

日本天文学会 2017年 春季年会

JUNIOR SESSION



2017年3月15日～18日
於 九州大学 伊都キャンパス

日本天文学会 2017 年 春季年会

第 19 回 ジュニアセッション予稿集

2017 年 3 月 15 日～18 日

日本天文学会 第19回ジュニアセッションへようこそ

公益社団法人 日本天文学会
会長 市川 隆

ジュニアセッションは2000年の春季年会から数えて今回で19回目となりました。今年も天文学の様々な分野から82件の発表があります。プログラムを見ると皆さんの熱意と努力が伝わってきます。

研究の成果を発表するという事は、研究の総仕上げでもあります。発表がなければ誰もその努力や新しいアイデアを知ることができません。研究発表に優劣はありません。科学の成果は何十年も経ってから評価されることもあるからです。研究の評価を私たちがするのは困難です。ノーベル賞を見ればわかります。多くの成果はずっと以前に発表されたものが、最近になってやっと評価されたものです。皆さんの発表もそのような可能性を持っています。また他の人の発表を聞くことも大変勉強になります。新しいアイデアが浮かぶかもしれません。研究の立案から成果の発表に至る過程で頑張った皆さんは自分では想像がつかないほど成長していると思います。どうぞ自信をもって発表に望んで下さい。

今年もタイからの高校生の発表があります。天文学は世界共通です。言葉はなかなか通じないかもしれませんが、天文学の勉強をしてきた皆さんにはその発表の内容は理解できるはずです。どんな分野でも国際交流はますます活発になっていきます。この機会が皆さんの国際交流のきっかけとなってもらえたらうれしく思います。

このジュニアセッションと同じ会場で、プロの天文研究者の発表が行われています。最先端の天文学の発表がたくさんあります。皆さんがそのような発表に直接に接する機会はなかなかないかと思います。是非その雰囲気も味わってください。天文学の重要性、面白さを感じることができるかもしれません。

会場にはたくさんの学校から大勢の仲間が集っています。交流を深める良いチャンスです。このジュニアセッションをきっかけにして、学習や研究活動がさらに活発になることを期待しています。

日本天文学会 2017 年春季年会

第 19 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

【口頭セッション】 : 2017 年 3 月 18 日 (土) 9:30 ~ 16:15

会場：九州大学 伊都キャンパス 椎木講堂 (J会場)

【ポスターセッション】: 2017 年 3 月 18 日 (土) 10:30 ~ 13:30

ポスター会場：九州大学 伊都キャンパス 椎木講堂

※ポスター掲示は年会の会期 (3 月 15 日~18 日) を通して可能

【2017 年 3 月 18 日 (土) のスケジュール】

8:45 受付開始

9:30 口頭講演 (J会場)

座長：林 左絵子 (国立天文台ハワイ観測所)

タイセッション T01-T06 (各講演 4 分) + 質疑 6 分

ショートプレゼンテーション (各講演 1 分)

10:30~13:30 ポスターセッション (コアタイム), 昼食

13:30 口頭講演 (J会場)

座長：中西 裕之 (鹿児島大学)、島ノ江 純 (八女学院高等学校・中学校)

セッション I 太陽系天体 : 2、4、6、7、10、12、13
(各講演 4 分) + 質疑 5 分

セッション II 恒星・系外惑星 : 17、18、19、21、24、26、27、28
(各講演 4 分) + 質疑 5 分

セッション III 星雲・星団・銀河 : 29、31、35、37、40、41、42
(各講演 4 分) + 質疑 5 分

セッション IV 位置天文・宇宙開発 : 46、48、51、54、55、57
(各講演 4 分) + 質疑 5 分

セッション V 星空環境・装置開発 : 65、70、71、73、75、76
(各講演 4 分) + 質疑 5 分

16:15 終了

目 次

Thai Session タイセッション

T01	The relationship between sunspots and solar flares	12
	Rachata Khueanthana 【Srisawatwittayakarn Nan School】	
T02	The study of the moon's orbit by Kepler's second law	13
	Sidarat Khamphakdee 【Princess Chulabhorn Science High School Mukdahan】	
T03	Measuring the orbital period and eccentricity of the moon by its apparent size	14
	Lakkhana Saeli 【Kaenoisuksa School】	
T04	A study of the Lunar apparent area by the Lunar libration	15
	Natthida Jeamhuadlee 【Piboonbumpen Demonstration School Burapha University】	
T05	The Study of Affected Factors for Twinkle Stars	16
	Kunlanan Lapanan 【Princess Chulabhorn Science High School Mukdahan】	
T06	How to make a simple spectroscope by DSLR	17
	Kamonrat Sitthinu 【Nongbuadaengvittaya School】	

セッションI 太陽系天体

01P	流星による熱圏・電離層の観測	18
	鈴木 湧平 (高3) 【宮城県古川黎明高等学校 自然科学部】	
02	回折格子による流星痕の分光観測 ～流星が酸素を光らせる！？～	19
	吉弘 有里、内田 月読 (高2)、古賀 かりん、江口 矢起、北島 侑和 (高1) 【佐賀県立佐賀西高等学校 サイエンス部 地学班】	
03P	分光観測による3彗星の成分変化	20
	奥本 隼也、杉本 眞子、西川 拓大、山本 玲美 (高2) 【奈良県立青翔高等学校】	
04	月面でのクレーターカウンティングによる『地球ブラインド効果』の検証	21
	永田 広平、山本 清、樹山 さくら (高3) 【関西創価高等学校 関西創価学園 MoonKAM Project Team】	

05P	火星最接近時の衝効果による明るさと色の変化	22
	時政 壮真、小紫 颯太郎（高1）、大崎 幹太、上岡 史弥、角谷 僚太郎、兼光 琴音、 武田 龍（高2）【兵庫県立大学附属高等学校 自然科学部 天文班】	
06	火星の夕焼けはなぜ青いのか？ —酸化鉄の微粉末を用いた青い夕焼け再現実験！—	23
	渡邊 千恵（中1）【京都府相楽東部広域連合立和東中学校】	
07	火星のスペクトルの特徴を探る ～デジタル一眼レフカメラによる分光分析～	24
	安藤 穂香、佐々木 歩夢、林 来夢、山崎 楓（高2）【兵庫県立龍野高等学校】	
08P	重力可変装置を製作し、火星表層の水の流れを解析する	25
	神野 佑介、戸田 拓邦（4年次）、中村 圭太（3年次）、 新居 優太郎、今林 潤、永田 英（2年次）【大阪府立春日丘高等学校 定時制 科学部】、 柏木 ハツエ、佐古 佐世子（3年次）、鴈金 舞、鄭 喆心、廣岡 陽子、森本 拓輝（2年次） 【大阪府立大手前高等学校 定時制 科学同好会】	
09P	木星の大赤斑の変化	26
	尾上 創、前田 夏奈、熊本 千夏（高専3）、朝比奈 雄志、松田 稜哉、岩浅 大輝（高専2）、 尾崎 匠、平野 聡、平木 志虎（高専1）【米子工業高等専門学校 科学部】	
10	自作望遠鏡（ケレス3）で行った小惑星の測光観測	27
	溝口 智貴、田中 暁、中田 篤志、中村 俊介、廣野 河世、森内 翔太（高2）、 渡邊 歩、木寅 沙也果、古家後 はるか、小山 息吹、中井 まりあ、森本 一成（高1） 【兵庫県立三田祥雲館高等学校 天文部】	
11P	小惑星の軌道長半径と色の関係	28
	原 琴音、樋口 陽日（中1）【新島学園中学校】	
12	ライトカーブと形状モデルから探る小惑星の表面特性	29
	土屋 健太郎（高3）【那須高原海城高等学校】	
13	Mクラスフレアの観測に成功した ～輝度値の変化とポストフレアープの様子～	30
	深堀 未久、飯島 桃花、島津 かなめ（高2）【埼玉県立浦和西高等学校 地学部】	
14P	太陽の可視光像の観察とひので衛星画像との比較	31
	森 雄一郎（中3）【成蹊中学校 自然科学部】	
15P	太陽の黒点の蝶型図の作成とその考察	32
	田中 達也（高1）【修道高等学校】、井上 和思（中2）【修道中学校】	
16P	太陽の黒点相対数と磁気嵐の関係	33
	小林 祥之、竹縄 智広（高1）、井口 誠斗、江川 尚宏、菊岡 慧殊、手塚 友健、 矢口 大致（中3）【巢鴨中学校・高等学校 地学班】	

セッションII 恒星・系外惑星

17	全天スカイモニター映像を用いた変光星の観測	34
	北村 文里 (高1)【智辯学園和歌山高等学校】	
18	食変光星アルゴルの研究 ~デジタルカメラによる測光観測~	35
	青木 悠祐、坂本 龍哉、滝口 道雄 (高2)【金光学園高等学校】	
19	食変光星 DS AND の極小時刻を求める ~デジタルカメラ画像の測光から~	36
	富田 小冬 (中2)【一宮市立南部中学校】	
20P	変光星 BX (Peg)、CY (Aqr) の光度曲線と色指数の変化	37
	中里 海斗 (高1)【新島学園高等学校】、原 琴音、樋口 陽日 (中1)【新島学園中学校】	
21	脈動変光星 きりん座 BL (BL Cam) 測光観測	38
	金村 小春、辻 希 (高2)、松下 真美子 (高1)【兵庫県立舞子高等学校】	
22P	KIC 8462852 の測光観測結果と変光の原因をさぐる実験	39
	川野 美渚、尾上 茉子、都筑 奏、大内 雄登、山口 航輝、村山 智博、牧田 豪 (高2)、 小川 真司、稲留 直紀、小松崎 健、豊田 麗未、守屋 直希、沼部 恵、後藤 啓太、 吉武 晃生、芳賀 匠海、片山 夏生、鈴木 裕太、羽鳥 ひさ乃 (高1) 【成蹊高等学校 天文気象部】	
23P	ゴッホの見た星	40
	鎌田 奈々子、後藤 優華、佐野 由花、山田 菜由 (高2) 【埼玉県立春日部女子高等学校 地球科学部】	
24	超新星・新星残骸の観測から探る超新星・新星爆発のいろいろ	41
	銀河学校 2016 B 班：秋山 翔希 (高1)【早稲田実業学校高等部】、 井谷 友海 (大1)【京都大学】、 嶋田 理央 (高2)【東京都立白鷗高等学校】、松澤 晴子 (高1)【帝塚山高等学校】	
25P	分光観測による SS433 のジェットの変化	42
	岡崎 将大、笠原 高貴、阪口 海、藤本 尚軌 (高2)【奈良県立青翔高等学校】	
26	トランジット観測による 系外惑星 TrES-5b (Cyg)、WASP-52b (Peg) の惑星半径の算出	43
	中里 海斗 (高1)【新島学園高等学校】、飯野 聖希 (中3)【新島学園中学校】	
27	太陽系外惑星 Kepler-17b の測光解析	44
	篠田 佳吾、福島 悠介 (高専3)【津山工業高等専門学校】	
28	惑星の種類とその中心星の金属量の関係の調査	45
	もし天 2016 EXTRA 班：藤原 壮記 (高3)【愛媛県立松山南高等学校】、 柿沼 千智 (高2)【宮城県仙台台高等学校】、阿部 朋佳 (高2)【田園調布学園高等部】、 丸山 佳那子 (高2)【お茶の水女子大学附属高等学校】	

セッション III 星雲・星団・銀河

29	本校の望遠鏡を用いた M42 の測光と分光観測	46
	角田 柁 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	
30P	スペクトルに見る超新星残骸と惑星状星雲の違い	47
	内山 侑真、岡本 玲奈、北畑 翼、森田 樹里 (高2) 【奈良県立青翔高等学校】	
31	分光スペクトルの分析による星雲の年齢の測定	48
	織田 大輝 (高1) 【修道高等学校】、中丸 智陽 (中2) 【修道中学校】	
32P	仙台市天文台ひとみ望遠鏡による惑星状星雲の観測	49
	鳥谷 菜摘、菊池 奈央、那須野 美月、菅原 愛理 (高3)、細川 亮之介、煤田 将高、松川 里彩、三浦 瞳、佐藤 遥也、松山 優斗、及川 晃、八巻 匠 (高2) 【東北学院榴ヶ岡高等学校】	
33P	球状星団に見られるブルーストラグラーの HR 図を用いた考察	50
	浅井 飛音、河合 春奈、野田 涼真 (高2) 【愛知県立一宮高等学校 地学部】	
34P	デジタルカメラによる二重星団を用いた色等級の補正	51
	宮下 綾乃 (高2) 【埼玉県立豊岡高等学校】	
35	銀河系内の星団の分布と相対的な年齢の関係	52
	もし天 2016 FKT ^(‘宙を飛ぶ’) : 岡田 恵拓 (高2) 【東京都立日比谷高等学校】、 滝口 道雄 (高2) 【金光学園高等学校】、船木 美空 (高1) 【新潟県立新潟高等学校】、 船窪 花純 (高1) 【福島県立会津高等学校】	
36P	不規則銀河 Arp147 の見かけの等級の差 (B-V) の分布を可視化する	53
	野崎 信吾、中村 友哉、藤原 直音、伊藤 友、小原 悠里 (高2) 【岡山県立倉敷天城高等学校】	
37	銀河面のダストの分布と大きさ ~変光星の多色測光より~	54
	銀河学校 2016 C 班: 由佐 俊介 (大1) 【同志社大学】、 安田 優也 (高3) 【早稲田実業学校高等部】、小林 英里奈 (高2) 【晃華学園高等学校】、 齋藤 奈々美 (高2) 【湘南白百合学園高等学校】、高田 悠平 (高2) 【獨協高等学校】、 照井 孝之介 (高2) 【埼玉県立川越高等学校】、 岡本 尚子 (中等4) 【東京大学教育学部附属中等教育学校】、 田中 匠 (高1) 【栄光学園高等学校】	
38P	分光スペクトルの解析による銀河の回転速度の計測	55
	伊藤 連胆 (高1) 【修道高等学校】、阿曾沼 凌雅 (中2) 【修道中学校】	
39P	銀河の傾きや大きさなどの測定	56
	笛吹 一樹 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	
40	超大質量ブラックホールと銀河の成長	57
	もし天 2016 RAKKI☆: 桐生 真歩 (中等5) 【松本秀峰中等教育学校】、小島 真由子 (高2) 【京都府立洛北高等学校】	

41	分光観測による活動銀河核の分類	58
	遠藤 圭二、小森 湧生、貞清 勇輝、竹林 由貴（高2）【奈良県立青翔高等学校】	
42	銀河や銀河団における暗黒物質の割合	59
	もし天 2016 ダークマター班 ダークマター コスモロギー（仮：ジンギスカン）： 浜田 佳澄（高2）【大阪府立泉陽高等学校】、八木 大地（高2）【東北学院高等学校】、 藤岡 美香（高1）【神奈川県立座間高等学校】	
43P	ハッブル定数を用いた宇宙年齢の推定	60
	藤村 皓太（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	

セッションⅣ 位置天文・宇宙開発

44P	春分の日と秋分の日の日長が長い理由を観測したい！Ⅱ	61
	岡庭 佳泉、長谷川 千紗（高2）【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】	
45P	渋川春海は南中高度を正確に観測できたのか ～横梁型圭表儀の製作と江戸時代の観測の再現～	62
	小松 眞歩、荒川 愛莉、日下部 咲希（中2）、谷元 琴音（中3）【塩尻市立丘中学校】	
46	太陽の視半径の変化の観測から地球の公転軌道の離心率を求める	63
	日下部 咲希、安慶名 琉、中村 真慧（中2）、 赤坂 大知、大野 柚、鎌田 耀五、眞田 太仁、山本 楓人（中1）【塩尻市立丘中学校】	
47P	デジタルカメラの部分日食写真から求める月までの距離の誤差要因と精度	64
	伊藤 大朗（中1）【岐阜市立岐阜清流中学校】	
48	2段階パラシュートによる軟着陸 ～缶サット甲子園 2016 報告～	65
	中原 瑞基（高2）、田中 竜樹、谷川 祐介、松田 龍昇、西山 裕晟（高1） 【済美高等学校 自然科学部】	
49P	NASA Ames Space Settlement Contest への挑戦 2	66
	白石 顕太郎、藤井 あかり、鐘井 隆仁、細川 寛司、河野 駆（高2） 【済美高等学校 自然科学部】	
50P	ソユーズ宇宙船による地球周回中に 大西宇宙飛行士が感じた不快感についての考察	67
	五味 賢一（高1）、石関 康汰、山中 一智也（高2） 【東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部】	
51	宇宙食の研究	68
	中山 力、小日向 萌花、廣谷 彩乃、龍島 志崇、武井 香樹、宮澤 龍哉、加藤 翔大、大島 卓也、 澤田 綾乃、内藤 有咲、奥川 和輝、葛西 亨、久保 日向（高1）【星野高等学校 天文部】	

52P 私たちが考える火星移住	69
富田 達也、風間 優助、吉川 拓磨、安藤 強、青木 日向、廣木 詩絵里、武田 沙彩、 大澤 季紗貴、秋谷 美帆（高2）【星野高等学校 天文部】	
53P 人工衛星のジャイロ回転による姿勢制御の再現	70
小野沢 優太、岸 尚毅、佐藤 南海、松井 秀心、小林 世布子、安間 沙弥、西館 彩香、 飯塚 可恋、天沼 碧依（高2）【星野高等学校 天文部】	
54 スペースデブリの除去をめざして ～ライトカーブを用いた回転の様子と形状の決定～	71
荒木 梨花、ペレス前田 寿利明（高2）【福岡県立小倉高等学校 小倉高等学校SS天文研究会】	
55 静止軌道、デブリを探して九千里 ～小型望遠鏡で静止軌道上のデブリが撮影できるか？～	72
平川 泰山、大島 有貴（高2）、溝口 瑛斗、杉本 晋一郎（高1） 【福岡工業大学附属城東高等学校】	
56P タイタン探査による地球外生命体の技術応用	73
第15回 君が作る宇宙ミッション MUSES班：野村 健太（高2）【宮崎県立宮崎北高等学校】、 稲田 響（高2）【兵庫県立国際高等学校】、石橋 果歩（高2）【奈良県立奈良高等学校】、 渋井 理（高1）【福島県立会津高等学校】、早野 颯汰（高1）【大阪府立豊中高等学校】、 西野 真悠（高1）【埼玉県立伊奈学園総合高等学校】	
57 エアバックを用いた月の縦孔内部への直接着陸及び温度放射能測定と 内部撮影用カメラを搭載した「しんげん餅号」の技術実証の提案	74
第15回 君が作る宇宙ミッション PLANET班： 中原 千尋（高1）【益田永島学園明誠高等学校】、 山田 かん奈（高2）【名古屋市立北高等学校】、藤原 慎（高2）【愛光高等学校】、 竹内 菜摘（高3）【高水学園高水高等学校】、渡邊 真隆（高1）【山梨県立吉田高等学校】	
58P レーザーによる惑星着陸と探査時の移動補助	75
第15回 君が作る宇宙ミッション SOLAR班：石山 悠斗（高2）【千葉県立東葛飾高等学校】、 梶谷 響（高2）【八千代松陰高等学校】、片山 優（高2）【和歌山信愛高等学校】、 久保 竜希（高1）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、 高橋 怜花（中等5）【東京都立小石川中等教育学校】、宮田 佳奈（高1）【清風南海高等学校】	
59P 多波長・ニュートリノ観測による ロングガンマ線バースト発生機構検証システムの提案	76
第15回 君が作る宇宙ミッション ASTRO班：富田 慶吾（高3）【千葉県立船橋高等学校】、 大平 一徹（高3）【慶応義塾高等学校】、新堀 恵蓮（高2）【神奈川県立茅ヶ崎北陵高等学校】、 川端 菜月（高2）【京都府立南陽高等学校】、高井 みく（高1）【兵庫県立加古川東高等学校】、 丹野 喬瑛（高1）【日本大学高等学校】	

セッションⅤ 星空環境・装置開発

60P 「ひかりのまち・函館」の夜空は北海道新幹線開業で明るくなったのか？	77
荒木 美音、瀬野 亜依、中島 果南、西山 澄（中1）、岡田 結衣（高3） 【遣愛女子中学校・高等学校 地学部】	
61P ピンホールを用いた SQM 測定値の変化	78
関口 奈穂、吉田 明香音、釘宮 トーヤ、鈴木 菜帆、島田 咲羽、市川 朋瑛、新井 悠加、 鈴木 颯人、金澤 麗王（高2）【星野高等学校 天文部】	
62P 夜空の明るさに PM2.5 が影響を及ぼすかの検証	79
打越 壮大（中1）【長崎県西海市立大崎中学校（一宮高校 SSH）】	
63P 暗い場所は周辺の夜空の明るさに影響するのか	80
富田 理恩（小5）【愛知県一宮市立向山小学校（一宮高校 SSH）】	
64P 夜空の明るさシミュレーションの改良 ～実測調査に基づく標高補正～	81
吉筋 航介（高2）、鎌田 明日香、花木 亮太、深谷 拓生、山田 萌生（高1） 【愛知県立一宮高等学校 地学部】	
65 一環境指標-エアロゾル-が夜空の明るさへ与える影響	82
本田 陸人、藤井 悠野、湖平 元彌（高3）、古川 郁将、東元 太誠、西村 江梨花（高2）、 岩満 春樹、丸山 璃花、前田 稜河、渡部 稜平（高1）【東筑紫学園高等学校 理科部】	
66P 夜空の明るさに対する光害対策効果の推定	83
中村 篤志、谷口 沙彩（高2）【兵庫県立龍野高等学校】	
67P ライトダウンに伴う適切な夜景写真の処理方法Ⅱ	84
星野 有香（高2）、上野 萌恵、鈴木 里佳子、生方 朱莉（高1） 【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】	
68P 信頼できる星空天気予報を探せ！	85
小林 知夏、六本木 美里、澤田 真凜、吉田 百花、三浦 天子（高1） 【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】	
69P 静止画の解析を用いた大気の状態による星の色の変化の研究	86
上田 華子（高2）、佐々木 花音、宮村 玲弥（高1）【福岡県立小倉高等学校】	
70 国際宇宙ステーションの見やすさの予測Ⅱ	87
丸山 玲花、齊藤 あすか、関口 舞、堀内 桃音、小材 昌子（高2） 【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】	
71 地球照の色の測定 ～反射する地球の光に違いは出るのか～	88
大崎 幹太、上岡 史弥、角谷 僚太郎、兼光 琴音、武田 龍（高2）、 時政 壮真、小紫 颯太郎（高1）【兵庫県立大学附属高等学校 自然科学部 天文班】	
72P 地球照は青いのか?! Ⅱ	89
福田 紫都、中野 里美、中島 志保、高草木 寧緒（高2）【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】	

73	4GHz 帯太陽電波望遠鏡の状況と干渉計型電波望遠鏡について	90
	小松 暉敬、有賀 陽佑、北澤 国広、平嶋 夏樹（高3）、市ノ瀬 英治、奥村 晃太、笠原 代伍、 小出 蓮（高2）、岩村 勇弥、瀬戸 由乃、笠原 仁、栗木 大進（高1） 【長野県駒ヶ根工業高等学校 サイエンス同好会 太陽電波望遠鏡班】	
74P	ラズベリーパイによるドーム回転機構の制御	91
	村山 雅哉（高2）【駿台学園高等学校】、富澤 佑介（中1）【駿台学園中学校】	
75	自作プラネタリウムの改造 ～傾斜ドームと球面鏡による投影～	92
	永井 大貴、花木 亮太、深谷 拓生（高1）【愛知県立一宮高等学校】	
76	超軽量化プラネタリウムドーム作成の歩み	93
	尾上 創、熊本 千夏、前田 夏奈（高専3）、岩浅 大輝、朝比奈 雄志、松田 稜哉（高専2）、 平木 志虎、平野 聡、尾崎 匠（高専1）【米子工業高等専門学校 科学部】	

The relationship between sunspots and solar flares

Rachata Khueanthana ; ericmawhisper11@gmail.com
 Srisawatwittayakarn Nan School, Mueang, Nan, Thailand. 55000
 Adviser : Montree Nanta ; yes_montree@hotmail.com

Abstract

This study used images of sunspots in visible wavelengths and images of solar flares in X-ray wavelengths to find the relationship between sunspots and solar flares. The study found that solar flares occur on sunspot, 89% and 77% in 2011 and 2015 respectively. The relationship between the size of sunspots and intensity of solar flares has found that the size of sunspot and the solar flares has the random relationship. So we can't estimate the intensity of solar flares from the photographs of sunspots. The graph of a histogram of the level of solar flares over a five-year period reveals that the year 2011 was the year of solar maximum.

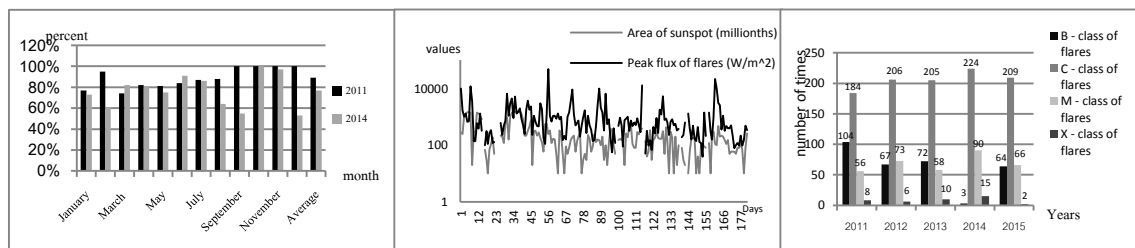
Introduction

Solar flares usually occur at sunspot. The relationship between sunspots and solar flares may help me estimate the intensity of solar flares from the photograph of sunspots. The intensity level of solar flares is from high to low, which is X, M, C, B and A. It doesn't affect to human directly because it cannot pass through the atmosphere of the Earth. However, it affects the GPS or satellite.

Materials and Method

1. Compare the photos of sunspots analyzed from the SOHO database with the photos of solar flares analyzed from the database of Hinode, then Adobe Photoshop was used to find the position of the sunspots and solar flares. The data was collected in the percentage in 2011 and 2015.
2. Collect the area of sunspots and intensity of solar flares from database receiving from the first step.
3. Create a graph of the relative size of sunspots and intensity of the solar flares from the data in the second step.
4. Collect the data of intensity of solar flares from the database for 5 years, and then create a graph of a histogram of the level of solar flares.

Results and Discussion



Conclusion

- The study found that solar flares occur on sunspot, 89% and 77% in 2011 and 2015 respectively.
- The graph showing the relationship between the size of sunspots and intensity of solar flares has found that the size of sunspot and the solar flares has the random relationship.
- The graph of a histogram of the level of solar flares over a five-year period reveals that the year 2011 was the year of solar maximum.

Acknowledgment

I would like to express my special thanks to my teacher Mr.Montree Nanta as well as principal Mr.Pisit Nithithanun form NARIT who gave me the opportunity to do this project, which also helped me doing a lot of Research and I came to know about so many new things I am really thankful to them.

Reference

- ESA and NASA. (2016). **Search and Download SOHO near Real time Data**. [Online] Available: https://sohodata.nascom.nasa.gov/cgi-bin/data_query (10 August 2016)
- The Astro Event Group vzw. (2016). **The aurora and solar activity archive**. [Online] Available: <https://www.spaceweatherlive.com/en/archive>
- Trinity College Dublin. (2016). **Hinode XRT**. [Online] Available: https://www.solarmonitor.org/full_disk.php?date=20170126&type=hxrt_filter&indexnum=1. (10 August 2016)

The study of the moon's orbit by Kepler's second law

Sidarat Khamphakdee ; sidarat.6944@gmail.com
 Princess Chulabhorn Science High School Mukdahan
 281 Moo 6, Bang Sai Yai, Muang, Mukdahan, Thailand. 49000
 Adviser : Niwat Worasan ; watpoojan@hotmail.com

Abstract

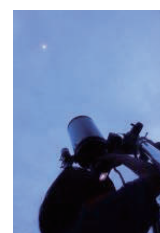
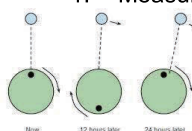
This research is about the moon's orbit and Kepler's Second Law. The purposes of this study are 1) to study about the relation between the moon's orbit and Kepler's Second Law. 2) to study about the relation between angular velocity of the moon and Kepler's Second Law. The result of this study reveals the moon's orbit be in line with Kepler's Second Law.

Introduction

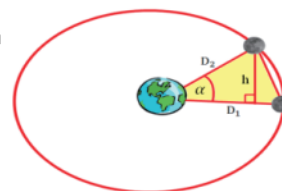
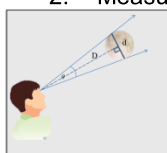
Kepler's Second Law (the law of equal areas) is the law describing the motion of planets around the Sun that says "The radius vector sweeps equal areas in equal times".

Materials and Method

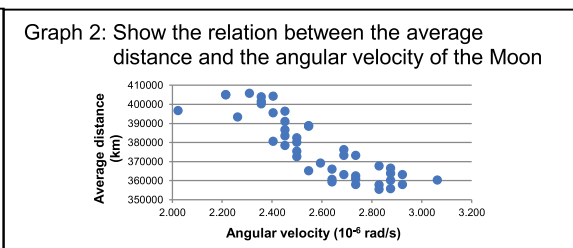
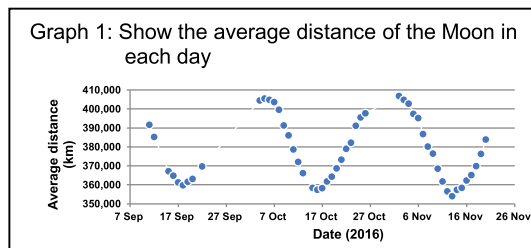
1. Measure the angle of the moon as the Moon shifts on orbit in equal time
 - Observe time when the Moon is on meridian in each day.
 - Calculate the angle of the Moon as it shifts orbit.
 - Calculate the angle that the Moon's shift in equal time by comparing angular velocity, in following with Kepler's Second Law.



2. Measure the distance of the Moon by using angular distance
 - Take 5 pictures of the Moon when it is on meridian in each day. Then take a picture of Pleiades (M45) to evaluate the angular diameter of view from camera.
 - Use Adobe Illustrator CS6 program to find the diameter of the Moon from pictures taken to calculate the angular diameter of the Moon.
 - Calculate the distance of the Moon by using angular distance
3. Calculate triangle areas of the Moon as it sweeps on orbit
4. Calculate the angular velocity of the Moon and analyze the significance of the data with Kepler's Second Law.

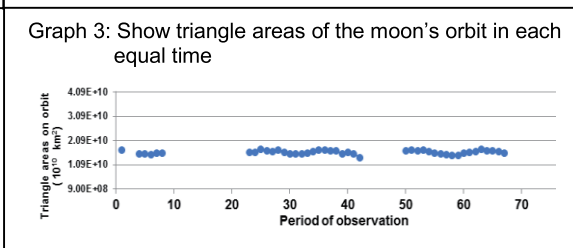


Results and Discussion



Conclusions

For triangle areas on the Moon's orbit in each equal time, average triangle area is $1.619 \times 10^{10} \text{ km}^2$. It has a standard deviation $7.400 \times 10^8 \text{ km}^2$ which is 4.55 % of the average triangle area. The angular velocity of the moon has an average of $2.525 \times 10^{-6} \text{ rad/s}$. In conclusion, the angular velocity of the moon inversely impact the distances of the moon which is in accordance with Kepler's Second Law.



Acknowledgment

I would like to thank Mr. Niwat Worasan, Ms. Ladda Deesuan, Mr. Matipon Tangmatitham and the National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization).

Reference

Matipon Tangmatitam. (2013). The Handbook of Astronomic Workshop, Chiang Mai: Educational Astronomic Information Service Center.

Measuring the orbital period and eccentricity of the moon by Its apparent size

Lakkhana Saeli ; lakhanalee@gmail.com

Kaenoisuksa School, 85 Moo 9, Mueang-na, Chiangdao, Chiangmai, Thailand. 50170

Adviser : Apirak Apiwong-ngarm ; daengnoi55@gmail.com

Abstract

In this research, the moon's orbital period and orbital eccentricity were studied. By observing the moon each day using a digital DSLR camera connected to the Dobsonian telescope 10 inches width. Calculate angular apparent size relative to the fixed two stars and find the distance from earth relative with the size. Plot a graph between distance and each day, a graph is periodic function as wave. After analyzing the graph, it was found that the average angular moon's size is 0.52° , the average distance from the earth is equal 384,151.7 kilometers, the moon's orbital period (T) is equal 28.95 days, and the moon's orbital eccentricity is equal 0.0582

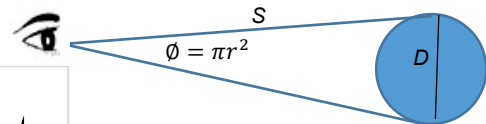
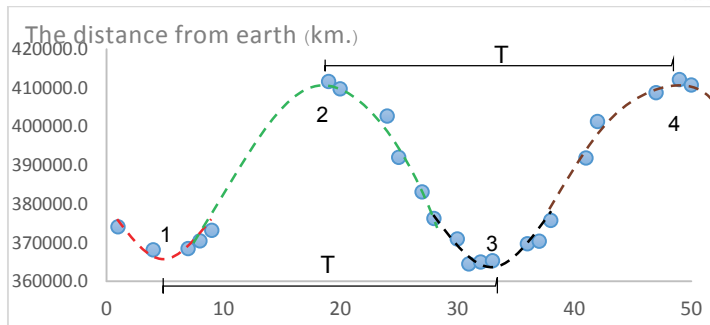
Introduction

According to the moon's orbit is not a circle, due to Kepler's 1st law of planetary motion. So the distance from the earth is not constant, when the moon orbits close to the earth it is larger and farther away from earth the size is smaller. If we observe and calculate the moon's size every day for a month and find the distance relative with the size, so we can determine such as the moon's orbital period, which is at the origin of this project.

Materials and Method

1. Taking photo of the moon.
2. Calculate the angular size ϕ .
3. Find the distance S ; $\tan\phi = \frac{D}{S}$ when D is moon's diameter.
4. Plot graph between distance and sequence of days.

Results and Discussion



Add trendline with polynomial equation.

1. $y = 387.13x^2 - 4000.8x + 377703$
2. $y = -406.91x^2 + 15197x + 269367$
3. $y = 450.82x^2 - 29846x + 858664$
4. $y = -294.42x^2 + 28649x - 285656$

Calculate the max. and min. values by differentiate the equations and the orbital period(T) can be found.

Conclusions

- The average angular size of the moon is 0.52 degrees.
- The average distance from the earth is equal 384,151.7 kilometers. The error about 0.07 %
- The moon's orbital period (T) is equal 28.95 days which the error about 2.98 %.
- Analyze the moon's orbital eccentricity from the perigee 366025.35 kilometers and apogee 411268.4 kilometers is equal 0.0582. The error about 6.01%.

Acknowledgment

I am grateful to National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT), all NARIT's authorities and my teacher Mr. Apirak Apiwong-ngarm for supporting this work. I would like to acknowledge NARIT for financial support under advanced teacher training in astronomy program.

Reference

- moon* [Online]. Available : <https://en.wikipedia.org/wiki/moon> (15 Oct.2016)
- Matipol Tangmatitham.(2016). *The study guide of astronomical workshop 3rd edition*. National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization);NARIT

A study of the Lunar apparent area by the Lunar libration

Natthida Jeamhuadlee ; fanggsx@gmail.com

Piboonbumpen Demonstration School Burapha University, Muang, Chonburi, Thailand. 20131

Adviser : Boonsong Henngam ; nokkok@gmail.com

Abstract

The purpose of the Project is to find the Luna apparent area that can be observed from any point on Earth. By gathering photos of the moon taken at Thailand. Then the images were analyzed to find the farthest position in the longitude and latitude by comparing the map of the moon. And calculate the Luna apparent area.

The results of the study, the distance between the Earth and the moon will turn to the angular diameter of the Moon and will affect the apparent area of the moon. Libration phenomenon that occurs on a daily basis to make the observer can see the surface of the moon than a single observation. The study finds the luna apparent area from latitude libration, longitude libration and daily libration is 57.17%, 58.46% and 50.85% respectively.

Introduction

"Luna" natural satellite only one of the Earth. Tidal Lock makes the moon rotating around its own rotation asynchronous. The rotation period and orbital period around the Earth are equal. As a result, the moon turns toward one side to the Earth. But the moon orbits the Earth, the distance between the Earth and moon are to change over time. Because its orbit is oval. The axial tilt moon. And the tilt of the orbital plane will result in the observer on Earth can see the surface of the moon changes. Be born the phenomenon libration. This is a phenomenon that affects the apparent area of the moon.

Materials and Method

1. A studies the latitude and longitude libration.

- Shoot the Moon during the phase over 50% by using the smartphone camera (connected to an 8-inch telescope).
- Put distance between the surface of the Earth to the moon shots each day. To find the Luna angular diameter.
- Find the image's center and the farthest position in the longitude and latitude by comparing from the moon map.
- Calculate the Luna apparent area.

2. A studies the daily libration.

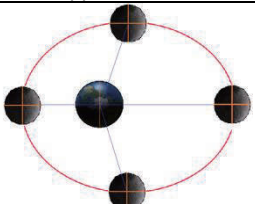

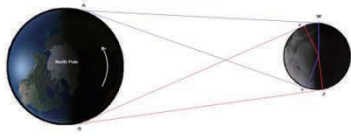
- Shoot the moon on the rise and fall continuously on the near horizon as possible and analyzed as well as the first.

Results and Discussion

1. A studies the latitude libration and longitude libration.					2. A studies the daily libration.				
Libration	The angle on The Farside	Area _{Farside} (km ²)	Area _{Farside} (%)	% Apparent Area (%)	Libration	The angle on The Farside	Area _{Farside} (km ²)	Area _{Farside} (%)	% Apparent Area (%)
Latitude	81.75	16,232,185.1	42.83	57.17	Longitude	89.03	18,627,055.8	49.15	50.85
Longitude	80.26	15,742,276.5	41.54	58.46					

Conclusions

From the study it can be concluded that the phenomenon of libration are three type

<p>1. Libration in longitude results from the eccentricity of the Moon's orbit around Earth; the Moon's rotation sometimes leads and sometimes lags its orbital position.</p> <p>**The area appeared to be 58.46%</p>	<p>2. Libration in latitude. results primarily from the tilt of the moon's orbital plane with respect to the ecliptic (Earth's orbital plane)</p> <p>**The area appeared to be 57.17%</p>	<p>3. Daily libration. results from the rotation of the Earth. The difference in perspective between the rising and setting of the Moon appears as a slight turning of the Moon first to west and then to east</p> <p>**The area appeared to be 50.85%</p>
		

Acknowledgment

I would like to thank Mr. Boonsong Henngam and National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization).

Reference

- Bruce McClure: <http://earthsky.org/space/how-much-of-the-moon-can-we-see-from-earth-lunar-libration>. 5
 David R. Williams : <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>

The Study of Affected Factors for Twinkle Stars

Kunlanan Lapanan ; Kel_lawrence@icloud.com
 Princess Chulabhorn Science High School Mukdahan
 281 Moo 6, Bang Sai Yai, Muang, Mukdahan, Thailand. 49000
 Adviser : Niwat Worasan ; watpoojan@hotmail.com

Abstract

This project is the study about the factors affecting blinking stars. The study used a camera with shutter speed set to 10 seconds. The camera was panned with a constant velocity. The line of the star will show the real apparent magnitude of the star's brightness at that time. The processing and calculation will be done to obtain the standard deviation which can be referred to as the star's blink. The result of this study reveals that the star's blink is the inverse variation of the star's altitude and humidity. However, the star's blink is the direct variation of wind speed.

Introduction

When starlight passes through the Earth's atmosphere with variances, it gets refracted which makes the stars blink visible. This project is the study about the factors affecting blinking stars. The purpose of the study is to determine the relationship between the star's blink in relation to humidity, wind speed and altitude of the stars.

Research methodology

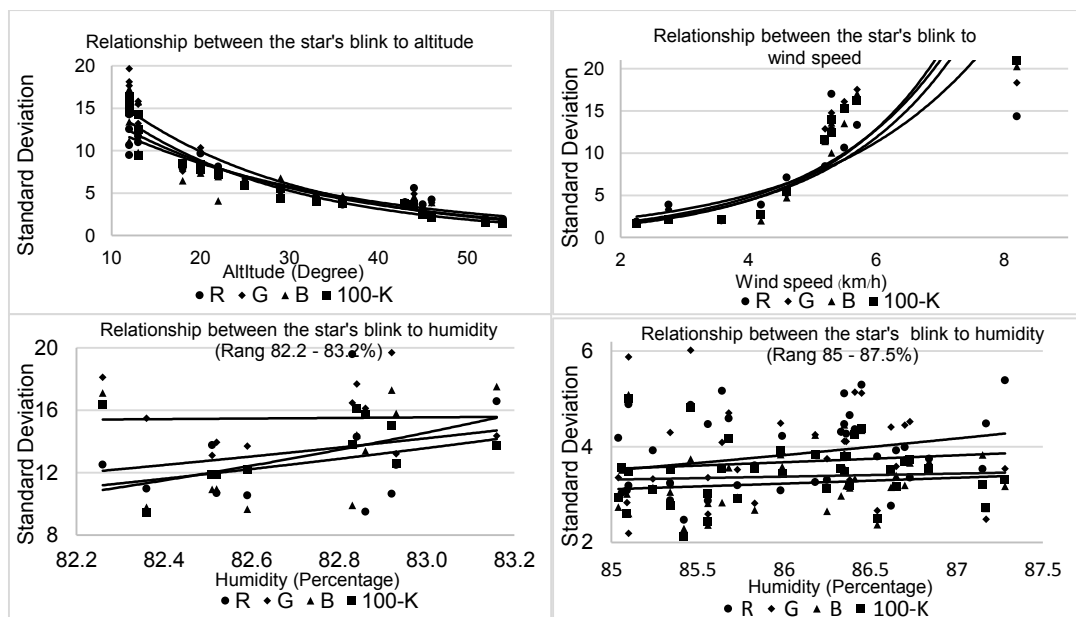
Data Collection

- Install DSLR camera together with a hygrometer, a thermometer and an anemometer for assembling as the variables while taking a photo.
- Document date, time, temperature, humidity, wind speed and altitude of the stars for analysing.
- Set shutter speed to 10 seconds for panning a camera. Pictures will show the line according to the real apparent magnitude of the star's brightness. Calculate the standard deviation from line to show the star's blink.

Data Analysis

- Calculate the standard deviation of 2 colour modes which are RGB colour and greyscale for 20 equidistant points.
- Plot graphs to show the relationship between variables and star's blink. Analyse the graphs to find the relationship of the variations.

Results and Discussion



Conclusions

This project reveals that the star's blink is the inverse variation of the star's altitude and humidity. However, the star's blink is the direct variation of wind speed.

Acknowledgement

I'd like to express my gratitude towards Mr. Niwat Worasan, Mr. Matipon Tangmatitham and the National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) for their kind co-operation and encouragement.

Reference

Matipon Tangmatitham. (2013). Astronomical Handbook. Chiang Mai, Educational Astronomic Information Service Center.

How to make a simple spectroscope by DSLR

Kamonrat Sitthinu ; kamonrat17583@gmail.com

Nongbuadaengvittaya School, Nongbuadaeng, Chaiphum, Thailand. 36210

Adviser : Jukgrit Wongvittayan ; jukgritwong@gmail.com

Abstract

This study aims to produce the Digital Single-Lens Reflex (DSLR) spectroscopy by installing the DSLR Optical Spectrum Analyzer to examine spectrums' wavelengths and intensity distributions from various light sources. Regarding the principles of light diffraction through the grating and the use of DSLR lens system to speculate the spectrum on CMOS sensor for picture recording, Mercury tube (Hg) and Halogen one were used as the standard light sources as they both have stable wavelengths. It was found that the DSLR camera were quite appropriate for spectrum images collection. The spectrum images could later be used for examining the wavelengths and intensity distribution of several spectrums from different light sources using the IRIS program.

Introduction

The DSLR spectroscopy will be consequently produced to find out whether it can take photos of sky objects or not. For convenience, the researcher aims to find the proper photographing technique and the DSLR camera installation, also to search for any techniques to analyze spectrum's wavelengths using standard light as its sources. Doing this, diffraction grating with 1,200 lines per millimeters. After that, the photos were analyzed with researchers' own make-up number for spectrum wavelengths comparison. The researchers later examined the spectrum's wavelengths and characteristics of light diffraction using simple and affordable materials.

Research and Methodology

1. Material preparation



2. Proficiency calibration and Data analyzing

The pictures showing two standard wavelengths of Hydrogen tube (H₂) and Mercury tube (Hg) as they were later analyzed for any relation between the wavelengths and Pixel Pitches

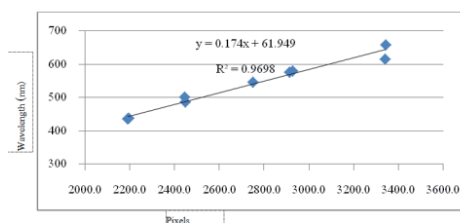


Photo spectrum of Hydrogen tube (H₂)



Photo spectrum of Mercury tube (Hg)

A Graph showing the relation between wavelengths and Pixel Pitches of Hydrogen and Mercury Tube

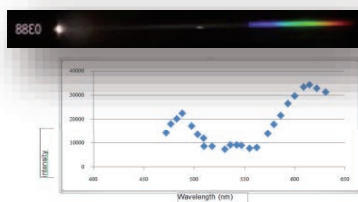


The linear equation; $y = 0.174x + 61.949$

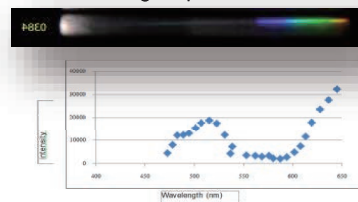
Whereas $y =$ Wavelength (nm)
 $x =$ Pixel Pitch
 $R^2 =$ 0.9698

Results and Discussions

1. Photos of moonlight Spectrum



2. Photos of sunlight spectrums



Conclusion

The researcher designed the DSLR Spectroscopy to analyze the spectrum of both Hydrogen tube (H₂) and mercury tube (Hg) for wavelengths. Doing this, the Iris program were used to find the Pixel Pitch and Intensity. The researcher later used the Microsoft Office Excel to make the relation equation between wavelength and Pixel Pitch with the error of 1.95%. The wavelength ranges are between 443 and 643 nm. By analyzing the moonlight and sunlight spectrums, it was found that their wavelengths and intensity values are closely related

Acknowledgments

The researcher would like to show deepest gratitude towards the director of Nongbuadaengvittaya school for all supports. Also, we would like to thank you all staffs from Science Department for their valuable advices. The next thanks go to Thepsatri Rajabhat University for any convenience in data collection. Moreover, the researcher wish to thank you Mr.Montien Kantawong, Mr.Jukgrit Wongvittayan, Ms.Umphika In-banpheu, and Mr.Khomsan Thuree for all-time advices. Finally, we would like to extend special thanks to National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) for the opportunity to do this research

Reference:

Ratthanin Wattanasirichoson and Chachen Dang Udom. (2015). Spectralanalysis of the light sensor system CMOS. Phitsanulok. Naresuan University.

流星による熱圏・電離層の観測

宮城県古川黎明高等学校 自然科学部
鈴木 湧平 (高3) 【宮城県古川黎明高等学校】

要旨

2013年のペルセウス座流星群について、流星の色が変化していたことを疑問に思い、流星観測を始めた。2015年から流星のスペクトルを利用した熱圏、電離層の観測を試みている。回折格子による流星の分光観測を行い、2015年の散在流星にナトリウム、2016年のペルセウス座流星群に複数の元素が発光していることを確認できた。

1. 目的

- 流星の色がなぜ変化するのかを調べるために、回折格子による分光観測を行う。
- 科学的に、流星が発光する過程を調査し、流星物質が地球大気物質にどのような影響を及ぼすのか、地球大気物質の観測に寄与できるかどうかを明らかにする。

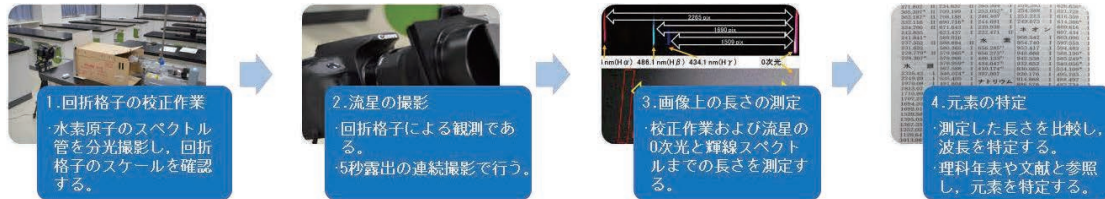
2. 観測方法

2015年度は、回折格子フィルムを用いた簡易分光器で観測を行った。同年12月からは、ブレード回折格子の分光器も導入し観測している。2016年度からは、中高一貫校の環境を生かし、後輩(中学生)と合同で観測を行っており、合計6台の撮影が可能となった結果、撮影範囲が広がった。

■観測機材

- デジタル一眼レフカメラ(Canon EOS 80D, kiss x7i, x8i, x4) 合計6台
- 単焦点レンズ SIGMA DC 30 mm F1.4 HSM
- 透過型ブレード格子 VIS 300GPM (格子数 300本/mm)
- 透過型回折格子フィルム 1000GPM シート(格子数 1000本/mm)
- 画像処理ソフト「マカリ」(国立天文台・Astroarts製)

■解析手順



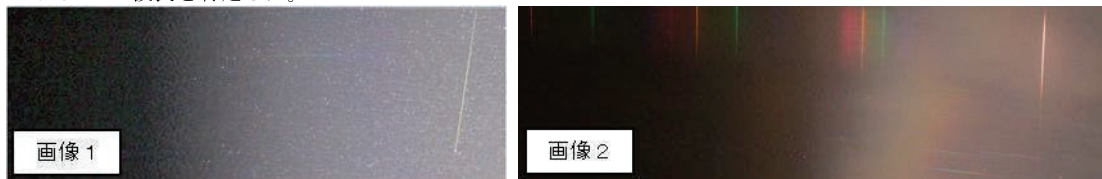
■観測期間 主に流星群の活動時期である。

2015年8月12～13日(ペルセウス座), 10月20～21日(オリオン座), 12月8日(ふたご座),
2016年5月5～8日(みずがめ座η), 8月12～13日(ペルセウス座), 2017年1月3～4日(しぶんぎ座)

3. 観測結果

2015年のペルセウス座流星群～2017年のしぶんぎ座流星群までに計2個、撮影に成功した。

- [画像1]は2015年10月21日に撮影した散在流星であり、583 nmの波長を特定した。
- [画像2]は2016年8月13日に撮影したペルセウス座流星群であり、451 nm, 518 nm, 589 nm※, 695 nm, 715 nmの波長を特定した。



4. 考察

- [画像1]…スペクトルの波長が583 nmであることは、ナトリウム(589 nm)に由来すると考える。
- [画像2]…451 nmのスペクトルは、鉄(452 nm), 518 nmはマグネシウム I (517 nm), 589 nmはナトリウム(589 nm)※に由来すると考える。695 nm, 715 nmのスペクトルは、色から酸素の可能性はあるが、文献などとも照らし合わせた結果、元素の波長に該当するものがなかったため、断定できない。
※校正作業がうまくいかなかったため、オレンジの輝線をナトリウム(589 nm)とみなし、基準とした。

5. 結論

- 回折格子による流星の分光観測を行い、散在流星にナトリウム、ペルセウス座流星群に複数の元素が発光していることを確認できた。
- 成功例が2例しかなかったが、観測方法は確立できた。データの信頼性を高めるために、観測を継続したい。

回折格子による流星痕の分光観測

～流星が酸素を光らせる！？～

吉弘 有里、内田 月読 (高2)

古賀 かりん、江口 矢起、北島 侑和 (高1)

【佐賀県立佐賀西高等学校サイエンス部地学班】

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、これは流星物質や大気内成分由来の発光である。流星痕は発光継続時間の長さによって分類され、発光継続時間が1秒未満から数秒のものを短痕、30秒以上のものを永続痕と呼ぶ。³⁾

酸素原子の禁制線の発光は、短痕の代表的な成分であり

³⁾、高感度デジタルカメラを用いれば検出は容易である。

2. 動機及び目的

昨年度までの観測⁵⁾で緑色の短痕が多く観測された。これまでは、これを短痕の代表的な成分である酸素による禁制線発光(波長: 557.73nm¹⁾)であると仮定し研究を行ってきた。⁵⁾しかし、仮定であるため本当に起こっているのかはわからなかった。

そこで今年度は、回折格子を用いた分光観測を行った。これにより緑色の短痕のスペクトルを明らかにし、それが本当に酸素禁制線発光であるか確認することを目的とした。

3. 観測方法

下記は、撮影に使用した機材である。

カメラ: キヤノン EOS KissX7 (APS-C)
レンズ: シグマ 24mm/F1.8
※35mm 判換算焦点距離: 38mm
画角 対角線: 58° 水平: 50° 垂直: 34
(夏の大三角がちょうど収まる程度)
回折格子: 5cm×5cm, 3000本/10mm
(LLP 京都虹光房製)

下記は、撮影時の設定である。

F値: F1.8
ISO感度: 6400, 12800, 25600
露出時間: 1秒

この設定で、流星群の出現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。

4. 結果

4.1 観測

表1は、今年8月に行ったペルセウス群の観測結果である。

観測対象	観測期間	撮影枚数	流星数
ペルセウス群	2016 8.9~8.24	37014	3

観測地: 佐賀市・鹿島市

4.2 分析

図3は今回の分析で用いた流星の写真を拡大したものである。また、流星のスペクトルで顕著にみられるNa, Mgのスペクトル³⁾に加え、酸素禁制線発光由来(Oとする)とみられるスペクトルが確認された。

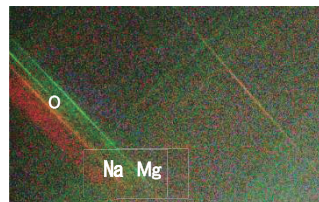


図1 分光写真

① スペクトルの出現時間

図1の流星は、写真右下から左上に向かって流れている。流星体由来の物質の発光の場合、流星の発光直後からスペクトルを確認できるが、大気内成分由来の発光の場合、スペクトルが遅れて確認できる。これは、酸素原子が励起して発光するまでにかかる時間が約0.7秒と非常に長いためである。図1より、NaとMgのスペクトルは流星本体の発光直後から見られる。しかし、Oとみられるスペクトルは後から発光しているのが分かる。このことから、Oは酸素禁制線発光の可能性が高いといえる。

② 波長

今回は、このように式を変形したものを利用し計算した。

$$m\lambda = d \sin\alpha + d \sin\beta$$

$$X = (Lm/d) \lambda - L \sin\alpha$$

今回は、橙色のスペクトルをNa, 緑色のスペクトルをMgと仮定した上で波長不明のOとみられるスペクトルの波長を計算した。Xの値は撮影した写真を拡大印刷し、定規で測定した。

Na: $\lambda = 589\text{nm}$ $X = 27.6$

Mg: $\lambda = 510\text{nm}$ $X = 23.8$

この値を用いて計算した結果 $\lambda \approx 557$

酸素禁制線発光の波長は558 nm¹⁾である。このことより、酸素原子のスペクトルであると考えられる。

以上、①スペクトルが遅れてでてきていること②波長がほぼ一致していることの2点より、酸素禁制線発光が起こっていると考えられる。

5. 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) <http://pixabay.com/en/alaska-wilderness-sky-69135/>
- 3) 春日敏測『日本惑星科学会誌』Vol. 15, No. 3, 2006
- 4) 流星の短痕を測る—イメージインテンシファイヤ付きビデオカメラの2点観測成果から迫る短痕の成長
- 5) 第40回 全国高等学校総合文化祭 2016 広島総文 論文集 PA17

分光観測による3彗星の成分変化

奥本 隼也、杉本 眞子、西川 拓大、山本 玲美 (高2) 【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

パンスターズ彗星(C/2012 K1)、ラブジョイ彗星(C/2014 Q2)、カタリナ彗星(C/2013 US10)の3彗星についてスペクトル解析を行った結果、近日点通過直後にC₂輝線が最も顕著になり、CN輝線から求めたガスの放出速度も近日点付近で最大になることが分かった。

1. はじめに

一昨年度、我々の2学年上の先輩達が本校の彗星研究グループを立ち上げ、パンスターズ彗星(C/2012 K1)等の分光観測についての研究を行った。しかし、観測データ数が少なく、課題も残されていたため、この研究を引継ぎ、1つの彗星に着目してスペクトルの変化を追跡しようと考えた。だが、今年は我々の目的にかなう彗星の出現は無かったため、岡山県美星天文台の研究者や公募観測利用者が過去に取得したC/2012 K1、ラブジョイ彗星(C/2014 Q2)およびカタリナ彗星(C/2013 US10)の低分散分光観測データを利用することにした。

2. 目的

我々の研究の目的は、上記の3彗星の低分散分光観測の結果を用い、近日点通過前後におけるスペクトル中の輝線の変化やコマでのガス放出速度の変化を調べることである。

3. 方法

我々が行ったデータ解析の手順は、以下の通りである。

- (1) 「マカリ」(国立天文台・(株)アストロアーツ)を用いて、岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で得られた彗星のスペクトル画像の一次処理を行った。
- (2) 「Be Spec」(川端哲也氏 作)を用いて、スペクトル図を作成した。
- (3) スペクトル図中の主な輝線について、化学組成を特定した。また、CN輝線のFWZIを読み取り、ドップラー効果の式より、コマでのガスの放出速度(最大値)を求めた。

4. 結果

以下の表に結果をまとめる。(CNからNH₂は主な輝線の現れ方を4段階で示している。)

C/2014 Q2 近日点通過2015. 1.30						C/2012 K1 近日点通過2014. 8.27					
観測日	CN	C ₂	C ₃	NH ₂	ガス速度	観測日	CN	C ₂	C ₃	NH ₂	ガス速度
2015. 1.10	?	○	○	△	—	2014. 5. 9	○	△	△	×	4.7×10 ² km/s
2015. 1.20	?	◎	○	○	—	2014.10. 3	◎	○	○	△	1.0×10 ³ km/s
2015. 2.18	?	◎	◎	◎	—	C/2013 US10 近日点通過2015.11.15					
2015. 3.24	◎	◎	◎	○	1.5×10 ³ km/s						
2015. 4.22	◎	○	◎	○	9.7×10 ² km/s						
2015. 6. 6	◎	△	○	△	7.8×10 ² km/s	2015.12.19	◎	◎	◎	○	2.4×10 ³ km/s
2015. 6.28	○	△	○	×	5.0×10 ² km/s	2016. 1. 2	◎	○	◎	○	1.7×10 ² km/s
2015. 8. 5	?	×	?	×	—	※C/2014 Q2の?は、CCDカメラ故障により確認できず。					

5. 考察

- (1) 結果をまとめると、CN輝線は比較的長い期間現れるが、C₂輝線は近日点通過直前から明瞭になり、近日点通過直後に最も顕著になることが分かった。
- (2) コマからのガスの放出速度は、概ね近日点付近で最大になることが分かった。

6. まとめ

今回は多くの彗星の分光データを処理できたため、先輩が残した課題の一つは解決できた。しかし、輝線の現れる順番の原理については、更に調査の必要があると感じている。

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、公募観測者の宇野様、松下様には、観測データをご提供頂きました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

月面でのクレーターカウンティングによる『地球ブラインド効果』の検証

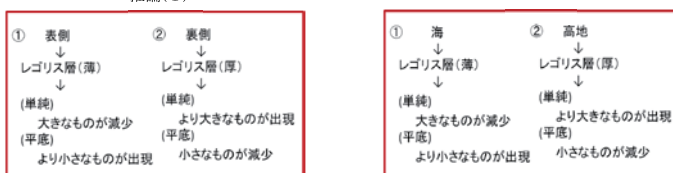
関西創価学園 MoonKAM Project Team
 永田 広平、山本 清、樹山 さくら (高3) 【関西創価高等学校】

要 旨

Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO)の月面図データを用いて、クレーターカウンティングをおこない、「地球によるブラインド効果」を検証するため、月の表と裏の違いについて考察した。

1. はじめに

私達はまず、月は常に同じ面を地球に向けているため、地球に遮られない裏側により多くの隕石が衝突するという「ブラインド効果」仮説を立てた。これを立証するため、月の裏側では隕石衝突によって生成するレゴリスが厚く堆積していると考えられることから、(1)柔らかいレゴリス層の薄い部分では大きい単純クレーターが減少し、より小さな平底クレーターが出現する、(2)レゴリス層の厚い部分ではより大きい単純クレーターが出現し、小さな平底クレーターが減少すると推論し、その検証としてレゴリス層の厚さが異なると推定される表側と裏側、海と高地において、クレーターの形状と直径を比較した。



2. 計測方法

クレーターの計測手法の詳細については、関西創価高校MoonKAM Project TeamのWEBサイトに掲載している。
<http://www.kansai.soka.ed.jp/earthkam/moonkam/project.html>

3. 結果

結果は次の通りであった

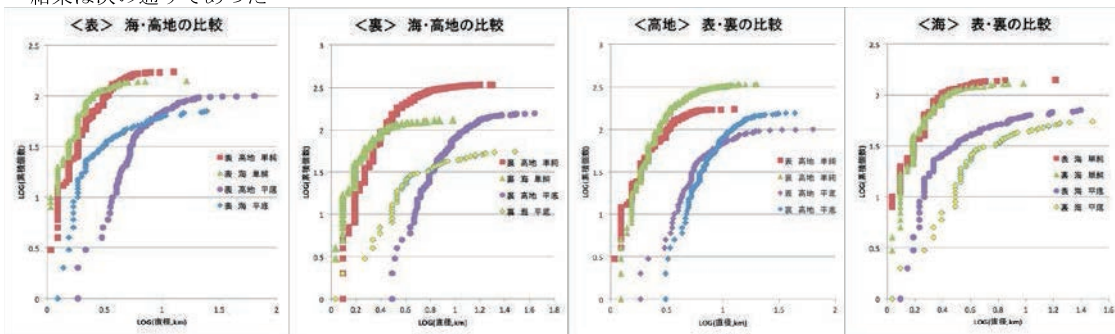


図1 <表> 海・高地の比較

図2 <裏> 海・高地の比較

図3 <高地> 表・裏の比較

図4 <海> 表・裏の比較

昨年から、GRAILより鮮明な画像が得られるLROのデータを用い、直径が1km~20kmのクレーターを対象として比較検討をおこなっている。またグラフについては、縦軸は累積個数、横軸はクレーターの直径とし、それぞれ常用対数をとって両対数グラフとした。

図1, 図2, 図3においては概ね2つの推論と一致する結果が得られたものの、図4の比較では、小さい平底クレーターの出現数に関して「表側の海」より「裏側の海」の方が若干多いという、推論(1)と矛盾する結果となった。

4. 考察

比較に用いたクレーターをサンプリングした海は、表 = 「湿りの海」と「雲の海」、裏 = 「モスクワの海」である。「『かぐや』が切り開く月面年代学」所収の右図を用いて形成年代を比較したところ「モスクワの海」の方が新しいことがわかった。これは「モスクワの海」のレゴリス層が薄いことを示唆しており、図4が推論1と矛盾する結果であった理由について十分に説明可能である。

5. 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)

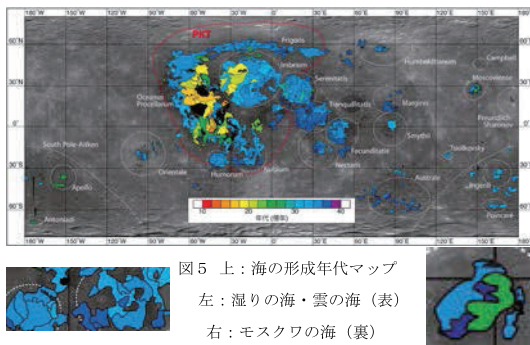


図5 上: 海の形成年代マップ

左: 湿りの海・雲の海 (表)

右: モスクワの海 (裏)

(『かぐや』が切り開く月面年代学から抜粋)

火星最接近時の衝効果による明るさと色の变化

時政 壮真、小紫 颯太郎（高1）、大崎 幹太、上岡 史弥、角谷 僚太郎、兼光 琴音、武田 龍（高2）【兵庫県立大学附属高等学校自然科学部天文班】

概要

2016年の火星接近で、火星の明るさの変化を赤緑青で調べ、衝効果に色の变化がないか調査した。火星の明るさの変化をとらえられたが、観測の精度が悪く、色の变化は見られなかった。

はじめに

昨年2016年5月31日に火星が地球との距離7582万kmで最接近するというイベントがあった。私たちはこのイベントで、火星にどのような衝効果が表れるのかを調査するため、火星の色の明るさと色の变化を調べた。

※衝効果：地球、太陽、惑星が一直線上に並ぶ時に惑星の面積以上に明るさが増大する現象

観測方法

2016年5月08日～7月29日の23時頃に火星とさそり座を写真撮影した。観測機材にはNikon D5100のカメラと焦点距離18mmのレンズを用い、露出時間は1/5秒～10秒とした。写真の保存形式は、明るさの解析に用いられるRAWデータとした。

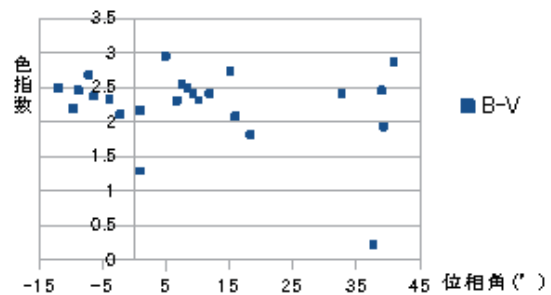
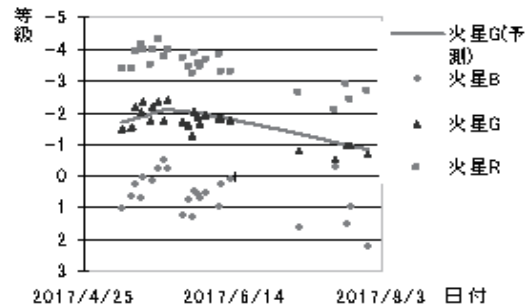
解析方法

1. RAWデータの画像をFITSデータに変換し、火星の明るさが4万カウントを越えない画像を、観測日ごとに選んだ。
2. 画像解析ソフト“Makalii”を用いて、火星の明るさとアンタレスの明るさを測光して等級を求めた。
3. フリーソフト“Stellarium”を用いて、アンタレスの等級（カタログ値）を調べた。その明るさと求めたアンタレスの等級とを比べて、火星の見かけの明るさ（実視等級）を求めた。この作業をR,G,B画像それぞれで行った。
4. 求めたR,G,Bの火星の等級から色指数

B-VとV-Rの変化を求めた。

結果

火星が衝を迎えた5月21日ごろに、Rが-4等,Gが-2.1等,Bが0等級となり、その後暗くなっている。B-Vのグラフを見ると、色の变化は観測できなかった。V-Rについても同様であった。



考察

求めた明るさが0.5等級程度でばらついてるのは、比較星としたアンタレスが火星と離れていたために、雲やチリなど空の状況が変わったためではないかと考える。そのために、衝効果をはっきりと捉えられなかったのではないかと推測する。色指数に関しても同様である。

今後の課題

明るい最接近時の火星の明るさを測るのは難しい。何かよい方法を見つけなければ、精度を上げることができない。今回は運良くアンタレスが近くにあったが、普段の接近時には、比較星をどの星にするかも検討課題だ。

火星の夕焼けはなぜ青いのか？

－ 酸化鉄の微粉末を用いた青い夕焼け再現実験！ －

渡邊 千恵 (中1)

【京都府相楽東部広域連合立和東中学校】

要旨

「火星の夕焼けは青い」ということを知り、青い夕焼けの再現を試みた

1. はじめに

夕焼けがなぜ生じるかについて調べた。地球の夕焼けは波長の短い青い光が強く散乱され、波長の長い赤い光が散乱されにくいことによる。つまり様々な色が混じった太陽の光から青い色を引き算した残りが赤い色ということだ。

まず地球の夕焼けを再現し、それらに合致する計測結果が得られる測定装置を準備した上で火星の夕焼け再現実験へと進むことにした。

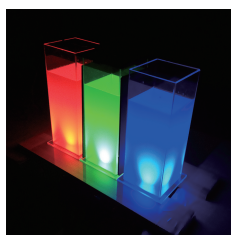
2. 地球の夕焼け再現実験と測定装置

粒子径によって散乱される色が異なることから粒子径の違う2種類のアクリルエマルジョンを(株)村山化学研究所様にご用意いただいた。

粒子径が小さなものでは青が強く散乱され赤は散乱されず、粒子径が大きなものでは赤・緑・青が同様に散乱されるはずで、そうした計測結果が得られれば実用的な測定装置といえる。



実験に用いた測定装置



実験の様子

透明アクリル製の水槽 (H300・D125・W125) を3台用意して、それぞれを赤・緑・青の各ライトで照らした。各水槽に4リットルの水を入れアクリルエマルジョンの投入量を徐々に増やして透過光の照度を記録した。色の違いによるライトの明るさのバラツキと照度計センサーの感度を補正するために、水だけの時の測定値が100になるよう各色の測定値を換算した。その結果をグラフにしたものが図1と2である。ほぼ期待どおりの計測結果を得ることができた。実験に用いた赤・緑・青のLEDライトの波長は以下である。

赤：0.62-0.63 緑：0.52-0.53 青：0.46-0.47 (単位：マイクロメートル)

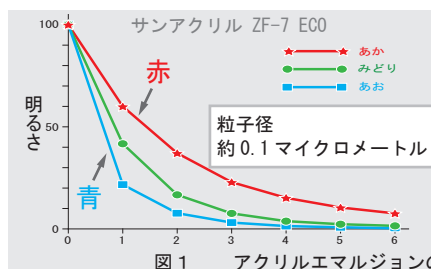


図1

アクリルエマルジョンの投入量 (ミリリットル)

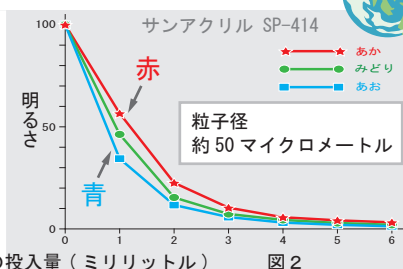


図2

3. 火星の夕焼け再現実験

火星にはほとんど大気が無いため、大気が夕焼けに及ぼす影響は考えにくい。その代わりに多くの塵が絶えず浮遊しているらしい。その塵の大きさは直径約1.5マイクロメートルとされる。火星の夕焼けにはその塵が何かしら影響していると考え、火星の表面を覆う酸化鉄と同じ赤鉄鉱(ヘマタイト)の微粉末を用いることとし、実験には以下を使用した。

JFEケミカル(株)社製 酸化鉄 JC-CPW (平均粒径0.8マイクロメートル)

水30ミリリットルに約15グラムの酸化鉄を混ぜた試験液を用意した。そして前述の地球の夕焼け再現実験と同様に投入量を徐々に増やしながら透過光の照度を記録した。その結果が図3である。

4. 考察

「火星の夕焼けは青い」には火星の大気に舞う酸化鉄を含む塵が関係していると推測できる。そして塵の濃さが影響し、適度な濃さの塵によって赤や緑の光は散乱され、青い光は散乱されにくいことで火星の夕焼けが青くなると考えられる。

5. まとめ

今回の実験を通じて、地球の夕焼けはとても小さな粒子により起こっていること。火星の青い夕焼けには大気中を舞う酸化鉄を含む塵が大きく関係していると思われること。そして水に混ぜた酸化鉄の微粉末は青い光をよく透過することがわかった。

(参考文献) 佐藤文隆 (1999) 「火星の夕焼けはなぜ青い」 岩波書店



キュリオシティから送られた火星の夕焼け
2015.4.15撮影 (C) NASA



酸化鉄の微粉末をペットボトルの水に混ぜ火星の夕焼けを再現

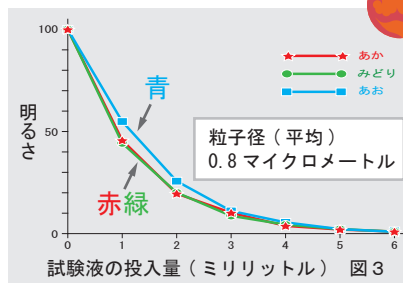


図3

謝辞

科学普及支援団体「てんもんぶ」の皆様に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。酸化鉄はJFEケミカル様よりご提供いただきました。この場をお借りしてお礼申し上げます。この研究はてんもんぶの榎谷則夫さんの指導のもとに行ったものです

火星のスペクトルの特徴を探る ～デジタル一眼レフカメラによる分光分析～

安藤 穂香, 佐々木 歩夢, 林 来夢, 山崎 楓 (高2)
【兵庫県立龍野高等学校】

要 旨

私たちは昨年5月に2年ぶりに地球に最接近し、「スーパーマーズ」と話題になった火星を観測対象として研究を行った。火星と言えば表面が酸化鉄に富む塵で覆われて赤く見えるのが特徴である。そこで私たちは分光分析の手法を用いて火星（が反射した太陽光の）スペクトルを調べ、地上の酸化鉄が反射した太陽光のスペクトルと比較することで、火星の表面に酸化鉄の存在をうかがわせる特徴を見出すことを研究の目的とした。

1. 研究方法

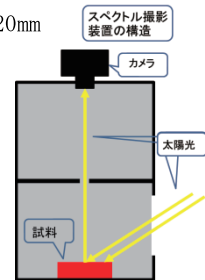
I 火星のスペクトルの取得【日時】10/6, 11/25 (17:30～18:40) 【場所】龍野高校 200 番棟屋上

【望遠鏡】VixenSXD2・PFL-R200SS 【接眼レンズ】Vixen FULLY MULTI-COATED NLY20mm

【回折格子シート】ケニス理科機器 500 本/mm 透過性 【カメラ】Canon EOS70D

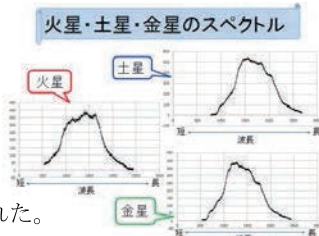
II 酸化鉄のスペクトルの取得 段ボール箱で自作したスペクトル撮影装置に太陽光を入れ、その中の赤系統の色を持つ試料の物質（酸化鉄(III)、レンガ、赤チョーク等）が反射した光のスペクトルを撮影した。

III 解析方法 カメラで得られた raw データを raw2fits で fits ファイルに変換し、Makali' i で画像処理してできたテキストデータを Excel を使って解析した。



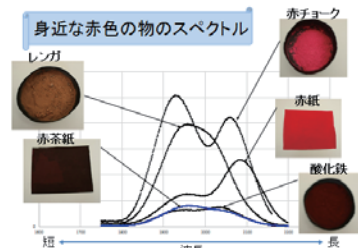
2. 結果および考察

(1) 火星のスペクトルは、比較のために取得した土星、金星のスペクトルに比べ、波長の長い領域の光の強度が強く現れた。

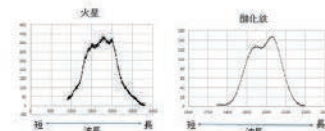


(2) 酸化鉄も含めて用意した5つ (※ グラフの数値は、画像の位置を表ピクセル値)

の赤から赤茶色の試料のスペクトルでは、酸化鉄のスペクトルの形が火星のスペクトルに最も似ていた。しかし5つの試料の色は全く同じではないので、単に酸化鉄の色が火星の色に最も近いというだけのことかもしれないと考えた。



火星と酸化鉄のスペクトル



3. 今後の課題 酸化鉄が火星と同じ形状のスペクトルを持つことをさらに追究するために、酸化鉄と同色で異なる物質のスペクトルを取得し、スペクトルの形が異なることを確認する。また、酸化鉄であるが、異なる色の試料のスペクトルを取得し、スペクトルが同様の形を持つことを確認する。

4. 謝辞 本研究を進めるにあたり、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ました。この場を借りてお礼を申し上げます。

5. 参考文献, 使用ソフト

ジャイルズ・スパロウ著『火星 最新画像で見る「赤い惑星」のすべて』(河出書房新社), raw2fits(星空公園), Makali' i(国立天文台, アストロアーツ), BeSpec Ver.0.9 (川端哲也氏 作), Sterallium Ver.0.10.5,

重力可変装置を製作し、火星表層の水の流れを解析する

神野 佑介, 戸田 拓邦 (4年次), 中村 圭太 (3年次), 新居 優太郎, 今林 潤, 永田 英 (2年次)
 【大阪府立春日丘高等学校 定時制の課程 科学部】,
 柏木 ハツエ, 佐古 佐世子 (3年次), 鴈金 舞, 鄭 結心, 廣岡 陽子, 森本 拓輝 (2年次)
 【大阪府立大手前高等学校 定時制の課程 科学同好会】

5年前, 先輩が製作した微小重力発生装置は0.5秒の短い時間であるが, 小惑星「イトカワ」の表面重力に近い値であったため, 「はやぶさ2」のサンプラーホーン製作の予備実験に使用された。また, 最近太陽系探査に関連したニュースを目にする機会が増えてきた。そこで, 今度は月や火星などの天体の重力がつけられることができないかと考えた。

物理の授業で習った練習問題を応用し, 加速度をコントロールすれば, 月や火星の重力もつくれるはずだ。そう思い立ち, アトウツの滑車 (図1) を利用して重力可変装置を製作した。図2が装置の写真である。落下直後の振動を抑えることは課題として残るが, 簡単な原理を用いておもりの重量を調整することで目的とする天体, 月と火星の表面重力を実現することができた (図4, 5)。微小重力発生装置を利用して, 土星の衛星のエンセラダスの表面重力を作った (図3)。この2つの装置を連携すれば0Gから1.5Gの任意の重力を生み出すことができると考えられる。太陽系の固体表面をもつ天体 (惑星, 衛星, 小惑星など) や系外惑星のスーパーアースの表面重力を生成できることになる。

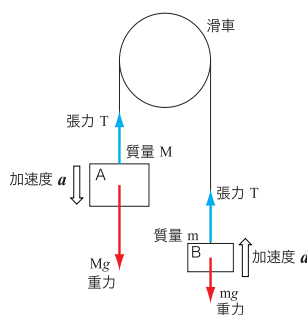


図1 アトウツの滑車



図2 重力可変装置全体図

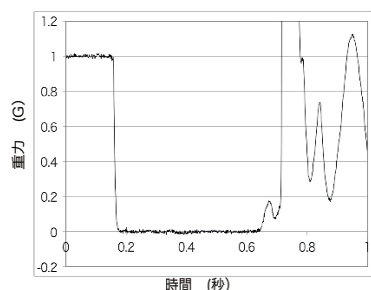


図3 エンセラダスの表面重力

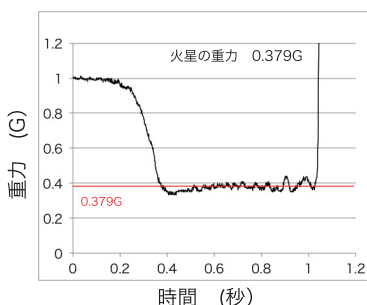


図4 火星の表面重力

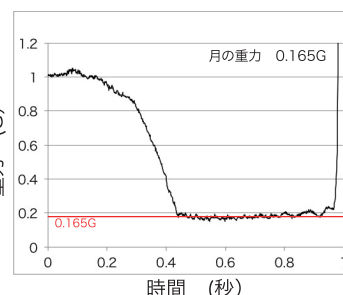
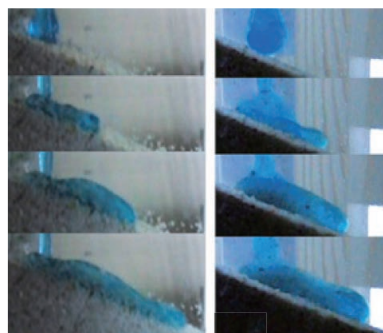
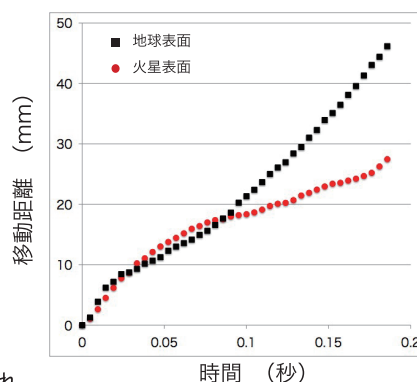


図5 月の表面重力

この装置で火星表面での水の振る舞いを観察した。その結果, 火星上の水は, 地球上での挙動とかなり異なることがわかった (図6)。見かけ上, 粘性が大きくなったような動きを示した。地球の水は表面から約2mm砂の層に染みこみながら流れていく様子が観測された。一方, 火星では水はほとんど染みこまず, 砂の表層の粒子が水の中で内部に巻き上げられる様子が見られた。地球の水は厚さが異なる2つの部分 (浅い進行方向の前方領域と深い後方領域) が生じた。火星の水は, 全領域ではほぼ一定の厚さ (約6mm) であった。



(A) 地球での水の流れ (B) 火星での水の流れ
 図6 斜面を流れる水 (間隔: 0.048秒) と先端部の移動の様子



この装置は, 今後の太陽系探査で, ささまざまな天体環境での予備実験に重要な役割を果たすと期待できる。

木星の大赤斑の変化

【米子工業高等専門学校 科学部】

尾上 創、前田 夏奈、熊本 千夏(高専3)
朝比奈 雄志、松田 稜哉、岩浅 大輝(高専2)
尾崎 匠、平野 聡、平木 志虎(高専1)

1. はじめに

我々は2014年から2016年の間、木星の観測を継続して行ってきた。今回、この2年分の木星画像を用いて大赤斑の変化を調べた。以下その結果について報告する。

2. 観測と解析

2014年12月から2016年5月の間に木星の撮像を行った。撮像は、主にタカハシのJP赤道儀にビクセンの反射望遠鏡VC200Lを搭載し、CCDカメラSkyRis618MとSkyRis618Cを取り付けて行った。解析にはWinJUPOSを使用し、大赤斑の前端、後端の経度を測定した。

3. 結果と考察

図1は大赤斑の長径(=後端の経度-前端の経度)の変化図である。この図より、大赤斑の長径が縮小していることがわかる。縮小速度は $-0.8^{\circ}/\text{年}$ であった。図2は大赤斑のドリフトチャートである。この図から、大赤斑の後退速度は $1.6^{\circ}/\text{月}$ であった。さらに後退速度が加速しているようにも見えた。

そこで、堀川(2015)と比較したところ表1のように縮小速度、後退速度ともに加速していることがわかった。そこで両者の関係を図示すると、縮小速度が後退速度の1次関数で近似できることが示された(図3)。このことから両者には何らかの因果関係があるかもしれない。また、このまま大赤斑が等速で縮小するとおよそ19年後に消失し、等加速度で縮小するとおよそ13年後に大赤斑が消失することも示された。

4. まとめ

近年、大赤斑は縮小速度と、後退速度が増加傾向にあることが分かった。大赤斑が等速度で縮小を続けるとおよそ19年後に、等加速度だとおよそ13年後に消滅してしまうことも示された。

我々は今後の大赤斑の変化を記録するため、木星の撮像を継続して行っていこうと考えている。

5. 参考文献

堀川 邦昭, 2015, 天文月報 108, 183

表1 近年の大赤斑の後退速度と縮小速度

観測者	西暦	縮小速度	後退速度
堀川	1997年~2003年	$-0.1^{\circ}/\text{年}$	$0.65^{\circ}/\text{月}$
堀川	2003年~2009年	$-0.5^{\circ}/\text{年}$	$1.3^{\circ}/\text{月}$
米子高専	2014年~2016年	$-0.8^{\circ}/\text{年}$	$1.6^{\circ}/\text{月}$

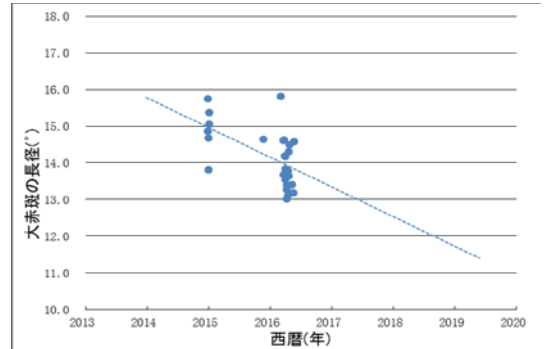


図1 大赤斑の長径の変化図

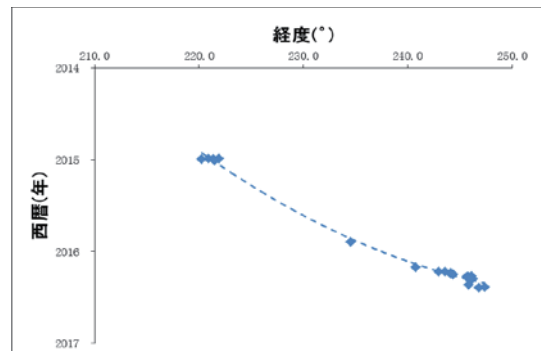


図2 大赤斑のドリフトチャート

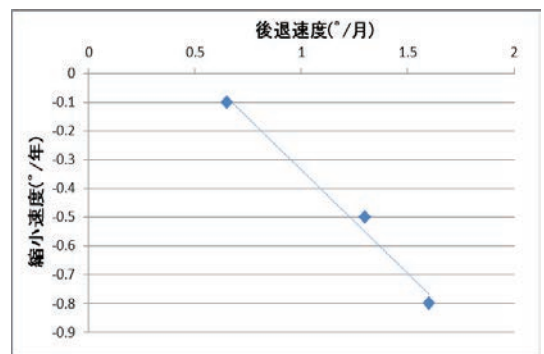


図3 縮小速度と後退速度の関係

自作望遠鏡（ケレス3）で行った小惑星の測光観測

兵庫県立三田祥雲館高等学校天文部

溝口 智貴、田中 暁、中田 篤志、中村 俊介、廣野 河世、森内 翔太（高2）
渡邊 歩、木寅 沙也果、古家後 はるか、小山 息吹、中井 まりあ、森本 一成（高1）
【兵庫県立三田祥雲館高等学校】

要 旨

鏡筒にボイド管を用いた口径35cmの反射望遠鏡自作し、小惑星の測光観測に取り組んだ。これまでに観測した小惑星は(5404)Uemura, (201)Penelopeである。解析の結果それぞれ15.4等、13.2等と決定した。今後さらに長時間観測を継続し小惑星の自転周期決定に挑戦したい。

1. はじめに

本校では現在、複数の望遠鏡を所持し観測対象によって機材を使い分けている。これらは、全てがメーカー製の既製品である。この度、アマチュア天文家三好清勝氏より、自身が研磨した35cm反射鏡の寄贈をして頂いたため、望遠鏡の仕組みを理解するため、夏休みを利用し反射望遠鏡の作成を行い完成させた。このケレス3を用い小惑星の測光観測に取り組んでいる。

2. 望遠鏡の組立

組立に用いた望遠鏡のパーツは次の通りである。 (表1) 材料一覧

反射鏡の焦点距離が150cmなので、まず設計図を作り、工作の計画を作った。組立は夏休みを利用して行った。部員全員でドリルやのこぎりを使って作業を行った。主鏡セルは木材を丸くきれいに切り抜く必要があり難しかったので木工が得意な先生に手伝って頂いた。天文部が創設された時に作った望遠鏡の名前が「ケレス」であり、この望遠鏡が3代目になるので「ケレス3」と名付けた。

パーツ	材 料
鏡筒	150cmボイド管（直径40cm厚さ6mm）
主鏡	焦点距離150cm 口径35cm 厚さ3.5cm
主鏡セル	木材
接眼部	SkyWatcher BK300の部品を流用
斜鏡及び斜鏡セル	短径70mm（笠井トレーディング）

3. ケレス3による観測

写真1が赤道儀に取り付けたケレス3である。赤道儀は以前からクラブで所持していたGOTO MX-IIを使用している。現在、ケレス3に冷却CCDカメラST9XE（SBIG社）を取り付け撮像を行っている。望遠鏡のコントロールには望遠鏡制御ソフトSuperStarIV（SeedBox社）を用いて、観測対象の自動導入を行っている。また、平日は学校に残って観測することが難しいので、小惑星の導入を下校時間までに行い、その後の望遠鏡とカメラの制御はリモートデスクトップソフトSplashSreamを用い、部員が自宅から行っている。これまで、(5404)Uemura, (201)Penelopeの2つの小惑星について観測を行っており、現在部員で手分けし測光ソフトMakaliを用い測光を行っている。当日の発表では連続した測光結果より周期を求めたものを発表する予定である。



(写真1) 赤道儀に取り付けたケレス3

4. まとめ

自作望遠鏡を作り小惑星観測に成功した。本校では年に数回星空教室を開いているので、観測のみならず、地域の皆さんに星空を楽しむ目的でも活用して行きたい。鏡筒重量は約20kgで赤道儀の積載重量は35kgの範囲内であるが、追尾がうまくいかないことがあるので今後調整し、安定して長時間観測ができるようにして行きたい。

謝 辞

三好清勝氏には、ご自身が研磨された35cm主鏡を寄贈頂きました。三好氏には以前より天文部へのご支援、ご指導を頂いています。この場をお借りしまして御礼申し上げます。

小惑星の軌道長半径と色の関係

原 琴音、樋口 陽日(中1)【新島学園中学校】

要旨

小惑星帯に属する小惑星の軌道長半径と色の関係を調べた。14等級より明るい小惑星を34個測定した。軌道長半径と色の関係は軌道長半径が約3AU付近で傾向が分かれ、軌道長半径が約3AU以下では色の分布が広く、約3AU以上では色の分布が狭くなり赤色側に偏った。小惑星の型と色との関係は見られなかった。

1. はじめに

私たちは、科学技術振興機構JSTの「中学生の科学研究実践活動推進プログラム」で小天体の色をテーマとして活動を行っている。本校所有の40cmF5ニュートン式反射望遠鏡と冷却CCDカメラ、RGBフィルターを用いることで継続的な観測を可能としている。

2. 目的

本校所有の観測装置を使用して、小惑星の軌道長半径と色の関係を測定する。小惑星帯の内側と外側で小惑星の色の分布に変化があるか確認する。

3. 方法

西村製作所の40cmF5ニュートン式反射望遠鏡とビットラン冷却CCDカメラBJ-54L、パーダープラネタリウム社RGBフィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行い、ダーク・フラット補正を行った後に国立天文台の「マカリ」で3色RGBフィルターの等級を測定した。観測対象は10月から12月の9時までに観測できる14等級以上の小惑星を無作為に選んだ。撮影は-20℃冷却、2×2ピニング、30秒から120秒露出で行った。

小惑星の色を観測する3色RGBフィルターの特性を確認した。恒星について、本校のRGBフィルターで求めた（B画像等級）－（G画像等級）（今後B-G等級と表現する）とカタログのB-V色指数との相関を同じ方法で求めた。

4. 結果

図1に恒星について測定した本校のB-G等級とその恒星のカタログB-V色指数との関係を示す。本校のB-G等級とカタログのB-V色指数に良い相関関係があるため、本校のB-G等級で小惑星の色を検討する。

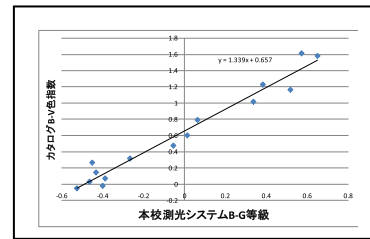


図1 本校B-G等級とカタログB-V色指数

図2に小惑星の軌道長半径（AU）と色（B-G等級）の測定結果を示す。軌道長半径が約3AU付近で傾向が分かれる。約3AU付近より小さい範囲では、色（B-G等級）が-0.4から0.2の広い範囲に分布し約3AU付近より大きい範囲では、-0.1から0.1の狭い範囲に分布している。

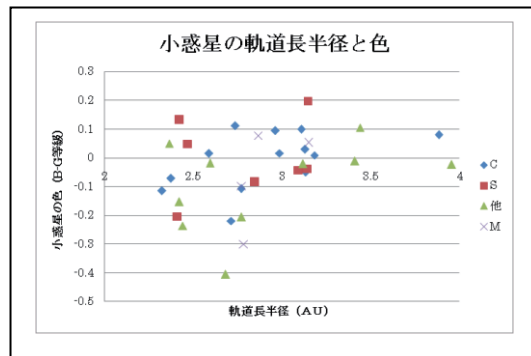


図2 小惑星の軌道長半径と色

また、図3に小惑星の（B-G等級）と（G-R等級）の関係を示す。（B-G等級）と（G-R等級）が直線の関係となった。

5. 考察

今回観測した34個の小惑星について、図2より軌道長半径（AU）と色（B-G等級）の関係に傾向がある結果を得た。14等級より明るい小惑星であり、測定した数も小惑星全体から比較して少ないことを考慮する必要がある。今回の測定結果は、軌道長半径が約3AU付近で傾向が分かれる。小惑星帯の内側の小惑星がたくさん存在する領域では幅広い色を持つ小惑星が存在し、外側では赤い色の成分が多い小惑星となる傾向を示している。小惑星の型で表示を変えているが、小惑星の型と色の関係を示す傾向は観られなかった。

図3の小惑星の（B-G等級）と（G-R等級）の関係よりC型とM型は中央に分布、S型は青い色の方に分布、その他の型は赤い方に分布する傾向となった。

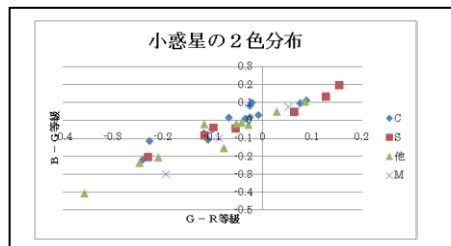


図3の小惑星の（B-G等級）と（G-R等級）

6. まとめ

小惑星のB-G等級が広い範囲に分布することがわかり、いろいろな色を持つ小惑星があることが分かった。今後小惑星の自転に伴う色の変化を観測したいと考えている。

7. 謝辞・参考

群馬県立ぐんま天文台の主幹・浜根寿彦先生にご指導をいただきました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

<参考文献> 「小惑星の可視測光観測から何がわかるか」 阿部正真 JAXA

ライトカーブと形状モデルから探る小惑星の表面特性

土屋 健太郎 (高3) 【那須高原海城高等学校】

要 旨

本研究は、デジタル一眼レフカメラを使って観測した小惑星のライトカーブ（光度変化の実測値）と小惑星の自転による見かけの断面形状変化とを比較し、小惑星の表面特性について考察した。

1. はじめに

昨年のジュニアセッションでは、表面の地形・地質がよく分かっているS型小惑星(#25143 Itokawa)のライトカーブと断面形状変化をもとに、同じS型小惑星である#39 Laetitia の表面にも低アルベド地域と高アルベド地域があることを推論した。今年、M型小惑星について昨年と同様の方法で調べた。彗星探査機ロゼッタが撮影した#21 Lutetia の写真(地形)データをもとに、#129 Antigone の表面特性について考察した。

2. 研究方法

2.1 測光観測によるライトカーブ

観測場所 大田原市ふれあいの丘天文館 (栃木県大田原市福原)

使用機材 望遠鏡 65cm反射望遠鏡 (f 7800mm)

カメラ Nikon D700 直焦点、露出時間 30秒

観測対象 小惑星 #129 (2013年 1月10日観測)

測光方法 アパチャー測光 (ステライメージ使用、ダーク補正あり、フラット補正なし)

なお、小惑星#21 (Lutetia)のライトカーブは、IAUMPC のライトカーブ・データベースから引用した。

2.2 小惑星の形状モデルによる見かけ断面積の経時変化

太陽光を反射する小惑星の明るさは、反射光量と太陽から小惑星そして地球までの距離により決まる。そこで、地球から見た小惑星の断面積を3分毎または5分毎に計測し、その見かけ断面積の経時変化曲線を描いた。その曲線は、小惑星が反射する光量変化を表すと考えられる(短時間のデータなので距離変化は無視した)。

小惑星の形状モデルは、Adam Mickiewicz University 天文台(ポーランド)のウェブサイト (Interactive service for asteroid models) から引用した。

3. 結果

下図に小惑星 #21 Lutetia と #129 Antigoneのライトカーブと見かけ断面積の経時変化曲線を示した。

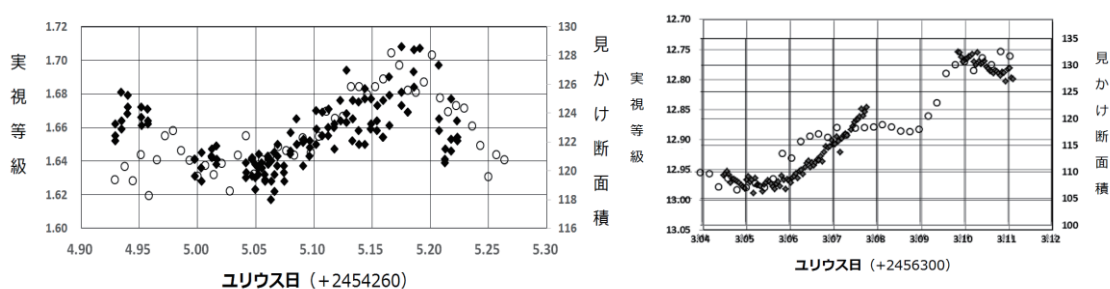


図1 ライトカーブ(◆)と見かけ断面積の経時変化曲線(○) (左) Lutetia (右) Antigone

4. 考察・まとめ

ライトカーブの(最大光度/最小光度)比と見かけ断面積の(最大値/最小値)比が、ほぼ一致することから、見かけ断面積の経時変化はおおむね光度変化を表していると考えられる。

ライトカーブと見かけ断面積の経時変化曲線が一致する(重なる)ときは、小惑星の表面が均質であることが予想され、不一致のときは、小惑星表面の地形または表層地質などの不均質にその原因があると予想される。

図1(左) Lutetia の左端は、ライトカーブと断面積が不一致である。そのとき地球から見え始めたのが“Raetia Regio”であり、その起伏に富んだ地形が不一致の原因と考えられる。図1(右) Antigone にも、ライトカーブと断面積が不一致な部分が見られることから、Antigone の表面にも起伏に富む地形と平坦な地形の存在が推定される。

Mクラスフレアの観測に成功した ～輝度値の変化とポストフレアループの様子～

深堀 未久 (高2)、飯島 桃花 (高2)、島津 かなめ (高2) 【埼玉県立浦和西高等学校 地学部】

要 旨

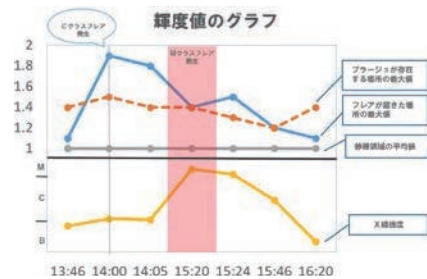
私たちは、2016年7月24日にCクラスおよびMクラスフレアとそれに伴うポストフレアループの観測に成功しました。その観測結果をもとに、24日の太陽の明るさを領域ごとに見てみると、X線強度によるフレアのクラス分けと、H α 線による輝度値は必ずしも一致しないことが分かりました。また、撮像した画像からフレアの規模が大きいほど、それに伴うポストフレアループは発生するまでの時間が長くなり、規模も大きくなることが分かりました。

1. はじめに

私たちは、7月23日～30日に行われた太陽観測衛星「ひので」との共同観測「ひので衛星といっしょに太陽を観測しよう2016」に参加しました。その結果、11年周期の太陽活動が極小期に向かってフレアが少なくなってきたこの時期に、7月24日に起きたCクラスおよびMクラスの2つのフレアとそのフレアに伴うポストフレアループの観測に成功しました。私たちがH α の波長で太陽を観測した結果をもとに、アメリカのGOES衛星によるX線強度グラフなどと比較して、太陽の領域別の輝度値やこれらのフレアに伴って発生したポストフレアループについて考察しました。

2. 太陽の領域別の明るさを比べた

24日の太陽をフレアが発生した場所、ブラージュ（彩層に発生する明るい部分）が存在する場所、何も起きていない静穏領域の3カ所の明るさをそれぞれの時間に捉えた静穏領域を輝度値1とした相対的な値で比べました。（フレアが発生した場所とブラージュが存在する場所の輝度値は最大値を使用し、静穏領域は平均値を使用しました。）フレアが発生した場所の輝度値は、CクラスフレアよりMクラスフレアの方が数値が高い、という仮説のもとと比べると、結果はグラフの通りMクラスフレアが発生した時間15:20よりCクラスフレアより規模が小さいはずのCクラスフレアが発生した時間14:00の方が輝度値が高いことが分かりました。このことから、X線強度によるフレアのクラス分けと、H α 線による輝度値は必ずしも一致しないことが考えられます。しかし、今回捉えたフレアは太陽の側面にあるため、フレアが発生した時にN極、S極に対応して2箇所光る構造からすると、画像から光っている部分が1箇所しか見られないので、残りの1箇所は太陽の裏側にあると考えられます。よって、Mクラスフレアの輝度値がCクラスフレアの輝度値より値が小さいのは、Mクラスフレア全体が捉えきれていなかったからと推測することができます。更にグラフから、Cクラスフレアは静穏領域の1.5～2.0倍の明るさに変化していることが分かりました。また、ブラージュが存在する場所の輝度値は全体的に増減を繰り返す、変化が不定期であったため、フレア発生との相関はないことが読み取れました。



3. CクラスおよびMクラスフレアの後に発生したポストフレアループの様子について

右写真に示すポストフレアループの様子を見てみると、Cクラスフレアでは発生してから時間を空けることなくポストフレアループが発生していることが分かりました。それに対しMクラスフレアの場合は、フレア発生後およそ25分経ってからポストフレアループが発生し、Cクラスフレアに伴うポストフレアループより規模の大きいものが発生していました。また、Cクラス、Mクラス共にフレアの明るさが変化するのにかかる時間とポストフレアループの噴き出した水素ガスがループ状に発達するのにかかる時間が短いことから、フレアの明るさやポストフレアループの形状は刻々と変化する非常に激しいものであることが分かりました。



左) Cクラスフレアに伴う
ポストフレアループ
右) Mクラスフレアに伴う
ポストフレアループ

4. まとめ

- ・ X線強度によるフレアのクラス分けと、H α 線による輝度値は必ずしも一致しないことが分かった。しかし、Mクラスフレア全体が捉えきれていなかったことも考えられる。
- ・ Cクラスフレアでは静穏領域の1.5～2.0倍の明るさに変化している。
- ・ ブラージュの輝度値はフレアの発生と相関がない。
- ・ フレアの規模が大きいほど、それに伴うポストフレアループは発生するまでの時間が長く規模が大きい。
- ・ フレアの明るさやポストフレアループの形状は刻々と変化する非常に激しいものである。

6. おわりに

私たちは、太陽の活動が少なくなっているこの時期にフレアが起きた瞬間を捉えることができ、X線強度とフレアの関係性について研究することができました。これは、太陽観測衛星「ひので」との共同観測を企画し、画像やデータを提供してくださった国立天文台の矢治健太郎先生、ほか関係する方々の協力を得て行えたことです。この度は私たちの研究に協力していただきありがとうございました。また、今回の私たちの研究に目を向けてくださった方々にも感謝申し上げます。

太陽の可視光像の観察とひので衛星画像との比較

成蹊中学校自然科学部
森 雄一朗 (中3)【成蹊中学校】

要 旨

成蹊中学校の屈折式望遠鏡とデジタルカメラを用いて太陽表面の観察を行いました。この画像と、ひので衛星画像の比較をして、黒点の変化や発生する場所について調べました。

1. はじめに

僕は中2のころに天体観測に興味を持ち、この「太陽表面の観測」を始めました。天体観測というと夜の星空を思い浮かべる人が多いと思いますが、昼間に学校でもできる天体観測ということで、太陽表面の観測に挑戦してみました。今回は2016年の観測結果を、自分の考察と共に発表します。

2. 研究概要

望遠鏡で直接太陽は見る事ができないので、特殊なフィルターを望遠鏡に取り付け光を絞って観測しています。望遠鏡にカメラをつないで、映る太陽像を写真で記録して、それを分析しています。7月以降は太陽表面の方角を出すためのパソコンソフトも導入しています。

今回の研究で使用した機材

- ・望遠鏡 (PENTAX 75 SDHF、75mmを45mmにしぼって観測)
- ・フィルター (バーダー太陽観察用フィルター)
- ・カメラ (NIKON COOLPIX995でAUTO撮影)
- ・処理用パソコンソフト (SUN IMAGE PROCESS)

3. 観察結果

(1) 2016年4月初旬から6月初旬の観測結果

この期間は図1のような写真から太陽の黒点(太陽の表面に見られる黒い斑点で、まわりより温度が低く暗く見える部分)など位置を紙に記録し直し、自分で太陽表面上の方角を割り出す方法で分析しました。太陽表面上の方角は同じ日に撮った2枚の写真を比べて、太陽の動きから割り出しています。この時期の観測では大まかな黒点の動きが分り、太陽の自転と太陽活動領域(活動の活発な部分)がどのように変化しているかが考察できました。また、6月初旬には太陽表面から黒点のなくなる『無黒点状態』という珍しい現象も観測できています。

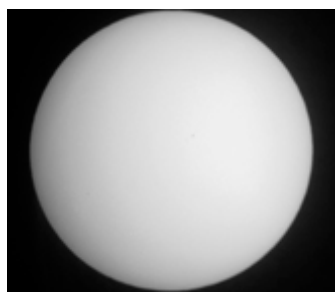


図1 8月25日11時19分に自分で撮影した太陽

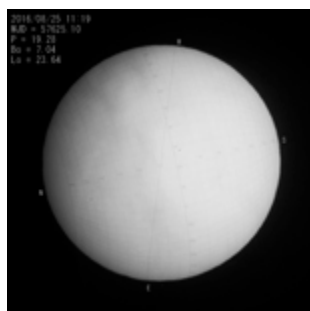


図2 図1の写真に経緯度をつけたもの

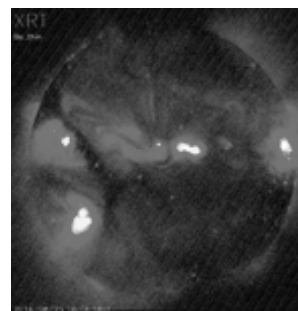


図3 同日11時30分ごろに観測衛星「ひので」が撮影

(2) 2016年7月から9月初旬の観測結果

この期間の観測では、太陽表面上も方角を出すためのパソコンソフトも導入し、図2のようにより正確に方角を出すことができるようになりました。また衛星の「ひので」の観測データ(図3)とも比較しながら、より踏み込んで考察をできるようになりました。例えば図2、3はどちらも8月25日の11時30前後の画像ですが、図2には太陽の赤道付近に黒点が1つあり、図3ではその近くでプロミネンス(表面のガスが飛び出したもので数十万kmもの高さがある)が発生していることがわかります。このことから、この付近で太陽の活動が活発であったことはわかります。さらに、このようなデータを数日分並べて見ると太陽活動領域がどのように変化しているのかということもより詳しく分析できました。また、黒点やプロミネンスは満遍なく発生するのではなく、ある程度決まった場所で発生することもわかります。

4. おわりに

研究を始めて1年ほどしかたっていないため未熟な部分も多いとはおもいますが、本発表をぜひご覧ください。

太陽の黒点の蝶型図の作成とその考察

田中 達也（高1）【修道高等学校】、井上 和思（中2）【修道中学校】

1. 動機

長年にわたり修道中高天文班では太陽観測を続けており、今までにも何度か蝶形図を作ってみたものの、データの抜けている箇所やデータに入れていない年度が存在するなどしていた。よってもう一度抜けているデータや年度を洗い出して出来得る限り完全な蝶形図を作り、何らかの特徴や規則性などなんらかを発見出来れば良いなと思った。

2. 方法

(1) スケッチ

高橋製作所の TS90（口径 90mm 焦点距離 1000mm の屈折望遠鏡）に Or18mm を用いて太陽を 15cm に投影し、黒点をスケッチした。そのスケッチの上で暗部の数を数えた。

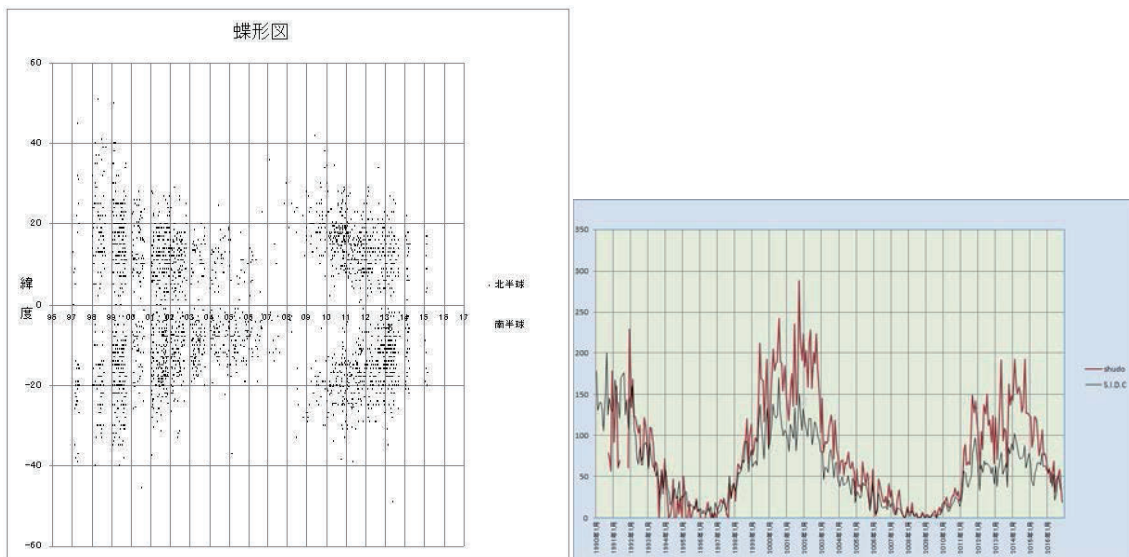
(2) 測定

ライトボックス上で経緯度図とスケッチを重ね、真の赤道を決定し、黒点群の経緯度図を測定した。

(3) 蝶形図作成

(2) で測定した黒点のデータを元に群別日変化表を作成した。これを使い黒点の緯度分布を示す蝶形図を製作した。

3. 結果



4. 考察

上記の蝶形図には、私たちの班が保持している 1990 年からの太陽観測のデータの蝶形図が示されている。だからこれから所有してある全てのデータを上記の蝶形図に組み込み、より完成されたものを使用してもっと考察を進めて行きたい。

太陽の黒点相対数と磁気嵐の関係

小林祥之、竹縄智広(高1)

井口誠斗、江川尚宏、菊岡慧殊、手塚友健、矢口大致(中3)

【巢鴨中学校・高等学校 地学班】

1. はじめに

我々は毎週水曜日の昼休みに屋上で太陽黒点を観測している。その活動の中で、太陽黒点について調べているときに、黒点の数が多いときには磁気嵐も多いということを知った。そこで、その様子を観測所や研究所などによる観測データにもとづいて確かめてみることにした。

2. 目的

黒点の数が多いときに磁気嵐の発生回数も多いのかについて確かめる。

3. 方法

1) 磁気嵐の発生回数について、気象庁の地磁気観測所のウェブサイトから入手した。観測は1924年から始まっているので、サイクル16の途中(1924年1月)からサイクル23(2008年12月)までの、8つの活動周期を本研究の対象とした。

2) 黒点数についての観測データを、国立天文台太陽観測所太陽活動世界資料室のウェブサイトから入手した。そして、月ごとの黒点相対数として13か月移動平均を算出した。

3) 上記の2種類の値について、サイクルごとに整理した。

4. 結果

黒点相対数と磁気嵐の発生回数の関係を整理した結果を図1に示す。

5. 考察

1) サイクル21以外の7つのサイクルでは回数の増減の様子は概ね一致している。

2) 極大期での黒点相対数の値は、単調な増減であったが、磁気嵐の発生回数は増減を繰り返していた。特に、サイクル21(1976年9月～1986年4月)では、黒点相対数の値が最大となった時に磁気嵐の発生回数が大きく変化していた。

3) 黒点相対数と磁気嵐の発生回数がそれぞれ極小から増加に転じる時期については、サイクル17以外の7つのサイクルでは、概ね一致していた。サイクル17では、磁気嵐の発生回数が約27ヶ月早く増加に転じていた。

4) 黒点相対数と磁気嵐の発生回数が極大から減少に転じる時期については、サイクル17とサイクル22を除く6つのサイクルにおいて磁気嵐の発生回数の減少が黒点相対数の減少開始に比べ約14～28ヶ月、平均して約21ヶ月遅れていた。

6. 参考資料

- ・国立天文台太陽観測所太陽活動世界資料室
<http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/wdc/qbsa.html>
- ・気象庁地磁気観測所
<http://www.kakiokajma.go.jp/obsdata/obsdata.html>

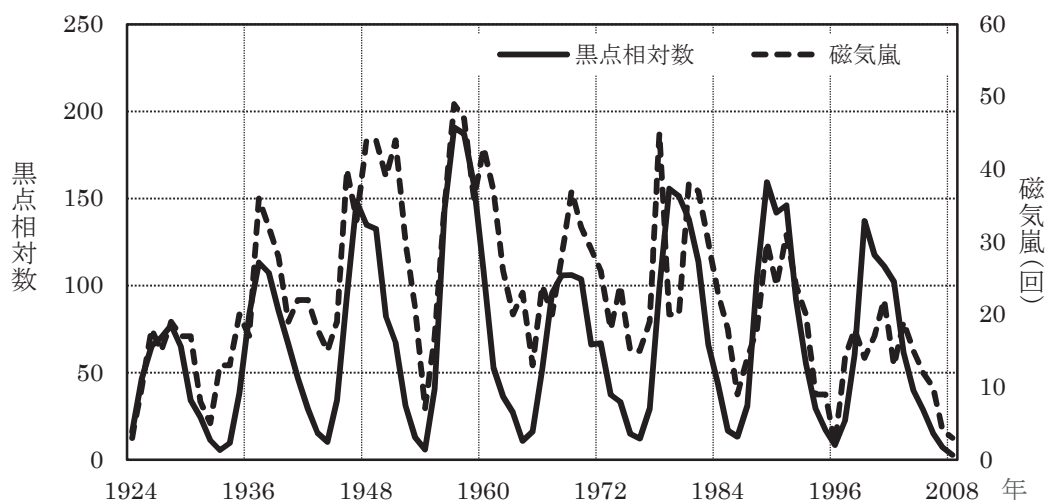


図1 黒点相対数と磁気嵐の発生回数 (サイクル16～サイクル23)

全天スカイモニター映像を用いた変光星の観測

北村 文里 (高1) 【智辯学園和歌山高等学校】

1. はじめに

和歌山県紀美野町立みさと天文台には全天スカイモニターがある。これは24時間、約1分ごとに全天の写真を撮り続けているカメラである。カメラのデータはネット上に公開されており、誰でも見ることができる。今回使用するにあたって、情報の喪失の少ない状態の画像データをみさと天文台に提供してもらった (図1)。

恒星のうち、等級が変わって見える星を「変光星」という。中でも有名なものにペルセウス座のアルゴルがある。アルゴルはA星の周りをB星が回ることによって2つの星が互いに隠しあい、明るさが変わって見える「食変光星」である。変光星が暗くなる時のことを「極小」といい、アルゴルは極小を2.8673043日の周期で繰り返す (図2)。今回は、みさと天文台の画像データを用いて極小周期のグラフを描き、この画像データの有用性を示したい。

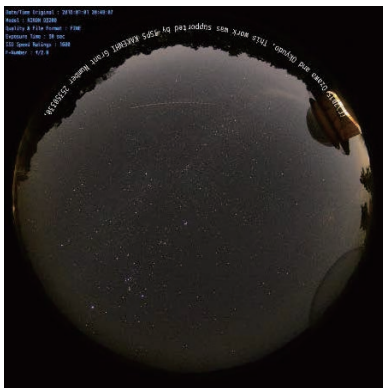


図1 みさと天文台の全天画像

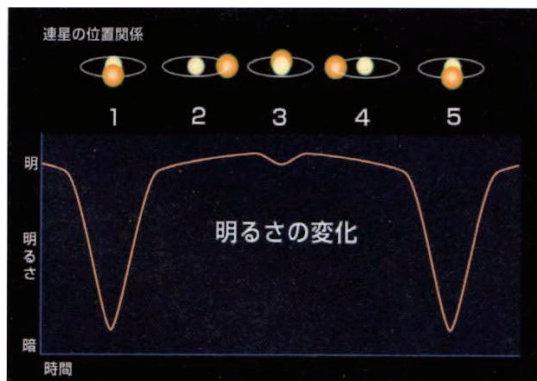


図2 変光星の明るさの変化

2. 方法

画像解析には天体画像処理ソフトウェア「ステライメージ」(アストロアーツ)を用いる。まず、測光機能が高めるために5枚の画像をコンポジットする。次に、光度測定機能を用いてアルゴルの等級を求める。等級を出すための標準星には1.8等級のペルセウス座ミルフアクを用いた。

実際の分析結果が図3である。横軸は極小予報時刻を0とした時間軸で、縦軸は等級を示している。極小予報時刻付近で最も暗くなっていることがわかる。

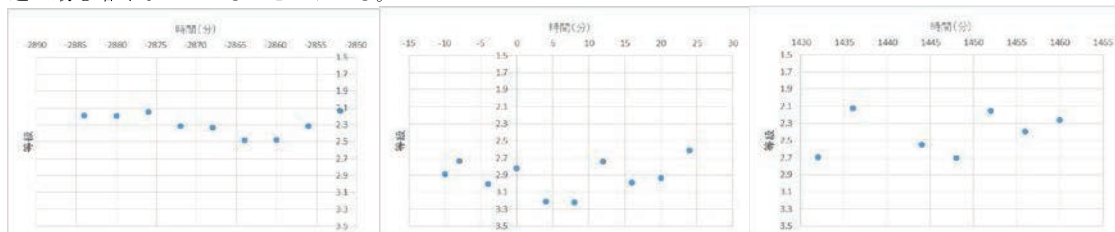


図3

3. おわりに

アルゴルの極小は予測式によって予測できるが、予測時刻と実際の観測時刻の間には不規則なズレがある。A・B系の外側を公転するC星の引力が影響していることやA星とB星の間でガスがやりとりされていることなどが原因として考えられているが、正確にはわかっていない。その要因はアルゴルが有名な変光星であるあまり、注目されていなかった結果、観測データが少なかったことである。私のような高校生でも観測できることを示せば、このような問題が解消されるかもしれないと考えている。

4. 参考文献

- ・食変光星キャンペーン2002
meineko.sakura.ne.jp/2002manual.doc
- ・鈴木文二・洞口俊博 編(2015)
『あなたもできるデジカメ天文学』 恒星社厚生閣
- ・沼澤茂美・脇屋奈々代 著(2011)
『宇宙ウォッチング』 新星出版社

食変光星アルゴルの研究

～デジタルカメラによる測光観測～

青木 悠祐、坂本 龍哉、滝口 道雄 (高2) 【金光学園高等学校】

1. はじめに

私たちは、市販のデジタルカメラを用いて、金光学園天文台で食変光星アルゴルの観測を行った。変光星観測は、従来、冷却 CCD カメラを使用した観測が主流であるが、金光学園天文ゼミでは身近なデジタル一眼レフカメラを使用してきた。しかし、これまでの先行研究は誤差が大きく、求めた食時刻や公転周期の精度が高くない。私たちはその精度を上げようとして、この研究に挑戦した。特に観測の方法とデータ処理の方法を見直し、より正確な食時刻や変光周期を求めることに成功した。

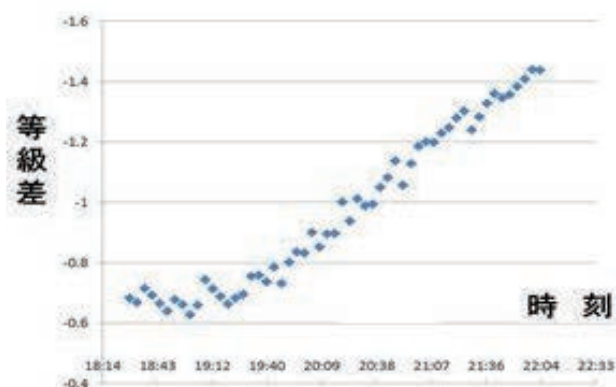
2. 研究内容

まず、デジタルカメラの直線性を調べて適正露出時間を知り、カメラの設定を行った。観測は、赤道儀に乗せた望遠鏡にカメラを取り付け、アルゴルを自動追尾をしながら行った。データ解析では、画像データを RGB (赤・緑・青)3色分解をして、ダークやフラットの1次処理を行った。そして、Gバンドのデータを使用し、明るくてアルゴルに近い κ Per を比較星とし、自動解析ソフト AIP4WIN で測光した。等級値の時間変化から光度曲線を描き、主極小時刻すなわち食時刻を決定し、2回の食時刻から公転周期を求めた。

3. 結果

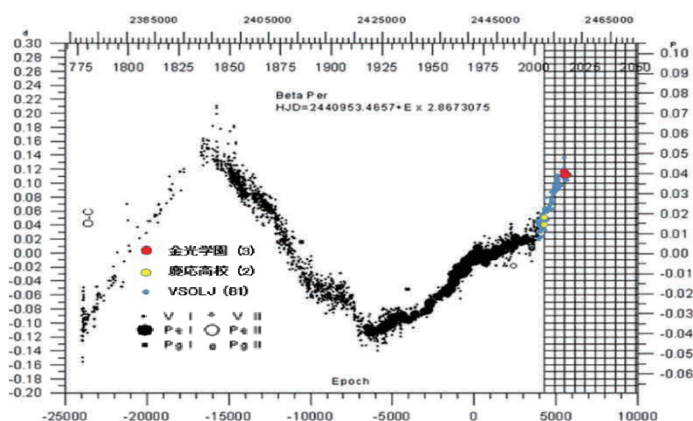
右図のように、2016/01/24の観測では誤差が0.1等級より十分に小さく、多項式近似と中点連結法により主極小時刻を求めたところ、予報より約30分遅い値が得られた。また、昨年度の観測についても同様なデータ処理を行い、より確かな結果を得た。これらの結果を他の観測と比較したところ、誤差は約0.5%と見積もられた。

2014/12/27 (昨年度の観測) と 2016/01/24 の食時刻データから、公転周期を求めた。その結果、68時間49分(約2.867日)という値を得た。これは、倉敷科学センターHPに与えられた値と一致している。



4. 考察

右図は、長期間にわたる食時刻の変化(観測値-予報値)を示したものである。振幅の小さい緩やかな変化に加えて、突発的に大きな変動が見られる。2世紀にわたるアルゴルの観測から、公転周期が変化していることは明らかである。VSQJ(日本変光星観測者連盟)(小丸印)、慶応高校(中丸印)と私たち(大丸印)の観測結果を加えると、2000年頃を境にして公転周期が長くなったことが示された。アルゴルの突発的な周期変動は、主に質量放出や伴星の活動性などによると考えられ、現在定量的な考察や議論が交わされている。



5. 今後の課題

光度曲線の光度が観測日によって系統的にずれている。この原因が観測の方法(使用したカメラ等)なのか、データ解析の方法(使用したソフトウェア)なのか、調べているところである。使用したカメラ(CanonEOSX7i)を他のカメラと比較したところ、リアルタイム補正による光度変化が生じている可能性がある。また、3色分解ソフトウェアにも問題があることが分かり、調査を続けている。

食変光星 DS AND の極小時刻を求める

～デジタルカメラ画像の測光から～

富田小冬（中2）【一宮市立南部中学校】

1. はじめに

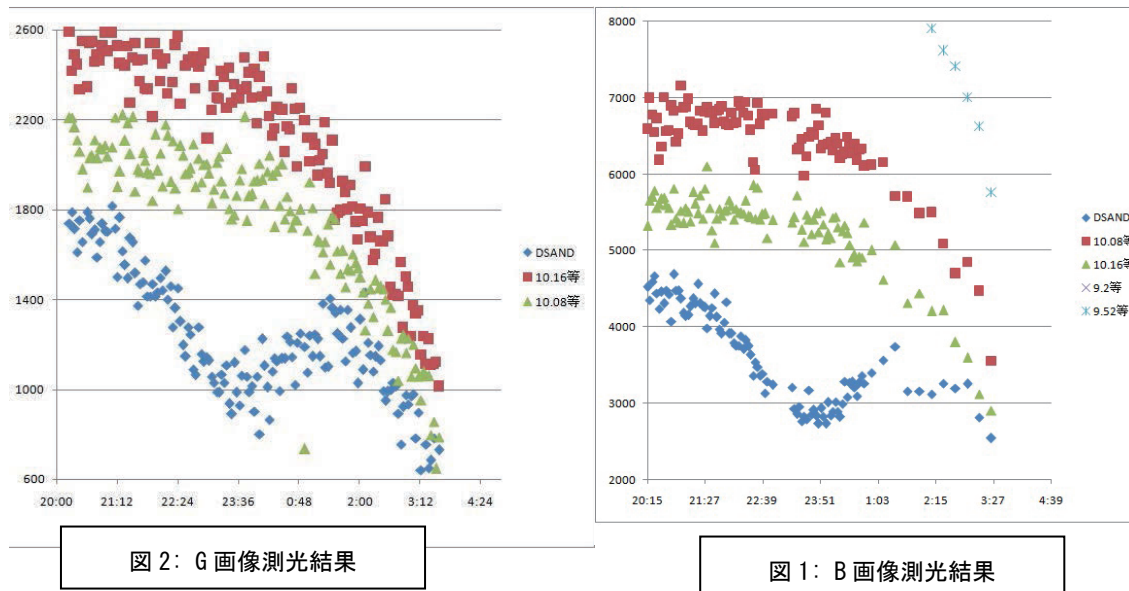
食変光星という一晩で明るさが変化する星があることを知り、時間がたつにつれて明るさがどのように変化するか気になったため一眼レフカメラで撮影し、極小時刻を調べることにした。

2. 方法

- ・2016年12月7日、BORG60ED(口径60mm、焦点距離350mm)+CANON20Da、ビクセンGPD赤道儀自動追尾、一宮高校の屋上で撮影。
- ・周辺の明るさが近い星4個と一緒に撮影し、比較した。

3. 結果

raw2fitsで画像を変換し、BとGの画像をすばる画像解析ソフトマカリで開口測光し、数値化したものをエクセルでグラフにした。横軸は時刻、縦軸は明るさを示している。



4. 考察

中点法を用いて明るさの値の近い極小前と極小後の時刻の平均をBで4個、Gで5個求めた。さらにその時刻の平均を出し、DSANDの極小時刻を23:50と求めた。

5. 今後の展望、考察

- ・グラフのデータがない部分を補充し、グラフを完成させること。
- ・B、Gのグラフが星が西に傾くにつれ、右肩下りの曲線になっているので、高度補正を考慮してより正確な極小時刻を求めること。

6. 謝辞、参考文献

愛知県立一宮高等学校 高村裕三朗先生
 永井和男の食変光星観測のページ <http://eclipsingbinary.web.fc2.com/index-j.htm>
 星空公団 <http://www.kodan.jp/>
 すばる画像解析ソフトマカリ <https://makalii.mtk.nao.ac.jp/index.html.ja>

変光星BX(Peg)、CY(Aqr)の光度曲線と色指数の変化

中里 海斗(高1)【新島学園高等学校】、原 琴音、樋口 陽日(中1)【新島学園中学校】

要旨

EW型食変光星BX(Peg)とSXPHE型脈動光星CY(Aqr)の光度曲線と本校測光システムのB-G色指数の変化を観測した。食変光星BX(Peg)の極小でのB-G色指数は数値の大きい赤色の方へシフトし、主極小と副極小の中間の明るいときはB-G色指数が小さい値となり、光度曲線とB-G色指数の関係を見出した。脈動光星CY(Aqr)でも同様に、変光星の光度が明るいときはB-G色指数が小さな値を、暗いときはB-G色指数が大きな値を示した。

1. はじめに

私たちは、科学技術振興機構JSTの「中高生の科学研究実践活動推進プログラム」で天体の色をテーマとして活動を行っている。今回は変光星の光度変化と色の関係について観測した。

2. 目的

本校所有の観測装置を使用して、変光星の光度変化と本校測光システムの色指数B-Gの関係を、食変光星と脈動変光星について調べる。

3. 方法

西村製作所の40cmF5ニュートン式反射望遠鏡とビットラン冷却CCDカメラBJ-54L、バーダープラネタリウム社RGBフィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行い、ダーク・フラット補正を行った後に国立天文台の「マカリ」で3色RGBフィルターの等級を測定した。撮影は-20℃冷却、2×2ピニング、30秒から120秒露出で行った。

小惑星の色を観測する3色RGBフィルターの特性を確認した。恒星について、本校のRGBフィルターで求めた（B画像等級）－（G画像等級）（今後B-G色指数と表現する）とカタログのB-V色指数との相関を同じ方法で求めた。

4. 結果

図1に恒星について測定した本校のB-G色指数とその恒星のカタログB-V色指数との関係を示す。良い相関関係があるため、本校のB-G色指数で変光星の色を検討する。

EW型食変光星BX(Peg)の光度変化を図2、B-G色指数を図3に示す。変光星の光度変化は最大光度から副極小が約0.6等級、主極小が約0.8等級の変化を示している。B-G色指数は0.05の値の範囲で変化は小さい。

SXPHE型脈動光星CY(Aqr)の光度変化を図4、B-G色指数を図5に示す。変光星の光度変化は約0.8等級変化している。B-G色指数は0.3の値の範囲で変化が大きくなっている。

5. 考察

EW型食変光星BX(Peg)のB-G色指数は光度変化に関連して変化し、極小のときにB-G色指数の値が大きくなり赤色側に変化している。2つの恒星が並んで明るくなった時のB-G色指数が小さくなり青色側に化した。接触した共通大気部分の温度の影響なのか今後確認したい。

SXPHE型脈動光星CY(Aqr)のB-G色指数は光度変化に関連して変化し、光度が明るい時にB-G色指数の値は小さくなり青色側に化する。光度が暗いときはB-G色指数の値が大きくなり赤色側となる。B-G色指数の値は、明るくなった付近で急激に値は小さくなり、そのほかの部分ではあまり変化しない。

光度変化の形、B-G色指数変化の形と値の幅が、食変光星と脈動変光星で大きく異なることが分かった。

6. まとめ

食変光星と脈動変光星の光度変化とB-G色指数の変化の違いを求めることができた。今後、食変光星について、2つの恒星が接触しているEW型と離れているEA型の違いから、接触した共通大気部分が色温度に影響を与えているのか調べたい。

7. 謝辞・参考

群馬県立ぐんま天文台の主幹・浜根寿彦先生にご指導をいただきました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

<参考文献>「脈動変光星の観測」井上裕司、菅波道樹、米山隆晃
明星大学

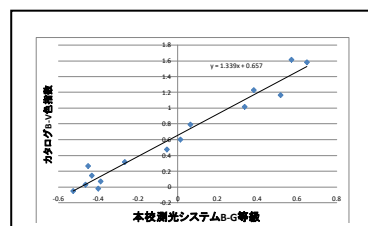


図1本校B-G等級とカタログB-V色指数

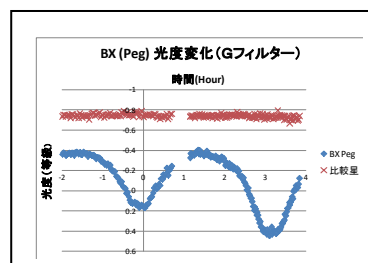


図2 BX(Peg)の光度変化

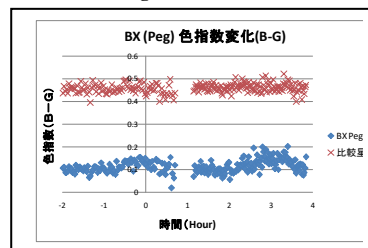


図3 BX(Peg)のB-G色指数変化

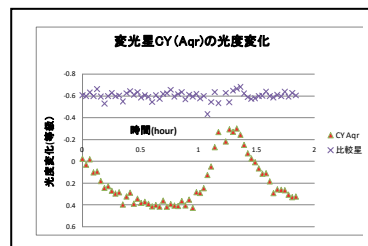


図4 CY(Aqr)の光度変化

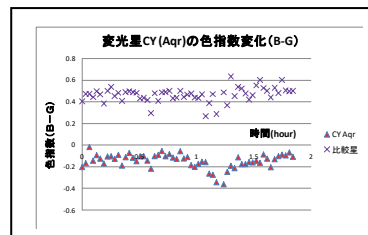


図5 CY(Aqr)のB-G色指数変化

脈動変光星 きりん座 BL (BL Cam) 測光観測

金村 小春、辻 希(高2)、松下 真美子(高1) 【兵庫県立舞子高等学校】

1. はじめに

私たちは2016年11月25日から11月27日にかけて兵庫県立大学西はりま天文台にて、きりん座 BL の測光観測を行った。これは、脈動変光星で短期間に膨張・収縮することにより、極度に増光し、その後緩やかに減光する変光星のことをいう。

2. 観測・撮影の時間と方法

今回の観測は、西はりま天文台 60cm 望遠鏡に CCD カメラ (SBIG ST-9) を使用し、2 色測光観測を行った。V バンド、B バンドフィルターを使用して 2016 年 11 月 25 日 22 時頃～11 月 26 日 3 時頃 (日本時間) ま で露出時間 30 秒で交互に撮影を開始した。

3. 測光・データ処理

得られた画像データは FITS 形式のため、国立天文台の画像解析ソフト「マカリ (Makali'i)」を利用し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い、一次処理をした。次に 2 つの比較星ときりん座 BL の明るさを求めるため「マカリ (Makali'i)」にてカウント値をもとめ、等級に変えて光度曲線を作成した。用いた式は、等級差 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

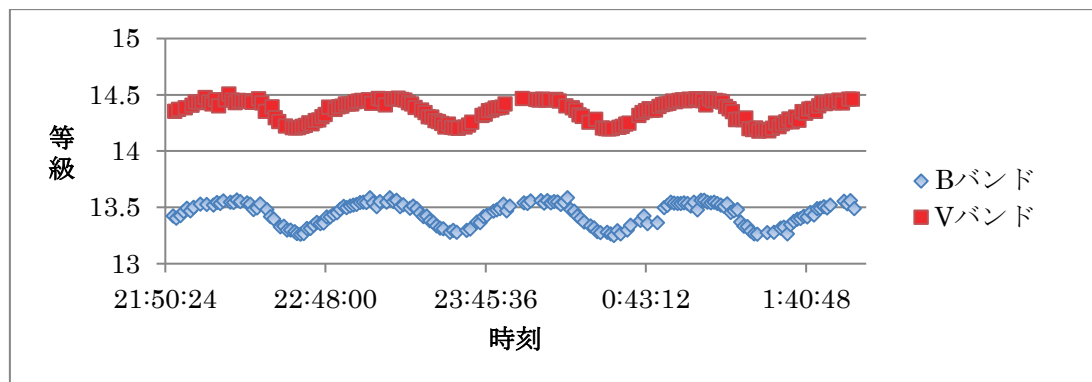
$$\langle \Delta m = -2.5 \log_{10} L_1 + 2.5 \log_{10} L_2 \rangle$$

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。

観測データは、平均値から標準偏差の幅に収まるデータのみ使用した。

4. 結果

光度の周期的な増減が確認できた。



5. 考察・課題

このデータから周期が平均 56 分 10 秒と求められた。【SIMBAD Astronomical Database】には、周期 57 分 36 秒と書かれていることから、近い値を得ることができた。きりん座 BL が変光しているのは、星自体の膨張・収縮が考えられるが、その原因は何か。また、今回 1 回のみ観測だったためさらに研究観測が必要だと感じた。今回 2 色測光観測にあたり、B バンド、V バンドのフィルターを使って撮影を行ったが、B-V の色指数を求めるに至っていないので今後の課題となった。今回の研究は、兵庫県立大学西はりま天文台研究員の大島誠人様よりご指導いただきました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

KIC 8462852の測光観測結果と変光の原因をさぐる実験

川野 美渚、尾上 茉莉、都筑 奏、大内 雄登、山口 航輝、村山 智博、牧田 豪、(高2)、小川 真司、稲留 直紀、小松崎 健、豊田 麗未、守屋 直希、沼部 恵、後藤 啓太、吉武 晃生、芳賀 匠海、片山 夏生、鈴木 裕太、羽鳥 ひさ乃(高1)【成蹊高等学校天文気象部】

要旨

私たち成蹊高校天文気象部では、不規則な変光で話題となったKIC8462852について、その変光を観測すると同時に、模型などでの再現実験によって変光の原因を探った。

1. KIC8462852とは

KIC8462852とは、白鳥座にある、地球から距離1480光年にあるF型の恒星である。この恒星はケプラー宇宙望遠鏡の観測により長いときは80日間、最大で20%減光することが分かっている(Boyajian et al., 2016)。この変化は、食変光星や激変星などの現象では説明できないため、恒星の前を、系外惑星、一群の彗星、小惑星のかけらが通過するとする説明がなされているが(Bodman and Quillen, 2016など)、赤外線宇宙望遠鏡の観測によって、惑星、小惑星のかけらの存在は否定的な結果が出ている(Marengo et al., 2016)。

KIC8462852は変光の発見者の名前から”Boyajian’s star”と呼ばれることが多いが、私たちはパレエ「白鳥の湖」の役のひとつである黒鳥の名をとってオディールと名付けた。オディールは魔女の娘で白鳥に化けて王子をだましてしまう。KIC8462852が白鳥座にあり、そしてその不規則な変化が怪しく見えるのでふさわしいと考えた。

2. 光度観測

下記の成蹊高等学校の天体望遠鏡+冷却CCDで、白鳥座の高度が高い2016年10月～2017年1月に、多色測光と連続測光観測を行った。

望遠鏡: 高橋FS152 / CELESTRON NEXSTAR 8SE

冷却CCDカメラ: SBIC社製ST-9 SBIG社製ST-7 XEMi

フィルター: ジョンソン・カズンズ測光用フィルター(SBIG社製)

測光ソフト: ステライメージ ver.7

オディールは、過去100年間でB等級が次第に暗くなっているが(Schaefer, 2016)、本校の観測では検出できなかった(図1)。また、1～3時間の連続測光を4回行ったが、ケプラー衛星がとらえた減光は観測されなかった。

3. 減光のしくみについての仮説

私たちは発表されているものも含め、ガスや、彗星など複数の仮説を考えた。今回はその中でジェイソン・ライトが提唱しているダイソン球の仮説を検証するための実験を行った。

ダイソン球とは、物理学者のフリーマン・ダイソンが提唱した「高度に発達した文明は、太陽エネルギーを可能な限り利用するため、いずれは恒星を取り巻く球殻構造物を作るはずだ」という考えに出てくる構造物のことである。惑星から発せられるエネルギーはこのダイソン球に吸収されている、と考えれば赤外線による観測でも何も見つからない点にも納得できる。実験は模型を制作して行うものと、3Dモデルを使用する2通りの方法で行った。

4. 実験方法(模型)

白熱電球を光源とし、紙でダイソン球模型を作って、測光する(図2)。

1. 40ワットの白熱電球をスタンドに取り付けオディールに見立てる。暗室においてデジタルカメラで撮影する。
2. 黒画用紙で作ったダイソン球の模型を取り付け、1と同じように撮影する。
3. 1と2を3色分解してG画像を測光し、光量の変化を調べる。
4. 3の結果をもとに、ダイソン球の模型を動かしながら一定間隔で撮影する。
5. 観測結果にフィットするように、ダイソン球の動かし方を変えていく。

5. 実験方法(3Dモデル)

3DモデリングソフトBlenderでダイソン球を描画し、ステライメージver7で測光する。

1. 光球を作成し、オディール(光源)に見立てる。
2. 中心に光源をおき、その周囲に格子状のオブジェクトを囲うように設置。
3. スクリーンキャプチャーで撮影し、その画像をステライメージで測光する。
4. 少しずつ球体を回し、実際の観測結果に近づくように格子の大きさや太さなどを調節していく。

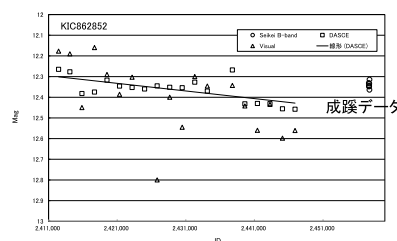


図1. KIC8462852とBバンド測光結果

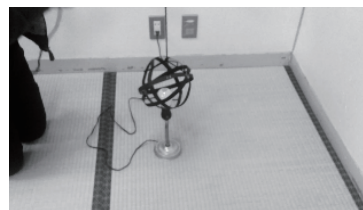


図2. 作成したダイソン球模型

ゴッホの見た星

埼玉県立春日部女子高等学校 地球科学部

鎌田 奈々子、後藤 優華、佐野 由花、山田 菜由(高2) 【埼玉県立春日部女子高等学校】

「Vincent Van Gogh(ヴィンセント・ヴァン・ゴッホ)」が描いた「ローヌ川の星月夜」(図1)には、沢山の星が描かれている。その沢山の星の真ん中に存在する星ぼしは北斗七星だと思われていた。だが、夜景に描かれているアルルの街は南西に広がり、北斗七星は北の空にある。そこで、描いた月日と時刻設定などを考慮して、ペガスス座を描いたのではないかという説が浮上した。ゴッホの描いた星を突き止めるため、私たちは、この絵画を科学的に検証してみることにした。

今までは恒星の配置だけが議論されていたので、私たちは絵画から「星の明るさ」も求めてみた。明るい星は大きく見え、暗い星は小さく感じるという人間の目の特性を利用したのである。絵画の中の恒星直径は、画像処理ソフト(マカリ)で測定した。北斗七星、ペガスス座を仮定して、恒星の実視等級と直径の相関を調べたところ、北斗七星の方が格段に強い相関を示した(図2)。また、恒星の色指数と直径の関係を調べたところ、従来言われていたように、ゴッホの目は赤色の感度が弱いことが実証できた(図3)。

私たちは、絵画に描かれた夫婦と思われる人物の影、船着場の反射光、空に見られる雲の影、さらにローヌ川を照らすガス灯の反射から、この絵画の製作過程を明らかにした。

描かれた日時は、1888年9月12日(水)前後、上弦の月の時期である。ゴッホは月が出ている夕方から、町並みを描きはじめた。このとき向いていた方角は南西である。町並みを描いている間、仲睦まじく歩く夫婦の存在を感じとり絵に加えた。加えるためには、夫婦は月の光から考えると北東にいないといけないが、ゴッホは移動させた。そして月が沈み、星がよく見えるようになった23時過ぎ、南西に見える星よりも、彼の目には北斗七星が印象に残ったため、空には北斗七星を描いた。つまり、キャンパスに「ウソ」を描かないというゴッホだが、この「ローヌ川の星月夜」については、芸術家らしい作業をしたといえる。

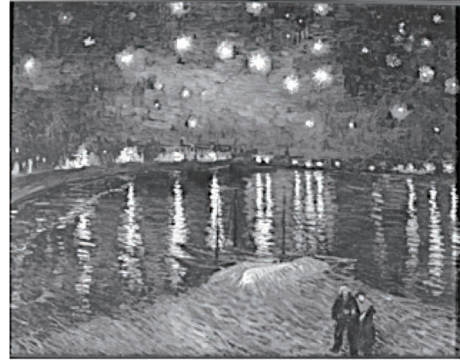


図1 「ローヌ川の星月夜」
(ゴッホ作：オルセー美術館所蔵)

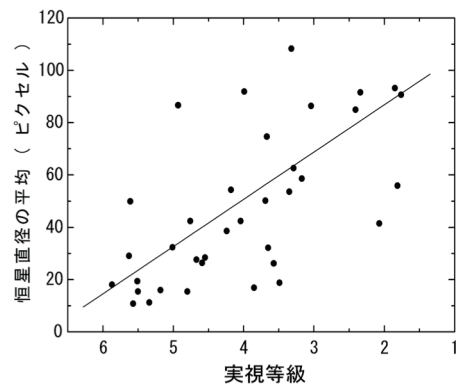


図2 実視等級と恒星直径の相関図
(北斗七星方向の視野の場合)

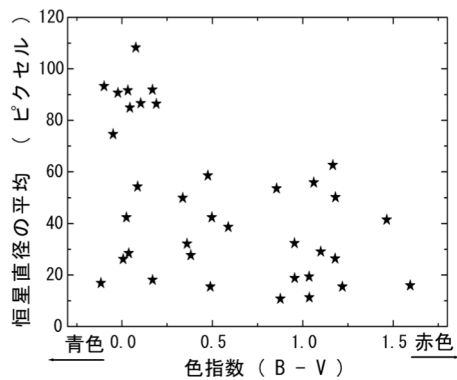


図3 色指数と恒星直径の関係図
(北斗七星方向の視野の場合)

超新星・新星残骸の観測から探る超新星・新星爆発のいろいろ

銀河学校2016 B班

秋山 翔希(高1)【早稲田実業学校高等部】、井谷 友海(大1)【京都大学 工学部 物理工学科】、
嶋田 理央(高2)【東京都立白鷗高等学校】、松澤 晴子(高1)【帝塚山高等学校】、

1. はじめに

私達は2016年3月に、木曽観測所で行われた「銀河学校」に参加し、超新星・新星爆発についての研究を行った。超新星爆発とは、大質量の恒星が最期に起こす爆発で、新星爆発とは、白色矮星の表面で起こる爆発である。そこで今回、超新星残骸であるかに星雲と新星残骸であるGK-Perseiを観測し、過去の画像と比べ、それぞれの大きさや広がり方を調べることで、超新星爆発と新星爆発の違いや特徴を研究した。

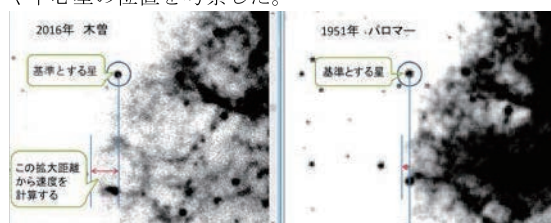
2. 観測

観測日 2016年3月22日
観測機器 東京大学木曽観測所 木曽105cmシュミット望遠鏡 KWFC フィルター:N6590(H α 線フィルター)
観測対象 かに星雲、GK-Persei (かに星雲、GK-Perseiともに180秒露光)

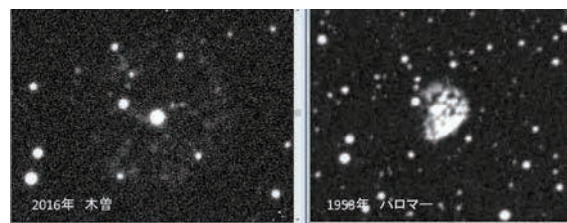
3. 方法

すばる画像解析ソフトMakali'iで画像を一次処理したのち、アメリカのパロマー天文台で1951年に撮影されたかに星雲の画像と1953年に撮影されたGK-Perseiの画像を用いて過去と現在の比較を行った。(下図)

それぞれの天体の視差と距離(かに星雲:6500光年、GK-Persei:1500光年)から大きさを計算し、基準とする星からの周囲のガスの位置の変化から拡大速度を計算した。また大きさと拡大速度から逆算することで、広がり方や中心星の位置を考察した。



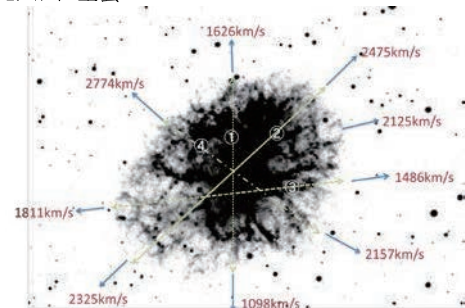
かに星雲の左の部分



GK-Persei

4. 結果

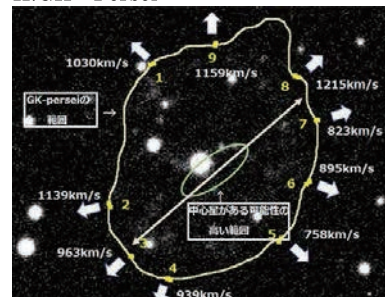
I. かに星雲



(かに星雲の大きさ) (今回観測したもの)

1. 8.7光年
 2. 11.4光年
 3. 10.9光年
 4. 9.7光年
- 1と3の交点に中心星があると仮定すると、1と3の方面(上下左右)には等速で膨張し、2と4の方面(斜め)には加速膨張していることがわかった。

II. GK-Persei



(GK-Perseiの大きさ) (画像内部の \square の部分)

1953年:0.48光年 2016年:0.86光年

明るさ、拡大速度にばらつきがあり、中心星もやや右下に偏っている可能性が高い。

1953~2016年の拡大速度は、1901(爆発をおこした年)~1953年と比べ、平均で約2割減速している。

5. 考察・まとめ

- ・かに星雲の拡大速度の斜め方向が速いのは、星雲の中心部にあるパルサーからのジェットの影響の可能性がある。
- ・GK-Perseiの右下の拡大速度が遅いのは、他の場所と比べ物質が多く、物質同士の重力の影響により大きく減速したための可能性がある。
- ・2つの天体の拡大速度の差から、超新星爆発は新星爆発と比べて、規模が大きいことがわかった。
- ・かに星雲と比べGK-Perseiの方が向きにより明るさに違いがある原因は、超新星爆発が恒星全体の爆発であるのに対し、新星爆発は白色矮星の表面で起こった爆発であるためではないか。
- ・今後は、さらに値を正確なものにし、考察を深めるとともに、他の天体でも共通するのかを求める。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり、銀河学校2016B班の遠藤彩也音さん、熊谷壮太さん、篠原悠華さん、根岸亮輔さん、長谷川雪音さん、真栄田あかりさん、山崎彩花さん、山本ひなさん、東京大学木曽観測所のスタッフの皆様、NPO 法人 Science Station に多大なるご協力とご指導を頂きました。この場を借りて、厚く御礼申し上げます。

分光観測によるSS433のジェットの変化

岡崎 将大、笠原 高貴、阪口 海、藤本 尚軌（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

ブラックホール連星SS433について、2012年から2016年まで岡山県美星天文台や兵庫県立大学西はりま天文台で取得された分光観測のデータをまとめた結果、歳差運動の周期が162日であること、ジェットの放出方向が歳差軸から20度傾いていることが確認できた。

1. はじめに

我々は、ブラックホール等の特異な天体に強い関心を持っていた。そこで、本校の過去の研究を調べてみると、2013度にブラックホール連星SS433の観測的研究を行った先輩達の研究が目にとまった。この天体は、ブラックホールである主星と普通の恒星である伴星が互いに共通重心の周りを約13.1日の周期で公転している。また、ブラックホールから放出される宇宙ジェットが周期的に歳差運動をしている。

そこで、我々は、わし座に位置することから時期的に観測可能で、何より過去4年間蓄積された低分散分光観測のデータを活用できるため、この天体を研究対象に選んだ。

2. 目的

我々の研究の目的は、SS433の最近5年間にわたる低分散分光観測の結果をまとめ、宇宙ジェットの歳差運動の周期を求めるとともに、その放出の様子を詳しく解明することである。

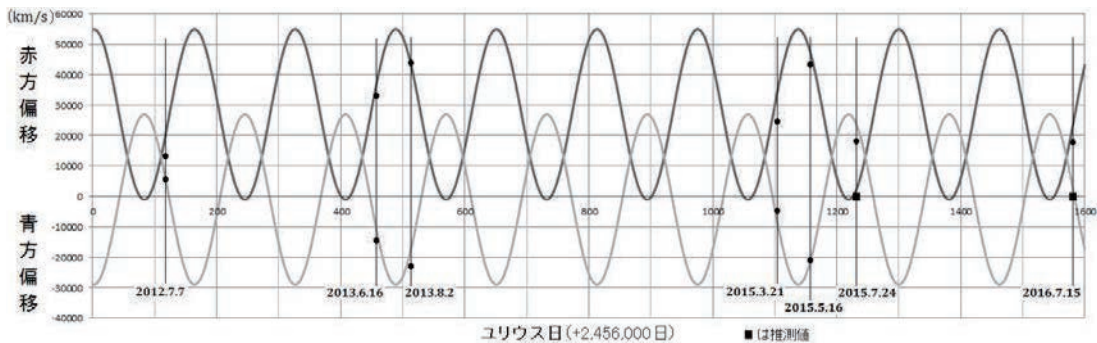
3. 方法

我々が行ったデータ解析の手順は、以下の通りである。

- (1) 「マカリ」（国立天文台・(株)アストローツ）を用いて、岡山県美星天文台や兵庫県立大学西はりま天文台で得られたSS433のスペクトル画像の一次処理を行った。
- (2) 「Be Spec」（川端哲也氏 作）を用いて、スペクトル図を作成した。
- (3) スペクトル図中のH α 輝線のずれを測定し、ドップラー効果の式より、宇宙ジェットの視線速度を求めた。

4. 結果

宇宙ジェットの視線速度の変化を下表にまとめた。曲線はPanferov (2013) の計算値を示す。



5. 考察

- (1) 4. のグラフより、宇宙ジェットの歳差運動の周期が162日であることが確認できた。
- (2) 横ドップラー効果より計算すると、ジェットの放出方向が歳差軸から20度傾いていることが分かった。

6. まとめ

最近5年間のデータを整理することで、ジェットの歳差運動の周期が確認できて良かった。今後は、放出されるジェットの幅についても研究してみたいと考えている。

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、公募観測者の松下様には、観測データをご提供頂きました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

トランジット観測による系外惑星TrES-5b (Cyg)、WASP-52b (Peg) の惑星半径の算出

中里 海斗(高1) 【新島学園高等学校】、飯野 聖希(中3) 【新島学園中学校】

abstract

We observed transits of WASP-52b(peg) and TrSE-5b(Cyg) with our school's telescope. By studying the magnitude curves of those stars, we were able to calculate the radiuses of exoplanets.

1. はじめに

私達は、科学技術振興機構JSTの「中高生の科学研究実践活動推進プログラム」の1つのテーマとして、本校所有の40cmF5ニュートン式反射望遠鏡と冷却CCDカメラを使用して、系外惑星のトランジット観測を行っている。前回の報告から観測精度の向上を行い、光度曲線から系外惑星の相対的な大きさを求めることができた。

2. 目的

WASP-52b(peg)とTrSE-5b(Cyg)について連続的に測光観測を行い、惑星のトランジットによる減光をとらえた光度曲線を作成する。光度曲線の減光率から惑星の半径を求める。

3. 方法

西村製作所の40cmF5ニュートン式反射望遠鏡とビットラン冷却CCDカメラBJ-54L、バーダープラネタリウム社LRGBフィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行い、ダーク・フラット補正を行った後に国立天文台の「マカリ」で光度を測定した。撮影は-20℃冷却、2×2ピニング、60秒露出で行った。観測日時はETD Exoplanet Transit Databaseのホームページでトランジット予報を調べた。TrSE-5b(Cyg)は10月15日開始時刻19:55終了時刻21:47、WASP-52b(Peg)は11月1日開始時刻18:42終了時刻20:31であった。

4. 結果

図1にTrSE-5b(Cyg)の光度曲線を示す。トランジット予報付近に惑星による減光が観測された。トランジット前と後の平均光度は、13.7magであり、トランジット中央時刻の平均光度は、13.73magであった。減光率は0.970であった。

図2にWASP-52b(Peg)の光度曲線を示す。トランジット予報付近に惑星による減光が観測された。トランジット前と後の平均光度は、12.magであり、トランジット中央時刻の平均光度は、12.04magであった。減光率は0.962であった。

恒星の減光率と恒星半径に対する惑星半径の比は次式で表される。今回は減光率を用いて計算した。

$$\frac{R_{\text{planet}}}{R_{\text{star}}} = \sqrt{1 - \frac{L_{\text{middle}}}{L_{\text{before}}}} = \sqrt{1 - 10^{\frac{m_{\text{before}} - m_{\text{middle}}}{2.5}}} \quad \dots(1)$$

系外惑星TrSE-5b(Cyg)の恒星に対する惑星の半径は(1)式より

$$R_{\text{planet}} = 0.173R_{\text{star}} \quad \dots(2)$$

系外惑星WASP-52b(Peg)の恒星に対する惑星の半径は(1)式より

$$R_{\text{planet}} = 0.195R_{\text{star}} \quad \dots(3)$$

5. 考察

日本天文学会2016ジュニアセッションの報告から観測精度の向上を行うことができ、2つの系外惑星のトランジット観測を行うことができたと考えられる。

恒星半径が太陽半径と同じであるとすると、TrSE-5b(Cyg)の惑星半径は(2)式より約 1.2×10^5 kmとなり、WASP-52b(Peg)の惑星半径は(3)式より約 1.3×10^5 kmとなる。この惑星半径は木星71492kmや土星60268 kmの2倍程度の大きさであると見積もることができる。

6. まとめ

系外惑星のトランジット観測で惑星半径を求めることができた。更に観測精度の向上を行い、複数回の観測を行うことにより公転周期、軌道長半径など物理量を測定して行きたい。

7. 謝辞

科学技術振興機構JSTの「中高生の科学研究実践活動推進プログラム」の研究テーマとして実施し、群馬県立ぐんま天文台の主幹・浜根寿彦先生にご指導をいただきました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

8. 参考

「トランジット法による太陽系外惑星の観察」大石尊久 北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
「岡山188cm望遠鏡ISLEによる系外惑星トランジット観測の性能評価」成田憲保 国立天文台

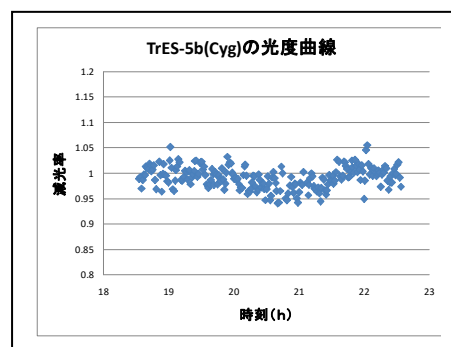


図1 TrSE-5b(Cyg)の光度曲線

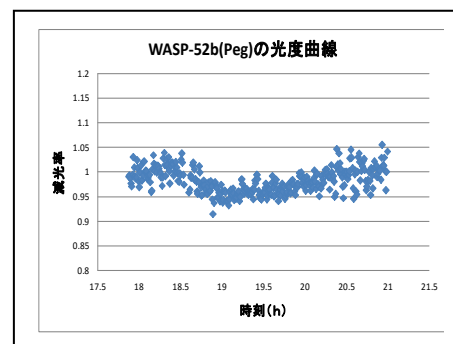


図2 WASP-52b(Peg)の光度曲線

太陽系外惑星Kepler-17bの測光解析

篠田 佳吾（高専3）、福島 悠介（高専3）【津山工業高等専門学校】

1. はじめに

我々は西はりま天文台「ひらめきときめきサイエンス2016」に参加し、太陽系外惑星HATP-16bのトランジット観測と解析を体験した。解析結果はあまり良いとは言えなかったが、この体験により太陽系外惑星について興味を持った。再び太陽系外惑星の解析をしたいと考えていたところ、美星天文台から太陽系外惑星Kepler-17bの2016年9月2日の観測データをいただいた。Kepler-17bのトランジット検出には0.01等級程度の精度が要求される。我々は美星天文台データの測光解析を行い、Kepler-17bの半径推定を試みた。

2. 測光

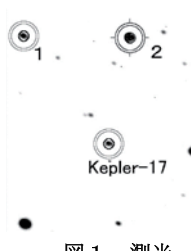


図1 測光

解析にはスバル画像処理ソフト「マカリ」（国立天文台）を使用した。「マカリ」は手で1つずつ測光行うため測光精度が高い。

(1) データ1次処理：複数枚のフレームを「中央値」で1枚に合成し、ダークフレーム、フラットフレームを作成した。天体フレームからダークフレームを引き、ダーク補正済みフラットフレームで除算した。

(2) アパーチャ測光：文献[1]に従い開口測光のアパーチャのサイズを決定した。参照星は図1の1と2を使った。径が大きい方の参照星が恒星径に入らなければならないので、参照星2を基準にアパーチャを調整した。また、隣の星の光を入れないようにsky幅、sky内径も調整した。恒星径8ピクセル、sky内径20ピクセル、sky幅4ピクセル、重心検索3ピクセルでアパーチャ測光を行った。

(3) 光度曲線：測光値（count値）をExcelに入力し、縦軸を等級差とした光度曲線、縦軸を恒星と参照星のcount値の比率（光度比）とした光度曲線の2種類を作成した。恒星のcount値そのものではなく比率を用いた理由は、空の影響などを受けないようにするためである。また、参照星が変光してないか確認するために、参照星2と参照星1のcount値の比率のグラフも作成した。

3. 解析

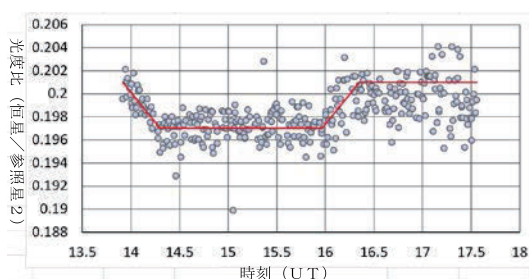


図2 Kepler-17bの光度曲線

図2はKepler17と参照星2の測光解析によって得た光度曲線である。図2より通常時のcount値の惑星と参照星2の比率は0.201、トランジット時のcount値の惑星と参照星2の比率は0.197、恒星通過時間は約2時間20分ということが分かる。通常時の惑星と参照星2のcount値の比をL、トランジット時の惑星と参照星2のcount値の比をL'とすると減光率 i は

$$i = 1 - \frac{L'}{L}$$

により算出でき、2.0%となる。また、通常時とトランジット時の視等級の差 Δm はポグソンの法則

$$\Delta m = 2.5 \log \frac{L}{L'}$$

より0.022等級となる。木星基準の惑星の半径を R_p 、太陽基準の恒星の半径を R 、太陽半径を R_s 、木星半径を R_j とし、周辺減光を考慮しない単純化をすると、惑星の半径は

$$R_p = \frac{R \times R_s \times \sqrt{i}}{R_j}$$

となる。文献[3]より $R = 1.05 [R_{SUN}]$ 、また、太陽半径 $R_s = 6.960 \times 10^8 [m]$ 、木星半径 $R_j = 7.15 \times 10^7 [m]$ を代入すると惑星の半径 $1.5 [R_j]$ が算出できる。文献[2]と[3]よりKepler17-bの通常時とトランジット時の視等級の差は0.0213等級、半径は1.33 $[R_j]$ なので、比較的近い結果が得られた。

4. おわりに

系外惑星HATP-16bの観測と解析を契機として、Kepler-17bの測光解析を試みた。測光count値からの計算によりKepler-17bの半径が $1.5 [R_j]$ 程度だということがわかった。またマカリの操作方法を理解し、測光解析の1次処理ではダーク補正とフラット補正の両方を行うことが特に大切だとわかった。恒星と参照星の光度比による光度曲線と視等級の差による光度曲線で解析をすすめた。分光観測のデータを合わせて解析をすれば、表面温度や質量なども導出できる。今後、分光観測のデータを入手し多くの物質量を導出したい。最後に、ご協力してくださった西はりま天文台と美星天文台に感謝いたします。

参考文献

- [1] 大島修「系外惑星を観測しよう～トランジット法観測入門～」、OTOのWebページ
- [2] Exoplanet Transit Database、<http://var2.astro.cz/ETD/>
- [3] Open Exoplanet Catalogue、<http://www.openexoplanetcatalogue.com/>

惑星の種類とその中心星の金属量の関係の調査

もし天2016 EXTRA班

藤原 壮記 (高3) 【愛媛県立松山南高等学校】、柿沼 千智 (高2) 【宮城県仙台向山高等学校】、阿部 朋佳 (高2) 【田園調布学園高等部】、丸山 佳那子 (高2) 【お茶の水女子大学附属高等学校】

要旨

私たちは2016年12月に行われた「もしも君が杜の都で天文学者になったら」に参加し、惑星の種類とその中心星の金属量の関係の調査を行なった。地球型惑星を持つ恒星と木星型惑星を持つ恒星を分光観測し、金属量の計測を試みた。その結果、地球型惑星を持つ恒星は木星型惑星を持つ恒星よりカルシウムの量が多いことがわかった。これより金属量が多い恒星には地球型惑星ができやすいと言える。

1. はじめに

私たちは地球外生命体は本当にいるのかということに興味を持った。議論を進めていくと、私たち生命のいる太陽系が天の川銀河の端の方に位置していることに気がつき、生命がいる惑星は銀河の場所に関係しているのではないだろうかという疑問を持った。そして、銀河の中で惑星を持つ恒星のできる場所にどんな法則があるのか調べてみるようになった。そこで私たちは、恒星に含まれる金属量に絞り研究を行った。

恒星に含まれる金属量に着目した理由は、恒星の金属量が多いと地球型惑星ができやすいのではないかと考えたからである。恒星の金属量が多いと恒星の重力が大きくなるため、原始惑星系円盤中の金属が恒星に落ち込む。その結果惑星のコアが大きくなり、ガスを集めることができず地球型惑星になる。恒星の金属量が少ない場合には、原始惑星系円盤中の金属が多く残ったままになる。その結果惑星のコアが大きくなり、周りのガスを集め木星型惑星になるのではないかと仮説を立てた。

この仮説を実証するために、地球型惑星を持つ恒星と木星型惑星を持つ恒星の分光観測を行った。また惑星を持つ恒星と持たない恒星の比較も行うために、惑星がまだ発見されていない恒星の分光観測も行った。

2. 観測

私たちは仙台市天文台の1.3mひとみ望遠鏡を用いて、HD20675 (未発見)、HD33564、HD52265、HD33636 (木星型惑星)、HD7924、HD49674 (地球型惑星) の分光観測を行った。また、恒星の金属量の違いをわかりやすくするため、太陽に似た主系列星を洗濯した。分光観測とは光を波長ごとに分けたものであり、観測天体がどんな物質を持っているか知ることができる。今回は、ひとみ望遠鏡の可視域中分散分光器のスリット幅2.00"、分解能R~3380で観測を行った。

3. 結果

今回の観測では積分時間が少なかったため、CaII λ 8542Åの吸収線のみ解析を行った。金属量の目安として、CaII λ 8542Åの吸収線の等価幅を算出し比較を行った。等価幅とは吸収の量を表している。原子一つあたりの吸収量は決まっているため、吸収量はその原子の存在量を表している。今回の観測で得られたスペクトルからCaII λ 8542Åの吸収線の等価幅を求めた(表1、図1)。

表1

天体の名前	惑星の種類	等価幅 (Å)
HD20675	未発見	0.94±0.4
HD33564	木星型	2.28±0.28
HD52265	木星型	2.25±0.72
HD33636	木星型	2.51±0.35
HD7924	地球型	4.23±0.97
HD49674	地球型	4.95±0.63

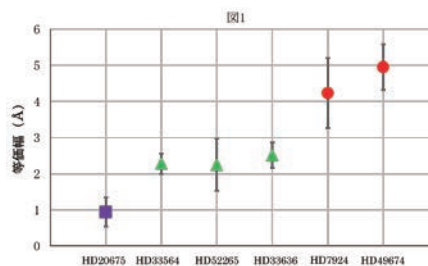


図1より地球型惑星を持つ恒星がもっともカルシウムの量が多く、次いで、木星型惑星を持つ恒星、もっともカルシウムの量が少ないものが系外惑星未発見の恒星であった。

4. 考察

結果図1より、地球型惑星を持つ恒星がもっともカルシウムの量が多く、次いで、木星型惑星を持つ恒星、もっともカルシウムの量が少ないものが系外惑星未発見の恒星であることがわかった。これより私たちが立てた仮説の通り、恒星の金属量が多いと地球型惑星ができやすいと言える。太陽系で考えてみると、太陽の近い位置には水星、金星、地球、火星の地球型惑星が存在しており、太陽から遠い位置では木星、土星の木星型惑星が存在している。これは太陽の近傍では太陽の重力を強く受けるため金属元素が太陽に落ち込み地球型惑星が生まれ、太陽の遠方では太陽の重力が弱いと金属元素が惑星系円盤上に多く残り木星型惑星が生まれると私たちは考えた。この考えからも私たちが立てた仮説は正しいと言える。

また、天の川銀河内で系外惑星は限られた範囲でしか発見されていないことがわかった。太陽近傍の場所でしか系外惑星が発見されていないため、惑星の性質と恒星の銀河内の位置の関係性については今回の研究からは言及することができなかった。

本校の望遠鏡を用いた M42 の測光と分光観測

角田 柁 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

1. はじめに

M42 はオリオン座に位置する輝線星雲である。輝線星雲は、分子雲で誕生した恒星から放たれる紫外線が、周囲の星間ガスを電離させることによって輝くとされている。星雲内で電離された状態で存在する自由電子と原子核は、互いの衝突によって元の原子状態に戻る際に、原子に固有の波長をもつ光線を放つ。この光線を輝線と呼ぶ。私は本校の屋上に設置されている望遠鏡を用いて M42 の撮像と分光をし、星雲に含まれていると考えられる元素の同定を行った。

2. 観測

観測は 2016 年 12 月 10 日の 20:25~21:10 に行った。
 観測に使用した機材は赤道儀 EM-500 (タカハシ製作所)、屈折式望遠鏡 SKY90 (タカハシ製作所)、冷却 CCD カメラ ST-402ME (SBIG 社)、分光器 Alpy600 (shelyak instrument)。露光時間・枚数は撮像画像、分光画像ともに 1 フレーム 30 秒露光×5 フレームとした。



図 1 撮像した M42

3. 解析

撮像した画像の解析には「すばる画像解析ソフト makali'i」を使用し、「Excel 2013」でスペクトルのグラフを作成した。
 取得した 2 種類の画像のそれぞれに一次処理をした後、加算平均合成を施し S/N 比を高めた (図 1、図 2)。スペクトルの画像については、Hg 灯を用いて画像の横軸をピクセル数から波長に変換した。

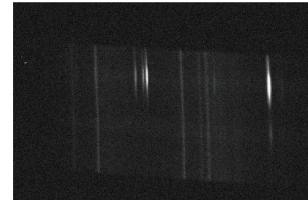


図 2 M42 のスペクトル

4. 結果

撮像した画像から星雲の大きさ (広がり) を算出した結果、おおよそ 15 光年という値がでた。
 また、スペクトルを解析して得られたグラフ (図 3) には H α や H β 、[OIII]、He I などの輝線を見ることができた。

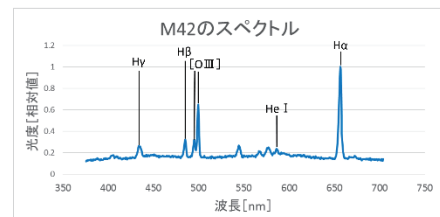


図 3 作成したグラフ

5. 考察

今回の観測で得られた M42 の画像を見ると、カメラの画角全体に星雲の像が写りこんでいることが分かるため、星雲全体を画角に収められていなかった可能性がある。これにより、すでに研究によって算出されている数値より小さくなったと考えられる。
 グラフに見ることができた輝線から、M42 には H や O、He といった元素が含まれている事が推測できる。また、[OIII] は禁制線であるため、星雲のガスの密度は低いと推測できる。

スペクトルに見る超新星残骸と惑星状星雲の違い

内山 侑真、岡本 玲奈、北畑 翼、森田 樹里（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

超新星残骸M1、惑星状星雲M57及びNGC2392について低分散分光観測を行い、スペクトル中の輝線の種類に大きな違いがないこと、超新星残骸のガスの膨張速度が惑星状星雲より7倍程度大きいことが分かった。

1. はじめに

我々がこの研究を始めようとした動機は、高校の先生から講義を受け、文献を調査するうちに、恒星の一生、とりわけ恒星の死に大変興味が湧いたためである。

一般に、恒星の死には2つのタイプがあり、その違いは恒星の質量で左右される。質量が太陽の概ね8倍までの恒星は静かに外層部のガスが広がっていく惑星状星雲となり、質量が太陽の8倍以上の恒星は外層全体が激しく吹き飛ぶ大爆発である超新星爆発（厳密には重力崩壊型超新星爆発）を起こす。

我々は、超新星残骸の代表としてかに星雲（M1）、惑星状星雲の代表としてこと座環状星雲（M57）とエスキモー星雲（NGC2392）について低分散分光観測を行い、両者のスペクトルの違いを調べることにした。

2. 目的

我々の研究の目的は、超新星残骸と惑星状星雲について低分散分光観測を行い、そのスペクトルを解析し、輝線の現れ方の違いやガスの膨張速度の違いを解明することである。

3. 方法

観測は、岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で、2016年10月21日、12月9日の2夜にわたって実施した。以下に観測およびデータ解析の方法を示す。

- (1) 望遠鏡に低分散分光器を取り付け、目的的天体と分光標準星のライトフレーム、コンパリソンプレーン、フラットフレーム、ダークフレームを取得した。
- (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、スペクトル図を作成した。
- (4) スペクトル図中の主な輝線を同定し、水素のバルマー輝線や[OIII]輝線などのずれや幅より、ドップラー効果の式を用いてガスの放出速度を求めた。

4. 結果

スペクトル解析の結果を以下の表にまとめる。

天体の名称	星座	観測日	主に見られた輝線	ガスの膨張速度
かに星雲 (M1)	おうし	2016.12.9	H β 、[OIII]、H α + [NII]、[SII]	1153 \pm 183km/s
環状星雲 (M57)	こと	2016.10.21	H γ 、H δ 、[OIII]、H α + [NII]	150 \pm 23km/s
エスキモー星雲 (NGC2392)	ふたご	2016.12.9	H γ 、H δ 、[OIII]、H α + [NII]	183 \pm 28km/s

5. 考察

- (1) M1とM57及びNGC2392とでは、主に見られた輝線の種類は大きな違いはなかった。このことから、超新星残骸と惑星状星雲を構成するガスは、温度や密度などの状態が似通っていると言える。
- (2) 測定の結果、超新星残骸のガスの膨張速度は、惑星状星雲より7倍程度大きくなった。

6. まとめ

超新星残骸と惑星状星雲を構成しているガスの物理状態が似通っていることは、我々にとって新たな発見であった。今後は、同様の天体を更に多く観測し、実直径や星雲形成からの年数と膨張速度の関係について調べてみたい。

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、前野研究員には、観測の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。

分光スペクトルの分析による星雲の年齢の測定

織田 大輝 (高1) 【修道高等学校】、中丸 智陽 (中2) 【修道中学校】

1. 概要

2016年11月に行われた「かなた天文教室」で、研究テーマが3つあり、その中のひとつであった「膨張速度から求める星雲の年齢」を選択した。そして、星雲の中でも特に高速で膨張しているといわれている、かに星雲を研究対象とした。

2. 研究装置

今回の研究に際し、広島大学東天文台のかなた望遠鏡を借用する予定だったが、当日悪天候だった為、アーカイブデータを SMOKA (国立天文台天文データセンター、国立天文台データアーカイブセンターのサイト) より引用した。なお、使用したデータは2013年11月23日に東広島かなた天文台で撮影されたものである。

3. 研究方法

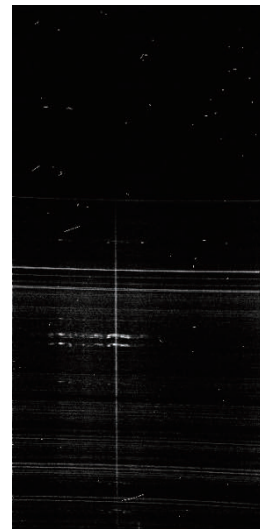
観測によって得られたスペクトルを一次処理したのち、大気輝線から波長を同定し、OIIIの離れていく輝線と近づいてくる輝線の波長を求め、実際の波長とのずれより視線速度を求め、それを基として膨張速度を求めた。そして、次に、見かけの大きさと星雲までの距離から星雲の大きさを求めた。使用した式は以下の通りである。

- ・ドップラー効果 $\Delta\lambda/\lambda = v/c$ ($\Delta\lambda$:波長のずれ λ :実際の波長 (5007 Å) c :光速 v :視線速度)
- ・星雲の大きさ $L=d \times \tan \theta$ (L :星雲の大きさ d :星雲までの距離 (7200光年) θ :見かけの大きさ)

4. 結果

	波長 (Å)	視線速度 (km/s)
離れる輝線	5050	2586.8
近づく輝線	5004	-141.8

年齢	膨張速度 (km/s)	星雲の大きさ
1209年	1364.3	4.4光年



△研究に使用したスペクトル

5. 結論・考察

今回求めた1209年という年齢は『明月記』より実際の年齢より250年程度の差が出てしまった。原因として、星雲の見かけの大きさを目分量で見積もっていることや、中心対象な膨張速度を仮定していることなどが推測される。そして、今回は1つの領域のみで測定しており、ほかの領域では差が出てくるかもしれないが、およそ1350km/sで膨張していると推測される。

6. 謝辞

今回の研究の指導、観測データの提供をして頂いた広島大学東広島天文台のスタッフ皆様に、厚く御礼申し上げます。

仙台市天文台ひとみ望遠鏡による惑星状星雲の観測

鳥谷 菜摘、菊池 奈央、那須野 美月、菅原 愛理（高3）、細川 亮之介、煤田 将高、松川 里彩、三浦 瞳、佐藤 遥也、松山 優斗、及川 晃、八巻 匠（高2）【東北学院榴ヶ岡高等学校】

1. はじめに

星の進化を学び、普段はあまり見ることのない白色矮星という星を知った。白色矮星は白い星でありながら非常に暗く、（特性）とりわけその質量に対する表面積のアンバランスさに興味を持ち、表面積を求めるために仙台市天文台のひとみ望遠鏡にて実際に観測した。

2. 研究方法

(1) 観測

8月10～12日に仙台市天文台のひとみ望遠鏡で撮像CCDカメラを使用し、U、B、V、Rの各々フィルターを用いてM57、M27、NGC6826、IC3568を観測した。

(2) 解析

画像処理ソフトMakaliiを用いて解析した。

ダーク、フラット画像による一次処理後、中心星、比較星の開口測光をした。

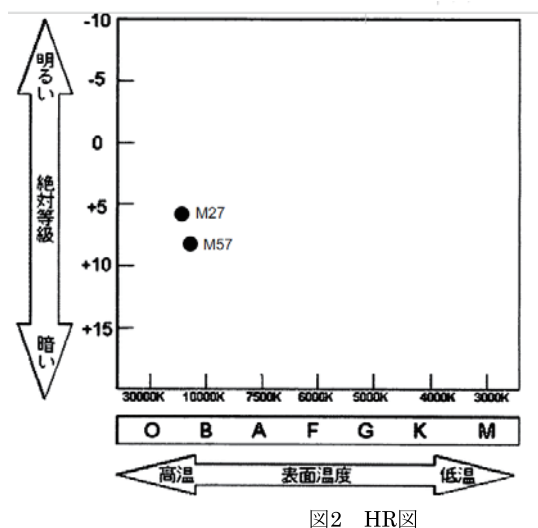
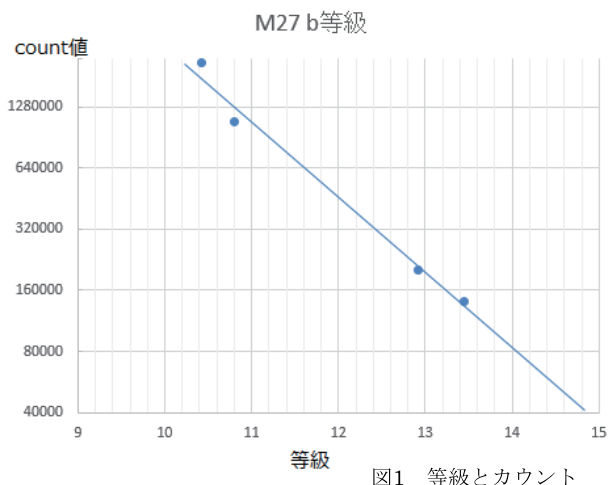
比較星の等級をカタログで調べ、等級とCCDカウントの関係を決定し、中心星の等級を調べ求めた。なお、例としてM27のB等級とCCDカウントの関係を図1に示す。

(3) 中心星の温度と大きさ

B等級とV等級からB-V色指数を計算し色温度を算出し白色矮星の表面温度とした。また、文献値を参考に天体までの距離を調べ絶対光度を求めた。黒体放射では温度の4乗と表面積で絶対光度が決まるのでこれで表面積を計算することができる。

(4) HR図

求めた表面温度と絶対等級を下のHR図に載せた。



3. 結果

各天体の絶対等級、表面温度、大きさは以下の表1の通りになった。

表1 結果のまとめ

天体名	B等級	V等級	B-V色指数	表面温度	絶対等級	半径比
M27	14.7	15.1	-0.4	20000	5.38	0.066
M57	15.4	15.7	-0.3	16000	8.63	0.022

4. まとめ

仙台市天文台で観測したデータを解析して、惑星状星雲の中心星の表面温度と絶対等級を求めた。そこから出された太陽との半径比から白色矮星がとても小さいことが確認できた。

球状星団に見られるブルーストラグラの HR 図を用いた考察

浅井 飛音、河合 春奈、野田 涼真 (高2) 【愛知県立一宮高等学校地学部】

1. 研究目的

球状星団は年老いた恒星の集まりで、赤や黄色の星が多いということが知られている。しかし、一部の球状星団ではブルーストラグラという若い青い星が存在する。本研究ではブルーストラグラが存在するとされる M13 を研究対象として、ブルーストラグラが存在することの確認となぜそのような星が存在するのかを解明することを目指した。

2. 研究方法

- (1) 9月9日に岐阜県のハートピア安八天文台で M13 の R, V, B 画像、dark, flat 画像を撮影し、一次処理を行った。その後、すばる画像処理ソフトマカリを用いて、開口測光をし HR 図を作成した(図 1)
- (2) HR 図と恒星の年齢を推定することの出来る恒星進化理論曲線を重ね合わせ、約 100 億年と推定した
- (3) R, V, B 画像を合成したカラー画像と B から V を減算した画像 (B-V 画像) を作成した
- (4) HR 図とカラー画像、B-V 画像からブルーストラグラの数を目視でカウントし、結果、78 個のブルーストラグラを特定した。特定した恒星が下の図(図 2)の印をつけた恒星である

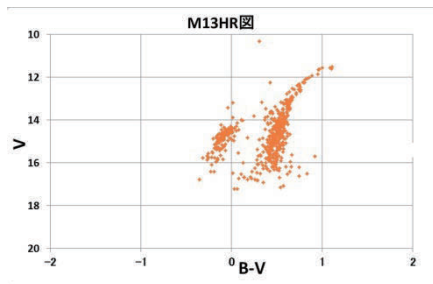


図 1

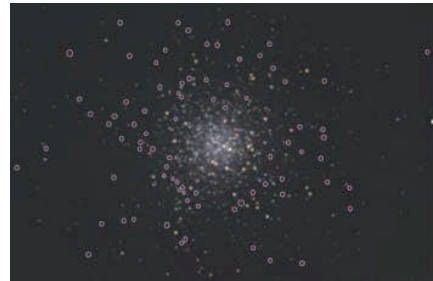


図 2

3. 仮説

私たちはなぜブルーストラグラが存在するのか 4 つの仮説を立てた。

- ・捕獲説…球状星団が青色の恒星を捕獲した
- ・追加形成説…球状星団形成後に青色の恒星が形成
- ・融合説…球状星団内の連星が融合した
- ・質量転移説…恒星の間で質量転移が起こった

4. 捕獲説の否定

私達は現段階で捕獲説は否定できると考察した。理由は 2 つある。

1 つ目は M13 の銀緯が 40 度と高緯度であるということである。銀緯が高緯度であった場合、銀河系のディスクを通る時の傾きが急になり、結果として球状星団は恒星をかすめるだけとなってしまい、今回の結果ほど多くの恒星を捕獲するのは難しいと考えるからだ。

2 つ目は球状星団を構成している恒星同士が離れすぎているのではないかとということである。球状星団を完全な球形と仮定して恒星間の距離を求めると、約 1 光年と恒星同士が離れすぎており、恒星同士で影響を受けるのは難しいのではないかと考えるからだ。

5. 今後の展望、考察

- ・観測当日は晴天であったが、風が強くピントが出にくかったため、正確な測光結果が得ることができなかった可能性がある。そこで次回は風が弱く、ピントが出やすい日時を選んで観測をしたい。
- ・ブルーストラグラの形成の謎を解明するために上で挙げた捕獲説以外の仮説についても立証していきたい。

6. 謝辞、参考文献

ハートピア安八の船越浩海天文台長にご協力いただきました。この場をお借りし感謝申し上げます。

<http://www.astroarts.co.jp/news/2010/01/07blue-stragglers/index-j.shtml>

<http://paofits.nao.ac.jp/Materials/CMD/>

<http://www.astroarts.co.jp/alacarte/messier/html/m13-j.shtml>

デジタルカメラによる二重星団を用いた色等級の補正

宮下 綾乃 (高2) 【埼玉県立豊岡高等学校】

1. はじめに

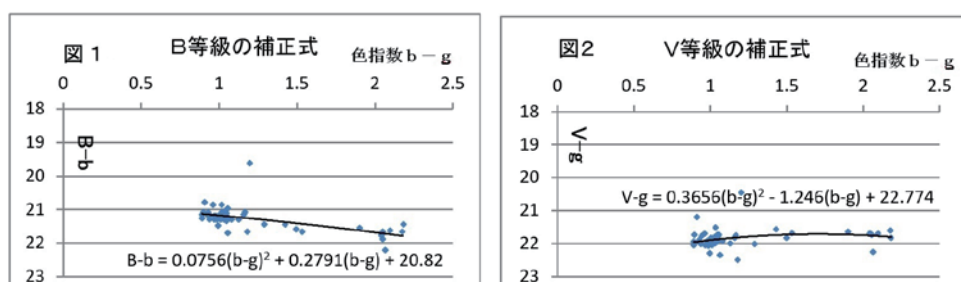
私は、先行研究である「二重星団はふたごなのか？」の研究時に使用したデータと比較のためにh-perおよびx-per領域の恒星の測光標準フィルターによるB等級およびV等級(VisieRより)を使い、補正式を求め、先行研究のデータを補正した。なぜ補正が必要かという点、デジタルカメラのデータを測光標準フィルターのB等級、V等級に近づけたいからである。

2. 観測と解析

観測日時：2015年12月22日、場所：本校渡り廊下、機材：13cm反射望遠鏡、一眼レフカメラPENTAX K-5

解析についてはMakali'iを使い、私の先行研究である「二重星団はふたごなのか？」の時に使用したデータから天体データベースVisieRのB等級、V等級とを比較できるものをピックアップして測光しグラフを作った。

デジタルカメラで撮影した画像データの緑画像から求めた等級をg等級、青画像のものをb等級とする。これらから色指数b-gを求め、b等級とB等級のずれB-bを表計算ソフトでグラフ化し近似式を求めた。g等級とV等級とも同様に調べた。なお、データは星団xとhの混合である(図1、2参照)。



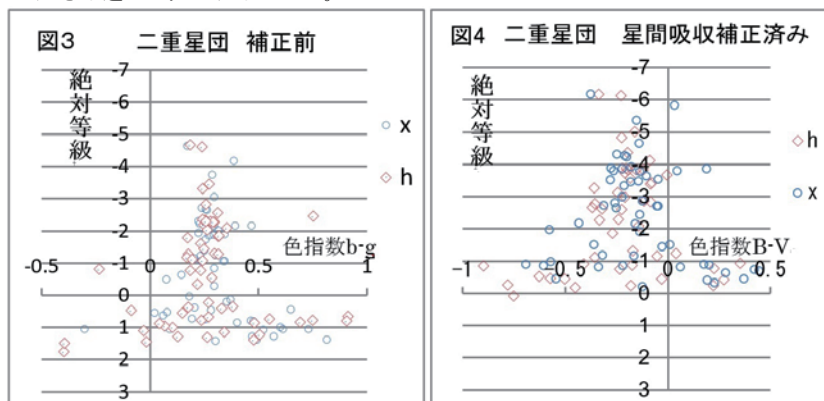
次に2つのグラフの二次関数の近似式からそれぞれ補正式を求めた。当初は一次関数の式だったが、良好な結果が出なかったため二次関数の式にした。得られた補正式は以下となった。

$$B - b = 0.0756(b - g)^2 + 0.2791(b - g) + 20.82, \quad V - g = 0.3656(b - g)^2 - 1.246(b - g) + 22.774$$

そして、表計算ソフトを使い、上記の式で補正した色指数と各星団の距離から求めた絶対等級を求め、色等級図を作成した。

3. 結果

先行研究のデータを上で求めた式を使って補正した結果は、補正前(図3)と補正後で等級も色指数もあまり大きな違いは見られなかった。



である。

今回、デジタルカメラでも補正を行うことで標準測光システムに近い色等級図が作れることがわかった。今後は年齢や距離の推定、球状星団の色等級図などにこの方法を適用してみたい。

4. 謝辞

西浦慎悟講師(東京学芸大学自然科学系宇宙地球科学分野)に天文データベースVisieRによるB等級、V等級のデータの提供、色の観測システムについて指導をいただきました。誠にありがとうございました。

5. 参考文献

- 高橋碧月、宮下綾乃(2016)、埼玉県理科教育研究発表会(埼玉大学)、2016年2月。
 国立天文台編(2014)、理科年表 平成27年度、丸善出版、東京。
 磯崎行雄他、(2013)、地学、啓林館、大阪。
 岡村定矩、(1999)、銀河系と銀河宇宙、東京大学出版会、東京。
 Vizier Service, <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>

4. 考察と今後

標準測光システムへの補正は補正前よりも青が強いと予測したが、あまり変化はなかった。しかし、星団は銀河系の円盤内なので、星間物質による吸収があると思われる。そこで、「銀河系と銀河宇宙」(岡村定矩, 1999)の記述を使ってさらにその補正を行った。図4は星間吸収を考慮した図

銀河系内の星団の分布と相対的な年齢の関係

もし天 2016 FKT (‘宙を飛ぶ’)

岡田 恵拓 (高2) 【東京都立日比谷高等学校】、滝口 道雄 (高2) 【金光学園高等学校】、
船木 美空 (高1) 【新潟県立新潟高等学校】、船窪 花純 (高1) 【福島県立会津高等学校】

1. 概要

銀河の中心には古い星が多く存在する。私たちは、銀河内では場所に依らず一様に星が生まれることで、星の年齢分布には偏りが生じないと考えていた。したがって、古い星が中心部に集まっていることに疑問を持った。そこで、銀河内で生まれた星が徐々に中心部に移動し、結果的に古い星の割合が中心部に近づくにつれ大きくなるという仮説を考えた。仮説を検証するために、銀河系中心からの距離が異なる複数の星団を観測し、年齢を比較した。

2. 研究手順

まず初めに、銀河系中心からの距離がそれぞれ異なる複数の星団を選び、仙台市天文台のひとみ望遠鏡で撮像観測した。全て R・V バンドである。私たちは 12 月に観測を行ったため、銀河系中心方向に位置する星団は観測できなかった。

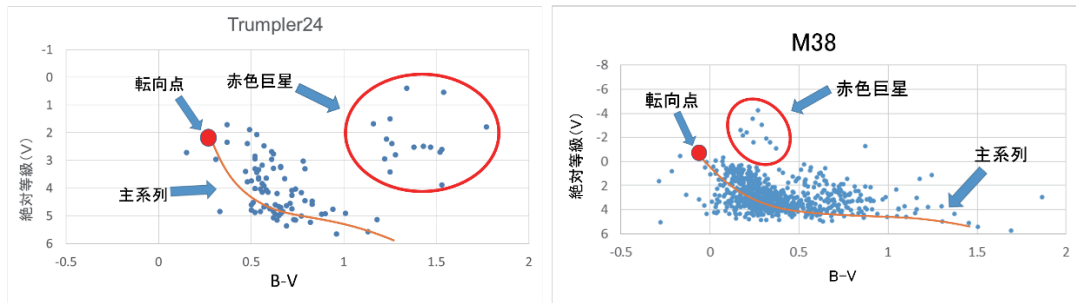
次に、すばる画像処理ソフトマカリを用いて各星団の星の R, V 等級を求め、色等級図を作成した。銀河系中心方向に位置する星団のデータはアーカイブから取得した。アーカイブデータには R 等級のデータが無かったため、V-R の色を B-V に変換した。星団の年齢の推定には、色等級図上で主系列星が赤色巨星へと進化し始めている点(転向点)の絶対等級を用いる。絶対等級が小さい星ほど早く赤色巨星に進化するので、転向点の絶対等級を比較することで星団の相対的な年齢を推定できる。

観測天体	M79 (球状)	M38 (散開)	M45 (散開)	M67 (散開)	NGC188 (散開)
中心からの距離 (kpc)	4.4	7.1	8.4	7.7	6.8
アーカイブデータ	Tr24 (散開)	vdB113 (散開)	M62 (球状)	M24 (散開)	M79 (散開)
中心からの距離 (kpc)	7.3	5.0	1.7	1.7	4.4

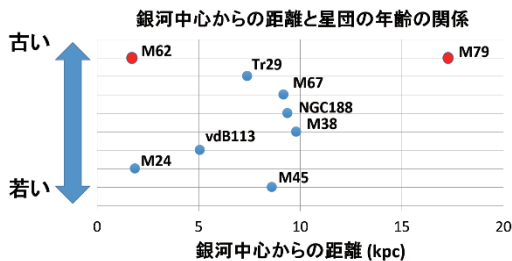
表 星団の名称と銀河系中心からの距離

3. 研究結果

作成した色等級図のうち、例として2つを示す。Trumpler24 の転向点の絶対等級は M38 のものよりも小さいので、Trumpler24 の方が M38 よりも古い星団であることがわかる。



銀河系中心からの距離と星団の相対的な年齢をプロットした図を示す。



※左図の青い点は散開星団、赤い点は球状星団。

4. 考察と結論・今後の展望

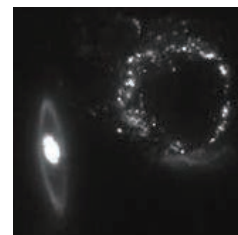
銀河系中心からの距離と星団の年齢に相関は見られなかった。本研究で年齢を比較できた星団は少ないので、より多くの星団のデータを用いることで相関を見ることができるともかもしれない。今回の研究では転向点の位置を目測で判断したので、星の進化の理論曲線と比較してより正確に年齢を比較したい。

不規則銀河 Arp147 の見かけの等級の差(B-V)の分布を可視化する

野崎信吾 中村友哉 藤原直音 伊藤友 小原悠里 (高2) 【岡山県立倉敷天城高等学校】

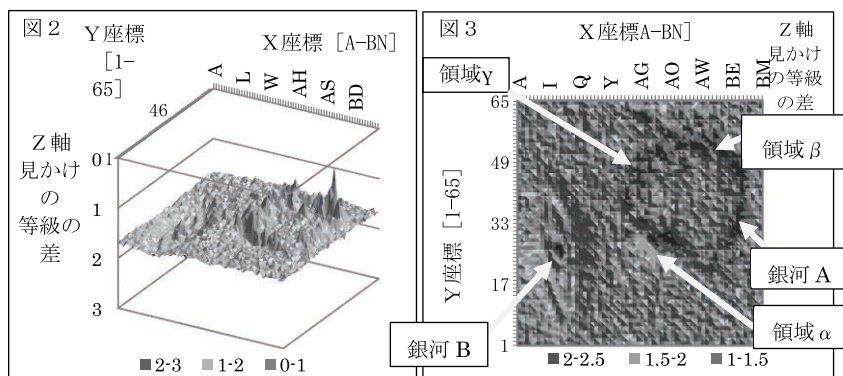
1. はじめに

不規則銀河 Arp147 は、銀河同士が衝突して形成されたと考えられている。我々は銀河の部分ごとの見かけの等級の差 (B-V) の分布図を作成することで、銀河内での性質が似ている領域・異なる領域がわかるのではないかと考えた。そこで本研究では Arp147 の領域ごとの B-V の分布図と、領域ごとの年代・性質を調べるために色等級図を作成し、Arp147 のそれぞれの領域の特徴を調べた。 図1、Arp147 の V フィルターの画像



2. 実験 1 10ピクセル四方を1単位としてアーカイブデータを分割し解析した。

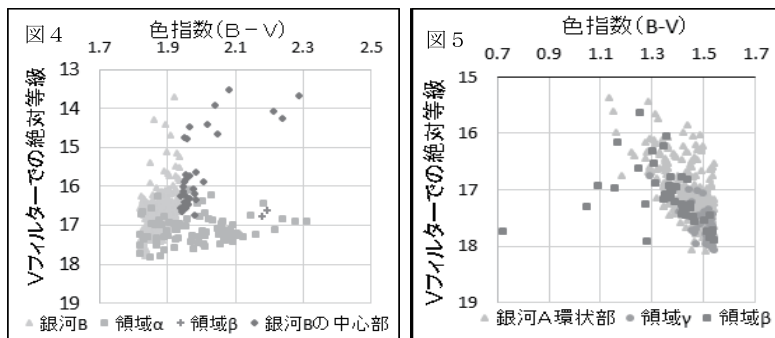
銀河 A の左下で B-V の値が大きい領域を領域 α、B-V の値が局地的に大きい領域を領域 β、B-V の値が銀河 A 環状部と同じ大きさの領域を領域 γ とした。(図2・図3 Arp147 の B-V の分布図)



考察 銀河 A の領域 α を除いた領域の B-V が比較的小さいため、銀河 A の領域 α 以外の領域が画像内で比較的小さい恒星が多い可能性が高い。銀河 B と領域 α の B-V が比較的大きくほぼ同じ値をとることから、銀河 B と領域 α は同じ年代・性質の恒星が存在する可能性があると考えた。

3. 実験 2 絶対等級を求め、色等級図(図4、図5、色指数が上位・下位それぞれ10%)を作成する。

考察 領域 α と銀河 B 中心部はグラフ上での位置関係が異なることから、年代・性質も異なる可能性がある。領域 γ と銀河 A 環状部の領域はグラフ上での位置関係が似ていることから、年代・性質も似ている可能性がある。領域 β には色指数が大小両方の領域がある。



4. 結論・今後の課題

本研究では単位ごとの B-V の分布を視覚化することができた。実験 1 から領域 α を除く銀河 A 環状部の領域は衝突の影響で新たに恒星が誕生している領域だと考えられる。実験 2 から銀河 B 中央部と領域 α が図上で明らかに異なるため、銀河 A、B の衝突が原因で領域 α と銀河 B 中心部の年代・性質が似ているという可能性が低い。銀河 A 環状部の領域と領域 γ が重なるため、領域 γ と銀河 A 環状部は年代・性質が似ている可能性が高い。領域 β に色指数が大きい領域・小さい領域が存在するので原因説明する必要がある。

銀河面のダストの分布と大きさ～変光星の多色測光より～

銀河学校2016C班

由佐 俊介 (大1) 【同志社大学】、安田 優也 (高3) 【早稲田実業学校高等部】、小林 英里奈 (高2) 【晃華学園高等学校】、齋藤 奈々美 (高2) 【湘南白百合学園高等学校】、高田 悠平 (高2) 【獨協高等学校】、照井 孝之介 (高2) 【埼玉県立川越高等学校】、岡本 尚子 (高1) 【東京大学教育学部附属中等教育学校】、田中 匠 (高1) 【栄光学園高等学校】

1. 概要

宇宙空間にはダストと呼ばれる固体微粒子が多数存在している。天体からの光がこのダストを通過する際には、ダストにより光が吸収、散乱され減光が起こることが知られている。

正確な天体観測や宇宙の構造を知るうえで欠かせないダストの性質について調べるため、4波長帯でのセフィド型変光星の観測を行い、ダストによる波長ごとの減光率・サイズ・多方向の密度を調べ、考察した。この研究は銀河学校2016での研究をまとめたものである。

2. 観測

観測場所：東京大学木曾観測所 (長野県)
 観測装置：木曾105cmシュミット望遠鏡KWFC
 フィルタ：B(444.4nm), V(550.4nm), R(658.1nm), I(806.9nm)
 観測日時：2016/2/10 20:00~23:00 (1回目),
 2016/3/22 20:00~21:00 (2回目)
 観測対象：銀河面方向銀経149,161,175度付近の7つのセフィド

3. 方法

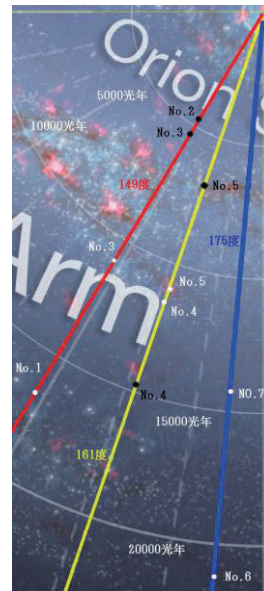
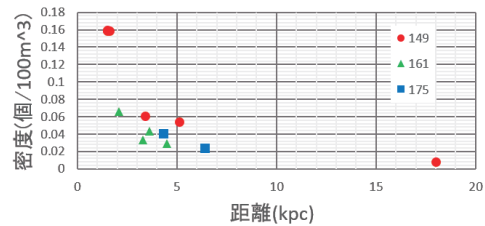
- (1)ターゲット星のセフィド型変光星と標準星を測光し、ターゲット星の実視等級を求める。
- (2)セフィド型変光星の周期光度関係よりターゲット星の絶対等級を計算する。
- (3)減光曲線を描き、そのグラフを直線近似することで波長ごとのダストによる減光量の値と距離による減光量 μ を求める。 μ より各ターゲット星の地球からの距離を求める。
- (4)ミー理論からダストのサイズを測定する。
- (5)ダストのサイズとダストによる減光量より各ターゲット星から地球までのダストの密度を求める。

4. 結果

ダストの半径は、その屈折率を少し汚れた氷球粒子の値 $1.3+0.1i$ として計算すると $0.34\mu\text{m}$ であった。

ターゲットNo.	2/10撮影		3/22撮影		
	銀経 (度)	距離 (kpc)	個数密度 (個/100m ³)	距離 (kpc)	個数密度 (個/100m ³)
1	148.8	5.1	0.054	18	0.008
2	149.2	1.5	0.159	1.5	0.160
3	149.9	3.4	0.061	1.6	0.159
4	161.1	3.6	0.043	4.5	0.029
5	161.4	3.3	0.033	2.1	0.066
6	174.8	6.4	0.024		
7	175.8	4.3	0.041		

距離と個数密度の関係



また、今回の結果の個数密度の平均より、観測範囲である銀経149度から175度の範囲でのダストの質量密度は $1.5 \times 10^{-4} (\text{M}/\text{pc}^3)$ と見積もった。

そして、観測写真の $0.25 \text{度} \times 0.25 \text{度}$ の範囲の恒星の数を数え、その恒星が1個当たり1太陽質量とし、銀河系を地球から20kpcまでの距離とした場合の恒星の質量密度は $1.4 \times 10^{-5} (\text{M}/\text{pc}^3)$ と見積もった。

NASA/JPL/Caltech/ESO/R. Hurtより
 (白点が2/10撮影、黒点が3/22撮影)

5. 考察

グラフより太陽からの距離が遠いほどダストの量が少なくなり、その減り方は銀経によって異なるとわかる。求められたダストの質量密度は、恒星の質量密度よりも大きくなるという直感に反する結果となった。これは銀河系の範囲を恒星の少ない外延部までとしたこと、ターゲット星の距離の実験値は文献値に対して2つを除いて小さいため、ほとんどの場合でダストの個数密度の値は実際より大きくなっていることが原因と考えられる。

6. 参考文献

[1] 舞原 俊憲, 2008, 星間物質と星形成 (シリーズ現代の天文学6), 日本評論社, 127-141

7. 謝辞

本研究を進めるにあたりご助力頂いた、猿楽祐樹氏(木曾観測所)、卯田純平氏(NPO法人サイエンスステーション)に感謝の意を表します。

分光スペクトルの解析による銀河の回転速度の計測

伊藤 連胆 (高1)【修道高等学校】、阿曾 沼 凌雅 (中2)【修道中学校】

1. 動機

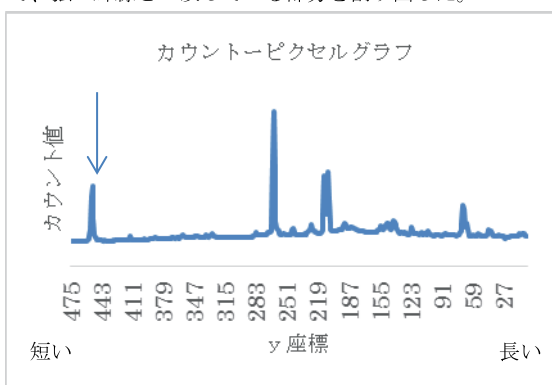
2016年11月に行われたかなた天文教室という催しで東広島天文台を使わせていただけることになったので、今回の研究に取り組もうと思った。今回は研究材料として回転銀河の銀河NGC2782を取り上げた。この天体を選んだ理由としては、銀河をスペクトルから読み取ろうとするときに使用するドップラーシフトがエッジオンの銀河の方が出やすいためである。なお、この研究は2016年11月に行われた、かなた天文教室の研究をもとにしている。

2. 研究装置

かなた天文教室当日は曇ってしまい観測が厳しい状況だったので、SMOKA (日本の天文台から集められたデータを公開している天文学の研究者向けに作られたサイト) からアーカイブデータを抽出し、そのデータを解析した。

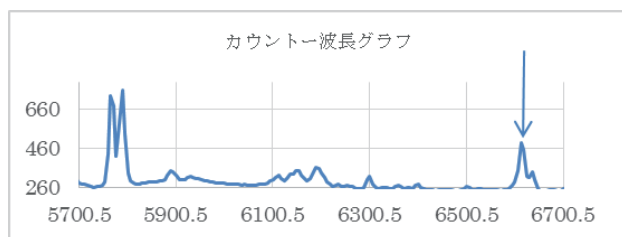
3. 研究方法

観測した銀河のスペクトルに現れる吸収線の位置を各元素本来の吸収線の位置と比較し、そのずれに着目することで銀河がどう動いているかを調査する。さらに我々に対して銀河の動きの速度を計算し、その速度をもとに我々と銀河との距離を求めようとした。取得したデータは、分光データ解析ソフト(すばる画像処理ソフトマカリ)を用いて解析した。まず1次処理をした後スペクトルが写っている範囲をスキャンし、エクセルにテキスト出力する。そしてY座標(波長)とカウント値の関係を表したグラフを作成し、これと東広島天文台天頂付近の夜空スペクトル(図1)と比較することで、強い輝線と一致している部分を割り出した。



比較した結果から矢印で指示した箇所が水銀と一致していると分かったので、y座標から他のターゲットとする輝線の波長を求める。

一次関数を作成すると $y = -5.8776x + 7012.5$ という結果が得られた。これから新たにÅを求めてグラフに表しなおすと下のグラフになる。



H α	m	Å	観測波長
	656.281	6562.81	6612

4. 結果

波長(Å) - カウント値のグラフからH α のスペクトルに着目した結果(矢印箇所)、ドップラー効果により吸収線の位置がより波長の長い方へと偏移していることが分かった。これはNGC2782が我々から遠ざかっていることを示している。そこからドップラー効果の式より2247023.913m/sの速度で遠ざかっているという結果が求められた。

(ドップラー効果) $\Delta\lambda/\lambda = v/c$ ($\Delta\lambda$: 波長のずれ λ : 本来の波長(今回はHの波長) c : 光速 v : 視線速度)

しかし、この数値は銀河自体の後退速度に銀河が回転している速度が加わった値であり、回転速度を求めるためには両方のスペクトルを解析せねばならず、今回は時間に制限されそこまで至らなかった。それが今後の課題となっていくと予想される。

5. 謝辞

今回の研究の指導、観測データの提供をして頂いた広島大学東広島天文台のスタッフ皆様に、厚く御礼申し上げます。

銀河の傾きや大きさなどの測定

笛吹 一樹 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

1.はじめに

私は本校の屋上にある口径9cmの屈折式望遠鏡(SKY90)を使ってどこまでの銀河の研究ができるのか疑問に思った。よって今回は本校の望遠鏡を使って銀河の撮像を行い、得た画像を用いて研究を行った。また、本校の分光器では銀河を撮像できないためそれを使わずに測定できる傾きと大きさを求めた。

2.研究の方法

撮像…本校の焦点距離500mmの望遠鏡に画角0.79°×0.53°のCCDカメラを取り付け、渦巻銀河M31、M33、M81をそれぞれ露光時間30秒、30秒、60秒で撮影した。その後ダーク引きを行った。

傾き…すばる画像解析ソフトMakali'iのグラフ機能を用いて銀河の短径と長径の明るさのグラフをそれぞれ表示し、グラフの山の始めと終わりの「始点からの距離」の差からそれぞれのピクセル数を出す。そして、 $\theta = \arccos(\text{短径}/\text{長径})$ から傾斜角を求める。

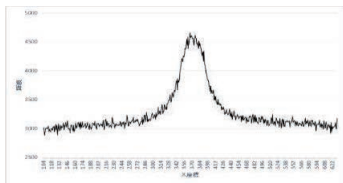


Fig. 1 M31の長径の測定

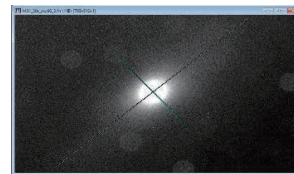


Fig. 2 M31の画像

大きさ…カメラの画角を求めた後銀河の長径のx成分、y成分それぞれのピクセル数を出し、画像全体のピクセル数と画角の比から銀河の視直径を求める。次に、空全体を大きな円と考えて扇形の弧の長さの公式からx成分、y成分の大きさを出し、三平方の定理から銀河の大きさを求める。

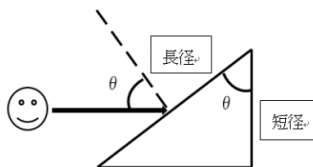


Fig. 3 銀河の傾き

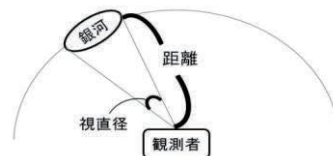


Fig. 4 銀河の大きさ

3.結果

(理論値は明星大学岩佐菜摘さんの卒業論文を参照)

	長径(pixel)	短径(pixel)	傾き(°)	理論値(°)	x成分(光年)	y成分(光年)	大きさ(光年)	理論値(光年)
M31	606.1	190.3	72	70	—	—	—	—
M33	174.4	102.6	54	51	3.2×10^4	2.4×10^4	4.0×10^4	4.5×10^4
M81	94.5	52.2	57	57	2.8×10^4	1.9×10^4	3.4×10^4	9.1×10^4

4.考察

M31は画角の範囲内に入っておらず、M81はとても近い場所にあるM82の方が誤差が小さかったためM82を撮ってしまった可能性が高い。しかし、他の値は比較的良好な値であり銀河について知ることができた。

5.まとめ

全体的に誤差があり正確な値ではなかったが、実際に撮像が出来て具体的な値も出すことができたので目的は達成できて良かった。

超大質量ブラックホールと銀河の成長

もし天 2016 RAKKI☆

桐生 真歩(高2)【松本秀峰中等教育学校】、小島 真由子(高2)【京都府立洛北高等学校】

1.背景

ほとんどの銀河の中心には超大質量ブラックホールが1つあることを教えていただき、銀河と超大質量ブラックホールには関係があるのではないかと疑問に思った。また、銀河は合体することで成長すると考えられているが、合体後の銀河や超大質量ブラックホールはどのようになるのか疑問に思った。

2.目的

- (1)銀河の種類と光度の関係
- (2)銀河の質量と超大質量ブラックホールの質量の関係

3.検証方法

観測から得られたデータとアーカイブデータを用いて、光度と銀河の種類、超大質量ブラックホールの質量と銀河の質量の相関関係を調べる。

4.観測

仙台市天文台のひとみ望遠鏡でルミネンスフィルターでM81、M32、M110、M82、NGC1277、NGC1023、NGC2273、NGC4395を観測。

5.解析

(1)合体すると銀河の明るさが増すと仮定し、すばる画像解析ソフト Makali' i を用いて観測データを開口測光した。その際、測光半径を徐々に広げカウント数が一定になった点をその銀河のカウント数とした。観測データのほかに、アーカイブデータとしてM87とNGC4889を用いてグラフを作成する。

(2)銀河内のすべての恒星を太陽であると仮定し、

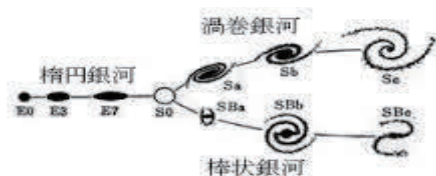
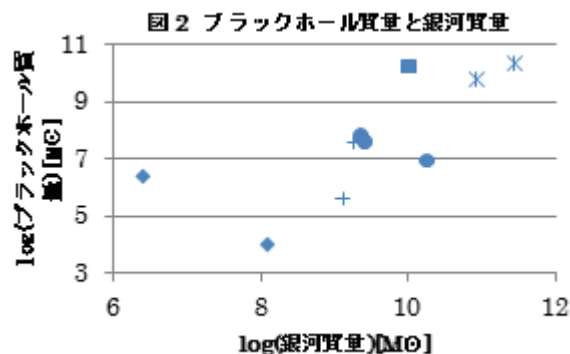
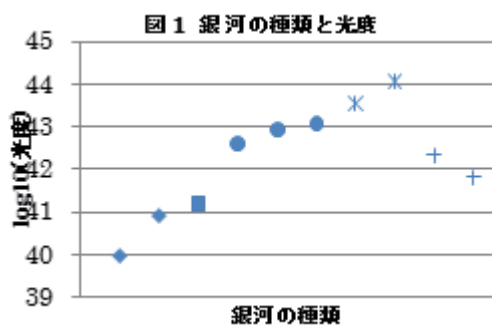
L_{\odot} : 太陽の光度、 M_{\odot} : 太陽の質量、 L^* : 銀河の光度、 M^* : 銀河の質量

$$\frac{L^*}{L_{\odot}} = \frac{M^*}{M_{\odot}}$$

を使い、銀河の質量を出す。また、超大質量ブラックホールの質量は文献値を使用した。

7.結果と考察

- (1) 銀河のタイプと光度の関係を図1に表す。左から順に、矮小楕円銀河(\diamond)、レンズ状銀河(\square)、渦巻銀河(\circ)、楕円銀河($*$)、不規則銀河($+$)のようになった。光度が大きいものほど合体後の銀河であるという仮定から、合体することで矮小楕円銀河、渦巻銀河、楕円銀河の順に成長すると考えられる。また、成長過程で不規則銀河は矮小楕円銀河と渦巻銀河の間に位置すると考えられる。
- (2) ブラックホール質量と銀河質量の関係を図2に表す(凡例は図1と同じ)。超大質量ブラックホールと銀河質量には正の相関が見られた。すなわち銀河質量が大きくなるとブラックホール質量も大きくなるので、超大質量ブラックホールは銀河とともに成長すると考えられる。



ハッブル分類

8.今後の課題

- ・(2)の結果のグラフのレンズ状銀河の位置と(1)のグラフの位置が異なっていたため、他のレンズ状銀河も調べ、銀河の成長過程のどの位置にあるのか調べる。
- ・ほかの不規則銀河も観測し矮小楕円銀河と渦巻銀河の間に位置するのか調べる。
- ・たくさんの方の天体を観測し、データを増やす。

分光観測による活動銀河核の分類

遠藤 圭二、小森 湧生、貞清 勇輝、竹林 由貴 (高2) 【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

M77、M82、M87、NGC1275、NGC4151、3C273、Mrk421の7つの活動銀河核について低分散分光観測を行い、それらをスペクトル中の輝線の現れ方の違いにより分類した。

1. はじめに

この研究を始めた動機は、インターネットで宇宙について検索するうちに、活動銀河核という大変魅力的な天体の存在を知ったからである。

活動銀河核とは、通常銀河の100倍から1万倍もの放射を行っている活動銀河の中心核を示す。活動銀河には、セイファート銀河、電波銀河、クェーサー、ブレイザーなどがあるが、我々は、それらの代表的な天体について、スペクトルの違いを調べることにした。

2. 目的

我々の研究の目的は、代表的な活動銀河核について、低分散分光観測を行い、スペクトル中の輝線の現れ方の違いから、それらを分類することである。

3. 方法

観測データは、岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で、2016年10月21日および12月9日に自分達で取得したもの、2013年12月6日に本校の先輩が取得したものを使用した。

- (1) 望遠鏡に低分散分光器を取り付け、目的の活動銀河核と分光標準星のライトフレーム、コンパソフレーム、フラットフレーム、ダークフレームを取得した。
- (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、スペクトル図を作成した。
- (4) スペクトル図中の主な輝線を同定し、水素のバルマー輝線や[OIII]輝線の幅を測定した。

4. 結果

スペクトル解析の結果を以下の表にまとめる。

銀河の名称	星座	観測日	主に見られた輝線 (_ は幅広)	タイプ
M77 (NGC1068)	くじら	2016.10.21	H γ 、[HeII]、H δ 、[OIII]、H α + [NII]	セイファート銀河2型
NGC1275	ペルセウス	2016.10.21	H δ 、[OIII]、[OI]、H α + [NII]、[SII]	セイファート銀河1.5型
M82	おおぐま	2016.12.9	H δ 、[OIII]、H α 、[NII]、[SII]	スターバースト銀河
Mrk421	おおぐま	2016.12.9	顕著な輝線なし	ブレイザー
NGC4151	りょうけん	2016.12.9	H γ 、[HeII]、H δ 、[OIII]、H α + [NII]	セイファート銀河1型
M87 (NGC4486)	おとめ	2016.12.9	H α 以外の輝線は確認できず	電波銀河
3C273	おとめ	2013.12.6	H δ 、H γ 、H β 、[OIII]、H α	クェーサー

5. 考察

- (1) M77、NGC1275、NGC4151は、いずれもセイファート銀河であるが、[OIII]輝線の幅は3つともほぼ同じであるのに対し、水素のバルマー輝線はNGC4151が最も広く、M77が最も狭いことがわかった。
- (2) スターバースト銀河M82は、H α 輝線が最も顕著に現れた。これは星が頻繁に生まれ超新星になることにより、多量の星間物質が励起したことによると考えられる。

6. まとめ

活動銀河の統一モデルによると、セイファート銀河のタイプの違いは、見る方向の違いによって生じるとのことである。また、ブレイザーは、宇宙ジェットを正面から見たものであると考えられている。今後は、更に多くの活動銀河を観測し、そのことを確かめてみたい。

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、前野研究員には、観測の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。

銀河や銀河団における暗黒物質の割合

もし天 2016 年 ダークマター班 ダークマターコスモロジー(仮:ジンギスカン)

浜田 佳澄(高2)【大阪府立泉陽高等学校】、八木 大地(高2)【東北学院高等学校】、

藤岡 美香(高1)【神奈川県立座間高等学校】

要旨

インフレーション理論が予測するダークマターの存在量を検証し、間接的にインフレーション理論を検証する

1. 目的

現在、宇宙の初期については、インフレーション理論が有力である。しかし、その急激な膨張がなぜ起こったかは分かっていない点が多い。そこで私たちは宇宙初期についての理解を深めるため、インフレーション理論の予測するダークマターの存在量を研究、検証しようと考えた。

2. 方法

銀河や銀河団を撮像観測し、得たデータと、アーカイブデータを使用し、力学的質量と光学的質量を求める。

また、ガスの質量を X 線の研究よりデータを引用し、計算し補正した。

光学的質量、運動的質量は以下の式より求める。

M: 天体の質量 L: 天体の光度 M_☉: 太陽質量 L_☉: 太陽光度 G: 万有引力定数 r: 天体半径 ρ: 天体の密度
α: 天体固有の定数 P: 圧力

$$\frac{M}{L} = \alpha \frac{M_{\odot}}{L_{\odot}} \quad \text{光学的質量}$$

$$M = \frac{r^2 dP}{G\rho dr} \quad \text{力学的質量}$$

ρPr の値はアーカイブより、α は推定値を用いた。

3. 観測

観測日時: 2016 年 1 月 24 日 21 時 50 分 ~ 22 時 20 分 25 日 1 時 50 分 ~ 2 時 20 分

観測機器: 仙台市天文台、1.3m ひとみ望遠鏡

観測天体: M110 (矮小楕円銀河)、M82 (渦巻銀河) AWM7 (巨大楕円銀河)、Abell1426 (巨大銀河団)

観測方法: 撮像観測

使用フィルター: L 各天体、B, I (M110、M82 のみ)

4. 結果

観測で得られたデータを表にまとめた。なお、質量はすべて太陽質量を基準としている。

観測天体	半径 (kpc)	光学的質量	力学的質量	ダークマター の割合	臨界密度に対 するダークマ ターの割合
M110	3.62	1.8×10^7	不明	不明	
M82	5.68	1.6×10^8	1.0×10^{10}	0.9836	0.3934
Awm7	16.6	8.5×10^{10}	4.3×10^{14}	0.9998	0.3999
Abell1426	1965	6.9×10^{13}	5.1×10^{14}	0.8654	0.3461

5. 考察

今回の研究の結果より、インフレーション理論の臨界密度に対する物質の量が足りない問題は、物質より多い量のダークマターがあるという結果である程度解決される。しかし、ダークマターを考慮しても臨界密度に対する質量を十分に満たさない。この研究ではダークエネルギーの影響を考慮していないので、ダークエネルギーの影響を考慮するべきであると考えた。

また、Abell1426 とほかの天体のダークマターの割合の違いは、時間の都合上省いたガスの補正がこの違いを生じているものと考えられる。

6. 展望

4 つの天体だけでは、ダークマターの割合を求めるには不十分なので、たくさんの天体を観測したりガスの補正や光学的質量の求め方を見直し、より良い制度でダークマターの割合を求め、インフレーション理論に関する理解を深めたいと思った。

7. 謝辞

今回の研究にあたり、服部先生をはじめとした東北大学の教員の皆様並びに「もしも君が杜の都で天文学者になったら」の SLA の皆様、また仙台市天文台の皆様方には多大なご協力をいただきました。

本当にありがとうございました

8. 参考文献

宇宙物理学入門—現代物理学の A から Ω まで—第二版、<https://arxiv.org/pdf/1307.3592.pdf>、

<http://www.isas.jaxa.jp/home/ttamura/classroom/main/darkmatter/index.html>、

ハッブル定数を用いた宇宙年齢の推定

藤村 皓太 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

1. はじめに

本校の望遠鏡で銀河のスペクトルを観測した。また、それ以外に国立天文台の天文データセンターにより運用されている SMOKA から銀河のスペクトルデータを取得し、すばる画像解析ソフト Makali'i で解析した。赤方偏移よりドップラー方程式を用いてハッブル定数を求め、それを用いて宇宙年齢を推定した。

2. 方法

2-1 スペクトルの観測

本校の望遠鏡に冷却 CCD カメラ (ST-402) と分光器 (Alpy600) を取り付け、銀河のスペクトルを観測した。観測対象は M81、M82 とし、観測日時は 2016 年 12 月 28 日 19 時 48 分頃で、露光時間は 600 秒とした。

2-2 スペクトルの解析

スペクトル画像を Makali'i で開き、H α の波長を求める。

求めた H α の波長が本来の波長からどのくらいズレているのか求める。

そのズレからドップラー方程式 (以下の式) を用いて

銀河の地球からの後退速度を求める。

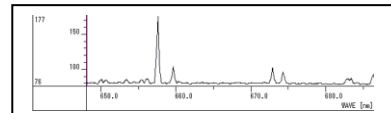


図 1. スペクトルのグラフ (NGC925)

$$v = c \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

c : 光速 ($3.0 \times 10^8 \text{ km/s}$)、 λ_0 : 基本波長 (ここでは $H\alpha = 656.3 \text{ nm}$)、
 λ : 銀河の $H\alpha$ の波長、 v : 後退速度

2-3 ハッブル図の作成

銀河の後退速度と距離の関係のグラフであるハッブル図を作る。

ハッブル図の傾きがハッブル定数となるのでハッブル定数の

逆数 (ハッブル時間) を用いて宇宙年齢を求める。

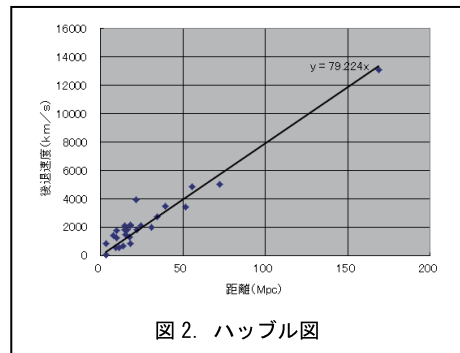


図 2. ハッブル図

3. 結果

3-1 スペクトルの観測

銀河のスペクトルの観測は本校の望遠鏡では出来なかった。

よって SMOKA のデータのみで宇宙年齢を推定した。

3-2 宇宙年齢

ハッブル定数はグラフより 79 km/s/Mpc と求められ、宇宙年齢は以下の式より 1.2×10^{10} 年と求められた。

地球から銀河までの距離は DSO Browser (<https://dso-browser.com/>) より引用した。

$$y = \frac{c}{H_0} \times 3260000$$

y : 宇宙年齢、 H_0 : ハッブル定数、 c : 光速

4. 考察

ハッブル定数は NASA's Infrared Observatory Measures Expansion of Universe で $74.3 \pm 2.1 \text{ km/s/Mpc}$ と求められていて、今回それに近い値となった。これにより宇宙年齢も理論値に近い値が求められた。また、データ数が 27 個と少なかったことなどが誤差の原因だと思った。

春分の日と秋分の日の日が長い理由を観測したい！II

岡庭 佳泉、長谷川 千紗（高2）【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

<概要>

一般的に春分の日と秋分の日には昼間と夜の長さが同じであると思われているが、実際には昼間の方が長い。このことに興味を感じた私たちは、自分たちの観測により、それが事実であることを実感したいと考えた。「太陽光が地球大気で屈折するなら、太陽高度が低いほど太陽が一分間に進む角度が小さくなる」という仮説を立て、太陽を連続的に撮影し、歪みの補正を行った。結果は上手く補正することができた。春分の日には実際に撮影し実証したい。

1 はじめに

春分の日、秋分の日には一般的に昼間と夜間の長さが同じであるといわれている。しかし、実際には昼間のほうが十数分も長い¹⁾。その理由は2つあり、そのひとつを自分たちの観測によって証明したいと考えた。（詳細は第18回ジュニアセッション予稿集 p.64 参照）そこで太陽の観測や撮影を行いそのデータを処理することにし、昨年からの活動を始めた。

2 仮説

太陽光が地球大気で屈折するなら、太陽高度が低いほど太陽が一分間に進む角度が小さくなる。

3 観測条件

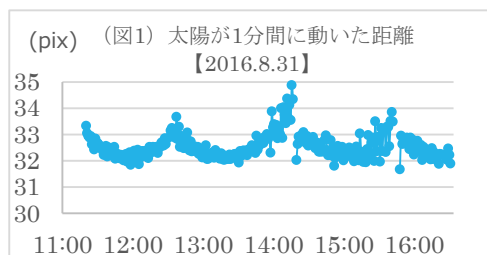
- 使用器具 カメラ：Nikon D7000 レンズ：Nikon DX AF-S NIKKOR35mm1:1.8G 太陽観測フィルター：ND10000
- 撮影条件 場所：本校屋上 露出時間：1/8000
日時：2016年8月31日 11時22分～17時1分
南中時刻：11時44分 天気：晴れ

4 観測・分析方法

南中から日没まで太陽を1分ごとに撮影し（インターバル撮影）、それらを画像処理ソフト「マカリ」と「Excel」を用いて処理したデータをグラフに表した。（分析方法については第18回ジュニアセッション予稿集 p.64 参照）

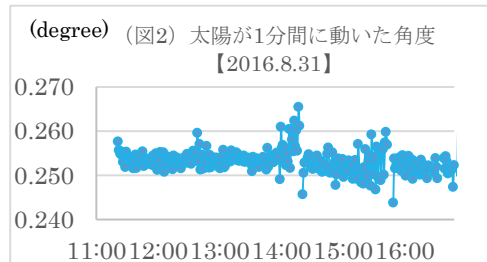
5 結果

図1は【2016.8.31】の観測結果である。縦軸は、写真上の太陽が1分間に動いた距離を画素（pix）で表したものである。太陽を視野から外れないようにカメラを置いた。日没につれて右肩下がりのグラフになると予想したが、予想とは異なり、一回のインターバル撮影の間にグラフが下に凸の形になってしまい、カメラを動かしたときに不連続になってしまった。



6 補正処理

これは、カメラレンズのゆがみ（視野のゆがみ）が原因である可能性があると考え、私達が考えた補正方法を使い、ゆがみの補正を行った（補正式： $y=4.93E-12x^2-1.81E-07x+7.94E-03$ ）。図1を補正したものが図2である。縦軸は補正時に画素（pix）から角度（degree）に変換された。カメラを動かしたときに不連続になることを直すことはできなかったが結果かなり補正することができた。補正をつくるための実験の詳細は以下の通り。



(1) マジックペン（マッキー）をカメラから7.0mの距離の位置に並べ、本観測と同条件のカメラの設定（ただし、この実験の露出時間は30秒とする）で撮影を行う。

(2) マジックペンの上端（太い方）の中心と、下端（細い方）の中心の座標をマカリで求める。Excelで処理を行い、画角の中心からそれらがどれほど離れているかを計算し、そこから歪みの大きさを考える。

(3) 補正式を観測した数値に適用する。

7 結論

グラフが予想通りにならない問題を解決すべく、様々な助言を受けながら研究を進めてきた。春分の日や秋分の日には実際に太陽の撮影を行い、昼間が長くなることを実証したい。

8 参考文献

- 1) 国立天文台 WEB <http://www.nao.ac.jp/faq/a0303.html>
- 2) 昼と夜の長さ <http://www.astrophotoclub.com/syunbun.htm>
- 3) ISSの観測と高度測定第二報 日本天文学会2012年ジュニアセッション講演予稿集 134～135頁

渋川春海は南中高度を正確に観測できたのか ～横梁型圭表儀の製作と江戸時代の観測の再現～

小松 眞歩、荒川 愛莉、日下部 咲希（中2）、谷元 琴音（中3）【塩尻市立丘中学校】

1. はじめに

これまで2年間、圭表儀（スリット型）を使って太陽の南中高度の観測をして、地球の軌道の離心率0.0337（公転速度が一定と考えた場合はケプラーの法則により求められる値の2倍の数値となる）と求めた*1。江戸時代の渋川春海は圭表儀（横梁の影を利用した伝統的な形式）を用いた観測などから正確な暦を作った。その暦定数から離心率を求めると、0.03546という現在の値に近い値が得られたという研究もなされている*2。渋川春海は太陽の位置の観測を正確に行うことによってそれに合う暦定数を求めていったのではないかと考えられる。そこで、当時使われていた横梁型圭表儀を新たに製作し、正確な観測ができるかどうかをスリット型圭表儀の結果と比較してみた。

2. 圭表儀の製作と観測

(1) スリット型圭表儀

私たちは、一日の太陽の動きを観測するためにピンホールを利用した装置を自作して使ってきた。更に2年前、ピンホールをスリットに換えて南中高度を測る装置を考え「丘中オリジナルの圭表儀」として観測に使用してきた。表（垂直な柱）や圭（影の長さを測る水平部）の部分は木材で作った。スリットから通った太陽の光が圭に太陽像として映し出された位置の両端を記録し、両端の仰角 φ を

$$\varphi = \tan^{-1} (\text{スリットの高さ} / \text{スリットの真下の点から太陽像までの距離})$$

より求め、それらを平均して南中高度を求めた。

(2) 横梁型圭表儀

本年度は、歴史的に使われてきた圭表儀（ここでは横梁型と呼ぶことにする）も新たに製作して観測を行った。このタイプは、表の上部の横棒（横梁）の影の位置を記録する。太陽に視直径があることで影がぼやけてしまうため、景符のスリットを通して影を細く鮮明にして観測する*3。南中高度を求めるときは、型圭表儀と同様の方法で行う。

製作した圭表儀の大きさは、横梁までの高さが60.0cm。圭の長さが120cmで、スリット型圭表儀と同一とした。渋川春海が愛用したとされる圭表儀は高さが43.5cmである*3なので、ほぼそれと同じ大きさである。横梁は直径5mmのステンレスパイプで作った。

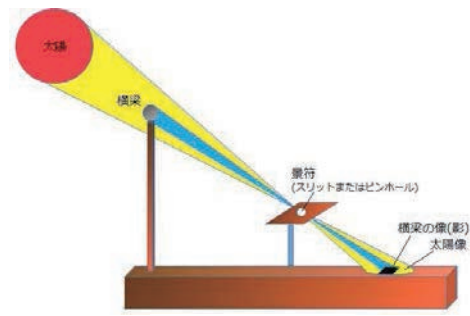


図1 圭表儀と景符

(3) 横梁型圭表儀による観測

実際に使ってみると、景符を使ってはっきりした像を出すのが難しく、苦勞した。スリットの幅を変えて試してみた結果、次のような方法で明瞭な横梁の影を映し出すことができるようになった。

- (i) 太陽高度が低く、横梁から影までの長さが長くなる時は景符のスリットの幅を狭くし、太陽と横梁の実像が圭（水平板）の上に見えるようにする。（図1）
- (ii) 太陽高度が高く横梁から影までの距離が景符の見た時の横梁の見かけの大きさが太陽視直径より大きくなってしまふことがある。その場合には景符のスリットの幅を広げ、スリットのつくる光の帯の中央に横梁のつくる本影ができるようにする。

3. スリット型圭表儀と横梁型圭表儀の観測結果の比較

二つのタイプの圭表儀の同時観測を行い、これまで14回観測した結果を比べてみた。基準となる南中高度の予報値として、観測地（丘中学校）に対する桁数の多い（0.01度までの）予報を見つけることができなかつたので、私たちが昨年、スリット型圭表儀の結果にフィットさせて定数を求めた計算式*1による値を用いた。計算式との差の 1σ は、スリット型が0.013°、横梁型が0.016°となり、観測値のばらつきは両者ともほぼ同じ、という結果となった。

4. まとめ

(1) 横梁型圭表儀の精度について

比較の結果から、横梁型圭表儀も精度よく観測できることがわかった。私たちはこのことから、渋川春海も、地球上の太陽の動き（太陽黄経）を観測から精度よく求めていたのではないかと、いう考えを持った。

(2) 大型の圭表儀について

渋川春海は高さが8尺(2.4m)の大型の圭表儀も使っていた*3。それとほぼ同サイズの圭表儀の台座が京都梅小路の梅林寺に残されている。その仕組みを調べるために、梅林寺に横梁型圭表儀を持って行き、大きさなどを比較した。副住職さんからお聞きしたところによると、金属製の表（縦棒）は露天に立てたままにしておき、圭（水平の目盛りの部分）を観測時に台石のくぼみに差し込んで使ったそうである。この圭表儀の図面*3を見て疑問に思うのは、横梁の真下の位置をどのように求めたのか、という点である。大型圭表儀は冬至の日を求めるためだけに用いたとすれば、影の相対的な位置を調べるだけでよいので、南中高度（角度）は求めなかつたのかもしれない。

5. 参考文献

- 1) 圭表儀による太陽の南中高度の観測から地球の公転軌道の離心率を求める, 谷元琴音(丘中学校), 長野県学生科学賞, 2016
- 2) 貞享暦の日行盈縮と定朔, 須賀隆, 日本暦学会誌 第22号, 2015
- 3) 天文学史教材としての天体観測機器3DCG復元(4)古観測機器「圭表」の3DCG復元, 柳澤洋文, 天文教育 24(1), 2012

太陽の視半径の変化の観測から地球の公転軌道の離心率を求める

日下部 咲希、安慶名 琉、中村 真慧（中2）、赤坂 大知、大野 柚、
鎌田 耀五、眞田 太仁、山本 楓人（中1）【塩尻市立丘中学校】

1. はじめに

均時差が起きる原因について、太陽が地球の公転軌道の中心からずれている（離心円である）のではないのかと考え、それを確かめるために屈折望遠鏡を使い、太陽が日周運動で移動する時間を計ることで太陽の見かけの大きさ（視半径）の変化を調べる観測を2年間続けてきた。更に今年度は、観測結果から軌道の離心率を求めることにし、そのために必要な数学・計算について考えた。ここではその方法と結果について述べる。

2. 視半径と太陽までの距離は反比例すると考えることができるか？

太陽が地球の公転軌道の中心からずれていると、地球から太陽までの距離が変化し、視半径が変化する。このとき、視半径と地球から太陽までの距離が反比例していれば、視半径から軌道の離心率を求めることができる。そこで、「見かけの大きさが半分になったとき、距離が倍になる」としてよいかについて、図形の性質を使って考えた。（図1）

【説明】

観測地Bから見たときの太陽の視半径を $\angle B$ とし、 $\angle B$ の二等分線を引き、BFとする。ここで $\angle FBO$ の大きさを a とする。

また線分BFと平行な円の接線ADが、線BOと交わる点を観測地Aとする。

$\angle FBO$ と $\angle DAO$ は同位角であり等しい。

$\angle AEB$ と $\angle EBF$ は錯角により等しく

$\angle AEB=a$

これより $\triangle ABE$ は二等辺三角形となる。

ここで四角形CEDOに注目すると、

$\angle ECO$ 、 $\angle EDO$ は直角。…[1]

CO、EOは円の半径なので $CO=EO$ …[2]

EOは二つの三角形と共通。（EO=OE）…[3]

[2]、[3]より、斜辺とほかの一边が等しいので、 $\triangle ECO \equiv \triangle EDO$ である。

三角形の内角の和は 180° だから $\angle BOC = 90 - 2a$ 。 $\angle AOD = 90 - a$ となり、 $\angle COD$ が求められ、

$\angle COD = \angle ADO - \angle BCO = 90 - a - (90 - 2a) = a$

この場合の a は $\angle COE$ 、 $\angle DOE$ を合わせた角度なので、 $\div 2$ として $\angle COE = \angle DOE = a / 2 = 0.5a$ となる。

ここで $\triangle BEO$ について考えると、 $\angle BEO = 90 - 0.5a$ 、 $\angle BOE = 90 - 1.5a$ となる。

よって、 $\angle BOE$ と $\angle BEO$ の角度の差は $\angle BEO - \angle BOE = 90 - 0.5a - (90 - 1.5a) = a$ となる。

このことから $\angle BOE$ と $\angle BEO$ の角度の差は観測地Aでの視半径 a と等しく、角度 a が小さいと、 $\angle BEO$ と $\angle BOE$ はほとんど等しくなる。したがって、 a の値が太陽の視半径（ 0.27° ）のように小さい値のとき、 $\triangle BEO$ はほとんど二等辺三角形と考えてよい。よって $BE=BO$ と考えてよく、 $BO=BE=AB$ となり、近似的に $AB=2BO$ の関係が成り立つと考えられる。

以上より、視半径が半分になると、地球から太陽までの距離が2倍になる（反比例）、として扱ってよいと考えられる。ここでは、距離が2倍の場合以外でも反比例の関係が成り立つと仮定して、以下のように離心率を求めた。

3. 太陽の視半径の観測方法

太陽像が日周運動により直径分移動するのにかかった時間を測り、それから見かけの大きさを求めた。観測は、まず太陽像が投影板に貼りつけたグラフ用紙のマス目と平行に動くように、屈折望遠鏡を調節する。望遠鏡で投影した太陽像の直径分移動した時間を、ストップウォッチを使って計測する。これらの動作を4人で行い、20回行う。観測後、各自の結果を平均して観測値とする。その時間について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、視半径を算出する。

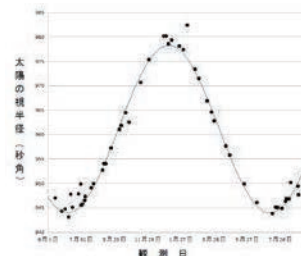


図2 太陽の視半径の観測結果

4. 結果

結果は図2のようになった。図中の曲線は、観測結果に最もよく当てはまるサインカーブである。曲線から、視半径の最大値を978秒角、最小値を944秒角と読み取った。距離と視半径は反比例すると考えて計算すると、観測値から求められた離心率は0.0177である。

5. まとめと今後の課題

理科年表によると現在天文学で使われている離心率は0.0169である。視半径の観測は、簡単にできる観測であるが、離心率を精度よく求めることができる方法であると考えられる。

今回考えた説明は、「見かけの大きさが2倍になったとき、距離が半分になる」場合でしか説明できないので、ほかの場合についての説明も考えていきたい。また、これからも精度の高い観測を続けて、より良い精度の離心率を求めていきたい。

デジタルカメラの部分日食写真から求める月までの距離の誤差要因と精度

ハートピア安八ジュニア天文倶楽部
伊藤 大朗 (中1) 【岐阜市立岐阜清流中学校】

要 旨

地球から遠い月までの距離の求め方に興味を持ち、部分日食の画像データによって視差を求め、地球から月までの距離を計算で求めた。2点観測によって得た観測値と天文シミュレーションソフト「ステラナビゲータ」(以下ステラナビ)の値との差の要因を考えた。結果、撮影時刻に約14秒のずれがあったという結論に至った。

1. 目的

- ・日食写真を使って、地球から月までの距離を計算で求める。
- ・求めた値とステラナビの値との差の要因を考察する。

2. 部分日食の2点観測

2016年3月9日の部分日食を日本とタイの2点で撮影する。当初ハートピア安八天文台での観測を予定していたが、曇りのため観測ができず、牧野 亜紀氏撮影の画像(撮影地母島)をお借りした。タイでのデータは、タイ国立天文台(NARIT)の日食撮影キャンペーンでのHakam Chedo氏撮影の画像(撮影地タイパタニ県)を使用した。

3. 結果

日本とタイの同時刻の日食写真を、黒点と太陽中心を合わせて重ね、欠け際から月の輪郭、中心を作図し視差(中心距離)を求めた。(図1)

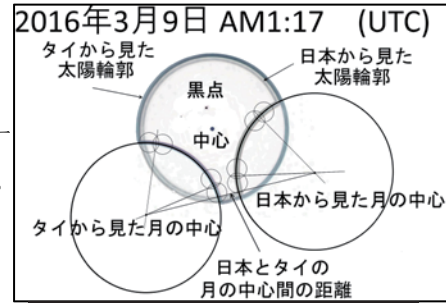


図 1 重ねた写真から求める月の視差

月から見たタイと日本の基線距離 t_j' (図2)を4,372kmとし、月からタイ日本の中点までの距離(図2,3)を求めた。

a. 視差の算出 $\text{視差}(\text{°}) = \frac{\text{カメラの画角の半分}(\text{°})}{\text{写真の横半分のパixel数}} \times \text{写真上の月の中心の視差(px)} = \frac{1.61}{2144} \times 864.59 = 0.65\text{°}$

b. 月までの距離 図3により次の2つの方法で距離を算出した。

月までの距離(円弧の比) $= \frac{(180 \times \text{基線})}{(\text{視差} \times 3.14159)} = 385,380\text{km}$

月までの距離(三角関数) $= \frac{\text{基線の半分}}{\sin(\text{視差の半分})} = 385,382\text{km}$

c. 地心距離 図2より地心距離を求めた。 389,140km

d. シミュレーション値

ステラナビで求めた2016年3月9日01:17(UCT)の地球月間の距離

測心距離(母島) = 355,800km、地心距離 = 360,900km

*有効数字を視差は2桁、距離は整数とした。

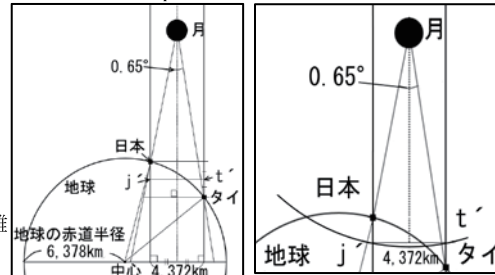


図 2 月の距離と基線 図 3 距離の算出図

4. 考察

観測結果(3-c, 3-d)では、約28,200km(7.8%)の差が生じた。そこで、次の5点に注目し差の原因の追究を行った。

- a. CMOS画角とJPGデータ解像度の照合：撮影カメラPENTAX K-rの仕様と撮影JPGデータを照合し問題なし。
 - b. 写真画角計算：計算で求めた画角と太陽の実像の大きさを比べ、問題なし。
 - c. 焦点画像からレンズ合成焦点距離の逆算：観測では、 $f=300\text{mm}$ 望遠レンズ+1.4倍テレプラス=420mm合成焦点距離
 - ・レンズの合成焦点距離を太陽の実像の大きさから $\text{焦点距離} = \frac{\text{焦点像(mm)}}{2 \tan(\text{視半径}^\circ)}$ を使って逆算した結果、 $\frac{3.95}{2 \tan(0.26)} = 421.7$
 - d. 観測2地点での太陽合成方法：黒点中心と太陽像中心のマッチング～視差測定で作図の精度
 - ・図2に示した視差を求める作図を写真から20回行ったが視差は同じだった。
 - ・日食時の太陽の視直径や月の視直径を観測写真から測定し、視差(x')を次のように求めた結果問題なし。

太陽 視直径($'$): $x = \text{写真の太陽の直径(px)} : \text{写真上の2点観測の月の中心間の距離(px)}$
 $32.2 : x = 717 : 858 \quad , \quad x = 38.53' \approx 0.64^\circ$

月 視直径($'$): $x = \text{写真の月の直径(px)} : \text{写真上の2点観測の月の中心間の距離(px)}$
 $33.4 : x = 743 : 858 \quad , \quad x = 38.56' \approx 0.64^\circ$
 - e. 日本、タイの観測2点間の基線距離：Earth Viewにより数度の再測定を行った結果問題なし。
- これらから、画角計算、作図方法(精度)、基線距離、視差逆算などの数値は、特筆すべき誤りがないという結論に達した。残る原因として考えられるのは、撮影の同時性である。

5. 結論

正確な撮影時刻の確証は得られず、約14秒のずれが月の地心距離の差、約28,200kmの原因と結論付けた。正確な距離算出には1秒以内での同時刻性が求められ、この時の距離の誤差範囲は $\pm 2,000\text{km}$ (約0.6%)と考えられる。

6. 参考文献および謝辞

Earth Viewサイト：<http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/Earth> NARITサイト：<http://narit.or.th>

使用ソフト：ステラナビゲータ((株)アストロアーツ)、画像処理ソフトpaint net

指導助言：ハートピア安八天文台 船越 浩海 天文台長

日食データ提供：画像を提供していただいた牧野 亜紀氏、Hakam Chedo氏にはこの場を借りてお礼申し上げます。

2段階パラシュートによる軟着陸 ～缶サット甲子園2016報告～

中原 瑞基（高2）、田中 竜樹、谷川 祐介、松田 龍昇、西山 裕晟（高1）
【済美高等学校自然科学部】

1. はじめに

「缶サット」とは空き缶を使った小型模擬人工衛星で、中には人の頭脳に当たるマイクロコンピューター（マイコン）が入っており、そこにセンサやカメラなどを接続し指令を送り情報を集めるものである。

缶サット甲子園とは、高校生が自作した缶サットを使用し、上空からの降下・着地の過程を通じて、技術力・創造力を競う競技会である。2016年、私たちは関東大会（2016年7月21日～22日）に参加した。

2. 製作した缶サット

私たちは、2014、2015年の大会で、落下時の衝撃によりデータを記録に残すことが出来ず、ミッションをクリアすることが出来なかった。そこで、今回は着陸時の衝撃を抑えることでデータの消失を避ける方法を考えた。それはパラシュートを、2段階に分けて開くことで落下時の衝撃を抑えるというものです。缶サット甲子園には機体の全長は124mm以下、直径68mm以下、質量250g以上300g以下であることなどのいくつかの規程があり、そのうちの一つに「落下速度が5m毎秒以上であること」という内容がある。そこで、着陸直前に減速する方法を考えた。

外見・中身は図1の通りで、機体の仕様は表1の通りである。

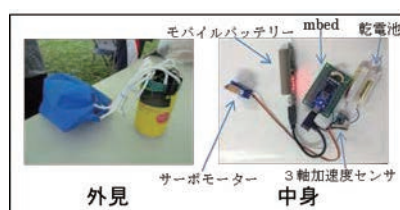


図1

表1

全長	124[mm]
質量	270[g]
外径	66[mm]
マイコン	mbed
搭載センサ	糸を切るサーボモーター
サーボモーター	揺れを検知三軸加速度センサ
バッテリー	モバイルバッテリー、乾電池
パラシュート形状	八角形
パラシュートサイズ	480[mm]

3. ミッションと方法

[行ったミッション]

1. 加速度センサで1段階目のパラシュートの展開で発生した揺れを検知し変化を記録
2. 糸をサーボモーターで切断
3. パラシュートが大きく展開（2段階目の展開）
4. 安定して軟着陸

[動作の仕組み]

まず、パラシュートのひもを束ねて糸でしばり、パラシュートが大きく展開しないようにする。加速度センサで1段階目のパラシュートが開いた時の衝撃を検知してサーボモーターを動かす。サーボモーターにはカッターの刃が取り付けられており、サーボモーターが動くことでパラシュートを束ねていた糸を切り、はじめは小さく展開していたパラシュートが大きく展開し、落下速度が減速する。

4. 結果とまとめ

結果は加速度センサで1段階目パラシュートの展開で発生した衝撃を検知することができたが、そのデータをメモリに記録することが出来なかった。また、サーボモーターでの糸の切断は、切ろうとした跡があったが切れてはいなかった。これにより、データの記録ができなかったのは、2段階目の展開が出来なかったため、またはファイルの処理に時間がかかりその処理が終わる前に電源を抜いてしまったためと考えている。糸の切断ができなかったのは、サーボモーターの固定が甘く、衝撃で動き、刃から糸がずれてしまった、またはプログラムのミスだと考えている。

今後は、サーボモーターが確実に動くようプログラムや機体の構造を改善したり、糸を熱で切るニクロム線を使う方法を試したりすることで、2段階目のパラシュートを確実に展開できるようにしたいと考えている。さらにカメラを搭載して落下中や着陸時の様子を撮影できるようにしていきたい。

5. 参考

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-kosien.com/cansat/>

NASA Ames Space Settlement Contestへの挑戦 2

白石 顕太郎、藤井 あかり、鐘井 隆仁、細川 寛司、河野 駆 (高2)
【済美高等学校自然科学部】

1. はじめに

私たち自然科学部宇宙班は2010年から、NASA Ames Space Settlement Contest (宇宙居住地コンテスト)に参加している。このコンテストは宇宙居住地 (以下、宇宙コロニー) の設計案を提案する大会で、世界中の12~18歳の生徒が個人、または団体で参加できる。コンテストの特徴は、宇宙コロニー本体の設計のみならず、政治や教育など社会システム全般も考慮する必要がある点である。

私たちは、宇宙コロニーに関する基本的なことから学び直し、この大会で求められているものを探るため、過去の受賞作品を分析することにした。

2. 自然科学部宇宙班の過去の挑戦

2010年 JICU (国際チーム, 部門第3位), 2011年 HELIOS (国際チーム, 佳作), 2012年 An Terra Nua (国際チーム, 部門第2位), 2013年 Habitus Nova (国際チーム, 佳作), 2014年 IMRAM (国際チーム, 参加), 2015年 UCHU KAIHATSU KYOTENCHI (国際チーム, 参加), 2016年 PROJECT NEXUS (日本チーム, 参加)

3. 過去優秀作品の分析と考察

過去5年間のGrand Prize (最優秀賞)を受賞した論文の概要を読み、設置場所、サイズ、人口、構造、その他の特徴などを調べた (表1)。

表 1

年度	作品名	設置場所	サイズ	人口	コロニーの構造	特徴	国
2016	PROJECT DIVINITY	地表 500 km	直径 400m	10000	コマ型	宇宙市場の開拓	韓国
2015	FREYR	L4 or L5 [※]	直径 1750m	20000	トーラス 2層	微重力の研究	アメリカ
2014	GREEN SPACE	地表 36200 km	直径 1900m	20000	トーラス 9層	デブリ回収	ブルガリア
2014	VONA	L4 [※]	直径 2190m	16640	トーラス 2層	交通手段の発達	インド
2013	MAUI	土星周辺	直径 1000m	1831	トーラス 3層	エネルギー開発	アメリカ
2012	AURORA	月と地球の 中間点	半径 891m	16000	変形トーラス	コロニーの段階的 建築	ルーマニア

※L4, L5…地球と月とのラグランジュポイント (3つの天体の重力が釣り合う点) の第4・5地点

これらのGrand Prize受賞作品の共通点として挙げられるのが以下の4点である。

- 地球上や宇宙空間にある何らかの問題改善を目標とする点
- 出産人数の制限, 電子通貨, 空中栽培など, 地球とは異なる限定されたコロニーの空間を最大限に活用する工夫
- 現実味のある詳細な時代設定
- 表現の面においても, CG画像の効果的な使用による視覚情報へのアピール

以上の事から, 無駄のない資源の活用, 環境問題, 実現性の3点を柱とした設計計画が必要であると考えられる。

4. まとめと今後の課題

このコンテストの宇宙コロニーは軌道上に位置し, 惑星や衛星などに設置するものではないということ, 地球上と変わらない環境で生活を送ることができることが条件に挙げられている。そのような空間を創造し, 文字に起こすことがこのコンテストの難しく, 楽しいところである。

私たちは, これまでの活動を通し, 宇宙コロニーは地球や宇宙における課題を見つけ, その課題の解決や改善を目的の一つとして考えていくことでその存在意義を強化できると感じた。また, 論文の作成には多くの分野の基礎知識や専門知識が必要であり, 自分たちの興味がある分野や, 得意な分野を生かしてさらに専門的にアイデアを深めていく必要があると感じている。

今後は, 宇宙コロニーで生活する人の「物質的な住みやすさ」だけでなく, 「精神的な住みやすさ (=幸福度)」ということにも焦点を当てていきたい。また, 専門家や海外のチームメイトとの交流を図り, 知識を深めたりディスカッションを行ったりすることでよりよい設計案を考えていきたい。

5. 参考 NASA Ames Space Settlement Contest <https://settlement.arc.nasa.gov/Contest/>

ソユーズ宇宙船による地球周回中に 大西宇宙飛行士が感じた不快感についての考察

五味 賢一(高1)、石関 康汰、山中 一智也(高2)
【東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部】

1. はじめに

ロシアが開発したソユーズ宇宙船の新型が、ソユーズMS-01宇宙船である(図1, 以下MS-01)。大西宇宙飛行士が国際宇宙ステーション(ISS)に向かう時、このMS-01に搭乗し、2016年7月7日10時から7月9日13時まで約50時間、地球を周回した。毎日新聞(同年7月8日付)の記事^[1]によれば、大西宇宙飛行士は、「(MS-01は)遊園地の(遊具の)コーヒーカップに乗っている感覚」「船長は前回の飛行を思い起こし『最大の憂鬱だ』と言っていた」と語っている。このMS-01の地球周回中の動きと、それにより生じた宇宙飛行士が感じる不快感について考察する。

2. ソユーズMS-01宇宙船の地球周回中の動き

MS-01の太陽光パネル(以下パネル)は、機軸に対して直交するように設置されている(図1)。MS-01は、地球周回をする時、電源確保のために太陽指向姿勢で、周回する。通常の周回の場合は、機軸を軌道の接線方向にとる。今回のような太陽指向姿勢の場合は、図2(イ)の通り、例えば、a点から45°時計方向に周回したb点では、姿勢を45°反時計方向に回転(自転)させる「姿勢起こし」を行って、パネルを太陽に向ける。同様に姿勢起こしを繰り返し、MS-01は地球を一周周回する間に、図2(ロ)の通り、周回とは逆の反時計方向に一回転自転することになる。



図1 ソユーズMS-01宇宙船

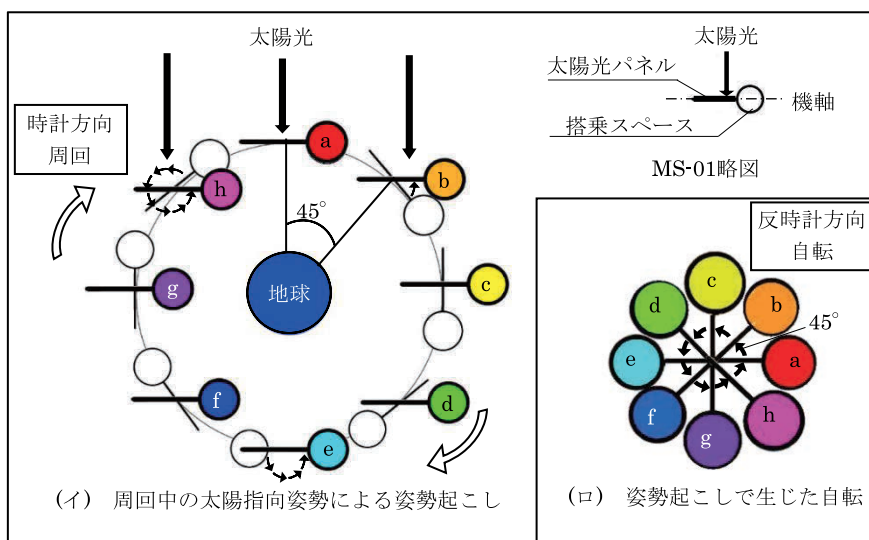


図2 ソユーズMS-01の太陽指向姿勢による動き

3. 大西宇宙飛行士が感じる不快感

ヒトには、目・三半規管・耳石器・抗重力筋の4つの平衡器官がある。このうち回転運動を検出できるのは、視覚情報を得る目、回転の加速度(角加速度)を得る三半規管である。遊園地の遊具「コーヒーカップ」は、カップ形の乗り物で、カップがステージ上を周回していて、さらに自分でカップ自身を回転(自転)させられるものである。この動きは、MS-01と同じく周回と自転で構成されている。図2のMS-01の動きを、コーヒーカップに置き換えると、ステージ上で時計方向に周回しつつ、反時計方向の自転を加えた状況になる。この時、乗っている人は、周回運動により目で時計方向の動き、自転運動により三半規管で反時計方向の動きをとらえている。このように平衡器官がとらえた情報に不整合が生じた場合、めまいを自覚する。大西宇宙飛行士は、MS-01で周回中、このめまいを感じることであり、乗り物酔いのような気持ち悪さや吐き気を起こす不快を感じたと推測される。

4. まとめ

ISSを追尾するMS-01は、一周約90分で地球を周回し、同時に約90分で一回転自転する。大西宇宙飛行士は、どのようにしてこのようなゆっくりの動きを感じ取ることができたのだろうか?これを今後の課題としたい。そして、大西宇宙飛行士にぜひ直接答えを聞いてみたい。

5. 参考

- [1] 毎日新聞 2016年7月8日夕刊4版 「大西さん窮屈50時間」
[2] 脳科学辞典 <http://bsd.neuroinf.jp/>

宇宙食の研究

中山 力、小日向 萌花、廣谷 彩乃、薮島 志崇、武井 香樹、宮澤 龍哉、
加藤 翔大、大島 卓也、澤田 綾乃、内藤 有咲、奥川 和輝、葛西 亨、久保 日向、
(1年) 【星野高等学校天文部】

1. はじめに

2016年、宇宙飛行士としてISSから帰還した大西卓哉さんが笑顔で「充実した時間を過ごすことができた。」と言っていた。そこから我々は宇宙での生活に目を向けた。その中で、宇宙食について興味を持ち、研究に至った。

2. 宇宙食についての下調べ

A 宇宙食の歴史 B 宇宙食が満たすべき要素 C 宇宙食の分類 D 宇宙食の種類

調べてみた結果宇宙食というものは、我々がイメージしているような手が届かないものではなく家庭でも簡単に作れるようなものであることが分かった。また、長期保存するに当たって菌を増やしてはならないということも分かった。

3. それぞれ、タコ焼き、おでん、ラーメンを宇宙食にするにあたっての工夫。

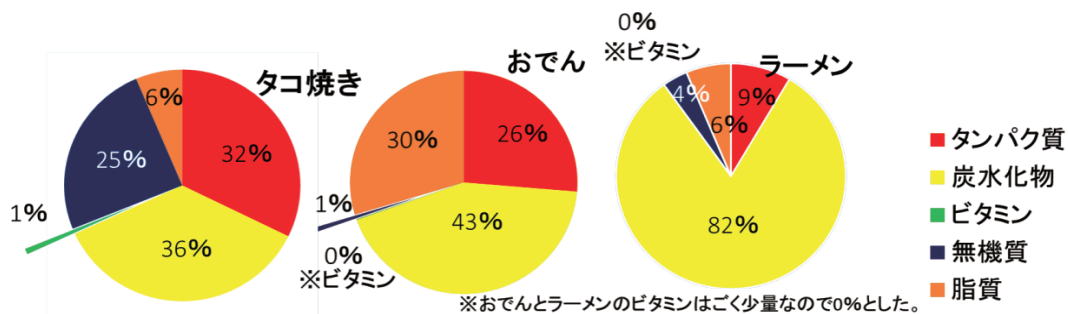
タコ焼き・・・宇宙で食べる時の手間を省くため、あらかじめソースを中に練りこんでおく。

調理後、殺菌のために揚げるまたは液体窒素につける。

おでん・・・無重力空間で液体の飛散を防ぐためにスープにとろみをつけ、食材を一口サイズに切り食べやすくした。そして冷凍庫にて-18.3℃で保存した。

ラーメン・・・麺を揚げやすくするために麺を丸めたり、おでんと同じくスープにとろみをつけた。そしておでんと同様に同じ冷蔵庫にて-18.3℃で保存した。

4. 実際に作った三つの料理の栄養価の参考



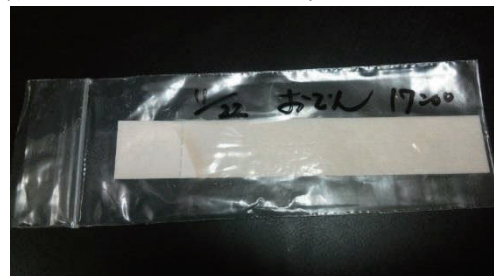
A 栄養面についての反省点

おでん、ラーメン・・・おでんラーメン双方ともビタミンの割合がとても少なかったため、不足しているビタミンを補うためビタミンを多く含む食材を入れる必要があった。

5. 細菌の増殖具合を一般細菌試験紙を使って測定する

A 殺菌についての反省点

タコ焼き・・・フリーズドライのドライが今回は身近に可能な方法がなく、できなかったため揚げて高温状態にしたタコ焼きにも菌が発生してしまった。



6. 本研究結果のまとめ

- ・宇宙食は自分たちでも作れるようなものであり、様々な工夫の上で成り立つものである。
- ・細菌を増殖させないことは難しかった。

私たちが考える火星移住

富田 達也、風間 優助、吉川 拓磨、安藤 強、青木 日向、廣木 詩絵里、武田 沙彩、大澤 季紗貴、秋谷 美帆（高2）【私立星野高等学校天文部】

背景

地球温暖化などの環境問題の深刻化、爆発的な人口増加やそれに伴う食料問題が発生しているため太陽系の他の惑星への移住方法、生活方法を考察する必要がある。

火星を選出した理由

- ・地球との距離が比較的によく、移住しやすいため。
- ・地球との距離が比較的に近い他の惑星（水星や金星）や衛星（月など）は大気圧や昼夜の気温などの問題により今回の調査の対象外とした。

調査内容

火星の環境状態・昼夜の気温差による弊害・食料の確保・移住方法・生活方法・永住は可能か...

1.火星の環境・問題

《気温》地球 最高 71.5℃ 最低-89.2℃ 平均 15℃、火星 最高 27℃ 最低-140℃ 平均-43℃

火星の温度は地球と比較すると差が大きいため、生活が難しい。

《大気の組成》CO₂⇒9割以上を占める(火星全体を暖めるほどの濃い大気ではない)、H₂O・O₂・Ar・N₂⇒微量に存在する。

火星の大気内での呼吸が困難。

2.上記で明らかになった解決方法

- ・火星の寒さは、火星で温室効果ガスを発生させ、温度を上昇させる。
- そのために有機物（石油や天然ガス、木炭など）の燃焼を起こすことで、温室効果ガスである CO₂と温度上昇に必要な熱エネルギーを得られる。
- ・ジャガイモを生育する過程で、二酸化炭素を吸収し酸素を発生させる。
- ・NASA が発表した 2020 年に火星探査機「キュリオシティ」に搭載する酸素生成装置を用いる。

3.移住・生活方法

第一に打ち上げる宇宙船の積荷は二つに分ける。・人、宇宙食、水、通信機 ・ジャガイモの種芋、モンモリロナイト
※⇒これらの宇宙船を数回にわたって打ち上げ、移住を行う。 ※モンモリロナイトとは酸性から中性の環境下で粘土化し水分をたくさん蓄えることができる鉱物

4.考察・永住は可能か

ここまで記した方法を用いれば短期的な定住は可能と考えられる。しかし、長期的な定住（永住）になると困難と思われる。可能になるには、上記で挙げた方法により大気を生存可能レベルにすることが最低限必要になるがそれには莫大な時間がかかる。今現在の科学技術では不可能に等しいので、今後の科学技術の発展に注目したい。

参考資料

Google 画像 <https://www.google.co.jp/imghp?hl=ja&ei=SmBbWNfeCoOt8QX8ka3YCA&ved=0EKouCAIoAQ>

産経ニュース <http://www.sankei.com/wired/news/150208/wir1502080001-n1.html>

GIZMODO <http://www.gizmodo.jp/2016/01/nasacip.html>

人工衛星のジャイロ回転による姿勢制御の再現

小野沢 優太、岸 尚毅、佐藤 南海、松井 秀心、小林 世布子、安間 沙弥、西館 彩香、飯塚 可恋、天沼 碧依 (高2) 【星野高等学校天文部】

1. 人工衛星とは

惑星の観測を行い、火星探査機などのように他惑星の表面に着陸した宇宙探査機からの各種観測データを地球まで中継送信しているものである。現在、地球の軌道上には約2400～2500個の人工衛星が周回している。

2. 人工衛星の姿勢制御

人工衛星は、無重力空間で観測機器を観測対象に向け、推進方向を精密に保つために、姿勢を制御する必要がある。姿勢制御は以下の手順を繰り返して行われる。まずセンサを用いて自身の姿勢を把握する。次に制御プログラムが、現在の姿勢からどのように目的の姿勢へ変更するか決定する。最後にアクチュエータを作動させて、目的の姿勢へ変更する。

3. 姿勢制御の方式

姿勢制御には、スピン安定方式、3軸安定方式がある。スピン安定方式は、姿勢を1軸のみで機体を回転させることで、ジャイロ効果により制御する方式である。3軸安定方式は、直交する3つの軸を用いて姿勢を安定させる方式である。

4. 人工衛星の姿勢制御を再現する

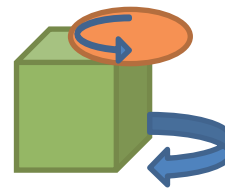
今回はスピン安定方式でのリアクションホイールを再現して、ジャイロ効果を用いた姿勢制御がどのような効果を持つのかを確認する。

材料・・・モーター 牛乳パック 電池 タコ糸 スイッチ 銅線

1. 牛乳パックを3～4枚重ねてつくった円盤(リアクションホイール)をモーターの軸に取り付ける。
2. 牛乳パックの底を切り取って作った立方体に、1で作ったリアクションホイールや電池、スイッチを重心に気をつけながら取り付けて、牛乳パック内を銅線で繋げる。
3. タコ糸は自由に動かせるようにして、図のように取り付けて、パックがまっすぐ垂れ下がるように調整する。

実験内容

姿勢制御装置の模型を作り、円盤(リアクションホイール)を回転させ、機体が円盤の回転する向きと逆向きに回転することを確認する。



結果、考察

円盤(リアクションホイール)の回転する向きと逆向きに機体が回転した。

このことからジャイロ効果のしくみを再現することができた。今回の実験でジャイロがどのように安定しているかを知ることができた。予想よりも簡単にジャイロ効果を実証することができた。

改善点・・・重さを均一にしなかったせいで最初はうまく回らず、10円玉を使って重さを均一にした。模型が小さかったため、次回は約20倍の大きさで作ることで実際の人工衛星に近いものを作りたい。

次回策・・・今回は縦7cm横7cm高さ7cmで作ったが縦2m横2m高さ2mで作りたい。

参考資料

http://www.jaxa.jp/projects/past_project/sat_j.html～人工衛星一覧～

<http://spaceinfo.jaxa.jp/>～JAXA 宇宙情報センター～ 小学館の図鑑 NEO 宇宙

スペースデブリの除去をめざして

～ライトカーブを用いた回転の様子と形状の決定～

小倉高等学校 S S 天文研究会

荒木 梨花、ペレス前田 寿利明 (高2) 【小倉高等学校】

要旨

私たちはスペースデブリ(以下デブリと表記)の除去に向けて、デブリの観測を行い、観測によって得たライトカーブ(対象天体が反射した光の量を表すグラフ)より、デブリの回転の様子と形状の決定を行う方法を確立した。

1. はじめに

デブリは年々増加しており、衝突事故の危険性が非常に高くなっている。そこで私たちは、先輩方が行っていた小惑星の研究を応用し、デブリの回転の様子と形状を決定することで、デブリの除去に役立つと考え、本研究を行った。

2. 観測・実験方法

○観測1：ストロボを利用した撮影

デブリを静止画で撮影してライトカーブを入手しようとした。その結果、2つの問題点が生じた。ひとつは、ランダムに撮影したため同じデブリを複数回観測できないことである。これは、観測対象を絞り、BASIC言語を用いてデブリの出現予測のプログラムを作成することで同じデブリを撮影できるようになった。もうひとつは、点滅していて細かい光度変化を確認できないことである。これは、静止画ではなく、動画で撮影することで高度変化を確認できた。

○観測2：動画での撮影

観測の結果、53個の物体が撮影できた。その内、光度変化がない物体が50個(Cosmos1346など)観測できたが、光度変化が確認できないため、形状を推定できなかった。残りの3個(Meteor1-28、USA238、Noaa12)は光度変化が確認できた。今回は、この3個の中で、すでにデブリとなっているMeteor1-28(図1)の回転の様子と形状の決定を行った。

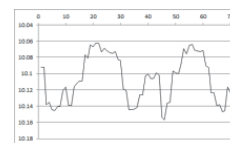


図1 Meteor1-28の光度変化

○モデル実験

Meteor1-28の光度変化の特徴は、極大値の光度に差があり、極小値の光度が一定、極小値の長さが異なることである。そこで、私たちは形状・自転軸の傾き・素材・色が光度変化に関係していると考え、いくつかの形状のモデルを作成し、自転軸を変えながら、モデルに光を当てて光度変化の撮影を行った。

その結果、図2、3のライトカーブを組み合わせたものがMeteor1-28の光度変化に最も近いと考え、形状が台形で自

転軸の傾きが 20° の粘土モデルで光度変化の撮影を行ったが、3つの条件のうちの一つが一致しなかった。

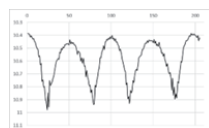


図2 台形(傾き 0°)

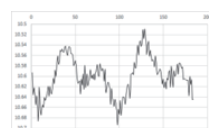


図3 直方体(傾き 20°)

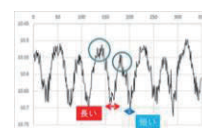


図4 台形(傾き 20°)

3. 考察・結論

Meteor1-28(図1)の光度変化と実験結果をあわせて考慮すると、台形と平行四辺形を組み合わせたモデルが実際のライトカーブに近づくのではないかと考えられる。光度変化の撮影と粘土モデル実験からデブリの回転の様子と形状を決定できるようになった。

4. 参考文献

宇宙航空研究開発機構 (JAXA)、HEAVESABOVE、人工衛星の位置計算推算の実際、天体の位置計算、小倉高校の過去の研究実績平成17～23年度の小倉高校科学部論文

静止軌道、デブリを探して九千里 -小型望遠鏡で静止軌道上のデブリが撮影できるか？-

平川 泰山、大島 有貴 (高2)、溝口 瑛斗、杉本 晋一郎 (高1) 【福岡工業大学附属城東高校】

概要

高度 35,800km の静止軌道上には、気象衛星や通信衛星など様々な人工衛星が配置されている。この人工衛星に危害を加える可能性があるスペースデブリのことが気になり、それを観測する方法について研究した。今回は小口径望遠鏡を用いてデブリが通ると予想された場所を撮影し、デブリらしきものが写っていれば、それが目的のデブリであるか検証を行った。小口径望遠鏡で撮影された写真は階調補正を行えばデブリらしきものが辛うじて確認できた。撮影した物体の軌跡から軌道傾斜角と平均運動と昇交点赤経を計算し、TLEのそれと比較することで検証することができた。

目的

- ・静止軌道付近のデブリを小口径望遠鏡で撮影する。
- ・撮影した物体がデブリであるかを検証する。

使用した機材

冷却 CCD カメラ；QHY 9、望遠鏡；ボーグ 102 ED (口径 102 mm、焦点距離 450mm、F=4.5)、架台；ビクセン SXD 赤道儀、画像処理ソフト；ステライメージ 7 (アストロアーツ社)、星図ソフト；ステラナビゲーター 10 (アストロアーツ社)、人工衛星表示ソフト；ヘブンスット Ver2.4 (アストロラボ) 撮像ソフト EZ-CAP (QHY 社)

観測対象

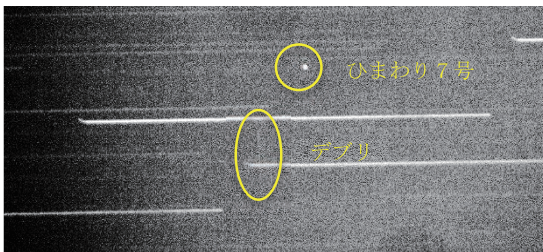
- ・タイタン 3 C トランステージ (国際識別番号: 1968-081E)
1968 年に静止軌道上に 4 つの衛星を運んだロケットの 3 段目。1992 年に静止軌道上で爆発して多数のデブリとなった。
- ・ひまわり 7 号 (国際識別番号: 2006-004A)
東経 145 度、赤道上空 約 35,800km の多目的気象衛星。静止軌道上にあり、地上からは常に同じ方向に見える。

実験手順

- ・タイタン 3 C デブリ (NORAD 番号 3432) がひまわり 7 号の静止軌道面を横切る日時を予測し正確に望遠鏡を向ける。
- ・架台を固定し CCD カメラで 3 分間撮影した画像で、恒星や静止衛星と違う動きをしているものを探す。
- ・その動きから物体の軌道傾斜角と昇交点赤経と角速度を求めてデブリの TLE と比較する。

結果

当日は雲があったが、その雲の切れ間からひまわり 7 号とタイタンのデブリと思われる物体を同時に撮影することができた。<写真>



ひまわり 7 号から 0.08° の位置を通過するタイタン 3 C のデブリ (#3432)

撮影日時；2016 年 1 月 21 日 0 時 29 分 30 秒 ~ 3 分 30 秒 (露出 180 秒)

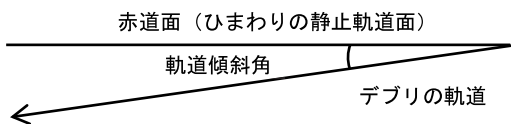
撮影地；福岡県糟屋郡宇美町

考察

1. 軌道傾斜角の検証

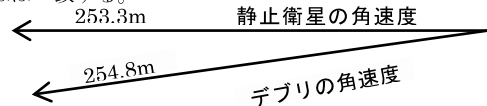
ひまわり 7 号は地上からは静止して見えるが実際は恒星が静止して、ひまわり 7 号が西から東 (画像では右から左) に動いている。相対速度の式から (地球の中心に対する) デブリの速度ベクトルを作出する。

ひまわり 7 号は赤道面上を運動しているので、ひまわりの速度ベクトルとこのデブリの速度ベクトルのなす角度を求めるとそれがデブリの軌道傾斜角となる。測定値は約 7 度であった。タイタン 3 C のデブリ (NORAD 番号 3432) の TLE (二行要素) での軌道傾斜角は 6.68 度でありほぼ一致している。



2. 平均運動の検証

写真からデブリの角速度と静止衛星の角速度をベクトルに直して比較するとデブリの平均運動が求まる。この値は 1.010 となり TLE の値である 1.015 とほぼ一致する。



3. 昇交点赤経の検証

画像のデブリの速度からデブリがひまわり 7 号の真東に達した時刻を推定すると 0 時 26 分となる。この時刻の地方恒星時を調べると 8 時 6 分であり、角度になおすと 121.5 度となる。(このとき観測者の東 121.5 度に春分点がある) これに観測地点の東経 130.5 度とひまわり 7 号の東経 145.0 度の差 14.5 度を加えた 136.0 度がこの時刻のひまわり 7 号の春分点からの離角 (赤経) でありデブリの降交点赤経となる。昇交点は降交点の反対側にあるので 180 度を加え昇交点赤経 316.0 度が求まる。この値は TLE の値 315.9596 に一致する。

3 つの軌道要素がほぼ一致することが確かめられたので、この物体がタイタン 3 C のデブリである可能性は高いと言える。

まとめ

静止軌道付近のデブリは非常に遠方ではあるが地表に対する相対速度が小さいので小型望遠鏡でも固定撮影法で検出することが可能である。ただしこの方法で撮影できるデブリは大型の明るいものにに限られる。

今後の展開

今回撮影したデブリは、タイタン 3 C のデブリの中でも比較的大きいものであった。今後は撮影法を発展させてより小型のデブリの撮影をしていきたい。

タイタン探査による地球外生命体の技術応用

第15回 君が作る宇宙ミッション MUSES班

野村 健太 (高2) 【宮崎県立宮崎北高等学校】、稲田 響 (高2) 【兵庫県立国際高等学校】、
石橋 果歩 (高2) 【奈良県立奈良高等学校】、渋井 理 (高1) 【福島県立会津高等学校】、
早野 颯汰 (高1) 【大阪府立豊中高等学校】、西野 真悠 (高1) 【埼玉県立伊奈学園総合高等学校】

1. はじめに

オナモミのトゲがマジックテープに利用されているように、地球上の生物の特徴を産業に応用することで独創的な手法やアイデアを生み出してきた。そこで我々は地球外生命が見つければ、その生態を理解し利用することで、より技術応用の幅を広げることができるのではないかと考え、生命が存在する可能性があるタイタンにおいて極限環境生物を探査、サンプルリターンするミッションを提案する。なお本稿においては、「自己と外界とで境界が存在する」、「体が有機物で構成されている」、「自身で代謝を行っている」、「自己の複製、または増殖を行っている」以上の項目を満たすものを生命と定義する。

2. ミッション内容

2.1 タイタンの環境から予測される生物と応用方法

本研究では観測されているタイタンの環境から上記の定義に沿う生物が存在する可能性があると考え探査対象とした。まず第一にタイタンでは大気と液体の循環や熱源が存在することから生物が存在する可能性がある。しかし一方でタイタンの地表平均温度は94Kと低温でありまた磁気がないため放射線が直接地表に届いている。これらの事実からタイタンにいる可能性のある生物の特徴とその応用技術について次のように考えた。一つは放射線に対して高い耐性を持つDNA、そしてもう一つは低温のメタンの中での生存を可能とする生体膜である。これらのメカニズムを解明することは地球上での医療その他の技術の発展に大きく寄与すると期待される。そこで本ミッションではタイタン特有の環境で生命探査をして、技術応用のためにサンプルリターンすることを目標とする。

2.2 ミッションシーケンス

2.2.1 ミッションシーケンス1

まず詳細が不明であるタイタンの地形を把握するためにオービタを打ち上げタイタンの周回軌道に乗せる。その後搭載したレーダを使用して地形の高低を調査し地球上でマップを作成し、ローバの着陸地点、また探査に有望な地点とそこまでのルートを決出し、そのデータをローバに搭載する。

2.2.2 ミッションシーケンス2

ミッションの第二段階としてロケットでローバを積み込んだランダを打ち上げ、タイタンに着陸させる。その後ローバでタイタンを探査し、生物の存在している可能性のあるメタンの川と土壌の表面下にある液体の層を採取する。サンプルをランダに持ち帰り、ロケット内のカプセルに搭載する。

2.2.3 帰還シーケンス

ミッションの最終段階では、ローバが生物を回収した後ランダ上部に設置したロケットでタイタンの軌道上を周回しているオービタとドッキングし、その後地球でサンプルの解析をする。

3. まとめ

本ミッションではタイタンで生命体を探査し、サンプルリターンすることで地球上の知見では到底獲得しえない生体模倣技術拡充に貢献することを目指とする。まず、打ち上げたオービタでタイタンの地図を作成し、次にローバを搭載したランダを打ち上げタイタンで生物を採取しそれをランダに搭載した帰還用ロケットで先のオービタとドッキングさせサンプルリターンする。最終的にタイタンという環境下で生息する生物がどのような耐性を持つかを調査しそれを宇宙、医療、産業開発へとつなげていく。

参考文献

水谷仁「Newton 別冊 探査機が明らかにした太陽系のすべて」ニュートンプレス2006

エアバックを用いた月の縦孔内部への直接着陸及び温度放射能測定と内部撮影用カメラを搭載した「しんげん餅号」の技術実証の提案

第 15 回 君が作る宇宙ミッション PLANET 班

中原 千尋(高 1)【益田永島学園明誠高等学校】、山田 かん奈(高 2)【名古屋市立北高等学校】、
藤原 慎(高 2)【愛光高等学校】、竹内 菜摘(高 3)【高水学園高水高等学校】、
渡邊 真隆(高 1)【山梨県立吉田高等学校】

1 緒言

地球と火星には 1 日の長さなどの類似点が多く、将来移住すると考えた時に候補の一つになる。火星表面は放射線や温度差が大きく、人が住むには適さない。一方、縦孔は表面に比べ放射線や温度差が小さいと考えられており、火星表面より居住に適している。しかし、火星の縦孔は不明な点が多く探索も進んでいない。そこで火星と同じく縦穴を持ち、火星よりも近く、縦孔周辺の状況がわかっている月の縦孔で着陸する技術を実証し、その技術を将来の火星の縦孔探索に役立てる。2019 年度に JAXA が打ち上げ予定の月面着陸機 SLIM がある[1]。本ミッションはその発展として、より困難な状況で探査機そのものを縦孔内部に着陸させる技術の実証を目的とする。なお、手つかずの環境を観測するため縦孔内部の環境を汚さないことに留意する。

2 ミッション内容

本ミッションでは機器をしんげん餅号とし、分離後は母体をしんげん号、着陸機を餅号と呼ぶことにする。まず、地球から打ち上げ後、月静止軌道に入り縦孔を確認する。その際には、SLIM の画像照合航法を用いて縦孔に接近する(図 1-1)。次に、しんげん号から餅号を乗せたスカイクレーンを分離する(図 1-3)。分離されたしんげん号は、中間通信機器としての役割を果たす(図 1-2)。縦孔にさらに接近し孔の中に化学物質をまき散らさないために、縦孔の真上で餅号を切り離す(図 1-4)。餅号はエアバッグを展開し、縦孔内部に着陸する(図 1-5) [3]。エアバックで使用する気体は、縦孔内部の環境を汚さないために化学反応を起こしにくい不活性ガスである。また、餅号は落下の衝撃に耐えられるように球形である(図 2)。餅号が展開した後、空中で待機していたスカイクレーンを月の地表に落下させ、その衝撃によって生じた振動を餅号がとらえ、地面の厚みを計測する(図 1-6)。

着陸成功後は、追加ミッションとして、縦孔内部の環境の観測を行う。その際、赤外線分光器を用いて縦穴内部の温度、粒子線検出器で放射線を測定する。また、赤外線カメラ及び可視光線カメラを用いて、横孔や地下空洞の有無や縦孔の底の地形を調査するために縦孔内を撮影する。得られたデータは、しんげん号-もち号間は、縦穴内では電波が反射するためレーザー通信、地球-しんげん号間は、大気によってレーザーが弱まってしまうため電波通信で送信する[4]。

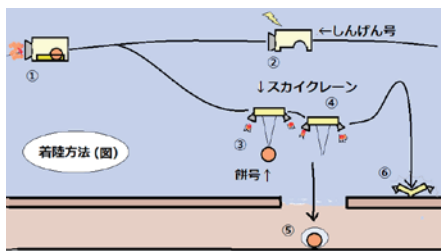


図 1 しんげん餅号の航路

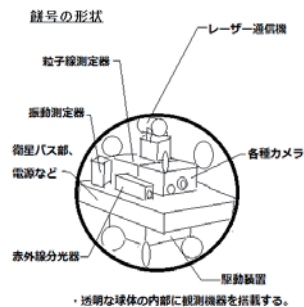


図 2 餅号の内部構造

3 行う技術実証

- ・縦孔内に直接探査機を着陸させる技術
- ・衝撃波による地面の厚みを測定する技術

4 参考文献

- [1] SLIM 公式ホームページ <http://www.isas.jaxa.jp/home/slim/SLIM/about.html#what> (参照 2017-1-19)
- [2] 月周回衛星「かぐや(SELENE)」 http://www.kaguya.jaxa.jp/ja/equipment/cps_j.htm (参照 2017-1-19)
- [3] 世界最大のロケット SLS が運ぶ、世界最小の月着陸機 JAXA 「OMOTENASHI」とは (参照 2017-1-19) http://www.mitsubishielectric.co.jp/me/dspace/column/c1608_1.html
- [4] 城野隆～光が宇宙での通信を変える～ http://www.jaxa.jp/article/interview/no18/index_j.html (参照 2017-1-19)

レーザーによる惑星着陸と探査時の移動補助

第 15 回君が作る宇宙ミッション SOLAR 班

石山悠斗(高2)【千葉県立東葛飾高等学校】、梶谷響(高2)【八千代松陰高等学校】、片山優(高2)【和歌山信愛高等学校】、久保竜希(高1)【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、高橋怜花(高2)【東京都立小石川中等教育学校】、宮田佳奈(高1)【清風南海高等学校】

要 旨

探査機 SLIM の技術では着陸不可能な場所への着陸方法に注目した。今回私たちは、指向性の高いレーザー光の特性を用いた着陸手法を提案する

1. 背景

2019 年に日本は初の月面着陸機となる「SLIM」の打ち上げを計画している^[1]。「SLIM」は着陸時に地図データベースと撮影したクレーターのパターン画像とを照合することにより着陸地点を特定する手法を取り入れている。しかし、この特定手法では、複雑なパターン画像認識を必要とするだけでなく、クレーターなどの目印がなければ着陸が難しいといった問題点がある。そこで私たちは、複雑な画像認識技術を必要とせず、目印がない状況下においても探査機の着陸を可能にする新たな着陸手法を検証した。

2. ミッション内容

月面上空約 100km の軌道に衛星を投入後、レーザー照射機能を持ち合わせた支援衛星と、着陸機に衛星が分離する。その後支援衛星は、着陸地点に向けてレーザーを照射し、着陸機はレーザーミサイルで使われているレーザーライディング^[2]誘導に従って着陸する。ここで支援衛星の目標地点へのレーザー照射精度は十分に確保されているものとする。また着陸機は支援衛星と同じ角速度を維持しながら周回し続ける。その後、支援衛星から目標地点に発するレーザー上に着陸機が移動した際に、姿勢制御スラスターにより減速する。これにより着陸機はレーザーの照射方向に向かって徐々に高度を下げていき、やがて目標地点に軟着陸する。

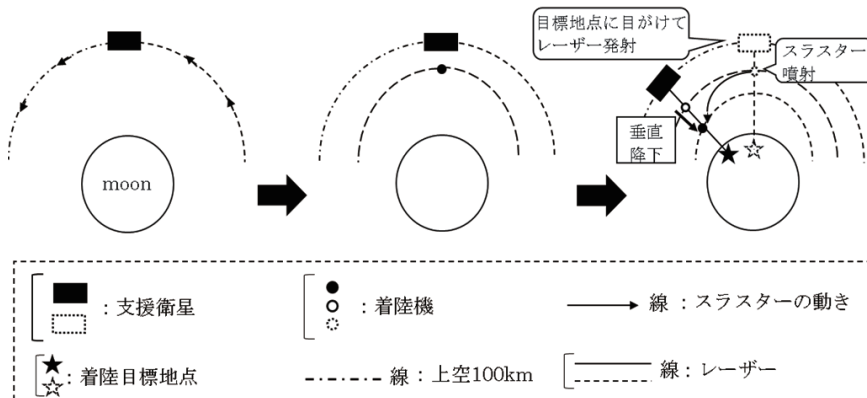


図 1 ミッションの流れ

3. 本手法の特徴

レーザーは指向性が高く、電力消費量が少ないため、運用コストが低く、なおかつ耐久性に優れるため半永久的に利用できると考えられる。

4. 今後の展望

衛星からのレーザーの照射技術を応用した宇宙空間におけるプロジェクションマッピング技術やドローンの着陸誘導制御技術への応用が期待される。

5. 参考文献

[1] 宇宙開発利用部会 資料 29-6

http://www.jaxa.jp/press/2016/07/files/20160714_slim_01_j.pdf (2017/1/20)

[2] 坂本明 学研プラス社 「最強世界のミサイル・ロケット兵器図鑑」 p49 (2017/1/20)

多波長・ニュートリノ観測による ロングガンマ線バースト発生機構検証システムの提案

第 15 回 君が作る宇宙ミッション ASTRO 班

富田 慶吾 (高 3) 【千葉県立船橋高等学校】、大平 一徹 (高 3) 【慶応義塾高等学校】
 新堀 恵蓮 (高 2) 【神奈川県立茅ヶ崎北陵高等学校】、川端 菜月 (高 2) 【京都府立南陽高等学校】
 高井 みく (高 1) 【兵庫県立加古川東高等学校】、丹野 喬瑛 (高 1) 【日本大学高等学校】

1. 背景

ガンマ線バーストとは、ごく短い時間に非常に強力なガンマ線が放出される宇宙最大の爆発現象のことである。現象の継続時間が 2 秒以上のものを「ロングガンマ線バースト(以下 LGRB とする)」という。LGRB は質量が太陽の約 25 倍以上の恒星の極超新星爆発によってジェットが発生することで起こることが考えられている。しかし、そのジェットの発生機構についてはわかっていない。

2. 現在の仮説モデル

2. 1. 火の玉モデルの仕組み

このモデルによるガンマ線の放射過程は次の通りである。極超新星爆発によって光子、電子、陽電子からなる火の玉が放出される。この火の玉が膨張するにつれて球殻状のバリオンを形成する。放射源はさまざまな速度をもつ多数の球殻を放出し、球殻の広がりにより衝突が起こり、内部衝撃波・外部衝撃波を放射する。それにより γ 線、X 線、可視光、電波の残光を放射する。[1][2]

2. 2. 極超新星爆発とニュートリノ

極超新星爆発の発生の際に、ニュートリノが放出されると考えられている。

3. 他の研究の紹介

偏光を用いてガンマ線放射メカニズムの解明を目指す LEAP プロジェクトが進められている。この計画では高性能のガンマ線偏光計を製作し、ISS にて観測を目標としている。この偏光観測により、ガンマ線の放射が内部衝撃波によるシンクロトロン放射のものか、光学に薄くなった光球から散乱されてきたものかを見分ける。ガンマ線放射メカニズムの特定は、ジェットの発生機構の特定にも大いにつながると考えられる。[3]

4. コンセプト

LGRB のジェット発生機構を解明する。その方法として、既に考えられている仮説を複数の観測方法により立証する。LGRB のジェット発生機構を解明することにより考えられる成果として、以下の点があげられる。

- ・ LGRB を用いた初期宇宙の研究につながる。
- ・ 極超新星についての研究の発展が考えられる。

5. 手法

多波長・ニュートリノの観測手法として表 1 の手法を組み合わせた同時観測を提案する。

表 1 多波長・ニュートリノ観測の手法

手法	装置	手法	装置
バースト監視	ISS(MAXI) 、Fermi	X 線偏光	PolariS
ガンマ線偏光	INTEGRAL 望遠鏡、ISS(LEAP)	電波偏光	ALMA 望遠鏡
可視光偏光	かなた望遠鏡(HOWPol)	ニュートリノ	アイスキューブ

6. まとめ

ガンマ線バースト研究では放射過程の仮説や放射源の候補はいくつか挙がっているが、それらの検証には至っていない。本ミッションでは LGRB が極超新星爆発による火の玉モデルあることを多波長偏光とニュートリノの併用観測によって検証する。

Reference:

- [1] 小林史歩『相対論的プラズマとガンマ線バースト』プラズマ核融合学会誌 第 78 巻 第 7 号 (2002).
- [2] 小林史歩『ガンマ線バーストと火の玉』天文月報 第 95 巻第 2 号 (2002).
- [3] S.Gunji『Present Status of LargE Area Polarimeter (LEAP) Project』第 16 回宇宙科学シンポジウム (2016)

「ひかりのまち・函館」の夜空は北海道新幹線開業で明るくなったのか？

遺愛女子中学校・高等学校地学部

荒木 美音・瀬野 亜依・中島 果南・西山 澄 (中1) 【遺愛女子中学校】

岡田 結衣 (高3) 【遺愛女子高等学校】

1. はじめに

私たちのクラブは2011年から愛知県立一宮高校の「夜空の明るさ一斉観測」に参加してユニヒドロン社製のスカイクオリティメーター (SQML、SQMLE) による夜空の明るさ観測を継続してきた。昨年は今までをまとめた「函館周辺星空マップ」を作成し配布したが、このマップで「天の川が見える地域」にある北斗市本郷 (旧渡島大野) 周辺に、2016年3月北海道新幹線開業によって「新函館北斗」駅ができ、商業施設などが増え、また函館駅周辺にも新しくタワーマンションと商業施設がオープンした。このことでこれらの地域の夜空の明るさは変化したのか、観測結果をもとに検討する。

2. 観測方法

学校の体育館テラスに設置したSQMLEによる5分ごとの自動観測、SQMLでの定点観測 (月のない時期薄明終了後～22時まで) を継続して行ったほか、七飯町桜町水田 (新函館北斗駅から2.6 km) で10月に新幹線駅の方角を含め四方位の天頂から高度60° までの夜空の明るさを調べ、2014年7月に行った観測結果と比較した。昨年度以降、数回、新函館北斗駅前でSQMLと写真測光によって夜空の明るさを測定し、新幹線開業後の結果と比較した。

3. 観測結果

学校でのLEの観測値は今までとほぼ同じ傾向を示し、晴れて乾燥した季節には18等以上、積雪期には18等以下の値を示し、黄砂飛来などで大気中の浮遊物質が増えたときには17等台になった。部員の世代交代により定点が変わり、10月から観測を始めた。天候の影響もあってまだ十分なデータが得られていないが、マップの夜空の明るさ区分とほぼ一致する値が得られている。新幹線の新函館北斗駅周辺では、観測時の天候、大気浮遊物質などの影響を受けているため単純に比較できないが、駅の正面付近では開業前に比べてやや明るくなった (表1)。2016年3月以前に測定した結果と最近の観測結果では、函館駅前周辺はやや明るくなった (表2)。

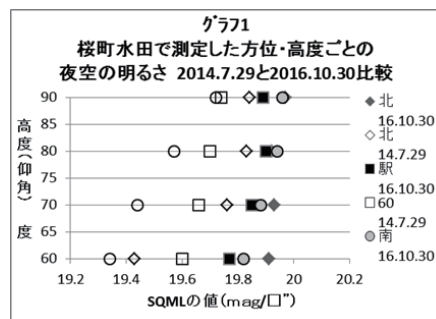
七飯町桜町水田での観測は、2016年10月に比べ2014年7月の湿度が高く気象条件が悪かったため、2016年のほうが暗くなったが、駅の方角 (方位角60° 付近) では、街灯りがある南よりも仰角を下げたときに明るくなった (グラフ1)。

表1・北斗市・新幹線駅付近の観測値

年	月日	場所	補正後の値	雲量	備考
2012	10月13日	北斗市本郷	19.946	0	
2012	10月18日	北斗市市渡	19.96	4	
2015	11月3日	新函館北斗駅前	19.67	0	pm2.5高め
2016	4月6日	新函館北斗駅前	19.53	0+	うすいもや
2016	10月23日	新函館北斗駅前	19.6	6	
2017	1月4日	新函館北斗駅前	19.42	3	上弦 月あり

表2・函館駅付近の観測値

年	月日	場所	補正後の値	雲量	備考
2012	11月10日	駅前広場	16.05	3	強力ライトあり
		駅前駐車場	17.84	3	
2014	11月23日	駅前駐車場	17.95	0	ライト消灯
2016	12月25日	駅前駐車場	17.43	5	ライトアップ中
		駅の北側 棧橋	17.78	4	



4. 考察

・新函館北斗駅ができ人工光が増えたことによって駅正面ではSQMLで測定した夜空の明るさは明るくなったが、駅から500mほど離れた水田の中には、19.5等以上の天の川が見える空があり、広く周辺に影響が及ぶほど明るくなっていないと考えられる。しかし七飯町桜町水田での観測結果で2014年には街灯りの影響が強く表れているのに比べ、2016年には駅方向の低仰角が明るくなっていることから、近くには多少影響があるものと考えられる。

・函館駅は、高い位置にあった強力な街灯が撤去され、デパート1店舗が営業を終了していた2014年と比べるとやや明るくなっているが、駅舎から300m、海側へ離れた棧橋で測定すると2014年とそれほど変わらないことから、商業施設の営業開始で夜空が大幅に明るくなってはいないと考えられる。

5. 今後の課題

SQMLによる測定では周囲の灯火の影響をうけやすいので、写真測光を試みたい。新しい定点での観測を継続し、天候条件の良い時期に再度、過去のデータと比較検討したい。新幹線・新函館北斗駅付近では、春以降、一般市民や観光客に天の川の見える美しい星空を宣伝するために駅前観望会を実施したい。

6. 参考文献

「ひかりのまち・函館」で星空マップをつくる (2016) 遺愛女子中高地学部 日本天文学会春季年会ジュニアセッション講演要旨、Google Earth、気象庁web過去の気象観測データ、環境省大気汚染物質広域監視システム <http://soramame.taiki.go.jp/>.

ピンホールを用いた SQM 測定値の変化

【星野高等学校天文部】関口 奈穂、吉田 明香音、釘宮 トーヤ、鈴木 菜帆、島田 咲羽、市川 朋瑛、新井 悠加、鈴木 颯人、金澤 麗王（2年）

1、はじめに

私たち星野高校天文部は、視力の低い人が目を細め、ものを見えやすくすることを天体観測に応用できないかと考えた。そこで紙コップにピンホールをあけ、そこから見える光の明るさについて研究した。

人間の目で実験を行うと個人差がでてしまうため、今回は SQM-L を使用した。

2、実験方法

〔場所〕 暗室（私たちは自作のプラネタリウムドームを使用した）

〔実験器具〕 紙コップを組み合わせた長さの異なる 3 つの筒、SQM、豆電球、暗幕、1 m 定規

〔方法〕 1. 余分な光を遮断するために紙コップを黒く塗る

2. 紙コップに直径 1 mm のピンホールをあける

3. 光源から 1 m 離れたところに紙コップを置き SQM で測定する

※完全に遮光するためにさらに紙コップと SQM に暗幕をかぶせる



※光源と紙コップの距離は 1 m

3、仮説

紙コップの長さが長ければ長いほど、ピンホールと SQM の距離が遠くなるため、SQM の測定値は高くなる。

4、結果

以下、紙コップ 1 つ分の長さの筒を A、2 つ分の筒を B、3 つ分の筒を C とおく。

	1 回目	2 回目	3 回目
A	21.66	20.98	21.88
B	22.05	22.46	21.78
C	22.62	23.05	22.86
筒を用いない場合	11.17	12.20	11.63

5、考察

仮説通り、筒の長さが長い方の測定値が高くなり（暗くなり）、短い方の測定値が低くなる（明るくなる）結果となった。筒を使用しないとき、光は散乱し 1 つ 1 つの星は見えにくくなる。これは天体観測における月の光の影響とよく似ていると考えられる。そのため 1 つの星を見る際は、光を絞るためのピンホールをあけた短い筒を使用すると良いと考える。

夜空の明るさに PM2.5 が影響を及ぼすかの検証

打越 壮大 (中1) 【長崎県西海市立大崎中学校(一宮高校 SSH)】

1、はじめに

昨年、5つの県をまたいだ小中学生5人で「SQM-Lを使った夜空の明るさ一斉測定」でPM2.5の影響について考察した。(表1)

その中でも長崎県西海市のデータではPM2.5の上昇とともにSQM-Lの数値の差が平常時より1.17等級大きくなっていたので、更に検証してみようと思った。

	19:30				20:00				20:30				21:00				21:30				
	平常時 SQM	12/19 SQM	PM2.5	SQM 値の差	平常時 SQM	12/19 SQM	PM2.5	SQM 値の差	平常時 SQM	12/19 SQM	PM2.5	SQM 値の差	平常時 SQM	12/19 SQM	PM2.5	SQM 値の差	平常時 SQM	12/19 SQM	PM2.5	SQM 値の差	
静岡県 静岡市		18.14	6ug/m3			18.15	3ug/m3				3ug/m3				7ug/m3					7ug/m3	
愛知県 一宮市		17.47	7ug/m3		17.64	17.55	7ug/m3	0.09	17.67	17.65	7ug/m3	0.02	17.81		10ug/m3		17.87			10ug/m3	
兵庫県 高砂市			8ug/m3				10ug/m3			17.30	10ug/m3			18.21	10ug/m3					10ug/m3	
広島県 三原市			10ug/m3				8ug/m3			18.44	8ug/m3	8ug/m3	19.41	19.11	6ug/m3	0.30	19.94	18.19		8ug/m3	1.75
長崎県 西海市	19.87	18.74	7ug/m3	1.13	19.68	19.19	5ug/m3	0.49	19.74	19.30	5ug/m3	0.44	19.91	18.74	14ug/m3	1.17	19.93	19.45		7ug/m3	0.48

表 1

2、方法

- ・SQM-L (愛知県立一宮高等学校地学部貸与) を使用。
- ・雲量3以下、月齢8以下もしくは22以上の時に、自宅ベランダで測定。
- ・5回ずつ測って中央値を採用。
- ・SQM-Lの数値とPM2.5の影響について考察する。

3、結果と考察

日付	20:00		21:00		22:00	
	SQM	PM2.5	SQM	PM2.5	SQM	PM2.5
2014.12.23	19.68	16	19.91	13		
2014.12.29	18.22	26	18.86	28	18.49	29
2015.1.17	19.68	9	19.19	7		
2015.8.15			18.83	27	19.33	33
2015.8.18			19.63	12	19.75	11
2015.12.19	19.19	5	18.74	14	19.38	7
2016.12.25	19.34	12	19.10	11	19.16	13
2016.12.30	20.00	1	20.02	5	20.09	4
2017.1.3	19.85	26	19.72	29	19.88	22
2017.1.4	19.01	15	18.97	16	19.22	9

表 2

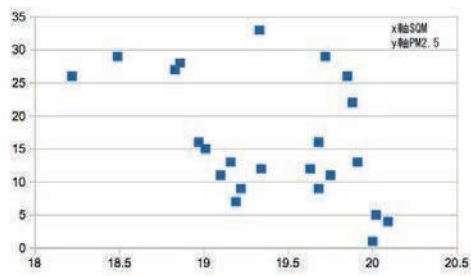


図 1

SQM-Lの数値とPM2.5の速報値をまとめたのが表2、それをグラフにプロットしたのが図1である。予想に反して夜空の明るさにPM2.5は影響しているとはいえない。

4、今後の展望

他のエアロゾルと夜空の明るさの相関について調べてみたい。

5、参考サイト

長崎県大気環境速報システム
こよみのページ

6、謝辞

愛知県立一宮高等学校 高村裕三朗先生 ご指導有難う御座いました。
長崎県環境部環境政策課 ご協力有難う御座いました。

暗い場所は周辺の夜空の明るさに影響するのか

富田 理恩 (小5) 【愛知県一宮市立向山小学校(一宮高校SSH)】

要 旨

岐阜県各務ヶ原市は両側を木曽川に挟まれた場所があり、周辺の一宮市や岐南町に比べ街灯などの光源が無い場所が広がっている。このような暗い場所が周辺の夜空の明るさに影響するのかを考察した。

1. はじめに

2013年からSQMを使って夜空の明るさ調べ始めた。しかし、街灯などの光源の近くではその光源自体の明るさが影響し正確な夜空の明るさを測る事ができない。そこで専用フードを作り、改良を重ねた。今までは、駅前などの光源の多い場所を中心に調べてきたが、今回は光源の少ない場所を測ってみることにした。

2. 方法

今回は、愛知県立一宮高等学校の地学部が作ったフード(地学部モデル=りのモデルのデータを参考にしてもらった(図1, 図2))を使って測ることにした。観測場所は、愛知県と岐阜県の県境を流れる木曽川の河川敷の夜空の明るさを測ることにした。(図3)

3. 結果

観測結果を地図上にプロットした。川幅の狭く国道22号バイパスの近くは数値が低く、夜空が明るいことがわかった。また、川幅の広い暗い場所に接した場所は数値が高く、暗い結果になった。



図1: フード



図2: フードを取り付けたとき



図3: 地図上にプロット

4. 考察

河川敷などの暗い場所に接した場所は、SQMの数値が高く暗かった。河川敷の近くも他の場所も街灯の間隔に差はなく、街灯の明るさがその原因ではなく、暗い場所が夜空の明るさに影響を与えるのではないかと思った。

5. これからやりたい事

他にも、暗い場所に接した場所を調べたい。

6. お礼

愛知県立一宮高等学校 高村裕三朗先生 いつも教えてくれてありがとうございます。夜空の明るさ班のみなさん フードありがとうございました。

夜空の明るさシミュレーションの改良 ～実測調査に基づく標高補正～

吉筋 航介(高2)、鎌田 明日香、花木 亮太、深谷 拓生、山田 萌生(高1)
【愛知県立一宮高等学校 地学部】

1.はじめに

“光害”とは主に都市部の過剰な人工光が夜空を照らすことで、様々な悪影響を及ぼす公害の一種である。私達は、夜空の明るさを等級で示す SQM という機器を用いた実測調査を行い、光害について研究を行っている。また、夜空の明るさシミュレーションと題し、全国の夜空の明るさを計算式によって推測している。

2.研究方法

人口・標高メッシュのデータを用いて正確な人口と標高を反映させ、各地点の夜空の明るさのシミュレーションを行った。メッシュとは日本全国を緯度、経度をもとに区分けし、各地域の人口と標高を表したものである。

シミュレーション式は、昨年度と同じものを用い、以下の通りとした(式1,2,3)。

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

L : 明るさ(輝度) L₀ : 光源の明るさ(人口×係数)
D : 距離 e : 自然対数の底 σ : 消散係数(6.0×10⁻⁵)

(式1)

$$M_0 = 24 - 2.5 \times \log_{10} L$$

M₀ : 標高 0(m)地点の夜空の明るさ(等級)
L : 標高 0(m)地点の夜空の明るさ(輝度)

(式2)

$$M = 24 - (24 - M_0)e^{-0.005 \times h}$$

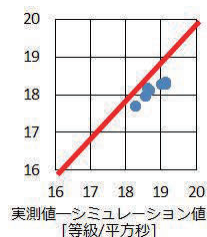
M : 標高 h (m)地点の夜空の明るさ(等級)
h : 観測地の標高

(式3)

GPS と SQM-LU を車に取り付け、一宮市から犬山市にかけて実測調査を行った。SQM-LU とは USB が利用可能な SQM である。また、街灯が多く不正確な値の地点を取り除き、実測値とシミュレーション式の値を比較した。

3.結果

実測調査を行った結果、シミュレーション値が実測値よりも明るい値を示し、2つの値の相関を表す相関係数は 0.72 となった(図1)。これは、一宮市から犬山市へ移動するに従って標高が変化するためだと考えられる。そこでシミュレーション式の標高補正の式(式3)を調整した(式4)。すると、相関係数は 0.90 となり相関が強くなったため、標高補正を改良し、シミュレーション精度を向上させることに成功したといえる(図2)。

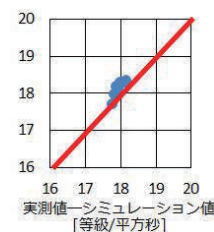


(図1)

$$M = 24 - (24 - M_0)e^{-0.0003 \times h}$$

M₀ : 標高 0 (m)地点の夜空の明るさ(等級)
M : 標高 h(m)地点の夜空の明るさ(等級)
h : 観測地の標高

(式4)



(図2)

4.今後の展望

シミュレーション式の標高補正を改良することで、シミュレーションの精度を向上させることに成功した。しかし、異なる地点では複数の条件が変化してしまうので、今後はドローンに SQM を搭載し、標高変化のみに注目して実測調査を行うことを目標としている。

5.謝辞

名古屋大学大学院 柴田 隆 教授

6.参考文献

国土地理院・地理院地図

独立行政法人統計センター地図で見る統計

—環境指標—エアロゾル—が夜空の明るさへ与える影響

東筑紫学園高等学校 理科部

(高校3年) 本田陸人 藤井悠野 湖平元彌
 (高校2年) 古川郁将 東元太誠 西村江梨花
 (高校1年) 岩満春樹丸山璃花 前田稜河 渡部稜平

1. はじめに

市街地では、星を綺麗に見ることができない。この光害に関心を持ち、夜空の明るさの研究を開始した。大気中浮遊物質(エアロゾル)の増加に伴って夜空は明るくなる。これまで、夜空の明るさと環境指標の観測地は離れた場所で行っていた。しかし今回、福岡県環境部の協力の元、大気環境測定車を用いて夜空の明るさのデータと環境指標の同地点での観測、及び山間部での観測ができるようになり、比較・考察を行った。

2. 観測機器

図1のスカイオリティメーター (SQM-LE) を用いて観測を行った。この原理は、視野角 20° の円錐形の 1/2 (10°) をスキャニングし、光子をカウントする。これを平方秒角あたりの等級 [mag/□"] で数値化する。



図1. SQM-LE

3. 大気環境測定車での測定と夜空の明るさ

3-1. 大気環境測定車による環境指標の測定

これまで夜空の明るさと環境指標を同地点で比較することはできていなかった。また、山間部には測定所がなく、環境指標のデータが手に入らなかった。

そこで、市街地の学校と山間部の平尾台で環境指標及び夜空の明るさを同地点で測定し、比較しようと考えた。観測期間は新月である9月30日から10月4日の間でNOx, SOx, O_x, SPMおよび夜空の明るさを測定した。大気環境測定車(図2)を福岡県環境部の方が設置し、我々が車の屋根にSQM-LEを設置した。



図2. 大気環境測定車「さわやか号」

3-2. 大気環境測定車での測定結果と夜空の明るさの比較

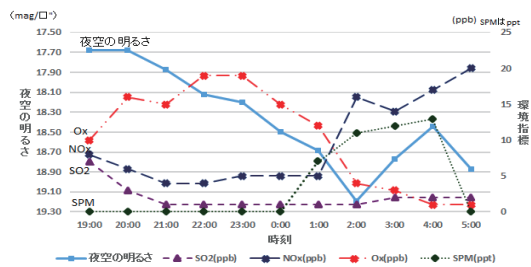


図3. 夜空の明るさと環境指標(平尾台)

図3は10月3日に平尾台で観測した結果である。日没後の19時から2時までは夜空が徐々に暗くなっている。これは、人間の活動量(光源の数)の減少、つまり経時変化によるものである。しかし、2時以降NOxとSPMが増加したため、これらが街灯やマンションの明かりなどの地表の光を乱反射させ、夜空を明るくしたと考えられる。以上のことから、夜空の明るさはこれまで相関を得られなかった。NOxなどの影響も大きく受けている事が分かった。山間部でもやはり環境指標(エアロゾル)の影響を受け、夜空が明るくなっていることが分かった。

3-3. 近隣の測定所との比較

これまで山の空気は澄んでいるという良いイメージを抱いていたが、平尾台での観測結果から山間部でも大気中にエアロゾルが多く含まれていた。この発生原因を調べるため、北九州市内の測定所と学校・平尾台の環境指標のデータを比較した。



図4. 観測地と近隣の測定所

平尾台と曾根・企救丘観測局のNOx値を比較したが相関は得られなかった(図5)。2時に平尾台のNOxが急増している。その日の平尾台の風向は東または南東で、17時から5時までの平均風速は0.8 m/sであった。これより、平尾台の東に位置する苅田のセメント工場(24時間稼働)や石炭火力発電所の排煙が原因だと考えた。夕方までに工場・発電所で排出された煙が、9km程離れた平尾台の大気に影響を与えるには単純計算で3時間程かかることになる。1時以前に平尾台で測定された大気は、紫外線の影響でNOxがO_xに変化したため、NOx値が小さくO_x値が大きくなっていてと考えられる。

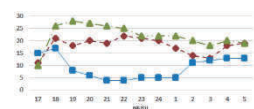


図5. 平尾台と曾根・企救丘観測局のNOx値の比較

4. 光害公式の再考察

2015年にこれまで光害の影響が大きい、小さいという曖昧な表現であった光害を数値化しようと考えた。そこで専門家の方々からアドバイスをいただき、以下の光害公式を考案した。

$$LPI-S = \frac{Pr}{b} \quad \left[\frac{\text{Lk}}{\text{km}^2 \cdot \text{h}} \right]$$

LPI-S: 光害指数
 P: 人口密度(人/km²)
 r: 経時変化率(mag/□"/h)
 b: 夜空の明るさ(mag/□")

これまで光害公式においては、環境要因は夜空の明るさ(b)や経時変化率(r)で表現できていたと考えていた。しかし、大気環境測定車を利用した観測の結果、学校では光害指数が60程、平尾台では0.3程度変化し、学校での変化が大きい。この問題を解決するために、環境指標毎に補正值を設定する必要がある。この具体的な補正值については、今後も研究を続けていく。

表1. 経時変化の違いによる光害指数の変化

5. 謝辞

今回、北九州市環境局には様々な環境指標のデータを提供していただきました。また、福岡県環境部には大気環境測定車の設置、及び測定データを提供していただきました。

6. 参考文献(一部)

- ・東筑紫学園高校理科部: 第22回「星空の街・あおぞらの街」全国大会(2010) 環境大臣賞記念号 77pp.
- ・北九州市環境局環境監視課(2016): 未発表資料 (SPM値, SOx値, NOx値, O_x値)

夜空の明るさに対する光害対策効果の推定

中村 篤志、谷口 沙彩(高2)

【兵庫県立龍野高等学校】

1 はじめに

光害とは、町から出る過剰な明かりが夜空を照らし明るくする害のことである。龍野高校周辺では光害の影響を受けて、肉眼で天の川を見ることができない。今研究の最終目標として、どのくらいの光害対策を行えば天の川を見ることができるということをモデル化することである。

2 目的

何個の街灯を消すと、どのくらい光害対策の効果があるのかモデル化する

3 研究方法

街灯を形状ごとに分類して街灯一つ当たりが出す上方向へ漏れる光の量(上方光束)を求める。

次に夜空に到達する全上方光束を求め、照度に変換する。最後に照度を等級に変換する。

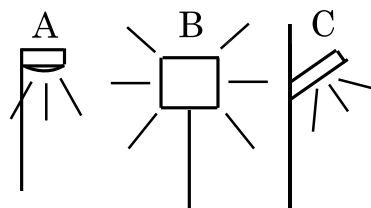
3 研究結果

① 街灯を3種類に分類してそれぞれの

上方光束を求めた

街灯 A タイプ : 131.80 <lm>、街灯 B タイプ : 345.40 <lm>、

街灯 C タイプ : 437.27 <lm>



② 夜空の高さを 900m と設定して三角比より夜空の単位面積は半径 756m の円 ($17946 \times 10^3 \text{ m}^2$) であると分かった

③ 基準点から半径 756m の円内に

街灯 A タイプ : 10+12=22 個、街灯 B タイプ : 18 個、街灯 C タイプ : 165 個が存在した。

④ 星空単位面積に到達する全上方光束は、

(タイプ別の街灯一つ当たり上方光束) × (そのタイプの街灯の個数) の和で求められる。

よって、夜空に到来する全光束は 131765 <lm> である。

これを星空の単位面積 $17946 \times 10^3 \text{ m}^2$ で割ったものが、星空での照度 0.0730 <lx> である。

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

左の式に上記の照度を代入すると、-10.41 等級

となった。しかしこの結果は明らかに誤っているため、このモデルのどこかに不備があることが判明した。

6 考察

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

7 謝辞・参考文献

研究の助言・機材の貸し出しをいただきました愛知県立一宮高校地学部顧問の高村先生に感謝します。

『夜空の明るさ 2013』 東筑紫学園高等学校 『道路照明灯からみる光害』 浜松北高校

ライトダウンに伴う適切な夜景写真の処理方法 II

星野 有香（高2）、上野 萌恵、鈴木 里佳子、生方 朱莉（高1）【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

概要

私たち地学部は、伝統的七タライトダウンに賛同し、2014年から県内への周知・普及活動を始めた。伝統的七タライトダウンとは、伝統的七タライトダウン推進委員会が主催する、伝統的七タ（旧暦の七タ）の日（本年度は8月9日）の20:00～22:00に明かりを消して星空を眺めようという活動である。ライトダウンの影響を科学的に評価する方法を模索し、過去2年間に様々な処理方法を試みた。3回目は画素の明るさを二値化し、人工光源だけを抽出し測定することを試み、かなり良い結果を得た。今回の伝統的七タもライトダウンの消灯はあまりみられなかったが、今年から導入された祝日「山の日」の効果（平日と祝日の人々の生活の違い）を観察することができた。

1 研究目的

「前橋の街の夜景写真を撮影し、そこから街の明るさを適切に数値化する。」

2 観測方法

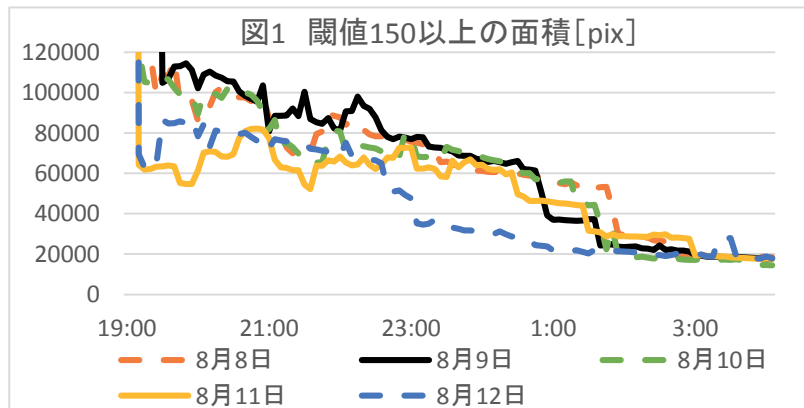
本校の気象観測室から、三脚に乗せたカメラを北向きに設置し、5分ごとに前橋の街の様子をインターバル撮影した。本年度の観測日時:2016年8月08日（月）～12日（金）各日19:00～28:00

3 処理方法と評価

今年は画像をある閾値により、閾値より明るい領域と暗い領域に選別し、閾値より明るい領域のみを処理の対象とする方法に挑戦した。

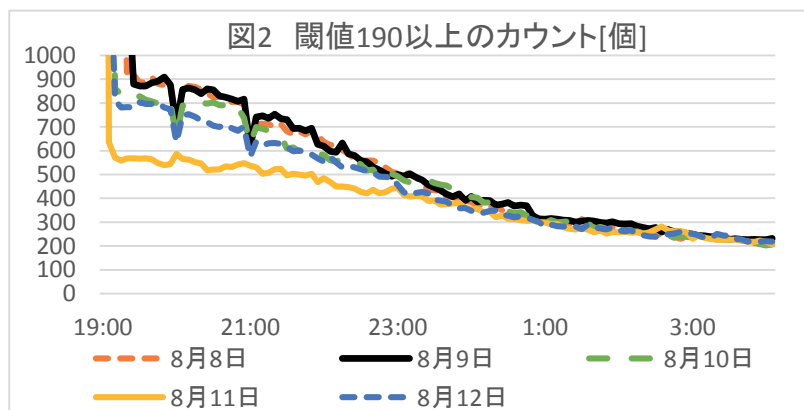
(1) 二値化面積

面積とは閾値以上の明るい部分の合計面積を示す。閾値によらず、数値の急激な変化が目立つ。この変化は撮影場所から近い家屋の点灯・消灯によるものである。このように一部の点灯・消灯によって全体の評価が大きく変わってしまうことは不適切である。五分分割処理等と組み合わせれば改善の余地はあると思われる。



(2) 二値化カウント

二値化した領域を、明るい部分のまとまりごとにいくつの領域が存在するか、個数を数える。この方法を用いると写真カウントで行った作業をより短時間に写真全体で行うことができる。よって、この方法を信頼できる確実な方法として採用したい。



4 結論

図2や写真を比較してみると、山の日（8月11日）の建物の灯りの数は少なく、多くの企業で休業の可能性が高い。山の日はやはり祝日だったのだ。今回のライトダウンの画像処理方法（二値化カウント処理）は、過去2年のどの処理方法より適切で時間効率もかなり改善された。ライトダウンの科学的評価に「二値化カウント処理」は信頼できる確実な方法と言える。この処理方法を生かして今後も、より良い画像処理方法を研究し続けていきたい。

信頼できる星空天気予報を探せ！

小林 知夏、六本木 美里、澤田 真凜、吉田 百花、三浦 天子（高1）

【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

1. はじめに

私たちは、地学部で行う天体観測や合宿などの予定を立てる際に、より精度の高い星空の天気予報を知りたいと考えた。気象衛星画像などを分析することも考えたが、まずは既存の天気予報またはそれらの組み合わせによって、どの程度予測可能なかの疑問に思った。そこで、インターネットで閲覧できるそれぞれ別の会社の天気予報とその日の実際の夜空の天気の様子を記録し、それらのデータを照らし合わせることによって調査を進めてきた。夏のデータによると、関東の夏はやはり晴が少ないので母数が少なく正確にデータを取れているとはいえないが、やはり的中率は低かった。冬は晴れが多いので的中率が上がっているか調べたい。

2. 研究方法

実際に私たちが天気予報を利用する際、合宿などで夜空の観測ができる天気であるかを確認して合宿を行うべきかどうかを決定するための利用が多い。そのため、合宿の決行・延期の判断を想定して条件設定を行った。予報する時間帯は、私たちの地学部が普段合宿を行うときに観測する20時～22時とし、合宿を始めるよりも早いうちに天気予報を見て合宿を実行することについての判断ができるように、16時の時点で発表されている天気予報を対象とした。

観測場所は基本、各自の自宅周辺とした。観測時刻は個々の事情を考慮し、20時～22時の範囲で各自が自由に設定した。観測項目は「雲量」と「降水の有無」とし、雲量は最大値10から最小値0の11段階を目視で判断した。都合により観測できない場合、その当日のデータは空欄（無効）とした。

(1)記録方法

発表された予報と観測された天気の詳細データを蓄積し、それらを比較しやすくするために、観測した雲量と天気予報のデータを数値にしてExcelに記録した。

観測した雲量については全天快晴を0、全天曇りを10として11段階で記録した。なお、雨天の場合は雲量のほかにアスタリスクをつけることによって他の天気と区別した。

3 研究結果.

天気jp 前橋	天気jp 太田	天気jp 高山	天気jp 渋川1	天気jp 渋川2	天気jp 前橋指数	天気jp 太田指数	天気jp 高山指数	天気jp 渋川1指数
69%	63%	71%	60%	65%	83%	77%	78%	76%
58%	64%	63%	72%	71%	79%	100%	100%	80%
95%	95%	80%	92%	93%	82%	79%	37%	21%
天気jp 渋川2指 数	biglobe 前橋	biglobe 太田	biglobe 高山	biglobe 渋川1	biglobe 渋川2	Excite 前橋	Excite 太田	Excite 高山
62%	50%	58%	56%	49%	64%	79%	81%	80%
78%	50%	42%	36%	59%	58%	76%	78%	100%
23%	100%	100%	63%	84%	90%	74%	78%	35%
Excite 渋川1	Excite 渋川2	GPV 8時	GPV 9時1	GPV 9時	GPV 10時	分析したサイト名 地域		
77%	82%	87%	70%	85%	89%	天気予報の的中率 (%)		
83%	85%	83%	75%	79%	87%	晴れ予報のときに実際に 晴れた場合の確率 (%)		
69%	75%	94%	92%	93%	92%	晴れたときの的中率 (%)		

4. 考察

全体的に夏よりも晴れた日が多くなっていった。また、他の天気予報と比べて、天気.jpの星空指数とExcite天気、GPVの的中率が70%をどれも超えているため、これらの天気予報の的中率が高かったといえる。

5. 結論と今後の展望

天気.jp、星空指数とExcite天気、GPVの三つの的中率が高かったといえる。今後は、別な分析方法を使い、より精度の高い天気予報を探したい。

静止画の解析を用いた大気の状態による星の色の変化の研究

上田 華子 (高2)、佐々木 花音、宮村 玲弥 (高1) 【福岡県立小倉高等学校】

要旨

恒星の色と高度の相関関係の有無を調べ、静止画の色補正をする際の補正基準を作るため、本研究を行った。撮影した静止画の RGB 値を計測し、計測した RGB 値と RGB 値の理想値を比較することで高度と恒星の色の関係を調べた。また、ある恒星に着目し、その RGB 値と高度変化をグラフにまとめることでより詳しい高度と色の関係を調べた。

1. はじめに

私たちは、これまで小惑星や変光星の観測、解析の研究を行ってきた。その中で撮影した静止画に写る、恒星の色に興味を持ち恒星の色と高度に相関があるのかを調べ、静止画の恒星の色補正基準を作りたいと考えた。

2. 研究 1

(1) 実験方法

7月22日、8月12日、10月6日、9日、29日、30日の計6日の18時~24時頃、一眼レフカメラ『Canon EOS Kiss X7』、レンズ『EF-S18-55mm F3.5-5.6 IS STM』を用いて夜空の撮影を行った。撮影した静止画に写っていた2等星以上の星6個を天体画像処理ソフトウェア『ステライメージ7』で解析し、RGB値を計測した。次に、恒星のRGB値の理想値を求めた。ヒッパルコス恒星カタログからB-V値を調べ、式(a)でB-V値から有効温度(黒体と見なしたときの

$$\log T_{eff} = C_0 + C_1(B-V) + C_2(B-V)^2 + C_3(B-V)^3 \dots (a)$$

温度)を求めた。この有効温度を用いて、Planckian Locusの近似式からCIE1931における色度座標(x,y)を求め、簡単にするために明度Y=1.0と見なし、Stokes et al. (1996)のxyYをsRGBに変換する式よりRGBの理想値を出した。

(2) 結果、考察

(1)で得られた恒星のRGB値を、平均値を100としてその割合で比較した。(以下、この予稿に出てくるRGB値はこの値である)RGB値を比較した結果、Rの値は、高度が低ければ大きく、高ければ小さくなり、30度から50度で理想値とほぼ等しくなった。Bの値は高度が高ければ大きく、低ければ小さくなった。Gの値は高度が25度より低ければ小さく、25度以上は理想値とほぼ同じ値になった。しかし、高度変化とRGB値の詳しい関係は分からなかったため、ある恒星に注目し、その関係をグラフに表すことにした。

3. 研究 2 (高度と RGB 値の詳しい関係を調べる)

(1) 実験方法

観測日時、器具は研究1と同様である。観測日時を変えることで様々な高度の恒星を撮影した。撮影時の恒星の高度を天文シミュレーションソフトウェア『ステラナビゲータ ver.9』で調べ、デネブの高度と恒星のRGB値についてグラフにまとめた(図1)。

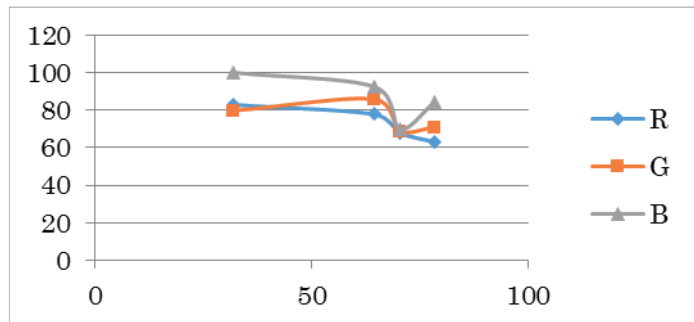


図1 デネブ

(2) 結果、考察

Rの値は高度が上がるほど低くなっている。Bの値は40度付近で高く、60度付近で低く、60度を越えたあたりから急激に高くなる。Gの値は40度付近で低く、60度付近で高く、60度を越えたあたりから急激に低くなる。

4. 参考文献

Hipparcos Main Catalog nwblog ヒッパルコス恒星カタログのJSON化

国際宇宙ステーションの見やすさの予測II

丸山 玲花、齊藤 あすか、関口 舞、堀内 桃音、小材 昌子（高2）

【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

要旨

私たちはISSの見やすさを最終的に予測するために、どのような条件にどの程度影響されるかを調べている。ISSの連続写真を撮り、ISSの見やすさ指数 = (ISSの明るさ) ÷ (背景の空の明るさ) と定義し、グラフを作成したところ、目視の記録と一致し、ISSの見やすさは日によって大きく変化することがわかった。そこで、ISS自体の明るさを左右する条件について2つの仮説を立て、ISSの模型と太陽に見立てた光源を使って実験をした結果、ISSと太陽と観測地点の位置関係による明るさの変化がみられた。また、観測によって背景の空の明るさについても調査を進めている。

1. 目的

ISS通過時に「ISSの明るさ」と「背景の空の明るさ」の変化を観測し、「ISSの見やすさ」はどのような条件に影響されているかを調べる。それをもとに、ISSの見やすさを通過前に予測することで、多くの人にISSの観望を楽しんでもらうことを目的とする。

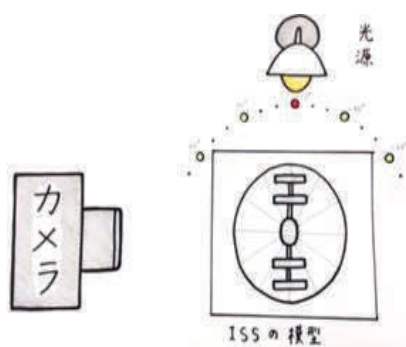
2. 予備調査

まず、ISSの見やすさがどんな条件に影響されるかを調べた。ISSの連続写真を撮り、ISSの見やすさ指数 = (ISSの明るさ) ÷ (背景の空の明るさ) と定義しグラフ化すると、ISSの見やすさの変化は目視の感じ方と一致した。ここから、「ISSの明るさ」と「背景の空の明るさ」を予測できれば、見やすさが予測できると判断した。

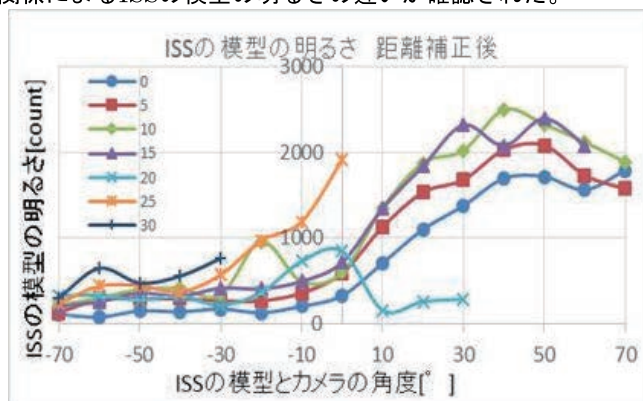
3. ISSの明るさ

太陽、ISS、及び観測者の位置関係が関係するという仮説を立て、ISSの模型と太陽に見立てた光源を使って実験をした。

【結果】 ISSの模型、光源、カメラの位置関係によるISSの模型の明るさの違いが確認された。



実験装置の概略



実験から得られたISSの模型の明るさのグラフ

4. 背景の空の明るさ

【方法】 日没時刻から日没後150分まで1分間隔で全天の魚眼画像を撮影し、ISSの軌道を重ね、ISSが最大仰角の時の位置の空を測光する。

【結果】 背景の空の明るさを数値化することができた。

5. ISSの見やすさの予測

(1) 観測前に取得できる日没時刻と各時刻（見え始め、仰角最大、見え終わり）を用い、「背景の空の明るさ」を求める。

(2) ISS予想サイトやStellaNavigatorを用い、方位角、仰角、直距離、太陽高度を調べ、ここから「ISSの明るさ」を求める。

この二つを合わせることで、ISSの見やすさを予測することができると思う。

現在、私達の予測と観測による結果の照合を行っている。

地球照の色の測定～反射する地球の光に違いは出るのか～

大崎 幹太、上岡 史弥、角谷 僚太郎、兼光 琴音、武田 龍 (2 年)、時政 壮真、
小紫 颯太郎 (1 年)【兵庫県立大学附属高等学校自然科学部天文班】

概要

月が細く見えるときに、ぼんやりと丸く地球照がみられる。私たちは地球照が月齢とともに、明るさや色が変わるのか研究した。その結果、月齢が大きいほど地球照の色が赤くなることが分かった。

はじめに

最近、地球型の惑星が太陽系外に発見されている。それらに海や陸があると、自転の様子を色で観測できるはずである。地球照は地球の光が届いているので、色に変化が見られれば地球の自転を観測することになる。そこで、将来行われるであろう系外惑星の海や大地、自転の観測のために、月齢とともに地球照の色に変化がないか調べることにした。

観測方法

観測機材：望遠鏡 TOA-130 Vixen ED 102ss

カメラ Canon EOS70D Nikon D5100

観測地：兵庫県立大学附属高等学校

播磨科学公園都市内

撮影方法：星を自動追尾し、月と周りの星が写る視野で、

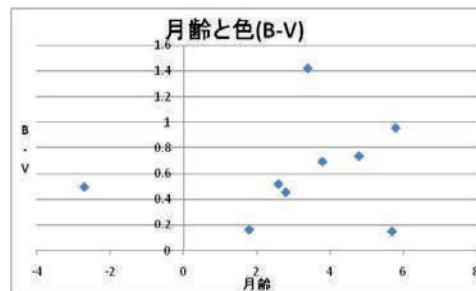
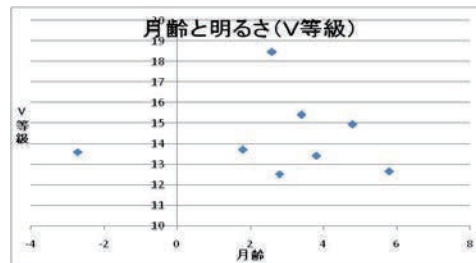
露出は 1/2 秒から 4 秒とした

解析方法

1. 画像処理ソフト マカリを用いて B 画像と V 画像における地球照の明るさと、その周囲の恒星の明るさを測って、それぞれの観測画像上の等級を求める。
2. ソフト“ステラリウム”を用いて、恒星の実際の B 等級と V 等級を調べ、1 で求めた観測の等級との関係式を調べる。
3. 1 で得られた画像上の月の明るさの値を一秒角あたりのものに変換し、2 で得られた関係式に当てはめて月の等級を求める。
4. 観測日の月齢から月に地球のどの面が向いていたかを把握する。そして、3 で得られた明るさと、色指数 B-V の関係について考察する。

結果

次の 2 つのグラフは、観測の結果得られた V 等級と月齢、及び B-V と月齢の関係を表したグラフである (マイナスの値の月齢は新月前の月を表す)。地球照の明るさは V 等級で 12 等から 15 等級となった。月齢が大きいほど地球照は暗くなると予測されるが、その変化は見られなかった。色指数 B-V は、月齢 0 (新月) から離れるほど大きくなっており、色が赤くなることを表している。



考察・今後の課題

地球が月に向いて輝いている面に、海や大陸がどういう割合であるかということと、色指数の変化を比べてみた。次第に茶色の大陸の占める割合が増えるわけではないので、月齢が進むほどに地球照の色が赤くなる根拠はつかめない。観測の手法による可能性も捨てられないので、今後も観測を継続するとともに考察を重ね、変化の理由についても突き止めていきたい。

謝辞

この研究に指導をしていただいた、元西はりま天文台研究員の時政典孝さんに感謝します。

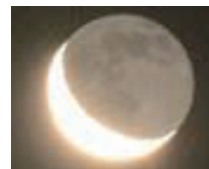
地球照は青いのか?!II

福田 紫都、中野 里美、中島 志保、高草木 寧緒 (高2)

【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

1、要旨

1961年、ロシア人宇宙飛行士のユーリ・ガガーリンは初めて宇宙を飛んだ時「地球は青かった」と言ったという。真偽はさておき、宇宙にいけない私達は、「地球は青い」というかわりに「地球照は青い」と言いたいと考え、昨年には、地球照は青いことを示した。しかし、地球照が青いことと、地球が青いことは異なるのではないだろうか、という指摘を受け、地球照の光が私たちの目に届くまでの経路を見直した。そこで、地球照と同じ高度の太陽と満月、大気の通過量の異なる太陽を撮影し、分析したところ、地球は青いと結論付けることができた。



地球照

2、はじめに

今回は、地球の青さそのものを観測したいと考えた。そこで、私達は、地球照の光が地球にいる私達の目に届くまでの経路を見直した。そして、地球照、満月、太陽の光を分析し、それぞれの光が地球上にいる私達の目に届くまでの経路の差を考えて地球の色合いを求めた。

3、目的

地球が青いかどうかを調べる。

4、観測条件

使用器具 Nikon D7100、太陽観測フィルターND10000、三脚、天体画像処理ソフトウェア「ステライメージ7」

地球照	満月	太陽	高度の高い太陽
2016年2月5日 4:36 高度：10.8° 露出時間：3s	2016年12月14日 18:05 高度：10.8° 露出時間：1/100s	2016年12月14日 18:05 高度：10.8° 露出時間：1/100s	2016年12月17日 11:54 高度：30.2° 露出時間：1/8000s

今回の研究では、JPEG画像とRAW画像の二種類を用いている。

5、分析方法

以下に、地球照、満月、太陽の光の進み方、及び宇宙から見た地球の色合いを示す。

1 太陽の光の色合い×2地球反射×3月の反射×4大気散乱=地球照 式1 (地球照の光の進み方)

1 太陽の光の色合い ×3月の反射×4大気散乱=満月 式2 (満月の光の進み方)

1 太陽の光の色合い ×4大気散乱=太陽 式3 (太陽の光の進み方)

1 太陽の光の色合い×2地球反射 =地球の色合い 式4 (宇宙から見た地球の色合い)

4大気散乱が求まらなければ、これ以上の計算は進まないが、2種類の高度の太陽と、同じ高度の地球照、太陽、満月を撮影し、太陽の高度変化に伴う大気減光を調べることでより4大気散乱が求まれば、連立方程式を解くことができるため、地球の色合いを求められる。

大気散乱は、三角関数と、国際航空連盟 (FAI) が定義した大気圏の距離 100km を仮に用い、太陽光の大気圏通過距離を高度ごとに計算した。ここから太陽光が単位距離を通過するごとにどれくらい赤さと青さが増すかという数値を計算し、この数値の累乗を大気散乱の影響として使用した。

6、結果

緑を基準として、赤さを R/G、青さを B/G と定義し、地球の色合いを求めたところ、

JPEG画像：赤さ R/G 0.88、青さ B/G 1.37 RAW画像：赤さ R/G 0.88、青さ B/G 1.42
という結果が得られた。

7、考察と結論

地球の色合いを可視化したところ、万人が納得するような青さは現れなかった。観測値や理論の不足もあるが、そもそもこの色は地球の白い雲の部分や陸地の部分も含む平均の色ということもある。JPEG、RAW画像の双方の視点から、今回はやや不十分ながらも「地球は青い」と結論付けたい。

4GHz帯太陽電波望遠鏡の状況と干渉計型電波望遠鏡について

長野県駒ヶ根工業高等学校 サイエンス同好会 太陽電波望遠鏡班
小松 暉敬、有賀 陽佑、北澤 国広、平嶋 夏樹(高3)、
市ノ瀬 英治、奥村 晃太、笠原 代伍、小出 蓮(高2)、
岩村 勇弥、瀬戸 由乃、笠原 仁、栗木 大進(高1)【駒ヶ根工業高校】

要 旨

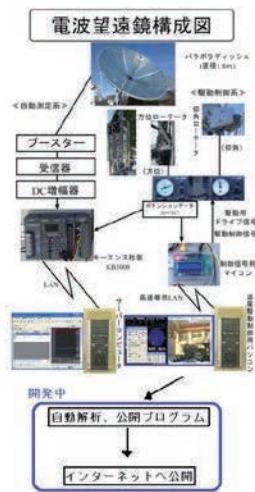
2013年度に製作した単一鏡型電波望遠鏡を用いて、太陽電波の観測を行ってきた。今年度は、単一鏡型電波望遠鏡の太陽自動追尾システムの精度向上と、データ収集システム、自動解析、インターネットへの公開システムの構築を行った。また、干渉計型電波望遠鏡の製作を計画し、電波望遠鏡設計図面を赤阪鐵工所様に作成していただいた。

1. はじめに

2013年度に、学校創立50周年記念事業として単一鏡型電波望遠鏡を製作した。2015年3月10日には、太陽フレア現象による太陽電波変動を観測することができた。また、干渉計型電波望遠鏡の移動用レールと、台車を2015年度に作成した。

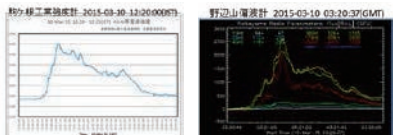
2. 現在の電波望遠鏡の状況

現在の4GHz帯太陽電波望遠鏡のシステム構成図は、左図の通りである。

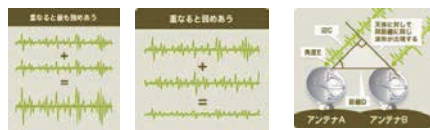


- (1) パラボラデッシュ
有効直径：1.8m、 放物面深さ：33.1cm、
焦点距離：61.2cm、 F/D比：0.34
- (2) LNB F
受信範囲：3.4-4.2GHz、 出力：1GHz帯
偏波：垂直偏波(右旋回偏波)、取り付け角：-90°
- (3) 検波器
ストリップライン設計、 直線性範囲：0-1 V
野辺山太陽電波観測所での特性評価
- (4) 自動計測機能(キエンス製PLC KV-5000)
4CHA/D変換ユニット(方位、仰角、受信機出力)
分解能：電圧(0-5V、1/20000)、時間1/100秒
- (5) 自動追尾システム
衛星追尾ソフト(フリーソフト)「Calsat32」、自動操作ソフト
制御用マイコンボード：PICNIC

現在の単一鏡型電波望遠鏡のシステムは、太陽の自動追尾は太陽の自動追尾システムが、観測データの収集は観測データの収集システムというように、一つのシステムとしてまとめるのではなく、複数のシステムを独立させて動作させることで、簡潔にわかりやすくなっている。また、観測データの太陽フレア現象による電波の急激な変動を自動解析し、インターネットへ公開するプログラムをC言語で作成を行っている。また、2015年3月10日に発生した太陽フレア現象による電波変動を、本校の単一鏡型電波望遠鏡で観測することができた。本校の観測データ(左側)と、野辺山宇宙電波観測所の観測データ(右側)は左図のようになっている。

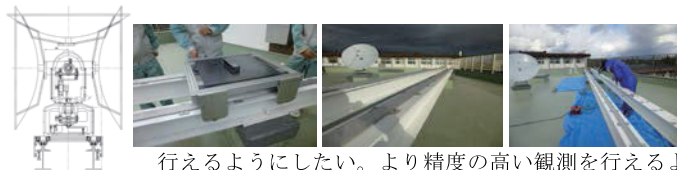


3. 干渉計型電波望遠鏡について



干渉計型電波望遠鏡は、複数のアンテナで観測したデータを干渉(重ね合わせ)させることで、一つの巨大な電波望遠鏡と同じような観測を行えるというものである。電波の干渉を行うことで、左図のアンテナ間の距離を底辺とする三角形の一辺が分かり、そこから、天体の正確な角度を知ることができ、精度の高い観測を行うことができるようになるものである。

現在、アンテナ移動用レールの設置と台車の作成を行い、完成させた。移動用レールは、本校の情報技術科棟の屋上に東西方向15m、南北方向11mに一組ずつ設置したH鋼の上に、水平レベルが0.5mm以下になるように設置した。



4. 今後の課題

今後の課題は、現在作成途中である、観測データの自動解析、インターネットへの公開システムの作成と、干渉計型電波望遠鏡の全4台のうち2台の設置と稼働を来年度には行えるようにしたい。より精度の高い観測を行えるよう設備を整えていきたい。

5. 謝辞

今回、本研究を行うに当たって、国立天文台野辺山宇宙電波観測所の篠原さんをはじめ、研究員の皆様、株式会社赤阪鐵工所様、地元企業の株式会社ヤマウラ様、株式会社ヨウホク様、株式会社官脇製作所様には、ご助力いただきました。本当に有難う御座いました。

ラズベリーパイによるドーム回転機構の制御

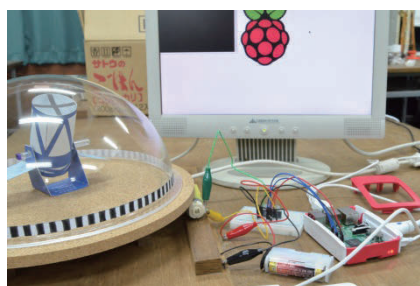
村山 雅哉 (高2)、富澤 佑介 (中1)【駿台学園中学校・高等学校】

要 旨

駿台学園北軽井沢天文台では、望遠鏡やドームの制御を旧式のコンピュータで行っており、これの改良が急務となっている。本研究では、まずドーム回転機構の模型を製作し、次に最新の小型コンピュータ「ラズベリーパイ 3」を用いてその制御プログラムを試作した。プログラム言語は python を用いた。

1. はじめに

駿台学園北軽井沢天文台は、口径 75cm の反射望遠鏡を経緯台方式でマウントし、これをドームと共にコンピュータ制御で駆動している。しかしそのコンピュータは、1984 年の導入以来の旧式のをそのまま利用しており、これを改良する必要に迫られている。今回この改良の検討を始めるにあたって、入出力をそなえたラズベリーパイ 3 を使用した制御プログラムの試作を行った。



2. ドームの模型

現在望遠鏡やドームの制御系は旧コンピュータ用のハードウェアで構成されており、現状では外部からの制御は困難である。そこで望遠鏡やドームのプロトタイプ模型を作製して、まずその制御プログラムを試作することにした。今回作成したドームの模型は右図のようにになっている。

3. ラズベリーパイとドーム回転モーターの接続

ラズベリーパイ(以下、ラズパイ)は、外部モーターなどの接続では、雑音信号を避けるためにドライバ IC を使用する。今回は TA7291P を使用して、モーターの駆動・停止・反転を制御した。

4. 制御プログラム

実際のドームにおいては、望遠鏡のアジマスとドームの方向が角度の 3 度ずれた時点で 6 度回転させるという形で制御している。またドームの角度の検出は、ドームの内側に黒白塗装を描き、これをエンコーダとして利用している(図参照)。今回の試作プログラムでは、エンコーダの模型を監視しつつ必要な角度だけ回転させるコードを試作した。プログラム言語は、ラズパイ付属の python とそのライブラリを使用した。

5. まとめ

ラズパイ及びその python プログラムにより次のような動作を行うコードを作成し、実際に動かした。

- 1) 外部からの指令を検出して、モーターの回転を開始する。
- 2) 回転中はエンコーダの黒白模様をカウントし、一定の数に達したところで回転を停止する。
- 3) ドームの回転の暴走を防ぐために、ドームが一定の位置まで到達したところで機械的スイッチを作動させ、モーター電源を強制的に切断するようにする。

6. おわりに

今回はドームの制御のみであったが、次回は望遠鏡の経緯儀の駆動プログラムを作成し、望遠鏡の位置にあわせてドームを制御できるようにしたい。

自作プラネタリウムの改造 ～傾斜ドームと球面鏡による投影～

永井 大貴、花木 亮太、深谷 拓生（高1）【愛知県立一宮高等学校】

1. はじめに

一宮高校の屋上には、昭和36年(1961年)に建設された天体観測用ドームがある。かつては天体観測に利用されていたが、老朽化によりその役目を終え、物置として利用されていた。これを有効活用できないかと考え、平成25年(2013年)から球形ドームを作成し、プラネタリウムを上映してきた。しかし、上映の回数を重ねていくうちに、様々な問題点が見つかった。これらの問題を解決し、より臨場感のあるものにするために、旧来の水平型ドームを斜めに傾け、傾斜型ドームとすることが最良の方法ではないかという考えに至り、改造を行うことにした。

2. 製作計画と概要

今回は、ドームスクリーンの完成度が高かったなので、そのまま使用し、主にドーム支持構造の設計、製作を行った。傾ける角度は、ドームの構造材が壁に当たらない限界である25度とした。

また、設計要件として以下の3つを設定した。

- ①収容人数を増やす。
- ②首への負担を軽減し、見上げやすい構造にする。
- ③できる限り単純で強度の高い構造にする。

3. 傾斜型ドームの製作

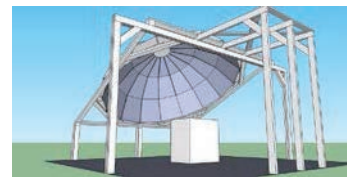
(1) ドームスクリーンについて

ドームスクリーンは、1×4材と角材を骨組みとした正十六角形構造で、投影面はスチレンボードで作られている。ドームは半球ではなく、横から見ると中心角140度の扇型となっている。

(2) ドーム支持構造製作概要

ドーム支持構造は、[図1]のように上部柱、梁、下部柱、ドーム支持枠の4つのパーツに分けて組み立てた。柱を部屋の壁と接触するようにすることで、ドームの重量により、柱と壁でテンションがかかるような構造になっている。

また、正十六角形となっているドームは、そのまま傾けて固定するのが難しいので、2×4材を正方形に組み、その上にドームを固定し、この正方形の支持枠ごと25度傾けて梁・柱と接合した。



[図1]モデリング図



[図2]完成した傾斜ドーム



[図3]製作中の様子



[図4]投影台

4. 上映

(1) プロジェクタ・ソフトウェアの改良

今回の改造で、プロジェクタを、解像度854×480(pixel)のものから、解像度1280×720(pixel)のものに変更したことで、より鮮明な投影が可能になった。また、上映コンテンツや音響を一度に制御したり、スクリーンに投影する際に発生する歪みの補正を行ったりするために“AMATERAS Dome Player”というフリーソフトウェアを導入した。

(2) 光学系の改良

これまでの一宮高校のプラネタリウムでは、モバイルプロジェクタと対角魚眼コンバージョンレンズ(ビデオ・コンデジ用)に補正レンズを組み合わせたものを使用して、パソコンから出力された星空の画面をドームスクリーンに投影していた。しかし、この方法ではレンズの光軸調整が難しかったので、レンズによる投影とは違う新たな投影方法として、球面凸面鏡を使うことにした[図4]。この変更により、今までの投影方法よりも格段に解像度が向上した。

5. 考察・今後の課題

今回の改造で、収容人数を約1.5倍に増やし、見上げる際の首の負担も軽減することができた。また、ドーム支持構造を壁に押し付ける構造にし、柱の本数を少なくすることができたため、簡単な構造にすることができ、設計要件をすべて満たすことができた。光学系の改良では、球面凸面鏡を使用することで、より鮮明なコンテンツを上映することに成功した。

今後の課題として、より臨場感がある演出を行うため、Raspberry Pi 3を用いて赤色LEDランプを制御し、夕焼け・朝焼けの光芒を再現することを検討中である。



[図5]上映中の様子

超軽量化プラネタリウムドーム作成の歩み

【国立米子工業高等専門学校 科学部】

尾上 創、熊本 千夏、前田 夏奈(高専3)
岩浅 大輝、朝比奈 雄志、松田 稜哉(高専2)
平木 志虎、平野 聡、尾崎 匠(高専1)

1.はじめに

本校では毎年11月に文化祭を行っている。私たち科学部も文化祭で催し物をしようと思い、2015年の春からプラネタリウムドームの作成を始めた。完成したプラネタリウムドームはダンボールで作ったためとても軽く、また、耐久性もあり、作成から1年経過した今年の文化祭でも使用することができた。さらに、ダンボールで組み立てていけるので小・中学生にも簡単に作るができる。ここでは、2015年に行ったドームの作成法および2016年に行ったドームの改善法について報告する。

2.製作（2015年4月～10月 *夏休みは製作せず）

2-1. 材料

ダンボール、厚紙、ガムテープ、カッター、ペンキ（白）、ヒモ、キリ

2-2. 作成方法

- 1) ドームのサイズ（直径3mで経度方向に18分割）から、各パーツの寸法を計算した。（図1、2）
- 2) 図1のサイズに従って、型紙を作った。
- 3) 型紙に沿って、ダンボールを切断した。（現段階でパーツの数は162枚）
- 4) ドームの内側になる方にペンキで白色を塗った。



図1 作成したプラネタリウムドーム

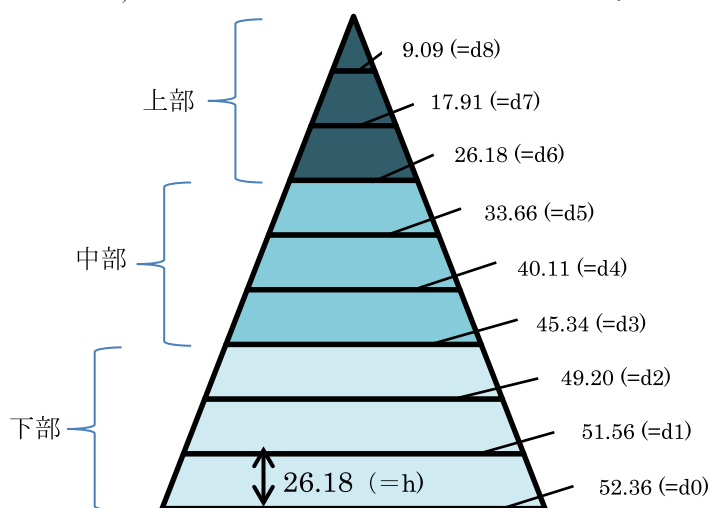


図2 半径1.5mドームの各パーツの寸法 (cm)

<計算式>

$$h=2 \times r \times \pi / 36$$

$$d0=2 \times r \times \pi / n$$

$$d1=d0 \times \cos 10^\circ$$

$$d2=d0 \times \cos 20^\circ$$

⋮

⋮

⋮

h：縦の長さ (cm)

d：横の長さ (cm)

r：ドームの半径 (cm)

n：円周の分割数

角度：ドーム上の緯度

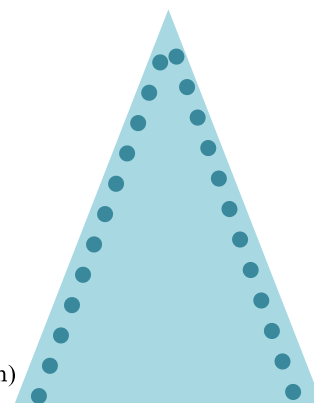


図4 穴を開ける位置

- 5) 図3のような順にガムテープでつなげ、ほぼ1/4球を作った。
- 6) 各パーツの端にキリで穴を開け、ひもを通し（図4）、外側から結んで組み立てた。

3.改善（2016年10月）

- 1) ドームの上部の強化。
- 2) 入り口の作成。
- 3) ドームの外側部分の塗装。
- 4) ヒモから結束バンドに変更。
- 5) 収納ラックを作成



図3 パーツのつなげ方（左から順に）

4.まとめ

本校では、今後も修正と補正を繰り返しながら、文化祭でプラネタリウム上映会を行っていく予定である。また、製作方法は見て分かるように単純かつ簡単であり、アレンジも多くできる。そのため、小・中学生をはじめとした多くの方々にこのドームを作って利用していただければと思う。製作した際には教えていただければ幸いである。

5.参考文献

https://yozoranokakera.blogspot.jp/p/blog-page_80.html?m=1

表紙 国立天文台野辺山宇宙電波観測所の星空

国立天文台野辺山宇宙電波観測所は標高 1350m の高原にある。夜には降るような星空である。写真の星空は夏の大三角と天の川で、3 台の 10m のパラボラアンテナはミリ波干渉計用のアンテナの一部。現在、日本、米国、欧州などの協力による国際共同プロジェクトであるアタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計(アルマ望遠鏡)の完成によって、野辺山のミリ波干渉計は科学運用を停止している。アルマ望遠鏡の多くの成果には、野辺山での経験が活かされている。

撮影者：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 (実行委員長)、石川 直美、篠原 秀雄、鈴木 文二、内藤 博之、
畠 浩二、山岡 均

世話人 飯塚 亮、石田 光宏、小野 智子、佐藤 太基、谷川 智康、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

誌面構成 中田 彩子 印刷 株式会社 明友社