

日本天文学会 2019 年春季年会

JUNIOR SESSION

第 21 回 ジュニアセッション予稿集



2019 年 3 月 17 日
於 法政大学 小金井キャンパス

日本天文学会 2019 年春季年会

第 21 回 ジュニアセッション予稿集

2019 年 3 月 17 日

日本天文学会 第 21 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 柴田 一成

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 21 回目となりました。最初は 17 件だった研究発表の数は年々増加し、一昨年は史上最多の 84 件を記録しました。今年も 56 件の発表があります。昨年のジュニアセッションのはじめの挨拶では、日本はアマチュア天文学では世界一だというお話をしました。アマチュア天文家による彗星や新星、超新星などの新天体発見の数では、日本は世界一なんですね。星の数は多い上に、これまで知られていなかった新しい天体が毎日続々と出現している。そういう新天体は、プロの天文学者だけでは到底すべて発見しきれない。それで天文学の専門的な訓練を受けていない市民のみなさん、中高生、大学生のみなさんにも発見のチャンスがあります。そういうお話を昨年したのですが、今年は専門家でないからこそそのチャンス、天文学の常識を知らないからこそそのチャンス、という話を少ししたいと思います。

私の所属する京都大学天文台の研究グループは 2012 年に、太陽型星、太陽と良く似た星に、太陽で起きている爆発、フレアの 100 倍から 1000 倍のエネルギーを解放する、スーパーフレアという現象を発見して、世界に衝撃をもたらしました。最大級の太陽フレアが起きたら、人工衛星が故障し、通信障害や停電が発生したり、宇宙飛行士は放射線被ばくの恐れがあるなど、様々な被害が発生します。その最大級の太陽フレアの 100 倍とか 1000 倍とかのスーパーフレアが太陽型星で起きているということは、太陽でも起きるかもしれない。すると現在の太陽フレアの被害どころではない、全世界規模の大災害が起きるかもしれない、というわけで全世界に衝撃をもたらしたのです。私は 2012 年以来、世界中の国際会議に招待されてこの話をしているのですが、世界中に恐怖をばらまいているようなものです。

さて、このスーパーフレアは、もともと京大の一回生が発見したものでした。それがなぜか、というのが重要です。スーパーフレアは生まれたばかりの若い星や高速自転する星で起きることが知られていました。太陽は生まれてから 46 億年もたって年老いており、自転は遅くなっています。それで太陽ではスーパーフレアは起きない、というのが天文学の常識だったのです。しかし、私は元々理論家なので、それは本当だろうかと疑ったのです。太陽では最近 150 年の観測データからその間スーパーフレアは起きていないことはわかっています。したがって、太陽でスーパーフレアが起きるとしたら 1000 年に一回とか 10000 年に一回だろう、それで太陽型星 1 万個の 1 年間の観測データがあれば、太陽で 1 万年に一回スーパーフレアが起きるかどうかわかる。というわけで、太陽型星の観測データはないだろうかと色んな人に相談しましたら、ケプラー衛星という太陽系外探査が目的の宇宙望遠鏡が、8 万個の太陽型星を 30 分に一回、数年間毎日観測している、その膨大なデータがインターネットで公開されている、という話を教えてもらいました。それは素晴らしい、と周辺の若い博士たちに一緒に調べよう、と提案したら、彼らは天文学の常識を身につけていたので、あまり真剣に取り合ってくれなかったのです。困ったなあ、どうしようと、悩んでいたのですが、ある日、ひらめきました。「そうだ、京大の一回生を動員しよう。彼らは毎日ヒマを持て余している、スーパーフレア探しを手伝ってもらおう」と思ったのです。それで京大一回生向けに開講している電磁気学入門の講義の際に、「みなさん、一緒にスーパーフレアを探しませんか？ どうせ君らはヒマでしょ。」と言いましたら、5 人の学生が集まりました。「見つけたら大発見ですよ」と言いましたら、彼らは真剣に探してくれました。その一ヶ月後に最初の大発見がなされたのです。その後、若い博士たちも真剣になって、データを徹底的に分析したところ、148 個の太陽型星で 365 回のスーパーフレアが発見され、2 年後に Nature に論文が出ました。もちろん 3 回生になっていた京大生 5 人は共著者になりました。

この発見は、当時一回生だった京大生諸君は天文学の常識がなかったからこそなされた、というのが重要なポイントです。常識がなかった、と真剣に探してくれたのです。運が良かったのは確かだと思います。しかしデータは世界中に公表されていたので、世界のだれもがその発見のチャンスはあったのです。でも京大の我々がスーパーフレア探しを初めてから論文が Nature に出版されるまでの 1 年半ほどの間、世界のだれも同じことはやらなかったのです。

おそらく同じような大発見のチャンスはいくらでもあると思います。今は大量の天文観測データが取得され公開されている時代です。プロの天文学者だけでは到底全部見きれない、分析しきれません。専門家ではないみなさん、特に若いみなさんの大発見のチャンスはいくらでもあります。天文学の常識にとらわれずに、フレッシュな目でデータを見ることが重要です。ということを強調して、私の挨拶とさせていただきます。

日本天文学会 2019 年春季年会

第 21 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（申請中）

【口頭セッション】：2019 年 3 月 17 日（日） 9:30～11:36、13:30～14:55
会場：法政大学小金井キャンパス東館 2 階体育館（I 会場）

【ポスターセッション】：2019 年 3 月 17 日（日） 11:36～13:30、14:55～16:00
ポスター会場：法政大学小金井キャンパス東館 2 階ホワイエ

発表へのコメントは、インターネットで受け付けています！

<https://goo.gl/forms/Bh09J3eZjPqwGz3j1>

（コメントフォームの開設は 2019 年 4 月 8 日まで）



【2019 年 3 月 17 日（日）のスケジュール】

8:45 受付開始（I 会場前）

9:30 開会あいさつ、諸注意

9:45 口頭講演（各講演 4 分間 + 質疑 1 分間）

座長：本原 顕太郎（東京大学）、石田 光宏（横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校）

A タイセッション：01、02、03、04、05、06 9:45 ～ 10:15

B 大気・星空環境：09、10、11、13、14 10:15 ～ 10:40

C 位置天文・太陽：16+17、20、22 10:40 ～ 10:55

D 太陽系内の天体：24、25、26、29、31 10:55 ～ 11:20

11:20 ～ 11:36 ショートプレゼンテーション（各講演 1 分間）

07、08、12、18、19、21、27、28、30、37、40、46、48、50、55、56

11:36 ～ 13:30 ポスターセッション（コアタイム）、昼食

*13:00 ～ 13:30 特別講演「小惑星探査ミッション「はやぶさ 2」のこれまでの成果」

吉川 真（宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所）（I 会場）

13:30 口頭講演（各講演 4 分間 + 質疑 1 分間）

座長：小野寺 幸子（明星大学）、可長 清美（東京都立立川高等学校）

E 宇宙探査・開発：32、33、34、35、36、38、39 13:30 ～ 14:05

F 装置・観測方法：41、42、43、45 14:05 ～ 14:25

G 太陽系外の天体：47、49、51、52、53、54 14:25 ～ 14:55

14:55 ～ 16:00 ポスターセッション

目次 Contents

A タイセッション Thai Session

01T	The Study of Relationship between the Lifetime and the Area of Sunspot	10
	Piyathida Danyama (grade 11 equivalent) 【Siyanusorn School】	
02T	The Study of the Types of Sunspots Affecting on Solar Flares	11
	Runchida Phonwongsa (grade 11 equivalent) 【Princess Chulabhorn Science High School Mukdahan】	
03T	The Music from Orbital Period of the Uranus's Satellites	12
	Nisachon Kumlue (grade 11 equivalent) 【Srisawatwittayakarn School】	
04T	The Study of Orbital Period of the Exoplanet WASP-19b	13
	Yadanan Inta (grade 11 equivalent) 【Srisawatwittayakarn School】	
05T	The Calculation of Distance and Age of the M50 Open Cluster by H-R Diagram	14
	Areeya Kawin (grade 11 equivalent) 【Chak Kham Khanathon School】	
06T	The Simple Spectrograph for DSLR camera	15
	Mantacha Chumram (grade 11 equivalent) 【Nongbuadaengwittaya School】	

B 大気・星空環境 Atmosphere / Sky Condition

07S	「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさ 2016-2018	16
	—ひかりのまちの夜空は暗くなったのか?—	
	遺愛女子中学校・高等学校 地学部:	
	奥山 摩耶 (中1)、阿部 千晶、小松崎 愛、米澤 奈々珈 (中2)、荒木 美音、瀬野 亜依、 中島 果南、西山 澄 (中3) 【遺愛女子中学校】、小笠原 未歩 (高2) 【遺愛女子高等学校】	
08S	照明の変化による夜空の明るさへの影響	17
	河原林 そら、山田 綾香 (高2) 【愛知県立一宮高等学校 地学部 夜空班】	
09T	暗い場所は周辺の夜空の明るさに影響するのか	18
	富田 理恩 (中1) 【一宮市立南部中学校】	
10T	夏の大三角の比較による地方と都会の星の見え方の違い	19
	久佐賀 麻友、宇井 真大 (中等5)、武重 翔竜 (中等3)、松崎 陽、徐 嘉楊 (中等2) 【千代田区立九段中等教育学校 天文部】	

11T 地球大気のレイリー散乱によるスペクトル形状の変化について ～地球大気の厚さによる影響～	20
半谷 郁弥、小山 諒也（高2）【埼玉県立浦和西高等学校 地学部】	
12S 地球照のスペクトルを用いたブルーシフトの捕捉 -宇宙から眺める地球の大地-	21
伊藤 乃愛、吉野 礼珠（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	
13T 月食の本影の縁は本当にターコイズ色なのか	22
藤野 航大（高2）、安田 伊吹、土井 颯、鯨岡 慶樹（高1）【埼玉県立浦和高等学校】	
14T 形を変える雨粒 一流線形？円錐台形？	23
あめんぼ：森川 瑠水（中3）【順天中学校】、森川 遥光（高3）【東京都立科学技術高等学校】	

C 位置天文・太陽 Position Astronomy / Sun

15P 天文学的側面から見る絵画の正確性 天体による絵画の描かれた位置の特定	24
三上 モアナ、矢部 雄大、溝口 結斗（高2）【大阪府立北野高等学校】	
16T 天文学的側面から見る絵画の正確性 ゴッホ作「糸杉の見える道」	25
川上 真依、横山 菜々（高2）【大阪府立北野高等学校】	
17T 天文学的側面から見る絵画の正確性 「星月夜」	26
今西 音寧、鈴木 結琳（高2）【大阪府立北野高等学校】	
18S 絵画と天文学 「Starry Night over Brooklyn Bridge」	27
吉川 あゆみ、新谷 日和、田川 裕二（高2）【大阪府立北野高等学校】	
19S 絵画と天文学 Jean-Francois Millet 作「星の夜」	28
池田 理玖、田中 颯人、名手 陽哉、三松 修也（高2）【大阪府立北野高等学校】	
20T 影の長さの変化の観測から、祖沖之の法で太陽の南中時刻を求める	29
松澤 シズ、長田 琉斗、下澤 翼、橋本 輝星（中2）、西川 創、伊藤 凌（中1）【塩尻市立丘中学校】	
21S 八尺の圭表儀を用いた太陽の南中高度の観測	30
長田 琉斗、下澤 翼、松澤 シズ、橋本 輝星（中2）、西川 創、伊藤 凌（中1）【塩尻市立丘中学校】	
22T 太陽の黒点相対数と磁気嵐の関係 3	31
巣鴨中学高等学校 地学班： 菊岡 慧殊、江川 尚宏、手塚 友健（高2）、小野 央人、増田 雄大（高1）【巣鴨高等学校】、 宇都宮 耀也、小林 将大、並木 圭輔（中3）、河南 佳吾、小林 倫登、木場 康仁、石坂 志門、 北野 秀悟、柴田 唯爾、佐々木 太真生、内田 英就、後藤 大知（中1）【巣鴨中学校】	
23P 立川高校天文気象部の観測データから見るサイクル 24 の太陽黒点について	32
立川高校天文気象部：吉田 拓未、小池 悠太（高2）【東京都立立川高等学校】	

D 太陽系内の天体 Solar System Objects

24T	動画を利用した流星の分析	33
	青木 友美、鈴木 亮太（高2）、熊倉 有希、堀米 琴音（高1） 【宇都宮大学科学人材育成プログラム iP-U 流星研究班 國學院大學栃木高等学校】、 海老原 暉、小宮 優輝、三田 彩花（高2）、臼井 瑞紀、瀬端 脩人、高橋 知優、戸部 聡太（高1） 【國學院大學栃木高等学校】、 佐藤 瑞己（中3）、徳永 祐太（中2）、山根 史也（中1）【國學院大學栃木中学校】	
25T	流星の電波観測による3大流星群の比較	34
	山田 巽聖、飯野 聖希、柴崎 はな（高2）【新島学園高等学校】	
26T	お盆のような月の輝きに迫る	35
	岐阜県立岐阜高等学校 自然科学部 物理班： 田島 怜一郎（高2）【岐阜県立岐阜高等学校 / ハートピア安八 jr.天文倶楽部】	
27S	皆既月食のRGB分析	36
	青木 友美、海老原 暉、小宮 優輝、鈴木 亮太、三田 彩花（高2）、臼井 瑞紀、熊倉 有希、 瀬端 脩人、高橋 知優、戸部 聡太、堀米 琴音（高1）【國學院大學栃木高等学校 天文部】、 佐藤 瑞己（中3）、徳永 祐太（中2）、山根 史也（中1）【國學院大學栃木中学校 天文部】	
28S	月が吸収する太陽光の解析 ～スペクトルを比較して～	37
	田中 鉄兵、寺地 港（中2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校附属中学校】	
29T	51 ネマウサの形状 ～恒星食観測・測光観測から～	38
	名和 卓哉（高3）、鈴木 智貴、柴山 智浩（高2）、岡田 卓（高1） 【愛知県立一宮高等学校 地学部 SS 班】	
30S	小惑星(155140)2005UD の測光観測	39
	山本 紫苑、後藤 杏実（高2）、池添 太智、久保田 空、鈴木 文也、宮崎 瑛輔、野村 拓馬、 米谷 和真、芦田 結菜、坂田 陽菜乃 谷神 杏歌、伊藤 杏佳（高1） 【兵庫県立三田祥雲館高等学校 科学部天文班】	
31T	LCT アルゴリズムを用いた木星表面の模様の自動追跡	40
	尾崎 匠（高専3）、小林 克憲（高専1）【米子工業高等専門学校 科学部】	

E 宇宙探査・開発 Space Mission / Development

32T	エウロパ生命探査プロジェクト“Fates”	41
	もしっしょん生命探査班： 金子 じゅん（高2）【埼玉県立越ヶ谷高等学校】、田井 遥華（高2）【豊島岡女子学園高等学校】、 出口 凛々花（高2）【石川県立金沢錦丘高等学校】、中尾 悠達（高2）【栄光学園高等学校】、 原野 新渚（Grade 12 Equivalent）【Zion Christian Academy International】、 吉崎 謙（高3）【東京工業大学附属科学技術高等学校】	

33T	エウロパにおける生命探査	42
	第17回 君が作る宇宙ミッション DENEb 班： 生田 篤史（高1）【鹿児島県立楠隼高等学校】、大原 江梨花（高2）【神奈川県立柏陽高等学校】、 塩野谷 樹（中等5）【佐野日本大学中等教育学校】、菅沼 斗憐（高1）【栄光学園高等学校】、 星野 日和（高1）【愛知県立岡崎高等学校】、丸目 帆夏（高1）【大阪府立豊中高等学校】	
34T	火星の氷のサンプリング計画	43
	第17回 君が作る宇宙ミッション VEGA 班： 妹尾 梨子（高3）【静岡県立磐田南高等学校】、宇井 瞭介（高2）【神奈川県立柏陽高等学校】、 戸井田 愛理（高2）【東洋高等学校】、北川 陽斗（高1）【滝高等学校】、 小松 研人（高1）【栄光学園高等学校】、鈴木 敬子（高1）【東京学芸大学附属高等学校】	
35T	環境に関する問題点を解決する火星移住方法の模索とその可能性の検討	44
	もしっしょん火星班： 大金 遥（高2）【栃木県立宇都宮女子高等学校】、日下 由理（高2）【神戸女学院高等学部】、 丹羽 駿輔（高2）【滝高等学校】、大槻 真優（高3）【東京都立国際高等学校】、 松野 なな（高3）【香川県立高松高等学校】、渡辺 凜（高3）【創価高等学校】	
36T	気球とグライダーを用いた新しい宇宙旅行	45
	第17回 君が作る宇宙ミッション ALTAIR 班： 林 将大（高3）【横浜市立金沢高等学校】、永井 めぐみ（高2）【愛光高等学校】、 藤原 諒（高2）【岡山県立岡山操山高等学校】、大野 僚子（高1）【渋谷教育学園渋谷高等学校】、 篠崎 倫（高1）【神奈川県立相模原高等学校】、松山 知宏（高1）【大阪府立豊中高等学校】	
37S	缶サット機体の自転による パラシュート降下中に陥る円錐振り子運動からの姿勢安定についての探求	46
	洞口 翼（高2）、久保 公貴（高1）、石関 康汰（OB）【東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部】	
38T	超小型衛星 Stars-AO による観測研究計画 ～宇宙から ISS を撮影する～	47
	Stars-AO 衛星観測研究計画立案プロジェクト： 豊田 聖、林 大晟、中山 雅至（高2）、児玉 拓海、大月 悠雅、黒石 晶（高1） 【浜松学芸高等学校】、磯部 神威、樽林 晴翔（中2）【浜松学芸中学校】、 赤川 木ノ花、池田 佳音、小坂 優奈（高1）【静岡県西遠女子学園高等学校】、鈴木 詩乃（中3） 【静岡県西遠女子学園中学校】、 和田 彩華（高2）、徳増 真大、百田 翔、竹山 楓真、岡部 悠大、小草 涼太（高1） 【浜松市立高等学校】、 太田 翔馬、苅和 悠也、竹内 理人、成枝 志陽、山田 理央（高1）【静岡県立浜松北高等学校】、 豊田 幸吉（中3）、鈴木 伊織、足立 心玲（中2）、小林 優珠香、小松 優作、沢淵 遼太、 鈴木 淳ノ介、廣瀬 万奈美（中1）【静岡大学教育学部附属浜松中学校】、 村松 耀（中3）、後藤 楓成（中2）【静岡県立浜松西高等学校中等部】、 橋本 麻利、宮島 健成（中1）【浜松日体中学校】、藤田 匡信（中2）【浜松市立浜名中学校】、 掘田 智仁（中1）【浜松市立曳馬中学校】	
39T	静止軌道、デブリを探して九千里 III —モデルデブリを用いた静止軌道近傍デブリの探索—	48
	溝口 瑛斗、杉本 晋一郎（高3）、藤嶋 魁司、田中 夢人（高2）、甲斐 涼雅、青木 翼、有吉 裕哉、 松中 陽路（高1）【福岡工業大学附属城東高等学校】	

F 装置・観測方法 Instrument / Method

40S	プラネタリウムの設計	49
	鮑 振東（高2）、富澤 佑介（中3）【駿台学園中学・高等学校 天文部】	
41T	デジタルプラネタリウムの開発	50
	小沼 穂高、中村 八雲（高専3）、青柳 悠人、田中 隼、森山 実、宮澤 琢馬（高専2） 【長野工業高等専門学校 天文部】	
42T	月光発電の実現可能性 ～「日進月歩くん」の開発～	51
	地学研究部 チーム日進月歩：石本 貴昭、米村 優輝（高1）、鈴木 涼太、雨宮 達也、 雨宮 進也（高2）【中央大学附属高等学校】、佐藤 弘一（中1）【中央大学附属中学校】	
43T	太陽電波観測データの自動蓄積・自動解析システムの開発	52
	長野県駒ヶ根工業高等学校 サイエンス同好会：瀬戸 由乃、岩村 勇弥、白鳥 衛、阿部 早哉香、 西野 諒太、牧田 敏明（高3）、下島 彩（高1）【長野県駒ヶ根工業高等学校】	
44P	スマートフォンカメラを用いたコリメート撮影法の検討	53
	荒岡 柊二郎（中等5）【東京都立南多摩中等教育学校】	
45T	Maxwell 方程式と Einstein 方程式の学習における 重力波観測による地震検知の可能性の研究	54
	青木 昂汰、石橋 和博、落合 康太、絹川 竜史、守 毅人、佐藤 萌未、藤崎 志歩（高1） 【神奈川県立横須賀高等学校】	

G 太陽系外の天体 *Galactic / Extragalactic Objects*

46S	トランジット法を用いた系外惑星 WASP-50b の大きさの測定	55
	金茂 勇作、愛洲 雅也、山下 輝大、吉村 海吏 (高2) 【奈良県立青翔高等学校】	
47T	脈動変光星 ペガスス座 DY (DY peg.) 測光観測	56
	藤田 睦、来田 磨保 (高2)、成瀬 晴香 (高1) 【兵庫県立舞子高等学校】	
48S	EW 型食変光星のライトカーブと色指数変化の関係	57
	原 琴音、樋口 陽日、芹澤 輝、中島 力 (中3) 【新島学園中学校】	
49T	Gamma Cassiopeia の光度変化とスペクトルの関係	58
	伊藤 蒼、内田 舜也、正木 青空、山崎 夏奈 (高2)、神本 紅愛、神澤 英寿、森村 瑞穂 (高1) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	
50S	食連星 β Lyr の分光観測	59
	吉野 礼珠 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	
51T	星雲はどのように輝くのか ~3 波長帯での測光観測より~	60
	銀河学校 2018 A 班: 梶田 みさと (高専4) 【豊田工業高等専門学校】、 大村 充輝 (高3) 【山口県立山口中央高等学校】、伊藤 愛結 (中等6) 【奈良女子大学附属中等教育学校】、 田中 匠 (高3) 【栄光学園高等学校】、海老原 将 (高2) 【麻布高等学校】、 山崎 夏奈 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	
52T	超新星残骸・惑星状星雲の輝線スペクトルの特徴	61
	阿曾沼 凌雅、井上 和思、漆谷 元希、中丸 智陽 (高1) 【修道高等学校】	
53T	ブラックホール連星 SS433 のジェットの特徴	62
	古野 友希、三浦 奈々 (高2) 【奈良県立青翔高等学校】	
54T	星形成率から探る銀河の性質	63
	銀河学校 2018 B 班: 丹羽 佑果 (大1) 【東京工業大学】、後藤 佑太、照沼 侑依 (高2) 【明星高等学校】、 大場 莞爾 (高2) 【福岡県立筑紫丘高等学校】、丸山 満ちる (高1) 【洗足学園高等学校】、 寺井 康德 (高3) 【西大和学園高等学校】、一瀬 ルアナ (高2) 【渋谷教育学園渋谷高等学校】	
55S	銀河の渦巻きはどうしてできるのか	64
	銀河学校 2018 B 班: 丹羽 佑果 (大1) 【東京工業大学】、後藤 佑太 (高2) 【明星高等学校】	
56S	銀河のダークマターの割合を求める	65
	河上 真宙、松本 香乃実 (高2) 【奈良県立青翔高等学校】	

The Study of Relationship between the Lifetime and the Area of Sunspot.

Miss. Piyathida Dunyama (grade 11), Mr. Chan Thaowanee (adviser)

[Siyanusorn School, Chanthaburi, Thailand]

Abstract

The purpose of this research is to study the relationship between the lifetime of sunspots with the area of sunspots. By using the database online on <http://www.spaceweatherlive.com> from 2001 to 2015. The study found that the lifetime of the sunspot with the largest area is correlated in the equation $Y=1.1486X^{0.4385}$. The relationship between the lifetime of the sunspot and the initial size is correlated following in the equation $Y=1.7728 \ln(x) + 0.5407$.

Introduction

Sunspots are temporary phenomena on the Sun's photosphere that appear as spots darker than the surrounding areas. They are regions of reduced surface temperature caused by concentrations of magnetic field flux that inhibit convection. Sunspots usually appear in pairs of opposite magnetic polarity. Their number varies according to the approximately 11-year solar cycle.

Methods

Study of the relationship between the lifetimes of sunspots and the largest area size.

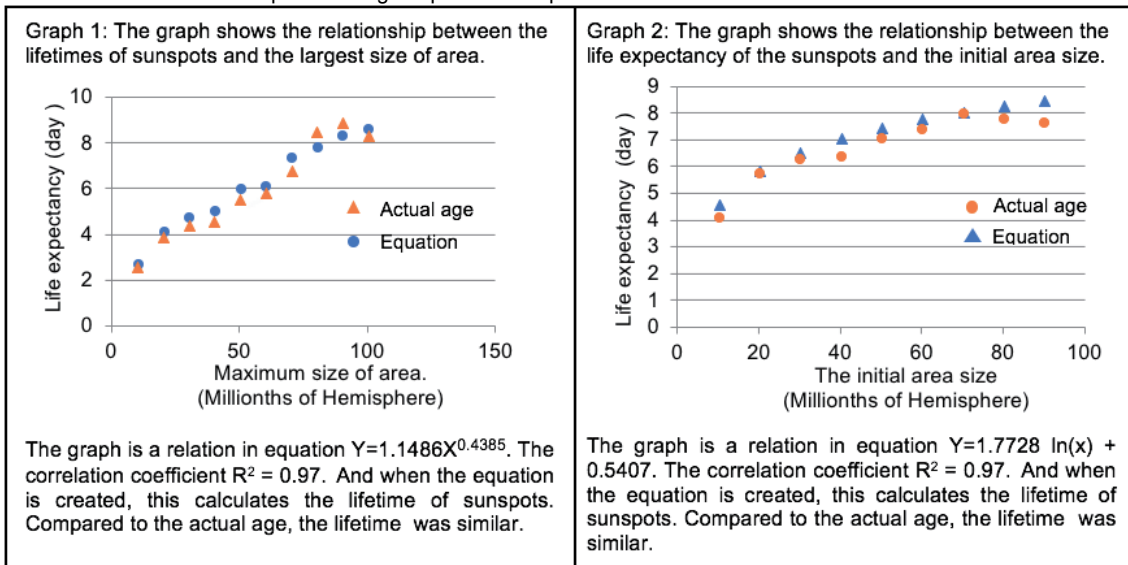
- Collect data of the lifetime of sunspots with the largest area size.
- Plot graph to study the relationship between the lifetimes of sunspots and the largest area size.
- Study the relationship by creating the relationship equation in various forms.
- Apply equations to calculate the lifetime of new sunspots.

Study of the relationship between the lifetimes of sunspots and size of the initial area.

- Collect data of the lifetime of sunspots with the initial area size.
- Plot graph to study the relationship between the lifetimes of the sunspots and size of the initial area .
- Study the relationship by creating the relationship equation in various forms.
- Apply equations to calculate the lifetime of new sunspots.

Results and Discussion

The study found that the equation of calculation of lifetime of sunspot with large area and initial size are related with the lifetime of new sunspot following Graph1 and Graph 2 below.



Conclusions

The lifetime of sunspots related to their size. The relationship between the lifetime of sunspots with the area can be explained as the equation for predicting the age of a sunspot. The study found that the lifetime of the sunspot with the largest area is correlated in the equation $Y=1.1486X^{0.4385}$. The relationship between the lifetime of the sunspot and the initial size is correlated following in the equation $Y=1.7728 \ln(x) + 0.5407$.

Acknowledgment

I would like to thank Mr.Prot Supapong, Mr.Chan Thaowanee, Mr.Matipon Tangmatitham and the National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization).

Reference

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

The Study of the Types of Sunspots Affecting on Solar Flares.

Miss. Runchida Phonwongsa (grade 11), Mr. Niwat Worasan (adviser)
[Princess Chulabhorn Science High School Mukdahan, Mukdahan, Thailand]

Abstract

This project studied the type of sunspots that influence the solar flare. The objectives of this study were the relationship between sunspots in its 24th solar cycle (2008 - 2018) and the solar flares. From the result, the relationship between Hale class, the position and the area of sunspots that affects the solar flare and the relationship between the probability of the solar flare and the size of the sunspots in comparison with the level of flaring level C, M, and X.

Introduction

The radiation from the solar flares inevitably affects the world. The flare caused by the sun affects the ionosphere of the earth, causes the satellite to receive damage which affects the communication. This affects human lives.

Method

Part 1 : Data Collection

1. Use the data of sunspots and the solar flares including the eruption from www.solarmonitor.org to analyze the data according to the related studying variable as follows.

1.1 The area of the sunspot classified by the size of the sunspots. And Graph 1 show the relationship between the size of sunspots and solar flares.

1.2 Hale class classified by the characteristics of the different magnetic field which classified into 5 different categories are α , β , $\beta\delta$, $\beta\gamma$, and $\beta\gamma\delta$. And the data of the annual average flaring level of solar flare of each Hale class in the year of 2010, 2014, and 2016. (See in Graph 2)

1.3 The position of the sunspot classified by the latitude of the sun between the 35 degrees north to the 35-degree south. (See in Graph 3)

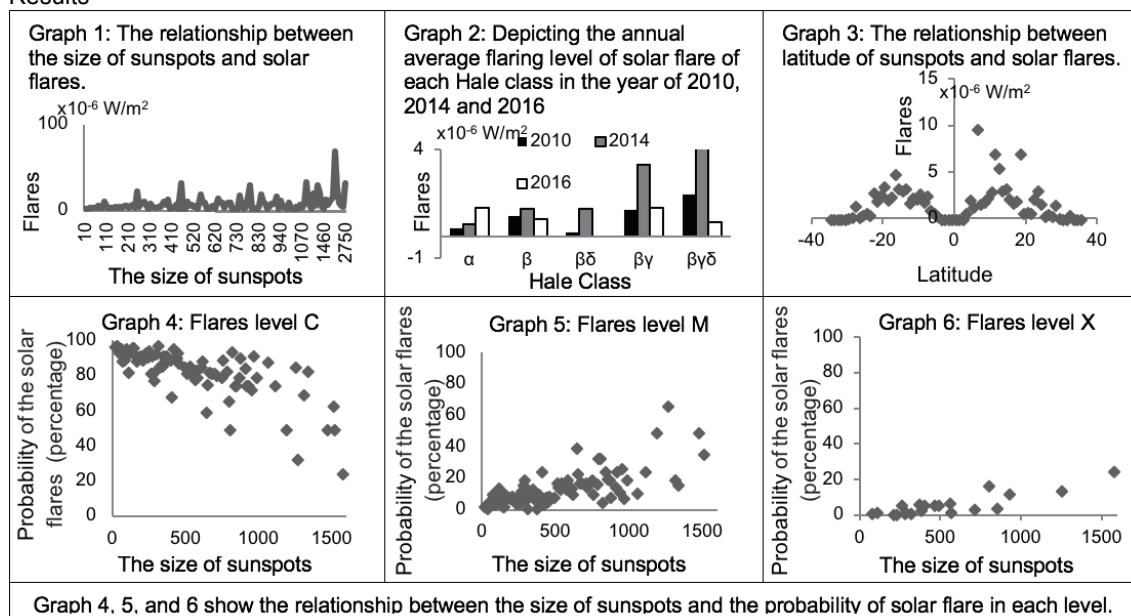
Part 2 : Data Analysis

2. The information of the solar flare caused in each sunspot compared to the relationship in an annual basis.

3. Analyze the relationship between the area of the sunspot and the probability 3 levels of solar flare are C, M, and X. (See in Graph 4, 5, and 6)

4. Analyze the relationship between the size of the sunspots, the Hale classification and the latitude of the sunspots that affects towards the solar flares.

Results



Conclusions and Discussion

According to the study, it has been found that Hale class $\beta\gamma\delta$ had more intense eruptions than the other Hale classes and almost all flaring eruptions were at the 10-20-degree latitude north and south. There is no evidence of the occurrence of such a situation on the equator of the sun. When considering only at each level of the solar flares, it has found that the area of each sunspot increased that influences the level of M and X would be increased as well. However, C level is less likely to occur.

Acknowledgement

I would like to express my sincere thanks to Mr.Niwat Worasan, Mr.Pisit Nithinanan, Mr.Matipon Tangmatitham and the National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) for their kind co-operation and encouragement.

Reference

Matipon Tangmatitiam, (2017). The Handbook of Astronomic Workshop, ChiangMai: Educational Astronomic Information Service Center.

The Music from Orbital Period of the Uranus's Satellites.

Miss.Nisachon Kumlue (grade 11), Mr.Montree Nanta (adviser)
[Srisawatwittayakarn School, Nan, Thailand]

Abstract

The purposes of this study were to find the orbital period of the Uranus's moon and convert into music. The study found that the orbital period of Umbriel, Titania and Oberon are 4.29 ± 0.15 days, 8.27 ± 0.42 days and 11.63 ± 1.58 days respectively. And create the musical notes of Umbriel as notes F4, Titania as F#3 and Oberon as C3. The note from the database for Miranda is D#6, Ariel is F5, Umbriel is G#4, Titania is G#3 and Oberon is C3. We found that any planet with orbiting plane and each moon has a simple ratio of frequency can create a musical sound.

Research and Methodology

1. Capture the image of Uranus's moon to observe the orbital period for a total of 24 days from 21 November 2017 to 23 December 2017. Then find the Uranus's moon from image by skychart program.

2. Upload image from observed on www.astrometry.com in order to get the coordinate. Match the image by DS9 program to measure the coordinate in the x-axis of Uranus and the moon each day and then take the coordinate of the moon to remove the coordinate of Uranus. Bring the values obtained plot the graph between the distance of the moon on the x-coordinate and day to find the orbital period.

3. Apply the orbital period of each moon to find simple ratio using the orbital period in seconds and convert to frequencies from equation $f = 1 / T$.

4. Determine the frequency of the outermost moon is the frequency that humans can hear which equal to 130.81 Hz or C3. Calculate K constant from equation $f_m = Kf$ which f_m is the frequency that humans can hear, f is the frequency of the moon. The frequency of other moons can multiply by K constant that to find the frequency in which humans hear.

5. Compare the frequency obtained with the frequency from the database to find the musical notes of each moon.

6. Put each note in the Mixcraft 8 Recording Studio program according to the simple ratio that can be found in item 3. When the stars move around each other, they are represented by musical instruments as appropriate.

7. Follow according to article 3.-6. But use the period of orbit of the Uranus' moon from <https://airandspace.si.edu>. The music note of Uranus's moon from this study compare with database as shown in Table 1.

8. Follow according to article 2.-6. Using the orbital period of Jupiter' moon and Saturn's moon from <https://solarsystem.nasa.gov/moons>. The music note of Jupiter' moon and Saturn's moon as shown in Table 2 and Table 3, respectively.

Results and Discussions

Table 1: The music note of Uranus's moon from this study and database.

moon	Miranda	Ariel	Umbriel	Titania	Oberon
Note from this study	-	-	F4 (349.2Hz)	F#3 (185.0 Hz)	C3 (130.8 Hz)
Note from database	D#6 (1244.5 Hz)	F5 (698.5 Hz)	G#4 (415.3 Hz)	G#3 (207.7 Hz)	C3 (130.8 Hz)

Table 2: The music note of Jupiter's moon from database.

moon	Io	Europa	Ganymede	Callisto
Note from database	D#6 (1244.5Hz)	D#5 (622.2 Hz)	D#4 (311.1Hz)	C3 (130.8Hz)

Table 3: The music note of Saturn's moon from database.

Satellite	Mimas	Enceladus	Tethys	Dione	Rhea	Titan
Note from database	C#7 (2217.4Hz)	G6 (1567.9Hz)	C#6 (1108.7Hz)	G5 (783.9Hz)	A#4 (466.1Hz)	C3 (130.8Hz)

Conclusion

The orbital period of Umbriel, Titania and Oberon are 4.29 ± 0.15 days, 8.27 ± 0.42 days and 11.63 ± 1.58 days respectively. And create the musical notes of Umbriel as notes F4, Titania as F#3 and Oberon as C3. The note from the database for Miranda is D#6, Ariel is F5, Umbriel is G#4, Titania is G#3 and Oberon is C3. The moons of Jupiter are Io, Europa, Ganymede and Callisto, the notes are D#6, D#5, D#4 and C3 respectively. The moons of Saturn are Mimas, Enceladus, Tethys, Dione, Rhea and Titan, notes are C#7, G6, C#6, G5, A#4 and C3 respectively. When used in the Mixcraft8 program according to the simple ratio of the period, it makes the music beautiful and consistent.

Acknowledgements

This project was succeed with good advice from Mr.Montree Nanta, teacher advisor and Mr. Thanakrit Santi Kunaporn advisor from NARIT and thanks Mr. Krishna Lamsombat, NARIT Officer and Observatory in honor of His Majesty the King's 7th Cycle Birthday Anniversary, Nakhon Ratchasima.

Reference

- Matiphon Tangmatitham. (2013). A Guide to Astronomy Workshops. 3rd edition Chiang Mai: Academic Service Office and Astronomy Seminar, National Astronomical Research Institute (Public Organization).
- Note names of music [Online] Search from: <http://www.sengpielaudio.com/calculatornotenames.htm> (2 October 2017).
- THE MOONS OF URANUS [Online] Search from: <https://airandspace.si.edu/exhibitions/exploring-the-planets/online/solar-system/uranus/moons.cfm> (30 October 2017).
- TRAPPIST Sounds: TRAPPIST-1 Planetary System Translated Directly Into Music [Online] Search from: <http://www.system-sounds.com/trappist-sounds/> (2 October 2017).

The Study of Orbital Period of the Exoplanet WASP-19b.

Miss.Yadanan Inta (grade 11), Mr.Montree Nanta (adviser)

[Srisawatwittayakarn School, Nan, Thailand]

Abstract

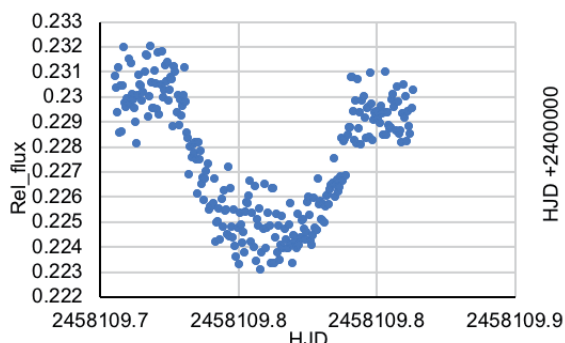
WASP-19b is an exoplanet in a Vela stars group in the southern hemisphere. It's the hot-Jupiter type and discovered by Cutir R.M., et al, in 2009. The purpose of this study is to study the physical properties of the planet WASP-19b including its planetary radius, orbital period and distance to the star. In this work, the R filter observed was conducted using 0.6-meter (PROMPT 8) the telescope of NARIT at Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO). The planetary radius was analyzed by an AstrolmageJ program. We calculate the orbital period of the planet from $HJD = HJD_0 + P(E)$ equation and the distance to the star base on Kepler's Third Law. The result reveals that the planetary radius is $1.38R_{Jup}$, the orbital period is 0.79 days and the distance to the star is 0.016 AU which is 1.08%, 0.14% and 2.36 % different from Eduardo Fernández-Lajús and Romina P. Di Sisto. (2017) [1] respectively.

Research Methodology

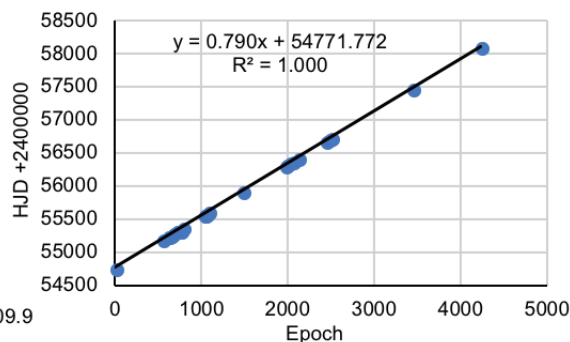
1. The exoplanet WASP-19b was observed using 0.6-meter (PROMPT 8) the telescope of NARIT at Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) with 10 seconds exposure time on filter R . All image data were calibrated with bias, dark and flat frames by AstrolmageJ Program. Measured the brightness of WASP-19b using the aperture photometry technique, which used TYC 8181-2204-1 as the reference star.
2. From data analysis, plot graph between HJD_UTC and Flux to create a light curve to calculate the mid transit (HJD) by differentiating quadratic polynomial functions. (show in Graph 1)
3. The Epoch was derived from the $HJD = HJD_0 + P(E)$ equation, with $HJD = 54771.745 + 0.790E$ of the recorded data (Eduardo Fernández-Lajús and Romina P. Di Sisto. (2017) [1]).
4. Plot graph between mid transit (HJD) and the Epoch value to calculate orbital period of the exoplanet. (show in Graph 2)
5. The distance to star was calculate from the equation $a^3 = \frac{T^2 G(M+m)}{4\pi^2}$ (Kepler' third Law).
6. The planet's radius of the exoplanet was figured out via AstrolmageJ program by a fit statistics.

Results and Discussion

1. Based on Kepler's third Law, the distance to star is 0.016 AU.
2. The radius of the exoplanet from AstrolmageJ program by a fit statistics is $1.38R_{Jup}$.
3. From $HJD = 54771.745 + 0.790E$ equation, the period of exoplanet WASP-19b is 0.79 days.



Graph1: Light curve of exoplanet WASP-19b.



Graph2: A graph between HJD with minimum light and the Epoch value. this show $HJD = 54771.745 + 0.790E$ equation, and get a period.

Conclusion

According to the results, the radius of exoplanet WASP-19b is $1.38R_{Jup}$ which, is different 1.08% comparing to Eduardo Fernández-Lajús and Romina P. Di Sisto. (2017) [1]. After analyzing the data, the orbital period is 0.79 day, and the distance between exoplanet WASP-19b and its host star is 0.16 AU which is 0.14% and 2.36 % different from Eduardo Fernández-Lajús and Romina P. Di Sisto. (2017) [1] respectively.

Acknowledgment

I would like to express my deepest gratitude to Mr.Montree Nanta, Ms.Sawatkamol Pichadee, Mr.Matipon Tangmatittham and my family for their counselling and encouragement which help me in completion of this project.

Reference

- [1] Eduardo Fernández-Lajús and Romina P. Di Sisto. (2017). Variable Star and Exoplanet Section of Czech Astronomical Society. [Online] from: <http://var2.astro.cz/ETD/etd.php?STARNAME=WASP-19&PLANET=b> (january 21, 2018)].
- [2] Matipon Tangmatittham. (2013). The Handbook of Astronomic Workshop, Chiang Mai: Educational Astronomic Information Service Center.
- [3] Exoplanet.eu. data of WASP-19 b planet. [Online] from: <http://exoplanet.eu> (January 21,2018)].
- [4] LESA. Radius of planets. [Online] from: <http://www.lesa.biz> (January 11, 2018)]

The Calculation of Distance and Age of the M50 Open Cluster by H-R Diagram.

Miss. Areeya Kawin (grade 11), Miss. Autchara Teeravittayanukun (adviser)

[Chak Kham Khanathon School, Lamphun, Thailand]

Abstract

The purpose of this work is the calculation of distance and age of the M50 open cluster by H-R Diagram. In this work, B and V filter observation was conducted using the 0.6-meter telescope at Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO). From observation data, created H-R Diagram of M50 open cluster with Standard H-R Diagram. From H-R Diagram, the distance of M50 open cluster is 847 parsec and the age of M50 open cluster is 1,724 Million years.

Introduction

M50 or NGC2323 is open cluster in Monoceros with an apparent magnitude of 5.9, Right Ascension 07h 03.2m and Declination -08° 20'. In this study interested to study about the distance and age of the M50 open cluster by H-R Diagram.

Materials and Method

1. Finding Distance and Age of the M50 Open Cluster.
 - Observed M50 Open Cluster in B and V filters.
 - Analyze data with Aperture Photometry Tool (APT) program. in order to compare with reference stars by DS9 program.
 - Calculate apparent from $m_1 - m_2 = -2.5 \log \left(\frac{f_1}{f_2} \right)$ and create H-R Diagram of M50 Open Cluster with standard H-R Diagram.
 - From H-R Diagram, approximate turnoff point of M50 Open Cluster to calculate m-M. Calculate distance by eq.(1) and age by eq.(4).
2. Compare H-R Diagrams of M50 Open Cluster with NGC 2323 as shown in Picture 1. And compare data of M50 Open Cluster with Jasonjot Singh Kalirai & Monica Tosi (2004) as shown in Table 1.

Graph 1 show that $m=11.84$ and $M=2.20$ at turnoff point. Apply this value instead in distance modulus equation

$$(1) d = 10^{\left(\frac{m-M+5}{5} \right)}$$

By substituting in the equation, the distance of M50 Open Cluster is 847.23 pc or about 847 pc.

Apply $d=847$ instead in equation

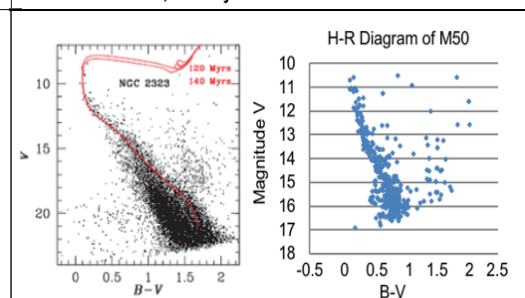
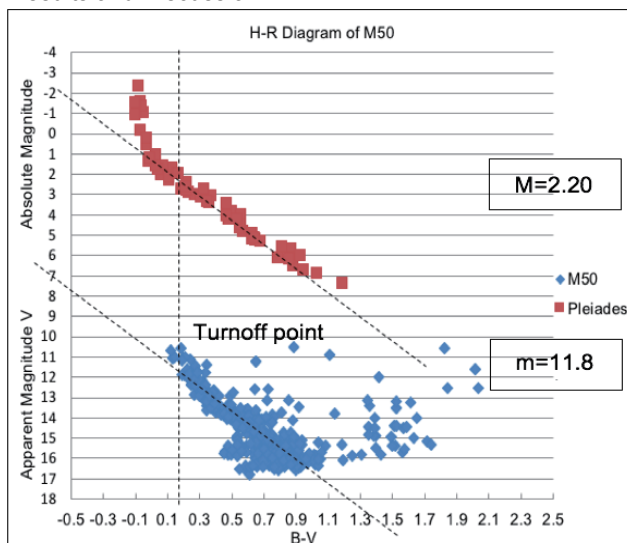
$$(2) m - m_0 = -2.5 \log \left[\left(\frac{L}{L_0} \right) \left(\frac{d_0}{d} \right)^2 \right]$$

$$(3) \log \left(\frac{L}{L_0} \right) = 3.5 \log \left(\frac{M}{M_0} \right)$$

$$(4) t = 10^{10} \left[\frac{M}{M_{\text{sun}}} \right]^{-2.5}$$

By substituting in the equation, the age of M50 Open Cluster about 1,724 Myr.

Results and Discussion



Picture 1: Compare H-R diagrams of M50 open cluster with NGC 2323 open cluster.

Data	Jasonjot Singh Kalirai & Monica Tosi (2004).	This project
Projects		
B-V	0.22	0.20
V magnitude	8.00	11.73
m-M	10.00	9.53
Distance(pc)	1,000	847
Age(My)	130	1,724

Table 1: Compare data of M50 Open Cluster.

Conclusion

This project found that M50 Open Cluster has a distance about 847 parsecs with error 15% and age about 1,724 million years with error 1,226%. We consider the error of result and found that the limit magnitude of the telescope cause the information of M50 is insufficient and to cause a turnoff point unclear.

Acknowledgment

This project was good to do. I would like to thank Miss. Autchara Teeravittayanukun, Miss. Pranita Sappankum, Mr. Piyapong Hiranrat, Mr. Matipon Tangmatitham and the National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) for supporting the project.

Reference

Jasonjot Singh Kalirai & Monica Tosi (2004). Interpreting the colour-magnitude diagrams of open star clusters through numerical simulation

The Simple Spectrograph for DSLR camera.

Miss.Mantacha Chumram (grade 11), Mr.Jukgrit Wongvittayanon (adviser)
[Nongbua Daeng Wittaya School, Chaiyaphum, Thailand]

Abstract

The purpose of this study to construct a simple spectrograph by designing and setting up a spectrophotometer system to analyze and observed the spectral distribution of spectrograph with a reflective telescope. By combining the light through the lens and the refraction of light through the gating. The device is a wavelength spectrum. For the study the wavelength of the spectrum, we calibration the data with hydrogen tubes. For the results, DSLR camera can be used to capture the spectral images clearly and can be analyzed wavelengths from images and diffuse light spectrum from various sources.

Methods

1. Design and construct a simple spectrograph using the diffraction grating with 600 lines per millimeters.
2. The acrylic sheet is cut in accordance with the design (see in Fig.1 and 2). Assemble the acrylic sheet, grating and the lens together as shown in Fig.3.



Fig.1 The acrylic sheet.



Fig.2 The acrylic sheet and camera.



Fig.3 The acrylic sheet, grating and the lens.



Fig.4 The simple spectrograph with Dobsonian telescope.

3. Test the efficiency of the equipment and analyze the data.

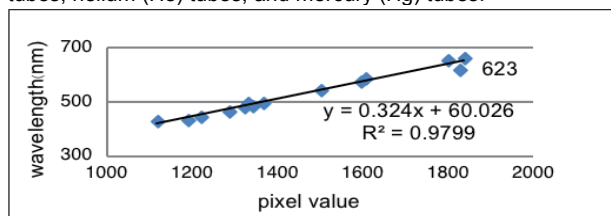
3.2 Use the equipment captures standard light source image of hydrogen(H_2) tubes, helium (He) tubes, and mercury (Hg) tubes to analysis wavelength calibration from Solar spectrum.

3.3 Using Iris software, standard spectrum was calibrated by measuring the pixel length of each color band. And then, calculate the wavelength of each color band to determine the standard wavelength of the equipment by Microsoft Office Excel.

3.4 Connect simple spectrograph with Dobsonian telescope, show in Fig.4, to observe the solar spectrum and analyze the image. The image of solar spectrum on June 14th, 2019 show in Fig.5, which the relationship between the wavelength and the intensity from observe by the equipment on June 14th, 2019 as shown in Graph 2.

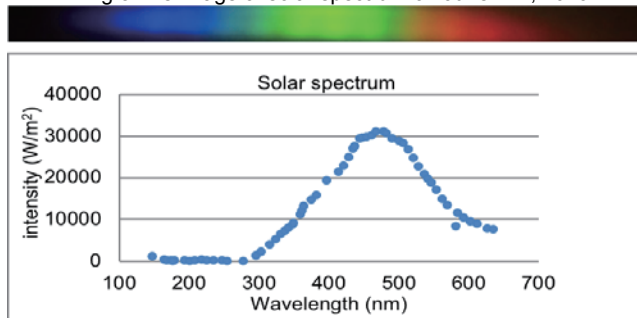
Results

Graph 1: shows the relationship between the wavelength and the pixel length of each color band of hydrogen(H_2) tubes, helium (He) tubes, and mercury (Hg) tubes.



From Graph 1, The equation of the experiment is $y = 0.324x + 60.02$.
When y is the wavelength, the unit is nm.
x is the pixel value

Fig.5 The image of solar spectrum on June 14th, 2019.



Graph 2: shows the relationship between the wavelength and the intensity from observe by the equipment on June 14th, 2019.

CONCLUSIONS

The study shows that, the relationship between the wavelength and pixel length of the simple spectrograph express as $y = 0.324x + 60.02$ which is a linear equation. The experiment also observed solar spectrum and collected the wavelength range around 434 – 656 nm. with the maximum radiation intensity occur at 476 nm which similar to theory. As the result, the simple spectrograph can be used for student to learn about relationship of wavelength, color band and black body radiation but not yet suitable to study a single of spectral line such as Hydrogen or Helium line. The experimenter hopes to continue study and adjust optical design to have more precise of simple spectrograph.

REFERENCE

Kamonrat Sithanu. (2559). The construction of a spectroscopy machine with a DSLR camera. Nong Bua Daeng Wittayalai School, Chaiyaphum.

「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさ 2016-2018
—ひかりのまちの夜空は暗くなったのか?—

遺愛女子中学校・高等学校地学部
奥山 摩耶（中1）、阿部 千晶、小松崎 愛、米澤 奈々珈（中2）、
荒木 美音、瀬野 亜依、中島 果南、西山 澄（中3）【遺愛女子中学校】、
小笠原 未歩（高2）【遺愛女子高等学校】

要旨

夜景で有名な「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさを2011年から調査した。2015年に作成した「函館周辺星空マップ」と現在の函館周辺の夜空の明るさは変わったのか、最近のデータを過去のデータと比較した。また昨年10月の胆振中東部地震に関連した停電とその後の節電で夜空は暗くなったのか検討した。

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ーター（SQML、SQMLE）による夜空の明るさ観測を継続してきた。卒業した先輩たちから調査を引き継いで今年度で3年目になる。3年間のデータを2015年に発行した「星空マップ」作成時のデータと比較した。

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。新函館北斗駅前などでは、デジタル写真撮影も行い星空公団デジカメ星空診断のwebを利用して測光し、夏の環境省星空観察のwebへデータを投稿した。2018年8月には松前町原口でペルセウス座流星群の眼視観測を行い、同時にSQMLによる夜空の明るさ観測を行ったが、同じ観測地での2013年8月の調査結果と比較した。

3. 観測結果

SQMLEとSQML定点観測結果を表1に示す。天候によって値はばらつくが、積雪のない時期の雲量が少ない日の平均値は、夜空の明るさマップを作成した2015年までの結果と大きく変わっていない。2018年9月には胆振中東部地震に伴う停電があり、その後も節電期間が設けられたが、この期間には例年より暗い値となった。

新函館北斗駅付近も高層住宅が建設されて夜空の見やすさは失われてきているが、観測値はそれほど変わっていない（表2）。一方、松前町原口での合宿観測では、2013年の8月よりやや明るい値となった（表2）。

表1 函館周辺の夜空の明るさ(2016-18)		21時に補正した値	
2015年星空マップ作製時の 夜空の明るさ区分け	2016-18定点	無雪期平均	停電時～節 電中
I 17等～18等未満	松風町	17.3	18.15(9/11)
II 18～18.5等未満	遺愛、人見町	18.3、18.4	18.77(9/11)
III 18.5～19等未満	湯川3丁目	18.6	19.89(9/6)
IV 19～19.5等未満	(湯の浜海岸)	(18.87) 写真19.02	
V 19.5～20等未満	北斗市向野	19.8	19.93(9/11)
VI 20等以上	城岱牧場	(20.04) 写真20.4	

表2 新函館北斗駅と松前町原口の夜空の明るさ 2013・2018					
新函館北斗駅	SQML	備考	松前町原口	SQML	備考
2012.10.13	19.95	北斗市本郷	2013.8.06	20.64	
2012.10.18	19.96	北斗市市渡	2018.8.11	20.22	写真20.8
2018.4.17	19.83	写真20.22	(ともに雲量5)		
2018.9.14	19.92	写真20.1			

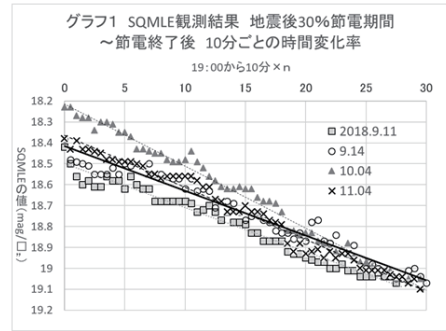


表3: 夜空の明るさ10分毎の時間変化率			
2018.9月11日	0.0211	10月4日	0.0297
9月14日	0.0214	11月4日	0.0214

4. 考察

函館市周辺の夜空の明るさは2015年以前と大きく変化していないと考えられる。地震後の停電期間中には、湯川で19.89等を記録し、本校中学生にアンケート調査を行った結果では停電時に回答者123名の69%が夜空を見上げ、その83%が「天の川」もしくは「天の川っぽい」星を見ることができたと答えた。「夜空の明るさ区分」のどの地域でも天の川らしいものが見えていた。LEが記録した値は、停電復旧直後の節電期間にも0.5等程度暗くなり、時間変化率も低くなった（グラフ1、表3）。ライトダウンすればどこでも天の川が見えることが実証され、少しだけライトダウンすることで郊外の「19等エリア」で天の川が見える空を取り戻せるのではないかと。一方、天の川がいつでも見える松前町原口の夜空が明るくなった原因は、継続観測していないため明らかではないが、観測時には光柱現象がみられ、上空のエアロゾルが多かった影響が考えられるほか、観測場所周辺の街灯がすべてLEDに変わり灯火が明るくなった影響も考えられる。暗い夜空の地域でも、天の川が見える夜空を守る努力が必要である。

5. 今後の課題

ライトダウンを呼びかけ、天の川が見える空も函館の魅力であることを、観望会を実施してアピールしたい。

参考文献

「ひかりのまち・函館」で星空マップをつくる（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？（2017、2018）遺愛女子中・高地理部・日本天文学会春季年会ジュニアセッション講演要旨、デジカメ星空診断<https://dcdock.kodan.jp/>、環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめくん」、環境省・夜空の明るさを測ってみよう<https://www.env.go.jp/air/life/hoshizorakansatsu/>

照明の変化による夜空の明るさへの影響

河原林 そら、山田 綾香（高2）【愛知県立一宮高等学校地学部夜空班】

要 旨

夜空の明るさ班では光害についての研究を行っている。光害を引き起こす原因のひとつに街灯の明かりがある。近年街灯の中でもLEDの使用率が増加している。これを受けて街灯の種類によって夜空に与える影響は異なるのか、実際に夜空が受ける影響について2015年～2018年の測光結果から得たskyのRVB光量変化と水銀灯・ナトリウムランプ・蛍光灯・LEDの一般データを比較した。

1. 方法

(1) 2015年～2018年に行ったsky測光結果における比較星のカatalog値、カウント値、sky平均をポグソン式に代入する。

$$\text{ポグソン式} \quad m = n - 2.5 \log(L_m / L_n)$$

Sky = m 等級(求める等級)
比較星 = n 等級(Catalog値)
L_m = (sky平均)
L_n = (比較星カウント値)

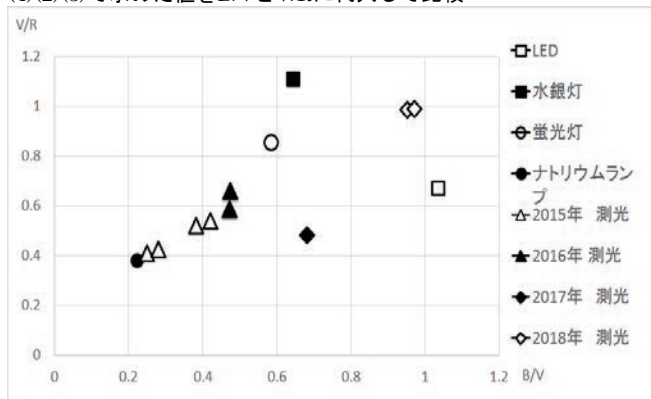
$$\text{等級} = \text{RVB比較星のカatalog値} - 2.5 \log(\text{sky平均} / \text{比較星カウント値})$$

(2) (1)で求めた等級を夜空の明るさに変換

$$\text{明るさ} = \text{比較星カウント値} \times 10^{(-2 \times \text{等級} / 5)}$$

(3) LED, 水銀灯, ナトリウムランプ, 蛍光灯のRVB相対値を、ジョンソンフィルター透過率の半値幅をもとにそれぞれ求める

(4) (2)(3)で求めた値をB/VとV/Rに代入して比較



(図1) 街灯と2015年～2018年の明るさの比較

2. 結果・考察

結果は(図1)のようになった。2015年, 2016年, 2017年の測光結果は水銀灯, 蛍光灯, ナトリウムランプの明るさの間にあるとわかった。また, 2018年の測光結果はLEDの明るさに近いこともわかった。これより、夜空の明るさは街灯の影響を受けている、また4年間で夜空の明るさは急激なLED化の影響を受けていると考えた。

3. 今後の展望

- ・測光結果や各街灯のデータ収集を継続する。
- ・2015年以降の測光結果によるもののため、以前の測光でのB/VとV/Rの値はどのようなものか、どの街灯に近いのか、今回調べた測光記録へとどのように変化するか調べる
- ・夜空の明るさに街灯がどれほどの影響を与えているか調べ、光害の防止策を考える

4. 謝辞・参考文献

- 【コトバンク】<https://kotobank.jp/word/ナトリウムランプ-108272>等
 【可視光全域の波長をカバーする「標準LED」を開発、LED照明開発の課題を解消】
<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1602/05/news037.html>等
 【DTP-Discourse.jp 演色性の良い光源製品のリスト】
<https://dtp-discourse.jp/t/topic/26>等
 【高圧水銀ランプ(高圧UVランプ) | ウシオ電機】
https://www.ushio.co.jp/jp/technology/glossary/glossary_ka/high_pressure_mercury_lamp_2.html等

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（中1）【愛知県一宮市立南部中学校】

要 旨

一宮高校のグラウンドを対角線上に移動してSQMで夜空の明るさを計測していききました。一番暗くなった場所はグラウンドの真ん中ではなくやや東に行った場所でした。

1. はじめに

今までの研究から光源の近くでも測れるようにSQMのフードを作り、その後改良し、参考にしてフードを作ってもらって、改良フードを利用して暗い場所とその周辺で夜空の明るさの計測をしていききました。

2. 仮説

前回、前々回は、愛知県と岐阜県の県境を流れる木曽川の河川敷とその付近や下流を測りました。今回は、一宮高校のグラウンドの西の端と東の外に街灯があるので、街灯のある端から真ん中にかけて遠ざかってグラウンドを対角線上に歩いていくと、街灯から遠い真ん中が一番暗くなると仮説を立てました。

3. 方法

今回はパソコン2台を使い、GPS位置情報、SQMの数値を記録していききました。そして、記録した位置情報をマップに示していき、プロットするときに色付のマーカーを使い、数値を色分けしていききました。結果のグラフを見ると、時間とともに暗くなっているのが補正をしました。



図1:航空写真にプロット

4. 結果

補正した結果をグラフと地図上に表しました。図1の写真を見ると、今回一番暗くなったのは暗い数値一定の真ん中やや東でした。また、図2のグラフを見ると、グラフの横軸が1～5のところは街灯の影響を受けており、遠ざかるほど徐々に暗くなっていくのが分かりました。そして、図3のグラフを見ると、東にいくほど暗くなっていった事が分かります。それに、後半はほとんど変化していません。このことに関しては先ほどとは逆で、街灯など光害の影響を受けなくなったから、暗くなったと考えました。

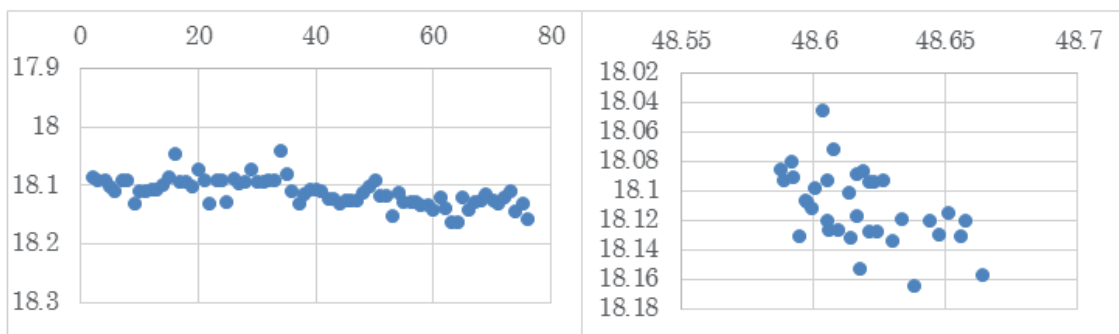


図2:計測グラフ 横軸:計測順 縦軸:等級

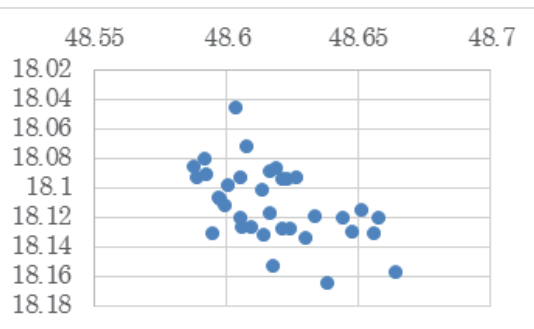


図3:計測グラフ横軸:東経” 縦軸:等級

5. 考察

今回の結果から、街灯の影響はフードを付けていても光害の影響を多少は受けるという事が分かりました。そして、仮説ではグラウンドの真ん中が暗くなると予想しましたが、街灯の影響を受けて明るくなったのは最初のみで他は数値の差があまりなく暗い結果となりました。さらに、結果を見てもらうとわかるように一番暗くなった場所は仮説の真ん中ではなくやや東に行った場所でした。またその原因は、東にはフェンスや木などがあり、周りは住宅街なので、西にあるグラウンド横の通路を照らす街灯よりも光が弱いからと考えました。

6. 今後の展望

今回は測った範囲が狭かったので数値の底が分かりませんでした。なので、街灯がない広い場所で測ってみて数値の底を調べてみたいです。

7. 参考文献

- ・2016ジュニアセッション「SQM専用フードの改良」富田理恩
- ・2016ジュニアセッション「SQM-Lフードの設計・製作」相澤里佳(一宮高校)

夏の大三角の比較による地方と都会の星の見え方の違い

久佐賀 麻友、宇井 真大（中等5）、武重 翔竜（中等3）、松崎 陽、徐 嘉楊（中等2）
【千代田区立九段中等教育学校天文部】

要 旨

地方と都会での星の見え方の違いを、夏の大三角を観測しそれぞれの星の等級を基準にSkyの明るさを求め、Makali'iやSQMの測定結果からポグソンの式を用いて地方と都会の夜空の明るさを比較した。

＜目的＞

2018年春のジュニアセッションでは、自作のレンズとピンホール式投影機をエアドームに投影したときのコントラストの大小を調べ、優劣を評価し発表した。そこで、今年度は「実際の空では場所による星の見え方はどのくらい違うのか」という疑問を持ち、周囲に灯りの少ない合宿地（長野県富士見町）と周囲に灯りの多い学校の屋上から夏の大三角を観測し、コントラストの違いや限界等級、夜空の明るさを測定することで、星の見え方を評価した。

＜原理＞

星の等級と見かけの明るさの間の関係を定めた式であるポグソンの式から明るさを比較する。

＜ポグソンの式＞ 等級をM, カウント値をIとし、背景(background)をbk, 星(star)をs とすると

$$M_{bk} - M_s = -2.5 \log \frac{I_s}{I_{bk}}$$

＜使用機材＞

SQM: Sky Quality Meter(国際光器社)/Canon EOSm100(焦点距離15mm)*1/すばる画像処理ソフトMakali'i

*1撮影設定：絞り開放、露出1秒、2秒、ISO1600

＜手法＞

1. 合宿地と学校の屋上から夏の大三角をミラーレス一眼レフカメラを用いてRAWデータで撮影し、各観測地での夜空の明るさをSQMで計測。撮影日は表1のとおりである。
2. 撮影された画像をFITSデータに変換
3. すばる画像処理ソフトMakali'iで測光
4. カメラの画角を秒角に変換、1素子当たりの面積(arcsec²)を求める*2
5. 測光結果をポグソンの式に代入してskyの等級(mag/arcsec)を求めSQMの値と数値を比較

*2今回はウェブサイト(参考文献2)を用いて画角を秒角に変換。実際には下図の式を用いて計算する。atanとはアークトンジェント、tanの逆関数を表す。

$$\text{画角(度)} = 2 \times \text{atan}(\text{イメージセンサーサイズ(mm)} / (2 \times \text{焦点距離(mm)}))$$

表1：観測日

	学校	合宿地
SQM	8月23日	11月15日
写真	8月23日	11月15日

＜結果＞

図1は学校と合宿地それぞれにおける背景(sky)の等級を示したものである。●はSQMの値、△はデネブ、×はアルタイル、□はベガをそれぞれ測光した際のskyの値である。右図より、SQMの結果も、Skyから求めた等級も合宿地のほうが値が大きく、空がより暗いとわかる。

＜考察＞

どちらもSQMの結果の方が暗いのは、カメラで撮影したskyの明るさの評価に原因があると思われる。その理由は、ISO1600で撮影したことによるダークノイズやバイアスによる可能性があるため、今後検証していく。

合宿地での1 arcsecあたりのSQMで計測した等級は、昨年度製作したドームの、プラネタリウム点灯時の1 arcsecあたりの等級(21.21 mag/arcsec²)と近い値となったことから、プラネタリウムのドーム内の暗さは、学校での夜空の明るさより暗く、地方の夜空の明るさと同程度であることがわかった。

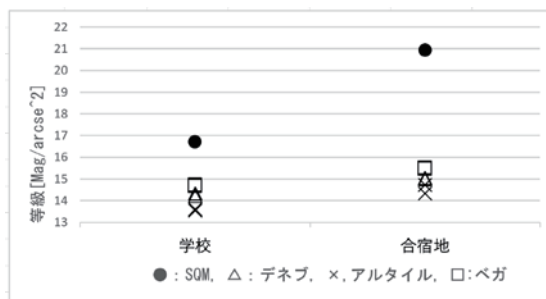


図1：夜空の明るさの比較

参考文献

1. 公益社団法人 日本天文学会 天文学辞典 ポグソンの式 <http://astro-dic.jp/pogsons-equation/>
2. Keisan 計算や実務に役立つ計算サイト <https://keisan.casio.jp/exec/system/1378259716>
3. 誠文堂新光社 天文年鑑2018
4. 「君が天文学者になる4日間」2006テキスト

地球大気のレイリー散乱によるスペクトル形状の変化について

～地球大気の厚さによる影響～

半谷 郁弥、小山 諒也 (高2) 【埼玉県立浦和西高等学校 地学部】

【要旨】

太陽光が通過する地球大気の厚さによって、どのようにスペクトル形状が変化するかを調べ、そのピークは通過する大気の厚さが増加するほど長波長側に移ることが分かった。さらに、そこにある地球大気の吸収線は、どのように変わるのかを、吸収線の深さの割合を求めることで調べた。その結果、通過大気の厚さが増加するとともに、吸収が一定の割合で強まることが確認できた。

1、研究動機

本校地学部では、昨年度「地平高度の違いによる太陽の色の変化」を、太陽スペクトルを用いて観測した。その結果、RGBの比において、地平高度が低下するとRの比が増加、Bが減少、Gがほぼ一定に保たれることを見出した。今回、再び太陽の観測を行い、太陽光が通過する地球大気の厚さを余弦定理より図1のように求め、その違いによって、スペクトルの形状がどのように変化していくのかに着目し、研究を行った。

2、観測

平成30年10月に14時頃から日没まで、本校屋上にて観測を行った。昨年度の結果から、日没に近い時間は変化が大きいので、その時間帯は2分毎に、それ以外は5分毎に撮像した。

3、考察1～スペクトル形状の変化～
観測で得たスペクトル画像は、ダーク処理をしてから、加算平均したものを解析ソフト「マカリ」で、数値・グラフ化した。その結果、図2のように通過する大気の厚さが増加するほど短波長側の傾きが緩やかになり、形状が滑らかな山なりからギザギザとしたものへと変化した。また、ピークが短波長側から長波長側に移っていくことも分かった。そこで、スペクトルグラフのピークの値がどのように波長の長い赤よりになっていくのかを調べた(図3)。その結果、通過する大気の厚さが増加していくほど、ピークの値が長波長側に2次関数的に移っていくことが分かった。さらに、R:656nm・G:540nm・B:450nm付近の値を用いて、RGBのカウント値の比率を求めた(図4)。そこから、通過大気の厚さが増加するほど、Bが減少、Gが途中まで一定で最後に減少、Rの増加が著しいという、昨年(R:増加、G:ほぼ一定)と少し違う結果が見られた。これは、季節が異なり、気象条件などが違ったためだと思われる。以上のことから、地球大気のレイリー散乱によって、短波長の光が減少、長波長の光が増加していくことが確認できた。

4、考察2～吸収線の分析～

考察1より、長波長の光が増加していくことが分かったので、そこにある地球大気による吸収線は、どのような変化がみられるかを図5のように、吸収線の深さの割合を求め調べた。その結果、図6のように、通過する地球大気の厚さが増加するほどA線、B線、H₂O線共に、深さの割合が直線的に増加していくことが見られた。これは、通過する大気の厚さの増加で、吸収が強まったからだと考えられる。また、A線とB線はほぼ同じ傾きであるが、H₂Oは異なる。それは、A線、B線は、酸素分子の吸収線であり、地球大気に含まれる比率はほぼ一定であるが、H₂Oは、高度によって湿度が一定でないことや、時間の経過によって変動することで、吸収が変化したからだと推測した。

5、まとめ

- ・グラフのピークが、地球大気が厚くなるに従い長波長側に移動する。
- ・RGB比において、Rが増加し、Bが減少する。このことから、レイリー散乱により、短波長よりの光が減少することを確認できた。しかし、昨年(R:増加、G:ほぼ一定)とR・Gの変化の仕方が異なったのは、気象条件等が違ったためだと思われる。
- ・吸収線の深さの割合から、通過する大気の厚さが増加するほど、吸収が強まる。
- ・A線・B線とH₂O線の傾きが異なるのは、湿度が影響を与えているためだと推測できる。

6、今後の課題

季節や観測時の気象条件によって結果が左右されることが考えられるため、今後も観測を継続し、データを蓄積して、研究をさらに進めていきたい。

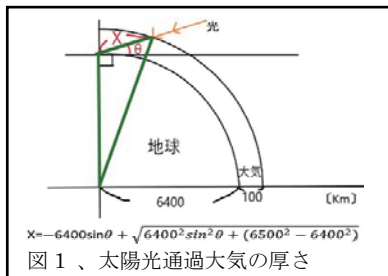


図1、太陽光通過大気の厚さ

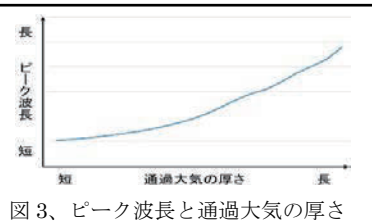


図3、ピーク波長と通過大気の厚さ

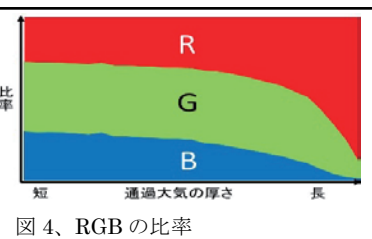


図4、RGBの比率

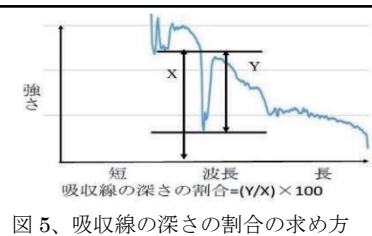


図5、吸収線の深さの割合の求め方

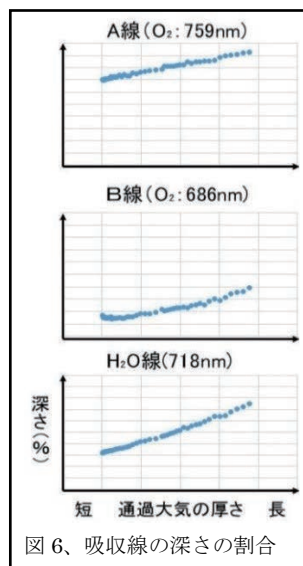


図6、吸収線の深さの割合

地球照のスペクトルを用いたブルーシフトの捕捉-宇宙から眺める地球の大地-

伊藤 乃愛（高2）、吉野 礼珠（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

要旨

本研究では、大陸の反射光である夕方の地球照を用いてブルーシフト（レッドエッジが短波長側に移動する現象）を捕捉することを目的とする。ブルーシフトを観測することで、地球の科学的異常を宇宙から察知することができる。

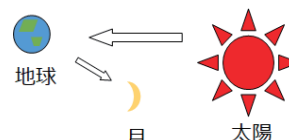


図1 地球照のメカニズム

1. はじめに

1) 地球照

地球照とは、月の欠けた部分が地球の反射光に照らされてぼんやり輝いて見える現象のことである。(図1)

2) ブルーシフト

植物中のクロロフィルの反射率が680nm～750nmにかけて急増するポイントをレッドエッジと呼ぶ。そして、植物が重金属にさらされたとき、このレッドエッジは短波長側に移動する。この現象をブルーシフトと呼ぶ。

2. 観測

本校屋上に設置されている口径30cmの望遠鏡に冷却CCDカメラと分光器を取りつけ(図2,3)、30秒露光した地球照のスペクトル(30秒を5枚)取得した。

その後、取得した画像を「すばる画像処理ソフトMakali'i」で解析し、「Excel」を用いてグラフ化した。

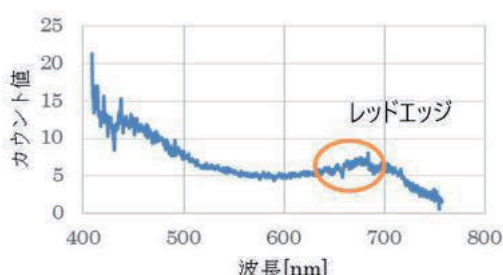
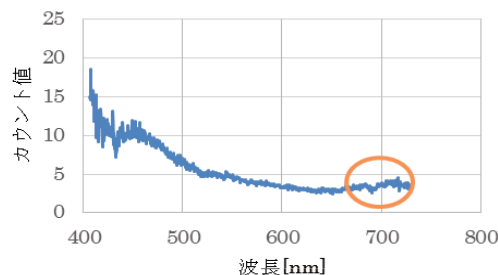


図2 望遠鏡



図3 観測機器

3. データ解析

図4 地球照のスペクトル 月齢6.5
(11/14に反射式望遠鏡で撮影)図5 地球照のスペクトル 月齢5.1
(1/11に反射式望遠鏡で撮影)

4. 考察と今後の課題

先行研究との比較の結果、図4、図5において丸で囲った部分がレッドエッジであると考えられる。図4に比べて図5はレッドエッジが32nm長波長側に移動していた。これは、ブルーシフトによって短波長側にずれていたレッドエッジのシフトが起きていない状態に戻ったと考える。つまり、図4の地球照は鉱化帯（鉱化作用によって土壤中に鉱物が生成され、鉱床となった地域）付近の反射光、図5の地球照は鉱化帯ではない地域の反射光であると考えられる。

今後の課題としては、海洋の反射光である朝方の地球照が取得できなかったため、レッドエッジの判定基準が先行研究との比較だけであり、正確性に欠けている。そのため、今後は朝方の地球照の取得を目指す。

5. 参考文献

- ・「地球照」で宇宙人を探すことはできるのか?!< <https://www.milive.jp/live/2017sobun/g112/>>
- ・ASTER SCIENCE PROJECT「ブルーシフト」
< http://www.aster.jspacesystems.or.jp/jp/glossary/jp/hu/blue_shift.html>

月食の本影の縁は本当にターコイズ色なのか

藤野 航大（高2）、安田 伊吹、土井 颯、鯨岡 慶樹（高1）【埼玉県立浦和高等学校】

1 目 的

月食中の月は真っ暗にならず、赤銅色に見えることはよく知られている。また、本影の縁付近が写真で青く写ることから、NASAは「ターコイズフリッジ」と呼んだ（文献1 ※ ターコイズとはトルコ石のことで色は緑がかった青）。しかし、これは画像処理による強調の可能性がある。そこで分光観測により、本影の縁が本当にターコイズ色なのか明らかにすることを、本研究の目的とした。

2 方 法

2.1 月食の色を決める要因

- (1) 大気圏外の太陽スペクトル
- (2) 地球大気の透過率1（月食時に月を照らす太陽光）
- (3) 地球大気の透過率2（地表に届く月からの反射光）

2.2 観 測

- (1) 分光器 : スリット式で、解析波長域は440nm～860nm
- (2) 月食 : 2018年1月31日（月食と月食前の月）
- (3) 月 : 2018年1月3日（様々な高度の月）

2.3 月食の色の求め方

- (1) 「月食」／「月食と同高度の月」から、“地球大気の透過率1”を推定する。
- (2) 1月3日の「低高度の月」／「高高度の月」から、“地球大気の透過率2”を推定する。
- (3) 大気圏外の太陽スペクトル（文献2）と上の(1)、(2)の積を求め、“CIE 1931 XYZ 表色系”を使い、色を定量化する（文献3他）。

3 結 果

各観測位置（図1）の月食の色は図2の通りで、本影の縁付近は白色に近くターコイズ色ではない。

4 考 察

本影の縁付近を照らす太陽光は、地球大気の散乱の影響が本影の中心寄りに比べると小さく、短波長側も大きくは減光されない。そしてオゾンによる赤色光の吸収を受けて、全体として白色に近くなる。

5 主な参考文献

文献1 NASAのwebサイトより

〈http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2008/13feb_lunareclipse/〉

文献2 “Solar Spectra: Standard Air Mass Zero” のwebサイトより

〈<https://rredc.nrel.gov/solar/spectra/am0/ASTM2000.html>〉

文献3 “Colour & Vision Research laboratory” のwebサイトより

〈<http://www.cvrl.org>〉

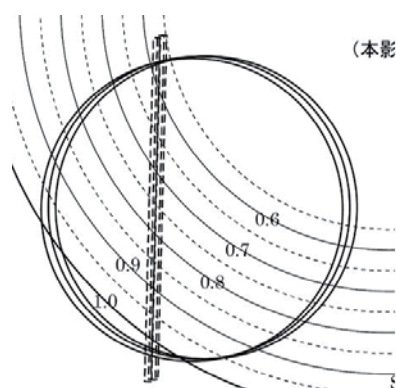


図1 本影に対する観測位置
※ 本影の縁：1、本影の中心：0
(3回の観測時における、月の輪郭とスリット位置)

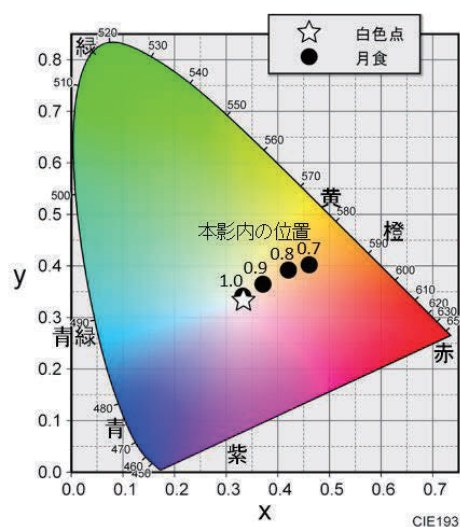


図2 CIE1931XYZ表色系で表した月食の色

形を変える雨粒 —流線形？円錐台形？—

あめんぼ

森川 瑠水（中3）【順天中学校】、森川 遙光（高3）【東京都立科学技術高等学校】

要 旨

雨粒の形に興味を持った。雨粒は空から周りの空気に揺られながら落ちてくるのでどんどん形を変えているかもしれない。その形の変化を追いかける。ロケットのように流線形をしているのだろうか、あるいは帰還カプセルのように円錐台形をしているのだろうか？同様に、形を変える科学観測用大気球を模した実験もする。

1. はじめに —雨粒の形—

雷や電流、川の流れや光、音が最短ルートを通して最速に進むように、雨粒も最も速く落ちるだろう。そうであるなら雨粒は流線形なのだろうか？実際に雨の写真を撮ってみた。しかし、焦点が合わなかったり、雨が速すぎたりしたため、形をはっきり撮ることができなかった。様々な方法で雨粒の形を見る工夫をしていく。また同様に、科学観測用大気球も上昇する時大気中で形を変えるようだ。それらの形の変化について、実験を行いながら考えていく。

2. 下から吹き上げられる水滴 —帰還カプセル型？—

雨は上から落ちるので、下から猛烈な風を受けていることになる。同じ状況を室内で再現してみた。まず普段使っている風力の強いMONSTER(Koizumi)のドライヤーを用意した。そしてL字に曲がった筒で上向きに風の流れを作る。この15cm程上から、スポットで水をゆっくり垂らした(図1左図、中図)。さらに、目張りした段ボール箱の横からドライヤーの先を差し込んで、箱の上に穴をあけ、風がここから吹き出すようにした。しかし、水滴はすぐ逃げてしまう。そこで、風を垂直に均等にするために、たくさんのストローを束ねて穴に差し込んだ(図1右図)。これで水滴の滞空時間が長くなり、写真と動画に収めることに成功した。その動画を見ると、時間とともに水滴の形は変形し続け一定ではない。けれど、たいてい上下に平たく帰還カプセル型をしているものが多かった。次に雨の落ち始めも見てみよう。



図1 下から吹き上げられる水滴
左の図：風を受けてドーム型になっている。中図：きれいな球形。右図：ストローを使って風を均等にした。

3. 上から落とされた水滴 —ロケット型流線形？—

水滴を見やすくするために、棚の側面に黒いテープとメジャーを貼り、一番上(0cm)からスポットを使って水滴を静かに落とす。その速さに変化があるかどうか調べるために、より速いシャッタースピードを設定できるカメラを使用した。50cm程つづ3段階に分けて撮影した。シャッタースピード(16000分の1)がかなり速いので、一枚一枚がとても暗くなってしまう。そこで強力な照明を使用した。図2の1つの水滴が2か所明るいのは、この照明と部屋の天井灯の反射である。そして、撮影されたすべての水滴が右下に長く引き伸ばされていることが分かった。静かに均等に上から水滴を落とすにも関わらず、曲がってしまった。水滴が自動的に流線形に変形していつているのかもしれない。しかし、この水滴は100cmの距離ではまだ落下速度は増加していた。さらに落下して一定速度になると再び形を変えるのかもしれない。だから2mや3mくらい高い所から落とす実験を継続している。

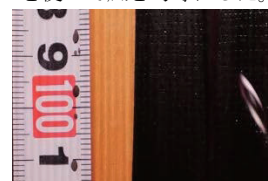


図2 落下する一つの水滴。
流線形(?)に伸びている。

4. 大気中で形を変えるもの —科学観測用大気球—

雨粒の他に大気中で形を変えるものに科学観測用大気球がある。気球が逆しずく型をしていることに気づいた。そこで、水の中に下から気泡を発生させ、上昇する気泡の形の変化を見ることにした(図3)。初めは不規則な形だったが、上昇するにつれて横に大きくなり、最終的に図3のように平らになる。気球もしずく型の時間は初めだけなのだろうか。



図3 水中を上昇する気泡（水面近く下から38cm程）。ペットボトルを3本繋げたものに水をため、メジャーとストローを入れた。

5. 今後

現在は、高所から落下する一つの水滴の速い動きを連続的に見るために強力なストロボを作っている。一秒間に10000回フラッシュするためにLEDを、アンプを通した10000ヘルツの音源に繋ぐことを考えている。

6. まとめ

雨粒も気球も、はじめ速度が小さいときにはロケット型流線形のように縦に細い。そして後に速度が大きくなると、帰還カプセル型のように平らに姿を変える。つまり、速度によって形を変えるのである。

天文学的側面から見る絵画の正確性

天体による絵画の描かれた位置の特定

三上 モアナ、矢部 雄大、溝口 結斗（高2）【大阪府立北野高等学校】

私たちは葛飾北斎が描いた「千繪の海」というシリーズの一作である『甲州火振』（図1）という絵について研究した。この絵は描かれた場所が特定されておらず、私たちはこの絵の描かれた場所について星座をもとに特定することを目的として研究した。

この絵は夏の夜に松明の火で鮎や山女魚を誘って捕らえる火振漁を描いた絵である。



まず、絵から考えられることとして以下の点に着目した。川が急なカーブとなっていること、火振漁がおこなわれるのは8月から9月であること、また火振漁がおこなわれる時間帯は19時から21時であること、参考資料から江戸時代には甲州では桂川と早川で火振漁が行われていたという記述がある。

図1 千繪の海「甲州火振」太田記念美術館HPより

これらの条件をもとにして、星座から夜空の方角を求め、さらなる位置の特定をおこなった。まずは図2の四角に囲まれた星座に着目した。この星座をみずがめ座と仮定する。この仮定について矛盾はないか検証すると、星座の高度、周りの星座ともに大きな矛盾はなく、仮定は正しいと考えられる。

仮定から絵の空の向きが東向きであり、その場合川の上流は北を向いていることがわかる。

仮定によって求められた条件をもとに、桂川、早川についてこの絵が描かれた可能性がある地点を探した。

まず桂川（図3）と考えると、四角で囲まれた地点が絵に描かれている風景ではないかと考えた。川のカーブ、左崖の斜面、川の浅さなどが絵と類似している。しかし、川の向きが仮定よりは少し西に傾いている。次に早川（図4）と考えると、川の堆積力が強く、川岸に砂が堆積しているので絵の風景と一致しない。



図2 着目した星座



図3 桂川



図4 早川

これらの研究から描かれたのは桂川の可能性が高く、川の向きと仮定と一致しないことについては、描いている時間を考慮していないことなどが考えられる。

参考文献・引用資料

<https://seiza.imagestyle.biz/aki/mizugamemain.shtml>
<https://ja.wikipedia.org/wiki/葛飾北斎と甲斐国>
<http://yumis.net/space/star/aqr.htm>
 Star walk（シミュレーター、スマートフォンアプリ）

天文学的側面から見る絵画の正確性 ゴッホ作「糸杉の見える道」

川上 真依、横山 菜々（高2）【大阪府立北野高等学校】

要旨

ゴッホ作である「糸杉の見える道」における天体の正確性について検証した。ステラナビゲーター、Googleマップなどを用いて、絵が描かれた場所と日付、作品中の特徴的な天体の名前を特定し、導き出した結果が史実と合致するものとなったため、作品中の天体描写の正確性が証明されたといえる。

1. 研究の動機と目的

天文学が現代ほど発展していなかった時代に、どこまで正確に天体の方角位置関係を描いていたのかということに興味を持った。ルネサンス以降、写実主義の風潮が広まり天体の描写が認められると、画家は星空の構図を忠実に描くと仮定し、絵画における天体描写の写実性を追求していく。



図1 糸杉の見える道
Wikipediaより

2.1 どこで描かれたのか

これは1890年5月に発表されたゴッホの最期の作品であり、フランス南部、サンレミドプロヴァンスの精神病院で療養中に描かれたものである。どこで描かれたのか調べるため、Googleマップを用いて病院周辺の道を調べたところ、ゴッホがこの絵を描いたことを示す看板を発見したことから、描かれた場所はマリーギャスケ通りであることが分かった。

2.2 左上の星は何であるか

先ほどの看板が正しいものとみなし、地図上の方角によって天体の位置を調べたところ、糸杉が南西の方角に見えることが分かった。絵の構図から、左上の星も南西の方角に見えると考えた場合、この星は金星であると考えられる。夜に見られる金星は別名「宵の明星」と言われ、夜空で一際輝く星であるため、見つけやすく、絵に描かれやすいことも理由として考えられる。

2.3 いつ描かれたのか

インターネット上に、絵は1890年4月20日に描かれたという説があった。この日は水星と金星が天文合によりシリウス座に匹敵する輝きをもつためである。この情報について、ステラナビゲーター（緯度・経度、日付を入力するとその地、その日の空を見られる機能）を利用して検証した。4月20日の星空を調べたところ、月が細いこと、金星の位置が西に極端に寄っていることから、この日付は不適切であると判明した。その後、実際にはいつ描かれたのかを調べるために、1890年4月から一か月ごとに遡って三日月の日を検証した。日付を推測する時の条件は、①月が三日月である、②金星が見える、③月が金星の右側に見える、④日没後絵画と月の傾きが似ている、の4つである。計16パターンの検証の結果、1888年12月が絵画と最も近いことが分かった。

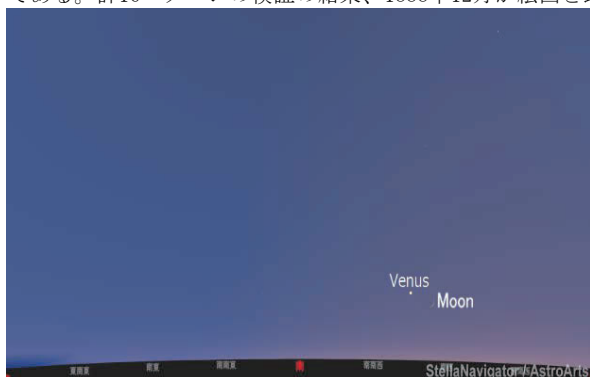


図2 1888年12月5日の空
ステラナビゲーターより

この日が最も絵画の構図に近いということを裏付けるために、近い月である11月と、12月5日前後の日を調べた。検証結果は、

- ・11月は月が金星の左側にあること
- ・12月4日は月が細すぎて絵画と合わないこと
- ・12月6日は月が金星の左側にあること

が分かった。よって、1888年12月5日が星空の描かれた日付であると考えられる。

3. 結論、考察

1888年12月5日は作品発表のおよそ二年前であることから、

①彼は天才的な記憶力により天体の位置、輝きを覚えていたのではないかとということ

②病院で療養している間、何度も描きなおしていたのではないかとということ

の二点が考えられる。

参考文献・引用資料

<http://yokochu.seesaa.net/article/144164419.html>
<https://ja.wikipedia.org/wiki/糸杉と星の見える道>
 ステラナビゲーター、Google map(シミュレーター)

天文学的側面から見る絵画の正確性 「星月夜」

今西 音寧、鈴木 結琳（高2）【大阪府立北野高等学校】

0 概要

私たちは、絵画における天体の方角位置関係の正確性を検証するため、ムンクが描いた「星月夜」(図1)について研究した。この絵の星は正確に描かれたと仮定し、ステラナビゲータを用いて検証した結果、空の様子は正しいとわかった。

1 背景

まず、この絵の描かれた背景を調べた。1923年～1924年に、ノルウェーのオースゴールストランで描かれたと言われている。ムンクはこの場所をとっても気に入っていたため、一般的には、この絵は写実的というよりも、夜に呼び覚まされた感情を主として描いたと考えられている。(引用：

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A8%E3%83%89%E3%83%B4%E3%82%A1%E3%83%AB%E3%83%89%E3%83%BB%E3%83%A0%E3%83%B3%E3%82%AF>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Starry_Night_\(Munch\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Starry_Night_(Munch))

<https://www.musey.net/5770>

<https://4travel.jp/travelogue/10724169>

<https://www.artpedia.jp/edvard-munch/>)



図1 星月夜

2 仮説

私たちは、ムンクが感情のままに絵を描いたのではなく、実際に空を見て描いたと仮定した。そこで、星座早見盤を使って似た形の星座を探したところ、冠座と牛飼い座の一部と似ていた。また、絵に海らしき風景が描かれていたため、地図を用いて海の方角を確認した。その結果、おおよそ北から西を見ながら描いたと予想した。

3 検証方法

緯度、経度、時刻を設定すると、その当時の空や星の様子がわかる「ステラナビゲータ」というソフトを使い、当時の空には、どの方角にどのような星座が見られるか確認した。

4 結果

1924年8月下旬の午前3時30分ごろ、北北西に冠座と牛飼い座の一部が確認できた。また、空の地平線辺りが明るいことも、絵画と一致していた。

5 考察

絵画全体は、曖昧な描写やぼんやりと描かれた部分が多い。しかし、星の位置は正確であるため、実際に見た景色を思い出して描いたと考えられる。また、夜空の地平線あたりが明るい理由は、ノルウェーが高緯度に位置し、時期が夏であることから、白夜であると考えた。

絵画と天文学

「Starry Night over Brooklyn Bridge」

吉川 あゆみ、新谷 日和、田川 裕二（高2）【大阪府立北野高等学校】

要旨 私たちは、Nathan Mellottの『Starry Night over Brooklyn Bridge』について検証を行い、月とその隣の星の正確な場所および日時の特定制を目指した。絵と実際の星空は完全には一致しなかったため、この絵は作者が美しいと思う感性に従って描かれたと考えられる。

予想 私たちは、まず絵を見ただけでわかる情報を集めた。分かったことは以下のとおりである。まず描かれた場所は、アメリカ ニューヨークのブルックリン橋である。絵画中の月が満月で、背景が真っ暗かつ月の高度が低いことから、冬の可能性が高い。またどこか高い地点から描いていると考えられる。

次に、Google マップで調べた結果、描かれた方位は南東であると推測した。また、本人の公式サイトより、2014~2015年に描かれたと考えた。

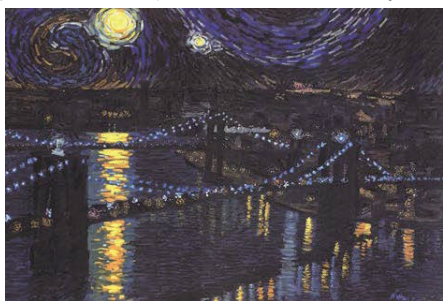


図1 Starry Night over the Brooklyn Bridge



図2 絵画の描かれた正しい方位

<https://search.yahoo.co.jp/image/search?rkf=2&ei=UTF-8&gdr=1&p=Starry+Night+over+the+Brooklyn+Bridge>

より引用

検証

- (1) シミュレーションソフト「ステラナビゲーター」を用いて、調査範囲を2014~2015年にして、冬を中心に満月の日の星空を一つずつ調べていった。
- (2) (1)と同時に並行で、作者がまだ存命ということから、公式サイトからメールでの接触を試みた。

結果

作者からの返信により、絵の描かれた時期は2005年の2~3月、場所はウォーターストリートとフルトンストリート付近のアパートの29階と判明した。この情報から月の見える方位を再検証すると、絵画の描かれた正しい方位は南東ではなく東とわかった。また、ニューヨークは明るい星でなければ見えないという作者からのアドバイスを踏まえ、月の隣の星は十分に明るい惑星と考えた。これらから立証を進めると、作者の返答と一番一致したのは、2005年2月20日19:00の星空であった。この星空は方位と明るい星(土星)という条件には合致するものの、月の隣の星の位置(右斜め下→右斜め上)は異なる。



図3 2005年2月20日19:00の星空

考察

私たちの班は、同じグループの他の班と違い、作者が存命であること、場所や日時の特定制がしやすいことから、月とその隣の星の正確な場所および日時の特定制を目標とした。私たちの考える絵画の描かれたときの実際の風景と、絵画は星の位置関係が異なる。つまり、星は絵画において必ずしも正しい位置に書かれてはいない。よって、この絵は作者の美しいと思う感性に従って描かれているといえる。

絵画と天文学

Jean-Francois Millet作「星の夜」

池田 理玖、田中 颯人、名手 陽哉、三松 修也（高2）【大阪府立北野高等学校】

要旨

ミレーの『星の夜』における天体描写の正確性を調べた。描写とミレーに関する情報から、描かれた時期、場所、方角を予測した。予測に基づいて、描写とおおまかに一致する星空の配置をステラナビゲーターを用いて確認した。『星の夜』における、天体描写はほぼ正確であることが分かった。

1. 目的

ミレーの『星の夜』に焦点を当て、絵画における天体描写の正確性を検証する。

2. 調査と研究の方法

ミレーの『星の夜』に着目し、描かれた夜空と木の様子やミレーに関する情報から、描かれた時期、時間帯、場所、方角を予測して仮説を立てた後、「ステラナビゲーター」で仮説の条件における星の配置と、絵画の星空を比較して、時間をずらすことでそのずれを修正しながら、最も描写と似ている星の配置と、その観測条件を考察した。

3. 調査結果

絵画と星空の配置がおおむね一致する条件が存在することが確認された。

4. 結論

ミレーの『星の夜』は天文学的にほぼ正確に描かれていることがわかった。

影の長さの変化の観測から、祖沖之の法で太陽の南中時刻を求める

松澤 シズ、長田 琉斗、下澤 翼、橋本 輝星（中2）、西川 創、伊藤 凌（中1）

【塩尻市立丘中学校】

1 概要

私たちは、ピンホールが水平板上につくる太陽像を5分毎に記録して太陽の一日の動きを調べる観測を、5年間継続してきた。しかし、乾燥に伴い太陽像を映す水平板が歪んだことから正確に観測できていなかった。この問題を解決するために、圭表儀を参考にした装置を製作して観測を行った。また、昔の暦づくりで冬至の日時を求めるのに用いられた「祖沖之の法」を応用して*1、影の長さから南中時刻を求め、国立天文台の暦と比較して観測精度を調べた。

2 観測装置の設計と製作

(1) これまでの装置の歪みの原因と、歪みにくくする方法

歪みを測定した結果、これまでに作った装置の水平板は、目の字形に骨組みを入れてあったが、骨組の方向には歪みがなく、それと直角の方向に歪んでいることがわかった。そこで骨組みを直角に組むことで歪みも無くせると考え、障子戸などに使われる『あいじゃくり』という方法で骨組みを作った。



図1 水平板の骨組み

(2) 水平板を平面にする方法

まず、基準平面（定盤）を作った。床に置いた板の上面に金属定規を当て、それを揺らすことでへこんでいる場所を特定した。へこみの下に重ねた紙を置いて高さを調節することで、板を平面に近づけた。この定盤の上で図1のように水平板を組み立てた後、水平板の上面を金属定規で検査しながら、サンドペーパーで削って精度の良い平面に仕上げた。

(3) 太陽像の中心を記録する工夫（圭表儀の仕組みを応用）

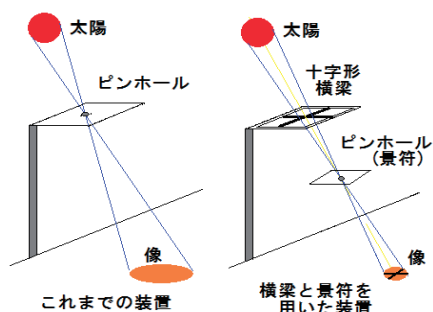


図2 像を作る仕組み



図3 太陽と横梁の像

これまでに使った装置では、ピンホールのつくる太陽像がぼやけ、その中心が正確に求まらないという欠点があった（図2 左）。そこで私たちは、圭表儀の仕組みを参考にして、「ピンホールの代わりに十字型の横梁を取り付け、その影を景符（ピンホール）で鮮明にすれば、太陽像の中心が求められるのではないかと考えた。横梁は直径1mmのステンレス棒で作った。これを用いることで太陽像の中心が分かりやすくなった。（図3）

3 観測の方法と観測結果

水平板にできた太陽像の中心に横梁の像の十字が交わる点を合わせ、それを5分毎に記録する方法で一日の太陽の動きを観測した（図3）。観測後、横梁の真下の点から記録位置までの長さを測った。観測から得られた影の長さの変化（2018年7月14日）を図4に示す。

4 祖沖之の法で求めた南中時刻

これまでの観測では、誤差40秒程度以下と、これまでの観測より精度のよい値を求めることができた（表1）。誤差が大きくなる原因として、観測時に太陽像の中心を正確に記録できていないことが考えられる。今後、改善法を考えていく必要がある。

5 今後の課題

祖沖之の法では、水平板に太陽像が映る期間中全て（3～4時間）晴れていなければ正確な南中時刻が求められない。そこで、南中時に晴れていれば正確な南中時刻を知ることができるように、水平板に精度よく子午線を引く方法を考えていきたい。

6 参考文献

1) 影の長さの観測から祖沖之の法で南中時刻を求める, 松澤 シズ, 日本天文学会ジュニアセッション2018

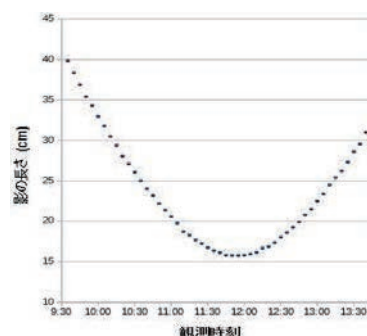


図4 影の長さの変化（2018.7.14）

表1 観測から求めた南中時刻とその精度

日	観測から求めた 南中時刻	国立天文台 こよみの計算室	差(秒)
2018年7月14日	11:53:52	11:53:59	+7
2018年10月21日	11:43:40	11:32:50	+39
2018年12月15日	11:42:59	11:43:04	+5
2019年1月14日	11:57:15	11:56:58	-17

八尺の圭表儀を用いた太陽の南中高度の観測

長田 琉斗、下澤 翼、松澤 シズ、橋本 輝星（中2）、西川 創、伊藤 凌（中1）
【塩尻市立丘中学校】

1. 要旨

2013年から2016年にかけて、丘中科学部の先輩たちは、太陽の南中時刻の観測から地球の公転速度が変化することを見つけた。私たちは、南中高度の観測結果からも地球の公転速度の変化を見つけられるのではないかと考え、八尺の大型圭表儀を製作し*2、観測結果と公転速度が一定であるとして作った式 *1 の計算結果とを比べてみた。

2. 圭表儀とは

圭表儀とは、江戸時代頃まで、太陽の暦づくりに使われた観測装置である。圭(影の長さを測る水平部)に、表(地面に垂直な棒)が立っており、その棒の先に、横梁(影を落とすための丸棒)が取り付けられている。横梁と影の間に、景符と呼ばれるスリットを置くと、ピンホールカメラの原理で、圭に太陽と横梁の像が映る。南中時に横梁の像の位置を記録し、圭から横梁までの高さ、横梁の真下から太陽像までの水平距離を測定し南中高度を求める。

3. 観測と結果

八尺の圭表儀の横梁の真下の点を求めるために、初めはレーザー下げ振りを使っていたが、あまりよい精度が得られなかったことから、おもりを使った通常の下げ振りに替えた。図1は、観測から得た南中高度から、「地球の公転速度が一定である」と仮定して計算した値を引き算して得た値の変化を表したものである。この図は、2016年から、観測誤差を見積もるために描いてきている。観測装置の改良を重ねるごとに、観測誤差とは考えられないような波形の変化がはっきりと現れるようになった。

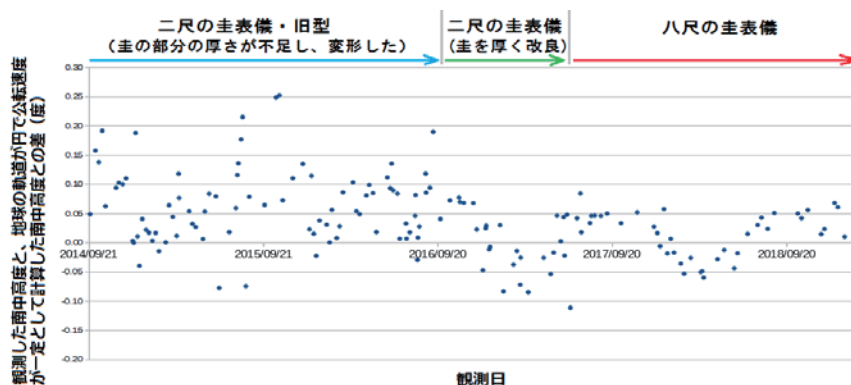


図1 観測した南中高度の値と、公転速度一定として計算した値の差

4. 考察

図1の値の変化は、次のように説明できると考えた。

近日点は冬至点と春分点の間にあるので、冬至点から春分点を通して夏至点に至るまでの間の平均の速さは、夏至点から秋分点を通して冬至点に至るまでの間の平均の速さよりも速い。そのため、春分の前後では、公転速度が一定だとした式の計算値よりも、南中高度の変化が速くなる(図2 右)。その結果、観測結果は式の計算値よりも大きくなり、波形の上にくらんだ部分になる。また、同様に、秋分の前後には南中高度の変化が遅くなるので、観測結果は計算値よりも小さくなり、波形の下にくらんだ部分になる。

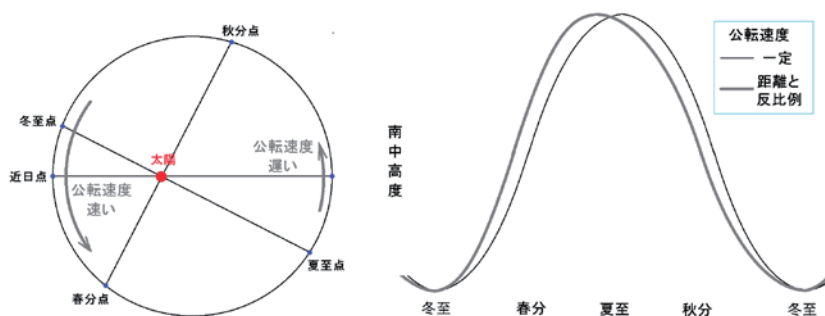


図2 観測地と計算値の差が波形の変化をすることを説明する(模式図)
左: 地球の軌道と二至二分 右: 公転速度(一定/変化)と南中高度の変化

5. 今後の課題

観測から得た南中高度は、計算値や考察から考えられる値(波形)よりも高めに外れることが何度もあったので、その原因を調べていきたい。また、更なる観測精度の向上のための工夫をするとともに、現在使っている公転速度一定と考えて作った計算式を改良して、面積速度一定として考えた式を作り、観測結果と比較していきたい。

6. 参考文献

- 1) 圭表儀による南中時刻の観測から地球の軌道の離心率を求める, 谷元 琴音(丘中学校), 日本天文学会ジュニアセッション2016
- 2) 八尺の圭表儀の製作と観測, 安慶名 琉(丘中学校), 日本天文学会ジュニアセッション2018
- 3) 天文学史教材としての天文観測機器3 DCG復元(4) 古観測機器「圭表」の3 DCG復元, 柳沢 洋文, 天文教育

太陽の黒点相対数と磁気嵐の関係 3

巣鴨中学高等学校 地学班

菊岡 慧殊、江川 尚宏、手塚 友健（高2）、小野 央人、増田 雄大（高1）【巣鴨高等学校】、
宇都宮 耀也、小林 将大、並木 圭輔（中3）、
河南 佳吾、小林 倫登、木場 康仁、石坂 志門、北野 秀悟、
柴田 唯爾、佐々木 太真生、内田 英就、後藤 大知（中1）【巣鴨中学校】

1. はじめに

我々は前回第20回ジュニアセッションで、サイクル21の太陽の黒点相対数と磁気嵐の関係を月単位でグラフ化しまとめた。そして我々はサイクル21での黒点相対数と磁気嵐の13ヶ月移動平均の両者の増減の様子は概ね一致していないという結論を出したが、研究者の方からより細かい単位で見れば増減が一致しているのではないかという意見を頂いた。そこで今回はサイクル21の1976年9月1日から1986年9月30日までの黒点相対数と磁気嵐の関係について日単位で調べた。

2. 目的

サイクル21の指摘された期間についての太陽の黒点相対数と磁気嵐の発生回数の関係を日単位で調べる。

3. 方法

- 1) サイクル21の該当期間の日別の太陽の黒点相対数を、Solar Influences Data Center (SIDC) から入手した。
- 2) 磁気嵐の発生日時を、気象庁地磁気研究所のウェブサイトから入手し、そこから1日あたりの発生回数を求めた。
- 3) 求めたデータから磁気嵐の発生回数と黒点相対数の30日移動平均のグラフを作成した。なお、ここでは30日分の各データを平均した。

4. 結果

サイクル21の該当期間の黒点相対数と磁気嵐の関係は、下の図1のように変化した。

5. 考察

- 1) 黒点相対数と磁気嵐の両者の増減の様子は1978年9月1日から1981年9月1日にかけては磁気嵐の発生回数が減少しているが、同期間のグラフの形状は類似している。
- 2) 黒点相対数は1976年9月1日から1978年9月1日、1981年9月1日から1986年9月1日までの期間においては両者の増減の様子は概ね一致している。
- 3) 両者の増減の様子は1978年9月1日から1981年9月1日において磁気嵐が減少しているが、グラフの形状が類似しているため黒点相対数と磁気嵐の発生には関係性があると思われる。

6. 今後の課題

今回の研究ではサイクル21において、黒点相対数と磁気嵐の発生数には関係があるということが分かった。しかし、グラフ上で1978年9月1日から1981年9月1日までの期間において磁気嵐が減少しているため、原因をつきとめたい。また、前回の研究でサイクル24においてもグラフが一致していなかったため、今後詳しく調査していきたい。

7. 参考資料

- ・SIDC <http://sidc.oma.be/silso/datafiles>
- ・気象庁地磁気研究所 <http://www.kakioka-jma.go.jp/obsdata/obsdata.html>

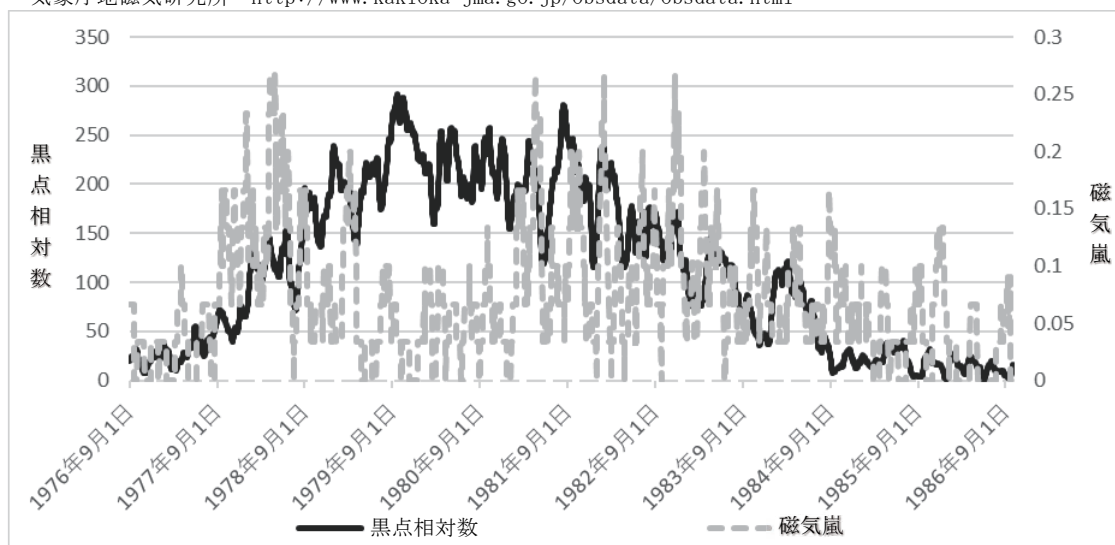


図1 黒点相対数と磁気嵐の関係（サイクル21 1976年9月1日～1986年9月1日）

立川高校天文気象部の観測データから見る サイクル24の太陽黒点について

立川高校天文気象部

吉田 拓未、小池 悠太（高2）【東京都立立川高等学校】

要旨

終わりへと向かう太陽黒点のサイクル24について、立川高校天文気象部のデータを用いて考察を行い、ベルギー王立天文台・国立天文台のデータと概ね一致することを確認した。また、以前のサイクルとの比較を行い、サイクル24の極大期の黒点数が増加せず、70年間の観測の中で最少であったことを明らかにした。

1. 研究動機及び目的

本校天文気象部では1947年からの約70年にわたって黒点観測を行ってきた。先輩方が5年前よりこれらの膨大なデータを整理して黒点相対数グラフを作成し(※1)さらに、これらのデータを元に差動回転の研究を行った(※2)。本研究では、黒点相対数が減少しているサイクル24についての分析と、サイクル25に向けた今後の展望について考察した。また、黒点観測の精度を保ちながら、今後も部員で観測を継続するためにどのような方法があるのかについても考察する。(※1 2015天文学会 ※2 2016天文学会、2017都高文連研究発表会)

2. 方法

立川高校天文気象部で観測したサイクル24の黒点相対数をグラフ化し、最近70年間の他サイクルと比較する。

3. 結果と考察

・サイクル24の太陽黒点について

太陽黒点は約11年ごとに極大期と極小期を繰り返しており、現在は24回目のサイクルの終わりへと向かっている(図1)。公共の観測機関であるベルギー王立天文台・国立天文台のデータとも概ね同じ傾向を示した(図2)。

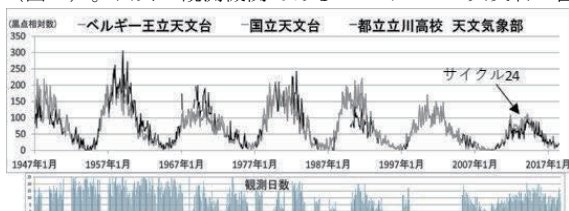


図1 1947～2018年の黒点相対数
(本校・ベルギー王立天文台・国立天文台)

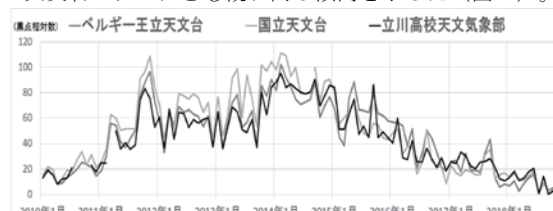


図2 2010～2018年(サイクル24)の黒点相対数
(本校・ベルギー王立天文台・国立天文台)

・サイクルの比較

本校データの中で極大期に黒点数が最も多く観測されたサイクル19(1952～1964年)と比較すると、サイクル24の極大期は黒点が非常に少なかった(図3)。その他のサイクルと比べてもサイクル24は黒点数が最も少なく、極大期の大きな流れで見ると次回のサイクル25は今回よりもさらに小さくなる可能性がある(図4)。黒点数は太陽の活動度を表し、地球の気候とも関連があるといわれる。サイクル25の動向について研究を継続していきたい。

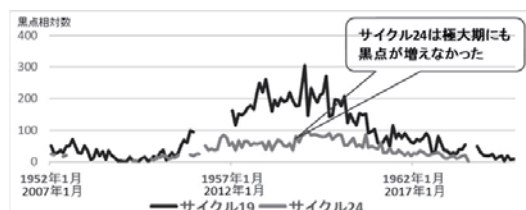


図3 本校のサイクル19と24の黒点相対数の比較

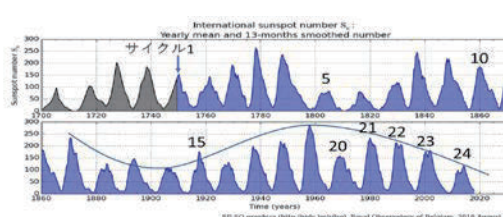


図4 1700年以降の黒点相対数
(ベルギー王立天文台資料に加筆)

4. 今後の観測を続けていくにあたって

現在は無黒点の日がかなり多く、スケッチを行う機会が少ない。このままではサイクル25に向かって更に機会が減り、黒点観測のスキルの低下が懸念される。また、観測者が毎年変わり、部員が日々交代で行う本部の観測は、個人のスキルの差や観測方法の違いなどによる精度の問題が、以前から課題となっている。観測では大型望遠鏡を操作するなど複雑な手順があり、習得するのも容易ではない。黒点研究の継続には、現在も様々な課題がある。

そこで、この問題を少しでも改善するために、観測方法を部員にわかりやすく示すマニュアルの作成に取り掛かっている。観測方法や、スケッチをスキャンしてデジタル化し蝶形図を作成する方法、データをまとめる方法なども含め、イラストや写真を入れた使いやすいマニュアルを作成している。

また、国立天文台やベルギー王立天文台はスケッチ観測をやめ、画像を用いた観測に変わったが、本校では現在もスケッチ観測を行っている。今後、天候不良で観測できない日などについて、「宇宙天気予報」などでアップされるWEBデータを活用していけないか、検討中である。さらに、H α 太陽望遠鏡を活用したプロミネンスの観測など、黒点以外の太陽活動について新たな観測ができないか、試行錯誤している。

参考文献 国立天文台HP (太陽観測科学プロジェクト 三鷹太陽観測所)

SIDC - Solar Influences Data Analysis Center

動画を利用した流星の分析

青木 友美、鈴木 亮太（高2）、熊倉 有希、堀米 琴音（高1）
 【宇都宮大学科学人材育成プログラムiP-U流星研究班 國學院大學栃木高等学校】
 海老原 暉、小宮 優輝、三田 彩花（高2）、
 臼井 瑞紀、瀬端 脩人、高橋 知優、戸部 聡太（高1）【國學院大學栃木高等学校】
 佐藤 瑞己（中3）、徳永 祐太（中2）、山根 史也（中1）【國學院大學栃木中学校】

要旨

今まで流星の研究は計数観測等が主であったが、最近デジタルカメラの動画で流星の撮影ができるようになり、新しい解析法が可能となった。私たちは動画から流星群の放射点を求めたり、流星の発光から消滅までの追跡を行った。

1. はじめに

私たち國學院大學栃木高等学校iP-Uメンバーは、10月りゅう座流星群を撮影・研究するため、栃木県那須町にある那須天文台（杉本先生（宇都宮大学）の私設天文台）でSONY α 7 sに35mm F1.4のレンズを付けたカメラ4台（図1）を用いて流星の動画撮影を行った。撮影できた150個程の流星の中に赤い色の痕を残す流星が1個存在する事が分かり、その流星について調べた結果、現在確認されている主要な群には当てはまらず、10月やぎ座流星群の可能性があると分かった。10月やぎ座流星群は出現数が少ないために詳しいことは分かっていない。

はたして10月やぎ座流星群の流星なのか、それとも散在流星なのかを調べてみることにした。また流星痕の色と超高層大気組成との関係を推定した。



図1 撮影に利用した四連カメラ

2. 方法と結果

その1：10月やぎ座流星群の放射点を求める

- (1) 動画で撮影された150個の流星の中から10月やぎ座流星群に属す可能性がある流星を15個程度選んだ。1/30秒の露出で撮影された動画からステライメージを使って1コマごとに静止画にしていった。静止画をステライメージで合成して流星が線状になるようにした。
- (2) 流星の正確な経路を求める
流星経路を延長して放射点を求めるためには流星経路を正確に測定しなければならない。そのためにプレート常数の算出を行った。すばる画像処理ソフト「マカリ」を使い、(1)で作った静止画から流星の発光点・消滅点と中心星、比較星を選び、位置座標（X・Y）を読み取った。ステラナビゲーターを用いて、中心星と比較星の視位置（赤経・赤緯）を調べた。測定では画面中央付近の星を中心星とし、流星のまわりを取り囲むように比較星を選んだ。
- (3) 流星経路図の作成
得られた流星の発光点・消滅点の位置から天球の大円の方程式を算出し、各流星の赤経300°～330°に対応する赤緯の値を求めた。[大円の方程式 $(\tan \delta = X \sin \alpha + Y \cos \alpha)$]

結果：流星の軌跡をグラフ（図2）にし、いくつかの流星が一点に集まるか確かめ、放射点を推定した。

その2：赤い痕を残した流星の分析

動画には21h44m40sにやぎ座流星群と思われる、明るくて赤い流星がとらえられていた。その流星は消滅後も約2秒近く赤い痕が残った。痕が消失するまでの3秒程の画像をすべて静止画として取り出し（約90コマ）1コマずつphoto shopやペイントで流星以外の星を塗りつぶした。それらを全て横にずらしながらコンポジットし（図3）、流星痕の色の変化から超高層大気組成を推定し、流星の高さの推定を目指した。

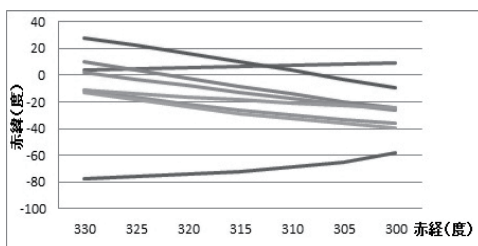


図2 18：59～21：08に流れた8個の流星の軌跡

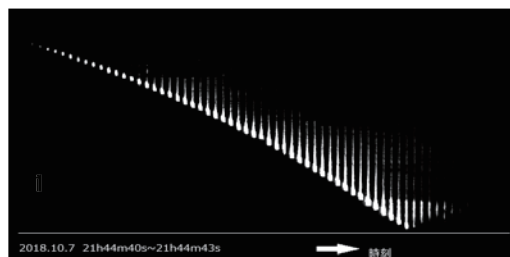


図3 赤い流星の発光から消滅まで

3. まとめ

これまで静止画によって流星の撮影がなされてきたが、流星の動画撮影では高いiso感度で撮影できるために、肉眼では見えないような暗い流星まで撮影できる。そのため出現数が少ない小流星群の分析や流星出現直後に見られる痕の撮影が可能であり、今まで不可能であった分野の研究ができることがわかった。

4. 参考文献と謝辞

恒星社アストラルシリーズ「流星Ⅱ」（杉本 智他）

この研究を進めるにあたって、宇都宮大学の杉本 智先生には大変お世話になりました。また、宇都宮大学iP-U担当の先生方、上岡先生、松田先生にこのような研究の機会を与えていただき、ありがとうございました。

流星の電波観測による3大流星群の比較

山田 翼聖、飯野 聖希、柴崎 はな（高2）【新島学園高等学校】

要 旨

3大流星群のしぶんぎ座流星群、ペルセウス座流星群、ふたご座流星群の電波観測を行い、各流星群の特徴を観測した。流星群の流星数の多い期間はしぶんぎ座流星群が短く、ふたご座流星群、ペルセウス座流星群の順に期間が長い。1日の流星数の変化も流星群の特徴が表れた。各流星群のダストストリームの大きさや軌道の特徴が表れている。

1. はじめに

長期的なテーマとして流星の電波観測を2017年から開始した。1年間継続観測を行い、3大流星群の特徴を観測した。今後の継続的な観測により、散在流星数の季節変化や流星群の年周変化を観測する。

2. 目的

3大流星群のしぶんぎ座流星群(2018年1月4日極大)、ペルセウス座流星群(2018年8月13日極大)、ふたご座流星群(2017年12月14日極大)の電波観測を行い、流星群のピークの表れ方や1日の流星数の変化の特徴を観測する。

3. 方法

流星の電波観測は福井県から出ている50MHzの電波を使用して観測した。アマチュア無線用の無線機iCOM IC-R8500を受信専用機として使用し、アンテナは校舎屋上に設置した50MHzの2素子アンテナを使用した。無線機からの音をコンピューターに繋ぎ、観測ソフトMROFFTで10分ごとの画像として保存した。観測した10分ごとの画像をソフトHROViewで流星数を目視カウントした。

4. 結果

図1から図3に10分ごとの画像から得られる流星数(太線)とロングエコー数(細線)を1時間ごとに集計したグラフを示す。また、図4から図6に1日の時刻ごとの流星数変化を示す。しぶんぎ座流星群はピークが1日と短く、1日の流星数は夜半から朝方に急激に増加する。ペルセウス座流星群は9日程度流星数が増加し、極大日より前の日数が長い。1日の流星数は夜半から朝方に増加する。ふたご座流星群は5日程度流星数が増加し、1日の流星数変化は夕方から朝方まで継続して多い。また、天頂効果が顕著に表れる。ロングエコーはペルセウス座流星群に多く、他の流星群では増加しなかった。

5. 考察

流星群は母天体から放出されたダストストリームと地球の軌道が交わり、地球がその中を移動することで生じる。流星群の流星数増加日数がダストストリームの太さを表していると考えたと、しぶんぎ座流星群が最も小さく、ふたご座流星群、ペルセウス座流星群の順に大きいと考えられる。1日の時刻ごとの流星数変化はダストストリームの軌道と地球の軌道の交わり方の違いが表れていると考えられる。ふたご座流星群は地球軌道の後ろから交わるため夕方から流星数が増加し、しぶんぎ座流星群とペルセウス座流星群は地球軌道の前から交わるため夜半から明け方に流星数が増加すると考えられる。

6. まとめ

流星の電波観測を継続して行うことで3大流星群の特徴を観測することができた。今後も長期間観測を続けて、散在流星の季節変動や流星群の年周変動を観測してゆく。

7. 謝辞

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

8. 参考

流星電波観測国際プロジェクトのホームページ
ステラナビゲータ 10 (AstroArts) 太陽系モードでの軌道

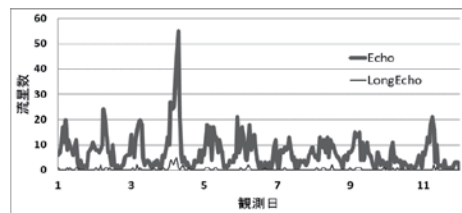


図1 しぶんぎ座流星群の日々変化(1月)

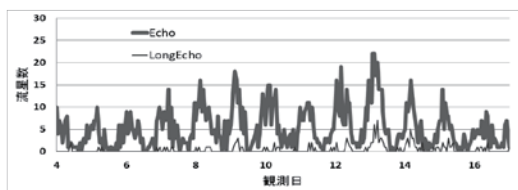


図2 ペルセウス座流星群の日々変化(8月)

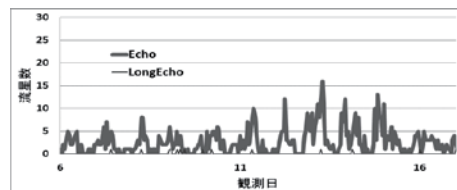


図3 ふたご座流星群の日々変化(12月)

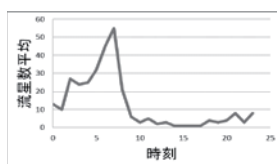


図4 しぶんぎ座流星群の1日変化

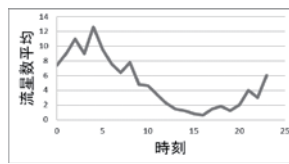


図5 ペルセウス座流星群の1日変化

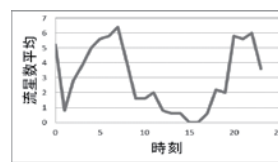


図6 ふたご座流星群の1日変化

お盆のような月の輝きに迫る

岐阜県立岐阜高等学校 自然科学部 物理班

田島 伶一郎（高2）【岐阜県立岐阜高等学校/ハートピア安八jr. 天文倶楽部】

要 旨

球体でありながら、図1の通り周縁部まで均等に明るいお盆のような月の輝きに興味を持ち、研究を始めた。月面を模擬した、紙やすりや粗い砂などを試料とする反射実験の結果と、月の測光結果とを反射モデルなどで比較した。その結果について、文献との比較や剣山を用いた追加実験など、多面的な検証を行い、月の特徴的な反射は月面の粒子が深く隙間をもって堆積していることが原因であることが分かった。本年は、月の反射特性の解明のためのより精度の高い測光と、月土壌シミュラント/清水建設株式会社を試料とする反射実験を実施した。

1. 昨年度までの研究概要

満月を測光すると、どの地点でも明るさはほぼ同じで、月に周辺減光は見られなかった。お盆のような月の輝きの原因を月面の粒子の形状および大きさと仮定し、月土壌を模擬した試料の変角光度分布を求める反射実験をおこなった（図2）。月面を覆う微粒子であるレゴリスの特徴をふまえ、紙やすりと粗い砂（図3）を試料として選んだ。



図2. 実験装置

また、白色コート紙を比較対照とした。その結果、白色コート紙は顕著な周辺減光を示し、紙やすりは粗さに関わらず弱い周辺減光を示した。一方、粗い砂では周辺減光は全く見られず、月面の反射を再現することができた。反射の性質の観点でみると、白色コート紙は鏡面反射とランバート反射の組み合わせ、紙やすりはランバート反射、粗い砂はオーレン・ネイヤー反射を示した（図4）。これらの結果から、お盆のような月の輝きには反射の性質が深く関わっていることがわかった。

また、紙やすりと粗い砂とは粒子の形状と大きさがよく似ているのに関わらず、全く異なる反射特性を示した。紙やすりと粗い砂との相違点を調べると、紙やすりと粗い砂では粒子の堆積の様子が大きく異なっていた。紙やすりは粒子の堆積が単層である一方、粗い砂は多層であり、粒子が深さをもって堆積していた。そこで、深さをもった粒子の堆積こそがお盆のような月の輝きの原因であると考え、追加実験をおこなった。追加実験では剣山に水平に光束を照射し、その反射の様子を調べた。その結果、全体として月の反射に近い反射となった。剣山の針の一つ一つは鏡面反射およびランバート反射の性質が強いものの、それらが深さをもった堆積のような構造となることで、全体に拡散された反射を作り出すことがわかった。以上をもって、お盆のような月の輝きは月面の反射特性で説明でき、その原因は粒子が深い堆積となっていることであると結論づけた。



図1. 月と発泡スチロール球

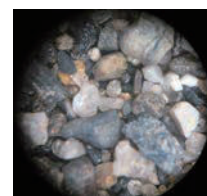


図3. 粗い砂

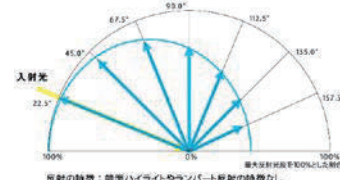


図4. 粗い砂の実験結果

2. 反射実験2

粒子の堆積により反射の性質がどのように変化するのかに興味を持ち、反射実験2をおこなった。試料には月土壌シミュラント/清水建設株式会社（図5）を使用し、実験装置は先行の反射実験と同じであるが、測定誤差軽減のため、黒い紙での装置全体の被覆をはじめとする改良を施した。また、実験装置の基本特性を知るため、日中の太陽光を一定光源とみなし、照度計の測定誤差を調べた。さらに、LED光源の安定性を調べるため、LED光源の光源自体の明るさの変化を調べた。その結果、LED光源の明るさは不安定で、かつ不規則に変化することがわかった。



図5. 月土壌シミュラント

3. 月の測光

本研究では月面の反射の性質は粗面でのオーレン・ネイヤー反射であると仮定していたが、この反射特性では、月の輝部の面積と月の明るさが比例の関係にないことを説明することができない。前年までの月の撮影は、撮影環境の制限上基準星をとることができず、測光結果が高度や気象条件の影響を受けていると考えられる。そこで短焦点望遠鏡を用いた撮影で、より正確な測光をおこなった。その結果より、月面の反射特性はランバート反射でもオーレン・ネイヤー反射でもなく、卵形に似た反射モデルをもつ乱反射であると考えられる。

【謝辞】 ハートピア安八天文台台長 船越浩海先生には研究の様々な場面でご指導・ご助言をいただきました。本当にありがとうございました。

皆既月食のRGB分析

青木 友美、海老原 暉、小宮 優輝、鈴木 亮太、三田 彩花 (高2)
 臼井 瑞紀、熊倉 有希、瀬端 脩人、高橋 知優、戸部 聡太、堀米 琴音 (高1)

【國學院大學栃木高等学校天文部】

佐藤 瑞己 (中3)、徳永 祐太 (中2)、山根 史也 (中1) 【國學院大學栃木中学校天文部】

要旨

私たち天文部は2018年1月31日に本校の天体ドーム内で7cm屈折望遠鏡と冷却CCDカメラを使い皆既月食の撮像をした画像を使いRGBの分析を行った。更に、RGB別に光量のグラフを作成しそれぞれの変化について考察した。

1、研究動機

私たちは2018年1月31日の皆既月食がスーパーブルーブラッドムーンであることからRGBの光量に特別な変化があるのではないかと考えた。

2、方法

冷却CCDカメラ (ビットランBJ 41C 140画素数 16ビット) を7cm屈折望遠鏡 (笠井トレーディング社 BLANCA F6) に接続し、皆既月食 (2018/1/31~2018/2/1) を撮像した後、画像を出力しステライメージを用いて月全体の光度をRGBの3色に分け、各色の明るさの変化をグラフにし (露出1秒換算) それぞれ比べた。

- 1 月食を含む画像全体のピクセル数 (a)
 月食を含む画像のピクセル値の合計 (b)
 月食を含まない画像のピクセル数の合計 (c)
 月食を含まない画像のピクセル値の合計 (d)
- 2 1よりスカイ領域のピクセル値の平均 e を求めた ($e = d/c$)
- 3 1と2の値から天体部分のみのピクセル値の平均 f を求めた ($f = b - e \times a$)
- 4 RGB別の f をそれぞれ相対値に直し明るさの変化としてグラフにした。

3、結果 月食のRGB別明るさの変化 (2018年1月31日 20:57:22~)

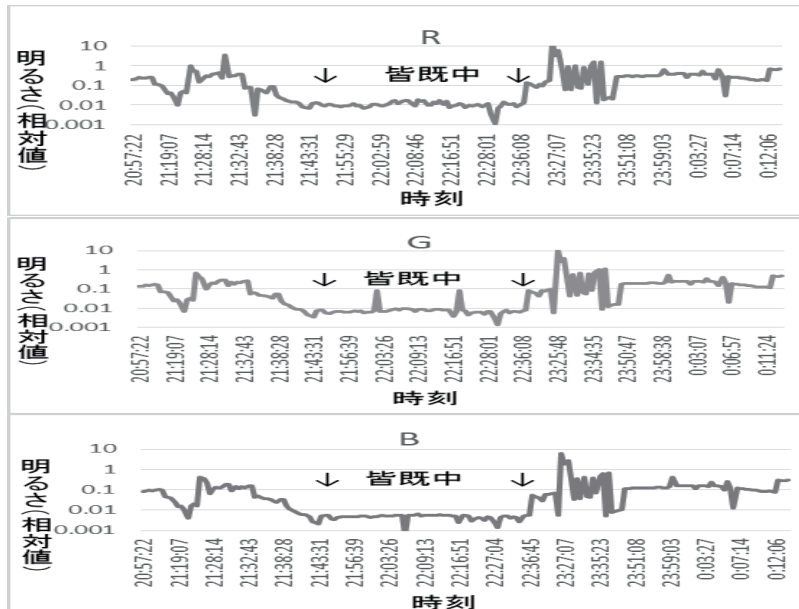


図1 (上) 図2 (中)
 図3 (下)

4、まとめ

図1~図3を見て、私たちが注目したのは皆既中に起きたG (図2) の突発的で大きな変化が二か所みられた点である。これはスーパーブルーブラッドムーンの影響であると考えた。

5、参考 測定の方法はアストロアーツ社様のご助言によるものです。

月が吸収する太陽光の解析～スペクトルを比較して～

田中 鉄兵、寺地 港（中2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校附属中学校】

1、要旨

月は太陽光を反射して光っている。そのため、月のスペクトルは太陽のスペクトルと類似していると考えられる。そこで、この二つの天体のスペクトルを比較し、吸収線の違いが見られるのかを調査する。

2、研究手法

2018年8月1日に太陽、同年11月14日に月を観測。どちらも露光時間0.1秒で撮影した。ダーク、スカイ（月のみ）、波長校正光源も同時に撮影した。使用機器は、口径90mmの屈折式望遠鏡（月のみ）、冷却CCDカメラ、分光器である（図1）。

撮影したスペクトル画像を、すばる画像解析ソフトMakali'iを用いて解析した。このソフトでは、まず天体のスペクトル画像から、ダーク、スカイ（月のみ）を引いた。その後波長校正光源を用いて波長付けをし、Excelに出力してグラフ化し、比較した。



図1 観測機器

3、結果

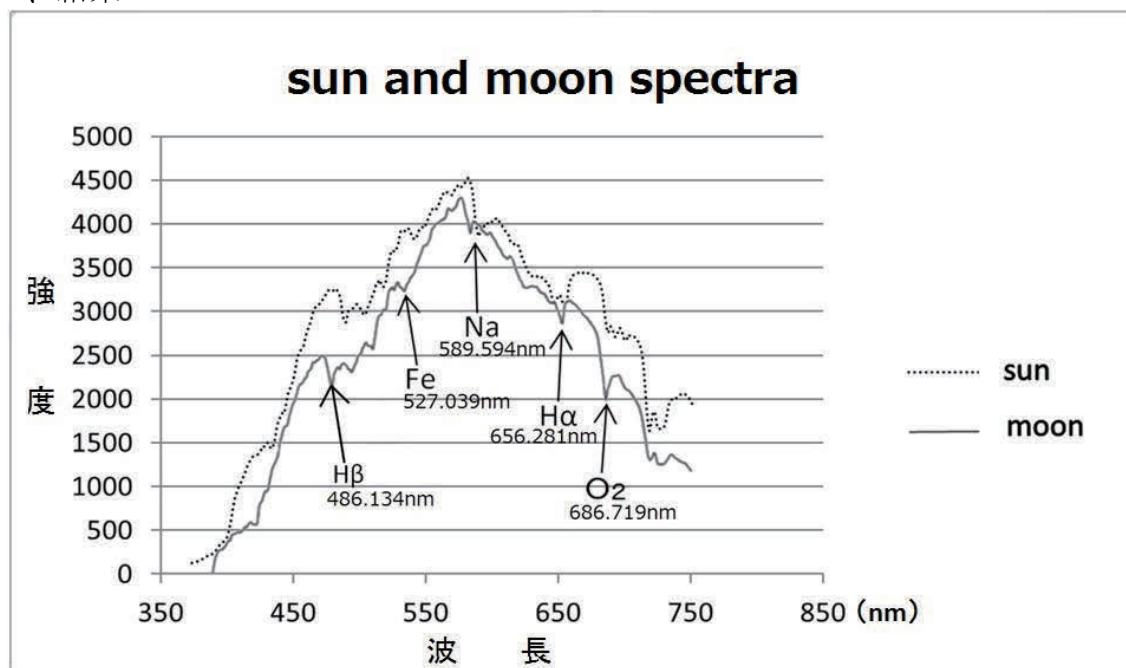


図2 太陽と月のスペクトル

4、考察

二つのスペクトルは光源が同じであるため、おおまかな形や吸収線の吸光度は類似していた（図2）。しかし、酸素や水素の吸収線が月のほうがより強くみられた。これは、地球照の影響で、月の光の方がより地球の大気に含まれる酸素や水蒸気に吸収されたためではないかと考えた。同様の理由で、紫外線もより地球のオゾン層に吸収されたため、月の方がより紫外線が少ないのではないかと考えた。また、ナトリウムの吸収線の吸光度が太陽のほうが高かったのは、撮影した時期が関係しているのではないかと考えた。

51ネマウサの形状～恒星食観測・測光観測から～

名和 卓哉（高3）、鈴木 智貴（高2）、柴山 智浩（高2）、岡田 卓（高1）
【愛知県立一宮高等学校地学部SS班】

1. 要旨

我々は、2018年4月1日に小惑星ネマウサ(51 Nemausa)による TYC0830-00933-1 (10.1 等星)の恒星食の観測に成功した。他の地域の観測者(JOIN)からデータ提供を受け、データを集約し小惑星の断面図を推定した。後日ネマウサの測光観測によってデータを収集し、ライトカーブを作成、ネマウサの自転周期を求めた。これらの結果から、形状を2パターン推定した。さらに、暗室実験でネマウサの自転を再現して、ライトカーブを作成し、実際の観測から得たライトカーブと比較した。

2. 方法

(1)観測 A・恒星食観測

場所：愛知県一宮市ほか6か所 日時：2018年4月1日

機材：CelestronC-8(口径20cmF10)、
WAT-120N 8フレーム蓄積、IOTA-VTI(GPS時計)

B・測光観測

場所：一宮高校屋上

日時：2018年4月9日、13日、18日、28日

機材：SBIG製ST-7XME、R,V,Bフィルター、
CelestronC-8

(2)解析 A・恒星食観測

方法：Limovieにより現象時刻を解析

→一宮高校での減光開始は午前1時51分00.30秒、

減光終了は1時51分20.87秒

B・測光観測

ソフト：すばる画像処理ソフト「マカリ」、エクセル

方法：1)撮影画像の一次処理(ダーク・フラット処理)

2)比較星とチェック星の選定と決定

3)ライトカーブの作成・変光周期の決定

3. 結果

すべてのデータをV等級に換算してライトカーブを作成したところ、図1のようになった。1～3の光の量の比と基準線Aからの角度をライトカーブから求め、それらをもとに1～3の方向から見た形状を推定した。ライトカーブの後半の半周期分は天候の関係でデータを得ることができなかったため、その部分にあたる箇所を2通り仮定した。

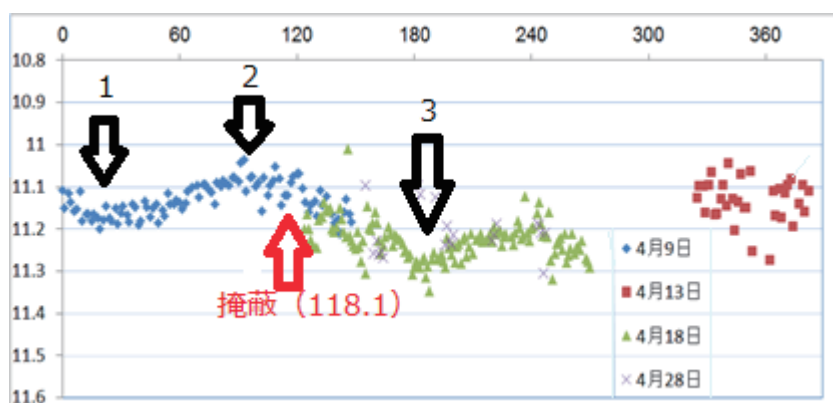
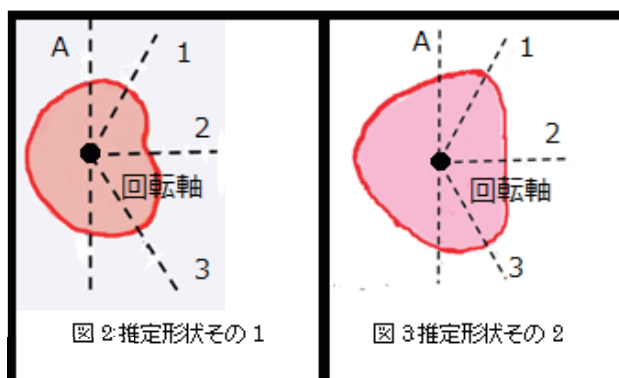


図1:観測したライトカーブ(縦軸:等級、横軸:分)

4・暗室実験

ネマウサの自転を模型で再現し、デジカメで撮影した。画像を測光し、ライトカーブを作成し、観測結果のライトカーブと一致するかどうか確かめた。その結果、図3:形状その2は、正しい形状ではないと分かった。一方、図2:形状その1は、正しい形状である可能性が高いと考えた。



5・参考文献

・理科年表2016年版 ・星食ハンドブック2016

小惑星(155140) 2005UDの測光観測

山本 紫苑、後藤 杏実（高2）、
池添 太智、久保田 空、鈴木 文也、宮崎 瑛輔、野村 拓馬、米谷 和真
芦田 結菜、坂田 陽菜乃 谷神 杏歌、伊藤 杏佳（高1）
【兵庫県立三田祥雲館高等学校 科学部天文班】

要 旨

2018年10月5日-10月6日に小惑星(155140) 2005UDの連続測光観測及び多色測光観測を行った。

1. はじめに

小惑星(155140) 2005UDは周期1.44年のアポロ型特異小惑星であり、小惑星(3200) Phaethonの分裂天体であるとされている。Phaethonはふたご座流星群の母天体で、彗星-小惑星の過渡的状态にあるとされている非常に興味深い天体である。今回の回帰では15等級まで明るくなったため観測の好機であった。Bバンド、Rバンド、Iバンド、Vバンドを用いた多色測光を行い表面の様子を考察すべく観測を計画した。

2. 観測

観測概要は次の表1、表2の通りである。

2-1. (表1) 観測日時、観測方法、天候

Date&Time (UT)	フィルター及び画像数	露出時間	観測	天候
10/6 17:18-19:56	V 251枚	30秒	連続	晴天
10/6 14:41-19:24	V 22枚 R 8枚 I 7枚 B 6枚	60秒	多色	晴天

2-2. (表2) 観測機材

望遠鏡	口径	F値	視野	カメラ
60cm望遠鏡	600mm	12	11.6' × 11.6'	SBIG STL1001E
なゆた望遠鏡	2000mm	12	10.9' × 10.9'	MINT

3 解析

解析概要は次の表3の通りである。

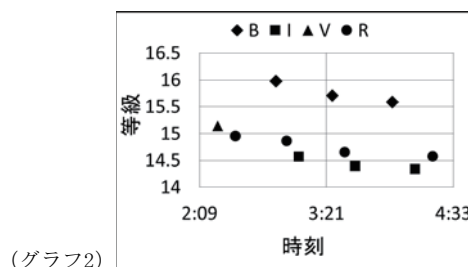
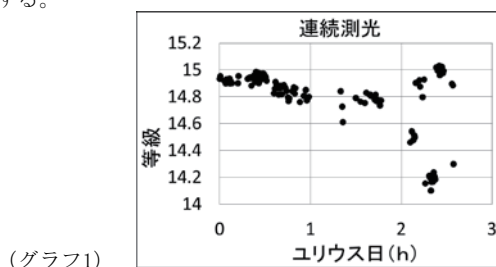
(表3) 参照カタログ、高度補正

解析	標準星カタログ	個数	高度補正
連続測光	USNO-A2.0	2~4個	×
多色測光	Landolt標準星カタログ	6個	○

画像は全て1次処理を施した後、画像処理ソフトMakali'iを用いてアパーチャー測光を行った。なお太陽の色指数は $B-V=0.665$, $V-R=0.367$, $V-I=0.705$ とした。

4 結果

観測は行ったが、雲の影響で測光には使えないデータも数が多かった。グラフ1は連続測光の結果であり当日の発表までには自転周期を求めたい。グラフ2は多色測光の結果であるが、 $B-V$, $V-R$, $R-I$ の色指数を求めPhaethonの色と比較する。



5 考察

Phaethonは先行研究よりBタイプまたはFタイプの小惑星と考えられているため2005UDも同様であると考えられる。典型的なB型小惑星の色指数は $R-I=0.695$ であった。Phaethonはこれまで“青い”天体として観測されており、2005UDも同様の結果を示した。

参考文献・サイト

鈴木文二・洞口俊博著 (2015) あなたもできるデジカメ天文学 恒星社厚生閣

Astro-HS編 (2004) 彗星観測ハンドブック2004

Dandy et al., (2003) Icarus 163. 363

Minor Planets at 366 http://www.toybox.rgr.jp/mp366/lightcurve/obs_guide/obs_guide.html

(参照2019/1/9)

LCTアルゴリズムを用いた木星表面の模様の自動追跡

尾崎 匠（高専3）、小林 克憲（高専1）【米子工業高等専門学校科学部】

1. はじめに

木星の表面は、木星大気に浮かぶ雲の頂上であり、地球のような硬い表面ではない。さらに、図1のように経度線に平行な東西に流れるジェット気流が存在しており、木星表面の模様はこのジェット気流に吹き流されている [1]。そのため、多くの木星のアマチュア観測者は、木星表面の興味深い模様の経度を測定し、その時間変化を調べてドリフトチャートを作成し、木星表面の運動を調べている [2]。しかし、この手法では目立った模様でなければ追跡できないという弱点がある。さらに、各画像で経度を測定し、その数値を経緯図上でプロットする必要がある、非常に煩雑な作業となる。そこで、LCTアルゴリズムを利用して木星表面の模様の自動追跡を試みた。

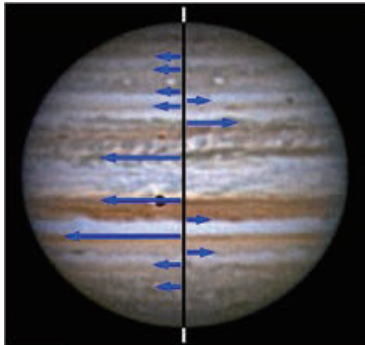


図1 木星表面を東西に流れるジェット気流の速度分布 [1]

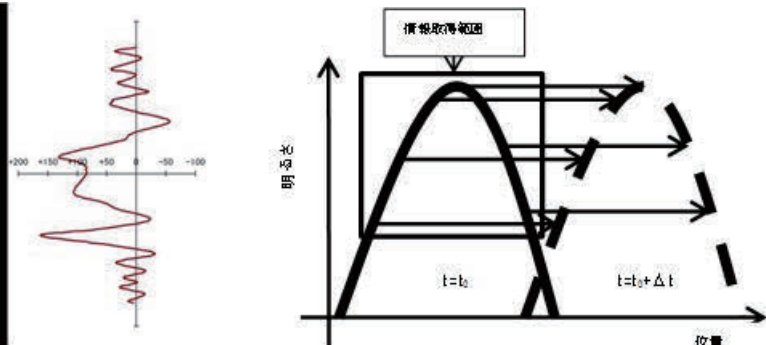


図2 LCTアルゴリズムの模式図

2. LCTアルゴリズムとは？

LCTとは、Local Correlation Trackingの略で、1987年にTitleによって太陽の粒状斑の運動を追跡するために開発された手法である [3]。図2にLCTアルゴリズムの模式図を示す。時刻 $t=t_0$ のとき実線で示された明るさの分布が、時刻 $t=t_0+\Delta t$ で点線のようになったとする。LCTアルゴリズムとは、 $t=t_0$ の四角形で囲まれた部分と $t=t_0+\Delta t$ の明るさの分布で一番相関が良くなる場所を調べ、四角形で囲まれた部分が経過時間 Δt 間でどれだけ移動したか判定する手法である。

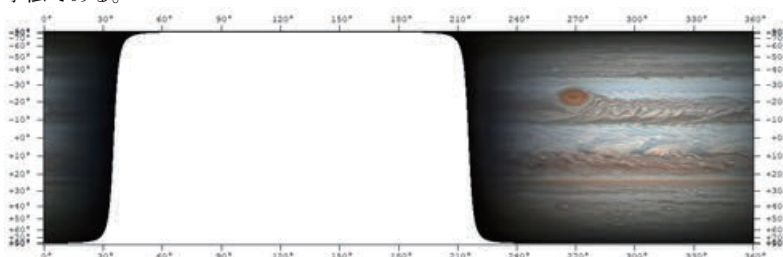


図3 WINJUPOSで作成した木星マップ

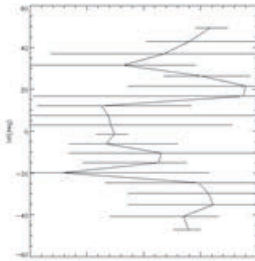


図4 LCTアルゴリズムで求めたジェット気流の速度分布

3. 解析、結果と考察

まず、IDLでLCTアルゴリズムのプログラムを組んだ。つづいて、月惑星研究会のHP [4]に掲載されている木星画像を利用して、WINJUPOSで図3のようなマップを作成した。そして、LCTアルゴリズムで適当な時間間隔をあけた2枚の木星マップから木星面の模様の自動追跡を行い、ジェット気流の速度分布を求めた。

具体的には、2017年4月20日13:49:00 (UT) と2017年4月21日19:25:24 (UT) に撮像された2枚の画像を使用した。図4にこの2枚の画像から求めた木星面のジェット気流の速度分布を示す。なお、図4では縦軸が緯度、横軸が流速になっており、正の緯度が南緯、負の緯度が北緯、負の流速が東向きの流れを表している。また、図4の横線は流速のエラーバーである。図4より赤道付近での流速が約100m/s、さらに北緯20度付近に100m/s以上のジェット気流があり、全体的に見ると図1のジェット気流分布と比べ非常によく一致することがわかった。このことから、LCTアルゴリズムは正しく動作していると考えられる。今後はさらに測定数を増やし、ジェット気流の速度分布の経年変化についても議論する予定である。

参考文献

- [1] 堀川邦昭,「今シーズンの木星観測」,天文ガイド,2008年9月号,誠文堂新光社発行
- [2] 月惑星研究会,「惑星ガイドブック2」,1981年,誠文堂新光社発行
- [3] Title,A. *et al.* in High Resolution Solar Physics II,pp.121-128,(NASA Conf. Publ. 2483,1987)
- [4] 月惑星研究会HP,<http://alpo-j.asahikawa-med.ac.jp/>

エウロパ生命探査プロジェクト“Fates”

もしっしょん生命探査班

金子 じゅん（高2）【埼玉県立越谷高等学校】、田井 遥華（高2）【豊島岡女子学園高等学校】、
出口 凜々花（高2）【石川県立金沢錦丘高等学校】、中尾 悠達（高2）【栄光学園高等学校】、
原野 新渚（高3）【Zion Christian Academy International】、
吉崎 謙（高3）【国立大学法人東京工業大学附属科学技術高等学校】

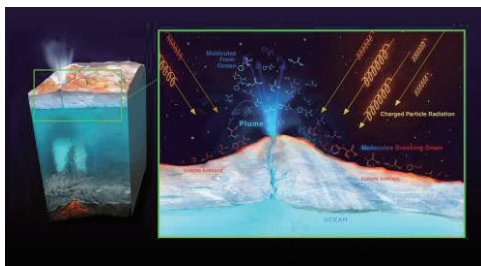
2017年度の「君が作る宇宙ミッション」と「もしも君が社の都で天文学者になったら」の参加者が
千葉大学での天文学会ジュニアセッションで知り合い、有志で「もしっしょん」を立ち上げ、合同研究を行った。

1. 背景・目的

木星の第二衛星エウロパはこれまでの研究により、木星の潮汐力が地殻を暖め周囲の水を解かしたため、厚さ3~4kmの水の下に液体の水の内部海が広がっていると考えられている(図1)。そのため、生命の存在が期待されているが、2019年1月現在、エウロパに着陸した探査機はない。それゆえ実際に生命が存在するか否かの証拠は見つかっていない。

本研究の目的は、エウロパに生命が存在する可能性を探るべく、内部海に探査機“Fates”を送るミッションを提案することである。地球上の生命の元となったアミノ酸の存在が確認できれば、エウロパにも生命が存在する可能性を証明できると仮定する。

(図1：エウロパ内部構造)



Credits: NASA/JPL-Caltech (i)

2. ミッション内容

2-1. 探査機の構成

本ミッション“Fates”

は、エウロパを周回し「クロト」に無線送電を行う周回船「アトロボス」、エウロパに着陸し間欠泉から内部海に降下・潜水して探査を行う潜水艇「ラケシス」、エウロパ表面で「アトロボス」から受け取った電気を「ラケシス」に有線供給し、投下・巻き揚げを行う地上基地「クロト」の計3機の探査機から成り立つ。(図2)

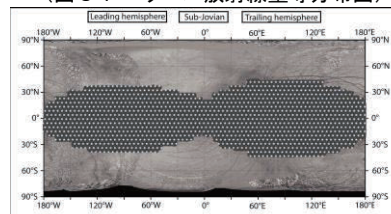
2-2. 探査方法

「アトロボス」で間欠泉を探し、そこから海に入りエウロパ内部海を探索する。

2-2-A. 着陸

「アトロボス」の可視光カメラで間欠泉の位置を、レーダーで氷の厚さを調べる。「ラケシス」と「クロト」を繋ぐケーブルには限りがある為、比較的氷が薄い部分の間欠泉を選び、着陸する。このとき、放射線による「クロト」の劣化を抑える為、既存のエウロパの放射線量等分布図から粒子線放射が比較的少ないとされる極付近を優先して間欠泉を選び投下する。(図3)

(図3：エウロパ放射線量等分布図)



Credits: U.S. Geological Survey, NASA/JPL-Caltech, Johns Hopkins Applied Physics Laboratory, Nature Astronomy (i)

2-2-B. 探査

「クロト」が自力で間欠泉まで移動し、搭載されていた「ラケシス」を分離、「ラケシス」は割れ目から内部海に侵入する。アミノ酸の有無を調べるには、GC/MS分析器(ガスクロマトグラフィー・飛行時間質量分析計)やバイオシグネチャー分析器などが最適である。「ラケシス」からケーブルで「クロト」に送信したデータは、無線で「アトロボス」を経由して地球に随時送信される。解析結果により探査を続行するか判断ができる。探査終了後はプラネタリープロテクションを考慮し「クロト」がケーブルを巻き取り「ラケシス」を回収する。ケーブルには強度・伝導率が優れたカーボンナノチューブを利用する。

2-3. 電力供給

木星探査機JUNOにより木星軌道でも太陽光パネルによる十分な電力供給が可能だと分かるため、本ミッションでは「アトロボス」で太陽光発電を行い電力を賄う。電力はマイクロ波無線送電で「クロト」に転送される。「アトロボス」による発電や送電が不可能な時のため「クロト」は蓄電も行う。「ラケシス」にはケーブルで電力供給を行う。

3. まとめ

エウロパにおける生命探査の第一歩として、探査機“Fates”を提案し、実用性を検証した。

4. 文献

- NASA Europa Clipper, “Radiation Map of Europa” (<https://europa.nasa.gov/news/17/radiation-maps-of-europa-key-to-future-missions/>) 閲覧日：2019年1月19日
- 地球とエウロパの海底熱水噴出孔、日本惑星科学会誌 Vol. 20, No. 2, 2011
- 渡部潤一ほか (2008)『シリーズ現代の天文学 太陽系と惑星』日本評論社

5. 謝辞

本研究を進めるにあたりご指導ご協力いただいた、法政大学の田中幹人准教授と、東京大学教養学部の富永憲亮氏にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

エウロパにおける生命探査

第 17 回 君が作る宇宙ミッション DENEb 班

生田 篤史（高 1）【鹿児島県立楠隼高等学校】、大原 江梨花（高 2）【神奈川県立柏陽高等学校】
塩野谷 樹（中等 5）【佐野日本大学中等教育学校】、菅沼 斗憐（高 1）【栄光学園高等学校】
星野 日和（高 1）【愛知県立岡崎高等学校】、丸目 帆夏（高 1）【大阪府立豊中高等学校】

要旨

宇宙一般に共通する生命の起源や進化の過程、存在条件を知るため、他の天体における生命探査ミッションを提案する。このミッションでは生命の存在する可能性が高いとされるエウロパの海中を探索し、生命を採取して地球へのサンプルリターンを行うことを目的とする。

1. 背景・目的

生命の起源に関する仮説はいくつか唱えられている。その一つにパンスペルミア説という生命は宇宙から来たという説がある。しかし、今現在のところ実際の生命の発見にはつながっていない。太陽系には生命の存在が有力視されている惑星や衛星がいくつかある。特にエウロパは、表面が氷で覆われており、木星からの潮汐力によって氷が溶解し、氷下に海があると推測されている上、いくつかの間欠泉も観測されている。そのため、生命の存在する可能性が高いと考えられている。私たちは、エネルギー源、液体の水の有無、事前観測の有無、地球からの距離の観点で点数を付けていくつかの惑星・衛星を比較した結果、エウロパで生命を探索することが有意義であると判断した。以上のことから、本ミッションでは、生命の起源や存在条件、進化の過程を知ることを目的とし、エウロパを対象として生命探査することを提案する。

2. 手段

～探査場所の決定～

生命を探索する場所としてエウロパの間欠泉付近の水域を考えている。間欠泉付近は間欠泉が存在するための水温、圧力の条件が整っている。そのため、他の場所に比べ生命が存在するのに必要なエネルギーが多く集中すると考えられる。以上のことから間欠泉付近を探索することを決定した。

～探査機の構成～

このミッションでは探査機は大きく母機と子機で構成されている。

母機はエウロパと地球を往復する際の燃料とエンジンを積み、子機と地球との通信の中継を担う。またこのミッションでは、エウロパの氷を融かして内部の海に潜水艇を送り込むため、多くの電力が必要となる。木星軌道付近においては太陽電池によって大電力を確保することが困難であるため出力 7.6kW の RTG（原子力電池）を搭載し、マイクロ波電力伝送によって子機に電力を供給する。

子機は、さらに地上に待機するステーション機と氷の下にもぐり掘削機の二つに分かれる。ステーション機は、母機との通信を行うための通信装置と、回収したサンプルに生命が存在するかどうか調べるための検査装置から構成される。掘削機は、氷に穴をあけるための出力 5.3kW のヒーター付きのドリル、その穴を通して水中にもぐりサンプルを回収するための潜水艇によって構成される。ドリルは潜水艇を放出した後、海水が逆流しないように栓をする役割も果たす。

～調査の手順～

生命探査を行うにあたってこのミッションではエウロパの氷を掘って目的の水域へ向かう。間欠泉からの噴出物を上空から直接採取する方法については、採取できる生命のサンプル量が少なく、噴出物によって機体が損傷する可能性があるためこの方法を採用した。調査の手順を図 1 に示す。

Step 1 エウロパの軌道上で母機と子機に分離し、子機はエウロパの氷上に軟着陸して探査を行う。母機は軌道上に待機して子機に電力を供給する。

Step 2 子機がヒーター付きのドリルを用いて氷を融かしながら穴を開け、潜水艇を氷下に送る。その後、潜水艇が間欠泉付近の水域で水のサンプル採取を行う。

Step 3 採取したサンプルを氷上に待機しているステーション機まで運び、そこでいくつかの検査装置を用い、生命がサンプル内に存在するかを調べる。

Step 4 生命の存在が確認された場合、サンプルを母機に移し、国際法により決められた施設が地上にないため、ISS に持ち帰る。サンプルリターンを行う理由は、今回のミッションを達成するための検査・分析はその場分析だけでは限界があるため、ISS に検査施設を用意し、ゲノム解読などの検査で生命と地球上の生命との相違点、類似点を調べる。



図 1 調査の手順

3. まとめ

生命の起源や進化の過程、存在条件を知るためにエウロパでの生命の探査及び分析が有効であると考えた。そこでエウロパでの生命のサンプルリターンを提案した。エウロパ表面は厚い氷の層に覆われているため、氷を掘って氷下に存在する目的の水域へ向かい、サンプルを採取する。サンプルはエウロパ上でその場分析を行い生命がいるか確認し、サンプルリターン後は ISS 内の実験施設でより詳細な分析を行う。生命の遺伝情報等を分析して得た結果と地球上の生命を比較することで生命の起源や進化過程、存在条件を知る事に繋がると考えられる。

火星の氷のサンプリング計画

君が作る宇宙ミッション VEGA 班

妹尾 梨子（高3）【静岡県立磐田南高等学校】、宇井 瞭介（高2）【神奈川県立柏陽高等学校】、
戸井田 愛理（高2）【東洋高等学校】、北川 陽斗（高1）【滝高等学校】、
小松 研人（高1）【栄光学園高等学校】、鈴木 敬子（高1）【東京学芸大学附属高等学校】

1. 背景・目的

火星の水を有効利用できたならば、移住計画はより現実的なものとなる。そこで本稿では今まで行われてこなかった火星の氷のサンプリングミッションを提案する。最近の調査では火星の緯度30～40度付近の地下に氷が存在するという観測データがあり*1, 2, 3、この氷を飲食や穀物の栽培などの生活用水に活用できるようにしたい。人間が安全に使える水をつくるためには氷の成分を詳細に分析する必要がある。そのためサンプルを地球に持ち帰ることを想定した、サンプリング方法について検討を行う。

2. ミッションの流れ

以下に、火星の探査機が着陸し、サンプルを収納するまでの流れを示す。

1. 火星に着陸し、母船とローバーを分離する。
2. ローバーが火星表面を探索して、掘削を行い氷のサンプルを回収する。
3. ローバーがサンプルを母船に収納する。

3. サンプリング方法

3.1. 氷の検知方法

土の層と氷の層を区別することを目的とし、そのために状態変化による検知方法を用いる。氷の圧力が上昇すると液体の水へと変化するという水特有の性質を利用し、氷だと思われる物質を採取し装置内で圧力を加えていく。掘削→採取→圧力を加える という流れを繰り返し、装置内で液体を検知できた場合その物質に氷が含まれていると判断し、カプセルに収納する。

3.2. 地表の掘削方法

氷に到達するまでの地表の掘削方法として地下鉄の線路などを作るときに用いられるシールドマシンの技術を応用した掘削機を提案する。シールドマシンはトンネルを造る装置であるため、その刃は様々な地盤の固さに対応している*4。掘った土を排出するために使われるベルトコンベアを螺旋状にすることで鉛直方向にも掘削できる（図1）。また、障害物や土質を感知する、切羽前方探知システム

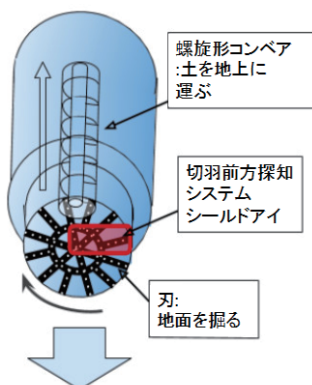


図1 掘削機の構造

ムシールドアイという技術により、進路を変えることも可能になる。今回のミッションでは小型化したものを使用するが、実際に運用できれば将来宇宙で地下施設を作る際に活用できることも考えられる。

3.3. 氷の採取方法

氷を採取する方法として、氷を削り取る方式の採取装置を提案する。装置の先端部分はかんなの刃が並べられたような形状をしており、氷に対して装置の先端部分を押し付けるように力を加えながら回転させることで氷を削り取り、削り取られた氷が装置の先端部の上に溜まっていく仕組みとなっている。このようにして採取した氷をカプセルに収納する（図2）。

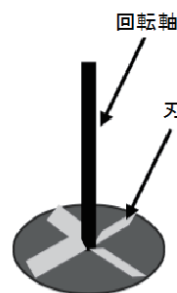


図2 氷の採取装置の模式図

4. 今後の展望

実際にこのミッションを実現するには様々な事を考えていく必要がある。その中でも、私たちが今後特に考えていきたい内容は以下の二つである。

- ・採取した水を飲料水や農業用水、生活用水として使用するために地球上で生物実験や成分分析を行い、安全性の確認をする必要がある。そのため、サンプルリターン後に具体的にどのような科学的分析を行うのか。
- ・水の探知、掘削、採取に必要な装置を備えたカプセルとローバーはどのような設計になるのか。

5. まとめ

火星への移住計画に有効な地下の氷の活用に向けた火星の氷のサンプリング計画を提案した。中でも、本稿では水の探知方法や地表の掘削方法、氷の採取方法について詳しく検討した。

6. 出典

- *1 NASA "Bright Chunks at Phoenix Lander's Mars Site Must Have Been Ice" 2008
- *2 NASA "New Water Maps of Mars" 2002
- *3 NASA "Steep Slopes on Mars Reveal Structure of Buried Ice" 2019年1月10日アクセス
- *4 ものしり博士のドボク教室

<http://www.jsce.or.jp/contents/hakase/index.html>

環境に関する問題点を解決する火星移住方法の模索と その可能性の検討

もしっしょん火星班

大金 遥（高2）【栃木県立宇都宮女子高等学校】、日下 由理（高2）【神戸女学院高等学校】、丹羽 駿輔（高2）【滝高等学校】、大槻 真優（高3）【東京都立国際高等学校】、松野 なな（高3）【香川県立高松高等学校】、渡辺 凜（高3）【創価高等学校】

経緯

2017年度の「君が作る宇宙ミッション」と「もしも君が杜の都で天文学者になったら」の参加者が千葉大学での天文学会ジュニアセッションで知り合い、有志で「もしっしょん」を立ち上げ、合同研究を行った。

1. 動機・目的

環境破壊が叫ばれて久しい。そんな中、人類が地球に住めなくなった場合の移住先の惑星として最も有力視されているのが、火星である。しかし火星移住について、実現は不可能であると言われることが多い。そこで我々は、現在の火星の環境を変化させることによって移住の面での問題点を解決する、新たな方法を模索することにした。

2. 火星移住における問題点

- (i) 大気が薄く、人類が暮らすには酸素が少ない
- (ii) 火星表面は -81°C と低温
- (iii) 火星外からの放射線量が多い
- (iv) 隕石が多く降り注ぐ

3. 研究方法

移住の解決策を考案する。また、数値計算等を行うことで、我々の案が有効に機能するか、人類が生活する上での副作用はないかについて検討を行う。

火星移住における4つの問題点を挙げたが、特に(iii)への対策が難解であり、これらを同時に解決する策を見つけることは出来なかった。そのため、それぞれの問題について解決策を考案し、検証することにした。

4. 各問題点に対する解決策の提案と検証については、現在議論中である。

5. 謝辞

本研究を進めるにあたりご指導やご協力をいただいた、法政大学の田中幹人准教授に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

6. 出典

<https://marsmobile.jpl.nasa.gov/allaboutmars/facts/#?c=inspace&s=distance>

気球とグライダーを用いた新しい宇宙旅行

第17回 君が作る宇宙ミッション ALTAIR班

林 将大（高3）【横浜市立金沢高等学校】、永井 めぐみ（高2）【愛光高等学校】、
藤原 諒（高2）【岡山県立岡山操山高等学校】、大野 僚子（高1）【渋谷教育学園渋谷高等学校】、
篠崎 倫（高1）【神奈川県立相模原高等学校】、松山 知宏（高1）【大阪府立豊中高等学校】

要 旨

現在の宇宙旅行の「高額な価格」、「訓練時間の長さ」、「実際の宇宙空間に滞在する期間の極端さ」という問題点を解決する、気球とグライダーを用いた新しい宇宙旅行の手法を提案する。

1. 研究背景

現状宇宙に行く手段としては、ISASなどの国家プロジェクトに参加するという方法とソユーズを用いた宇宙旅行、サブオービタル飛行を利用した民間企業の提案する宇宙旅行があげられる。しかし、ソユーズを用いた宇宙旅行は価格が20億円以上、半年間の訓練、そして4週間の滞在であり、サブオービタルを用いた宇宙旅行は価格が3000万円以上、4分間の滞在時間である。そのため、国家プロジェクトへの参加や、これらの価格を支払った人は少数に限られ、今までに全世界合わせても560人とごく少数である。つまり現在の宇宙旅行には「高額な価格」、「訓練時間の長さ」、「実際の宇宙空間に滞在する期間の極端さ」などの問題があり、大人数が楽しむことは難しい。本研究では、上記の問題点を改善し、“宇宙旅行に行く人が少ない”という現状を解決する手法を提案する。

2. 目的

- ・高額なロケットエンジンではなく、気球とグライダーを用いることで価格を下げる。
 - ・気球によって高度30kmまでの上昇を行うことで身体への負担を軽減し、訓練時間を最小限にすることで年齢や身体的制限を緩和させる。
 - ・気球によって上空で一定時間滞空した後、グライダーで下降することで十分な飛行時間を確保しながら下降中も景色を楽しめるようにする。
- 上記の手法を用いることで、“宇宙旅行に行く人が少ない”という現状を解決し、宇宙旅行の頻度を増加させる。

3. 手段

乗員はグライダーに搭乗し、グライダーは取り付けけた気球によって上昇する。高度30kmで約30分高度を保って滞空した後、グライダーで下降する。実施場所はアメリカとする。（図1に宇宙旅行の一連の流れを示す）。

3. 1. 機体

3. 1. 1. グライダー

10人乗りのグライダーとして、飛行機の機体を参考とした。

参考機：Cessna Citation CJ2+、座席数：8～9席、零燃料重量：4400kg
設備等の重量を検討し、グライダーの総重量は約6トンと設定することができる。

3. 1. 2. 気球

気球の素材には軽量なポリエチレンを使用し、中にはヘリウムガスを充填する。
計算で求めたところ高度30kmで気球の半径は43m、体積は333000m³となった。

3. 2. 具体的な離陸から着陸までの過程

- 1) 機体にヘリウムを注入し、グライダーが離陸
- 2) 気球で高度30kmまで3.2時間かけて上昇する
- 3) 機体の重力と釣り合うまで 気球内のヘリウムを抜いて、約30分間滞空する
- 4) 気球内のヘリウムをさらに抜き、浮力を小さくすることで高度15kmまで下降する
- 5) 高度15kmから気球を切り離し、グライダーで地上まで滑空する
- 6) グライダーで操縦して定点着陸

3. 3. 価格

酸素ボンベ：2万円/(回×8人)、グライダー：20億円/(2万回×8人)、気球(ヘリウムを含む)：1億/回。
パイロット(2人)約0.1億/年、駐機費：約360万円/年、保険：約100万円/年、点検：約600万円/年。
年に120回実施する想定で概算している。その結果、1回、1人当たりのフライトにかかる価格は、利益と経費などを加えても1500万円以下になると予想される。



図1 宇宙旅行の一連の流れ

4. まとめ

従来の宇宙旅行よりも、時間的、金銭的な制約の少ないプランを提案できた。また、気球で上昇するため、上記の滞空時間よりも長く景色を楽しむことができる。これにより、対象となる客層の幅が広がり、宇宙旅行のハードルを下げることにつながる。

缶サット機体の自転による パラシュート降下中に陥る円錐振り子運動からの姿勢安定についての探求

洞口 翼（高2）、久保 公貴（高1）、石関 康汰（OB）

【東京工業大学附属科学技術高等学校科学部】

要旨

模擬人工衛星「缶サット」は、降下中に円錐振り子運動（Conical Pendulum Movement、以下CPM、図1）に陥ることがある。私たちは2015年に、缶サットの機体を自転させることによりCPMを収束させ、鉛直方向に姿勢安定させる方法を発見し報告した〔1〕。2016年には再度飛行実験を行いセンサーデータを得て、収束のメカニズムを発表した〔2〕。今回、そのデータを再検討し、ジャイロ効果によるものという結論を得た。

1. 缶サット「向日葵」

使用した缶サット「向日葵」の構造は図1の通り。機軸に対して直交する面で回転するプロペラを持ち、搭載した地磁気センサで機体の回転状況を検出する。

2. 円錐振り子運動（CPM）時の缶サットの状況

図2の通り、CPMにより缶サットでは上から見て反時計回りに周回（A）している。時計回りのプロペラの回転（B）の反作用で、その反対向きに缶サット機体自転（C）が生じる。

3. 結果

2016年の実験の地磁気センサーデータによる缶サットの状況は図3の通りである。缶サットは最初、機体の自転によってつりひもをまく。まききると機体自転は停止するが、まききった状態を維持できずにほどき始める。機体自転と拮抗するまでほどくと停止し、再びまくことに転じる。これを繰り返している。姿勢安定は、まききって停止した時だけに見られる現象だとわかる。

4. まとめ

まききった時につりひもは剛体として機能し、周回する缶サットがコマとして働き、ジャイロ効果が現れたと考えた。この時、図2上・右側の通り、缶サットは、つりひもが回転軸（心棒）でプロペラが回転するコマと見なせる。周回により傾いている缶サットのコマには、回転軸に重力による力のモーメントが働き、プロペラの回転と同じ方向に歳差運動（図2・D）を生じる。この歳差運動は、回転軸が周回と共通で、逆向きの回転なので、打ち消しあって収束する。

5. 今後の展望

より分解能の高いセンサーデータを取得するために再度飛行実験を行い、定量的に検討し、最終的にシミュレーション解析と比較したい。

6. 参照

- 〔1〕 石関康汰、山中一智也、伊藤輝、鄭秀煥.缶サット甲子園2015報告.日本天文学会第18回ジュニアセッション予稿集. 2016, p 96-97.
- 〔2〕 石関康汰、山中一智也、伊藤輝、鄭秀煥.Understanding Conical Pendulum Movement(CPM) convergence using “CanSat’s” rotation. つくばScienceEdge2017発表 (2017年3月21, 22日).

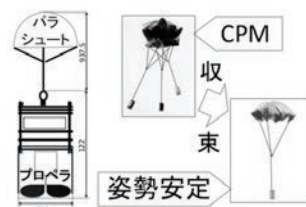


図1 缶サット「向日葵」の構造と姿勢安定

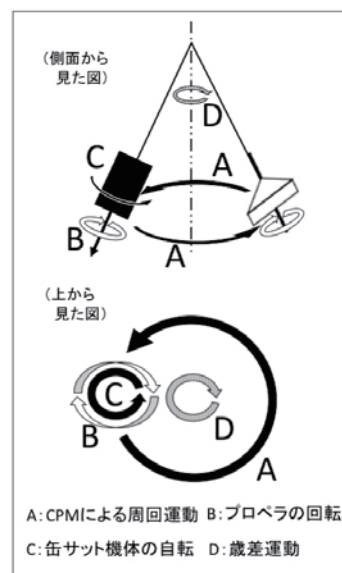


図2 円錐振り子運動時の缶サット各部の回転

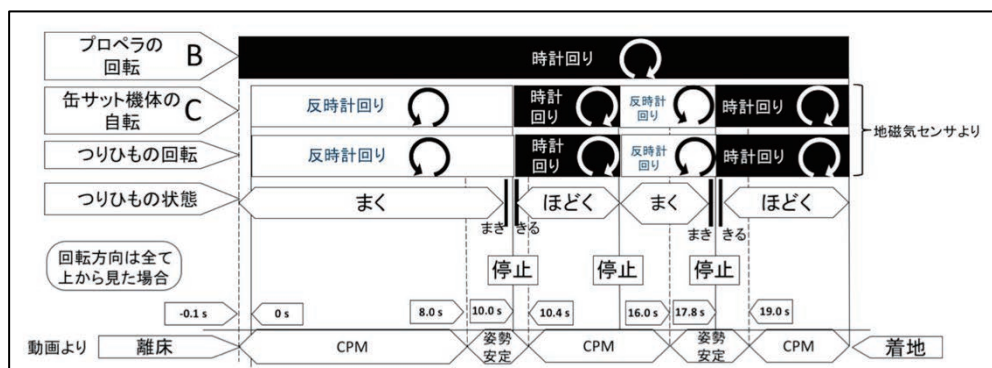


図3 缶サット「向日葵」の各部の回転と飛行状況

超小型衛星Stars-AOによる観測研究計画 ～宇宙からISSを撮影する～

Stars-AO衛星観測研究計画立案プロジェクト(全37名)

林 大晟、豊田 聖(高2)【浜松学芸高等学校】

1. 研究の背景・目的

Stars-AOは、静岡大学工学部能見研究室と民間の技術者が協力して開発した。超高感度カメラを搭載した10cm立方の超小型衛星であり、星空や地表を観測できる。

2018年8月6日および20日に、「Stars-AO衛星観測研究計画立案プロジェクト」が、中高生37名が参加して行われた。Stars-AOの性能(表1)を活かした観測計画について、中高生が案を出し合い、観測実現性を検討して発表した。

現在、地表から国際宇宙ステーション(ISS)や人工衛星の損傷状態を確認することは技術的に困難である。我々のグループは人工衛星から人工衛星を撮影すれば地表よりも近距離の宇宙から高精度な画像を撮影できるのではないかと考えた。将来の技術開発に向けた試行観測として、Stars-AOからISSを撮影することを目指し、その実現性を検討した。

表1. Stars-AOの性能

軌道	高度613 km 軌道傾斜角97.8 度
角度分解能(1ピクセル)	0.14 度(視野中心)
画角	103.6 度
感度	露光時間0.1 秒で 6 等星まで検出可能
ダイナミックレンジ	256 倍

2. 手段

Stars-AOからISSを観測するための条件について、角速度、明るさの2点に着目して検討した。

3. 結果

【Stars-AOからISSまでの距離】

Stars-AOは、地表から $h_1=600$ km(図1.実線)、ISSは地表から $h_2=400$ kmの上空を巡回している(図1.破線)。地球の半径 $R=6400$ kmであり、ISSがStars-AOに最接近したときの距離は $a=200$ kmである(図1.○)。しかし、Stars-AOがISSに最接近したときには、撮影時に明るい地球がISSの背景に入ってしまう撮影には適さない。地球がISSの背景に入らない最短距離は $b=540$ kmである(図1.黒丸1)。同様に、地球がISSの背景に入らない最も遠い位置は $c=5100$ kmである(図1.黒丸2)。

【Stars-AOからISSを観測したときの角速度】

各衛星の速度 v を次式 $v=\sqrt{\frac{GM}{R+h}}$ を用いて求めた。このとき、万有引力定数 $G=6.7\times 10^{-11}$ m³kg⁻¹s⁻²、地球の質量 $M=6.0\times 10^{24}$ kg、地球の半径 $R=6400$ km、Stars-AOの高度 $h=600$ kmとした。計算結果は、Stars-AOの秒速は $v_{AO}=7.57$ km/sで、ISSの秒速は $v_{ISS}=7.67$ km/sであった。

一番観測条件が厳しい、Stars-AOからみたISSの角速度が最大となる場合を検討する。相対速度が最大となるのはお互いの軌道面が一致しているが、回転方向が真逆かつ、最接近したときであり、 7.57 km/s+ 7.67 km/s= 15.2 km/sとなった。

Stars-AOからみたISSの角速度 ω が最大になるのは最

接近時である。この時、 $\omega=\frac{15.2}{200}=0.076$ rad/s= 4.4 度/sなので、視野は $\frac{103}{4.4}=25$ sとなり、25 秒でStars-AOの視野から外れてしまう。ISSを1ピクセル(0.14 度)に収めるには $\frac{0.14}{4.4}=0.03$ sでシャッターを切る必要がある。

【Stars-AOからISSを観測したときの明るさ】

Heavens aboveのWebサイトを参考にすると、地表から距離411 kmのとき、地表の観測者からみたISSの等級は-3.9 等級であった。我々のグループは、2月上旬に地表からISSを観測して、他の星との明るさを比較して、ISSの等級を確認する予定である。

距離の2乗に明るさは反比例することから、Stars-AOからみたISSの明るさをポグソンの式 $m-n=-2.5\log\left(\frac{I_m}{I_n}\right)$ を用いて推定した。また、Stars-AOの感度から、対応する露光時間を求めると以下ようになった(表2)。ただし、 I_m 、 I_n はそれぞれ m 、 n 等級の星の明るさとする。

表2. Stars-AOからみた距離の違いによるISSの等級と撮影の露光時間

	距離	等級	露光時間
a Stars-AOとISSの距離が最も遠いとき	200 km	-5.4 等級	10^{-4} s
b 背景に地球が入らない最も近いとき	540 km	-3.3 等級	$10^{-4}\sim 10^{-3}$ s
c Stars-AOとISSの距離が最も遠いとき	5100 km	1.5 等級	$10^{-2}\sim 10^{-1}$ s

4. まとめ

Stars-AOからISSをみたとき、距離が最も遠いときに1.5等級で観測できる。Stars-AOがISSに最接近したとき、最も速くても4.4 度/sである。これらの予想からStars-AOからISSの観測は可能であると考えられる。

5. 参考文献

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

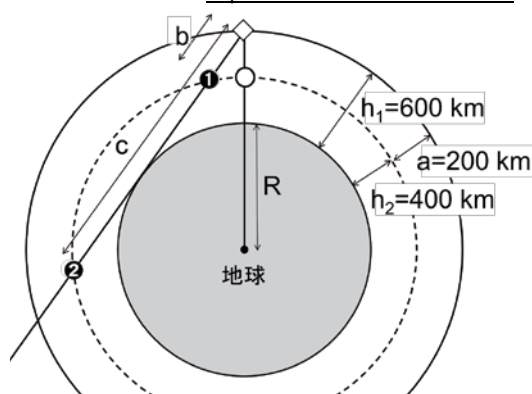


図1. 地球を巡回するStars-AOとISSの軌道
実線: Stars-AOの軌道 破線: ISSの軌道

◇: Stars-AO

○: ISSがStars-AOに最接近したとき

①: 地球がISSの背景に入らない最も近い位置

②: 地球がISSの背景に入らない最も遠い位置

静止軌道、デブリを探して九千里 III

ーモデルデブリを用いた静止軌道近傍デブリの検索ー

溝口 瑛斗、杉本 晋一郎（高3）、藤嶋 魁司、田中 夢人（高2）、甲斐 涼雅、
青木 翼、有吉 裕哉、松中 陽路（高1）【福岡工業大学附属城東高等学校】

1. 概要

高度 36,000km 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。私たちはこの人工衛星に危害を加える恐れがあるスペースデブリ（タイタン3C）の観測方法について研究した。

2. 前回までの研究

口径 10cm の小型望遠鏡で、ビニング・軌道グラフを用いた交点撮影をした結果、小型のデブリと未登録のデブリの撮影に成功した。（図1参照）



図1 タイタン3Cのデブリと（右下）と未登録デブリ（左上）

3. 今回の研究目的

前回までの研究で行った撮影方法を継続し、未登録のデブリを撮影するためにモデルデブリを作成して撮影を行う。

4. 使用した機材

冷却CCDカメラ：QH Y社 QH Y 9（830万画素）

望遠鏡：ボーグ101ED

画像処理ソフト：ステライメージ8

人工衛星・デブリ表示ソフト：ヘブンサット2.4

5. 実験手順

- ・スペーストラックのタイタン3Cの全てのデブリの軌道要素をもとに、デブリの軌道を算出し

てモデル軌道を作る。

- ・モデル軌道上に2.5度間隔でモデルデブリを配置する。
- ・ボーグ101EDにレデューサーを取り付ける。
- ・冷却CCDカメラQH Y 9を取り付ける。
- ・作成したモデルデブリの軌道要素をヘブンサットに書き込み、観測地点からみた位置を表示する。
- ・望遠鏡をモデルデブリに向け撮影する。
- ・ステライメージ8で階調補正を行いデブリと思われるものを目視で探し、ヘブンサットで同定する。

6. 結果

ビニングとモデルデブリを用いた撮影を組み合わせることでタイタン3Cの小型デブリを最北点で撮影できた。（図2参照）

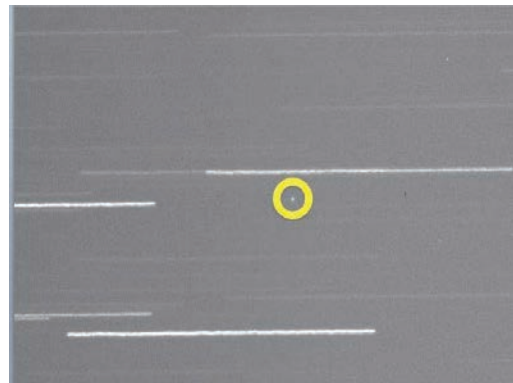


図2 最北点撮影したタイタン3Cの小型デブリ

7. 考察

タイタン3Cの小型デブリを撮影できたことから、モデルデブリがタイタン3Cのデブリに有効だと考えられる。また、最北点で撮影をした際、小型デブリを点で撮影できたことから、最北点撮影は未登録デブリのような小型で光が弱いデブリも撮影できると考えられる。

プラネタリウムの設計

鮑 振東（高2）、富澤 佑介（中3）【駿台学園中学・高等学校天文部】

要 旨

駿台学園天文部では、学園祭に展示するプラネタリウムのドームとして、昨年より遮光フィルムを利用したエアドームを作成してきた。本年は、昨年の経験を生かして色々な改良を行った結果、直径4mのエアドームを無事作成し展示を行うことができた。そこで今回は設計・製作にあたって注意した点を報告する。

1. はじめに

プラネタリウムを自作して上映する場合、投影装置の構想とドーム部分の構造の2つが大きな問題となる。駿台学園天文部では、投影装置の改良を3年前に完成させ、続いてドームの改良を行った。一昨年までは段ボールを用いてドームを作成していたが、これは再利用が困難だったので、昨年度は初めてエアドームを製作した。この時はまず試作段階として、今年度よりも小型の直径3mのドームを作成し、各種のテストを行った。これが基本的には成功したと考えられたので、今年度は同様の方法で直径4mのドームを本格的に作成した。

2. エアドームの設計方針

・ドーム部及び円筒部、スカート部の設計

ドーム、スカートの素材は昨年と同じ74cm幅の白黒ポリオレフィン遮光フィルムを使用した。圧着部分を1cm幅として72cm幅の舟形17枚を使用すると直径約3.9mのドームになる。円筒部の高さ90cm及びスカート部の長さ50cmとすると舟形を含むフィルムの長さは4.46mになる。舟形の曲線部は20cm毎15段階で幅を計算し、油性ペンで曲線を描いてカットした。

・入口の設計

入口は高さ180cm、幅90cm、奥行き150cmの直方体構造とし、遮光フィルムとイレクターパイプで制作してドーム円筒部の側面に取り付けた。取り付け部の扉は遮光フィルムとファスナーを用いて制作し、入口部の扉は暗幕のカーテンとした。

・送風部の設計

送風口の部分は、遮光フィルムを用いて30cm×30cm×300cmの筒を作り、直径25cm、26Wの換気扇を取り付けた。

3. 製作状況と完成図

・遮光フィルムのカット

直径約390cmのドームの舟形部分の長さ306cm、及びドーム円筒部90cm、スカート部140cm、計446cmを遮光フィルムロールから切り取り、更に舟形の曲線部を切りとる。舟形の曲線部の幅は20cm毎に計算する。20cmの高さの中心角は 5.88° なので、下からn番目の幅の計算式は、 $72\text{cm} \times \cos(5.88^\circ \times n)$ となる。

・遮光フィルムの圧着

ドーム部及び円筒部の左右に1cm幅ののりしろを作り、インパルスシーラーを用いて熱による圧着を行う。送風部及び入口部も同様にする。

・入口部の作成

入口部の構造は、2.8cm径のイレクターパイプで作成した。

・完成図

図1のような形に出来上がった。



図1：プラネタリウムドーム完成図

4. 問題点

・入口部の構造

二重扉の強度が不十分だったので、人の出入りの際に大きくエアが抜けてしまった。今後は入口部の面積を大きくして、大勢の人が入れる構造にする必要がある。

・フィルムの光線漏れ

フィルムのカットや圧着の際に、取り扱い方によっては傷が出来て光線漏れを起こすことがあった。

5. まとめ

・昨年は同様の構造で、直径2.5メートルのエアドームを作成したので、今年は比較的順調に製作することができた。今年改良した点は、スカート部と送風部であった。スカート部にひだをつけ、ドーム下部からの光の漏れを防いだ。また送風口からのダクトは長めに取り、曲げられるようにして光の漏れを防いだ。

・入口部も、昨年は空気漏れや光線漏れが多かったので、今年は入口の部分にファスナーをつけた。またイレクターパイプと遮光フィルムで前室を作った。

・入口部を二重扉にして、ドーム全体を来年も再利用したい。

デジタルプラネタリウムの開発

小沼 穂高、中村 八雲（高専3）、青柳 悠人、田中 隼、森山 実、宮澤 琢馬（高専2）

【独立行政法人 国立高等専門学校機構 長野工業高等専門学校 天文部】

要 旨

国立長野高専天文部では、デジタルプラネタリウムを作るために、自作のデジタル投影機の開発・改良、自作投影ソフトの開発、エアードームの製作を行い、短時間で準備・設営できるデジタルプラネタリウムを製作した。

1. はじめに

天文部では、20年来、自作のピンホール式投影機によるプラネタリウム上映を行ってきたが、演出などの機能の点で限界を感じていた。そこで、天文部では、2017年度よりデジタルプラネタリウムの開発を始めた。ここで、デジタルプラネタリウムとは、プロジェクターから出力されるPCで制作した平面画像を、円周魚眼レンズで全天ドームに投影するシステムであり、全国のプラネタリウム館やモバイル・プラネタリウムなどで使用されている。

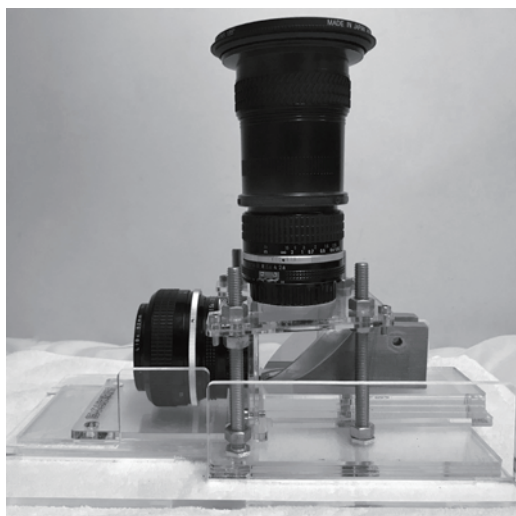


図1 デジタル投影機の光学系

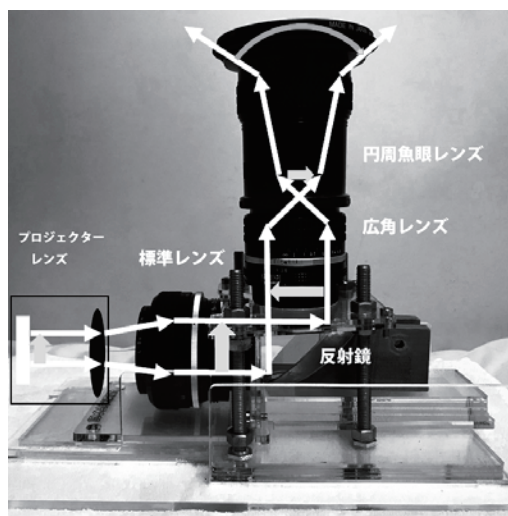


図2 デジタル投影機の光学系の光路図

2. デジタルプラネタリウム用投影機

プロジェクターの映像を、円周魚眼レンズを通してドームに投影する際に、プロジェクターの投影レンズの直後に円周魚眼レンズを置くと、焦点距離が短いため、視野の一部しか投影できない。そこで2つのカメラレンズによる、図2のようなリレー光学系を採用した。これは、標準レンズ（焦点距離55mm (F=1.2)）でコリメートした光を広角レンズ（焦点距離28mm (F=2.8)）で縮小する縮小光学系の一種であり、ここで縮小された光を円周魚眼レンズの焦点位置に置くことで、ほぼ、全天周の投影が可能になった。なお、初号機ではプロジェクター自体を上に向ける形で制作したが、この形式ではプロジェクターに熱負荷がかかってしまい、プロジェクターのトラブルなどの危険性が指摘された。そこで、2号機では、リレー光学系のコリメートした光線の間に鏡を入れて、90度光軸を曲げた後に縮小用レンズ置く配置にする改良により、図1のような、非常にコンパクトな投影機が出来た。

3. 投影用ドーム・自作プラネタリウムソフト

投影用ドームとして、昨年は安価で自立する段ボールドームを使用したが高専の明るい画像では、つなぎ目が気になり、長持ちしない、組み立てに時間がかかるなどのデメリットが多かった。そこで今年は農業用の遮光ビニールを利用した、直径5mのエアードームを製作し[1]、短時間で設営できるようになった。投影用のソフトとして、国立天文台の4D2UプロジェクトのMitakaをメインに、部員（高専4年生の忠地涼太を中心としたチーム）によるプラネタリウムソフトを開発し、星景写真を背景にした星空の投影や星の色を表示が出来る様にした。

4. まとめ

プラネタリウムをデジタル化したことで、自作したプラネタリウムのソフトによる合宿の風景や星景写真などを投影しながらの星空投影など、いろいろな演出が可能になった。一方、今回、使用したリレー光学系と魚眼レンズではまだ、視野の一部が欠けているので、リレー光学系を見直して、全天の投影の実現を目指したい。また、小型モバイル・デジタルプラネタリウムへの適応も含めて開発を進める。

参考文献

[1] プラネタリウム用 自作 エアードーム http://zwischen.web.fc2.com/machines/air_dome/air_dome.htm

月光発電の実現可能性

～「日進月歩くん」の開発～

地学研究部 チーム日進月歩

石本 貴昭、米村 優輝（高1）、鈴木 涼太、
雨宮 達也、雨宮 進也（高2）【中央大学附属高等学校】、佐藤 弘一（中1）【中央大学附属中学校】

要旨

太陽と月を自動追尾しながら発電することを目的に、天体望遠鏡用赤道儀に太陽光パネルを搭載した装置「日進月歩くん」を開発した。本研究では、月光を模したLED電球を用いて「日進月歩くん」の発電実験を行い、月光発電の予測発電量を算出した。更に月光で発電を実際に行い、その発電量を測定した。

1. はじめに

近年、太陽光発電は一般家庭でも広く普及しつつある。しかし、太陽が出ていない夜間には発電ができない。その解決策として、太陽光発電に月光発電を組合せ、かつ赤道儀で太陽と月を追尾する新たな発電システム「日進月歩くん」（図1）を開発した。



＜図1.「日進月歩くん」＞

2. 目的

- (1) 最大効率で発電できる太陽光パネルと光の成す角度を求める。
- (2) 模擬実験から月光発電による発電量を予測する。
- (3) 月光による実測実験を行い、その発電量から月光による発電の可能性について考察する。

3. 実験手法

- (1) 太陽光と同じ波長を有した一定光量のLED電球と太陽光パネルで発電を行った。太陽光パネルと光の成す角度を0°から90°まで段階的に変え、電流・電圧量を測定した。
- (2) LED電球の明るさを変えながら発電し、月の満ち欠けを再現した模擬月光発電を行った。このとき測定した電流・電圧量と実際の月の明るさ（月齢9.0）から、月光発電の予測発電量を算出した。ただし、街明かりを含めた予測値である。
- (3) 月を自動追尾している赤道儀に太陽光パネルを搭載し、1分毎に電流・電圧値を測定した。本実験は月齢2.7の月と月齢16.7の月で行った。

4. 結果

- (1) 太陽光パネルに対して90°に光が当たる時、最大の電流・電圧量を得た（表1）。

＜表1. 実験(1) で測定した角度と電流・電圧量＞

角度	電流 (μA)	割合	電圧 (mV)	割合
0°	0.07	23 %	0.01	11 %
30°	0.15	50 %	0.02	27 %
60°	0.27	90 %	0.03	39 %
90°	0.30	100 %	0.07	100 %

- (2) 月齢ごとの電流量及び電圧量の予測式は次の通りとなった；

$$\bullet \text{ 予測電流量} : y = 1.191x - 0.0953$$

y : 電流量 (μA), x : 照度 (lx)

$$\bullet \text{ 予測電圧量} : y = 0.134x - 0.0099$$

y : 電圧量 (mV), x : 照度 (lx)

これらの式を用いて、月齢9.0のとき（実測等級は15.92 mag/arcsec²であり、これを輝度に換算し、更に照度に換算した）の発電量を予測した。同様に月齢2.7と16.7※1における予測発電量を算出した（表2）。また、2019年の春分・夏至・秋分・夏至における予測発電量を算出した（表3）。

＜表2. 実験(2) 1分間の予測発電量＞

月齢	2.7	9.0	16.3
電流 (μA)	※2	2.07	3.99
電圧 (mV)	※2	0.23	0.45
発電量 (nW)	※2	0.48	1.79

※1 月齢16.7の時は月齢16.3の値を代用した。

※2 月齢2.7のデータは現在取得を試みている。

＜表3. 春分・夏至・秋分・夏至における発電量＞

2019年	夜間	発電量 (nW)
03月21日（春分）	11時間51分	341.28
06月22日（夏至）	09時間26分	271.68
09月23日（秋分）	11時間51分	341.28
12月22日（冬至）	14時間15分	410.40

- (3) 月齢2.7と16.7における1分間の発電量を実測し、平均値を求めた。現在データを取得している段階である。本発表にて結果を示す。

5. 考察

結果(1)～(3)より月光による発電の可能性が示唆された。太陽光パネルに対して90°に光が当たる時が最大効率であると考えられるが、発電量はとても小さい。また、最も大きい電力を発電できるのは冬至の日であると予想される。本発表では、結果(2)と(3)で求められた予測値と実測値を比較して、予測式の精度についても考察する。

6. まとめ

本研究結果より月光発電は可能であることが分かった。しかしその発電量は太陽光発電よりも小さいため、「日進月歩くん」のみでの発電では大きな発電量を作り出すことが難しく、今後の課題である。

7. 今後の展望

月光発電による小さな発電量をさらに効率良く得るために、より発電効率の高い「日進月歩くん」の開発を目指す。また、様々な月齢で実測し発電量の推移を検証する必要がある。

参考文献

1. CCS株式会社「光と色の話第一部第10回反射面における照度と輝度の関係」https://www.ccs-inc.co.jp/guide/column/light_color/vol10.html
2. 国立天文台天文情報センター「暦計算室」<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/>
3. Unihedron「Convert visual mags/arcsecond² to cd/m²」<http://unihedron.com/projects/darksky/magconv.php>

※1～3. いずれも2019年1月29日取得

太陽電波観測データの自動蓄積・自動解析システムの開発

長野県駒ヶ根工業高等学校 サイエンス同好会

瀬戸 由乃、岩村 勇弥、白鳥 衛、阿部 早哉香、西野 諒太、

牧田 敏明（高3）、下島 彩（高1）【長野県駒ヶ根工業高等学校】

要 旨

単一型電波望遠鏡のデータを自動で蓄積、解析するために、DOSコマンド類を用いたバッチファイルとC言語で自作したプログラム類を組み合わせ、自動的に観測データを解析するシステムを構築する手法を開発し、その有効性について検証した。

1. 研究動機・目的

本同好会では単一型電波望遠鏡を自作し、2015年3月10日の太陽フレアによる電波変動を検出し高い評価を得ている。しかし、観測したデータは、毎回手作業でデータを検出装置から抽出して記録用パソコンへダウンロードして解析を行っていた。本研究では自動でファイルを取り込み解析することで、太陽の電波変動を見逃さないためのシステム構築について研究を行った。

2. 研究の基礎知識

従来の観測データ処理では、図1のように定期的に観測ファイルを手作業で解析用パソコンに保存方法する必要があった。使用した検出装置内では、観測ファイルは999件が上限であり、それを超えると上書き処理が行われる構造になっている。

3. 自動観測システムの研究

3-1 システムの構成

研究開発したシステムは図2の構成となっている。

3-2 自動蓄積部分の動作

Windows上で自動蓄積システムを実現するため、DOSコマンドを用いて自動でデータを抽出する手順をバッチファイルとして作成した。FTPサーバーに接続し、操作するのでバッチファイルとは別にスクリプトファイルを用意した。21:00に自動実行するため、タスクスケジューラで設定している。

【バッチファイルの動作】 (図3参照)

- (1) 日付を取得して日付名のフォルダを作る
- (2) 作ったフォルダへ移動する
- (3) スクリプトファイルを読み込み、全ファイルの取得と保存
- (4) ファイルリストを作成する

(ファイル名を取得し、全てのファイル処理させるため
リストファイルを作成)

3-3 自動解析部分の動作

観測データは1/100秒に1回1つデータが記録されており、6:00～18:00まで連続的に記録している。そこでグラフを作成するためにデータファイルの変換処理を行うプログラムを作成した。

・A/D変換データの解析

観測ファイルには、データNo、日付、時間、電波強度、方位、仰角の、6項目が記録されている。電波強度、方位、仰角はA/D変換後の整数値で、それぞれ電圧、または角度データに変換する必要があり、C言語でプログラムを作成し変換した。

4. 現在までの処理結果

自動処理で、1日分を取りまとめ、A/D変換値を、それぞれ、電圧または角度に変化した図4に示すマスターデータファイルを作成することができた。

5. 考察・まとめ

今回、開発したシステムでは、自動でFTPサーバーへログインしデータを取り込み、自動でA/D変換された値を解析することができた。機能単位に処理プログラムを作成し、それをバッチファイルで接続して全体の機能を実現するという手法でシステムを構築した。そのため、全体の機能修正や機能変更に対応しやすく開発しやすく効率的な開発作業が実現できたと考えている。ただ処理時間はかかるが、リアルタイム処理を望まなければ、十分実用に耐える開発手法であるといえる。

システムをさらに改良し、自動でグラフ化する仕組みをEXCELとの連携で実現するプログラム類の開発を進め、電波変動をわかりやすく表示し、電波の変動を自動で検出する仕組みを実現したい。

6. 謝辭

本研究を進めるに当たり、野辺山宇宙電波観測所の篠原先生、赤坂鐵工所様、地元企業の皆様にはご指導頂き、電波望遠鏡の開発にもご支援を頂きました。また本研究の指導教員である石澤先生には活動の支援をして頂きました。この場をお借りして、感謝を申し上げます。

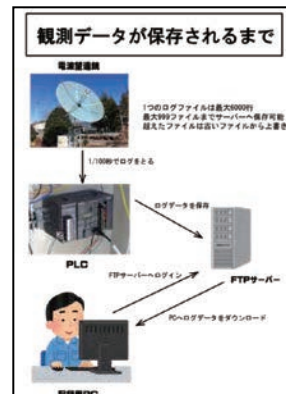


図1 データ加工の流れ（手作業）



図2 処理システム構成

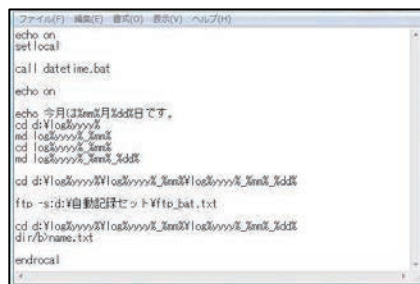


図3 ファイル収集BAT

	A	B	C	D	E	F
1	0	1/8 12/4	6:00:00	0.0805	149.91861	48.025791
2		2/8 12/4	6:00:00	0.08125	150.09621	48.04672
3		3/8 12/4	6:00:00	0.088	149.8298	47.996033
4		4/8 12/4	6:00:00	0.07825	149.741	48.00988
5		5/8 12/4	6:00:00	0.0805	149.89641	48.025791
6		6/8 12/4	6:00:00	0.08	149.8298	47.99107
7		7/8 12/4	6:00:00	0.08675	149.7632	48.025791
8		8/8 12/4	6:00:00	0.0785	150.11841	48.035709
9		9/8 12/4	6:00:00	0.07275	149.98521	48.00988
10		10/8 12/4	6:00:01	0.07775	149.71881	48.035709
11		11/8 12/4	6:00:00	0.08525	149.89641	47.981148
12		12/8 12/4	6:00:01	0.07775	149.963	48.035709
13		12/8 12/4	6:00:01	0.07825	149.87421	48.035709
14		13/8 12/4	6:00:01	0.07785	149.98521	48.016914
15		13/8 12/4	6:00:01	0.07875	149.91861	48.016914

図 4 変換後のマスターファイル例

スマートフォンカメラを用いたコリメート撮影法の検討

荒岡 柊二郎（中等5）【東京都立南多摩中等教育学校】

要 旨

スマートフォンのカメラを用いたコリメート撮影法での天体撮影の検討を行った。結果、明るい天体である月はクレーターがはっきりとわかる鮮明な画像を得ることができたが、月に比べて暗い星雲・星団は写っていることはわかるが、ぼやけるなどして鮮明な画像を得ることはできなかった。

1. はじめに

近年スマートフォンが急速に普及し、スマートフォンを所持していれば、いつでも、どこでも、誰でも、簡単に写真撮影が行えるようになった。本研究では一般には普及しているが、天体撮影の分野ではほとんど使われていないスマートフォンのカメラを用いたコリメート撮影法での天体撮影の検討を行った。スマートフォンで天体撮影が簡単にできるようになれば、星や天文学に興味を持つ人が増加するのではないかと考える。

2. 撮影機材・アプリケーション

□撮影機材

- ・天体望遠鏡 タカハシFS-78
- ・iPhone SE
- ・スマートフォン用カメラアダプター
- ・Bluetooth リモートシャッター

□撮影アプリケーション

- ・カメラ（iOS標準）
- ・星撮りカメラさん（iOS有料）



図1 スマートフォンとカメラアダプターを望遠鏡に取り付けた様子

3. 撮影方法

(1)肉眼で撮影対象の天体に天体望遠鏡のピントを合わせる。(2)接眼レンズを取り外し、カメラアダプターに取り付ける。(3)カメラアダプターにスマートフォンを取り付け、接眼レンズの中央にカメラレンズを合わせる。(4)カメラアダプターを付けた接眼レンズを望遠鏡に取り付ける（図1）。(5)リモートシャッターを使い、振動を与えないように撮影する。(6)スマートフォンの位置が合っておらず視野の周辺が暗くなる場合などは、撮影しながら微調整する。

4. 結果

○月：クレーターがはっきりとわかる鮮明な画像を得ることができた。動画をコンポジットしたものはさらに鮮明な画像を得ることができた。

○星団（プレアデス星団・すばる・M45）・星雲（オリオン大星雲・M42）：「カメラ」では露出時間が設定できず明るい星・星雲の明るい場所が微かに写る程度だった。「星撮りカメラさん」を用いた長時間露出のものは暗い星や星雲の少し暗い場所も写ったが、ピントを完全に合わせることができず像がぼやけ、鮮明な画像を得ることはできなかった。

5. まとめと今後の展望

明るい天体である月はスマートフォンでも十分鮮明に撮影できることがわかった。しかし、月に比べて暗い星雲・星団はスマートフォンで鮮明な画像を得るのは難しいことがわかった。今後は、さらに設定を工夫する、他の長時間露出ができるアプリケーションを使うなどして鮮明な画像を得られるようにしたい。

重力波観測による地震検知の可能性の研究

青木昂汰、石橋和博、落合康太、絹川竜史、守 毅人、佐藤萌未、藤崎志歩（高 1）

【神奈川県立横須賀高等学校】

1. 研究の目的

現代物理学は 1864 年の Maxwell 方程式を起源とし、その解が光速不変の法則を導き、同時に時空間が時間・光速の軸を加えた 4 次元であることも導き出し、1905 年の Einstein 方程式の誕生になったことを学んだ。その上で Einstein 方程式が重力波を予言し、2016 年に実際に観測されたことから、地球近傍での重力波の発生の有無を大規模地震の観点で探求した。

2. 仮説

2016 年に地球で観測された重力波“GW150914”は 13 億光年先で発生した太陽質量 29 倍と 36 倍のブラックホールの合体（スピン運動）が生み出し、地球に重力場ひずみ 10^{-21} をもたらした。私達は難解な Einstein 方程式に先立ち学んだ Maxwell 方程式の解から、波動は距離の 2 乗に反比例するとして、地球規模の質量変動は月面に重力波“GW150914”相当のひずみを伝えうると考えた。もしもその値が重力場ひずみ 10^{-21} に近いものであれば、常に一定面を地球に向けている月面上に観測装置を設置することで、たとえば大規模地震を検知できるとした。

3. 計算

<仮定>

・光速の波動である重力波は Maxwell 方程式の解から距離の 2 乗に反比例すると仮定する。

Maxwell 方程式：(E は電界、H は磁界)

$$\begin{cases} \nabla \times H = J + \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} & \rightarrow \square E = 0, \square H = 0 \\ \nabla \times E = -\mu_0 \frac{\partial H}{\partial t} & \square : \text{ダランベール演算子} \\ \nabla \cdot E = \rho, \nabla \cdot H = 0 & \text{ここから一般解は} \end{cases}$$
$$E_z = A(\cos \omega t + i \sin \omega t)$$

が得られる。

距離 r における強度 $p(r)$ は波源の強さを p_0 とすると

$$p(r) = p_0 \frac{1}{r^2}$$

この仮定に従い、2 つを比較する。

	重力波 GW150914	大規模地震
波源	太陽質量の 7 倍 $1.4 \times 10^{31} \text{kg}$	日本列島 (300m 高) $3.72 \times 10^{12} \text{kg}$
波源振幅	$6.4 \times 10^{10} \text{m}$	平均 1mm ($1 \times 10^{-3} \text{m}$)
伝搬距離 r	13 億光年 $= 1.23 \times 10^{25} \text{m}$	地球＝月 $3.8 \times 10^8 \text{m}$
重力波ひずみ h	$6.2 \times 10^{-9} \times k$	$2.56 \times 10^{-8} \times k$

比例定数 k は、重力波 GW150914 が示したひずみ 1×10^{-21} から、 $k=1.61 \times 10^{-11}$ と考える。
この計算結果により日本列島の地震の影響は重力波 GW150914 が及ぼした重力場ひずみの約 2.5 倍の強度となって月面で観測できると考えた。

4. 検証

再調査の結果、重力波の強度は距離の 1 乗に反比例することが分かった。[2]

$$h = \frac{4G^2}{c^4 r} \frac{M_1 M_2}{R}$$

G: 重力定数
R: 軌道半径
 M_1, M_2 連星質量

これによる修正を加えると

・ブラックホールからの重力波 $= 7.4 \times 10^{15}$

・日本列島の地震の重力波 $= 9.5$

となり、地震の重力波の観測は絶望的となった。

5. 改善案

電波には 1 乗、2 乗、3 乗に反比例する成分があると分かった。

重力波にも 1 乗、2 乗、3 乗に反比例する成分があると考ええる。[3]

重力波と電磁波の波動方程式と、それぞれの遠方解と近傍解を比較すると次表となる。

	線形重力 ($c=G=1$)	電磁気 ($c=1$)
基本原理		
	Einstein 方程式	Maxwell 方程式
波源	応力エネルギー $T^{\alpha\beta}$	電荷と電流 $\rho_{\text{elect}}, \vec{J}$
波動方程式		
	$\square \bar{h}_{ij} = -16\pi T_{ij}$	$\square \vec{A} = -\mu_0 \vec{J}$
一般解	$\square \bar{h}_{ij} = 4 \int d^3 x' \frac{ T_{ij} _{\text{ret}}}{ \vec{x} - \vec{x}' }$	$\square \vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int d^3 x' \frac{ \vec{J} _{\text{ret}}}{ \vec{x} - \vec{x}' }$
遠方解	$\bar{h}_{ij} = \frac{2[\ddot{U}]_{\text{ret}}}{r}$	$\vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{2[\dot{\vec{p}}]_{\text{ret}}}{r}$
近傍解	(調査中)	微小ダイボールの場合 $E_r = \frac{11e^{-jk}}{j2\pi\omega\epsilon} \left(\frac{1}{r^3} + \frac{jk}{r^2} \right) \cos \theta$ $E_\theta = \frac{11e^{-jk}}{j4\pi\omega\epsilon} \left(\frac{1}{r^3} + \frac{jk}{r^2} + \frac{k^2}{r} \right) \sin \theta$ l は微小ダイボール長

表に示したとおり、両者の数式は同形である。

6. 今後の対策

13 億光年先で起こったブラックホールの合体が及ぼす距離の 1 乗に反比例する重力波に対して、地球（日本）の地殻のひずみが及ぼす距離の 2 乗、3 乗に反比例する重力波の成分を観測できれば、月に重力波観測装置を設置して日本の地震を検知できると考える。

$$\text{重力波の伝搬減衰度} = A \frac{1}{r^3} + B \frac{1}{r^2} + C \frac{1}{r}$$

と考えると、その A, B, C の値とそれらが有効となる距離の領域を明らかにする。

7. 参考文献

- [1] 米谷民明、岸根純一郎「場と時間空間の物理」放送大学 2014
- [2] 安東正樹著「重力波とはなにか」講談社ブルーバックス 2016
- [3] J. B. ハートル著、牧野伸義訳「重力」(下) 日本評論社 2016
- 8. 協力研究機関
㈱横須賀テレコムリサーチパーク無線歴史展示室

トランジット法を用いた系外惑星WASP-50bの大きさの測定

金茂 勇作、愛洲 雅也、山下 輝大、吉村 海吏（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

系外惑星のWASP-50bについてトランジット法を用いて観測した。観測で得たデータをもとに光度曲線を作成し、減光率、系外惑星の実半径などを求めたところ、実半径が観測日によって異なることが分かった。この結果から系外惑星の半径が変化しているのではないかと考えた。

1. はじめに

私たちの先輩方がトランジット法を用いて系外惑星の実半径を求めたところ、The Extrasolar Planet Encyclopedia (<http://exoplanet.eu/>) の値（文献値）を常に上回る結果となっていた。私たちも先輩方の研究と同様に文献値を上回るかどうかを調べようと考えた。

2. 目的

1つの系外惑星WASP-50bについて、複数回トランジット観測を行い、減光率や食中時間に変化が見られるか調べる。

3. 方法

- (1) 岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡にRフィルターを取り付け、WASP-50bを露出時間40秒で連続撮影した。
- (2) 「マカリ」（国立天文台・(株)アストロアーツ）を用いて、一次処理と測光を行った。
- (3) 食外の明るさの平均を1とした相対的な明るさを求め、「Excel」を用いて光度曲線を作成した。
- (4) 作成した光度曲線から、食中時間、減光率や系外惑星の実半径などを求めた。

4. 結果

表1 WASP-50bの観測結果（観測場所：岡山県美星天文台）

観測日	2017.11.3	2017.12.20
食中時間	104±2分	106±3分
減光率	1.4±0.2%	2.2±0.1%
恒星の実半径	610,000km	610,000km
恒星に対する惑星の半径比	0.12	0.15
系外惑星の実半径（木星=1）	1.04	1.32
The Extrasolar Planets Encyclopediaの値	1.138	1.138

5. 考察

我々の2回の観測に加えて、Exoplanet Transit Database (<http://var2.astro.cz/ETD/>) で他の観測者のWASP-50bの観測データを調べた（表2）。その結果、食中時間はほとんど変化がないが、減光率がそれぞれのデータごとに大きく変化していることが分かった。この結果から、我々は系外惑星の大きさが変化していることが主な原因ではないかと考えた。今後の我々の課題は、減光率の変化に周期性があるかどうかを調べることと他の原因の究明である。

表2 Exoplanet Transit Database に掲載されているWASP-50bの観測データ

観測者	観測日	食中時間	減光率
Marc Bretton	2014.12.11	106.7±4.5分	1.58±0.11%
Miroslav Smolka	2015.11.26	99.5±6.8分	2.03±0.22%
Horace Dale	2016. 2.13	102.4±4.6分	1.64±0.14%
Tianyu Ma	2016.10.26	103.7±1.6分	2.35±0.05%
Bernasconi Laurent	2016.11. 1	104.9±3.5分	1.62±0.10%
Christopher Michael	2016.12. 6	104.8±2.4分	2.00±0.07%

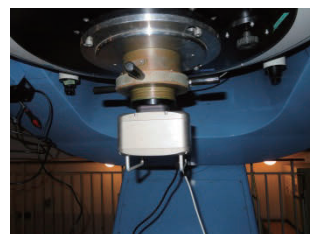
謝辞 本研究を行うにあたり、大阪教育大学の福江教授、松本准教授にご指導を頂きました。また、美星天文台の綾仁台長、前野研究員には観測のアドバイスや観測データの提供をしていただきました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献 『超・宇宙を解くー現代天文学演習』 福江純・沢武文（2014）恒星社厚生閣
『系外惑星』 井田茂（2007）東京大学出版会
『平成28年度卒業生 スーパー探究科学論文集』（2017）奈良県立青翔高等学校

脈動変光星 ペガスス座 DY (DY peg.) 測光観測
 藤田睦、来田磨保 (高2)、成瀬晴香 (高1) 【兵庫県立舞子高等学校】

1. はじめに

私たちは2018年10月19日から10月20日にかけて兵庫県立西はりま天文台にて、ペガスス座DYの測光観測を行った。これは、見かけの明るさが時間とともに変化する変光星である。

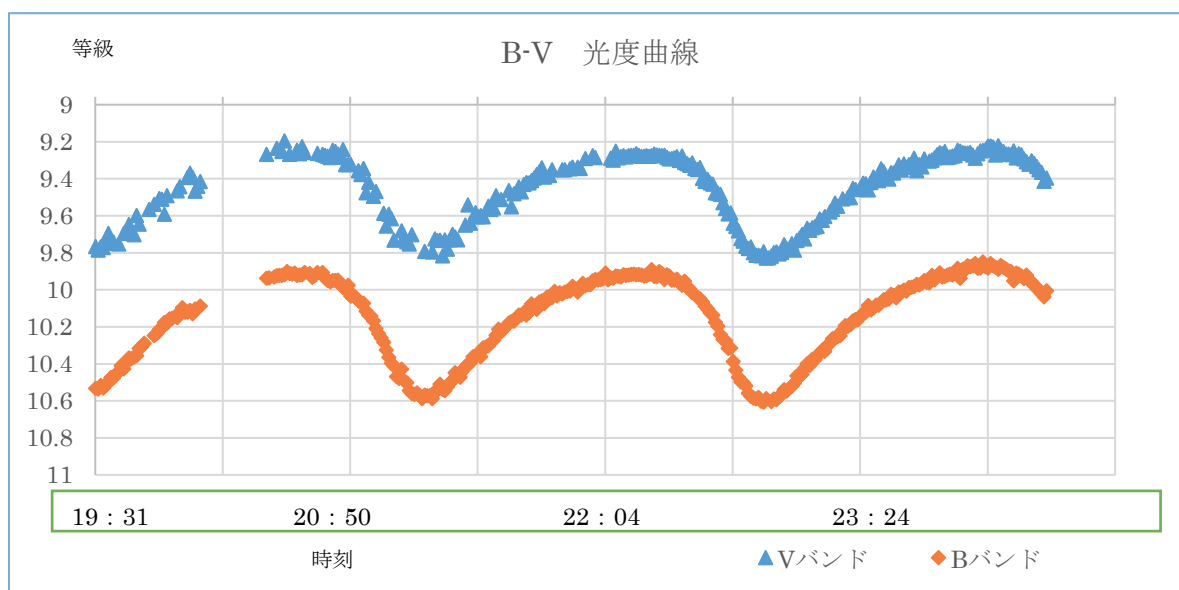


2. 観測・撮影の時間と方法

兵庫県立大学西はりま天文台 60 cm望遠鏡に CCD カメラ(SBIG STL)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2018年10月19日19時30分頃～10月20日1時頃(日本時間)まで露出時間15秒で交互に撮影を行った。

得られた画像データは FITS 形式のため、国立天文台の画像解析ソフト「マカリ (Makali'i)」を利用してスペクトル画像を平均化し、ダーク補正およびフラット補正を行い、一次処理をした。次に二つの比較星とペガスス座 DY の明るさを求めるため、カウント値を求め、ポグソンの式を用いて、等級に変えて光度曲線を作成した。観測データの信頼性を上げるため、2つの比較星の光度差が一定(雲がかかれば、光度差は大きく変わる)のデータのみを使用し、平均値から標準偏差の幅に収まるデータのみを使用した。

3. 結果



4. 考察

このデータから周期が平均108分と求められた。【SIMBAD Astronomical Database】には周期112分と書かれていることから、近い値を得ることが出来た。ペガスス座の変光は星の直径が変化しそれとともに温度も変化するため周期的に等級が変化すると考えられます。Bバンド、Vバンドのフィルターを使って撮影を行い、B-Vの色指数は平均0.71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頂きこの場を借りてお礼申し上げます。

EW型食変光星のライトカーブと色指数変化の関係

原 琴音、樋口 陽日、芹澤 輝、中島 力 (中3) 【新島学園中学校】

要 旨

食変光星の光度曲線による分類にアルゴル型(EA型)、こと座 β 型(EB型)、おおぐま座W型(EW型)がある。変光星のライトカーブと色指数(B-V)の変化を観測した。接触した連星系で共通の大気があるEW型は、2つの星が重なり恒星だけが見える主極小と副極小より、2つの星が横になり共通大気が見える極大のときの色指数が青色側にシフトした(2017年の発表)。共通大気がなく2つの恒星が比較的離れているEA型、EB型では、2つの恒星が並んだときに青色側にシフトしなかった(2018年の発表)。今年度はEW型の食変光星を5つ測定し、色指数の変化を観測した。すべての食変光星で主星と伴星の恒星の色指数より極大付近で青色側にシフトした。EW型の共通の特徴であることを確認できた。

1. はじめに

2017年から変光星のライトカーブと色指数の変化について観測している。EA型、EB型の食変光星について2018年に発表した。今年度はEW型の食変光星について発表する。

2. 目的

EW型の食変光星BX Peg, NR Cam, V0873 Per, V0523 Cas, V0474 Camの5つについてライトカーブと色指数変化を観測する。2つの星が横になり共通大気が見える極大の時に青色側にシフトすることがEW型食変光星の特徴であることを確認する。

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、光電測光用ジョンソンV,Bフィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行った。画像をダーク・フラット補正を行った後にAstroImageJで測光した。撮影は-20℃冷却、2×2ビニング、60秒露出で行った。

4. 結果

図1〜図5にライトカーブ(●印)と色指数B-V(×印)の変化を示す。主星と伴星が重なって見えている主極小と副極小が観測でき、連星が並ぶ極大付近を観測できた。図1〜図4の食変光星は極大の時に色指数は青色側にシフトしている。それに対して図5の変光星は極大でない時に青色側にシフトしている。

5. 考察

今回観測したEW型の食変光星は、主星と伴星が重なり恒星だけが見える主極小と副極小より、2つの星が横になり共通大気が見える極大のとき色指数が青色側にシフトした。このことは、共通大気が主星と伴星より高温であると考えられ、EW型の食変光星の共通な特徴と考えられる。

6. まとめ

今回観測した食変光星で主星と伴星の恒星の色指数より極大付近で青色側にシフトした。EW型の共通の特徴であることを確認できた。今後もEW型の食変光星の観測を行い、共通大気の温度の検討を行う。

7. 謝辞

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

8. 参考

(1)「永井和男の食変光星観測のページ」の短周期連星系の極小予報

(2)「シリーズ現代の天文学」第7巻恒星(日本天文学会編, 日本評論社)

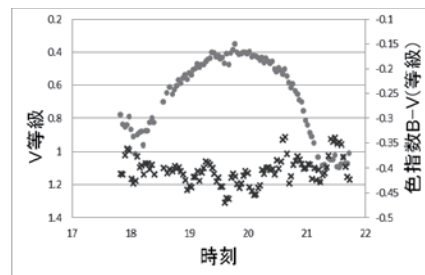


図1 BX Peg

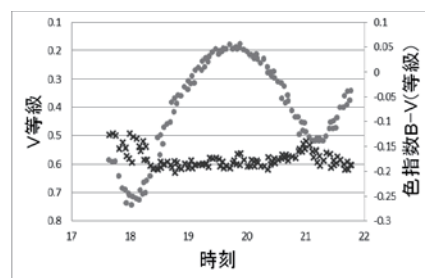


図2 NR Cam

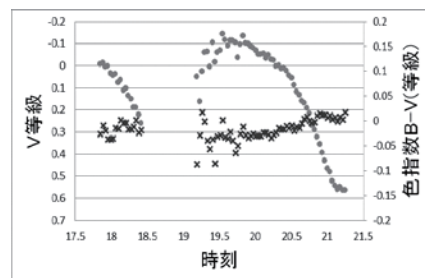


図3 V0873 Per

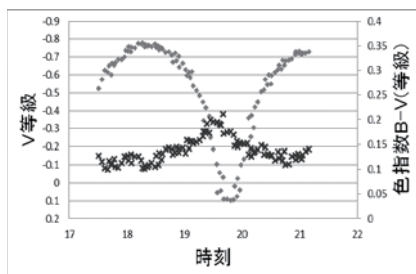


図4 V0523 Cas

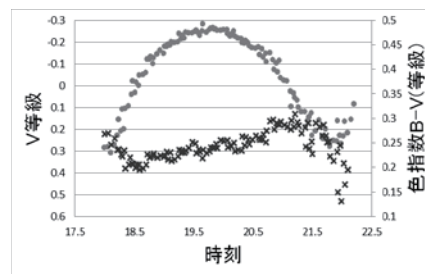


図5 V0474 Cam

Gamma Cassiopeiaの光度変化とスペクトルの関係

伊藤 蒼、内田 舜也、正木 青空、山崎 夏奈（高2）、神本 紅愛、神澤 英寿、森村 瑞穂（高1）
【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

1. 概要

星の組成が変化する時に星の明るさが変化するのではないか、という仮説が本当なのかを確かめるため研究を行った。本校がある光害の影響が大きい横浜市鶴見区でも観測しやすく、一年中観測ができるよう北天に位置するGamma Cassiopeia（以下、ツイーとする）を研究対象とし、観測を行った。

2. ツイーについて

カシオペア座のW字の真ん中にある星(図1)。星は高速で回転し、周りにある円盤により変光する。(γカシオペア型変光星)B型星の中でもBe星と呼ばれる。



図1 ツイー

3. 方法

本校屋上の望遠鏡を使用し撮影したデータを天体解析ソフトMakali'iで解析して分光および測光を行い、検出した輝線の等価幅を出した。2017/12/13~2018/11/22の間に三回、観測を行った。

使用した機材は以下のとおり。

- タカハシ製300mmカセグレン式反射望遠鏡
- タカハシ製スカイ90フローライト望遠鏡
- 冷却CCDカメラ
- 分光器

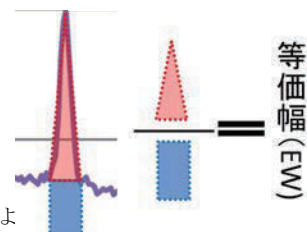


図2 等価幅の近似

4. 等価幅(EW)について

線スペクトルの強度を、下にある連続スペクトル強度で割った値。今回は図2のように、輝線部分の三角形の面積を、下の連続成分の四角形の面積で割って近似した。これを用いて、各日のHαとHβの量を求めた。

5. 結果

図4のように、Hαが2.47増加すると等級が0.42上がった。その後Hαの増加が見られなくなると等級は下がった。観測期間を通してHβは0.35微増した。図3は三回、観測したスペクトルを比較したものである。

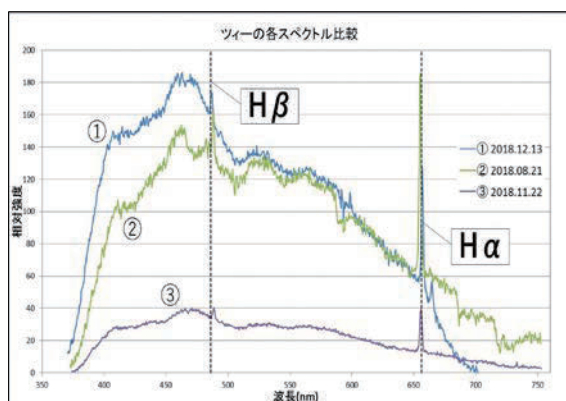


図3 ツイーの各スペクトルの比較

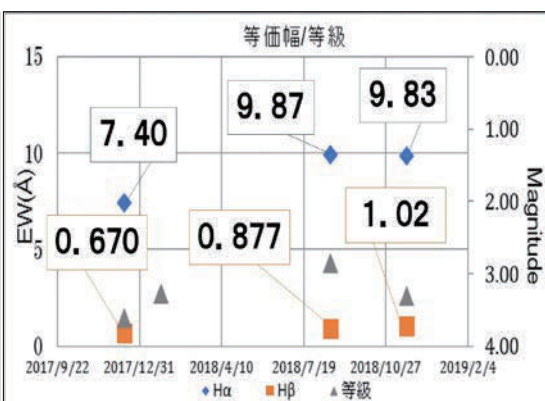


図4 等価幅と等級の変化

6. 考察

1) Hαの等価幅と光度の相関係数は0.66であり相関関係がみられた。よって、Hαが増加すると等級が上がるといえる。これは、先行研究でも見られた傾向を裏付ける結果であると考えられる。また、今回はHβと光度の相関係数は0.25であり相関はないと考えられる。ただし、データ数が少ないため、今後さらにデータを取っていきたい。

2) HαとHβを含むガスリングが拡大・縮小して変光したのではないかと。ガスリングには密度が大きいところと小さいところがあり、それらが回転することで輝線の強度が変化したのではないかと。

7. 参考文献

- ・野本憲一、定金晃三、佐藤勝彦『シリーズ現代の天文学 7. 恒星』日本評論社 2009
- ・岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科田邊研究室 能勢樹葉『青い超巨星P Cyg (はくちょう座P星)の分光ならびに測光観測』2010
- ・東京大学大学院理学系研究科天文学教育研究センター 田辺俊彦『B型輝線星のパッシェン輝線観測』2013
- ・POLLMAN, E.; VOLLMANN, W.; HENRY, G. W., "Long-Term Monitoring Of Hα Emission Strength And Photometric V Magnitude Of γ Cas" 2014

食連星β Lyrの分光観測

吉野 礼珠 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

要旨

本研究では食連星の食の周期とスペクトル変化の関係を調べるため、β Lyr(こと座ベータ星)の分光観測を行った。特にH β (486nm)とHe I(587nm)の輝線の変化と食の周期の関係を考察した。両方とも食の時期に等価幅が増加していた。

1. はじめに

2つの恒星が1つの重心のまわりを軌道運動する天体を連星と呼ぶ。その中でも、食連星とは2つの恒星が互いに食し合うことで見かけの明るさが変化する天体である。

β Lyr(図1)の公転周期は約12.9日である。+3.25等級から+4.36等級にかけて変光する天体である。この天体は公転周期が短く2星の距離が近いので伴星の大気が降着円盤のように主星の周囲に形成され、輝線が検出される。

等価幅とはスペクトル線の強度を表す観測量。スペクトル線輪郭の面積を連続成分の面積で割ることで求められる。

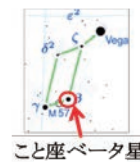


図1

2. 観測

本校の口径30cmのカセグレン式反射望遠鏡(図2)に冷却CCDカメラ(図3)と分光器(図4)を取り付け、10秒を5枚ずつ撮影した。観測は7/29と11/14に行った。

その画像を「すばる画像処理ソフトMakali'i」を用いて解析した。

また、He I(587nm)の輝線を等価幅によって変化を調べ、すでに知られているβ Lyrの光度の極小から主極小、副極小、食外を計算した。



図2 望遠鏡



図3



図4

分光器
CCDカメラ

3. データ解析

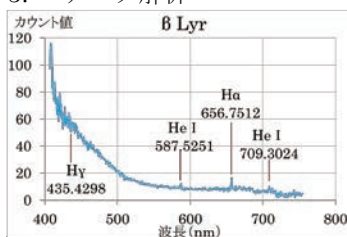


図5

(7/29に観測、高度は58°)

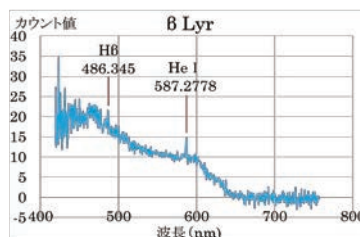


図6

(11/14に観測、高度は29°)

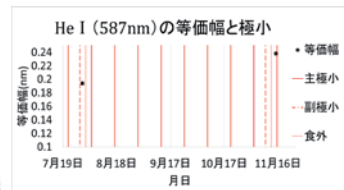


図7

He I(587nm)の等価幅

11/14の結果は検出機器の不具合により、650nmより長波長側のスペクトルが検出できなかった。観測日周辺の主極小は7/21(22:17:00)、8/3(21:46:00)と11/3(9:22:00)、11/16(7:18:00)である。

4. 考察

7/29の観測ではH γ (434nm)の吸収線と、He I(587nm)、H α (656nm)、He I(709nm)の輝線を検出した(図5)。11/14の観測ではH β (486nm)、He I(587nm)の輝線を検出した(図6)。

He I(587nm)の等価幅は主極小の時期に約1.23倍増加した(図7)。これは2011年の先行研究とは異なる結果である。露出時間が先行研究と異なるために輝線を強く得ることができなかったことによる誤差、あるいは2011年から現在までに観測天体に何らかの変化があったと考える。

H β の等価幅も食外の時期には等価幅を得ることはできなかったが、主極小の時期には測定することができた。これらの結果より食の周期とスペクトル変化に関係性があると考えられる。

5. 今後の課題

食の周期とスペクトル変化の関係性をさらに追及するためにデータを多く取得する。明瞭なスペクトル線を得るためにカメラの露出時間を増やす。

6. 参考文献

- [1]<https://www.rikanenpyo.jp/kaisetsu/koyomi/koyomi>
- [2]<http://www.sai.msu.su/gcvs/cgi-bin/search.htm>
- [3]<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>
- [4]http://www.nippondenshoku.co.jp/web/japanese/colorstory/05_spectrum.htm
- [5]高木 良輔 (2011), 卒業論文「食変光星β Lyre (こと座ベータ星)の分光ならびに測光観測」, 岡山理科大学・田邊研究室

星雲はどのように輝くのか ～3 波長帯での測光観測より～

銀河学校 2018 A 班

梶田 みさと(高専 4)【国立豊田工業高等学校】、大村 充輝(高 3)【山口中央高校】
伊藤 愛結(高 3)【奈良女子大学附属中等教育学校】、田中 匠(高 3)【栄光学園高等学校】
海老原 将(高 2)【麻布高校】、山崎 夏奈(高 2)【横浜サイエンスフロンティア高校】

-Abstract-

3 つの星雲の 3 波長帯での測光観測から二色図を作成し、星雲の発光過程について考察、観測対象の各星雲の発光過程を推定した。また各対象についての考察を基に、星雲の発光過程と星雲や周囲の恒星の進化との関係性について一般的な考察を行なった。

1. 動機

恒星は、内部での核融合反応により生み出したエネルギーを使って発光している。一方で、核融合反応を行わない星雲はどのようにして発光しているのかを疑問に思い、恒星と星雲の測光観測から発光過程を研究した。

2. 観測

観測場所：東京大学木曽観測所

観測装置：105cm シュミット望遠鏡, Tomo-e Gozen

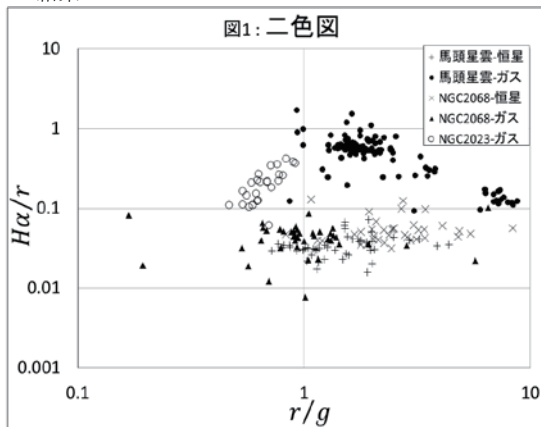
撮影：H α ... 0.5s \times 360 \times 5 r, g バンド ... 0.5s \times 360 \times 1

対象：馬頭星雲, NGC2023, NGC2068

3. 方法 (画像解析ソフト Makali'i を利用)

- 3.1 一次処理 (sky 減算, ダーク・フラット処理)
- 3.2 位置合わせ (swarp を利用)
- 3.2 測光 (ガス部分: 矩形測光, 星部分: 開口測光)
- 3.3 二色図の作成 (縦: H α /r, 横: r/g)

4. 結果



恒星からの放射は図 1 下部 ($H\alpha/r < 0.1$) に分布している。馬頭星雲-ガスからの光は恒星からの放射よりも $H\alpha/r$ の値が大きい。NGC2068-ガスからの光は恒星からの放射に近い成分である。NGC2023-ガスからの光は、馬頭星雲-ガスからの光に近い成分から、NGC2068-ガスからの光に近い成分までに連続的に分布している。

5. 考察

5.1 馬頭星雲

馬頭星雲は星形成が進行中で、若い高温星からの紫外線放射により励起された電離水素が存在する HII 領域であることが D. Ward et al. (2006) など報告されている。この知見と結果より、馬頭星雲は、HII 領域由来の輝線放射により発光する輝線星雲を背景とし、手前側に存在するガスが陰となって見えていると考えられる。

5.2 NGC2068

結果より、NGC2068 は H α 輝線放射により輝く HII 領域ではないことがわかる。また、NGC2068 は恒星と似た成分で発光するため、付近の恒星の光を反射して輝く反射星雲であると考えられる。

5.3 NGC2023

NGC2023 は星雲内部に比較的明るい恒星である HD37903 が存在しており、SIMBAD によれば HD37903 のスペクトル型は B3 型である。これらの知見と結果より、星雲内で高温星に近い領域では HII 領域が形成され輝線放射により輝き、遠い領域では高温星からの光を反射して輝いていると考えられる。

5.4 サイクル仮説

ここまでの議論を踏まえて、2 色図上での位置に基づいて (1): 輝線星雲ガス, (2): (1) と (3) の共存, (3): 反射星雲ガス, (4): 恒星 の 4 種類に分類する。

星雲中で形成された若い高温星の周囲では HII 領域が形成され、 $H\alpha/r$ の値が大きい 2 色図上部 (1) に位置する。反射星雲へとシフトしていくと (2) (3) と 2 色図左下へ移動し、恒星からの放射 (4) に近づく。恒星からの放射 (4) は、赤色巨星へと進化し r/g の値が大きくなると、2 色図右側へと移動する。やがて超新星爆発などで星間ガスを供給することで、次の世代の恒星を作る星雲となり、再び (1) のような星雲となる。このようにして、星雲や恒星の進化と発光過程との関係は、2 色図上で輪のようにして現れると考えられる。

6. まとめ

馬頭星雲は HII 領域からの輝線放射によって発光する輝線星雲、NGC2068 は恒星の光を反射して発光する散光星雲、NGC2023 は輝線と恒星からの反射の両方によって発光するハイブリッドな星雲であると考えられる。

今回の観測対象は 3 天体のみで、5.4 のような一般的な議論をするためには標本数が十分ではない。今後はこの仮説の検証のために他の星雲の観測をしたい。

7. 参考文献

[1] D. Ward-Thompson et al. (2006) 「SCUBA observations of the Horsehead nebula - what did the horse swallow?」
『Monthly Notices of the Royal Astronomical Society』
Volume 369, pp. 1201-1210, Royal Astronomical Society

8. 謝辞

本研究を進めるにあたりご協力いただいた、木曽観測所の大澤亮氏、NPO 法人 Science Station の宇野慎介氏、大島由佳氏、森井嘉徳氏に感謝の意を表します。

超新星残骸・惑星状星雲の輝線スペクトルの特徴

阿曾 沼 凌雅、井上 和思、漆谷 元希、中丸 智陽（高1）【修道高等学校】

要旨

今回、我々は広島大学が主催している「かなた天文教室」に参加した際に、星の一生の中で特に最期の姿である超新星残骸・惑星状星雲の二つの天体に着目し、これらの持つ特徴を輝線スペクトルの分析によって明らかにすることができると考えた。

1. 目的

超新星残骸とは、太陽の約8～10倍以上の星が超新星爆発を起こし、その際吹き飛んだガスがほぼ球状に拡散していったもので、一方惑星状星雲とは、上記程の質量が無い星の表面部のガスが緩やかに拡散していき、その結果形成された天体の事である。これらの二つの天体を分光観測することで、“星の死”という現象の中で互いにどのような違いがあるかを明らかにし、また天体のガスが拡散している速度を算出しようとした。

2. 観測対象

観測対象として、超新星残骸にはM1（かに星雲）、惑星状星雲にはM57（環状星雲）を選定した。これらを選定した理由は、この二つの天体が超新星残骸・惑星状星雲の中でもよく知られた天体であり、また見つけやすく、比較的観測の容易な天体であると考えたからである。

3. 手法

観測の際は広島大学が所有する東広島天文台の1.5m反射望遠鏡を使用し、撮像機材には分光器、Howpol（広大の開発した偏光撮像装置）を使用した。

また画像処理、波長の同定には(1)マカリ(2)エクセルの二つのソフトウェアを使用しデータの処理を行った。以下に具体的に我々の行った研究の手法を示す。

- (1)まずHowpolにて校正用のデータの取得、その後天体の分光撮像をする。
- (2)マカリにて取得した天体の分光画像を適当なコントラストに調整し、ピクセルごとのカウント値を割り出す。
- (3)あらかじめ広大から提示された大気のスเปクトルを使用し、波長の同定を行う。

4. 結果

図2. 得られたスペクトルデータ

天体名	主に確認されたスペクトル		
M1	H α	OIII	H β
M57	OIII	NII	H β

観測によってスペクトル(図1)を作成した結果、主に上記の輝線のデータを得ることができた。(図2)

またM1については高速で膨張していることから、ドップラーの公式を用いて膨張速度を算出した。(下の式には既にH α の波長を代入している)

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \times c = v \quad \cdots \text{ドップラーの公式}$$

結果、M1は秒速約3400kmの速度で膨張しつつあることを示すデータが得られた。



図1. M1の輝線スペクトル

5. 考察

M1については、水素輝線が見られるためII型の超新星残骸であり、このことから元の星は星内部の核融合反応が最終段階まで進行し、核に鉄が生成された後に重力崩壊に至ったのだと考えられる。

M57については、こちらも強い水素輝線や酸素輝線が見られ、このことからM1と輝線の放出の仕方が似通っているのではないかと考えた。またM1との相違点として、スペクトルに比較的高い窒素輝線を確認することができた。

どちらの天体も生成要因が異なっているのに対して、両者共に比較的に類似したスペクトルの特徴を確認できた。この要因について今回の研究の中では考察することができなかったため、次回研究をする際にはより多くの天体のデータを取得・分析すると同時に、さらに天文について学習した上で考察していきたい。

6. 謝辞

この度、観測、研究やデータの分析に関して多くのご指導や助言を下された、広島大学の学生及び教職員の方々に厚く御礼を申し上げますとともに、感謝の意をここに表します。

ブラックホール連星SS433のジェットの特徴

古野 友希、三浦 奈々（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要旨

ブラックホール連星SS433の宇宙ジェットについて、分光観測データを独自の数値モデルでフィッティングし、「ジェットの幅」と「放出されるジェットの中心からの距離と光の強さの関係」を調べた。その結果、幅は波長にして $86 \pm 12 \text{ \AA}$ 、光の強さは中心からの距離の 1.9 ± 0.1 乗に反比例することがわかった。

1. 背景・目的

我々は宇宙に興味があり、特異な天体であるブラックホールの研究を行いたいと思っていた。調べているうちに、中心天体であるブラックホールからプラズマガスが双方向に噴出する高エネルギー現象である宇宙ジェットに興味があった。研究対象は可視光での観測が可能なSS433である。我々の目的は「ジェットの幅を求めること」と「ジェットの中心からの距離と光の強さの関係を調べること」の二点である。

2. 研究方法

- 1) 岡山県美星天文台で低分散分光観測を行った。
- 2) 画像処理ソフト「マカリ」と「BeSpec」を用いて、スペクトル図を作成した。
- 3) ジェットの一部分を円柱と考え、それを右の図1のように無数のドーナツ形に分割した。
- 4) 放出される光の強さが円柱の中心からの距離の b 乗に反比例するとして、単位体積当たりが出す光の量を求める次式を立てその値を出した。

$$\Delta P = \sqrt{Z^2 + R^2}^{-b} \cdot 2\pi R \cdot dR \cdot dZ$$

- 5) 「Excel」を用いて、円柱の各部分が出す光の量を方向別に足し合わせた。
- 6) 上記の方法で3つのH α 輝線のデータを調査した。

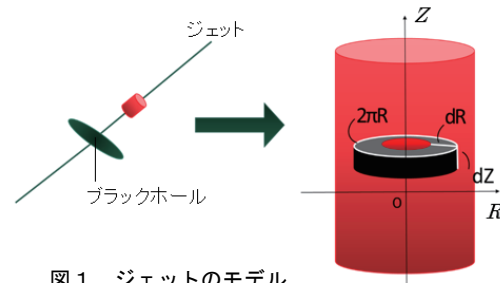


図1 ジェットのモデル

3. 結果と考察

b の値は、3つのH α 輝線について2.0、1.9、1.9としたとき観測データと数値モデルが合致した（図2に例を示す）。また、ジェットの幅は 70 \AA 、 100 \AA 、 89 \AA と読み取れた。

SS433のジェットの幅は、結果よりジェットの幅が日や方向によって変化していると言えるが、この作業は目視で判断しているため誤差である可能性がある。よって、仮にジェットの幅が一定と考えた場合の我々の測定値は、波長にして $86 \pm 12 \text{ \AA}$ と結論づけられる。また、放出されるジェットの光の強さは、その中心からの距離の 1.9 ± 0.1 乗に反比例するというほぼ変化のない結論が得られた。

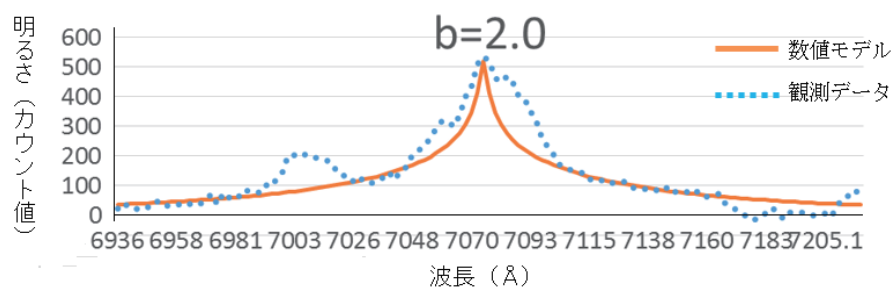


図2 2015年7月24日観測
遠ざかるジェットのH α 線を用いたフィッティング

4. 展望

- ・更に観測データを集め調べること。
- ・ジェットの幅を表している波長を距離に変換すること。
- ・ジェットの最小単位を円柱から球や回転楕円体に変えると、観測データにより近い数値モデルとなるのか、ジェットの幅や放出される光の強さの変化は変わるのかについても調べてみる。

5. 参考文献

- 著/福江 純(2017)「14歳からの天文学」日本評論社 編/福江 純ら(2014)「超・宇宙を解く」恒星社厚生閣
 著/D.H. クラーク 訳/福江 純(1988)「SS433伝説」恒星社厚生閣
 編/横尾 武夫ら(1991)「宇宙を見るII」恒星社厚生閣
 著/奈良県立青翔高等学校第9期生(2015)「平成26年度卒業生 スーパー探究科学論文集」
 著/奈良県立青翔高等学校第12期生(2018)「平成29年度卒業生 スーパー探究科学論文集」

星形成率から探る銀河の性質

銀河学校 2018 B 班

丹羽 佑果 (大 1) 【東京工業大学】、後藤 佑太、照沼 侑依 (高 2) 【明星高等学校】、
大場 莞爾 (高 2) 【筑紫丘高等学校】、丸山 満ちる (高 1) 【洗足学園高等学校】、
寺井 康德 (高 3) 【西大和学園高等学校】、一瀬 ルアナ (高 2) 【渋谷教育学園渋谷高等学校】

要旨: 銀河の星形成率 (SFR) は $H\alpha$ から導出できる。私たちは 4 つの近傍銀河の $H\alpha$ を観測し、「 $H\alpha$ の空間分布」「SFR と星質量の関係」「銀河の星形成のモデル化」という観点から考察した。

1 はじめに

星形成率 (star formation rate; SFR) は、銀河を特徴付ける重要なパラメータである。電離水素領域から放たれる $H\alpha$ は、SFR のよい指標となる (e.g., Kennicutt 1998)。私たちは 4 つの近傍銀河の $H\alpha$ を観測し、SFR を導出することで、各銀河の星形成の特徴を調べた。

2 観測・解析

東京大学木曾観測所 105-cm シュミット望遠鏡で、搭載されているカメラ Tomo-e Gozen を用いて、近傍銀河 M51, M82, M106, NGC4567 を観測した。広帯域 r-band と狭帯域 $H\alpha$ フィルターで撮像し、連続波と $H\alpha$ の画像を得た。各銀河について、 $H\alpha$ から SFR を、連続波から星質量を導出した。

3 結果

各銀河の r-band と $H\alpha$ の画像が得られた (図 1)。NGC 4567 は赤方偏移が大きいため、今回使用したフィルターでは $H\alpha$ を捉えられなかった。SFR、星質量は表 1 のようになった。

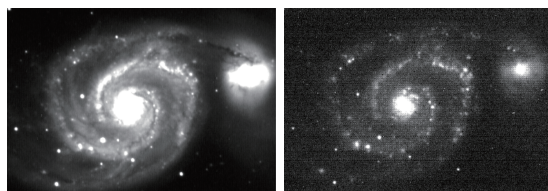


図 1: M51 の (左) r-band、(右) $H\alpha$ 画像。

表 1: 各銀河の SFR と星質量

銀河	距離 (Mpc)	SFR ($M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$)	星質量 (M_{\odot})
M51	8.4	2.9	2.6×10^{10}
M106	7.7	6.2	1.1×10^{10}
M82	3.5	10.6	3.5×10^9
NGC 4567	18.2	—*	1.2×10^{10}

* 使用したフィルターの帯域外に $H\alpha$ があるため。

4 考察

4.1 $H\alpha$ の空間分布

銀河の中心や腕には、 $H\alpha$ を強く出す球状の領域が見られた。同じ画像に写った星と比べると、この領域では辺縁部のカウント値の増加

がゆるやかになっており、ガスの雲のようなものが形成されていると考えられる。

4.2 SFR と星質量の関係

各銀河の SFR と星質量を Davé (2008) のモデルと比較すると、M82 は星質量に対して SFR が高くなっている (図 2)。M82 が M81 との近接のためスターバーストしていることはよく知られており (e.g., Yun et al. 1994)、我々の結果もこれと矛盾しない。

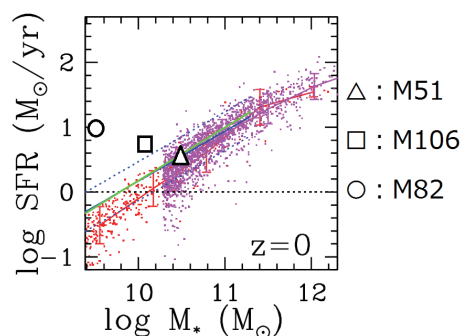


図 2: SFR と星質量の関係。赤とマゼンタの点は Davé (2008) によるモデル。

4.3 銀河の星形成のモデル化

SFR が銀河のガス質量に比例し ($dM_{\text{gas}}/dt = \alpha M_{\text{gas}}(t)$)、銀河に外部からガスが一定の割合 β で供給されるモデルを考える。初期のガス質量をゼロとすると、星質量 $M_*(t) = (-\beta/\alpha)(1 - e^{-\alpha t}) + \beta t$ となる。ガス質量を観測的に調べれば、星形成効率 α 、ガスの流入レート β 、銀河の年齢 t が導かれる。

5 まとめと展望

星形成のモデル化により銀河の年齢が導かれた。他の観測的方法により求めた年齢と比較することで、星形成のモデルを観測的に実証することができる。

ご助力いただいた、東京大学天文学教育研究センター木曾観測所、NPO 法人 Science Station の関係者の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- Davé, R. 2008, MNRAS, 385, 149
Kennicutt, R. C. 1998, ApJ, 498, 541
Yun, M. S. et al. 1994, Nature, 372, 530

銀河の渦巻きはどうしてできるのか

銀河学校 2018 B 班

丹羽佑果 (大 1) 【東京工業大学 第 1 類】、後藤佑太 (高 2) 【明星高等学校】

要旨: 渦巻き銀河である M51, M106 を r-band と H α -band の 2 種類のフィルタを用いて観測し、両者の分布や明るさの違いを比較した。星形成率に対応する H α 線の明るさのピークは、r-band とよく揃っており、明るさは 0.5 から 2.5 倍の違いがあることが分かった。この結果を銀河腕の形成メカニズムの一つである定常密度波理論の観点から考察を行った。

1 はじめに

銀河の腕がどのようなメカニズムで形成されているのかは未解決の問題である。定常密度波理論によれば、銀河を構成する星の粗密パターンが銀河腕の形を形成する。銀河のガスは腕の領域で圧縮され衝撃波となり、星形成が活発になる。密度波理論のモデルの観測的な検証のため、本研究では渦巻き銀河 M51、M106 を広帯域 r-band と狭帯域 H α -band で観測しその分布や明るさの違いを調べた。

2 観測

対象:M51、M106 場所: 東京大学木曽観測所

日時:2018 年 3 月 27 日 天候: うす曇り

装置: 木曽 105cm シュミット望遠鏡 + Tomo-e-Gozen 使用フィルタ:r-band、H α -band

3 解析

H α -band 画像から r-band 由来の光を取り除き、得られた画像に以下の解析を行った。銀河の星形成率は H α 線の明るさに比例する。(Kennicutt,1998) 星形成率の高い域と腕の位置関係を調べるために H α と r の画像両方で赤緯、赤経をそろえて中心を始点に放射状に線分を引き、線分上を測光した。(図 1、2)

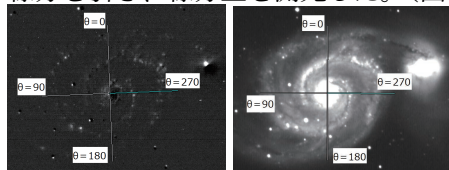


図 1: M51 H α -band.(左)、 M51 r-band(右)

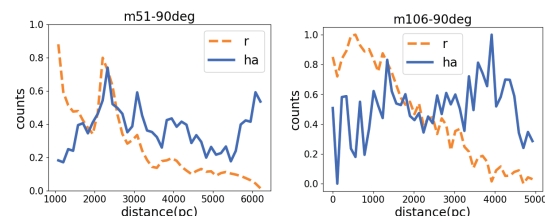


図 2:M51(左)、M106(右)における r と H α の明るさの位置関係。縦軸は 0 から 1 に規格化したカウント値、横軸は銀河中心からの距離。

次に、M51 に関してピークの存在する付近で r-band と H α -band それぞれのカウント値

を積分し、その比 ($r/H\alpha$) を求めた。(表 1)

表 1: r-band, H α -band のカウント値の比

	$\theta = 0^\circ$	$\theta = 90^\circ$	$\theta = 180^\circ$	$\theta = 270^\circ$
L1	2.21	0.633	1.64	1.78
L2	2.32	1.48	2.69	2.68

4 考察

4.1 r-band と H α -band の位置関係

r-band で明るい部分はさまざまな星を含む腕の領域に対応し、H α の高い部分は若い OB 型星に対応する。衝撃波発生直後のガスは減速するため腕の回転運動に取り残される (Egusa, et al.,2009)。新たな星はガスの中から誕生するが、図 2 では両銀河とくに M51 で r-band と H α -band のピークの位置は殆ど揃っている。ここから、形成直後の星はガスとともに取り残されたのち、流れ込むようにして腕に追いつき OB 型星となると考えられる。

4.2 r-band と H α の明るさの違い

腕での全星質量 M_* 、OB 型星の全質量 M_s 、r-band の明るさ $L(r)$ 、H α の明るさ $L(H\alpha)$ とし $M_* = aL(r)$ 、 $M_s = bL(H\alpha)$ とする。 a, b を決めれば、表 1 に示した比に a/b をかけることで銀河内の星が腕での星形成を何回経験することで形成されたかを調べることができる。

5 まとめと展望

腕と星形成率の高い域の位置は揃っていることが分かった。衝撃波の発生から OB 星に至るまでの時間を調べ、ガスや星の運動をモデル化することでこの理由の解明が期待される。また考察 4.2 における a, b の値を決定すれば、現在の星質量が何回分の腕での星形成でできているかを求めることが可能となる。

本研究を進めるにあたりご助力いただいた、東京大学天文学教育研究センター木曽観測所、NPO 法人 Science Station の関係者の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- Kennicutt, R. C. 1998, ApJ, 498, 541
Egusa, F. et al. 2009, ApJ, 697, 1870 (E09)

銀河のダークマターの割合を求める

河上 真宙、松本 香乃実（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

銀河の種類とそのダークマターの割合との関係を調べるために、岡山県美星天文台で3つの銀河を観測した。それらの観測結果とSMOKAのデータを用い、7つの渦巻銀河（矮小銀河1つ）、6つの棒渦巻銀河、1つのレンズ状銀河のデータを比較した。結果、ダークマターの割合は、銀河の形状には無関係であるが、矮小銀河では小さいことがわかった。

1. 目的

様々な銀河について力学的質量と光学的質量を求め、その違いからダークマターの割合を調べ、銀河の種類による違いを比較することである。

2. 方法

1) 分光観測データより、力学的質量を求めた。

A) スペクトル中のH α 輝線のずれから、ドップラー効果の式により銀河回転の視線速度を求めた。

B) 銀河の画像の形状より傾き角 θ （右図1）を求めた。

C) 視線速度と傾き角より銀河の回転速度を求めた。

D) 銀河の画像から半径を測定し、円周と回転速度から周期を求めた。

E) 半径と周期をケプラーの第3法則の式に代入して中心天体の質量（力学的質量）を求めた。

2) 測光観測のデータより、光学的質量を求めた。

A) 天体画像処理ソフト「Makali'i」を用いて目的の銀河の明るさと比較星の明るさを測った。

B) ボグソンの式を用いて比較星の見かけの等級から銀河の見かけの等級を求めた。

C) 銀河の見かけの等級と距離から銀河の絶対等級を求めた。

D) 銀河の絶対等級を太陽の絶対等級4.8等と比較して、銀河の明るさが太陽の何倍（光学的質量）か調べた。

3) 力学的質量から光学的質量を引き、それを力学的質量で割ることで、ダークマターの割合を求めた。

4) 上記の方法ではNGC6503、NGC7331、NGC3521の3つの銀河のみの観測しかできなかった。そのため国立天文台のウェブページに掲載されているSMOKAのアーカイブデータを用いて、国立天文台岡山天体物理観測所で観測された11個の銀河のスペクトル画像を利用した。

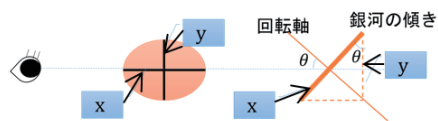


図1 銀河の形状と傾き角

3. 結果

表1 銀河の種類とダークマターの割合

銀河	種類	ダークマターの割合(%)	
渦巻銀河			
NGC3672 *	Sc	90	86±7
NGC4388 *	Sb	93	
NGC4414 *	Sc	75±8	
NGC5033 *	Sc	92±1	
NGC5055 *	Sbc	79	
NGC7331	Sbc	85	
NGC6503	Sc(矮小)	70	70
棒渦巻銀河			
NGC877 *	SBbc	72	82±10
NGC1055 *	SBb	99	
NGC2146 *	SBab/P	80±6	
NGC3521	SBbc	82	
NGC3893 *	SBc	69±6	
NGC4258 *	SBbc	88	
レンズ状銀河			
NGC3593 *	S0-a	86	86

* 印の銀河はSMOKAのデータを使用した。

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。

参考文献 沼澤茂美・脇屋奈々代（2009）『NGC・IC天体写真総カタログ』誠文堂新光社
 福江純・沢武文 編（2014）『超・宇宙を解くー現代天文学演習』恒星社厚生閣
 鈴木文二・洞口俊博 編（2015）『あなたもできるデジカメ天文学 “マカリ”パーフェクト・マニュアル』恒星社厚生閣

4. 考察

1) ダークマターの割合は、銀河の形状とは無関係である。

2) 矮小銀河のダークマターの割合は小さかった。これは恒星の数も少なく銀河の質量も小さいため、星間物質と同様にダークマターも拡散したためと考えられる。

5. まとめ

今回の結果から、銀河の種類とダークマターの割合には関係がないと考えられる。また、矮小銀河のダークマターの割合は小さいと考えられるが、矮小銀河観測データの数はまだ足りないため、更に多くの矮小銀河についても調べる必要がある。

また、測光観測データに問題があったため、今回は銀河の等級については文献のデータを引用した。よって、今後は問題と考えられる比較星の画像取得の方法の改善を探り、光学的質量を適切に求める方法を見つきたい。

表紙写真 「宇宙を感じる」

「私たちの遺伝子中の窒素も、歯の中のカルシウムも、血液中の鉄も、かつて収縮した恒星の内部で作られた。私たちの体は、すべて星の物質でできている。私たちは、きわめて深い意味において“星の子”なのである。」

—カール・セーガン『コスモス』(1980)より引用

わたしたちの体の元素の起源を考えてみよう。水素やヘリウムは、ビッグバンに伴い最初に出来た元素である。ヘリウムより重い元素は、恒星内部の核融合などによって合成された。さらに、鉄より重い元素は、鉄原子などが中性子を捕獲し不安定になってベータ崩壊することを繰り返す、次第に大きな原子番号の元素になっていくという過程で合成される。この中性子を捕獲する過程には、年老いた軽い星の内部で比較的ゆっくりと進行する s (slow=ゆっくり) 過程と、中性子過剰な環境で急激に進む r (rapid=急速) 過程の 2 つが知られている。

以前は、鉄より重い元素は、超新星爆発に伴って一挙に出来ると考えられていた。しかし、その後、超新星爆発では金やプラチナなどの重い元素は出来ることが分かってきた。これらの元素が出来る現象の候補の一つとして、中性子星どうしの合体が考えられている。この中性子星どうしの合体が、2017 年 8 月 17 日、ついに重力波や、ガンマ線から可視光線・電波に至る多波長の電磁波で検出され、わたしたちの体を作るすべての元素の起源がわかったのである。

いま、わたしたちの住んでいる地球から宇宙を見上げてみよう。春の深夜、春の星座の星たちが西の空に見えていた。太陽の光を反射する月、その月の光を反射する水面、戸隠の山々、そして緑に包まれたこの地球。

わたしたちの体を作る元素たちは、ビッグバンや、年老いた軽い星の内部や、白色矮星が核爆発を起こす超新星爆発や、重い星の重力崩壊に伴う超新星爆発、更には、中性子星どうしの合体に伴う元素から出来ているのだ。いま、ここに立って、宇宙を感じている。わたしたちは確かに「星の子」なのだ。

撮 影：大西 浩次

撮影場所：長野県長野市戸隠高原（6 月初旬深夜）

ジュニアセッション実行委員会・世話人

実行委員 山村 一誠（実行委員長）、石川 直美、大西 浩次、篠原 秀雄、内藤 博之、
山岡 均

世話人 縣 秀彦、飯塚 亮、石田 光宏、小野 智子、佐藤 太基、鈴木 文二、
谷川 智康、永井 智哉、西村 昌能、船越 浩海、畠 浩二、松本 直記、
吉川 真

誌面構成 中田 彩子

印刷 株式会社 明友社