視化

合宿先の高原（長野県入笠山: 標高1800m）と本校屋上で、1時間ごとにSQMを八方位に向け、0度から90度まで仰角10度毎に、夜空の全天の値を72点、計測し、この値をPythonプログラムで天球→円形で表現して色付けし、明るさを可視化した（図4: 明るいほど色を薄くしている）。

3. 結果と考察

(1) 図1のように画像を空と地上付近の部分で切り分けて値を出した結果、光源のある地上に近いほど明るさが増すことが確かめられた。また10か月分の空の明るさを可視化した図2より、22時ごろまでの明るさが強く街明かりの影響が推測できる。更に、くもり日や雪の日に明るさが増すことから、街明かりの散乱による影響が考えられる。

(2) HQカメラで5分ごとに撮影した画像13か月分(2023年10月～2024年11月)のうち、20～22時の画像を「校庭のナイター照明・周囲の雲・月(天頂は入らない)の有無」によって条件分けし分析した(図3)。その結果ナイター照明があり雲のある時が最も明るく、快晴の場合でも高い数値を示した。また月がある場合も高く、照明がつくと更に明るさが増した。

(3) 図4より、晴れた日の空は、高原の入笠山に比べて街中にある本校の屋上ははかり明るく、くもりの日は更に明るくなることがわかった。

4. まとめと今後の展望

3種のカメラを使って夜空の定時撮影を行い、明るさを可視化した。都心方面の明るさ、雲や雪の影響により明るさが増すこと、天頂方面でも近くのナイター照明が影響することなどが確かめられた。今回は、観測機器の欠測が増え、撮影装置の設定ミスにより都心と郊外方面の比較ができなかった。また、風雨によりHQカメラが壊れ、新たに製作する事態があった。今後は装置やデータの点検を定期的に行い、観測を継続して更に分析を進めたい。

参考文献

[1]大磯佳苗他 (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」第23回天文学会ジュニアセッション13S [2]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～」第25回天文学会ジュニアセッション03T [3]星空公園 小野間史樹(2017)「デジカメ星空診断ハンドブック」

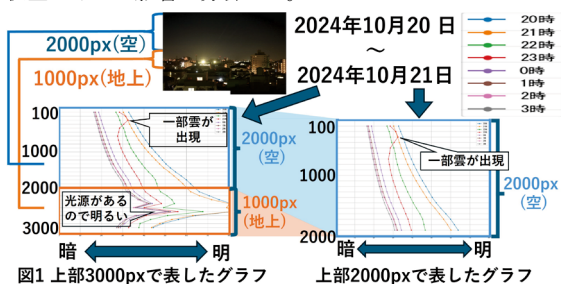


図1 上部3000pxで表したグラフ 上部2000pxで表したグラフ

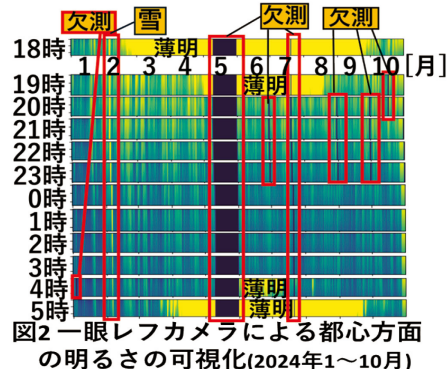


図2 一眼レフカメラによる都心方面の明るさの可視化(2024年1～10月)

画像を縦100pxごとに水平方向に区切り、ピクセル値を平均して高度毎の明るさの平均値を求め、毎時の明るさを短冊で表す。これを10か月(300日)分、合成して明るさの変化を可視化。| ×300日

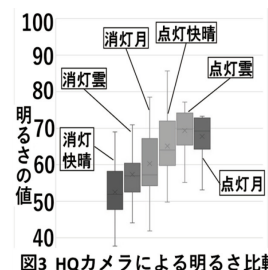


図3 HQカメラによる明るさ比較

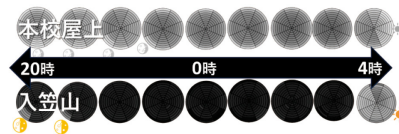


図4 本校屋上と入笠山の明るさの比較

とめなくちゃ、光害 ～夜空は暗く、未来は明るく～

舛田 桜、上中 玲実、上山 楓葉、奥田 悠愛 (高2) 【奈良県立青翔高等学校】

要旨

私たちは、身近な光害を軽減するために街灯の光に焦点を当てた。本研究では、室内で夜空のシミュレーションを行い、SQM-Lを用いて空への影響を数値化した。さらに、角度と反射に着目し、光害を軽減するためのカバーについて研究した。その結果、反射がない場合には大きな角度が有利であり、反射がある場合には極端な角度変更が光害の影響を増加させることが明らかになった。なお、反射の有無にかかわらず、60°の角度が最も光害を抑制することが確認された。

1. はじめに

光害とは、照明の配置や光の分布が適切でないことから生じ、景観や周囲の環境に対する配慮が不足している結果として現れる多様な影響を指す。光害対策ガイドライン（環境省）[1]より、光害は生態系や人間の活動に対して多くの影響を与え、さまざまな問題を引き起こす要因となっている。私たちは身近な光害の防止に取り組むため、街灯の光に着目し、夜空への影響を軽減する街灯カバーを考案することを目指した。

2. 目的

街灯カバーの角度と街灯カバー内の反射に注目して、最も光害を軽減するための街灯カバーの特性を探究し、街灯の光が夜空に及ぼす影響を抑制することが目的である。本研究は空への影響に焦点を当てているため、地面への影響については考慮しないこととする。

3. 方法

本研究では、街灯カバーをダンボール、街灯を電球、体育館の天井を夜空として設定し、室内の光を遮断することで夜空のシミュレーションを試みた。実験では、LED電球の光による体育館の暗さをSQM-Lを用いて測定した。基準値として電球が消灯している状態を設定した。ダンボールは一面を切り取ることで角度を調整可能とした。ダンボールの角度は0°、30°、60°、90°の30°毎で設定し、それぞれ20回の測定を行い、平均値を算出した。また、ダンボールの内側に反射シートを貼った場合についても同様の実験を実施した。

4. 結果

図1より、反射シートがない場合、90°の角度が最もSQM-Lの値が大きく光害が少なく、0°の角度が最もSQM-Lの値が小さく光害が多いことが観測された。一方、反射シートがある場合には、60°の角度がSQM-Lの値が最も大きく、光害を最も効果的に抑制することができた。図1より、反射シートの有無による影響を比較すると、0°の角度は最も影

響を受けておらず、90°の角度が最も影響を受けたことが明らかになった。

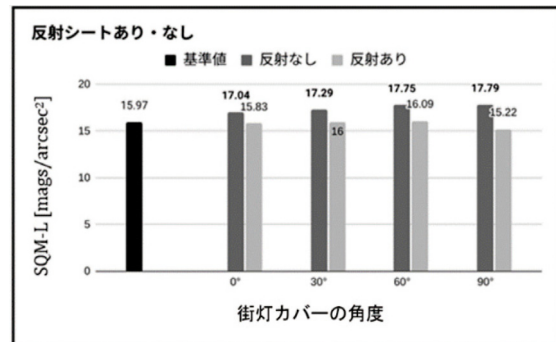


図1. 街灯カバーの角度と反射シートの有無によるSQM-Lの値

5. 考察

反射シートがない場合に光害が抑制されたのは、ダンボールが光を吸収する特性によるものと考えられる。街灯カバーの内側の素材が反射率の低いものであれば、カバーの角度が大きいくほど光害の抑制効果が高まると推測される。一方で、内側の素材が反射率の高い場合、カバーの角度を極端に大きくしたり小さくしたりすると、光害の影響を受ける可能性がある。カバーの角度が60°の際には、反射シートの有無にかかわらず、他の角度に比べて光害が抑制されることから、60°が最も適切な角度であると考えられる。

6. まとめと今後の課題

反射シートがない場合の方が望ましく、反射シートがない状態ではカバーの角度を大きくすることで光害を軽減できる。一方、反射シートがある場合には、カバーを0°や90°のように極端に角度をつけると光害の抑制が難しくなる。角度に着目すると、60°が光害を最も効果的に抑制する角度である。今後は交通に対する影響を含む安全性に配慮し、屋外での実験を実施したい。

7. 参考文献

[1]光害対策ガイドライン（環境省）
<https://www.env.go.jp/air/hikarigai-gaido-R3.pdf>

シミュレーションによる小惑星衝突から地球を守る方法の考案

菊池 亮汰、酒田 優斗、鈴木 蕾太、田山 阿太郎、林 彩那（高2）
【茨城県立日立第一高等学校】

要 旨

本研究の目的は、太陽系天体の軌道シミュレーションを用いて、小惑星衝突を防ぐ新しい方法を見つけることである。研究方法は、まず、NASAのHorizons System[1]のデータを基に、天体の軌道をシミュレーションし、地球に衝突する可能性のある小惑星の初期条件を逆算で特定する。その後、重力トラクターを使って小惑星の軌道を変更し、小惑星の衝突から地球を守る方法を検討する。現在までの結果として、天体の軌道をアニメーション化することに成功し、小惑星の衝突可能性を持つ初期条件が特定できた。今後は、小惑星の初速度を網羅的にシミュレーションし、衝突のリスクをより正確に特定することが必要となる。

1. 諸言

本研究では、本校の課題研究にて、宮澤・三代（2024）[3]が行った研究を発展させ、太陽系天体の軌道シミュレーションを用いて、小惑星衝突を防ぐ新しい方法を見つけることを目的とする。小惑星は実存する可能性のあるもの、特に小惑星帯に位置するものを対象とする。

2. 研究方法

2-1. 天体の軌道のシミュレーション

プログラムコード（Python）で作成する。この際、太陽、地球、火星、木星、金星、土星の初期条件（xyz座標、xyz速度）はNASAによるHorizons System[1]の2023年7月5日0:00:00のデータを用いる。また、天体の動きをアニメーション化し、各天体の動きを見やすくする。

2-2. 逆算シミュレーションによる地球に衝突する小惑星の特定

方法2-1によって得たプログラムから、小惑星の初期位置と地球の初期位置を揃え、時間を負の向きに進めることで、小惑星が地球に衝突する初期条件を特定する。

2-3. 地球を小惑星衝突から守るための方法を考察

2-2で得たプログラム上で重力トラクター[2]を用いて地球衝突前に小惑星の軌道を変化させる実験を行い、小惑星衝突から地球を守る方法を検討する。

3. 結果

3-1. アニメーションの追加

天体の軌道をアニメーション化し、それを表示させることに成功した（図1）。アニメーション化の際に用いたコードの作成については、Chat-GPTを利用した。

3-2. 逆算シミュレーションによる地球に衝突する小惑星の特定

衝突する可能性をもった小惑星の初期条件を見つけることができた。しかし、確実性を確かめられていない。

4. 考察

逆算シミュレーションをする上で、小惑星の初速度を任意で決定すると、逆算後の初期位置がもとめられないことがあるため、初速度を網羅的に調べる必要があると考察した。

5. 結論

現象を連続的に表示できるアニメーションは効果的であった。今後は、衝突する小惑星を特定するため、成功するような小惑星の初速度を網羅的にシミュレーションして求めていきたい。

参考文献

- [1] 「NASA Jet Propulsion Laboratory Solar System Dynamic Horizons System」
<https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons/app.html>（2025年1月20日閲覧）
- [2] 山口皓平 「天体の地球衝突回避方法」日本天文学会 天文月報 2017年2月 110_124.pdf
- [3] 宮澤悠良, 三代雅人 (2024) 「軌道計算で求める小惑星接近確率」, 第13回茨城県高校生科学研 究発表会 研究要旨

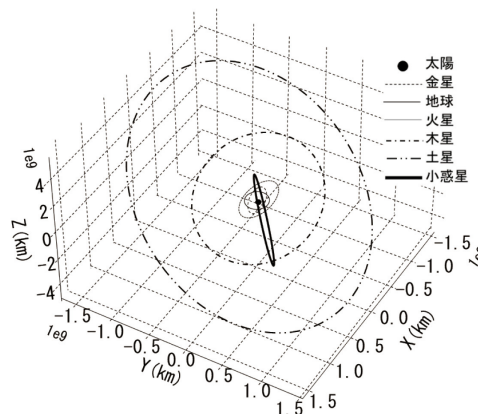


図1 シミュレーションの結果

あの星までは何 km?
 ~年周視差で近傍星ラランド 21185 との距離を測る~

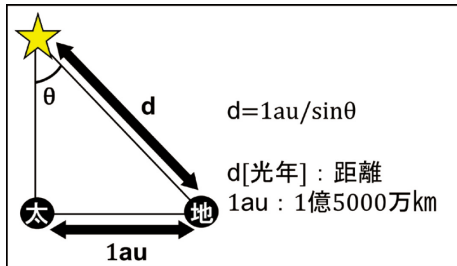
科学部地学班：
 林 あい、刀根 佳子（高2）【福岡工業大学附属城東高等学校】

要 旨

私たちは、太陽に4番目に近い恒星であるおおぐま座ラランド 21185 と地球との距離を、年周視差の原理を用いて測ることを目的に本研究を行った。2023年11月から2024年11月の1年間で3回撮影を行い、得られたデータをもとに固有運動の速度と年周視差円の半径を導出し、適切な距離の値を算出することができた。

1. 動機及び目的

恒星の観測を行った際に、私たちのような高校生でも年周視差の原理を用いて恒星までの距離を測定することは可能なのか興味を持った。そこで、おおぐま座ラランド 21185（以下ラランドとする）と地球との距離を、年周視差の原理を用いて測定することを目的として本研究を行った。



2. 研究方法 図1 年周視差

- i. 星の文化館天文台の反射望遠鏡に取り付けたカメラで、1年間に3回ラランドを撮影する。
- ii. ステラナビゲータ 12を使用して恒星(A, B, C)の黄経・黄緯を調べる[1]。
- iii. 撮影した画像におけるラランドの重心と恒星(A, B, C)のXY座標を調べる[2]。
- iv. 恒星Aを基準として恒星B, Cの黄経・黄緯とXY座標の関係式を立てラランドの重心の黄経・黄緯を決定する。
- v. 1年間の撮影で固有運動を出し、求めた年周視差円の半径から距離を推定する。

<撮影日時>

- ・2023年11月23日 2:04~2:14(太陽黄経 240°)
- ・2024年5月10日 21:44~21:49(太陽黄経 50°)
- ・2024年11月23日 1:26~1:38(太陽黄経 240°)

3. 結果

各月の黄経黄緯の平均値をとり、それらを図示して年周視差円の半径と固有運動の速度を算出した(図3)。



図2 撮影した画像

表1 各黄経黄緯の値

	黄経	黄緯
A	152.0786	27.4436
B	152.1822	27.4369
C	152.1852	27.3114
2023-11-23	152.0996	27.3859
2024-5-10	152.0995	27.3858
2024-11-23	152.1011	27.3836

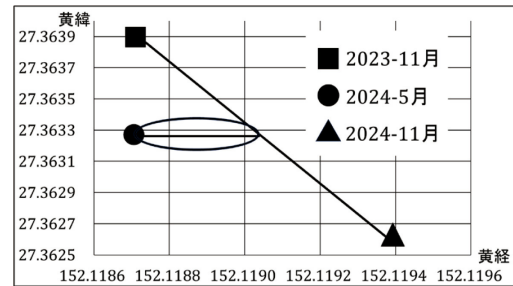


図3 黄経黄緯の移り変わり

1年間の固有運動の速度は5.3秒角/年(実際の速度は4.8秒角/年[3])となり、年周視差円の半径は0.000145°で、ミリ秒角に直すと465ミリ秒角となった。よって、 $1\text{au} \div \sin 0.000145^\circ \approx 44\text{万 au} \approx 66\text{兆 km}$ 、光年に直すと7.0光年という値を算出することができた。(実際の距離は8.3光年[3])。

4. 考察

結果より、移動方向に問題はなく実際に近い値を算出できたことから、年周視差と固有運動の速度を観測することができたと考える。今後の課題は、データ数を増やしてシンチレーション(星の瞬き)の影響を最小限にすること、また2年3年と継続的に観測を行っていき、固有運動の速度を正確に算出することだと考える。

5. 参考文献

- [1] アストローツ・ステラナビゲータ 12
- [2] 国立天文台すばる画像解析ソフトマカリ
- [3] 理科年表令和6年 国立天文台 丸善株式会社

黒点相対数と蝶形図からサイクル25を探る

天文気象部：

河村 早苗、八木下 凱（高2）【東京都立川高等学校】

要 旨

本校天文気象部は、約80年前から黒点観測を継続している。本研究で作成した、黒点相対数グラフと蝶形図から、サイクル24に比較して、現在のサイクル25では、太陽活動が非常に活発になっていることが明らかになった。

1. はじめに

天文気象部では1947年から現在までの約80年間、太陽黒点のスケッチ観測を継続してきた。観測が途切れた時期もあったが、2007年からは口径15cm屈折望遠鏡を用いて部員が交代で観測し、部内で「黒点月報」を発行している。2015年には、本部の先輩が約5500日分のデータをまとめて連続グラフを作成し、公共観測機関と概ね一致することがわかった(図1)*1)。また、2021年には黒点の面積に着目し、国立天文台の太陽撮影画像から面積を出すプログラムを作成し、黒点相対数と面積に相関があることを明らかにした*2)。その後本校のスケッチをスキャンして面積を求めることも検討したが、黒点以外の書き込みが検出される難しさがああり、フィルターを装着した撮影も手間がかかったため続かなかった。本研究では新たに太陽像を簡単に撮影できる望遠鏡を利用し、画像から黒点面積を算出する方法を検討しているところである。

2. 方法

- ・観測データから黒点相対数をグラフで表し、国立天文台、ベルギー王立天文台のデータ*3)4)と比較する。
- ・黒点の出現緯度を表す蝶形図を作成し、相対数と合わせて、サイクル25に入った黒点の動向を分析する。
- ・望遠鏡で撮影した太陽画像から黒点面積を算出する方法を探る。

3. 結果と考察

(1)黒点相対数の分析

太陽黒点は約11年周期で増減し、太陽活動と関連することがわかっている。1755年からの11年間をサイクル1とし、2025年1月現在はサイクル25である(図1)。最近の観測では2021年から急激に黒点数が増え(図2)、2024年にはXクラスのフレアが多数見られた*5)ことで、太陽活動が活発になったことが知られている。



図1 黒点相対数 全記録(*1に加筆)

図2 黒点相対数(2010~2024)

(2)蝶形図の分析

サイクル24は2009年頃から始まり、黒点が出現する緯度が徐々に低くなって、2020年にかけて黒点数が極端に減少した。サイクル25は2021年頃から高緯度に黒点が出現しはじめ、徐々に低くなってきている(図3)。相対数の変化とも合わせ、サイクル25の太陽活動は非常に活発であることがわかる。

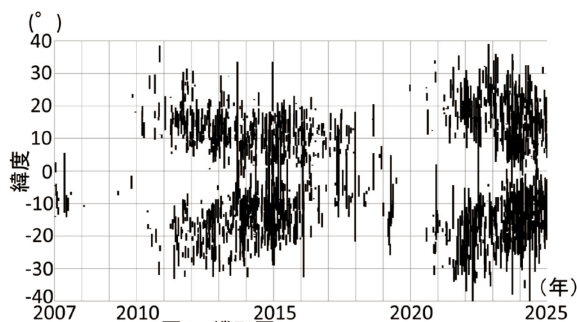


図3 蝶形図(2007~2024)

(3)望遠鏡で撮影した太陽画像から黒点面積を求める

昨年、太陽の撮影が可能な望遠鏡「Seestar S50(スマート望遠鏡)」で撮影を開始し、先行研究*2)を参考にして黒点面積を算出するプログラムを作成中である。(図4)

4. まとめと今後の課題

サイクル25に入り太陽活動は非常に活発な時期に入ったことがわかった。NASA(及びNOAA)*6)によると、2025年にはサイクル25の極大期を迎える*6)と予想されており、今後の動向を観察していきたい。また、太陽の撮影画像から黒点面積を求めるプログラムを完成させ、黒点相対数との関連を探ってみたい。

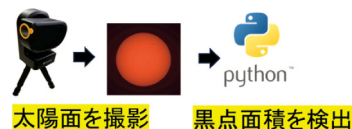


図4 黒点面積算出の流れ

5. 参考文献

- 1)本校 野坂敦史「70年間に及ぶ太陽黒点観測の成果」第17回日本天文学会2015年春季ジュニアセッション
- 2)本校 浜島悠哉「70年間にわたる黒点観測データの分析から太陽の活動を探る」第23回日本天文学会2021年春季ジュニアセッション
- 3)国立天文台HP
- 4)SIDC HP
- 5)宇宙天気予報HP
- 6)NASA HP <https://science.nasa.gov/science-research/heliophysics/nasa-noaa-sun-reaches-maximum-phase-in-11-year-solar-cycle/>

黒点移動速度と大きさの関係 ～太陽の差動回転の観測～

理科部地学班：

田沼 峻（高2）、大沼 樹（高2）【早稲田大学高等学院】

要 旨

本年は、1755年の観測開始から25回目の太陽活動周期に当たる。そして、9～14年毎にやってくる太陽活動の極大期にもあたるため、黒点がよく観測される。本研究では、この状況を活用し、黒点の移動を継続的に観察することで太陽の緯度と黒点の自転速度の関係と黒点の大きさとの関係を調べた。

1. 目的

- (1) 太陽の緯度と黒点の自転速度の関係、および
- (2) 黒点の大きさと自転速度の関係を調べる。

2. 研究方法

黒点の緯度経度データは以下のデータを用いた。

A 望遠鏡で自分が観測したデータ

B 国立天文台・三鷹太陽地上観測のデータ [2]

- (1) はA・Bどちらも使い、(2) は正確性を要するためBのみを用い解析を行った。(1) (2) は記録用紙に黒点の位置をプロットし、座標を求め観測期間に黒点移動した角度を θ とする。地球は太陽に対して公転しているため、見かけの黒点の動いた角度変化 θ がそのまま太陽の自転速度ではない。太陽の自転速度を x とし、以下の①を用いて補正した。

$$\theta = \frac{360}{x} - \frac{360}{365.2564} \dots \text{① (図1参照)}.$$

観測は[1]の文献を参考に行った。

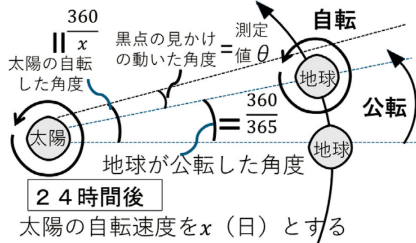
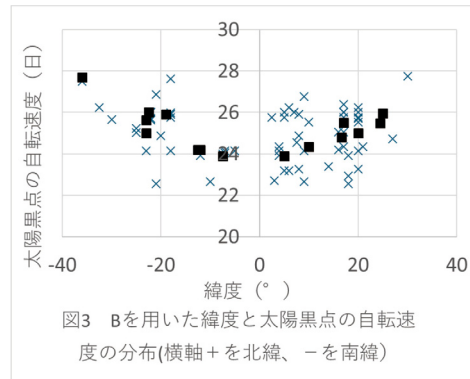
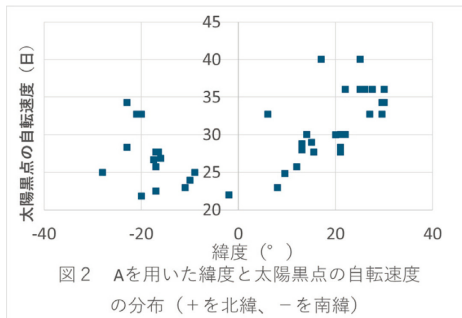


図1 自転速度の求め方

3. 結果

緯度と黒点の自転速度の関係性を、Aを用いて表したのが図2、Bを用いたのが図3である。図3の■は地球より大きい黒点、×は小さい黒点である。なお、図2は2023年5月～2024年12月の実際に観測して得られたデータ、図3は2024年1月～3月の [2] で得られた太陽画像を解析したものである。



4. 考察

図2、図3より緯度が大きくなるにつれて、太陽黒点の自転速度が遅くなっており、赤道付近では自転速度が速いことが分かった。太陽の自転速度は、図2からは、22日から40日であり、図3からは24日から28日であることが示された。また、自転速度は図2と図3から赤道を中心とする放物線を描くことが示唆された。図3において■で示される大きな黒点の方が、緯度に対してばらつきが少なく系統的に緯度と共に自転速度が遅くなっていることが示されているが、小さな黒点はばらつきが大きいため、黒点の動きは大きさによって異なることが示唆された。図2からは図3より速度分布に幅のある結果が得られたが、これは観測精度を反映したものと考えられる。特に小さい黒点は比較的短時間で消えたり、出てきたりするため、異なる黒点をつないで計算してしまっていた可能性が考えられ、そのことが図2と図3の結果の差として現れたと考えた。

5. 今後の展望

今回の研究により小さい黒点の動きはばらつきが大きく、太陽の自転とは異なる運動成分を持つ可能性が示唆された。予備調査では、黒点の運動速度が時間の経過に従って遅くなる傾向が示されたので、今後はそれらの細かな運動をさらに数多くのデータを解析することで明らかにし、より正確な結果を得るとともに、黒点の明るさ等の他の物理量のデータも併せて解析を行っていきたい。

6. 参考文献

- [1] 清水一郎 (1972) . 「太陽黒点の観測」 . 恒星社厚生閣. p56.
- [2] 国立天文台三鷹太陽地上観測データベース https://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/db_cal.html (2025年1月18日閲覧)

「太陽表面現象の温度分析」

國學院大學栃木中学校天文部：
秋山 奏佑、町田 菜々子（中2）【國學院大學栃木中学校】

要 旨

國學院大學栃木中学校天文部では、口径7cmの屈折望遠鏡で2024年2月27日から3月2日の5日間にかけて太陽の撮像を行った。撮像された黒点についてシュテファン・ボルツマンの法則を用いて温度の5日間の明るさの変化を調査した。その結果、明るさ、温度ともに上昇傾向が見られた。

1. 目的

太陽表面現象（黒点）の明るさ、温度が時間経過とともにどのように変化するかを調べる。

2. 方法

使用機材

- ・口径7cm屈折望遠鏡（笠井トレーディングBLANCA—70EDT）
- ・アストロソーラー太陽フィルターフィルム
- ・CMOSカメラ（ZWOASI294MC）

太陽フィルターフィルムを付けた望遠鏡にCMOSカメラを装着し、太陽全体を2024年2月27日から3月2日にかけて撮像した。そのうち1つの黒点に注目し、明るさの測定を行った。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。文献[1]を参考にし、測定メニューを使用して黒点のカウント値（明るさ）が最も暗い部分を通るグラフを作成した。黒点の最も低いカウント値の移り変わりを調べた。シュテファン・ボルツマンの法則を用いてカウント値から温度を求めた。なお、2月29日の太陽は天候不良のため撮像ができなかった。

シュテファン・ボルツマンの法則

$$L = \sigma T^4 \quad L = \text{カウント値}, \sigma = \text{定数}, T = \text{太陽表面の温度 (K)}$$

3. 結果

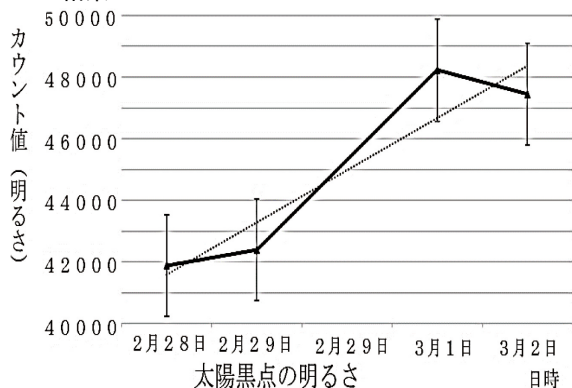


図2：太陽黒点の明るさの変化

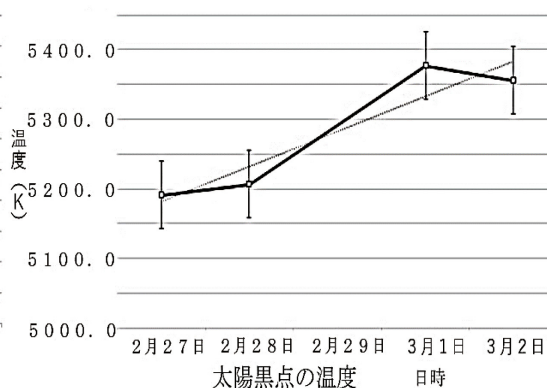


図3：太陽黒点の温度変化

図2、図3より、明るさ、温度ともに全体的に上昇傾向が見られた。3月2日の黒点は前日より明るさ、温度ともに下がった。

4. 考察

今回調べた黒点では明るさ、温度ともに上昇傾向が見られた。これは太陽表面の活動が局部的に変化したことが原因と考えられる。更に長期的な撮像やフレアなどの他の太陽表面現象との関連も調べたい。

5. 参考文献

- [1] 『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 2017年



図1：撮像した太陽（2024年2月27日13時48分12秒）と計測を行った黒点（黒丸で囲った部分）

月の陸と海のスペクトル分析

國學院大學栃木高等学校天文部：

中居 健剛、安野 隆也（高1）【國學院大學栃木高等学校】

要旨

月の陸と海の見え方の違いを、数値化し、分析するために分光器とスリットビューアを用いて地形別のスペクトルを撮像した。分析した結果、陸の方が太陽の光を強く反射した。月の海の岩石である玄武岩や陸の岩石である斜長石に実際に光を当ててみると、月の地形別のスペクトルの差が岩石の反射光のスペクトルの差と一致した。

1. 動機及び目的

実際に月を見たときに海よりも陸の方が明るい。このことを論理化するために、スペクトルを計測して月の陸と海の性質の違いを見出す目的で研究を進めた。文献 [1] を参考にして実際に月の岩石に光を当ててみるとスペクトルの波形が変わってくるのではないかと考えた。海が玄武岩からできている、陸は斜長石からできていることを前提として研究を進めた。

2. 方法

ZWOASI 2 9 4 MCCMOS カメラ、CELESTRONSKYRIS 2 3 6 C、タカハシ製 1 0 cm 屈折望遠鏡、スリットビューア、及び昭和機械製作所製 VEGA 分光器を用いて月のスペクトルを撮像した。また同様の解析を LPL 製 L 2 3 3 3 ビデオライト VL-G 3 0 1 を使い、屈折望遠鏡を使わずに直接、玄武岩や斜長石にあてた光のスペクトルを撮像した。

3. 結果

図1の輝度の最大値である6500と図2の輝度の最大値である4900を比べると、図1の海（クレーターなし）の方が太陽の光を1.3倍強く反射するということが分かった。図1と図2の輝度の最大値である約6500と約4900の平均値である5700と図3の輝度の最大値である11500を比べてみると、図3の陸の方が太陽の光を2.0倍強く反射することが分かった。次に図1と図2と図3を輝度と波長の関係で比べてみると、図3は波長別の輝度の変動が大きく、図1と図2は波長別の輝度の変動が小さい。図3の陸と図4の斜長石を比べてみると、波形が似ていることが分かった。また、図5の玄武岩と図1、図2の海（クレーターなし及びあり）を比べてみると、波形が似ていると分かった。

4. 考察

陸、海それぞれの領域の輝度の違いは1.3～2.0倍である。陸の方が波長別の輝度の変動が大きく、海（クレーターなし及びあり）が波長別の輝度の変動が小さいのは、岩石の違いによるものだと考えられる。また、すべての図は太陽光を反映しているため相似形であるが、反射光の強さや波長別の輝度の変動は月の地質の違いと考えられた。

5. 参考文献

[1] 佐伯和人、平田成、大嶽久志、竹内圭一 2000 望遠鏡月面分光観測システム構築 遊・星・人 9巻 p. p. 77 - 85 日本惑星科学会

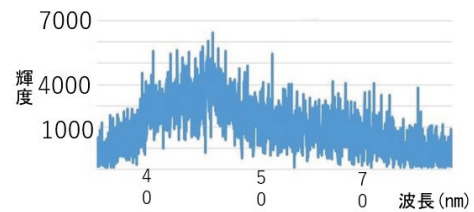


図1 海のクレーターなしの波長と輝度の関係

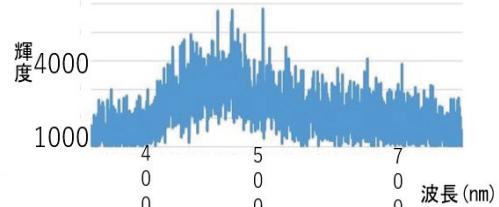


図2 海のクレーターありの波長と輝度の関係

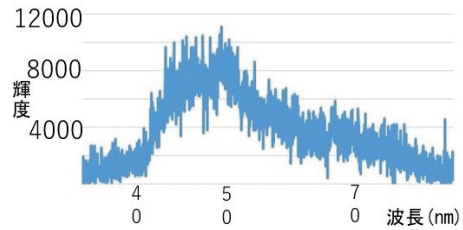


図3 陸の波長と輝度の関係

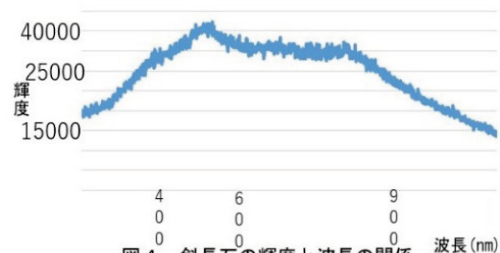


図4 斜長石の輝度と波長の関係

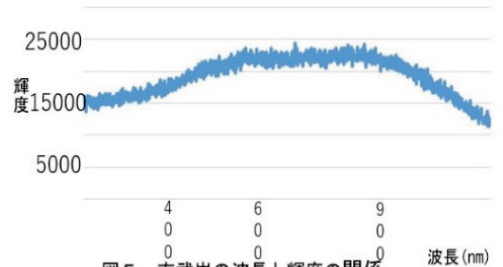


図5 玄武岩の波長と輝度の関係

木星・土星の表面で起こる現象の記録とその考察Ⅱ

サイエンス部1年天文惑星観測班：

上村 瑞樹、上村 海空、竹井 ゆきな、西 愛実、花木 愛彩 (高1) 【鹿児島県立国分高等学校】

要 旨

木星ではこの数年、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。また大赤斑や赤道を挟んで存在する2本の縞模様の変化について撮影と分析を行った。

1. はじめに

京都大学の観測チームが2021年10月15日、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、先輩達が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。自分達は先輩達の研究を引き継ぎ、昨年秋から観測を始めた。

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：タカハシ 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は、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枚に調整した。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、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)。なお、星の2本の赤道縞の幅計測には、惑星解析ソフトWINJUPOSを用いた。

3. 観測結果

2025年1月12日現在で土星は3日間で3万7191フレーム、木星は3日間で20万5000フレームの観測を実施した。

1) 閃光現象について

昨年から観測できていない。2023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たが、先輩達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。

2) 南赤道縞の変化について

国立天文台によると3~15年の周期で南赤道縞が消失するとされ、最近の消失は2010年5月初旬であった。月惑星研究会のデータを見ると、南赤道縞の消失は約8ヶ月継続し、その後約2ヶ月ほどで元にもどっている。2024年12月の観測と2025年1月の観測の比較から、南赤道縞の幅が一部で縮小傾向にあることが分かった(図1)。

3) 大赤斑について

堀川(2015) [1]や先輩達の研究で年々長径が縮小傾向にあると報告されている。現在まだ大赤斑観測に成功していない(2025年1月15日)ので、撮影してデータを取得したい。

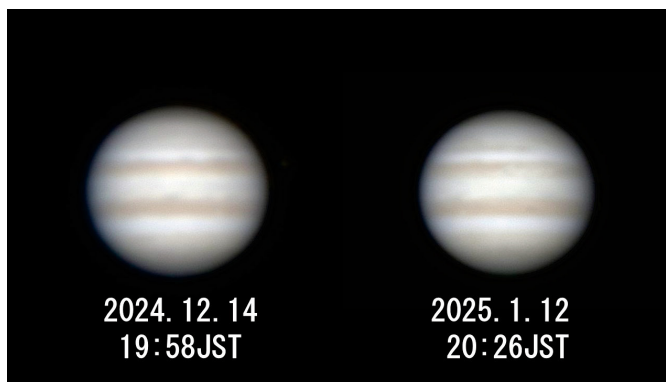


図1 撮影した木星画像の比較

4. 考察とまとめ

2010年5月の南赤道縞の消失から約15年経過し、我々の観測で南赤道縞の幅が縮小傾向にあることが分かった。今後も観測を継続し、この縞模様の変化の様子を捉えたい。もし仮に消失した場合、縞が復活する様子も捉えることにも挑戦したい。大赤斑については、長径を計測して縮小傾向なのかどうかを今後の観測で検証したい。

5. 参考文献

[1] 堀川邦昭(2015) 眼視による木星面模様位置測定について 天文月報(2015年)Vol.108, no3

メタンバンド画像で明かす木星表層部

地学部:真庭 一樹、作山 一葵、星野 心大朗、中山 智寛、前中 銀河(高2)、
西牧 佑恭、櫻井 遥、角田 篤哉、山本 琥太郎、滝村 史緒、吉田 十彩、尾形 紬希(高1)
【埼玉県立浦和西高等学校】

要 旨

メタンバンドパスフィルター(889nm・半値幅8nm)による木星像、木星のスペクトル画像ならびに木星のスペクトル画像より作成した889nmおよび727nm付近のスリットスキャン画像を比較し、木星表層部の構造について検討する。

1. 研究動機

本校地学部では継続的に木星の緯度毎のスペクトルの比較に取り組んでおり、ここ数年の経緯は次の通りである。2021年度は二次スペクトルの除去にR1フィルターの使用が有効と確認、2022年度はスリットビューワの導入により撮像精度が向上、2023~2024年度にかけての観測で木星の縞模様を反映したスペクトル画像を安定的に得る技術を確立した。今年度は、木星のメタンバンドの画像について比較、検討することとした。

2. 観測

(1) 観測期間 2024年11月18日より継続中 (2) 観測場所 本校屋上

(3) 主な観測機材

①スペクトル画像およびスリットスキャン画像用:FC100DZ鏡筒(タカハシ)、R1フィルター【以下、R1_f】(Kenko、透過域は640nm以上)、2倍パローレンズ(カサイトレーディング)、スリットビューワおよび分光器VEGA(昭和機械製作所)、冷却CCDカメラ(Atik Titan)、波長校正用Ne光源(ナリカ)

②メタンバンド画像用:C8鏡筒(CELESTRON)、2倍パローレンズ(Vixen)、メタンバンドパスフィルター【以下、CH₄_f】[889nm・半値幅8nm](Baader Planetarium)、SKYRIS(CELESTRON)

(4) 使用ソフト

Artemis Capture、iCap2.5、Stella Image9、RegiStax6、Makali'i、Microsoft Excel

3. 撮像

(1) スペクトル画像

①スペクトル画像は、Artemis Captureで撮影する。(露出5秒/30枚)

②波長付け用にNe光源を重ねた画像についても同様に撮影する。なお、波長付けについては4で詳述する。

(2) スリットスキャン画像

①スリットの向きが赤経線と平行になるように調整する。

②赤道儀の駆動を対恒星時99%とし、スリットを木星が通過する間をArtemis Captureで撮影する。(露出5秒/86枚)

③(2)の②の画像から、特定波長の木星全面像を作成する。この画像の作成にあたっては、特別なプログラムが必要であるため、川口市立高校の坂江隆志先生にお願いした。

(3) メタンバンド画像

①CH₄_fを装着したSKYRISでiCap2.5により動画(50秒)として撮像したものについてRegiStax6で処理を行う。

②(3)の①で得られた画像の南北方向の最大径にあたる部分について、Makali'iによってカウント値を取り出し輝度値とし、さらにその最大値で除算し、相対輝度値とする。(本予稿の段階では未作成)

4. 波長付け

波長付けについては、理科年表^[1]による既知の輝線スペクトルの波長を、撮影した画像のピクセル位置に対応させて得られる関数で行う。

使用画像は次のA~Dである。

A. R1_fによる白熱電球のスペクトル(図1)

B. CH₄_fによる白熱電球のスペクトル(図2)

C. Ne光源+R1_fによる木星のスペクトル(図3) → 3の(1)②の画像

D. CH₄_fによる木星のスペクトル(図4)

白熱電球のフィラメントの温度は2000K前後と考えられるが、仮に1000Kであったとしても可視光域から1000nmを超える波長の光が出ており、併せて冷却CCDカメラのセンサーは1000nm付近まで感度があることから、スペクトル画像の範囲は640nm~1000nm超となり、図2および4の最も明るい輝線はCH₄_fを透過した889nmの波長を割り当てられると考え、それらを元にピクセル位置と波長の関係式が求め波長付けを行う。ただし、本予稿では、簡易的にCH₄_fによる画像の輝線のピクセル位置を889nmとしてスリットスキャン画像を作成している。

5. 結果と今後の展望

図5のCH₄_fによる木星の全面画像では赤道部分が明るく写っており、889nmの波長の光の木星表層での吸収が少ないことを表している。その原因は889nmの波長の光を反射する雲の深さにあり、明るい部分ほど雲が高いところにあることになる。^[2]この画像と889nmの波長で作成したスリットスキャン画像で同様の傾向が見られるか等について画像処理および波長付けを施し、口頭およびポスター発表に向けて検討を重ねたい。ここでは、スリットスキャンの試作画像(図6)を参考に紹介する。波長付けが明確では無いが、木星表面の縞模様が認められ、画像の作成方法が概ね正しいことがわかる。

参考文献等

[1] 理科年表 国立天文台編 丸善出版(2023)

[2] 天体観測の教科書 惑星観測編 安達 誠 編 誠文堂新光社(2009)

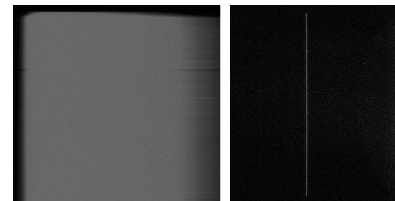


図1 白熱電球(R1_f)【部分】

図2 白熱電球(CH₄_f)



図3 木星(Ne光源+R1_f)

図4 木星(CH₄_f)

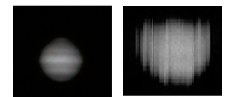


図5 木星画像

(スリットスキャン)

図6 木星画像

(スリットスキャン)

スペクトルによる惑星の表面大気組成検証

戸塚高等学校天文部：

清水 穂華（高2）、新井 悠太、横井 綾羽（高1）【横浜市立戸塚高等学校】

要旨

近年、太陽系外惑星に生命がいる可能性があるという話題になっている。判断条件の1つに大気が挙げられる。大気の中でも組成に焦点を当て、実際に生命のいる可能性があるエンケラドスなどの天体の大気組成調査を行うためにも、身近である惑星に着目し同じ手法で大気組成を検証する。

第26回天文学会ジュニアセッションでは太陽と土星の吸収スペクトルを比較し、太陽と土星に見られた全ての吸収線において土星の方が深く検出されたため土星にそれらの成分が含まれていることが検証できた。今回は本校の望遠鏡で観測可能な惑星の吸収スペクトルを比較し、大気組成を検証する。

1. 観測方法

太陽、土星、木星、天王星、火星、金星を冷却 CCDカメラと分光器を本校の口径35cmニュートン式反射望遠鏡に取り付け撮影する(図1)。観測条件は下記の通りである。

太陽：2024年12月27日15時16分 高度12°
土星：2024年12月27日18時27分 高度37°
木星：2024年12月27日18時49分 高度45°
天王星：2024年12月27日19時6分 高度48°
火星：2024年12月27日19時59分 高度16°
金星：2024年12月27日18時0分 高度23°



図1 観測機器

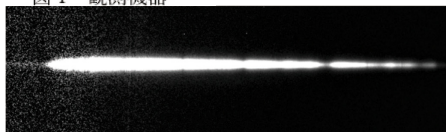


図2：天王星のスペクトル

2. 研究方法

観測で撮影した画像(図2)はすばる画像処理ソフト Makali'i を使用し、天体画像から dark フレーム・sky フレームを減算し flat フレームで除算した。処理した画像から得られたグラフを参考文献の波長と比較し(参考文献1)、2) 元素を同定する。大気の相対吸収量を求めるため、Excel を用い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。次に元素ごとの含有量(吸収線の面積に比例すると考える)を求めるため、吸収線を三角形に近似してその面積を求めた(図3)。

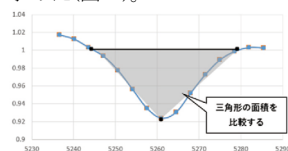


図3：面積の求め方

3. 結果と考察

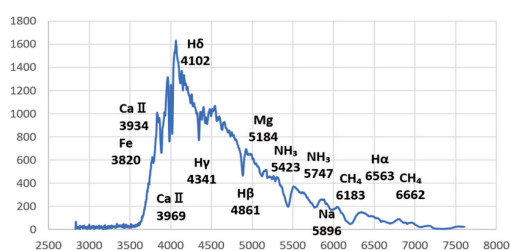


図4：天王星スペクトルのグラフ

観測で撮影した画像から得られたグラフ(例：図4)をもとに求めた各惑星の含有量をまとめたものが表1である。灰色に網掛けされた部分は太陽よりも惑星における面積が小さい。

表1：求めた三角形の面積

面積(Å)	太陽	土星	木星	天王星	火星	金星
Fe(3820 Å)	×	6.16	4.95	3.54	2.88	5.26
Ca II (3934 Å)	1.49	3.05	4.72	4.74	4.31	4.72
Ca II (3968 Å)	0.24	1.80	3.86	3.44	1.20	2.23
H δ (4102 Å)	0.24	0.53	0.88	0.53	0.62	0.53
H γ (4341 Å)	3.99	3.18	3.60	3.78	3.59	3.60
Fe(4348 Å)	0.92	×	×	×	×	×
H β (4861 Å)	1.90	1.28	1.86	10.94	1.67	1.69
Mg(5184 Å)	1.50	1.78	1.89	1.08	3.18	1.23
Fe(5270 Å)	0.42	0.95	1.09	×	1.51	1.17
NH ₃ (5423 Å)	×	×	×	23.42	×	×
NH ₃ (5747 Å)	×	×	×	15.15	×	×
Na(5896 Å)	1.11	1.40	0.86	3.10	1.52	0.97
CH ₄ (6180 Å)	×	9.15	3.28	63.53	×	×
H α (6563 Å)	2.95	2.31	2.93	1.09	3.47	1.16
CH ₄ (7250 Å)	×	22.48	26.69	10.51	×	×

太陽と各惑星どうして検出された面積を比較した。面積の差は大きいもので木星のCaII(3968Å)が約16.1倍、小さいもので天王星のHα(6563Å)が約0.37倍であった。太陽からは検出されなかったが、顕著に見られた成分として天王星のNH₃(5423Å)、NH₃(5747Å)、CH₄(6180Å)、土星・木星ともにCH₄(7250Å)が挙げられる。

天王星に見られたHβ(4861Å)、NH₃(5423Å)、NH₃(5747Å)、CH₄(6180Å)、CH₄(7250Å)は他の惑星の面積を比較しても大きいものであった。

4. 今後の展望

本研究では参考文献や先行研究で見られなかった成分が検出されたため、さらに同じ手法で観測を重ねて得られた結果に信用性があるか。また、観測した日時よっての変化はないか検証していきたい。

惑星の大気組成を検証できたので、次回は本来の目的である生命が存在する可能性のある天体の大気組成調査を行う予定である。

5. 参考文献

- 理科年表 天文部「おもな太陽吸収線」
- 日本地球惑星科学連合2016年大会高校生ポスター発表奈良県立青翔高等学校「惑星大気の成分分析」

微惑星集積過程における固体惑星自転の決定

名取 修、高保 翔太、窪田 瑞樹（高2）【北杜市立甲陵高等学校】

要旨

現在、天王星のような大きな自転軸傾斜角を持つには原始惑星同士の巨大衝突が必要とされている。本研究では過去の文献をもとに、微惑星集積過程の角運動量の変化が後の原始惑星、惑星の自転軸傾斜角に与える影響を考察した。結果として新たな大きな自転軸傾斜角を持つためのシナリオを提示することができた。

1. はじめに

天王星のような大きな自転軸傾斜角を持つための条件を巨大衝突ではなく、微惑星集積時の角運動量から考察、議論する

2. 目的

微惑星集積が後の原始惑星、惑星の自転軸傾斜角へ与える影響について解明する

3. 方法

(1) 手順

- ①過去の文献から微惑星集積の条件を知る
- ②自転角運動量についての計算を行う
- ③質量と角速度、自転軸の関係を得る

(2) 計算方法

(2-1) 質量と半径の関係性

惑星の質量を m 、半径を r 、密度を ρ とすると

$$m = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho$$

$$\Leftrightarrow r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho}}$$

ここで $c = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi\rho}}$ とすると

$$r = cm^{\frac{1}{3}} \quad (\text{ア})$$

(2-2) 角運動量の計算

衝突される原始惑星の半径を r 、衝突する天体の質量を m 、衝突する天体の速さを v とすると、衝突される天体を受けとる角運動量 L の大きさは $|L| = rmv \sin \theta$ (イ)

また、衝突係数を b とすると L は式(ウ)のようにも表現できる $|L| = |b| \times mv$ (ウ)

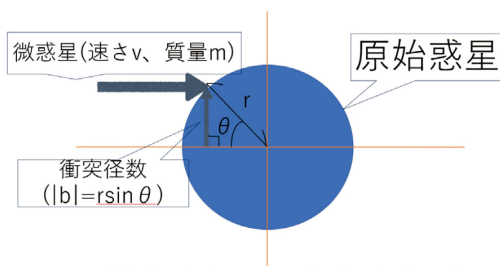


図1:式(イ)、(ウ)に示す原始惑星衝突の略図

4. 結果

過去の文献からわかったこと

- ① 大きな自転軸の傾斜を持つには同サイズの天体の衝突が必要(参考文献1)
- ② 微惑星の衝突が起きる方向はランダム(参考文献2)

- ③ 微惑星の衝突時の速さはおよそ一定(参考文献4)

- ④ 微惑星の初期衝突では大きな自転軸傾斜角を持ちやすい→0度180度は各々パターンしかないが、軌道面内のすべての向きが90度になるため、同サイズの天体同士の衝突で得られる軸の傾斜角は高確率で90度になる(参考文献3)

5. 考察

原始惑星が受け取る角運動量の大きさの平均値 $\langle |L| \rangle$ を考えると式(ウ)から

$$\langle |L| \rangle = \langle |b| \times mv \rangle \quad (\text{エ})$$

4. 結果③より mv はおよそ一定、すなわち $\langle L \rangle$ は $\langle |b| \rangle$ に依存することが分かる。微惑星が衝突する方向はランダムなので

$$\langle |b| \rangle = \langle r \sin \theta \rangle = 0$$

よって天体が受け取る角運動量は0であることがわかる。従って、原始惑星は、質量は大きくなるが角運動量は最初期のものが保存されるので、自転軸傾斜角を維持したまま成長しうるといえる。よって4. 結果④と合わせて微惑星は初期の大きな自転軸の傾斜を維持したまま成長しうる。

また、 $|L| = rmv \sin \theta = mr^2 \omega$ (オ)

式(ア)を(オ)に代入して $|L| = c^2 m^{\frac{5}{3}} \omega$ (カ)

ここで L 、 c は定数であるから $\frac{|L|}{c^2} = k$ とすると

$$\omega = km^{-\frac{5}{3}}$$

対数に直して $\log \omega \propto -\frac{5}{3} \log m$

よって $\log \omega$ は $\log m$ と負の比例しその比例定数は $-\frac{5}{3}$ となることが分かる。

6. 今後の課題

考察の最後の部分にある ω と m の関係性について別研究を参考にその妥当性を評価したい。

7. 参考文献

1. Luke Donest, Scott Tremaine 1993
ICARUS103, P67~92
2. 小久保英一郎, 井田茂 2000
Doi: doi:10.1006/icar.1999.6237
3. 小久保英一郎, 玄田英典 2010
Doi:10.1088/2041-8205/714/1/L21
4. 小久保英一郎, 井田茂 1996
ICARUS123, P180~191

彗星の周期を求め比較する

細谷 蒼天、昆 承太郎（高1）【東北学院榴ヶ岡高等学校】

要旨

私達は、ハレー彗星^[1]、エンケ彗星^[2]、パンスターズ彗星^[3]、ベルナディネリ・バーンスタイン彗星^[4]（近日点通過前・後）の周期を求め比較した。

はじめに

ハレー彗星が2061年観測できると知りその周期が正しいのかわかりを公転周期を求める式を使用して求めようと考えた。同様に地球で観測することのできる彗星であるエンケ彗星、パンスターズ彗星、ベルナディネリ・バーンスタイン彗星の周期も求め、比較しようと考えた。

方法

今回調べた彗星は軌道長半径がわかるためケプラーの法則を用いて計算する。ベルナディネリ・バーンスタイン彗星は近日点通過前後で軌道長半径が異なるため、近日点通過前後両方計算する。

式のたてかた

ケプラーの法則より公転周期の2乗は軌道長半径の3乗に比例することより、公転周期をTとし軌道長半径をrとすると $T^2 = r^3$ となる。T = r × \sqrt{r} となるため

公転周期 ⇒地球が太陽の周りを回るのにかかる年数(1.00004024年)^[5] × 軌道長半径 × $\sqrt{\text{軌道長半径}}$ となる。

結果

計算で求めた各彗星における公転周期（表1）

表1 各彗星の軌道長半径と公転周期

	軌道長半径	公転周期
ハレー彗星	17.83	約75.29年
エンケ彗星	2.215	約3.296年
パンスターズ彗星	2.188	約3.236年
ベルダディネリ・バーンスタイン彗星 （近日点通過前）	19.637	約87.02年
ベルダディネリ・バーンスタイン彗星 （近日点通過後）	27.125	約141.2年

考察

公転周期は軌道長半径の短長に比例し、また地球が太陽を周りを回る速さが関係していると考えた。今回わかったことから新たに一つの問題を得ることができた。それは、なぜ別惑星の公転周期が地球が太陽の周りを回るのにかかる年数に関係しているのかということだ。新たに生まれた問題を次の研究内容にしたいと思う。

参考文献

- [1] 公益社団法人 日本天文学会 www.asj.or.jp/geppou/archive_open/1993/pdf/19930310.pdf
- [2] エンケ彗星 Seiichi Yoshida www.aerith.net/comet/catalog/0002P/index-j.html
- [3] パンスターズ彗星 Seiichi Yoshida www.aerith.net/comet/catalog/0311P
- [4] アストロアーツ www.astroarts.co.jp/article/hl/a/12517_c2014un271
- [5] 八戸市視聴覚センター児童科学館 www.kagakukan-8.com/files/other/calmethod.pdf

紫金山・アトラス彗星のデジタルカメラ画像の解析

安彦 青空、樋口 舞、磯部 一貴、岩佐 レン、新海 秀彬、鈴木 春、麻田 実 (高2)、関根 菜々美、大島 絵里、加藤 千翔、濱高 みこと、渡邊 梨央、岩佐 健良、川村 楓、高島 結香 (高1)
【駿台学園高等学校】

要 旨

2024年 11月 5日に茨城県内で一眼レフカメラで撮影した紫金山・アトラス彗星の写真をデジタルデータに変換し、コンピュータープログラムを用いて解析した。画像は r, g, bの三色に分解し、それぞれの相違を調べた。その結果、彗星頭部は、青色では大きさはやや小さくて尾はほとんど見られず、緑ではやや長い尾が、また赤では少し短い尾が、それぞれ見られた。

1. はじめに

今回の紫金山・アトラス彗星は光度が明るかったので、通常のデジタル一眼レフカメラで、市中でも撮影することができた。背景の空はかなり明るかったが、彗星の形ははっきりと認められたので、コンピュータープログラムによる画像解析を行い、彗星の特徴を調べた。

2. 撮影状況

撮影は、茨城県小美玉市で、時刻は2024年11月5日午後8時ごろ、方角は西の方向であった。カメラはNikon5500, 焦点距離は45mm、露出時間は10secであった。撮影された画像が図1である。



図1. 撮影した画像 (画像処理前)

3. 画像解析方法と得られた画像

図1の .jpg画像これをLinuxのパソコンを用いて解析した。方法は、まず画像処理ソフトgimp によって .ppm 形式の画像に変換する。 .ppm形式はテキストファイルとしてコンピュータ処理が容易にできるので、これをpython プログラムを用いて解析した。

図2～図4は、r, g, b それぞれに分解した後の画像である。



図2. 切出画像の色分解後 (r)



図3. 切出画像の色分解後 (g)



図4. 切出画像の色分解後 (b)

4. 解析手順

.ppm 画像形式は、テキスト形式のためプログラムで処理をやすく、いろいろな解析が可能であった。今回は、以下のような解析を行った。

- 1) 背景の明るさを引き算し、彗星のみの画像とする。
- 2) 彗星画像を、r, g, b 3色の画像に分解する。(図2～図4)
- 3) それぞれの画像を比較し、彗星頭部の色の特徴を調べる。

5. 結果

図2～図4の画像を比較すると、以下のような特徴が見られた。

- 1) 頭部の明るさは、緑で最も明るく、赤がその次、青はコンパクトであった。
- 2) 尾の形は、緑で最も長く、赤は少し短くなり、青ではほとんど見られなかった。

流星電波観測による流星群の解析

泉 佑樹、矢島 稜大、的場 圭佑、平尾 優季、北川 総士、国友 大暉（高2）【慶應義塾高等学校】

要旨

本校の屋上には流星電波観測装置が設置されている。しばらく休眠状態であったが2024年10月、様々な苦難を乗り越えて装置が復活した。そこで、流星観測を行い通常時と流星群の時に分けて解析し、ふたご座流星群のピークを求めた。

1. はじめに

流星が流れると大気を電離させ一時的な電離層が生じる。これによって遠方の電波を受信し流星を捕捉するのが流星電波観測である。HRO (Ham-band Radio Observation) という。本校では大津市から送信されている53.372MHzの電波を受信している。本研究では自分たちで受信したデータを用い、それにいくつかの補正を加えて流星の解析をし、2024年のふたご座流星群の活動について調べる。

2. 方法

- HROFFTというHRO音声を解析するソフト(図1)で1時間ごとに流れた流星数をカウントする。
- 11月23日から30日までの期間について、1時間ごとの合計流星数をグラフ化した。これから通常時の流星活動の日変動を調べた(図2)。
- ふたご座流星群の極大付近である12月4日から16日までのグラフを作成した(図3)。なお、本校のデータに欠測があったので13日15時~16日15時は同じ大津の電波を受信している八王子局[1]のデータを較正し、利用させていただいた。

3. 考察

図2を見ると、5時頃が一番数が多くなっている。流星とはそもそも宇宙にある塵が降ってきているので、その塵のある方向へ地球が進めば当然流星が多く降ってくる。住んでいる場所が公転の進行方向になるのは明け方なので、このような変化をすると考えた。

ふたご座流星群の活動を見ると(図3)、図2に見られたような日変動が多く含まれていることがわかる。流星群自体の変動を見るため、1. 流星群の輻射点高度を考慮するZHR補正[2]を行う。2. 図2の平常時データから日変動を除去する補正を行うことを考えた。

1. のZHR補正を行うと、輻射点高度が極端に低い場合や地平線化の場合、補正値が極めて大きい値となり、変動がかえってわかりにくくなってしまった。そのため、ZHR補正は断念し、2. の日変動補正のみを行った。図2の毎時の合計を全時間の平均で割って正規化。その値で流星群時の各時のデータを割って日変動を除去したグラフを作成した(図4)。その結果、日変動が抑えられて全体の活動の変化がよくわかるようになった。全体のピークは12月13日の22時ごろであったと読み取れる。文献[3]によると、「メインピークは12月13日23時JST頃。なお、ピーク前の12月12日22時~23時JST頃でサブピークが観測されたようです。(一部略)」とあり、メインピーク(▽)は本研究と一致する。またサブピーク(▼)も日変動補正を行ったことにより捉えられたのではないだろうか。

4. 結論

本校の流星電波観測の結果、2024年のふたご座流星群のピークは12月13日の22時ごろであった。

本研究を行うにあたり、流星電波観測集計センターの杉本弘文氏には大変お世話になりました。この場を借りて感謝申し上げます。

5. 参考文献

- 流星電波観測集計センター <https://www5f.biglobe.ne.jp/~hro> (2025年1月21日閲覧)
- 天頂引力を考慮したZHR算出時の輻射点高度補正 <http://suchiyama.na.coocan.jp/meteor/article/z-attract.html> (2025年1月15日閲覧)
- 流星電波観測国際プロジェクト <https://jpn.iprmo.org> (2025年1月21日閲覧)

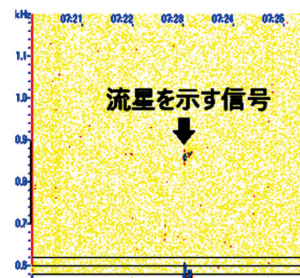


図1. HROFFTで受信された流星見やすくするため白黒反転してある

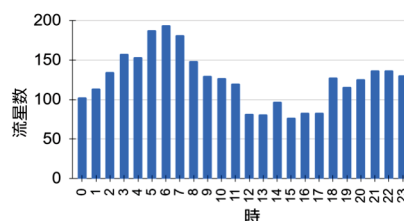


図2. 平常時の流星数の日変動

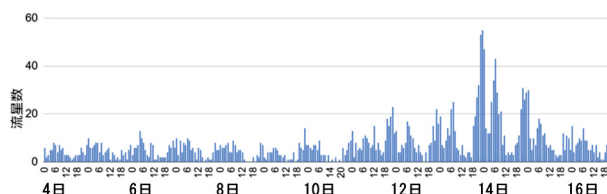


図3. ふたご座流星群時の流星数の増減

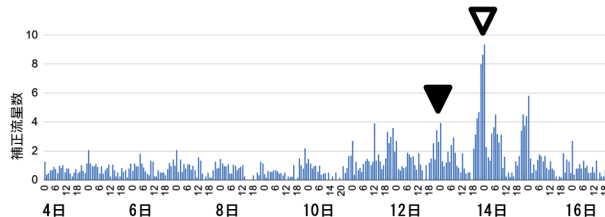


図4. 補正後のふたご座流星群時の流星数の増減

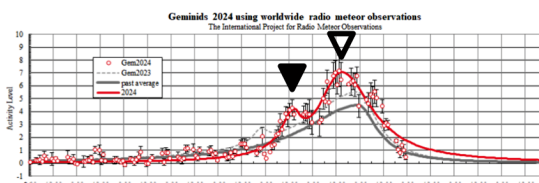


図5. 流星電波観測国際プロジェクトによる速報値 [3]より引用、一部加筆

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、村田 圭総（高2）【東京都立川高等学校】

要旨

本部は流星群の眼視観測を徹夜で行っており、回数を増やしたいが限界がある。そこで徹夜できない日も無人で観測する方法を考え、ビデオと電波を用いた流星の自動観測装置と検知プログラムを自作し、流星群の分析を行った。

1. 研究背景

流星の分析は高層の地球大気や、宇宙空間の彗星・小惑星を観測することにつながる。流星観測は古くは眼視により、その後電波やビデオによっても行われるようになった。アマチュアによる観測ネットワーク「SonotaCoNetwork」では複数台のビデオで流星群などを観測し、同時流星と判別できた流星の対地軌道や日心軌道を計算してその結果を公開している。

2. 研究目的

本部は約70年前からペルセウス座流星群、13年前からふたご座流星群を眼視で観測しており、徹夜観測日をもっと増やしたいが限界がある。そこで我々は2023年からビデオと電波の2手法により無人で自動観測する装置を製作し、流星を自動検出するプログラムを開発してきた^[1]。本研究では更に改良を重ね、リアルタイムでモニタリングできるシステムの構築を目指した。また流星を同定して分析し、宇宙空間のどこからやってきてどのように流れたのか特定することを目指した。

3. 研究方法

- ・安価で高感度な防犯カメラ (Atomcam2) を5台用いたビデオ観測装置と2局の電波を受信する電波観測装置、機械学習による検出プログラムを開発する。またWEBやスマホでリアルタイムモニタリングできるシステムの開発を目指す。
- ・眼視、ビデオ、電波の3手法で様々な流星群を観測し、データの比較、ビデオから軌道の特定、電波の反射領域(幾何学上の観測領域)の計算を行う。

4. 結果と考察

(1) 観測装置の製作と自動観測システムの開発

ビデオ・電波ともに2023年から観測装置の改良を重ね、開発した機械学習^[2]による検知プログラムを用いてリアルタイムでの検知に成功した。また結果を部内web上で公開し、スマホ等に通知するシステムの開発を行った(図1)。

(2) 2024年ペルセウス座流星群の分析

合宿先の高原と本校屋上でペルセウス座流星群を観測し、眼視・ビデオ・電波の3手法による結果を比較した。眼視よりもビデオ(赤外線)の観測数が多く、高原では市街地に比べて多数の暗い流星を検知できた。また、本部とSonotaCoNetwork^[3]のデータを用いて、対地軌道・日心軌道を特定し、立体出力に成功した(図2)。

(3) 2024年ほうおう座流星群の分析と日心軌道の解析

2024年11月12日、ほうおう座流星群*と推定される流星を観測した。この流星の日心軌道を特定し、母天体であるブランペイン彗星の軌道と近似したことから(図3)、ほうおう座流星群と判断した。*ほうおう座流星群は1956年南極越冬隊により流星雨として初めて観測されて以降ほとんど出現が見られず、「幻の流星群」と呼ばれている。

(4) みずがめ座流星群における電波の反射領域と実経路の同定

内海(2002)^[4]の方程式について、独自に開発したPythonプログラムでシミュレーションをし、先行研究では平面で表現されていた領域を立体で出力することに成功した(図4)。また、みずがめ座流星群で、ビデオと電波で同時観測した流星経路と反射領域を図5のようにプロットした結果、流星経路が反射領域に接触している豊川HR0ではこの流星を捉えた一方、接触していない福井HR0では流星を捉えなかった。よって、流星が反射領域を通過するか否かによってエコーを捉えるか否かが決まると推測される。

5. まとめ

ビデオ・電波の流星観測装置を製作して改良し、機械学習によるリアルタイム観測システムを完成させ、流星検知に成功した。また、眼視・ビデオ・電波観測の流星数の比較、複数観測からの経路特定、Pythonで電波の立体的な反射領域の計算を行った。今後は、ビデオ装置の自動日よけを完成させ、検知プログラムの精度向上を目指す。

参考文献

- [1]. 都立川高等学校天文気象部(2024). 『流星の自動観測システム「TenGu」ver2.0の開発』第12回高校・高専気象観測機器コンテスト[2]. WongKinYiu. 『yolov9』[3]. SonotaCo.com [4]. 内海洋輔(2002). 『HR0流星レーダーの観測領域の計算』



図1 システム図

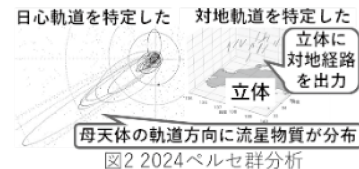


図2 2024ペルセ群分析



図3 母天体と流星体の軌道比較



図4 立体出力した反射領域



図5 みずがめ座流星群の同時流星の経路と反射領域

石垣島天文台むりかぶし望遠鏡による未同定小惑星の探索

美ら星研究体験隊2024むりかぶし班:

足立 衛希(高1)【白陵高等学校】、大塚 蔵人(高1)【東京都立片倉高等学校】、坂口 このみ(高1)【九州産業大学付属九州産業高等学校】、佐藤 希望(高2相当)【所属なし】、志村 瑛美(高2)【東京都立新宿山吹高等学校】、長田 知樹(高1)【灘高等学校】、永島 大夢(高3)【千葉県立木更津高等学校】、早川 直志(高2)【海城高等学校】、藤尾 和澄(高1)【大阪星光学院高等学校】

要旨

2024年8月7日、8日の2日間、石垣島天文台にあるむりかぶし105cm望遠鏡を用いて、未知の小惑星の探索を行った。その結果、2つの新天体候補を発見した。追加調査の結果、2013 VX90(3夜観測)と2024 OF10(1夜観測)の追観測であることが判明した。

1.研究背景・目的

現在、130万個以上の小惑星が発見されており、小さい小惑星ほど暗く、発見が難しくなっている[1]。

しかし、太陽系の進化を解明するためには、小惑星の発見は非常に重要である。本研究は、新天体候補の小惑星を発見することで、太陽系解明の手がかりとすることを目指している。

2.研究方法

国立天文台の石垣島天文台むりかぶし105cm望遠鏡を用いて、MITSuME3色同時撮像カメラで連続撮影をし、画像を解析した。

観測装置

むりかぶし望遠鏡

石垣島天文台の105cm反射望遠鏡:限界観測等級約21等級
主鏡有効直径:105cm /リッチー・クレチアン光学系/合成口径比:F12/焦点位置:カセグレン焦点、ナスミス焦点1(研究用)、ナスミス焦点2(観望用)/架台:経緯台方式

観測方法

- ・中心領域を衝の位置とし領域0とする。領域0を囲むように8領域を撮像し、計9領域のデータを得る。
- ・1領域の大きさは、 $0.2\text{arcdeg} \times 0.2\text{arcdeg}$ である。
- ・1領域あたり3分露出×8枚を1セットとして撮像する。
- ・得たデータを小惑星探索ソフトに読み込ませた[2]。取得した同じ領域の8画像をパラパラ漫画のように表示させる、「高速ブリンク法」を用いて、周囲の恒星に対して動いている天体を探索した。ノイズや残像は目視で省き、新天体候補の探索を行なった。

観測日程

当初の観測日程では悪天候が予想されていたため、8/3と8/4にも事前にバックアップの観測を行なった。予想に反して良好な天候となったため、計4夜の観測を行うことができた。

3.結果

観測の結果、以下の2天体を新天体候補とした。

①初観測: 2024年8月4日 00:01:36.7(JST)

→追観測を行い、MPCへの報告。2013 VX90[3]と判明。この軌道長半径は、 2.4660505AU であった。

②初観測: 2024年8月5日 02:38:18.0(JST)

→追観測を行い、MPCへ報告。2024 OF10[4]と判明。この軌道長半径は、 2.5567429AU であった。

4.考察

(1)2つの新天体候補を発見できた要因

- ・天候に恵まれ、結果的に4夜の観測ができたこと。
- ・衝の位置に近い領域を観測したこと。
- ・小惑星の自転による増光と観測のタイミングがたまたま一致したために検出できた可能性も考えられる。
- ・大気の揺らぎや光害の影響が少ない石垣島で観測できたこと。

(2)観測領域の中で小惑星が発見される割合

観測した新天体候補の数を観測した領域数で割った値は、 $2/24 \div 0.1$ 個/1領域だった。

今後の観測の際も、この値を計算して比較することで、観測されやすい条件の発見に繋がる可能性がある。

(3)観測された新天体候補についてわかること

- ・追観測の間隔が短いため、小惑星の軌道決定を行うにあたって、非常に重要なデータとなる可能性が高い。
- ・今後、分光観測を行うことで、小惑星タイプを特定することができると予想される。
- ・特に、2013 VX90の軌道長半径は 2.47AU とされており、小惑星の数が極端に少ないギャップ地点に位置しているため、今回の観測は重要なものであるといえる。
- ・2024 OF10は小惑星の数が多地点に位置している。この地点には様々なタイプの小惑星が存在するため、小惑星タイプを調べることで、太陽系の進化を探るにあたって重要なデータとなる可能性がある。

参考文献

[1]COIAS測定天体の等級ヒストグラム

https://web-coias.u-aizu.ac.jp/data_analysis

[2]小惑星を探そうー探査編ー, 財団法人 日本宇宙フォーラム

[3]2013 VX90

http://www.minorplanetcenter.net/db_search/show_object?utf8=%E2%9C%93&object_id=2013+VX90

[4]2024 OF10

http://www.minorplanetcenter.net/db_search/show_object?utf8=%E2%9C%93&object_id=2024+OF10

謝辞

本研究は、JSPS科研費ひらめき☆ときめきサイエンス24HT0077(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。指導して頂いた先生方、関係者の皆様、ここに感謝申し上げます。

掩蔽観測の結果と今後の方針

兵庫県立小野高等学校天文部：
 近田 煌貴、井上 凜太郎、菅野 臣、西村 優那、正木 僚一、後藤 叶一（高1）
 【兵庫県立小野高等学校】

要 旨

先輩方による小惑星の掩蔽観測（2023年7月）を引き継ぐため、他校天文部との共同観測や専門家の支援を頂きつつ、掩蔽観測に必要な知識や技術を学んでいる。コンタクトアングルの再解析や新たな掩蔽観測を行っている。

1. はじめに

77回生の先輩方が取り組んだ掩蔽観測とその分析は、高校生でも最新の天文学に貢献できることを示してくれた。この成果をもとに、私たち79回生の天文部員は2度の掩蔽観測への挑戦やLimovieによる解析などを行った。残念ながら掩蔽現象を観測することはできなかったが、Limovieによる解析練習の結果、先の2023年7月の掩蔽現象の再検討が可能になり、現在、コンタクトアングル（以下、CA*）の再検討に取り組んでいる。掩蔽観測を通して天文学に対する理解を深め、星をさらに好きになっていきたいと考えている。

*CAとは小惑星の地表面に対する法線と小惑星の進行方向とのなす角（ $0^\circ \sim 90^\circ$ ）で、この値が大きい場合は光の回折の影響が大きくなり、光度の変化が緩やかになるとされる（参考文献 [1]）。

2. 小惑星KL31による掩蔽（2023年7月）の解析結果

77回生の先輩方が取り組んだ小惑星による掩蔽観測と解析（参考文献 [2]）について、現在、私たちはCAの再解析に取り組んでいる。

(1) 掩蔽予報

予報ソフトOccultにより小惑星KL31（18.7等級）による掩蔽は2023年7月28日21時28分42秒ごろ（日本標準時）に起こるとされた。この掩蔽で小惑星KL31に隠されるのはへびつかい座の恒星UCAC4 318-098880（11.8等級）である。

(2) 観測日時及び場所

・日時 2023年7月28日21時27分10秒から21時30分10秒までの3分間 ・場所 兵庫県立小野高等学校の駐車場

(3) 観測方法

口径20cmの反射望遠鏡に取り付けたCMOSカメラにより、掩蔽が起こるとされる時刻を含む3分間について、対象星の様子を動画で撮影した。使用した機材は以下のとおりである。

〔使用機材〕 反射望遠鏡 R200SS（焦点距離800mm, F4）、CMOSカメラ ASI290MM（露出165.000ms, Gain350）

(4) 結果

解析ソフトLimovie（ver. 0.9.99.5A5i7B）を使用し、対象星の光度変化と減光/復光時刻を解析した。解析の結果、21時28分58.963秒±0.057秒に減光が起こり、21時28分59.787秒±0.024秒に復光し、減光時間はわずか0.824秒であることが分かった。

(5) 考察

CA解析を行った。ライトカーブをみると、減光時は復光時に比べ、3フレーム分（495.000ms）と長い時間をかけたことが分かる（図1）。CA解析の結果、CAが 69° の時にエラー値が小さくなったことから、減光時のCAを 69° と推定した。小野高校が観測した掩蔽では、小惑星KL31の端に近い部分対象星を隠したのではないかと考えられる。また、小野高校が小惑星KL31の端を観測したため、小惑星KL31の形状は楕円形であると決定づけることができた。

私たちは先輩たちが結論付けたCA 69° について、もっと大きなCAについての分析に取り組んでおり、小惑星KL31の端の形状について考察を進めている（参考文献 [2] , [3]）。

3. その後の取組

先輩たちが自分たちのできることで最新の天文学に貢献しようとする姿勢を引き継ぎ、私たちも掩蔽観測の挑戦や、Limovieの解析の練習を通じたCAの再検討を行っている。掩蔽観測はまだまだ成功していないが、Limovieの解析の練習によって技術力は着実に向上している。これを活用し、一昨年の先輩方の出したCAの再検討や、掩蔽観測が成功したときには正確な解析を行い、最新の天文学に貢献するとともに、自分たちの天文学に対する知識を深め、意欲を向上させていきたい。

4. 参考文献

- [1] 宮下和久ら, ビデオ画像用光量測定ソフトウェアLimovieの開発と星食観測への応用(2005)
- [2] 掩蔽を利用した小惑星観測と解析, 兵庫県立小野高等学校天文部 (2024年第48回全国高等学校総合文化祭)
- [3] 加瀬部久司ら, Limovieによる解析方法(2022)

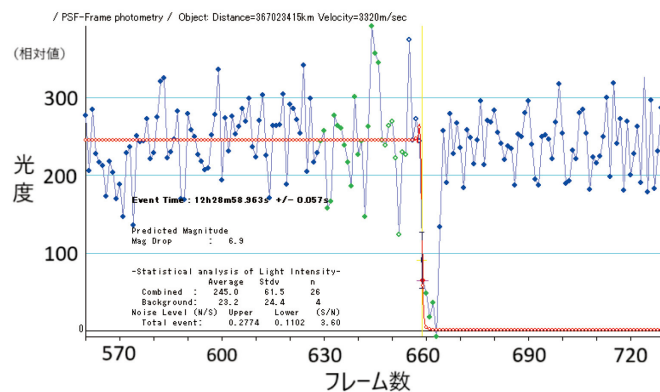


図1 光度変化とライトカーブ（減光時）

小惑星による恒星食を利用した小惑星の形状の解明

小惑星による恒星食班：

西田 珂凜、一政 志道（高2）【宮崎県立宮崎北高等学校】

要 旨

小惑星による恒星食とは、地球から見たときに小惑星が恒星を覆い隠す現象のことである。はるか遠方にある小惑星の直接的な観察は難しい。しかし、恒星食を複数地点から同時に観測すれば、その結果を利用して小惑星の形状や表面の特徴についての情報を得られる。今回は小惑星(3200)Phaethonによる恒星食の観測を行った。

1. 星食観測の詳細

(1) (3200)Phaethonによる現象について

今回の現象は宮崎県立宮崎北高校、兵庫県立小野高校、兵庫県立三田祥雲館高校、愛知県立一宮高校で共同観測を行った。2024年11月17日午前3時56分に兵庫県赤穂市上空を小惑星(3200)Phaethonが通過するため4校が兵庫県赤穂市赤穂海浜オートキャンプ場に集合し観測を行った。今回は小惑星(3200)Phaethonが非常に暗い12等級の星を0.24秒隠す現象であり、さらに満月が近くにある高難易度な条件である。

(2) DESTINY+について

今回観測する小惑星(3200)Phaethonはふたご座流星群の母天体であり、2028年打ち上げ予定の衛星DESTINY+のフライバイ観測対象である。事前に地上から恒星食観測で小惑星の形状を測定することは大きな科学的意義がある [1]。

(3) オンライン学習会とその内容

小惑星(3200)Phaethonの観測に向けて星食観測に関するオンライン学習会を計4回行う。学習会では星食の観測及び解析方法について学ぶ。4校ともに観測及び解析技術を身につける。

(4) 各校による観測練習

宮崎北高校の場合、実際に小惑星(7)Irisによる星食現象などを観測したが、小惑星自体が明るすぎたため減光を捉えられなかった。小惑星(3200)Phaethonの対象星導入練習は計2回行った。同様に、各校とも徹底的な時刻補正、観測、解析練習を行い、高校生だけでも12等級の星を満月下でも導入できる技術を身につけてきた。

(5) 兵庫県赤穂市での共同観測

2024年11月16日～17日に兵庫県赤穂市赤穂海浜オートキャンプ場へ集合し、交流会や観測を行った。

2. 観測方法

ビクセンR200SS鏡筒(口径200mm、焦点距離800mm)とSX2赤道儀を使用する。そこに1PPS-LEDちょうちんコバンザメを接続し、動画に正確な時刻を表示させる。1PPS-LEDちょうちんコバンザメとは、従来のGPS受信機のコードの複雑さを改善し、1本にまとめて扱いやすくなったものである。そして画像キャプチャアプリケーションSharpCapにてavi形式で映像と時刻を録画保存する [2] [3] [4] [5]。

3. 観測結果

当日は天候に恵まれず、雲間から満月や木星が現れ観測が期待されたものの、現象時刻には完全に雲に覆われた。しかし、雲間から短い時間だけ出現した北極星で望遠鏡の極軸合わせを終了させ、対象星エリアの導入も完了させるなど、高い観測技術を発揮した。

4. まとめ

(3200)Phaethonによる恒星食を捉えることは出来なかったが、高い観測技術を身につけることが出来た。

5. これまでの観測と今後の展望

2023年7月から2025年1月まで複数回の小惑星による恒星食の観測を行ってきた(表1)。今後も恒星食の観測を継続して行い、星食観測の輪を広げていきたい。また、2028年のDestiny+の打ち上げまでに(3200)Phaethonによる恒星食が5回ある。後輩を育て、今度こそ成功させたい。

表 1. これまで挑戦した小惑星食の観測

観測日	小惑星	結果
2023/7/28	(28876) 200KL31	曇天
2023/11/17	(31) Euphrosyne	観測成功
2024/4/17	(976) Benjamina	曇天
2024/8/5	(7) Iris	観測成功
2024/9/22	(4867) Polites	雨天
2025/1/5	(22512) Cannat	雨天
2025/1/12	(32858) Kitakamigawa	導入間に合わず

6. 謝辞

研究全般のご指導をくださった科学部顧問の河野健太先生、副顧問の菊池高弘先生、本研究で連携した三田祥雲館高校、小野高校、一宮高校の皆様方、また、様々なアドバイス等をいただいたIOTA/EAの加瀬部久司様、岸本浩様、山村秀人様、誠にありがとうございました。

7. 参考文献

- [1] 国立天文台
<https://www.nao.ac.jp/astro/basic/geminid.html>
- [2] 天文シミュレーションソフトウェア ステラナビゲータ 11
- [3] 掩蔽現象観測用GPS受信+1PPS-LED発光装置ちょうちんコバンザメ(Lantern Sharksucer)の製作 astro-limovie.info/limovie/cmos/Lantern-Sharksucker.pdf
- [4] SharpCap簡単操作マニュアル 監修 東京大学 宇宙線研究所 宮川治
- [5] Limovieによる解析方法 著者 加瀬部久司 林宏憲

ロストテクノロジーからの脱却 ～最新テクノロジーから考える宇宙服～

横山 大輝、前田 恭佑（高2）【大阪府立北野高等学校】

要旨

私達は今後、惑星移住で求められる宇宙探査の際に不可欠な探査用宇宙服について、安全性や機能性などの多くの課題を考えそれに対応できる宇宙服を提案する。

1. 研究動機

宇宙服の生地を手縫いするための複雑な技術を継承することができなかつたため、現在宇宙服がロストテクノロジーとなっている[1]。宇宙服はいくつか種類があり、その中でも未知への興味と将来の社会へ少しでも貢献をしたいという思いと、現在宇宙研究が進んでおり、新しい形態の探査用宇宙服が必要とされていることから、特に火星探査用宇宙服について考えた。

2. 研究方法

アポロ時代における宇宙服で宇宙探査を行うときに障害となるものを思考するために、20kgの重りをカバンに詰め（宇宙での重力が地球の6分の1で宇宙服の重さを120kgとすると地球上では20kgのおもりで再現できると考える）それを背負い探掘時に行くとされる動作を行う。そこから得られる結果を考察することででてくる探査用宇宙服の課題を解決できる宇宙服を思考し、その実現性を高める[2]。

3. 実験結果

おもりを背負ったままの運動では明らかに運動能力の低下がみられた。また一度しゃがみ再度立ち上がることは困難で足腰に負担がかかった。そのしゃがんだ際に生命維持装置と宇宙服に見立てたおもりにより足元が安定しなかった。

4. 探査用宇宙服における課題

安全面での課題：微小隕石などの小さい隕石に耐えるだけの耐久性や表土や小石が宇宙服に穴を開ける可能性があるため、より防護性の高い宇宙服の素材が必要。

機能面での課題：長時間作業で握力が弱まり、手に力が入らなくなり、また宇宙服そのものや生命維持装置による重さでしゃがむ動作で体勢を崩す。

5. 提案する宇宙服

安全面での課題を解決するためには宇宙服自体の素材を変えることが必要になるため、機能面の課題の解決案を考えた。重さにより探査活動時に体勢を崩すため、生命維持装置の位置を変え重心を変える、または生命維持装置そのもの代用物としてチューブで酸素や空気を送る。また力が伝わりづらく、手に力が入らなくなることから、ロボットスーツ（作業支援）を備え付ける[3]。

6. 参考文献

[1]米宇宙服 残り11着 40年前から着用、開発進まず - 日本経済新聞 (nikkei.com) (2024年6月6日閲覧)
https://www.nikkei.com/article/DGXLASDG06H0K_X00C17A6CR0000/?msockid=0bebc6fdca9a69633de5d386cb4868f2

[2]宇宙服はとても重たいと聞きますが、現在最新のものでどのくらいの重さがあるのですか？ | 宇宙服 | 宇宙科学研究所キッズサイト「ウチューンズ」 (jaxa.jp)
<https://www.kids.isas.jaxa.jp/faq/develop/de04/000045.html> (2024年8月8日閲覧)

[3]次世代先端宇宙服研究・開発に係るアイデア募集 (jaxa.jp)
<https://iss.jaxa.jp/eva/jsuit/> (2024年8月8日閲覧)

火星の自然災害に対する防護に関する研究

亀田 叶夢、大谷 悠月、大内 勇輝（高2）

【神奈川県立横須賀高等学校】

概要 地球環境の破壊が進んだ際に、人類は火星への移住が必要となる。火星は、地磁気と大気を有する地球と異なる。その結果、隕石落下、太陽フレアからの放射線、強力な砂嵐などに対処しなければならない。地下シェルタの必要性、放射線対策、1 ミクロンレベルの微小砂塵対策について、調査した。

地中深く構築するか、コンクリート等で放射線防御する。

1. はじめに／研究目的

人類は火星への移住が必要になる。必要になる (1) 隕石 (2) 放射線 (3) 砂嵐 への防災対策を研究する。

以下、防護材の必要な厚さを計算する。

表1 遮蔽材の厚さと放射線の減衰値 (単位: cm)

遮蔽材	鉛		鉄		コンクリート	
	半価層	1/10 価層	半価層	1/10 価層	半価層	1/10 価層
²²⁵ Ra	1.3	4.4	2.1	7.1	7.0	23.3

放射線到来線量 R_1 、受容線量 R_2 、遮蔽率 (1/10 価) μ 、遮蔽材厚 T を式 (1) に示す。

$$T = \mu \log \frac{R_2}{R_1} \quad \dots (1)$$

表2 放射線防御対策

	人体防御 (生活環境内)	機器防御	生活環境 (シェルタ)
防御材	鉛板	鉛板	コンクリート
低減目標線量	年0.1mSv[4]	10mGy	年1mSv
防御材厚(cm)	1.3	1.3	23.3

なお、コンクリートの代わりに氷を用いる報告がある。

2. 研究<防災対策>

防災対象として、人体、機器、生活環境を挙げる。

(1) 隕石

NASA の InSight 着陸機に搭載された地震計によって記録された地震イベントを分析によれば[1]、年間、直径 8m 以上のクレータが 280~360 個も生じる。図 1 によれば、年 1 回程度の隕石が作るクレータは、直径 250m ほどになる。

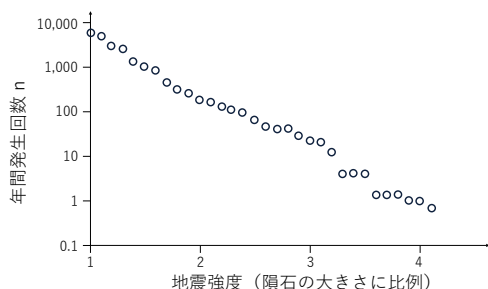


図1 火星における隕石由来の地震強度発生度[1]

図 1 の曲線を延長すると、10 年に 1 回程度の大量隕石によるクレータは、直径 1600m と見積もれる。したがってシェルタは地下 2km 以上に深く構築すべきである。

(2) 放射線

太陽フレアによって放出される高エネルギーの荷電粒子や電磁放射線：2024 年 5 月 20 日に X12 クラスの太陽フレアでは、火星に 8100 マイクログレイ（継続時間は数時間）の放射線が到達した[2]。この放射線は、人体にとっては約 10mSv となる。これは胸部 X 線照射の約 40 回分に相当する。

- ・人体防御策：鉛等で遮蔽した宇宙服を常時着衣する。
- ・機器対策：電子機器に使われる半導体は、製造時のエッチングに電子線を用いるなど、放射線に対して被破壊性が高い。高強度放射線が照射されれば、回路が破壊される。電子機器全体を鉛板で保護する。
- ・生活環境対策：CO₂ 大気のみ火星では、シールドされた生活環境としてシェルタが必須だが、シェルタを

(3) 砂嵐

砂粒の大きさは 1~2 μm (地球の砂は約 2mm) であり、砂を巻き上げるダストデビル (砂嵐) となる。風速は 40m/秒を超える場合もある[3]。砂の摩擦で静電気も発生する可能性があるが、地球ほどの高電圧にはならないとの報告もある。

表3 火星における砂塵対策

	人体防御 (生活環境内)	機器防御	生活環境 (シェルタ)
対策	1 μm 防御のマスク	回転機構の防塵化	シェルタの防塵化

まとめ

火星居住に際して自然災害に対する対策を検討した。隕石落下、放射線ともに相当の対策が必要であり、太陽を浴びる生活は不可能。地球環境の大切さを痛感した。

参考資料

[1] Zenhausern ほか, "An estimate of the impact rate on Mars from statistics of very-high-frequency marsquakes," Nature Astronomy, Vol.8, 2024

[2] NICT, "宇宙天気予報,"

<https://swc.nict.go.jp/report/topics/202411071700.html>

[3] Sanders, "Mars' dust storms may produce peroxide snow, UC Berkely News, 2006

[4] ICRP Pub.21. 体外線源からの電離放射線に対する防護のためのデータ (1971)

Aušra(オーシュラ)ガンマ線バースト観測衛星開発プロジェクト

白石 春翔 (高専3) 【国際高等専門学校】、
 フィゲロア ピクトル龍馬 (高3) 【修道高等学校】

1. 要旨

Aušra(オーシュラ)プロジェクトは、日本全国の学生(主に大学生・高専生)が、リトアニアの学生と協力して超小型衛星の打ち上げを目指す団体である。Aušraはリトアニア語で「夜明け」を意味し、日本発の学生による科学衛星開発の「夜明け」を切り開きたいという願いが込められている。我々の衛星ミッションは、1Uサイズのキューブサットでガンマ線バースト(GRB)を観測し、民間の衛星通信ネットワークを用いて地上へ迅速に通報することだ。本報告では、プロジェクトの概要を説明する。

2. 観測

ガンマ線バースト(Gamma-Ray Burst, GRB)は天体現象の中で最も明るく、数秒から数時間のスケールでガンマ線の閃光が発生する天体現象である。ブラックホール形成時に発生すると考えられているが、明確な証拠はまだ得られていない。また、どの天体から放射されるのかも特定されていない[1]。継続時間に基づき、ロング型とショート型に分類されており、統計的に見ると、2つの山に分布することが確認されている。(右図は4B Gamma-Ray Burst Catalogを参考に作成[2])

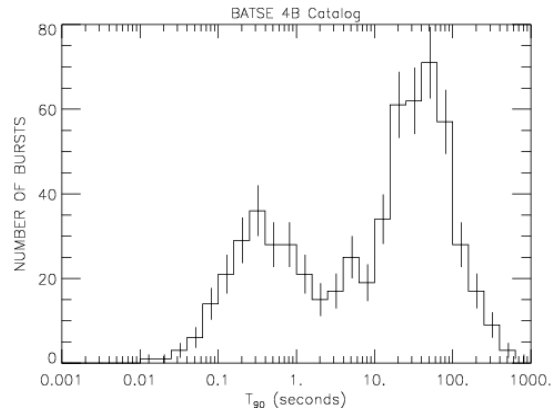


図1 (ガンマ線バーストの継続時間分布)

3. 観測システム

現在、類似の試みとして以下の事例が挙げられる。

- ARICA: 青山学院大学が開発、2021年11月にイプシロンロケット5号機で打ち上げられたが、通信の確立には至らなかった。[3]
- GRBAlpha: 日欧の研究者グループが共同で進めているCAMELOT計画の試作機であり、2021年3月にソユーズロケットで打ち上げられた。1Uサイズのキューブサットで、これまでに複数のガンマ線バーストの観測に成功している。[4]

4. 本研究の目的

1. 日本の学生(主に大学生・高専生)が、学業以外の課外活動として超小型衛星の設計・開発・運用を経験する機会を提供する。
2. リトアニアをはじめとしたヨーロッパ各国の学生との国際交流を深める。
3. ガンマ線バーストの観測を通じて宇宙物理学の発展に寄与する。

本プロジェクトは上記の事を目的としている。これにより、学生にとって実践的な宇宙開発の経験を積む場を提供するとともに、国際協力を通じて技術力やチームワークを高める人材育成を目指す。また、衛星の打ち上げと運用を通じてガンマ線バーストの速報システムを構築し、多波長観測を可能にする新たな観測体制を実現する。これにより、科学的な貢献が期待される。

5. 開発概要

衛星バス(姿勢制御や通信などを担う衛星の主要部分)はリトアニアのNanoAvionics社製の使用を想定している。本プロジェクトでは、我々はミッション部(ガンマ線検出器と読み出し部)の設計・開発・運用を担当し、1Uサイズのキューブサットには、ガンマ線検出器をはじめとする必要な機器を搭載して、宇宙空間でのGRB観測を目指す。超小型衛星であるため、開発コストや打ち上げ費用を抑えることができ、学生主体のプロジェクトとして実現可能な範囲で設計を進めている。また、国際宇宙ステーション(ISS)の日本実験棟「きぼう」からの放出を想定しており、JAXAの小型衛星放出機構(J-SSOD)を利用することで、効率的に軌道投入を行う計画である。

参考文献

- [1] 河合誠之ほか, 2019, 新天文学ライブラリー5ガンマ線バースト(日本評論社)
- [2] NSSTC <https://gammaray.nsstc.nasa.gov/batse/grb/duration/> (2025年1月19日閲覧)
- [3] 坂本貴紀 革新的衛星技術ワークショップ2022 Aricaの軌道上実証状況
- [4] F.Münz et al. 2024 SPIE Astronomical Telescope + Instrumentation, 2024, Yokohama, Japan

自作の四分儀を用いて地球の円周を求める

長野工業高等専門学校 天文部：
市川 朔豊、丸山 亮太（高専3）、塚田 耕大、土屋 統子、藤田 乃亜、宮澤 花帆（高専2）
【長野工業高等専門学校】

要 旨

自作の四分儀を使用した北極星の高度観測から、測点の緯度を計測した。2測点での観測から得られた緯度差と、2点間の子午線長から地球の円周を計算した。その結果、30%程度の差で地球の円周が求められた。

1. 研究の背景

地球の円周について、過去には伊能忠敬らが緯度1度の距離を測ることで高い精度の計測をしている。緯度は北極星の高度であり、当時は北極星の高度を測るために四分儀を使った。我々はこれらの研究を参考に、自作の四分儀で地球の円周を100km単位まで求めることを目指した。過去に使われた四分儀は木製であり、製作・持ち運びが難しい。また、100km単位まで求めるには0.1度の分解能を持つ分度器を使う必要があった。そこで我々は、より簡易的な四分儀で、高い精度の観測をすることを目標に本研究を行った。

2. 測定と計算の方法

地球の円周を決めるには2地点の緯度差と子午線長が必要である。地球を完全な球体と考え、計測を行った。

(I) 四分儀を用いた測定

四分儀を用いて北極星の高度を測定した。観測地点の緯度は北極星の高度と等しいので、その高度の差から2地点の緯度差を求めた。今回は長野市の長野高専を測点1とし、そこから約50km南の塩尻市に測点2をおいた(図1^[1])。この2点間の距離が長いほど、求める地球の円周の正確性が増す。2点間の子午線長は、三角測量で測った距離を地球の曲率を考慮して補正することで求められる。しかし、我々学生の力のみで約50kmの直線距離を測ることは難しいので、今回はWEB上の国土地理院地図のデータ^[1]から求めた。

(II) 計算

測定した値から、以下の式を用いて地球の円周を計算して求める。

$$D(\text{km}) = d(\text{km}) \times 360(\text{度}) / \Delta\phi(\text{度})$$

ここで、Dは地球の円周、 $\Delta\phi$ は2地点の緯度差、dは2点間の子午線長とする。

3. 測定器具の製作

四分儀の本体は持ち運びやすく軽い素材を使い、湿気で反らないよう合板にした。目盛は伊能忠敬の四分儀^[2]を参考に作図ソフトで描いたものを貼り付けた(図3)。

(I) 材料：押出発泡ポリスチレンフォーム 900mm×900mm (5枚)、木材910mm×600mm・600mm×120mm、カメラL型ブラケット、ネジ、厚紙、輪ゴム、釣り糸、ステンレス直尺、おもり、木工用ボンド、タカハシ製ファイナダー、カメラ用三脚

(II) 使い方

- ① おもりをつるして測点に水平に設置し、望遠鏡をのぞいて北極星を視準する。
- ② 視準した角度の目盛を読み取る。四分儀には1°毎にふられた主尺と、その1/10まで読む副尺があり、これにより0.01°まで読み取ることが可能である(図2)。

4. 観測結果と計算

北極星の僅かな日周運動を考慮するために、数時間観測して高度の変化をグラフにおこし、正弦曲線で近似した。また、北極星の正中が1日で4分早くなることを利用して、観測時刻の補正をした(図4)。子午線長dが57.09km、緯度差 $\Delta\phi$ が0.33°で、この値を2.の式に代入すると、地球の円周Dは62,300kmとなり、真値と大きく離れた値になった。

5. 考察と今後の展望

観測のデータと近似曲線の差が0.05°程度と小さいことや、北極星の日周運動による高度の変化が観測できていることから、器械の測定精度は良いと考えられる。0.1度～0.2度の誤差が生じている原因として、器械の組立て精度が悪いことが挙げられる。この誤差により、計算した地球の円周の値が真値から大きく離れてしまうため、四分儀の据え付けや再現性について改善する必要がある。今後の展望として、器械の水平の合わせ方を見直し、観測の回数を増やすことで精度の向上を目指す。また、さらなる簡易さを追求する。

参考文献

- [1] 地理院地図 / GSI Maps | 国土地理院 <https://maps.gsi.go.jp> (2025年1月8日閲覧)
- [2] 大阪市立科学館 研究報告 第30号 https://www.sci-museum.jp/wp-content/themes/scimuseum2021/pdf/study/research/2020/pb30_007-010.pdf (2025年1月8日閲覧)



図1 観測地点の概略図



図2 1度毎に引かれた主尺の間の副尺(斜線)と定規の交点を読む(図の場合は21.25度)。



図3 製作した四分儀

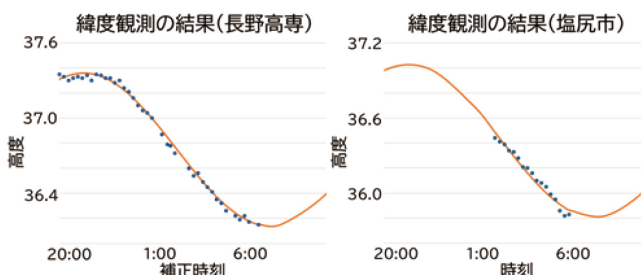


図4 二地点の緯度観測の結果(点群)とその近似曲線

自作簡易アンテナを用いた太陽電波の観測

科学部電波天文学班：

神毛 莉菜、齊藤 月渚、羽澤 碧真、日高 未花（高1）【宮崎県立宮崎北高等学校】

要 旨

自作した簡易アンテナで太陽電波の観測を行った。その結果、太陽の南中にかけての電波強度の変化を捉えることに成功した。

1. 研究の背景

「自作卓上ホーンアンテナとソフトウェア無線機を用いた中性水素21cm輝線の検出」〔1〕をもとに作成した自作簡易アンテナを用い、太陽電波の観測を試みた（図1）。



図1 自作したアンテナの全体図

2. 観測期間

2024年12月27日8時00分～11時59分

3. 観測方法

自作アンテナの受信部には、Nooelec社製の「SAWbird+H1」「SPF5189Z」を用いた（図2）。また、SDR無線機として同じくNooelec社製の「RTL-SDR v5 SDR」を使用した。AIRSPY社製のソフトウェアである「SDRSharp」を使用して1.4GHz帯の21cm線電波を観測した。「Stellarium」を用いて方角を確認し、自作した簡易アンテナを南に向け、万力とテープで固定した（図3）。観測している間、空の様子をタブレットで撮影する。2024年12月27日の8時00分から11時59分まで観測を行った。また、観測時の太陽電波の音を「SDRSharp」の録音機能でWAVファイルとして記録した。その後、WAVファイルの音量を振幅として捉え、疑似的に電波強度と時間の折れ線グラフにした。作業はGoogleの提供する「Google Colab」を用いた自作プログラムにて行った。



図2 自作したアンテナの受信部

4. 予想

太陽の南中時刻に最も電波強度が強くなり、南中時刻を過ぎると電波強度が再び弱くなっていく折れ線グラフになると考えられる。



図3 観測している様子

5. 結果

11時59分に録音が止まってしまった。原因としてはデータが大きくなりすぎた為、パソコンの過剰負担によりトラブルが生じてしまったと考えられる。そのため録音のできた、8時から11時59分の合計3時間59分で折れ線グラフを作成した（図4）。

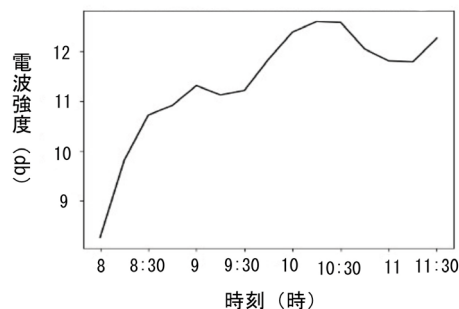


図4 時間経過による電波強度の変化（30分毎）
（2024年12月27日 8：00～11：59）

6. 考察

今回取得したデータから作成した折れ線グラフにより、太陽の南中時刻に近づくにつれて電波強度が強くなっていることが分かる。また、電波強度が一定に強くなっているわけではないのは、雲の影響によるものだと考えられる。

7. まとめ

自作した簡易アンテナで日の出から南中にかけての太陽電波を観測し、データを得ることができたため成功といえるだろう。また、データの折れ線グラフを自作プログラムにて作成することができた。

8. 今後の展望

今回はWAVファイルで記録をした。しかし今後は、長時間にわたる信号強度の変動を記録できるIQデータで記録をとることに挑戦したい。また、赤道儀を用いたBSアンテナによる太陽電波の常時観測や、自作アンテナによる流星、銀河中心の電波を観測したいと考えている。その後は、自作アンテナの巨大化も視野に入れている。

参考文献

〔1〕 谷敷聡空, 自作卓上ホーンアンテナとソフトウェア無線機を用いた中性水素21cm輝線の検出,
https://www.asj.or.jp/jp/activities/geppou/item/117-5_315.pdf (2024年1月11日閲覧)

張り子の技法を用いた電波望遠鏡の鏡面の作成

横浜サイエンスフロンティア高等学校天文部：
西尾 優里（高3）、藤井 寿斗、鈴木 智也、關 幹隆（高2）、
一ツ橋 柚貴、伊藤 歩華、財田 清良、手塚 葵、和田 宙大、茅根 壮太郎、鷲田 美沙希（高1）
【横浜サイエンスフロンティア高等学校】、
渡邊 結衣（中2）、本間 敦士（中1）【横浜サイエンスフロンティア高等学校附属中学校】

要 旨

今回私たちは、張り子の技法を用いて電波望遠鏡の鏡面の製作をする研究を行った。
張り子を用いることで、材料費を安くし、巨大化かつ軽量化をすることを目的として研究を進めた。

1. はじめに

電波望遠鏡は鏡面の直径が大きいほうが分解能、感度ともに良い。しかし、電波望遠鏡の鏡面の素材は金属でなければならず、重量がある。そして大きいものほど価格が高いという現状がある。そこで、今回張り子の技法を用いて、紙の素材で安価で軽量の電波望遠鏡を作ることができればこの問題を解消できると考え研究を始めた。

今回は太陽温度をその作成した鏡面で測定した。ここではBSアンテナのコンバーターとブースターを使用したため、12GHzの観測を行うことにした。そのため、作成した鏡面で、彩層の温度である10000K付近の温度になることが期待される。

2. 実験方法

張り子の技法を用いて鏡面を作成した後、太陽温度を測定し、性能が十分かどうか確認した。参考に

具体的には、発泡スチロールで鏡面の枠組みを作成したのちに、紙をちぎって貼り合わせ、その上に銀折り紙を電氣的に接続するように貼り付けた。今の時点では作成を予定しているものの4分の1の扇型の鏡面で観測を行った。温度を求める際に、太陽、太陽と反対方向の空、電波吸収体としての人体にそれぞれに作成した電波望遠鏡を向け、波長2.4cmの電波の電圧を測定した。作成したアンテナを太陽、太陽と反対方向同高度の空、電波吸収体としての人体に向け、それぞれの電圧(V) V_{sun} 、 V_{sky} 、 V_{abs} を測定し、室温 T_{abs} も計測し、チョッパーホイール法で太陽の輝度温度 T_{ant} を計算した。そして、太陽の表面温度を T_{sun} (K)を作成したアンテナのビームサイズを a と表し、太陽の視直径 r の値は 0.5° を用いた。そして、太陽温度を電波強度から求める式として

[1]を参考に、 $T_{ant} = (V_{sun} - V_{sky}) / (V_{abs} - V_{sky}) \cdot (T_{abs} + 273)$ $T_{sun} = T_{ant} \cdot a^2 / r^2$

を使用し、太陽温度を測定した。またその際に用いたビームサイズは、観測する波長 λ とアンテナの直径 D を使用し、式として[2]を参考に、 $\theta \approx 1.2\lambda / D$ に代入して求めた。今回4分の1サイズの扇型だが、中心から端までの0.5mをアンテナの直径として計算した。観測時の使用物品としては、BSアンテナのコンバーター (DX ANTENNA BC453S[BC453S]) DXBSアンテナ用ブースター (DXアンテナ ブースター EC-38S)、検波器(RFD-1500)とテスターを使用した。

3. 結果

太陽温度を試みに測定した結果、ある程度正確な温度が測定された(表1)。また、実験回数が一回しかないがパラボラアンテナとして機能することが確認された。

ビームサイズ(deg)	$V_{sun}(V)$	$V_{sky}(V)$	$V_{abs}(V)$	$T_{sun}(K)$
3.8	0.87	0.64	0.96	9.6×10^4

表1

4. 考察

今回、太陽温度を計測できたため、電波を集光できていることが確認されたため張り子で紙の素材で作られていても電波望遠鏡として機能していると考えられる。しかし、強度が足りず少し歪んでいる場合もあるため精度には改善の余地があると考えた。

5. 展望

今後はまず残りの4分の3の鏡面を完成させたい。データ数がまだまだ少ないので、実験を重ねていきたい。そして、BSアンテナとの比較をしていきたいと考えた。また、作成した鏡面にレジンを塗り補強をするのと同時に、防水性能の向上を目指していきたい。それに加え、銀スプレーを用いての鏡面の観測も考えている。また、扇型であるのに、直径を0.5mで代入してよいのかの確認ができていないなどの問題点を解決していきたい。

参考文献

- [1]2014年ジュニアセッション予稿 BS用アンテナによる太陽電波観測
<https://www.asj.or.jp/jsession/old/2014haru/yokou2014/14rev.pdf>(最終閲覧1月20日)
[2] 国立天文台 アルマーの冒険 第09回 「パラボラアンテナを作って電波観測」
<https://www.nao.ac.jp/contents/naoj-news/almar/data/almar09.pdf> (最終閲覧1月20日)

機械学習による大気の揺らぎの補正技術の開発

成蹊高等学校 天文気象部：赤川 陽大、岡部 慎、松澤 幸希、森田 仁意（高2）、
福井 千紘、根岸 陽向、五島 紘（高1）【成蹊高等学校】

要 旨

機械学習が容易になってきた現代、私たちは機械学習によって大気の揺らぎを補正する技術を開発した。従来の方法よりより画像を明瞭にできること、また従来にはない動画をより明瞭な動画にすることを目的とする。PyTorchを用いたDeep Learningを用い、中心合わせ、回転、拡大縮小をすることで撮影した木星の動画をより明瞭な動画として出力することを試みた。将来的にはリアルタイム処理の実装を目指している。

1. はじめに

成蹊高等学校で12月8日に開催した土星食の観測会では、強風の影響のためか、大気の揺らぎにより月面が揺らいで見えた。私たちは、この揺らぎを軽減できる方法を検討した。大気の揺らぎの補正技術としては、補償光学的処理や、ステライメージなどの画像処理ソフトで、明瞭な画像を選択的に抽出し重ね合わせる手法などがある。今回私たちは、機械学習で画像のノイズを除去する方法を開発した。将来的に画像をより明瞭にすることを旨とする。

2. 研究の方法

使用機材は以下の通りである。望遠鏡：タカハシ FS-152、カメラ：Player One Uranus-C、動画出力：SharpCap Pro 4.1、PC：MacBook Pro M2 (16GB Memory)。まず、望遠鏡で撮影したSER形式の動画をPythonスクリプトに読み込み、動画をOpenCVにて連番画像に変換した。次に、NumpyとOpenCVを使用し、連番画像をそれぞれアフィン変換^[1]した。最後に、我々が独自でトレーニングしたAIモデルの実装^{[2][3]}として、PyTorchに実装されたNoise2Noise^[4]という技術を使用し、ノイズありの画像を学習させたうえで、ノイズなしの画像を生成した。学習に利用するニューラルネットワークを実装には、U-Netというモデルを使用した。画像処理をする際は、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)^[5]を使うことで、画像などといった高次元データをそのまま次元数を落とさずに学習させることができる。学習をするうえで、1000枚の画像を実際に学習したデータ、別日に撮影した木星の画像1000枚を、検証用データとし、検証用データはこのモデルの評価（ベンチマーク）をするために使用した。この検証データには、主に過学習^[6]を防止する役目がある。過学習とは、与えられた学習用データについて過剰に適合してしまうこと、つまり学習用データとは違うデータが入力されると、うまく性能を発揮できなくなる。こういった技術によって学習されたAIを用いて、アフィン変換された画像をノイズ除去し、MP4形式の動画として出力した。PyTorchでの学習方法は、MacBookでGPUを機械学習に使えるバックエンドであるmps^[7]を使用した。

3. 結果

図1 (中) は、図1 (左) を上記の手法を用いた独自AIでノイズ除去した画像である。画像の粒状性が改善されたことが確認できるが、図1 (右) のAIではないノイズ除去の画像処理よりコントラストが弱い結果となった。今後の展望としては、機械学習を利用したゆがみ補正技術の開発（今回は、楕円の補正ということで機械学習などはせず、計算をして実装した）、さらに、ノイズ除去についても、より精度を高くできるように、違う手法の模索、今できている方法のチューニングも、学会発表までにできればと思う。

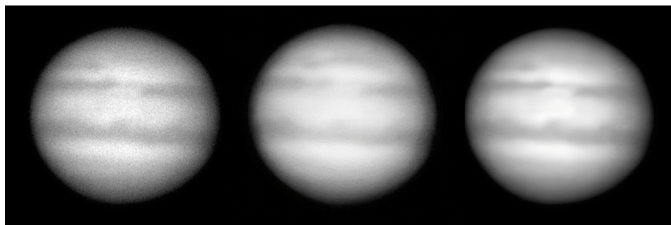


図1 木星面の画像 左：元画像、中：独自AI画像、右：元画像からノイズ除去

4. まとめ

このようにして私たち成蹊高校天文気象部は、機械学習による大気の揺らぎの補正技術の開発を行った。今回の知見を活かして今後、リアルタイムによる処理や、学習量を増やすことでより精度の向上を目指したい。今回従来のプログラミングでは難しいノイズ除去を、機械学習を用いたAIにより比較的容易に実装できた。このようにAIを駆使した画像処理により更に天文学の発展させていきたい。

参考文献

- [1] 隼平 山本、斜めから撮ったダーツボードを「円」にする方法 - 理屈編 #Python - Qiita https://qiita.com/mikemike_kus/items/e5e2f1928b7b7b66ca20 (2024年1月18日閲覧)
- [2] ろぐみ、満を持して MNIST に挑戦、PyTorch で学ぶ！やさしい DeepLearning、 https://zenn.dev/seelog/books/easy_deep_learning/viewer/mnist (2024年1月18日閲覧)
- [3] s2terminal、PyTorch による深層学習とは何かざっくり理解する #PyTorch - Qiita https://qiita.com/suzuki_sh/items/6780fd8500a5025eb515 (2024年1月18日閲覧)
- [4] 難星 $\phi v \beta \lambda \alpha s$ 、ノイズいっばいの画像だけで学習しても綺麗な画像が復元できる『noise2noise』をpytorchで実装 - Qiita <https://qiita.com/phyblas/items/d4884a58041eaa01ef5e> (2024年1月18日閲覧)
- [5] 木田智士、Deep learningで画像認識⑨~Kerasで畳み込みニューラルネットワーク vol.5~ - IMACEL Academy -人工知能・画像解析の技術応用に向けて- | エルピクセル株式会社 <https://lp-tech.net/articles/5MIeh> (2024年1月18日閲覧)
- [6] もみじあめ、Python: PyTorch で Apple Silicon GPU を使ってみる - CUBE SUGAR CONTAINER <https://blog.amedama.jp/entry/pytorch-apple-silicon-gpu> (2024年1月18日閲覧)

天体観測用分光器の波長校正ユニットの開発

前田 孝太朗（高専3）、遠藤 愛、柏木 琴葉、鐘築 昇太郎、仲西 涼、
原田 果歩、松本 有未（高専2） 【米子工業高等専門学校】

要旨

私達は分光器に波長校正光源の光を入射させる装置「波長校正ユニット」を開発し、鳥取県内の公開天文台等へ寄贈した。本ユニットはビクセンのフリップミラーにボグの接続リングを組合せるだけで簡単に、しかも非常に安価に製作できる。さらに、VEGA等の既製の分光器も接続でき、分光観測を行う上で強力な手段になると考えている。

1. はじめに

私達は昨年度天体観測用分光器を開発し鳥取県内の公開天文台等に寄贈した[1]。しかし、天文台の연구원の方から波長校正光源のスペクトルの撮像が困難との報告を受けた。そこで、波長校正ユニットの開発を決意した。

2. 波長校正ユニットの開発

本波長校正ユニットの開発では、鳥取県教育委員会の高校生向け支援金「とっとり夢プロジェクト事業補助金」の交付を受けて開発費を補った。設計では、本校が開発した分光器だけでなく、昭和機械製作所のVEGAのようなすでに複数の高校天文部で利用されている既製の分光器も接続できる構造とした。また、ビクセンのフリップミラーにボグの接続リングを組み合わせた単純な構造とし、誰でも簡単かつ安価に製作できるように工夫した。

3. 本波長校正ユニットの特徴

本波長校正ユニットは、図1のように望遠鏡と分光器の間にはさんで使用する。このような構造にすると望遠鏡に長いバックフォーカスが必要となるが、最近の屈折望遠鏡やシュミットカセグレン望遠鏡ならば問題なく合焦できることが確認できた。

また、波長校正用光源にはサトーパーツのパイロット(Ne-Xe)ランプを利用した(図2)。これにより、既製品の波長校正ユニットが10~25万円と非常に高価なのに対し、2万6千円と極めて安価に製作することができた。



図1 波長校正ユニットの仕組み

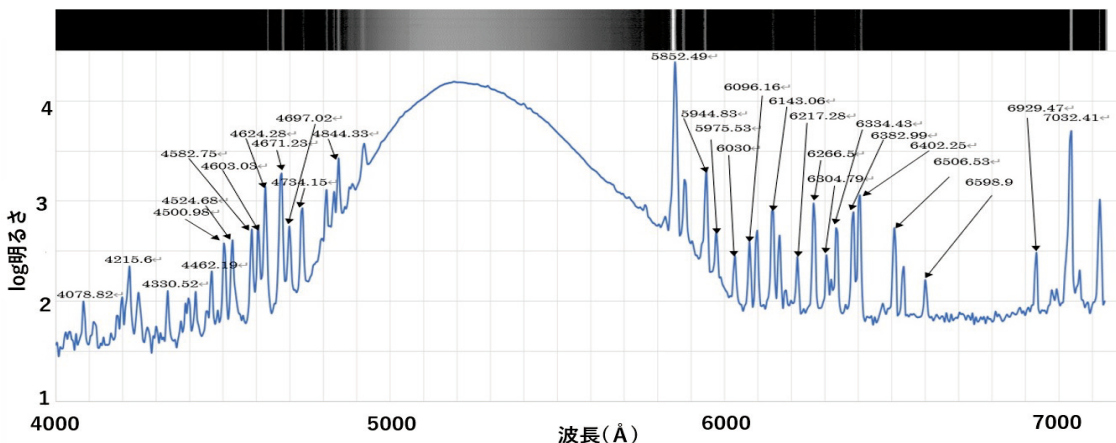


図2 Ne-Xeランプは短波長から長波長にわたって多数の輝線を放射しており波長校正光源として最適

4. 本波長校正ユニットによる成果

今年9月に本波長校正ユニットをさじアストロパークと米子市児童文化センターに寄贈した。さらに、児童文化センターでは職員の方対象の分光観測・波長校正実習も行ない、実際に観測に使っていただけるようにした。

5. まとめ

波長校正ユニットを開発し、鳥取県内の公開天文台等へ寄贈した。本ユニットはビクセンのフリップミラーにボグの接続リングを組合せるだけで簡単かつ安価に製作でき、VEGA等の既製の分光器も接続できる。本ユニットの製作・使用法は近日中に米子高専HPに掲載する予定なので、高校天文部の皆さんに利用していただければ幸いです。

参考文献

[1] 松本一生ほか、「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」,第26回ジュニアセッション予稿集, 2024年, 52

回折格子を用いたスペクトル観測

早稲田大学高等学院 理科部地学班：
荒巻 哲彦、杉本 啓（高2）【早稲田大学高等学院】

要 旨

恒星の観測において、スペクトルを観測することは重要であるが、それを手軽に行うことは難しい。そこで、本研究では、スマート天体望遠鏡Seestarと回折格子を用いて、星のスペクトル観測を行うための基礎研究を行った。

1. はじめに

恒星のスペクトルを観測するにあたって回折格子を用いて行った研究は存在している（鈴木（2016））。しかし、Seestarを用いたときの使用する回折格子のスリット数による、得られるスペクトルの像の違い、そして同スペクトルと対象恒星との角度差の傾向についての研究はなされていない。これらの要素は、恒星スペクトルの観測を行うにあたって、重要なものである。そこで、天体望遠鏡Seestarを用いて、前述の傾向を検証することを本研究の目的とする。

2. 使用器具

スマート天体望遠鏡Seestar S50、回折格子フィルム3枚(格子数がそれぞれ1000、500、140本/mm)

3. 実験方法

(1)Seestar S50に回折格子を貼り付け、天体を観測する。また、Seestar S50内蔵の星図(SkyAtlas)を用いてその位置を記録する

(2)付近にあるスペクトルについて、Seestar S50内蔵の星図(SkyAtlas)を用いてその位置を記録する

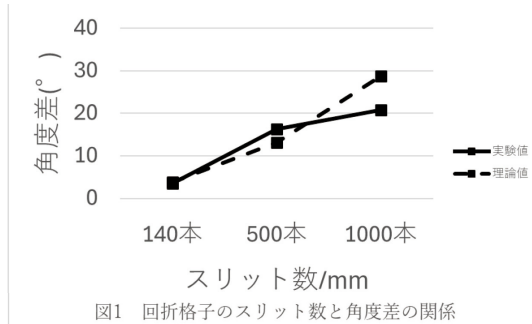


図1 回折格子のスリット数と角度差の関係

(3)上記(1)(2)の記録について、球の半径が1をしたときの大円距離Lについての公式を用いて、スペクトルと天体の角度差を計算する。公式は次の式で表される。

$$L = \arccos(\sin \phi_1 \sin \phi_2 + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \cos(\lambda_1 - \lambda_2))$$

月の位置：（緯度 ϕ_1 、経度 λ_1 ）

青色のスペクトル位置：（緯度 ϕ_2 、経度 λ_2 ）

上記手順を行ったうえで、回折格子の格子定数d、観測した光の波長 λ 、格子によって屈折した角度 θ についての公式 $d \sin \theta = \lambda$ より求められる角度 θ の値とこれを比較する。

なお、本研究においては、恒星ではなく、月の観測について行った。

4. 結果と考察

上の図(図1)は、前述の角度差を(3)より計算した値をプロットした実線グラフと、同じく前述の回折格子の格子定数d、波長 λ 、そして角度 θ に関する式に値をそれぞれ代入することで得られた値をプロットした点線グラフから成る。

両グラフは、スリット数/mmと角度差(°)の正の相関関係を示していて、また、それぞれのプロット値を比較すると、およそ6%から28%の誤差がみられた。これらの誤差は、試行回数の不足などに起因するものと考えられる。また、観測における不正確性(これは観測した地形によるものや、回折格子の不備によるものなどである)を除く取り組みも必要と考えられる。

5. まとめ・今後の課題

本実験ではスペクトルの像が生じる位置と観測天体との角度差と、使用する回折格子のスリット数(本/mm)に正の相関がみられ、スリット数が少ないほど理論値にちかいたことが分かった。今後の課題としては、今回の基礎データを元に恒星のスペクトルの観測を行い、Seestarを用いた簡易的なスペクトル観測の手法を確立したい。

参考文献

- (1) 回折格子とデジタル一眼レフカメラによる流星の分光観測, 鈴木 湧平,
<https://www.asj.or.jp/jsession/old/2016haru/yokou2016/69.pdf> (2025年1月18日閲覧)

スマート天体望遠鏡における超新星搜索への挑戦

サイエンス部 1 年天文超新星搜索班：

川崎 翔大、有村 拓真、大竹野 弘夢、高松 陽南子、横山 涼世（高 1）【鹿児島県立国分高等学校】

要 旨

アマチュア天文家が天文学研究に貢献している超新星搜索に、スマート天体望遠鏡を活用出来ないかを調べた。そして高校生初の超新星発見に挑戦することになった。

1 はじめに

近年登場したスマート天体望遠鏡は、高性能かつ 10 万円を切る価格で急速に普及した。スマート天体望遠鏡である「SeeStar」は試験撮影で、明るさ 15 等位まで撮影可能とわかり超新星も搜索可能と考え、系外銀河の撮影を始めた。

2 研究方法

1) 観測に使用した機材

ZWO Seestar S50（口径 50mm、焦点距離 250mm）、レンズ構成：三枚玉セミアポクロマート

センサー：SONY IMX462、センサー解像度：1920×1080、架台形式：経緯台

サイズ：142×129×257mm（三脚を除く）、適応温度：-10℃～40℃

2) 方法

- ・スマートフォンやタブレット PC に専用アプリを入れて、本体と接続を確認する。その際、スマホの GPS は ON にし、三脚の水平出しを行う。アプリを操作し、スマホと Seestar の接続を確認させた後、撮影する系外銀河をアプリ上で検索して選び出し、撮影する。
- ・撮影した系外銀河とステラナビゲータの星図を比較し、星図に写っていない天体があった場合はその天体の移動の有無を確認する（時間間隔をあけて撮影）。
- ・移動がないことが確認されたら、その星をマカリで測光して、明るさを計測して国立天文台へ報告する。

3 結果

- ・これまでに観測日数 15 日で系外銀河を撮影したが、超新星は未発見である。
- ・2024 年 12 月 17 日大野真一さんにより発見されたきりん座の系外銀河 NGC2523 に出現した超新星 2024aeee を撮影することができた(図 1)。この超新星は発見時の明るさは 16.5 等とされており、II 型超新星であることが分かっている[1]。
- ・光害カットフィルターにより、学校屋上でも撮影できる。月明かりがあってもよく写る。



図 1 Seestar S50 で撮影した超新星 2024aeee (2025.1.12 撮影)

4 まとめと今後の課題

- ・スマート天体望遠鏡を用いて、系外銀河に出現する超新星の搜索を行っているが、未発見である。ただし、既に発見された超新星の撮影には成功したので、引き続き観測して超新星搜索を継続したい。
- ・系外銀河を撮影し、超新星を発見する。春は系外銀河が多いので、撮影機会を増やして対応する。
- ・撮影時間がある程度要するので、時間短縮を図る方法を構築する。

5 参考文献

[1] アストローツ (2024) 天文ニュース 2024 年 12 月号

https://www.astroarts.co.jp/article/h1/a/13882_sn2024aeee (2024 年 12 月 20 日)

プラネタリウムの惑星棚に関する調査と 惑星投影の精度向上に向けての改良案 堤 くらら、吉田 理紗 (高1) 【神戸女学院高等学部】

要旨

本研究ではプラネタリウムの機構の中で、惑星の投影に関わる「惑星棚」の構造とその精度について「ミノルタプラネタリウム MS10」を用いて調査を行った。また惑星の運行をより高精度に再現するため、惑星棚を構成する歯車の歯数について改良を試みた。

1 はじめに

惑星棚とは、機械式プラネタリウムの中で太陽、月、惑星を投影する機構の名称である。一つの動力源から、複数の歯車を用いて歯車の回転数を調整し、地球と他の惑星の公転周期の比を再現している。

機械式プラネタリウムの構造をより詳しく知りたいと考えたが、メーカーにも詳しい資料はあまりなく、実際に使われている歯車の歯数を数えることにした。今回の研究では、明石市立天文科学館で所蔵されているコニカミノルタ社製の機械式プラネタリウム「ミノルタプラネタリウム MS10」(以下 MS10) を調査の対象とした。

2 研究内容

(1) 調査内容と結果

MS10の惑星棚の構造を明らかにするため、惑星棚を構成している歯車と駆動軸(年周軸)の配置を調べ、木星と土星の投影に関わる各歯車の歯数を数えた。その結果から、歯車によって再現されている木星と土星の公転周期の値をそれぞれ導き、目標値との差を求めた。

(2) 調査結果

木星と土星の運行に関わる惑星棚の構造とそれぞれの歯車数は図1、図2の通りである。

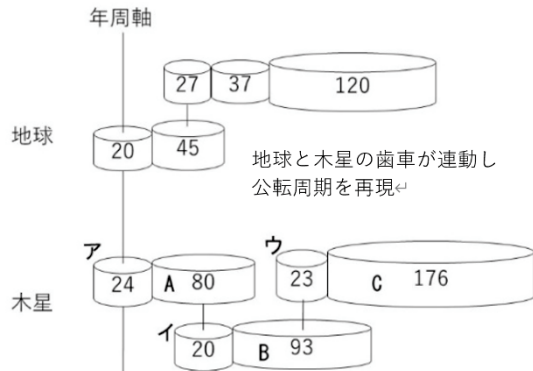


図1 木星に関する機構

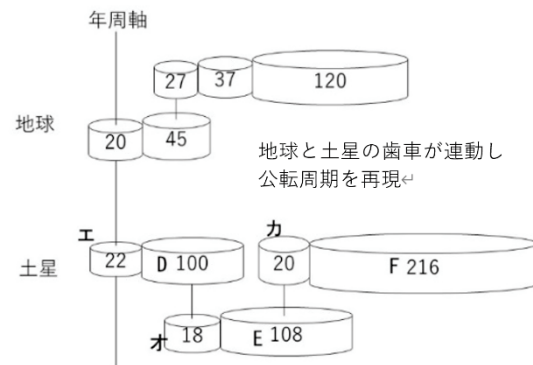


図2 土星に関する機構

年周軸が10回転すると、地球の段の中で最も年周軸から遠い位置にある歯車が1回転する。これは、地球が1回転したことになる。このことから惑星の公転周期の値と目標値との誤差(絶対値)は地球の公転周期に対して次のように求まる。

【木星】

再現される公転周期：
 $80 \cdot 93 \cdot 176 / (24 \cdot 20 \cdot 23 \cdot 10) = 11.860869 \dots$ [恒星年]
目標値：11.862408594 [恒星年] (1)
誤差：0.0015390 [恒星年]

【土星】

再現される公転周期：
 $100 \cdot 108 \cdot 216 / (22 \cdot 18 \cdot 20 \cdot 10) = 29.454545 \dots$ [恒星年]
目標値：29.446985622 [恒星年] (1)
誤差：0.0075598 [恒星年]

(3) 歯車の改良

木星と土星の歯車の歯数を変更することで、より目標値と再現できる公転周期の誤差を小さくすることに挑戦した。その際に歯車数と歯数について「歯車数はMS10と同じく6枚」「歯数はMS10と同じく最小18から最大216まで」という条件で、歯数を変更した。歯車に図1、図2のようにA~F、ア~カと名前を付けた。それぞれの変更前と変更後の歯数、変更後に再現できる公転周期と目標値との誤差は以下の通りである。

【木星】

変更前：A=80 B=93 C=176 ア=24 イ=20 ウ=23
変更後：A=81 B=86 C=188 ア=24 イ=20 ウ=23
変更後の公転周期： $81 \cdot 86 \cdot 188 / (24 \cdot 20 \cdot 23 \cdot 10) = 11.8623913 \dots$ [恒星年]
変更前の誤差：0.0015390 [恒星年]
変更後の誤差：0.0000172 [恒星年]

【土星】

変更前：D=100 E=108 F=216 エ=22 オ=18 カ=20
変更後：D=100 E=138 F=169 エ=22 オ=18 カ=20
変更後の公転周期： $100 \cdot 138 \cdot 169 / (22 \cdot 18 \cdot 20 \cdot 10) = 29.4469697 \dots$ [恒星年]
変更前の誤差：0.0075598 [恒星年]
変更後の誤差：0.0000159 [恒星年]

MS10本来の歯数で得られる公転周期と目標値の誤差に対して、変更後の誤差は木星では約1/89、土星では約1/475となり大幅に精度が向上した。

3 考察

今回の研究では歯車の歯数を変更することで、より目標値に近い公転周期を再現することができた。しかし、MS10の開発時に使われていた目標値が今回用いた目標値と異なることも考えられるので、開発時の目標値なども今後調べたい。

4 展望

今後は木星、土星以外の惑星や月の機構についてもさらに詳しく調べ、よりよい精度になるように改良していきたい。

5 参考文献

- (1) NASA アメリカ航空宇宙局 Planetary Physical Parameters
https://ssd.jpl.nasa.gov/planets/phys_par.html
(閲覧日 2025/1/19)

身近な素材で作るかんたんプラネタリウム

自然科学部天文班：

前 綾乃、石上 眞綾（高専3）、小新堂 平（高専2）、原田 慶紀、小島 彩（高専1）【神戸市立工業高等専門学校】

要 旨

神戸高専自然科学部天文班では、2021年から、主な活動としてプラネタリウムの作製を取り入れている。部活動の予算内に収めるために、できる限り安価で入手しやすい身近な素材でプラネタリウムを作製することを目標としている。昨年度までに、星を映し出すためのドームとその骨組みが完成しており、本年度は投影機の作成に取り組んだ。本講演では、発泡スチロールを用いて短時間で作成できる投影機の作成方法について発表する。

1. はじめに

昨年度までに作製したプラネタリウムは、投影機をアクリル樹脂で作成していた。そのため本体が重くなり、モーターでは回転させることができず、製作が行き詰まっていた。そこで、今年は投影機の材料を発泡スチロールとすることで、軽量化を試みた。

2. 材料

光源（スマートフォン）、ポスターカラー、発泡スチロール半球、B5用紙、釘、たこ糸、テープ、水性マーカー、レーザーポインター

3. 作製手順

3.1. 天頂を決定する

紙に天球の型を取り、紙面上で中心を決めて、レーザーポインターを用いて天頂を決定した。

3.2. 補助線を引く

紙面上の円を4等分したものをを用いて天球に赤経15度ごとに目印となる線を引いた。次に、天球の子午線の長さをたこ糸でとり、それを等分したものをを用いて、赤緯10度ごとに目印となる線を引いた。

3.3. 星の位置に目印を書き、穴を開ける

星の位置を、赤経・赤緯を基準に目分量で決めて点を打った。星の位置は参考文献 [1] の88星座一覧を用いた。また、点同士をつないで星座とした。その後、点を打った位置に釘を用いて光の通る穴を開けた。1等星とその他の星でサイズが異なる釘を用いることで穴の大きさを変えた。一等星以外の星は明るさを区別していない。

3.4. 天球の内側を黒塗りする

発泡スチロールでは遮光性が低く、穴を開けた場所以外からも光が漏れ出てしまっていた。そのため、天球の内側を、黒のポスターカラーで3度重ね塗りした。

3.5. 光の出る穴を調整する

全ての穴から光が出るように調整した。

3.6. 全体を組み立てる

ドームを組み立て、机や棚を用いて高さを出した。遮光カーテンを被せ、光が漏れていないか確認した。中心に天球を設置し、光源のスマートフォンを置いた。

完成した投影機本体の写真を図1に示す。

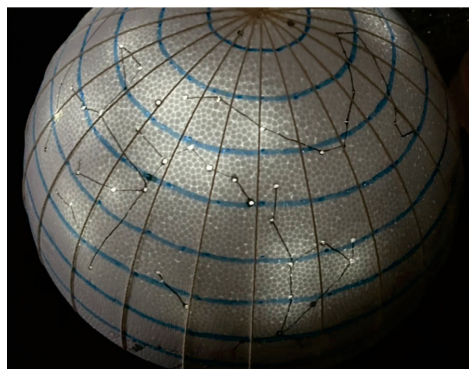


図1. 完成した投影機本体.

4. 結果と課題

完成した投影機で実際に投影してみたところ、プラネタリウムとしておおむね上手く機能していたと感じた。

しかし、光源の位置がごく僅かにでもずれると穴から光がなくなってしまう、その調整に時間がかかった。そのため、投影機を机に固定したり、スマートフォンを置く位置をあらかじめ分かりやすく決めたりして、ずれにくくする必要があると考える。

そして、今後の課題として、一等星とそれ以外の星の大きさが同じであること、投影機の穴が開いている部分以外からも光が漏れていることの解決に取り組みたい。

また、現実の星空に近づけるために、カラーフィルムを投影機の内側から貼ることで、現実の星と同じ色に光らせることも考えている。

5. まとめ

発泡スチロールを用いて、軽量化した投影機を作製することができたので、今後はこれを回転させることを目指していきたい。また、光源がスマートフォンのままでは回転させることができないので、新たに光源も探求していきたい。

参考文献

[1] 小学館『小学館の図鑑NEO [新版] 星と星座』

組み立て式プラネタリウム

山田 彩乃、太田 瑠奈、吉川 めい、藤川 風砂、奥野 瑞貴、窪山 日和、澁谷 京華（高2）、
栗原 蒼二朗、古林 奨大、佐藤 尊、森田 幸樹（高1）【星野高等学校】

要旨

星野高等学校天文部では学園祭にてプラネタリウム作りに励んできたが、耐久性に問題があり、段ボール製のプラネタリウムを毎年作り直していた。そこで、より耐久性のあるプラスチック段ボールを用いて、組み立て可能なプラネタリウムの作成を試みた。

目的

今までは一度きりで解体してきたプラネタリウムを長持ちさせることはできないかと思案した末、組み立て可能なプラネタリウムを作り、年を経ても運用でき、リサイクルができるものを作成することが目的となった。

方法

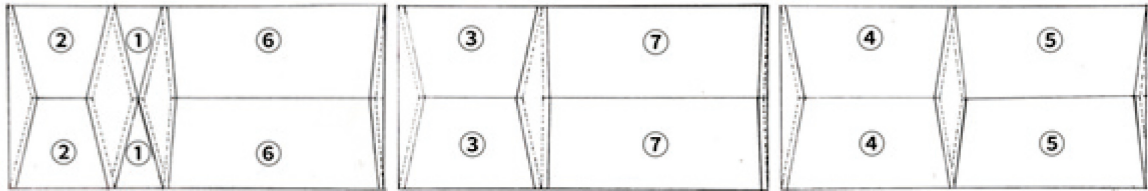


図 1

1. プラスチック段ボールの下書き

プラスチック段ボール厚さ 5mm 910×1820 を用いて、段ボールドーム制作のしおり [1] の通りに作成した。また、[1] の情報に加えて組み立て可能にするための 30mm 幅の糊代を左右に付け加えた。（図 1 の点線部分）

以下、図 2 の寸法

（①のパーツは図 2 の a に対応、②は b に対応、・・・）

- | | |
|--------------|-------------------|
| ① a : 234 mm | ⑤ e : 943 mm |
| ② b : 455 mm | ⑥ f : 1021 mm |
| ③ c : 653 mm | ⑦ g : 1047 mm |
| ④ d : 819 mm | ※高さは全て 449 mm で統一 |

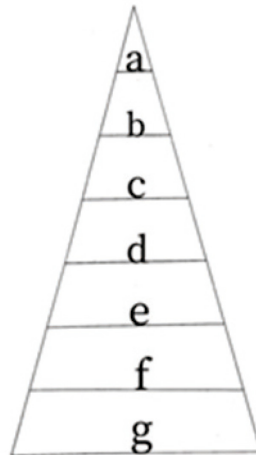


図 2



図 3



図 4

2. プラスチック段ボールの切り取り

[1] の通りに作成した 3 種類のプラスチック段ボール計 18 枚の糊代の縁側（図 1 中実線）をカッターを用いて切り取った。また、付け加えた糊代の内側（図 1 中点線）の厚さ約 2.5mm の切り込みを入れた。

3. プラスチック段ボールの組み立て

2. で切ったプラスチック段ボールの糊代の切り込みを山折りに折った。同じ形の、山折りに折った糊代の中に図 5 のように磁石をはめ、固定した。縦の場合は、図 1~3 中の①から⑦まで決められたプラスチック段ボールを順にガムテープを用いて繋げた。（図 2）横の場合は、同じ形のプラスチック段ボールを円の形になるように磁石を用いて繋げた。（図 4）また、でき上がったドームの外側から遮光するために暗幕をかけた。



図 5（完成形をイメージした模型）

結果

完成形は図 7 のようになる予定です。

参考文献

[1] JAXA 宇宙航空研究開発機構 SELENE 段ボールドームプロジェクトチーム「段ボールドーム制作のしおり」 <https://www.selene.jaxa.jp/image/document/DomeProject/DomeProduceGuide.pdf>

天文普及における折り紙の教材としての利用

明石市立天文科学館星の友の会ほしとも学生部：

井口 智晴、落合 夏菜（高1）【兵庫県立明石北高等学校】、中島 ころろ（高専1）【明石工業高等専門学校】、山崎 航暉、中戸川 直道（高1）【六甲学院高等学校】、谷 和磨（高2）【明石市立明石商業高等学校】、小川 倭葉（中1）【播磨町立播磨中学校】

要 旨

近年、インターネットで様々な天文に関するペーパークラフトを入手できるが、細かい作業も多い。そこで今回は、小さい子どもであっても簡単に作ることができる折り紙に着目し、天文普及への利用方法を探る。また、それを教材としてまとめ、天文に対する理解があまりない初心者でも、容易に授業に盛り込めるようになることを目指す。

1. 背景・目的

今回の発表の代表者である井口は、約5年前から、折り紙の風船という折り方を用いて様々な天体を作ることを行ってきた（図1）。最初は太陽系の天体をたくさんそろえることから始めたが、惑星の縮尺を揃える等、個々の天体についても工夫を行った。そして、これらの成果を第68回宇宙科学技術連合講演会のジュニアセッションにて発表したところ、天文普及の観点から高評価が多数得られた。そこで、折り紙を天文普及における一つのツールとして活用するために、さらなる改良を行った。



図1 「折る宇宙」シリーズ

2. 方法

- ① 以前から作ってきた、惑星軌道を縮小して地図上に表示するWebアプリ「太陽系散歩」を改良し、折り紙での学びをより実体験に近づける。
- ② これらをまとめて教材を作成し、教育現場への導入を容易にする。

3. 内容

① アプリの開発

2億分の一・20億分の一に縮小した折り紙惑星儀が、実際の宇宙空間ではどのような距離感で存在するか実感するため、惑星の公転軌道を縮小して地図上に表示するWebアプリ「太陽系散歩」の開発を行った（図2）。任意の中心地点・縮尺で軌道を表示する「シミュレーションモード」と、太陽を現在地とし、惑星軌道を歩きながらたどることができる「ゲームモード」の2種類を用意している。特にゲームモードは、実際に外に出て歩いてみることで、太陽系を、自分の体験として理解することを狙いとしている。

今回は主に、軌道上で惑星を実際に公転させる、AR技術を用いてカメラ上にその縮尺で惑星を表示できるようにする、という2つの改良を実施した。従来、本アプリでは、距離感を確かめることしかできなかったが、AR技術を導入したことで、惑星同士の大きさの比較も可能となった。

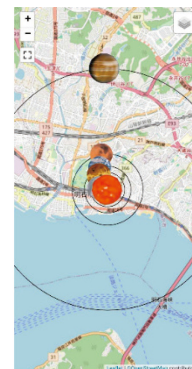


図2 実際の画面

② 教材の制作

太陽系の惑星に関する内容を中心に、主に子どもたちを対象とした授業を想定した教材の作成を行った。（図3）内容は以下の通りである。

<タイトル>宇宙について知ろう

1. 太陽系について知ろう！
 - 太陽系の大きさはどれくらい？ → 「太陽系散歩」で体験
 - 惑星って何？どんな惑星がある？
2. 太陽について
3. 星座を見てみよう
 - 星座クイズ → 折り紙天球儀から星座を探してもらおう



図3 スライドの例

4. 今後の展望

アプリに関しては、まだまだ改良の余地があるのではと考えている。例えば、ゲームモードにストーリー性を持たせることで、天文にあまり興味のない人が学ぶきっかけを作ったり、系外惑星等、太陽系以外についても、利用者が自分で天体を追加できる機能を整備したりすることを考えている。

また、教材等の整備を進め、教育現場への導入を図ることができれば、スケールが壮大で理解が難しいとされる天文分野への理解が進むのではと考える。

5. まとめ

天文普及に折り紙を導入することで、壮大な宇宙を自分の体験として学習できるのではと考えている。従来はその手段として、工作が用いられてきたが、それより簡単な折り紙を導入することで、小さな子ども等の手先が器用でない人でも学習が可能になる。今後は、教育現場への導入を目指したい。

Study of Light Pollution Affecting Astronomical Observations in the RGB Wavelengths Together with the Application of Mathematics Models for Light Pollution

Mr.Sakdithach Sai-ngam (Grade 12)
 [Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi, Phetchaburi, Thailand]

Introduction

This research focuses on studying light pollution in Earth's atmosphere at Princess Chulabhorn Science High School Phetchaburi. The study investigates three main aspects: 1. The impact of light pollution on RGB wavelengths, 2. The patterns and behavior of light pollution, 3. The effects of light pollution on astronomy. The experiment was divided into three distinct phases and conducted during two separate time periods: before 10:30 P.M. (when the dormitory lights were still on) and after 10:30 P.M. (when the dormitory lights were turned off). This approach allowed for a comparative analysis of light pollution under varying lighting conditions.

Method and Result

1. RGB data was collected by taking five photos above the light pollution source, then adjusting the camera angle upward in 20-degree increments until it was directly opposite the source. This angle is referred to as the "Distance Angle from the Light Pollution Source." The data was then analyzed using Python, and the results are shown in Figure 1.

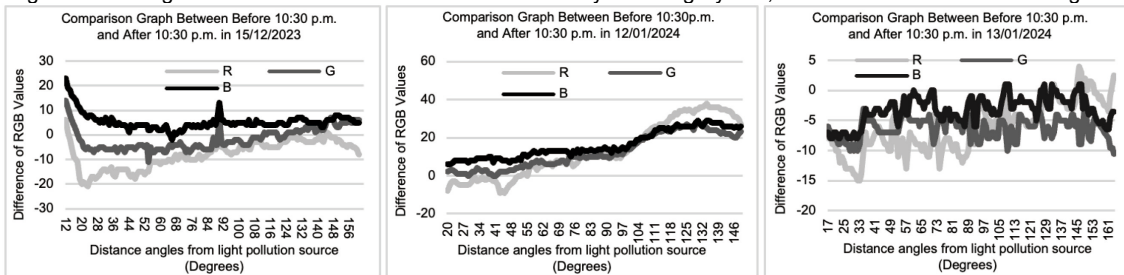


Figure 1. Show the relationship between RGB values and the angle from the city on 15 December 2023 (Left) and 12 (Center) and 13 (Right) January 2024, respectively.

2. The sky magnitude was calculated through the following steps: 1. Images were uploaded to Astrometry.net to identify reference stars and obtain coordinates. 2. Coordinates were imported to convert pixel values to Right Ascension (RA) and Declination (Dec). 3. Photometric analysis was performed, including background intensity measurement. 4. Sky subtraction was applied to isolate the star's true intensity. 5. The star's magnitude was determined using Stellarium. 6. The background magnitude was then calculated.

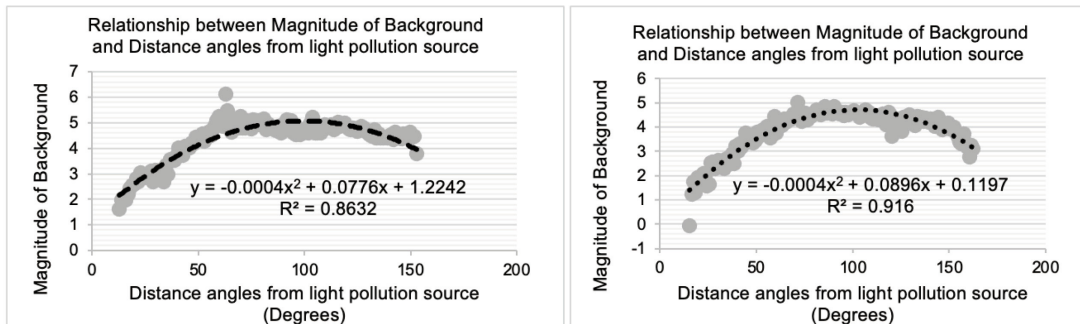


Figure 2. Show the relationship between Magnitude of Background and Distance angles from light pollution source (Degrees) on December 15, 2023 (left) and January 13, 2024 (right).

3. In the mathematical model, the author references "Lamphar, H. (2010), Mathematical Model for the Measurement of Light Pollution". The model incorporates several key variables, including: The altitude of the observer and the urban area above sea level, the azimuth angle from the observer's position to the observed point, the distance from the observer to the city, the zenith distance of the observer, these variables are used to analyze and quantify the effects of light pollution.

Data analysis and Conclusion

On 15 December 2023, the B (blue) values were higher than R (red) and G (green) values due to light scattering, with blue wavelengths scattering more easily. In contrast, on 12-13 January 2024, the R values were higher as wildfires near the site released aerosols into the atmosphere, increasing scattering of the blue and green wavelengths and leaving more red light. Sky background measurements confirmed this, with lower brightness on 15 December 2023 compared to 13 January 2024. The mathematical model also showed that beyond 90 degrees, the RGB graph curvature was affected by air mass, further highlighting the impact of aerosols on light pollution. And the results are shown in Figure 2.

Reference

Lamphar, H. (2010). Mathematical model for the measurement of light pollution. . 4-6.

Data : https://drive.google.com/drive/folders/1BPobRk5TiBCIM8gjYkPTYIArq417S3_w?usp=sharing

The Study of the Relationship Between the Active Galactic Nuclei and Star Formation in Face-On Galaxies Within the MaNGA Survey

Mr. Natthaphat Changngoen (Grade 12)

[Sisawatwittayakarnchangwatnan School, Nan Province, Thailand]

Abstract: This study investigated the regions surrounding the Active Galactic Nuclei (AGN). Analysis and classification utilising Integral Field Unit (IFU) Spectroscopy data [6] from Data Release 17 (DR17) of the Mapping Nearby Galaxies at Apache Point Observatory (MaNGA) survey [1]. The regions of the AGN were classified as either AGN-like, HII-region-like/Star Formation-like (SF-like), or Composite. These results indicated the areas where both components influenced star formation. It examined the influence of AGN outflows to the star formation activities.

Introduction: The MaNGA survey provides a comprehensive framework for studying the detailed properties of nearby galaxies through IFU spectroscopy. By employing Gaussian modeling to analyze spectral emission lines, the survey enables precise classification of galactic regions based on their star-forming activities and AGN contributions. Furthermore, this research contributes to a deeper understanding of AGN-driven outflows and their impact on galactic environments [3].

Data Collection: The selection criteria were galaxies with AGN at their centers and non-AGN galaxies below redshift of 0.035, with the log of stellar mass ranging 9 to 11, and inclination angles less than 30 degrees to minimize obscuration effects. Flux density and wavelength relationship of spectral lines in the H α and H β regions were visualized with Gaussian distribution function. Flux for the narrow and broad H α and H β , [NII], and [OIII] were then performed by the determination of area under the Gaussian distribution curves [4]. Baldwin, Phillips & Terlevich (BPT) Diagrams [2] were generated as the following step incorporated with BPT maps shown in Figure 1. Star formation rate (SFR) map (Figure 1) of the galaxy has been generated to compare the star formation between galaxies with AGN and galaxies with normal star formation. The equation for SFR was as follows: $SFR(M_{\odot} \cdot yr^{-1}) = 7.9 \times 10^{-42} L(H\alpha)(erg \cdot s^{-1})$ where SFR represented the star formation rate in solar mass per year, and $L(H\alpha)$ represented the luminosity of the hydrogen alpha spectral line [5]. Central wavelength values and standard deviations of the emission lines of various gases obtained from the Gaussian distribution function were used as input parameters for gas dispersion velocity in the region around the galaxy's nucleus (Figure 2). Gas dispersion velocity was determined with the following equation: $v_{dispersion} = \frac{2\sqrt{\ln(2)}\sigma}{\lambda_{cen}} \cdot c$ where $v_{dispersion}$ represented the gas dispersion velocity, σ represented the standard deviation obtained from the Gaussian distribution function, λ_{cen} represented the wavelength at centroid of the emission line, and c represented speed of light in vacuum.

Results and Discussions: The study revealed that galaxies hosting AGN exhibit reduced star formation rates compared to non-AGN galaxies, attributed to AGN-driven outflows disrupting the cold gas reservoir essential for star formation [3]. Gas velocity dispersion maps demonstrated elevated central velocity dispersion in AGN galaxies in contrast to non-AGN systems. BPT analysis also indicated enhancement of ionized hydrogen-dominated areas in AGN-dominated regions.

Conclusion: This emphasized the role of AGN in suppressing star formation in galaxies. AGN outflows destroyed cold gas needed for star formation, leading to the disrupt overall activity. This resulted in star formation becoming concentrated in specific regions rather than being uniformly distributed across the galaxy. This event highlighted the complex interactions between AGN and their host galaxies, and how the star formation was regulated.

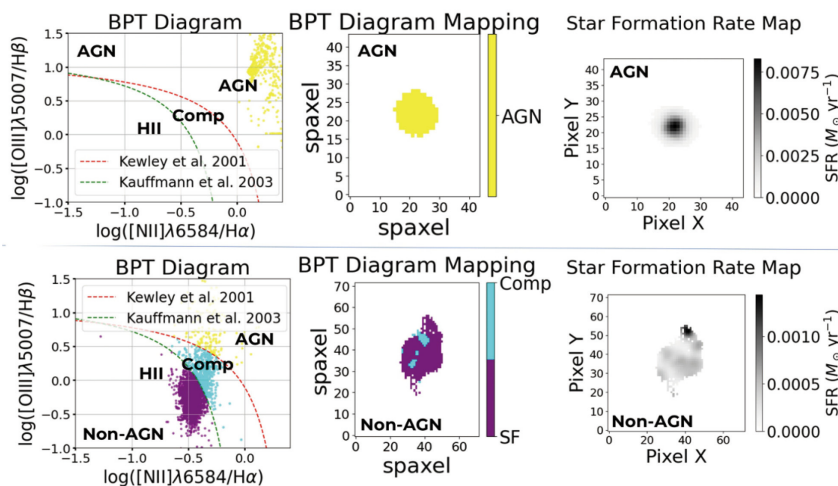


Figure 1: BPT Diagram (left), BPT map (center), and star formation rate (SFR) map (right) for AGN hosting galaxy (top) and non-AGN-hosting galaxy (bottom), respectively.

References:

- [1] Bundy K, Bershady MA, Law DR, Yan R, Drory N, MacDonald N, et al. 2014, ApJ, 798, 7
- [2] Baldwin JA, Phillips MM, Terlevich R. 1981, PASP, 93, 5
- [3] Li C, Kauffmann G, Heckman TM, White SDM, Jing YP 2008, MNRAS, 385, 1915
- [4] Chanchaiworawit K & Sarajedini V. 2024, ApJ, 969, 131
- [5] Kennicutt RC. STAR FORMATION IN GALAXIES ALONG THE HUBBLE SEQUENCE. 1998
- [6] Smee SA, Gunn JE, Uomoto A, Roe N, Schlegel D, Rockosi CM, et al. 2013, AJ, 146, 32

Correlations between SMBH Mass and Sérsic Index of AGN Host Galaxies

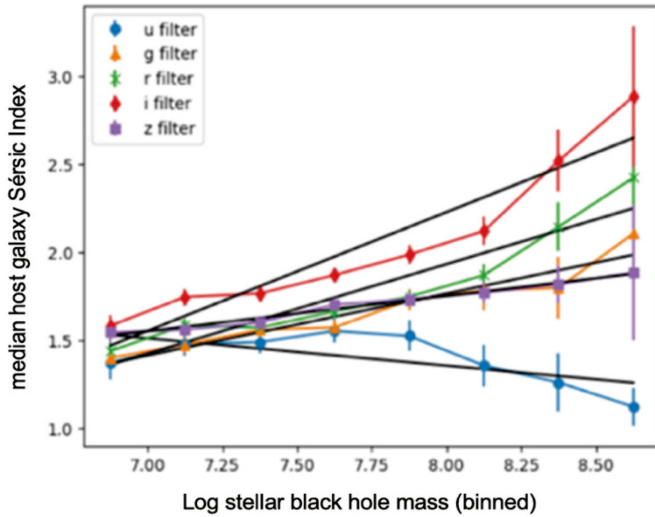
Mr. Thatchayuth Klipbua (Grade 10)
[RBIS International School, Bangkok, Thailand]

Abstract: The purpose of this study was to find the correlation between the mass and Sérsic Index of 10,000 active galactic nuclei (AGNs) taken from the low-redshift low-luminosity AGN characterized by Chanchaiworawit & Sarajedini (2024) [2]. The result of this study revealed that there are strong positive correlations at $z < 0.4$. This is likely due to an increase in younger, less morphologically developed galaxies at higher redshifts. Another result is a strong correlation between the Sérsic Index and redshift, which can support the hypothesis that AGN host galaxies are transitioning into a quiescent stage.

Introduction and Method: Correlations between supermassive black hole (SMBH) mass and the Sérsic Index of active galactic nuclei (AGNs) host galaxies' bulges are well established [4]. Here, I try to see whether black hole mass-Sérsic Index relations can also be found for the entire host galaxy.

The luminosity at 5100 Angstroms and the width of the H-beta broad component in AGN spectra can be used to calculate the mass of the SMBH in solar masses, as defined by Park et al (2015) [3]. R90 is the radius of a circle which contains 90% of a galaxy's luminosity, and R50 is the radius of a circle which contains 50% of a galaxy's luminosity. The value of R90/R50 for a certain galaxy is directly correlated to the Sérsic Index. Graham et al (2005) [1] provides the relationship between R90/R50. I calculated the Sérsic Indexes in all SDSS color filters for each AGN using NumPy's interpolation.

Results and Conclusion: I created bins of log black hole mass from $6.5 < x < 9$ based on the emission line fitting methods prescribed by Chanchaiworawit & Sarajedini (2024) [2], and plotted the median host galaxy Sérsic Index in each bin, with more than 1000 AGNs in each bin, as demonstrated in Figure 1 and Table 1.



There are positive trends between the Sérsic Index and black hole mass, but not at higher redshifts, likely due to less morphologically developed galaxies. The 'u' and 'g' filters are also unreliable, likely due to the detection of redshifted X-ray and UV emissions from the AGNs. However, the strong positive trends in the 'r', 'i', and 'z' filters give undeniable evidence of the correlation between the growth of SMBH and the structural evolution of their host galaxies. Higher Sérsic Indexes are present at lower redshifts, similar to the findings of Ormerod et al (2023) [5], in which they find a negative correlation between Sérsic Index and redshift for quiescent galaxies. This confirms the common hypothesis that AGN host galaxies are in a transition between their star-forming and quiescent stages.

Figure 1: Binned log black hole mass of AGN vs. median host galaxy Sérsic Index, with a bin range of 0.25 dex in log-space for $z < 0.2$. The error bars represent standard error on the mean (SEM).

Table 1: Best fitted slopes and their uncertainties of binned log black hole mass of AGN vs. median host galaxy Sérsic Index, rounded to 3 decimal points.

	U band	G band	R band	I band	Z band
$Z < 0.2$	-0.155 +/- 0.075	0.352 +/- 0.044	0.508 +/- 0.073	0.674 +/- 0.099	0.200 +/- 0.012
$0.2 < z < 0.4$	0.068 +/- 0.065	0.022 +/- 0.022	0.161 +/- 0.021	0.072 +/- 0.026	0.137 +/- 0.026
$0.4 < z < 0.6$	0.418 +/- 0.074	0.076 +/- 0.029	0.052 +/- 0.028	0.006 +/- 0.042	-0.052 +/- 0.079

References

- [1] Graham, A.W., Driver, S.P., Petrosian, V., et al. 2005, ApJ, 130, 1535
- [2] Chanchaiworawit, K., and Sarajedini, V. 2024, ApJ, 969, 131
- [3] Park, D., Woo, J., and Bennert, V. N., et al. 2015, ApJ, 799, 164
- [4] Savorgnan, G., Graham, A.W., Marconi, A., et al. 2013, MNRAS, 434, 387
- [5] Ormerod, K., Conselice, C. J., Adams, N.J., et al. 2023, MNRAS, 527, 6110

Visualizing gravitational lensing with varying mass distance and position
 Mr. Siraphob Phonphakdee (Grade 12)
 [Piboonbumpen Demonstration School, Burapha University, Chonburi, Thailand]

Abstract

In this paper, we explore how we can implement a strong gravitational lensing visualizer. We use Python to create a program that uses Einstein's general relativity. We compare results with other simulators and photographs observed in real life and conclude that the simulations do correspond to the references. However, rendering speed depends on the source image's size with inaccuracies due to approximations from the equation.

Keywords: gravitational lens, visualization, Python

Introduction

Gravitational lensing is a phenomenon predicted by Albert Einstein's general relativity. Instead of light travelling in a straight line, gravity pulls the light to travel in a bent path like a convex lens [1]. Astronomers use it to observe distant celestial objects, from stars to exoplanets [2]. However, understanding the effect can be challenging due to its complexity. Thus, we created a gravitational lensing visualizer.

Methodology

We decided to use Python due to its flexibility and stability. We also chose to replicate strong lensing, as its effects can be calculated using an approximation of Einstein's general theory of relativity. The angle of deflection can then be determined using $\hat{\alpha} = \frac{4GM}{c^2 b}$. Here, $\hat{\alpha}$ is the deflection angle, G is the gravitational constant, M is the object's mass, c is the velocity of light, and b is the impact parameter. We assume the image is a light source behind the celestial body and created variables for distance, mass, position, and field of view to use in the program. We read the input image via Pillow and converted into an array with NumPy then calculate the reflection with the equation above for mapping by Matplotlib. As some pixels may originate out of bounds, we resolve by sampling colors from the opposite side, similarly to a skybox. Finally, we display the rendered image to the user.

Results

After using the program, we obtained the following images from the output. The results are shown in Fig 1. and 2.

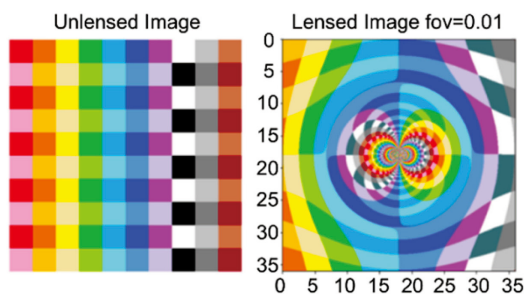


Fig 1. Comparison between unlensed (left) and lensed (right) image from the program. Parameters: mass= 1×10^{38} kg ($5.029 \times 10^7 M_{\odot}$) $dL = 1 \times 10^{20}$ m, FOV= 0.01° , image size 500×500 px, lens position (250,250) render time 6s

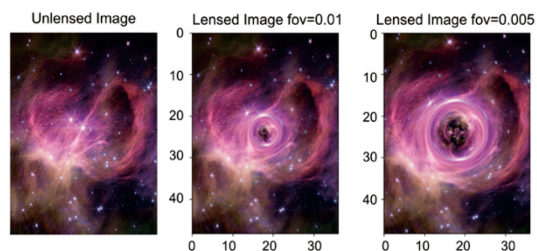


Fig 2. Comparison between unlensed (left) and lensed (middle and right) image from the program. Parameters: mass= 1×10^{40} kg ($5.029 \times 10^9 M_{\odot}$), $dL = 1 \times 10^{43}$ m, FOV= 0.01° , 0.005° , image size 298×400 px, lens position (149,200) render time 3s for both images. Source picture by NASA's Webb Identifies Tiniest Free-Floating Brown Dwarf (NIRCam Image) by NASA, ESA, CSA, STScI, Kevin Luhman (PSU), Catarina Alves de Oliveira (ESA)

Discussion

Our method to visualize gravitational lensing focuses on usability, and low computation. The key factors are the distance between the observer and viewer, field of view, and mass which agrees with Einstein's gravitational lensing formalism. The program also successfully replicated Einstein cross with multiple masses with an off-centered source. Additionally, we compared effects from Alison Hume and Jacek Guzik's gravitational lensing simulator and concluded that it is similar to ours. The results are shown in Fig 3.

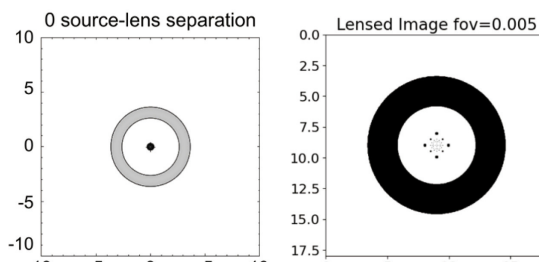


Fig 3. Comparison between Alison Hume and Jacek Guzik's gravitational lensing simulator (left) with ours (middle and right). Parameters: mass= 1.988×10^{42} kg ($1 \times 10^{12} M_{\odot}$), $dL = 1.419 \times 10^{25}$ m, or 1.5×10^9 lightyears, FOV= 0.005° or ≈ 18 arcsec, image size 500×500 px, lens position (250,250) render time 5s. Left image from <http://demonstrations.wolfram.com/GravitationalLensingByAPointMass/>, License: Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported, accessed on May 18th, 2024

However, since we base the calculations on point mass lenses, it can only calculate strong lensing. Moreover, using an approximation of Einstein's theory of relativity may cause inaccuracies near the lens' center.

Reference

- [1] Udalski A, Szymanski M, Kaluzny J, Kubiak M, Mateo M. The optical gravitational lensing experiment. Acta Astronomica (ISSN 0001-5237), vol. 42, no. 4, p. 253-284.. 1992;42:253-84.
- [2] Abe F, Bennett DP, Bond IA, Eguchi S, Furuta Y, Hearnshaw JB, Kamiya K, Kilmartin PM, Kurata Y, Masuda K, Matsubara Y. Search for low-mass exoplanets by gravitational microlensing at high magnification. Science. 2004 Aug 27;305(5688):1264-6.

Study and Development of Autopilot for space rover and tracking position using IMU

Mr.Tustong Tongnumpen (Grade 11)

[Piboonbumpen Demonstration School, Burapha University, Chonburi, Thailand]

Abstract

In this study, we aim to investigate and evaluate the rover's autopilot performance. Specifically, we want to construct a program and sensor that are inexpensive, readily available, and widely used worldwide in order to build a prototype and test the autopilot program. The outcome showed that the Rover could locate its way to the target and was on its way with Circular Error Probability (CEP) of about 0.654 meters from the target. There are still too many errors in the tracking position using the Inertial measurement unit sensor (IMU) approach alone to determine the rover's true position.

Introduction

Space exploration comes with countless unforeseen challenges, making it critical to study a planet's surface thoroughly. Using a rover is one way to reduce risks, as it allows us to explore without direct human involvement. To ensure the rover can operate effectively, it should be equipped with an autopilot system, enabling it to navigate independently and reach its destination on its own.

Methodology

After printing the body parts of the prototype using a 3D printer, we put together the Arduino Mega processors, GPS position sensor, and ultrasonic range sensor. The prototype and circuit connection show in Fig1. we conducted tests on its autopilot system. The system relies on a magnetic field sensor to orient itself toward the target. A location sensor, such as GPS, continuously updates the distance and trajectory to the destination, ensuring accurate navigation. Additionally, an ultrasonic ranging sensor enables the rover to detect and avoid obstacles in its path, allowing it to reach its target safely without collisions.

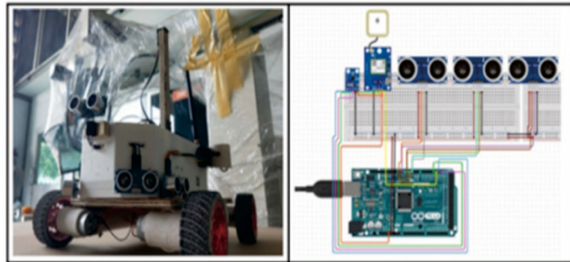


Fig 1: Shows the image of prototype and circuit connection

For position tracking using an IMU (Inertial measurement unit sensor), we put together BMI160[3] as IMU and ESP32[4] as transmitters to send the wireless data to another ESP32[4] that act as receiver then we calculate the distance traveled over time by applying acceleration and time in a fundamental physics equation. To enhance accuracy, a filter is applied to minimize noise in the data. The processed information is then transmitted to Unity via TCP (Transmission Control Protocol), allowing us to visualize the 3D position in real-time [1].

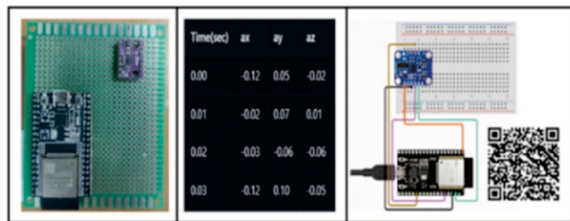


Fig 2: Shows the image of prototype, Table of result and circuit connection for IMU tracking using BMI160

Result

After testing the autopilot system, the results showed that it could successfully navigate toward the target with a Circular Error Probable (CEP) of 0.654 meters and effectively avoid obstacles along the way. While the IMU-based position tracking could indicate the rover's direction of movement, it was not accurate enough to reliably measure the true distance traveled. The prototype, test results, and circuit connection for IMU tracking using the BMI160[3] as the IMU sensor are shown in Fig 2.

Summary

The autopilot system demonstrates sufficient precision for basic rover operations or as a cost-effective learning tool. However, hardware limitations present challenges. The magnetic field sensor requires frequent calibration, and the Arduino Mega's 16 MHz processor struggles to handle the ranging sensor and GPS simultaneously, leading to occasional crashes or obstacles.

Improving precision is possible by upgrading the GPS, which currently has a 2.5-meter error margin [2] we can use RTK (Real Time Kinematics) or PPS (Precise Positioning Service) modules. Position tracking via the IMU remains error-prone and unreliable for measuring travel distance but can indicate movement direction. Replacing it with a 9DOF (Degree of freedom) sensor may resolve these issues by compensating for external forces such as gravity.

References

- [1] Xio Technologies, "Oscillatory Motion Tracking With x-IMU," GitHub Repository, [Online]. Available: <https://github.com/xioTechnologies/Oscillatory-Motion-Tracking-With-x-IMU>. [14-Mar-2024]
- [2] u-blox, "Content Hub," u-blox AG, [Online]. Available: <https://content.u-blox.com>. [18-Apr-2024]
- [3] BMI160 is a sensor for measuring Acceleration and Gyroscope
- [4] ESP32 is a Microcontroller which have wifi integrate allow to communicate wirelessly

Development of celestial object pinpointer equipment : Sky Object Beam (SOB)
 Mr. Yossawat Lohasiriwat (Grade 9), Mr. Puripat Thangsurbkul (Grade 9)
 [Chulalongkorn University Demonstration Secondary School, Bangkok, Thailand]

Abstract

Developing devices that can shorten the amount of time to search, pinpoint and track celestial objects accurately makes astronomical activities work efficiently. It starts with searching for the database, writing code, creating the physical part of the device, and testing its efficiency. The test results lead to the development of a more accurate, portable, and easy-to-use celestial object finder.

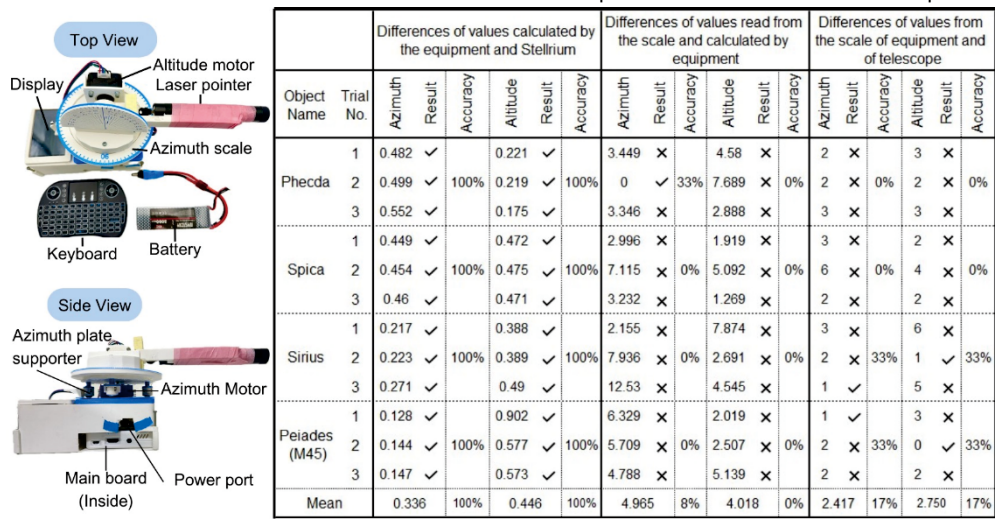
Research background

The study of Astronomy at the youth level requires astronomical observation activities allowing students to see the beauty of celestial objects. It helps them to understand the changing phenomena that underpin sustainable living. However, if there is a telescope with a device that includes an automatic celestial-body-tracking-system, it will make observations in light-polluted areas, which it is difficult to observe with the naked-eyes, much more convenient. The objective of this project is design, create, test, and develop devices that can search, pinpoint, and track celestial bodies accurately.

Method and Result

1. As part of our research, we used the "Sky Field Library" as a database system, which has a total of 127 celestial objects; it includes 119 stars, 7 planets, 1 of dwarf planet and 15 deep-sky objects.
2. The device was designed and printed using 3D printers as shown in Figure 1. The code was written to control the motor and calculate the celestial object's coordinates using Sidereal time [1], hour angle, Right ascension and Declination.
3. The device was used to point at celestial objects to find its accuracy. The results are shown in table 1.

From the data as shown in table 1, it was found that the values of angles calculated by the device were accurate when compared to the Stellarium. However, the motors were still not accurate enough. As a result, when adjusting the telescope at the laser, the desired object couldn't be seen in the field of view (fov) of the telescope's eyepiece. In addition, the scale values on the device set did not meet the standard when compared with the scale on the telescope.



✓ the value is under field of view (fov) (< 1.04 deg) - Considered Accurate
 ✗ the value is over field of view (fov) (> 1.04 deg) - Considered Not Accurate

figure 1 Components of the first version

table 1 show the accuracy of the equipment in first version

Discussion and summary

After testing the first version, it was found that there were accuracy issues, the motor was overheated; there were also power surges due to improper circuit connections. Lastly, the installation was quite difficult. For the second version we induced the following improvements: GPS, rotary encoder, compass sensors; we improved the motor control circuit, level adjustment system and laser position. The updated version can be used and shown in figure 2.

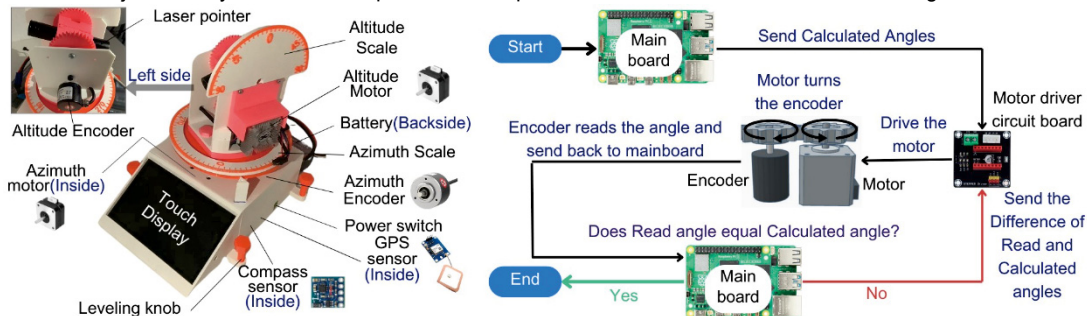


figure 2 : Components(Left) and automatic adjustable azimuth altitude(Right) of the second version of the device.

Reference

[Royal Belgian Institute for Space Aeronomy] [1] <https://www.aeronomie.be/index.php/en/encyclopedia/sidereal-day-definition> [Sidereal day, a definition] (30/3/2024)

電波望遠鏡「VERA」を用いた水メーザーの観測

美ら星研究体験隊2024 VERA班：

石垣 咲季（高3）【沖縄県立八重山高等学校】、海野 優奈（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、大野 智輝（高3）【麻布高等学校】、小林 香凛（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、仲村 夏海（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、松葉 絢音（高2）【筑波大学附属高等学校】、森田 篤人（高2）【麻布高等学校】、山路 晴葵（高1）【山口県立下関西高等学校】

要旨

2024年8月7日～9日の3日間、国立天文台VERA石垣島観測局にて、水メーザー（波長1.3cm）が未確認のOH/IR星から新たに水メーザーを検出することを目指し、口径20m電波望遠鏡を用いた観測、解析を行った。28天体を観測した結果、いずれの天体においても水メーザーは検出されなかった。

1. 研究目的

水メーザーとは、高エネルギーの水分子からレーザーと同様の原理で放射される強い電波であり、中小質量星の進化末期段階のAGB星で検出される。AGB星で最末期にある種族として、OH/IR星という長周期変光星がある。OH/IR星は周囲を厚いダストに覆われており、恒星の力学的進化や銀河系構造の研究対象として重要である。そのための手段として水メーザー観測が有用である。水メーザー検出天体を増やすことで、他の水メーザーの発見が容易になる情報を得られたり、銀河の回転速度を求められたり研究の可能性が広がるとされている。

今回の研究では、新たな水メーザーを発見することを目的とした。

2. 仮説

大きく4つの仮説を立てて観測を行った。

- ①観測時の仰角が高いもの：仰角が高いほど通過する大気が薄く、かつ観測時間も長くなり雑音を軽減できるため。
- ②過去に水メーザー調査がなされていないもの：新たな水メーザー天体の検出される可能性が高いため。
- ③赤外線が強い脈動変光星：星周物質が多くメーザーが放射されやすいと考えたため。
- ④OHメーザーとSiOメーザーの両方が検出されるもの：天体そのものが明るいと考えられるため。

3. 研究方法

候補天体をOH/IR星の論文[1, 2, 3, 4]やSIMBAD[5]より選択し、過去にメーザー検出の情報[6]がない28天体を観測した。

VERA石垣島観測局の口径20m電波望遠鏡を用いて観測し、電波解析ソフトnewstarを用いて解析した。

4. 結果

観測したいずれのOH/IR星でも水メーザーは検出されなかった（図1）。比較のために観測した既知の水メーザー天体では、水メーザー検出が確認されている（図2）。

5. 考察

(1)メーザーが検出されなかった原因として考えられること

- ①メーザーが存在しない天体を観測した。
 - ②メーザー強度が低い変光の極小期付近で観測した。
 - ③夏季に観測したため、大気の水蒸気由来の雑音が多かった。
- 仮説は検証できなかった

(2)改善策

- ①観測する天体の絞り方を変える。
- ②時期を変えて観測する。
- ③観測時間を伸ばすなど、雑音を減らす工夫をする。

参考文献

- [1] Lewis, B. M. et al. 1995, A&AS, 111, 237
- [2] te Lintel Hekkert, P. et al. 1991, A&AS, 90, 327
- [3] Sevenster, M. N. et al. 2001, A&A, 366, 481
- [4] Qiao, H. -H. et al. 2020, ApJS, 247, 5
- [5] SIMBAD, <https://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- [6] Maserdb, <https://maserdb.net/>

謝辞

本研究は、JSPS科研費ひらめき☆ときめきサイエンス24HT0077（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。指導して頂いた先生方、関係者の皆様、ここに感謝申し上げます。

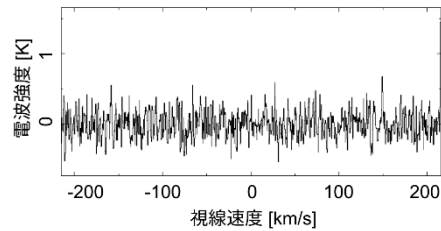


図1 実際に得たIRAS18138-0426の電波スペクトル

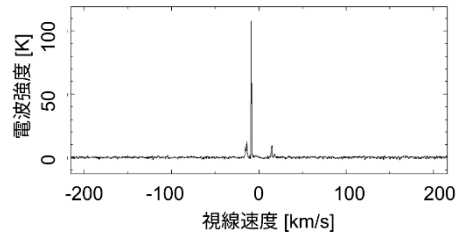


図2 比較用の既知の水メーザー天体Cepheus-Aの電波スペクトル

ベテルギウスの大減光の特殊性の研究

銀河学校2024 A班：

猪子 立成（高3）【滝高等学校】、茂木 煌平（高3）【海城高等学校】、福嶋 陸人（高3）【聖光学院高等学校】、西尾 優里（高3）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、牧野内 蓮（高3）【長野県飯田高等学校】、千本木 玲季（高3）【神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校】、神戸 珠子（高3）【女子学院高等学校】、斉藤 美音（高専3）【明石工業高等専門学校】、志村 瑛美（高2）【東京都立新宿山吹高等学校】、鶴見 優葵（高3）【恵泉女学園高等学校】、中山 博貴（高2）【成城高等学校】

1. 要旨

大減光時のベテルギウスと観測で得た赤色超巨星の等級と、二色図による色の時間変化を比較した。その結果、ベテルギウスの大減光時の変化に近い変化が他の赤色超巨星でも見られたため、ベテルギウスの大減光は特別なものではない可能性があるかと結論づけた。

2. 背景

ベテルギウスは代表的な赤色超巨星であり、通常時のベテルギウスは ± 0.3 等級程度の振幅で変光している。2019年末から2020年初頭にかけて、ベテルギウスが可視光帯で約1.2等の大減光を起こした。今回の大減光は過去100年間の観測史上もっとも大きなものであった。我々は、他の赤色超巨星について同様の減光が見られるようであれば、今回の大減光は特別なものではないと言えるかもしれないと考えた。そこで二色図上での赤色超巨星の色と等級の時間変化を用いて、ベテルギウスの大減光はどの程度特別なことであるのか考察した。

3. 研究方法

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 Camera を用いて観測した。ターゲット天体を赤色超巨星である NGC2345、Perseus Arm の13天体とし、露光時間60秒でB、V、R、Iの4バンドを観測した。銀河学校初日の2024年3月26日、予備日の2024年2月27日、2024年3月18日の撮像データを使用した。

処理には Makali'i を用い、一次処理を行った撮像データに対しターゲット天体と標準星の測光を行うことでターゲット天体のB、V、R、I等級を算出した。それをもとにターゲット天体の等級の推移を比較し、二色図を作成した。

4. 結果・考察

NGC2345-34 と GP Cas において、誤差と判断できる以上の光度変化が観測された。そこで、この2天体と大きな変化が見られなかった NGC2345-60、大金要次郎による観測データ[1]をもとにしたベテルギウスについて二色図(図1)を作成した。ここから、等級変化は他の天体に比べ大きい天体でも、温度変化は他の天体とあまり差がないと分かる。大減光時のベテルギウスと今回観測した赤色超巨星の温度変化に大きな違いはないことが分かる。さらに、表1の等級の変化より、天体 NGC2345-34 と GP Cas では、最大約0.7等級分の変化が観測されたことが読み取れる。ベテルギウスの大減光が約1.2等級分であるから、この大減光と近い減光が他の赤色超巨星

でも起きていたことが分かる。これらの結果から、ベテルギウスの大減光は特別なことではないと考えられる。

5. 今後の展望

ベテルギウスの大減光は約3か月間の期間で発生した現象であるのに対し、今回取得し考察したデータは約1か月間のデータであった。この点については長期的な観測を行う必要があると考える。

6. 謝辞

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2024スタッフの皆様の多大なるご協力を賜りました。この場を借りて感謝申し上げます。

7. 参考文献

[1]大金要次郎,

https://oejv.physics.muni.cz/issues/table2_0233.txt
(2024年12月9日閲覧)

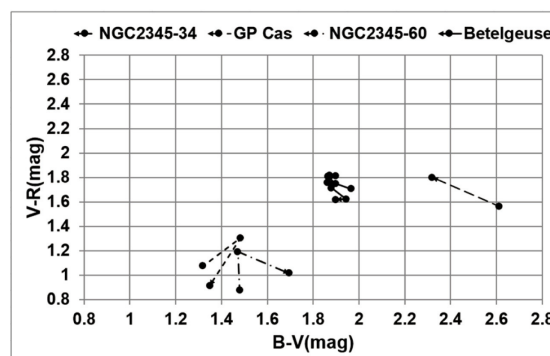


図1. NGC2345-34、GP Cas、NGC2345-60、大減光時のベテルギウスの二色図

表1. NGC2345-34 と GP Cas の等級の変化

表の色がついている部分は、見積もった誤差以上の変化が見られたことを表している。

NGC2345-34	等級_B	等級_V	等級_R	等級_I
2/27	11.29	9.94	9.02	8.10
3/18	11.90	10.42	9.11	8.00
3/26	11.17	9.85	8.78	7.92
2/27-3/18	0.61	0.48	0.09	0.10
3/18-3/26	0.73	0.56	0.33	0.08
GP Cas	等級_B	等級_V	等級_R	等級_I
2/27	-	9.28	7.63	-
3/18	11.86	9.54	7.74	5.85
3/26	11.75	9.14	7.58	5.16
2/27-3/18	-	0.26	0.11	-
3/18-3/26	0.11	0.40	0.16	0.69

ペガス座 BP の測光観測

舞子高等学校天文気象部：

丸山 伊涼、八尾 佳里奈 (高2)、岩見 樹、戸田 大貴 (高1)

【兵庫県立舞子高等学校】

要旨

ペガス座 BP の明るさが周期的に変化することを確認するため、3色測光観測を行い、光度曲線を作成した。さらに変光周期と極大、極小における温度変化・半径の比を求め、変光の原因の解析を行った。

1. はじめに

私たちは、2020~22年に同じ手法でペガス座 DY の観測を行った。2024年9月に西はりま天文台の協力を経て2泊3日にわたり、ペガス座 BP の測光観測・データ収集を行い、光度変化の原因を考えた。

2. 観測・解析方法

兵庫県立西はりま天文台 60cm望遠鏡に CCD カメラ (SBIG ST-L) を使用して3色測光観測を行った。そして V バンド、B バンド、R バンドフィルターを使用し露出時間 30 秒で繰り返し撮影を行った。得られた画像データは FITS 形式のため、国立天文台の画像解析ソフト「マカリ (Makali'i)」を使用してダーク解析、及びフラット補正を行い、一次処理をした。次に、ペガス座 BP の明るさを求めるため比較星とともにカウント値を求め、ポグソンの式を用いて等級に変え光度曲線を作成した。

3. 結果と分析

観測で得られた光度曲線は下の図1のようになった。

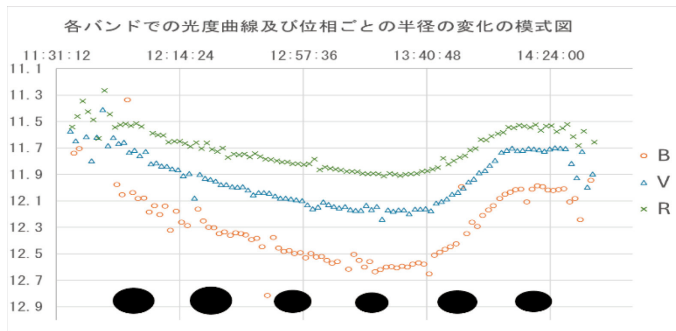


図1 各バンドでの光度曲線及び位相ごとの半径の変化の模式図

表1 光度曲線から算出した値

	極大	極小
R等級	11.54	11.9
V等級	11.7	12.16
B等級	11.99	12.6
V-R	0.16	0.26
B-V	0.29	0.44

表2 温度

	極大 (K)	極小 (K)
温度	7220	6500

4. 考察

この天体の変光周期は、変光星総合カタログによると約 158 分である (Samus et al.2017) [1]。図1から各バンドごとで光度変化に差があった。これよりこの天体は光度変化に伴い、色が変化していると考えられる。また、図1から読み取り、色指数を求めた(表1)。加えて Mamajek (2013) の表を用いて色指数を表面温度に換算した(表2)。V バンドの極大と極小の等級差と温度差を用いて、極大と極小の半径比を求めた。その結果、極大と極小の半径にほぼ違いがなかった。これは 2021年 2022年に当天文部が別の天体で行った先行研究 [2] [3] の結果とほぼ一致する。しかし、本当に半径が変化しないのか、極大と極小以外のところにピークがあるのかわからない。よって極大と極小の中間3つの時刻をとり、同様に温度と半径を求めた。その結果、光度が極大になるときと、半径が最大になるときにずれが生じていることが分かった。今後は半径の変化の周期を求めて光度曲線の周期と比較したい。

5. 謝辞

今回の研究は、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を申し上げます。

6. 参考文献

- [1] Pecaut & Mamajek ApJS,208,9(2013) Samus et al.Arep,61,(2017)
- [2] 垂井 麻亜子 他 日本天文学会 2021年春季年会ジュニアセッション 41T(2021)
- [3] 垂井 麻亜子 他 日本天文学会 2022年春季年会ジュニアセッション 39T(2022)

フレア星EQ Pegの3色測光観測

野中 僚太、田島 圭、井上 七輝（高1）【新島学園高等学校】

要 旨

フレア星EQ Pegについて5回の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、約1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

2024年の日本天文学会ジュニアセッションでフレア星EV Lacの測光観測について発表した。小型望遠鏡で観測しやすいフレア星としてYZ CMi, CR Dra, EV Lac, AD Leo, EQ Pegが知られている(1)。今年度はフレア星EQ Pegについて、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ビニング、10秒露出で行った。観測は2023年11月10日から2024年1月5日までの11日行い、1日の観測時間は2~3時間であった。

3. 結果

図1に1月5日の光度変化を、図2に3日間4回の光度変化を示す。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。横軸は図1、図2ともにフレア発生時刻を0とした経過時間[h]を表している。

1月5日のフレアの光度変化(図1)が一番大きく

Bフィルター： 約0.53mag変化した。

Vフィルター： 約0.18mag変化した。

Rフィルター： 約0.14mag変化した。

ピークまでの時間： 30秒~1分程度

全体の継続時間： 約30分

0.1~0.2 mag程度の小さなフレアを4回観測した(図2)。数分で通常の光度に戻った。

4. 考察

1日2時間から3時間、合計25時間観測を行い、B等級で0.5mag以上の高度変化を示すフレアを1回観測することができた。0.2mag以下の小さなフレアを4回観測できた。

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た。図1の大きなフレアの場合30分程度の継続時間を示し、図2の小さなフレアは数分程度の継続時間であり、ピークの形も違いがあった。どのフレアも急激な光度変化は5分程度であった。

5. まとめ

11日合計25時間の観測で5回のフレアを観測でき、EQ Pegはフレアの起こる頻度が高いことが分かった。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

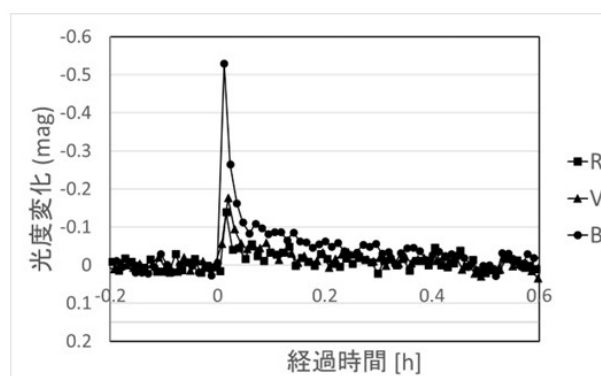


図1 1月5日のフレアのライトカーブ

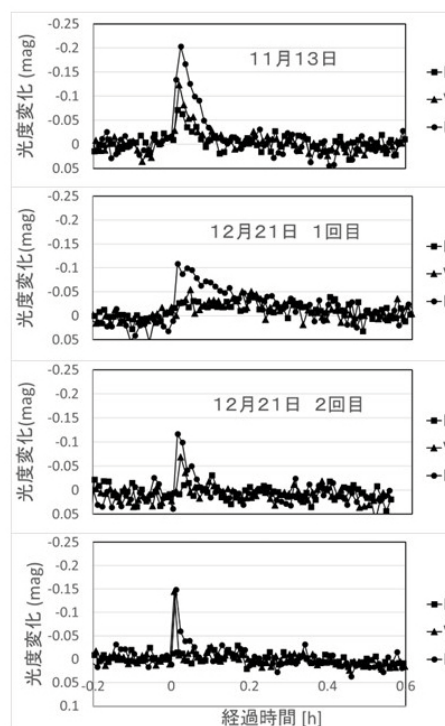


図2 3日間4回のフレアのライトカーブ

フレア星EV Lacの巨大黒点の観測

伊藤 悠莉、川口 青葉 (高2) 【新島学園高等学校】

要 旨

フレア星EV Lac について巨大黒点の大きさの推定を行った。巨大黒点の大きさは恒星半球面積の約16%であることが分かった。

1. はじめに

2024年の日本天文学会ジュニアセッションでフレア星EV Lac の3色測光観測について報告を行った。フレア星には巨大黒点があることが知られている1)。今年度は、フレア星EV Lac の10回の観測結果から巨大黒点の大きさを求める試みを行った。

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。観測は2023年10月5日から11月6日までの10日合計26時間行った。

3. 結果

図1に2023年10月6日のV等級の観測結果を示す。フレアが起らなかった観測結果である。図2は10回のV等級の観測結果を1つの図にまとめた。フレアが起きた観測は、フレアの光度変化の部分は削除して通常光度の測定点のみを表示した。図1と図2の横軸は2023年10月5日の最初の観測時刻を0とした経過時間[h]を表す。図2のAの測定点の集まりが図1の測定結果の横軸を縮めて表している。縦軸のスケールは同じである。図2の白抜き三角がEV Lacの1回の測定結果の平均値で、白抜きひし形は比較星の1回の測定結果の平均値を示している。

4. 考察

図2の比較星の平均値のばらつきに対してEV Lacの平均値の変化は大きく、巨大黒点による光度変化を示していると考えられる。

図2のBを黒点が見えているときの光度、Cを黒点がない時の光度として黒点の大きさを見積もる。

恒星表面温度 T_{star} を $T_{star}=3400K$ とし、黒点の温度 T_{spot} を $\Delta T(T_{star}) = T_{star} - T_{spot} = 3.85 \times 10^{-5} T_{star}^2 + 0.249 T_{star} - 808$ より求めると $T_{spot}=2900K$ となる。黒体放射の式 $F = \delta T^4$ より恒星表面と黒点の明るさの比は

$$\frac{F_{spot}}{F_{star}} = \left(\frac{T_{spot}}{T_{star}}\right)^4 = 0.529 \dots (1) \text{ となる。}$$

恒星半球面積 S_{star} と系外惑星半球面積 S_{planet} の比は、図2のBとCの光度を用いると

$$\frac{S_{planet}}{S_{star}} = 1 - \frac{L_{middle}}{L_{before}} = 1 - 10^{\frac{m_{before} - m_{middle}}{2.5}} = (1 - 0.926) = 0.0736 \dots (2) \text{ となる。}$$

黒体放射の明るさの比((1)式)と系外惑星の大きさを求める式((2)式)を用いて黒点の面積の割合を求める。

系外惑星の明るさは0であるので、黒点の明るさを考慮する。恒星半球面積 S_{star} と黒点の面積 S_{spot} の比は(1)と(2)より

$$\frac{S_{spot}}{S_{star}} = \frac{S_{planet}}{S_{star}} \times \frac{1}{\left(1 - \left(\frac{T_{spot}}{T_{star}}\right)^4\right)} = 0.0736 \times 2.12 = 0.16 \dots (3) \text{ となる。}$$

(3)式より、黒点の面積は恒星半球面積(見えている恒星の面積)の約16%であると見積もることができる。

5. まとめ

10日合計26時間の観測から、フレア星EV Lacの巨大黒点による光度変化を観測できた。この光度変化から巨大黒点の面積を求めると、恒星半球面積の約16%と見積もることができた。

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) 「G,K,M型主系列星におけるフレアと恒星黒点の関係」前原祐之 (国立天文台)
https://www.nayoro-obs.jp/binarystar2017/slides/S1-2_Maehara.pdf
- 2) Wikipedia とかげ座EV星
- 3) 「太陽型星における巨大黒点とスーパーフレアの関係」前原裕之 (国立天文台)
https://user.keio.ac.jp/~mariko/conference/16binary.proceedings/18_maehara_hiroyuki.pdf

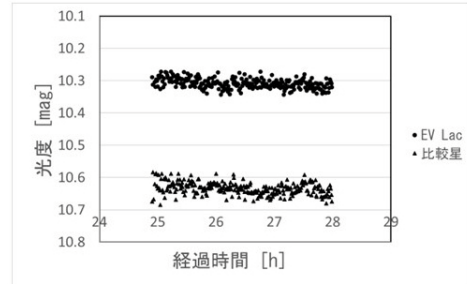


図1 EV Lacと比較星の測光結果 (2023年10月6日)

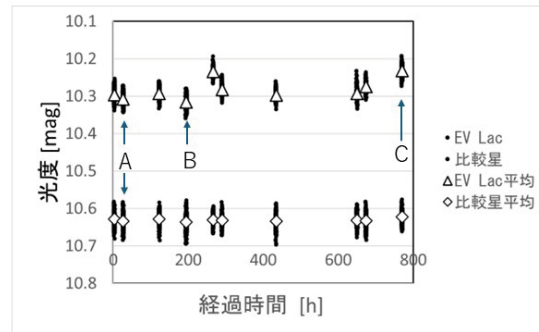


図2 EV Lacと比較星の10回の測光結果 (フレアの測定値は削除)

スマート望遠鏡を用いた食変光星の解析

地学部変光星班：

荒川 陽向、井上 莉玖、鶴飼 琉生、田中 杜樹（高1）【愛知県立一宮高等学校】

要 旨

私たちは食変光星の極小時刻についての研究を行った。スマート望遠鏡であるSeestar S50を用い、食変光星を観測した。得られたデータの対象星、比較星及びチェック星を測光し、等級と時刻によるライトカーブを作成した。その結果、極小時刻や周期、食変光星の特徴について詳しいデータが得られた。

1. 方法 ※(*1)を参考

対象星：V523 Cas

選出条件：1.変光周期が1.0日未満

2.極大等級が8.0等よりも暗い

3.予報時刻における高度が45度以上

(極小予報データベースより) (*2)

観測方法：Seestar S50 (IMX462)

10秒露出、口径50mm、焦点距離250mm

解析方法：すばる画像解析ソフト -Makali'i-を使用

fitsファイルの対象星・比較星・チェック星(図1)を開口測光

→ライトカーブを作る

縦軸：比較星を基準とした対象星・チェック星の等級

横軸：観測時刻(観測日の0時を0とする)

極小時刻の測定

極小の谷の前後で等級がほとんど同じ点の時刻の平均を計算

→それぞれ10組ずつ選び、それらの平均を計算

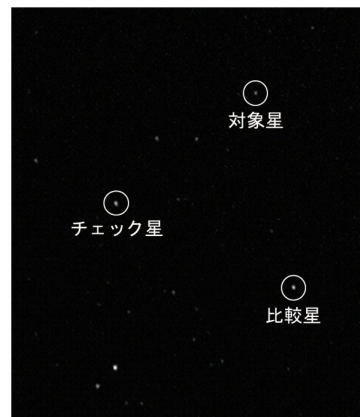


図1 観測した恒星

2. 結果

(2024年11月6日観測)

表1 極小時刻

	S1	P	S2
予報	18:07:48	20:55:48	23:43:48
結果	17:58:56	20:46:31	23:33:12

I. ライトカーブ(図2)

・主極小(p)と副極小(s)の等級がほとんど等しい

表2 極小周期

	S1~P	P~S2	S1~S2
予報	2h48m00s	2h48m00s	5h36m00s
結果	2h47m35s	2h46m42s	5h34m17s

・極大での明るさが極小での明るさの2倍以上

・等級が予報では10.9~11.8等だが、結果は10.6~11.4等ほど(チェック星は約10.25等であり、データベースの10.28等とほぼ一致する)

II. 極小時刻・周期(表1・2)

・変光周期は0.232日であり、予報で示された0.23日とほぼ一致

・測定された極小時刻は予報から平均して約9分半のずれ

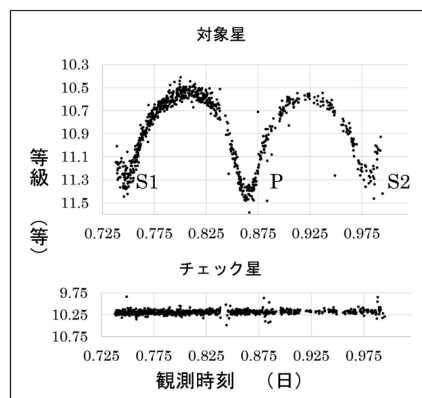


図2 対象星及びチェック星のライトカーブ

3. 考察

- ・連星の2つの恒星がほとんど同じ明るさであることや、ライトカーブの形状より、EW型の変光星であり(*3より)大気の交換によりほぼ同じ成分になっていると考えられる
- ・極大が極小の2倍以上であるので、恒星間に発達したロッシュ・ローブがあると考えられる
- ・対象星の等級は、チェック星の等級がほぼ正しいことから、結果で得られた等級の信憑度が高いと考えられる
- ・極小時刻における予報からのずれは、予報データもしくはSeestar S50の時刻がずれていた可能性がある

4. 今後の展望

データの量や質を上げるため、引き続きデータ収集を行うことで、チェック星を利用した信用度の高いデータの選別をしていきたい。また、オコンネル効果についての研究や、ロッシュ・ローブについての考察を行うため、シミュレーションなどによって詳しい恒星の状態を考察していきたい。

5. 参考文献

(*1)第9回 ジュニアセッション 食変光星のライトカーブと解析 一宮高校 岐山高校 大垣東高校

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

(*3)変光星のタイプ-Mira House- (https://mirahouse.jp/begin/vs_begin/obs_manual_3.html)

プレアデス星団食の観測と解析

宮崎県立宮崎北高等学校 科学部月班：
佐藤 光優、垂水 綾之介（高2）【宮崎県立宮崎北高等学校】

要 旨

星食とは、恒星が月や小惑星によって隠される現象のことである。恒星が月に隠される現象を潜入と呼び、恒星が月から現われる現象を出現と呼ぶ。今回、2024年12月14日2時55分～4時20分(JST)にプレアデス星団食の観測を行った。観測を行った結果、重星や連星とみられるような光度変化は確認されなかった。

1. はじめに

星食観測を行うことによって小惑星や月縁の形状が分かる。また、望遠鏡で確認できない重星の解析を星食現象で観測することによって行うことができる。重星とは天球上で極めて接近している星のことである[1]。私たちは月による星食の観測を普及し、新たな重星の発見をして天文学に貢献する事が目的である。今回、2024年12月14日2時55分～4時00分に行われたプレアデス星団食を観測した。また今回星食が行われた星の中には分光連星として知られているものもあり、それも同時に解析を行った。

2. 観測方法

反射式望遠鏡にCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) カメラを接続して、GPS-COROを経由する。GPS-COROとはGPS衛星から送られてくる時刻情報を受信する装置のことである。現象を撮影し始めの1分間と撮影が終わる前の1分間にGPS-COROにつけたLEDライトを点滅させ動画内に入れる。LEDライトは星食現象の解析の際、時刻補正を行うために点滅させる。撮影した動画はAVI形式で保存する。星食の日時はOccult4というソフトウェアを使って予報を得た。観測は宮崎北高校屋上（北緯31° 58'14.5" 東経131h26m6.2s 標高51m）で行った。観測時間は2024年12月14日2時55分～4時00分である。

3. 観測結果

観測時間の間に3つの恒星の星食現象を撮影することができた(図1)(図2)(図3)。解析にはLimovieを使用した[2]。

4. 考察

一つ目に観測した星が重星であればステップが見られるが、今回ステップは確認されなかったため、重星ではない可能性が高いと考えられる。ステップとは、重星の一方の星が月によって隠れる瞬間に観測される光度の急激な変化のことである。しかし、今回作成した光度曲線では、通常とは異なる緩やかな光度変化が見られた(図1)。この理由として、コンタクトアングルではないかと考えた。コンタクトアングルとは、月縁にたてた垂線が月の進行方向に対してなす角のことである[3]。月縁が月の進行方向に平行に近くなるほど光度変化は低くなる。また、今回星食が行われた分光連星を解析したが、Limovieなどの映像や視覚的な手法では確認することができないと考えられる(図3)。

5. まとめ

一つ目に観測した星にステップは見られなかったが、通常とは異なる緩やかな光度の変化が見られた。分光連星を解析したが、Limovieで作成したグラフでは二段階の減光を確認することができなかった。

6. 今後の展望

重星の可能性のある星食を観測し、解析を行いたい。また今回の星食現象の解析を続け、予報ソフトと作成した光度曲線を照らし合わせながら対象星が実際に月に入った角度を求めたい。

7. 参考文献

- [1] 天文学辞典 公益社団法人 日本天文学会
<https://astro-dic.jp/>
- [2] Limovieにおける解析方法 著者 加瀬部久司 2024年 日本天文同好会
- [3] ビデオ観測された水星食の現象時刻の解析 宮下和久 相馬充 2010年 国立天文台報

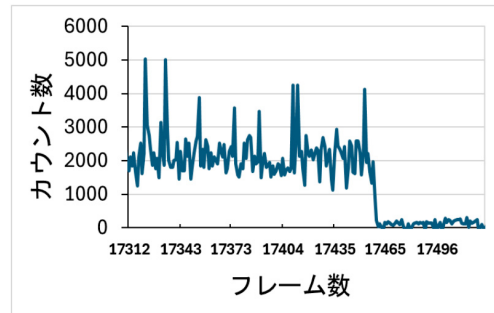


図1 おうし座エレクトラの食

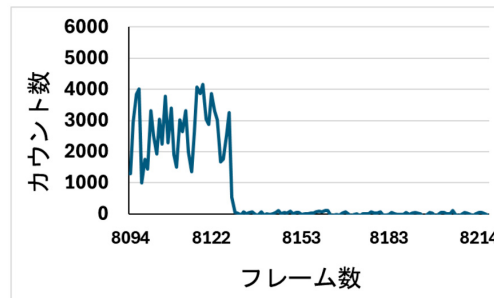


図2 おうし座メローペの食

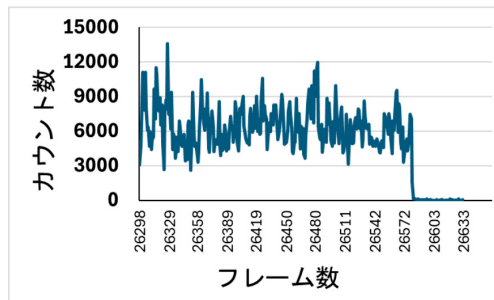


図3 おうし座アルキオーネの食

トモエゴゼンを用いた超新星の可視光多色撮像データから得られる考察

銀河学校2024 B班：

渡辺 椋太 (2024年卒) 【宮城県仙台二華高等学校】、山中 秀仁 (高3) 【栄光学園高等学校】、
 富澤 佳乃賀 (高3) 【青森県立弘前高等学校】、長谷川 寿一 (中等6) 【海陽中等教育学校】、
 三好 礼真 (高3) 【白百合学園高等学校】、雲出 彩恵 (高専3) 【明石工業高等専門学校】、
 山谷 剛瑠 (高専2) 【福島工業高等専門学校】、片山 泰賀 (高2) 【麻布高等学校】、
 三浦 まそら (高2) 【長野県諏訪二葉高等学校】、小林 千恵子 (高2) 【富士見高等学校】、
 米納 大翔 (高2) 【安田学園高等学校】

要 旨

超新星にはスペクトルや光度曲線による分類がある[1, 2]。SN2023ixf、SN2024acn、SN2024djzの3天体について測光観測を行い、解析を行った。光度曲線を作成したところアーカイブデータと測光値に差が出た。この差はアーカイブデータでは測光値から母銀河成分が差し引かれているが、我々のデータでは母銀河成分が差し引かれていないことによる差だと考えられる。また、各バンド帯における測光値は母銀河の色の違いにより差が出ていたと考えられる。

1. イントロダクション

超新星爆発は、恒星が寿命を終える際に爆発的な発光を起こす突発現象である。スペクトルや光度曲線の概形などにより分類することができる。本研究では3つの超新星についてマルチバンドでの測光観測を行い、各波長帯での時間的な光度変化を追い、得られた光度曲線からそれぞれの超新星の考察を行った。

2. ターゲットと観測

東京大学木曾観測所 (以下Kiso) において、105 cmシュミット望遠鏡に搭載のカメラ Tomo-e Gozen を用いて、SN2023ixf、SN2024acn、SN2024djzのマルチバンド観測 (B, V, R, I) を2024年3月18日、21日、26日の3晩に渡り行った。測光にはAPT (Aperture Photometry Tool) を、データの解析にはGoogle スプレッドシートを使用した。一次処理を行った撮像データに対し超新星と同一視野内に写る標準星の測光を行い超新星のB, V, R, I等級を算出した。

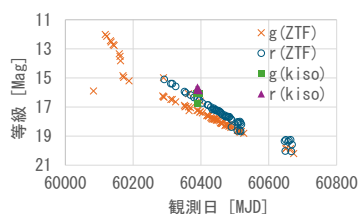


図1. SN2023ixfの光度曲線

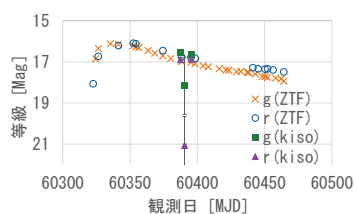


図2. SN2024acnの光度曲線

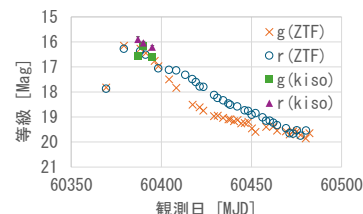


図3. SN2024djzの光度曲線

3. 解析と結果

1.2 m パロマーシュミット望遠鏡の Zwicky Transient Facility (ZTF) のアーカイブデータ[3]から光度曲線を作成し、その光度曲線にKisoの測光結果を重ねてプロットした (図1~3)。その際にKisoでの観測バンド (B, V, R, I) をZTFの観測バンド (g, r, i) に補正し、その誤差も算出した。ZTFのアーカイブデータは超新星の母銀河成分が除去されており、Kisoの観測データでは除去していない。

4. 考察

SN2023ixfの光度曲線は、II-L型の光度曲線と特徴が一致することから、II-L型の超新星だと考えられる。SN2024acnにおいてスペクトル[4]はII型と特徴が一致し、平坦 (= Plateau) な光度曲線が見受けられるため、II-P型の超新星だと考えられる。SN2024djzの光度曲線はIa型超新星の光度曲線の特徴と一致し、スペクトル[4]から水素の輝線が見えず、ケイ素の吸収線が見られることからSN2024djzはIa型超新星であると考えられる。

SN2023ixfのKisoの測光結果は、gバンドでは1.2等級、rバンドでは0.6等級ほどZTFの測光結果より小さい。このことから、母銀河 (M101) の短波長光がKisoの観測結果により強く含まれていると考えられる。これはM101のカタログ値 (g = 12.20, r = 11.52) [5] とも相違はない。

5. 今後の展望

今後の展望としては、母銀河成分を取り除き、より正確な測光解析を行うことや、ほかの超新星の光度曲線と今回得た光度曲線をフィッティングすることにより、より正確な超新星の分類を行うことが挙げられる。

6. 謝辞

本研究の実施にあたり、東京大学木曾観測所職員の皆様ならびに銀河学校2024スタッフの皆様には多大なるご協力をいただきました。この場をお借りして深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 天文学辞典「超新星」, <https://astro-dic.jp/supernova/> (2025年1月19日閲覧)
- [2] 天文学辞典「光度曲線 (超新星の)」, https://astro-dic.jp/light-curve_supernova/ (2025年1月19日閲覧)
- [3] ALerCE ZTF Explorer, <https://alerce.online/> (2025年1月19日閲覧)
- [4] Transient Name Server, <https://www.wis-tns.org/> (2025年1月19日閲覧)
- [5] Sloan Digital Sky Survey, <https://cas.sdss.org/dr6/en/> (2025年1月19日閲覧)

恒星の低分散分光観測における新しい強度補正方法を用いたスペクトル型の観測的研究
 天文部：富田 涼介、菅原 環、杉村 優生子（高2）、井上 湧、江口 真由美、小倉 遙河、小泉 翔愛、櫻井 優輝、佐々木 健人、寺原 直希、中根 陽輝、了馬 健貴（高1）【川口市立高等学校】

要旨と研究背景

我々は恒星の低分散分光観測に取り組んでいるが、本校で所有する機材で観測できる明るい分光標準星は少なく、正しい方法での強度補正ができなかった。そこでターゲット恒星と明るい分光標準星を異なる地平高度で観測し、双方のプロファイルを天頂時のものに補正してから強度補正を行う方法を考えた。今回その方法により各スペクトル型の恒星を観測し、それぞれの特徴を2021年度に先輩が取り組んだ先行研究[1]よりも高い精度で解析することができた。

1. 観測・解析方法

場所：埼玉県立大滝げんきプラザ駐車場
 日時：2024年12月26日 18:30~翌02:30(JST)
 望遠鏡：高橋製作所 TOA130NFB(口径130mm,f=1000mm)屈折式
 分光器：昭和機械製作所 低分散分光器VEGA(波長分解能:R=1200)
 カメラ：ZWO ASI 178MM(14bitモノクロ)
 分光標準星：リゲル(BOri) [2]



図1 天頂補正方法

カストル(αGem)を15分毎に観測し、マカリヤエクセルにより画像演算・波長付けを行った。その後、地球大気の厚さによるスペクトル強度の減衰を観測した範囲(地平高度17~86°)で、波長380~700nmを5nm毎に指数関数※を用いて近似した。求めた補正係数を基に天頂補正を行ったのち、フリーソフトGraphcel[3]を用いて強度補正をした。(図1)

$$y = ae^{-bx} \quad (a,bは補正係数/xは地球大気の厚さ)$$

2. 結果

図2に強度補正を行った恒星のうちB,A,G,M型星のスペクトルプロファイルを示す。

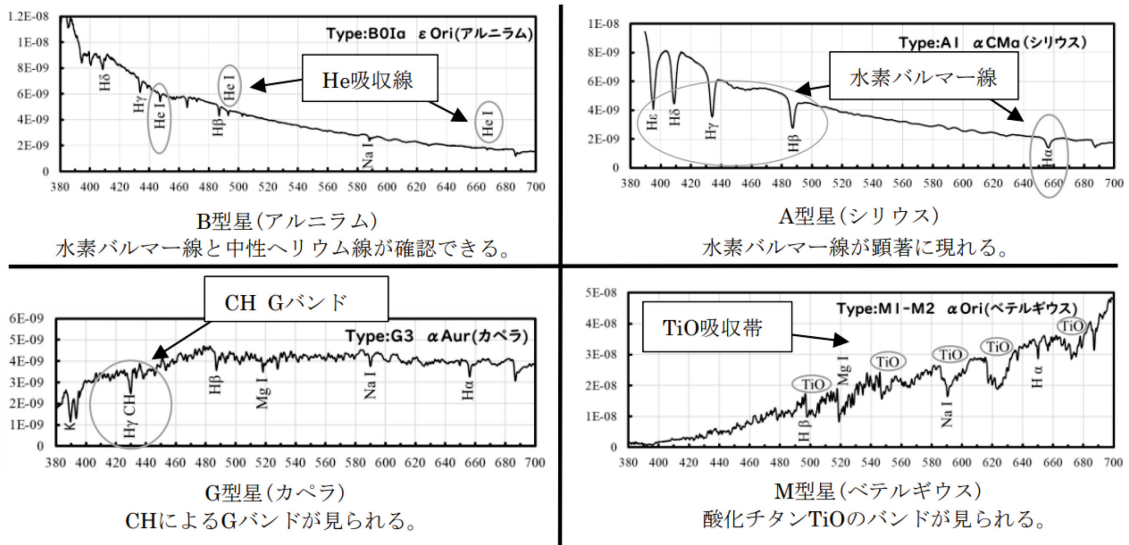


図2 代表的な恒星の強度補正後スペクトルプロファイル

縦軸：強度 (erg/cm²/Å/s)/横軸：波長(nm)
 波長付けは理科年表[4]を参考に行った。

3. 考察

本研究の結果は先行研究[1]と比較すると短波長になるほど差が大きくなっており、これは本研究では天頂補正をしてから強度補正を行ったことで、レイリー散乱の影響をより正確に補正できたためだと考えられる。詳細はポスターに掲示する。今回は一晩にすべてのデータを取ることができたため、気象的条件はほぼ一定であったと思われる。今後、長期的な観測によって気象的条件が異なる場合の補正係数がどのようになるか調査したいと考えている。

参考文献

- [1] 第24回日本天文学会ジュニアセッション「恒星のスペクトル型についての観測的研究」川口市立高校 天文部
- [2] Kirisciunas et al.2017,PASP,129:054504 βOri(分光標準星データ)
- [3] Graphcel https://www.vector.co.jp/soft/dl/win95/business/se247204.html#google_vignette
- [4]理科年表(2019) 国立天文台編

【謝辞】

研究にあたり、竹内彰継先生(米子工業高等専門学校)には、Graphcelを用いた強度補正方法についてご教授いただきました。御礼申し上げます。

惑星状星雲M57の形成前の恒星の性質を探る

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校・附属中学校 天文部：

樋渡 風駕、脇田 都輝（高1）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、
青木 康生（中3）、小間 敦士（中1）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校附属中学校】

要旨

惑星状星雲M57に対し、形成される前の恒星の主系列段階における性質を撮像観測によって星雲の体積や電子数を計算した。また、既存のM57のスペクトルデータ[2]（以下スペクトルデータ）から元素の構成などを用いた。

1. 目的

M57を形成した恒星の主系列性段階における、大まかな等級・質量を求める。

2. 方法

- ・M57の撮像観測を行う（CMOSカメラ、タカハシC300カセグレン式反射望遠鏡を使用）
- ・観測で得たデータと、Makaliを用いてM57の体積を求める
- ・弊校での分光観測は難しかったため、オープンなスペクトルデータからM57の原子の個数を求め電子密度から質量を求める
- ・元の恒星の性質を、公式などを用いて求める

3. 計算過程とその結果

表1 カウント値の割合と放出される電子の比の合計

HII	HeII	NII	OIII	NeIII	SIII	電子比計
0.1762	0.01471	0.1134	0.6239	0.03067	0.04107	1.696
0.1762	0.01471	0.1134	1.248	0.06134	0.08214	

[1]の研究と同じ手法でM57の質量を求める。スペクトルデータからカウント値の割合をとると、表1のようになった。また、放出される電子の比をとり、それらの総計は1.696になった。これらの値より、M57に存在する原子の個数は表2のようになった。

表2 M57に存在する原子の個数

HII	HeII	NII	OIII	NeIII	SIII
2.652	2.213	1.707	1.878	9.232	1.236
$\times 10^{55}$	$\times 10^{54}$	$\times 10^{55}$	$\times 10^{56}$	$\times 10^{54}$	$\times 10^{55}$

M57は楕円体だと仮定する。観測した写真と[6]から得られたM57までの距離を用いて、M57の体積を求めると、 0.42 ly^3 になった。M57の電子密度を、論文[3]より、 718.7 cm^{-3} とし、中心にある白色矮星の質量を[4]より $0.6 M_{\odot}$ とすると、これらの値からM57の質量は $3.8 M_{\odot}$ になった。

4. 考察

惑星状星雲形成時に核融合反応は生じないため、質量保存の法則より、惑星状星雲と白色矮星の質量と元の恒星の赤色巨星の質量は一致すると仮定する。CNOサイクルにおける質量欠損率は、

(陽子の質量(g) $\times 4$ - ヘリウム原子の質量(g)) / 陽子の質量(g) $\times 4$

$$= (4 \times 1.007u - 4.003u) / 4 \times 1.007u = 0.006207$$

より、ほぼ影響を受けない。また、恒星時の質量放出による減少量は、[5]から約 $1.0 \times 10^{-12} M_{\odot} \text{ y}^{-1}$ よりほぼ影響を受けない。したがって元の恒星の質量は $3.8 M_{\odot}$ であると考えられる。次に元の恒星の等級を求める。質量光度関係より、元の恒星の光度Lは $L = 3.8^{3.5} M_{\odot} = 1.1 \times 10^2 L_{\odot}$ になった。光度は距離に依存しないので、絶対等級を求めると、ポグソンの式より、約-0.27だったと考えられる。

5. 今後の展望

弊校のカセグレン式反射望遠鏡では、M57のスペクトルの観測が難しいことが分かった。今回はオープンデータを使用したのが、今後天文台を借りてスペクトルを観測したい。また、撮像観測においてより綺麗な像を撮ることで正確な半径を導出することを目指す。

参考文献

- [1] 飯田美幸, 高野春菜. 太陽の進化`惑星状星雲`
<https://drive.google.com/file/d/17Bdx1Yx4wjVdFRpPJlP2Kamo4ZKo8YnG/view> (2025年1月20日閲覧)
- [2] Williams College. Detail for information NGC 6720
<https://apps.williams.edu/nebulae/spectra.php?nebNGC%206720> (2025年1月19日閲覧)
- [3] B Samarakoon, Medagangoda, P Geekiyanage, J Adasuriya, S Gunasekara. "SPECTROSCOPIC DETERMINATION OF ELECTRON TEMPERATURE AND ELECTRON DENSITY OF PLANETALY NEBULAE"
<http://192.248.104.6/bitstream/handle/345/4447/1-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (2025年1月19日閲覧)
- [4] 天文学辞典（日本天文学会）白色矮星
<https://astro-dic.jp/white-dwarf/> (2025年1月19日閲覧)
- [5] 天文学辞典（日本天文学会）質量放出
<https://astro-dic.jp/stellar-mass-loss/> (2025年1月19日閲覧)
- [6] Strasbourg astronomical Data Center. "M57". SIMBAD Astronomical Database - Université de Strasbourg. May 2, 2010. <https://simbad.cds.unistar.fr/simbad/> (2025年1月20日閲覧)

もしも太陽が星の都で惑星状星雲になったら ～組成から見る惑星状星雲の形状について～

もし天2024 Nebulous班:

加賀屋 諒(高2)【渋谷教育学園幕張高等学校】、廣中 すみれ(高2)【北海道科学大学高等学校】、
木下 和奏(高2)【石川県立小松高等学校】、千本木 玲季(高3)【神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校】

1. 要旨

惑星状星雲の形状とガスを構成する元素の組成の関係を調べるために、惑星状星雲のHe/Hとlog(N/O)を算出した。惑星状星雲の扁平率との相関関係を求めた結果、log(N/O)と扁平率には負の相関があったため、CNOサイクルによる核融合反応が惑星状星雲の形状に関わっていると考えた。

2. 研究背景、目的

中小質量星がその生涯を終える際に質量放出現象を起こして形成される惑星状星雲には多様な形状がある。この形状の違いが生じる要因の解明が、中小質量星がどのような形の惑星状星雲を形成するかの予測につながると考えた。先行研究によると、元素存在量比がHe/H>1/8、log(N/O)>-3/10の惑星状星雲には双極型の天体が多いとされている[1]。このことから円形や楕円形の惑星状星雲とガスを構成する元素の組成には何らかの関係があるという仮説を立てた。

3. 研究方法

惑星状星雲のHe/Hとlog(N/O)(個数密度)を求め、独自に作成した惑星状星雲の扁平率との相関関係を求めた。仙台市天文台のひとみ望遠鏡による分光観測とアーカイブデータからスペクトル図を作成して輝線のフラックスのピークを求め、論文[2]から引用した式と値を用いて各元素の個数密度を求めた。個数密度から、ppチェインの指標としてHe/Hを、CNOサイクルの指標としてlog(N/O)を算出した。扁平率はDSS[3]から得た天体の画像をMakali'iを用いて目視で最も長い軸の輝度/ピクセル図を作成し、長軸を輝度が一定以上の範囲、短軸を長軸の垂直二等分線の輝度が一定以上の範囲として算出した。

4. 観測

仙台市天文台のひとみ望遠鏡を用いてスリット幅1.35”で分光観測を行った。NGC7027のみ分光観測データが得られ、アーカイブデータから10個の楕円形または円形の惑星状星雲のスペクトル図の、表1に示した輝線のデータを使用した。

表1. 使用した輝線の波長

輝線	波長(A)	輝線	波長(A)	輝線	波長(A)
[O II]	3726	He II	4686	[O III]	5007
Hγ	4340	Hβ	4861	Hα	6563
[O III]	4363	[O III]	4959	[N II]	6584

5. 結果

扁平率とHe/Hについては図1、扁平率とlog(N/O)については図2のようになった。なお、NGC7027に関しては観測値とアーカイブ値の双方を図中に示している。扁平率とHe/Hの間には相関関係は見られなかったが、log(N/O)の間には負の相関が見られた。図2から、log(N/O)が大きい惑星状星雲は扁平率が小さい傾向があることがわかる。

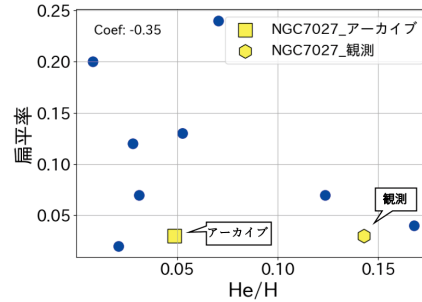


図1. He/Hと扁平率の関係

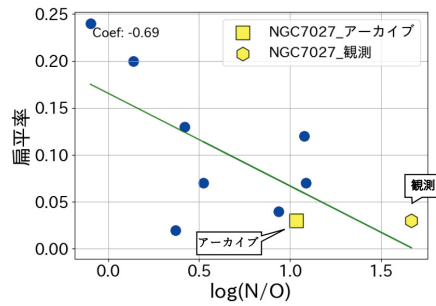


図2. log(N/O)と扁平率の関係

6. 考察、今後の展望

He/Hと扁平率の相関が見られなかったことから、ppチェインの核融合反応と形状には関係がないと考えられる。log(N/O)が大きい惑星状星雲は扁平率が小さい傾向があることから、CNOサイクルを盛んに行っていた質量の大きい恒星の質量放出現象によって形成される惑星状星雲は真円に近づく傾向があると分かった。そして、核融合反応の進み具合は星の質量と関係していることから、惑星状星雲の形状にはもとの恒星の質量が関係していると考えられる。よって、CNOサイクルによって変化する窒素、酸素の存在比を調べることで惑星状星雲の形状を予測することができる可能性があると考えられる。今後の展望として、惑星状星雲の中心星の特性や、惑星状星雲の立体構造、質量放出を起こす直前の恒星の組成など、惑星状星雲の組成以外の観点と形状の関係についても調査を進めることが挙げられる。

参考文献

- [1] M. Peimbert & S. Torres-Peimbert. Proceedings of the Symposium, vol. 103. D. Reidel Publishing Co., 1983, p. 233-241
- [2] K.B.Kwitter & R.B.C.Henry. 2001. Sulfur, Chlorine, & Argon Abundances in Planetary Nebulae. I: Observations and Abundances in a Northern Sample
- [3] CDS, Strasbourg Observatory, France, Aladin Lite, <https://aladin.cds.unistra.fr/AladinLite/> (2024年12月27日閲覧)

惑星状星雲のスペクトルの違いについて

濱村 聖空、鈴木 輪（高2）【茨城県立土浦第三高等学校】

要 旨

私たちは、惑星状星雲のスペクトルの写り方の違いについて研究してきた。これまでの研究では、惑星状星雲が大きいほどH α スペクトルが写りにくいという仮説を立てていた。その仮説の立証のため、去年は対物プリズムと一眼レフカメラ、今年はグリズムと冷却CMOSカメラを使用し、撮影を行った。

1.研究の背景

私たちは、惑星状星雲によってスペクトルの写り方に違いが出ることに疑問を持ち、惑星状星雲の実直径とスペクトルの写り方の相関関係について考察、検討することにした。なお、実直径は文献値の視直径と距離から求めた。

2.撮影機材

望遠鏡：口径200mm 焦点距離1600mm

分光器：去年は対物プリズム、今年はグリズムを使用した分光器

カメラ：去年は一眼レフカメラ、今年度冷却CMOSカメラ
赤道儀：ビクセンSXD2

3.撮影手順

明るい星を導入し、スペクトルが水平に写るようにする。赤道儀を使って目標天体を導入する。カメラのゲインを400にて30秒間露光し撮影し、そのままの画像をマカリで分析。

4.仮説

輝度が高い惑星状星雲ほどH α スペクトルがはっきり写り、実直径は小さい。この関係から、スペクトルの写り方を比較すると惑星状星雲の年齢比較が可能になると考えた。例えばNGC7027は観測されている中で最も新しいと言われている天体である。NGC7027のスペクトルを写すと、今回比較する天体に比べH α スペクトルは明るくはっきりと写る。

5.結果

今回は、比較的違いが顕著に出るH α スペクトルの輝度をO IIIの輝度と比較した。いくつかの惑星状星雲のスペクトルの写真からマカリで測定した輝度の相対値を示す。

グラフの縦軸：輝度（相対値）横軸：波長の長さ（相対値）

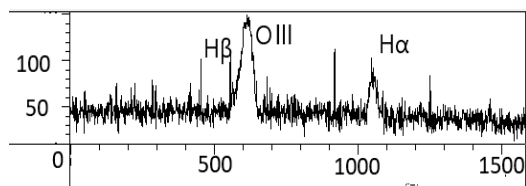


図1 まばたき星雲 実直径84,600AU ①

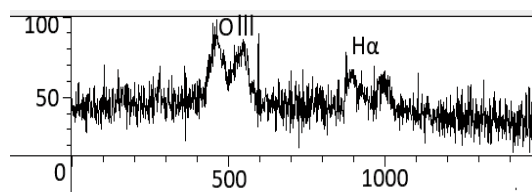


図2 M57 実直径119,550AU②この写真で輝度を測定

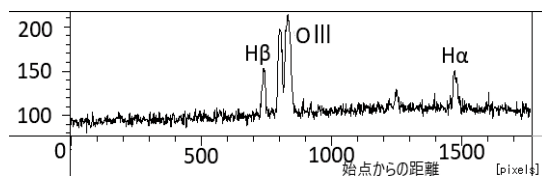


図3 キャッツアイ星雲実直径348,000AU③

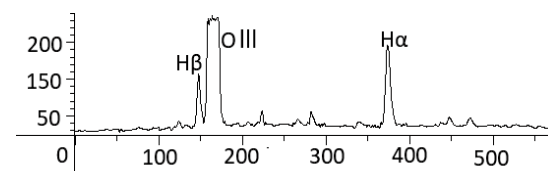


図4 NGC7027 実直径16,560AU④

6.考察 最も実直径が小さいNGC7027 (図4) (図2) (図3)の惑星状星雲と比較するとH α スペクトルの輝度が高いことが読み取れる。このことから、輝度と実直径には相関関係があるいえ、仮説は立証された。しかし、キャッツアイは実直径が大きいのに関わらずH α がよく写っている。

7.今後の展望 文献値から求めた実直径は文献によって異なり信頼性に欠けるため、今後自分たちで撮影した写真から実直径を求めたい。

8.参考文献

ステラナビゲーター10天文辞典(M57②)

アストロアーツHP<https://www.astroarts.co.jp/>

(まばたき星雲①・キャッツアイ星雲③・NGC7027④)

Wikipedia(まばたき星雲①・M57②・キャッツアイ星雲③・NGC7027④)

学校の口径 13 cm 屈折望遠鏡での星雲のスペクトル取得とその成果

新谷 脩容、東 穂乃花、南條 芯、横山 日菜子、藪中 絢音、森 崇彰、浦川 凌大 (中3)
【兵庫県立大学附属中学校】

要 旨

私たちは、学校にある口径13cm屈折望遠鏡を使って星雲のスペクトルを取得する方法を模索した。取得できたデータから星雲を構成する成分やガスの構造の考察などを行った。

1. はじめに

星雲の成分を分析するためには分光観測を行う必要があるが、兵庫県立大学附属中学校には望遠鏡はあるものの、分光器はない。そのため、私たちは手軽な回折格子シートを用いた観測と、西はりま天文台から借りたコンパクトな分光器を取り付けた観測で、実際に星雲のスペクトルが取得できるかどうか検証を行った。

2. 方法

観測は兵庫県立大学附属中学校の13cm屈折望遠鏡と、(1)回折格子シート (500/mm) (図1)を用いた直焦点撮影、(2)分光器 (SHOWA製VEGA) (図2)を用いて観測を行った。回折格子シートは、カメラ (Canon EOS) の撮影素子の前に挟み、明るい星 (ベガ、アンタレス、アークトゥルスなど) やM42の撮影を行った。分光器を用いた観測は、分光器にカメラ (SONY a6700) を取り付けてアンタレスとM57の撮影を行った。観測は2023年から2024年にかけて学校内で行った。回折格子シートを用いた観測では、シートの分散が高かったことや、シートの取り付け位置が適切でなかったため、シャープな像のスペクトルを得ることはできなかった。そのため、(2)の方法で得られたM57のスペクトルを用いて解析を行った。解析は Makali'i を使って撮影した写真のカウント値をRGBグラフに書き起こした。既存の星雲のスペクトルデータ [1] と比較することでその輝線の同定を行い、そのラインの強度や広がりなどからM57の構造について考察を行うものとした。



図1. (1)の回折格子シート

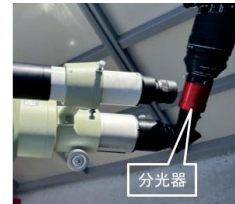


図2. (2)の分光器

3. 結果

VEGAを用いて得られたM57のスペクトル画像を図3に示す。ここで見られる2種類の輝線は、先行研究で得られているスペクトルとの比較で、水素 (H α)・窒素 ([NII]) と酸素 ([OIII]) の輝線であることが分かった。また、図4より酸素の輝線の中央部分が大きく減少していることがわかった。しかし、その他の輝線や、M57の中心星のスペクトルを取得することはできなかった。

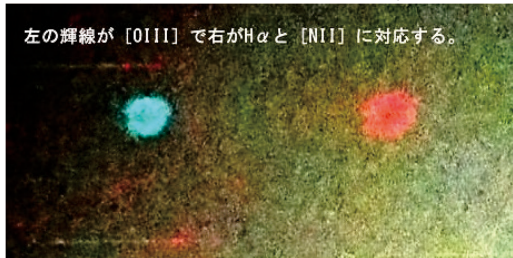


図3. 撮影したM57のスペクトル

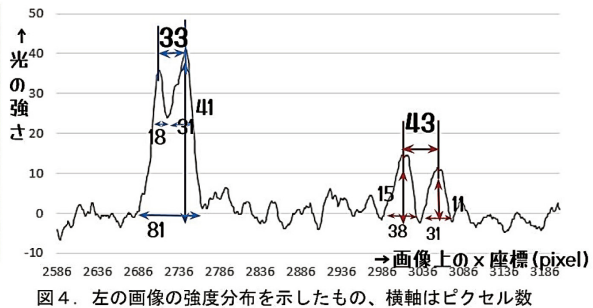


図4. 左の画像の強度分布を示したもの、横軸はピクセル数

4. 考察

図3より酸素の輝線よりも水素・窒素の輝線の方が広がったものとなっており、水素・窒素のほうが酸素よりも外側にあるのではないかと考えた。2次元の画像では赤い部分はリングの外縁のみで見られたが、スペクトルからリングの部分は酸素と水素・窒素からなることが分かった。また、図3の写真の右側に行くにつれ、画像全体が明るく映っており、背景光を十分に差し引きできていないため、今後より丁寧な画像処理が求められる。

5. まとめ

回折格子シートでは、恒星とM42のスペクトルが撮影できたが、シャープな像が得られなかった。分散を小さくするため、格子定数の異なるシートに変えるなどの工夫を行いたい。また、VEGAではM57のスペクトルが得られたが、より丁寧な画像処理を行うとともに、回折格子シートを用いて撮影したM42のスペクトルと比較するため、VEGAでもM42のスペクトル撮影にも取り組んでみたい。

参考文献

- [1] 群馬県立ぐんま天文台 小型低分散分光器 M57スペクトル画像,
<https://www.astron.pref.gunma.jp/images/gcs/M57spimg.jpg> (2024年11月閲覧)

自作電波望遠鏡を用いた水素21cmの観測

自然科学部天文班：

丹原 洋、向井 信太郎、吉松 尚輝（高2）、平田 美空、西村 柚菜、宮下 煌太郎（高1）

【京都市立堀川高等学校】

要旨

プラスチック段ボールを用いて電波望遠鏡を製作し、水素21cm線の観測を試みた。結果、水素21cm線の観測に成功し、水素ガス雲の位置を求めることができた。また、立体的な銀河系の構造についても考察した。

1. はじめに

水素21cm線とは、中性水素原子から放出される波長約1420.4MHzの電波輝線である。中性水素は銀河系に多く存在しているため、水素21cm線を観測することで銀河系の概形や回転速度などを調べられる。しかし、観測に用いられる電波望遠鏡は高価なものが多く、高校生が扱うのは容易ではない。そこで、我々はプラスチック段ボールを用いて安価かつ簡単に電波望遠鏡を製作し、観測環境を整えた。

2. 目的

自作電波望遠鏡を用いて水素21cm線の観測を行い、銀河系の構造を捉える。また、電波観測をより身近なものにし、一般の人々が電波天文学の発展に寄与できるようにする。

3. 観測方法

プラスチック段ボールで製作したパラボラアンテナ（直径80cm、深さ16cm）（図1）にアンプ（SAWbird+H1）とソフトウェア無線機（RTL-SDR）を接続した^[1]。電波望遠鏡を対象に向け、観測データを得た。今回は銀経30度、45度、60度、75度、90度それぞれに対して銀緯0度、±10度、±20度、±30度の方向に電波望遠鏡を向けて観測した。



図1. 製作した電波望遠鏡

4. 実験結果

電波望遠鏡を向けたすべての方向で、水素21cm線を観測できた。観測データのベースラインは、使用した機器の特性により右肩上がりまたは左肩上がりとなったため、一次関数で近似して補正した。例として図2、図3に銀経75度、銀緯0度の結果を示す。

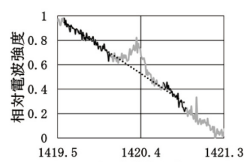


図2. 観測結果

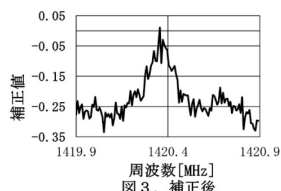


図3. 補正後

5. データの解析

観測データを基にドップラー効果からガス雲の相対速度を求めた。速度の基準をそろえるために、地球の自転と公転を、Python^[2]を用いて補正した。また、先行研究^[3]の銀河系の平面モ

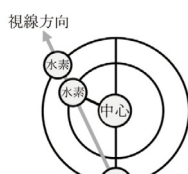


図4. 銀河系の立体モデル

デル（図4）を参考にして、銀河系を立体的に捉えるモデル（図5）を考案した。このモデルと求めた速度を用いて水素ガス雲の位置を特定した。ここでは、水素ガス雲は、銀河面から離れた場所でも銀河面と同じように回転していると仮定して計算した。

太陽から銀経0度方向への距離、太陽から銀経90度方向への距離、銀河面からの距離の3つの軸をとって、求めた水素ガス雲の位置を表した（図6、図7、図8）。

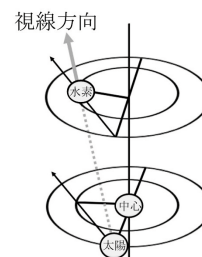


図5. 銀河系の立体モデル

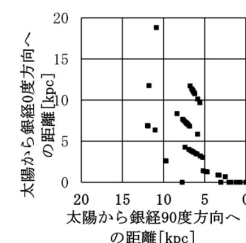


図6. 解析結果

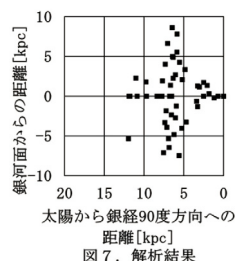


図7. 解析結果

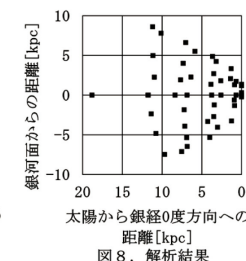


図8. 解析結果

6. 考察

図6からペルセウス腕、いて腕、オリオン腕の3本の腕の、それぞれ一部を捉えることができたと考えられる。また図7と図8より、銀河面から離れた位置にも渦状腕が広がっている可能性がある。

7. 謝辞

本研究は（一財）生産開発科学研究所の教育助成によって行われました。また、SKAOの浅山信一郎博士にご助言をいただきましたこと、陳謝いたします。

8. 参考文献

- [1] 谷敷怜空, 天文月報, 117(5), 315-319, 2024
- [2] 西村淳 (2020) “astropyを使ってドップラー・トラッキングをする”
<https://giita.com/nishimuraatsushi/items/9c8885daaf710b036f43>. (2024年11月18日閲覧)
- [3] 横尾武夫, 宇宙を解く現代天文学演習, 149-153

中性水素21cm線を用いた銀河系の回転曲線の作成

科学研究部 物理数学班 天文班 電波班：

森 悠斗、柴田 春音、芹澤 聡一朗、丸田 凌志郎（高2）【東京都立科学技術高等学校】

要 旨

本研究において中性水素21cm線の観測をするためのシステムを高校の設備で可能な形で構築することを図った。その装置で天の川銀河の回転速度を観測し、ダークマターの存在を確認することを試みている。

1. 研究動機

私たちはダークマターについて興味を持っていたが、ダークマターの存在が確認されている観測的な証拠の一つとして銀河の回転速度の測定があると知った。先輩方の電波望遠鏡の研究を引き継ぎ[2]、装置を完成させて天の川銀河の中性水素21cm線の観測を行えば私たちでもダークマターの存在を確認することができると考え、研究を行った。

2. 研究目的

天の川銀河からくる中性水素21cm線を高校にある機器で作った電波望遠鏡で観測できるようにし、天の川銀河のダークマターの存在を確認する。

3. 仮説・予想

銀河をつくる物質の質量分布から予想された回転速度は図1のAのようになる。一方、実際の回転曲線は図1のBのようにほとんど横ばいになることが知られている。銀河の外縁部では水素の存在量が少ないと予想されるため、私たちの観測システムで観測した中性水素21cm線波のドップラーシフトから求めた天の川銀河の内縁部の回転速度は一定になると予想する。

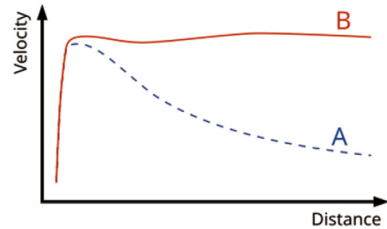


図1 渦巻き銀河の回転曲線[1]

4. 研究方法

(1) 電波望遠鏡

本校の先輩方が作製した1.4m口径のパラボラアンテナを使用した。観測システムを図2に示す。

(2) 中性水素21cm線の観測

○観測対象

- ・カシオペア座 赤経1h31m45s 赤緯+65° 07.7'
- ・白鳥座 赤経20h50m56s 赤緯+40° 05.7'
- ・ペルセウス座 赤経3h41m45s 赤緯+45° 04.8'

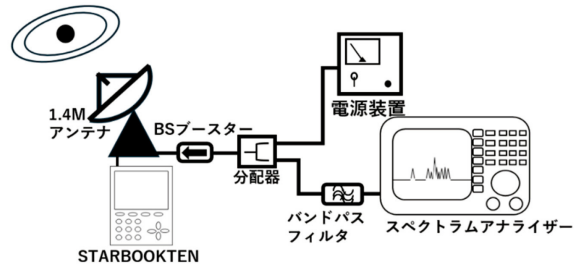


図2 観測システム

5. 観測結果と作成した回転曲線

図3のグラフでは1.42GHzにピークが見られたため、中性水素21cm線を観測できたと考えられる。観測データは下の数式に従って処理を行ってプロットを行い、回転曲線を作成して銀河系内縁部の質量分布について分析していく。

$$V = \frac{|v_r - v_0|}{\sin i}$$

V:銀河回転速度 v_r :視線速度

v_0 :銀河全体の回転速度 i :銀河の傾き度



図3 カシオペア座の観測データのグラフ

6. 考察と今後の展望

今後は観測データをもっと増やしていき、より詳細な回転曲線のカーブを求め、天の川銀河全体のその質量の分布について天文学会当日にて発表を行う。

参考文献

[1] <https://ja.wikipedia.org/wiki/銀河の回転曲線問題>

[2]横山 琉汰、中嶋 岳、白水 雅、赤池 桜輔（高3）、佐生 正武（高2）、天野 航（高1）

日本天文学会 第25回ジュニアセッション 講演39「21cm線から知る銀河」

Pythonを用いたNGC3184の銀河回転運動の解析I

相対論・宇宙論プロジェクト：滝田 海理、井上 嶺、崔 而耐、新海 権利、長谷川 稀人、中谷 大地、尾田 琉斗、井上 斗翔(高1)【国立名古屋大学教育学部附属高等学校】

要 旨

銀河の回転曲線を得るためには、まず正確な銀河の回転中心の位置と傾きを特定する必要がある。本研究では、THINGS (The HI Nearby Galaxy Survey) プロジェクトが提供する渦状銀河NGC3184の観測データをPythonで解析し、銀河の回転中心の位置と傾きの方位角を決定した。

1. はじめに

銀河中心付近では、星やガスの回転速度が中心からの距離に比例して速くなる(剛体回転)、一方、周辺部では回転速度がほぼ一定となる平坦な回転曲線が観測される。この銀河周辺部における平坦な回転曲線は、ダークマターの存在を示唆するものとして注目されている。銀河の回転曲線を得ることを目的とし、本研究ではPythonを用いてまずは銀河の回転中心と傾きの方位角を決定する手法を考察した。

2. データ

アメリカ国立電波天文台のプロジェクトによる、THINGS Data Products[1]の、NGC3184の水素原子ガスが出す波長21 cmの電波輝線スペクトルのデータ[2]を利用する。

3. 銀河中心の解析

(1) 手法

銀河の回転は、中心付近では剛体回転、周辺部では平坦な回転曲線とモデル化できる。天球面に対し傾いた銀河円盤の水素原子ガスの観測から得られた視線速度の分布から、等しい視線速度をもつ場所が図1に示すように剛体回転では並行線状に、平坦な回転では放射状に分布する。どちらのモデルでも銀河中心を通り、ガスの視線速度が一定となる線分は1本(実線矢印)存在する。また、平坦な回転では、この線分に垂直で、ガスの視線速度が一定となる線分が同一直線上に2本(点線矢印)存在する。

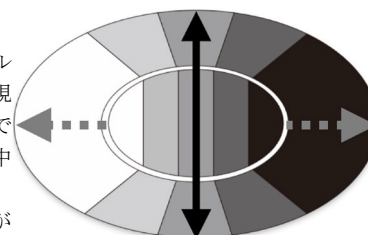


図1 銀河モデル

色の濃淡は視線速度の変化を示す

解析では、銀河を貫く線分のうち、銀河全体における星やガスの速度の標準偏差が最も小さい線分(実線矢印)を特定する。次に、その線分に垂直な方向について、周辺部でも同様に調べること、点線矢印を特定する。最後に、これら2本の線分の交点を求めることで、銀河中心を決定する。

(2) Python による解析

Pythonによる解析の流れを示す。

- ① 銀河の観測データにおける最大内接円の内側の領域を銀河の全体として近似する。
- ② 得られた速度データは観測の精度上連続でなく、離散的に分布しているため、バイリニア補間を用いて連続性を高める(局所的なデータの変動によるノイズを除くことができる利点もある)。
- ③ ①の最大内接円における円周上の任意の点Pに対し、円の中心Cと点Pを結んだ半直線を始線として、点Pから円周上の動角170度~190度までの整数角度の点のすべての点に線分を引き、それぞれの線分における星やガスの速さの標準偏差を求める。次に、点Pを動角0度~180度までの整数角度を動かし、同様の操作を行う。
- ④ 総当たりした線分の中で最も標準偏差が小さい線分CP' (図1実線矢印)を得る。
- ⑤ 線分CP'に垂直な線分を引き、剛体回転の領域のデータを除去して同様の総当たりを行い、最も標準偏差の小さい線分を見つける(図1破線矢印)。

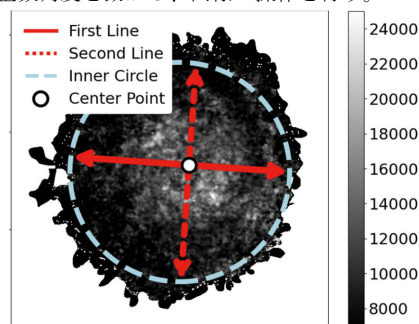


図2 NGC3184銀河の中心

4. 結果

図2は解析して得られたNGC3184の銀河中心を表す。First Lineは④、Second Lineは⑤で特定したものである。図の濃淡は速度の大小を示す。

5. 今後の展望

本研究の解析方法による銀河中心の特定は、銀河の形状が円形で近似できることを前提にしているため、一般的な形状に対応するための方法を検討する必要がある。

謝辞

名古屋大学大学院理学研究科天体物理学研究室の立原研悟准教授、本校相対論・宇宙論プロジェクト顧問の大羽徹先生にご指導をいただきました。また、プログラミングに関してご助言をいただいた筑波大学情報学群4年生の服部真吾さんに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] <https://www2.mpia-hd.mpg.de/THINGS/Data.html>
- [2] https://www2.mpia-hd.mpg.de/THINGS/Data_files/NGC_3184_NA_MOM2_THINGS.FITS

H α 強度とバルジ半径比から探る銀河進化

もし天 2024 Evalax班：

寺崎 颯太 (高2) 【久留米大学附設高等学校】、山谷 剛瑠 (高専2) 【福島工業高等専門学校】、
小林 杏珠 (中等4) 【東京都立桜修館中等教育学校】、眞鍋 風和 (高1) 【大阪府立天王寺高等学校】

要 旨

本研究では渦巻銀河におけるsSFRとB/D比の間に相関があるのではないかという仮説から、B/D比が新たな銀河年齢の指標となる可能性について分析を行い検討した。

1. 仮説

単位質量あたりの星形成率であるsSFR (specific Star Formation Rate、以後sSFR)の高い銀河は若く、sSFRの低い銀河は老いた銀河であることが知られている[1]。また、sSFRとバルジの質量の間には負の相関があることも知られている[2]。これらのことから、sSFRとバルジとディスクの半径比 (以後B/D比)の間にも負の相関があるのではないかという仮説を立て、検証を行った。

2. 研究手法

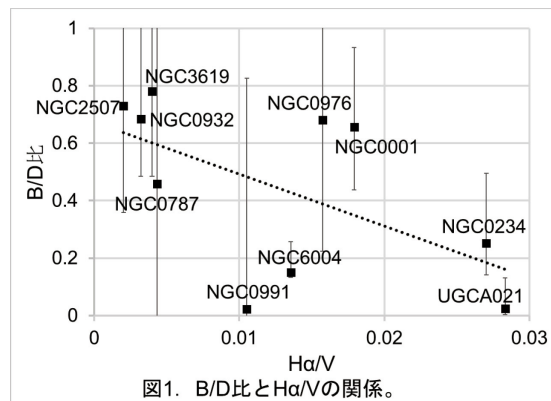
面分光サーベイであるCALIFA SURVEY[3]のアーカイブデータを用いて、他の銀河との相互作用をしておらずAGNでもない、楕円率が0.8以上の計10個のフェイスオン渦巻銀河(NGC0001, NGC0234, NGC0787, NGC0932, NGC0976, NGC0991, NGC2507, NGC3619, NGC6004, UGCA021)を選択した。これらについて、H α 輝線とVバンドのフラックスを求め、フラックス比H α /Vの値を算出した。H α 光度とSFRは比例関係であること(ケニカット則)と、Vバンド光度は恒星の質量に対応することから、本研究ではフラックス比H α /Vを星形成効率の指標として用いることにした。また、SDSSのzバンドを用いて銀河中心から動径方向へ表面輝度を求め、マルコフ連鎖モンテカルロ法を用いて、セルシック則に従う2要素(それぞれセルシック指数4, 1)のフィッティングを行い、バルジとディスクの有効半径比B/Dを求めた。

3. 分析結果

各天体のバルジとディスクの有効半径比B/Dと星形成効率の指標H α /Vの関係をまとめたのが図1である。全体の分布から相関係数を算出したところ-0.575となり(点線)、H α /VとB/D比の間には負の相関があることがわかった。

4. 考察

全体として、H α /Vが小さくなるほどB/D比が大きくなるという傾向が読み取れる。H α /Vは星形成効率の指標であるため、sSFRとB/D比の間にも負の相関があるという仮説と整合的である。また、NGC0991は図2に示されるように開口測光に用いた範囲の外にH α 強度が高い領域が存在するためH α /Vは現在の値よりも高くなると思われる。また、ハッブル分類に従えば、バルジが大きいほど、腕の巻き込み具合が大きい[1]。今回の結果と照合すると、H α /Vが小さいほどバルジが大きい腕の巻き込み具合が大きいはずだといえる。しかし、密度波理論に基づけば銀河の年齢(H α /V)と腕の巻き込み具合に相関はないはずであり、今回の結果との矛盾が見られる。

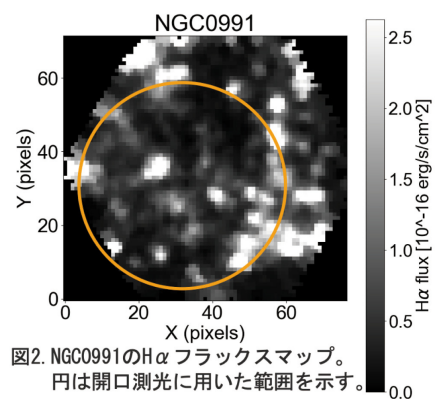


5. 結論

銀河進化に伴いH α /Vが小さくなるほどB/D比が大きくなるという傾向があることがわかった。H α /VとB/D比の間に相関が見られることから、1バンドの測光によりB/D比からも銀河の星形成効率を推測することができるようになった。星形成効率が銀河年齢の指標であることから、B/D比を新たな銀河年齢の指標とすることができる可能性がある。

6. 参考文献

- [1] 谷口義明、岡村定矩、祖父江義明編『シリーズ現代の天文学 銀河 I』3.2章、5.3章、日本評論社
- [2] Valenti, E., Zoccali, M., Gonzalez, O. A., Minniti, D., Alonso-García, J., Marchetti, E., ... & Rejkuba, M. (2016). Stellar density profile and mass of the Milky Way bulge from VVV data. *Astronomy & Astrophysics*, 587, L6, (2025年1月21日閲覧)
- [3] Califa Survey. (n. d.). <https://califa.caha.es/>, (2025年1月21日閲覧)



sSFRと金属量から探る銀河の化学進化

もし天2024 ANDROMETAL班：有賀 千尋(高1)【山梨英和高等学校】、栗原 昊士朗(高2)【武威高等学校】、佐藤 希望(高2相当)【所属なし】、前田 琉斗(高専2)【津山工業高等専門学校】

要旨

渦巻銀河の、銀河衝突などによる化学進化の経験を知るために、sSFR(※1)と金属量の半径依存性を考えた。その結果、銀河の過去と現在で星形成が活発に行われた領域を大まかに推定することができた。

1. 研究背景・目的

宇宙には、多種多様な形態の銀河が存在する。しかし、詳細な銀河進化の過程については、不明瞭な点が多い。本研究では、銀河進化の中でも特に、渦巻銀河の合体の経験や化学進化に着目した。

2. 仮定

- ・金属を含むガスは銀河の半径方向に移動しない。
- ・ $H\alpha/V$ バンドと $[N II]/H\alpha$ 輝線はそれぞれ、おおよそsSFRと金属量と似た傾向を示すとする。
- ・Vバンドより、光度の傾きが大きく変化する位置をバルジとディスクの境界として定義した。

3. 仮説

- ①sSFRは、銀河中心からの距離が大きくなるにつれて、バルジ内では増加傾向、ディスクでは減少傾向を示す。
- ②金属量は、銀河中心からの距離が大きくなるにつれて、銀河全体で減少傾向を示す。

4. 研究方法

Califa Survey[1](※2)のカタログ情報を用いて、以下のような条件の銀河を選定した。

- ・軸比0.9以上の銀河：フェイスオン銀河(空間的な、sSFRと金属量の傾向を見るため)
- ・ハッブル分類で渦巻銀河に分類されるもの(星形成が活発な銀河を見るため)

- (1)バルジとディスクの境界を定めるため、Vバンドを得る。
- (2)分光データより、 $[N II]$ 輝線、 $H\alpha$ 輝線を抽出する。
- (3)得られた値を、銀河中心から等距離の領域で平均する。
- (4)以上のデータより、以下の2つのグラフを作成する。(縦軸はそれぞれの観測量を対数で表している。また横軸は、銀河全体の50%の明るさを含む半径として定義した、半光度半径を用いて規格化した。)

図1 縦軸： $H\alpha/V$ バンド(仮定よりsSFRを示すと考える)
横軸：銀河中心からの距離

図2 縦軸： $[N II]/H\alpha$ (仮定より金属量を示すと考える)
横軸：銀河中心からの距離

5. 結果

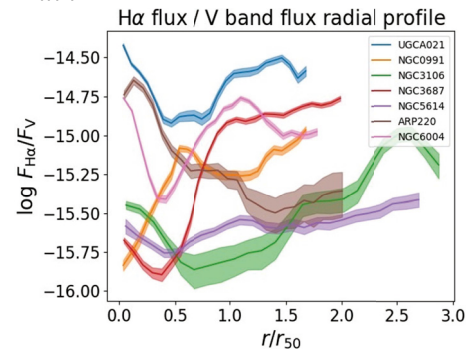


図1 $H\alpha/V$ バンド

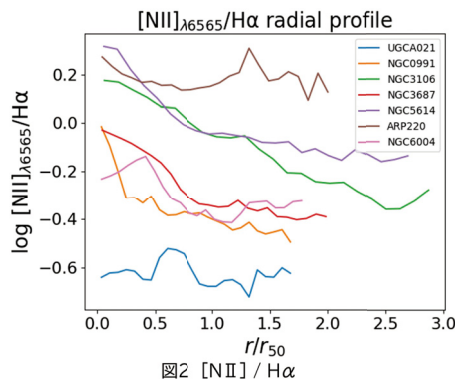


図2 $[N II]/H\alpha$

6. 考察

【 $H\alpha/V$ バンドから考えたsSFRの半径依存性について】
 $H\alpha/V$ バンドのグラフより横軸の値が0.5になる位置でグラフの傾きが変化する。0~0.5では上昇傾向、0.5以上では減少傾向を示す。

予想に反し、バルジの星形成は中心から離れるにつれて減少していた。これについては考察の余地がある。

【 $[N II]/H\alpha$ から考えた金属量の半径依存性について】
 $[N II]/H\alpha$ のグラフより、多くの銀河では、仮説通り中心部から離れるにつれて減少していることがわかる。これは過去に中心部で星形成が活発に行われていることを示していると考えられる。

この2つのグラフがsSFRと金属量の傾向を反映していると考えても、単純に現在と過去の銀河の活発度合いの違いを示しているとは言えない。しかし、大まかな傾向は一致していると考えられる。その場合、星形成は過去にバルジで活発に起こっていたが、現在はディスクで起こっていると考えられる。

7. 結論

・ $[N II]/H\alpha$ は仮説と同様の結果を示したが、 $H\alpha/V$ バンドは仮説と異なった。

・星形成は、過去にバルジで活発に行われたが、現在ではディスクで活発であると考えた。しかし、この結果は本研究の結果からは完全に言うことはできず、研究の余地がある。

参考文献

[1] Califa Survey: <https://califa.caha.es/>

謝辞

もし天2024にご協力いただいた皆様に御礼申し上げます。

注釈

- (※1)sSFRは、単位質量あたりの星形成率で、[単位時間あたりに形成される星の質量/星の総質量]で計算される。
(※2)Califa SurveyはCalarAlto3.5m望遠鏡を使用しており、サンプルのターゲットは、SDSSの測光カタログである。各銀河について格子状に分割してあり、それぞれの領域から連続光の分光データ(3700~7000Å)を得ることができる。

プランク画像から探る初期宇宙におけるクェーサーのエネルギー源

細川 紗椰 (高3) 【雙葉高等学校】

要旨

プランク画像を用いて初期宇宙のクェーサーの遠赤外線輻射を測定した。画像を多数枚重ねることで、赤方偏移6におけるクェーサーの平均フラックスが 2σ 程度で検出された。周波数ごとのエネルギー分布は黒体輻射に近似できることが分かった。色や明るさ、輝線の太さで分類して画像を重ね合わせ、フラックスの強度を比較した。これらの結果からプランク画像上におけるクェーサーの遠赤外線輻射の起源について議論する。

1. 研究目的

私は宇宙マイクロ波背景放射(CMB)上に残された一つ前の宇宙の痕跡の候補であるホーキング・ポイント[1]に興味を持ち、クェーサーとの関係について調べているうちに[2]、遠方でも明るく輝くクェーサーのエネルギーの起源に新たに興味を抱いた。遠方クェーサーの明るさは何で決まっているのだろうか？私は、特にホーキング・ポイントを観測したプランク画像上にクェーサーのエネルギーの痕跡があるのかどうか調べてみることにした。

2. 研究方法・結果

赤方偏移が6付近のクェーサー160個[3]をそれぞれ中心に捉えた353, 545, 857GHzの3つの周波数帯ごとにプランク画像[4]をスタッキングする(重ね合わせる)ことによってメジアン画像を作成した(図1、2参照)。これらと比較するために、それぞれの周波数帯でランダム点におけるプランク画像を500枚スタッキングしたものを作成した。すると、すべての周波数において、画像の中心付近でランダムな画像をスタッキングしたときのフラックスから大きく超過したクェーサー由来と考えられる光を検出した(図3参照)。

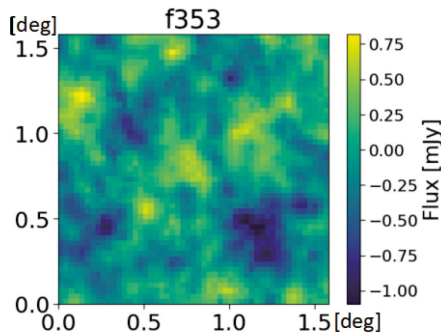


図1 クェーサーのプランクスタッキング(353GHz)画像

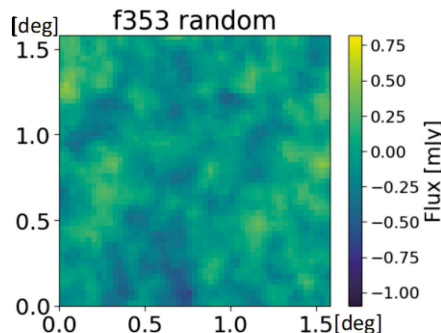


図2 ランダム点のプランクスタッキング(353GHz)画像

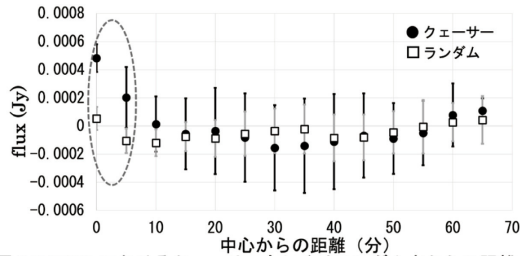


図3 353GHzにおけるクェーサーもしくはランダム点からの距離と明るさ

次に、スタッキングした画像から、直径10'の円内のフラックスを足し合わせ、平均遠赤外線輻射量を求めた。周波数ごとのエネルギー分布を見たところ、黒体輻射のエネルギー分布[5]に近似することができた。このことから、プランク画像上のクェーサーの光の起源は、クェーサーのエネルギーによって温められたダストの放射であることが推測される。

算出した平均遠赤外線輻射量の統計的有意性を調べるために、スタッキングした画像上に直径10'の円を多数個ランダムにばら撒き、円内のフラックスを測定してノイズを評価し有意性を検証したところ、すべての周波数において、 2σ 以上の有意性が得られた。

また、ダスト放射起源と仮定した場合の星形成率も計算した[6]。すると、赤方偏移5のクェーサーの値[5]とおおよそ同じ値が得られた。

次に、サンプルをいくつかのサブサンプルに分けてサブサンプル間で差異が生じるかどうか調べたところ、赤いクェーサーの方が青いクェーサーよりも、また、Ly α 輝線が細かいクェーサーの方が太いクェーサーよりも、それぞれの誤差以上のフラックスの差が検出された。これらについても同様にスタッキングした画像から平均遠赤外線輻射量を求め、検出の統計的有意性を調べたところ、 2σ 程度であった。これらの観測結果も、ダスト放射起源と考えると説明することができる。

3. 考察

プランク画像で検出されたクェーサーの光は、黒体輻射のエネルギー分布と一致していることから、この起源は、クェーサーのエネルギーによって温められたダストの放射であることが推測される。検出の統計的有意性、輝線の太さ、色で分けたクェーサーのプランク画像から求めた平均遠赤外線輻射量の有意性は 2σ 程度であるが、今後クェーサーのサンプル数を増やすことで十分な有意性が得られるかもしれない。

4. 謝辞

本研究は、JST次世代科学技術チャレンジプログラムにおいて東京大学UTokyoGSC-Nextの一環として行われたものである。本研究を行うにあたって多大なご協力、ご指導をいただいた柏川伸成教授、有田淳也氏、星宏樹氏(東京大学)、また、今回用いたプランク画像を提供していただいた久保真理子先生(東北大学)にこの場を借りて心から厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] An et al. 2020, MNRAS, 495, 3403-3408
- [2] <https://gsc.iis.u-tokyo.ac.jp/2399>
- [3] Matsuoka et al. 2022, ApJS, 259, 18
- [4] <https://www.cosmos.esa.int/web/planck>
- [5] Leipski et al. 2014, ApJ, 154, 22
- [6] Kennicutt Jr, R.C., 1998, ARA&A, 36, 189-231.

区分された領域ごとのハッブル定数測定による宇宙の非等方性の証明に向けた新たなアプローチ

フィゲロア ビクトル龍馬 (高3) 【修道高等学校】

要旨

NGC カタログ、UGC カタログから無作為に抽出された 195 個の銀河を領域ごとに分類し、ハッブル定数を測定したところ、観測における系統誤差やバイアスが測定結果に影響しない限り、領域ごとにハッブル定数には統計的に有意な差が見られる事を確認しました。

1. はじめに

本研究では現代の宇宙論における重要な問題の一つである「ハッブル定数問題」の根本的な解決に向け、新たなアプローチを行いました。今回、ハッブル定数問題が生じている原因は CMB は宇宙開闢から 38 万年後の初期宇宙の状態を反映しており、標準的な宇宙モデルである Λ CDM モデルに基づいて一様等方性を仮定していますが、現在の宇宙ではその一様等方性が成り立たないことが原因であると仮定しました。先行研究[1]では X 線強度-温度関係に基づき、銀河団の温度を測定することによりハッブル定数の求めています。本研究においては、The Extra Distance Database (EDD)をはじめとする、アーカイブデータを活用しました。[2]

2. 方法

非等方性を証明するために 195 の銀河を選び、赤道座標系に基づき天球を図 1 の太線の通りに 8 つの領域に分割し、天体の後退速度[km/s]、距離[Mpc]のデータに基づき、領域ごとにハッブル定数を測定しました。なお、天体は NGC、UGC カタログの銀河天体を無作為に抽出しました。赤緯は 2 分割し、赤緯である $0^\circ \sim +90^\circ$ 領域を plus 領域、 $0^\circ \sim -90^\circ$ を minus 領域と表現します。赤経は 4 分割しました。

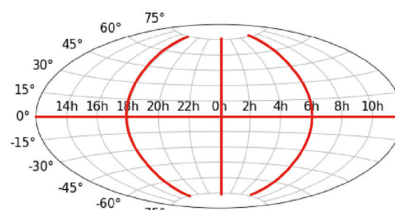


図 1. 区分した領域の境界線を記した天球

宇宙の非等方性を証明するために、まず、帰無仮説を「ハッブル定数には領域ごとに有意な差が見られない」とおき、有意水準を 5% としました。求められたハッブル定数の値の中で、仮に棄却域に含まれる測定数値が存在した場合、帰無仮説を棄却し、対立仮説「ハッブル定数には領域ごとに有意な差が見られる」を採択します。また、ハッブル定数の測定について、距離と後退速度の図にプロットされたデータから最小二乗法を用いてフィッティングしました。

3. 結果

図 2 の表について、各領域で得られたハッブル定数についてまとめた表です。領域の名称赤道座標に基づいて命名しており、例えば領域「00to06_plus」とは、赤経 00h~06h の plus 領域のことであります。

4. 考察

図 2 の表について、標準偏差 $\sigma \approx 3.9$ であり、平均値 $m \approx 70.78$ であるためハッブル定数の棄却域は以下の不等式で表されます。

$$H_0 \leq 67.29, 74.27 \leq H_0$$

したがって、複数の領域で測定された値は棄却域に含まれており、帰無仮説は棄却されます。このことから、観測における系統誤差を無視する限り、領域ごとにハッブル定数には統計的な有意な差が見られることが確認されました。

5. 今後の展望

別の銀河天体を使って解析した場合であっても同様の結果が得られるのかなどの再現性の確認が不可欠であるので、以上の結果を踏まえて、これらの影響を排除するために同様の研究を進めたいと考えております。

6. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、豊田工業高等専門学校電気・電子システム工学科 3 年の谷敷 怜空氏に適切な助言を賜りました。ここに深謝の意を表します。

7. 引用文献

- [1] K. Migkas, G. Schellenberger, T. H. Reiprich, F. Pacaud, M. E. Ramos-Ceja, L. Lovisari, A&A, 636 (2020) A15
 [2] R. Brent Tully et al. 2016 AJ 152 50

表 1. 領域ごとに測定されたハッブル定数

領域	ハッブル定数 [km/s/Mpc]
00to06_plus	73.6773
06to12_plus	68.2587
12to18_plus	66.4202
18to24_plus	68.7560
00to06_minus	78.6886
06to12_minus	66.6176
12to18_minus	71.0257
18to24_minus	72.7965

多宇宙研究－別宇宙に移ることの可能性について－

team 沼本：

沼田 結菜（高2）、栗本 智咲（高2）【神奈川県立横須賀高等学校】

1. 目的 多宇宙に行く方法の探求

この世界には私たちがいる宇宙と、別の宇宙が沢山あるとされる[1][2][3][4][5]。その宇宙を見たいので、別の宇宙に行く方法を探求する。

2. 調査研究

目的：多宇宙の存在の可能性と、私たちの宇宙の近傍に別宇宙が存在する可能性を確認する。

(2-1) 多宇宙の存在の可能性

文献[1]によれば、インフレーション初期は量子論的に生成され、同時期に宇宙の構造の種が生まれ、宇宙の中での相転移現象で生成される泡の空間配位によっては、ワームホールで分断・接続され、多宇宙が実現されるとする理論がある。野村氏によれば[2]、永久インフレーションがマルチバース宇宙論と数学的に等価であるとしている。

(2-2) 量子の現象論と複数宇宙論のつながり

エヴェレットは、量子系の事象の重ね合わせを観測する観測者は、複数の世界(宇宙)の重ね合わせであるとの仮説を示している。[2]

野村も、マクロ世界とミクロ世界の出会いについて、インフレーションで生じる多宇宙は、量子力学の多世界解釈と同じかもしれないと述べている。[2]

高柳氏は、ブラックホールの内部に外部の観測者がアプローチできないという状況は、量子エンタングルメント状態にある量子Aと量子Bにおいて一方にしかアプローチできないという状況（量子デコヒーレンション）と同一であると解釈できないかと述べている。[5]

(2-3) 多宇宙の数

超弦理論によるマルチバースの考え方によれば、実現可能な宇宙は 10^{500} 種類あるとされる[2]。

(2-4) この宇宙は特別な

現在、この宇宙の真空のエネルギー密度は、真空の量子力学的ゆらぎからの理論的エネルギー密度よりも 10^{120} ほど小さいとされる。人類は特別な宇宙で誕生したともいえる。しかし宇宙の種類は 10^{500} あり、エネルギー密度の種類 10^{120} と比較すると、この宇宙と似た宇宙の存在は、否定できないと考えられる。

(2-5) 多宇宙とこの宇宙との距離

ペンローズ図すなわち宇宙膨張を示す光円錐では、泡宇宙が指数関数的に生起している。[2]

野村氏の示したペンローズ図を使ったインフレーションにおけるマルチバースの模式図では、他の泡宇宙とこの宇宙の重なり合いの可能性も示している。[2]これを図1に示す。

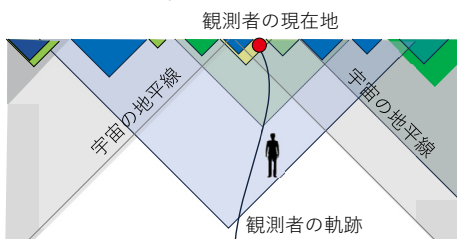


図1 観測できるのは「宇宙の地平」の内側のみ ([2]よりの模写)

(2-6) 調査研究から見える多宇宙

- ・(2-1)から(2-5)までを総括すると、宇宙創発に続くインフレーションにより、多宇宙の生成が数学的に確かめられているとされる。
- ・多宇宙の中に、この宇宙に重なる宇宙もあり得る。

3. 課題研究／仮説的推論

目的：この宇宙に重なって存在する宇宙の可能性があると、乗り移る方法を探求する。

(3-1) 多宇宙との接続方法

この宇宙を宇宙Aとし、これと宇宙Bが重なり合っている場合に、両宇宙をつなぐためには相転移（第1次相転移）が必要となると考える。常温以下の第1次相転移としてBEC (Bose Einstein凝縮)を用いる。そのためには、マイナス273℃の状況に両者を置くことが必要となる。幸い、私たちの宇宙は現在、マイナス270℃付近まで冷却されている。部分的にBEC温度を得ることは可能と考える。

BEC状態は量子の相転移とされる。他方、宇宙創生も量子の相転移（第1次相転移）により生じた。量子の相転移状態を生成すれば、多宇宙が見える状況になると仮定する。

(3-2) 宇宙Aから宇宙Bへ乗り移れるか

第1次相転移状態（BEC状態）にある2つの量子は、情報を共有し合う。私たちは、宇宙Aにある物体Aから宇宙Bへ物体Aの情報を送った場合、双方が量子エンタングルメント状態にあれば、宇宙Bに物体Aを物体Bとして転写できるのではないかと考える。

高柳氏が、資料[5]の中で、ブラックホールの外部と内部の間の情報のつながりに、ホログラフィ原理について述べていることから、転写できると想起した。

(3-3) マイナス273℃からの生選

宇宙Aの私と同一体が宇宙Bに転写できたとして、必要となるのは通常温度までの帰還だが、宇宙Bへの転写の際に、温度回復装置も転写しておく。

4. まとめ

- ・多宇宙は存在する可能性がある。
- ・この宇宙と重なる別宇宙が存在する可能性がある。
- ・BEC状況下の量子エンタングルメントの環境は、ブラックホールにおけるホログラフィ理論に通じる点があると、人間Aを別宇宙に転写できると考えた。
- ・[課題1]この宇宙Aと重なる宇宙Bが、同じ物理法則が成り立つか。
- ・[課題2]本研究の結果が、人間Aを宇宙Bへ移動するのではないこと、宇宙Bに人間Aの複製を造ること。

参考文献

[1] ホーキング、ハートホット、佐藤、白水、”ホーキング、最後に語る、” 早川書房、2018
 [2]野村 “マルチバースと多世界、” 量子宇宙、別冊日経サイエンス、日経サイエンス社、2018、pp.64-82
 [3] 和田、”量子力学の多世界解釈、” Blue Backs、講談社、2024
 [4] ハートル著、牧野訳、”重力、” 日本評論社、2016
 [5]高柳、”量子エンタングルメントから創発する宇宙、” 共立出版、2020

memo

memo

memo

表紙写真の説明

紫金山・アトラス彗星 (C/2023 A3)

2024年10月に、肉眼で見えるほどの明るさになった大彗星。彗星核から反太陽方向に伸びた雄大な尾の姿が大きな話題になった。また、太陽方向に伸びたアンチテイルと呼ばれる珍しい尾も確認された。ダイナミックに変化する太陽系の姿にこれからも注目したい。

撮影日時：2024年10月14日19時29分 (JST)

カメラ：Nikon D5 (ISO：400)

レンズ：Nikon AF-S NIKKOR 105mm f/1.4E ED (絞り：F2.8)

露出時間：30秒×10フレーム

撮影：花山 秀和

撮影場所：石垣島天文台

クレジット：国立天文台

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、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、長島 加奈、西村 昌能、畠 浩二、檜木 梨花子、
船越 浩海、松本 直記、山岡 均、山田 隆文、吉川 真、米谷 夏樹 (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

