

日本天文学会 2015 年 春季年会

JUNIOR SESSION

第 17 回 ジュニアセッション講演予稿集



2015 年 3 月 18 日～21 日

於 大阪大学

日本天文学会 2015 年 春季年会

第 17 回 ジュニアセッション講演予稿集

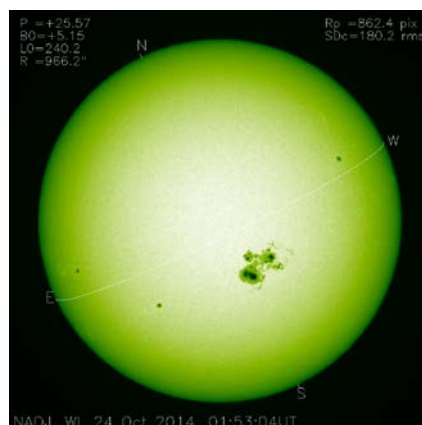
2015 年 3 月 18 日～21 日

日本天文学会 第 17 回ジュニアセッションへようこそ

日本天文学会会長 櫻井 隆

2000 年の春季年会に始まったジュニアセッションも、今回で 17 回目となりました。幸いなことに年々発表数が増加し、昨年は初めて 2 日間開催に踏み切りました。今回はこれまでで最多の 85 件の研究発表が集まり、期間は 1 日間ですが一部に 2 会場でのパラレルセッションを導入することとなりました。昨年からはショートプレゼンも導入しましたが、全体に発表時間が圧縮されて、せつかくの研究内容を十分聞くことが難しい状況になりつつあります。今後、何らかの工夫が必要だと考えています。

この 1 年も、はやぶさ 2 の打ち上げや大黒点の出現など、天文関連の話題の多い年でした。天文学は、プロの天文学者でなくとも研究に貢献できる珍しい学問分野です。物理や化学では、現在ではこういうことは残念ながら難しくなっていました。なぜ天文学でそのようなことが可能かというと、天体现象は多種多様で、少数の大きな天文台、天体望遠鏡だけではカバーしきれないからです。小さな装置でも、長期間にわたる粘り強い観測や、工夫（と幸運）次第で第一級のデータが得られます。



国立天文台太陽観測所
(2014 年 10 月 24 日)

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

日本天文学会 2015 年春季年会

第 17 回 ジュニアセッションプログラム

主催：日本天文学会

共催：天文教育普及研究会、高校生天体観測ネットワーク

後援：日本学術会議 IAU（国際天文学連合）分科会

◆口頭セッション：2015 年 3 月 21 日（土・祝） 9：30 ～ 15：35

場所：大阪大学会館講堂（年会 J 会場）、全学教育講義 B 棟 1F 大講義室（年会 A 会場）

○ポスターセッション：2015 年 3 月 21 日（土・祝）11：20 ～ 13：20

ポスター場所：大阪大学第二体育館（年会ポスター会場）

※ポスター掲示は年会の会期（3 月 18 日～21 日）を通して可能

【2015 年 3 月 21 日（土・祝）のスケジュール】

8：40 受付開始（大阪大学会館：年会 J 会場前）

午前の部 シングル口頭発表

年会 J 会場 座長：野上 大作（京都大学）、竹内 彰継（米子工業高等専門学校）

9：30～11：10	タイセッション	1-6	（各講演 4 分） + 質疑 6 分
	セッション A 全体口頭発表	7-12	（各講演 5 分） + 質疑 5 分
	ポスターアピールタイム（希望者）	13-42	（各講演 1 分）

11：20～13：20 ポスターセッション（第二体育館＝年会ポスター会場）

午後の部 パラレル口頭発表

*は合同発表あり

（1）年会 J 会場 座長：松本 桂（大阪教育大学）、穂積 正人（兵庫県立舞子高等学校）

13：30～15：33	セッション B	夜空の明るさ	43-49	（各講演 5 分*） + 質疑 5 分
	セッション C	位置天文・太陽	50-54	（各講演 5 分） + 質疑 5 分
	セッション D	月食	55-59	（各講演 5 分） + 質疑 5 分
	セッション E	月・流星	60-64	（各講演 5 分） + 質疑 5 分

（2）年会 A 会場 座長：真貝 寿明（大阪工業大学）、山田 隆文（奈良県立青翔中学校・高等学校）

13：30～15：35	セッション F	装置・宇宙開発	65-69	（各講演 5 分） + 質疑 5 分
	セッション G	宇宙ミッション	70-74	（各講演 5 分） + 質疑 5 分
	セッション H	小惑星・恒星	75-79	（各講演 5 分） + 質疑 5 分
	セッション I	恒星・銀河の世界	80-85	（各講演 5 分） + 質疑 5 分

目 次

タイセッション

01	Comparison of the depth of lunar crater calculated from the shadow length of the crater depending on altitude of the sun at different time Chalida Wutthi-anan (11th) ["Piboonbumpen" Demonstration School, Burapha University, Thailand]	12
02	Calculation of the Diameter of Asteroids Natchanon Jit-aree (10th) [Pua School]	14
03	The Study of Moon Albedo by Using Lux meter Supinya Poonperm (11th) ["Piboonpumpen" Demonstration School, Burapha University, Thailand]	16
04	Studying the Orbital Period of the Moon Pancharee Anujorn (10th) [Pua School]	18
05	A Study of Speed and period of the rotation of Saturn's ring Sidarat Khamphakdee (9th) [Yasothonpittayakom School]	20
06	The study of the distance of the nebula from the angular distance relation Jinnipar Pliansamai (11th) [Chiangkhamwittayakhom School]	22

セッション A 全体口頭発表

07	南極の夜空の明るさ観測 ～新宿との比較・月の影響～ 西尾 真輝（高2）、廣木 颯太郎、右田 亜朗、法兼 佑泰（高1）、古賀 悠人（中3）、 石川 航大（中2）【海城中学校・高等学校 地学部 夜空の明るさ研究チーム】	24
08	棒の影とピンホールによる太陽像の位置の観測から均時差の原因を探る 竹村 典晃、渡村 友哉（中2）【長野県塩尻市立丘中学校】	26
09	70年に及ぶ太陽黒点観測の成果 野坂 敦史（高2）【東京都立立川高等学校 天文気象部】	28
10	小惑星(15552)sandashoukan の自転周期 谷河 匠、植木 良多、坂本 律、松嶋 大智（高2）、大前 侑哉、戎 大地、川野 実佳、神田 知哉、 鷹野 友輝（高1）【兵庫県立三田祥雲館高等学校 天文部】	30
11	木星の衛星イオと光速度 ～イオの公転周期変動を確認した～ 岩川 真理子、坂本 夏帆、藪井 かやの（高2）【金光学園高等学校】	32
12	2つの系外惑星のトランジット観測 田中 雅也、名倉 寛人、山口 祐暉、山下 裕司（高2）【奈良県立青翔高等学校】	34

ポスターアピールタイム（希望者）

- | | | |
|----|--|----|
| 13 | プラネタリウム投影用ドームの作成 | 36 |
| | 稲田 紫苑、稲生 花穂、梅澤 穂摘、江口 和奏、大槻 真子、表 結花、加瀬 綾香、澤野 結奈、
田代 愛実、中道 未萌（高2）、阿部 美咲、濱野 瑠南（高1）【星野高等学校 天文部】 | |
| 14 | 三球儀の製作 ～月の満ち欠けをマスターしよう～ | 38 |
| | 兒玉 翔、田本 優花（高2）、久野 裕矢、多田 晴菜、松田 和希（高1）
【岐阜県立大垣東高等学校 天文研究同好会】 | |
| 15 | 重心移動による方向転換を行う缶サット -缶サット甲子園 2014 参加- | 40 |
| | 鄭 秀煥、氏平 龍子、伊藤 輝（高1）【東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部】 | |
| 16 | 2つの加速度センサーで解析する模擬人工衛星「缶サット」の飛行状態 | 42 |
| | H-2D プロジェクト チーム「さくさくしーど」:
山地 琢（高3）【東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部】、
細谷 瑛子（高3）【成蹊高等学校 天文気象部】 | |
| 17 | 人工天体の観測及びその高度をもとめる | 44 |
| | 那須 陽彦（高2）、田振 直輝（高1）【福岡県立小倉高等学校】 | |
| 18 | 暗順応による星空の見え方の変化 | 46 |
| | 岩村 桃実、重原 優奈、寺内 夏子、根岸 あゆ香、船津 莉香、星野 ひとみ、前原 那南（高1）
【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】 | |
| 19 | “光害”の影響調査 ～夜空の明るさシミュレーション～ | 48 |
| | 野中 大輔、田口 俊哉、倉崎 大地（高2）、守屋 泰雅、山口 稜太、山本 拓実、相澤 里佳、
竹谷 宏音（高1）【愛知県立一宮高等学校 地学部】 | |
| 20 | 光害の数値化について | 50 |
| | 川口 史恵、坂本 直樹、畠山 貴紗子（高3）、伊藤 渚（高2）、本田 陸人、藤井 悠野、
湖平 元彌（高1）【東筑紫学園高等学校 理科部】 | |
| 21 | 長崎県西海市大島町の夜空の明るさマップ | 52 |
| | 打越 壮大（小5）【長崎県西海市立大島東小学校】 | |
| 22 | 金環日食の観測を記念する日時計の制作 | 54 |
| | 大和 花雪、堀内 千佳、市岡 里菜、坂本 優梨亜（中2）、谷元 琴音（中1）【長野県塩尻市立丘中学校】 | |
| 23 | 日周運動を利用して太陽の視直径の変化を調べる ～小型望遠鏡と自作の圭表による観測～ | 56 |
| | 市岡 里菜、坂本 優梨亜、大和 花雪、竹村 典晃、堀内 千佳、渡村 友哉（中2）、谷元 琴音（中1）
【長野県塩尻市立丘中学校】 | |
| 24 | 地球の自転効果を用いた太陽視直径の計測 | 58 |
| | 鈴木 雄貴（高2）、坂 俊哉、茂木 敦史、高橋 悠太郎（中3）【獨協埼玉中学校・高等学校】 | |
| 25 | 私たちの月の観測 -赤外線望遠鏡を使って- | 60 |
| | 竹内 美咲、小島 葉瑠加、明知 友香（高1）【埼玉県立春日部女子高等学校】 | |

26	皆既月食の撮影 時政 龍太（高2）、久保 友梨子、山崎 遥加、中村 智子、氏丸 祈歌、水根 啓佑、丸岡 拓実、 阿蘇 大志（高1）【兵庫県立舞子高等学校】	62
27	太陽活動と紫外線強度の関係 奥 菜々子、田附 優衣、大伴 晃史、中辻 颯太（高2）、西澤 江里、山田 祐輝、近藤 凌平（高1）、 井関 康博（高3）【滋賀県立米原高等学校 地学部 天文班 B】	64
28	2014 ふたご座流星群について 石川 緋佳里、柴田 実寿紀、杉野 未侑、鳥塚 琴純、山崎 彩音（高2）、大山 晴香、 税所 彩香（高1）【星野高等学校 天文部】	66
29	天空の花火 ～ペルセウス座流星群の研究～ 岡本 紗枝、川崎 日向子、中原 徹也（高2）【金光学園高等学校】	68
30	流星電波観測への挑戦 新井 駿一（高1）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 天文部】	70
31	分光観測による3彗星の比較 清原 和輝、前田 幸佑、森村 誠斗、山木 太陽（高2）【奈良県立青翔高等学校】	72
32	水の湿潤乾燥の繰り返しによる玄武岩の変化 長谷川 海太、西山 侑佑（中1）【大田区立蒲田中学校 プラネット科学部】	74
33	恒星の明るさと分光観測から距離を求める 木田 麻唯、米村 鮎美、伊藤 里沙子、井上 知奈美（高3）、川本 朱峰、大杉 彩華（高2） 【京都府立城陽高等学校】	76
34	電波望遠鏡 VERA による水メーザーの探索 泉谷 禄子、籠谷 美来、清水川 竣（高2）【秋田県立横手清陵学院高等学校】	78
35	系外惑星に名前をつけよう - Japanese culture を宇宙へ - 吉田 美樹子、不動 佳樹、富士野 健人、福本 莉夏、池田 悠実花、伊東 賢佑、川村 明生（高2）、 井出 紫中里、池谷 詩織、木藤 優里、三好 哲也、中野 ももこ、田中 桃李、豊口 彩理、矢澤 舞子、 若菜 恒士郎（高1）【成蹊高等学校 天文気象部】	80
36	コンピュータシミュレーションを用いた短周期食変光星の分類 荒木 雄渡（高2）、村口 瑠望（高1）【福岡県立小倉高等学校】	82
37	食変光星 VW Cep のライトカーブに関する考察 矢島 翔太、大園 咲奈（高2）、樹谷 若菜（高1）【福岡県立小倉高等学校】	84
38	激変星 EM Cyg の2色測光観測 遠藤 陸央、大江 貴裕、野上 隼紀（高1）、上籠 俊輝、木谷 有紗（高2）、板谷 由菜（高3） 【京都府立洛東高等学校 自然科学部】	86
39	V339 Del (2013) ～いるか座新星の分光・測光～ 筒井 颯大（高2）、井上 円（高1）、松本 茜（高1）【愛知県立一宮高等学校 地学部】	88

40	星団のHR図と年齢 山本 遼（高1）【修道高等学校】、吉井 馨織（中3）【修道中学校】	90
41	KISS プロジェクト密着レポート 富田 小冬（小6）【愛知県一宮市立向山小学校】	92
42	銀河の衝突による星の誕生 もし天 2014 ギンガー：大木 愛花（中4）【茨城県立並木中等教育学校】、 野村 遥奈（高1）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、 松村 祐哉（高2）【奈良学園高等学校】	94

セッションB 夜空の明るさ

43	「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさを調べる9 -冬の夜空はなぜ明るいのか- 岡田 結衣、花田 愛海、谷本 佳弥（高1）、川口 珠実（中2）【遠愛女子中学校・高等学校 地学部】	96
44	伝統的七タライトダウンの普及と科学的評価 櫻井 美緒、金井 和泉、小林 友理、佐藤 優佳、宅和 花菜子、福田 早紀子、矢野 いまり（高2）、 岩村 桃実、重原 優奈、寺内 夏子、根岸 あゆ香、船津 莉香、前原 那南（高1） 【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】	98
45	夜空における天の川の明るさ 大野 功暉、堀 僚泰（高1）【岐阜県立岐山高等学校】	100
46	SQMによる夜空の明るさ観測 志村 保乃佳（小6）【静岡県静岡市立清水入江小学校】	102
47	SQMによる天の川のグラデーション測定 富田 小冬（小6）【愛知県一宮市立向山小学校】	104
48	兵庫県南部における夜空の明るさ同時観測 松本 朱音（小4）【兵庫県高砂市立高砂小学校】	106
49	夜空の明るさの高度変化と限界の暗さ 川口 史恵、坂本 直樹、畠山 貴紗子（高3）、伊藤 渚（高2）、本田 陸人、藤井 悠野、 湖平 元彌（高1）【東筑紫学園高等学校 理科部】	108

セッションC 位置天文・太陽

50	アリストアルコスの月・太陽の距離比測定を検証する 木田 麻唯、米村 鮎美、伊藤 里沙子、井上 知奈美（高3）、川本 朱峰、大杉 彩華（高2）、 谷 春菜、武藤 琴音、川森 芽依、利岡 恵、小林 瑞希（高1）【京都府立城陽高等学校】	110
51	簡易均時差測定器による観測 大日方 剣、櫻田 大和、五十嵐 聡人、奥川 貴也、根岸 将太、藤永 弦、目黒 剛、真壁 巧（高2）、 石川 浩太、岩見 和樹、高橋 由宇、榎並 寛哉、山本 昂広、古谷 もみじ、村上 有沙（高1） 【國學院大學久我山高等学校】	112

52	僕たちはいつになったら黒点を見られるのか（５） - 黒点を見逃す理由 - 伊藤 挑、船山 尚久、津山 大生、八木 啓輔、吉田 拓未、加藤 潤一朗（高１）、佐藤 京介（中３）、 小林 祥之、竹縄 智広（中２）、矢口 大致、宮谷 明、井口 誠斗（中１）【巣鴨中学校・高等学校】	114
----	--	-----

53	黒点の大きさと磁場の強さ 板谷 由菜（高３）、上籠 俊輝（高２）、野上 隼紀、大江 貴裕（高１）【京都府立洛東高等学校】	116
----	---	-----

54	太陽フレアの発生する黒点群について 大内 悠介、尾崎 立一（高２）、中安 亮介、杉原 健斗、吉田 結哉（高１） 【滋賀県立米原高等学校 地学部 天文班 A】、	118
----	---	-----

セッションD 月食

55	2014 年皆既月食中の月の明るさと空の明るさの変化の関係 板橋 杏果、鈴木 優衣、高橋 萌、福本 清恵、武藤 静佳（高２）、隅谷 真帆、柳 美穂（高１） 【星野高等学校 天文部】	120
----	--	-----

56	皆既月食による本影内の RVB 光量分布 則武 桃子（高２）、酒井 里桜、堀 裕一（高１）【愛知県立一宮高等学校】	122
----	--	-----

57	皆既月食時における月面の色の測定 2014 前田 涼汰（高２）、大西 裕貴、明石 一希、小嶋 宥喬、高木 晨路（高１） 【兵庫県立大学附属高等学校 自然科学部天文班】	124
----	---	-----

58	皆既月食時の月面の色温度と明るさの関係 永見 莉奈、田中 佐知、山根 優香（高専３）、永井 俊一、堀江 洸介、勝部 桃子（高専２）、 尾上 創、河原 匠吾、熊本 千夏、前田 夏奈（高専１）【米子工業高等専門学校 科学部】	126
----	--	-----

59	CCD カメラによる星の瞬きと月食の色別光度測定 日向野 堅斗、尾花 拓海、濱野 紫帆（高２）、大江 宏明（高１）【國學院大學栃木高等学校 天文部】	128
----	---	-----

セッションE 月・流星

60	なぜ月は盆のように端（はし）まで明るく見えるのか？ - 月の砂 反射実験 - 渡邊 千恵（小５）【京都府相楽東部広域連合立和束小学校】	130
----	--	-----

61	お盆の様な月の輝きに迫る ハートピア安ハジュニア天文倶楽部： 田島 怜一郎（中１）【岐阜市立岐阜中央中学校】、橋口 健太（中１）【山県市立伊自良中学校】	132
----	--	-----

62	MoonKAM を用いた月の研究 4 クレーターの形状と直径の関係から見た月の表と裏の違い 2 松本 諒大（高２）、永田 広平、綾田 裕一、山本 清（高１）【関西創価高等学校 MoonKAM Project Team】	134
----	---	-----

63	流星が酸素を光らせる？ ～高感度撮影による流星痕の写真観測～ 大島 理樹、上野 利晃（高２）【佐賀県立佐賀西高等学校 サイエンス部】	136
----	---	-----

- 64 木星の衛星食の観測 ～木星の影の特徴をとらえる～ 138
 田本 優花、兒玉 翔（高2）、久野 裕矢、多田 晴菜、松田 和希（高1）
 【岐阜県立大垣東高等学校 天文研究同好会】

セッションF 装置・宇宙開発

- 65 SN 2014J の星間吸収の検証結果 140
 荒木 佑斗、岡本 鴻、北村 直也、中井 俊希、古山 達也、山本 賢雅（高2）
 【埼玉県立豊岡高等学校 天文部】
- 66 4 GHz 帯太陽電波観測用電波望遠鏡の製作 2 142
 青木 達也、浦野 稜也、北澤 凌、清水 将臣、田中 裕樹（高3）、那須野 叶、宮澤 拓陽、
 池上 浩樹、津波古 海斗、北條 健介（高2）【長野県駒ヶ根工業高等学校 サイエンス同好会】
- 67 天体自動検出・追尾望遠鏡の開発 I 144
 井出 倫晃、柄澤 駿太、青嶋 悟（高専2）、稲垣 啓佑、井澤 優里明、北村 樹麗、今村 琴音（高専1）
 【長野工業高等専門学校】
- 68 手作りプラネタリウム製作記 146
 宮本 佳門、森川 誠士（高2）、岡本 雄飛、山本 遼（高1）【修道高等学校】
- 69 スペースデブリの観測をめざして 148
 早瀬 加奈子、樋本 ゆき乃（高1）【福岡県立小倉高等学校 科学部 SS 天文研究会】

セッションG 宇宙ミッション

- 70 火星有人探査・有人基地建設計画 150
 山田 麟、太田 樹、加藤 亮、狩野 有紀、関上 巧、高山 景文、中島 有富（高2）、石田 城二、小林 昇太、
 佐藤 泰河、角田 廉、星野 海尊、星野 裕哉、本多 僚希（高1）【群馬県立沼田高等学校 地学部】
- 71 月面における船外活動中に宇宙服内部へのレゴリス侵入を防ぐカップの提案 152
 第13回 君が作る宇宙ミッション MUSES 班：
 依藤 麗（高1）【創価高等学校】、加藤 美央（高修3）【きのくに国際高等専修学校】、
 村松 奈々（高2）【十文字高等学校】、井谷 友海（高2）【大阪星光学院高等学校】、
 千田 望（高2）【神奈川県立横浜国際高等学校】、加瀬 太陽（高3）【慶應義塾高等学校】
- 72 NASA 越え! 光の輪計画（エンジェルリングプロジェクト） 154
 第13回 君が作る宇宙ミッション PLANET 班：相馬 天斗（高3）【青森県立八戸北高等学校】、
 清水 麻由（高3）【兵庫県立伊丹高等学校】、吉田 奈生（高2）【福岡県立修猷館高等学校】、
 大槻 祐希未（高2）【兵庫県立長田高等学校】、森本 祐生（高2）【奈良県立畝傍高等学校】、
 野村 遥奈（高1）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
- 73 ペンギン型ロボットを用いたエンケラドスにおける生命調査 156
 第13回 君が作る宇宙ミッション SOLAR 班：
 和泉 美希（高3）【群馬県立前橋女子高等学校】、金子 賢人（高2）【桐蔭学園高等学校】、
 松村 芽久美（高2）【東京女学館高等学校】、東 料太（高2）【兵庫県立長田高等学校】、
 川下 彩夏（高2）【神奈川県立生田高等学校】、篠塚 温志（中等4）【神奈川県立相模原中等教育学校】

- 74 太陽のふるさとはどこだ!? 158
 第13回 君が作る宇宙ミッション ASTRO 班:
 天津 早貴(高3)【早稲田大学系属早稲田実業学校高等部】、秦 瑞貴(高2)【東京女学館高等学校】、
 村岡 由紀子(高2)【高知県立高知追手前高等学校】、池田 勇人(高2)【専修大学松戸高等学校】、
 迫 千紘(中等4)【兵庫県立芦屋国際中等教育学校】、高林 修平(中等4)【東京都立小石川中等教育学校】

セッションH 小惑星・恒星

- 75 小惑星の測光観測(その3) - デジタル一眼レフカメラを使って - 160
 庄崎 弘基、中川 諒人、真壁 聖矢(高3)、土屋 健太郎(高1)【那須高原海城高等学校】
- 76 小惑星 21374 の観測 ～ライトカーブから得た考察～ 162
 坂東 日菜、越村 俊之(高1)【岡山県立岡山操山高等学校】
- 77 小惑星の大きさ分布を求める 164
 銀河学校 2014 A 班:
 朴 敏娥(高2)【洗足学園高等学校】、森井 嘉穂(高2)【香川県立高松高等学校】、
 井澤 薫実(高2)【愛知県立岡崎高等学校】、衣川 友那(高2)【名古屋大学教育学部付属高等学校】、
 加藤 里佳子(高3)【長野県松本県ヶ丘高等学校】、今村 春香(高3)【長崎県立長崎西高等学校】、
 織原 有佑(高2)【島根県立松江北高等学校】、久保 玲(高2)【八戸工業大学第二高等学校】、
 横山 彩希(高3)【東京都立国際高等学校】
- 78 仮想天文台(VO)練習課題の翻訳と実習 166
 石井 悠太郎(高2)、子安 直美、松丸 健太(高1)【駿台学園高等学校】
- 79 本当にベテルギウスは爆発するのか 168
 もし天 2014 好奇心みたし隊♥: 阿部 朋美(高2)【岩手県立一関第一高等学校】、
 成田 南美(高2)【青森県立青森東高等学校】、小関 璃奈(高1)【宮城県仙台二華高等学校】

セッションI 恒星・銀河の世界

- 80 食変光星 BF Aur 及び W UMa の観測と質量の計算 170
 小道 雄斗、西川 俊吾(高1)、山下 凜太郎(中2)【桐朋中学校・高等学校 地学部】
- 81 分光分析による連星の運動の解析 172
 稲谷 翔一、松本 直彰、山崎 大、中原 里沙、新原 由依、増田 彩花、萬木 夕貴(高2)
 【兵庫県立龍野高等学校】
- 82 星雲の色、距離や大きさの調査 174
 銀河学校 2014 B 班「三戸オリオン」:
 早川 翔大(高3)【早稲田大学本庄高等学院】、渥美 智也(高3)【東京都立科学技術高等学校】、
 高橋 舜貴(高2)【山梨県立日川高等学校】、藤原 大暉(高3)【長野県木曽青峰高等学校】、
 井上 実優(高3)【名古屋大学教育学部付属高等学校】、大島 由佳(高3)【筑波大学附属高等学校】、
 立澤 伽奈子(高3)【長野県松本県ヶ丘高等学校】、大畑 来夏(高2)【愛知県立岡崎高等学校】、
 名古屋 唯(高2)【八戸工業大学第二高等学校】、桐野 結衣(高2)【愛知県立旭丘高等学校】、
 梅林 舞(高2)【石川県立金沢泉丘高等学校】、細谷 奈津子(高2)【東京都立三田高等学校】

83	偏光で見る星雲の姿	176
	銀河学校 2014 C 班： 田中 舞（高3）【早稲田大学系属早稲田実業学校高等部】、杉山 純菜（高2）【愛知県立旭丘高等学校】、 長谷部 匡敏（中等5）【千代田区立九段中等教育学校】、寺村 まどか（高3）【早稲田大学本庄高等学院】、 柳楽 裕介（高2）【大阪市立東高等学校】、西村 南海（高2）【名古屋大学付属高等学校】、 吉田 真琴（高2）【市原中央高等学校】、阿部 峰也（高専3）【一関工業高等専門学校】、 佐川 和（高2）【八戸工業大学第二高等学校】、佐々木 美波（高3）【東京都立晴海総合高等学校】、 金野 亜美（高2）【聖ウルスラ学院英知高等学校】、鈴木 理花子（高3）【千葉県立東葛飾高等学校】	
84	銀河団のバリオン密度パラメータと質量密度パラメータの観測的研究	178
	もし天 2014 Dr. Baryon ~絶妙なバランス~： 生駒 洋樹（高2）【帝塚山高等学校】、亀谷 紀香（高2）【兵庫県立洲本高等学校】、 小林 士朗（高2）【高田高等学校】、土谷 真希（高2）【千葉県立東葛飾高等学校】	
85	クエーサーの観測による宇宙膨張の実証	180
	もし天 2014 KITARAGI COSMOLOGY： 鈴木 沙也香（高2）【茨城県立竹園高等学校】、廣田 美香（高2）【銚子市立銚子高等学校】、 遠藤 幹大（中等4）【仙台市立仙台青陵中等教育学校】、金丸 尚雅（高1）【函館ラ・サール高等学校】	

2014 年秋季年会ポスター発表

秋 01	デジタルカメラによる SN 2014J の RGB 光度曲線と距離及び星間吸収について	182
	荒木 佑斗、岡本 鴻、北村 直也、中井 俊希、古山 達也、山本 賢雅（高2） 【埼玉県立豊岡高等学校 天文部】	
秋 02	銀河の分光観測によるハッブル定数の決定	184
	石井 菜摘（高3）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	
秋 03	光と水による鉄カンラン石の変化 3 -電子顕微鏡による鉄カンラン石の観察-	186
	山下 滉明、鷺森 拓夢、高坂 賢弘、倉田 雄生、河崎 零士（中2）、木村 航輔、稲葉 陽斗、 比嘉 文博（中1）【大田区立南六郷中学校 宇宙科学部】	

Comparison of the depth of lunar crater calculated from the shadow length of the crater depending on altitude of the sun at different time.

Chalida Wutthi-anan

[e-mail:m4connect@gmail.com](mailto:m4connect@gmail.com)

Piboonbumpen Demonstration School

The present study aimed to examine and compare the depth of the lunar crater calculated from the length of the shadow on the lunar crater which changes depend on the altitude of the sun at different time of the night. A telescope (Orion 10") and a cell phone (Asus: A600CG) were used to take images of two craters; Goclenius (depth 1.5 km) and Macrobius (depth 3.9 km), every hour from 21:46 – 04:46 on the night of 10th of November 2014 (ICT). The pixel lengths of the shadow on the crater were measured by ImageJ program. The pixel lengths were then converted to kilometers by using the rule-of-three in arithmetic. The shadow was compared to the width of the control crater in the same image, in which the actual width is already known. Due to the fact that the apparent shadow length we observed could be shorter than the real shadow due to the observation angle to the normal of the crater, we have to multiply the length that we originally converted to km by $\frac{1}{\cos(\text{latitude}) \times \cos(\text{longitude})}$ (latitude and longitude are coordinates of the lunar crater). The altitude of the sun on the crater (α) was then calculated by using the following equation:

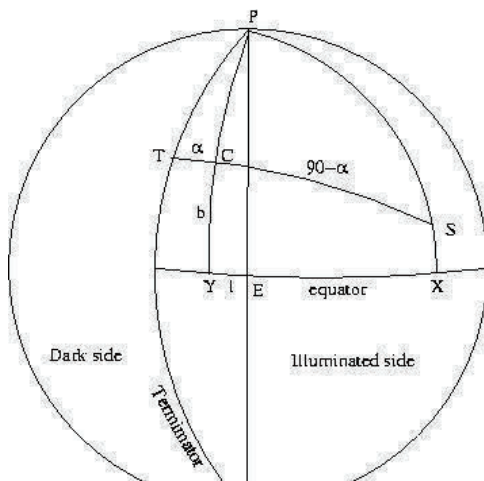
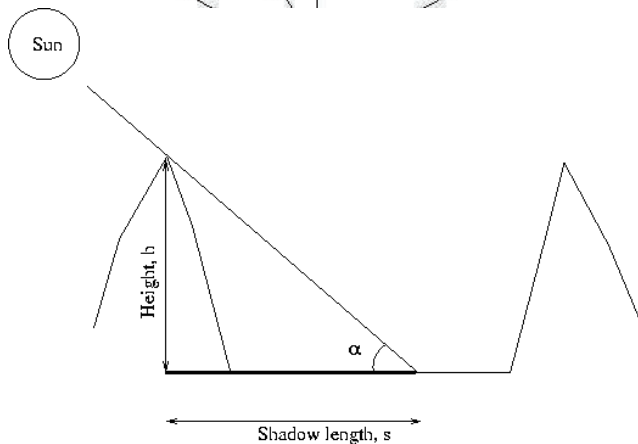
$$\cos(CS) = \cos(PC)\cos(PS) + \sin(PC)\sin(PS)\cos(CPS)$$


Figure 1. The diagram illustrates the part of the moon used to calculate the altitude of the sun on the crater. C is the crater, E is the sub-earth point, P is the lunar pole, S is the sub-solar point and T is the terminator which divides the illuminated part from the dark part on the moon.



The relationship $\tan \alpha = \frac{\text{Height}}{\text{Shadow length}}$ was used to calculate the depth of the lunar crater.

Figure 2. The diagram shows the altitude of the sun on the crater's relationship with the shadow length and the depth of the lunar crater.

Results revealed that the calculation of the depth of the Goclenius crater (depth, 1.5 km) at 03:46am, with the altitude of the sun of 1.93° , has the highest error at 18.13% and the errors of calculation weren't directly variation with the time so the errors are caused by the measurement of the shadow's length using pixel units by utilization ImageJ program. While The calculation of the Macrobius crater (depth, 3.9 km) at 04:46am, with the altitude of the sun of 0.85° , has the highest error at 74.74% and the errors were increasing directly variation with the time since 01.46 am till 04.46 am. Where the altitude of the moon were between 65° - 72° during the observation at 01.46-04.46 am so the errors weren't caused by variation of atmosphere which make the images be twist but the cause of high error is, in comparing to the Goclenius crater, the Macrobius crater was positioned closer to the terminator and therefore had a very small altitude of the sun. When the time passed, the altitude of the sun became smaller. Since the altitude of the sun was very small, the length of the shadow casted by the crater's rim was elongated and might surpass the width of the crater. However, we could only observe the shadow length within the width of the crater which appears to be shorter from reality, thus the depth of the crater calculated by the apparent shadow's length also be shallower.

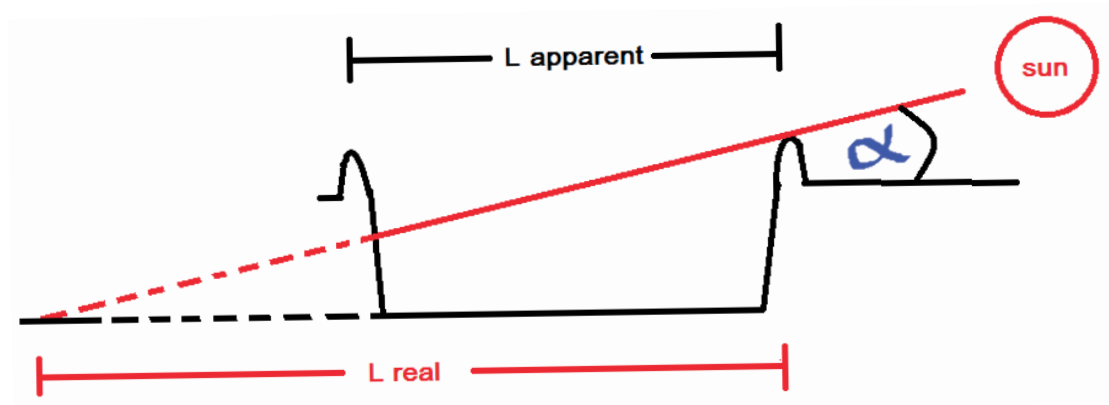


Figure 3. The diagram shows the model of the altitude of the sun, the apparent shadow length and the real shadow length on Macrobius crater.

Reference

- Michael Richmond. 2003. "Height of Lunar Mountains." [online]. Available: http://spiff.rit.edu/classes/phys236/moon_mount/moon_mount.html#altitude (3 October 2014)
- "Moon Ephemeris." 2000. [online]. Available: <http://www.lunar-occultations.com/rlo/ephemeris.htm> (27 September 2014).
- "The diameter and heights of lunar craters." 2012. [online]. Available: <http://www.astro.ex.ac.uk/obs/experiments/lunar/script.html> (10 September 2014).

Calculation of the Diameter of Asteroids

Natchanon Jit-aree

e-mail:natchanon_19106@hotmail.com

Adviser Mrs.Jiraporn Kakaew

Pua School

Abstract

This research calculates the diameter of asteroids. Photos were taken from PROMPT 8 in Cerro Tololo Inter American Observatory (CTIO) and data were analyzed. The result showed that 423 Diotima, 41 Daphne and 121 Hermione asteroids have diameter 207.4 km, 195.0 km and 286.4 km and that it is not the same with their real diameter that were 0.69%, 12.06% and 37.02% in order.

Introduction

Asteroids are litter stones in the space. They move around the sun. The asteroids that are located between Mars and Jupiter is called asteroid belt. C-type Asteroids are the asteroids that reflect little light from the sun. They are harder to see. It's major component is carbon. They have 75% of all asteroids and they have albedo 0.03 to 0.09. We calculated the diameter by comparing flux of sun with the flux of asteroid.

Methods

1. Finding the data about asteroids C-Type from the data that was based in the website below.
http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_notable_asteroids and http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb_query.cgi#x
2. The Researcher chose 3 of asteroids from C-Type namely , 423 Diotima that was been observed and followed from 17-19 August 2557, 41 Daphne that was been observed and followed from 24-25 August 2557 and the last is 121 Hermione that was been observed and followed from 1-4 September 2557. Photos were taken in filter clear for 3 images and use 30 second per image.
3. Images were analyzed using the aperture photometry.

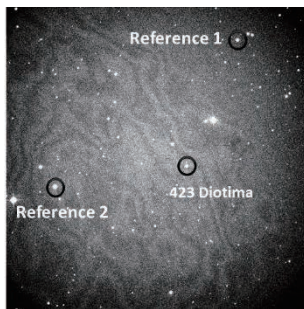


Figure 1 shows 423 Diotima and reference star

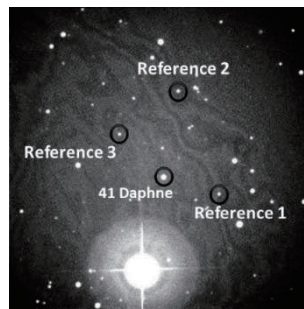


Figure 2 shows 41 Daphne and reference star

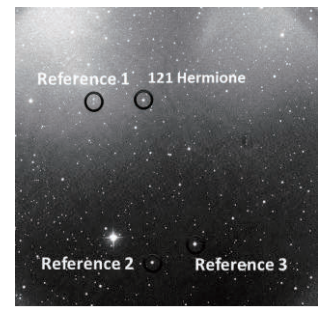


Figure 3 shows 121 Hermione and reference star

4. The apparent magnitude of asteroids were calculated based on flux of asteroids and it's magnitude constant. Magnitude constant was calculated from flux and apparent magnitude of referent star.

$$m = -2.5 \log f + C$$

m is apparent magnitude
 f is flux of asteroids and referent star
 C is magnitude constant

5. The apparent magnitude of asteroids were used to calculate it's diameter

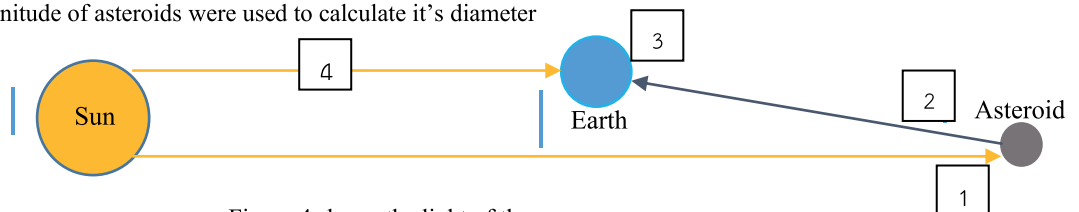


Figure 4 shows the light of the sun

First find flux of the sun on asteroids. Second find luminosity of asteroids. Third find flux of asteroids on the earth. Forth find flux of the sun on the earth and divided flux of asteroids on the earth by flux of the sun on the earth and then I change flux to magnitude and use this equation to find radius of asteroids variable R.

$$m - m_s = -2.5 \log \left(\frac{a \cdot R^2 r_E^2}{4 \Delta^2 r^2} \right)$$

m is apparent magnitude of asteroids

m_s is apparent magnitude of the sun

a is reflection of light from asteroids(albedo)

R is radius of asteroids(AU)

r_E is distance between the sun and the earth(AU)

Δ is distance between the earth and the asteroids(AU)

r is distance between the sun and the asteroids(AU)

6. The diameter of the asteroids have been calculated by the used of it's radius and then compared to it's real diameter from the data based in the website <http://ssd.jpl.nasa.gov/> to find an error

Result

The result showed that the apparent magnitude of 423 Diotima 41 Daphne and 121 Hermione are 13.03, 12.92 and 12.25. The Researcher used albedo 0.06 from the average of albedo C-Type asteroid in website <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/text/asteroids.txt> and use distance in website <http://ssd.jpl.nasa.gov/> and stellaum program.

Table 1 shows apparent magnitude of sun, asteroid and distance

Asteroid	apparent magnitude of the sun	apparent magnitude of the asteroids	Distance between the sun and the earth(AU)	Distance between the sun and the asteroids(AU)	Distance between the earth and the asteroids(AU)
423 Diotima	-26.78	13.03	1.000	3.066	2.664
41 Daphne	-26.78	12.92	1.000	2.765	2.279
121 Hermione	-26.78	12.25	1.000	3.457	2.629

Use table 1 calculate in equation $m - m_s = -2.5 \log \left(\frac{a \cdot R^2 r_E^2}{4 \Delta^2 r^2} \right)$

Table 2 show radius of asteroid

Asteroid	Radius (Km)
423 Diotima	103.7
41 Daphne	97.5
121Hermione	143.2

Conclusion

423 Diotima, 41 Daphne and 121Hermione asteroid have the diameter of 207.4 km, 195.0 km and 286.4 km(in order) and their diameter that the Researcher obtained is in error compared to their real diameter that are 0.69%, 12.06% and 37.02% in order.

Discussion

After I observed asteroids from Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) from the image I have taken of the asteroid using the filter clear. The time the data were being analyze I encountered problems because I can't use the images that I have taken for the reason that the images were not that clear. After analyzing the data I then calculated the apparent magnitude of the reference star and have compared it to the calculated apparent magnitude of asteroids. After that using apparent magnitude of asteroids to calculated diameter of asteroid and error from data base. The Researcher hopes that the research paper will be of a good help for other aspiring researchers for the further study and reference in finding the diameter of the asteroids that has been mentioned in this research.

Acknowledgement

I want to thank the following persons who have been my guide and supporters all along the way from the very beginning of my research until I have finally completed it. Special thanks to NARIT, Mr. Matipon Tangmatitham, Mr. Pisit Nitiyanunand, Mrs. Jiraporn Kakaew. This research will not be possible without their support and help.

Reference

List of notable asteroids :(online): Accessed from: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_notable_asteroids (2557 November 1).
 JPL Small-Body Database Search Engine :(online): Accessed from: http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb_query.cgi#x (2557 November 1).
 SKYNET :(online): Accessed from: <http://skynet.unc.edu/old> (2557 August17).

The Study of Moon Albedo by Using Lux meter

Supinya Poonperm

Supinya7051@gmail.com

Teacher Boonsong Henngam

“Piboonpumpen” Demonstration School, Burapha University

Abstract

The current study investigates the moon albedo by operating lux meter. The purpose of the study is to examine the moon albedo by comparing the moon luminosity received from the sun and the moon luminosity reflected from the sun to the earth. The findings of the study revealed the calculated moon albedo value of 0.11 with the error from the true value of 8.33%.

Keywords: Moon albedo, Luminosity, Flux

Introduction

Currently, moon albedo has become the topic of interests for the astronomers all around the world. Accordingly, the understanding about moon albedo may lead to more knowledge about the moon's surface energy and its chemical conditions. Whereas most of studies about the moon albedo have obtained their data from the high-tech and costly instruments such as satellites and superior telescopes, this study used lux meter to obtain the data. Therefore the results of the study may not be as accurate as those obtained from other studies.

Methodology

Data Collection

A spherical black cylinder with a height of 1 inch and 1.5 inches in diameter was made and then was connected to the sensor of the lux meter. After measuring the flux of the sun and moon by using telescope to gather the moon light, the data was collected during the full moon day at altitude 30, 45 and 60 degrees from August to November, 2014 at 67/4 Moo 7. Klang Dist. Rayong, Thailand.

Calculation Procedures

1. Calculate the luminosity of the moon reflected from the sun to earth (L_M) from $L_M = F_M 2\pi r_M^2$

When F_M is the flux of the moon reflected from the sun to earth. The unit is Lux.

r_M is the distance from the earth to the moon. The unit is Meter.

*Notation Must be divisible the moon flux by the light gathering power ratio earlier. From $\left(\frac{\text{Telescope diameter}}{\text{Lux meter diameter}}\right)^2$

2. Calculate the luminosity of the moon which receives from the sun (L_m) from $L_m = \pi R^2 F_s$

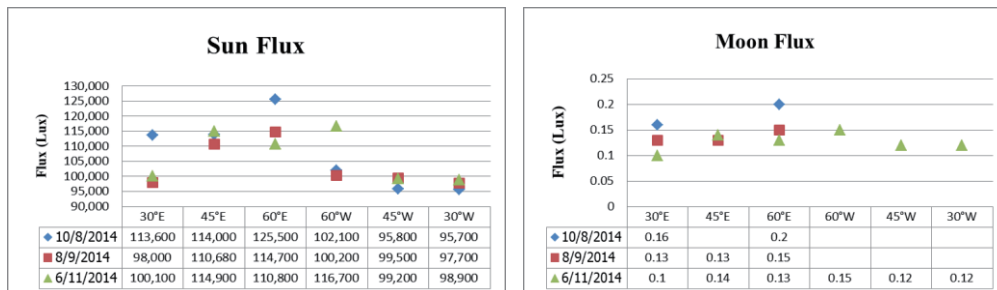
When F_s is sun flux. The unit is Lux.

R is moon radius. The unit is Meter.

3. Calculate the moon albedo (A) from $A = \frac{L_M}{L_m}$

Results

From the collect data of sun and moon flux can show in the graph.



*Notation Cannot collect the data in 8 Oct 2014

From the calculate moon albedo can show in the table.

Times	Altitude (Degree)	Day/Month/Year				Average
		10/08/57	08/09/57	08/10/57	06/11/57	
1	30	0.12	0.11	N/A	0.10	0.11
2	45	N/A	0.10	N/A	0.11	0.11
3	60	0.13	0.11	N/A	0.12	0.12
Total Average						0.11

Conclusions

The moon albedo calculation revealed the value of 0.11 with the error from the true value of 8.33%.

Discussions

The results from the calculation show the moon albedo is 0.11. It may be said the moon has the same ability to reflect the light as coal, because the albedo is close to another. The calculated moon albedo was found less than the real. The difference may be because of the clearness of the sky, at the time the data was collected and the telescope light absorption. In addition, another constraint of the study is the weather changes in each month which caused some data missing. Instead of the constraints mentioned, more studies under this topic should be conducted to enrich the pull of comprehension about the moon albedo.

Acknowledgments

This study would not be possible without the kind help and support of the National Astronomical Research Institute of Thailand, and “Piboonpumpen” Demonstration School, Burapha University. The author would like to give special thanks to the teachers; Mr. Boonsong Henngam, Miss Apinya Chaikun, and Mr. Pisit Nitiyanun for all their invaluable advice.

References

- Matipon Tangmatitham. (2013). **The Handbook of Astronomic Workshop**. Chiang Mai: Educational Astronomic Information Service Center.
- Pisit Nitiyanun. (2012). **Study of giant planets' Geometric Albedo via direct observations of their reflected sunlight at Sirindhorn observatory**. Independent Study. Department of Physics, Chiang Mai University.

Studying the Orbital Period of the Moon

Pancharee Anujorn

e-mail: Pancharee_anujorn@hotmail.com

Advisor Jiraporn Kakaew

Pua School Nan Thailand

This research aims to find the orbital period of the moon by the relationship between the moon's orbital period, the time that the moon uses to come back to pass the observer's meridian again and the earth's sidereal period. This research finds that the average orbital period of the moon is 36541 minutes or 25.38 days. The research also reflects that there is an error from the standard orbital period of the moon (27.322) that is about 7.124%. This research calculated angular velocity and have got the distance of the moon from the earth and found out that the orbit eccentricity of the moon is 0.0494.

Introduction

The moon is the only earth's natural satellite. The distance of the moon from the earth is almost 384,403 km. Its orbit inclination is 5.145° and orbit eccentricity is 0.0554. The moon's orbital period is 27.322 days.

The earth is one of the planets in the solar system. The mass of the earth is 5.9722×10^{24} kilograms. Its sidereal rotation period is 23.934 hours. Its equatorial inclination is 23.4393° degree.

Procedure

1. Finding the observer's meridian. First set sharp pole at the ground and observe sharp pole's shadow. The the shortest shadow is the meridian that was been observed (Figure1). Then mark a line of the shortest shadow.
2. Set tool for observing by setting the optical tube parallel to the observer's meridian (Figure 2). After that we look to the moon through the optical tube and wait for the moon to pass the front of the optical tube (pass meridian's observer) and then start to count the time.



Figure1: sharp pole's shadow



Figure2: set tool for observing

3. Observe the moon that passed through the observer's meridian again in the following day and then record the time (T).

4. Use this equation $\frac{1}{M} = \frac{1}{E} - \frac{1}{T}$ to calculate the moon's orbital period.

From the figure3 we get equation relationship 2 equation

The first equation is $\frac{\theta}{T} = \frac{360^\circ}{M}$ become $\theta = T \times (\frac{360^\circ}{M})$

The second equation is $\frac{\theta}{T - E} = \frac{360^\circ}{E}$ become $\theta = (T - E) \times (\frac{360^\circ}{E})$

From 2 equation $\theta = \theta$ become $\frac{1}{M} = \frac{1}{E} - \frac{1}{T}$

θ is the an angular displacement of the observer and the movement of the moon from A to B. (Degree)

T is the time that the moon moves from A to B or the time

that was used for the observation of the moon to come back and to pass the observer's meridian again (Minute)

E is sidereal rotation period of the earth or the time that uses for observing the movement around the center of the earth. ($23.934 \times 60 = 1436.04$ minute)

M is orbital period of the moon (Minute)

5. Calculate to find the angular velocity from $\omega = \frac{2\pi}{T}$

Ω is the angular velocity (radian/second)

T is the period (in this T is orbital period of the moon (M))

6. Take angular velocity to find the distance of the moon from the earth in each day by equation $r^3 = \frac{GM}{\omega^2}$

Where G stands for Newton's law of universal gravitation ($6.673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$)

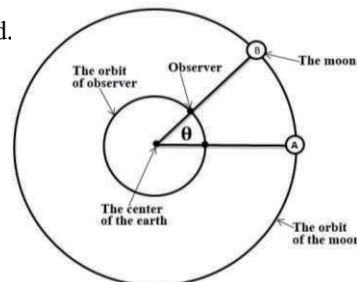


Figure3: circle orbit

r is the distance of the moon from the earth (meter), M is the mass of the earth (5.9722×10^{24} kg.)
 ω is the angular velocity (radian/second)

7. Take the moon's distance from the earth in order to find its orbit

eccentricity with the use of the equation $e = \frac{r_a - r_p}{2a}$ by r_p is the radius at perigee r_a is the radius at apogee a is length of semi-major axis and e is eccentricity

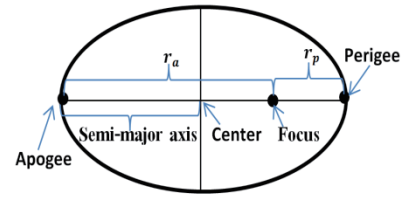


Figure4 : ellipse orbit

Results

Date	Time use by the observer to observe the moon to come back and pass the observer's meridian again(T)(minute)	Orbital period of the moon (M)(minute)	Angular velocity (radian/second) ($\omega = \frac{2\pi}{T}$)	Distance of the moon from the earth (meter) ($r^3 = \frac{GM}{\omega^2}$)	Note
1Aug.-2Aug. 2014	1496	35,830	9.323×10^{-6}	360,000,000	
2Aug.-3Aug. 2014	1494	37,020	2.829×10^{-6}	367,900,000	
3Aug.-4Aug. 2014	1496	35,830	2.923×10^{-6}	360,000,000	
4Aug.-5Aug. 2014	1497	35,260	2.970×10^{-6}	356,200,000	
5Aug.-6Aug. 2014	1499	34,190	3.063×10^{-6}	348,900,000	Perigee
6Aug.-7Aug. 2014	1499	34,190	3.063×10^{-6}	348,900,000	Perigee
7Aug.-8Aug. 2014	1496	35,830	2.923×10^{-6}	360,000,000	
31Aug.-1Sep. 2014	1496	35,830	2.923×10^{-6}	360,000,000	
1Sep.-2Sep. 2014	1495	36,410	2.880×10^{-6}	363,900,000	
2Sep.-3Sep. 2014	1495	36,410	2.880×10^{-6}	363,900,000	
3Sep.-4Sep. 2014	1496	35,830	2.923×10^{-6}	356,000,000	
4Sep.-5Sep. 2014	1494	37,020	2.829×10^{-6}	367,900,000	
5Sep.-6Sep. 2014	1494	37,020	2.829×10^{-6}	367,900,000	
1Oct.-2Oct. 2014	1493	37,640	2.782×10^{-6}	372,000,000	
2Oct.-3Oct. 2014	1491	38,960	2.688×10^{-6}	380,700,000	
3Oct.-4Oct. 2014	1492	38,290	2.735×10^{-6}	376,300,000	
4Oct.-5Oct. 2014	1490	39,660	2.640×10^{-6}	385,200,000	Apogee
Average		36,540	-	-	
Standard deviation		1,494	-	-	

Summary

The average orbital period of the moon is 36540 minute or 25.38 day and in error from the standard orbital period of the moon (27.322) is about 7.124%. The distance of the moon is change every day so its orbit isn't circle. The orbit of the moon is ellipse and the orbit eccentricity is 0.0494.

A Study of Speed and period of the rotation of Saturn's ring

Miss Sidarat Khamphakdee

Email: sidarat.6944@gmail.com

Miss Pannaporn Boonthos

Yasothonpittayakom School

Abstract

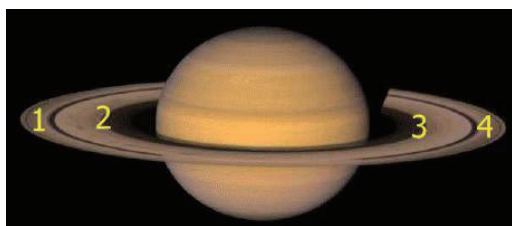
This study is to compare between the speed and the period of rotation surrounding the inner and outer rim of Saturn's ring by taking pictures of Saturn's ring spectrum and find the redshift and the blueshift. The objectives of this study are to (1) study the speed and the period of the rotation of Saturn's ring, (2) apply skill of science process and technology to search information needed, and (3) learn research process using astronomy research process. The research tool is a spectrograph form Thai National Observation, Nakhonratchasima province. The data are examined with the use of mean ($\bar{X}$) and standard deviation (S.D.). After studying, it can be seen that the rotation speed of the inner rim is 8.134 kilometers per second (S.D. = 0.668) and the period is 16.075 hours per round (S.D. 1.344). The rotation speed of the outer rim is 7.970 kilometers per second (S.D. = 1.161) and the time is 30.757 hours per round (S.D. = 4.277). It can be seen that the rotation speed of the inner rim of the Saturn's ring is more than the rotation speed of the outer rim, but the rotation period of the inner rim is less than the outer rim. It's consistent with the third Kepler's law.

Introduction

Saturn is an outer ring planet in the solar system. It is bigger than the earth nine times. When looking through a telescope, the ring surrounding the Saturn is seen. This is very stranger than other planets. It is so beautiful and outstanding that it is called 'the queen of astronomy'. The speed and period of the rotation of the inner rim and outer rim are very important and interesting topic.

Methods

1. Spectrum of Saturn's ring is taken pictures by the telescope by Mr.Samanchan Chandaiaam, (Thai National Observation, Nakhonratchasima province.)



No. 1 : the surrounding of outer rim rotating to the earth

No. 2 : the surrounding of inner rim rotating to the earth

No. 3 : the surrounding of inner rim rotating out of the earth

No. 4 : the surrounding of outer rim rotating out of the earth

2. The data are assessed with the use of AudeLa program to study the redshift and the blueshift of the two rims by H- α wave spectrum and calculated by the following these equations :

$$(1) \quad v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \times c \qquad (2) \quad v = \left(\frac{1}{4}v_r\right) \cos\theta$$

When V_r = Speed radius

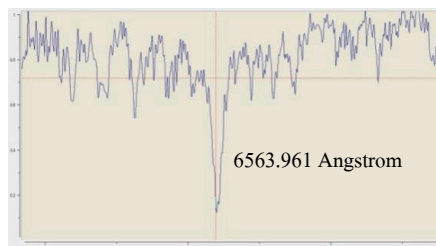
$\Delta\lambda$ = The different of wave length rounding rotating to and out of the Earth

λ = The wave length averaging surrounding rotating to and out of the Earth

c = Light speed (300,000 kilometers/second)

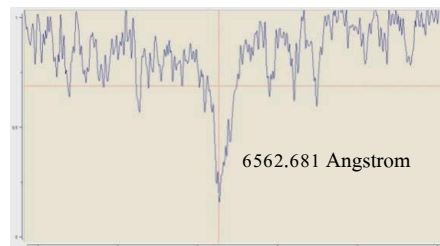
3. To find the one round of turning around rotation period of the ring is the length of the outer ring circle and the inner ring circle and divided by the speed found. After that it is changed into hour per round unit to find the rotation speed and time of all the ten rings each. And then the rotation speed and period are taken to find the average. Finally, the data are taken to calculate and compare, conclude and discuss.

According to the data analyzed with the use of the program, the H- α wave length can be read as the following examples:



The figure No.4 (The data No.1)

The surrounding of inner rim rotating out of the observer



The figure No.1 (The data No.1)

The surrounding of outer rim rotating to the observer

Result

Table : Comparison of the average of rotation speed and period of the inner and outer rim of the Saturn's ring

Rim	Rotation speed (kilometers per second)	S.D.	Rotation period (hour per round)	S.D.
Inner	8.134	.668	16.075	1.344
Outer	7.970	1.161	30.757	4.277

After studying, it can be seen that the speed of rotation surrounding the inner rim is 8.134 kilometers per second and the period of rotation is 16.075 hours per round and the speed surrounding the outer rim is 7.970 kilometers per second and the period of rotation is 30.757 hours per round. In conclusion, the rotation speed of the inner rim is more than the outer rim and the rotation period is less than the outer rim.

Discussion

From the study, it meets that the rotation speed of the inner rim of the Saturn's ring is more than the outer rim, but the rotation period is less than the outer rim because the radius length is less than. It's consistent with the third of Kepler's law said that "the square of the orbital period is proportional to the cube of the distance from the center". That is the speed of rotation is increased when the orbital period decreases.

Acknowledgements

I owe deep gratitude to a project teacher, Mrs. Pannaporn Boonthos, for her advice and encouragement. I would also like to thank Mr.Samanchan Chandaiaam and Mr. Matipon Tangmatitham, the officers of the National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization), Thai National Observation, Nakhonratchasima province, facilitated from several the Advance Astronomy Workshop for Teacher project, The National Astronomy Research Institute of Thailand (NARIT) and The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) for their support and promotion for this study.

References

Machine of spectrograph. Thai National Observation, Nakhonratchasima province.

Matipon Tangmatitiam, **Handbook of practical astronomy study**, Academic and Information Astronomy Resource Center, September 2013.

The study of the distance of the nebula from the angular distance relation

Miss Jinnipar Pliansamai

E-mail: 25436jinnipar@chiangkham.ac.th

Chiangkhamwittayakhom School Phayao, Thailand

Advisor: Mr.Sakdawoot Maungkorn

Abstract

The objective of the distance measurement of the nebula in this research is to study the method in astronomy which will be used in the distance measurement of celestial objects. There are 2 ways from the analyses: Angular distance and radius measurement of nebula from Light Echo in V838 Mon nebula by using the database of photographs taken from Hubble Space Telescope and Measure radius of nebula from assessing stellar wind in NGC 2244 (Rosette Nebula) by using the database of photographs taken from SAO-DSS. According to the study, I found that the distance from the earth to V838 Mon nebula is 2.20 ± 0.40 kpc and the distance from the earth to Rosette Nebula is $2,100 \pm 300$ pc.

Introduction

Phenomenon of Light Echo is the travelling of light to various points in nebula area and make us found the nebula appear larger. We can use the expansion rate of nebula based on the movement of light to analyze for the angular distance and the radius, then to find the distance of V838 Mon nebula to the earth. The second method is the study of the distance of the nebula from assessing stellar wind in NGC 2244 (Rosette Nebula). According to the study of Bengt Strömgren we found that a star which is in the central of nebula has spectral type O which radiates high-energy ray especially ultraviolet ray. This causes the process of ionization of hydrogen surrounding. The electrons of the hydrogen released into free electrons so we can not see that area called H II Region or Strömgren sphere. We can find its size from the assessment of the fixed stars radiation in the center and use it to find out the distance of nebula to the earth.

Methods

The study of the distance of nebula from the angular distance from the phenomenon of Light Echo in V838 Mon Nebula



Picture 1 showed the rate of travelling of light

1. Find out the radius from the study of the rate of the light we get the radius(s) of nebula at various times.
2. Find out the angular distance ($\Delta\theta$) which the light travel to in each range of time from SAOImage DS9 software.
3. Find out the distance from the earth to nebula (d) from equation $d = \frac{s}{\Delta\theta}$
4. Repeat steps 1-3 with other ranges of time needed to study the rate of the light movement. Then take the distance from each range to find out the average. The results are in Table 1.

Date	t (s)	$\Delta\theta$ (rad)	s (km)	d (kpc)
6Jan 2002–20 May 2002	11,577,600	6.15×10^{-5}	3.471×10^{15}	1.80
6Jan 2002–2 Sep 2002	20,649,600	1.01×10^{-4}	6.190×10^{15}	2.00
6Jan 2002–17 Dec 2002	29,808,000	1.27×10^{-4}	8.936×10^{15}	2.20
20 May 2002–17 Dec 2002	18,921,600	6.57×10^{-4}	5.672×10^{15}	2.80
Average				2.20 ± 0.40

Table 1 showed the angular distance and the distance from the earth to Nebula V838 MON

Result and Discussion

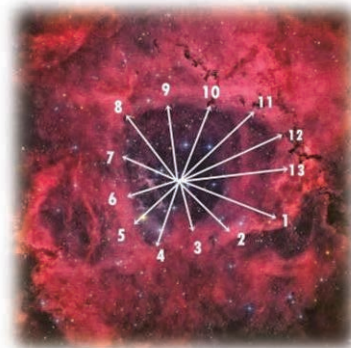
According to the distance measurement of the V838 MON Nebula, I found the problems of error from the angular measurement. When I took all ranges of time to find out the average, the distance was 2.20 ± 0.40 kpc but the distance from the database was 6.6 kpc

The study of the distance from the angular distance measurement of nebula from assessing the stellar wind in NGC2244 (Rosette Nebula)

1. Find out the angular distance of the star which is in the central of nebula with the boundary of Strömgren sphere by SAOImage DS9 software.
2. The central star has spectral type O. When we compare with the temperature table and luminosity the temperature is 42,000 K and the luminosity is $499,000L_{\odot}$. Then find out the wavelength which the central star and obtained was 69 nm.
3. Find out the energy which the central star. The energy which the central star released is 2.88×10^{18} J
4. Find out photon numbers. Photon numbers is $6.65 \times 10^{49}s^{-1}$
5. Find out the coefficient of the recombination of proton and electron which α will vary to the surface temperature. The coefficient of the recombination is $6.817 \times 10^{-20} m^3s^{-1}$
6. When we know all variable values, we can find out the radius of Strömgren sphere from the equation

$$r_s = \left(\frac{3N}{4\pi\alpha} \right)^{\frac{1}{3}} \times (N_H)^{-\frac{2}{3}}$$

The radius of Strömgren sphere is 9.25 pc. Find out the distance of nebula but the angular distances of each side are not equal. I have to find each side to average so it is much accuracy as the photograph. And we can find out the distance of nebula.



Picture 2 showed the Strömgren sphere and stars in each side around the sphere

Result and Discussion

According to the study, I found that the distance of NGC2244 (Rosette Nebula) is $2,100 \pm 300$ pc. But the distance from data base is 1,600 pc. This error is caused of the analysis of the angular distance of Strömgren sphere. As the central star radiates ultraviolet ray, it causes Strömgren sphere which the radius of each side are not equal.

Acknowledgement

To complete all the processes of this research from the data collection, the data analysis, to the report making, the author was supported, facilitated from several sectors the Advanced Astronomy Workshop for Teachers project, the National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT) and The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST). The author was very grateful and appreciated the precious supports.

References

- Cen, Renyue, and Zoltan Haiman. "Quasar strömgren spheres before cosmological reionization." *The Astrophysical Journal Letters* 542.2 (2000): L75.
- Ostlie, Dale A., and Bradley W. Carroll. *An introduction to modern astrophysics*. Addison-Wesley, 2006.
- NGC 2244 - Simbad." 2012. 7 Dec. 2014
- Strömgren sphere - Wikipedia, the free encyclopedia." 2005. 7 Dec. 2014
- v838mon - Simbad." 2012. 9 Dec. 2014

南極の夜空の明るさ観測

～新宿との比較・月の影響～

海城中学高等学校地学部 夜空の明るさ研究チーム

西尾 真輝(高2)、廣木 颯太郎、右田 亜朗、法兼 佑泰(高1)、古賀 悠人(中3)、石川 航大(中2)

1. はじめに

今まで私たちは本校のある東京・新宿の夜空の明るさ観測を進め、夜空の明るさの増減に地上光と共にエアロゾルが関係することを突き止めた。そこで、新宿とは対照的な地上光のないと思われる場所での夜空の明るさは、どのような要因が影響しているかを調べたいと考え、私たちは、その1つに極地を選んだ。そこで国立極地研究所が主催する南極北極科学コンテストに応募し南極科学賞を頂き、1年間南極での観測を実施した。今回は、南極と新宿の夜空の明るさの比較や月の明るさが夜空の明るさに及ぼす影響に関して発表する。

2. 調査方法

・ 南極(昭和基地)の夜空の明るさ

南極での観測は、第55次南極越冬隊の方々に行っていただいた。SQM-LEを、南極・昭和基地の観測棟に設置されているオーロラ観測カメラの横に設置し、2014年3月2日から2014年12月まで観測した。観測間隔は5分間で、室内のパソコンで自動観測をした。



・ 月の明るさ

月の明るさは、Kevin Krisciunas, Bradley E. Schaeferによる『A MODEL OF THE BRIGHTNESS OF MOONLIGHT』(1991)を参考とし、月の位相角(月から見た太陽と地球のなす角度。満月:0° 新月:180°)と仰角から理論値として月の明るさを求めた。また、南極の夜空の明るさにおいて月の影響を補正した。

3. 結果・考察

・ 南極の夜空の明るさ

図2は南極と新宿の同じ季節で月が出ていない、一晩中快晴だった日の夜空の明るさを比較したものである。グラフの上ほど暗いことを示す。これより南極のほうが新宿よりも夜空の暗いことが分かる。これは人工光がほぼ無いためだと考えられる。また、データが急激に上昇・下降する部分は太陽の影響があり、黄道と地平線のなす角度が南極のほうが小さく薄明時間が長いために、傾きが緩くなっている。

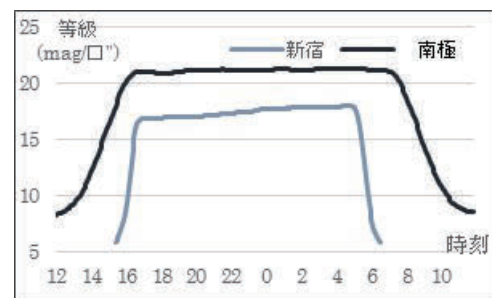


図2：2014/12/13の新宿、2014/6/26の南極の夜空の明るさ

図3は薄明時間を除いた一連の夜空の明るさの変化(以下、経時変化)を見たグラフである。新宿、南極ともに時間経過に伴い暗くなる傾向が見られる。新宿での変動は人工光の増減が原因と考えられているが、南極では人工光がほぼ無い。南極での変動の原因として、オーロラが大きく関係することを越冬隊の方と確認した。今後はオーロラとの詳しい比較を進める必要がある。

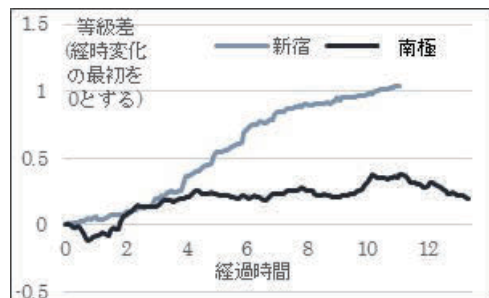


図3：2014/12/13の新宿、2014/6/26の南極の経時変化

・月の明るさ

新宿では人工光の増減や大気の流れが大きく、純粋な月の明るさ影響を調べることができなかった。今回は南極のデータを使用して、月の明るさ影響を考察する。以下に示した図4は、月の仰角、位相角の変化による月の明るさの変動を理論値として示したものである。グラフの上ほど明るい。これより満月で天頂にあるほうが明るく、仰角変化のほうが変化の大きいことが分かる。

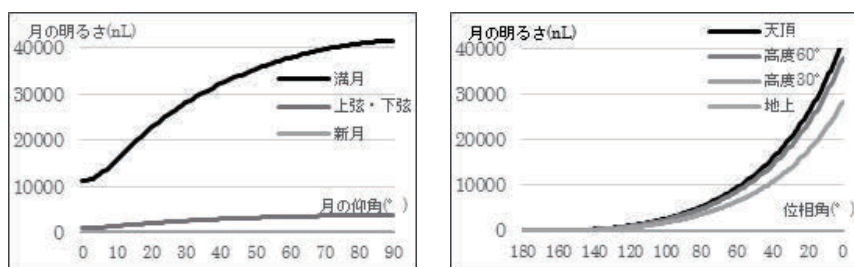


図4：仰角変化と位相角変化による月の明るさ(論文参考)

図5は実測値からその時の月の影響を取り除いたものである。左軸は実測値、右軸は補正後である。補正値が実測値よりも暗いこと、値の変化が小さくなっていることから、月の明るさの影響を一定で取り除けている。ただし、補正値だけでなく実測値自体の変化も大きいため、オーロラなどの影響が元々あると思われる。

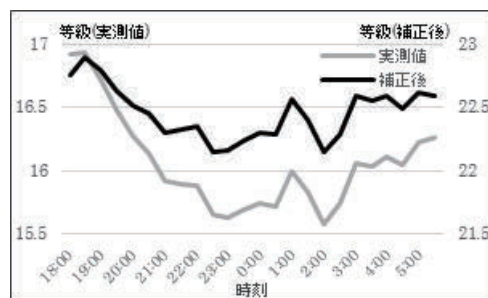


図5：2014/6/13の南極の夜空の明るさと補正後

4. まとめ・課題

以上より南極の夜空の明るさは新宿よりも暗く、また経時変化が小さいことが分かった。月の明るさでは一定の影響を取り除くことができたが、オーロラの影響と思われる乱れがある。今後はメカニズム解明に向けて、オーロラとの比較を行う予定だ。

5. 謝辞・参考文献

本研究を進めるにあたってご協力いただきました。この場を借りてお礼申し上げます
牛尾収輝先生(国立極地研究所 第55次南極越冬隊長) 渡部潤一先生(国立天文台副台長)
上村剛史先生(海城中学高等学校地学部顧問)

- ・環境省『光害対策ガイドライン～良好な照明環境のために～』
- ・気象庁 過去の気象データ検索 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>
- ・株式会社AstroArts 天文シュミレーションソフトウェア「ステラナビゲータ Ver.9」
- ・Kevin Krisciunas, Bradley E. Schaefer 『A MODEL OF THE BRIGHTNESS OF MOONLIGHT』 (1991)

棒の影とピンホールによる太陽像の位置の観測から均時差の原因を探る

竹村 典晃, 渡村 友哉 (中2) 【長野県塩尻市立丘中学校】

1. 研究の概要

太陽の南中高度が季節により変化する様子や、南中時刻はいつも決まった時刻かどうかについて知りたいと思い、この研究を始めた。水平な板の上に見える棒の先端の影やピンホールによる太陽像の位置を記録する方法で、太陽の一日の動き（高度、位置角）を1年半の間、継続的に観測した。また、南中時刻の変化（均時差）が生じる原因について仮説を立て、作ったモデルと観測結果とを比べて考察した。

2. 研究の方法

(1) 観測装置・・・太陽の位置を正確に調べるために、影を利用した二つの装置を作った。(図1)

【装置1】頂角 65° を持つ棒の先端の影の位置を水平面上に記録する。

【装置2】装置1の改良型で、直径2mmのピンホールにより水平面上にできた太陽像の中央の位置を記録する。

※両装置とも棒の先端又はピンホールの穴から錘を下げ、記録水平面についた位置を「原点」とし、校舎の長辺方向をx軸、短辺方向をy軸とした。



図1 観測装置（装置2）

(2) 観測の方法

週に1回程度観測日を設けて、次のような観測をおこなった。

- ① 装置を理科室のベランダに設置した。装置を校舎に密着させて、装置の方向が常に一定になるようにした。
- ② 装置1は15分ごと、装置2は5分ごとに影（太陽像）の位置を記録し、太陽の動きを詳しく調べた。
- ③ 各観測ごとに表計算ソフトで太陽の高度と方位を求めた。

3. 影の位置の観測の結果

(1) 水平面上の影の位置について

一日の影の軌跡の形は、夏は棒を囲む形だったが、冬は棒の反対に開く曲線となった。また、9月29日の1日の影の形が直線に近かった(図2)。これより、秋分(春分)の日の軌跡は直線になると考えられる。

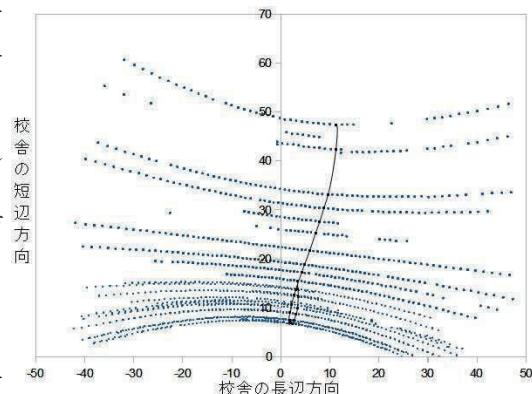


図2 装置2による太陽像の位置の観測

曲線は正午の観測点を結んだもの。

(2) 正確な方位について

- ① 秋分、春分は太陽は真東から昇り真西に沈む。これより、影の描く直線は正確な東西を指していると考えられる。
- ② ①とは別に、原点を中心とした円を描き、それが太陽の軌跡と交わる2点を結ぶとそれが東西になる、という方法も見つけた。この方向は①の結果とよく一致した。
- ③ 同じ時刻の点を結んでも正確な南北にならない。

(3) 太陽高度の1日の変化について

- ① 方位角が 180° (真南) になったときに最も太陽高度が高い。
- ② 太陽高度は、方位角 180° を軸として、左右に対称である。
- ③ 太陽が最も高くなる時刻は一定ではなく、変化している。

4. 南中時刻の観測

南中時刻の変化を詳しく観測した。装置1, 2を使い、正確な南北の線（子午線）を影の先端（または太陽像）が通過する時刻を、正確に測った。その結果、図3を得た。グラフから、11:48頃を中央として1年に2回15分ほど早くなったり遅くなったりする変化（均時差）をすることがわかった。11:48頃が中央となるのは、日本標準時子午線からの経度の差（ $2^{\circ} 57' 53''$ （約11.83分））によると考えられる。

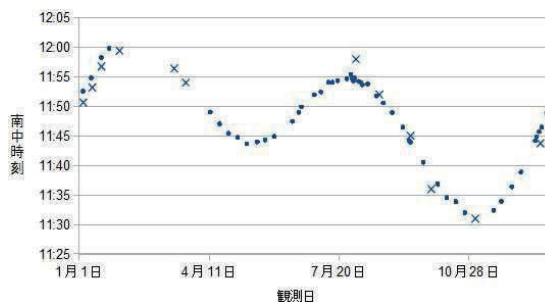


図3 南中時刻の季節による変化

×は装置1, ●は装置2

5. 均時差が起こる原因の考察と、観測との比較

【仮説1】地軸の傾きが原因である

均時差は一年間を単位として変化していることから、年間の南中高度の変化と同じように、地軸が公転面に対して 23.4° 傾いているためではないかと考え、確かめるための模型（モデル）を作った（図4）。地球は自転しながら太陽の周りを公転するため、1回転自転しても南中せず、1日に $1/365$ 回転だけ余計に回らなければならない。地軸が傾いているので、図6中の経線と公転面の線にずれができる。これが均時差の原因と考え作図で数値を求めた。すると、1年に2回、約10分上下する波の形の変化のグラフが得られた（図5）。この曲線の山や谷に当たる日は、観測結果に近い位置にある。以上から、地軸の傾きが均時差の主な原因だと考えられる。しかし、観測結果のグラフとは形や振幅の大きさが異なっている。そこで、観測結果から「地軸による均時差」を引いてみると、図6のような波の形の曲線が得られた。

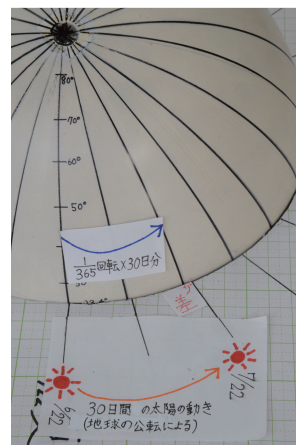
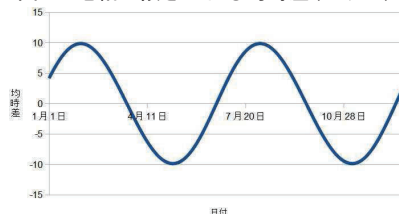


図4 地軸が 23.4° 傾いていることによる均時差の原因（モデル）

図5 地軸の傾きによる均時差(モデル)



【仮説2】太陽は地球軌道の中心から少しずれている

波の形のグラフ（図6）は1年を周期とした変化をすることから、地球の公転の形や位置や速さに関係があるのではないかと考えた。もし地球の公転軌道（円）の中心に太陽が位置していなければ、季節によって太陽が公転軌道の中心にある場合とずれが生じ、均時差が起こるだろう。波の形の振幅は7分ほどであり、作図して確かめたところ、軌道半径の0.031倍だけ太陽が地球の公転軌道の中心からずれていればこの変化を説明できそうである。

6. 太陽の視直径の変化の観測

太陽が地球の公転軌道の中心になれば、地球と太陽の距離が変化し、太陽の見かけの大きさも変化するはずである。そこで、望遠鏡の投影板上で太陽が直径動く時間を測定して視直径が変化するかを観測した。それについては本稿とは別のポスターで発表する。

7. まとめ

◇南中時刻は1年に2回、波打つように変化している（均時差）。

◇均時差が起こるのは、地軸が公転面に対して 23.4° 傾いていることが原因の一つではないかと考えられる。

8. 参考文献

柿元他、影を利用した太陽高度と方位の季節による変化の観測、日本天文学会2014年ジュニアセッション予稿集

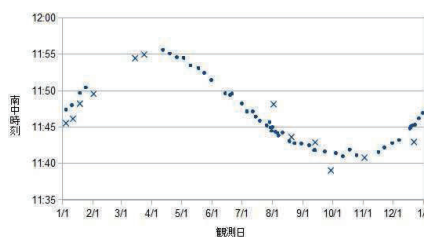


図6 観測値から「地軸による均時差(モデル)」を引き算した結果

×は装置1, ●は装置2

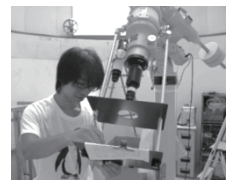
70 年に及ぶ太陽黒点観測の成果

野坂 敦史(高2)【東京都立立川高等学校天文気象部】

1. はじめに

我が部の太陽黒点観測は1947年から約70年間に渡って続いてきた。開始当初はほぼ毎日観測し、国立天文台にデータを提供していた時期もある。部の事情で途切れたこともあったが、現在は復活し、蝶形図も作成してきた。今回の研究では、長年に渡る観測記録を整理し成果をまとめるために連続したグラフを作成した。更に、公共の観測所と比較し、我が部のデータの傾向がそれらと大局的に一致することが確認できた。

黒点観測は長年続く「伝統」であるが、継続することは大変である。インターネットでリアルタイムの太陽画像を入手できる時代に、あえてスケッチ観測を続けていく意味を考え、今後どのように続けていくかを考えたい。



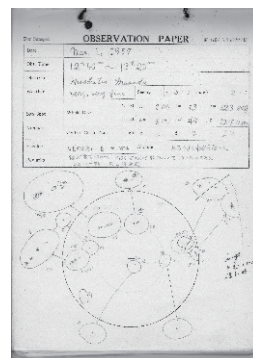
2. 目的

- ①長年のデータをまとめ、我が部の観測精度について考察する。
- ②今後の観測をどのように続けていくかを考察する。

3. 方法

- (1)過去の黒点相対数をまとめ、連続したグラフを作成する。
 - ①現2年生部員6名が、紙の観測用紙5532日分一枚一枚から黒点相対数と、月毎の観測日数を読み取り記録した。この作業は半年かけて行った。観測用紙がみつからない期間もある。
 - ②月毎の黒点相対数の平均を計算して、Excelでまとめた。
 - ③1947～2014年の黒点相対数及び月毎の観測日数を連続したグラフにした。
- (2)公共の観測所とデータを比較する。
 - ・国立天文台 太陽観測所
 - ・ベルギー王立天文台
- (3)観測方法を検討する。

黒点観測は当番制で部員の全員が取り組むようになっているが、スケッチ後のデータ整理は複雑で理解しづらかった。4年前には、先輩が黒点の経緯度を読み取るために観測用紙をスキャンしてデジタル化するプログラムを作成した。しかしその操作が難しかったため、黒点班となった私が、一昨年に詳しいマニュアルを作成した。



4. 結果

黒点相対数の連続グラフ(1947年～)を公共機関と比較した結果が図1である。

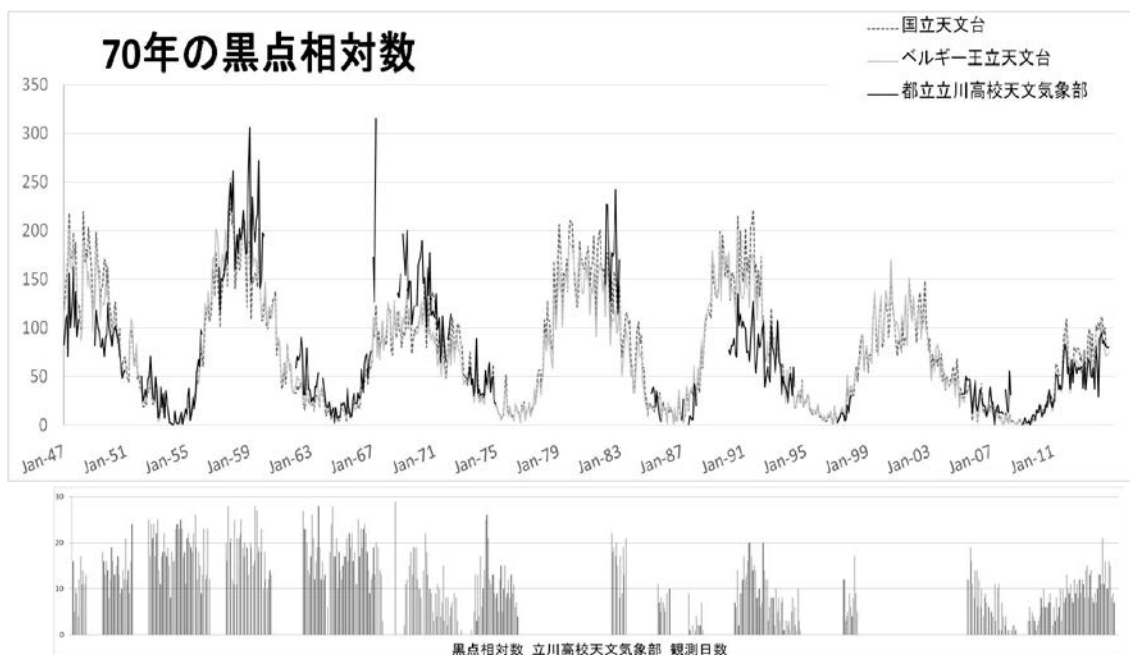


図 1

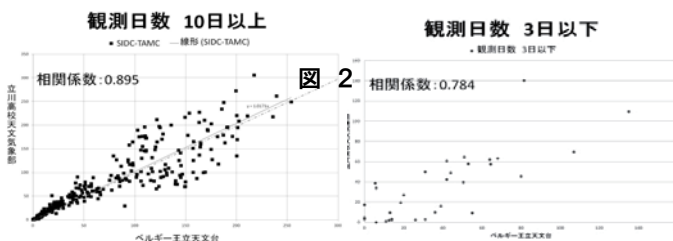
- ・3か所とも大局的な増減の傾向は概ね一致している。
- ・我が部と観測所のデータの“差”が大きくなる個所は、黒点数の多い時期に見られる。
- ・黒点数の少ない時期は、他の観測所と特によく近似した形になった。
- ・“差”が大きい時期を見ると、我が部の観測日数の少ない月であることが多い。観測日数が1日しかない月もあった。

我が部のデータは断続的なものの、公共の観測所が示す、黒点数増減の11年周期の傾向に概ね一致していることを確認できたことは大きな成果であるといえる。

5. 考察

上述した“差”について「観測日数の少なさ」が原因であると仮定して検証を行った。図2より、月の観測日数が10日以上ときの相関係数は0.895、3日以下のときは0.784と、観測日数が多い方が強い正の相関となっている。観測日数が少なければ、ひと月の観測精度が低くなるのは予想されたとおりである。

但し、当然ながら黒点数の少ない月については観測日数の影響をあまり受けず、ばらつきが少ない。これは、黒点が少ないときは大きく、複雑な黒点が多く出現せず、1日毎の黒点数の大きな変化が少ないことや、黒点相対数を求める数式「黒点相対数＝補正值×(10×黒点群数＋黒点数)」に依存するものであると推測する。



ベルギー王立天文台を基準とした 国立天文台及び立川高校の黒点相対数の差

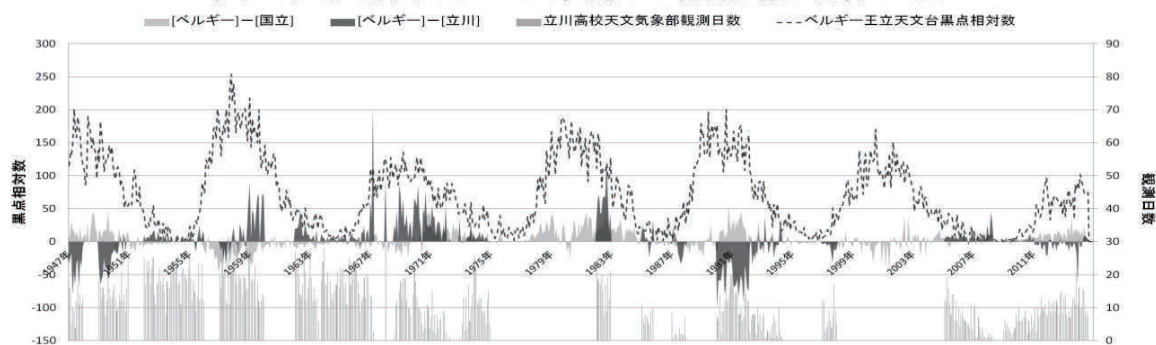


図 3

次にベルギー王立天文台との観測値を基準として、国立天文台及び我が部の観測値の差がどれくらいあるかを比較してみた(図3)。ここから公共の観測所同士でも観測値が全て一致するわけではないことが読み取れる。我が部の観測値の差は、国立天文台に比べ数か所突出している個所があった。その原因として、1) スケッチが正確に行われていないのではないか、

2) 黒点群の取り方が今とは異なるのではないかと

ということが考えられる。現在この期間の記録用紙について調査中である。

6. 最後に

太陽黒点のスケッチ観測は大変な活動である。自らの手でもって望遠鏡を動かし、黒点の一つ一つを描き、データを整理していくのは手間がかかることである。だからこそ、観測をやることに意味があるといえる。70年間多くの部員の努力によって積み上げられたデータをこのような形にまとめられたのは、継続したからこそであり、大きな意味があるのだと思う。

観測値の精度を上げるには観測日数や観測技術が課題となる。天気や休校日の問題、部員の意欲、取り組みやすさなど、継続するには様々な問題がある。国立天文台は1938年以来続けてきたスケッチ観測を1998年からCCD観測に切り替えた。NASAなどは現在、衛星画像を用いた観測をしている。WEB上の画像を用いれば、天候に左右されず、諸問題を解決できるだろう。しかし、そこに次のような問題点がある。①観測データの独自性が失われる。②画像を使った方が楽なのでスケッチ観測が廃れてしまうのではないかと。③実際に観測することの意義が損なわれるなど。

今後、こういった問題点を検討し、観測をどのように続けていくか考えていきたい。

小惑星(15552) sandashoukanの自転周期

谷河 匠, 植木 良多, 坂本 律, 松嶋 大智 (高2)
大前 侑哉, 戎 大地, 川野 実佳, 神田 知哉, 鷹野 友輝 (高1)
【兵庫県立三田祥雲館高等学校 天文部】

要 旨

メインベルト小惑星(15552) sandashoukanの自転周期はまだ求められていない。私たちは兵庫県立大学西はりま天文台、及び世界各地のインターネット望遠鏡を用い観測を続け、自転周期を求めることに成功した。その自転周期は30.6時間であることを求めた。

1. はじめに

太陽系の始原的な情報を豊富に含む小惑星は現在60万個以上発見されているが、詳しい観測がなされている小惑星はそのうち1%程度である。そのため一つでも多くの小惑星の観測を行うことは太陽系の起源を探るうえで大変重要である。

2012年5月新潟市において国際学会Asteroids, Comets, Meteors (ACM)が開催された。三田祥雲館高校天文部はACM実行委員会から招待を受け、世界各国から集まった研究者たちの前で、Garradd彗星の測光観測についてポスター発表を行った。ACMへの高校生の出場は初めてのことであり、これを記念して小惑星2000F026に私たちの学校名がつけられた。2012年の命名以来、日本からは観測しづらい状況が続いていたが、2014年9月以降は北半球から観測をしやすい環境になってきた。この観測好機を生かし自分たちの学校名がついた小惑星の自転周期や鉱物特性などの素性を明らかにすべく測光観測を行った。

2. 観 測 及 び 解 析

観測は当初、兵庫県立大学西はりま天文台（以後 西はりま天文台）及びにしわき経緯度地球科学館「テラ・ドーム」（以後テラドーム）でおこなったが、その結果自転周期が約20時間以上であることが判明したため、長時間継続観測を行うべくアメリカ、スペイン及びオーストラリアに設置されたインターネット望遠鏡を用い、地球の夜の時間帯を追いかけ極力、長時間の連続観測を試みた。観測を行った日時と機材は以下の通りである。

A. 観測日時・機材

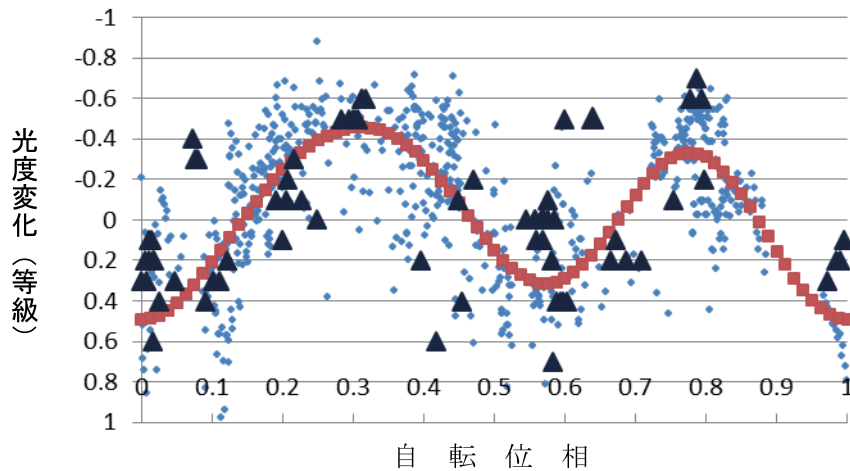
- 1) 西はりま天文台 60cm望遠鏡 カメラ SBIG STL1001E 9月20日、10月24日
- 2) テラドーム 81cm望遠鏡 カメラ SBIG ST9 9月28日
- 3) インターネット望遠鏡 (iTelescope 及び 西オーストラリア州立大学)
(設置場所) アメリカ、スペイン、オーストラリア
40cm級望遠鏡 及び カメラ FLI PL11002
10月15日—17日、10月22日—23日、12月12日
以上3箇所の望遠鏡で530枚の画像を取得

B. 解析

これらの画像データに一次処理を行った後、測光ソフトMaka11i' 及びMP0 Cnopusを用い小惑星の光度を測定した。基準星は4個選んだ。また、自転周期決定にはフーリエ解析ソフトcyclocode及びMP0 Canopusを用いた。

3. 結 果

以上より求めた小惑星 (15552) sandashoukanの自転周期30.6時間となった (図1)。



(図1) 小惑星(15552) sandashoukanの自転周期

測光観測から求めた自転周期。横軸は自転の位相を示し左端が自転の始まり(0時間)、真中0.5が半周した位置、1は1周した位置を示す(30.6時間)。図中の(・)が私たちの観測値、▲は世界からMinor Planet Centerに集まった私たちと同時期の観測光度、及び曲線はフーリエ解析(cyclocode)により求めたライトカーブを示す。

4. 考 察

これまでの探査機による観測の成果より、多くの小惑星は地球のような球形はしておらず、いびつな形をしていることが知られている。このため、小惑星の光度変化によってライトカーブが2つの頂点と、2つの谷間を示した際に、自転周期がもとまると考えられる。図1に描かれたライトカーブはこの形を示しているので自転をとらえている。また、図1に示すようにMinor Planet Centerに集まった世界の観測データと私たちが求めたライトカーブはよく一致しているので、私たちの観測と解析は正しかったと評価できる。小惑星(15552) sandashoukanは絶対等級が12.1等と見積もられ、その大きさは10km程度と見積もられている。このサイズの小惑星の自転周期は数~10時間程度のものが多く、小惑星(15552) sandashoukanは、やや特異な個性を持つ小惑星といえる。

私たちは多色測光も行っているので、今後、このデータを解析することにより小惑星の表面の“色”を決定し、その鉱物特性も明らかにしていきたい。

5. ま と め

- ・小惑星sandashoukanの連続測光観測を行いその自転周期を30.6時間と特定した。
- ・同サイズの小惑星に比べ、比較的長い自転周期を示している。
- ・今後、小惑星の鉱物特性も明らかにこの小惑星の素性を明らかにしていきたい。

参考文献及びURL

- 1) Minor Planet Center <http://www.minorplanetcenter.net/iau/mpc.html>
- 2) B. D. Warner “A Practical Guide to Lightcurve Photometry and Analysis” Springer
- 3) 渡部潤一他 編 シリーズ現代の天文学『太陽系と惑星』日本評論(2008)
- 4) ライトカーブ研究会 Minor Planets at 366 <http://www.toybox.gr.jp/mp366/>

木星の衛星イオと光速度

～イオの公転周期変動を確認した～

岩川 真理子、坂本 夏帆、藪井 かやの（高2）【金光学園高等学校】

1. はじめに

私たちの先輩はレーマー法（図1）を用いて光速度を求める研究を行った。その結果、木星の衛星イオの公転周期が変動していることが明らかになった。イオの公転周期変動を観測によって確認すること、そして、その変動の性質についてより詳しく調べることを目的に研究を行った。

2. レーマーの方法

レーマーの方法の原理を、図1を用いて説明する。木星の衛星イオが木星の後ろに伸びる影（食）から出る時刻を地球で観測し、この時刻を食時刻 t_1 とする。その次に、イオが木星の周りを1公転（公転周期 P 秒）して次の食が観測できる時刻を食時刻 t_2 とする。このとき、木星も公転し、影の位置が変化するため、イオが62.4秒だけ余分に公転した時刻で観測される。つまり、 $t_2 - t_1 = P + 62.4$ （秒）の関係があると考えられる。

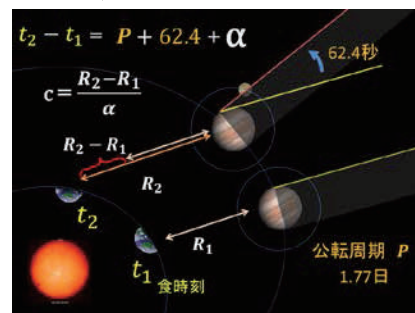
しかし、実際に観測される食時刻には「ズレ」が生じる。（「ズレ」を α 秒とする）この「ズレ」の原因は、最初の食と次の食までに地球も木星も公転するため、地球—木星間の距離が変わる。その距離の差（ $R_2 - R_1$ ）の分だけ“光”が α 秒遅れて届くためであった。

つまり、 $t_2 - t_1 = P + 62.4 + \alpha$ （秒）の関係になる。

そこで、速さ＝距離÷時間の式で光速度 c が求められることになる。 $c = (R_2 - R_1) / \alpha$

この方法を使って、私たちも観測から開始した。 図1 レーマーの考え方

※) イオの公転周期 × (イオの公転周期 / 木星の公転周期) = 62.4（秒）



3. 観測方法

木星によるイオの食について、金光学園天文台の35cm反射望遠鏡と一眼レフカメラで、2013年11月から2014年5月にかけて観測した。7回の撮影に挑戦し、4回の解析可能な食のデータを得た。各々200～300個のデータを元に、ステライメージとマカリを使い測光した。

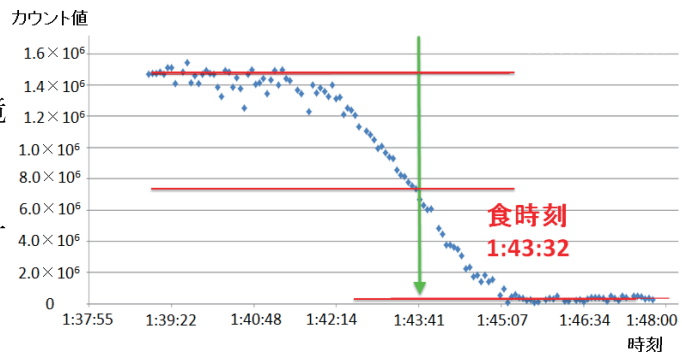


図2 イオの食(11/16消滅)のときのグラフ

Excelでグラフ化（図2）して、4回の食の時刻を求め、実際はイオは何回か公転するので、公転回数をnとして、次の式で光速度を求めた。

$$t_2 - t_1 = n \times (P + 62.4) + (R_2 - R_1) / c$$

P：公転周期 n：公転回数 t：食の時刻

c：光速度 R：地球—木星の距離 62.4：木星の公転（影の移動）

4. 結果・考察

消滅・出現の食時刻の誤差は、最大で約2.5秒で求めることができた。右の表1のように公転周期は変動していることが確認できた。

天文シミュレーションソフト「ステラナビゲータ」の食時刻から計算して求めた公転周期（◆印）と私たちが求めた公転周期（★印）はかなり良く一致した（図3）。先輩の求めた結果（■印）を合わせると、公転周期の変動には約1.2年の周期があることが分かった。しかし、イオの外側を回る他のガリレオ衛星の影響を考えると、さらに細かい周期変動であるのではないかと考えステラナビゲータで最も短い食間隔で公転周期を求めると、図4のように微妙な変動が現れた。ステラナビゲータには秒の単位までしか表示がないので、食時刻には1秒程度の誤差は含まれているが、その誤差の範囲を越えているものもあるので、やはりさらに細かい周期変動は存在すると予想することができる。

期間	P 公転周期
11/8～11/16	152857 秒
2/10～5/6	152850 秒

表1 観測から求めた公転周期

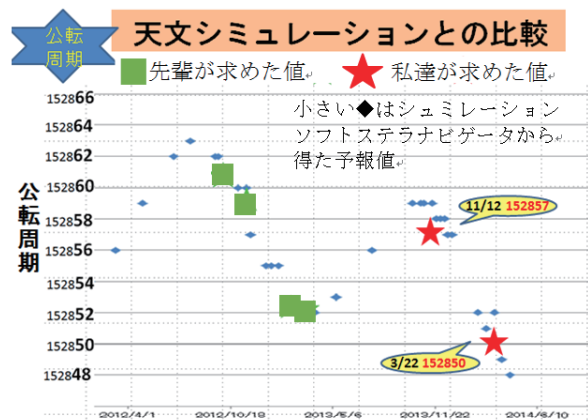


図3 天文シミュレーションとの比較

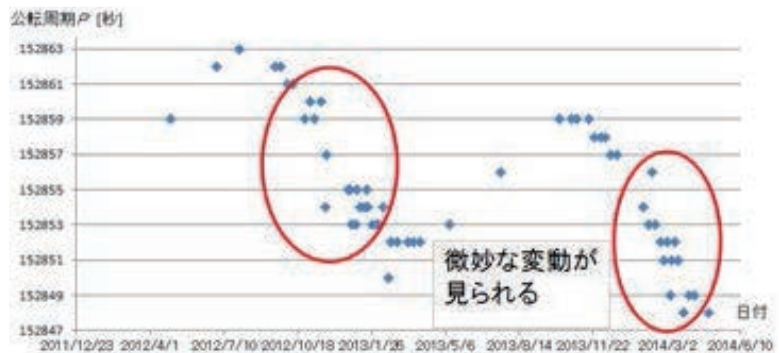


図4 シミュレーションの食時刻から求めた詳細な公転周期

5. 結論と今後の課題

- (1) イオの食の観測・データ解析により公転周期変動を確認することができた。また、その結果は天体シミュレーションの予報と良く一致した。先輩の結果と合わせてみると変動の周期は約1.2年であることが分かった。
- (2) 他の衛星の影響を考えると、さらに細かい変動が予想される。ステラナビゲータの食の予報値から公転周期を求めると、細かい変動が見られた。今後はその変動を観測で確認し、変動のメカニズムを解明したい。

6. 参考文献 「金光学園探究論文集 2013」、ステラナビゲータ

2つの系外惑星のトランジット観測

田中 雅也、名倉 寛人、山口 祐暉、山下 裕司（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

我々は、TrES-1とHAT-P-43という2つの系外惑星をもつと考えられている恒星について、岡山県美星天文台でトランジット法による観測を行った。その結果から光度曲線を作成すると、いずれの恒星についても系外惑星のトランジットによる減光が確認できた。更に、その減光率と母星である恒星のスペクトル型（または色指数）等からそれぞれの系外惑星の半径を推定したところ、TrES-1bは $9.47 \times 10^4 \text{km}$ 、HAT-P-43bは $1.18 \times 10^5 \text{km}$ という値が求まった。

1. はじめに

2014年4月17日、NASAの宇宙望遠鏡ケプラーのデータを分析する科学者チームは、493光年先にある赤色矮星の生命居住可能領域内を、地球によく似た惑星が公転していると発表した。このニュースに興味を持った我々は、自分達で系外惑星の存在を確かめてみようと思った。系外惑星の主な観測方法としては、ドップラーシフト法とトランジット法があるが、ドップラーシフト法では高分散分光観測を行う必要があるため、小型望遠鏡でも手軽に行えるトランジット法を用いることにした。

観測は岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で行い、対象天体はExoplanet Transit Database (<http://var2.astro.cz/ETD/>) より、観測夜にトランジット予報の出ているものの中から選んだ。観測は2夜行えたが、最初の2014年7月11日には比較的減光が大きく先行研究も進んだTrES-1を、2回目の2014年12月5日にはHAT-P-43を選んだ。

2. 目的

我々の研究の目的は、主として以下の2点である。

- (1) TrES-1およびHAT-P-43について連続的に測光観測を行い、その結果より光度曲線を作成する。
- (2) (1)で作成した光度曲線と母星である恒星の物理的特徴より、トランジットを起こした系外惑星の半径を計算により求める。

3. 方法

トランジット観測は、岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で実施した。その観測及びデータ解析の手順は、以下の通りである。

- (1) 望遠鏡に冷却CCDカメラとRcフィルターを取り付け、目的の天体と比較星を含むライトフレーム、フラットフレーム、ダークフレームなどの画像を取得した。比較星の選出は、天文データベースAladin (<http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>) により、目的の天体と等級の近いものを選んだ。
- (2) 「マカリ」（国立天文台・(株)アストロアーツ）により、一次処理を行った。
- (3) 引き続き「マカリ」を用いて、開口測光により目的の天体と比較星の明るさを測り、比較星に対する目的の天体の相対的な明るさを求めた。
- (4) (3)のデータより、「Microsoft Excel」を用いて光度曲線を作成し、それによりトランジット中の減光率を求めた。

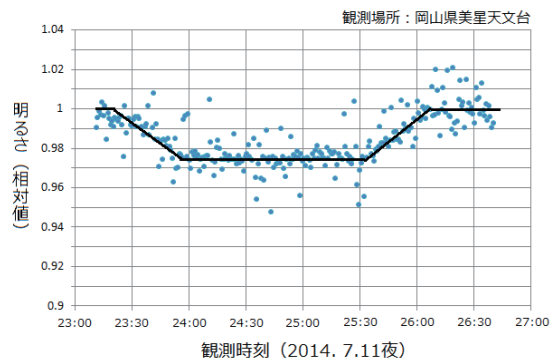
- (5) (4)の減光率が母星である恒星に対する系外惑星の断面積比であるとして、次式により恒星に対する系外惑星の半径比を求めた。

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

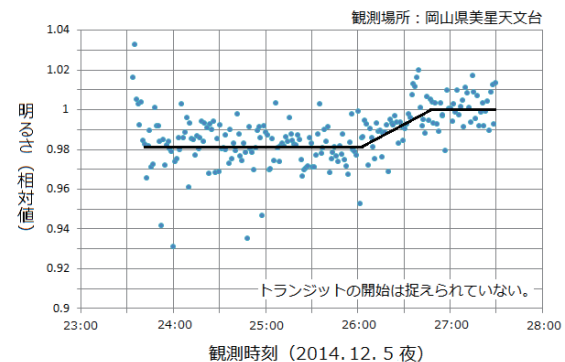
- (6) 母星である恒星のスペクトル型（または観測によって求めた色指数）と光度階級などから恒星の半径を推定し、これと(5)の半径比を用いて系外惑星の半径を求めた。

4. 結果

TrES-1



HAT-P-43



5. 考察

- (1) 光度曲線を作成すると、いずれも系外惑星のトランジットによる減光が確認できた。また、トランジット中の減光率は、TrES-1は2.5%、HAT-P-43は1.9%と求めた。
- (2) 3の(5)の式で、母星である恒星に対する系外惑星の半径の比を計算すると、
TrES-1bは、 $r = R\sqrt{0.025} \approx 0.16R$ HAT-P-43bは、 $r = R\sqrt{0.019} \approx 0.14R$ となった。
- (3) 前出のAladinによると、TrES-1のスペクトル型はK0Vとなっている。また、Allen's Astrophysical Quantities によると、K0型の主系列星の半径は $0.85R_{\text{sun}}$ (R_{sun} : 太陽半径)であるから、TrES-1bの実半径は、 $r = 0.16 \times 0.85R_{\text{sun}} = 9.47 \times 10^4 \text{km}$ となる。これは木星半径の1.33倍に相当する。
- (4) HAT-P-43については、観測実施日にBフィルターおよびVフィルターを取り付けて取得した画像から、B等級は14.07等、V等級は13.58等と測定できた。よって色指数B-Vは0.49等となり、主系列星と考えると、前出のAllen's Astrophysical Quantities より、半径は $1.2R_{\text{sun}}$ と推定できる。よって、HAT-P-43bの実半径は、 $r = 0.14 \times 1.2R_{\text{sun}} = 1.18 \times 10^5 \text{km}$ となり、木星半径の1.64倍に相当する。
- (5) The Extrasolar Planets Encyclopaedia (<http://exoplanet.eu/catalog/>) によると、TrES-1bの半径は木星の1.099倍、HAT-P-43bの半径は木星の1.283倍となり、いずれも我々の値の方が2~3割ほど大きくなった。

6. まとめ

今回の2つの系外惑星は、それらの公転周期から考えると、いずれもホットジュピターに相当することがわかった。今後は、光度曲線のフィッティングから軌道傾斜角を求める方法からも半径を求めてみたい。また、スーパーアースをもつ候補天体のトランジット観測についても試みたいと思う。

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

プラネタリウム投影用ドームの作成

稲田 紫苑、稲生 花穂、梅澤 穂摘、江口 和奏、大槻 真子、表 結花、加瀬 綾香、
澤野 結奈、田代 愛実、中道 未萌(高2)、阿部 美咲、濱野 瑠南(高1)
【星野高等学校天文部】

1. はじめに

私たちは毎年文化祭でプラネタリウムの上映をしている。プラネタリウムの投影装置は学研が出している「大人の科学」のキットを使用している。昨年までは、プラスチック段ボールを使って星を映すためのはめ込み式のフラー型ドームを作成してきたが、今回から紙段ボールを使った貼り合わせ式のフラー型ドームを作成することにした。

2. 今回のドームを作るにあたって

はめ込み式のドームが誤差が生じ組み立ての際に歪んで崩れてしまったため、今回は張り合わせ式を用いた。両方の誤差が生じる原因を比較した。

表；製作の時の誤差

はめ込み式	貼り合わせ式
ア．切りとるとき	オ．切りとるとき
イ．型が次第に崩れてくることによる	カ．定規で線を引くとき
ウ．組み立てるとき	キ．組み立てるとき
エ．部品(はめ込むキャップ)をつくるとき	

表中のアとオ、ウとキではほとんど誤差は変わらない。イとカを比較するとイでは型のサイズが変わってしまう。カでは毎回定規で測るため最小限の誤差で済む。これに加えてはめ込み式はエでさらに誤差が生じる。そのた貼り合わせ式を用いることにした。

まず貼りあわせ式の試作品として寄せ集めの段ボールでドームを作ったが、厚さが均一でなくのりしろの幅を統一していなかったので重さが場所によって変わってしまいきれいなドーム型にならなかった。また、ドームの内側を白にしないと投影できないため、ペンキを塗る必要があった。それらの点を踏まえて、今回は厚さが均一で白い段ボールを購入し、のりしろの幅を均一(2 c m)に設定し作成した。

3. ドームの作り方と材料

(a)ドームの材料

白段ボール、白ガムテープ、アルミテープ、ボンド、クリップ、カッター、定規

(b)ドームの作り方

- i)インターネットサイト (<http://www.desertdomes.com/dome3calc.html>) にて半径を入力し、フラー型ドームの辺の長さとしを求める。

ii)上の図のサイズに従って段ボールからパーツを切り出し、のりしろの内側に切り込みを入れる。(誤差 0.5 c m まで、切り込みを深くしない)

iii)パーツの枚数：A A B 30 枚、F C D 30 枚、C F D 30 枚、C C B 30 枚

D D E 30 枚、E E E 10 枚

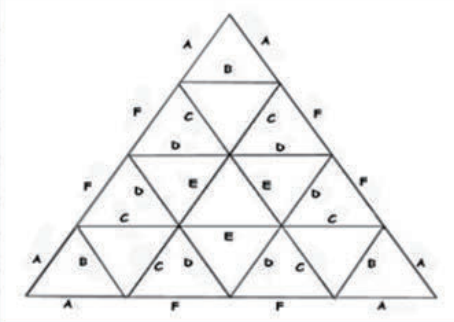
(図1のアルファベットを各A、B、C、D、E、Fを一辺とする各三角形)

iv)段ボールの白い面が、内側に来るように貼り合わせる。

v)三角形の辺と辺をボンドで貼りあわせ、乾くまでクリップで止めておく。

vi)球体が完成したら、内側からすべての辺と辺の間の隙間から光が入らないようにアルミテープを貼り、その上から白いガムテープを貼る。

Strut	Length	Dome	Sphere
A	35.44	30	60
B	41.33	30	60
C	41.23	60	120
D	43.80	70	120
E	45.48	30	60
F	41.80	30	60
4-way connectors		20	0
5-way connectors		6	12
6-way connectors		65	150



枠組みの中の数値の通りに切り出したパーツを右の図の通りに貼り合わせる

4. 製作上の注意

- ・パーツの誤差を 0.5 cm 以内にする
- ・のりしろの幅を合わせる
- ・のりしろの部分に切り込みを入れる際、段ボールの厚さの半分を超えないようにしてのりしろが取れないようにする
- ・少しでも折れていたりすると歪んでしまうので、折り目のない状態の段ボールを使用する
- ・組み立てる際は星を映す面に段差が生じないように注意する
- ・組み立てる際も少しでもずれると組み立てがうまく出来なくなってしまうのでずれないように注意する

5. まとめ

前回製作した、テスト用ドームの反省を生かし、本番サイズのドームを作成した。均一の段ボールを使用したため、前回よりも頑丈なドームが完成した(図1, 図2)。

また昨年まで使用していた土台が合わなくなってしまったため新しく土台を作り直したが、上のドームに合わせて入口に隙間が空いてしまったので今後改善していきたい。



図1：完成したドーム(奥はテスト用ドーム)



図2：ドーム内部

三球儀の製作～月の満ち欠けをマスターしよう～

兒玉 翔、田本 優花（高2）久野 裕矢、多田 晴菜、松田 和希（高1）

【岐阜県立大垣東高等学校天文研究同好会】

1. はじめに

現在、宇宙への関心はとても高まっているように感じる。しかし「月の形はどうして変わるの？」や「三日月はいつ見えるの？」という質問に正しく答えられる人はあまりいないような気がする。子ども達を含め、多くの人達が楽しく月の動きについて理解を深めてもらいたいと考えた。

そこで、私たちは三球儀を作り、特定の時刻と月齢のときの、地球から見た月と太陽の位置関係を見ることができ、太陽光を反射して月の形が変化していく様子をわかりやすく説明できるように、今回のものづくりに取り組んだ。

2. 目的

この三球儀により、太陽、月、地球の三つの天体の位置関係から、月の満ち欠けについて子ども達にもわかりやすく学習でき、理解しやすくする。

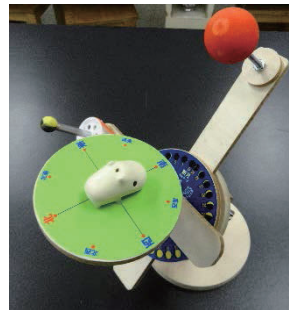
また、三球儀は、市販されているものもあるが、高価で簡単には買うことができない。そこで、多くの人たちが同時に使えるように、より簡単に装置を数多く作ることができるような工夫をした。

3. 製作方法

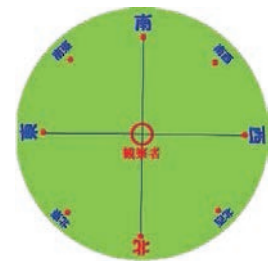
〔図1〕は、完成品である。

〔図1〕

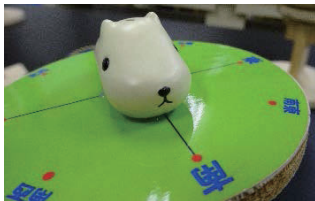
- (1) ベニヤ板から各パーツを切り取る。
- (2) 方角を示す盤〔図2〕をパソコンを使い作り厚紙にプリントアウトする。〔図2〕を、〔図3〕の様に貼り付ける。
- (3) 各パーツを、組み立てる。プーリーは、同じ高さに合わせてパイプに固定する。〔図4〕



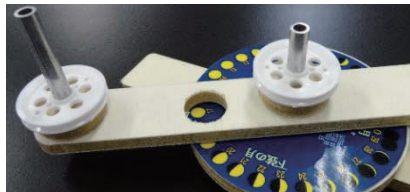
〔図2〕



〔図3〕



〔図4〕



IV プーリー用ゴムの長さを調整する。プーリーにプーリー用ゴムを掛ける。〔図5〕

〔図5〕



4. 使い方

月齢盤を見て、見たい月齢に月のアームを合わせる。この時、太陽のアームは、動かない。次に、月を見たい時間に、地球から見た太陽の位置を、太陽のアームを回して合わせる。この時は、先に合わせた月齢の位置のままで月のアームも回る。こうすることで、3つの星の位置関係がわかる。

5. 工夫点

より簡単に太陽と月のアーム、足のパーツを量産出来るように、型材[図 6]～[図 8]をベニヤ板を使って作成した。



これらを使うことで各パーツを作るとき、一つ一つ穴をあける位置を測ることなく簡単にミスすることなくできるようになった。

・作成方法

- (1) 各パーツに合わせて型を取る。[図 9]～[図 11]
- (2) 各パーツの穴を開ける位置を自分で測ってドリルであける。
- (3) (2) であけた穴に合わせて (1) で作ったものにも穴をあける。[図 12]



6. 結果

完成した三球儀を用い、太陽・地球・月の位置関係から月の見え方を再現することができた。製作にあたっては穴をあけるときの、少しずれてしまいう事があった。また、アームを回転させるとき、動きがぎこちなくなったり、逆にスムーズに動き過ぎたりしてしまう事があった。プーリーの取り付け方やベルトの材質や張り方などをさらに検討して調整を進める必要がある。

重心移動による方向転換を行う缶サット

ー缶サット甲子園 2014 参加ー

鄭 秀煥、氏平 龍子、伊藤 輝（高1）【東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部】

1. はじめに

缶サットとは、ジュース缶サイズの模擬人工衛星で、マイコン・センサー・カメラ等を搭載しており、パラシュートで降下中にミッション(課題)を行う。毎年、高校生向けの競技大会「缶サット甲子園」^[1](「理数が楽しくなる教育」実行委員会主催)が行われる。私達は今年、空中で重心移動による方向転換を行う缶サット(機体名「DB」)を製作し、2014年7月21日に千葉工業大学で行われた関東大会に参加した。

2. 缶サットDBの概要

衛星から複数の子衛星を放出するとき、同じところで同時に投下すると、空中でぶつかってしまう。その防止のため、「一つ投下した後、そこから移動して、もう一つを離れたところで投下する」ようにしたい。この移動に子衛星投下による重心の移動を利用した。缶サット「DB」の構造は図1の通りで、横長の構造であるため重心移動を効果的にできる。また、缶サット上部に取り付けたサーボモーターで子衛星を投下する。仕様の詳細は表1の通りで、保存するデータとは別に無線機(TOCOS/TWE-Lite DIP)を使用して加速度データを地上局に送り、バックアップを取る。飛行行程(フライトシーケンス)は図2の通りで、放出直後は右側に重心があるように作っており、右側の子衛星を投下し左側に重心を移動して、左に方向転換する。これを左側の子衛星放出でも繰り返し、2回方向転換する。

表1 缶サットDB仕様

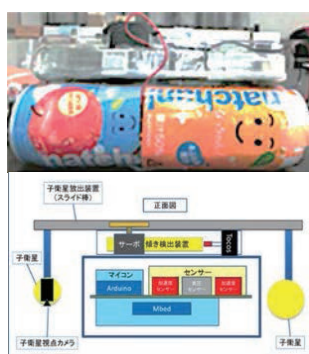


図1 缶サット「DB」

機体名	DB
質量	649[g]
直径	135[mm]
全長	230[mm]
マイコン	mbed, Arduino
搭載センサー	運動状態 加速度センサー (Freescale社MMA7361)
	高度 気圧センサー (Freescale社MPL115A2)
データ送信	TOCOS/TWE-Lite DIP
地上受信	TOCOS/ToCoStick
バッテリー	CR2×4本
パラシュート形状	正六角形スリルホール
パラシュートサイズ	対角900[mm]、中心穴Φ280[mm]
キャリア	3枚羽ヘリ型2枚組

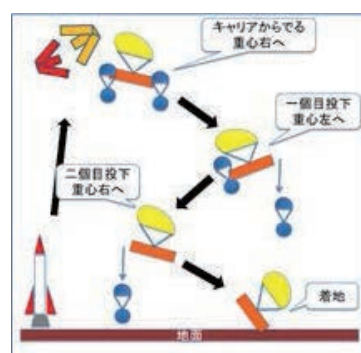


図2 飛行行程(フライトシーケンス)

3. 飛行状況の検出

a. 機体の傾きの検出

機体長手方向に平行に配置した水準器で缶サットの進行方向の傾きを検出する。機体が傾くと高い方へ気泡が寄り、図3の通り気泡の位置

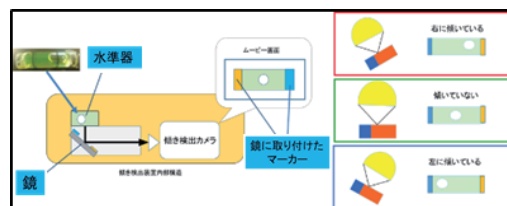


図3 傾き検出装置

で飛行姿勢を判断できる。

b. 機体の自転、公転、直進の検出

加速度センサーは機体中心に A1、端に A2 を配置している。図 4 の通り、2 つのセンサーが示す値によって缶サットの自転、公転、直進が検出できる。

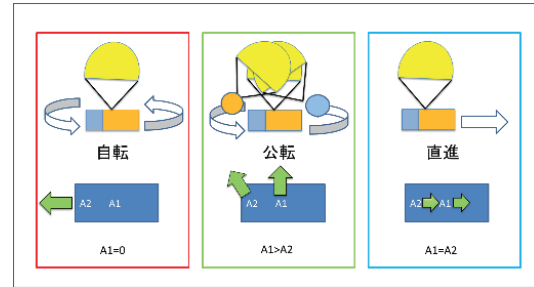


図 4 飛行状況(自転・公転・直進)の判定

4. 結果、まとめ

関東大会は、気球からの投下(高度 45 メートル)で行われた。

結果は表 2 のとおりで、降下時、パラシュートの紐が絡まって開口部が絞られて、十分な減速が行われず、滞空時間 5 秒でハードランディングした。このため、衛星の投下、重心移動による方向転換は確認できなかった。

マイコンに直接保存したデータは着地の衝撃により失われたが、無線通信に成功し、バックアップの加速度データの取得に成功した。しかし、加速度センサーが働いていたと想定される 11 分間に対し、34.5 秒分のデータしか得られなかった。原因は、途中で起きた通信途絶部分でデータが欠損し、別々の時間帯に記録されたデータが一つにつながってしまったためと考えられる(図 5)。改善のため、今後はデータに通し番号をつけ通信途絶部分を判別できるようにしたい。

表 2 関東大会投下の結果

場所	千葉工業大学 新習志野キャンパス	
日にち	2014年7月21日	
方法	気球での高度45mからの投下	
滞空時間	5秒	
評価 原因		
パラシュート開傘	×	紐が絡まった
開放電装	△	投下前に動き出していた
子衛星の投下	×	子衛星投下時にサーボの動作トラブル
重心移動による方向転換	×	パラシュートによる減速不足
加速度センサー	△	配線不良によりセンサー値に異常
気圧センサー	×	不具合により搭載断念
データ送信	△	通信途絶からの復帰に成功。しかし投下前から送信停止。
傾き検出カメラ	△	投下前に動作停止
子衛星視点カメラ	○	

表 3 取得データ一覧

取得データ	評価	概要
加速度センサー保存データ	×	取得失敗
加速度センサー無線送信データ	△	投下前の34.5秒間の加速度データ
傾き検出カメラ映像	△	投下前までの映像
子衛星視点カメラ映像	○	気球上昇中から投下までの映像

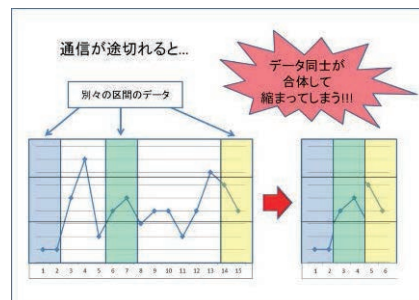


図 5 送信データの「データ」欠損と結合

今後、データに通し番号をつけ、データの判別を行えるようにして、元の性能を保持し、再度機会を得て投下実験を行いたい。

5. 参考

[1] 缶サット甲子園:「理数が楽しくなる教育」実行委員会主催 <http://www.space-koshien.com/cansat/>

2つの加速度センサーで解析する模擬人工衛星「缶サット」の飛行状態

H-2Dプロジェクト チーム「さくさくしーど」

山地 琢（高3）【東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部】

細谷 瑛子（高3）【成蹊高等学校 天文気象部】

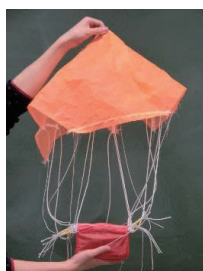
1. はじめに

模擬人工衛星「缶サット」は、マイコンとセンサ、カメラなどを搭載し、空中降下中に人工衛星と同様に自律でミッション（課題）を実施する。

社会人ロケットチーム「TOKAI ROCKETEERS」の教育プログラムの機会を得て、伊豆大島の裏砂漠にて1400mまで打ち上げ投下試験を行った（2014年3月22日）。東工大附属高校が缶サット甲子園2012で行った内容¹⁾のうち、2つの加速度センサを用いて缶サットの動きを調べることに特化したミッションを今回行った。缶サットの中央と端に加速度センサを置き、値を比較することで、公転・自転・直進の動きを判別する。

2. 製作した缶サット（機体名：Carry Can Can）

今回の機体は、加速度センサ2個の配置を優先するため、直方体横置き構造にし、垂直に立てた2枚のポリカ板の間に搭載物を固定した。この構造体をコートフィルムとリップストップナイロンで作ったケースで囲んで、脱落防止をはかった（図1）。機体の仕様は表1の通りである。



缶サット全体図 缶サットのモックアップ

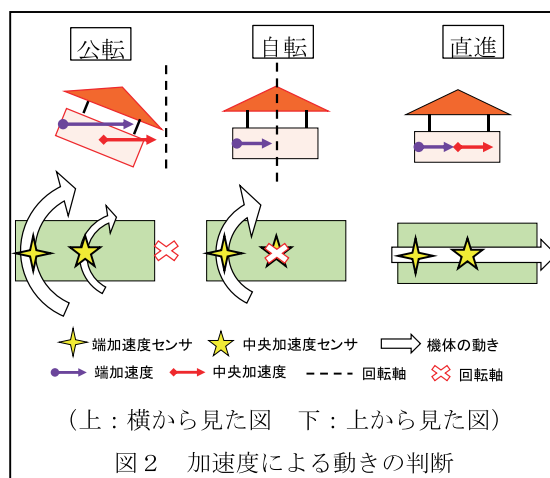
図1 缶サットCarry Can Can

表1 缶サット仕様

機体名	Carry Can Can	
質量 (g)	584.0	
機体サイズ (mm)	全長：150 全高：91 全幅：95	
搭載センサ	飛行状態	気圧 (LPS331AP) 気圧・加速度 (LSM303DLHC) 加速度 (H3LIS331DL)
	高度	気圧 (MPL3115AS)
	ひとりごと	音声合成LSI
	データ通信	TOCOS
	位置	GPS (GT-723F)
	データ通信	N25Q256A microSD
パラシュート形状	変形六角形（前後に長い） 最大部：960mm 最小部：400mm	

3. 飛行状態の分析

図2の通り、機体の中心と端の2ヶ所に置いた、2つのセンサの値を比較することで、缶サットの運動状態のうち、公転・自転・直進の運動を判別する。公転の場合には、中央より端の加速度の方が大きくなり、自転では、端のみに加速度が働く。直進は、中央と端は同じ加速度が働く。



4. 取得データと解析

缶サットの機体軸は図3の通りに設定した。この機体軸に合わせ、各センサが取得したデータの方角をそろえた。

ここでは、天地方向に働いた加速度データについてのみ取り上げる（短手と長手方向は、ポスターに掲載）。図4は取得したデータのうち、缶サットがロケットから放出され、定常飛行状態になったと考えられる、離床20秒後から30秒後をグラフ化したものである。

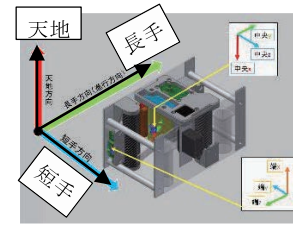


図3 機体軸とセンサの向き

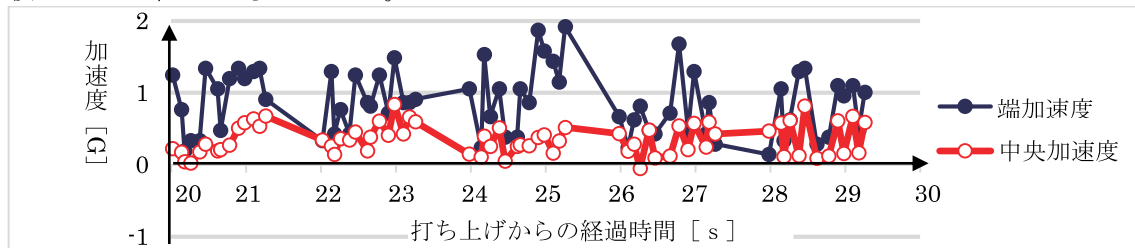


図4 機体の天地方向に働いた各加速度（打ち上げ20秒後から30秒後）

天地方向の加速度は中央では約0.5G、端では約1~1.5G働いており、中央より端の方が大きい。図2より、公転運動をしていたと考えられ、回転軸は短手方向である。

同様に短手方向、長手方向についての缶サットの動きは、表2の通りである。短手方向は、2つのセンサが同じ大きさで、直進をしたと推定でき、長手方向は端にのみ加速度が働いたことから、自転をしていたと考えられる。

表2 各機体軸の缶サットの動き

軸	センサ	加速度	解析結果	推定された動き	
天地	端	0.5G	端 > 中央		公転
	中央	1~1.5G			
短手	端	2G	端 ≒ 中央		直進
	中央	2G			
長手	端	3G	端のみ		自転？
	中央	0G			

5. まとめ

表2で推定した動きを全て満たす運動はないので、天地方向と短手方向の動きから図5の通り、機体が短手方向に90度倒れ、水平面内に横倒しの状態で公転をしたと推定する。この結果、短手方向は直進ではなく、重力を検知するようになった。この推定と矛盾する長手方向のデータを確認したところ、打ち上げのとき、本来中央と端のセンサは同じ加速度を取得するはずだが、異なった値を示しており、中央のセンサは破損していた可能性が考えられる。よって、この缶サットは図5の状況であったと考えている。

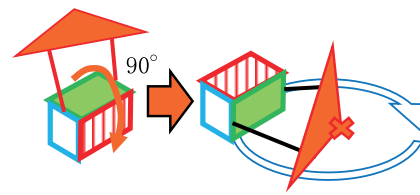


図5 推定された缶サットの動き

6. 参照

- 1) 山地 琢, 『缶サット甲子園2013・センサによる模擬人工衛星「缶サット」の自律判断・飛行制御・』第16回ジュニアセッション講演予稿集 114・115頁

人工天体の観測及びその高度をもとめる

小倉高等学校科学部 S S 天文研究会 2 年 那須陽彦 1 年 田振直輝

1. はじめに

人工天体とは人工衛星とスペースデブリの総称である。スペースデブリとは使用済みロケットや人工衛星の破片のことである。現在、宇宙空間には観測できるだけで約 1 万 5 千個ものスペースデブリがあり、稼働中の人工衛星に衝突する可能性が高まっておりとても危険な状態だ。したがって、スペースデブリの位置を把握する必要がある。その第一歩として今回の研究では静止画より人工天体の高度を求めた。

2. 研究内容

(I) 観測

2014 年	12 月	29 日	夕方
		30 日	明け方
2015 年	1 月	6 日	夕方
		7 日	明け方
		8 日	夕方
		9 日	明け方

観測器具

冷却 CCD カメラ S B I G S T - 402 ME

レンズ Canon EF 50mm (単焦点)

撮影時の画角 $7.8^{\circ} \times 5.2^{\circ}$

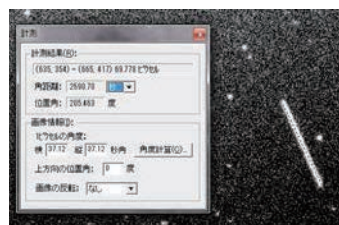
観測手法

カメラを固定する。

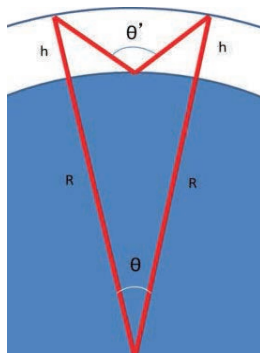
露出は 3 秒に設定し、4 秒おきに連続撮影。

(II) 解析

観測した静止画像を天体画像処理ソフトウェア『ステライメージ』というソフトにかけることで画像に映っている人工天体の角距離を計測した。



(III) 計算



観測によって得られた角距離から人工衛星の高度を求める。計算式は高校の物理で習う万有引力の法則を用いた。

遠心力 = 万有引力より

$$m(R+h)\omega^2 = \frac{GMm}{(R+h)^2} \quad \dots \textcircled{1}$$

観測によって得られる角距離は θ' なので

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad \text{より} \quad \frac{\omega'}{\omega} = \frac{R+h}{R} \quad \text{の関係が成り立つ。}$$

これを①に代入して変形すると

$$h^3 + Rh^2 - gR^2 \frac{\Delta t^2}{\Delta \theta^2} = 0 \quad \text{となる}$$

この三時間数の式をグラフ作成ソフト grapes に入力する。このとき θ' の値を自由に変えられるようにし、 θ' に観測で得られた角距離を入力してグラフを描く。すると、グラフと X 軸との交点が人工天体の高度 h となる。

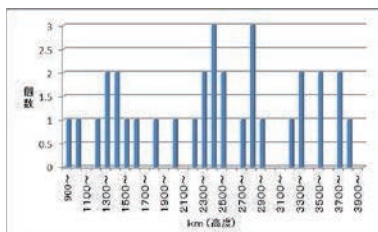
3. 結果

実際につくった高度をもとめる計算式に計測した角距離を代入すると、人工衛星の高度としてふさわしい値を求めることが出来た。

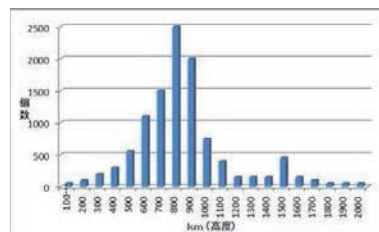
日	時	分	角距離 θ'	高度
1月8日	19	8	0.33018	3338
		8	0.32302	3397
1月9日	5	31	2.17117	485
		39	90474	1365
		39	91787	1345
		40	129905	975

4. 検証

もとめた人工衛星の高度の分布を論文に記載されている人工衛星の高度の分布と比較することで、この方法が正しいことを証明する。



観測で得られたデータ



論文のデータ

5. 考察

実際に高度として出した値を分布図にまとめたものと、論文に記載されている高度の分布図を比較してみると、異なる点が多々見られた。よって、研究手法を見直す必要がある。

6. 展望

今回の研究で万有引力の法則から人工天体の高度を求める計算式を立式できたが、精度が低いので研究内容を見直しして行きたい。

7. 参考文献

Heavens above <http://www.heavens-above.com/>

高等学校理科用教科書 総合物理① 数研出版

スペースデブリ環境について 北澤幸人、花田俊也、柳沢俊史、松本晴久

2010.10.29 発表

暗順応による星空の見え方の変化

岩村 桃実, 重原 優奈, 寺内 夏子, 根岸 あゆ香, 船津 莉香, 星野ひとみ, 前原 那南 (高1)

【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

1 はじめに

過去先輩方は、綺麗な星空を見るためのコンディションを知るべく、体感的・人間的な星の見え方の違いを調査した。昨年度私達は、その研究結果について理解を深めるとともに、展開し、新たな研究テーマの設定に繋げるため、先輩達の研究をまとめた。その中で、特に暗順応の実験について興味を持ち、以下の実験を行った。

2 先輩が行った実験をもう一度自分たちで行う

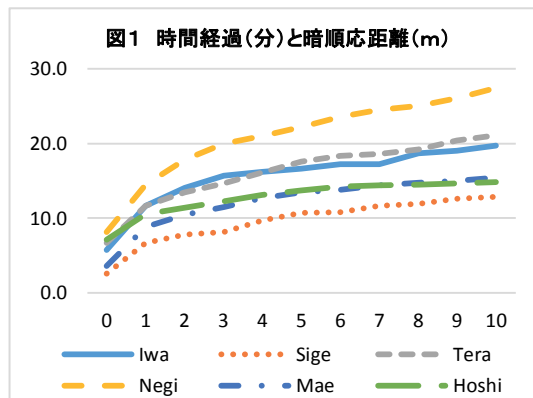
【場所】前橋女子高等学校 北校舎4階 【日時】1月9日(金) 19:30~20:00

【実験方法】

- (1)廊下に机を置き、上にLEDライトを設置する。電源をつけ、光の色を緑に設定し、偏光板を2枚取り付けた。LEDライトの位置を0として、約20mのメジャーを廊下の壁に沿って壁に固定する。廊下の電気は消しておく。
- (2)電気のついた明るい部屋で、携帯の画面を約30秒見つめて明順応する。
- (3)電気を消し一斉に廊下に出て、LEDライトの方へ近づいて行き、ライトが見え始めた所で止まり、足元に付箋を貼る。
- (4)観測者は目が暗順応するにつれて、ライトから遠ざかる。ストップウォッチを持った部員が、1分ごとに観測者に時間を伝え、観測者はそれを合図にその場で足元に付箋を貼る。
- (5)10分間実験を行った後、観測者ごとの付箋の位置を記録する。

【結果】

【考察】



先輩たちの実験では、観測者は最初の約7分間で目が慣れ、そこからの距離の変化は小さくなっていた。しかし、私たちの実験では10分経っても暗順応が完了していなかった。先輩たちは窓に目張りをし、外からの光を遮断したが、私たちはしなかったことが原因だと考えられる。よって、暗順応を進めるためには、より暗い環境であることが必要だと分かる。

3 光の色による暗順応の違い

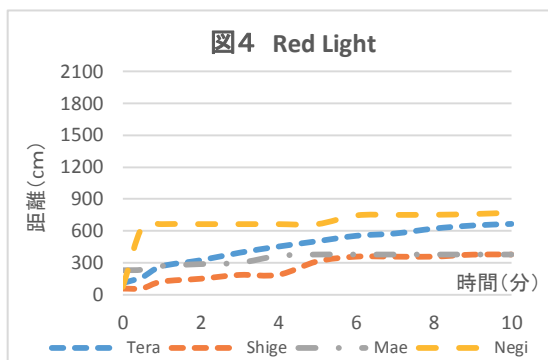
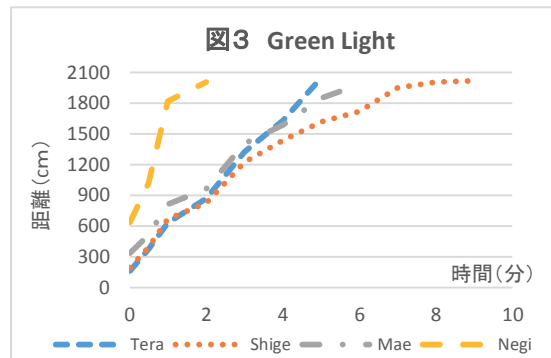
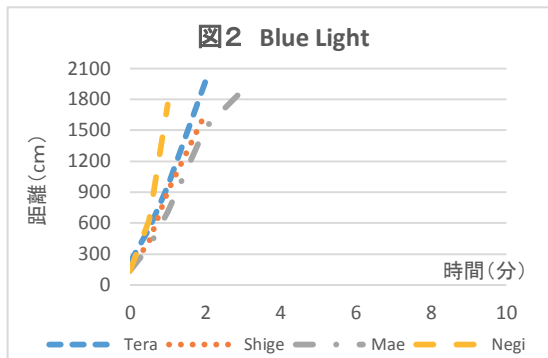
【場所】山梨県北杜市 羽村市自然休暇村体育館 【日時】1月11日(日) 22:00~23:00

【実験方法】

- (1)体育館内の電気を消しカーテンを閉める。
- (2)学校内廊下での実験と同じ手順で実験をする。

変更点: LED 3色(青、緑、赤)で対照実験をした。最初の30秒の時点でも付箋をはった。

[結果]



青の光では、4 分以内で全員が 20m 以上遠くから光を確認することができた。一方、赤の光では、10 分経っても 20m に達しなかった。

[考察]

青・緑・赤を比べると暗闇の中では青の光が最も良く見え、赤は見えにくいことが分かった。学校内廊下での実験と比べると、同じ緑の光でも、体育館での実験の方が全員暗順応が早かった。これは、体育館の方が暗い環境下での実験であったからだと言える。

4 実際の星空での実験

[場所] 前橋女子高等学校 北校舎屋上

[日時] 1 月 9 日 (金) 20:00~20:30

[実験方法]

- (1) 右図のように等級の値が小さい順に 11 個の星に番号をふる。
- (2) 廊下での実験と同様の方法で暗順応をする。
- (3) 観測者は一斉に屋上へ出て仰向けになり、0 番目の星から探す。
- (4) 観測者の近くに記録者が一人ずつつき、観測者は星が見えたら記録者に伝える。タイムキーパーに 10 秒ごとに時間を言ってもらふ。観測者が「〇番見えた」と言った直後にタイムキーパーが言った時間を記録する。
- (5) 6 分経ったら終了する。

[結果]

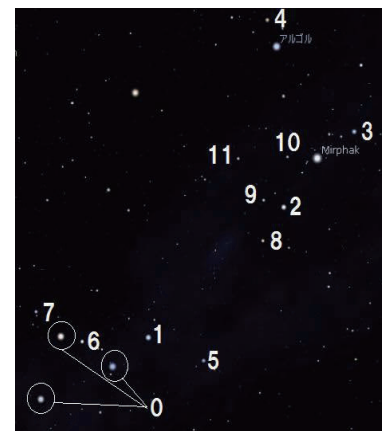
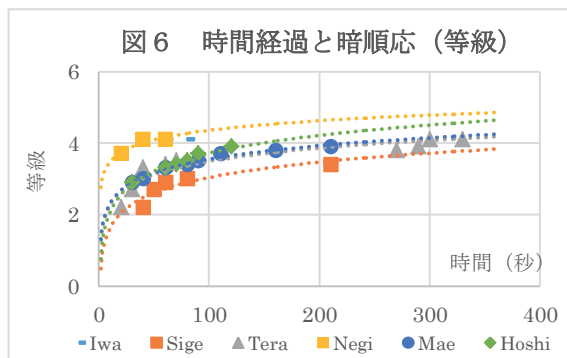


図5

観測者が 11 番目の星の位置を正確に把握していなかったため、11 番目の記録は信憑性が低い。

[考察]

初めに見える等級と、6 分後に見える等級には個人差があった。しかし、グラフから観測者の暗順応の進行具合は似た傾向にあることが分かった。

“光害”の影響調査 ～夜空の明るさシミュレーション～

野中 大輔、田口 俊哉、倉崎 大地(高2)
守屋 泰雅、山口 稜太、山本 拓実、相澤 里佳、竹谷 宏音(高1)
【愛知県立一宮高等学校 地学部】

要 旨

“光害”とは人間の活動によって生じた光が自然生態系に様々な影響を及ぼす、公害の一種である。光害の影響としては主に、人工光が夜空を明るく照らすことによって星が見にくくなる「夜空の明るさ問題」と動植物の成長や繁殖に影響を及ぼす「自然生態系への影響」が挙げられる。

我々は光害について、実際の観測とコンピューターシミュレーションの2面から研究を行っている。

1. 昨年度までの研究内容

(i) 夜空の明るさの実測調査

SQM(Sky Quality Meter)とは、夜空の明るさを測定し等級で示す機器である。本研究では、**SQM-L**(持ち運び可能タイプ)と**SQM-LE**(データを自動で取得するタイプ)の2機種を用いて、夜空の明るさを測定した。

(ii) 夜空の明るさシミュレーションの作成

(i)において夜空の明るさと人間の活動の間に密接な関係があることが確認されたため、都市からの距離と人口を元に、日本全国を対象とした全国版と濃尾平野を対象とした地方版の夜空の明るさシミュレーションを作成した。

シミュレーションを行うにあたり、光源の位置は全国版では市区町村役場、地方版では駅とし、光の強さは人口に比例すると仮定した。使用式は以下のとおりである。

$$L = \frac{L_0 \times e^{-D\sigma}}{D^2}$$

L 明るさ **L₀** 光源 **e** 自然対数 **D** 距離 **σ** 消散係数(6.0×10^{-6})

($e^{-D\sigma}$ はランベルト・ベールの法則、 $1/D^2$ は光の強さは距離の二乗に反比例 による)

シミュレーション結果をグラフ化したものが図1である。実測値とシミュレーション結果の間で相関係数をとったところ、全国版で0.63、地方版で0.91であった。

また、シミュレーションを元に夜空の明るさマップ(図2)を作成したところ、大都市である名古屋市を中心に、同心円上に夜空の明るさが徐々に暗くなる傾向が見られた。

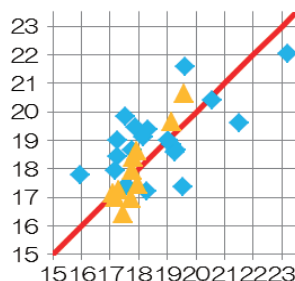


図1: 実測値—シミュレーション結果[等級/口"]

◆ 全国版 ▲ 地方版

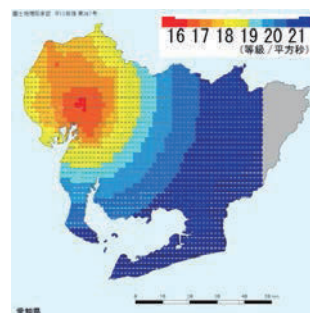


図2: 夜空の明るさマップ

2. 今年度の研究

昨年度までのシミュレーションでは、地方版で高い精度を得られた反面、全国版では得られなかった。

全国版と地方版の間にシミュレーション精度の差ができてしまった要因の一つとして周囲の地形の影響が考えられるため、今年度は標高と夜空の明るさを調べて明るさシミュレーションに反映させることでシミュレーション精度の向上を目指した。

金華山、池田山、高山市(岐阜県)、六甲山(兵庫県)の4地点においてSQM-Lを用い、山に登ることで標高を変化させて夜空の明るさを測定し、データをグラフ化した。(図3)

グラフから得られた標高と夜空の明るさの関係をもとに新しいシミュレーション式を作成し、再び明るさシミュレーションを行った。作成した式は以下のとおりである。

$$M = 24 - (24 - L)e^{-0.0005 \times h}$$

M : h m 地点での夜空の明るさ (等級/□")

L : 0 m 地点での夜空の明るさ (等級/□")

h : 観測地の標高 (m)

この式を用いて行ったシミュレーションの結果をグラフ化したものが図4である。相関係数をとると、全国版は0.70、地方版は0.94となり、ともに精度が向上した。

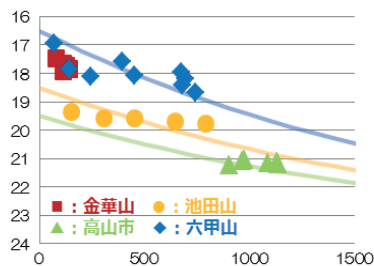


図3: 標高[m]-実測値[等級/□"]

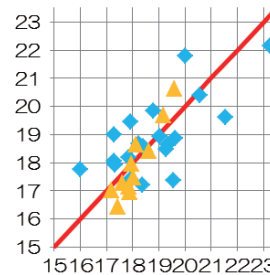


図4: 実測値—シミュレーション結果[等級/□"]

◆全国版 ▲地方版

3. まとめ

昨年度までの研究で、明るさシミュレーションを作成し、地方版では高い精度でのシミュレーションが可能であることを確認した。また、シミュレーションから作成したマップより、都市部で光害が顕著であることが分かった。

今年度はシミュレーションの精度の向上を目指して研究を行った。夜空の明るさは標高の変化に伴って指数関数的に変化することを考慮して新シミュレーション式を作成した結果、精度が向上した。

今後は、より広い範囲で実測調査を行うことで光害の実態把握を進めるとともに、山以外の地形の影響を考慮することで、さらにシミュレーション精度を向上させることを目指していきたい。

謝辞

ハートピア安八天文台
一宮高校SSH 全国夜空の明るさ観測チーム
名古屋大学大学院 柴田 隆 教授

参考文献

環境省 光害対策ガイドライン
(平成18年2月改訂版)
国土地理院・地理院地図

光害の数値化について

東筑紫学園高等学校 理科部

(高3) 川口 史恵 坂本 直樹 畠山 貴紗子

(高2) 伊藤 渚

(高1) 本田 陸人 藤井 悠野 湖平 元彌

1. はじめに

市街地では夜になっても星を綺麗に見ることができない。この光害に関心を持ち、2007年まではLEDを使った自作の観測機器で、現在は市販されているスカイコロティーマーター (SQM) で夜空の明るさを観測している。さらに2012年には、福岡県北九州1/5万等光度曲線地図を製作し、光害を可視化した。

今回は、明るい暗いという抽象的な光害の表現を数値化することに取り組んだ。その結果、人工の光が夜空に与える影響を客観的に評価することができると考える。

2. 光害について

光害とは、道路灯や施設の街灯などの照明による、全ての環境への悪影響のことである(図2)。車のライトが人の顔に直接当たり眩しいのも、この光害に含まれる。私達は、この中でも地表の光が空気中の浮遊物質によって乱反射され、夜空が明るくなる現象(図3)について研究をしている。これにより星空観測が困難になったり、生態系に悪影響が及ぶ。

図4は夜空の明るさと水蒸気量を比較したものである。水蒸気量が増加すると夜空が明るくなっている。これは空気中の水蒸気が、地表の光を乱反射したためと考えられる。図5は夜空の明るさとSPMのデータをグラフ化したものである。SPMとは、大気中に存在する直径 $10\mu\text{m}$ 未満の浮遊粒子状物質のことで、黄砂の一部やPM2.5もこれに含まれる。SPMの値が高くなると夜空も明るくなっており、これはSPMが多いと光の散乱・反射量が増加し、夜空が明るくなるためである。

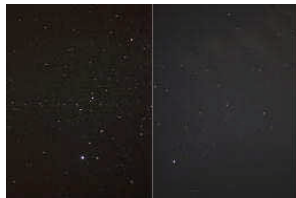


図1. 山間部(左)と市街地(右)の夜空



図2. 光源が及ぼす環境への影響

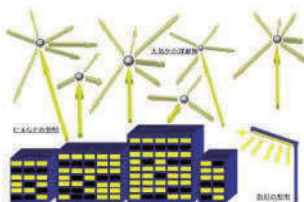


図3. 地表の光の夜空への影響

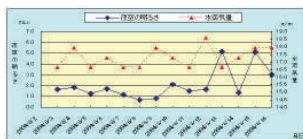


図4. 夜空の明るさと水蒸気量

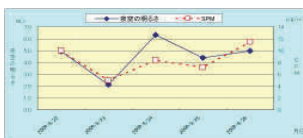


図5. 夜空の明るさとSPM

3. 等光度曲線地図と経時変化率

図6

は、北九州の夜空の明るさを可視化した「北九州1/5万等光度曲線地図」で、1,021カ所にもお

よぶ観測の末に完成させたものである。

地図の製作のため、1日に150ヶ所以上もの観測をした日もあった。しかし、これだけ多くの観測をしていると、時間によって夜空の明るさが変化する。時間によってどのくらい明るさが変化するのか、経時変化率を求め、観測値を21時を基準にして補正した。

図7は時間による自動車の交通量の変化、図8はマンションの明かりの変化を示している。共に、時間が経つにつれて交通量および点灯率が徐々に減少している。このように経時変化は人間の活動に起因している。

また、市内の明るさの違う7ヶ所で定点連続観測を行ったところ、経時変化率は図9のようになった。これは図10の観測結果から、最小二乗法を用いて算出したものである。図9の表を見ると、夜空の明るさが明るい場所ほど経時変化率が大きく、夜空が暗い場所ほど経時変化率は小さくなっている。すなわち観測する地点によって、経時変化率は異なるということが分かった。

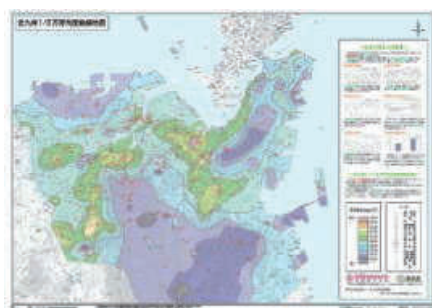


図6. 北九州1/5万等光度曲線地図

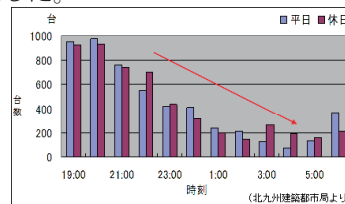


図7. 自動車の交通量の変化

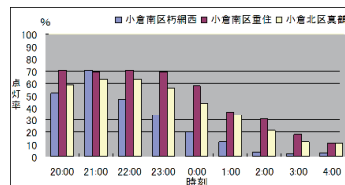


図8. マンションの明かりの変化

観測地	21時の値 (mag/deg ²)	経時変化率 (mag/deg ² / 10min)
平尾台	19.78	0.02
石原町	19.55	0.05
葛原	18.55	0.03
志井公園	18.49	0.03
重住	18.09	0.03
西小倉駅	17.37	0.04
熊本	16.01	0.09

図9. 北九州各地の経時変化率

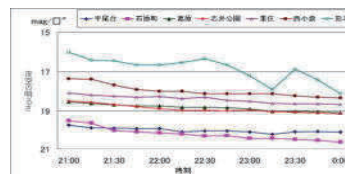


図10. 経時変化の観測結果

長崎県西海市大島町の夜空の明るさマップ

打越 壮大（小5） 【長崎県西海市立大島東小学校】

1. はじめに

2014 年 9 月 1 日から愛知県立一宮高等学校より SQM を借り、自宅のベランダや玄関前で計測を繰り返し行っていた。自分のデータを他県の人に知らせたところ思ったより暗いことがわかり、町内の他の場所の夜空の明るさがどのくらいなのか調べてみたくなった。

2. 方法

SQM を使い、2015 年 1 月 17 日 19:40～21:20、図 1 の 12 ヶ所で観測した。雲量は 0～1 であった。5 回ずつ測って中央値を取った。



図 1: 計測場所をプロットした地図

補正グラフ(図 2)は、2014 年 12 月 23 日 19:30～21:30 の間観測したものをグラフ化した。雲量は 1 だった。バラつきが目立ち、見にくかったため、前後 5 個の移動平均を出したところ、ほぼ平らになったので時刻の補正はしていない。

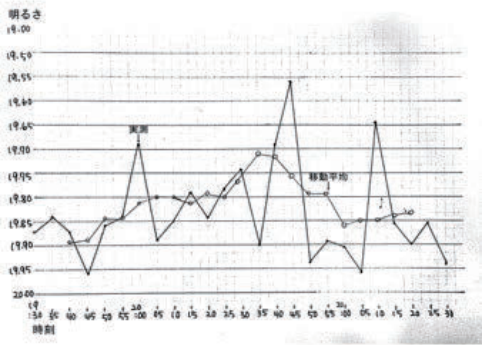


図 2: 補正グラフ

3. 結果

ア、サ以外は、20 等級を超えていた。

場所	ア	イ	ウ	エ	オ	カ	キ	ク	ケ	コ	サ	シ
等級	19.73	20.83	20.73	20.84	20.67	20.86	20.65	20.63	20.26	20.41	18.28	20.44

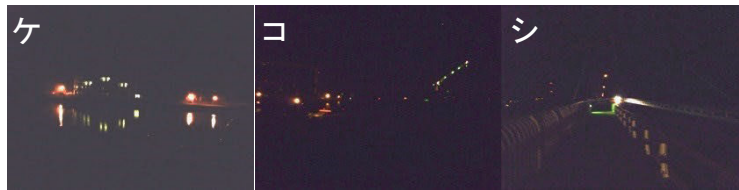
図 3: SQM の数値

4. 考察

ア～シの観測された明るさから、大きく3つのグループに分け、比較した。



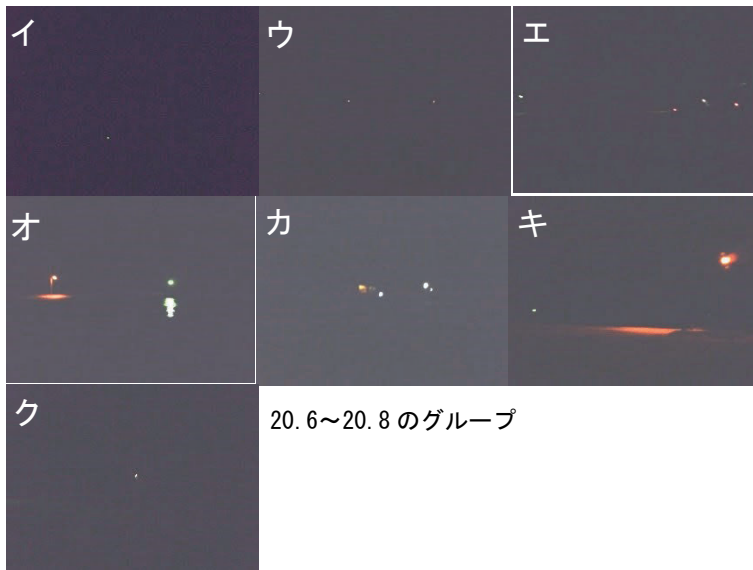
アは民家が集まっている住宅地である。
サは公園なので街灯が多かった。



20.2～20.4のグループ

ケ、コは少し離れたところに稼働中の造船所とホテルがあった。

どの場所にも車の往来がある道路がそばにあり、特にシは橋なので、交通量が他に比べて多かった。



20.6～20.8のグループ

全ての場所に共通して、街灯がほとんどなく、民家もあまりなかったため、暗かったと思われる。

5. 今後の展望

調べた結果を地図上に色分けして、大島町の夜空の明るさマップとしてまとめたい。

6. 参考文献

天文年鑑

7. 謝辞

愛知県立一宮高等学校 高村裕三朗先生

ご指導いただきありがとうございました。

金環日食の観測を記念する日時計の制作

大和 花雪, 堀内 千佳, 市岡 里菜, 坂本 優梨亜 (中2), 谷元 琴音 (中1)

【長野県塩尻市立丘中学校】

1. 概要

2012年5月21日に起きた金環日食の予報限界線が丘中学校の校区内を通っており、全校生徒が自宅付近で日食観測に取り組み、限界線を探す活動をした。その観測の記念として、日時計を作り、校舎の壁に設置した。ここでは、その一連の取り組みについて発表する。

2. 日時計制作のきっかけ

(1) 金環日食の観測

全校生徒で日食めがねを使って限界線を探す取り組みをした。507名の観測結果を科学部で解析し、日食めがねによる限界線は相馬・早水の予報限界線の約300メートル南側である、と結論した。

(2) 日時計作りを計画

金環日食限界線観測プロジェクトの井上毅氏（明石市立天文科学館）が全国的な観測成功の記念として石碑などを各観測地に設置しようと呼びかけた。私たちはそれに応えようと考え、日時計の設置を計画した。

3. 日時計の設計

(1) 日時計の形式

日本で一般的に見られる日時計は水平な文字盤を持つタイプのものである。しかし、学校に設置するとなると生徒の活動場所と重なることから、壊れてしまったり、人がけがをしてしまったりする可能性がある。また、あまり目立たず、大勢で見ることはできない。そこで垂直型で設計し、誰でもいつでも眺めることのできる校舎の壁に設置しようと考えた。

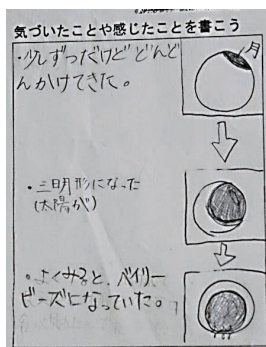


図1 デザインの元となった観測カード

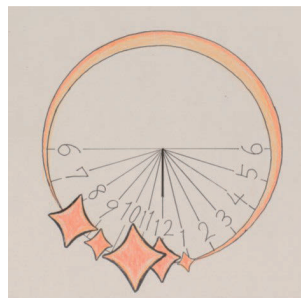


図2 ベイリービーズを取り入れた日時計のデザイン

(2) 日時計のデザイン

限界線付近で観測した生徒からは、ベイリービーズが見えた、という報告がとて多く寄せられた。そこで、観測カードの中から、ベイリービーズが見られたときの様子を表しているスケッチ(図1)に基づいて、日時計をデザインした。(図2)

(3) 日時計の材質

日時計の材質としてステンレスを選んだ。ステンレスはさびにくくきれいで、丈夫である。運動部のボールが飛んできて当たっても壊れる心配はない。また、季節や時刻や天気など、周囲の色を映して色に変化して見える、という特徴を持っている。

(4) 方位を調べる

これまで1年半かけて、棒の影を使って太陽の位置と動きを調べてきた(図3)。その中で棒の先端の真下を中心とする円と影の軌跡の交点を結び、正確な東西が求められることを見つけ、それを元に南中時刻の観測を続けてきている。この方位を使って校舎の向きを正確に求め、目盛りの計算に用いた。



図3 太陽像の位置を記録して正確な方位を調べる装置

設置前の日時計を窓枠にかけて、装置と一緒に撮影した。

(5) 日時計の目盛りについて

i. 垂直型（壁掛け型）日時計の目盛り

日時計を縦に設置するための目盛りを考え、作図した。（2014年ジュニアセッションで発表）

ii. 校舎に設置するための目盛りの作図と計算

垂直型日時計の目盛を描くためには、校舎の壁の向きを確かめる必要がある。太陽の影を利用した観測装置で得た方位から、校舎が真南より6.8度東を向いていることを明らかにした。それに基づいて目盛りを作図し、計算でも求めた。（図4）

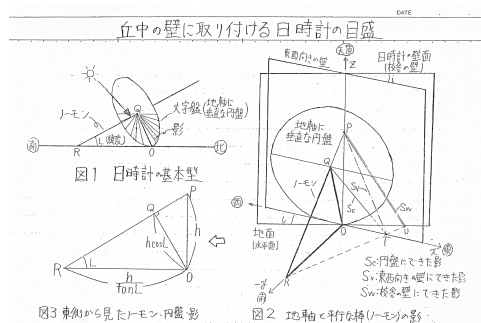


図4 日時計の作図と計算

(6) 2012年の金環日食の起きた時刻を知らせる仕組み

いちばん大きいビーズの部分にステンレス球を埋め込んだ。金環日食が起きた5月21日7時34分頃（太陽の方位角約88度、太陽高度33.5度）のときにノーモンの穴から太陽光が差し込み、球に太陽光が当たることによって輝くように設計した。

(7) 試作

ウレタン板を使って、実物大のモックアップモデルを作った。目盛の図面とともに制作者の中嶋氏に届けて、それに基づいて制作していただいた。

4. 日時計の制作

(1) 制作費用

2014年6月には、申請していた武田科学振興財団の教育振興費の交付を受け、日時計設置の費用を得ることができた。また、設置の許可を塩尻市教育委員会からいただいた。

(2) 準備会の開催

2014年11月に、金環日食観測記念日時計準備連絡会を行った。科学部員は日時計の計画と経緯を発表し、お招きした明石市立天文科学館の井上毅氏、ステンレス彫刻家の中嶋大道氏、塩尻星の会の方々にアドバイスをしていただいた。

(3) 制作

長野県安曇野市在住のステンレス彫刻家、中嶋大道氏に制作していただいた（図5）。

(4) 設置と発表会

2015年1月18日に除幕式と研究発表会を行い、当時金環日食の観測に携わった方やこれから日時計を見てくださいる地域の方々に日時計を紹介した。市の教育委員会の方や図書館司書の方にも来ていただき、この会を通して日時計のことを理解してもらうことができた。



(図5) 完成した日時計

5. これからの活動

先輩たちが成し遂げた記念すべき観測を後輩たちに語り継いでいけるようにしたい。また丘中の全校生徒に、この日時計を見て太陽と時刻や時間の関係について知ってもらえるようにしていきたい。更に、校内だけでなく地域の方々にも親しんでもらいたいと考えている。そのために、これからも発表などをして、この日時計のことを広めていきたい。

6. 謝辞

日時計の設計・設置についてアドバイスいただいた明石市立天文科学館の井上毅氏と国立長野高専の大西浩次先生、日時計を制作して下さったステンレス彫刻家の中嶋大道氏、発表会にご協力いただいた塩尻星の会の皆様に感謝申し上げます。

7. 参考文献

1. 後藤晶男, 世界の日時計—光と影のロマン, 豊住書店, ISBN-13: 978-4886170040
2. 名取他, 正確で日常生活でも活用できる日時計の設計, 2014年ジュニアセッション予稿集

日周運動を利用して太陽の視直径の変化を調べる

～小型望遠鏡と自作の圭表による観測～

市岡 里菜, 坂本 優梨亜, 大和 花雪, 竹村 典晃, 堀内 千佳,
渡村 友哉(中2), 谷元 琴音(中1) 【長野県塩尻市立丘中学校】

1 はじめに

丘中科学部では、ピンホールが水平面上につくる太陽像を利用して、太陽の天球上での位置の変化を調べてきた。その中で、均時差が生じる原因の一つとして、地球の軌道の中心と太陽が一致していないのではないかと考えた。それを確かめるために、太陽の視直径の変化を望遠鏡で投影板に映した太陽像が移動する時間を調べる方法で観測してきた。また、その観測に必要な”太陽の天の赤道からの離角”を観測するために圭表を自作した。ここでは、作った圭表の構造と、南中高度および太陽の視直径の観測結果について発表する。

2 日周運動による太陽の移動時間の観測

太陽を望遠鏡で投影し、太陽の直径分の通過時間をストップウォッチを使って計測し、太陽の天の赤道との離角による日周運動の速さの違いを補正して視直径を算出した。観測は2～4人で一斉に行い、20回以上測って時間の平均を求めた。

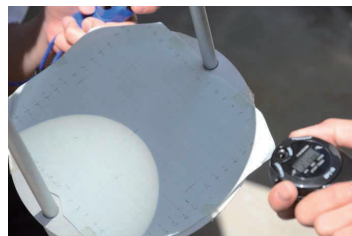


図1 日周運動による太陽の直径分の移動時間の観測

3 圭表を使った太陽の南中高度の観測

(1) 圭表について

圭表とはスリットがつくる太陽の像の水平面上での位置を測って太陽の高度を求める装置である。昔は、春分、夏至、秋分、冬至の日を調べるために使われた。大きなものは高さが8尺(2.4m)のものもある。江戸時代に暦を作った渋川春海は高さが1尺(30cm)の小型のものを好んで使ったといわれる。*1

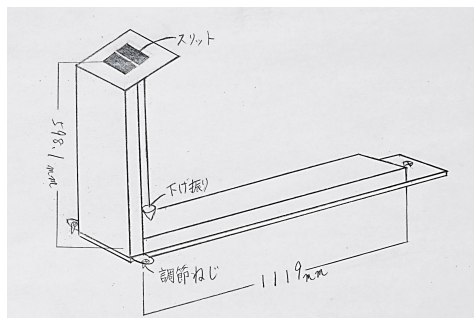


図2 自作した圭表

(2) 圭表の製作 (図2)

- ・制作した圭表は、観測場所のベランダに収まるサイズとして、スリットの高さ 598.1mm、水平板の長さ 1156.7mm とした。(渋川晴海の使った装置の約2倍の大きさ)
- ・材料として、軽くて加工しやすいファルカタ材(厚さ 13mm)を用いた。購入したままだと板が反り返っている可能性があるため、箱のような構造にした。スリットは 0.5mm のステンレス板を使った。
- ・下げ振りで調べたスリットの真下の線を起点として、太陽の像までの長さを測り、角度を求める。
- ・水準器は2つのペットボトルの下の方に穴をあけ、ビニール管を通して、水平面からの水の高さを比べるようにした。(図3)



図3 水準器

4 圭表による観測

圭表を予め調べておいた子午線に沿って設置する。次に、水準器に水を入れ、1mの間隔で置いた2つのペットボトル内の水の高さの差が0.5mm以下になるように調節して、圭表を水平にする。太陽の位置を調べる装置のつくる太陽像が子午線上に来たとき、圭表のスリットが作る太陽の像の両端を鉛筆で記録する。そして、太陽像の南側の端から見たスリットの仰角と北側の端から見た仰角をパソコンの関数電卓（後半は、表計算ソフト）を用いて計算する。この南の端と北の端の仰角を平均して南中高度を求めた。



図4 圭表による観測
(左)水平の確認 (右)太陽像の記録

5 視直径（視半径）の求め方

θ : 天の赤道からの太陽の離角 ($^{\circ}$), φ : 南中高度 ($^{\circ}$), L : 緯度 ($^{\circ}$), r : 太陽の視半径 (秒角), t : 日周運動による太陽直径分の移動時間 (秒)

とすると, $\theta = \varphi - (90 - L)$ より

$r = t \cos \theta \times 7.5$ として求められる。

6 結果と考察

(1) 南中時刻の変化

- ・南中高度は曲線を描いて変化している。
- ・冬至までは日を追うごとに南中高度は低くなっていった。冬至が最も低く、冬至を過ぎると太陽の南中高度は高くなった。
- ・冬至を中心にグラフを半分に折ったとき、きれいに重ならず、曲線は左右対称ではない。また、新年の方が少し進み方がはやい。

(2) 視直径の変化

7月から1月まで視直径は増加している。これより、太陽と地球の距離が近くなっていると考えられる。最大値と最少値の差は約3.5%である。

7 今後の課題

- ・観測を一年間継続して視直径の変化を調べ、地球の公転軌道の中心と太陽が一致していないかどうかを明らかにしていきたい。
- ・なぜ、南中高度のグラフは冬至のをを中心に、左右対称になっていないのか、調べていきたい。

8 参考文献

1. 中村 士 「江戸の天文学者 星空を翔ける」 技術評論社 ISBN 978-4-7741-3515-1

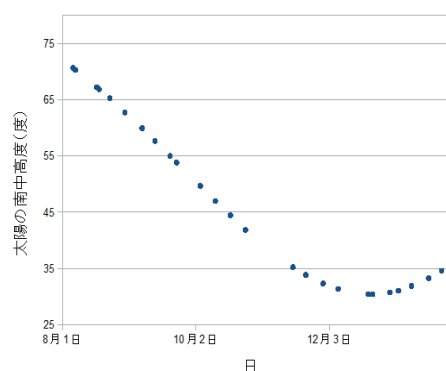


図5 太陽の南中高度の変化

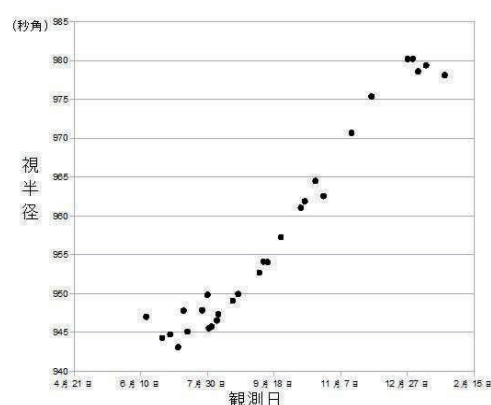


図6 太陽の視半径の変化
金環日食からの部の慣例で、視半径で表している

地球の自転効果を用いた太陽視直径の計測

鈴木 雄貴（高2）、坂 俊哉、茂木 敦史、高橋 悠太朗（中3）
【獨協埼玉中学高等学校】

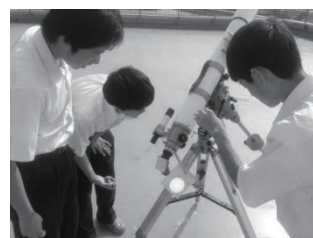
1. はじめに

地球の公転する軌道は楕円であることが知られている。私たちは天体望遠鏡で太陽を投影し、自転による太陽像の移動を用いて太陽視直径の計測を行った。観測開始から一年経過し、どういった軌道を描くのか観測結果から検証した。また、その軌道がどれほど真円に近いのか離心率を求めた。

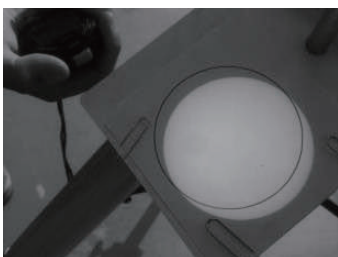
2. 観測方法

2-1 観測機材

・鏡筒 Vixen 80M屈折望遠鏡 ($f=910\text{mm}$, $D=80\text{mm}$)
・架台 Vixen GP赤道儀 ・三脚 Vixen AL130 ・接眼レンズ Vixen LV20mm ・天頂プリズム ・投影板



2-2 観測方法



① 投影板を取り付け、太陽を投影する。ピントを合わせる際には、太陽像上の黒点周囲の白斑がきれいに見えるように心がけた。

② 投影板と接眼レンズの距離を調節し、投影板上のケント紙に描かれた円（直径80mm）に太陽像の大きさを合わせる。

③ 太陽が投影板の円とちょうど重なった瞬間から太陽像が完全に円から離れる瞬間までの移動時間（太陽像1個分の移動時間）を測定する。3回の平均時間を $\angle T[\text{s}]$ とした。

3. 視直径の算出

3-1 視直径の求め方

太陽の日周運動は、地球が自転しているために起こる。地球の自転周期は23時間56分4.09秒($=86164.09[\text{s}]$)であり、ここから太陽の移動角速度を求めると、 $360 \times 3600[^\circ] \div 86164.09[\text{s}] = 15.04106863[^\circ/\text{s}]$
視直径 $D[^\circ]$ は、 $D = 15.04106863[^\circ/\text{s}] \times \angle T[\text{s}]$ となる。

3-2 視直径の補正計算

補正1 太陽赤緯変化の影響の補正

図1のように、黄道は天の赤道に対して傾いている。夏至および冬至で、太陽赤緯の絶対値(δ)は最大となる。

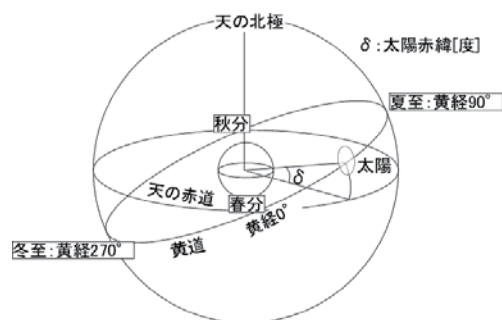


図2より、 δ が大きくなるほど太陽

図1

補正1:太陽赤緯変化の影響を補正する

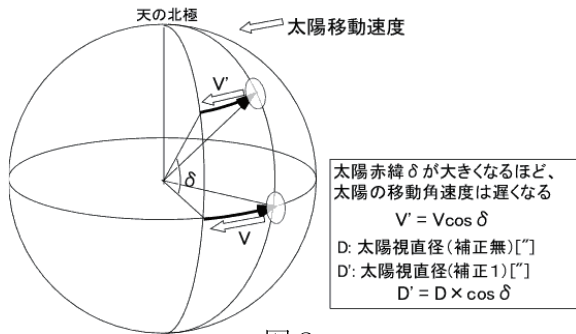


図2

補正2:公転による影響を補正する

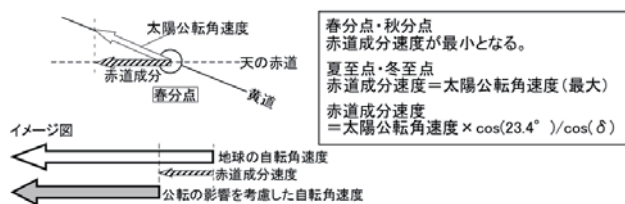


図3

の移動速度が遅くなることがわかる。太陽赤緯 δ [°] のときの太陽の視直径 D' ["] は、 $D' = D \times \cos \delta$ となる。

補正2 太陽の年周運動の補正

地球は自転と同時に公転をしている。地球の公転周期は365.2564日なので、太陽の公転角速度は、 $360 \times 3600 ["] / (365.2564 \times 24 \times 3600) [s] = 0.041067042 ["/s]$ と求められる。

地球の自転方向と黄道上の太陽の移動方向は同じのため、図3のように、地球の自転角速度が太陽の公転角速度分低下する。黄道と天の赤道は23.4°傾いているため、赤道成分速度を求めると、

赤道成分速度 = $0.041067042 ["/s] \times \cos(23.4) / \cos \delta$ となる。

4. 結果

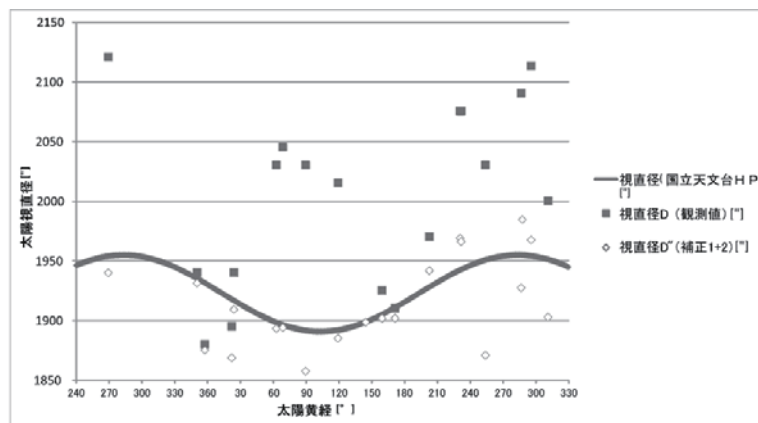


図4

最大値 $D_{\max}$: 1957 ["/s]: 2015年1月8日 (黄経287°)
最小値 $D_{\min}$: 1858 ["/s]: 2014年6月21日 (黄経90°)

地球の公転軌道離心率 e は、 $e = (D_{\max} / D_{\min} - 1) / (D_{\max} / D_{\min} + 1)$ $e = 0.026$ となった。

5. 考察・まとめ

- ①補正前の黄経69°と287°の二回のピークは、補正後ではどちらとも下がった。夏至・冬至付近では太陽は天の赤道から離れることから、補正が必要であることがわかる。
 - ②補正視直径 D' は、一年を通して周期的に変化していることが読み取れる。また国立天文台HPの視直径変化と同様の変化をしている。
 - ③国立天文台HPでは離心率は $e = 0.0167$ とされ、今回の結果はより大きく見積もっている。この原因としては、風の影響・大気による太陽像の乱れ・投影板上の基準円の線の太さの影響・ストップウォッチ計測による誤差・習熟度の個人差などが考えられる。
- ※太陽赤緯・太陽黄経・自転周期・公転周期・離心率などの数値は主に国立天文台HPより引用、補正については埼玉県立朝霞高校地学部HPを参照

私たちの月の観測

ー赤外線望遠鏡を使ってー

竹内 美咲、小島 葉瑠加、明知 友香（高1）【埼玉県立春日部女子高等学校】

1. はじめに

私たちにとって最も身近な天体、「月」。春日部女子高校地球科学部では、以前から様々な方法で月に関する研究を行ってきた。今回の私たちの研究テーマは、先輩方のデータをもとにして、新しく赤外線望遠鏡を製作し、観測することである。

2. 装置開発

従来から、私たちが、月の観測で使用している放射温度計の視野は約 2° であり、月の視直径(0.5°)より遥かに大きい。そこで、温度計を望遠鏡に取り付けるアダプタ(図1)を3カ月かけて製作した。望遠鏡は反射望遠鏡であり、鏡のアルミニウムメッキは、赤外線をよく反射する。性能の評価実験を行ったところ、 $8\sim 16\mu\text{m}$ の波長で、反射率は約87.4.%となり、望遠鏡に入った赤外線そのものが完璧に温度計に入ってきていることがわかった。また視野は、 0.72° となり、温度計単体での測定よりも10倍の感度をもつ高感度、狭い視野の赤外線望遠鏡が完成した。



図1 自作したアダプタ

3. 観測

高感度、狭い視野の赤外線望遠鏡を使って、私たちは、月の昼と夜の部分の温度差を調べようと考えた。最も興味をひくのは、上弦の月と下弦の月の違いである。観測は、月の日周運動を利用して、望遠鏡の視野を月が通過する方向に固定し、月が入ってくるのを待つ、名付けて「待ち構え観測法」で行った。月からの赤外線強度は、ステファン・ボルツマンの式を用いて求めた。グラフから次のことがわかった。

- ・グラフが対照的でないことから、昼の部分の温度と夜の部分の違いがわかる。
- ・月の昼と夜の部分の位置関係によって、温度の上がり方と下がり方に違いが見られた。

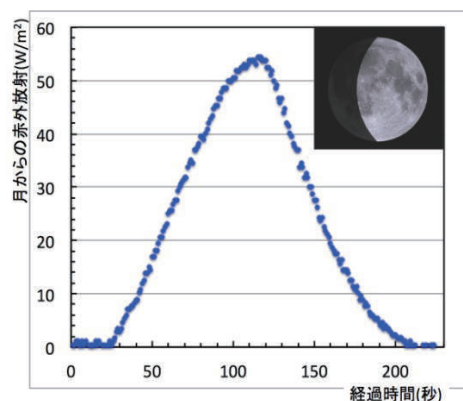


図2 月齢10.4の月の観測結果(2014-08-06 16:30)

・グラフのピークの形が異なっている。

これは、図2のような上弦に近い月では、冷えきってしまった新月から、少しずつ暖まりつつある状態で、太陽の光のあたり方が大きく効いている。一方で、図3は満月の時までに暖められた表面がすぐには冷えず、夜の部分もある程度の赤外線を出しており、特に太陽が当たらなくなる昼と夜の境界では、まだ十分に温度が下がっていない。そのために、頂の形は丸みを帯びている。

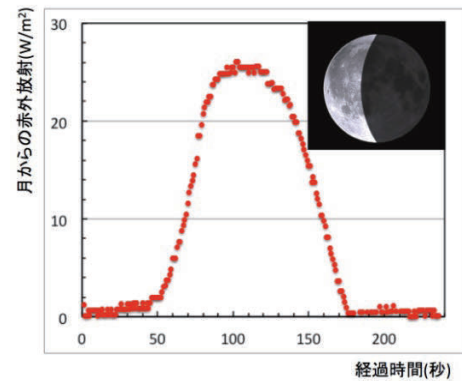


図3 月齢23.1の月の観測結果(2014-08-19 09:07)

4. シミュレーション

さらに私たちは月の温度分布を仮定し、エクセルを用いてシミュレーションを行った。ワークシート上で「円形」を再現することは難しいので、「菱形」を作って考えてみた。月表面から放出される赤外線強度を菱形に配置された各セルに書き込み、望遠鏡の視野も菱形にして一列ずつ動かしていき、望遠鏡の視野に入ったセルの合計を「受光した赤外線強度」とした。図4、図5にその結果を示した。シミュレーションと観測結果のグラフを比較してみると形はほぼ一致した。月の温度分布を細かく調べることは難しいが、質の高い観測とシミュレーションを併用することで可能になるのではないだろうか。

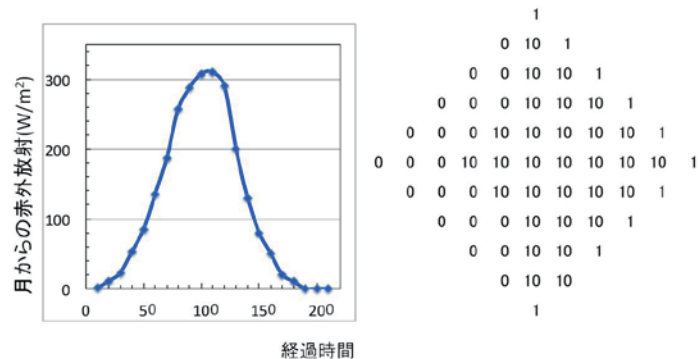


図4 シミュレーションにおける月齢10.4相当の月のグラフ

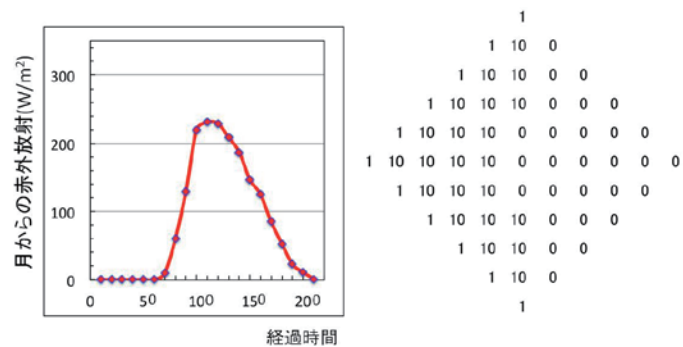


図5 シミュレーションにおける月齢23.1相当の月のグラフ

5. まとめ

赤外線望遠鏡の開発では、望遠鏡に放射温度計を取り付けるために、アルミ板や身近なものを活用してアダプタを製作することに成功した。その性能は、 0.72° という狭い視野であり、温度計単体での測定よりも10倍の感度を持つことがわかった。

月の観測では、上弦より少し太った月と下弦より少し細い月の観測を行った。これらのグラフは、どちらも非対称な形でありピークの形が異なった。これをシミュレーションのグラフと比較したところ、ほぼ一致したことから、月表面の温度分布に関する情報が得られた。

皆既月食の撮影

時政 龍太（高2）、久保 友梨子、山崎 遥加、中村 智子、氏丸 祈歌、水根 啓佑、丸岡 拓実、阿蘇 大志（高1） 【兵庫県立舞子高等学校】

1. はじめに

3年ぶりに皆既月食をみることができました。当校では、天文気象部員を中心に先輩達も応援にかけつけ、準備をしました。また、部員以外の生徒にも屋上を解放して、見てもらいました。今回は、皆既の時間が約1時間と長く、皆既の状態の月を撮影するには、良い条件でした。そこで、皆既時間の長さを最近起こった皆既月食と比較するとともに、皆既時の月の色に着目しました。また、撮影と並行して、色鉛筆によるスケッチも行いました。



2. 観測・撮影

本校屋上にて観測・撮影を行いました。

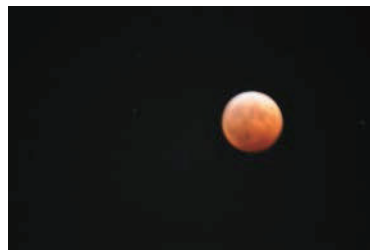
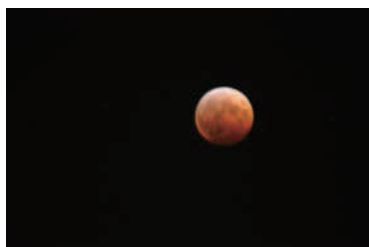
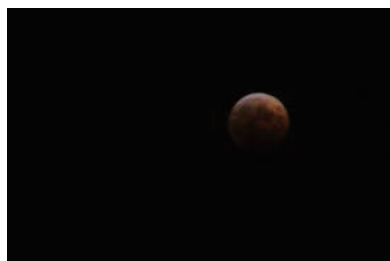
- 使用機材
1. Vixen 80A f（赤道儀付き）
 2. Vixen 200（赤道儀付き）
 3. Canon 60Da（拡大撮影）
 4. Nikon D300（望遠レンズ 200～300mm）

3. 結果

(1) 撮影（皆既部分のみ記載）

このページではわかりにくいかもしれませんが、シャッター速度により、赤銅色に見える部分の色が変わっていることに気づきました。

左から、1/10 秒，1/2 秒，1 秒です。（ISO3200 にて）



(2) スケッチ

Vixen が、サービスで配布していた、月面観測記録用紙に約 10 分おきに色鉛筆で記録していきました。(右図は、約 20 分おきのスケッチをです。)



(3) 皆既時間の長さ

次回、2015 年 4 月 4 日の皆既日食では、皆既時間が 13 分間と短いことがわかってきます。

近年の皆既日食の皆既時間を調べてみました。こうした、皆既時間の違いが起こる理由を考えてみました。(神戸市にて半影食の始めから終わりまで見える時のみ)

年 月 日	皆既食の始め	皆既食の終わり	皆既食の時間
2001/01/10	0 4 : 5 0	0 5 : 5 2	6 2 分
2011/12/10	2 3 : 0 5	2 3 : 5 8	5 3 分
2014/10/08	1 9 : 2 5	2 0 : 2 5	6 0 分
2015/04/04	2 0 : 5 4	2 1 : 0 7	1 3 分
2018/01/31	2 1 : 5 1	2 3 : 0 8	1 3 7 分

【国立天文台 月食各地予報より】

4. 考察

- (1) 今回は、一般の生徒にも見ていただこうと、屋上を解放しましたが、ソーラーシステムが設置されており、その隙間の通路で見ていただくことになり、せまく混雑してしまいました。また、下校時刻もあり途中で帰ってもらわなければならない、来ていただいた人に最後までみていただきたかった。
- (2) 今回は、皆既時間が長く、赤銅色の月をうまくとらえることができましたが、次回 4 月では、うまくとらえられるか、撮影の練習をしておく必要があります。
- (3) 皆既時間は、地球の影が月面のどの辺りを通るかによることがわかりました。月面の中心付近を通過するほど長く、周辺部を通過するほど短時間である。また、この違いは、太陽・地球・月の軌道面のわずかな違いにより生じていることもわかりました。

5. まとめ

皆既月食は、誰でも見やすい天文現象ですが、撮影しようとする、望遠鏡の使い方からはじまり、カメラの使い方、また、撮った写真の画像処理など知らなければならないことがたくさんあることがわかりました。

太陽活動と紫外線強度の関係

奥 菜々子 (2 年)、田附 優衣 (2 年)、大伴 晃史 (2 年)、中辻 颯太 (2 年)
西澤 江里 (1 年)、山田 祐輝 (1 年)、近藤 凌平 (1 年)、井関 康博 (3 年)

【滋賀県立米原高等学校 地学部天文班 B】

論 旨

太陽からの紫外線強度は、太陽の活動に左右され、活動領域の面積が大きいほど強くなると考えられる。そこで、太陽の Ca II-K 線画像の活動領域の面積を調べ、紫外線強度との関係を調べた。また、地上での紫外線強度との関係も調べ、紫外線予報や過去の地表の紫外線強度の復元ができた。

はじめに

米原高校地学部は、この 3 年間太陽の Ca II-K 線画像の撮影と紫外線強度の測定を行ってきた。結果、世界の天文台や人工衛星のデータも利用し、太陽の活動領域(プラージュ)の面積と紫外線強度の関係をみつけ、米原高校で朝に太陽観測をし、活動領域の面積を求めることで、北緯 35° 付近の正午の紫外線強度を予報することに成功した。地上の紫外線強度の予報を可能とした。また、黒点相対数から過去 195 年間の紫外線強度の復元も行った。ここでは、この 3 年間の研究を報告する。

目 的

- (1) 米原高校での正午の紫外線強度を予報する
- (2) 可能な限り長期間の紫外線強度を復元する
- (3) 農作物の生産量予測を行う

研究の方法・結果・考察

研究 1. 太陽の活動領域の面積と 大気圏外の紫外線強度の関係

1-1. 研究方法 1

- (1) 図 1 の機器で太陽を撮影する。



図 1. 太陽画像の撮影機器

- (2) IDL(画像処理ソフト)で太陽の活動領域の面積を求める。

活動領域の面積とは太陽画像のプラージュの面積を太陽表面の面積の割合(面積%)に直したものである。

- (3) 活動領域の面積と大気圏外の紫外線強度の関係を調べる。

1-2. 結果・考察 1

活動領域の面積と大気圏外の紫外線強度の関係を求めると、図 2 の様になり、関係式 1~4 を得た。

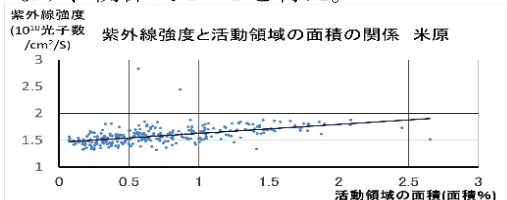


図 2. 紫外線強度と活動領域の面積の関係(米原)

米原高校 $y=0.17x+1.46(R=0.50)$...式 1
川口市立科学館 $y=3.47x+1.09(R=0.59)$...式 2
ビッグベアー天文台 $y=0.50x+1.17(R=0.85)$...式 3
コダイカナル天文台

$y=0.72x+1.22(R=0.70)$...式 4
(大気圏外の紫外線強度の単位: 10^{10} 光子数/cm²/s
y: 紫外線強度 x: 活動領域の面積 R: 相関係数)

以上より、大気圏外の紫外線強度と活動領域の面積は比例関係にあると考えられる。

研究 2. 大気圏外と地上の紫外線強度の 関係

2-1. 研究方法 2

- (1) 図 3 の機器を用いて、米原高校での紫外線強度、照度、太陽高度を同時に測定する。



図 3. 紫外線の測定機器

- (2) 大気圏外の紫外線強度は SOHO 衛星のデータを使用し、地上の紫外線強度は米原高校のほかに湘南工科大学のデータも使用した。

2-2. 結果・考察2

- (1)地上の紫外線強度は太陽高度に大きく影響されるため、その関係を調べた。
図4では54°で折れ曲がっていると考え、関係式5、6を求めた。

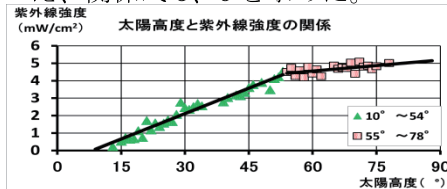


図4. 太陽高度と紫外線強度の関係

$$10^{\circ} \sim 54^{\circ} \quad y = 0.10x - 0.80 \quad (R = 0.98) \dots \text{式 5}$$

$$55^{\circ} \sim 78^{\circ} \quad y = 0.02x + 3.29 \quad (R = 0.60) \dots \text{式 6}$$

(y: 紫外線強度 x: 太陽高度 R: 相関係数)

関係式5、6を用い、太陽高度90°のときの紫外線強度に換算する倍率表を作成した。

- (2)太陽高度90°の場合の大気圏外と地上の紫外線強度の関係を、(1)で作成した倍率表を利用して求めると、関係式7のようになり比例関係があると考えられる。

$$y = 0.15x + 0.36 \quad (R = 0.31) \dots \text{式 7}$$

(y: 大気圏外の紫外線強度 x: 地上の紫外線強度 R: 相関係数)

研究3. 紫外線予報とその検証

3-1. 研究方法3

紫外線予報の方法を図5に示す。

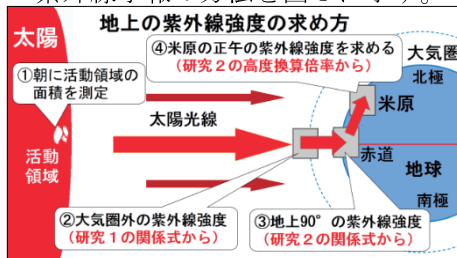


図5. 地上の紫外線強度の求め方

3-2. 結果・考察3

紫外線強度の予報値と測定値の比較をまとめたものが図6である。

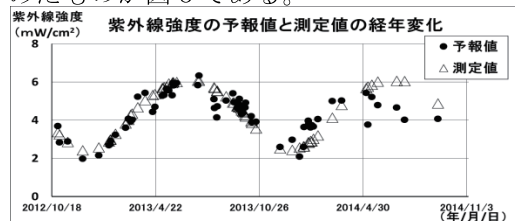


図6. 紫外線強度の予報値と測定値の比較

研究4. 過去の紫外線強度の復元

4-1. 研究方法4

- (1)ベルギー王立天文台の黒点相対数と大気圏外の紫外線強度の関係を調べる。

- (2)天文台の画像と黒点相対数から、紫外線強度を復元する。

4-2. 結果・考察4

- (1)黒点相対数と大気圏外の紫外線強度は、関係式8のように、比例関係があると考えられる。

$$y = 0.01x + 1.20 \quad (R = 0.83) \dots \text{式 8}$$

(y: 黒点相対数 x: 紫外線強度 R: 相関係数)

- (2)ベルギー王立天文台とNASAの黒点相対数を用いた紫外線強度の復元は、図7のようになった。

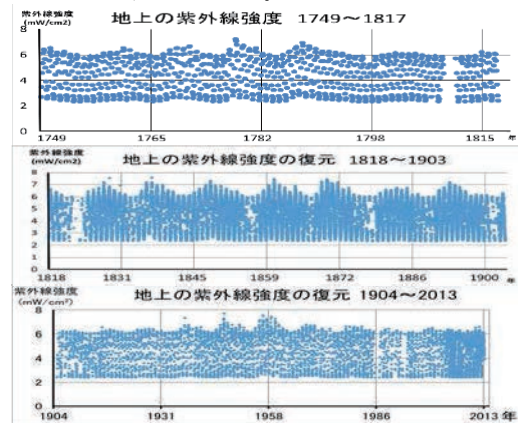


図7. 過去265年分の紫外線強度の復元

研究5. 農作物の生産量予測に向けた試み

5-1. 研究方法5

農産物の生産量予測をしようと考え、過去の農作物の生産量を調査し、復元した紫外線強度と比較した。

5-2. 結果・考察5

検証の結果、明瞭な関係は発見できなかった。作付面積など他の要因を考慮し取り組みたい。

結論

- (1)紫外線強度の予報ができた。
(2)265年間の紫外線強度を復元できた。

今後の課題

- (1)農産物の生産量予測を実現させる。
(2)紫外線の長期予報をする。

引用・参考サイト

SOHO・SEM・湘南工科大学・川口市立科学館・Mt.Wilson 天文台・Big Bear 天文台・Kodaikanal 天文台・ベルギー王立天文台・NASA

謝辞

本研究に当たり、京都大学花山天文台の北井礼三郎先生、石井貴子先生、茨城大学の野澤恵先生にご指導をいただきました。心よりお礼申し上げます。

2014 ふたご座流星群について

石川 緋佳里, 柴田 実寿紀, 杉野 未侑, 鳥塚 琴純, 山崎 彩音 (2年)
 大山 晴香, 税所 彩香 (1年)

【星野高等学校天文部】

はじめに

2014年12月14日～15日と16日～17日に、星野高等学校石原町校舎(埼玉県川越市石原町2丁目)でふたご座流星群の観測を行った。観測方法は眼視観測と電波観測の2つある。

1. 眼視観測

①観測方法

計数観測で行った。2人1組で記録係と観測係に分かれて行った。

14日～15日に観測した人をA班、15日～16日に観測した人をB班とする。

A班 12人(6組)

B班 11人(5組)

②結果

以下の表の値は観測者の平均値である。

表1 A班 2014年12月14/15日

時間	観測流星数	最微光星	雲量	Fa	CHR	輻射点高度	Fb	ZHR
21:20～22:10	12.33	3.0	0	3.4	50.32	40	1.9	71.82
22:20～23:10	19.5	3.0	0	3.4	79.56	52	1.4	105.79

表2 B班 2014年12月16/17日

時間	観測流星数	最微光星	雲量	Fa	CHR	輻射点高度	Fb	ZHR
23:00～23:50	4.8	4.72	0	3.9	24.144	58	1.3	10.358
24:00～24:50	2	3.28	0.16	3.9	9.36	70	1.1	3.308

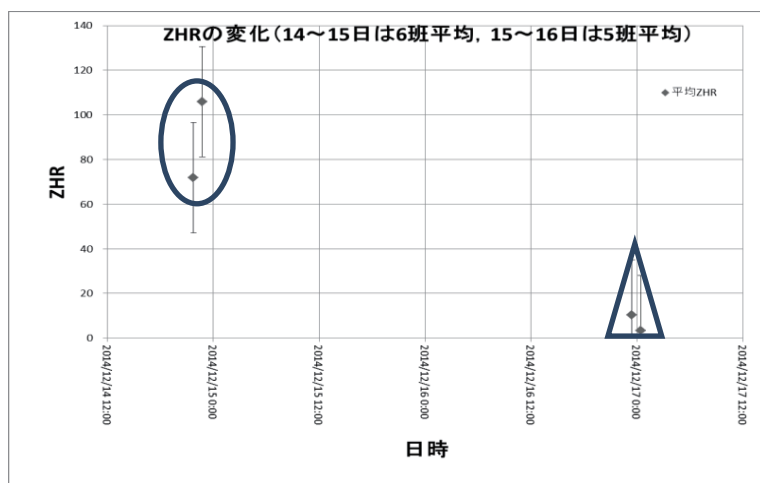


図1. ふたご座流星群のZHRの変化



図2. 日本流星研究会の速報データ

12月14/15日の観測では、極大が予想される時刻(14日21時頃)に向うにつれてZHRが増えた。極大を過ぎた12月16/17日の観測では、時間が経つにつれてZHRが減少した。

2. 電波観測

①観測方法

JA9YDB 福井高専アマチュア無線クラブが発射する 53.750MHz のビーコン電波を使用した。観測は本校石原町校舎屋上の 4 素子八木アンテナに接続したアイテック製 RH-1 のオーディオ出力を HROFFT (大川一彦氏作) 計測し、時間ごとの全エコー数ならびにロングエコー数をグラフ化した。

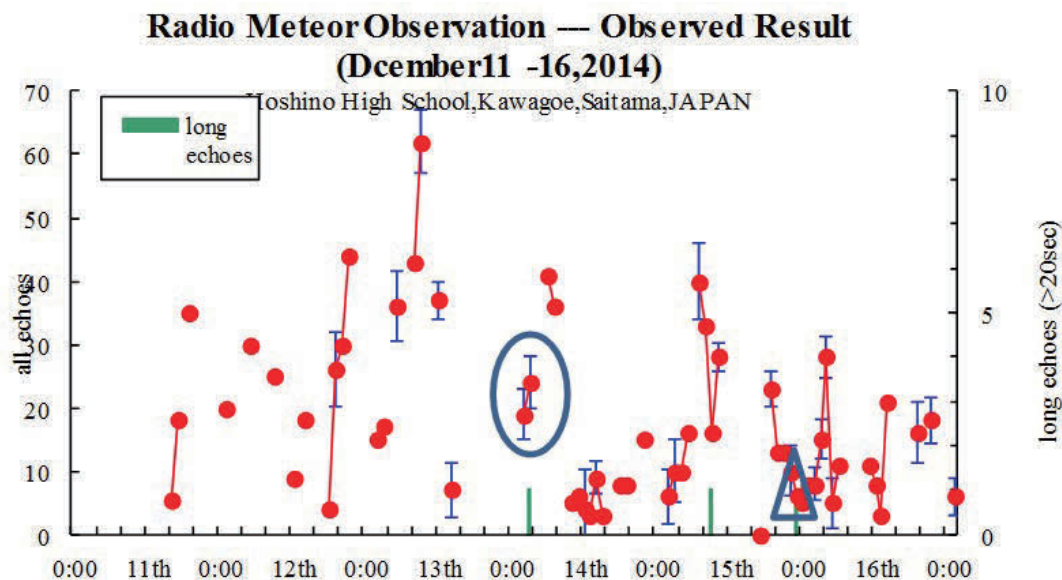


図 3. 電波観測の結果 (2014 年 JST)

②結果

- ・ 13 日 20 時～21 時頃のエコー数が見られた。
- ・ ロングエコーは極大から少し経った日に見られた。
- ・ 13 日 20 時頃のエコー数が最も多かった。

③考察

- ・ これまでのふたご座流星群の観測はグループ観測によるものだったが、今回より個人計数観測を行った。
- ・ 12 月 14/15 日はふたご座流星群の極大に向けての増加の様子を、16/17 日は極大後の減少を捉えたと考えられる。電波観測 (図 3) でも同じ時間帯に増加と減少が見られることで、それが裏付けられる。実際、日本流星研究会の速報データ (図 2) と比較しても同じ傾向が見られる。

図 1. 2. 3 の印はそれぞれ同じ時間の値を示している。

参考資料

国立天文台

<http://www.nao.ac.jp/astro/meteor-stream/geminids.html>

日本流星研究会

<http://homepage2.nifty.com/s-uchiyama/meteor/shwr-act/12gemact/gem-act.html>

天空の花火

～ペルセウス座流星群の研究～

岡本 紗枝、川崎 日向子、中原 徹也（高2）【金光学園高等学校】

1. はじめに

「天空の花火」流星は、高速で飛び込んできた宇宙のチリが地球大気中で発光する現象であるが、私たちは流星のビデオデータを解析して、その振舞いを明らかにしようとした。また、流星は天球を背景にして流れるので、二つの観測点で同一の流星を観測すれば、その視差から流れる経路を3次元的に調べることができると思った。

2. 研究内容

国立天文台岡山天体物理観測所（OAO）において2013年の極大期（8/11、8/12、8/13）に撮影された約20時間のビデオデータを使用させていただき、このデータから合計528個の流星（内465個の群流星）を検出した。その出現数（HR、ZHR）を計算し、日本流星研究会の結果と比較すると、全体的には各地の観測と同様の増減を示したが、この観測地特有のムラも見つかった（図1）。また、明るい流星の光跡を星図に描き込み、その経路を延長して放射点を求めたところ、直径約5度近い広がりがあることが分かった。

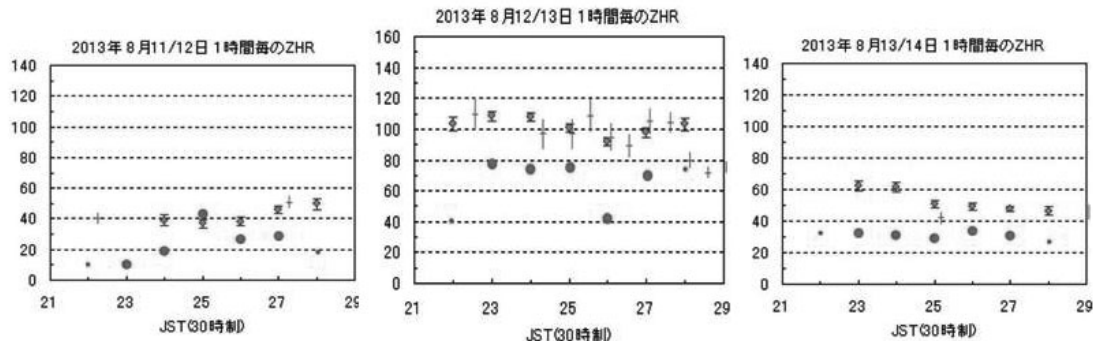


図1. ZHR の日時による変化

（左から 8/11～12、8/12～13、8/13～14、丸印が私たちの結果）

次に私たちは、OAO の観測と同時期にあった岡山理科大学（OUS）のデータを使用させていただき、2点観測による12個の流星を解析し、発光点、消滅点の方位角と高度角から流星の経路を求めた（図2、図3）。平均として高度106kmから85kmまで、放射点方向から約36kmの距離を流れた。また、ビデオから個々の流星の流れた時間を知り速度を求めた。12個の平均として、地心速度約54km/秒がえられた。さらに、地球の公転運動との関係を調べ、日心速度約36km/秒、流星軌道の地球公転方向に対する突入角度が約72°という値がえられた。ペルセウス座流星群の物質は地球や惑星の公転面とは大きな角度をなして太陽系内を楕円運動していることが分かった。

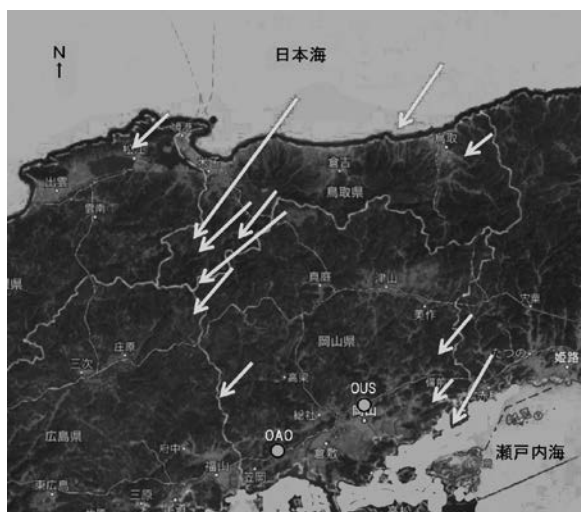


図 2. 流星の経路（水平成分）
流星の経路を地図上にプロットした。
OAO と OUS は 2 点の観測地。
観測期間中は放射点が北西方向にあった。

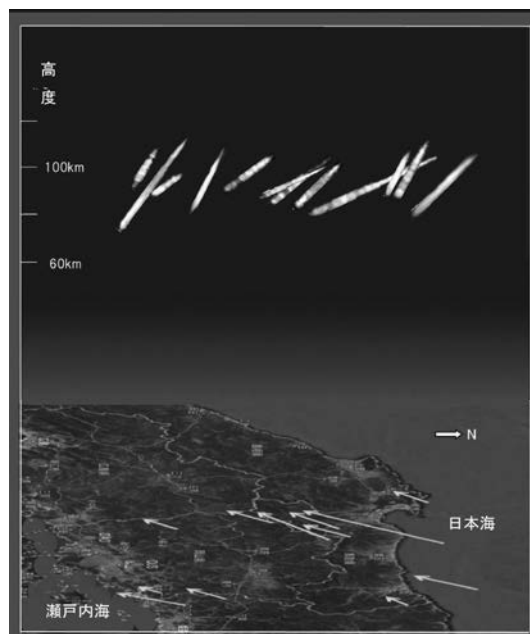


図 3. 流星の経路（高度方向の断面）
縦軸は地上の高度で、東方向から見たもの。
観測時刻とともに放射点高度角が大になる。

3. 結論

- (1) 国立天文台岡山天体物理観測所構内で、ペルセウス座流星群の極大期である 8/11 から 8/13 にかけて、夜空をビデオ撮影したデータを用い、合計 528 個の流星を検出した。そして、そのデータから HR、ZHR を求め、極大期の出現状況を調べた。日本流星研究会の観測結果と比較した結果、この観測地における流星物質のムラが見つかったと思われる。
- (2) 明るい流星の光跡を星図に描き込み、その経路を延長して放射点を求めた。天球上で中心の座標を求めたが、直径約 5 度に近い広がりがあった。この流星群は歴史的に長い間観測されていて、活動期間も長いことから、この流星群の放射点には広がりがあると思われる。
- (3) 2 点観測により 12 個の流星を解析し、発光点、消滅点の方位角と高度角から流星の経路と速度を求めた。平均として、高度 106 km から 85 km まで、36 km の距離を流れた。また、流星は 3 次元的に放射点から流れていて、時間と共に大気への突入角度が変化していることが分かった。
- (4) 流星の地心速度約 54 km/秒、日心速度約 36 km/秒を求めることができた。また、流星軌道面の地球公転面に対する傾斜角が約 108° という値もえられた。これらの数値は、ペルセウス座流星群が地球の公転面と角度をなして太陽系内を楕円運動をしていることを示している。ただ、この流星群の運動を正確に求めるには、まだ軌道要素と精度が不足している。

4. 今後の課題

ペルセウス座流星群の母天体はスィフト・タットル彗星であると言われていたが、流星群や彗星の運動を知るには軌道要素を正確に求める必要がある。私たちはさらに国立天文台および大学の専門の研究者に指導を仰ぎ学習し、この流星群の素性や太陽系内での運動について、より確かな結論を導きたい。

流星電波観測への挑戦

新井 駿一（高 1）【横浜市立 横浜サイエンスフロンティア高等学校 天文部】

1.はじめに

今回はいくつかある電波観測方法のうち HRO（Ham-band Radio Observation）を使用した。この HRO は福井工業高等専門学校の前川公男氏が 24 時間出し続けてくださっている電波を利用した観測方法のことである。

2.原理説明

通常、地上から放たれる電波は何にも反射されず、宇宙空間に飛び出してしまふ。しかし、そこに流星が加わると状況は変わる。流星が上空 80~100km にある電離層にかかった時、大気を電子とイオンに分解する電離が行われて地上からの電波を反射する“電離柱”が出現する。流星がなくなった後は時間とともに電離柱は消滅するため、流星が流れた直後のみ反射された電波を受信する。これにより、いつ流星が流れたかがわかるのである。

3.アンテナのセッティングと使用したもの

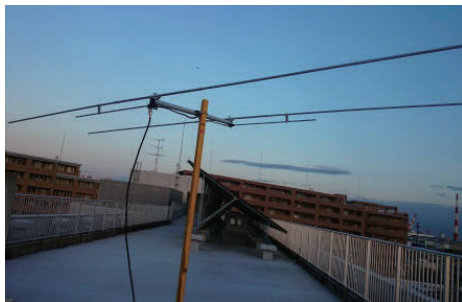


Fig.1 八木アンテナ

八木アンテナで受信したデータを受信機を通じてパソコンで表示、記録する。



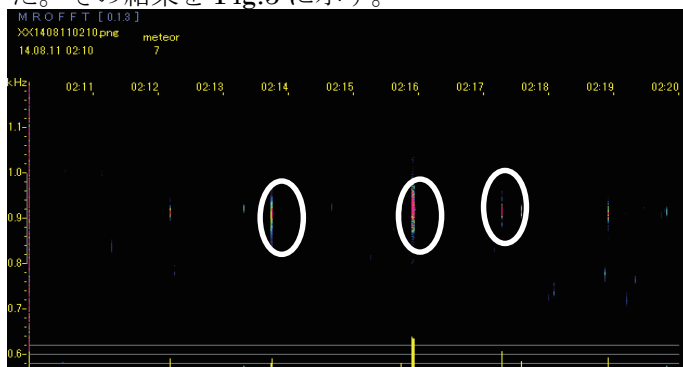
Fig.2 受信機とパソコン

1. 八木アンテナ (A-52HB 50MHz 帯 HB9CV2 エル八木アンテナ)
2. 受信機 (MC-90 メティオ RX1 号)
3. アンテナと受信機を結ぶケーブル (第一電波工業株式会社 固定局用 5D-FB)

3.電波観測データと眼視観測データ比較

新潟県妙高市において、ペルセウス座流星群の極大日を含む 2014 年 8 月 10 日から 13 日に観測を行った。眼視観測の成果はあまり良いものとは言えなかった。何故なら観測を実施した日程の中に“スーパームーン”が重なったことに加え、悪天候により眼視観測が 3 晩中 1 晩しか行えなかったからである。

電波観測のデータで流星と判断したのは Fig.3 と Fig.4 の白丸で囲われている部分である。眼視で観測できた流星の時間に電波観測の方でも流星が記録されているかどうかを確認した。その結果を Fig.5 に示す。



第 1 夜に記録されたのが左のデータである。観測時曇っていたため眼視との比較は行えていない。しかし、“流星電波観測国際プロジェクトのホームページ”の情報を基に、データ中央に入っている線が流星の流れた証拠であると考えている。

←Fig.3 観測データの好例

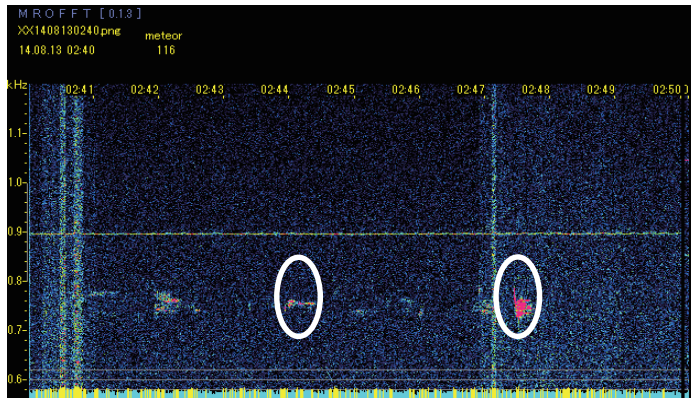


Fig.4 観測データの悪例

眼視も行えた最終夜のデータが左。Fig.3とは違う場所で観測を行ったところこのような結果となった。

問題と疑問が4つある。

- 1.全体を覆う小さなドットが邪魔で正確にデータを確認できない
- 2.左から右へ突き抜ける線
- 3.上から下に入った線
- 4.画面右下にある“集まっているドット”

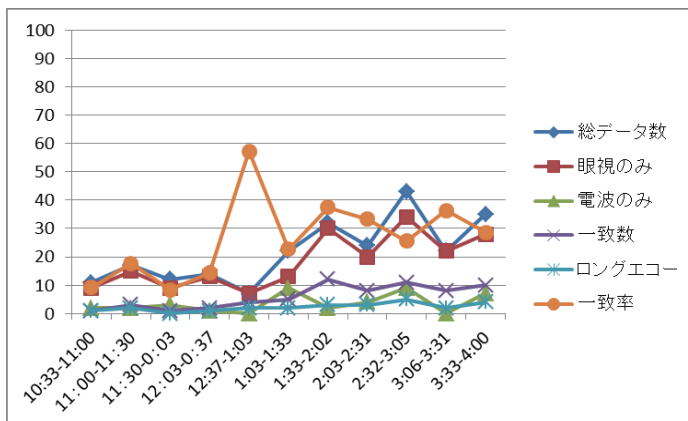


Fig.5 電波観測と眼視観測のデータ比較

両方の観測方法で確認できたのは全 229 個の眼視データのうち 65 個であった (約 28%)。仮説では当時の空の状態から考えて「電波のみ」の数の方が「眼視のみ」より多くなると仮説を立てたが実際は違った。

電波観測の流星判断は記録されたデータ (Fig.3 や 4 のような) を見て行うため上記のような不要なドットによって、流星かどうか判断しにくくなっているため流星数を正確に数えることができず「一致率」や「一致数」が下がっている可能性がある。

4.改善案とその結果

上記のとおり今回の観測では多くの疑問を残したまま終わった。その中でも主な4つの問題点を改善する案を考え、神奈川県横浜市鶴見区にある学校で検証実験行ったところ以下のようになった。

Table.1 発生した問題解決のための考察と検証実験の結果

現象	原因考察	検証方法	検証実験の結果
全体の青いドット	近くにあったパソコン	パソコンとの距離を作る	関係なし
左から右への線	電波元から直接来ていた	現地でないと検証できない	×
上から下への線	何かがアンテナに触れた	手でいろいろと触れる	関係なし
集まるドット	ロングエコーかもしれない	不明	×

すべて原因考察と異なる結果となった。その理由として場所・時間・天気などの条件が妙高市と学校では大きく異なってしまったため結果が変わってしまった可能性がある。

5.今後の展望

今後も実験を続けていきさらに高い精度で観測を行えるようにする。

6.参考

流星電波観測国際プロジェクト； http://www.amro-net.jp/hro_index.htm

分光観測による3彗星の比較

清原 和輝、前田 幸佑、森村 誠斗、山木 太陽（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

我々は、パンスターズ彗星（C/2012 K1）について、2014年5月に岡山県美星天文台で低分散分光観測を行った。そのデータと、2013年11月に同天文台で得られたアイソン彗星（C/2012 S1）およびラブジョイ彗星（C/2013 R1）の分光観測データから、それぞれの彗星の化学組成の同定を行った。また、CNの輝線のFWZIよりコマのガス放出速度の分布を求めた結果、パンスターズ彗星（C/2012 K1）は $1.0 \times 10^3 \text{ km/s}$ 、ラブジョイ彗星（C/2013 R1）は $2.6 \times 10^3 \text{ km/s}$ 、アイソン彗星（C/2012 S1）は $4.6 \times 10^3 \text{ km/s}$ となった。

1. はじめに

2013年末に、アイソン彗星（C/2012 S1）やラブジョイ彗星（C/2013 R1）という大彗星が太陽に近づいて話題になった。そこで、天文にもともと興味を持っていた我々は、彗星について更に詳しく知りたいと思い、研究を始めることにした。2014年は、話題になるような大彗星の接近は無かったが、8月末に近日点を通るパンスターズ彗星（C/2012 K1）という彗星がやって来ることがわかった。

我々は、当初、この彗星の近日点通過前後でのコマや尾の化学組成の変化に着目していたため、岡山県美星天文台で5月上旬と10月上旬の二度にわたり分光観測を計画していたが、10月上旬のデータは天候不良により取得できなかった。そこで、2013年11月に美星天文台で取得されたアイソン彗星（C/2012 S1）とラブジョイ彗星（C/2013 R1）の分光観測データを拝借し、これら3彗星の成分比較を行うことにした。

2. 目的

我々の研究の目的は、主として以下の2点である。

- (1) パンスターズ彗星（C/2012 K1）、アイソン彗星（C/2012 S1）およびラブジョイ彗星（C/2013 R1）についての低分散分光観測の結果を用い、それらのスペクトル中の輝線より化学組成の同定を行う。
- (2) (1)で同定した輝線のうち顕著なものについて、そのFWZIを調べ、コマにおけるガスの放出速度の分布を求める。

3. 方法

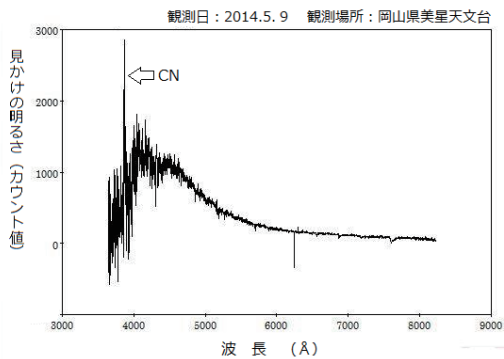
分光観測は、2014年5月9日夜、岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で実施した。その観測及びデータ解析の手順は、以下の通りである。なお、アイソン彗星（C/2012 S1）およびラブジョイ彗星（C/2013 R1）については、(2)以降のみ行った。

- (1) 望遠鏡に低分散分光器と冷却CCDカメラを取り付け、目的の彗星と分光標準星のライトフレーム、コンパリソフレーム、フラットフレーム、ダークフレームなどの画像を取得した。
- (2) 「マカリ」（国立天文台・(株)アストロアーツ）により、一次処理を行った。
- (3) 「Be Spec」（川端哲也氏 作）を用いて、一次処理したデータを横軸が波長、縦軸が（フラックス補正が行えていないため）見かけの明るさのグラフに変換した。更に、グラフの輝線の波長位置から、化学組成を特定した。

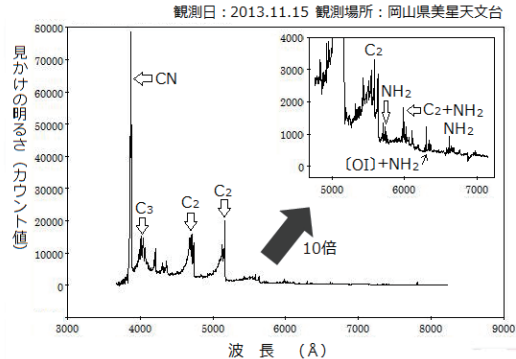
(4) (3)のグラフ中の顕著な輝線について、FWZI $\Delta\lambda$ を読み取り、ドップラー効果の式 ($\Delta v = c \cdot \Delta\lambda / \lambda$ c : 真空中の光速 λ : 輝線の中心波長) により、コマにおけるガスの放出速度の分布 Δv を求めた。

4. 結果

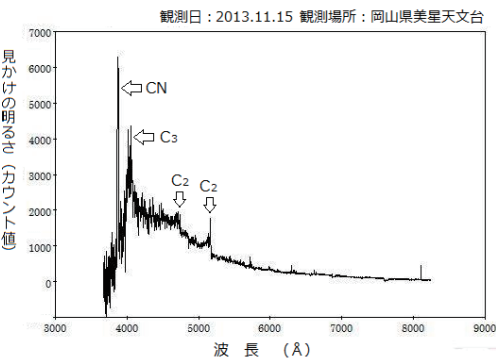
パンスターズ彗星 (C/2012 K1)



アイソン彗星 (C/2012 S1)



ラブジョイ彗星 (C/2013 R1)



	C/2012 K1	C/2012 S1	C/2013 R1
観 測 日	2014. 5. 9	2013.11.15	2013.11.15
日心距離	2.00496AU	0.59480AU	1.06362AU
地心距離	1.48063AU	0.89583AU	0.41023AU
近日点通過	2014. 8.28	2013.11.29	2013.12.23
離心率	1.000159	1.000259	0.998363
近日点距離	1.05456AU	0.01246AU	0.81182AU

5. 考察

- (1) パンスターズ彗星 (C/2012 K1)、アイソン彗星 (C/2012 S1)、ラブジョイ彗星 (C/2013 R1) のすべてに共通してCN (シアンラジカル) が含まれていた。
- (2) パンスターズ彗星 (C/2012 K1) には、他の2彗星に見られるような顕著なC₂およびC₃の輝線が見られなかった。その理由としては、C/2012 K1は、近日点通過前であり、かつ日心距離が2AU以上離れている状態で観測したためだと考えられる。
- (3) コマにおけるガスの放出速度の分布を求めると、パンスターズ彗星 (C/2012 K1) は $1.0 \times 10^3 \text{ km/s}$ 、ラブジョイ彗星 (C/2013 R1) は $2.6 \times 10^3 \text{ km/s}$ 、アイソン彗星 (C/2012 S1) は $4.6 \times 10^3 \text{ km/s}$ となり、日心距離が短い彗星ほど大きいという結果になった。

6. まとめ

今回取り上げた3つの彗星は、いずれも非周期彗星または長周期彗星であるが、日心距離の違いのためか、異なったスペクトルを呈することになった。今後は、さらに多くの彗星の分光観測を行い、日心距離とスペクトルの関係を明らかにしたい。

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

水の湿潤乾燥の繰り返しによる玄武岩の変化

長谷川 海太、西山 侑佑（中1）【大田区立蒲田中学校 プラネット科学部】

1 研究の動機

玄武岩は地球や火星の表面に多く存在している岩石です。昨年プラネット科学部の先輩は、玄武岩を水に浸し乾燥させるという実験を30回繰り返しました。この実験の結果 玄武岩の表面には、白い粉のようなものが少しだけ生じることがわかりました。水に浸された玄武岩から、どのような物質が溶け出るのか、僕たちはとても不思議に思い、調べてみることにしました。

2 研究の目的

水に浸した玄武岩が、湿潤乾燥の繰り返しでどのように変化するか、どのような物質がしみでるかを調べます。

3 過去の研究

山田剛・松倉公憲（2001）は、柱状の凝灰岩を各種塩類を入れた容器に入れ、その変化を30日以上観察しました。その結果、塩類は岩石にしみ込み、岩石内部で結晶成長して岩石が、壊れることを報告しています。小口（2009）は吉見百穴内における、塩類析出状況を調査しています。そして、石膏やナトリウムミョウバン等の鉱物が析出していることを明らかにしています。五百川麻子・中田正隆・本間久英（2000）は、大谷石（栃木県宇都宮市産）の表面の塩類析出状況を調べました。そして、主に2つの鉱物が析出することを明らかにしました。朽津信明・段修業（1993）は、敦煌莫高窟の下地と同様な成分の粘土を、大高河から採取した水50mlに浸し放置しました。その後20日間で水分が蒸発し、粘土上部を白色の析出物が覆ったこと、そしてこの析出物中には石膏が検出されたことを報告しています。

これらのように、岩石や遺跡、建物の塩類風化の研究は、数多く行われています。しかし、僕たちの研究のように、水中に浸した岩石が湿潤乾燥の繰り返しをうけると、どのように変化するかを調べた研究はこれまで行われていません。

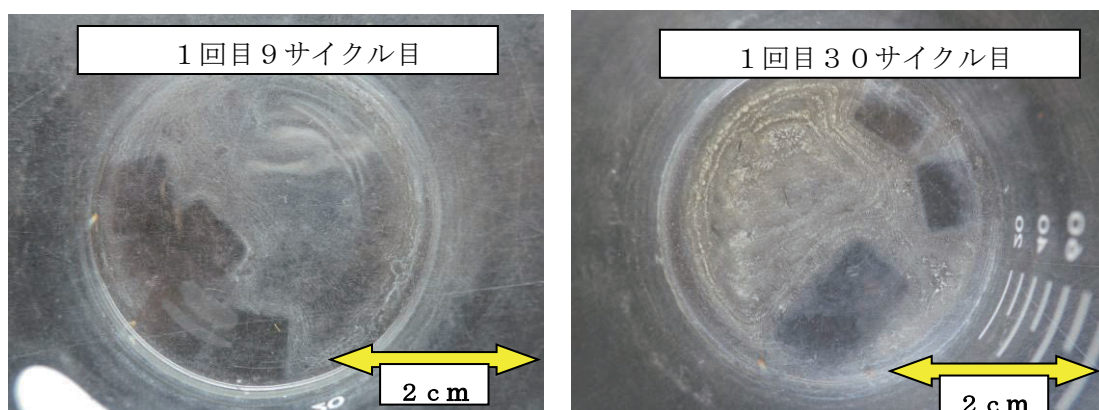
4 研究の方法

1cm×1cm×0.5cmに整形した玄武岩試料を4個準備しました。この玄武岩試料は、兵庫県玄武洞のもので、（株）岩本鉱産に整形してもらいました。この玄武岩を4個とも、100ccビーカーに入れ、精製水を40cc入れます。なおこの玄武岩1個の重量は1.3g程です。このビーカーを、約50℃に保った鉄板プレートに置き、乾燥させます。シャーレ中の水は、夏では1日、冬では3日ほどで乾燥します。水が乾燥したら、再び水を40cc加えます、この湿潤乾燥の1回の過程を1サイクルとし、30サイクルまで繰り返しました。そして、適切なサイクルで、玄武岩を取り出し、試料とビーカーの肉眼観察、写真撮影、重量測定、実体顕微鏡観察と顕微鏡による写真撮影を行いました。さらに30サイクル後の玄武岩表面の様子と生じた微粉末を電子顕微鏡で観察し、電子顕微鏡付属の分析装置（EDS）で化学成分を測定しました。

この玄武岩の湿乾繰り返し実験は、同じ結果になるかどうかを調べるために2回行いました。1回目の実験は2014年4月～7月、2回目の実験は2014年6月～9月にかけて行いました。

5 結果と考察

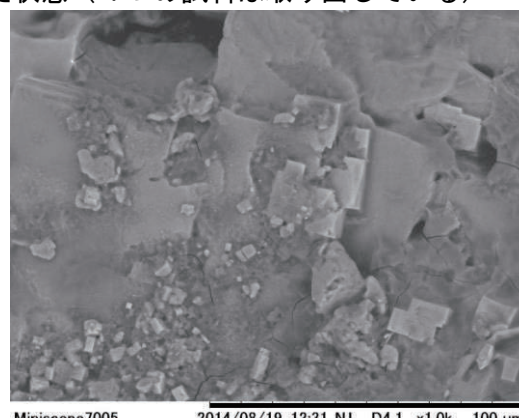
肉眼観察では、サイクルが進む程、4つの試料とも表面の白い部分の白さはより強くなるように見えました。またビーカー内には、白色の微粉末が、サイクルが進むほど増えていきました。そして、ビーカーの重量も増えていきました。



ビーカーの内側に白い微粉末がたまった状態（4つの試料は取り出している）

EDS による分析では、ビーカーの内側にたまった白い粉末中には、Cl、Na、Kが多く含まれていることがわかりました。このことから、白い粉末の多くは、塩化ナトリウムと塩化カリウムからできていると考えられるそうです。白い粉末の電子顕微鏡写真では、10ミクロン（0.01mm）前後の立方体や直方体のような形をした角ばった結晶が多く見られます。このことから、この結晶の多くは塩化ナトリウムからできていると考えられます。

この現象は、岩石から塩化ナトリウムや塩化カリウムのような塩類が析出する現象なので塩類風化の一つと考えます。玄武岩は、地球上はもちろん火星表面にも多いと言われています。そして過去の火星上にも水が多く大洋が存在したことがあったと推定されています。したがって、火星の表面でも、この実験のような水による玄武岩の湿乾繰り返しにより、塩類風化がおこり、塩化ナトリウム等が発生した可能性があると考えます。



ビーカーの内側にたまった白い粉末の電子顕微鏡写真

6 謝辞

この研究を行う上で、日本大学理工学部物質応用化学科無機機能材料研究室 准教授の遠山 岳史先生には、日立卓上顕微鏡E S 3 0 0 0を使用させていただきました。そして、日本大学理工学部4年の田中利幸さんには、電子顕微鏡の使い方やデータの見方のご指導をいただきました。また蒲田中学校プラネット科学部顧問の小森信男先生には、常に研究の指導をしていただきました。以上の皆さんに深くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 山田剛・松倉公憲（2001）：凝灰岩の柱状試料を用いた塩類風化に関する予察的実験、筑波大学陸域研究センター報告No. 2、p 19～23
- 2) 小口千秋（2009）：岩石土壌材料における塩害に関する研究、科学研究費補助金成果報告書
- 3) 五百川麻子・中田正隆・本間久英（2000）：大谷石中の mirabilite 及び thenardite の産状と岩石の風化課程、東京学芸大学紀要、第4部門、数学・自然科学.52巻、p 31～p 36
- 4) 朽津信明・段修業（1993）：敦煌莫高窟における塩類の晶出と壁画の劣化、保存科学、No. 32、p 28～32

恒星の明るさと分光観測から距離を求める

木田 麻唯、 米村 鮎美、 伊藤 里沙子、 井上 知奈美 (高3)

川本 朱峰、大杉 彩華 (高2)

【京都府立城陽高等学校】

1 要旨、概要

私たちはこれまでに、歩いて地球の大きさを測ったり、月までの距離を5つの方法で測定したり、金星の日面通過を利用して太陽までの距離を求めてきた。そこで、さらに遠くの恒星までの距離を測定することを研究対象とした。恒星の距離は、遠すぎて私たちには直接はかることはできないが、間接的に測定できる「分光視差」を利用することにした。

2 研究方法

A 実視等級の求め方

①星野の撮影

デジタルカメラ (N i k o n D 3 2 0 0) で目的とする恒星付近の写真を撮影する。光度測定の精度をあげるためにピントは少しだけぼやけた像になるようにする。

②データの処理

得られたRAW画像をステライメージV e r . 6 . 5でモノクロのf i t s画像に変換する。国立天文台の提供する画像処理ソフト「マカリ」を用いて光度の測定をした。

③実視等級の計算

適当な恒星を比較星(変光星でない)として、その等級を理科年表の恒星表から求める。次に、求めたい恒星の等級を次の公式を利用して計算する。

ポグソンの式 $m = -2.5 \log_{10} (C/C_0) + m_0$

(m 、 C は求めたい恒星の等級と明るさ m_0 、 C_0 は比較星の等級と明るさ 等級差は明るさの比で定義され、5等級の差が明るさ100倍である。)

B スペクトル型の求め方

①恒星スペクトルの撮影

デジタルカメラ (N i k o n D 5 2 0 0) にズームレンズ (18-200mm) を付け、その先端に分光プリズム (高橋製作所 流星用 頂角35度) をステップダウンリングで装着。対象とする恒星を広角でとらえ、次に望遠側にしてスペクトルを撮影する。この時、スペクトルの分光方向が恒星の日周運動と直角になるようにプリズムを回転させる。このようにしないとスペクトル中の暗線が写らない。撮影データはスペクトルが明るくなりすぎないように露出時間を変えて数枚撮影する。露出時間は、数秒程度にしてスペクトルに幅が出るようにする。撮影には慣れるまでに相当の時間を要した。ピントが甘かったりすると後のスペクトル分析に支障が出た。

②データの処理

得られたデータを画像処理ソフト「マカリ」のグラフ機能を用いて、輝度、R・G・Bの2つのグラフと数値を求める。このとき、画像を水平にし、グラフ中の輝度が極端に小さくなる場所を基準として、1300 p i x l 横幅、520 p i x l 縦の大きさに切り取る。

③スペクトル型の分類

標準的な恒星のスペクトル画像の比較と吸収線の特徴から分類する方法アと、「マカリ」のグラフから得られたデータで基準線(デジタルカメラの特徴で580nm付近の感度の低い場所)から赤の最大波長と強さ、青の最大波長と強さを求め、その大きさを比較する方法イの2つの方法でスペクトル型の分類をおこなった。

3 結果

A. 実視等級の結果

概ね±0.5等程度で求めることができたが、思ったほどよい値は得られなかった。眼視観測でも±0.5等星程度は求められるので、写真撮影では街明りの影響などを受けたと思われる。

B. スペクトル型の分類

方法ア スペクトル画像による判定結果

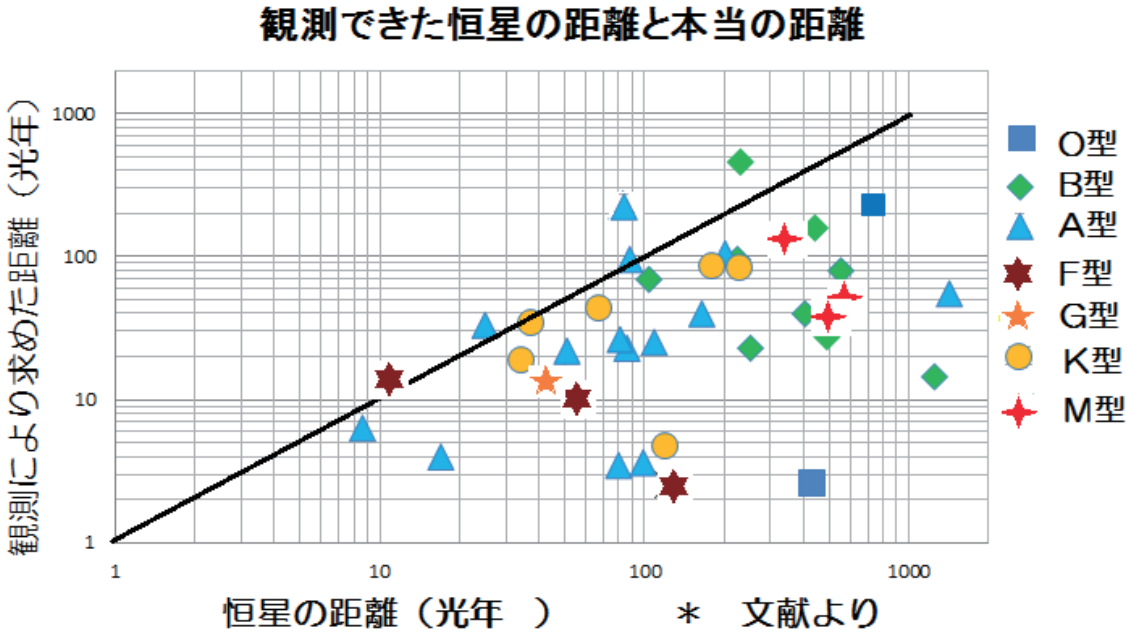
画像は、岡山天文台の撮影したものを利用した。余りよい判定はできなかった。

方法イ スペクトルの輝度、R・G・Bによる判定結果

輝度グラフで強度が小さくなっている所を基準とすることで同定がしやすくなった。

測定できた38個の恒星のスペクトル型

スペクトル型	O	B	A	F	G	K	M
文献によるスペクトル型	1	9	14	4	1	6	3
測定の結果(方法2)	3	7	13	2	5	5	3



4 結論と考察

分光視差により恒星の距離を求めることができたが、全体として測定結果は実際の距離より近く見積もられた。原因は、絶対等級の判定が巨星や超巨星で暗くなったためである。絶対等級の判定の仕方には工夫が必要である。

5 参考文献など

理科年表 2014年版

「地学Ⅰ」 啓林館

宇宙観5000年史 中村士/岡村定矩著 東京大学出版会

高校生天文ネットワーク観測マニュアル2004

*観測費用の一部は、武田科学振興財団より研究助成をしていただきました

電波望遠鏡VERAによる水メーザーの探索

泉谷 緑子、籠谷 美来、清水川 竣（高2）【秋田県立横手清陵学院高等学校】

要 旨

「BGPSカタログ」から60天体を選び、国立天文台水沢VLBI観測所で観測をしたデータを解析した結果、41天体から水メーザー天体のシグナルが検出された。そのなかから新天体を探索したところ、SN比が 7σ 以上の鋭いピークを示す2天体が発見された。

1. はじめに

私たちは宇宙について興味があり、将来宇宙に関することについて学びたいと思っている。

本研究は、水メーザー天体を発見することで天の川銀河の性質を解明するというVERA計画[1]に貢献することを目的としている。VERA計画とは、銀河系の水メーザー天体を観測し、その精密立体地図を作るプロジェクトのことである。

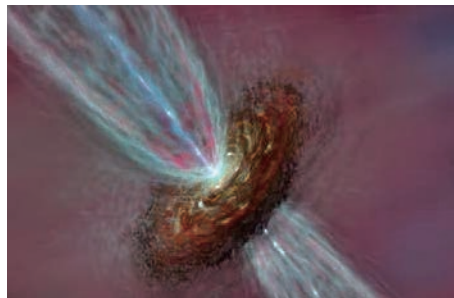


図1 オリオンKL天体の想像図
(国立天文台提供)

2. 水メーザーとは

メーザーとは、可視光線で見られるレーザーの電波版で、肉眼で観察することの出来ない現象のことである。メーザー天体の中でも、特に明るいのが、水メーザー天体である。すでに、銀河系内で1000個ほど存在が知られており、星が生まれる領域の原始星のすぐ近くで存在している[2]。またあるものは、最期に星から大量に放出されるガスの中や、遠い銀河の中心に存在する巨大ブラックホールを取り巻く回転ガス円盤の上に存在している。

3. 方法

- ①「BGPSカタログ」から60天体を選ぶ。「BGPSカタログ」とは星の赤ちゃんの候補を集めたカタログのことである[3]。その中から、 N_2H^+ の信号強度で天体を分類し、観測する天体を選択した。
- ②国立天文台水沢VLBI観測所の口径20メートル電波望遠鏡を遠隔操作して観測を行い、データを解析する。解析には「Java Newstar」という専門の解析ソフトを用いて調べた。
- ③選んだ天体の赤経赤緯を「SIMBAD」[4]というサイトを用いて、新しい水メーザー天体かを確認した。

4. 結果

調べた60天体のうち、41天体から水メーザーのシグナルが検出された。そのなかから未知のものを探したところ、次の2天体(図2、図3)には特に鋭いピーク(SN比はそれぞれ 7.4σ 、 7.8σ)が見られた。

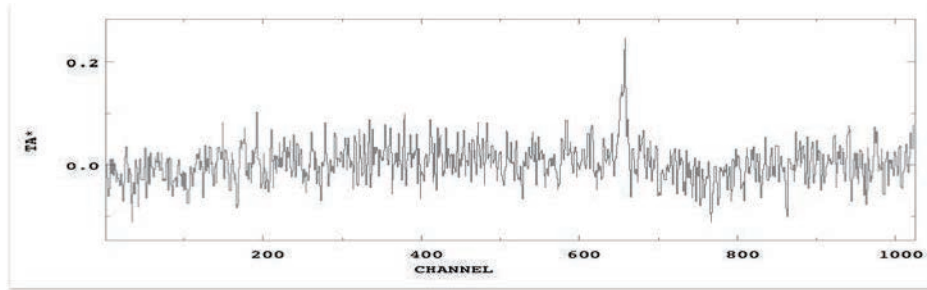


図2 G018.888-00.475のスペクトル

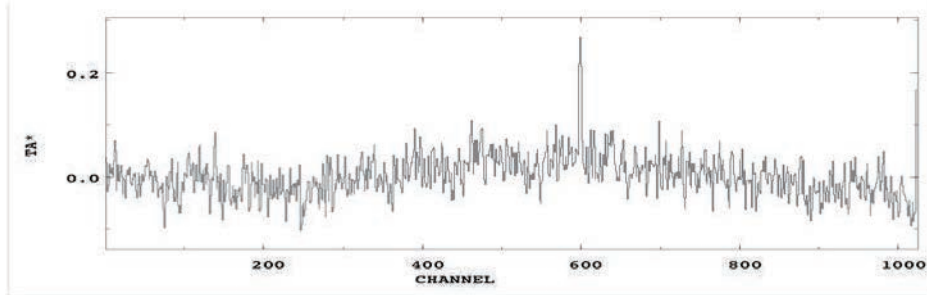


図3 G022.548-00.025のスペクトル

5. 考察

60天体選択したなかで、未知の水メーザーのうち2天体については、 7σ 以上の鋭いピークがみられたことから、新しい水メーザー天体の有力候補と考えている。また、 N_2H^+ の強度とピーク輝度温度の関係(図4)について、 $15\sim 30\text{ K km/s}$ の範囲で輝度の高い天体が多いことから、この範囲に水メーザー天体が誕生しやすいのではないかと考えられる。

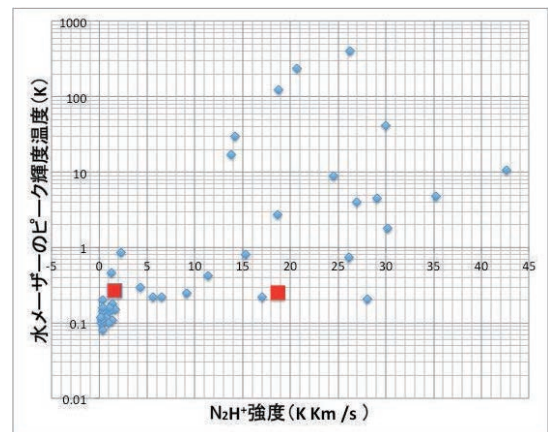


図4 N_2H^+ 強度とピーク輝度温度の関係
(◆は選択した天体、■は図2、3の天体)

6. 課題

60天体という多くの天体を選択したため一つ一つの解析に時間がかかってしまい、十分な結果を出すことが出来なかった。今後は有力候補である2天体についてくわしく検証して新天体かどうかを調べていきたい。

参考文献

- [1] VERA (VLBI Exploration of Radio Astrometry)
(<http://veraserver.mtk.nao.ac.jp/index.html>)
- [2] VERAによる宇宙メーザー励起機構の研究 - 日本天文学会
(http://www.asj.or.jp/geppou/archive_open/2013_106_06/106_408.pdf)
- [3] The Bolocam Northern Galactic Plane Survey (<http://milkyway.colorado.edu/bgps/>)
- [4] SIMBAD Astronomical Database (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>)

系外惑星に名前をつけよう — Japanese cultureを宇宙へ —

吉田 美樹子, 不動 佳樹, 富士野 健人, 福本 莉夏, 池田 悠実花, 伊東 賢佑, 川村 明生 (高2)
井出 紫中里, 池谷 詩織, 木藤 優里, 三好 哲也, 中野 ももこ, 田中 桃李, 豊口 彩理, 矢澤 舞子, 若菜 恒士郎 (高1)
【成蹊高校天文気象部】

1. 太陽系外惑星とは

系外惑星とは、太陽系外の恒星を公転する惑星のことをいいます。1995年のペガサス座51番星での系外惑星発見以後、2700個以上が報告されています。系外惑星には、その特徴によって、ホットジュピター、エキセントリックプラネット、スーパーアースなどの種類があります。ホットジュピターは質量が木星クラスで恒星に近づく軌道を持つ系外惑星です。スーパーアースは地球と似た性質で、質量が地球の数倍以上のものとされています。地球から近くの恒星の周りの「第二の地球」の探査も試みられています。

2. 「系外惑星に名前をつけようキャンペーン」について

天体の命名をとりまとめているIAU（国際天文学連合）が、2008年までに発見された305個の系外惑星を対象として、系外惑星に名前をつける公募制キャンペーンを呼びかけています。公的な科学関係の施設だけでなく、IAUに登録することで、天文同好会や高校のクラブなどの非営利団体でも名前を提案することができます。成蹊高校天文気象部では、2004年から学校の望遠鏡でトランジット法による系外惑星の観測を行っていることから、このキャンペーンに参加することにしました。

3. 系外惑星の名前の決定までの流れ

- ① 世界中の天文学研究機関（天文学会、天文台、大学等）、一般市民を対象とした天文機関・団体（プラネタリウム、科学センター、アマチュア天文クラブ、オンラインの天文サイト運用組織等）、または天文学に興味のある非営利団体（高校、文化グループ等）が登録可能。
- ② 登録した団体は、対象の系外惑星から名前を付けたいものを選び、2015年2月15日までに投票。1つの団体につき20個の系外惑星候補に投票可能。
- ③ 20個までに絞り込んだ系外惑星に登録団体が名前を2015年2月～3月に提案。
- ④ 絞り込まれた名前の一般投票が行われる。
- ⑤ 第29回IAU総会で正式に命名発表。

4. 提案できる名前の条件

提案できる名前には、次の条件がついています。

- ① 英語にしたときの文字数が16文字以下になること
- ② 1つの単語であること
- ③ 発音可能であること
- ④ 非攻撃的なものであること
- ⑤ 既存の天体に付けられている名前、または類似している名前でないこと
- ⑥ ペットや動物の名前（または、そのような系統の名前）でないこと
- ⑦ 商業的性質の名称や政治的、軍事的、宗教的なこと、生きている個人の名前でないこと
著作権（主に、書籍、演劇、映画などの名称）に関係しないこと

5. 私たちの提案

私たちは、IAUが示した系外惑星のリストから、その特徴を参考にして、命名対象の天体と提案したい名前のリストを作成中です。リスト作成にあたっては、「Japanese cultureを宇宙へ」をコンセプトにしました。候補天体の投票と名前の提案が分かれているために、候補天体の例(表1)と提案したい名前の例(表2)に分けて示します。

表1. 命名対象の系外惑星の例

	惑星名	木星 質量比	公転周 期(日)	軌道長半 径(A.U.)	発見年	星座	選んだ理由
1	Fomalhaut b	3	320000	115	2008	Southern Fish	軌道半径が長い
2	HD100777b	1.16	383.7	1.03	2007	Lion	
4	HD30177b	7.7	1620	2.6	2002	Swordfish	暗い
5	HD114762b	10.98	83.92	0.353	1989	Bernice's Hair	発見年が古い
6	WASP-4b	1.24	1.34	0.02312	2007	Phoenix	公転周期が短い
7	HD181433b	0.02	9.37	0.08	2008	Peacock	
8	PSR 1257 12b	0.00007	25.26	0.19	1992	Maiden	質量が小さい
9	HD 181433 d	0.54	2172	3	2008	Peacock	
10	Gliese 876 d	0.02	1.94	0.0208066	2005	Water Bearer	地球型惑星

表2. 提案したい系外惑星の名前の例

	分類	名前	理由	ふさわしい天体
1	成蹊に関係	seikei	我々の学校	創立100周年に発見
2	〃	komichi	〃	創立100周年に発見
3	日本に関係	kaguya	小さい, かわいい, 輝く	明るく輝いている主星
4	〃	mahoroba	住みよい土地	地球型惑星
6	〃	ginan	日本の食文化	主星の色が黄色
7	〃	haniwa	長く残るように	主星が古い星
8	〃	konpeitou	かわいらしい	質量の小さい星
9	〃	umibouzu	青い	質量が大きく青い主星
10	〃	someiyoshino	ピンク, 淡い色	暗い主星
11	〃	shinano	日本一長い川	公転半径が大きい惑星
12	〃	tsubasa	鳥に関係	公転周期が速い惑星
13	〃	awayuki	消える可能性がある	蒸発してしまう惑星
14	人名に関係	Ken-Takakura	偉大	質量の大きい惑星
15	〃	Shirase	日本人初の南極探検	候補中で最も古い発見

参考webサイト

- http://www.iau.org/public/themes/naming_exoplanets/
- <http://exoplanet.jp/>

コンピュータシミュレーションを用いた短周期食変光星の分類

荒木 雄渡(高2) 村口 瑠望(高1) 【福岡県立小倉高等学校】

1 はじめに 本研究会では、2011年から星のライトカーブを取得する技術を活かして、食変光星の研究を行ってきた。今までに取得したライトカーブを比較すると極小部分に様々な特徴が現れることに気付いた。その特徴の背景で起こる現象を考察し、食変光星を分類しようと考えた。



(↑図左 掩蔽 右 通過)

2 食変光星・ライトカーブについて

食変光星は完全食を起こす際、主極小と副極小において、掩蔽と通過のいずれかの現象を起こす。掩蔽のときにはライトカーブがフラットになる特徴がみられる。

ライトカーブを次の3つに分類することが出来れば、食変光星がどのような形態であるのかを推測できる。

- 1型：2つの恒星が完全に重なり合わない、つまり、主極小、副極小でフラットにならない
- 2型：明るくて大きい恒星が小さくて暗い恒星を隠す、つまり、主極小でフラットになる
- 3型：暗くて大きい恒星が小さくて明るい恒星を隠す、つまり、副極小でフラットになる

3 研究の流れ

地球から見たとき食変光星が1, 2, 3型の状態にあるときに主星と伴星がどのような位置関係に見えるかを調べるべく、コンピュータシミュレーションを行った。シミュレーションにはBASICを用いた。BASICを用いてモデルのライトカーブを描き、実際のライトカーブと比較することで分類する。 シミュレーションの図↓

4 シミュレーション (BASIC) の方法

- 1 縦70グリッド(G)、横100Gの長方形を用意する。

- 2 主星、伴星の中心の位置、半径を決める

<主星>中心の位置：縦35G、横50G(=長方形の中心)半径：任意

<伴星>中心の位置：縦35G、40G、45G、50G、55G、60G

横、約1秒ごとに右に1G移動

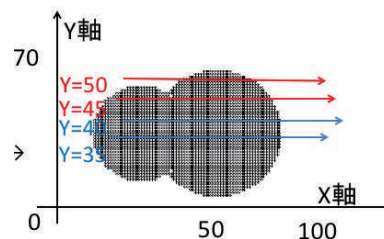
半径：任意

主星と伴星の半径比、明るさの比を変えながらシミュレーションを行った。 ※周辺減光も考慮

- 3 主星、伴星に見立てた2つの円のドット数の総和を明るさとし、ライトカーブを描く。

描いたライトカーブの極小部分を6次関数で近似し、係数部分に特徴を見つける。

- 4 実際のライトカーブの極小部分も6次関数で近似し、シミュレーションと比較する。そして分類する。



5 研究その1

シミュレーション1の結果

半径比 (主星) : (伴星) = 5 : 2

明るさ比 (主星) : (伴星) = 1 : 1

近似した式の係数部分をまとめた。(右表、また、スペースの関係で掩蔽のみの掲載)

これらを実際のライトカーブに適用する。

先行研究と比べると精度があまりよくなかった。

掩蔽	6乗	5乗	4乗	3乗	2乗	1乗	定数
y=35	-3E-10	3E-19	5E-07	-2E-14	-8E-05	-9E-12	0.8629
y=40	-3E-10	-2E-18	5E-07	5E-14	-7E-05	6E-11	0.8625
y=45	-3E-10	-4E-19	4E-07	9E-16	-1E-05	-2E-11	0.8625
y=50	-2E-10	4E-19	2E-07	-6E-15	2E-04	-3E-11	0.8625
y=55	-8E-11	-5E-18	-3E-08	-5E-14	2E-04	-3E-11	0.8909
y=60	-4E-11	1E-17	-1E-07	-5E-14	2E-04	-1E-10	0.9372

完全食

部分食

部分食と完全食の境

部分食よりの完全食や完全食よりの部分食など曖昧な部分をはっきりさせるべく、シミュレーションのパラメータを本物に近付けて再度行った。

(シミュレーションのライトカーブ→)

6 研究その2改良版シミュレーション

・シミュレーション3(3型分類用)

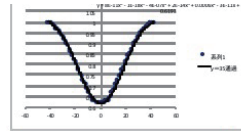
スペースの関係上改良版は3のみ掲載。

半径比 (主星):(伴星)=4:3

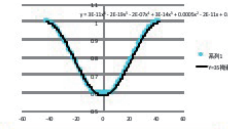
明るさ比 (主星):(伴星)=5:6

・伴星の方が明るいので3型分類の参考。

・シミュレーション2と同様、それぞれの極小部分において6乗の係数の大きい方が通過、小さい方が掩蔽となるので、右表と右記から6乗の係数では(通過の係数/掩蔽の係数)が部分食に近づくにつれて小さくなっていることが分かる。

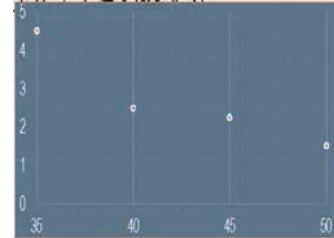


通過y=35 ↑



掩蔽y=35 ↑

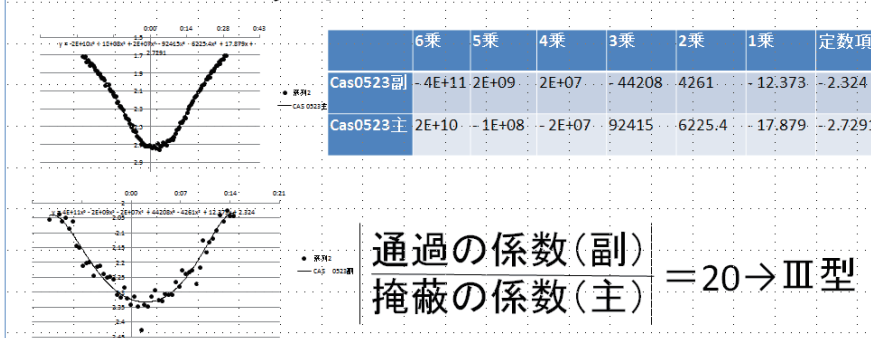
(近似式の係数表↓)



掩蔽	6乗	5乗	4乗	3乗	2乗	1乗	定数項
Y=35	3E-11	-2E-19	-2E-07	2E-14	5E-04	-3E-11	0.5843
Y=40	5E-11	-2E-19	-3E-07	7E-16	6E-04	3E-11	0.5904
Y=45	5E-11	-2E-18	-3E-07	3E-14	5E-04	4E-11	0.6305
Y=50	4E-11	3E-19	-2E-07	6E-15	5E-04	3E-11	0.6966
通過	6乗	5乗	4乗	3乗	2乗	1乗	定数項
Y=35	8E-11	-3E-19	-4E-07	2E-14	6E-04	-3E-11	0.6193
Y=40	9E-11	-2E-18	-4E-07	-2E-14	6E-04	2E-11	0.6322
Y=45	8E-11	-1E-18	-3E-07	3E-14	5E-04	3E-11	0.6817
Y=50	5E-11	1E-19	-2E-07	-1E-14	5E-04	2E-12	0.7466

7 研究その3 実際のライトカーブへ適用

CAS 0523のライトカーブ



スペースの関係上1つの食変光星の分類結果を載せる。CAS 0523のライトカーブの極小部分の拡大図と近似した6次関数の係数をまとめた表がこちら(左図)。

(通過の係数/掩蔽の係数)を計算すると3型に分類される。そのほかの食変光星も同様にして分類する。

8 分類結果

合計18個もの食変光星の分類できた。この分類手法は、ライトカーブの主極小・服極小、掩蔽・通過という極小部分における4つの特徴に着目することでできるという高度な手法よりも簡単なものとなった。

9 参考文献・協力

協力 小倉高校科学部 0B 山崎篤馬氏(元防衛大学校教授)

参考文献 ・永井和男の食変光星観測のページ ・日本食変光星研究会のホームページ

山崎篤馬氏の論文: 大熊座W型近接連星

II型(完全食)		I型(部分食)	
Y=35	Y=40	Y=45	Y=50
EQ Tau	HH Boo	AO Cam	DV Psc
NR Cam	BX Peg	YY Eri	TZ Boo
CW Cas			
MU Acu			
AH Tau			
III型(完全食)		伴星の主星上の通過位置	
Y=35	Y=40	Y=50	
VW Cep	AB And	青: 完全食	
Cas0523		Y=45	
GZ And		Y=40	
W Uma		Y=35	
GZ Boo			

食変光星 VW Cep のライトカーブに関する考察

矢島 翔太、大園 咲奈（高2）、梶谷 若菜（高1）【福岡県立小倉高等学校】

食変光星について

食変光星とは、2つの恒星が互いに引力を及ぼし合い、互いを回り合っている連星系である。連星系を構成する2つの星が重なる時に光度が下がり、極小と呼ぶ。そのうち明るいほうを主極小、暗いほうを副極小と呼ぶ。両方の星が見える時に最も明るくなり極大と呼ぶ。光度変化の周期は相互公転周期と一致する。また時間毎の光度をグラフにしたものをライトカーブという。

研究の概要

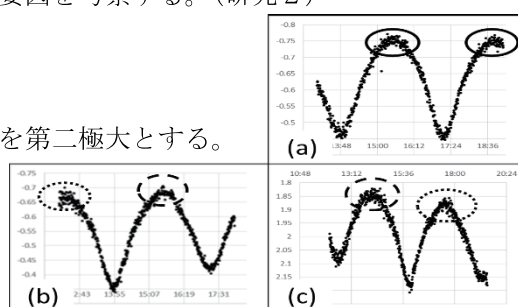
- 1、対象天体のライトカーブが時間とともに変化する特徴について調べる。（研究1）
- 2、ライトカーブが時間とともに変化する要因を、仮説を立てて検証する。（研究1）
- 3、ライトカーブの周期の変化に着目して変化の要因を考察する。（研究2）

（研究1）

仮説と考察

主極小後の極大を第一極大、主極小の前の極大を第二極大とする。

- (a) 第一極大と第二極大の明るさが等しいとき
- (b) 第一極大の方が暗いとき
- (c) 第二極大の方が暗いとき



以上のように3パターンが確認できた。変化が生じる要因について、以下2つの仮説を立てた。

※一般的な食変光星には極大に差は出ない。

仮説1《二つの恒星のうち、片方に黒点が生じている（黒点説）》

天体が互いの周りを公転する一周期のうちの2つの極大うち片方で黒点が発生している。

仮説2《二つの恒星に惑星が付属して公転している（惑星説）》

公転している2つの天体の周りを第三の天体が公転している。

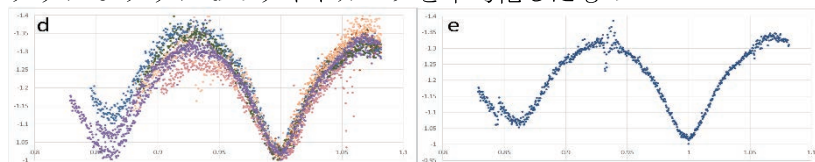
粘土モデルを作成して、光を当て、ライトカーブを得ることで光度変化を確認することができた。

研究の手法

◎観測したグラフの平均値をとったグラフを作成する

グラフ d: 主極小の時刻を基準にして横軸の時間をそろえ、各夜のライトカーブをまとめたもの

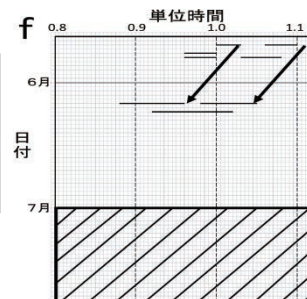
グラフ e: グラフ d のライトカーブを平均化したもの



◎観測した各夜のライトカーブと平均グラフとの差を求める（グラフ f）

◎光度変化の起き方の特徴を調べる

- 1、光度変化は2カ所観測されていたが、徐々に移動して途中からつながり、1カ所となった。
- 2、5月～6月の光度変化は少しずつ移動し、光度変化が5.9日で1周することが求められた。



3、7月は、平均ライトカーブと一致したため、光度変化が観測されなかった。

研究・観測の結果

仮説1 黒点説（巨大黒点が恒星の表面を移動する場合）

調べていくうちに、対象天体は自転周期と公転周期が一致していることが分かった。そのことを踏まえると、観測点からの見える面は変化しないため光度変化は観測されない。

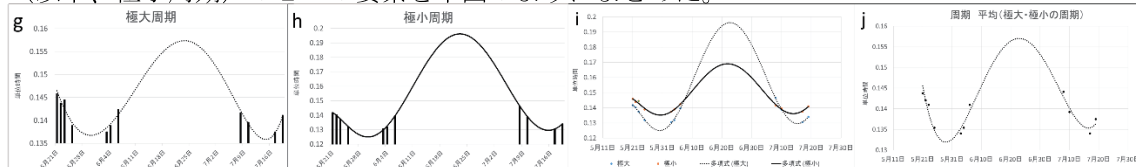
仮説2 惑星説（第3の天体が食変光星の周りを公転している場合）

第三の天体がこれだけゆっくり食変光星の周りを公転するのであれば食変光星より相当離れている必要があり、食は観察されにくい。

（研究2）

周期の分析

極大から次の極大になるまでの時間（以下、極大周期）と極小から次の極小になるまでの時間（以下、極小周期）の2つの要素を下図のようにまとめた。



◎ライトカーブの一周期の長さの変化を求める

グラフ g: 極大周期の変化

グラフ h: 極小周期の変化

グラフ i: グラフ g・h のまとめ

グラフ j: 各夜のライトカーブの周期の変化を表す

グラフ j の最大値と最小値の差を出すことで食変光星の一周期の長さの変化の範囲を求めた。

◎一周期の変化を百分率で表す

VW Cep の相互公転周期約 0.2783 日は、ライトカーブ上では極大・極小が2回起こる過程の2周期となる。従って公転周期を 1/2 倍した数値を 100% とすることでグラフ j の変化量の割合を求めた結果、約 17.97% となった。

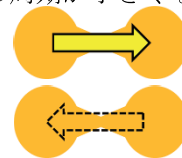
質量移動説の検証

◎周期の小さい部分（移動質量が星間にある）

角運動量保存則に基づくと「二星間の距離が小さく、公転速度が速くなるため周期が小さくなる」

光度増加：二星間にある星間ガスの手前（地球側）を通過して質量が移動

光度低下：星間ガスの後ろ（地球の反対側）を通過して質量が移動



◎周期が大きい部分（移動質量がそれぞれの星にある）

角運動量保存則に基づくと「二星間の距離が大きく、公転速度が遅くなるため周期が大きくなる」

考察・展望

約 18% もの周期変化は、大きな質量移動が起こることによって説明することができる。今後、角運動量保存の法則に基づいて、質量移動の大きさについてより詳しく考察する。

指導助言

平井正則先生（福岡教育大）、藤原智子先生（九州大）、山崎篤磨先生（元防衛大）、変光星観測者会議の皆さん

激変星 EM Cygの2色測光観測

遠藤 陸央、大江 貴裕、野上 隼紀（高1）上籠 俊輝、木谷 有紗（高2）板谷 由菜（高3）
【京都府立洛東高等学校 自然科学部】

要 旨

2014年5月23、24日の2夜にかけて、激変星 EM Cygの観測を行った。観測はRとIの2色で行い、2夜の1周期分の光度曲線が得られた。2013年にも、同じ星の光度曲線を得たが、光度曲線の形に違いが見られた。この違いは、降着円盤の物理量の変化に原因があると考えられる。モデル計算を行った結果、降着円盤の明るさと半径、ホットスポットの半径は小さくなったと思われる。また、降着円盤の明るさも暗くなったと考えている。

1. はじめに

私たち自然科学部では、この数年、激変星の測光観測を行っている。今回は激変星EM Cygの分光と測光の同時観測を2014年5月23日～25日に西はりま天文台で行った。

2. 激変星EM Cygについて

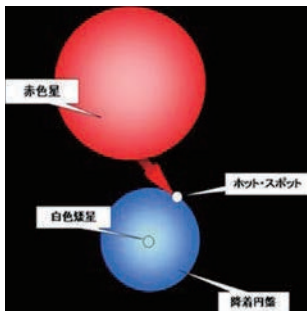


図1

図1は激変星を真上から見たものである。激変星は、白色矮星を主星、赤色星を伴星とした連星である。主星の周りに伴星から降ってきたガスが降着円盤を形成している。降着円盤に赤色星からくるガスが降り積もる所が明るく輝いている。そこをホットスポットという。

対象の激変星ははくちょう座にあるEM Cygで周期は7時間でZ Cam型という頻繁に明るくなるタイプでおよそ25日ごとに明るくなる。

3. これまでの観測と結果

2013年5月24日、25日に洛東高校では同じ星を西はりま天文台で観測した（図2）。光度曲線にあうモデル光度曲線（図3）からいくつかの物理量を求めることができた。また、なゆた望遠鏡でスペクトル観測を行いH α 輝線の位相変化を見いだした。また、降着円盤の回転速度を1400km/sと見積もることができた[1]。

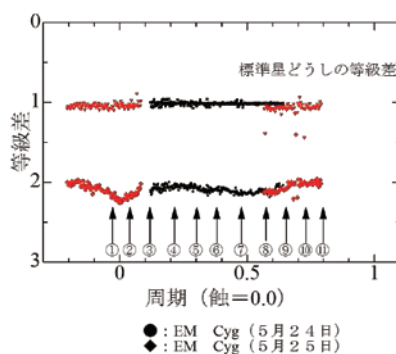


図2

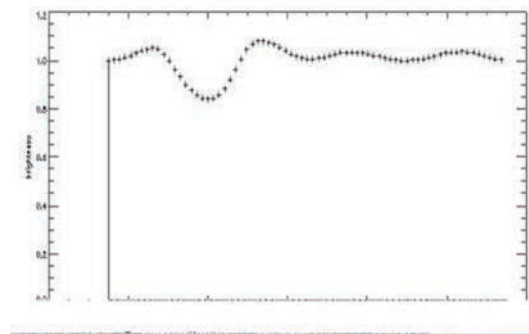


図3

4. 2014年の観測

今回の観測は2色測光観測と分光観測を試みた。測光観測日時は、大阪教育大学51cm望

遠鏡（Iバンド）では、2014年5月23日23時52分～28時24分と5月24日24時57分～28時15分（JST）露出時間は60秒（自動露出）であった。西はりま天文台60cm望遠鏡（Rバンド）では、2014年5月23日23時42分～28時03分と5月24日24時18分～26時16分で、露出時間は150秒（自動露出）であった。得られた画像データはFITS形式で、「マカリ」を利用して測光データの一次処理をした。次に、4つの比較星とEM Cygの明るさを「マカリ」を利用して測定し等級に変え、光度曲線を作成した。

分光観測は、西はりま天文台2mなゆた望遠鏡を用いて行ったが、薄雲のためSN比が悪く研究に使用できなかった。

5. 結果

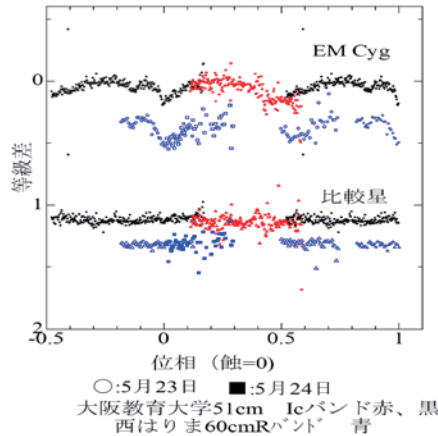


図 4

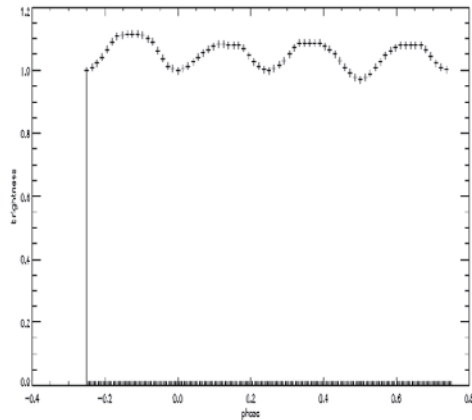


図 5

図 4 は51 c m望遠鏡と60 c m望遠鏡から得られた2色（R, I）の光度曲線である。Iバンドの光度曲線を利用してモデル計算を行い、EM Cygの物理量を推定した。モデルの初期値は図 2、図 3 から求めた2013年の結果を利用した。表 1 のモデル値は2014年の結果である。 表 1

	初期値	モデル値
軌道傾斜角	67°	67°
主星の明るさ	200	200
主星の半径	3	3
伴星の明るさ	45	100
伴星の半径	70	70
降着円盤の明るさ	100	70
降着円盤の半径	57	40
ホットスポットの明るさ	250	250
ホットスポットの半径	12	10
伴星とホットスポットの角度	20	30
主星と伴星の距離	150	150

モデル計算コードは京都大学宇宙物理学教室から提供を受けた。初期値は昨年の結果を利用した。図 5 はシミュレーションで得られた光度曲線である。

位相0と0.5の深さが同じになるようにするために、伴星の明るさを明るくし、降着円盤の明るさと半径、ホットスポットの半径は小さくした。伴星とホットスポットの角度は大きくした。つまり、降着円盤を暗くして、半径を少し小さくしたら、モデルが少しは合うようになった。伴星の明るさは簡単には変化しないと考えるので、これは膠着円盤が暗くなったと考える方が良いと思う。つまり、2014年5月の観測時には、前回に比べ、降着円盤の明るさと半径、ホットスポット

の半径は小さくなり、降着円盤の明るさが暗くなったと考えている。まだ残る疑問は、1、2014年の観測で見られなかった位相0.87のへこみもしくは0.95のふくらみの原因が分からない。2、観測誤差も多いけれど、光度曲線を比較するとIバンドとRバンドでの蝕の形が違う。

この疑問を解決するためにスペクトル観測をもう1度したいと考えている。

6. 参考文献

[1]上籠 俊輝ら 2014 日本天文学会 第16回ジュニアセッション講演予稿集p160

V339 Del (2013) ～いるか座新星の分光・測光～

筒井 颯大（高2）、井上 円（高1）、松本 茜（高1）

【愛知県立一宮高等学校 地学部】

1. はじめに

ロッシュローブを満たす白色矮星と赤色星が互いの重力で影響し合い、赤色星から白色矮星の表面に水素ガスがふり積もる。そして、水素ガスがある程度蓄積された後に、水素ガスの核爆発を起こしてエネルギーが放出され、数日かけて明るくなり（10等級以上）、数か月程度かけてだんだん暗くなっていく現象が新星（古典新星）である。いるか座新星はこの古典新星であり、2013年8月14日に増光が確認された。この現象は、超新星とは別の現象である。本校では、この白色矮星の質量を求める為に観測を行った。

2. 観測方法

(1) 測光

冷却CCDカメラを10.5cm(ST-7XE)屈折望遠鏡または20cmシュレットカセグレン式反射望遠鏡に取り付けて観測した。（2013年8月18日～・一宮高校屋上）

使用したフィルターは下の通りである。

- ・Vフィルター(露出1s～60s) ・Bフィルター(露出1s～90s)
- ・Rフィルター(露出1s～60s) ・Iフィルター(露出1s～60s)
- ・Stromgren yフィルター(2s～180s) (2015/1/25時点)

(2) 分光

ハートピア安八天文台において70cmカセグレン式反射望遠鏡とSGS分光器(露出120s, 300s)を用いてスペクトル観測を行った。

3. 処理、グラフ化

(1) 測光

冷却CCDカメラを使用して撮影した画像（ダーク、フラット、星データ）を、一次処理（ダーク、フラット処理）した。その後、すばる画像処理ソフトマカリを使用し、対象星と比較星、チェック星の3つを5色開口測光した。その結果をポグソンの式を用い、表計算ソフトでグラフ化した。（結果のグラフを参照）また、VSOLJ（日本変光星観測者連盟）の掲載データとそれぞれのフィルターにおいて同グラフ上で比較した。

(2) 分光

撮影した数枚のスペクトル画像をskyup、data、skydownの3つに分けて、マカリの矩形グラフ機能でグラフ化した。skyupとskydownのカウント値平均を求め、dataから引くことでバックグラウンド値を引いた値にした。その後、水銀光のグラフと比較して波長を決定した。

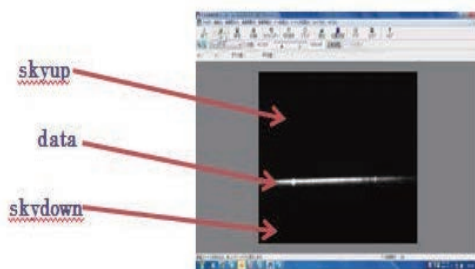


図1・マカリでの矩形グラフ機能の様子

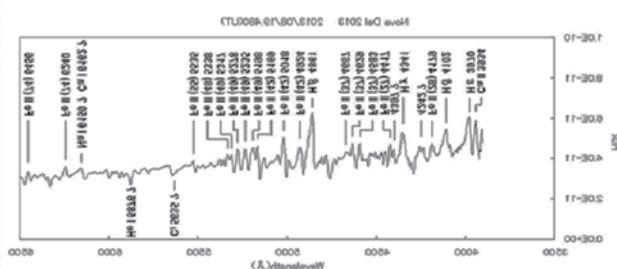


図2・いるか座新星の水銀のグラフ

4. 結果

(1) ライトカーブ

どのフィルターの結果でも、日が経つにつれて、観測等級が下がった。また、I, R, V, B, y共に、VSOLJのデータと相似性がみられた。(詳細はポスターに掲載)約13か月で7～9等級下がっている。また、50～150日の範囲で、減光が急になっているため、ダストが形成され吸収を受けたと考えられる。yフィルターのグラフにおいては、慶応義塾大学の加藤万里子先生の論文から引用したグラフと比較して白色矮星の質量を求めた。

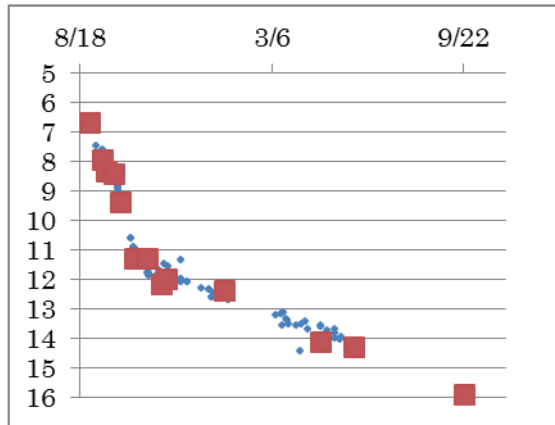


図3・yフィルターのライトカーブ (■本校・VSOLJ)

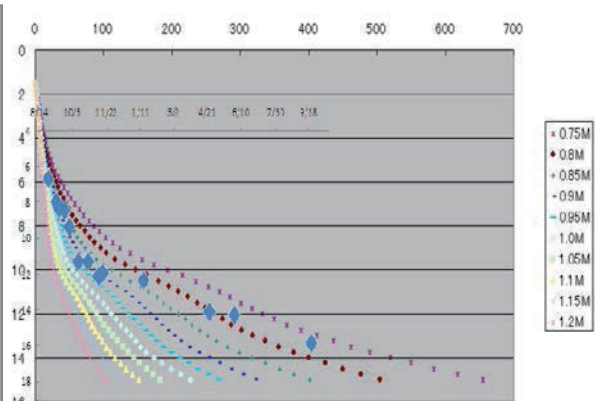


図4・本校のライトカーブ(y)と加藤先生のグラフ

(2) スペクトル

カウント値を8月20～27日に測ったところ、27日は全体的に20日よりカウント値が下がった。この大部分は連続光の減少によるものである。カウント値が飛び出している部分は、水素等の輝線の影響によるものである。8月28日は露出が20日の5/2なので、実際のカウント値は20日の2/5である。

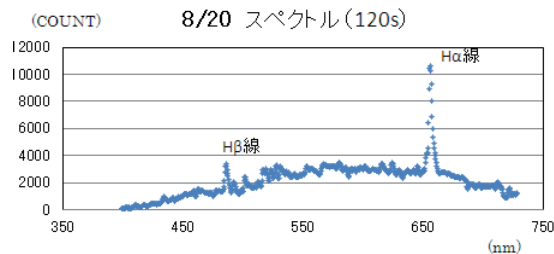


図5・2013/8/20スペクトル

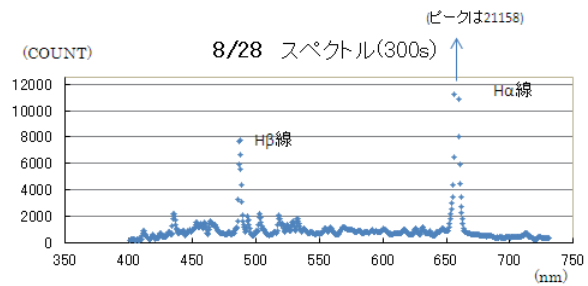


図6・2013/8/28スペクトル

5. 考察

y等級の結果より、加藤先生の論文から作成したグラフとスケールを合わせたところ、この新星は太陽質量の約0.75～0.8倍であり太陽質量とほぼ等しいと予想される。

6. 今後の展望

いるか座新星までの距離を星と星の質量光度度関係などを用いて求めたい。また、より正確な白色矮星の質量を求める。

7. 謝辞・使用ソフト

加藤 万里子先生「yフィルターによる観測のすすめ」「新星風理論の新しい展開」「いるか座新星はいるかな？」
<http://www5f.biglobe.ne.jp/~hosizora/de/index.htm>
 シリーズ 現代の天文学 7 恒星 VSOLJ MLよりデータを引用
 すばる画像処理ソフトマカリ Excel ステラナビゲータ

星団のHR図と年齢

修道中学校・高等学校天文班

山本 遼（高1）【修道高等学校】、吉井 馨織（中3）【修道中学校】

1. 概要

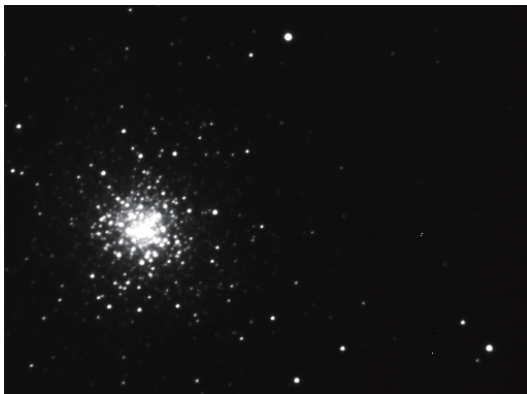
この研究では、球状星団 M2 と散開星団 M37 を測光したデータから、HR 図を作成し、各星団の性質を探るというものである。なお、この研究は、2014 年 11 月に東広島天文台で開催された「かなた天文教室 2014」で得たデータを基にしている。

また、研究動機は以前学校の地学の授業で HR 図を学習し興味を持ったからである。

2. 観測

観測に際しては以下の機材を用いて、以下の天体を観測した。

- ・望 遠 鏡・・・広島大学東広島天文台（口径 150cm、焦点距離 1850cm）
- ・撮 像 装 置・・・Howpol
- ・観 測 対 象・・・M2（球状星団）、M37（散開星団）
- ・使用フィルター・・・V バンド、I バンド



M2



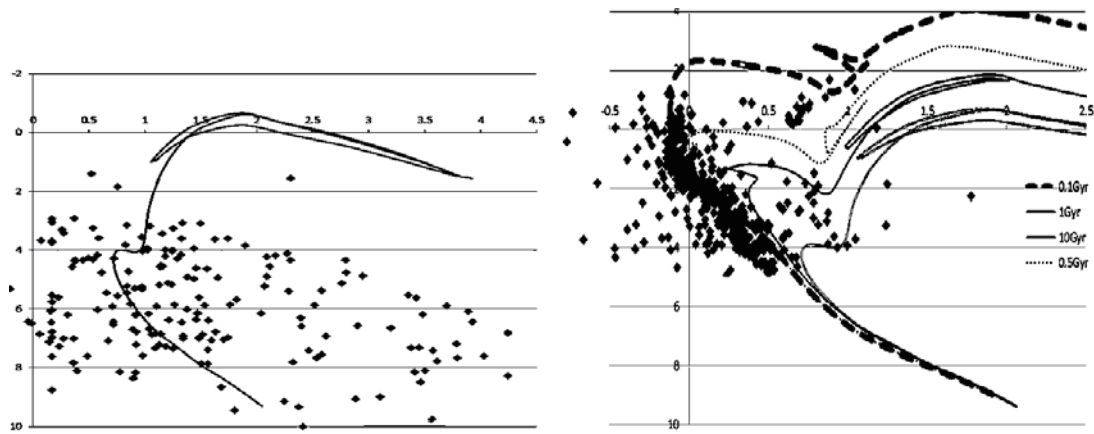
M37

3. 解析

1. 各天体を V・I バンドでそれぞれ撮影し。
2. 撮影した画像に一次処理（フラット・ダーク画像を用いた画像処理）をした。
3. 開口測光し、データとして出力。
4. 各々の星のカウントと関係式 $m = m_0 - 2.5 \log f$ （ f ：星のカウント・ m_0 ：等級への変換定数）を用いて、V・I バンドそれぞれの $-2.5 \log f$ を計算する。
5. 求めた等級を用いてグラフの縦軸（V 等級）、横軸（V 等級－I 等級）を出した。
6. その結果をグラフ化して相対的な HR 図を作成、等時曲線と比較して、星団の性質を予想した。

4. 結果

HR 図は以下のようになった



M 2

M 3 7

5. 考察

作成した HR 図と等時曲線を比較した結果、以下のようなことが読み取れる。

- ・ 球状星団 M2

こちらは作成した HR 図と等時曲線を比較した結果、規則性も見いだせず何もわからなかった。

- ・ 散開星団 M37

こちらは作成した HR 図と等時曲線を比較した結果、恐らく約 1~5 億年の星団であることが分かった。

6. まとめ

上記のように今回は M37 の方はグラフを作ることができたが、M2 の方はグラフをうまく作ることができなかった。もう一度測光の段階からやり直し、次回はグラフを作れるようにしたいと思う。

7. 謝辞

本研究においては広島大学の川端広治先生をはじめその他多くのかなた天文教室のスタッフの方々にご協力頂きました。この場をお借りして、厚くお礼申し上げます。

KISSプロジェクト密着レポート

富田 小冬(小6)【愛知県一宮市立向山小学校】

1.はじめに

2013年3月よりKISSプロジェクトに参加し、自宅での作業を行っている。夏休みを利用し木曽観測所に1週間滞在し研究のコアとなる部分に密着した。



図1:ドームの外観

2.KISSプロジェクトとは

超新星爆発とは大質量の恒星が、その一生を終える時に起こす大規模な爆発現象である。

KISS(KISO Supernova Survey)は東京大学木曽観測所で2012年にスタートしたプロジェクトで、105cmシュミット望遠鏡と超広視野カメラKWFCを用い、超新星爆発の瞬間を捉えること、また、未知の超新星を発見することを目的としている。諸隈智貴先生(東京大学)を中心とした現地で観測をするプロジェクトメンバーと、全国のアマチュア天文家たちによって進められている。

KISSではプロジェクトメンバーが超新星の可能性のある画像をネットの専用ページにアップする。アップされた画像をアマチュア天文家たちでスコアを付ける。怪しい物には2、少し怪しいと思うものには1を付ける。



図2:105cmシュミット望遠鏡

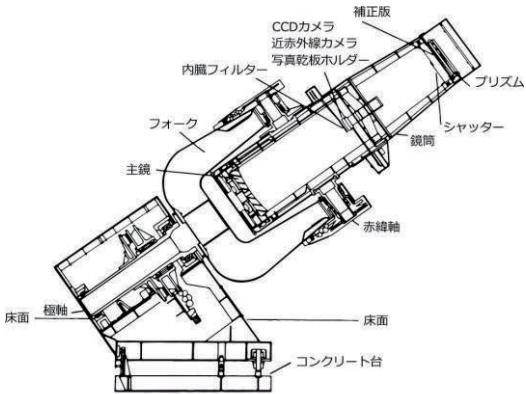


図3:105cmシュミット望遠鏡構造図

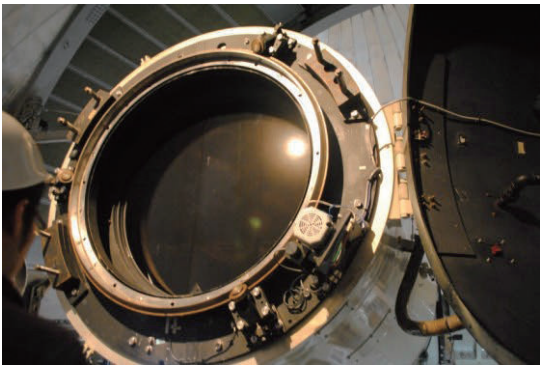


図4:シュミット望遠鏡の補正板

補正板口径	105cm
主鏡口径	150cm
焦点距離	330cm
口径比	3.1
視野(KWFC使用時)	2°×2°
総重量	約70t

図5:シュミット望遠鏡の使用

3.アマチュア天文家の役割

アップされた画像には活動銀河核、変光星、小惑星、宇宙線イベントなども写っており、超新星と区別が難しいため人の目でチェックをする必要がある。

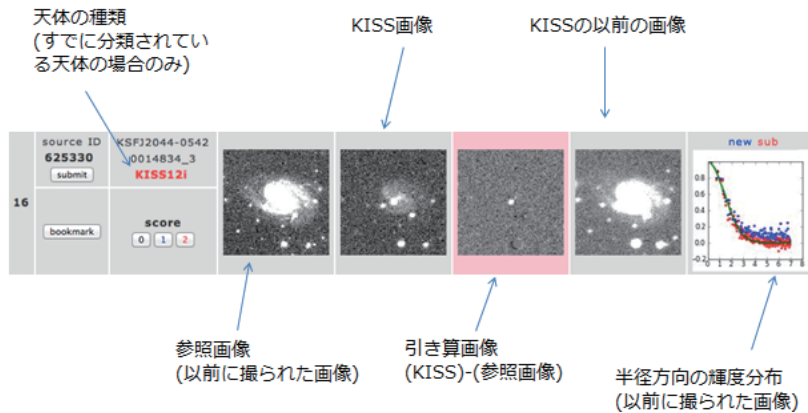


図6:KISSの画面

4.密着の様子

1週間の間、実際にプロジェクトメンバーが行っていることをさせていただいた。以下のようなことなどを図8のようにメモした。

- ・どこを観測しているか
- ・どうやって観測しているか
- ・雲の量

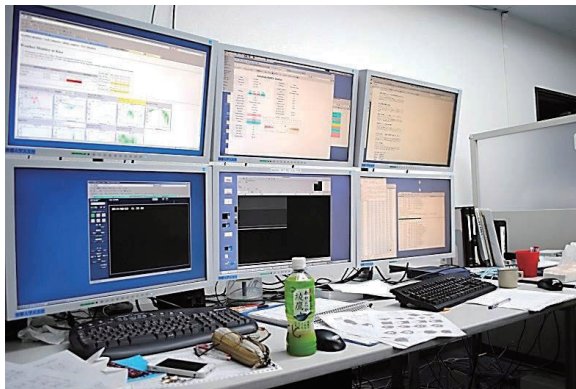


図7:プロジェクトメンバーが観測を行う場所

図8:観測中のメモの様子

5.今までの実績

プロジェクトのスタートから今まで発見された超新星は21個にのぼる。そのうち2014cf、2014dyの2つについては、共同発見者として国際天文学連合に登録された。

6.謝辞

東京大学 諸隈智貴先生
 甲南大学 富永望先生
 国立天文台 田中雅臣先生
 東京大学 酒向重行先生
 東京大学 三戸洋之先生
 愛知県立一宮高等学校 高村裕三朗先生
 ご指導いただきありがとうございました。

銀河の衝突による星の誕生

もし天2014 チーム名：ギンガー

大木 愛花（中等4）【茨城県立並木中等教育学校】、野村 遥奈（高1）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、松村 祐哉（高2）【奈良学園高等学校】

1. 研究の背景

私たちは、渦巻き銀河の中でなにが起こっているのか疑問に思った。渦巻き銀河と楕円銀河を比べた時、銀河を構成している星の年齢に違いがあることがわかり、渦巻き銀河のほうが楕円銀河よりも若い星で構成されていることが分かった。このことから、渦巻き銀河のほうが星形成が活発なことがわかった。しかし、私たちはそのようになっていることを不思議に思い、衝突銀河と渦巻き銀河の比較を行うことにした。

2. 研究方法

私たちは「銀河のスパイラルアームのなかには、星の原料となるガスどうしが衝突しあい、ガスの密度が高まることで、新たな星が生まれやすくなる状況になっている」という仮説をたてた。仮説を実証する方法として銀河内のガスの衝突を観測すれば良いがそれは出来ないので、代わりに渦巻き銀河のスパイラルアーム内のガスの衝突と同じような現象が起こっていると考えられる銀河どうしの衝突、つまり衝突銀河を観測した。渦巻き銀河と衝突銀河の撮像観測を行い、銀河の色指数を比較して仮説を実証した。色指数とはそれぞれ波長の違うBバンドでの等級とVバンドでの等級の差である。これを調べることで複数の銀河においてどちらが若い星が多いかを比べることができる。

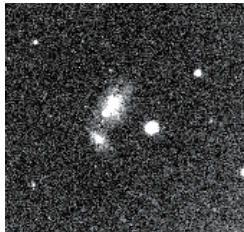
3. 観測

- ・日時 2014年12月23日
- ・場所 仙台市天文台
- ・使用機器 仙台市天文台のひとみ望遠鏡（口径1.3m反射望遠鏡）
- ・観測天体
- ・天気 晴れ

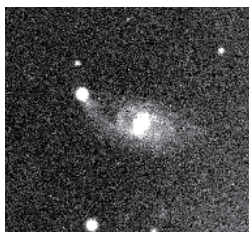
衝突銀河NGC935 2014年12月23日 18:58～19:10 V、Bバンド 各バンド30秒×4枚
 渦巻銀河NGC151 2014年12月23日 19:12～19:22 V、Bバンド 各バンド30秒×4枚
 衝突銀河NGC6621 2014年12月23日 19:32～19:36 V、Bバンド 各バンド30秒×2枚
 渦巻銀河NGC210 2014年12月23日 19:38～19:40 V、Bバンド 各バンド30秒×1枚
 衝突銀河NGC6621、渦巻銀河NGC210時間の都合上、写真の枚数が少ない。

この観測により、以下の4つの画像データを得た。

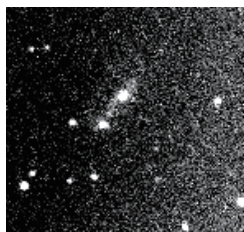
NGC935



NGC151



NGC6621



NGC210



また、色指数に対する銀河の存在割合を出すのに"Spectral Energy Distributions of Local Luminous and Ultraluminous Infrared Galaxies"（著者Vivian U）[1]の衝突銀河のデータ（天体数19）とメシエカタログの渦巻銀河のデータ（天体数22）をアーカイブデータとして使用した。

4. 結果

観測したものを“すばる画像処理ソフト マカリ”を用いて測光を行った。
下記のように色指数が求まりそれを表にしたものが（図1）で、アーカイブデータを用いた“色指数に対する銀河の存在割合”を示したものが（図2）である。

天体名 (NGC)	色指数B-V (mag)
NGC6621	0.68 ± 0.15
NGC935	0.72 ± 0.13
NGC151	0.75 ± 0.13
NGC210	1.05 ± 0.16

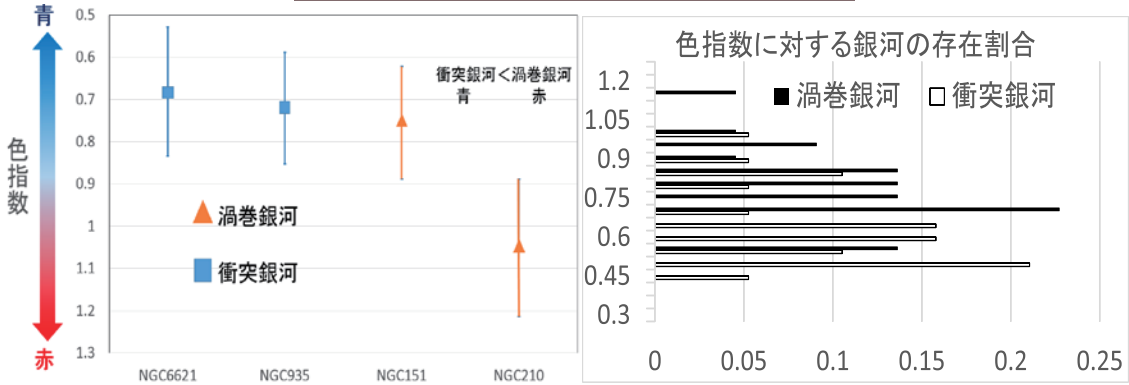


図 1
※図2の縦軸は“色指数”横軸は“銀河の存在割合”である。

5. 考察

衝突銀河の方が渦巻銀河よりも色指数が小さい傾向があるため、衝突銀河の方が渦巻銀河よりも青い（若い）可能性があることがわかった。
しかし今回の観測では、測定にずれが生じていることと、観測天体の個数が少なかったため正確な結果をだすことができなかった。そして、アーカイブデータ(図2)を用いて観測結果の信憑性を確認してみたところ、NGC210を含めてアーカイブデータと矛盾する結果はでていないため、仮説は完全に否定されたわけではないということが言える。

6. まとめ

今回我々は、衝突銀河と渦巻銀河を観測し、色指数を比較した。
その結果、衝突銀河の方が渦巻銀河よりも青い（若い）可能性があるが実証はできなかった。そして、今後の課題としては①今回は可視光だけの観測であったため、可視光以外の観測を行ってみること、②観測天体やアーカイブデータの個数を増やすこと、③すべての観測条件を統一すること、などが挙げられ、これらが試されたら、我々の仮説が証明されるのではないかと思います。

7. 参考文献

[1] Vivian U et al. 2012 ApJS 203 9

「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさを調べる 9

—冬の夜空はなぜ明るいのか—

岡田 結衣、花田 愛海、谷本 佳弥（高1）、川口 珠実（中2）

【遺愛女子中学校・高等学校 地学部】

1. はじめに

私たちは2011年から愛知県立一宮高校コアSSH「全国一斉夜空の明るさ調査」に参加し、機材をお借りして、学校の体育館テラスに設置したSQMLEによる自動観測、部員と協力者による函館周辺でのSQMLによる夜空の定点観測に取り組んできた。昨年度は3年間の結果をまとめ、「夜空の明るさマップ」完成に向けて、函館周辺の夜空の明るさ区分を行い、多方位・仰角についてのSQMLを使ったスキャンの結果から「明るさのもと」を探した。この活動を今年度も継続し、さらに雪がライトをどのように反射するか、実験して冬の夜空の明るさの原因をさらに考察する。

2. 観測方法

観測はSQMLE以外、月明かりのない下弦～上弦の時期の薄明終了1時間後以降に実施した。

(1) SQML 市内と北に隣接する七飯町の定点で、おもに20時～21時ごろに天頂にむけて5回スイッチを押し、その中央値を求め個体差を補正したうえで21時の値に時間補正した。

(2) SQMLE 体育館に設置しPCに接続して自動観測を行い、結果をExcelに取り込み、集計した。

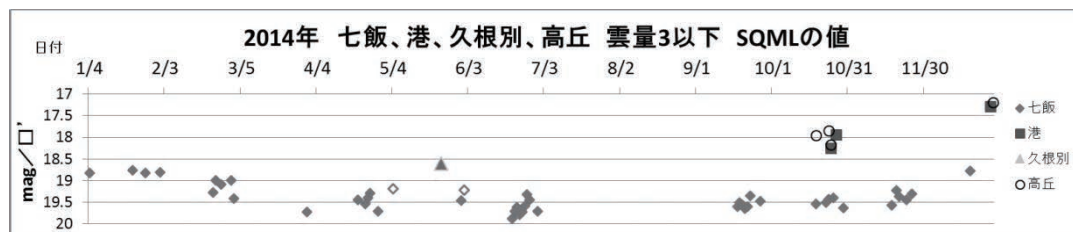
(3) SQMLによる全天・部分スキャン 自作した測定器を用いて、七飯町桜町、小沼湖畔、宝来町、学校グラウンドなどで天頂以外の方位・高度について夜空の明るさを測定し明るい方位を探した。

(4) 暗室での反射実験 写真部の暗室をお借りして、レーザーポインター、小型LED、豆電球などを使い、雪の表面で光がどのように反射するのか調べ、暗室内でSQMLを用いて実験装置上方の明るさを調べる実験を行った。

3. 観測結果

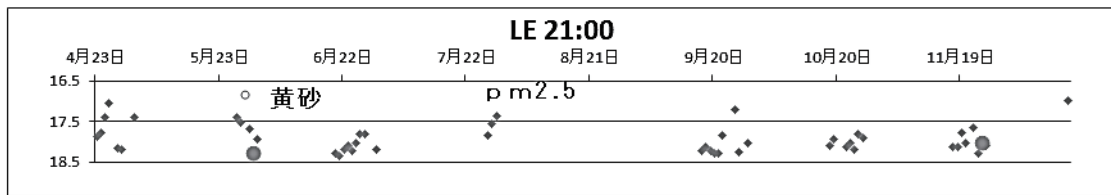
(1) 定点観測結果

天候が悪く十分な結果が得られない時期が多かった。とくに7-8月は過去と比べてデータがきわめて少ない。また、昨年までの結果では夏の雲量0のとき19.5等以上の暗い空であった七飯で、19.5等未満になる日が多く現れた。とくに11月には19.5等以上になる日が少なかった。9月末には風の弱い晴れた夜にできる逆転層のために、ゴミ工場の煙突の煙が水平に流れ出して滞留するようすを移動観測中に観察した。煙は学校の方向に流れていた。その日の夜空の値は七飯でも、学校でも通常より明るくなった。冬はいずれの地点でも夏より1等近く明るくなった。



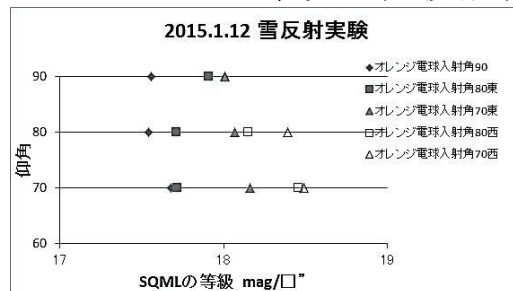
(2) SQMLEの結果

冬の時期を除き、18等前後の値を示しているが、黄砂、pm2.5などの影響がある時には17.5等未満になり、ばらつきが大きい。海洋気象台のデータでは雲量10であっても18等以上を示しているときもあり、SQMLEが観測している空（天頂）を何らかの方法で観測する必要がある。

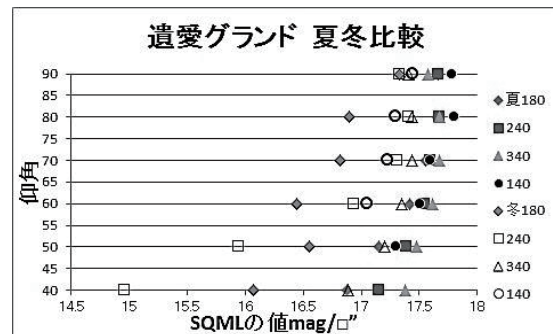
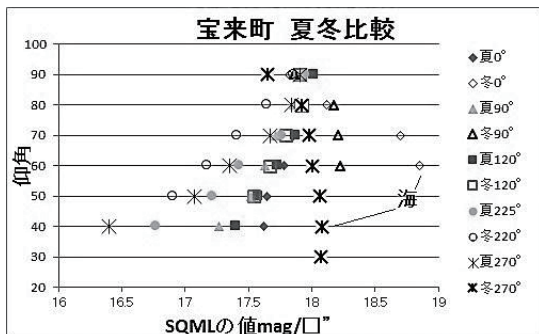


(3) 部分・全天スキャン 南～南東側に津軽海峡が広がる宝来町では、夏は、天頂が明るく海の方角の仰角 80° で暗くなる現象は見られなかった。どの方位も天頂が最も暗く、仰角を下げていくと明るくなった。漁火があっても空の条件がよいときには、漁火の方向が町の方角ほど明るくならないこともわかった。なお、学校のグラウンドでも、冬には夏と異なり、宝来町と同じように天頂が明るく、 80° 付近で暗くなる結果になった。

(4) 雪の反射実験 レザーポインターでは、鏡のような反射は見られず、入射角に対して広く光が広がる様子がみられた。豆電球や、LED では 90° の角度で雪面を照射すると、天頂方向が明るくなり、仰角 80° ではやや暗くなる結果になった。これは冬の宝来町や遺愛グラウンド、七飯などで見られる現象と似ている。



レーザーポインター—雪面反射	
入射角 (°)	反射光の範囲
90	$50^\circ \sim 140^\circ$
80	$40^\circ \sim 130^\circ$
70	$40^\circ \sim 140^\circ$
60	$10^\circ \sim 160^\circ$



4. 考察

冬の夜空が明るくなる原因は雪による反射の影響が強いと考えた。黄砂、 $pm2.5$ など大気汚染物質の飛来によっても夜空は明るくなるが、天頂が周囲より明るくなる現象はみられない。雪は複雑に光を反射し、より広く広げてしまう。とくに、街灯などからの光は雪面で反射して天頂付近を明るくしていると考えられる。大気中の汚染物質濃度についても今後検討を重ねたい。

参考文献

- ・環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」 <http://soramame.taiki.go.jp/>
- ・環境省黄砂飛来情報 <http://soramame.taiki.go.jp/dss/kosa/>
- ・気象庁ホームページ 過去の気象データ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

謝辞 この研究は昨年度まで JST 中高生の科学部活動振興事業の助成を受けた。また、愛知県立一宮高校 地学部、高村先生、星空公団の小野間さん、柴山さんの皆様にはさまざまお世話になった。この場を借りお礼申し上げる。

伝統的七夕ライトダウンの普及と科学的評価

櫻井 美緒, 金井 和泉, 小林 友理, 佐藤 優佳, 宅和 花菜子, 福田 早紀子, 矢野 いまり (高2)

岩村 桃実, 重原 優奈, 寺内 夏子, 根岸 あゆ香, 船津 莉香, 前原 那南 (高1)

【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

【概要】

私たちは夜空の明るさ調査を続ける一方、伝統的七夕ライトダウンに賛同し、今年度から県内への周知・普及活動を始めた。伝統的七夕ライトダウンとは、伝統的七夕ライトダウン2014推進委員会が主催する、伝統的七夕(旧暦の七夕)の日に2時間明かりを消して星空を眺めようという活動である。

今回はSQMとカメラを使い、空の明るさと街の明るさの変化を調査し、開催日の8月2日と翌3,4日の結果を比較した。開催日当日は天候が曇りであったため、夜空の明るさは開催日が最も明るくなってしまった。しかし、街の明るさは開催日が最も暗くなったことから、たくさんの方がこの活動に参加して下さったことが分かった。

1、普及活動

目的：前橋市の夜空を天の川が見える夜空に戻す。

活動：(1) 宣伝ポスター作成

(2) 後援依頼

(3) 文化祭等での呼びかけ

(4) 県内企業、施設、地学系部活動へ協力依頼
(消灯・ポスター掲示等)

(5) 宣伝活動、全校生徒への呼びかけ

2、当日の活動

(1) 夜空の明るさの観測

(2) 街の明るさの観測

(3) 協力施設の記録撮影

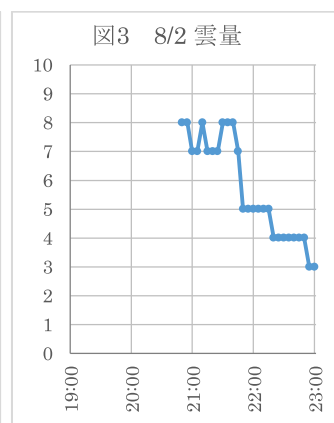
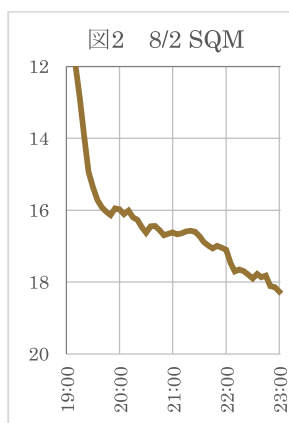
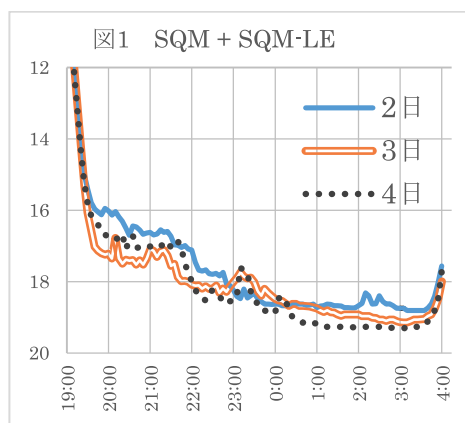


3、夜空の明るさの変化

方法：(1) 屋上に設置したSQM・LEで3日間の19:00~翌4:00までの5分ごとに夜空の明るさを記録。

(2) 開催日の2日は、19:00~23:00の間、5分ごとに、夜空の明るさ(SQM)、気温、湿度、雲量を観測(雲量は20:50から)。

(3) 2日19:05~23:05に10分ごとに真上の夜空を撮影。



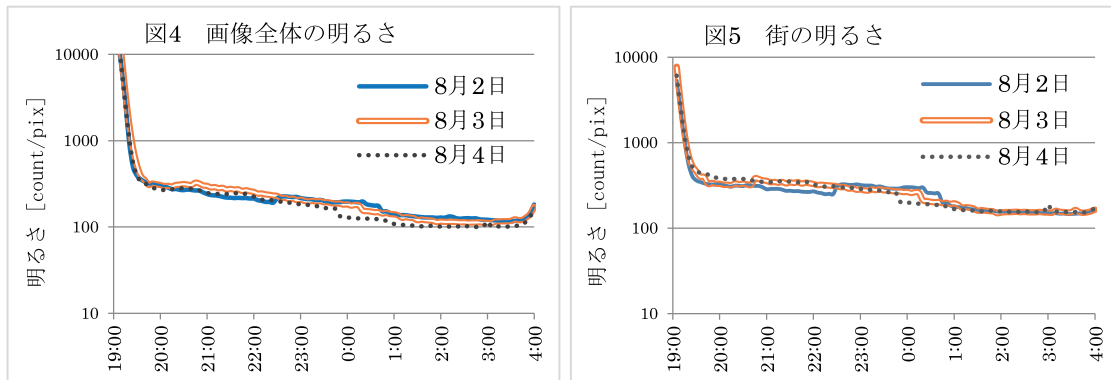
考察：図1より開催日2日の夜空の明るさが最も明るくなっている。しかし、撮影した写真の雲の様子や、図2,3より、雲量が大きく減った22:00以降、夜空の明るさも大きく下がっていることから、2日の夜空が最も明るくなったのは広がった雲の影響と考えられる。

4、街の明るさの変化

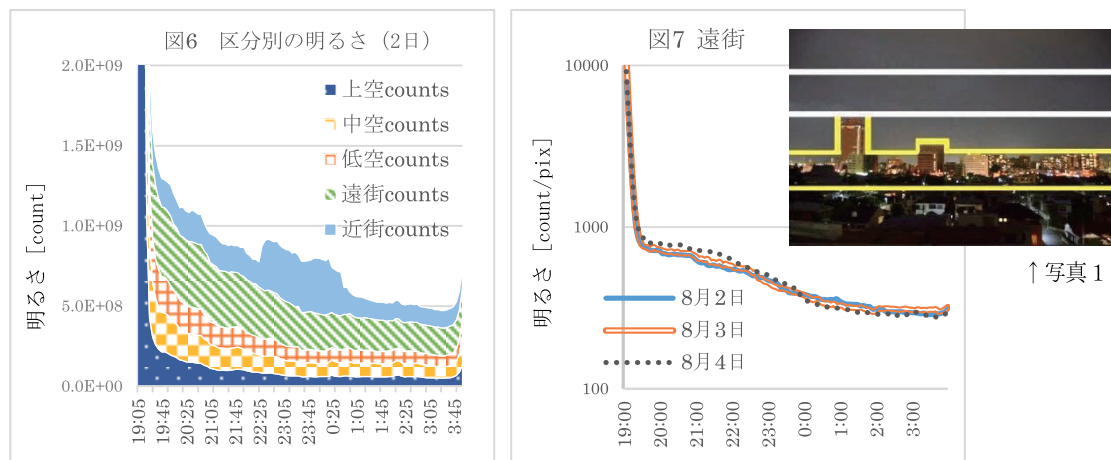
方法：本校気象観測室の窓を開放し、北方向を 2, 3, 4 日 19:05～28:00 の間、5 分ごとに撮影。

条件：露出時間 1 秒，ISO400，焦点距離 18mm，絞り f/3.5

解析：撮影した全写真（108 枚×3 日間）について、NEF（RAW）ファイルをフリーソフト raw2fits にドラッグ＆ドロップし、CSV ファイルに変換した。このソフトは写真のペイヤー配列の緑色のみを数値化することができる。このファイルを Excel で読み込み、画像全体の明るさ（カウント値）を平均した（図 4）。また、写真を上下に分け下部を街の明るさとし、三日間を比べた（図 5）。次に、写真 1 のように細かく 5 分割し、同様に検証した（図 6）。



考察：図 4,5 より、ライトダウン開催中の画像全体の明るさ及び街の明るさは、2 日が最も暗い。2 日の 22 時を過ぎた頃から急に明るくなっているのは、ライトダウンの間に消されていた電気がつけ始められたと考えられる。ただし、この方法は撮影場所直近の明かりの影響が非常に大きく、街全体のライトダウンの成果を議論することは難しい。



考察：図 6 より図 4,5 の急激な明るさの変化は近街の光が大きく影響していると確認できた。この影響を排除した図 7 より、遠街のみの明るさの変化を三日間で比べてみると、ライトダウン中は 2 日が最も暗くなった。この方法はライトダウンの成果の評価にふさわしいと考えられる。

5、今後の展望

今回は天候の影響により、ライトダウンの成果は空の明るさに反映されなかった。今回、街の明るさの観測に使用した方法はまだ確立されたものではないが、観測結果から判断すると、ライトダウンの調査における有効な手段と言える。次回は今回の結果をもとに周知をより徹底するとともに、今回使用した方法からより正確なデータが得られるよう工夫していきたい。

夜空における天の川の明るさ

大野 功暉, 堀 僚泰 (高 1) 【岐阜県立岐山高等学校】

1. 研究概要

私たち岐山高校は, 愛知県立一宮高校, 岐阜県立大垣東高校の 3 校で岐阜県安八町の「ハートピア安八天文台」を観測拠点とした「ハートピア安八高校生観測チーム (AstroHA)」として研究活動を行っている。本年度は, 夜空の明るさの観測の一環として, 3 校合同で行っている観測合宿の期間中に実施した。その画像を解析し, 全天における天の川の明るさを明らかにした。

2. 目的

対角魚眼レンズを取り付けたカメラを使用し, 全天の撮像を行う。撮像画像をすばる画像処理ソフト「Makali'i」を用いて測光し, 全天中における天の川の明るさを求めることを目的とする。

3. 観測環境



【図 1 観測地点】



【図 2 観測地点の様子】

観測場所：岐阜県飛騨牧場（岐阜県高山市清見町 北緯 35.983° 東経 137.073° ）

日時：2014 年 7 月 26 日午後 09 時 00 分 00 秒～28 日午後 07 時 30 分

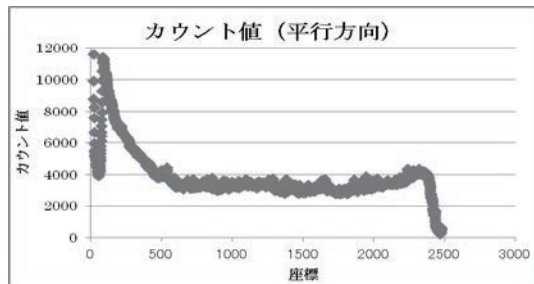
機材：・カメラ：Canon EOS Kiss X50 ・レンズ：SIGMA 4.5mm F2.8

・三脚：SLIK PRO 200 DX II ・リモートタイマー

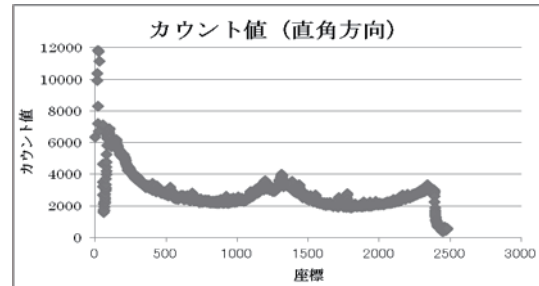
- ① カメラを三脚に取り付け, 撮影画像の上部が真北になるように, レンズを天頂に向けて設置する。
- ② リモートタイマーで露出時間を 1 日目を 60 秒, 2 日目を 30 秒に設定し撮影する。
- ③ 撮像画像は, 天の川を基準に, 平行方向と直角方向ですばる画像処理ソフト「Makali'i (マカリィ)」で, 200 本ずつのライン測光を行う。
- ④ 画像中の等級のわかっている恒星を基準星とし, 測光した天の川のカウント値を等級に変換する。

4. 結果

7月27日に撮影した6枚の画像を測光した結果、図3、4の結果が得られた。



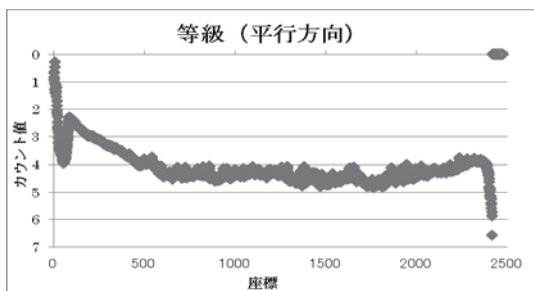
【図3 天の川 平行のカウント値】



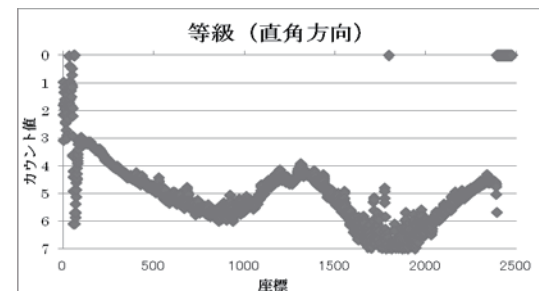
【図4 天の川 直角のカウント値】

天の川に対して平行に測光した場合、カウント値が4000～4200となりほぼ一定となった。ただし、図3の左側は、名古屋方面の街明かりの影響を受けているため、カウント値が高くなっている。さらに、グラフの右側は、地表を測光しているため、カウント値が低くなっている。天の川に対して直角に測光した場合は、天の川の領域でカウント値が最も高く、天の川のない領域で低くなっている（図4）。ただし、グラフの左右（地表付近）では再びカウント値が高くなっている。

さらに、ポグソンの式を用いて測光結果を等級に変換すると、図5、6の結果が得られた。このとき基準星の違いで約1等級の差が生じた。



【図5 天の川 平行の等級】



【図6 天の川 直角の等級】

5. 考察

- ・地表付近に近づくほど明るくなっている。これは地表からの光害の影響を大きく受けているためであると考えられる。
- ・基準星によって天の川の等級に約1等差が生じた。これは、基準星は開口測光により得られたカウント値であるのに対し、天の川はライン測光し、その値を平均したものであるため、基準星のカウント値と、天の川のカウント値の間に相関が取れていないからであると考えられる。

6. 今後の課題

今回の研究では、観測した画像から全天中における天の川の明るさを等級として求めることができた。しかし、基準星が違うと約1等級の差が生じた。これは、測光方法、または解析方法に問題があると考えられる。今後、別の測光方法や、解析方法を検討する必要がある。また、露出時間が異なる場合、明るさがどの様に変化するかを調べる。

7. 使用ソフト

- ・すばる画像処理ソフト Makali'i
- ・ステライメージ
- ・Microsoft Office Excel

SQMによる夜空の明るさ観測

志村 保乃佳（小6）【静岡県静岡市立清水入江小学校】

1. はじめに

2年前から、愛知県立一宮高等学校よりSQMを借り、自宅のベランダなどで夜空の明るさを計測している。昨年4月に愛知県一宮市から静岡県静岡市に引っ越し、明るさの違いがどれくらいあるのか興味を持った。また、自分の住んでいる地域の色々な場所での計測もしてみる事にした。

2. 方法

- SQM（図1）を使い、1か所につき各5回計測し、中央値を採用する。
- (1) 愛知県一宮市と静岡県静岡市清水区の計測した数値を比べる。
 - (2) 色々な場所を異なる時間で計測し比較する為、補正用の数値を計測し補正値を求める。
 - (3) 静岡市の色々な場所で計測し、数値を比べる。



図 1

3. 結果・考察

- (1) 表1は、愛知県一宮市と静岡県静岡市清水区の自宅ベランダで計測したもので時間は20時、雲量は0～1である。一宮市の自宅より、静岡市清水区の自宅の数値の方が高く、空が暗い事が分かった。一宮市の自宅は、一宮駅にも近く周辺には大きなマンションもあり、自宅マンションの南側には夜遅くまで営業しているスーパーがあった。静岡市清水区の自宅は住宅地にある為、このような違いが出たのだと思う。

	日 付	等 級
愛知県一宮市	2013/10/12	17.55
	2014/01/29	17.41
静岡県静岡市	2014/10/27	18.25
	2015/01/09	18.64

表 1

- (2) 今後、色々な場所、異なる時間で計測する事を考え、補正用のデータをとる事にした。雲量0の日に自分がよく計測する時間帯19時～22時を10分ごと自宅ベランダにて計測した。経時変化は緩やかで、図2から3時間で0.6等級変化している事がわかる。

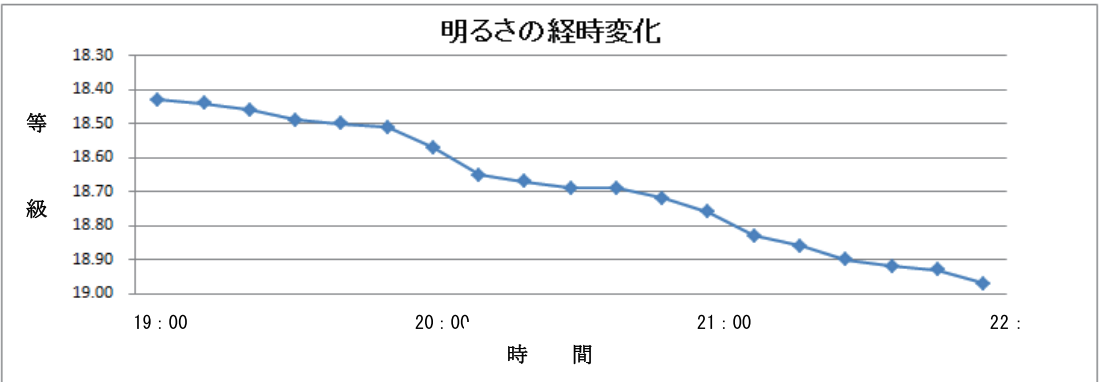


図 2

(3) 静岡市内10か所で計測した。(2015/01/24)

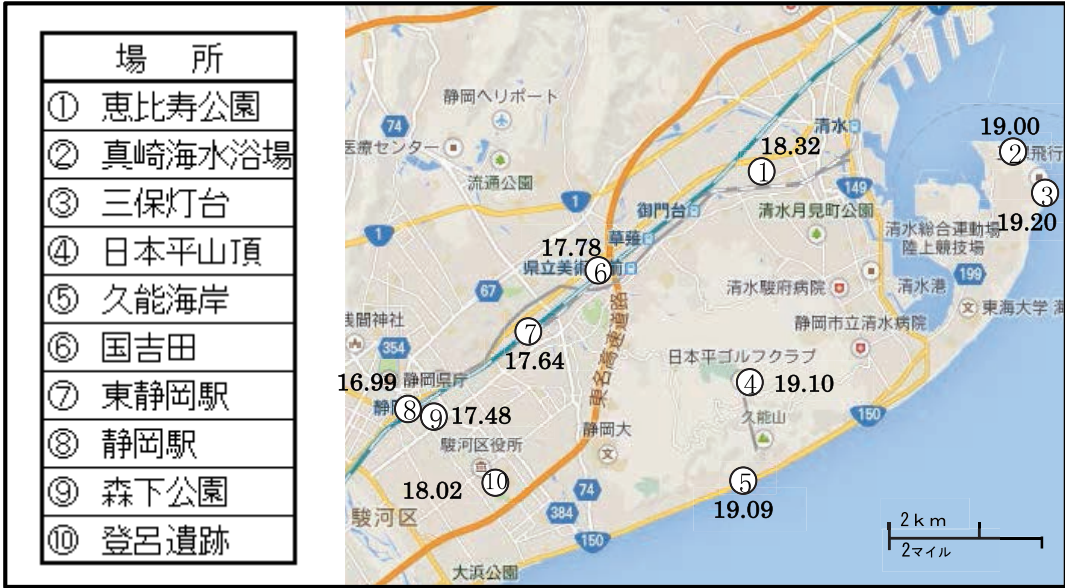


図 3

雲量は0～1、時間は20時で補正して比較した。
各計測場所の数値を地図上に置いた。(図3)
駅周辺の街中や幹線道路付近は明るく、海岸線や山などは暗い事がわかった。

5. 今後の課題

さらに詳細な明るさの違いを知る為、駅から郊外に向かっている道沿いや、鉄道の各駅を計測して、色分けマップを作成したい。また、表1の同じ観測場所での異なる季節の数値の違いについても調べたい。

6. 全国夜空の明るさ班U15結成

5つの県をまたぎ、小学生5人でチームを結成し、昨年より共同研究を始めた。



東から、
静岡県静岡市 志村 保乃佳 (小6)
愛知県一宮市 富田 小冬 (小6)
兵庫県高砂市 松本 朱音 (小4)
広島県三原市 前田 心晴 (小3)
長崎県西海市 打越 壮大 (小5)
が参加している。(図4)
同時観測を試みて数値にどんな違いが出るのか調べたい。

図 4

7. 参考文献

天文年鑑

8. 謝辞

ご指導いただいた、愛知県立一宮高等学校の高村裕三朗先生ありがとうございました。

SQMによる夕方のグラデーション測定

富田 小冬（小6）【愛知県一宮市立向山小学校】

1.目的

夕方の時間変化と共に、空がどのように暗くなり、星がいつ頃から観測できるか、また一昨年行った秋の計測と昨年の夏の計測の結果を比較し季節による違いを調べる。

2.計測

一宮高校の屋上で計測、空は晴天であった。9月13日、7月15日の2回計測。角度の目盛りのついた三脚にSQMと一眼レフカメラを固定し、太陽の沈んだ方角の高度20°, 40°, 60°, 80°を5分毎に測り撮影。

9月13日(1回目) 日没 18:05

天文薄明 19:30

7月15日(2回目) 日没 19:07

天文薄明 20:51

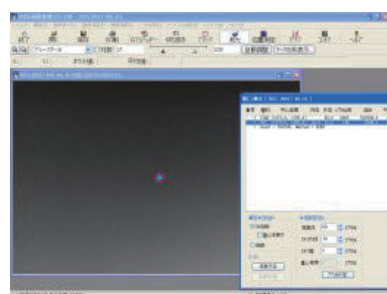


図1:マカリィによる測光

3.測光方法

マカリィで半自動、半径50pxで中心の1ヶ所を測光、背景を差し引かないオブジェクト総計を記録した。

4.SQMのグラフ

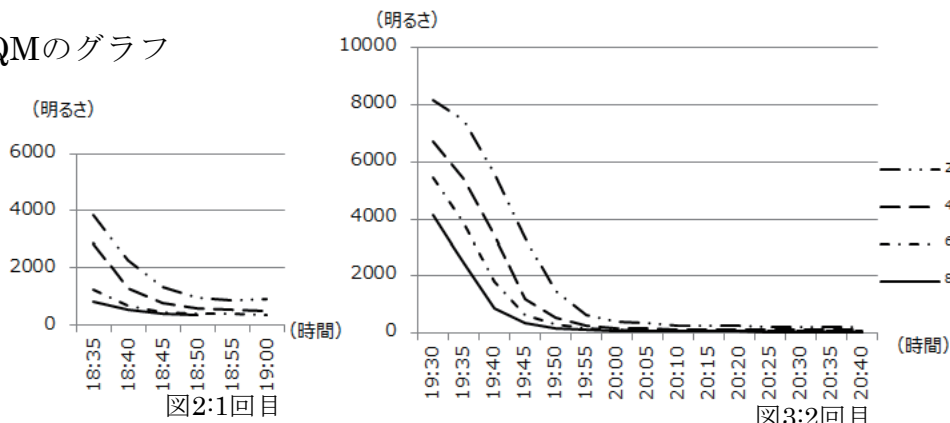


図2:1回目

図3:2回目

5.測光後のグラフ

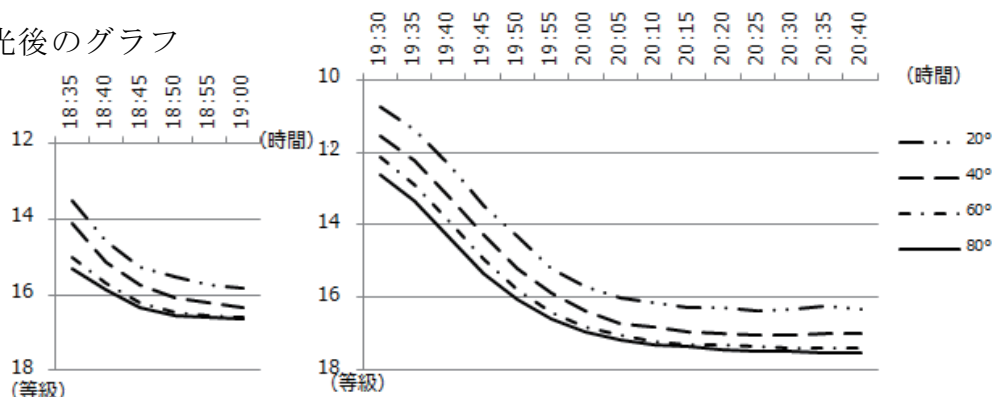


図4:1回目

図5:2回目

6. 半球模型の製作

地平線下の太陽の動きを知るために半球の模型を製作した。図6の中央斜めの線は秋分の日太陽の通り道。20°分右にずれた線は7月15日の太陽の通り道を表している。秋分の日と7月15日の太陽の通り道は球面(天球)上では平行になっている。図6を開いたものが図8で太陽の通り道が歪んでいることが分かる。

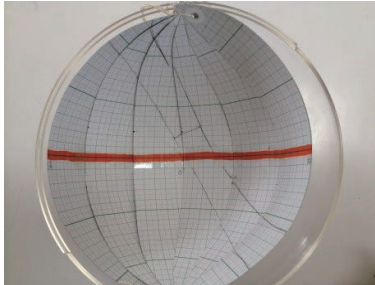


図6:半球の模型

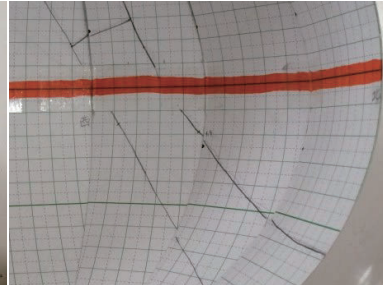


図7:図6を拡大した物

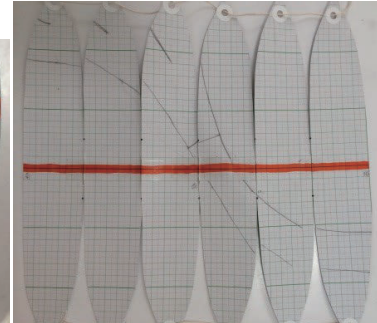


図8:図6を開いたもの

7. 考察

9月13日 18:45 頃のグラフから高度 20°はまだ明るい、高度 80°はカメラ、SQM の値共にグラフが水平に近付き、星が見える明るさに達している。

↓

日没から 45 分経つと星が観測できる明るさに達する

7月15日 20:05 頃のグラフから高度 20°はまだ明るい、高度 80°はカメラ、SQM の値共にグラフが水平に近付き星が見える明るさに達している。

↓

日没から60分経つと星が観測できる明るさに達する

45分と60分を角度に変換し模型に当てはめた結果、秋は地平線下9°、夏は11.5°となった。これに大気がレンズになって起きる太陽の『うきあがり現象』の0.5°を加えると秋は地平線下9.5°、夏は12°となる。

8. 今後の展望

- ・ 秋と夏の地平線下の角度が違う原因を調べる。

9. 使用ソフト

- ・ ステライメージ6.5
- ・ すばる画像処理ソフト・マカリィ

10. 謝辞

愛知県立一宮高等学校 高村裕三朗先生
地学部の皆さん
ご指導いただきありがとうございました。

兵庫県南部における夜空の明るさ同時観測

松本 朱音 (小4) 【兵庫県高砂市立高砂小学校】

1. はじめに

2014年3月22日に、神戸市摩耶山付近6ヶ所と高砂市加古川河川敷で、愛知県立一宮高等学校地学部と私で夜空の明るさを同時観測した。

2. 方法

SQMを使って19:30~20:30の間、5分ごとに計測した。

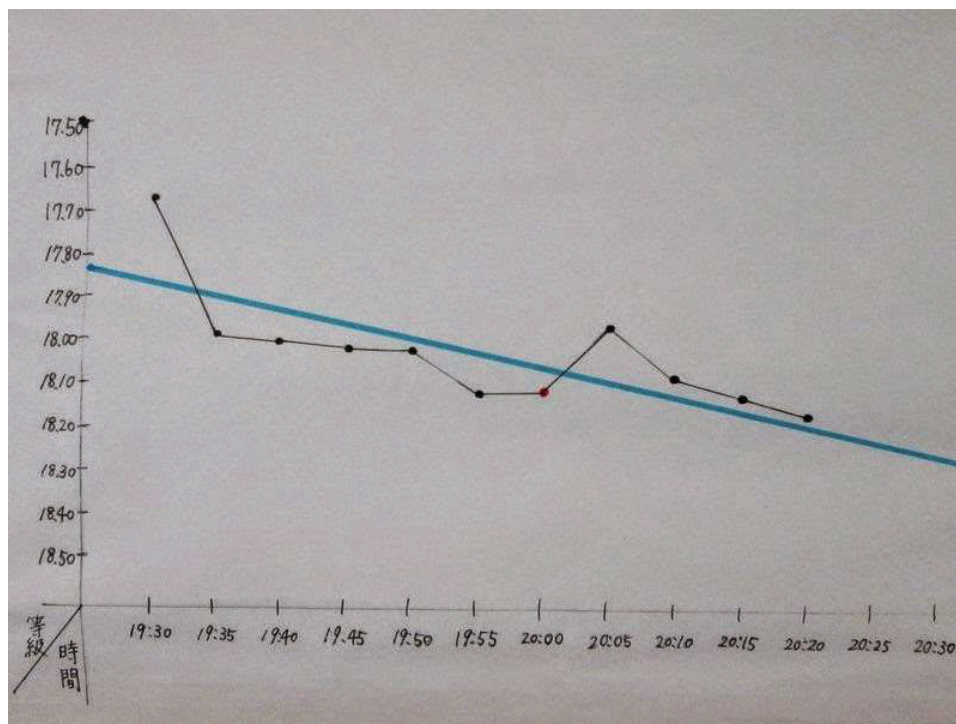
1回の計測で5回ずつ測り中央値をとった。雲量は2~5だった。

3. グラフ化

私が測ったデータをグラフにした。(図1)

計測データから作った折れ線グラフに、平均的な直線を引いた。

これで1時間で何等級ぐらい暗くなったかが分かる。



(図1)

4. 結果

- ・（図 1）のグラフを見ると 1 時間で 0.4 等級暗くなった。
- ・高砂と神戸 6ヶ所の 20：00 の数値を比べた。
- ・0.5 等級ごとに分けて地図上に表した。（ポスターでは色分け）（図 4）

一宮高等学校地学部計測（6ヶ所）（図 2）

- ・六甲ケーブル下駅 18.00 ・六甲山上駅 18.65 ・布引下 16.94
- ・布引ハーブ園駅 17.57 ・摩耶ケーブル駅 17.85 ・摩耶上 18.12

高砂（図 3）

- ・18.14



（図 2）神戸 6ヶ所



（図 3）高砂

16.0	16.5	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0
赤/R	橙/O	黄/Y	緑/G	青/B	紫/P	黒/BL

（図 4）等級の色分け
ポスター/予稿

5. 考察

ビルや店のない山の上の方が暗く、山から下りるほど明るくなっていた。
新神戸駅やたくさんのビルのある布引下が一番明るかった。
高砂は山の上ではないがまわりに繁華街がないので 18.14 等級になり六甲ケーブル下駅と同じぐらいの明るさになった。
高砂は工場が多く明るいけれど六甲山の中腹と同じだと分かり驚いた。
高砂の山側の明るさも調べてみたい。

6. 謝辞

ご指導くださった愛知県立一宮高等学校の高村裕三朗先生、
ご協力くださった同校地学部の皆さん ありがとうございました。

夜空の明るさの高度変化と限界の暗さ

東筑紫学園高等学校 理科部

(高3) 川口 史恵 坂本 直樹 畠山 貴紗子
(高2) 伊藤 渚
(高1) 本田 陸人 藤井 悠野 湖平 元彌

1. はじめに

12年にわたる観測の結果、「夜空の明るさ」は様々な気象状態や、SPM・光化学オキシダントなどの、目に見えない環境汚染物質に強く影響されることを証明した。

しかし、私達が得ているデータは“地表付近”のものなのに、夜空の明るさに影響している。そこで2006年、下関海峡マリメッセでの垂直変化の観測の結果、「夜空の明るさ」は、はるか上空で決まっておらず、『地上から数百m以内で決まっている』ことが分かった。

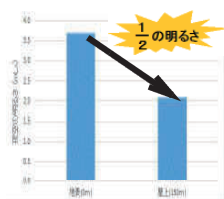


図1. 夜空の明るさと高低差

また、現在日本で最も暗い夜空の明るさの値は、冷却CCDカメラの写真解析より、24.40 mag/□"である。北部九州で最も暗い値を求めて、2013年にスカイオリティメーターを用い、北九州市から約45km離れた、標高が高い英彦山で観測を行った。しかし気象条件が悪く、明るい結果になった。さらに、山頂でも北九州市の明かりの影響が見られた。



図2. 英彦山と北九州市

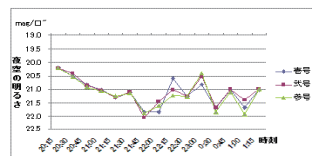


図3. 英彦山山頂での定点連続観測

今回は北九州工業高等専門学校と協力し、夜空の明るさの垂直方向への連続観測を行った。また、英彦山周辺の夜空の明るさマップを製作し、限界の暗さを探るため、最も暗い値が観測された地点で定点連続観測を行った。

2. 観測機器(スカイオリティメーター)

図4は観測に使用しているスカイオリティメーター(SQM)である。原理は角度20°の光の円錐形の1/2(10°)をスキヤニングして、光子をカウントする。そして、これを平方秒角あたりの等級[mag/□"]で数値化する。また、SQM-LEはコンピュータに接続することによって、自動的にデータが蓄積されるようになっている。



図4. スカイオリティメーター

3. 夜空の明るさの高度変化

2006年の下関海峡マリメッセでは、地上(0m)と屋上(150m)の2点で観測し、夜空の明るさが半減することを証明した。

2012年にイベントを行った際、北九州高専が気球を出展していた。この気球を使ってなら垂直方向の連続した夜空の明るさデータを観測できると考え、北九州高専と共同で観測を行った。

観測には図5の気球を用い、SQM-LE、北九州高専自作のマイコン、気圧センサーを搭載した。気球には強度が最も強い釣り糸を800m分取り付け、北九州空港からの夜間飛行の条件として、サイリウムを装着している。



図5. 観測に使った気球

2014年6月29日と30日に、北九州高専グラウンドで高度300mまでの観測を行った。図6より、高度が上がるほど夜空が暗くなっている。高度約200mでデータがばらついてるのは、風によって気球がゆらされたからである。高専のグラウンドは海抜50mに位置しており、高度50m～320mまでのデータから、最小二乗法で変化率を算出すると0.29 mag/□"/100mだった。

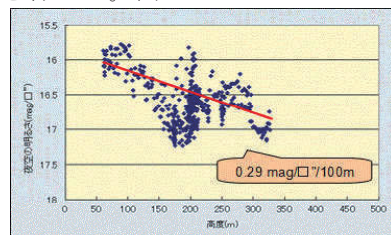


図6. 6月30日に高専で行った300mの結果

次に、7月29日に高専で高度800mまでの観測を行った結果を図7に示す。高度300m以上の観測をする際、航空機の航路に影響を及ぼす可能性があるため、北九州空港に申請書類を提出し、許可をいただいて観測を行った。しかし、台風や強風などの悪天候に阻まれ観測が中止になるなど、3回も申請をやり直して、ようやく観測をすることができた。しかし、風に流されて横方向に糸を使い、リールを800m上げたのに高度が450mになってしまった。

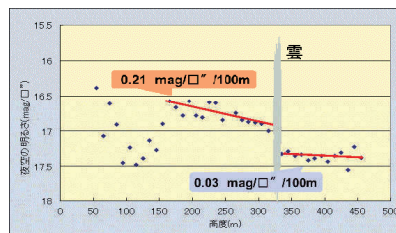


図7. 7月29日に高専で行った800mの結果

ここで、160mから450mまでの変化率を算出すると、0.33 mag/□"/100mであった。450m上げた場合でも、高度が上がるにつれて夜空の明るさは徐々に暗くなっている。これは、夜空の明るさへの地表の光からの影響が、徐々に減少していることを示している。さらに、高度330m付近で明るさが急激に暗くなっている。気球が雲の上に出たからで、雲の上の変化率を算出すると0.03 mag/□"になっていた。このように雲の上は地表の光の影響がないことを数値化したのは、私たちが世界で初めてかもしれない。

2012年に製作した「北九州1/5万等光度曲線地図」によれば、北九州高専周辺

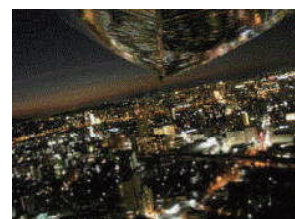


図8. 気球から空撮した市街地

の夜空の明るさは、18.50 mag/□"程度で、市街地では比較的暗い値である。そこで、17.00 mag/□"程度の、市街地中心に近い三萩野公園で観測を行った。公園を使用するため、区役所に使用の許可申請証を提出したが、これも台風などの悪天候で観測できず5回も申請をした。やっと観測できた日の天候は晴れで、雲量は0、風速は0.2 m/sと最適な観測日だった。

その観測結果が図9である。地上から100mまでは、公園の隣にあり、横方向を向いているテニスコートの照明（1kW×100基）の影響により、夜空の明るさは明るくなっている。100mから260mまでで垂直変化率は0.52 mag/□"/100mであり、北九州高専での結果よりも大きい変化率が得られた。このことから、夜空の明るさの垂直変化率は、地表の光が強いほど大きくなることが分かった。

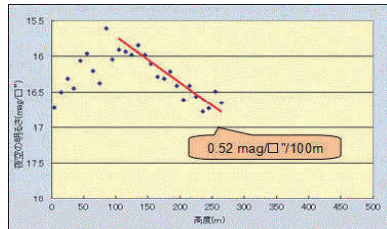


図9. 10月14日三萩野公園での観測結果

4. 夜空の明るさの限界の暗さ

英彦山周辺の夜空の明るさを地図で可視化し、暗い場所を割り出した。そして、経時変化を考慮して定点連続観測を行い、限界の暗さを狙って観測を行った。5月31日と10月24日の観測から製作した等光度曲線地図を図10に示す。

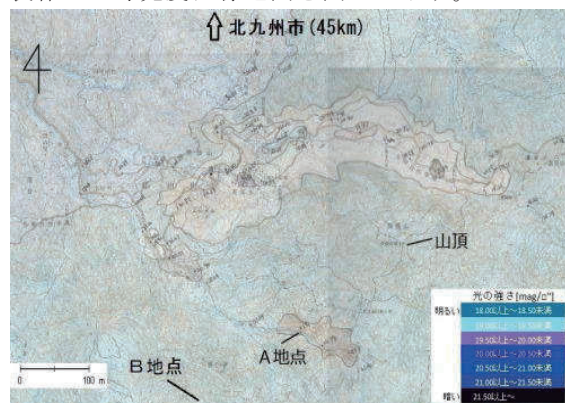


図10. 英彦山周辺の等光度曲線地図

その結果、北九州市に対して英彦山の山影となるA地点で、22.19 mag/□"という今までの観測の中で最も暗い値を観測できた。英彦山の南東に位置する槻木では、21.57 mag/□"と日田の街の影響が見られ、夜空は明るくなった。そのため、北部九州で最も暗いのは福岡市、北九州市、そして大分市からほぼ同じくらい離れており、英彦山の影になるA地点だとみなし、そこで定点連続観測を行うことにした。

10月24日に、A地点で定点観測を行おうとしたのだが、途中の道が通行止めで、予定地点で観測することができなかった。そのため、急遽B地点で観測を行ったが、水蒸気量の影響で最高でも21.14 mag/□"しか観測できなかった。結果、最も暗い値は22.19 mag/□"であった。

2013年の埼玉で開かれた光害シンポジウムにおいて、星空公園の小野間さんから、24等級以上の夜空の明るさは存在しないのではないかとのお話をいただいた。これは、地球が大気を発しており、その明るさは23等級程度であるからのだ。

そこで、私たちの先輩が発足させた「夜空の明るさ全国ネットワーク」の、全国各地の夜空の明るさのデータ、Dark Sky Associationが世界でSQMを用いて観測した公開データから、世界で最も暗い夜空の明るさを調べ、ランキング表を作った。

表. 世界の夜空の明るさランキング

地域名(国名)	観測年	値 (mag/□")	標高 (m)	現地時間	雲量	観測団体
ランディングス(カナダ)	2013	25.00	197	22:40	3	GaN
ポリスヒル(アメリカ)	2013	25.00	3227	19:00	2	GaN
1位 コキンボ(チリ)	2013	24.02	197	22:40	0	GaN
2位 ホワイトリバー国立公園(アメリカ)	2012	24.00	3327	19:00	0	GaN
3位 リンゴスビーク(アメリカ)	2011	23.76	2041	23:30	0	GaN
4位 テグアヤン(チリ)	2013	23.56	43	22:00	0	GaN
5位 ネバド・エル・ブロマ(チリ)	2010	23.13	4007	22:00	0	GaN
6位 ミカソフ(ポーランド)	2010	23.00	238	19:12	0	GaN
ガイアボス(ウルグアイ)	2013	23.00	37	20:05	0	GaN
ガジェック(中国)	2012	23.00	1840	22:04	0	GaN
9位 ブラッドフォード(アメリカ)	2009	22.89	63	22:30	0	GaN
10位 ひろのまきば天文台(日本、岩手県)	2013	22.76	216	23:10	1	ひろのまきば天文台
16位 英彦山(日本、福岡県)	2014	22.19	765	0:45	1	東筑紫学園高等学校

(GaN: GLOBE at Night)

これを見ると世界で最も暗いのは、チリのコキンボで観測された24.02 mag/□"という値だ。また、英彦山で観測された値はアジアで第3位、日本で第2位になっており、世界的にも暗い値だと分かった。

図11は全夜の状態に合成された地球の写真である。ランキングと見比べると、上位にある国は地図中でも、



図11. 人工衛星から撮られた夜の地球

光があまり見られない。つまり、人工の光が夜空の明るさに大きく影響を及ぼしていることが分かる。ちなみに空位の値は、観測地点が市街地の真ん中にあるのに25.00 mag/□"が得られているなど、SQMの故障か、観測者の心の故障と考えられる。

5. おわりに

北九州高専と協力し、気球を使った夜空の明るさの垂直方向の連続観測を行い、高度が高くなるにつれて夜空の明るさが暗くなることが分かった。また、英彦山周辺の等光度曲線地図を製作し、最も暗い場所での定点観測を行った。結果、22.19 mag/□"という値が得られ、これはアジア第3位、日本第2位の値であった。

今回の垂直変化の観測では、高度450mまでしか値を得ることができなかった。今後は、地表の光が高度何mまで夜空の明るさに影響を与えるのか解明していきたい。さらに、全国各地のデータを集め、私たちも様々な場所での観測を続け、光害の啓発ができることを願っている。

6. 謝辞

北九州高等専門学校の滝本先生および研究室の方々、気球観測については多大なご協力を頂きありがとうございました。「夜空の明るさ全国ネットワーク」には、各地のデータを提供していただき、感謝いたします。

7. 参考文献 (一部)

- ・東筑紫学園高等学校・照曜館中学校理科部(2010)
: 第22回「星空の街・あおぞらの街」全国大会
環境大臣賞受賞記念号 77pp.
- ・DarkSkyAssociation
: www.darksky.org (参照日:2014年12月11日) 他

アリストタルコスの月・太陽の距離比測定を検証する

木田 麻唯、 米村 鮎美、 伊藤 里沙子、 井上 知奈美（高3） 川本 朱峰、
大杉 彩華（高2） 谷 春菜、 武藤 琴音、 川森 芽依、 利岡 恵、
小林 瑞希（高1） 【京都府立城陽高等学校】

1 要旨、概要

アリストタルコスは地動説を初めて提唱した人として知られているが、半月のときに月と太陽の離角を求めることで月と太陽の距離比が1:20になることをしめした。この方法が本当に可能なのに関心を持ち、半月ごとに月の観察をして検証することとした。

2 測定方法と結果

この観測に当たっては半月の日時をあらかじめ調べないで行った。なぜなら日時がわかっていたら先入観を持ってしまい正しい判断ができなくなると考えたからである。2012年12月から2013年9月まで上弦と下弦の日（前後も含む）に19回測定した。結果は、平均87度になり、アリストタルコスの測定とよく似た値になった。しかし、これは観測した日の単純平均であって本当の半月の瞬間に測定したものではなかった。観測の都度、半月かどうか肉眼で判定したが、半月の3時間前後で判断したところ正しく判定できた回数が5回（42%の正解率）、3時間以上6時間以内で半月の判定は8回（89%の正解率）となった。（正しい判断というのは、半月の前か後か丁度かを判定し、実際の月の状態と比較した）月は太陽に対して1時間で約0.5度移動するので3時間では1.5度となる。アリストタルコスが3度の誤りをしていたとすれば6時間の判断ミスとなるが、これは私たちの判定結果ともよく一致している。正解率が低くなるのは、青空の中で月欠け具合を判定しなければならないので非常に難しいためである。

3 結論

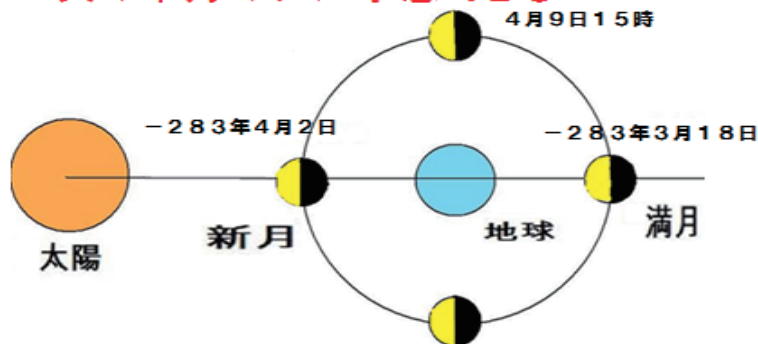
私たちの観測ではアリストタルコスの原理を利用して、太陽と半月の離角から距離比を精確に求めることはできなかった。それは、測定器具の誤差の問題ではなくて、ちょうど半月であることを判定することができないためである。

また、観測機会の少なさも影響している。一体アリストタルコスは半月の瞬間をどの様に計算し観察したのだろうか。私たちは次のような仮説を立ててみた。

仮説

私達は、半月の瞬間を次のようにして判断したと考えた。皆既月食の時は満月であり、日食の時は新月である。もし、この現象が続いて起きていれば、上弦になる日は簡単に予想できる。そこで、北海道大学の日食・月食・星食情報データベースから、アリストタルコスが生存していた頃の皆既月食と日食の日時を調べた。結果、紀元前283年3月18日に皆既月食が夜8時頃に起きていた。そして同年4月2日午前9時頃食分0.37の部分月食が起きていた。彼は、この現象から次の方法で上弦を予想したと考えられる。満月から新月が14日と13時間なので次に上弦になるのは7日と6.5時間後である。4月9日の15時頃と予想できる。この時に観察していたのではないだろうか。

半月と判定した方法は 月食と日食が連続して起きると、 次の半月の日が予想できる



仮説の検証

(1) 測定器具の工夫

図の様に、平板を用いて太陽の影を固定し、月の方位をピンで指す。この時の、太陽の影と月の方向がなす角度（離角）を分度器などで測定する。



(2) 測定日の選択

2014年10月8日19時頃、皆既月食が起こった。それから、約7.5日後の10月16日午前7時頃が下弦になっていると考えた。

(3) 結果

私たちが考案した測定器具で、午前7時50分頃から8時10分まで4人で8回の測定をし、平均87.5度の値を得た。同時に月の形が本当に半月かどうかの判定では、半月丁度が2人、半月ではないが3人だった。見た目での半月測定は、やはり難しい。

4 考察

この方法での測定は1回だけしかできていない。今後も継続してそのデーターを増やし、2015年4月4日の月食でも観測して今回の結果と比較したい。

5 参考文献

現代天文学事典荒木俊馬著恒星社厚生閣
宇宙観5000年史中村士/岡村定矩著東京大学出版会
理科年表2013年版
高校生天文ネットワーク皆既月食観測マニュアル
北海道大学日食・月食・星食情報データベース (web)

簡易均時差測定器による観測

大日方 剣、櫻田 大和、五十嵐 聡人、奥川 貴也、根岸 将太、藤永 弦、目黒 剛、真壁 巧
(高2)、石川 浩太、岩見 和樹、高橋 由宇、榎並 寛哉、山本 昂広、古谷 もみじ、
村上 有沙 (高1) 【國學院大學久我山高等学校】

要 旨

昨年の年会で発表したものからさらに1年間観測を続けた。そこで、集めた152日間のデータと「計算で求められた均時差」を比較したところ、かなり正確なデータを得ることができた。また、観測者の癖を調べることで製作時の精密さや観測場所の条件の重要さなどを改めて確認することができた。その結果、このような紙・竹串・方位磁針で自作した測定器での観測でも十分なものであると結論づけられた。

1. はじめに

我々は昨年の年会で、厚紙・竹串・方位磁針を使って各部員がそれぞれ自作した安価な日時計(右図)による半年間の均時差測定の結果を発表した(詳細は昨年の予稿集参照)。今回は昨年発表時の反省を踏まえ、約1年間さらに観測を継続しその成果をまとめた。

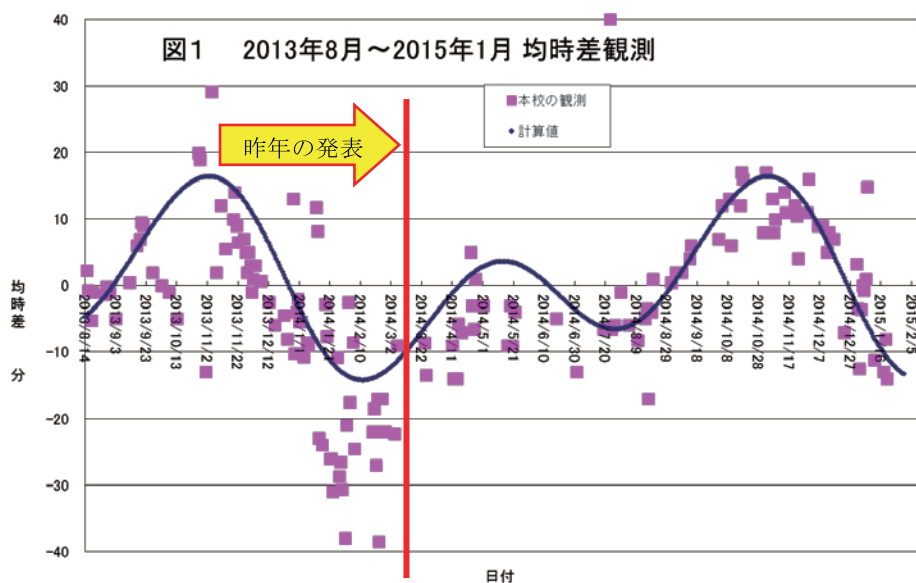


2. 方法

- (1) 測定器、方位磁針を使ってその土地の偏角を考慮して真北に向くように水平な場所にセッティングする。(東京では 7° W)
 - (2) 竹串の陰が映った目盛を読み取り記録する。・・・①
 - (3) すぐに正確な時計で時刻を読み取り記録する。・・・②
- ②-①の値が「均時差」である。(詳細は昨年度の予稿集を参照)

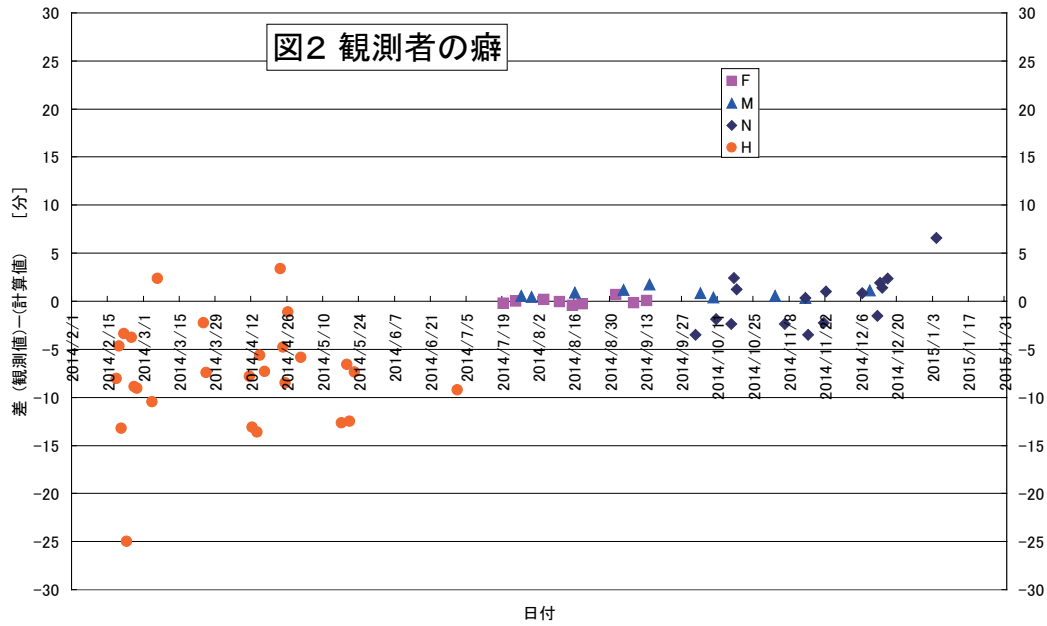
3. 結果

図1は2013年8月から2015年1月までの観測結果を散布図にまとめたものである。



曲線は計算で求められた均時差で、まばらになっている散布図は我々の観測数値である。

また図 2 は、観測者の中から4人を抜粋してそれぞれの観測の癖をまとめたものである。



4. 考察

図 1 を見ると、昨年度発表したデータ（2013年8月～2014年1月）よりも今年度のデータ（2014年2月～2015年1月）は計算値に、より近い結果になっていることが伺える。昨年度のデータは、方位磁針に影響を与える磁気などを発している場所での観測や、測定器製作時のミスなどが重なったことが原因として挙げられていた。そこで今年度は、前回の反省をふまえてできるだけ正確に観測し、計算値に近い結果を得ることができた。

図 2 については、観測者の中から4人の結果を抜粋したものであるが、全体を見てみると正確な観測ができていない人もいれば、まばらな結果になっている人もいることがわかる。特に観測者Fや観測者Mの数値に注目してみると、計算値とほとんど変わらない安定した数値が得られていることがわかる。

以上のことから、今回我々が製作した「簡易均似差測定器」は使用する人の正確さによっては十分な観測結果を得ることができるとわかった。

5. まとめ

今回の結果としては、去年のものよりも比較的に改善されたデータを得ることができた。これよりもより正確なデータを得ることができるよう日々尽力しようと思う。

なお、この測定器が、さらに「いつでも」「どこでも」「だれにでも」「容易に」測定できるかを確認すべく、本校の均時差測定に協力していただきたくお願いをする次第である。

僕たちはいつになったら黒点を見られるのか (5)

－ 黒点を見逃す理由 －

伊藤 挑、船山 尚久、津山 大生、八木 啓輔、吉田 拓未、加藤 潤一朗 (高1)
 佐藤 京介 (中3)、小林 祥之、竹縄 智広 (中2)
 矢口 大致、宮谷 明、井口 誠斗 (中1) 【巣鴨中学高等学校】

1. はじめに

先輩たちは、2007年12月から2011年12月までの155回の太陽観測のうち、黒点のあった33回について、研究機関による観測結果と比較し、小さな黒点を見逃していることを指摘した¹⁾。その後、新校舎建設のために観測を中断していたが、2014年3月に再開した。さらに、同年9月に新南校舎が建ってから別のカンパスから戻った中学生たちも観測に参加している。本研究では、再開後の19回の観測を、研究機関によるものと比較した結果について報告する。

2. 方法

a) 使用機材

天体望遠鏡 SDHF-75 (PENTAX 製、口径 75mm、焦点距離 500mm、赤道儀)、
 使用アイピースは XP-8 (焦点距離 8mm)、投影板

b) 観測地

巣鴨中学高等学校 (北緯 35 度 44 分、東経 139 度 43 分)

c) 手順

- (1) 晴れた日の昼休みに、投影板をつけた天体望遠鏡を、太陽に向けた。
- (2) 太陽の投影像を、記録用紙に印刷された半径 5cm の円にあわせた。
- (3) 黒点をスケッチし、黒点群数と黒点数を数えた。
- (4) 黒点の太陽面経緯度を、山根悟氏による太陽面経緯度計算フォーム²⁾を利用して求めた。
- (5) SWPC³⁾ による日報である SRS (Solar Region Summary) と比較した。

3. 結果

2014年3月11日から12月8日までに19回の観測を行い、78の黒点群の太陽面における緯度と経度を求めた。これらのうち76群の位置がSRSの値と概ね一致した。

4. 考察

- 1) 我々が観測した黒点群のうち、SRSと一致しないものが2群あった (表1)。

表1 SRSには無かった2つの黒点群

観測日	緯度	経度	黒点数
3月17日	S46	W18	1
3月31日	S57	E23	1

これ以外の76の黒点群は30度よりも高い緯度には見られなかった。また、表1に示した2つの黒点群はNASAのSDO衛星による画像に見られなかった。黒点数も1であることから、これらは黒点ではないと考えられる。

2) 我々の観測では、シャープペンシルで打った点よりも小さな黒点を記録できない。SRS では太陽の半球の面積を 100 万として黒点群の面積を記録している。これに従えば、直径 10cm の太陽像の中心での、直径 0.5mm の点の面積は 25 である。つまり、我々の観測では面積 25 未満の黒点を記録することはできない。しかし、SRS と一致した 76 の黒点群のうち 4 群は面積が 25 未満であった (表 2)。

表 2 面積 25 未満の、見えないはずの 4 つの黒点群

観測日	群番号	緯度	経度	面積
3 月 29 日	2018	N03	W29	10
3 月 31 日	2025	S24	W33	20
4 月 2 日	2022	N17	W03	20
12 月 4 日	2221	N05	W40	20

SRS が発表されるのは、我々の観測の約 21 時間後であるので、この間に面積が減少したと考えた。そこで、我々の観測時刻の約 3 時間前に発表された前日の SRS と比較したところ、この 4 群すべての面積が 30 であった。したがって、我々は観測を誤ったのではなく、面積が 25 を下回る前に観測したと考えられる。

3) 我々は観測の経験から、面積が 100 よりも大きな黒点は必ず見えるという手応えを感じている。しかし、面積が 100 を越えているにも関わらず見ることはできなかった黒点群が 4 つあった (表 3)。

表 3 面積 100 以上の、見えなかった 4 つの黒点群

観測日	群番号	緯度	経度	面積
3 月 12 日	2005	N12	E68	100
3 月 31 日	2014	S13	E64	120
7 月 2 日	2109	S08	E74	150
12 月 8 日	2222	S19	W91	450

SRS の発表時刻は我々の観測の約 21 時間後である。そのため、我々が観測した際には、表 3 の経度の値よりも約 11 度東側にそれぞれの黒点群はあったはずである。つまり、4 つの群すべてが太陽の中心から東西に 70 度以上離れた場所にあったことになる。

SRS では黒点群の面積は、太陽の半球の面積を 100 万として示されている。したがって、黒点の見かけの大きさは、経度が大きくなるほど、SRS での面積に対して、より小さくなる。例えば、経度 70 度では、SRS で面積 100 の黒点群の見かけの大きさが、およそ直径 0.5mm の点にあたる。

つまり、表 3 に示した、見えなかった 4 つの黒点群については、観測に失敗したのではなく、太陽面の縁にあったために見えなかったと考えられる。

以上のことより、我々は観測に自信をもつことができた。また、今後も観測を継続し、太陽黒点についての理解を深めていきたい。

5. 文献およびウェブサイト

- 1) 桐山ほか、「僕たちはいつになったら黒点を見られるのか (4)」、日本天文学会 2012 年春季年会ジュニアセッション。
- 2) 太陽面経緯度計算フォーム http://www.carina.gr.jp/~yamane/sun_pbl/
- 3) Space Weather Prediction Center <http://www.swpc.noaa.gov/>

黒点の大きさと磁場の強さ

板谷 由菜（高3）、上籠 俊輝（高2）、野上 隼紀、大江 貴裕（高1）
【京都府立洛東高等学校】

要 旨

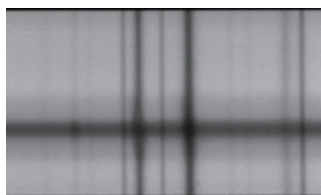
2014年8月19日に太陽の黒点の磁場強度を調べるために、直径の異なる7つの黒点を観測し、66個の高分散スペクトルデータが得られた。スペクトルを調べたところ、黒点の直径と磁場による吸収線の幅に比例関係があることがわかった。

1. はじめに

私達の学校ではこの13年間、京都大学大学院理学研究科附属花山天文台で太陽の高分散分光観測による実習を続けてきた。今年は8月18日～21日の4日間観測実習を行った。

2. 観測について

観測は、花山天文台の太陽館にある口径70cmのシーロスタット望遠鏡に附属する高分散分光器（波長分解能50万・スリット幅 100μ ・スリット長が太陽面上で約5万km）を使用した。



分光器で得られたスペクトルはCCDカメラでFITS画像として保存された。使用した波長域はFeI6301、6302を中心とする6299Å～6304Åの範囲である。65枚のスペクトル画像が8月19日日本時間10時00分から11時06分の間に得られた。この2つの吸収線は磁場の影響を受けて幅が広がる（ゼーマン効果）。

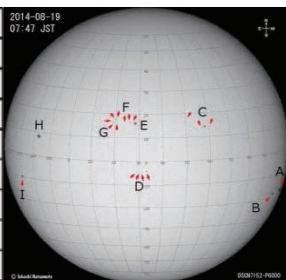
↑得られたスペクトル画像の一例

3. 解析

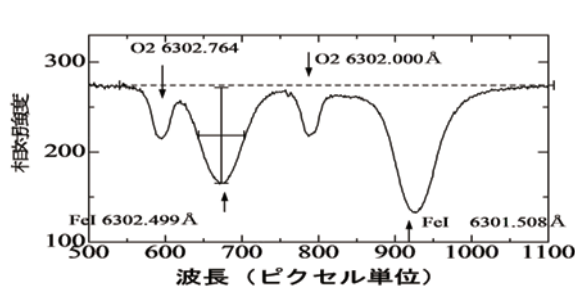
得られたスペクトル画像は国立天文台提供のマカリを利用してスペクトルトレースに変換（数値化）された。

地球大気起源の吸収線を利用して分散方向の1ピクセルあたりの波長の測定を行ったところ、 $0.0039\text{Å}/\text{ピクセル}$ の値を得た。スペクトル画像のスリット方向のピクセルあたりの太陽表面での実長を調べた。 $H\alpha$ モニターに記録されているスリットの形と太陽像を比較して、太陽面でのスリット長が50000kmとわかった。これをスペクトル画像でのスリット方向ピクセル数で割り、 $43\text{km}/\text{ピクセル}$ を得た。

黒点	黒点直径km	太陽面経緯度
A	11830	78W 5N
B	15880	75W 30N
C	7970	28W 2S
D	5520	2W 20N
E	13830	2W 0
G	3400	8E 2S
H	15250	42E 2S
I	4698	60E 12N



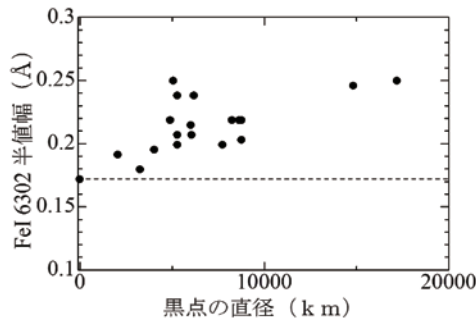
表は観測時の黒点の緯度経度 画像は観測日の太陽（明治大学天文部0Bの松本孝さん提供）



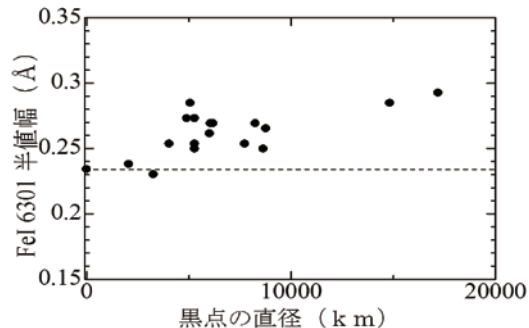
線幅は半値幅 (FWHM) を測定した。
スペクトル中の一番明るいところを
コンティニュームとした。吸収線の
中央の一番深いところの明るさとコ
ンティニュームとの中間値の幅を半
値幅と呼ぶ

図 1 吸収線の線幅（半値幅＝FWHM）の測定方法

4. 考察



暗部 FeI 6302のFWHMと黒点の直径の関係



暗部 FeI 6301のFWHMと黒点の直径の関係

↑ 図2

↑ 図3

黒点の暗部の直径と線幅を調べた図 2 (FeI6302) と図 3 (FeI6301) を比較するとほぼ同様な一時直線になっている。先輩の研究(米坂ら 2004) と図 2 図 3 との比較で黒点の直径が 5000kmで0.9キロガウス、10000kmで1.1キロガウス、15000kmで1.3キロガウス、20000kmで1.6キロガウス程度の磁場を持つことが分かった。

一方、半暗部では、磁場強度は黒点の大きさにあまり関係なくばらつきが大きいことが大きいことがわかった。

5. 結論

暗部では、黒点の直径と磁場強度の関係は、比例関係にあると考えられる。半暗部では、黒点の直径と磁場強度に明確な関係が見られなかった。

6. 謝辞

京都大学名誉教授 黒河宏企先生および京都大学大学院理学研究科附属花山天文台研究員の石井貴子先生に指導をいただきました。TAの学生さんには適切な指導をいただきました。花山天文台のスタッフの皆様には、観測の便宜を図っていただきました。この研究は平成26年度京都府高等学校フロンティア事業の援助を受けました。

7. 文献

米坂聡一郎、和田光男、畑中滋生2004 日本天文学会2004 第6回ジュニアセッション予稿集 p42

太陽フレアの発生する黒点群について

滋賀県立米原高等学校地学部

大内 悠介 (2年)、尾崎 立一 (2年)、中安 亮介 (1年)、杉原 健斗 (1年)

吉田 結哉 (1年) 【滋賀県立米原高等学校 地学部 天文班 A】

論 旨

フレアを起こす黒点群について、これまでに本校で撮影してきた太陽の CaII-K 線画像および過去 14 年分の人工衛星の観測データを分析した。その結果、黒点群の大きさの変化や黒点数の変化とフレアで放出されるエネルギー量に相関性は見られなかったものの、第 23 周期から第 24 周期前半に見られる中規模以上のフレアの発生位置とその変化が確認できた。

はじめに

フレアの発生する黒点群の位置についてその規則性はないか、黒点群の大きさの変化や黒点数の変化とフレアで放出されるエネルギー量に相関性はないか疑問が生じ分析を試みた。本校で撮影してきた太陽の CaII-K 線画像に加え、過去 14 年分の人工衛星からの観測データから、よくフレアを起こす(エネルギーを多く放出する)黒点群の位置とその変化について確認することができた。

ここでは、その分析結果を報告する。

研究目的

- (1)フレアの発生する黒点群の位置を調べる
- (2)黒点群の大きさや黒点相対数の変化とフレアの規模やフレアの際に放出されるエネルギー量の関係を調べる

研究の方法・結果・考察

研究 1. 太陽の観測と

フレアの発生場所の特定

1-1. 研究方法 1

- (1)米原高校で撮影した太陽の画像をソフトで処理し、鮮明な画像にする
- (2)IDL というコンピューター言語で、太陽の画像を切り抜く
- (3)(2)切り取った画像を貼りつけて展開図を作成し、フレアを起こすような大きな黒点群の発生経度を調べる

1-2. 結果・考察 1

(1)米原高校で撮影した画像から求めた

フレアの発生場所について

この 5 年間のフレアからは発生位置は特定できなかった。

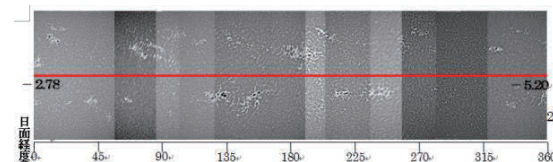


図 1. 展開図 (期間は 2013/4/20~5/14)

(2)フレアを起こすような大きな黒点群の

位置について

80° 付近と 200° 付近に多く発生していた。

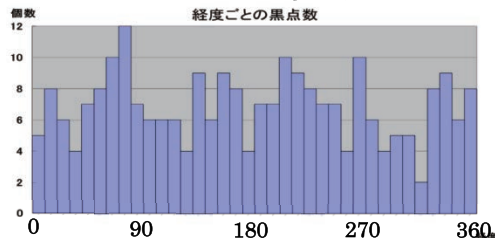


図 2. 経度別の大きな黒点群の数

研究 2. 黒点の位置と大きさ、

黒点数の変化について

2-1. 研究の方法

- (1)観測衛星からフレアのデータを借用する。
- (2)借用したデータを表にして分析を行った。

2-2. 結果・考察

(1)フレアの経度別発生回数について

経度 100° 220° 320° 付近でよく起こっている。

(2)フレアの発生位置と発生回数について

発生緯度は南北緯 $5^{\circ} \sim 30^{\circ}$ に発生しやすい。
発生経度に偏りがあるとは言えない。
緯度 ($^{\circ}$)

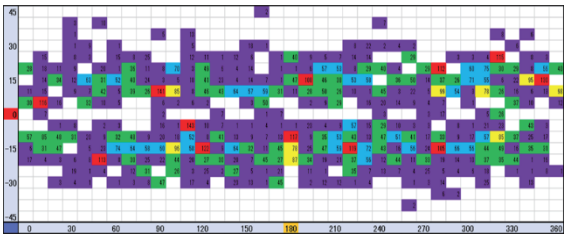


図 3. フレアの発生位置と回数 (1999~2014 年) 経度 ($^{\circ}$)

(3)中規模以上のフレアの

発生位置と発生回数について

経度 300° 付近でよく起こっている。また、中規模以上のフレアの発生経度は、第 23 周期では、太陽の極小期に向かい、低経度から 180° の方へ移動している。第 24 周期に入ると、 180° 付近から、太陽の極大期に向かい全体に広がっている。

(4)経度ごとのフレア発生回数とフレアの際に放出されるエネルギー総量 (得点) の関係について

得点とは、各黒点群がフレアで放出したエネルギー量を、点数として考えた評価である。
フレアの規模を表すフレアクラスを元に $C1.0=1$ 、 $M1.0=10$ 、 $X1.0=100$ とした。

第 23 周期では、研究 2-1 や 2-2 と同様の傾向もみられる。特に、 $0^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 付近で得点が高くなっている。第 24 周期からは 100° 、 200° 付近が高い。

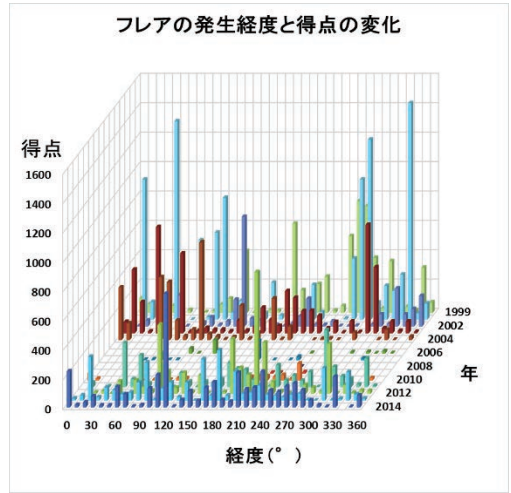


図 4. フレアの得点と発生経度

(5)黒点群の大きさの変化と得点の関係について

(5)(6)では中規模クラス以上のフレアを起こした黒点群が最大のフレアの起こす前三日間の大きさの変化を調べた。

フレアの発生前に黒点群の大きさが小さくなるものがあり、得点が大きくなるものも大きな変化をする訳ではないとわかった。

(6)黒点数の変化率と得点について

フレアの発生前に黒点数が増えるものも減るものもあった。また、得点の高い黒点群は、黒点数があまり変化しないと分かった。

結 論

- (1)中規模以上の大きなフレアの発生位置は、第 23 周期までは $0^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 付近に多く、第 24 周期からは $120^{\circ} \sim 200^{\circ}$ 付近に移動する。また、 300° 付近にもみられる。
- (2)黒点群の大きさの変化や黒点数の変化と放出されるエネルギー量に相関性は無い。

今後の課題

今回利用した人工衛星のデータは 14 年分しかなく、今回見られた傾向は、この期間のみに言えることかもしれないので、これからも研究を継続していきたい。また、黒点群は、磁場の変化によってフレアを起こすことが、研究の途中でわかったので、そちらも考慮に入れていきたい。

参考文献・サイト

- ◎写真集太陽 -身近な恒星の最新像-
著：柴田一成・大山真満 出版：裳華房
- ◎天文年鑑 2014 年度版 編：天文年鑑編集委員会 出版：誠文堂新光社
- フレアの諸観測データ・・・
SolarMonitor
<http://www.solarmonitor.org/>

謝 辞

今回の研究を行うに当たって、以下の先生方にお世話になりました。
京都大学花山天文台 北井礼三郎 先生
〃 石井貴子 先生
先生方のご指導により、この研究および論文作成ができました。心より感謝申し上げます。

2014 年皆既月食中の月の明るさと空の明るさの変化の関係

板橋 杏果，鈴木 優衣，高橋 萌，福本 清恵，武藤 静佳（高2），
隅谷 真帆，柳 美穂（高1）
【星野高等学校天文部】

1. はじめに

私たちは2014年10月8日にあった皆既月食の色と、空の明るさの変化について調べ、両者に関係性があるか調べてみた。皆既月食の色は、ダンジョンスケールを用いた。空の明るさについては、SQM（スカイクオリティメーター）を用いた。

2. 観測について

- * 観測場所：星野高校第二校舎 石原キャンパス（埼玉県川越市石原町2丁目71-1）
- * 観測時間：18：15～21：30（SQM），18：30～20：40（ダンジョンスケール）
- * 観測方法：SQMを光のないところで真上へ向けてボタンを押し、気温と空の明るさを測った。これを18：15から15分ごとに行った。
月が欠けた部分（地球の影）の色と明るさを肉眼で測定した。測定はダンジョンスケールと比較してその値を記録した。

表1：「ダンジョンスケールの尺度」(国立天文台ホームページより)
(Danjon, M.A. 1920, Comptes Rendus Acad. Paris 171, 1127 より翻訳)

	◆ダンジョンの尺度（スケール）
尺度	月面の様子
0	非常に暗い食。月のとりわけ中心部は、ほぼ見えない。
1	灰色か褐色がかった暗い食。 月の細部を判別するのは難しい。
2	赤もしくは赤茶けた暗い食。たいていの場合、影の中心に一つの非常に暗い斑点を伴う。外縁部は非常に明るい。
3	赤いレンガ色の食。影は、多くの場合、非常に明るいグレーもしくは黄色の部位によって縁取りされている。
4	赤銅色かオレンジ色の非常に明るい食。外縁部は青みがかって大変明るい。

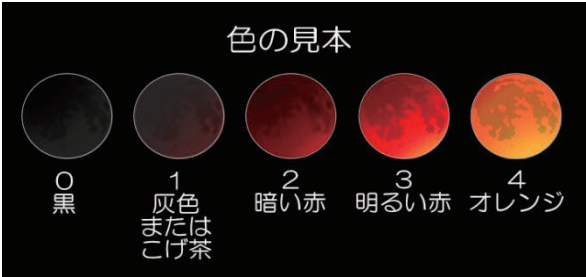


図2：「色の見本」（国立天文台ホームページより）

3. 観測結果

図3よりダンジョンスケールの値は皆既食の最大(19：55頃)をピークに緩やかな山型のようになった。一方、空の明るさは、皆既月食が始まって徐々に暗くなり、皆既月食が終わるにつれて、少しずつ明るくなった。皆既月食中（7:24～8:24頃）も空の明るさが変化した。

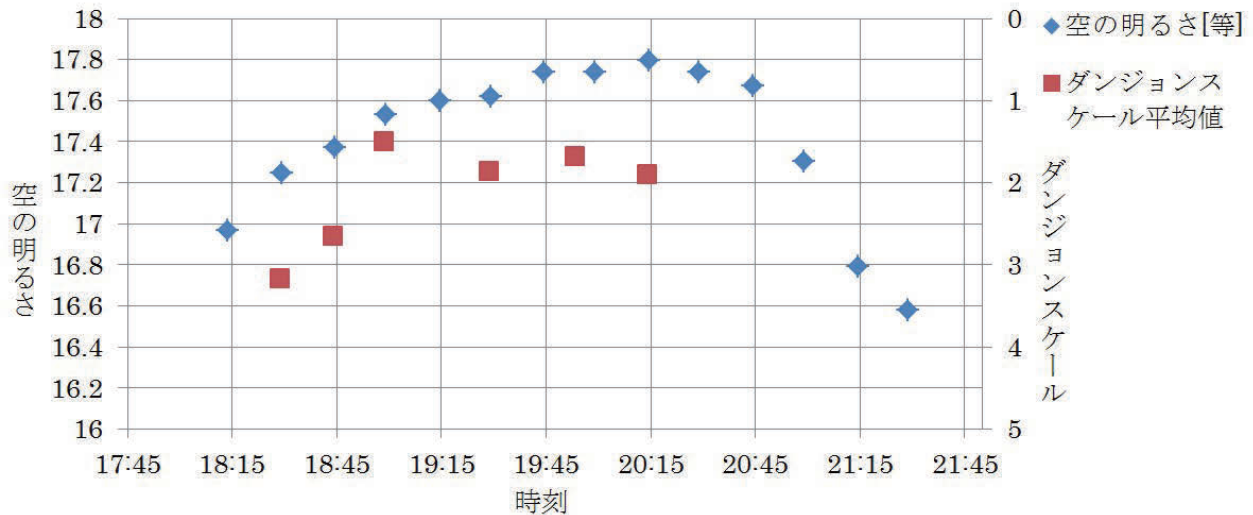


図3：空の明るさと、ダンジョンスケールの変化

4. 考察

地球がつくる本影に月が入っても、暗黒状態にはならない。なぜなら、地球に存在している大気によって、光が屈折されることにより、太陽光が届くためである。ただし、この時、全ての波長の光が届くわけではなく、青、緑や黄などの光は大気を通過する際に散乱されてしまい、月には届かず、赤色の光は散乱されにくいいため、月に届く。皆既月食の時、月が少し赤色のように見えるのはこのためである。また、この赤色の光は、影の中心ではなく、両側の方へ向かって散乱されるため、影の中央に近づくにつれて暗くなる。

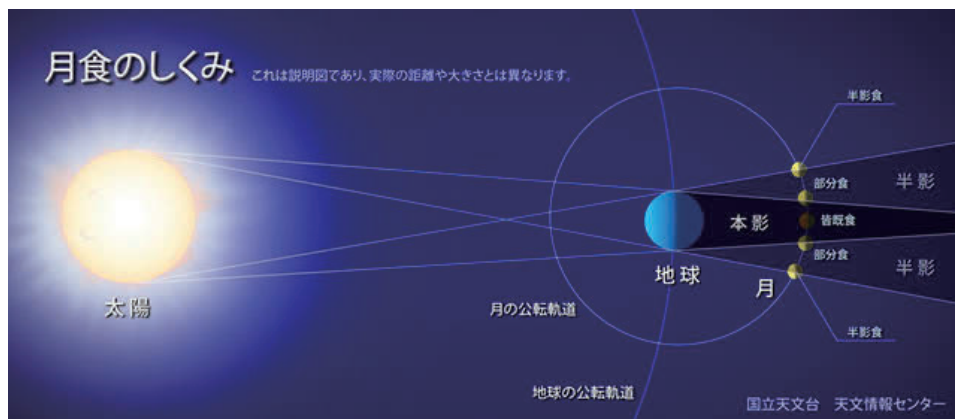


図4：「月食のしくみ」（国立天文台ホームページより）

空の明るさの原因は、地上の光（ビルの光 etc）と地球外からの光（太陽、月、星）がある。今回の月食は観測したのが夜だったので、太陽は出ておらず、星の数も月食中では変わらない。また、地上の光は私たちが観測した場所では一定であった。したがって、皆既中の空の明るさの変化の原因は月の明るさの変化によるものと思われる。

●参考文献●

「皆既月食を観測しよう 2014」 <http://www.nao.ac.jp/astro/sky/2014/lunar-eclipse.html>

皆既月食による本影内の RVB 光量分布

則武 桃子 (高 2)、酒井 里桜、堀 裕一 (高 1) 【愛知県立一宮高等学校】

1. はじめに

私たちは 10 月 8 日に起こった皆既月食を冷却 CCD カメラとデジタル一眼カメラを用いて観測した。皆既月食中の月は赤銅色に見えるが、その明るさ・色合いは均一ではない。本影内の R,V,B 光量分布について調べることにした。

また、今回の月食では「ターコイズフリンジ」という、太陽光が成層圏を通過するとき赤い光が吸収され、青い光だけが直進することにより、月面の縁が青く見える現象が本校でも観測された。この R と B の光量の関係を確認した。



図 1 皆既月食の進行

2. 方法

場所：愛知県立一宮高校(愛知県一宮市北園通 6-9)

機材：冷却 CCD カメラ (SBIG 製 ST-XE)、R,V,B フィルタ、

タカハシ FSQ-106 (D:106 mm f :530 mm)、EM200 赤道儀、

CanonEOSkiss X6i,BORG77ED (D:77 mm f :510 mm)、EM10 赤道儀

観測日：2014 年 10 月 8 日

ソフト：すばる画像処理ソフト マカリ ステライメージ ver.6

ステラナビゲータ ver.9 Microsoft Excel 2013

測光：CCD の画像上の月の模様による明るさの変化を月食終了後の X6i による満月画像で割り算することにより、月面の模様を消した。マカリで模様の消えた月面上の 13 点を径 10 で開口測光した。測光した点と本影の中心との角距離と測光結果を調べ、表計算ソフトでグラフ(散布図)を作成した。

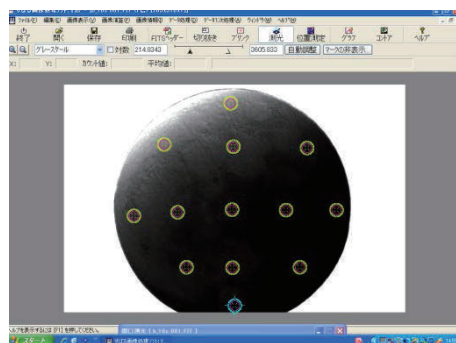


図 2 月面測光位置

3. 結果と考察

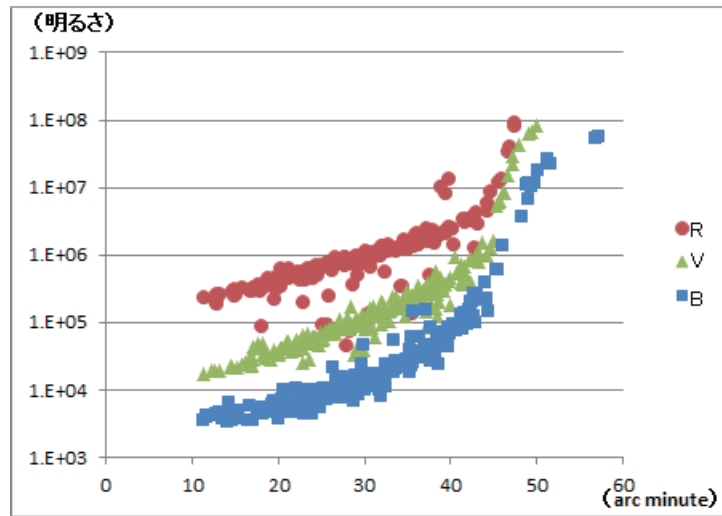


図3 角距離・明るさ 散布図

グラフ(散布図)は、横軸に角距離、縦軸(対数)に R、V、B の明るさをとった。

グラフより、全ての色で本影の中心に近づくほど明るさは減少したといえる。これは大気の影響により月面に届く光の量が、本影の中心に向かうほど、同心円状に少なくなっているからである。

また、傾きは各色で異なり、R の明るさが月面全体で上回っているのが、皆既月食中の月が赤いことが確認された。これは、地球の大気を太陽光が通過するとき青と緑の光が散乱しながら進むことによる。

しかし、V と B が月の縁(44')の付近で R と比べて、急激に上がっている。このことから、ターコイズフリンジが起こったことが確認できた。

4. 参考文献

Astro・HS 月食解析・観測ガイド 2011 年度

皆既月食時の月面の色の測定 2014

前田涼汰(高2)、大西裕貴 明石一希 小嶋宥喬 高木晨路(高1)

【兵庫県立大学附属高等学校自然科学部天文班】

要 旨

2014 年 10 月 8 日に皆既月食を観測し、皆既月食中の月の色の解析をした。結果、前回 2011 年の月食の色とほぼ同じであることが分かった。また、部分食の時に、月の一部が青みがかって見えるブルーバンドが観測された。これを解析し、地球の影の中心から 34 分角以上離れた月面で、青みがかって見えることが分かった。

はじめに

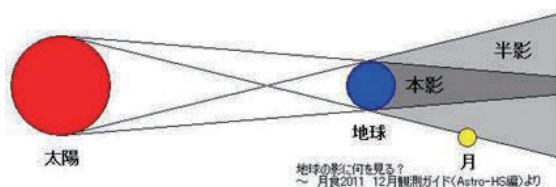


図1 月食の仕組み

月食は地球の影に月が入り太陽光が遮られることによって起こる。皆既月食のときは月が完全に地球の影に隠れるが、月には地球の空気を通り抜けた赤い光が届く。月の色は、地球の空気中の塵が多いと赤く、少ないとオレンジ色になると言われている。今回の日食

ではどのくらい赤いかを 2011 年の月食と比較できるのではないかと考えた。そして、その色の違いから大気中の塵の量の変化が分かると考えた。

また、ブルーバンドはある地域が帯状に青く見えるというものである。それが本当に青いのかどのくらい青いのかを調べた。

撮影方法

観測機材：NIKON D5100, VixenED102ss, エクステンダーで焦点距離延長

撮影日時：10 月 8 日 18:20~21:00

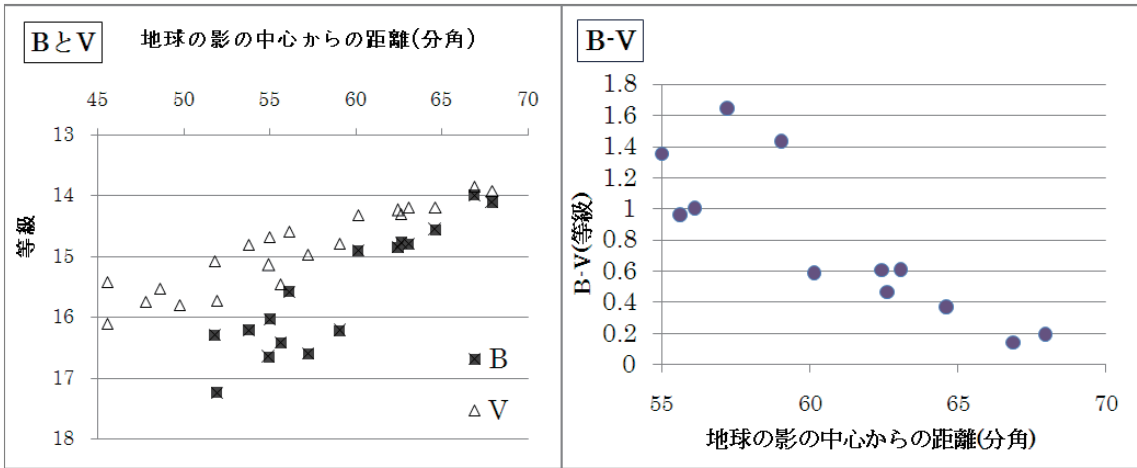
撮影地：兵庫県立大学附属高校

研究 I 月の色の測定

画像上の月や星の明るさは、その時の撮影条件や空の状態によって変わる。そこで、月食中の月の周囲に写っている星の明るさを調べ、カタログに示された星の明るさとの相違から、規格化された月食中の色と明るさを求める。明るさの測定には、画像解析ソフト「マカリ」を使用し、星の明るさのカタログ値は、星座早見ソフト「ステラリウム」に表示される V 等級と色指数 B-V の値を参考にした。

結果

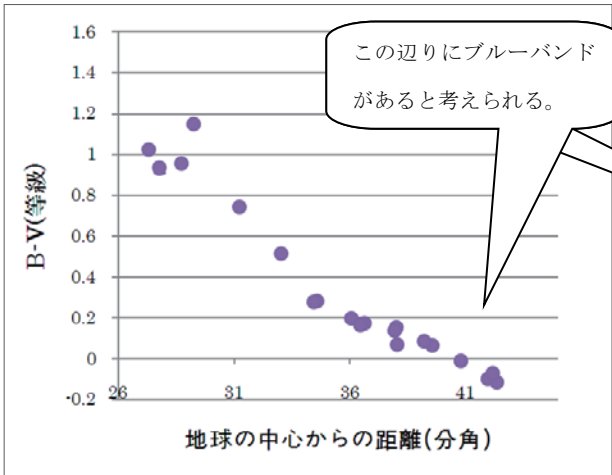
求めた月食中の月の明るさと、色指数 B-V の図を次に示す



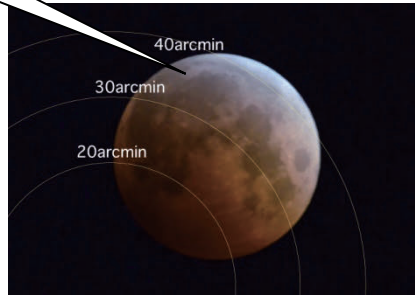
研究Ⅱ ブルーバンド

ブルーバンドの撮影に適した時間は、月が明るく周囲の星が写りにくい。したがって、月の色等級を規格化できないので、単純に緑色(V)と青色(B)の明るさの差で、月の色を調べた。

結果



左のグラフは B-V 等級と地球の中心からの距離の関係を表している。34 分角以上で散布するデータの傾きが小さくなり、青みがかかることが分かった。



考察とまとめ

今回の月食の色と明るさは、ともに 2011 年の月食とほぼ同じであった。大気中の塵の状況に変化は見られなかったと考える。今回の観測では、より地球の影の中心から遠いところの月の明るさと色を調べることができた。

今回は学校で観測したため空の明るさが明るく、B 等級を 18 等級程度までしか観測できなかった。2011 年のように暗い月の明るさまで調べるには、より空の暗い場所で観測することが必要である。また、月食中の月は明るいところと暗いところで、B と V の等級に大きな差があるので、複数の露出時間で撮影する必要がある。今年 4 月 4 日の観測に備えたい。

皆既月食時の月面の色温度と明るさの関係

国立米子工業高等専門学校 科学部

永見 莉奈、田中 佐知、山根 優香(高専3)

永井 俊一、堀江 洸介、勝部 桃子(高専2)

尾上 創、河原 匠吾、熊本 千夏、前田 夏奈(高専1)

1. はじめに

色温度とは、物体の色を、黒体を加熱したときの色と比較して、同じ色となる黒体の温度で表示する尺度である。

私達は、皆既月食時の月面の赤褐色が色温度の何度に相当するのか調べるために月食中の月を分光観測した。スペクトル画像を解析し、色温度を測定したところ、色温度と明るさに関係があることがわかった。ここではその結果について報告する。

2. 観測

科学部は10月8日(水)に起こった皆既月食時に月の分光観測を行った。望遠鏡VC200Lに分光器DSS-7とCCDカメラST402を取り付け(図1)、18時20分から10分間隔で月食の終わる21時20分まで1コマずつでスペクトル撮像を行う予定だったが、観測開始後すぐに雲が始め、月食の始まった直後の18時30分から、皆既食がすでに始まっていた19時50分にかけてはデータが得られなかった。しかし、食の最大の時間となると雲は去り、撮影を再開することができた。そのため、20時00分から20時40分の間で合計5コマのスペクトル画像を得ることができた(図2)。なお、露光時間は、スペクトルデータを100秒、画像データを0.04秒とした。



図1.分光器とCCDカメラを接続した望遠鏡

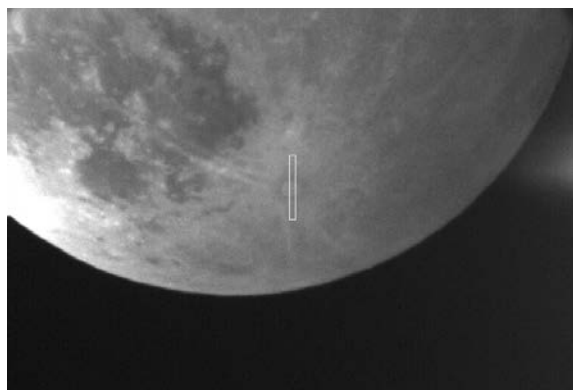


図2.スリット位置(20時40分 月食中)

観測では図2のように有名なクレーター、ティコ・ブラーエを撮像したが、これは図3のように、月の南端が本影の中心付近を通過するからである。その後、ハロゲンランプを用いてフラットフィールドの撮像を行った。

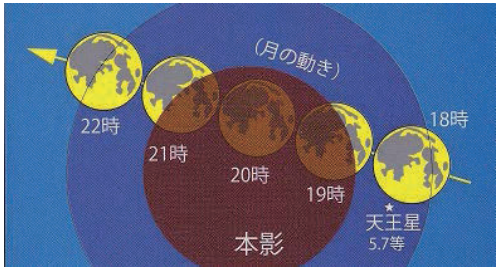


図3.月食の経過(天文ガイド2014年11月号)

3. 結果と考察

ダーク、フラット処理の後、地球大気中の O_2 線（波長7593.7Å, 6869.95Å）で波長の同定を行い、ハロゲンランプの光が3000Kのプランク関数で表せると仮定して、観測で得られたスペクトルデータから色温度を求めた(図4)。すると、皆既月食中の色温度は20時00分で1800K、20時40分で2200Kと、本影の中心から離れるにつれて高くなっていった。このことから、本影の中心から離れるにつれて色温度が高くなっているのではないかと考えた。

そこで、この結果から明るさと色温度の変化のグラフを作成したところ、色温度は明るさに比例して高くなることがわかった(図5)。

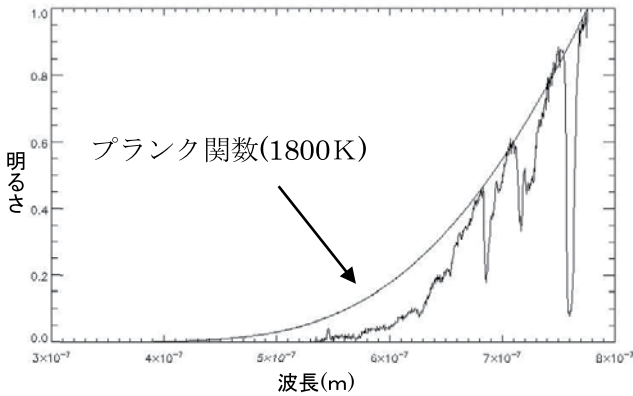


図4.皆既月食中のスペクトル(20時00分)

4. まとめ

今回、皆既月食中のスペクトルデータを解析することによって色温度を求めたところ、色温度と明るさのあいだに一次関数的な関係があることがわかった。

今後は、別の月食でも同様の関係があるか調べていこうと思う。

参考文献

月刊天文ガイド2014年11月号

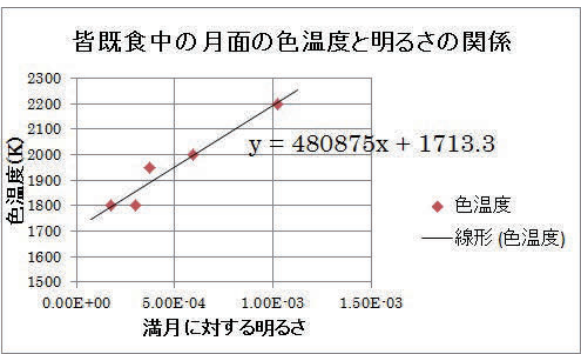


図5.色温度と明るさの関係

CCD カメラによる星の瞬きと月食の色別光度測定

日向野 堅斗、尾花 拓海、濱野 紫帆（高2）、大江 宏明（高1）

【國學院大學栃木高等学校天文部】

要旨

私たちは、15cmの屈折望遠鏡に北極星を導入し、白黒の冷却 CCD カメラを用いて、フォーカスモード時に現れる光度カウント値の変動の標準偏差を瞬きの指標とし、季節変化、時刻による変化、気象要素（主に風）との関係を考察した。更に 2011 年と 2014 年の皆既月食をカラーの冷却 CCD カメラを用いて RGB の光度測定を行い共通の傾向を掴んだ。

1. はじめに

私たちは日常の天体観測で、冷却 CCD カメラを用い星雲星団等の撮像を試みているが、CCD カメラの別の利用法として星の瞬きによる光度変化の数値化を考え、加えて月食の色別の光度測定を行った。

2. 方法

・星の瞬きの観測

冷却 CCD カメラ（ビットラン BJ41L 140 万画素）を 15cm 屈折望遠鏡（F=12.5）に直焦点で接続し、北極星を導入し付属のソフトを立ち上げた。星のピントを合わせるために用いるフォーカスモード時（露出 0.001 秒）の光度カウント値の変化（1~65535）をビデオカメラで 1 分間撮影し、出るカウント値を 1 秒ごとに合計 60 個書き出し、それらの標準偏差を求め北極星の瞬きの指標とした。北極星を撮像した理由は、時刻や季節によってほぼ位置が変化しないからである。日没 1 時間後の日別の季節変化の観測を行うとともに、8 月～1 月の期間は、月に 1 度同じ晩の夕方～明け方までの瞬きの変化を調べた。地域的な気象要素との関連も考慮し、この時、時刻ごとに 15cm 屈折望遠鏡から 899m の距離にある地上の電球の明かりの瞬きも北極星と同じ方法で調べ比較した。

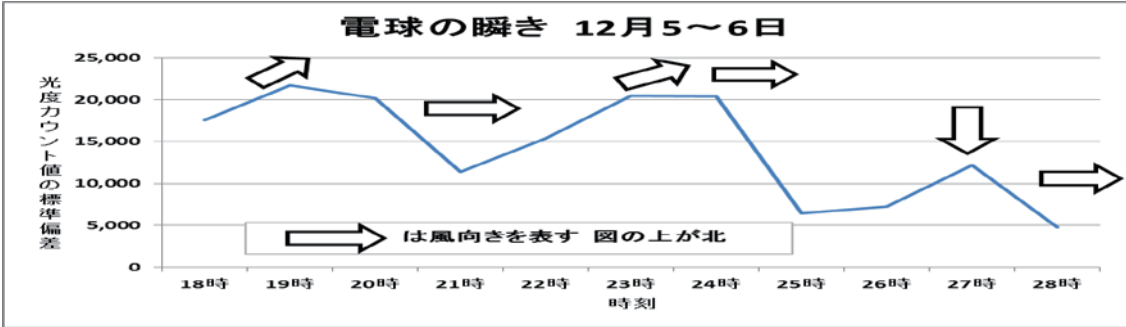
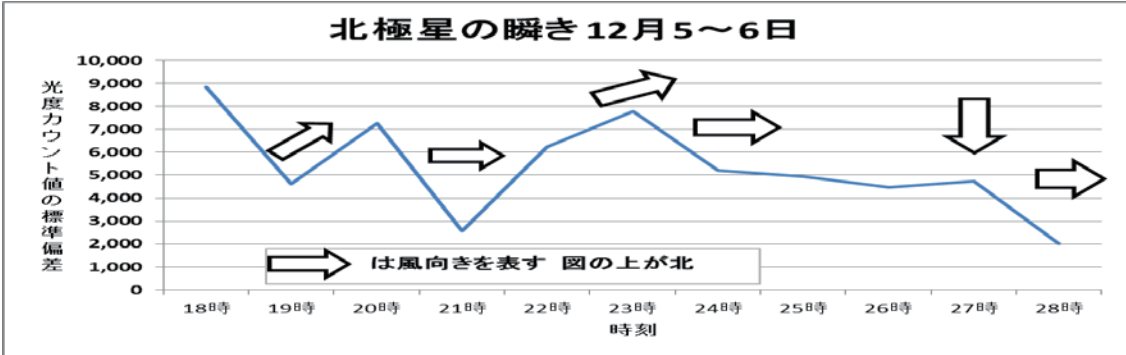
・月食の色別光度測定

冷却 CCD カメラ（ビットラン BJ41C 140 万画素）を 70mm 屈折望遠鏡（F=6）に接続し、皆既月食（2011/12/10 及び 2014/10/8）を撮像した後、画像を出力し、ステライメージを用いて月全体の光度を RGB の 3 色に分け、月の明るさの変化（露出 1 秒換算）をグラフにし、過去の皆既月食と今回の皆既月食を比べた。

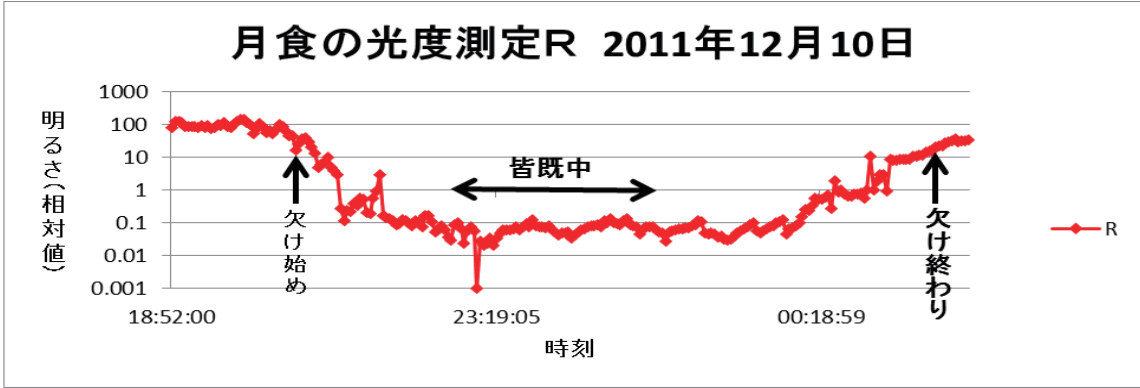
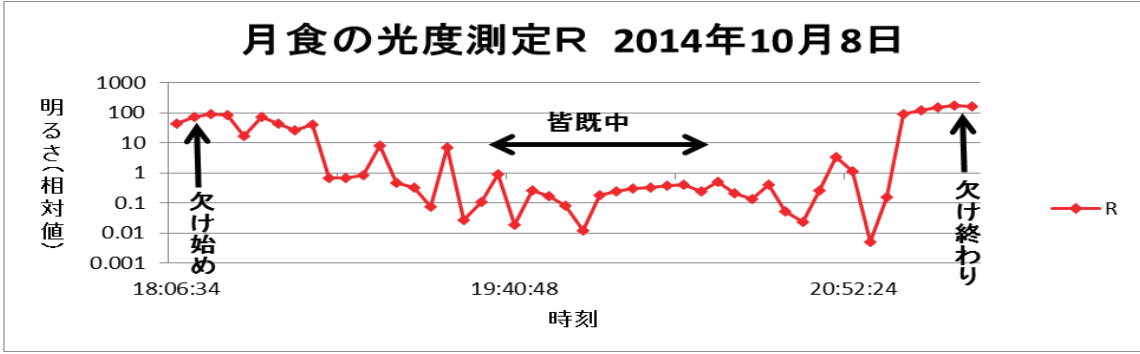
3. 結果



4 月から 11 月にかけては星の瞬きの変動は小さい。11 月以降は激しい。星の瞬きは一般的に、夏に小さく冬に大きいといわれているが確かにその傾向がある。



例として12月の観測結果を掲げる。北極星と電球の瞬きの変動には相関が見られた。相関係数は0.64（8月は0.80）であった。風向きの変化が両者の変動につながっている。



皆既中は両月食とも、小刻みに変化しながら赤い光（グラフのR）は弱まっていく。皆既中の明るさは、欠け始めや欠け終わりに比べると、100分の1以下である。同様に緑（G）や青（B）の明るさを調べると減光の仕方が赤より激しい事が分かった。

なぜ月は盆のように端（はし）まで明るく見えるのか？ - 月の砂 反射実験 -

渡邊 千恵（小5）

【京都府相楽東部広域連合立和東小学校】

要旨

月に関するテーマを選ぶためにいろいろと調べていて、流れ星やいん石が月にぶつかることなどで岩がくできてできたレゴリスと呼ばれる細かな砂が、月面のほぼすべてをおおっていることを知った。「出た出た月が～盆のような月が」と月が盆のように見えることにもレゴリスが大きくかかわっているらしい。盆のように見える月とレゴリスの関係を調べるため、まず、シミュラント（人工レゴリス）・シラス砂・キネティックサンドを比かくする予備実験を行った。次に、それらの砂とマイクロビーズを使って月のモデルを作製し、太陽の光に見立てたライトを照らして反射の様子を観察した。

その結果、表面がテカテカのものや砂などをつけたものでは見え方に大きな違いがあった。月が盆のように、はしまで明るく見えるのは月面をおおうレゴリスによるものであることがわかった。

1. はじめに

太陽の光に照らされて私たちにその姿を見せてくれる月と木星の表面の明るさを写真で比べてみた。木星は中心が一番明るく中心から遠ざかるほど暗くなっていく。そして中心から半分を過ぎると急に暗くなっている。月は中心と周囲を比べてもほとんど明るさが変わらない。木星がボールのように立体的に見えるのに比べて、月は絵に描いたように平らに見え、盆のようである。

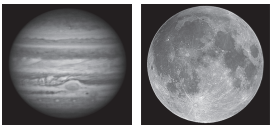


図1. 木星と月
(木星の写真提供：熊森照明さん)

月・レゴリス・盆をキーワードに調べてみると多くの情報を得られたが、実感できなかったので本物の月に似せた月のモデルを作製して確かめてみることにした。

2. 予備実験

(1) アルミホイルを使った光の反射実験

最初に、デコボコがあれば光をよく反射するのか？をアルミホイルで実験した。写真左はアルミホイルそのまま、右はアルミホイルにシワを作ったもの。ななめから光を当てると、シワのないものはほとんど真っ暗。シワのあるものはシワの部分がとても明るく見えた。

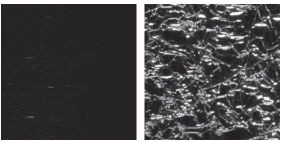


図2. アルミホイルによる反射

(2) 実験に用いる砂をけんびきょう（100倍）で比かく観察

次に、3種類の砂をけんびきょうで観察した。シミュラントはつぶがとても細かく、また砂のひとつひとつがとがっているように見えた。

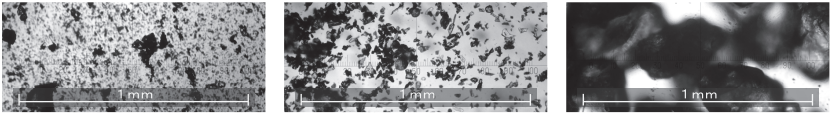


図3. けんびきょう写真（左からシミュラント、シラス砂、キネティックサンド）



マイクロビーズ

(3) 実験に用いる砂の反射実験

最後に、黒画用紙に3cm角の両面テープをはって3種類の砂をつけたものを用意。光の角度を変えながらさつえいして、反射の明るさを比べた。黒画用紙は光がななめになるといきなり暗くなった。それに比べて3種類の砂はあまり暗くならない。砂つぶの大きさによる違いもほとんどみられない。

入射角	シミュラント		シラス砂		キネティックサンド		キネティックサンドの黒画用紙部分
0°		100.0 % (32.8)		100.0 % (53.6)		100.0 % (50.7)	100.0 % (32.0)
30°		97.4 % (31.9)		100.1 % (53.7)		92.5 % (46.9)	27.9 % (8.9)
45°		97.4 % (31.9)		96.1 % (51.5)		89.8 % (45.5)	16.1 % (5.1)
60°		91.7 % (30.1)		88.0 % (47.2)		79.1 % (40.1)	6.4 % (2.1)
80°		69.9 % (22.9)		75.1 % (40.3)		66.3 % (33.6)	4.6 % (1.5)

数字の説明

表1. 反射の様子と明るさの違い

※さつえいの条件はすべて同じ

最大の明るさを100として、点線内（約10,000ピクセル）の明るさの平均値を求め、真上からの光（入射角0°）の明るさの平均値を基準（100%）に明るさの違いを計算し、グラフと数字で表した。カッコ内の数字は点線内の明るさの平均値。

3. 実験方法と結果

月のように球の形をした直径10cmの発ぼうスチロールを用意し、そのまわりに砂などをつけて反射する光を比べた。シミュラント（人工レゴリス）は取りあつかいがとても難しく、また予備実験の結果でも、他の砂と大きな違いがなかったので実験しないことにした。

【用意したもの】

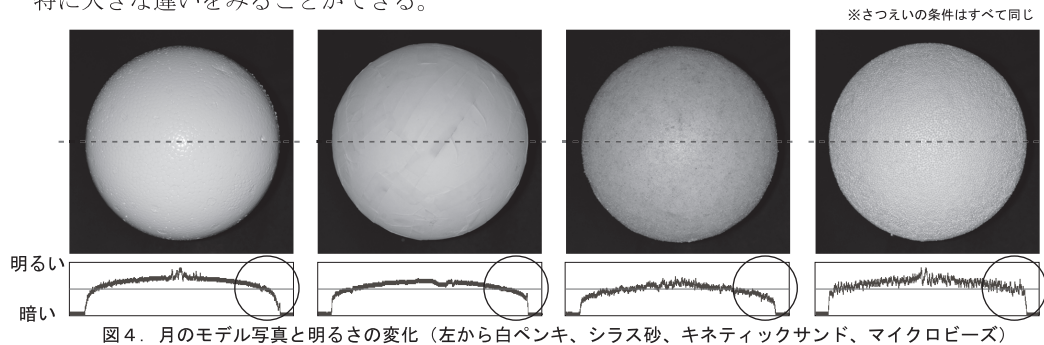
- ・発ぼうスチロールの球に白ペンキをぬって表面をテカテカにしたもの
- ・発ぼうスチロールの球に両面テープをはって全体に砂などをつけたもの
 - ☆シラス砂（商品名：吉田シラス。つぶの直径の平均：48～60マイクロメートル）
 - ☆キネティックサンド（スウェーデン生まれの砂。98%の砂と2%のシリコン素材）
 - ☆マイクロビーズ（クッションの中身などに使われている発ぼうスチロール。直径0.5mm）
- ・太陽光の代わりになるライト・背景用の暗幕と記録用カメラ

【実験方法】

- (1) 暗室内に月のモデル（用意した発ぼうスチロールの球）を固定した。
- (2) 月のモデルから約4メートルの距離に記録用カメラ、モデルの後ろに背景用暗幕を設置した。
- (3) カメラのレンズに近いところから月のモデルをライトで照らした。
- (4) 月のモデルを順番に交かんしながらさつえいした。

【実験結果】

白ペンキをぬったものは、木星の写真ほどははっきりではないものの、中心部分がもっとも明るく中心から遠ざかるにつれてだんだん暗くなり、はしの部分では急に暗くなっている。それに比べて、砂やマイクロビーズをつけたものは、はしの部分の明るさがほとんど変わらない。点線部分の明るさをグラフにして、明るさの変化をわかりやすくした。丸で囲んだところでは、特に大きな違いをみることができる。



4. 考察

表面がテカテカとした球は、ななめから光を照らされたときに、その方向へは光をあまり反射しないため、はしの部分では急に暗くなる。一方、砂などを表面につけた球では、アルミホイルのシワや砂の反射実験のように光を照らしている方向にも光を反射させるため、明るさがあまり変わらないと考えられる。

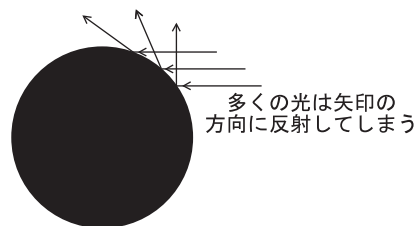


図5. 表面がテカテカの場合

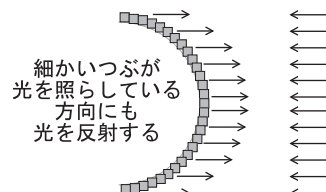


図6. 表面に砂などをつけた場合

5. まとめ

満月のときに「～まるいまんまるい盆のような月が」と歌になる月が、はしまで明るく見えるのはレゴリスが原因である。レゴリスが太陽の光を太陽の方向にも反射させるためと結論できる。

6. 謝辞

大阪市立科学館よりシミュラントと実験場所のご提供、石坂千春学芸員には実験をご指導ご協力いただきました。また、大阪工業大学の真貝寿明教授には論文の書き方をご指導いただきました。この場をお借りしてお礼申し上げます。
この研究は「ボランティア団体 てんもんぶ」榎谷則夫さんの指導のもとに行ったものです。

お盆の様な月の輝きに迫る

ハートピア安八ジュニア天文倶楽部

田島 怜一郎(中1)【岐阜市立岐阜中央中学校】、橋口 健太(中1)【山県市立伊自良中学校】

要旨

お盆の様な月に関心を持ち、サンドペーパーなどによる反射実験を行い、月の写真と明るさの分布を比較した。反射実験の結果から、レゴリスが月の反射の特徴の鍵となることが予測され、月の光の反射は拡散の強い反射で説明できることが分かった。

1、はじめに

発泡スチロール球と満月を比べると、図1のように満月は周辺までくっきりと明るい様子がわかる。これが、「お盆のような月」の所以である。私たちは、周辺減光がない月に興味を持ち、研究を進めた。目的は、以下の三つである。
(撮影と測光方法の習得) 月を撮影し写真から明るさを測る。
(検証実験の実施) 月の表面に見立てた紙やすりなどの資料で、反射実験を行う。
(原因究明) 両者を比べ、「お盆のような月」の原因を探る。

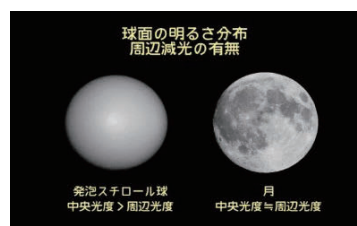


図1 発泡スチロール球と満月

2、月の観測方法（写真データ）

ハートピア安八天文台の口径 15cm 屈折望遠鏡で、一昨年撮影した写真データを利用した。

3、月の表面の測光（観測結果）と月に周辺減光がない理由(仮定)

月の測光には「Paint.net」というフリー画像処理ソフトを使った。測光する場所は、地球高度と太陽高度の 22.5° ずつの等高線の交差した所で、クレーターや海などの明らかに明るさの異なる場所は避けた。図2がその結果である。縦軸が明るさ、横軸が測光ポイントで、どの測光ポイントでも明るさが同じことから、月には周辺減光がないといえる。

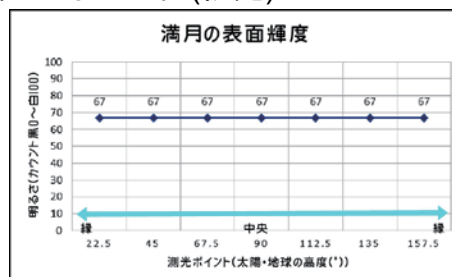


図2 満月の直径方向の明るさ分布

周辺減光がない原因として、以下の4つを考えた。

- (1)物質の組成（石の種類）
- (2)物質の色（石の色）
- (3)月の地形（クレーター、山、谷）
- (4)反射面の粒子の形状と大きさ（砂粒の形、大きさ）

これらのうち、(4)だけが否定要素がないため、原因は(4)と仮定できる。

4、月面レゴリスを見立てた反射実験

月面はレゴリスでおおわれ、その殆どは、角ばった 1 mm 程度の微粒子だということが分かった。これを参考に、反射実験に使う試料をサンドペーパーとした。

実験装置(図3)は、光源の LED ライトと照度計センサーが、水平・高度角が自由に動くよう作成した。レゴリスに似た試料(サンドペーパー)の比較対象として白色コート紙も選んだ。光源とセンサーの高度角は 22.5°



図3 自作反射実験装置

ずつ動かし、変角光度分布を測定した。また、誤差軽減のために交流電源化や、フードの使用、反射迷光対策として黒い紙での被覆をした。さらに、実験時間の短縮などの工夫をした。

5、鏡面反射と拡散反射

実験と並行して、反射についても調べた。反射には、鏡面反射と拡散反射があり、拡散反射には、ランバート反射とオーレン・ネイヤー反射がある。月は、非ランバート反射である。

6、反射実験結果

図4に示したとおり、サンドペーパーの反射は周辺減光が目立たず、月の反射を表しているように見え、反射面の粒子が関与していると思われる。しかし、反射モデルではランバート反射が残っており、厳密には月と異なることが分かった。加えて注目は、低反射率であり、これも非周辺減光に寄与していると考えられる。

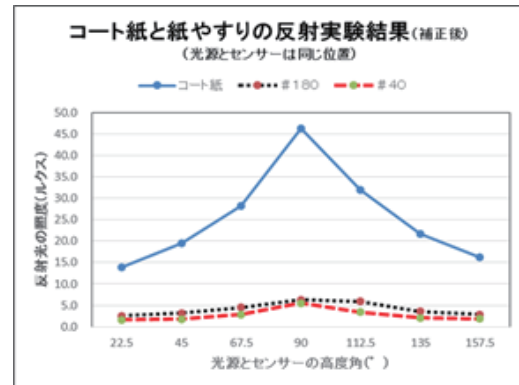


図4 満月直径方向に相当させた反射実験結果

7、考察・結論

コート紙では、周辺減光が再現できた。紙やすりでは、周辺減光は目立たなかったが完全な非周辺減光は再現できなかった。(図5) その原因として、紙やすりの表面の「のり」が、紙やすりに光沢を与えていることが考えられる。

また、低い反射率とも関係している。実際に満月の反射率は、約7%である。

結論として、以下の2つを得た。

- (1) お盆のような月の理由は、反射率が低いことで説明できる。
- (2) 拡散が強い乱反射で説明できる。また、これには角ばった粒子の形状が深く関与していると思われる。

しかし、反射率の実験は未検証で、完全な非周辺減光は再現できていない。

8、今後の課題

お盆のような月のより確かな証拠をつかむことが今後の課題である。

- (1) レゴリスにより似た実験試料を見出し、月の非周辺減光がレゴリスの形状によることを、さらに多くの実験で示す。
- (2) 実験ができなかった反射率と周辺減光の関係を、実験で調べる。

9、参考文献

- ・天文年鑑 2014 (誠文堂新光社) ・最新・月の科学 渡部潤一 (NHK ブックス)
- ・光の百科事典 谷田貝豊彦ほか (丸善出版)

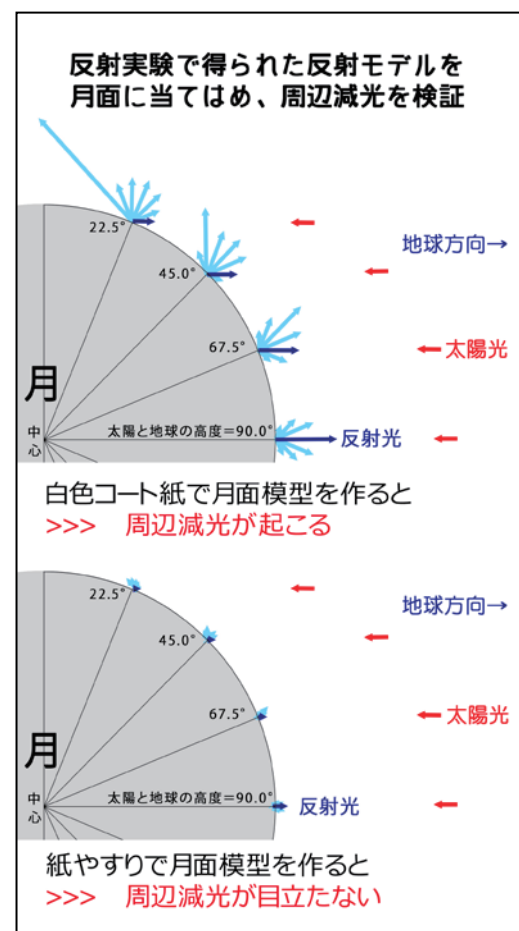


図5 実験による反射モデルで満月の反射を再現

MoonKAMを用いた月の研究 4

クレーターの形状と直径の関係から見た月の表と裏の違い 2

松本 諒大（高2）、永田 広平、綾田 裕一、山本 清（高1）

【関西創価学園 MoonKAM Project Team】

要 旨

MoonKAMとは、月周回衛星GRAIL（日本時間2012年12月18日、月面に制御落下）を利用したNASAの教育プログラムである。

私たちはGRAILで撮影した画像からクレーターの形状と直径の関係を比較し、月の表と裏の違いについて考察した。

1. はじめに

私たちは一昨年、月の表と裏において「クレーターの直径と累積頻度の関係」「クレーターに占める複雑クレーターの割合」および「クレーターの直径と深さの関係」から『地球によるブラインド効果』仮説の検証を試み、得られた結果が仮説と矛盾しないことを見出した。なお『地球によるブラインド効果』とは、月が常に同じ面を地球に向けていることから、裏側により多くの隕石が衝突するという、私たちの立てた仮説である。

MoonKAM画像では深さについて情報の得られるクレーターが少なく、昨年は「クレーターの形状と直径の関係」から『地球によるブラインド効果』仮説の検証を試みた。

MoonKAMのライブラリには12万枚を超える月面画像があり、これらを全て解析することは不可能に近い。そこで本年は過去2年間の結果に加え、GRAILの精密観測によって得られた月の重力場地図から適当と思われる地点をピックアップしてクレーターの形状と直径の関係を解析し『地球によるブラインド効果』仮説の更なる検証をおこなった。

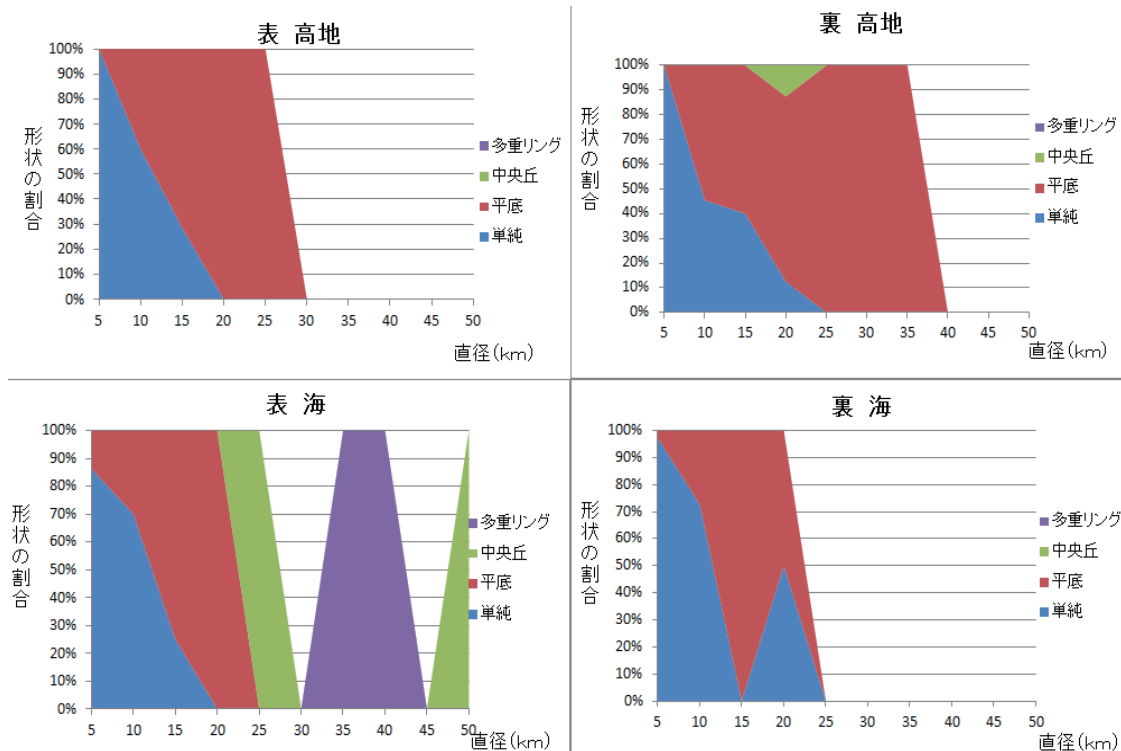
2. 計測方法

MoonKAM画像の中から、表・裏のそれぞれロケーション（高地or海）が同じで重力の等しい地点をピックアップし、クレーター形状を「(1)単純クレーター、(2)平底クレーター、(3)中央丘クレーター、(4)多重リング状クレーター」の4つに分類して、各カテゴリーに該当するクレーター数をカウントし割合を求める。

海が形成される際、月内部より流出した玄武岩質かレゴリスの堆積層を覆ってしまうため、海と高地では表層のレゴリス層の厚さが異なる。そこで「表の海・裏の海」「表の高地・裏の高地」をそれぞれ比較することとした。

3. 結果

結果は次の通りであった。（本稿提出時点では解析が終了していないため、ここでは途中経過のみ掲載する）



※グラフは解析途中のもの

MoonKAM画像では、画角の関係から最大で直径50km程度のクレーターまでしか確認できないため、データ解析は50km以下のクレーターに限定しておこなっている。

高地同士で比較すると、直径20～30km程度のクレーターでは表・裏ともに平底型の占める割合が高いが、裏では15～25kmに中央丘型も10%程度見られた。

一方、海同士で比較すると、直径20km以上の単純型や平底型クレーターは、裏にしか見られなかった。

4. 考察

海の直径20km～50kmのクレーターでも、裏では表には見られない単純型が見られる。柔らかい表層レゴリスのみが抉られたときに単純型クレーターが形成されるとすると、以上2つの比較から、裏のレゴリス層の方が厚いと推測される。

5. 今後の課題

『地球によるブラインド効果』仮説の検証には、月の内部構造に関する更なる知見が不可欠である。クレーター形状と直径の関係について、海においても特有の関係が見られないか、今後データを検討していきたい。

6. 参考文献

- ・水谷 仁「クレーターの科学」(東京大学出版会、1980)
- ・諸田 智克「『かぐや』が切り開く月面年代学」(日本惑星科学学会誌、2011)
- ・佐伯 和人「世界はなぜ月を目指すのか」(講談社、2014)

流星が酸素を光らせる？

～高感度撮影による流星痕の写真観測～

大島 理樹, 上野 利晃 (高2) 【佐賀県立佐賀西高等学校 サイエンス部】

1.はじめに

流星痕とは、流星通過後に残る煙のようなものであり、大気内成分や流星物質由来の発光である。流星痕は、発光継続時間の長さによって分類され、継続時間が1秒未満から数秒のものを短痕、数秒から（長いもので）1時間以上に及ぶものを永続痕と呼ぶ。

これまで、短痕は、初期速度が大きく明るい流星で観測されやすいと考えられてきた。しかし、その詳細な観測は、ほとんど行われていない。そこで、短痕のうち、特徴的な発色である緑色のものを、酸素原子の禁制線発光と仮定し、その出現条件の数値化を目標に、流星体の初期の運動エネルギーとの関係性を検証した。酸素原子の禁制線発光($557.73\text{ nm}^{1)}$)は、短痕の代表的な成分であり、最近の高感度デジタルカメラを用いれば検出は容易である。ちなみに、オーロラの緑色も酸素原子の禁制線発光である。

2.研究目的

本研究は、＜酸素原子の禁制線発光の有無、または出現率は、流星体の初期の運動エネルギーのみで決定される。＞という仮説を、写真観測により検証するものである。なお、撮影した短痕のうち、緑色に見えるもの全てを、酸素原子の禁制線発光（以下、酸素禁制線発光）とした。緑色に見える短痕の大部分は酸素禁制線発光と考えられるが、その他の成分が発光している可能性を否定するものではない。

3.研究方法

(図1)は、撮影に使用した機材である。レンズは、ある程度の画角と有効口径（大きいほど、暗い流星・流星痕が写りやすい）の確保を考えて選定した。

カメラ：キヤノン EOS Kiss X7 (APS-C)

レンズ：シグマ 24mm / F1.8

(画角：夏の大三角がちょうど収まる程度)

(図1) 撮影機材

(図2)は、撮影時の設定である。これらの設定で、流星群の活動期間中に連続撮影を行い、目視により流星が写っている写真を検出した。

F 値：F 2.5 (周辺像改善のため開放から1段絞った)

ISO 感度：6400～25600 (空の明るさに合わせて)

露出時間：1 秒

(図2) 撮影時の設定

撮影時の設定のポイントは、露出時間である。1秒と短時間の露出であるが、これは、継続時間の短い短痕を、流星本体と分離して撮影するためである(図3)。

露出時間が長い場合、流星本体と短痕を分離することができず、本体の光度や短痕の有無・色などの必要なデータを得ることができなくなる。

流星体の初期の運動エネルギーの算出に必要な、流星体の初期質量の算出には、最大光度、流星体の初期速度、その初期質量、および天頂角の間の一般的に使われる下記の関係式を用いた²⁾。



(図3) 流星本体と短痕の分離 (露出時間 1 秒×4 コマ)

$$\log m = \frac{4.84 - 8.25 \log v - M - 1.5 \log(\cos Z)}{2.25}$$

(*m* [kg] : 流星体の初期質量, *v* [km/s] : 流星体の初期速度, *M*: 最大光度 (実視等級), *Z*: 天頂角, *log*: 常用対数)

初期速度は流星群ごとに平均値が分かっているため、写真観測から最大光度と天頂角を決定すると、初期質量を求めることができる。

4.観測結果

これまでに、2014 年のペルセウス群・オリオン群を観測した。(表 1) は、観測の詳細である。群流星数は、撮影流星数に占める各流星群の撮影流星数。括弧内は、酸素禁制線発光が確認された流星数である。

観測対象	撮影期間	撮影枚数	総露出時間	撮影流星数	群流星数
ペルセウス群	7.23～8.18	35604 枚	約 10 時間	50(8)	27(7)
オリオン群	10.19～25	21543 枚	約 6 時間	37(7)	11(5)

観測地：佐賀県佐賀市

(表 1) ペルセウス群・オリオン群 (2014) の写真観測

撮影した全流星の写真等級 (0.1 等単位)、天頂角を記録し、それぞれの初期質量と初期の運動エネルギーを算出した。なお、初期速度は、ペルセウス群は 59.38 km/s, オリオン群は 66.53 km/s を用いた^{3),4)}。

2014 年のペルセウス群・オリオン群の観測結果から、流星体の初期の運動エネルギーが 9.2×10^1 J 以上であれば、酸素禁制線発光が起こることが分かった。しかし、初期の運動エネルギーが 9.2×10^1 J 以上であつても、酸素禁制線発光が起こらなかった流星も多数あつた。

5.議論と考察

流星体の初期の運動エネルギーがある一定値以上であれば、必ず酸素禁制線発光が起こるという訳ではないことから、酸素禁制線発光の「有無」は、流星体の初期の運動エネルギーのみでは決定されている訳ではないと考えられる。一方、「出現率」との関係性の有無について検討するため、仮説を見直した。

流星体の初期の運動エネルギーが大きいほど酸素禁制線発光が起こりやすいと考え仮説を立てたが、初期質量算出式と運動エネルギー算出式から初期質量 *m* を消去すると、「最大光度が等しいとき、初期速度が大きいほど流星体の初期の運動エネルギーは小さい」ということが分かった。したがって、「最大光度が等しいとき、初期速度が大きい流星ほど酸素禁制線発光が観測されやすい」のであれば、流星体の初期の運動エネルギーが大きいほど酸素禁制線発光が起こりやすいというのは誤りで、流星体の初期の運動エネルギーは酸素禁制線発光の「出現率」にも関係していないことになる。その場合、仮説も誤りとなる。

今後は、運動エネルギーのみでの議論ではなく、「流星体が大気を与える単位時間当たりのエネルギー (仕事率)」について議論する必要がある。

6.参考文献

1)赤祖父俊一(2002)『オーロラ その謎と魅力』岩波書店.
2)Martin Beech(2009)『天体観測の教科書 流星観測編』誠文堂新光社.
3)日本流星研究会(2014)『天文回報(No.865)』.
4)日本流星研究会(2014)『天文回報(No.867)』.

7.謝辞

本研究を進めるにあたり、「日本流星研究会・チーム流星痕」の皆様には、機材選定や撮影方法など、様々なアドバイスを頂きました。この場を借りて、感謝申し上げます。

木星の衛星食の観測～木星の影の特徴をとらえる～

田本 優花, 兒玉 翔(高2) 久野 裕矢, 多田 晴菜, 松田 和希(高1)

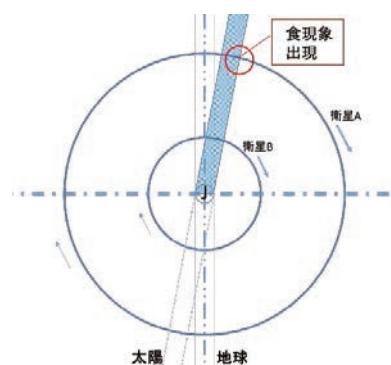
【岐阜県立大垣東高等学校 天文研究同好会】

要旨

私たちは木星が主として水素、ヘリウムを纏うガス惑星であるという点に着目した。今回の研究では木星の衛星、イオの食現象を観測し、ソフトウェア **Limovie** を用いて光量の変化をグラフ化することで木星自身が纏うガスがイオにうつった木星の影に影響を及ぼしているのかを調べた。

はじめに

【図1】は地球、太陽、木星がこのような位置関係にあった場合、木星を中心とした軌道を持つ衛星は、丸で囲われたあたりから出現するという様子を示した図である。(中心が木星、縦のラインの延長線上にあるのが地球、地球の左隣に位置し、木星の影を作っているのが太陽。)これが今回観測した衛星の食の出現という現象である。



【図1】食現象の出現

観測環境

観測機材：モノクロカメラ **WAT-902H** (ワテック株式会社)

カセグレン式反射望遠鏡 (西村製 D : 700mm f : 7000mm)

観測地：岐阜県安八町立生涯学習センター「ハートピア安八」

北緯 35 度 20 分 8 秒、東経 136 度 39 分 53 秒

観測日時：2014 年 3 月～4 月

(特に 3 月 28 日のイオ食現象のデータを用いた)

観測と合成グラフ

〈1〉実測値のグラフ

今回の観測を行うにあたって用いたのは星食観測に日本地域コーディネーターの宮下和久氏による食現象の解析のための **Limovie** である。観測の際に取り込み保存したビデオを **Limovie** で開け、測光機能を用いてイオの光量変化をグラフ化した。

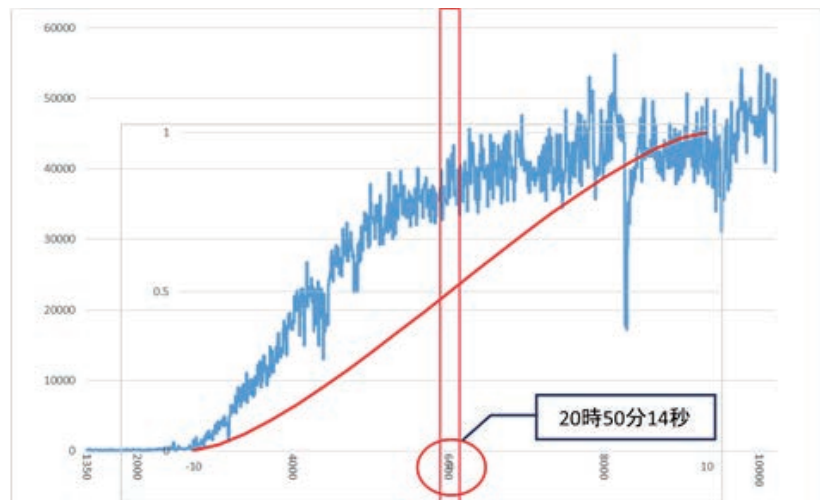
〈2〉理論値のグラフ

ここでいう理論値とは、木星がガス惑星ではなく、大気を纏わないボールのような球であった場合。フラットな円である衛星イオが木星の影から出てきたときのイオの面積

を光量と仮定したうえでのイオ食の現象が始まった瞬間から終わる時までの面積の推移を表したものである。

横軸は円が影から出てきた長さ (L)、縦軸は出現したイオの面積 (S) である。なお、今回は計算の簡略化のため半径を 10、イオの面積の最大値を 1 と設定している。

【図 2】は上記の二つの値のグラフを現象の中央時間で合わせて合成したものである。大きく波打ちながら値の変化をしているのが実際の観測から得られたイオの光量の変化を示したグラフである。それとは別になめらかな曲線を描いているのが理論値から考えられたグラフである。なお実測値の縦軸は光量、横軸はフレーム数を表す。



【図 2】合成グラフ

* フレーム数・・・ビデオから読み取った動画を連続した画像として保存する **Limovie** において、表示した時間までに流された画像の数を示す。このソフトは 1 秒で 29.97 フレーム保存する。

考察

このグラフにおいて現象が始まった部分の実測値の上がり方が急である点に注目した。現象が始まった瞬間において理論値は当然 0 地点にあり、そこから緩やかに上っていくが、実測値は始まった瞬間から光量は急激に大きくなる。そこから、イオはまだ木星の影にいらながらも地球にいる私たちに光を届けていたことが分かる。つまり、木星の大気の上層は薄くなっているため、影もその分薄く、光を通しやすくなっていると考えられる。

おわりに

今後は木星の大気の濃度についてより深く調べるために木星の衛星食の観測を続けるとともに、今回得られた結果を用いて各地点における濃度の変化を数値化して求めていく。

SN2014Jの星間吸収の検証結果

荒木 佑斗、岡本 鴻、北村 直也、中井 俊希、古山 達也、山本 賢雅（2年次）

【埼玉県立豊岡高等学校天文部】

1. はじめに

私たちが1月24日から3月17日までの計14夜観測したデータを使って作成した、図1のSN2014JのRGB光度曲線から、極大の青と緑で等級差が1等級近くあり、星間吸収が起きているものと考えた。その星間吸収をしている物質を暗黒体と仮定し、その暗黒体は青い光を散乱しやすい物質である必要がある（レイリー散乱）。暗黒体を証明するために線香の煙、炭素粒子、かんらん石の粒子を用いた減光の実験を行った。本来、超新星は白いので、白色のLEDを用いた。

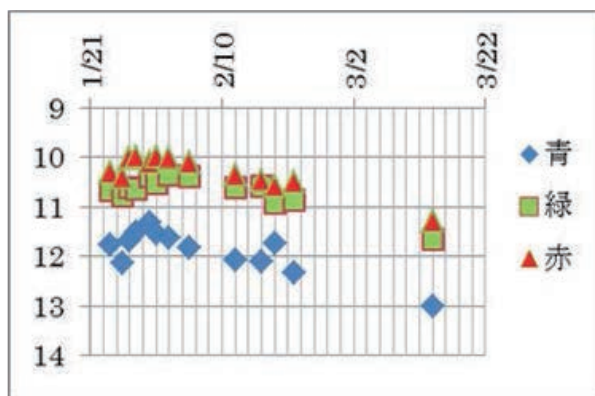


図1 SN2014JのRGB曲線



図2 実験の水槽と光源

2. 実験方法

実験1 実験場所 豊岡高校地学室（埼玉県入間市）

実験機材 水槽、蚊取り線香、光源（LED）

撮影機材 カメラ PENTAX K-5 (CMOSイメージセンサー)、
レンズ XR RIKENON 1:2 50mm L

実験方法 水槽の中に蚊取り線香の煙を溜め、水槽の後ろに光源をおき一定の距離を離して、撮影した。撮影はISO感度3200にし、撮影時間を1/1000秒で10枚撮影し合成した。その合成した画像を測光した。

撮影中に自動的にダーク減算するようにした。フラットは今回使用してない。

実験2 ※実験場所、撮影機材、ダーク演算、フラットは実験1と同様である。

実験機材 水槽、墨液（グラファイトを水で溶いたもの）、光源（LED）

実験方法 水槽の中に水を入れ、墨液を適量（2滴）入れ、後ろに光源をおき一定の距離を離して、撮影した。墨液の粒子は煙より細かく、より青を散乱しやすいと考えた。撮影はISO感度3200で撮影時間は1/125秒で10枚撮影した。

実験3 ※実験場所、撮影機材、ダーク演算、フラットは実験1、2と同様である。

実験機材 水槽、かんらん石（細かく砕いたもの）、光源（LED）

実験方法 水槽の中に細かく砕いたかんらん石を適量溶かした水を入れ、後ろに光源をおき一定の距離を離して、撮影した。かんらん石は宇宙に存在するので用いた。撮影はISO感度3200にし撮影時間を1/30秒で11枚撮影した。

3. 実験結果

- ・実験1 線香の煙ではrgbすべてを平衡に散乱（ミー散乱）してしまうので使えないと判断した。

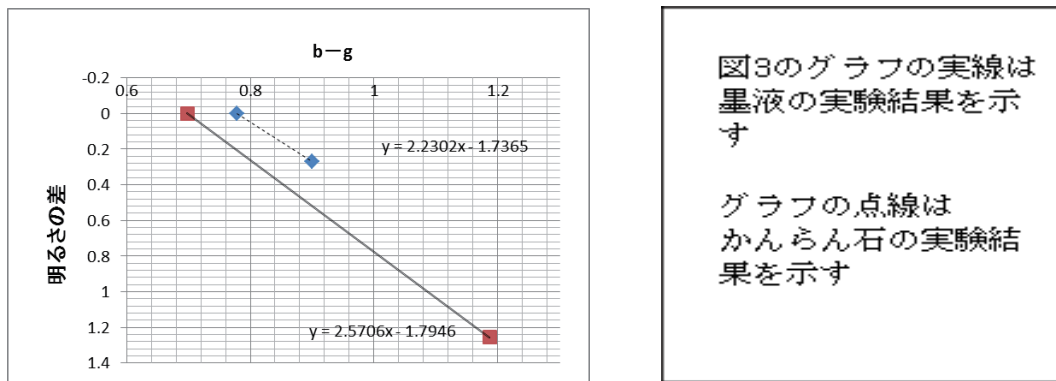


図3 墨液とかんらん石粒子の実験

・実験2（墨液の実験）

図3のグラフの普通の線の関数 $y = 2.5706x - 1.7946$ に今回観測した超新星の色指数0.94と一般のIa型超新星の色指数0.00（G.Altavillaほか，（2004）より）をxに代入して減光の値を求めた結果、2.42となった。この値と観測値を使って、見かけの等級を補正した結果、8.88等級になった。この値を絶対等級の式に代入し、距離を求めたところ、 1.88×10^7 光年になった。よって、これはBradleyほか（2009）によるM82の距離の値 1.14×10^7 光年と比べて1.64倍ほどに相当する。

・実験3（かんらん石の実験）

図3のグラフの点線の関数 $y = 2.2302x - 1.7365$ に今回の超新星の色指数0.94と一般のIa型超新星の色指数0.00（G.Altavillaほか，（2004）より）をxに代入して減光の値を求めた結果、2.096となった。この値と観測値を使って、見かけの等級を補正した結果、9.20等級になった。この値を絶対等級の式に代入し、距離を求めたところ、 1.27×10^7 光年になった。よって、これはBradleyほか（2009）によるM82の距離の値 1.14×10^7 光年と比べて1.11倍ほどに相当する。

4. 考察

以上の事から、私たちは今回の実験で星間吸収の再現を行う事が出来たと言える。また、実験の結果の値を使い、M82までの距離をほぼ修正する事が出来た。星間吸収の影響を及ぼしていた物質はグラファイトやかんらん石の細かい粒子のである可能性が高い。

5. 参考文献等

G.Altavillaほか， Cepheid carybration of TypeIa supernovae and the Hubble constant, Mon.Not.R.Astron.Soc.

349,1344-1352 (2004)

Bradleyほか， The Extragalactic Distance Database: Color-Magnitude Diagrams, 2009AJ....138..332J

星空公団 <http://www.kodan.jp/products.php>

4 GHz帯太陽電波観測用電波望遠鏡の製作2

青木 達也、浦野 稜也、北澤 凌、清水 將臣、田中 裕樹（高3）

那須野 叶、宮澤 拓陽、池上 浩樹、津波古 海斗、北條 健介（高2）

【長野県駒ヶ根工業高等学校 サイエンス同好会】

要 旨

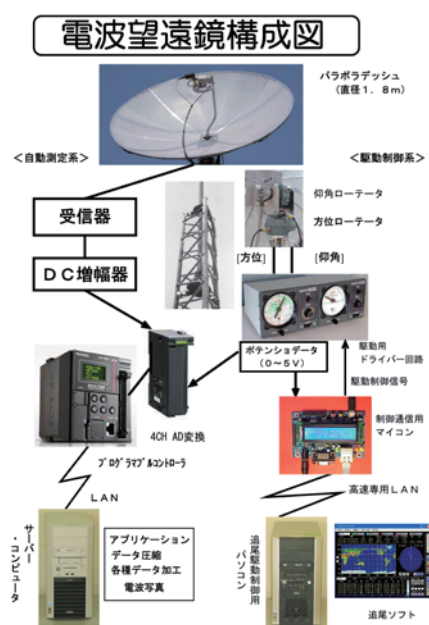
2012年より野辺山太陽電波観測所のご協力をいただき、2013年度に、本校各科の協力により電波望遠鏡の製作を行った。本年度は、自動追尾や自動計測など各種機能の設定・構築・強化を行い、連続観測の試験運用を開始した。その成果として、2014年12月20日の太陽フレア現象を4GHz帯で観測することに成功した。

1. はじめに

2012年度は、海外衛星放送受信用の1.2mのソリッド型の反射鏡を使用して、設計製作した検波器等を組み合わせ、太陽からの電波を受信できる事を検証した。2013年度は、メッシュ型の1.8m鏡に2軸の駆動機構を追加して、自動制御可能な電波望遠鏡を学校創立50周年の記念事業として、機械科、電気科、情報技術科の3科の生徒協力で設置した。

2. 電波望遠鏡の製作・設置

機械科がタワーの組立・土木工事・取り付け金具等製作を担当し、電気科が、屋外用ボックスの設置・電源の配線・屋外部分のネットワーク配線工事を担当した。情報技術科が、屋内部分のネットワーク配線工事・アンテナの組立・電子回路製作・ボックス内の配線等を担当して、以下の電波望遠鏡を完成させた。



(1) パラボラデッシュ

有効直径：1.8m、 放物面深さ：33.1cm、
焦点距離：61.2cm、 F/D比：0.34

(2) L N B F

受信範圍：3.4-4.2GHz、出力：1GHz帶
偏波：垂直偏波(右旋回偏波)、取付角：-90°

(3) 檢波器

ストリップ[®]ライン設計、 直線性範囲：0—1 V
野辺山太陽電波観測所での特性評価

(4) 自動計測機能(キーンス製PLC KV-5000)

4CHA/D変換ユニット(方位、仰角、受信機出力)
分解能：電圧(0～5V、1/20000)、時間1/100秒

(5) 自動追尾システム

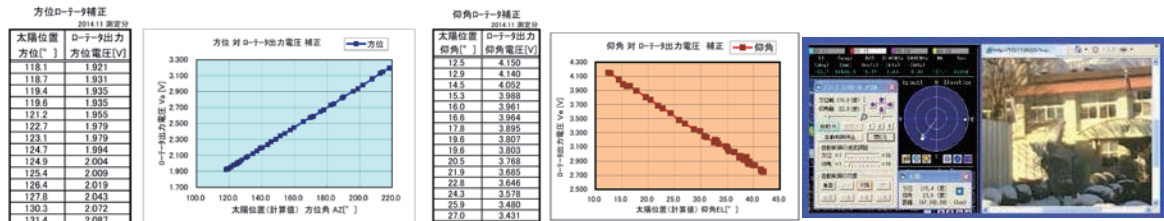
衛星追尾ソフト「Calsat32」、自動操作ソフト
制御用マイコンボード：PICNIC

3. 本年度開発システム

本年度は、自動観測運用を目指して、以下の機能改善を行った。

(1) 自動追尾の設定と精度の向上

手動操作による測定値をもとに自動設定値（一次補間式）の算定・設定を行った。



方位制御

仰角制御

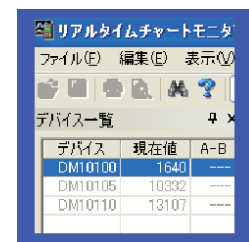
コントロール画面

(2) 自動記録の実現とデータ転送

PLC KV-5000のA/D変換機能とデータロギング機構を使用して自動記録、サーバーへのデータ転送などを実現させた。

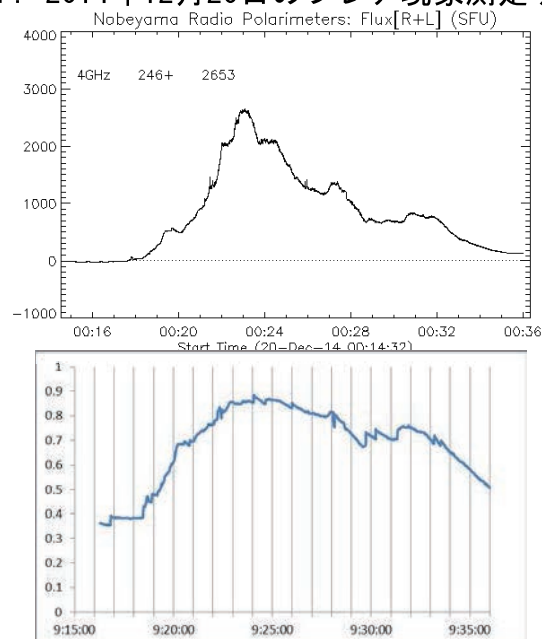
(3) 測定ダイナミックレンジの向上

太陽イベント時、検波出力の値は通常の数十倍になり、測定できなくなる。この変動を検知できるようにログアンプを使用した受信回路の研究を行なった。



測定値のリモート表示

4. 2014年12月20日のフレア現象測定データ



開発したシステムを使用して試験観測を実施したところ、2014年12月20日の太陽フレアのデータを検出することに成功した。

上段が野辺山太陽電波観測所が公開している3.75GHzの観測結果である。下段が、本校電波望遠鏡が検出したデータである。検波器の飽和領域の関係でピーク部分がつぶれた特性になっている。また、追尾制御の精度関係でノコギリ状の特性となっている部分があるが、開始時間や特性の傾向は一致しており、フレア現象を検出することができたと考えている。

5. 今後の課題

- ・ 駆動モータの起動時ノイズ等の除去
- ・ 取り付けブームの完成振動と視野角の影響によるデータ変動の改善
- ・ 追尾精度の向上と測定ダイナミックレンジの拡大
- ・ 観測データの自動解析・処理システムとデータの蓄積・公開システムの開発
- ・ 干渉計形システムの基礎研究および試行。

天体自動検出・追尾望遠鏡の開発 I

井出 倫晃, 柄澤 駿太, 青嶋 悟 (2 年)

稲垣 啓佑, 井澤 優里明, 北村 樹麗, 今村 琴音 (1 年) 【長野工業高等専門学校】

1. はじめに

現在、流星発光の過程の詳細な観測例はほとんど知られてない。これは、高速移動する天体を追尾できる望遠鏡があまり存在しない、かつ、高速で自動検出・自動追尾が可能な望遠鏡が市販されていないためであろう。ここで我々は流星の発光の様子を追尾し撮影できる様な高速追尾可能な望遠鏡を作ること为目标に、初期目標として移動速度の比較的遅い太陽を自動検出・追尾できるハードおよびソフトを製作することにした。

2. 初期目標に対する要求スペック (零号機)

1. カメラが 360° どこにでも向けられる。
2. 20° / [時] 程度の速度で、天体の追尾ができる。
3. 太陽を自動検出でき、かつ、追尾できる。

3. 零号機の開発状況

1. 要求 1 に対する開発

360° カメラを向けられるようにするため 2 軸制御にする。1 軸目のステッピングモータにより X 軸を、2 軸目のステッピングモータにより Y を操作することで全天をカバーできる。最下層に 1 軸目のステッピングモータを置き、その上にアルミ板を乗せる。アルミ板の上に 2 軸目のステッピングモータを置き 2 軸目のステッピングモータの軸にカメラを固定することで 360° が見渡せる状態になる。

2. 要求 2 に対する開発

使用するステッピングモータはステップ角度 ($1.8/\text{step}$) が荒い。また、天体をなめらかに追尾するためには、X 軸・Y 軸のステッピングモータを同時にマイクロステップ駆動で動かさなければならない。ここで、マイクロステップ駆動とはステッピングモータの保有するステップ角度を理論上更に分解することである。この問題はマイクロステップ駆動を行える L6470 ドライバを用いることにより解消される。

3. 要求 3 に対する開発

太陽を自動検出するためには、太陽を認識、その中心点を割り出すが必要になる。

このために、カメラの出力画像から太陽を認識し、その中心点を割り出すために、シングルボード・コンピュータ (BeagleBoneBlack) を使用し自作のプログラムで制御することにした。

太陽を認識し中心点を割り出すために OpenCV と呼ばれるライブラリにある Hough (ハフ) 変換を用いた。Hough 変換とはグレートスケールの画像から直線や円を検出する際に用いられる方法の一つである。プログラムの流れとしては、HoughCircle 関数を用いて太陽の中心点を割り出し、太陽の中心点とカメラの中心点との距離を計算する。ステップモータを動かし、その動いた角度、ピクセル、時間などをテキストデータとして出力しこの作業を繰り返す。これによって追尾することができる。

このプログラムは移動天体を自動検出できるので、人工衛星や流星など、突発的現象に対して自動検出、自動追尾することができる。使用した物品は以下の通りである。

シングルボード・コンピュータ:BeagleBoneBlack

カメラ:VSW32KM03SV,Logicool C615

ソフト:Python,C++

4. 結果と考察

零号機による太陽の自動検出は成功した。しかし、少し曇がかかってしまうとカメラにつけた遮光フィルムによって観測できず追尾できなくなってしまった。このことから観測に使用するための web カメラを輝度調整ができる web カメラに変更しなければならない。

ハード面において下のステップモータにかかる荷重が大きすぎたためにステップモータの軸が耐えられない可能性が出てしまった。このことから、以降は主軸を設けてギアやプーリを使い荷重を分散させられる機構にしなければならない。

ソフト面において現在のプログラムを書いている人が二年生しかいない。このため、今後の研究に現在のプログラムが使えない可能性がある。今後は後輩も交えてプログラミングをする予定である。

5. まとめ

我々は今回、太陽自動検出と追尾の機構およびプログラムを作ることができた。一番の成果としては、現在の一度中心に入れてから追尾するプログラムや日時による計算での追尾とは違う実測による追尾のプログラムを製作したことである。そして、最終目的には程遠く問題点も多数あるが、今後の製作の基盤を築くことができた。プログラムはいまだ試行錯誤が繰り返されているため、今後の進展が期待できる。初号機では、初期目標として月を対象に設定し、惑星や明るい星の追尾を目標にしていく。

手作りプラネタリウム製作記

宮本 佳門、森川 誠士（高2） 岡本 雄飛、山本 遼（高1）【修道高等学校】

1. 動機

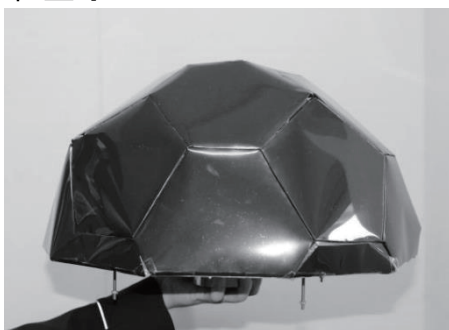
我々修道天文班では毎年文化祭で手作りプラネタリウムを上映している。

先代のプラネタリウムでは恒星球に、リスフィルムを使うなどして 25000 個の星を投影できた。しかし、これが限界なのだろうか？

もっと星を増やせるのではないか、もっと充実した投影機を作れるのではないか。

そこで我々は新たな投影機の製作に取り掛かった。

2. 恒星球

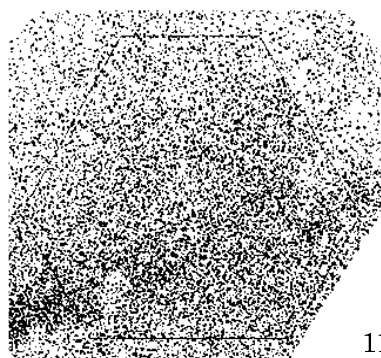


従来は、アルミボウルに、ドリルで穴をあけて作っていた。しかし、この方法では 300 個程度しか投影できない。そこで我々が考えた方法は、「リスフィルム」という特殊なフィルムに星となる点を転写するというものだった。

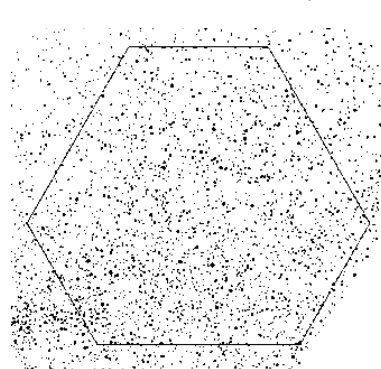
最微恒星を暗くしすぎると星が多すぎて、恒星球が真っ白になり星空に見えなくなる。また、ドーム内も明るくなる。

そのため最微恒星を 9.5 等級、1 等星を直径 2mm とした。これは限界に近いと思われる。約 18 万個投影できる。恒星データは Hipparcos and Tycho 星表を使い、神戸大学天文研究会のホームページで公開されていたプログラムで星をプロットした。

恒星球もできるだけ大きくしており、直径は 46 センチメートルである。



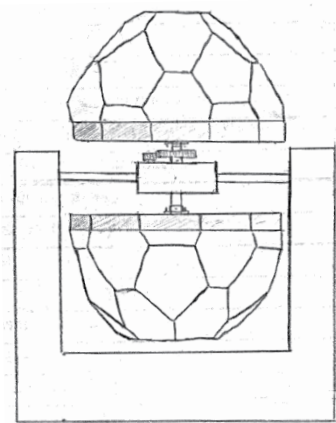
11 等級



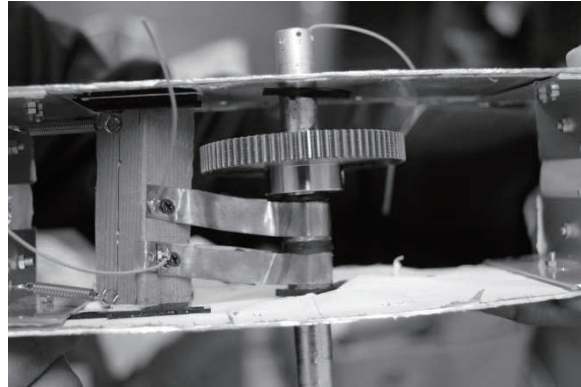
9.5 等級

3. 筐体

プラネタリウムを支える筐体は、耐久性を持たせるためアルミ板でできている。
ディスクグラインダーを使いアルミを切断した。
中に機械やモーターを取り付けるスペースが確保してある。



手書きの設計図

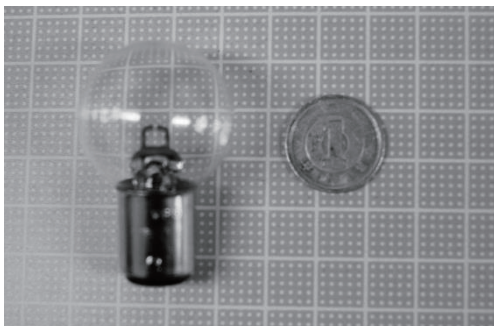


ロータリー接点

大きさは縦 55cm、幅 72cm、厚さ 10cm である。
日周軸にはロータリー接点があり、銅板で軸を包むような構造にしており、面で接するようにしている。
文化祭まで時間がなく雑に作ってしまったため、電球が消えることもあった。
軸にはベアリングを使用しておりスムーズに回転する。

4. 光源

光源には、渡辺教具製作所の「WPS 電球」という電球を使った。直流 2V5A の電気を必要とする。ピンホール式プラネタリウムの星は、光源の形が投影されるため、電球のフィラメントが大きいとフィラメント形の星になってしまう。この電球はフィラメントが小さくほぼ点光源であり、非常に明るいのでプラネタリウムに向いている。ロータリー接点で電気を供給している。



WPS 電球



筐体

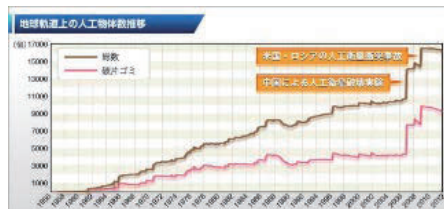
スペースデブリの観測をめざして

福岡県立小倉高等学校科学部SS天文研究会

早瀬 加奈子、樋本 ゆき乃（高1）

1. スペースデブリとは

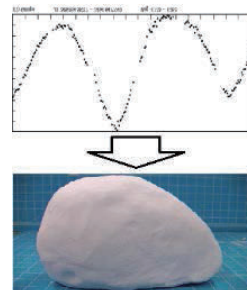
スペースデブリとは、使われなくなった衛星やロケットの残骸など、宇宙空間に存在するゴミのことを指します。スペースデブリの数は年々増加しており、正常に活動している人工衛星に衝突する危険性があるため、除去しなければなりません。



2. 目的

現在、JAXAがアームを使い、スペースデブリを除去する方法を開発しています。そこで、スペースデブリの回転の様子と形状がわかれば、JAXAの開発に貢献できると考え、回転の様子と形状を求める手法の確立を行うことにしました。

手法の確立には、昨年度まで行っていた「自転軸を用いた小惑星の形状決定の手法」を応用していきます。この手法は、ライトカーブ（観測対象の天体が反射した光の量を観測し、グラフに表したもの）より、自転軸の状態と形状を決定するというものです。右図は実際にライトカーブより、小惑星 kalliope の形状決定を行ったものです。



3. 観測

回転の様子と形状を求めるためには、スペースデブリを観測し、データの解析をする必要があります。よって、まず観測手法の確立を行いました。

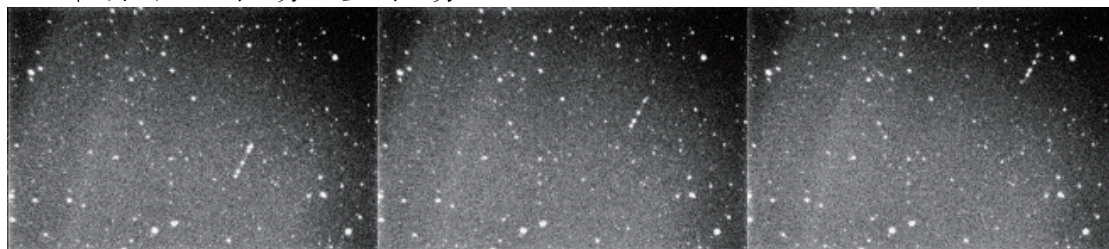
（手法）

CCDカメラ（SBIG ST-402 MEMNOCHROME CCD）を天頂に向けて固定します。露出時間は3秒、露出から次の露出までの時間は1秒とします。

（結果）

今回は約650枚撮影し、その中から点滅しているものを見つけました。

2015年1月9日 4時59分から5時00分



これらの静止画の中央を見ると、点滅している物体が通過していることがわかります。スピードが速く点滅しているということから、スペースデブリと推測できます。

上記の観測を行った上で、多くの人工天体の中からスペースデブリだけを効率良く観測するため、軌道計算が必要であると考えました。

4. 軌道計算

スペースデブリの軌道、観測可能範囲、地球の影に入る時間がわかれば特定のスペースデブリの観測を行うことができるため、これら3つを求めていきます。

また、軌道計算を行う上でスペースデブリには情報が**TLE**（スペースデブリの軌道と位置を数字で示すデータ）しかないため、**TLE**を用いて求めていきます。

今回は、軌道と観測可能範囲を求めることができました。

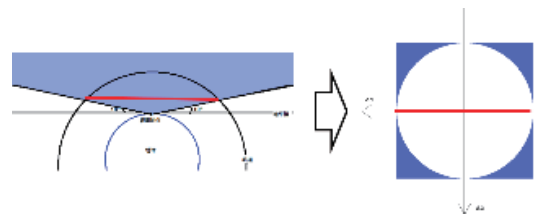
（軌道）

私たちは本より数式を学び、計算手法の確立を行いました。はじめは**Excel**で関数を組みましたが、計算量が多く**Excel**が対応できなくなったため、**BASIC**で軌道計算のプログラムを組むことにしました。よって、プログラムに**TLE**を入力することで、スペースデブリの座標を知ることができるようになりました。

（観測可能範囲）

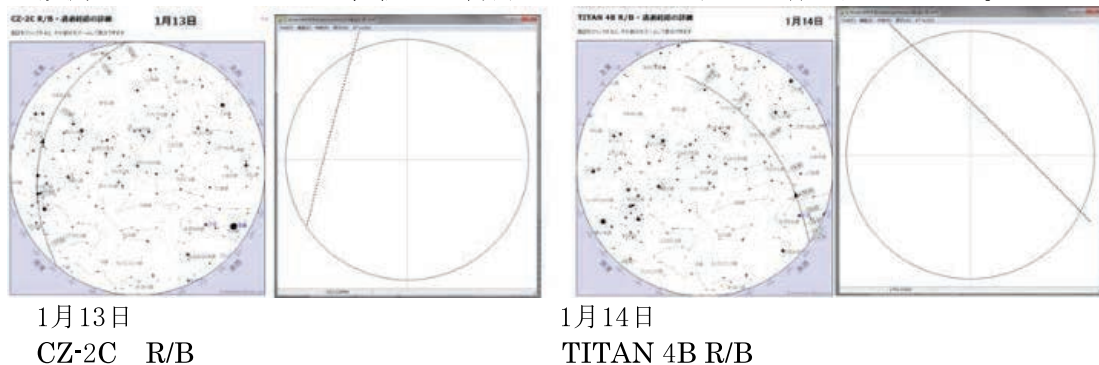
スペースデブリは光害や建物によって観測できない範囲があります。それを地平線から 10° 以下と定義し、観測可能範囲を円で示しました。円の直径は、軌道と 10° の直線の交点間の距離で表され、高度によって異なります。

最終的に、上記の軌道と観測可能範囲を組み合わせることでプログラムを作ることができました。



<検証>

観測地点上空を通過した、軌道が判明している4つの人工天体を用いました。



5. まとめ・展望

観測により、複数のスペースデブリのデータを得ることができました。今後は地球の影に入る時間を求め、軌道計算の精度を上げていこうと思います。また、軌道計算の結果をもとに観測を行い、解析を行っていきます。

参考文献

- 1) HEAVENSABOVE <http://www.heavensabove.com>
- 2) 人工衛星位置推算の実際（最終版） <https://www.infra.kochi-tech.ac.jp>
- 3) 天体の位置計算 増補版 長沢 工 著 地人書館
- 4) 外務省「地球軌道上の人工物体推移」 <http://www.mofaj/press/pr/wakaru/topics/vol85/>

火星有人探査・有人基地建設計画

山田 麟、太田 樹、加藤 亮、狩野 有紀、関上 巧、高山 景文、中島 有富（高2）、
石田 城二、小林 昇太、佐藤 泰河、角田 廉、星野 海尊、星野 裕哉、本多 僚希（高1）

【群馬県立沼田高等学校 地学部】

1.現状とその問題点

太陽系第4惑星、火星は地球とよく似た環境や特徴を持ち、かつて生命が存在していた痕跡も数多く残されている。この惑星は、「第2の地球」の一つとして、多くの探査機が飛ばされ、さまざまな調査が行われている。最近では、NASA（アメリカ航空宇宙局）の宇宙船オリオンの試験機の打ち上げが成功し、話題を呼んだ。その流れの中で、長期にわたって生命探査を行い、人類の太陽系進出の先駆とするために、近年火星への移住計画が活発に議論されている。有人探査を、長期にわたって行うために、有人基地の建設が望まれる。さらに、有人基地を使用するには、長期にわたって人が現地に滞在する必要がある。火星へのローンチウィンドウは約2.135年（780日）ごとなので、頻繁な地球からの物資の補給は望めない。そこで、現地でできる限りの物資調達を行う必要がある。そうした課題を一気に解決し、基地建設を現実化するために、沼田高校地学部は、火星上での生活システムの構築について提案する。

2.提案手法

2-1 火星への移動方法

国際宇宙ステーション補給機の技術およびオリオン宇宙船の技術を発展させて、後述のカプセル型有人探査機を火星へ送る。

2-2 移住ロードマップ

図1のロードマップにより、移住を段階わけし、順に達成する。

【第1段階】

有人火星探査を実行し、基地建設に関する調査・研究を行う。

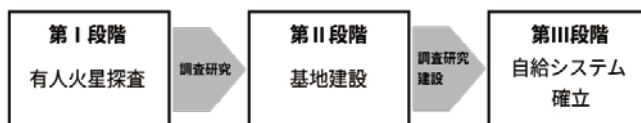
【第2段階】

基地を建設し、自給システムの整備に向けた調査・研究を行う。

【第3段階】

自給システムの確立を目指す。

火星移住ロードマップ

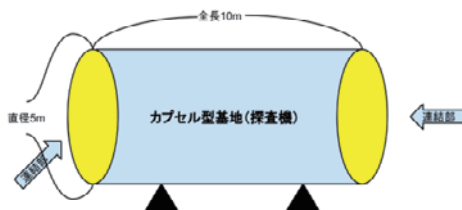


2-3 物資の供給と調達

生活に必要な物資を安定して手に入れるために、火星へのローンチウィンドウである約2.135年（780日）間隔ごとに、地球から補給船を打ち上げる。また、現地で入手可能なものは出来る限り現地調達する。また、食糧および酸素の安定供給のために、現地で農作物の栽培を行う。これについては以下を参照されたい。

2-4 カプセル型有人探査機

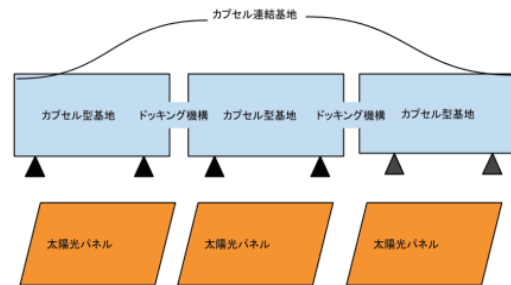
探査を安全かつ将来発展可能なものとするために、探査機ひとつで完結した基地となり得るカプセル型有人探査機を提案する。この探査機は炭素素材をメインにして設計される。一つの探査機で完結



したシステムとして機能できるように標準化することで、大量生産可能にする。その結果として、コストの削減につなげる。この探査機を連結させることで、基地とすることができるようにする。

2-5 連結型基地

カプセル型有人探査機を連結することにより、基地を建設する。連結部には ISS（国際宇宙ステーション）と補給機をつないでいるドッキング機構を用いる。また、安定した電力供給のために、基地近辺に太陽光パネルを設置する。そしてケーブルでつなぐことにより、電力を供給する。



2-6 自給システム

水耕栽培の野菜工場を建設する。なお、建物の各パーツは地球で予め製造しておく。10 人分の食料の確保に十分な量として、36 ユニット（1 ユニット…10m×10m）を稼働させる。建物の構造は多階層構造とする。酸素の自給も併せて目標とする。



3. 将来展望

自給システムは人類が火星に本格的移住する場合に大いに利用可能なものである。最終的には、生活に必要な物資の地球からの補給の必要がない、100%自給を目指す。

4. 検討課題

システムの実現性を高めるために、今後以下の事柄について詳細な検討を行う必要がある。

1. 安定した水資源の確保
2. 砂嵐への対応
3. 夜間の電力確保
4. 立地場所の選定

5. 参考文献

1. 日本植物生理学会 HP
http://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=1519
2. TELESCOPE MAGAZINE
http://www.tel.co.jp/museum/magazine/spacedev/130422_interview02/index.html
3. 朝日新聞ニュース
<http://www.asahi.com/articles/ASGD471VFGD4UHBI02V.html>

6. 付録

6-1 立地場所の選定

立地選定において、現時点ではコロンビアヒルズ、南極、メリディアニ平原の3地点を候補としている。

候補選定の観点には以下の通り。

1. 平坦である
2. 水の有存在の可能性
3. 地形による砂嵐の減衰や回避

月面における船外活動中に宇宙服内部へのレゴリス侵入を防ぐ カッパの提案

第13回 君が作る宇宙ミッション MUSES班

依藤 麗（高1）【創価高等学校】、加藤 美央（高3）【きのくに国際高等専修学校】、
村松 奈々（高2）【十文字高等学校】、井谷 友海（高2）【大阪星光学院高等学校】、
千田 望（高2）【神奈川県立横浜国際高等学校】、加瀬 太陽（高3）【慶應義塾高等学校】

1. 緒言

現在、NASAなどが人類を月に送り出す計画を提言しており[1]、その計画の一つとして、月面活動が活発に行われることが予想される。アポロ計画では、月面を歩いたすべての宇宙飛行士の肺組織に月ダスト（総称；レゴリス）が吸入されたことが、医学的に調査・確認されており[2]、中でもHarrison H. Schmitt宇宙飛行士は“Lunardust hay fever（月ダスト花粉症）”と呼ばれる症状を起こしたことが知られている。さらに、レゴリスは肺に対する疾患以外にも、皮膚や目への刺激、リンパ系・心循環器系等への健康被害も引き起こす。地球とは異なる特殊な環境に伴い、その表面が磨耗しておらず、鋭利な形状を有するレゴリスは、いったん探査機器の隙間や可動部に侵入し、宇宙服に付着すると、その除去は困難である。これらのことから、宇宙飛行士の健康を保障し、ミッションを円滑に遂行するために、レゴリスは解決すべき重大な課題である。本研究では、宇宙飛行士が安全な船外活動をするために、宇宙服へのレゴリス侵入を防止する方法を提案する。

2. 提案手法

宇宙服は、マサチューセッツ工科大学にて研究されているバイオスーツを使用すると仮定した[3]。レゴリスを宇宙服に付着させないために、カッパのように着脱可能な二重構造の防護服を提案する。



図1 防護服（外側）

外側はパーツごとに分解可能にし、接合には電磁石を用いる。電磁石を用いることで接合部の隙間を可能な限り少なくし、隙間からのレゴリスの侵入を防ぐ。また、防護服を複数

のパーツに分解にすることにより、着脱が容易となる。しかし、分解時に接合部付近のレゴリスが防護服の内層に侵入する可能性があるため、接合部に使用した電磁石でレゴリスを接合部に付着させる（図1）。これにより殆どのレゴリスを除去できるが、いくつかのレゴリスが、電磁石によって吸着できずに宇宙服内に侵入してしまう。

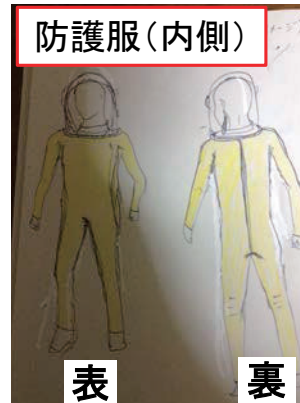


図2 防護服（内側）

そのため、内側にもうひとつの防護服を着ることで、完全に宇宙服内部へのレゴリスの侵入を防ぐことができる。レゴリスは外側の接合部付近に付着しているため、内側は外側と同様の分解構造ではなく、背中の「面ファスナー」から着脱可能な構造である [4] (図2)。外側には、付着したレゴリスが脱衣時にエアロック内を舞わないようにするために、粘着性のある素材を使う。あえて外側に付着させることにより、船内や基地の中でレゴリスが飛散するのを防ぐことができる。粘着性のある素材は使用後に剥がし、新品の素材を使い電磁石を中心とした本体を再使用する。内側には、レゴリスを通さない素材を使用する。レゴリスはほとんどが1 mm よりも小さい粒子であり、その平均的な大きさは65~70 μm であるため、これよりもメッシュが小さい素材を用いる必要があり、候補としてナノファイバーやゴアテックスが挙げられる。

3. 結言

月面での船外活動において、レゴリスから宇宙飛行士を守るための新しい防護服の提案についてまとめた。レゴリスを宇宙服に付着させないために、カップのように着脱可能な二重構造の防護服を考えた。外側はパーツごとに分解可能にし、接合には電磁石を用いる。外側に付着したレゴリスが脱衣時にエアロック内を舞わないようにするために、粘着性のある素材を使う。内側は、分解するのではなく、一箇所の穴を通じて着脱する。レゴリスを通さないように十分にメッシュの小さな素材を使用した防護服によって、レゴリスに起因する宇宙飛行士の健康被害を防ぐことが可能となる。

<参考文献>

[1] JAXA 宇宙情報センター “NASA による月面基地計画”

http://spaceinfo.jaxa.jp/ja/moon_base.html

[2] 月面の環境（レゴリスを中心に） http://edu.jaxa.jp/himawari/pdf/2_moon.pdf

[3] バイオスーツ <http://sign.jp/post-1622>

[4] クラレホームページ http://www.kuraray.co.jp/release/2008/080222_02.html

宇宙船内部は、図1のように二層構造になっており、一階に配置した精密機器には直に太陽光が当たらない。精密機器を配置する一階では、太陽光パネルで作った電力での照明を使用する。なお、コリオリ力を考慮すると、人間が生活する部分と中心部分との距離は最低でも20メートル必要である。

3.2. 太陽光を取り入れるための設備

地球より遠い場所では太陽光は弱くなるため、図1のように船外のパラボラ型の集光鏡を用いて複写鏡に安定した強い太陽光を集め、中心部の空洞へ誘導する。ここでいう集光鏡とは、金属を研磨したもので作られたものである。これは地球上の鏡のようにガラスにただ単に金属を蒸着させたものを使用すると、細かいごみなどが当たって割れてしまう恐れがあるからだ。これにより太陽光を船内に取り入れることができる。昼と夜との違いは船内の窓に取り付けた遮光シャッターを開け閉めすることで区別する。

3.3. 宇宙船の冷却システム

図1からわかるように、宇宙船は太陽光を取り入れるため太陽に対して常に同じ面を向けている。太陽光パネルでの発電においては、すべてのエネルギーが電力に変換されるわけではなく一部が熱となる。そのため宇宙船表面の温度上昇につながる可能性が考えられる。そこで、冷却システムとして、ヒートパイプを使用して、表面から宇宙船に光が当たらない面に熱を伝導し、宇宙空間に放出する方法を提案する。なおヒートパイプを使用する理由は、ヒートパイプの熱伝導率が金属などと比べて高いためである。

3.4. 太陽光の発電量と人工高の消費電力量

太陽光パネルの発電量は516 kWh（太陽光パネルの面積1347 m²×太陽光エネルギー1.37 kW/m²_[2]×発電効率28 %_[3]）と計算できる。また、人間に必要な5000ルクスの光を人工光を使って浴びるとき、その消費電力量は、蛍光灯1時間では100 kWhである_[4]。火星への経路を考慮すると、消費電力量は発電量の約20～40 %を占める。これらの消費電力量が太陽光を直接取り入れることで削減可能になる。

3.5. その他の検討

火星への軌道上で受ける放射線の量はISS軌道上で受ける量の2～3倍となる。これを軽減(10分の1)するために、水で宇宙船を覆うなどの案が出た。ただしそのためには60cmの厚さが必要となるなど問題点も多い。パラボラ型の鏡で放射線が反射し、太陽光とともに船内に入ってくるのが懸念されたが、放射線は鏡を透過するので対策の必要性はないことがわかった。また、火星までの軌道はホーマン遷移軌道を使用する。近日点と遠日点でしか速度変更を必要としないので、最も消費燃料が少なくすむからである。

4. まとめ

航行中に消費する電力をできるだけ少なくして、太陽光を浴びることができるような宇宙船を考案した。宇宙船は太陽に対して常に同じ面を向けながら火星に向かい、パラボラ型の鏡で太陽光を集めて船内に誘導することで太陽光を取り入れることができる。これにより電力を消費せずに太陽光を浴びることができ、太陽光が不足することで起こる健康問題を未然に防ぐことができる。また、宇宙船自身の回転によって宇宙船のパラボラのある中心部を上にして、搭乗員が地球上の環境とよく似た空間で暮らせるように重力を発生させる。さらに、回転速度を調整し、火星に近い重力を作り出すことで火星の重力に慣れることができる。宇宙船の独創性という観点で私たちの計画はNASAを越えたといっても過言ではない。

参考文献

- [1]. 体内で必要とするビタミン D 生成に要する日照時間の推定
<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2013/20130830/20130830.html>
- [2]. 理科年表 1990 年刊
- [3]. はやぶさ 2 の電源系の設計及び開発状況
<http://www.isas.jaxa.jp/researchers/symp/sss13/paper/P2-124.pdf>
- [4]. 照明エネルギー消費係数のための照明器具の消費電力の参考値
<http://jlma.or.jp/siryo/pdf/kokai/guide114.pdf>

ペンギン型ロボットを用いたエンケラドスにおける生命調査

第13回 君が作る宇宙ミッション SOLAR班

和泉 美希（高3）【群馬県立前橋女子高等学校】、金子 賢人（高2）【桐蔭学園高等学校】、松村 芽久美（高2）【東京女学館高等学校】、東 料太（高2）【兵庫県立長田高等学校】、川下 彩夏（高2）【神奈川県立生田高等学校】、篠塚 温志（中等4）【神奈川県立相模原中等教育学校】

要 旨

地球に生息する生物は環境に適応した工夫をしている。人類はそれらを模倣し生活に取り入れてきた。宇宙の極限環境に適応した生命からも新たな模範が得られる可能性がある。本ミッションでは土星のエンケラドスにおいて低重力かつ強い紫外線や放射線環境に適応した生命の工夫を調査する。そのためにペンギン型ロボット「ペンギン2号」を用いた環境調査及びサンプルリターンを提案する。

1. はじめに

地球に生息する生物は環境に適応した工夫をしている。人類はそれらを模倣し生活に取り入れてきた。我々は、地球外の環境に適応している生命体からその工夫を学ぶことで人類の生活の向上を目指せるのではないかと考え、新たな地球外生命探査ミッションを提案する。なお、本ミッションにおいて生命とは以下の性質を持つものと定義する。(1) 代謝を行う (2) 外界と区別する仕切りを持つ (3) 種を残す能力を持つ (4) 恒常性を持つ

2. ミッション

2. 1. 探査対象

探査対象を、地球よりも重力が小さく、低磁場環境²⁾に伴い放射線や紫外線が多く降り注ぐことや、生命の存在条件である液体、有機物、エネルギーの存在がカッシーニにより確認されているため、土星の衛星エンケラドスに決定した。低重力環境や、紫外線や放射線の強い環境に適応するための工夫をもつ生命を探査することで、低重力環境での効率的な移動方法、紫外線や放射線を防ぐ方法を調査することが期待される。

2. 2. 成功基準

本ミッションの達成度を次の3段階に定義した。ミニマムサクセス：『エンケラドスの環境を知る』，フルサクセス：『生命を発見する』，エクストラサクセス：『重力が小さく紫外線や放射線が強く降り注ぐ環境に適した生物の工夫を人類の生活に取り入れる』

2. 3. 探査方法

2. 3. 1. 探査方法

ミニマムサクセスの達成のため、母船やペンギン型ロボットに搭載した各種機器を用いて環境調査を行う。また、ボーリングで生物の存在が期待される場所のデータを得る。

2. 3. 2. サンプル採取

ボーリングでは地上から地下1mまでのサンプル採取を行う。そのサンプルをペンギン2号が解析し、生物が期待される場所でサンプリングを行う。始めに超音波カッタを用いて地面を目標とする深さまで削り、出てきた粒子を吸引器で吸い込みカプセルに保存する。

2. 3. 3. サンプルリターン

サンプルを入れたカプセルはレールガンで環境に影響が及ばない高度まで打ち上げられ、ロケットブースターで母船に近づき、回収される。なお、姿勢制御は化学スラスタで行う。母船はその後地球へと向かい、地球付近でカプセルを切り離し、カプセルはパラシュートで着陸する。

3. 探査機

3. 1. 母船

母船の外観を図1に示す。母船は地球とエンケラドスの往復、エンケラドスの環境調査を行う。環境調査では主に地形や温度、放射線、重力、大気、磁場などの調査を行う。外部にソーラーパネルを有し、アンテナは高利得、中利得、低利得のものを搭載する。前方部は円錐形の着陸モジュールとなっており、着陸、電力供給、打ち上げ補助を行う「皇帝ペンギン」と、探査ローバ「ペンギン2号」を搭載している。後方部にはエンケラドスの環境を調査するための観測機器やバス機器を搭載している。

3. 2. ペンギン2号

エンケラドス上での生命探査を行うローバである。ボーリング装置、吸引機、超音波カッター、カプセルなどのサンプリング機器と顕微鏡カメラ、質量分析計などの観測機器を搭載する。図2に外観図を示す。

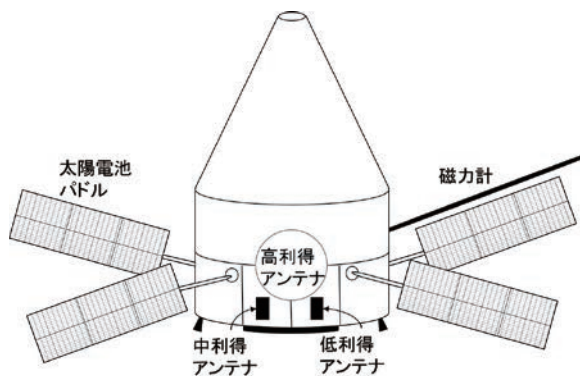


図1 母船外観

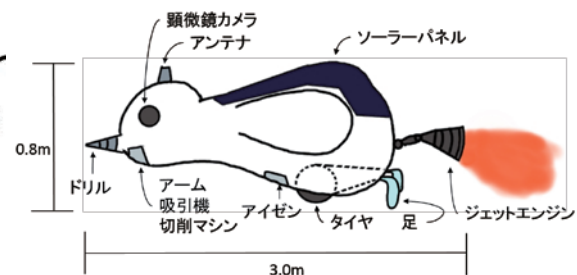


図2 ペンギン2号外観

4. ミッションにおける問題点とその解決策

エンケラドス上においては太陽光発電のみでは発電量が十分ではないため、間欠泉と高温の表面亀裂による独自の発電方法を提案する。間欠泉では噴出した水蒸気でタービンを回して発電を行う。高温の表面亀裂では温度差を利用して熱電発電を行う。

5. まとめ

極限環境の生物の工夫を知り人類の生活に取り入れるためにエンケラドスにおける生命探査を提案する。詳細な調査を行うために、母船とペンギン2号による環境調査に加え、サンプルリターンも行う。

参考文献

- (1)山岸明彦, 長沼毅, 高見英人, 馬場昭次, 山下雅道: 極限環境生物学(2010)
- (2)竹広真一: 惑星・衛星の磁場について(2012)

太陽のふるさとはどこだ!?

第13回 君が作る宇宙ミッション ASTRO班

天津 早貴(高3)【早稲田実業学校】、秦 瑞貴(高2)【東京女学館高等学校】

村岡 由紀子(高2)【高知県立高知追手前高等学校】、池田 勇人(高2)【専修大学松戸高等学校】

迫 千紘(中等4)【兵庫県立芦屋国際中等教育学校】、高林 修平(中等4)【東京都立小石川中等教育学校】

1. 背景・目的

私たちは、太陽の誕生場所を知りたい。なぜなら、太陽のふるさどを見つけることは惑星を含めた太陽系の成り立ちの解明につながり、それは人間のルーツをたどることにつながるからである。

そのため、ミッションとして太陽とよく似た恒星が形成される分子雲の規模の見当をつけることとした。特に本ミッションにおいてはグロビュールと呼ばれる小規模な分子雲から太陽と似ている恒星ができるか否かを考察する。具体的にはグロビュール内の原始星を恒星進化論に基づく様々な定量評価パラメータによって観測し、太陽との比較を行う。グロビュールは孤立しているので、周囲からの干渉が少なく観測することが容易である。また、形成される恒星は小質量星のみであることが報告されている。恒星進化に重要なパラメータである質量がある程度限定されるので、様々なグロビュール内の原始星を他のパラメータと合わせて検討しやすい。また観測も容易なため、現在観測が技術的に難しいに関しても将来的には観測可能になると考える。

さらに、太陽と似ているといえるパラメータとして、既存のものだけでなく新しいパラメータを設定し、その新基準によって分類することを提案する。今回はそのパラメータとして磁場を選んだ。

2. ミッション内容

2.1. 観測パラメータ

恒星進化論では初期質量、初期化学組成、初期角運動量、年齢の4つによって恒星の性質が決まる。このミッションでは分子雲内の原始星という若い年齢のものに限って観測するため、年齢は見かけにより限定できる。そのため、今回は年齢以外の3つを観測すれば十分である。

まず初期質量、すなわち原始星の質量はグロビュール内の低質量星なので太陽と似ていると仮定する。次にスペクトル分光観測によって原始星の化学組成が分かる。初期角運動量は原始星の自転速度と半径から見積もることができる。近い原始星の場合吸収スペクトル左右端の変位を測定、遠い原始星では吸収スペクトルの幅を測定することや両端位の差を測定することで自転速度を求める。さらに、距離が分かる原始星については見かけの大きさを測定することで半径を求めることができる。

以上から恒星進化論において原始星が進化した段階の恒星の性質を決定できる。これに加えて新たなパラメータにより恒星の分類をより細分化する。我々は今回、太陽を特徴付けるパラメータの1つである恒星磁場に着目した。ゼーマン効果による線スペクトルの分離幅を観測することで原始星の磁場強度を求め、太陽と比較する。

2.2. 観測方法

まず、赤外線観測によって得られているデータに基づいて、観測するグロビュールを絞る。今回は内部に原始星が形成されているグロビュールを選ぶ。続いて、グロビュール内の原始星を化学組成・自転速度・原始星の大きさ・磁場のパラメータを観測できる機器を

用いて観測する。また経時変化するパラメータに関して太陽と比較するため、太陽の化学組成・自転速度は恒星進化論に基づき初期状態を推算する。

また以上、化学組成・自転速度・原始星の大きさ・磁場についての観測は、地球大気等様々な外乱を排除するため宇宙空間で天文衛星を用いて観測を行う。今回は必要な観測機器のスペックを示す。

2.3. 検討方法

太陽と似ているかの判別方法であるが、まず初期化学組成・初期角運動量に関して類似しているかを判別する。これは既存の恒星進化論に基づいた判別である。この段階でグロービュール内に太陽類似星と呼べる原始星があるかないかによって、その後の分析及び考察が変わる。観測した原始星の多くで、両パラメータに加えて磁場も類似している多数ある場合、グロービュールから太陽類似星が形成されていると結論できる。加えて磁場は太陽類似のパラメータとして適切であると言える。一方磁場が類似していない場合、まずグロービュールから太陽類似星が形成されたとする。さらに、恒星進化論では類似とされる恒星でも磁場が異なる場合があると分かるので、恒星進化にはまだ解明されていない因子が存在すると結論付ける。該当するような原始星がなかった場合、グロービュールから太陽類似星は出来ないと結論づける。これは考察において、太陽はグロービュールよりも規模の大きい分子雲から出来たと示唆出来る。なお、磁場についての比較検討は行わない。

3. まとめ

このミッションでは、孤立した分子雲であるグロービュール内の原始星を、恒星進化論に基づいた上で今までにないような新しいパラメータを加え様々な観点で調査・観測し、それらによって太陽と似ている恒星がグロービュールにおいてできるのか否かを検討した。この結果から太陽に似ている恒星を形成雲の分子雲の規模に対する知見を得ることができた。この結果は太陽誕生のふるさを見つかるだけでなく、太陽系の成り立ちや他の恒星の形成論にも貢献できる。

4. 参考文献

福井康雄他、「シリーズ現代の天文学 6 星間物質と星形成」、日本評論社

沼澤茂美他、「宇宙の事典」、ナツメ社

竹田洋一、「太陽類似の恒星」

http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~takeda/ss_phys/presentation/takeda-sanaog.pdf

蜂巢 泉、「宇宙科学 I」

<http://lyman.c.u-tokyo.ac.jp/~hachisu/lecture/astrophysics/astrophysics.pdf>

小惑星の測光観測（その3）

－ デジタル一眼レフカメラを使って －

庄崎 弘基、中川 諒人、真壁 聖矢（高3）、土屋 健太郎（高1）
【那須高原海城高等学校】

1. はじめに

既知の小惑星の特性を調べることで天文学に貢献しようと、3年前から観測を始めた。小惑星の測光観測は、冷却CCDカメラで行うのが一般的である。しかし、本校にはその設備がないため、デジタル一眼レフカメラでの測光を試みている。

一昨年は、デジタル一眼レフカメラで撮像したRAW画像（モノクロ）で測光すると、IAU小惑星センターのライトカーブ・データベースと概ね一致する結果が得られたことを報告した。昨年は、RAW画像から得られるRGB分解画像やJPEG画像などの各種画像での測光結果を比較・検討した結果を報告した。

そして今年は、測光に使用する恒星カタログをUSNO-A2.0 からTycho-2 に変えた結果を報告するとともに、デジタル一眼レフカメラを使った小惑星観測についてまとめた。

2. 観測方法

- 観測日時 ① 2013年 1月10日 21時～24時（小惑星 #129）
 ② 2013年12月21日 21時～23時（小惑星 #443）
 ③ 2014年 1月 9日 21時～23時（小惑星 #443）
 ④ 2015年 1月10日 21時～23時（小惑星 #353）

観測場所 栃木県大田原市 ふれあいの丘天文館

- 使用機材 ①天体望遠鏡
 65cm 反射 $f = 7800 \text{ mm}$ （三鷹光器）
 15cm 屈折 $f = 1100 \text{ mm}$ （高橋製作所）
 ②カメラ Nikon D700、Canon EOS 60D
 直焦点、露出時間 30秒または50秒

測光方法 「ステライメージ」によるアパチャー測光
 比較星には色指数(B-V)が太陽(0.65)とほぼ同程度の恒星を使用した。



3. 観測結果

3.1 画像の種類

デジタル一眼レフカメラで得られるデータは、図1のように光の三原色(RGB)フィルターを通したものであり、①ベイヤ補間(図1の矢印)したカラー画像と ②ベイヤ補間していないベイヤ画像(モノクロ)、そしてRGB分解して得られる ③R素子のみのR画像(モノクロ)、④G素子のみのG画像(モノクロ)、⑤B素子のみのB画像(モノクロ)などがある。

3.2 小惑星の測光結果（小惑星 #353）

図2は、IAU小惑星センターのライトカーブ・データベース(小点)と私たちの測光結果(ベイヤ画像、菱形印)を重ねた光度変化曲線である。

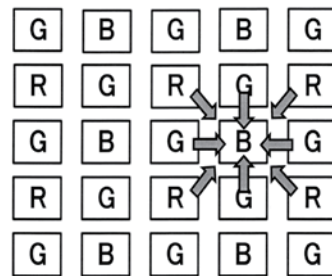


図1 撮像素子のベイヤ配列

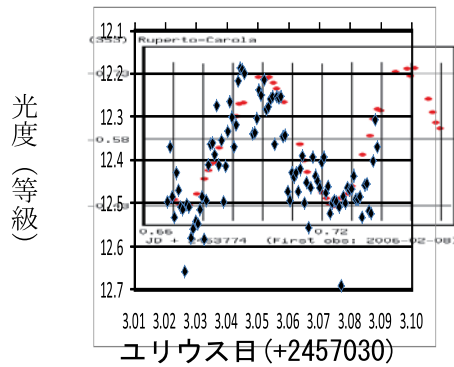


図2 小惑星 #353 の光度変化曲線

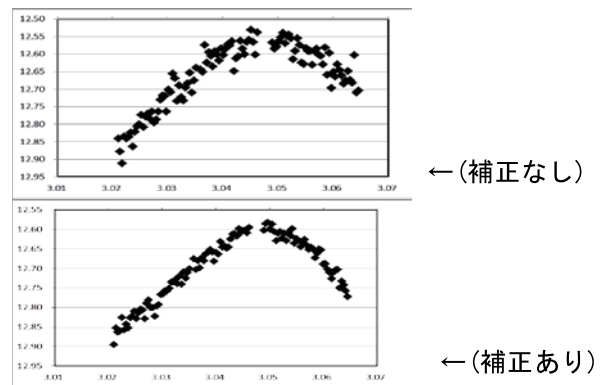


図3 ダーク補正の有無

3.3 各種画像による測光結果の比較 (恒星)

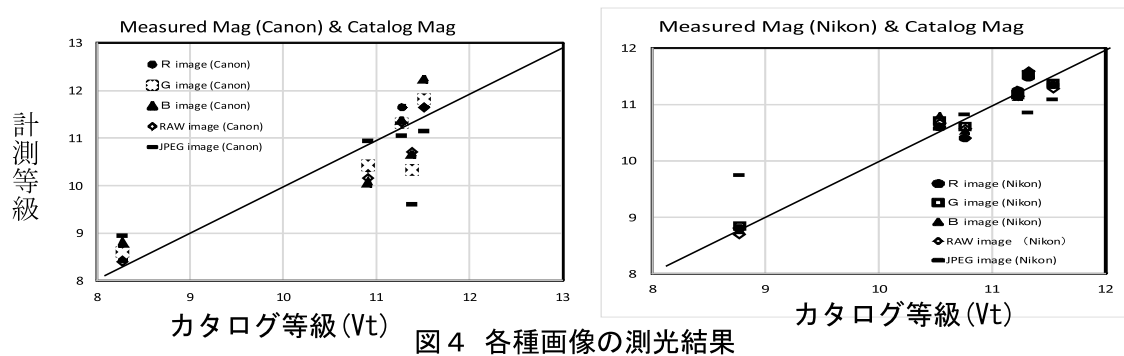


図4 各種画像の測光結果

図4は、星空公団によるRGB分解ソフト(raw2fits)により得られたR画像、G画像、B画像中の恒星について測光した結果である。横軸が星表の等級で、縦軸が測光した結果である。それぞれの画像で測光結果に違いがある。特に、JPEG画像(横棒)は星表等級との差が大きい。カメラの違いを比較すると、Nikon D700の方が測光結果のバラツキが小さい。

4. まとめ

これまでの観測から次の2点がわかった。

1. CanonEOS60Dでは大きな星像が得られるRAW(ベイヤー)画像を使った測光がよい。
2. NikonD700ではG画像による測光結果がVt等級とよい相関を示す。

そして、小惑星の自転周期を求めるための相対的な光度変化を調べるだけならカメラの機種による差異は問題にならないと考えられる。また、ライトカーブのバラツキを小さくするためには、次の工夫が有効と考える。

1. ダーク補正の実施
2. 長焦点距離の望遠鏡を使用
3. ピンぼけで撮像

5. 謝辞

小惑星撮像の際は、栃木県大田原市ふれあいの丘天文館の望遠鏡とカメラを使用させていただきました。小惑星撮像データの解析については、浜野和弘氏にご指導いただいたことが基礎となっています。ありがとうございました。本研究は、平成26年度中高生の科学部活動振興プログラム((独)科学技術振興機構)によるご支援を受けました。感謝します。

小惑星 21374 の観測～ライトカーブから得た考察～

坂東 日菜、越村 俊之（高1）【岡山県立岡山操山高等学校】

1. 概要

2014年8月5日～7日の3日間、美星天文台・美星スペースガードセンターで行われた「星の学校2014」に参加し、小惑星21374の観測データの解析を行った。当日は悪天候だったため、観測データは5月に撮影されていたものを使用した。ここでは、解析で得たライトカーブから、小惑星21374の自転速度に関する考察をまとめる。（ライトカーブとは、天体の自転による明るさの変化のグラフのこと。）

2. 観測データ

観測対象：小惑星21374

（発見日1997年11月24日、直径1.2km、絶対等級17.3）

日時：5月3日 00時16分～04時06分

場所：美星町、美星スペースガードセンター

使用望遠鏡：BSGC50cm光学望遠鏡

CCDカメラ：視野直径約50mm、2000×4000ピクセルのものを2個使用

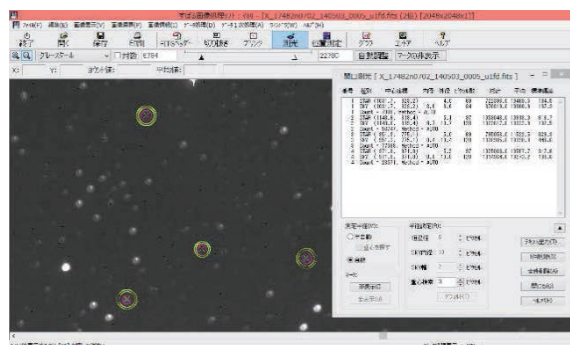
3. 解析

解析には、「星の学校」の間はIRAF、その後の解析ではすばる望遠鏡画像解析ソフト「マカリ」を用いた。また、画像は次のような手順で補正した。

- 1) 元の画像からダークノイズを差し引く
- 2) 1)をCCD感度ムラ(フラット画像)で割る

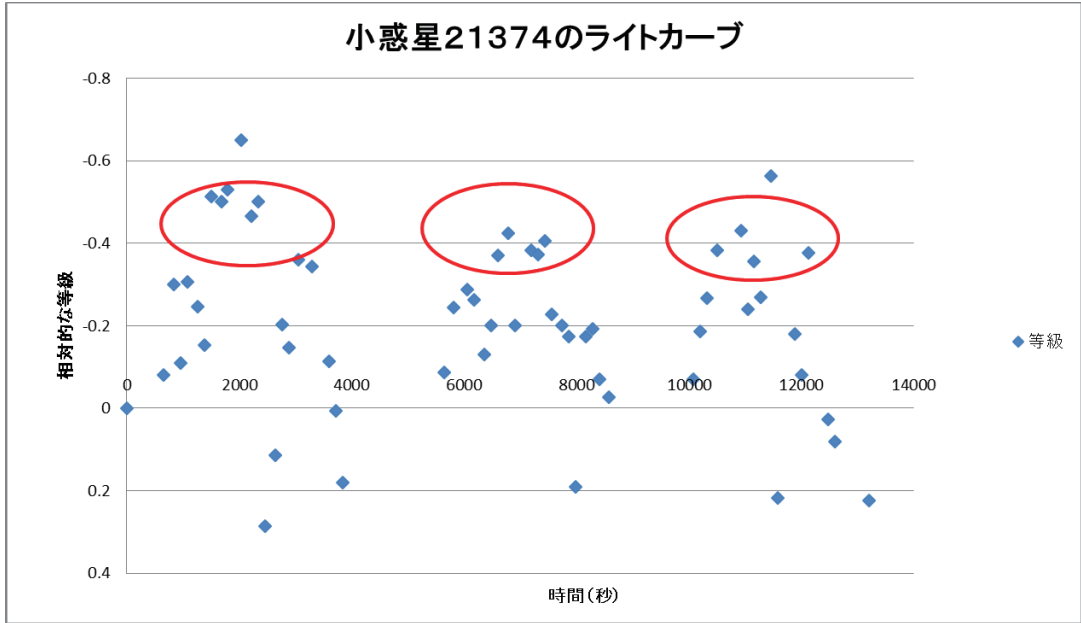
次に、補正した画像を用いて、小惑星21374の明るさをアパーチャー測光によって求めた。アパーチャー測光とは、小惑星を中心とする円（アパーチャー）の中の光量を測る方法である。このとき、空の明るさも内包するので、もう一つ外側の円で空の明るさを測り、小惑星の明るさから差し引く。

さらに、画像内で比較星A,B,Cを決めて測光し、測光値の誤差を抑えた。



測光画面

4. 結果



ライトカーブには極大部分が3つ見られた。

5. 考察

今回求めたライトカーブには極大が3つあり、1つの極大と極大の間が小惑星の自転の半周期だと考えられる。よって、図の左端の極大から右端の極大の時間が、小惑星の自転周期である。したがって小惑星21374の自転周期は、

$$11500 - 2000 = 9500 \text{ (秒)} = 2.64 \text{ (時間)}$$

また、ライトカーブに極小が現れていないのは、小惑星の光量に対してノイズが大きく計測が困難であったためである。

6. 課題

ライトカーブから自転周期を得ることができたので、等級変化から小惑星の形状についての考察も行い、発表ではその点にも触れていきたい。

7. 謝辞

今回ジュニアセッションに参加するにあたり、美星スペースガードセンターの西山広太さん、浦川聖太郎さん、岡山商科大学附属高等学校の畠浩二先生、そして「星の学校2014」のスタッフの皆さんには大変お世話になりました。この場を借りて、深くお礼申し上げます。

8. 参考文献

Minor Planets at 366

小惑星の大きさ分布を求める

銀河学校 A 班

朴 敏娥(高 2)【洗足学園高等学校】	森井 嘉穂(高 2)【香川県立高松高等学校】
井澤 薫実(高 2)【愛知県立岡崎高等学校】	衣川 友那(高 2)【名古屋大学教育学部付属高等学校】
加藤 里佳子(高 3)【長野県松本県ヶ丘高等学校】	今村 春香(高 3)【長崎県立長崎西高等学校】
織原 有佑(高 2)【島根県立松江北高等学校】	久保 玲(高 2)【八戸工業大学第二高等学校】
横山 彩希(高 3)【東京都立国際高等学校】	

1. はじめに

私たちは、「銀河学校」という東京大学木曽観測所主催の企画に参加し、今回小惑星に関する研究を行った。小惑星とは、太陽系小天体のうち、主に岩石からなるとされる天体である。惑星でもなく、準惑星でもなく、彗星のようにガス等が見られない天体である。小惑星は現在までに 67 万個以上見つかっている。私たちは、その小惑星の大きさと分布がどのようになっているかを知るために研究を行った。

2. 観測方法

観測日時：2014 年 3 月 23 日

観測機器：東京大学木曽観測所の 105cm シュミット望遠鏡（口径 105cm）使用フィルター：r'

露光時間：120 秒

望遠鏡を向けた方向：衝の位置にある黄道上の地点

—地球と小惑星の距離が短いほうが、小惑星がより明るく見えるので観測しやすいと考えた。また、地球と小惑星の軌道はほぼ同一平面上になるので、黄道上を探せば小惑星が見つかるのではないかと考えた。以上より、この地点を観測した。

観測方法(1)ブリンク

60 分間において撮影した画像を 2 枚、バイアス・フラット処理をし、マカリというソフトのブリンク機能を用いて小惑星を探す。(2 枚の画像を一秒ごとに入れ換えるようにして大きく移動している星、すなわち小惑星を見つける。)

観測方法(2)画像同士の引き算

バイアス・フラット処理をした、同じ場所、違う時刻の 2 枚の画像同士の減算する。小惑星があると、白い点と黒い点が隣り合って見える。

3. 計算方法

(1)距離

太陽から小惑星までの距離を一時間当たりの移動量から求める。火星、木星、土星の移動量と太陽と惑星の距離の関係をグラフにする。そのグラフから、発見した小惑星の移動量の場合は、太陽からの距離がどのくらいあればよいかを求めた。

(2)大きさ

観測した小惑星の明るさから小惑星の半径を求める。惑星の表面積が半径の二乗に比例することから、明るさの比率→表面積の比率となるのを利用する。まず、火星と太陽の距離を小惑星と太陽の典型的な距離と考えられている 2.5AU と仮定して、火星の明るさと観測された星の明るさから半径を求めた。その後、求めた半径の小惑星の本当の位置を明るさから求めた。その方法として、小惑星の太陽からの距離を a として、

$$(\text{仮定で求めた半径}) \times \sqrt{1 - \left\{ (2.5/a)^2 \times (1.5/(a-1))^2 \right\}} = (\text{観測した小惑星の明るさ})$$

という方程式を用いた。

4. 考察

(1) 距離

図 1 より、小惑星は太陽から 1-2.5AU の領域に集中している。このことから、木星の引力を強く受けにくい位置に小惑星は分布しているのではないかと考えられる。それを確かめるために、木星の公転周期と整数倍になる公転周期の位置を求めた。位置が 2:1, 3:1, 4:1 になる軌道長半径はそれぞれ 3.28AU, 2.50AU, 2.06AU の位置であり、小惑星の位置と関係があることが示唆される。また、分布表から、5-6AU(木星の軌道上)にある小惑星の数が多くなっている。これも木星の重力と関係がある可能性がある。また、今回は 8AU より遠くの小惑星が観測されていないが、ここには 2 つの理由が考えられる。一つは観測時間が短かったため遠くの小惑星の小さな動きを確認できなかったのも、60 分でなく 1 日ほど間隔をあけることでより遠くのものまで見つけれられるのではないかとということ。そしてもう一つは、小惑星が暗かったからということである。今回観測できたなかで、もっとも暗い星は 21 等であった。もしある距離で 21 等級に見える光がより遠くから来ている、今回は観測されていないことになる。

(2) 大きさ

図 2 より、600-900m の領域に最も多く分布している。900m より大きい半径の個数をみると、減少している。ここから、大きい小惑星が少ないといえる。また、600m より小さい半径の個数も減少している。これは、小さくて暗い小惑星を観測できていないことが関係していると考えられる。また、小惑星の密度を月や地球の密度と仮定して、質量の最大値をそれぞれの場合で求めた。小惑星の質量の最大値は、月の密度を仮定した場合 2.83×10^{15} kg、地球の密度を仮定した場合 4.68×10^{15} kg であった。一方、地球の質量は 5.97×10^{24} kg、月の質量は 7.35×10^{22} kg である。以上より観測されたすべての小惑星の質量を足し合わせても、惑星の質量にはほど遠いことから、「小惑星はもともと一つの惑星であり、分裂することによってできた」とは考えにくいことがわかる。

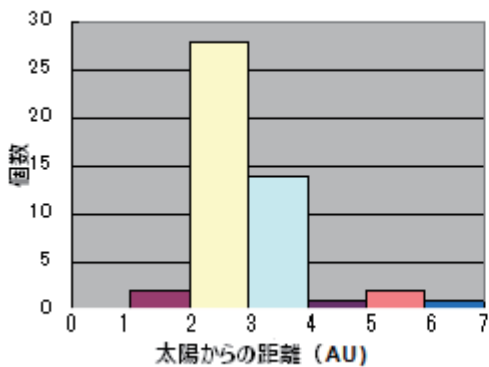


図 1 距離と個数

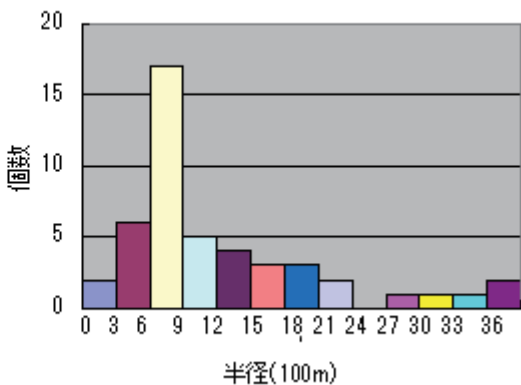


図 2 半径と個数

5. 謝辞

研究にあたり、前原裕之先生をはじめとする木曽観測所、銀河学校 2014 スタッフのみなさま、TA の平居悠さん、所拓磨さんに大変お世話になりました。また、今回の発表にあたり、NPO 法人サイエンスステーションのご協力をいただきました。深く感謝いたします。

6. 参考文献

- 1) 国立天文台編(2013)『理科年表 平成 26 年 ポケット版』 丸善出版.
- 2) 「 Minor Planet Center」 <http://www.minorplanetcenter.net/> (2014-1-29 参照)
- 3) 「惑星になりきれなかった天体たち」宇宙航空研究開発機構 提供 (2014-12-14 参照)

仮想天文台 (VO)

練習課題の翻訳と実習

石井 悠太郎 (高2)、 子安 直美、 松丸 健太 (高1)

【駿台学園高等学校】

要旨

仮想天文台 (Virtual Observatory、VO) のいろいろなツールを用いて、データの解析の実習を行った。仮想天文台のプロジェクトでは、学生や一般向けの実習問題を提供しているので、これを利用した。ただしこれらはまだ英文やヨーロッパ系の言葉でしか提供されていないので、まずこれらを和訳した。例題は17種類提供されているが、今回はその内の3題、すなわち「アンドロメダ銀河の距離の計算」、「プレアデス星団のHR図」、「バーナード星の固有運動」、について、翻訳と実習を行った。

1. はじめに

仮想天文台 (Virtual Observatory、VO) は、国際共同で行われている天文学のプロジェクトで、その目的は、これまでに蓄積された膨大な天文学データをインターネットやデータベースを有効に利用しつつ天文学の研究を行う、新たな研究スタイルを開拓しようとするものである。「仮想」天文台というのは、実際に望遠鏡を装備した天文台へ行かなくても、すでに行われたサーベイ観測などのデータの中から新たな発見ができるという考え方である。このVOの普及活動の一つとして、学生や一般利用者のためのいろいろな演習テーマが、ヨーロッパの天文学者のグループによって提供されている。今回は、これを利用して天文データや解析ツールの実習を行ったものである。

2. 練習課題とその翻訳

練習課題はヨーロッパの天文学者のVO開発グループによるAIDA (Astronomical Infrastructure for Data Access) のページ (<http://www.as.oats.inaf.it/aidawp5/>) にある。

課題は、固有運動の測定やHR図の作成など、天文学の各分野にわたって17種類のものが提供されている。今回は、次の3つについて、翻訳と実習を行った。

3. アンドロメダ銀河の距離を計算する課題

方法は、まずAladinを立ち上げ、その中からVizieRを呼び出して、アンドロメダ銀河の中の脈動変光星のデータを取得する。これらのデータの星の位置がAladinの画面上に示されるので、これを見ながらデータ解析を行う。

データ解析は、Aladinに組み込まれている「表データ処理プログラム」を利用し、カATALOGの表データに新たなコラムを付け加えながら計算を実行する。計算は、脈動変光星の周期と光度 (絶対等級) との既知の関係式、およびこれと見かけの等級から距離を計算する「距離指標」の関係式を用いて行う。

4. プレアデス星団の HR 図

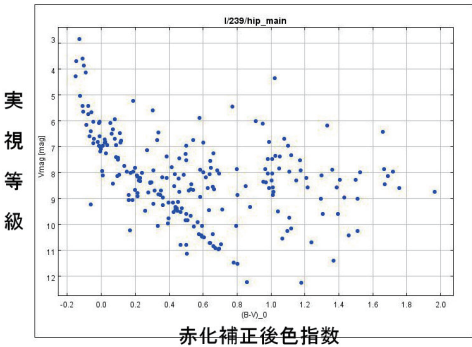
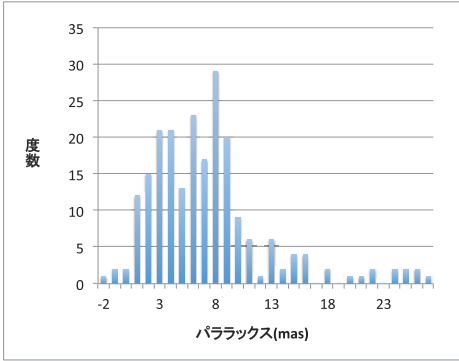
これもまず Aladin を立ち上げ、その中から VizieR を使用して必要なデータを取得する。データは、視差（パララックス）のある「ヒッパルコス星表」を使用する。

Aladin の中から、グラフ作成の VO ツール VOPlot（インドの天文学者グループが開発）を呼び出し、プレアデス周辺の星の視差の分布を調べる。

表計算の機能を利用して、星の色指数の赤化（レッドニング）の修正を計算する。

赤化を補正した色指数と見かけの V 等級を使用して分布図を VOPlot で作成すると、プレアデス星団の HR 図が見えてくる。

今回の場合も、データを表計算ソフトに移して再度解析を行ってみた。例題には視差のデータの利用法は詳しくは書いていなかったの、表計算ソフトを利用してさらなる解析を試み、より詳細な HR 図を得た。



5. バーナード星の固有運動

この例題も Aladin を利用する。バーナード星周辺で、撮影時期（エポック）の異なる 2 枚の画像を取得し、バーナード星がどの程度移動しているかを目で確認する。

次に、これらの 2 枚の画像を赤と緑に色分けして重ねると、バーナード星のみ 2 色で表示される（他の恒星は白色になる）。

この 2 つの星像を、Aladin の距離測定ツールを利用して測定し、また 2 枚の画像の撮影時期を比較することによって、バーナード星の固有運動速度（"/年）が計算される。

さらに、Aladin から Simbad database（Aladin と同様にストラスブール天文台で開発）を呼び出してバーナード星の視差を求め、距離を計算して実際の空間速度を求める。

6. おわりに

今回は 3 つの例題のみを試みたが、さらにいろいろ実習する必要がある。

Aladin、VOPlot など多くの機能があるようなので、マニュアルもよく読む必要がある。たとえばプレアデス星団以外の星団についても、同様な解析を行ってみる必要がある。

参考 URL (<http://sundai.sakura.ne.jp/VOstudy/>)

本当にベテルギウスは爆発するのか

好奇心みだし隊♥

阿部 朋美(高2)【岩手県立一関第一高校】 成田 南美(高2)【青森県立青森東高校】

小関 璃奈(高1)【宮城県仙台二華高校】

1. はじめに

一般的に、ベテルギウスという赤色巨星は超新星爆発を起こすといわれているが、他の赤色巨星はあまりいわれていない。そこで、どのような赤色巨星が超新星爆発を起こすのか疑問に思ったので、赤色巨星の中でどのような星が超新星爆発を起こすのか調べることにした。

ベテルギウスは一般的にすぐに爆発するといわれてきたことから、ベテルギウスと同じような重元素をもつ赤色巨星はすぐに爆発するという仮説を立て、ベテルギウスと他の赤色巨星とで比較を行い、赤色巨星のどのような星が爆発を起こすのかを確かめる。

2. 観測方法

今回の観測では仙台市天文台のひとみ望遠鏡を使い、赤色巨星を分光観測をしてスペクトルを求めた。天体からやってきた光をスリットに通して波長ごとに分ける。さらに分析するため空間方向に切ると、ある波長における空と星の明るさがとれる。ここで求めたいものは星の明るさであるので、スカイと呼ばれる空の明るさを求められたデータから引く。天体の広がっている幅と同じ幅のスカイを引くと天体の明るさのみを求めることができる。

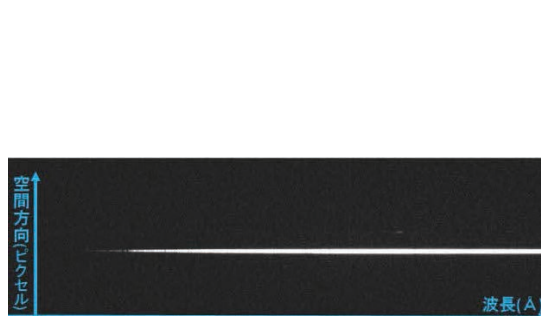


図1 スペクトルとは

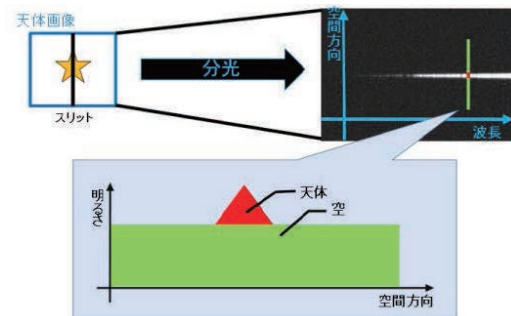


図2 解析方法

3. 結果

検証1では観測した赤色巨星のデータなどからベテルギウスとほかの赤色巨星の表面元素を比較した。その結果、Na、Mg、Caなどの元素の有無、波長のピークの位置などから、ベテルギウスに一番似ている星はケフェウス座VV星であると分かった。

検証2ではベテルギウスに似た星は本当に爆発するのだろうかという点に着目し、赤色巨星の構成元素が対流によって表面に上がってくると仮定し、元素燃焼のタイムスケールとそれぞれの星の表面元素とを比較し、恒星が元素燃焼のどの段階にあるのかを確かめた。その結果、おいぬ座VY星が水素燃焼段階、ベテルギウスを含めたその他の恒星すべてが炭素燃

焼以降の段階にいたことが分かった。つまり、炭素燃焼以降にいる恒星はあと 300 年以内に爆発するという事になった。

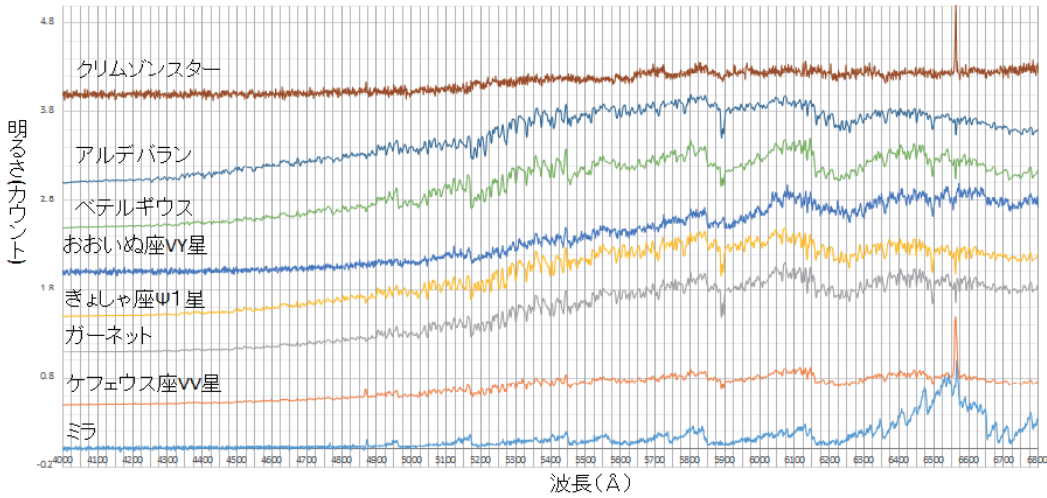


図3 スペクトル解析結果

4, 考察

私たちの銀河で一番最近の超新星爆発は 1000 年前に起こっているの、300 年以内に赤色巨星が 6 天体も爆発する事は考えにくい。よって、最初に仮説で立てた、対流により中心の元素が表面に出てくるとい説が間違っていると考えた。解析したデータから Fe や Mg が確認されたのは、もともと恒星にあった元素ではないかと考えた。つまり、この検証方法ではベテルギウスがいつ爆発するのか検証できなかった。そこで、自分たちのデータからベテルギウスが特別な天体かどうか調べることにした。Fe や Mg に関して、ガス中にもともと存在した Fe, Mg が星生成時に混入した、Na や Ca に関して星生成後に表面で生成されたのではないかと考えた。しかし、観測したデータからベテルギウスと他の赤色巨星を比較すると、Na や Ca の量はほとんど変わらなかったことから、ベテルギウスは特別すぐに爆発する可能性が高い星ではないと考えた。

5, まとめ

観測によりケフェウス V 星が一番ベテルギウスに似ていると分かった。しかし、元素燃焼のタイムスケールと比較して、ベテルギウスもケフェウス V 星も 300 年以内に爆発する可能性は低いと考え、ベテルギウスは特別早く爆発しないと考えた。

6, 参考文献

- ・ベテルギウスの超新星爆発 野本陽代
- ・宇宙大図鑑 佐藤勝彦
- ・Atlas for Objective Prism Spectra
- ・STELLAR SPECTRAL CLASSIFICATION

食変光星 BF Aur 及び W UMa の観測と質量の計算

小道 雄斗、西川 俊吾(高 1)、山下 凜太郎(中 2)

【桐朋中学校・高等学校 地学部】

1. はじめに

私たちは学校の校舎に新しく付設された 40cm 反射望遠鏡と CCD カメラを用いて、食変光星の観測を行い、この観測結果を基に光度曲線を作成した。そして、このデータから連星の質量を計算した。観測対象天体は BF Aur と W UMa の二つである。どちらも短周期の食変光星である。前者は EB 型^{※1}、後者は EW 型^{※1}となっている。

今回の観測では学校の反射望遠鏡だけでなく、部員個人が所持している望遠鏡で一眼レフを用いて同時観測を試みた。

2. 観測

2015 年 1 月 10 日(土)に桐朋中学校・高等学校にて BF Aur と W UMa の観測を行った。BF Aur は 8 時~11 時の間に、W UMa は翌 0 時半~5 時半の間にそれぞれ観測した。観測時間は、変光星の極小予報^{※2}の前後約 2 時間である。今回の観測に使用した機材は校舎に付設されている天文台の 40cm 反射望遠鏡と、部員の所持している 20cm 反射望遠鏡である。撮像機器は、40cm 反射望遠鏡では CCD カメラ(SBIG ST-402)、20cm 反射望遠鏡では一眼レフカメラ(Canon Eos Kiss X6i)で

ある。撮像は B、V、R バンドフィルター(SBIG CFW-BVI)で行った。しかし、10 日の一眼レフ撮像では観測時間がずれてしまい W UMa の極小光度を観測できなかったため、1 月 17 日に改めて W UMa の一眼レフ観測を行った。

表 1 観測対象天体のデータ^{※3}

天体名	赤経	赤緯	観測時の高度	等級(V)	周期(日)
BF Aur	05 ^h 05 ^m 03.5 ^s	+41°17'19.1"	81.8°	8.7-9.5	1.58
W Uma	09 ^h 43 ^m 03.5 ^s	+55°57'09.1"	65.1°	7.8-8.5	0.33

3. 整約と解析

整約と解析には、国立天文台が提供しているフリーソフトのマカリィを主に用いた。CCD カメラと一眼レフとでは視野が異なり、同じ天体を比較星として利用することができなかったため、比較星はそれぞれ異なっている。

- ① マカリィを用いて目的の変光星と比較星のカウント値を求めた。バイアス(ダーク)の整約は行ったが、フラットフレームの整約は行っていない。
- ② CCD 観測では撮像範囲内に等級の分かっている天体が存在しなかったため、目標の変光星の周辺にある恒星との等級差を、バンドフィルターごとに求めた。計算式は、等級差を Δm 、変光星のカウント値を L_1 、比較星のカウント値を L_2 とすると、

$$\Delta m = -2.5 \log_{10} L_1 + 2.5 \log_{10} L_2$$

となる。この式にそれぞれのカウント値を代入して等級差を求め、グラフ化した。

③ 一眼レフでも、CCD 観測の場合と同じようにして計算し、グラフ化した。

4. 結果

W UMa について(図 1, 2)。CCD で撮像した。図 1 が W UMa の光度曲線である。V,R バンドともに極小前後の光度曲線を描くことができた。極小予報では極小は 3 時半頃であったが、観測の結果では 3 時だった。一方図 2 では、一眼レフで追加観測した W UMa の光度曲線である。こちらも極小を捉えることができ、その等級差は CCD の V バンドで観測したものとはほぼ同じであった。なお BF Aur については変光周期を捉えることはできなかった。また、W UMa の B バンドの観測は比較星のカウント値が小さすぎて、観測できなかった。

5. 考察と今後の課題

今回入手した観測データから、極小を観測することができた W UMa の質量を求めた。まずは周期だが、図 1 の極小から極大までの時間を求め、それを 4 倍しておおよそその周期を 0.33 日 (9.1×10^{-4} 年) とした。W UMa の連星間距離は 1.19×10^{-2} AU^{※4} である。連星の質量は、 a を連星間距離[AU]、 P を公転周期[年]、 M を主星と伴星の質量の和[太陽質量 $M_{\odot}$]とすると、

$$\frac{a^3}{P^2} = M$$

これで計算した結果 $2.0M_{\odot}$ となった。実際の値は、主星が $1.29M_{\odot}$ ^{※5}、伴星が $0.86M_{\odot}$ ^{※5} なので、 $2.15M_{\odot}$ となり、約 6% の精度で一致した。今後は 1 周期以上の追加観測を行い、質量計算の精度を高めるとともに、等級差から主星と伴星のサイズを推定し、W UMa の物理的諸性を明らかにしたい。

6. 参考文献

※1,3 General Catalogue of Variable Stars

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

※4 W UMa-type contact binaries ages and masses

※5 理科年表 平成 27 年度版 国立天文台発行

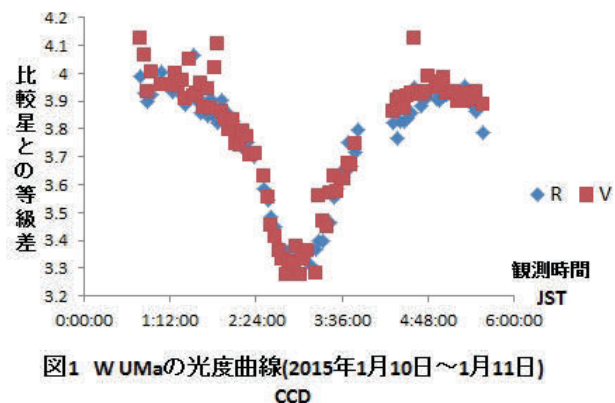


図1 W UMaの光度曲線(2015年1月10日～1月11日)
CCD

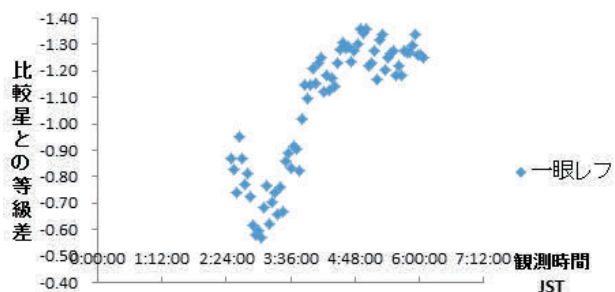


図2 W UMaの光度曲線(2015年1月17日～1月18日)
一眼レフ

分光分析による連星の運動の解析

稲谷 翔一、松本 直彰、山崎 大、中原 里沙、新原 由依、増田 彩花、萬木 夕貴（高2）
【兵庫県立龍野高等学校】

要旨

星からやってくる光を分光分析し、波長の変化を調べることで、ドップラー効果の原理を用いて星の動き解析することができる。私たちは、西はりま天文台のなゆた望遠鏡で得られた「ぎょしゃ座β星（固有名メンカリナン）」という連星の観測画像の分光分析を行い、その運動の解析を試みた。また、文献値と比較することにより、解析の精度を調べた。

1. 目的

ぎょしゃ座β星という連星のスペクトルを解析し、波長の変化を調べることでドップラー効果の原理を用いて連星の動きを調べる。

2. 研究方法

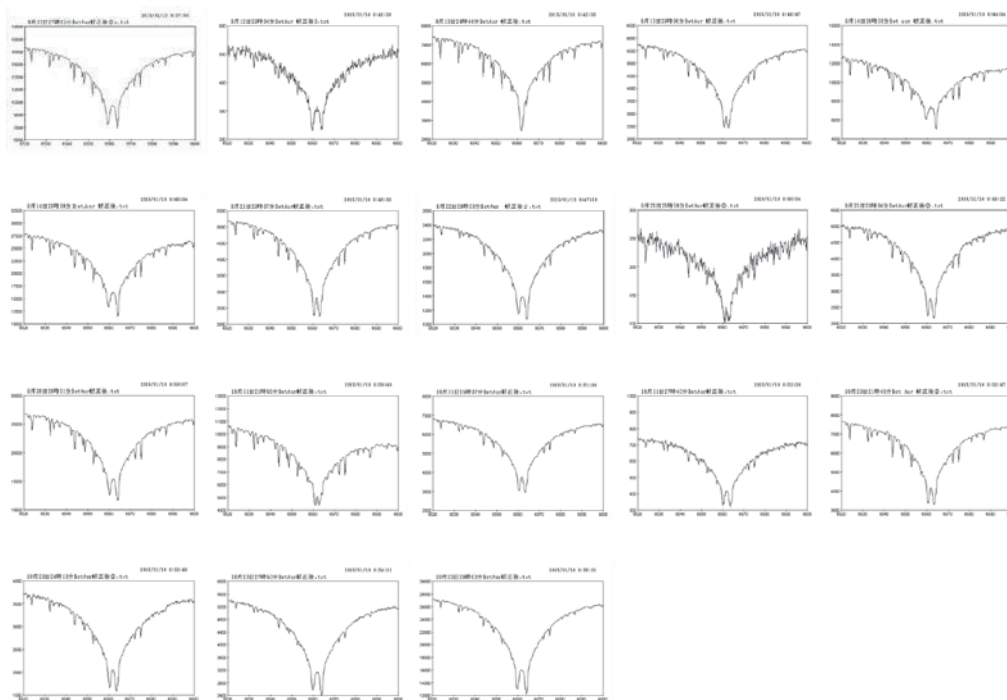
(1) 撮影

観測日時：2014年9月12日(金)～10月24日(金)

観測方法：西はりま天文台のなゆた望遠鏡と可視光分光器 MALLS

(2) データ処理

解析ソフト「Makali`i」を用いてスペクトル画像を平均し、ダーク補正およびフラット補正を行った。さらに、解析ソフト「BeSpec」で波長較正を行った後、ガウスフィット機能により水素の吸収線($H\alpha$)の波長を求めた。

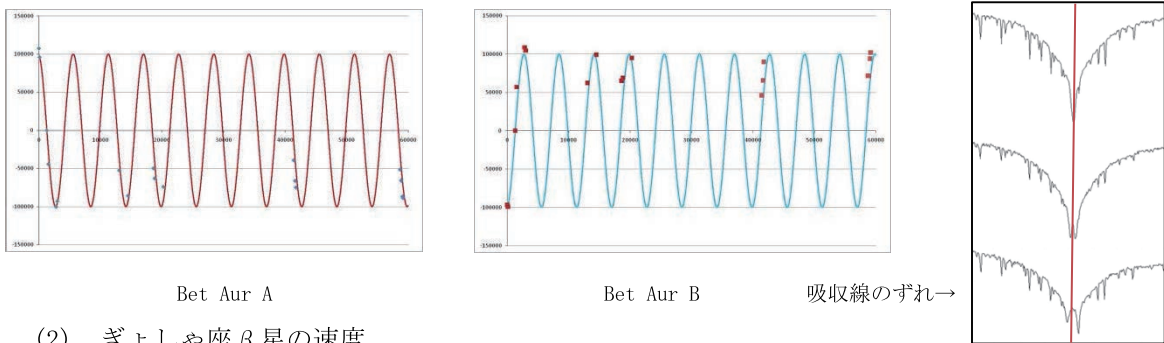


3. 解析および考察

(1) りゅう座β星の連星の公転周期

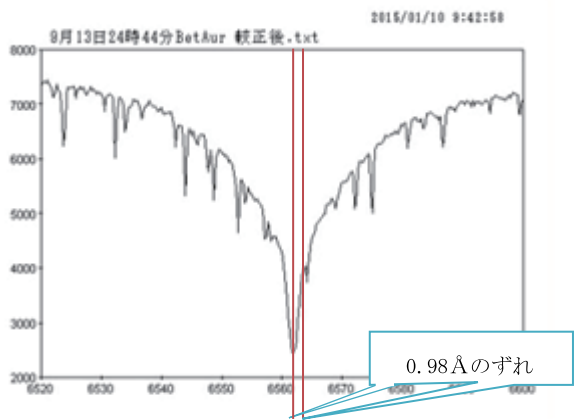
水素の吸収線($H\alpha$)の波長のずれから、そのときの星の視線速度を求めた。星の視線速度とその星を観測した時間の関係から、「BeSpec」によるフーリエ変換機能では4.3日、NASAのExoplanet Archive Periodogram Serviceでは3.9日の周期が得られた。文献値(CDS ストラスブール天文データセンター)は3.96日で、この文献値との相対誤差がそれぞれ8.6%, 1.5%の値を得ることができた。

得られた連星を構成する2つの星の視線速度に周期関数をフィットさせた図



(2) りゅう座β星の速度

9月13日24時44分の2つの水素の吸収線($H\alpha$)の波長は一致していて、6561.83Åであった。文献値(理科年表 2015年版)の6562.81Åと比較すると波長が0.98Å短くなっていたので、連星自体が公転しながら地球の方向に44.7 km/sで近づく速度成分をもっていることがわかった。ただし、地球も公転しながら、りゅう座β星に向かう速度成分をもっている。その速度成分を地球とりゅう座β星の位置関係から27.4km/sと求め、44.7 km/sから引くことで、りゅう座β星の太陽中心の座標系に対する地球方向の速度成分17.3 km/sを得ることができた。文献値(CDS)は15.75 km/sであり、この文献値との相対誤差は9.8%であった。



4. 謝辞

本研究は、兵庫県立大学西はりま天文台の本田敏志研究員にご指導ご助言をいただきながら進めました。この場をお借りしてお礼を申し上げます。

5. 参考文献, 使用ソフト

- ・CDS <http://cds.u-strasbg.fr/>
- ・NASA Exoplanet Archive <http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>
- ・天文年鑑 2014年版
- ・理科年表 平成27年版
- ・すばる画像解析ソフト Makali`i
- ・分光データ解析ソフト BeSpec Ver0.9

星雲の色、距離や大きさの調査

銀河学校2014 B 班「三戸オリオン」

早川翔大	(高3)【早稲田大学本庄高等学院】	渥美智也	(高3)【東京都立科学技術高等学校】
高橋舜貴	(高2)【山梨県立日川高等学校】	藤原大暉	(高3)【長野県木曽青峰高等学校】
井上実優	(高3)【名古屋大学教育学部付属高等学校】	大島由佳	(高3)【筑波大学附属高等学校】
立澤伽奈子	(高3)【長野県松本県ヶ丘高等学校】	大畑来夏	(高2)【愛知県立岡崎高等学校】
名古屋唯	(高2)【青森県八戸工業大学第二高等学校】	桐野結衣	(高2)【愛知県立旭丘高等学校】
梅林舞	(高2)【石川県立金沢泉丘高等学校】	細谷奈津子	(高2)【東京都立三田高等学校】

■**動機** 望遠鏡を使うと、星雲を見ることができるが、それはいったいどのくらいの大きさなのだろうか。また、その大きさと我々の周囲の星の見え方と比較するとどうなるのだろうか。我々はそれを調べるために今回の研究を行った。

■**概要** 星雲の物理量（距離、大きさ）をそこにある星の見かけの明るさと色を使って計算して求め、星雲について考察した。この研究は銀河学校 2014 での研究をまとめたものである。

■観測

- 望遠鏡及び観測装置：東京大学木曽観測所 105cm シュミット望遠鏡/KWFC
- 場所：長野県木曽郡木曽町
- 対象：観測した天体は以下のとおりである。Sh2-273, NGC2174は銀河学校以前に観測してあったデータである。また、観測はすべて2014年に行われた。

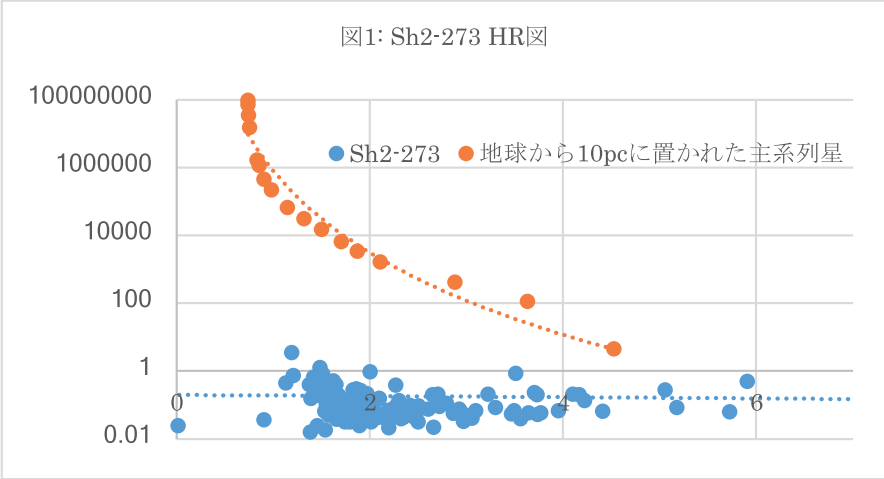
表1: 観測一覧

天体名 観測日	M42 3月25日	Sh2-311 3月25日	Sh2-273 3月14日	NGC2174 3月15日
使用したバンド	B, V	B, V	B, V	B, V
露出時間 (s)	30 300	30 300	10 300	10

■解析

1. 標準星 TYC4959-856-1の明るさを基準として、観測する星雲の周りの星の見かけの明るさを算出し、各星雲で HR 図を作成する。
2. HR 図と主系列星のデータの比から、距離を求める。
 L_0 を既知である主系列星を地球から 10pc の距離に置いたと仮定したときの見かけの明るさ(光度)、 R_0 をその天体と地球の距離、 L を観測する天体の見かけの明るさ、 R をその距離とおく。すると $L_0 R_0^2 = L R^2$ となる。これを解いて $R = 10^{(\log_{10} L_0 - \log_{10} L)/2} R_0$ (*) と距離が求まる。

10pc にある主系列星の HR 図と解析手順 1 で作った HR 図を比較した図を以下に示す。上の(*)式の $\log_{10} L_0 - \log_{10} L$ は明るさの差なので、HR 図の高さの差として求まる。



3. 求めた距離を用いて、星雲の大きさを求める。

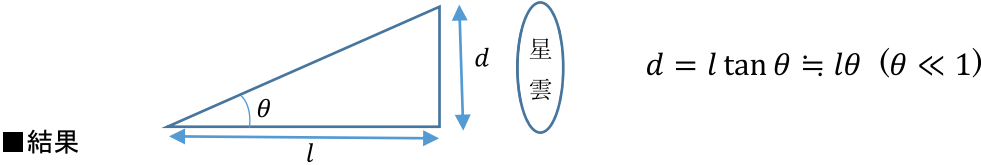


表2: 調査した天体までの距離と大きさ

天体	M42	Sh2-311	Sh2-273	NGC2174
距離 (光年)	1717	3000	978	326
大きさ (光年)	11.5	22	5.2	2.8

■考察 地球から最も遠い Sh2-311の大きさが最も大きく、最も近い NGC2174の大きさが最も小さくなった。このことから、星雲は地球から遠い星雲ほど大きさが大きくなる傾向があるのかもしれない。

また、観測した4つの星雲の大きさと太陽近傍の恒星3つ(α ケンタウリ、ベテルギウス、北極星)までの距離を比較し、それらの比を表に示す。

地球から恒星との距離をそれぞれ、 α ケンタウリは4.3光年、ベテルギウスは640光年、北極星は430光年である。

表3: 調査した天体と身近な恒星に関する、地球から距離の比

	M42	Sh2-311	Sh2-273	NGC2174
α ケンタウリ	2.67	5.11	1.2	6.6×10^{-1}
ベテルギウス	1.8×10^{-2}	3.4×10^{-2}	8.1×10^{-3}	4.4×10^{-3}
北極星	2.7×10^{-2}	5.1×10^{-2}	1.2×10^{-2}	6.6×10^{-3}

■謝辞 東京大学木曽観測所の三戸洋之さん、穂坂秀昭さん、飯田美幸さん、谷口暁星さんおよび NPO サイエンスステーションの方々のご協力をいただきました。

偏光で見る星雲の姿

銀河学校2014 C班

田中 舞(高3)【早稲田実業学校高等部】、杉山 純菜(高2)【愛知県立旭丘高等学校】、
長谷部 匡敏(中等5)【千代田区立九段中等教育学校】、寺村 まどか(高3)【早稲田大学本庄高等学院】、
柳楽 裕介(高2)【大阪市立東高等学校】、西村 南海(高2)【名古屋大学付属高等学校】、
吉田 真琴(高2)【市原中央高等学校】、阿部 峰也(高専3)【国立一関工業高等専門学校】、
佐川 和(高2)【八戸工業大学第二高等学校】、佐々木 美波(高3)【都立晴海総合高等学校】、
金野 亜美(高2)【聖ウルスラ学院英知高等学校】、鈴木 理花子(高3)【千葉県立東葛飾高等学校】

1. はじめに

我々は、銀河学校2014に参加し、東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター木曾観測所にて「光にこめられたもう1つのメッセージ」というテーマで研究を行った。今回、3つの星雲の発光の原因を探るために、偏光という少し特殊な視点から3つの星雲の性質を考察した。

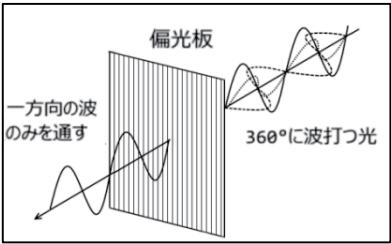
2. 観測

観測日時：2014年3月25日 19：30～20：50
観測機器：東京大学木曾観測所、105cmシュミット望遠鏡（フィルタ：Rバンド、偏光板）
研究対象：NGC2024、馬頭星雲、かに星雲(M1)

3. 方法

光は「横波」であり、その波は光軸を中心として全方向に振動している。その波の振動が特定の方向に偏る、つまりある角度に振動する光の明るさが他と比べて大きくなる現象を「偏光」という。星雲から発される偏光の角度や強さによって、星雲がどのように光っているのかを推測することができる。

「偏光板」というものを望遠鏡の開口部に取り付けて星雲を観測した。偏光板とは、光軸を中心に360°全ての角度に振動する光の中から、一つの角度に振動する光のみを通すフィルターである（図1）。望遠鏡を地平線に向け、望遠鏡と天頂を結ぶ直線を0°として、偏光板を時計回りに0°→45°→90°→135°と傾けていき、それぞれの角度で対象の星雲を撮影した。撮影した星雲を「すばる画像解析ソフトマカリィ」で測光し、星雲の各領域の偏光度（＝{(その角度での光度)－(全角度の平均光度)} / (全角度の平均光度)）と偏光角（＝偏光度が最大になる角度）を求め、偏光マップを作成した。



なお、偏光度の大きさにより、以下のように偏光の原因が推測できる。 図1 偏光板

表1 偏光度とその原因

偏光度	原因	備考
3%前後	減光	磁場に沿って整列した星雲の塵が偏光板のような役割をし、偏光する
10%前後	反射	反射面に対して平行な方向に偏光する
30%以上	シンクロトロン放射	磁場によって加速された電子の運動エネルギーが光エネルギーとなって放出されたもの。磁場と垂直に強く偏光する

4. 使用ソフト

・すばる画像解析ソフト マカリィ

・SAOImage DS9

5. 結果及び考察

(1)NGC2024

3~10%という偏光度から、NGC2024での偏光は反射によるものと判定できる。中心の偏光度が低いのは、星雲の塵が薄く反射しにくいと推測した。そして、その反射角が同一円上に並んでいることから、光源のおよその位置を推定することができた。しかし、光源が塵によって直視できず、また写真右側に別の光源があることから、正確な位置を特定することまでは出来なかった。

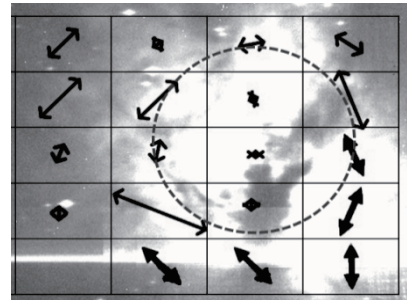


図2 NGC2024 偏光マップ

(2)馬頭星雲

偏光マップを作成したところ、馬頭星雲の縁に沿った方向の波の偏光が確認された。2~7%ほどの偏光度から、反射による偏光であることがわかった。馬頭星雲には観測者から見て奥側に光源となる恒星が存在し、また偏光は星雲の塵やガスに反射しているものと考えられる。

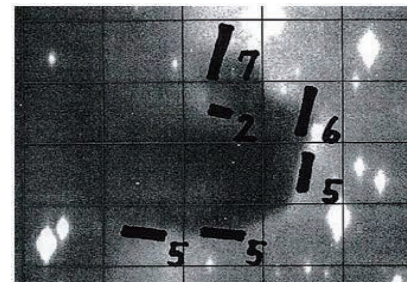


図3 馬頭星雲 偏光マップ

(3)かに星雲 (M1)

星雲の中心付近では偏光度が30%を超えていた。さらに、図示した偏光をそれぞれの偏光角と垂直になる線で繋げると、星雲の磁場を表した磁力線のような複数の楕円形が現れた。一方、中央から離れた部分は偏光度が弱く、偏光角は中心付近で描いた楕円形に対応しなかった。偏光度の強さ、磁場に垂直な偏光角から、中心付近の偏光はシンクロトン放射によるものであり、また中心から離れた偏光は、前述の特徴が無いと反射光ではないかと考えられる。

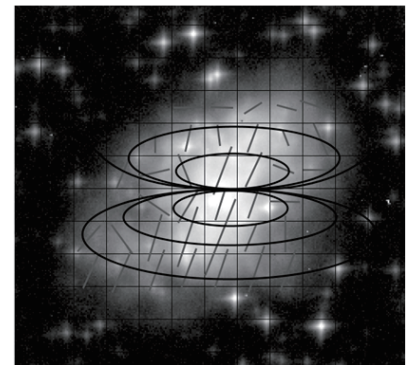


図4 かに星雲 偏光マップ

6. おわりに

本研究では、それぞれの星雲について作成した偏光マップを分析することにより星雲の発光状況について考察することができた。今後はより細かい調整角による観測、偏光マップをさらに綿密に作成し分析することで、星雲の状態や立体構造についても言及していけるようになることが期待できる。また、研究対象を星雲に限らず、暗黒物質の分布や密度を重力レンズによる偏光の視点から特定できる可能性もある。

7. 謝辞

本研究は、酒向重行さんをはじめとする木曽観測所スタッフの皆様、TAの深瀬雅央さん、加藤裕太さん、齊田智恵さんにご指導・ご協力をいただきました。また、ジュニアセッションへの参加にあたり、NPO法人サイエンスステーションからのご支援をいただきました。この場を借りて深くお礼申し上げます。

銀河団のバリオン密度パラメータと質量密度パラメータの観測的研究

チーム：もし天 2014 Dr.Baryon~絶妙なバランス~

生駒 洋樹【帝塚山高等学校】 亀谷 紀香【兵庫県立洲本高等学校】

小林 士朗【高田高等学校】 土谷 真希【千葉県立東葛飾高等学校】(高2)

要旨

銀河団 Abell 426 を観測し、そこから得た銀河団内にある銀河一つ一つの明るさの観測値からその質量を求める。文献からのデータも用いて、仮説で立てた $\frac{\Omega_b}{\Omega_b + \Omega_{DM}} < 1$ より、ダークマターの存在を証明することで、宇宙が目に見えるものだけで構成されていないことを証明した。

1. 研究目的

私たちは、“宇宙は目に見えるものだけで構成されているのだろうか”という疑問を持ち、宇宙を構成する物質について研究することにした。宇宙は目に見える物質であるバリオンと、目に見えない物質であるダークマター、ダークエネルギーから構成するとされているので、今回はこのダークマターが存在するという証明によって、目に見える物質のみから宇宙は構成されていないことを明らかにする。なお、バリオンとは天文学では星とガスを示し、一般的には目に見えないものであるガスも目に見える物質として扱う。

2. 検証方法

Ω_b = 宇宙でのバリオンの割合、 Ω_{DM} = 宇宙でのダークマターの割合と表すと、

$$\frac{\Omega_b}{\Omega_b + \Omega_{DM}} = \frac{M_{gal} + M_{gas}}{M_{gal} + M_{gas} + M_{DM}} < 1 \quad \dots (2.1)$$

(2.1)式が成り立つとして、ダークマターの存在を仮定し、 M_{gal} と M_{gas} を観測から求めて検証する。バリオンが多く集まるということは、万有引力によって物質が多く集まるということで、ダークマターも同じくらい多く集まると考えられるため、バリオンとダークマターの比は、宇宙全体と一つの銀河団内全体とで等しいと考える。バリオン密度パラメータを Ω_b 、質量密度パラメータを $\Omega_b + \Omega_{DM}$ と表す。

(1) M/L 比を用いて M_{gal} を求める。

$$\frac{M_{gal}/M_{sun}}{L_{gal}/L_{sun}} \sim 15 \quad \dots (2.2)$$

M/L 比とは、(2.2)式で表され、質量と明るさの関係を太陽何個分かで表した値である。この比は一定であり、Abell 426 内の銀河各々の M/L 比が大体 10~20 なので、平均をとり今回は 15 とした。観測より L_{gal} が求まり、 L_{sun} と M_{sun} について文献からの値を使用することで M_{gal} が求まる。

(2) Gas mass fraction を用いて M_{gas} を求める

$$x = \frac{M_{gas}}{M_{gas} + M_{gal}} = \frac{M_{gas}}{M_{bar}} \quad \dots (2.3)$$

gas mass fraction は(2.3)式より定義され、今回は論文データより範囲は半径 1.2Mpc だったので、図 1 から外挿して 0.225 とした。

(3) $M_{gal} + M_{gas} + M_{DM}$ (ビリアル質量) を求める

この値は、今回の検証対象の範囲における観測値(速度分散)を文献から参照し、それを用いて、計算よりビリアル質量を求め $1.099 \times 10^{14} M_{solar}$ とした。

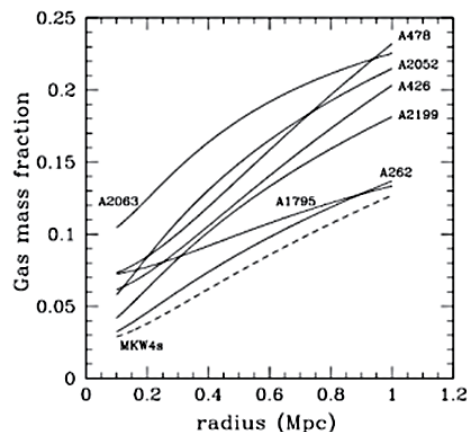


図1 銀河団の半径と Gas mass fraction (Hrdecky et al. 2000)

3. 観測・解析

<観測>

日時：2014年12月23日(水) 18:32-19:00

天体：Abell 426

場所：仙台市天文台

望遠鏡：口径 1.3m ひとみ望遠鏡

観測方法：銀河団内には、ガスも星も銀河もたくさんあり、統計的な観点で検証できるため、銀河団を観測した。時間的に Abell 426 内すべての領域を観測することはできなかったため、全体の3分の1の領域のさらに約3分の1を観測した。観測できた部分は、図2の実線を全体の3分の1とした時の点線部分である。フィルターはルミナンスを用いて、撮像観測で行った。

<解析>

Makali'i を用いて解析。撮像データには、銀河と恒星がどちらも写っているので判別する必要がある。マカリにはグラフ機能があり、線を引いた始点から終

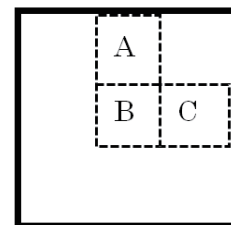


図2 観測領域。

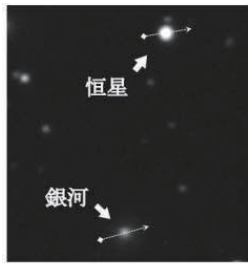


図3 銀河と恒星の判別

点までの距離と明るさのグラフを作ることができる。恒星に対してこのグラフを用いた場合は曲線となるが、銀河の場合、グラフはギザギザとしたものとなる。それは、銀河が恒星の集まりであり、発せられる明るさが一定でないためである。(図3・図4・図5) この判別方法により、銀河を特定することができる。

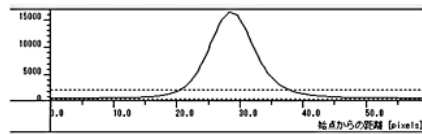


図4 恒星のグラフ

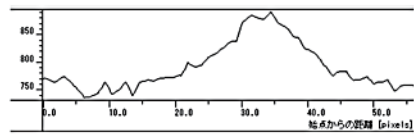


図5 銀河のグラフ

4. 結果

今回の観測範囲から(1)、(2)を求めるために、Abell 426 全体が球でありその中には銀河が一樣に広がっていると仮定した。しかし実際には、観測した銀河 121 個の中で、図2のB内の銀河が71個と、Aの17個とCの33個に比べ多く確認されたので、銀河団内の質量を算出するにあたってBの部分のみを重みづけして推測した。よって、A,B,Cから得られた銀河の質量をそれぞれ M_A , M_B , M_C , Abell 426 の三分の一の領域の質量を $M_{\frac{1}{3}}$ とおくと、次の(4.1)式が得られる。

$$M_{\frac{1}{3}} = M_B + \frac{(M_A + M_C)}{2} \times 8 = (3.89E+13) + \frac{[(1.09E+13) + (1.59E+13)]}{2} \times 8 \quad \dots (4.1)$$

Abell 426 は地球から約2億5000万光年と十分離れているため、銀河団における実際の観測している範囲(図6の——)は角柱(図6の- - -)として近似できる。今回の検証で対象とするのはAbell 426の半径の1/3の部分なので、その(図6の.....)質量の体積は銀河団全体の1/27より、求める質量を M_{gal} 、銀河団全体の銀河の質量を M_{all} とすると

$$M_{gal} = \frac{1}{27} \times M_{all}$$

このとき、銀河団全体と角柱の体積の比を考える。今回観測した角柱の底面は銀河団の半径の約2/3倍の長さを持つ正方形なので、球と角柱の体積の比は、

$$\frac{4\pi}{3} \times 1 \times 1 \times 1 : \frac{2}{3} \times \frac{2}{3} \times 2 \sim 4.72 : 1$$

これを実際の観測領域分に相当するように補正をし、さらに銀河が一樣に分布しているという仮定より、銀河団全体と観測予定範囲の質量比は体積比に比例するので、

$$M_{all} : M_{\frac{1}{3}} \sim 6.58 : 1$$

よって、

$$M_{all} = 6.58 \times M_{\frac{1}{3}}$$

これより、

$$\frac{\Omega_b}{\Omega_b + \Omega_{DM}} = \frac{M_{gal}}{\text{ビリアル質量}} = 2.22 \times 10^{-15} \times M_{\frac{1}{3}}$$

(4.1)式に観測値を代入すると、

$$\frac{\Omega_b}{\Omega_b + \Omega_{DM}} = 0.32 < 1$$

が得られた。よって、ダークマターは存在すると証明できた。

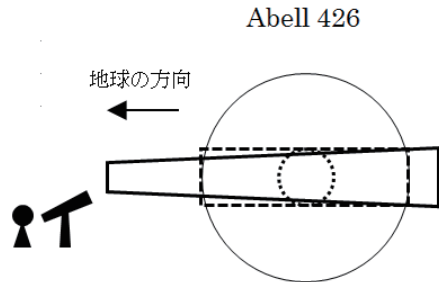


図6 横から見た銀河団の観測範囲

5. 今後の課題

今回の検証において、観測で銀河団内の銀河を判別する際に、観測した画像には、Abell 426に属さない手前の銀河や奥の銀河も含まれていた。しかし、それらすべてもAbell 426内の銀河であるとみなして値をとったので、 Ω_b は真の値より大きくなっていると予想される。これによって $\frac{\Omega_b}{\Omega_m}$ の値を大きく見積もっていると考えられるが、それでも $\frac{\Omega_b}{\Omega_m}$ は1より小さいという結果から、これによるダークマターの存在証明への影響はないと考えられる。しかし仮定や不確定な要素が多いなど、改善すべき点はたくさんあるので、この改善点をこれからの研究に活かしていきたい。

6. 謝辞

今回のこの研究を行うにあたりたくさんの方々にお世話になりました。板由房先生をはじめとした、東北大学の先生方、初日から最終日まで私たちを手厚く指導くださったTAのみなさん、また、観測するにあたって夜遅くまでお手伝いいただいた仙台市天文台の方々。最後まで優しく、時には厳しくご指導いただき、本当にありがとうございました。この場をお借りして御礼申し上げます。

参考文献

- 現代の天文学 銀河 I
- V.HRADECKY (2000)

クェーサーの観測による宇宙膨張の実証

鈴木 沙也香（高2）【茨城県立竹園高等学校】

廣田 美香（高2）【鉾田市立鉾子高等学校】

遠藤 幹大（高1）【仙台市立仙台青陵中等教育学校】

金丸 尚雅（高1）【私立函館ラ・サール高等学校】

1. はじめに

私達は、宇宙がどうやってできたのかについて興味を持った。そしてビッグバン宇宙論が、宇宙誕生のシナリオの最有力候補であることを知った^[1]。ビッグバン宇宙論によると、宇宙は膨張し続けているとされている。果たしてそれは本当なのだろうか。

それを調べるために、遠くの日体と近くの日体の赤方偏移を測定して比較した。これは、宇宙が膨張していると仮定すると全ての日体は地球から遠ざかっており、さらに、近くの日体よりも遠くの日体の方が後退速度が大きくなるという特徴に基づくものである。このとき、日体の後退速度は、光の波長が赤い側にシフトする赤方偏移（ $z + 1 = \text{観測波長} \div \text{元の波長}$ ）として観測されるため、宇宙が膨張しているのであれば、近くの日体よりも遠くの日体の方が赤方偏移が大きく観測されるはずだという仮説が立てられる。この仮説を実証するために、私達は大きな赤方偏移量が観測できると考えられる、できるだけ遠くの日体を観測するべきだと考えた。そこで、私達はクェーサーを観測することにした。クェーサーはとても明るい光を発している日体で、遠くにあっても観測できるため、観測目的に適していると考えたからである^[2]。今回はクェーサーの1つである APM 08279+5255 の観測を行い、赤方偏移を測定した。また近くの日体として、M77 という銀河の赤方偏移を過去の観測データを解析して測定した。そして、これら2つの赤方偏移を比較することで、宇宙の膨張を実証していくことにした。

2. 観測

私達は、仙台市天文台の 1.3 m ひとみ望遠鏡を用いて、APM 08279+5255 というクェーサーの測光観測を行った。測光観測とは、日体から届く光のうち決められた波長帯の明るさのみを観測する方法である。つまり、測光観測によって、日体の波長帯ごとの等級を知ることができる。今回は、ひとみ望遠鏡に備えつけられているフィルターのうち、B, V, R, I バンドに相当する4つの波長帯のフィルターを用いて観測した。当初は12月23日に各バンド120秒露出で4枚ずつ観測する予定であったが、天候不良のため12月25日に延期となり、各バンド1枚ずつの観測結果となった。

3. 結果

今回の観測で得たデータを、画像解析ソフト Makali を用いて解析した。クェーサー (APM 08279 + 5255) の等級を測定するにあたり、標準星は同じ視野内で等級が分かっている恒星を用いた。観測データでは日体の明るさがカウント値として示されているため、以下の式を用いてクェーサーの等級を求めた (表 1)。

$$m_{\text{qso}} = -2.5 \log(C_{\text{qso}}) + \{m_{\text{std}} + 2.5 \log(C_{\text{std}})\}$$

(m_{qso} : クェーサーの等級、 C_{qso} : クェーサーのカウント値、
 m_{std} : 標準星の等級、 C_{std} : 標準星のカウント値)

表 1：キューサーの観測結果と文献値

バンド	B	V	R	I
観測結果	17.6 ± 0.09	16.7 ± 0.06	15.0 ± 0.02	14.5 ± 0.05
文献値 (SIMBAD)	19.2	—	14.5	13.9

この結果から、キューサーの測光赤方偏移 z を求めた。測光赤方偏移とは、天体のモデルスペクトルと測光観測による各バンドの明るさを比較して導かれる赤方偏移のことである。今回の観測から、 $z = 4.1$ が求められた。

またキューサーの絶対等級が、活動銀河核の理論的光度であるエディントン光度で決まっていると仮定すると、キューサーの R バンドにおけるみかけ等級と絶対等級の差から、キューサーまでの距離が 1.5 Gpc (約 50 億光年) と求められた。

また、過去にひとみ望遠鏡を用いて分光観測された M77 のスペクトルデータを解析し、M77 の赤方偏移について $z = 0.007$ が求められた。M77 までの距離については、参考文献から 14.4 Mpc (約 4700 万光年) という値が得られた。これらの結果をまとめると図 1 のようになる。

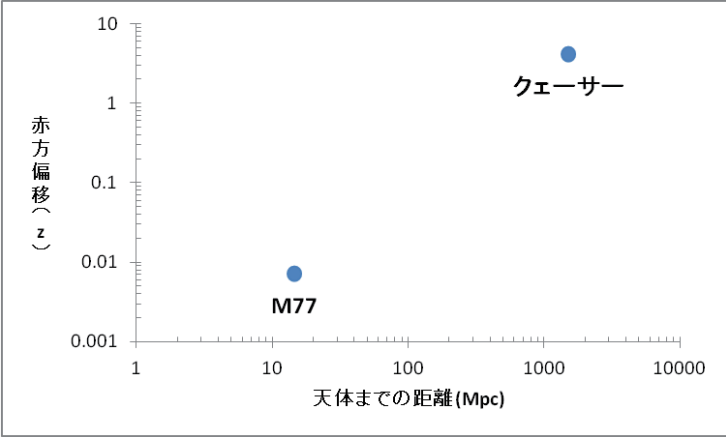


図 1：天体までの距離と赤方偏移の関係

4. 考察

結果より、キューサーの方が M77 と比べ地球からの距離が遠く、赤方偏移量も大きいということが分かったため、宇宙は膨張しているということが言える。

さらに別の観点から見ると、キューサーの赤方偏移量は $z = 4.1$ であるということが分かり、これが光のドップラー効果の式によるものの場合、後退速度を表す式は $v = cz$ となる。この式にこの数値をあてはめると、キューサーの後退速度は $v = 4.1 c$ という結果が導かれ、キューサーが光速の 4.1 倍の速度で後退していることを表す。しかし、この結果は質量を持つ物体は光速を超えられないという原理に反してしまう。このようなことが起きた原因として、ドップラー効果の式だけではこの現象は説明しきれないと考えることができる。するとこの結果は、キューサー自体が後退しているのではなく、宇宙空間そのものが膨張しているためと考える方が良い事を示している。

これら二つの観点から得た証拠から、宇宙は膨張しているということが実証できた。

[1] 佐藤勝彦・二間瀬敏史 編、「シリーズ現代の天文学 2 宇宙論 I」、日本評論社
[2] 谷口義明・岡村定矩・祖父江義明 編、「シリーズ現代の天文学 4 銀河 I」、日本評論社

デジタルカメラによるSN2014Jの RGB光度曲線と距離及び星間吸収について

荒木佑斗、岡本鴻、北村直也、中井俊希、古山達也、山本賢雅

【埼玉県立豊岡高等学校 天文部2年次】

1、はじめに

SN2014J は、1 月 21 日にイギリスのロンドン大学の Steve J .Fossey 氏が実習授業前のデモで、M82（不規則銀河）に望遠鏡を向けたところ、この Ia 型超新星を発見した。我々は、発見された三日後の 1 月 24 日から始め 3 月 17 日までの計 14 夜観測した。撮影機材は冷却 CCD ではなく CMOS イメージセンサー搭載のデジタル一眼レフである。観測した画像を研究し RGB の光度曲線を求め超新星までの距離を求めた。距離の結果は星間吸収の可能性があり、M82 より遠くなった。

2、観測

観測場所埼玉県入間市豊岡 1-15（北緯 35°50'05"東経 139°23'36"）学校の渡り廊下

観測日 2014 年 1 月 24 日～3 月 17 日の計 14 夜

観測機材 高橋製作所 μ -210(口径 21cm ドール・カーカム式反射望遠鏡) ,PENTAX K-5

(CMOS イメージセンサー) ,高橋製作所 μ フラットナーレデューサー,

天体自動導入ソフトアストロアーツ社ステラギア

撮影方法 ノーガイドで、レデューサーを介した、直焦点撮影。カメラモードをマニュアルにして ISO 感度を 3200 に設定し撮影時間を 15 秒に設定し 10 枚撮影した。撮影中に自動的にダーク減算するようにし、フラット撮影は廊下の蛍光灯下の壁で汚れのないものを選び、ISO 感度は 3200 でフリッカーが起きないようにするため、撮影時間を 1/15 秒に設定し 10 枚撮影。画像は RAW(14 bit) 形式で保存した。

3、解析



(1) 画像処理

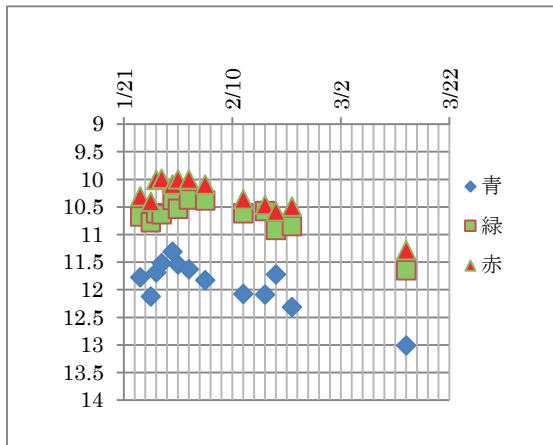
撮影した画像を星空公団の raw2fits で RAW から FITS に変換して RGB に分解した。そして国立天文台の画像処理ソフト makali`i を使用して、画像をフラット処理し、宇宙線の影響を受けないようにするため、中央値で 10 枚画像を合成した。

(2) 測光と見かけの等級

測光の基準にした星は、上の図の 2 月 2 日の丸で囲まれた星で、TYCHO-2 のデータベースから B 等級が 11.54 等級、V 等級が 10.63 等級、R 等級が 10.4 等級である。観測した画像の RGB の光度を緑画像からの測光値を使った明るさを g 等級と呼ぶことにする。同様に、

観測した青画像の見かけの等級を b 等級、赤画像のを r 等級とする。これは V 等級 B 等級 R 等級に相当するが、ジョンソンフィルターシステムは使っていないので同じではない。

4、結果と考察



Ia 型超新星 SN2014J について、以下のことが言える。 b 等級の見かけの等級では、1 月 30 日が極大となって、その後暗くなっている。極大は b 等級で 11.3 等級である。

b 等級の光度曲線(左の図参照)の青からピークとピークから 15 日目の光度を求め、その値を $\Delta m15(b)$ とする。

G.Altavilla ほか (2004) の先行研究結果から、 $\Delta m15(b)$ の値(11.31 等)としたとき絶対等級の値にすると $M = -18.85$ になる。この絶

対等級を $M = m + 5 \log_{10} d$ に代入して超新星までの距離を求めた場合 3260 万光年という値が出た。NED で調べた M82 までの距離 1200 万光年で 2 倍ほどの値になっていた。RGB 光度曲線から極大の青が 11.3 等、極大の緑が 10.3 等で等級差が 1 等級あった。

その事から星間吸収の可能性を考え、色指数 $b-g$ ($B-V$ に相当する) を使って調べた。 B の値は青のピークの b 等級を V は緑のピークの g 等級を使用した。先行研究から、 Ia 型超新星は $B-V=0$ 前後になるはずなのに $\Delta m15(b)$ を調べたところ、 $b - g = 0.94$ になった。この事から色指数で言うと、白くなるはずの超新星がかなり赤みを帯びて光っており、星間吸収が起こっている可能性がある。

5、まとめ

- ・合成した画像を測光した結果、SN2014J が M82 に比べ、距離が 2 倍近く離れている事と赤みを帯びている事から、星間吸収があることが分かった。
- ・今回の観測から CMOS イメージセンサー搭載の一眼レフカメラで撮影しても、良好な結果が得られた。
- ・今回の研究結果から、青い光が多く吸収されていることが分かったので、今後は吸収の原因。また、 $B-V$ と $b-g$ の関係を調べていきたい。

6、参考文献

www.astroarts.co.jp/ (astroarts)

<http://www.rochester astronomy.org/sn2014/sn2014j.html> (Bright supernovae page)

G.Altavilla ほか, Cepheid calibration of Tyre Ia supernovae and the Hubble constant, Mon. Not. R. Astron. Soc. **349**, 1344-1352 (2004)

<http://www.nao.ac.jp/others/Makalii/index.html> (国立天文台 makalii`i 配布サイト)

www.kodan.jp/products.php (星空公団)

<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/> (ストラスブルグ大学)

銀河の分光観測によるハッブル定数の決定

石井 菜摘 (高 3) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

1. 概要(Abstract)

兵庫県立大学西はりま天文台で 2014 年 6 月 3 日と 9 日に観測された M101 と M100 の分光画像を解析して H_α 線の赤方偏移を測定し、赤方偏移をドップラー効果によるものとみなして 2 銀河の後退速度を算出した。2 銀河は距離が定められており、ハッブルの法則からハッブル定数を決定した。

2. 目的(Purpose)

M101 はおおぐま座の方角で地球からの距離は $7.4 \pm 0.6 \text{ Mpc}$ (Kelson *et al.* 1996) M100 はおとめ座の方角で距離は $16.1 \pm 1.3 \text{ Mpc}$ (Ferrarese *et al.* 1996) である。距離が既知の銀河を観測することによりハッブル定数を決定する。

3. 方法(Method)

◇ 観測対象・観測日

M101 (RA:14h03m12s, DEC:+54d20m54s) ・ 2014 年 6 月 3 日 (600s×1)

M100 (RA:12h22m54s, DEC:+15d49m20s) ・ 2014 年 6 月 9 日 (1200s×3)

◇ 観測装置・検出器

西はりま天文台 なゆた望遠鏡 (2.0m 反射望遠鏡)

可視光中低分散分光器 MALLS (Grating 1800, 0.8", R=7000)

リダクションにはアメリカ国立光学天文台の IRAF を使用し、ダーク引き・フラット割りを行った上で、Fe-Ne-Ar の比較光源を撮影したコンパリソンを用いて波長同定を行った。ただし、分光標準星によるスペクトルの強度較正は行っていない。解析には国立天文台の「すばる画像処理ソフト makali'i」を使用し、 H_α 輝線 (6563 Å) の赤方偏移を、グラフ機能を用いて測定した。M100 に関してはカウント値が小さかったため、1200s 積分の画像を 3 枚足し合わせた。銀河の距離 r と後退速度 v は H_0 を定数(ハッブル定数)として比例の関係にあり (3.1) 式で表せる。

$$v = H_0 r \quad \cdots (3.1)$$

解析から得られる後退速度 V は、光速を c 、観測された波長を λ 、地球上での静止波長を λ_0 として (3.2) 式で表せる。 V は太陽系に対する後退速度(Heliocentric radial velocity)であるので、銀河系に対する後退速度 v に (3.3) 式を用いて補正した。 l, b はそれぞれ銀緯、銀経である。

$$V = c \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \quad \cdots (3.2)$$

$$v = V + 9 \cos l \cos b + 232 \sin l \cos b + 7 \sin b \quad \cdots (3.3)$$

4. 結果(Result)

測定誤差を少なくするため、波長を 5 回測定して最大値と最小値を除いた 3 つの値の平均値を偏移後の H_{α} の波長とした。波長 λ の平均値は、M101 は 6568Å(Fig.1)、M100 は 6596Å(Fig.2) となった。これと $\lambda_0=6563\text{\AA}$ を(3.2)式に代入し、さらに(3.3)式で補正した速度は、M101 は 347km/s、M100 では 1460km/s となった。

(3.1)式から、ハッブル定数は M101 で 43~51km/s/Mpc、M100 で 83~98km/s/Mpc となった。

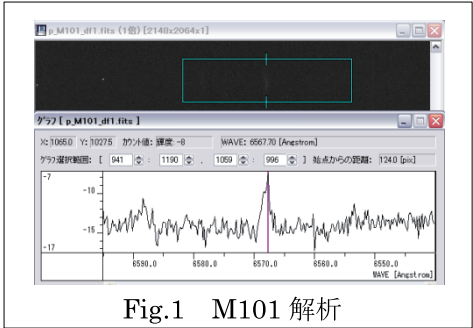


Fig.1 M101 解析

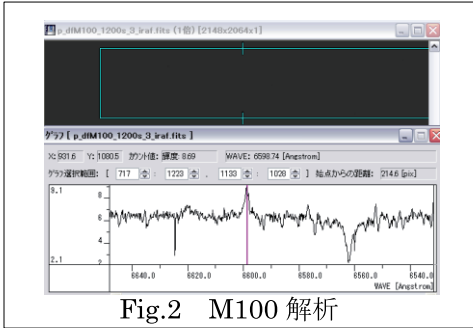


Fig.2 M100 解析

5. 考察(Discussion)

本研究ではハッブル定数は銀河の速度だけによって決まる。ここで、ハッブル定数は Hubble Space Telescope Key Project で $72 \pm 8 \text{ km/s/Mpc}$ ^[1]とされている。 $H_0 = 72$ を(3.1)式に代入して得られる後退速度は M101 では 490~576km/s、M100 では 1070~1250km/s となっている。

ここで、銀河同士にはたらく力について考える。M101 は銀河系の近傍にあり、M100 はおとめ座銀河団に属している。一般に、銀河の速度には後退速度($H_0 r$)以外に銀河同士の重力などの影響を受けて数 100km/s 程の特異速度が生じる。これを無視するためには後退速度が 1000km/s よりも十分に大きい必要がある^[2]。

したがって、M101 は銀河系に引かれる方向に力が生じて特異速度が発生しているため、期待される後退速度より小さく、M100 はおとめ座銀河団に属していることによる影響があると考えられる(Fig.3)。

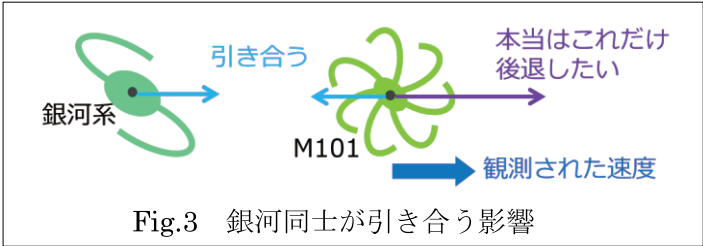


Fig.3 銀河同士が引き合う影響

6. 参考(Reference)

- [1] Wendy L. Freedman *et al.*, *Apj*, 553:47-72, 2001 May 20
- [2] Houjun Mo *et al.*, "Galaxy Formation and Evolution", pp.34

本研究にあたり西はりま天文台の森鼻久美子研究員に観測データを頂いて、観測と解析を指導して頂きました。末筆ながらお礼申し上げます。

光と水による鉄カンラン石の変化 3 -電子顕微鏡による鉄カンラン石の観察-

山下滉明, 鷲森拓夢, 高坂賢弘, 倉田雄生, 河崎零士(2年),
木村航介, 稲葉陽斗, 比嘉丈博(1年)【大田区立南六郷中学校宇宙科学部】

1. はじめに

火星はなぜ赤いのか? それは火星の表面が酸化鉄に覆われているからだと言われている。また, 過去の火星上には湖や川など, 水があった痕跡が見つかった。そこで, 南六郷中学校宇宙科学部は, 火星の岩石が水に浸ったまま紫外線を浴びる環境があった場合, 岩石にはどのような変化が起こるのか, それは火星に酸化鉄が多いことに関係するのかを調べている。この実験では, 火星上に多く存在する可能性が高いといわれる鉄カンラン石を用いている。

2. 目的

本実験では, 過去の実験より表面変化をわかりやすくするために, 鉄カンラン石の表面を平らに加工した。精製水に浸した加工済み鉄カンラン石に波長・照度の異なる紫外線と, 蛍光灯の光を当てたときの変化の違いを USB 顕微鏡と電子顕微鏡を使って調べる。

3. 使用した試料, 器具, 装置等

鉄カンラン石(東京都三宅島産), 石英試験管, パイレックス試験管, シリコン栓, 紫外線照射装置 6 号, 波長の異なる光の照射装置, 精製水, 紙やすり, ピカールネリ, ピカール金属磨き

4. 試料の加工

これまでの実験よりも鉄カンラン石の表面変化をわかりやすくするために, 表面を平らに加工した。最初に不飽和ポリエステル樹脂に鉄カンラン石を入れ, 硬化剤をいれて固める。次に, 紙やすり, 鉋物研磨用やすり 1000 番, 鉋物研磨剤ピカールネリ, 液状金属磨きピカールの順番で研磨する。最後に, アセトンを用いて試料を取り出し, 精製水で洗浄後実験に使用した。

5. 実験方法

- 鉄カンラン石試料を, 2 個 1 セットとして 5 セット用意する。各セットの 2 つの試料の名称をそれぞれ A, B とする。
- 4 本の石英試験管に, それぞれ鉄カンラン石試料 1 セットと, 10 分以上煮沸した精製水を試験管の口から 2cm の所まで入れ, シリコン栓をする。石英試験管を使用した理由は, 紫外線を 99%通過させるためである。
- パイレックス試験管に, 鉄カンラン石試料を 1 セットと精製水を入れ, 光を遮断するためにアルミホイルを巻きつける。
- 4 本の石英試験管に入れた試料の名称を uvCS, uvC, uvA, f, パイレックス試験管に入れた試料は nf とし, それぞれに表 1 の光を照射する。
- 電子顕微鏡, USB 顕微鏡による表面観察を行う。

表 1 実験に使用した光

光の種類	波長 [nm]	照度 [mw/cm ²]	試料の名称	備考
紫外線 C	200~290	2.11	uvCS	殺菌灯で強力な紫外線 C を試料に照射した。
紫外線 C	200~290	1.66	uvC	殺菌灯で uvCS よりも弱い紫外線を照射した。
紫外線 A	320~400	0.55	uvA	uvCS, uvC と違う波長の紫外線 A を照射した。
自然光	400~760	0.08	f	蛍光灯の光を照射した。
光なし	—	—	nf	試験管をアルミニウムで包み, 熱のみを与えた。

6. 実験結果

実験は, 2014 年 2 月 13 日から 2014 年 4 月 10 日までの 89 日間行った。なお, 実験装置内の温度は, 紫外線照射装置 6 号 (uvCS の試料に紫外線を照射したものは 20~30℃, 波長の異なる光の照射装置は 30~50℃であった。

・電子顕微鏡での観察結果

電子顕微鏡で撮影した鉄カンラン石の写真に網目をかけ, 傷がついた部分と傷がついていない部分のマス目をそれぞれ数え, 表面変化の割合を, 次のように求め, 結果を表 2 にまとめた。

$$\text{表面変化の割合 [\%]} = (\text{変化したマス目の数}) \div (\text{合計のマス目の数}) \times 100$$

表 2 電子顕微鏡で観察した鉄カンラン石の表面変化の割合

試料名称	uvCS	uvC	uvA	f	nf
A の変化の割合 [%]	12.8	10.3	6.8	5.5	2.5
B の変化の割合 [%]	(69.6) ※ 2	12.6	12.4	11.1	7.2
A, B の合計の変化の割合 [%]	12.8	16.2	9.8	9.1	4.0

※A, B の合計の変化の割合 [%] は (各試料の A と B の変化したマス目の合計) ÷ (各試料の A と B のマス目の合計) × 100 の計算をして求めた。

※表 2 の uvCS-B の試料は、実験後に大きく試料が欠けたが、それが紫外線によるものであると断定できないため、測定に使用せず、「合計」にも使用しなかった

・USB 顕微鏡での観察結果

uvCS:色の透明度が無くなり、黒い斑点が見られなくなったところや、ぼやけたところがある。表面がざらついたように見える。試料が欠けた。光沢は uvA よりも失われた (図 1)。

uvC:色の透明度が無くなり、黒い斑点が見られなくなった。光沢は f よりも失われた (図 2)。

uvA:色の透明度が無くなり、表面に傷がついた。光沢は uvC より失われた。

f:色の透明度が無くなり、黒い斑点が見られなくなったところがある。表面に傷がついた。

nf:色の透明度がなくなり、表面に傷がついた。他の試料とは逆に黒い斑点が見られるようになった。光沢は f と同程度失われた (図 3)。

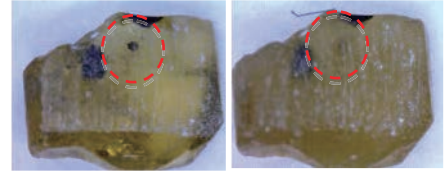


図 1 uvCS-A の試料 (左: 実験前 右: 実験後)

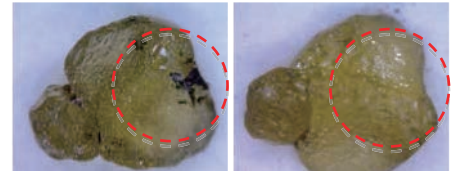


図 2 uvC-A の試料 (左: 実験前 右: 実験後)

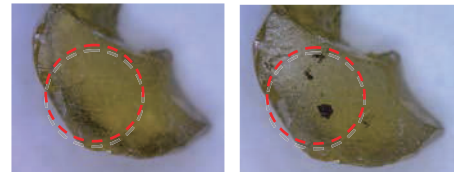


図 3 nf-B② の試料 (左: 実験前 右: 実験後)

7. 考察

電子顕微鏡による表面観察では、変化の割合は $uvC > uvCS > uvA > f > nf$ の順になった。これらの結果から、前回と同じように (宇宙科学部 2014)、紫外線 C や紫外線 A と水は、鉄カンラン石の風化を促進させる可能性が高いことが確認できた。今回、電子顕微鏡により前回よりも詳しく観察できたが、試料の不足、温度の条件がそろっていないなど変化の違いを見るのには不十分だったため、今後、試料の数を増やし繰り返し実験を行っていく必要がある。

今後の課題

実験装置内の温度は、紫外線照射装置 6 号 (uvCS の試料に使用) は 20~30℃、波長の異なる光の照射装置 (uvC, uvA, f, nf の試料に使用) は 30~50℃で、室温によって毎日変化している。そのため同じ照度の光を温度条件のみ変えて水に浸した鉄カンラン石に照射し、温度による変化への影響はどのくらいあるのか調べる必要がある。

また、鉄カンラン石の表面にある、黒い斑点は何なのかを、電子顕微鏡などを使って突き止めること、火星の環境に近づけるために真空状態にして紫外線を当てることなどが課題である。

今回の実験で uvCS-B の試料が欠けた。この原因が紫外線によるものと断定できないので、実験後の試験管を調べるだけでなく、追加実験も必要であると考えている。

8. 参考文献

- ・大田区南六郷中学校宇宙科学部 (2013) : 光と水による鉄カンラン石の変化, 日本天文学会 2013 年春季年会第 15 回ジュニアセッション講演予稿集 172, 173
- ・大田区南六郷中学校宇宙科学部 (2014) : 光と水による鉄カンラン石の変化 2, つくば Science Edge 2014 Abstract 359~362

9. 謝辞

この実験研究を進めるうえで、電子顕微鏡を使わせてくださり、また的確なアドバイスをくださった、東京理科大学理学部物理学科川村研究室の皆様にご感謝します。ありがとうございました。

表紙 「ラブジョイ彗星(C/2014 Q2)と M45」

オーストラリアのラブジョイ(T. Lovejoy)さんが、2014 年 8 月に発見した彗星が、1 月から 2 月にかけて 4 等級で 10 度を越す長い尾を見せていた。写真は、2015 年 1 月 20 日の撮影。135 mmの望遠レンズで、短辺が 10 度の長さである。星の集団は、M45、プレアデス星団、日本名「すばる」である。

撮影・文 大西浩次

ジュニアセッション実行委員会・世話人

実行委員	大西 浩次（委員長）、石川 直美、篠原 秀雄、鈴木 文二、畠 浩二、山岡 均
世話人	飯塚 亮、石田 光宏、小野 智子、谷川 智康、内藤 博之、永井 智哉、
	西村 昌能、船越 浩海、松本 直記、吉川 真
アドバイザー	縣 秀彦、高橋 典嗣、長谷川 直子、渡部 潤一

紙面構成 中田 彩子

印刷 株式会社 明友社