

日本天文学会 2020 年春季年会

# JUNIOR SESSION

第 22 回 ジュニアセッション予稿集



2020 年 3 月 19 日  
於 筑波大学 筑波キャンパス

## 第 22 回 ジュニアセッションプログラム

主催：日本天文学会

共催：天文教育普及研究会、高校生天体観測ネットワーク

後援：日本学術会議

【**口頭セッション**】：2020 年 3 月 19 日 (木) 9:30～11:20, 14:00～15:30

会場：筑波大学筑波キャンパス 大学会館

【**ポスターセッション**】：2020 年 3 月 19 日 (木) 11:20～14:00, 15:30～16:00

ポスター会場：筑波大学筑波キャンパス 第一エリア 1E 棟

ポスターは 3 月 16 日から掲示可能

発表へのコメントは、インターネットで受け付けています。

<https://forms.gle/U21BsXB9Kj3cTReT6>

コメント受付



### 【2020 年 3 月 19 日 (木) のスケジュール】

8:50 受付開始 (口頭セッション会場前)

9:20 開会あいさつ、諸注意

9:30 口頭講演 (各講演 4 分 + 質疑 1 分)

座長：馬場 俊介 (国立天文台)、直井 雅文 (埼玉県立浦和高等学校)

A 宇宙探査・開発	: 01、03、05、06、07	9:30 ~ 9:55
B 位置天文・太陽系	: 08、14、21	9:55 ~ 10:10
C 恒星	: 23、24、25、26、27	10:10 ~ 10:35
D 星雲・星団	: 30、32、33、34、35	10:35 ~ 11:00

11:00 ~ 11:20 ショートプレゼンテーション (各講演 1 分)

02、04、09、12、15、16、17、19、20、22、28、31、42、44、46、47、49、53、56

11:20 ~ 14:00 ポスターセッション (コアタイム)、昼食

14:00 口頭講演 (各講演 4 分 + 質疑 1 分)

座長：服部 誠 (東北大学)、坂江 隆志 (埼玉県立浦和西高等学校)

E タイセッション	: 36、37、38、39、40、41	14:00 ~ 14:30
F 装置・観測方法	: 45、48、51、52	14:30 ~ 14:50
G 星空環境・大気	: 54、55、57	14:50 ~ 15:05
H 銀河	: 58、59、60、61、62	15:05 ~ 15:30

15:30 ~ 16:00 ポスターセッション

天文学辞典

日本天文学会では、天文学辞典をオンラインで公開しています。

みなさんの研究成果を発表する際に、ぜひご活用ください。

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



## 日本天文学会 第22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 梅村雅之

日本天文学会ジュニアセッションは、2000年から始まり今回で22回目となりました。今回も63件の多くの申し込みがありました。ジュニアセッションは、日本天文学会が行う活動の中でも、若者たちへの天文学の教育と普及を行う大事な活動の一つです。ジュニアセッションは、中学生や高校生の溢れる想像力で、天文学に関わる独創的な研究を発表する場であるばかりでなく、プロの天文学者に接し、最先端の研究を知ってもらう貴重な機会にもなっています。

私が天文学に興味を持ち始めたのは高校生の頃ですが、きっかけとなったのは、藤井旭さんが出版された『星空の四季』というカラーアルバムでした。このアルバムの中の美しい星や星団の写真に魅せられましたが、中でも強く心惹かれたのがアンドロメダ銀河の写真でした。後に、私たちの天の川銀河も外から見るとアンドロメダ銀河と似たような形の渦巻き銀河であることを知りましたが、当時は、無数に映っている星々と銀河の壮大さにただただ驚嘆するばかりでした。その後、宇宙の研究をする目的で北海道大学に入学し、大学院に進学して、銀河形成の研究を始めました。以来、40年近くにわたって、銀河形成の研究を続けています。日本天文学会では、昨年、天文学の教育や普及に大きな貢献をされた方を表彰する「天文教育普及賞」が創設されました。そして、今年の実賞者の一人は藤井旭さんになりました。天文学を目指すきっかけとなった『星空の四季』の著者である藤井旭さんを、私が天文学会長の時に表彰できることは、目に見えないご縁を感じますし感慨もひとしおです。

アイザック・ニュートンが残した言葉に次のような言葉があります。

*『私が世の中でどのように見られているかわからないが、私自身は、自分は砂浜を散歩する子供のようなもので、普通のものよりもなめらかな石ころや美しい貝殻を見つけては時々喜んでいるけれど、真理の大海は私の前にいまだに発見されることなく広がっている。』*

私がこの言葉から感じることは、自然や宇宙の真理は、人間の想像をはるかに超えたところにあるということ、そして常に自然への謙虚な探究心をもつべきであるということです。万有引力の発見、プリズム分光の発明、微分積分学の創出という天文学・物理学に欠かせない偉大な業績を残したニュートンでさえ、自分はこの自然の真理のほんの一部しか知りえていないのだと言っているのです。現代天文学は、物理法則や観測・実験を駆使して、宇宙の始まりから、銀河、星、惑星の誕生までを論じることができるようになってきました。しかし、人類が知り

えたことは本当の真理のほんの一部なのだと思います。皆さんには是非、たゆまぬ探究心と謙虚な気持ちをもって、未知の真実を紐解いていく斬新なアイデアを出していてもらいたいと思っています。

2002年に、“堀川の奇跡”と呼ばれる出来事がありました。京都市立堀川高校が国公立大学への現役合格者数を前年の6人からいきなり106人に伸ばしたのです。何がこの大躍進につながったかという、1999年に「探究科」を設立したことでした。「探究科」では、入試対策は重視せず“探究”を重んずるカリキュラムを導入し、進学後の専門研究につながる勉強をします。つまり、問題を解いて点数を取るための勉強ではなく、自ら探究テーマを考え、自分のアイデアでこれを追求していくというスタイルです。先生は、色々なアドバイスをしてくれますが、基本的に学生同士で探究していきます。テーマの中には、「風速計の製作」といった“ものづくり”から、「3秒ルールの検証」といった独創的なものまでありました。1999年に「探究科」を設立して、第1期生が卒業した2002年に国公立大学への現役合格者数が100人を超えたのです（詳しくは、「奇跡と呼ばれた学校」（朝日新書）参照）。自ら決めた探究テーマをとことん追求する中で、多くの知識を学び、知らないうちに国公立大学に合格できる学力が身についていたのです。私は、かねてよりこのような教育こそが、若者の創造力を引き出す真の学力につながると感じており、筑波大学にも課題探究実習セミナーを作りました。「探究科」は素晴らしいカリキュラムなのですが、一つ気になっていることがありました。このカリキュラムでは、入試対策よりも課題探究を重視するので、生徒の保護者から大学受験への不安の声などはなかったのだろうかということです。一昨年、私はこの「探究科」を作った当時の校長である荒瀬克己先生（現在大谷大学教授）と会食する機会がありました。その際、保護者から不安の声はなかったのですか、という質問を投げかけてみました。荒瀬先生は、当時すでにモデルとなる教育の実践例があり、自分でも確信をもって改革に当たることができたので、保護者から不安の声は聞かれなかった、とおっしゃっていました。保護者らが「探究科」の意義と将来性に共感したことを聞いて大変安心しました。天文学会ジュニアセッションも、皆さん自身がテーマを模索し、先生や生徒たちとこれを追求しているという点で、探究科のようなものです。この探究の過程で、皆さんには広い知見が備わっていくことになると思っています。是非、ジュニアセッションで皆さんの大いなる探究心を発揮してください。

ギリシア神話にチャンスという意味をもつカイロスという神様がいます。カイロスは美少年の神様ですが、前髪は長くて後頭部が禿げ上がった少し変わった風貌の持ち主です。カイロスは大変足が速くすばしこいので、捕まえるには長い前髪をつかむしかないと言われていました。この神様に由来して、『チャンスは前髪しかない』と言われてたりします。これは、好機はすぐに捕まえないと後から捕まえることは出来ないという意味で使われます。チャンスはどこにでも転がっていますが、結構見過ごしてしまっていて、あの時やっておけばと思うことも多々あります。皆さんが、このジュニアセッションをまたとない好機として活かして頂き、天文学の造詣を深めていただければ開催者としても望外の喜びです。

# 目次 Contents

## A 宇宙探査・開発 Space Mission / Development

- 01T** リニアモーターによるねじ式エレベーターの提案 10  
第18回 君が作る宇宙ミッション ALTAIR 班：  
岡田 周大（高2）【灘高等学校】、足立 愛恵（高2）【杉並学院高等学校】、  
遠藤 才織（高2）【北海道札幌南高等学校】、丸山 多聞（高1）【渋谷教育学園渋谷高等学校】、  
馬場 悠人（高1）【東京都立戸山高等学校】、長瀬 明日香（高1）【神奈川県立柏陽高等学校】
- 02S** モデルロケット打上げ時最大加速度測定のための搭載手作り加速度計の設計 11  
東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部：  
久保 公貴（高2）、洞口 翼（高3）【東京工業大学附属科学技術高等学校】
- 03T** 小型望遠鏡を用いたスペースデブリの観測と軌道算出 12  
甲斐 涼雅、松中 陽路、有吉 裕哉、青木 翼（高2）、北里 虎大、梶崎 天翔（高1）  
【福岡工業大学附属城東高等学校】
- 04S** 系外惑星と小惑星の観測による人類の他惑星への移住可能性の検討 13  
もし天 2018 M877（バナナ銀河）班：  
小林 鞠乃（高3）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、  
松下 奈津子（高3）【女子学院高等学校】、吉本 有秀（高3）【北海道函館中部高等学校】、  
城基 駿（高2）【鹿児島県立楠隼高等学校】
- 05T** 惑星移住に向けた実用的な大型月面スペースコロニーの検討 14  
もしっしょん2期：  
長瀬 明日香（高1）【神奈川県立柏陽高等学校】、中村 颯（高1）【武蔵高等学校】、  
生田 篤史（高2）【鹿児島県立楠隼高等学校】、遠藤 才織（高2）【北海道札幌南高等学校】、  
清原 愛（高2）【立命館慶祥高等学校】、金子 じゅん（高3）【埼玉県立越ヶ谷高等学校】、  
出口 凜々花（高3）【石川県立金沢錦丘高等学校】、中尾 悠達（高3）【栄光学園高等学校】、  
丹羽 駿輔（高3）【滝高等学校】
- 06T** 金星地質調査プロジェクト VGX ～Venus Geological eXploration～ 15  
第18回 君が作る宇宙ミッション DENEb 班：  
廣谷 知也（高3）【福岡県立福岡中央高等学校】、佐藤 薫野（高2）【秋田県立秋田南高等学校】、  
片岡 涼介（高2）【東京都立大泉高等学校】、小池 陽大（高2相当）【International School of Stuttgart】、  
鈴木 梨々花（高1）【光塩女子学院高等科】、中村 颯（高1）【武蔵高等学校】
- 07T** エンケラドスの生命探査 16  
第18回 君が作る宇宙ミッション VEGA 班：  
武田 佳菜子（高1）【大阪府立豊中高高等学校】、西田 幸来（高2）【親和女子高等学校】、  
松田 聖梢（高2）【慶應義塾高等学校】、松村 京香（高2）【石川県立金沢泉丘高等学校】、  
市原 弘理（高2）【東京都市大学付属高等学校】

## B 位置天文・太陽系 Position Astronomy / Solar System

- 08T** 圭表儀の観測における補助器具「景筐」の役割 17  
塩尻市立丘中学校 科学部天文班：  
西川 創、伊藤 凌（中2）、斎藤 花音、市川 朔豊、小川 慶土、小澤 優月、水本 陽菜（中1）  
【塩尻市立丘中学校】

T：講演（4分間）＋質疑（1分間）  
S：ショートプレゼンテーション（1分間）  
P：ポスターのみ

- 09S** 水平面上の影の位置の変化から  
太陽の南中時刻を観測するための子午線を求める 18  
塩尻市立丘中学校 科学部天文班：  
小澤 優月、水本 陽菜、市川 朔豊、小川 慶士、斎藤 花音（中1）、西川 創、伊藤 凌（中2）  
【塩尻市立丘中学校】
- 10P** 黒点観測から考えられるサイクル25の予測 19  
濱崎 文爾、須加井 健音（高2）、植村 栄吾、内田 京太郎、竹盛 雅彦、刘 数桐、大林 脩史、  
鍵谷 理太郎、畠山 大樹（高1）【國學院大學久我山高等学校】
- 11P** 月の扁平率の検証 20  
石塚 沙羅、柏 美優花、浜田 侑奈（高1）【東北学院榴ヶ岡高等学校】
- 12S** 月食のRGB分析 21  
國學院大學栃木中学・高等学校天文部 RGB班：  
白井 瑞紀、熊倉 有希、瀬端 脩人、高橋 知優、戸部 聡太、堀米 琴音（高2）、井原 翼、  
川邊 淳之介、佐藤 瑞己、巻島 怜空、山中 陸斗（高1）【國學院大學栃木高等学校】、  
徳永 祐太（中3）、山根 史也（中2）【國學院大學栃木中学校】
- 13P** 金星の偏光度 22  
高木 優作、石見 翼、小幡 温人、後藤 有麗（高2）【東北学院榴ヶ岡高等学校】
- 14T** 木星・土星の近赤外分光観測によるメタン吸収帯の検出 23  
浦和西高等学校地学部：永野 涼子（高2）、守屋 佑真（高1）【埼玉県立浦和西高等学校】
- 15S** 惑星にメタンはあるのか？ 24  
國學院大學栃木中学・高等学校天文部メタン班：  
熊倉 有希、堀米 琴音（高2）、山中 陸叶（高1）【國學院大學栃木高等学校】
- 16S** 小惑星の形状と光度曲線の関係 25  
原 琴音、小坂橋 里織（高1）【新島学園高等学校】
- 17S** 表面の色による小惑星の分類 ～BVR等級の違い～ 26  
田島 あさひ、的場 美玲（高2）【奈良県立青翔高等学校】
- 18P** ペルセウス座流星群 眼視観測の結果と解析 27  
岡 知世、岡畑 日菜、高橋 里朋、竹尾 咲輝、新津 花織（高2）、  
井出 栞理、久米 夕海、坂根 明日美、宮田 和佳奈、山口 さくら、山本 花音（高1）  
【國學院大學久我山高等学校】
- 19S** HROFFT ソフトを使用した流星電波観測 28  
國學院栃木高校天文部電波班：  
戸部 聡太（高2）、佐藤 瑞己、川邊 淳之介、巻島 怜空（高1）【國學院大學栃木高等学校】
- 20S** 回折格子を用いた流星の分光観測 29  
三野 正太郎（高2）、佐藤 優衣（高1）【宮城県古川黎明高等学校】
- 21T** 人工クレーターの実験 30  
巢鴨中学高等学校地学班：  
河南 佳吾、小林 倫登（中2）【巢鴨中学校】、  
宇都宮 輝也、池田 晴輝、石井 智仁（高1）【巢鴨高等学校】

## C 恒星 Stars

- 22S** トランジット法による系外惑星観測への挑戦 31  
齋藤 優真 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
- 23T** 月に隠れていたのはふたご? 32  
宮崎県立宮崎北高等学校 科学部 地学班:  
森岡 怜生、木田 真太郎、濱川 咲笑、菊池 慶祐 (高1) 【宮崎県立宮崎北高等学校】
- 24T** 食変光星 YY Eri の研究 33  
上野 裕貴、佐藤 駿帆、滝口 進弥 (高2) 【金光学園高等学校】
- 25T** 分光観測によるハービッグ Ae/Be 型星の分類 34  
小山 愛桂、飯田 璃香、上山 葉月 (高2) 【奈良県立青翔高等学校】
- 26T**  $\gamma$  Cas 型変光星の光度変化とスペクトルの関係 35  
神本 紅愛、神澤 英寿、森村 瑞穂 (高2)、石垣 諒、佐々木 結芽、戸田 健路 (高1)  
【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
- 27T** 矮新星 ER UMa の多色測光観測 36  
高田 晶玲、中島 矢穂、平山 凌、藤原 颯太、藤原 優花、宮田 温心、三好 悠太 (高1)  
【兵庫県立北摂三田高等学校】
- 28S** KIC8462852 の測光観測結果と変光の考察 37  
成蹊高等学校天文気象部:  
國分 そよか、山本 真理子、柴田 暁音、中村 圭登 (高2)、吉川 日菜子、吉田 有里、岩切 美樹、  
沖浦 真由子 (高1) 【成蹊高等学校】
- 29P** RR-CAP の水メーザー検出 38  
上地 完太、久手堅 向日葵、黒木 桃香、仲泊 菜菜、國吉 健斗、山岸 大輝 (高2)  
【沖縄県立球陽高等学校】、筒井 優友 (高2) 【東京都立国際高等学校】、  
唐下 希颯 (高1) 【広島大学附属福山高等学校】、野崎 朋香 (高2) 【熊本県立熊本高等学校】

## D 星雲・星団 Nebulae / Star Clusters

- 30T** 星の色の不思議 39  
兵庫県立舞子高等学校 天文気象部:  
成瀬 晴香、河合 彩花 (高2)、吉畑 春希 (高1) 【兵庫県立舞子高等学校】
- 31S** 散開星団 M39 の CM 図を用いた年齢の推定 40  
遠藤 美月 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
- 32T** 恒星はガスがないところから生まれるのか? 41  
「もしも君が杜の都で天文学者になったら…。」 3時のおやつ班:  
角田 渉 (高2) 【名古屋高等学校】、大浦 令惟 (高2) 【宮城県石巻高等学校】、  
永野 涼子 (高2) 【埼玉県立浦和西高等学校】、沢田 優菜 (高1) 【宝仙学園高等学校共学部】

T: 講演 (4 分間) + 質疑 (1 分間)  
S: ショートプレゼンテーション (1 分間)  
P: ポスターのみ

**33T** 分子雲の進化の流れ 42

もしも君が杜の都で天文学者になったら 2019 sagileo 班：  
今野 翼 (高2) 【仙台城南高等学校】、早川 明音 (高2) 【八千代松陰高等学校】、  
佐藤 薫野 (高2) 【秋田県立秋田南高等学校】、中村 颯 (高2) 【武蔵高等学校】

**34T** 惑星状星雲の細分化 ～太陽の最期の姿～ 43

もし天 2018 4K 班：  
野澤 大河 (高3) 【東京都立戸山高等学校】、中原 京香 (高2) 【豊島岡女子学園高等学校】、  
菅沼 斗憊 (高2) 【栄光学園高等学校】、丸山 満ちる (高2) 【洗足学園高等学校】

**35T** Zanstra の手法による惑星状星雲中心星の表面温度の推定 44

銀河学校 2019 B 班：  
石本 貴昭 (高2) 【中央大学附属高等学校】、大野 智洋 (高3) 【甲陽学院高等学校】、  
笹田 翔太 (平成30年度卒業) 【京都府立洛北高等学校】、  
柴田 美羽 (高1) 【広島大学附属高等学校】、菅沼 斗憊 (高2) 【栄光学園高等学校】、  
西内 月紅実 (高2) 【東京都立日比谷高等学校】、村田 響子 (高2) 【お茶の水女子大学附属高等学校】

**E タイセセッション Thai Session**

**36T** The comparison between the Moon and the Mars spectrum 45

Warinteera Khammayom (grade 11 equivalent) 【Chak Kham Khanathon School】

**37T** The Study of the Period of V1162 Orionis Variable Star 46

Waralee Chaiprasop (grade 11 equivalent) 【Chak Kham Khanathon School】

**38T** The study of factors affecting CME 47

Watsamon Trakulsirisak (grade 12 equivalent) 【Siyanusorn School】

**39T** The relations between numbers of stars and sizes of the galaxies 48

Jinpisuth Archaphet (grade 12 equivalent) 【Wattanothaipayap School】

**40T** The star tracker mount for the DSLR/Mirrorless Camera 49

Natkanin Ponpinij (grade 12 equivalent) 【Pi boon bumpen Demonstrations School Burapha University】

**41T** The learning media about the Solar system for the blinds 50

Suphanich Srimek (grade 12 equivalent) 【Benchamatheputhit Phetchaburi School】



## F 装置・観測方法 Instrument / Method

- 42S** 自作プラネタリウム一般公開6年を迎えて 51  
大橋 壮真、岡田 卓、延時 慶祐（高2）、赤澤 杏、各務 莉穂、竹本 蒼唯、川瀬 皓介、柴田 光輝、  
長尾 琉也（高1）【愛知県立一宮高等学校】
- 43P** 折りたたみプラネタリウムの作成について 52  
阿蘇 香純、市瀬 水織、安部 桃華、松本 夢叶、佐藤 健翔、加藤 彩乃、二木 若菜、清水 結衣（高2）、  
阿部 さくら、大庭 七海、久米 真凜、福澤 佳音、星月 亜美、樋口 達也、吉澤 智樹、小島 聖矢、  
佐藤 貴臣（高1）【星野高等学校】
- 44S** 太陽電波モニター装置の制作 53  
富澤 佑介（高1）、柴田 章伸（高2）、渡邊 景香（高2）【駿台学園高等学校】、  
矢倉 夏央（中1）【駿台学園中学校】
- 45T** 18吋ドブソニアン望遠鏡の製作 54  
河津 雄大（高専3）、小林 克憲（高専2）【米子工業高等専門学校】
- 46S** 測光用フィルターの劣化調査 55  
柴田 光輝、川瀬 皓介、長尾 琉也（高1）【愛知県立一宮高等学校】
- 47S** 広角レンズフィルターの減光量と色ズレ 56  
成蹊高等学校天文気象部：  
齋藤 次郎、本間 寛之、本田 廉、植村 泰斗、石川 裕太（高2）、  
宮崎 康壽、大橋 海斗、小口 紘陽（高1）【成蹊高等学校】
- 48T** 星空撮影におけるAPEX関係式の正確性 57  
～天体画像解析ソフト「マカリ」を用いて～  
中央大学附属中学校・高等学校 地学研究部：  
山元 源、石本 貴昭（高2）【中央大学附属高等学校】、  
石井 隆雅、米村 恒輝（中1）【中央大学附属中学校】
- 49S** 全天X線監視装置MAXIのアーカイブデータ利用による 58  
未知のX線突発現象の探索  
明光学園高等学校天文研究会：  
久保田 紗彩、福山 夏海、中村 樹奈（高2）、榎下 侑里、北島 里桜、佐田 美優、藤丸 さくら、  
溝越 和実、吉永 美緒、四方田 歩夢（高1）【明光学園高等学校】
- 50P** 日中における天体の観測について 59  
石川県立七尾高等学校 SSC：  
荒邦 早紀、中山 健斗、小倉 千愛、畝 くるみ（高1）【石川県立七尾高等学校】
- 51T** 廃棄パソコンで製作した並列計算機による天体物理シミュレーション 60  
渋谷教育学園幕張高等学校・天文部演算班：  
大屋 孝輔、池田 樹陽、井手口 京平、小松 俊文、塩谷 嶺、得丸 恭隆、山上 友利（高1）  
【渋谷教育学園幕張高等学校】
- 52T** 重力波観測による地震検知の可能性の研究（その2） 61  
SSH Principia-II 重力波研究グループ：  
落合 康太（高2）、守 毅人（高2）、藤崎 志歩（高2）、佐藤 萌未（高2）【神奈川県立横須賀高等学校】

T：講演（4分間）＋質疑（1分間）  
S：ショートプレゼンテーション（1分間）  
P：ポスターのみ

## G 星空環境・大気 Sky Condition / Atmosphere

- 53S** 「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさ 2019 62  
-ひかりのまちの夜空は明るくなったのか?-  
遺愛女子中学校地学部：米澤 奈々珈（中3）、石川 凜、奥山 摩耶、森田 結菜（中2）【遺愛女子中学校】
- 54T** 暗い場所は周辺の夜空の明るさに影響するのか Vol.4 63  
富田 理恩（中2）【一宮市立南部中学校】
- 55T** 照明の変化による夜空の明るさへの影響 ～RVB光量変化による調査2019～ 64  
愛知県立一宮高等学校 地学部夜空の明るさ班：  
碧山 安奈（高2）、平松 風夏（高2）【愛知県立一宮高等学校】
- 56S** オーロラ帯における異常伝搬の特異性 ～日本との比較～ 65  
加藤 清乃（高3）【中央大学附属高等学校】
- 57T** 月夜の偏光 ～夜行性の動物たち～ 66  
月夜のカンガルー：  
谷口 愛梨、酒瀬川 真央、寺島 千幸、森川 瑠水（高1）【順天高等学校】

## H 銀河 Galaxy

- 58T** 球状星団を使ったM31の距離の求め方 67  
豊岡高等学校天文部：松浦 昂輝、市川 大希、外地 ゆめ佳（高2）【埼玉県立豊岡高等学校】
- 59T** 渦状腕の巻き込み具合の数値化 68  
もしも君が杜の都で天文学者になったら2018 あずき組：  
清原 愛（高2）【立命館慶祥高等学校】、丸目 帆夏（高2）【大阪府立豊中高等学校】、  
百村 心奈（高2）【八千代松陰高等学校】
- 60T** 銀河の歪みと伴銀河の関係 69  
もしも君が杜の都で天文学者になったら・・・。2019 SAYCHO-PASS 班：  
渡邊 知優（高2）【早稲田大学 高等学院】、松田 聖梢（高2）【慶應義塾高等学校】、  
遠藤 才織（高2）【北海道札幌南高等学校】、守谷 彩花（高1）【大阪府立豊中高等学校】
- 61T** 特異銀河における運動の観測 70  
阿曾沼 凌雅（高2）、藤井本 祐也（高1）【修道高等学校】
- 62T** 母銀河の解析から爆発天体の性質を探る 71  
銀河学校2019A班：  
河村 菜々子（2019年卒）【高田高等学校】、北川 陽斗（高2）【滝高等学校】、  
近藤 大航（高2）【灘高等学校】、平井 大源（高2）【早稲田高等学校】、  
米村 優輝（高2）【中央大学附属高等学校】、竹内 遥（高2）【お茶の水女子大学附属高等学校】
- 63P** ダークマターと銀河団の形成 72  
松下 隼之介、林 環稀（高2）【神奈川県立横須賀高等学校】

## リニアモーターによるねじ式宇宙エレベーターの提案

### 第18回 君が作る宇宙ミッション ALTAIR班：

岡田 周大（高2）【灘高等学校】、足立 愛恵（高2）【杉並学院高等学校】、  
遠藤 才織（高2）【北海道札幌南高等学校】、丸山 多聞（高1）【渋谷教育学園渋谷高等学校】、  
馬場 悠人（高1）【東京都立戸山高等学校】、長瀬 明日香（高1）【神奈川県立柏陽高等学校】

### 要 旨

特別な訓練を受けていない一般人が安全に宇宙に行ける新たな輸送手段を確立し、人々にとって宇宙を身近なものにするため、リニアモーターによるねじ式宇宙エレベーターを提案する。

#### 1. はじめに

宇宙に行くことが可能な人間は極少数であるのに対し、それを望む人間は数多くいる。宇宙飛行士として宇宙に行くにもロケットやスペースシャトルに搭乗するには多くの制限や訓練が必要である。そこで一般人に向けた宇宙への輸送手段としてカーボンナノチューブを用いたケーブル式宇宙エレベーターの開発が検討されている。しかし、数100kmのケーブルを繋げるための技術的課題は多く、現状実用化の目処は立っていない。

そこで我々は、特別な訓練を受けていない一般人が安全に宇宙に行ける輸送手段を確立することで、人々にとって宇宙をより身近なものにするをミッションの目的とした。そして新たな宇宙エレベーターの様式として「リニアモーターを用いたねじ式宇宙エレベーター」を提案する。

#### 2. 構造

ねじ式宇宙エレベーターとは、溝の切られた塔内を自身が回転することによって昇降するエレベーターである。我々が提案するリニアモーターを用いたねじ式宇宙エレベーターの構造のイメージを図1に示す。以下、全体の特徴、図1上部の客室、図1下部の動力部について説明する。

【全体の特徴】常温常圧である塔内に超電導磁石が配された溝が存在する構造となっている。ケーブル式は干渉する構造に局所的な力が掛かるケーブル式に対し、ねじ式は塔内にねじ部分が全体的に干渉するので力が分散し、安全性が高い。さらに干渉部分は超伝導磁石を用いるため、ケーブル式における技術的課題であった摩耗の心配がない。

【客室】上部の外径10m高さ6.0mの円筒形の構造物が客室である。客室は2階層構造であり、内部に30名の旅客と2名の添乗員を10時間程度搭乗可能な設備を有する。

【動力部】図1下部のねじ山を備えた部分が動力部である。ねじ部1回転につき鉛直方向におよそ14.7m上昇または下降する。動力としてはリニアモーターを使用する。そして、推進コイルが動力部のねじの山部分に埋め込まれている。これが塔の溝側に埋め込まれている超電導磁石と反発することで動力部自身が浮遊し回転する。この回転により、溝の切られた円筒内を上下に移動することができる。このとき、客室と動力部の接続にベアリングを用いることで動力部の回転が客室に影響を与えない構造となっている。



図1. リニアモーターを用いたねじ式宇宙エレベーターの構造のイメージ

#### 3. 材料

【ねじ】快削アルミニウムであるA2011、熱処理合金の16条ねじを選定した。アルミニウム合金は2027年開通予定のリニアモーターカーの材料として用いられる予定であり、近年注目を浴びている材料の1つである[1]。選定理由は強度が高く高速域の切削加工性に優れているためである[2]。また、2011系のアルミニウム合金の比重は20度の水に対して2.82と小さく非常に軽い[3]。製作には旋盤またはマシニングセンターを用い、ねじを切削する[4]。

【ベアリング】窒化ケイ素セラミックスを選定した。選定理由は温度耐性が高いためである。これにより高温環境下でも使用できる。また、非磁性体かつ絶縁体であるためリニアモーター付近での利用における安全性も高い[5]。

#### 4. まとめ

新たな宇宙への輸送手段としてリニアモーターによるねじ式宇宙エレベーターを提案した。課題として高度100kmの宇宙空間まで届くねじ穴構造状の塔の建設可否、塔自体の安定性、そして環境への影響が挙げられる。このねじ式宇宙エレベーターを建設することで、宇宙をより身近なものとするに繋がるだろう。

#### 5. 参考文献

- [1]リニア中央新幹線 <https://linear-chuo-shinkansen.jr-central.co.jp>
- [2]アルミの特性[https://tokusyuko-kakou.com/pdf/tkc\\_lib\\_003.pdf](https://tokusyuko-kakou.com/pdf/tkc_lib_003.pdf)
- [3]アルミ合金の物理的性質[http://www.alumi-world.jp/files/pdf/chishiki\\_03seishitsu.pdf](http://www.alumi-world.jp/files/pdf/chishiki_03seishitsu.pdf)
- [4]株式会社寺内製作所 <https://www.terauchi-mfg.co.jp/>
- [5]武藤睦治, 田中紘一, 秋山智彦, 軸受け用セラミックスの高温転がり疲労特性(高温転がり疲労試験機の試作と一, 二の試験結果, 日本機械学会論文集(C編), Vol. 54, No. 499 (1988), pp.667-672

## モデルロケット打上げ時最大加速度測定のための搭載手作り加速度計の設計

科学部：久保 公貴（高2）、洞口 翼（高3）【東京工業大学附属科学技術高等学校】

### 要旨

モデルロケットの打上げ時に加わる加速度は、最大の加速度であり、機体の設計に必要な、強度の指標となる。2017年科学部主催の「マーブル・チャレンジ」では、チョコ筒を用いたモデルロケットに「手作り加速度計」を搭載して打上げ、打上げ時最大加速度の測定を行った。そのデータを見直して、改良型加速度計を再設計した。

### 手作り加速度計の構造

JAXA「宇宙ステーションキッズ・実験工作室」[1]の内容を参考に製作した手作り加速度計を、表1に示す仕様の自作チョコ筒ロケットに搭載した。この手作り加速度計の構造は図1の通りで、ゴムひもでつるされた記録部（両端は鉛筆）が、内部にセットされた筒状の記録用紙（斜線部）に接触している。加速度が加わるとゴムひもが伸び縮みし、それにより記録部が上下して記録用紙に線を引く。上昇時の最大加速度は最下点Bで記録する（図2）。実験後、実際に使用したゴムひもを記録されたL [mm]の長さ分だけばねばかりで引っ張って、その指示 M [g]を読み取る。静置状態の位置Aでは、質量 m [g]がゴムひもに加わっており、離床時の最大加速度  $a_{max}$  [G]は以下で算出できる。

$$\text{最大加速度 } a_{max} = M / m \text{ [G]}$$

また、静置時にすでに下向きに1 [G]の重力がかかっているため、この値から-1 [G]の補正を行って打上げ時最大加速度 a [G]を求める。

表1 チョコ筒ロケットの仕様

全長	415 mm
直径	35 mm
全質量	64.2 g
打上げ時最大加速度	17.76 G
使用エンジン	B6-4

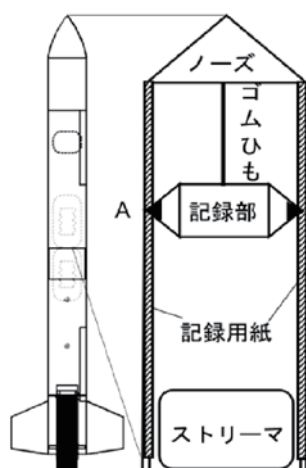


図1 加速度計の構造（模式図）

表2 打上げ実験の結果（2017年3月29日）

	R-1	P-1	P-2
記録部の質量 m [g]	7.03	10.0	10.0
ゴムひもの長さ (1G下) $L_0$ [mm]	57	79	64
ゴムひもの伸び L [mm]	86	42	72
最大移動距離 $L_{max}$ [mm]	143	121	136
ばねばかりの指示 M [g]	60	180	165
記録最大加速度 $a_{max}$ [G]	8.5	18.0	16.5
補正加速度 a [G]	7.5	17.0	15.5

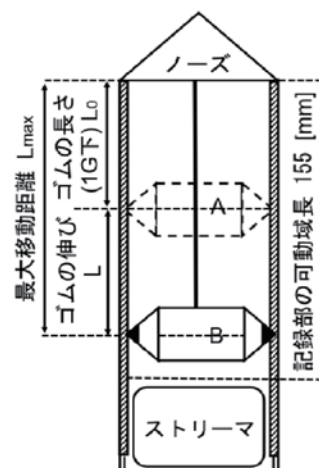


図2 打上げ時最大加速度時の記録部の移動

### 打上げデータの分析と改良設計のコンセプト

2017年3月29日、野田スポーツ公園で、マーブル・チャレンジのレッドチーム(R-1)とピンクチーム(P-1, P-2)の打上げに成功し、表2の実験結果を得た。そのデータを分析し、以下の2点の改良設計のコンセプト(\*)を抽出した。

R-1における、記録された最大加速度 8.5 [G]は、ロケットの仕様に基づく打上げ時最大加速度の設計値 17.76 [G]を下回っている。ここで、記録部の最大移動距離  $L_{max}$ の値143 [mm]は、記録部の可動域の長さ 155 [mm]に極めて近い値である。これは、打上げ時最大加速度が加わった時、記録部がその可動域の限界に達し、本来の位置までゴムひもが伸びきらなかったのが原因と考えられる。

P-1とP-2とを比較すると、記録部に1 [G]が加わった時のゴムひもの長さ  $L_0$ は、P-2よりもP-1の方が長い。従って、P-1はゴムひもの伸び LもP-2より長くなるはずである。しかし、実際にはP-1のゴムひもの伸びは、P-2の伸びより短くなっている。これは、記録部がボディチューブ内に引っかかって、記録部の移動が妨げられたためと考えている。以上により、改良設計のコンセプトは以下の通りとする。なお、設計案はポスターに示す。

\*打上げ時最大加速度の際の記録部の移動をボディチューブ内に収められるゴムひもを選定する。

\*ボディチューブ内を滑らかに移動する形状の記録部を設計する。

### 参考文献

- [1] 宇宙航空研究開発機構。「実験工作室 モデルロケットを使った実験～加速度を測ってみよう」。宇宙ステーションキッズ・実験工作室。http://iss.jaxa.jp/kids/kousaku/kousaku03\_2.html

### 謝辞

データを提供してくれたマーブル・チャレンジのレッドチーム・ピンクチームのメンバーに感謝します。

## 小型望遠鏡を用いたスペースデブリの観測と軌道算出

甲斐 涼雅、松中 陽路、有吉 裕哉、青木 翼（高2）、北里 虎大、梶崎 天翔（高1）

【福岡工業大学附属城東高等学校】

### 1、研究の動機・先行研究

近年スペースデブリ（以下デブリ）問題が深刻化している。そこで小型望遠鏡での観測方法について研究した。

先行研究では、未登録デブリを効率的に観測するために、モデル軌道を算出し、モデル軌道上にモデルデブリを配置して観測を行った結果、未登録デブリを撮影することに成功した。

### 2、今回の研究目的

未登録デブリをデータベース（スペーストラック）に新たなデブリとして登録する際には、そのデブリの軌道を算出する必要がある。そこで、観測した画像からデブリの軌道を算出するための数式を構築し、小型望遠鏡で撮影したデブリの軌道を算出する。

### 3、研究方法

使用機材は以下のとおりである

望遠鏡…ボーク 101ED、冷却 CCD カメラ…QHY9、

使用ソフト…heavensat2.4、ds9、赤道儀…ピクセン SXP

観測手順

1. 望遠鏡にレデューサー・カメラを取り付け、モデルデブリに望遠鏡を向けて固定撮影を行う。
2. 観測したデブリを未登録デブリと仮定し、デブリの追尾撮影を行い、時間差のある複数枚の画像を撮影する。

軌道算出について

今回の軌道算出では、デブリの軌道要素6つのうち軌道傾斜角と昇交点赤経の2つを算出することにした。一般的に用いられる数式は大学数学を応用した難解な数式であるため、高校数学だけを用いた数式を構築した。

軌道の算出方法

1. 観測時間の異なる2枚以上の画像より割り出した赤経赤緯を、地球中心のから見た赤経赤緯に補正する。
2. 補正した数種類の赤経赤緯を天球上に配置し、その点を曲線でつなぎ合わせて軌道要素を算出する。

構築した数式は以下のとおりである

[地心赤経]

$$\frac{\text{軌道長半径} \times \cos \text{赤緯}}{\sin(180^\circ - \text{地方恒星時} + \text{測心赤緯})} = \frac{\text{動径}}{\sin \text{視差}}$$

$$\text{地心赤経} = \text{視差} + \text{測心赤経}$$

[地心赤緯]

$$\text{赤道面距離} = \text{地球半径} \times \sin \text{観測地点緯度}$$

$$\text{観測者赤道面距離} = \text{水平測心距離} \times \tan \text{測心赤緯}$$

$$\text{地心赤緯} = \sin^{-1} \frac{\text{赤道面距離} + \text{観測者赤道面距離}}{\text{軌道長半径}}$$

[軌道要素]

$$\tan \text{地心赤緯} = \tan \text{軌道傾斜角}$$

$$\times \sin (\text{地心赤経} - \text{昇交点赤経})$$

### 4、結果

小型望遠鏡で観測した画像から得られた値を構築した数式に代入した結果得られた値は以下のとおりである。

軌道傾斜角…4.47° 昇交点赤経…307.9°

.	1枚目補正前.	補正後.	2枚目補正前.	補正後.
赤経.	323.08°	319.44°	4.17°	-0.28°
赤緯.	-4.42°	0.90°	-1.05°	3.53°

算出した軌道よりスペーストラックを用いて観測したデブリの同定を行ったところ、未登録デブリと仮定したデブリはタイタン3Cの既知デブリである NORAD 番号 3432 であることが分かった。

### 5、考察・結論

モデル軌道・モデルデブリを用いた観測は未登録デブリの観測に有効であることが分かった。また、軌道を高精度に算出することに成功したことから、私たちが構築した数式は難解な数式に代用できることが考えられる。

### 6、今後の展望

小型望遠鏡で観測した未登録デブリの画像から、軌道要素すべてを算出し、スペーストラックに登録したい。

## 系外惑星と小惑星の観測による人類の他惑星への移住可能性の検討

もし天2018 M877 (バナナ銀河) 班:  
 小林 鞠乃 (高3) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、  
 松下 奈津子 (高3) 【私立女子学院高等学校】、  
 吉本 有秀 (高3) 【北海道函館中部高等学校】、城基 駿 (高2) 【鹿児島県立楠隼高等学校】

## 要旨

系外惑星や小惑星を観測し、観測から分かることによって人類が移住できる環境なのか調べようと考えた。

## 1. 研究動機

近年、数多くの系外惑星が発見されている。それにとともに系外惑星への移住や小惑星の持つ資源の研究を参考に、自分たちで系外惑星や小惑星を観測し、観測から分かること(表1)によって人類が移住できる環境なのかどうか調べようと考えた。

## 2. 研究方法

系外惑星、小惑星はどちらも自ら光らない天体なので、それらを直接見ることは難しい。系外惑星や小惑星が恒星の前を横切る際の減光によって間接的にそれらの存在を知ることが出来る。

【使用望遠鏡】 仙台市天文台1.3mひとみ望遠鏡

## ①系外惑星のトランジットの観測(表2)

系外惑星がその主星の恒星を横切るトランジットを観測することにより、その系外惑星の存在だけでなく、大きさ、公転周期なども知ることができる。観測では雲量を見計らい、雲の影響を受けない最長の露出時間を決定した。40秒、80秒、120秒の3通りとなった。測光ソフト Makali'i を使い、トランジット予報の前中後複数回に渡り、恒星を測光した。

## ②小惑星による恒星食の観測(表3)

小惑星が前を横切ることにより恒星が減光した時刻とその予報時刻とのずれを観測することによって、小惑星の軌道の精度を高めることができる。観測では、ひとみ望遠鏡の眼視用ナスマス焦点に、一眼レフカメラEOS6Dを取り付け、予報の時刻を含めた前後10分間、動画を撮影した。動画の音声にはインターネット時報を入れて、正確な時間を記録した。

## 3. 結果

悪天候のため観測が十分にできなかった。雲の切れ間を狙って積分時間を少なくし、観測天体を観測した。小惑星による恒星食の観測は全く出来なかった。

## ①トランジット観測(図1)

観測が少しできた1天体(CVSO30)においてはトランジットと思われる減光が観測できた。

※トランジットしていない時の明るさを1とした。左の点ではトランジットしていない予報、右の点ではトランジットしている予報で、実際に明るさに差があることがわかる。

## ②小惑星による恒星食観測

悪天候により観測できなかった。

## 4. 考察

## ○観測

トランジットについて、先行研究の観測結果よりも大きい減光が見られた。

先行研究の観測値の減光率: 2% ⇔ 観測時の減光率: 最大で38%

この原因として、データの不足が一番に考えられる。(天候の関係で、トランジットしていない時の恒星の元の明るさを一回しか測定できず、それだけでは基準のデータとして不十分だった。)

## ○移住可能性の検討

今回の観測では、重力、温度の面で移住可能性の検討に必要な値(トランジットの正確な時間、惑星の半径)を求めることが出来なかった。そこで、文献(exoplanet.eu)より今回観測した恒星(CVSO30)の等級と惑星(CVSO30b)の軌道半径を調べ、計算で惑星の表面温度を求めたところ、2095K(1822°C)となった。また、惑星の半径と質量(いずれも文献値)より重力は地球の4.2倍程度と分かった。これより、地球の環境と比較してみても、CVSO30bに移住するのは難しいと考えられる。

## 5. 参考文献

“天文学者に素朴な疑問をぶつけたら宇宙科学の最先端までわかったはなし”. 大和書房. 津村耕司. (2018-12-28)

“系外惑星”. 東京大学出版会. 井田茂. (2018-12-28)

表1: 観測からわかること

① ひとみ望遠鏡での観測から得られる数値	トランジット時の減光率	トランジット時間
② 実測値から直接求められる物理量	惑星の半径	惑星の公転周期
③ アーカイブから得られる数値	惑星の質量、軌道半径	恒星の明るさ、スペクトル型
④ ②と③から計算できる物理量	惑星表面での重力	惑星の表面温度

表2: 系外惑星によるトランジットの観測

日時	隠す惑星 隠される恒星
2018 Dec 25 JST	CVSO30b CVSO30 (16.26等)
2018 Dec 26 18h04m-20h04m JST	CVSO30b CVSO30 (16.26等)
2018 Dec 26 18h25m-21h15m JST	HAT-P-19b HAT-P-19 (12.9等)

表3: 小惑星による恒星食の観測

日時予報 (By Goffin氏) 前後20分程度	隠す小惑星 隠される恒星
2018 Dec 25 13h56.5m U.T.	334Desiderata PPMX 3034417
2018 Dec 25 14h13.6m U.T.	365Corduba TYC 0120-00697-1
2018 Dec 26 15h35.7m U.T.	90Antiope PPMX 50181254

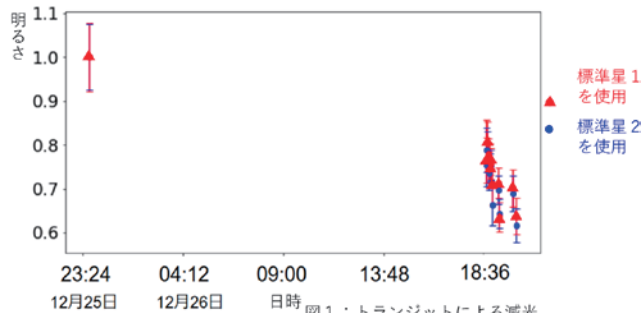


図1: トランジットによる減光

## 惑星移住に向けた実用的な大型月面スペースコロニーの検討

もしっしょん 2 期：長瀬 明日香（高 1）【神奈川県立柏陽高等学校】、中村 颯（高 1）【私立武蔵高等学校】、  
 生田 篤史（高 2）【鹿児島県立楠隼高等学校】、遠藤 才織（高 2）【札幌南高等学校】、  
 清原 愛（高 2）【立命館慶祥高等学校】、金子 じゅん（高 3）【埼玉県立越ヶ谷高等学校】、  
 出口 凜々花（高 3）【石川県立金沢錦丘高等学校】、中尾 悠達（高 3）【栄光学園高等学校】、  
 丹羽 駿輔（高 3）【滝学園滝高等学校】

### 【要旨】

「君が作る宇宙ミッション」「もしも君が杜の都で天文学者になったら」の卒業生の有志と、  
 宇宙に興味のある高校生・大学生がオンラインで天文研究する高校生団体『もしっしょん』として、  
 将来の惑星移住に向けた実用的なスペースコロニーの建設において必要な要素についての研究を行った。

#### 1.背景と目的

将来、人間の活動領域を宇宙に広げ、地球上での人口問題や環境汚染等の問題を解決する手段の一つとして惑星移住がある。しかし、現在人類が地球以外に定住した事は無く、具体的なコロニーの設計や建設に求められる条件、実現方法などの研究は十分には成されていない。

そのため、宇宙定住が可能なコロニーを設計し、その建設条件や問題点等について検討することで、地球上で発生し得る問題の解決に、惑星移住という選択肢を与えることが本研究の目的である。今回は、それらの問題のうち、人口問題の解決に主眼を置いたコロニーの設計を、地球上に最も近い天体である月に建設する想定で行った。

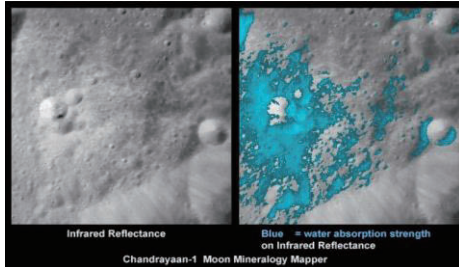
#### 2.コロニーの概要

##### 1.建設場所

月面において移住用コロニーを建設するにあたり、以下の四つの条件を考慮する。

- (1) 必要なエネルギーを供給できるか。
- (2) 水を確保することができるか。
- (3) 隕石の衝突から住民を守ることができるか。
- (4) 放射線の影響をどれだけ抑えられるか。

(1)は、月に天候がないこと活かした太陽光発電と、将来的には月に存在するヘリウムを用いた核融合発電を使用することで解決する。(2)は、月の表面に存在する酸素と、太陽風により運ばれてきた水素が結合してできた、ヒドロキシ基を含む化合物が多く存在する領域があるため、その化合物を分離し、脱水反応により水を生成する。(↓図 1)



(3)と(4)に関しては地中にトンネルを掘ってコロニーを建設することで解決できる。

##### 2.規模

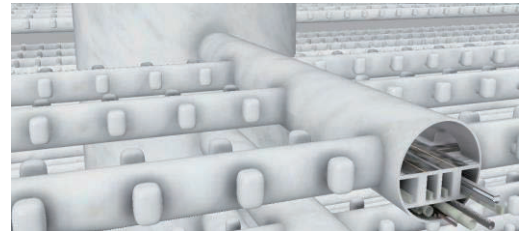
本研究において、人口増加は毎年八千万人と仮定する。その規模の人口増加が続いた場合、数億人規模の人口増加が見込まれるため、今回検討するスペースコロニーの収容人員は 10 億人規模とする。これに必要なコロニーの総面積は、東京都の人口密度等を参考に 157000km<sup>2</sup>と試算した。これは縦 300km、横 40km の範囲でトンネルを掘り、7 階建ての都市を 10 個建設して確保する。

##### 3.都市ごとの構造

クレーターを爆破し直径 2km、深さ 1km を掘削、その

穴から左右に各 20km、縦に大型のトンネルが 7 本連なり、トンネル 1 本当たり計 160 本ずつ左右 150km の小型トンネルを持つ構造をしている。

トンネルは上下に分断し、上部には道路が敷設され、下部には貨物や人員の輸送を行うためのモノレール、上下水道、電線などが通っている。(↓図 2)



居住スペースは、横に伸びる細いトンネルの側面から円筒形の穴をくり抜くことで建設する。部屋の内装は図 3 の様に、天井を 3.3m と地球の一般的な家屋と比べて高くし、レゴリスから生成したガラスを基調とする物となっている。(↓図 3)



##### 3.まとめ

今回、地球の人口増加や、それに起因する問題を解決することを主眼に置いたコロニーについて検討し、10 億人を収容することができるコロニーを地下に建設することを提案した。中でも、建設場所に求められる条件やコロニーの構造の設計について重点的に検討した。

##### 4.今後の展望

本稿を作成するまでに、コロニー全体や家の内部の大きな構造について検討した。今後は食料の供給方法、住居の詳細な構造、孤独感緩和のための工夫、健康維持のための方法など、居住者の健康面や精神面での課題を解決することを主眼に研究を行う。

##### 5.参考文献

- [1] スペースコロニー・レファレンスリスト-Star-Glider [http://www.star-glider.com/space\\_settlement.html](http://www.star-glider.com/space_settlement.html)
- [2] 住生活基本計画における居住面積水準（国交省）  
<https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r98520000012t0i-at/2r98520000012t75.pdf>
- [3] 月資源利用技術開発の解説 月土壌の水素還元による水製造  
<http://www.chem-eng.kyushu-u.ac.jp/lab5/Pages/review/lunar.html>

## 金星地質調査プロジェクト VGX ~ Venus Geological eXploration ~

第18回 君が作る宇宙ミッション DENEb班：

廣谷 知也（高3）【福岡県立福岡中央高等学校】、佐藤 薫野（高2）【秋田県立秋田南高等学校】、  
片岡 涼介（高2）【東京都立大泉高等学校】、小池 陽大（高2相当）【International School of  
Stuttgart】、鈴木 梨々花（高1）【光塩女子学院高等科】、中村 颯（高1）【武蔵高等学校】

### 要 旨

金星誕生から5億年前までに起きた地質現象を明らかにするため、気球を用いた岩石の年代・組成を調べる表面探査と、レーダーを用いた地下構造探査を行うミッションを提案する。

#### 1. 背景・目的

金星の表面は標高の高い一部の場所を除き溶岩で覆われており、その形成年代が一様に約5億年前であるため、それ以前の地質現象等は明らかにされていない[1]。本ミッションの目的は、表面更新前の岩石組成・年代や地質構造を調査し、『金星創成期から表面が更新された5億年前までの地質現象を解明する』ことである。金星の形成過程や初期の活動を明らかにすることは、太陽系の成立や地球型惑星の進化・分化の歴史を理解する上で重要である。

#### 2. 探査計画

金星上空でレーダーを用い、地質構造を調査する。また、溶岩に覆われず5億年前の岩石が残っていると考えられる高地で、これまで行われてこなかった気球[2]のタッチダウンにより岩石を採取し、組成を調査する。

【対象天体：金星】

金星大気は高濃度のCO<sub>2</sub>を含み、圧力は約90気圧、表面温度は460°Cである。一定の高度では硫酸を主成分とする雲があり、スーパーローテーションと呼ばれる100 m/s超の風が吹く[1]。

【ミッション内容】

金星に到着した探査機から飛行機を放出する。飛行機は硫酸雲を通過し高度50 kmまで降下する。高地上空で気球を放出し、溶岩で覆われた地形のレーダー観測を行う。気球は表面の岩石を調査する。探査機は飛行機・気球と地球との通信の中継機として機能する（図1）。

- 表面探査：高地に降下させた気球で表面の物質を採取し、気球表面の温度上昇を防ぐため気球を1 km上昇させて解析を行う。その後再び気球を降下させ採取を行い、上昇/降下を繰り返すことで複数回の解析を行う。5億年前の岩石の年代及び化学組成を調査するため、年代測定装置、元素分析計、化学・鉱物分析装置の3種類を搭載し、約2か月運用する。
- 地下探査：溶岩で覆われる前の地形をもとに表面更新以前の地質現象を推定するため、レーダーを搭載した飛行機で金星を周回し調査する。溶岩層の厚みを約6.4 kmと算定し、この深度を過去の衛星を参考にしたレーダーで観測し、溶岩層を約2年探査する。

【金星環境への対策】

- 気球：本体には耐熱・耐圧ともに優れるチタン合金を用い、球皮には耐熱・耐圧ともに優れる薄膜のテフロン加工を施す[2]。
- 飛行機：本体材料には硫酸への耐腐食性が高く、高強度で、融点1600°Cの炭素繊維複合材を採用する。金メッキで機体を覆い、腐食を防ぐ。

#### 3. まとめ

金星の表面年代がほぼ一様に5億年前であるため、誕生から表面形成までの地質現象は明らかにされていない。表面更新前の地質構造と岩石が残ると考えられる高地で表面探査をし、レーダーを用いて地下探査をすることで、過去の金星の地質現象の解明に繋がる。

#### 4. 引用・参考文献

- [1] 宮本英昭, 橘省吾, 平田成, 杉田精司編, 2011, 惑星地質学 (東京大学出版会)  
[2] 矢島信之ほか, 2004, 気球工学-成層圏および惑星大気に浮かぶ科学気球の技術- (コロナ社)

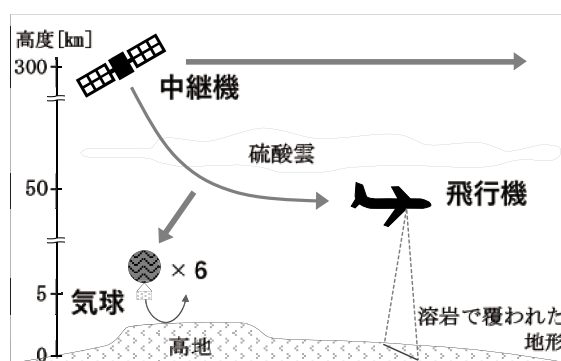


図1. ミッション内容



## エンケラドスの生命探査

第18回 君が作る宇宙ミッション VEGA 班：

武田 佳菜子（高1）【大阪府立豊中高等学校】、西田 幸来（高2）【親和女子高等学校】、  
松田 聖梢（高2）【慶應義塾高等学校】、松村 京香（高2）【石川県立金沢泉丘高等学校】、  
市原 弘理（高2）【東京都市大学附属高等学校】

### 要旨

本研究では生命の可能性が高く、探査しやすいエンケラドスの海面付近と熱水噴出孔の海中探査方法を提案する。今回は特に地球からエンケラドスまでの到達方法（軌道、着陸）と氷上探査方法、海中探査方法及び生命の検出方法を検討した。

### 1、背景

現代天文学の大きな課題の一つとして地球外生命体の発見があるが、今日まで未発見のみである。土星探査機カッシーニはエンケラドスに有機物や内部海の存在を発見した[1]。このことからエンケラドスの内部海、特に熱水噴出孔付近に生命の存在が強く示唆されている。しかしながら生命の存在を証明する決定的な証拠は未だ存在しない。今回我々はエンケラドスにおける生命探査方法を検証した。

### 2、手段

探査地点として、生命の存在可能性が強く示唆される熱水噴出孔付近の海中と間欠泉付近の氷上を設定した。探査機2機を使用し、両地点での探査を同時進行させる。

#### 【2-1 地球からエンケラドスまでと探査後の探査機の処理】

ロケットのエンジンはLE-7A[2]、探査機のエンジンは $\mu 10$ [3]を使用し、地球からホーマン軌道で土星に向かう。必要な燃料の算出にはツィオルコフスキーの公式を用いた。探査後は探査機同士をドッキングさせて離陸し、土星の大気に突入させ処分する。

#### 【2-2 エンケラドスへの着陸】

上空でマッピングにより着陸可能な地点を探し着陸する。エンケラドスの重力は小さいため、SLIMの衝撃吸収剤[4]を用いることにより着陸する。

#### 【2-3 エンケラドスでの氷上探査と海中探査】

陸上探査機は海中探査機と分離後、海中探査機と通信しながら氷上の調査地点へ向かい、探査終了後に再度合体する。海中探査時はIHヒータを応用して[5]氷を溶かす。氷中、海中での降下には複数の電動リールを用い、糸の放出、巻き取りを行う。リールは電磁石で六角形を保ちながら氷中を進み、海面に達するとそれぞれが分離して糸を放出する（図1、2）[6]。糸の素材に形状記憶合金を用いることで、降下や移動の際に糸を真っすぐに保つことができる。地表から40km程の深さの熱水噴出孔においてカプセルで採集を行う。

#### 【2-4 生命の存在についての研究】

生命の存在を検証するため、我々は、1.核が存在する 2.細胞膜(外界と内界を隔てるもの)が存在する 3.代謝を行う という3つの性質を持つものを生命と定義した。また、検出する生物は細菌を想定した。本研究では蛍光顕微鏡を用いてエンケラドス上でサンプルを調査する[7]。

### 3、まとめ

探査機の形状や海中探査方法を提案するとともに、軌道や燃料、着陸時の衝撃を定量的に見積もり、本探査に必要な実験装置のエンケラドスへの輸送可能性を示した。

### 4、参考文献

- [1][https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/10010\\_enceladus](https://www.astroarts.co.jp/article/hl/a/10010_enceladus)(最終閲覧日:2020年1月27日)  
[2]<http://www.rocket.jaxa.jp/engine/le7a/>(最終閲覧日:2020年1月26日)  
[3]<https://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articals/910/news018.htm>(最終閲覧日:2020年1月19日)  
[4]丸祐介 他 「SLIMの着陸ダイナミクスに関する検討」  
[5]<http://www.suzuki-kogyo.net/ih/tecinfo01.html>(最終閲覧日:2020年1月12日)  
[6]<https://www.nistep.go.jp/conference/nt110630/pdf/sekiyama.pdf>(最終閲覧日:2020年1月19日)  
[7]<https://khatori.yz.yamagata-u.ac.jp/fluorescence.html>(最終閲覧日:2020年1月12日)

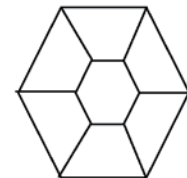


図1 分離前の海中探査機



図2 分離後の海中探査機

# 圭表儀の観測における補助器具「景筐」の役割

科学部天文班：

西川 創、伊藤 凌（中2）、斎藤 花音、市川 朔豊、小川 慶士、小澤 優月、水本 陽菜（中1）  
【塩尻市立丘中学校】

## 1. はじめに

私たちは、圭表儀を使い、江戸時代の暦づくりのための観測がどのように行われていたのかを明らかにするための研究を6年間続けてきた。その中で、江戸時代の寛政暦書に「景筐（けいきょう）」という器具が観測に用いられ、それに「青紙」が貼られていたとの記述を見つけた。この「景筐」、「青紙」はどのような働きをしたのか調べた。

## 2. 圭表儀とは

圭表儀は、江戸時代の観測器具である。当時は、夏至や冬至を求め、それを基準に暦を作っていた。

## 3. 圭表儀の観測誤差の要因

私たちはこれまで、太陽像の中央に横梁の影が映るようにして観測を行ってきたが、像ができるようすを図に描くと、景符を正しい位置に合わせたときには、横梁の影が太陽像の中心になく、少しだけ南側にずれていることがわかった（図1 a）。そしてこれが、観測誤差の要因の一つだと考えた。

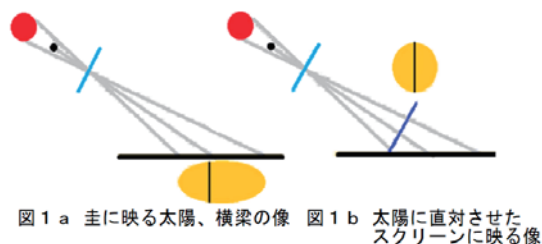


図1 a 主に映る太陽、横梁の像 図1 b 太陽に直対させたスクリーンに映る像

## 4. 観測誤差の改善方法

上記の問題点に対して、図1bのように太陽光の入射方向に垂直な板を設けることにより、横梁の影が太陽像の中心を通るようになり、解決できると考えた。また私たちは、この役割をするものが寛政暦書に記されている「景筐」ではないかと考えた。

## 5. 寛政暦書を読む

しかし、既出の論文\*2には、景筐について「景符を太陽にまっすぐ向けるための器具」との記述があり、私たちの考える用途とは異なった解釈がなされていた。そこで、景筐がどのように使用されていたのか、寛政暦書を詳しく読んで調べた。景筐の項には、「筐は板を使って作る。各辺約10cm。北側に高く南側に低い溝をほる。この斜めの面は景符の斜勢を遮るためにある。」という構造の記述があり、用法の項には、「景筐を景符の下に置き、近づける。するととても明瞭（顕明）な横梁の影が見える。」という役割についての記述があった（図2）。この文から、景筐は、私たちの考える用途に近い、「鮮明な太陽像を作り、太陽に直対させるスクリーンのような役割をするもの」として使用されていたと結論した。

## 6. 青紙の役割と適切な濃さ

「青紙」は紙以外に鋼材の種類を表す言葉でもある。東京都北区にある「紙の博物館」に問い合わせ、「江戸時代に青紙と呼ばれる紙が存在した」との回答を得たことから、青く染めた紙であると結論した。次に青紙の役割を調べた。紙を染める際は、藍を使用した。一定時間ごと和紙を染め、どの濃さがいちばん見やすいかを部員17人に聞いた。その結果、10秒間染めたものが一番見やすいとの結果を得た（図3）。

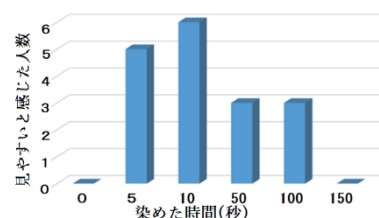


図3 青紙の濃さを決める投票の結果

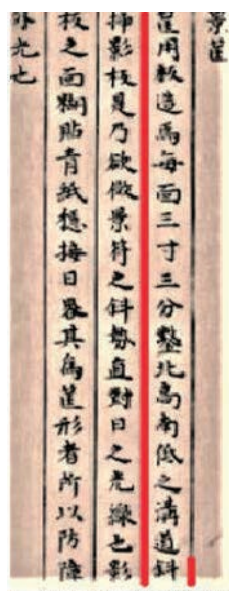


図2 寛政暦書 景筐の項

また、白い紙より青い紙の方が見やすいのはなぜかを探るため、撮影した太陽像を天体用光度測定ソフト makalii で測定した（図4）。白い紙だと、横梁の影の部分が、他の影（空）の部分よりも明るくなっているが、青い紙は、横梁の影の部分が他の影の部分の明るさと変わらなかった。青色は、白よりも光を吸収するため、見やすくなることが分かった。そこで、再現させた景筐には、藍で10秒染めた紙を使用することにした。

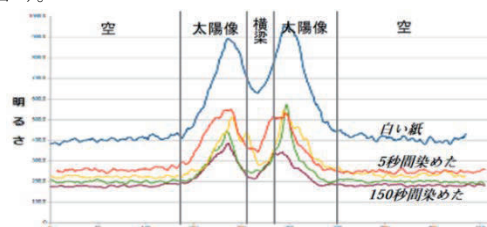


図4 濃さの違った紙に映った太陽、横梁の明るさの分布

## 7. まとめ

景筐は、寛政改暦のための太陽の南中高度の観測で、太陽や横梁の像をはっきりと映すスクリーンとして使われたと考えられる。また面に青紙を貼ると、より明瞭な像が見える。更に、寛政暦書の絵図等を元に景筐を製作した（図5）ので、今後はこれを使用して観測をしていきたい。

## 8. 参考文献

- 1) 圭表儀の観測における補助器具「景筐」の役割, 丘中学校科学部天文班, 2019年, 日本天文愛好者連絡会予稿集
- 2) 古観測機器「圭表」の3DCG復元, 柳澤洋文, 2012年, 天文教育 Vol. 24 No. 1

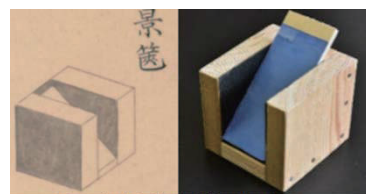


図5 寛政暦書の景筐(左図)と実際に製作した景筐(右図)

# 水平面上の影の位置の変化から 太陽の南中時刻を観測するための子午線を求める

西川 創、伊藤 凌(中2)、斎藤 花音、市川 朔豊、小川 慶士、水本 陽菜、小澤 優月(中1)【丘中学校科学部天文班】

## 1. はじめに

私たちは2013年から7年間、棒の影を測って太陽の南中時刻の観測を続けてきた。しかし、観測値にばらつきが見られたため、より観測精度の高い装置を製作した。新しい装置を使い1日の影の動きから祖冲之の法で南中時刻を求めていたが、長時間の観測が必要なため、短時間で正確な値を求めるために正確な子午線を引く方法を考えた。

## 2. 観測装置の製作

南中時刻を求めるために図1のような装置を自作した。水平版を完全な平面に近づけ「あいじゃくり」と呼ばれる方法で骨組みを作り歪みにくくした。十字型の横梁で太陽像の中心を分かりやすくし、景符(ピンホール)を使って鮮明にするように工夫した。

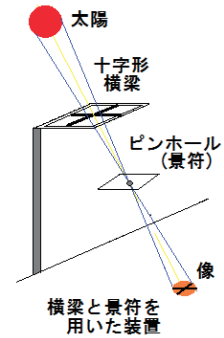


図1 水平版にできた影の位置を正確に求める装置の仕組み(上)と、ピンホールにより作られた太陽と横梁の像(下)

## 3. 祖冲之の法の問題点

祖冲之の法は、変化の様子が左右対称になる曲線(図2)について、曲線の一部を直線と仮定し、相似の関係を用いて、その変化の中央を求める方法である。これより求めた南中時刻を暦象年表と比べると誤差がほぼ十秒以下となったことから、高い精度での観測ができることが分かった。しかし、装置が観測可能な時間の太陽の動きのほぼ全てを記録できないと精度が大きく低下するという欠点があった。それを解決するためには正確な子午線を引き、そこに十字の横梁の影が一致した時刻を測ることで正確な南中時刻を求められると考えた。

## 4. 子午線を求める方法

観測場所は校舎のベランダである。そのため北極星を観測するなどして正確な南北(子午線)を求めることができない。そこで棒の影から正確な子午線を求める方法として次のようなものを考えた。

### (1) コンパスで描いた円を用いて求める方法

コンパスで描いた円と太陽の影の移動の曲線の交わる点と点を結ぶ線の垂直二等分線が子午線になる。しかし、実際にやってみると、測定点の位置の誤差が大きく影響するため、求めた子午線の方向のばらつきが大きい。

### (2) 祖冲之の法を利用する方法

コンパスで求める方法を計算で行う方法である。記録面である水平面上にたくさん線を引くことなく、子午線を求めることができるが、円を描く方法と同様に、測定点の位置の誤差の影響を受けやすい。

### (3) 表計算ソフトを使って計算で影の位置を求める方法

私たちの先輩は2015年に影の位置を求める表計算シートを作った。これは圭表儀から得た太陽の南中高度、地図から読み取った緯度、棒の高さを入力し均時差と校舎に対する子午線の傾きを仮定して入力すると、水平版上にできる棒の先端の影の位置(座標)を求めることができる。このシートに均時差と子午線の傾きの値を少しずつ変えて入力し、観測値と計算値の差が最も小さくなる均時差と子午線の傾きを求める。

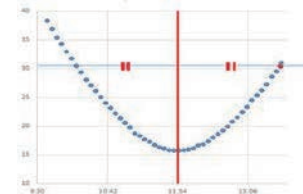


図2 影の長さの変化と祖冲之の法により南中時刻を求める

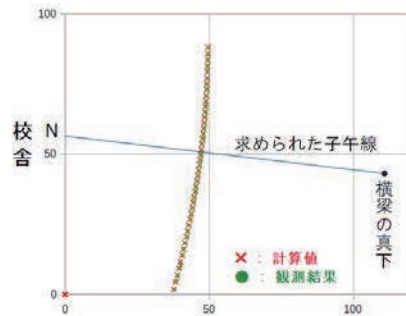


図3 南中高度と緯度から計算した影の動きと観測された位置の比較

## 5. 結果

図3は、2019年10月21日の観測結果である。計算値と観測位置の差が最小になった状態を示している。これまでの観測結果を表1に示す。

表1 計算値との比較から求めた子午線の方向(校舎とのなす角)

観測日	南中高度(°) (圭表儀観測)	校舎に対する 子午線の傾き(°)	均時差(分)	南中高度(°)
2018年10月8日	47.990	-6.844	-12.82	47.990
2018年10月13日	46.100	-6.900	-13.90	46.100
2018年12月15日	30.590	-6.910	-5.24	30.590
2019年1月14日	32.500	-6.937	8.70	32.500
2019年2月2日	36.960	-6.943	13.56	36.960
2019年5月25日	74.760	-6.990	-2.59	74.760
2019年8月24日	65.030	-6.960	2.55	65.030
2018年10月21日	43.178	-6.890	-15.64	43.178
2019年11月9日	37.089	-6.950	-4.89	37.089
標準偏差		0.044		
平均		-6.925		

## 6. まとめと今後の課題

3つの方法で子午線を求めたが手作業で求める方法は誤差が大きく、方法として限界があることがわかった。また、祖冲之の法と表計算シートの結果は、求めた子午線の向きに0.4°の差ができてしまっている、今後は、観測装置の真下の点の位置や水平板の縦横の辺が直角に交わっているか、などを見直し、より正確な子午線の向きを調べていきたい。

## 黒点観測から考えられるサイクル25の予測

濱崎 文爾、須加井 健音（高2）、  
植村 栄吾、内田 京太郎、竹盛 雅彦、刘 数桐、大林 脩史、鍵谷 理太郎、畠山 大樹（高1）  
【國學院大學久我山高等学校地学部】

## 要旨

國學院大學久我山高等学校地学部では創部以降、昼休みや放課後の時間を利用して太陽黒点の観測を実施している。今回は、その観測結果を用いたサイクル24の終焉とサイクル25の予測をする。

## 1. はじめに

國學院大學久我山高等学校地学部では、1966年から太陽黒点の観測を継続して行っている。その結果をもとに月毎の黒点相対数を割り出し、その周期性を発見することで今後の太陽黒点数、並びにサイクル25の予測が可能だと考えた。第20回ジュニアセッションにて我々が行ったサイクル25の予測では、黒点の数は減少し、過去最低になるとの結論に至った。今回の予測では他の機関の観測結果を照らし合わせながら、最新の観測結果をもとに過去の予測との比較を考える。

## 2. 目的

本校地学部が観測した結果をもとに黒点数の推移を予測する。

## 3. 観測方法

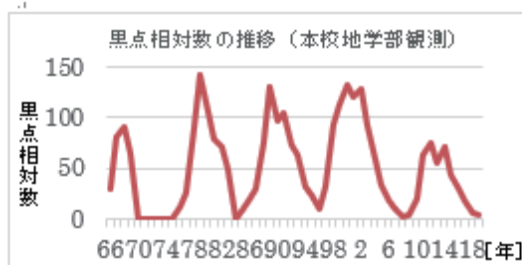
機 材 1. 天体望遠鏡（五藤光学研究所、口径150mm、焦点距離2250mm）  
2. 投影版  
3. 太陽面経緯度図  
4. パソコン

観測場所 國學院大學久我山高等学校 理科会館屋上  
（北緯35度 41'02" 東経139度 35'36"）

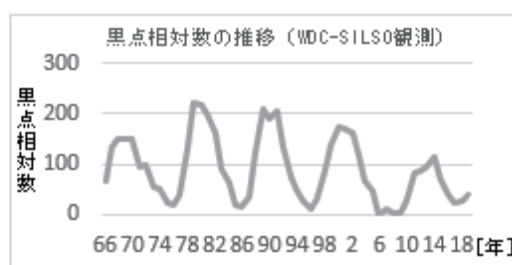
方 法 天体望遠鏡と25mmおよび12.5mm接眼レンズを用いて黒点の詳細な形状をスケッチし、黒点数を数える。

## 4. 観測結果

本校地学部の観測結果から黒点の平均相対数、および世界データセンター（以下WDC-SILSOとする）による年均黒点相対数を表す。（ただし、観測結果のない期間を含む。）



グラフ1.



グラフ2.

## 5. 考察

上記のグラフ1から本校地学部による観測結果は、WDC-SILSOによる観測結果（グラフ2）とほぼ一致している。したがって、本校地学部観測結果からサイクル24の終焉の時期およびサイクル25の最大の黒点数について予測が可能であると考えられる。

## 6. 予測

グラフ1より2018年から2019年の黒点数は減少のピークに達しており、この頃がサイクル24の終焉であったと考えられる。またグラフ1からの読み取りは難しいが、2019年の終わり頃から2020年の始まりにかけて黒点数の数値は微増している。この結果から、2019年の終わりにかけて既にサイクル25に入っていると予測できる。

また、グラフ1からサイクル22、23、24の最大の黒点相対数はそれぞれ約210、160、110であり、一サイクルごとに約50減少している。よってサイクル25の黒点相対数の最大値は60となると予測した。またサイクル22、23、24においてサイクルの始まりから約2、3年後に黒点相対数が最大となっている。このことから、サイクル25の黒点相対数が最大となる時期は2025年頃だと思われる。

## 7. お終わりに

今回の予測では、観測において時期によって観測日数が異なることが多々あった。観測日数のばらつきをなくすことでより正確な観測ができると考える。今後も継続して黒点観測を行い、より正確な太陽活動を追っていきたい。

## 月の扁平率の検証

石塚 沙羅、柏 美優花、浜田 侑奈（高1）【東北学院榴ヶ岡高等学校】

## 1. 動機

私達が月を見るときは完全な球体にみえるが、実際は楕円であることを天文学辞典で知った。月を調べていくうちに理科年表では扁平率が3軸不等であり、天文学辞典では1/776と書かれていた。そこで、自分達でその計算をし、どちらの値が出るのかが気になり検証してみた。

## 2. 観測

観測場所：榴ヶ岡高校の屋上(宮城県)

観測装置：Vixen 天体望遠鏡 ポルタ II A80Mf(D=80mm,F=910mm)

カメラ：Canon EOS 70D (図1)

観測日時：2019/10/15 18:00~20:00

観測対象：月

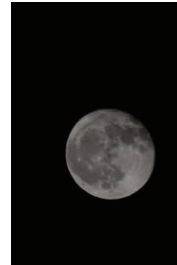


図1 (19:13に撮影した画像)

## 3. 方法

(1) PhotoshopElements を使って二値化処理をする

(2) 月の画像の中心と半径を求める

(3) 月の画像と同じ形の円を5つ作り5種類それぞれ違う場所に5点をとる(図2)

(4) 5点を通る楕円の方程式

$$Ax^2+Bxy+Cy^2+Dx+Ey+1=0$$

A,B,C,D,E を変数とし、5元連立方程式で計算する(計算サイトを使用)

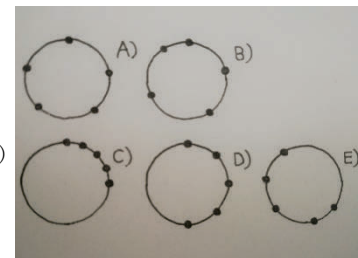


図2 (5種類の5点)

## 4. 結果

以下の式は私達が求めた楕円の方程式(解)である

$$A) -0.07968x^2+0.10480xy+-0.07674y^2+-0.07981x+0.16003y+1=0$$

$$B) -0.04341x^2+-0.00378xy+-0.04283y^2+-0.00148x+-0.00274y+1=0$$

$$C) 0.00402x^2+0.03953xy+0.00146y^2+-0.21409x+-0.27839y+1=0$$

$$D) -0.04340x^2+0.01615xy+-0.04036y^2+-1.38778e-17x+-0.00632y+1=0$$

$$E) -0.05690x^2+-0.01411xy+-0.05060y^2+-0.06932x+-0.04465y+1=0$$

## 5. まとめ

今回求めた楕円の方程式の解が1/776の値に近ければ天文学辞典に書かれていた扁平率が正しいことになるが、自分達の実力ではこの方程式の計算が難しく、解を求めることが出来なかった。しかし、今回の検証の中で月はやはり完全な球体ではなく楕円であること分かった。季節や計算方法などの多様な条件によって扁平率の値は変わるのではないかと思うので、今後様々な方法で検証し、比べてみたい。

6. 参考文献 理科年表 2020, 山本ワールド yamatyuu.net, 天文学辞典

7. 謝辞 研究を進める際に、適切な助言と丁寧な指導をして下さった東北学院大学教養学部情報基盤科の村上准教授に感謝いたします。

## 月食の RGB 分析

國學院大學栃木中学・高等学校天文部 RGB 班：

白井 瑞紀、熊倉 有希、瀬端 脩人、高橋 知優、戸部 聡太、堀米 琴音（高2）、  
井原 翼、川邊 淳之介、佐藤 瑞己、巻島 怜空、山中 陸斗（高1）【國學院大學栃木高等学校】  
徳永 祐太（中3）、山根 史也（中2）【國學院大學栃木中学校】

### 要旨

私たち天文部は2020年1月11日に本校の天体ドーム内で7cm屈折望遠鏡と冷却 CCD カメラを使い半影月食の撮像をした。撮像した画像をステライメージで RGB それぞれの光量の測定を行った。変化の大きかった R の光量のグラフを過去の皆既月食も含め作成し考察した。

#### 1、研究動機

私たちは、2018年1月に皆既月食の RGB 測定を行った。今回の半影月食も同様に測定を行ったので、結果を比較してみたいと考えた。

#### 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、半影月食（2020/1/11）を撮像した後、カラー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、変化の大きかった R の光量の変化をグラフ (fig 2) にし（露出 1 秒換算）、前回の皆既月食のデータ (fig1) と比較した。

##### 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)

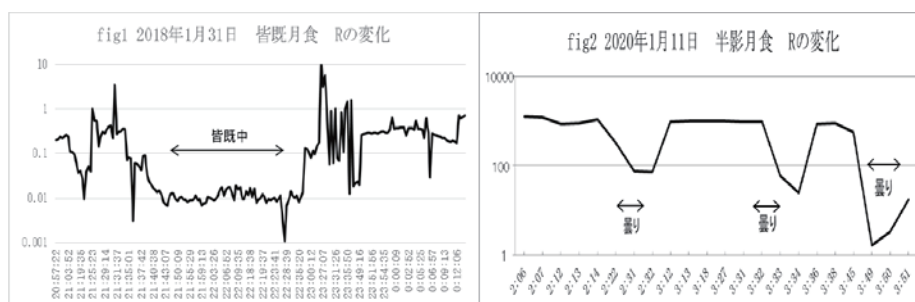
月食を含まない画像のピクセル値の合計 (d)

##### 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 をそれぞれ求めグラフにした。

#### 3、結果 半影月食の RGB 別明るさ (ピクセル値) の変化 (2020 年 1 月 11 日)



横軸は明るさ相対値、縦軸は時刻

横軸は明るさ相対値、縦軸は時刻

#### 4、考察

Fig1,2 より皆既月食は明るいときと暗いときの差が 10000 倍あるが、半影月食では 100 倍未満の違いがみられた。また皆既月食のほうが時間とともに変わる光量の変化の度合いが大きい。

#### 5、参考 測定方法のご助言を下されたアストロアーツ社様、ありがとうございます。

# 金星の偏光度

高木 優作、石見 翼、小幡 温人、後藤 有麗 (高2)

【東北学院榴ヶ岡高等学校】

## 1. はじめに

先生から「光は一直線で放っているのではなく、あらゆる方向を持っており、それが私たちを照らしている」と聞き、偏光について調べ、それが天文にも関連しているのではないかと部員一同提案した。これまでのジュニアセッションの発表で、ほかの学校の方が月の偏光度について調べて発表しているところもあった。そこで私たちは、今回調査する天体を変え、金星を観測し、観測したデータを Excel と Makari を使用し、結果を出した。

## 2. 研究方法

### (1) 偏光の定義

私たちの学校にあった PC モニターの光が遮断できているところを  $0^\circ$  とした。

### (2) 観測

東北学院榴ヶ岡高等学校が所持している 40cm 天体望遠鏡を用いて、2020 年 1 月 22 日 17 時 30 分から 18 時 30 分の間、Canon EOS Kiss x7 を使用、金星を raw ファイルにし、撮影した。

・シャッタースピード 0.3 秒      ・ISO 100

撮影し得たファイルを、星空公団様の raw2fits.exe で fits ファイルに変換し、Makari に表示した。そして、その結果を excel にグラフ表示した。

## 3. 結果

$30^\circ$  毎に角度を変え、金星を撮影。X 軸を角度、Y 軸を測光結果の値とした。Excel で折れ線グラフを使用。(図 1)

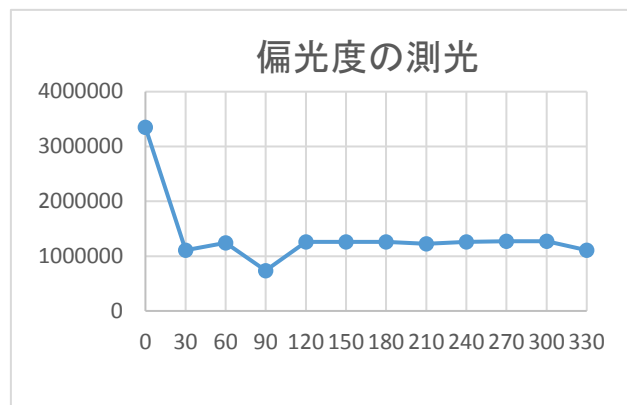


図 1 金星の偏光度を表したグラフ

## 4. まとめ

月と金星では観測できる大きさが異なり、金星は小さな光っている点でしかとらえることができない。月のように近くで観測できること

で、日々のクレーターの変化を調べることが

できる。光度の違いによって、将来の周期が変わってしまい、金星が出現する時間帯が変わってしまうかもしれない。

今回の調査で、天体の将来について考えるきっかけになった。

## 5. 使用させて頂いたアプリ

国立天文台      Makari      <https://www.nao.ac.jp/>

星空公団      raw2fits.exe      <https://www.kodan.jp/>

## 6. 参考文献

Furue Laboratory      <https://www.rs.noda.tus.ac.jp/~furuelab/index.html>

## 木星・土星の近赤外分光観測によるメタン吸収帯の検出

浦和西高等学校地学部：永野 涼子（高2）、守屋 佑真（高1）【埼玉県立浦和西高等学校】

## 1. 研究要旨

今まで、本校地学部では太陽及び恒星におけるスペクトルについての研究を行ってきた。そこで、今回それらの研究を基に、太陽の光を反射している木星・土星について分光観測を行い、その大気の性質について研究した。

## 2. 今年度の観測

・観測日時及び観測天体（観測はすべて本校屋上にて行った。）

2019年 8月 8日 19時半頃～20時半頃 木星(高度32°)・土星(高度26°)・月(高度33°)

2020年 1月 9日 12時頃 太陽(高度31°)

1月10日 19時頃～19時半頃 月(高度31°)

・観測機材

望遠鏡:SharpStar 60ED R1フィルター / 分光器:昭和機械製作所 VEGA / 冷却CCDカメラ:ATIK Titan mono  
ND8+ND1000フィルター(太陽観測時) 撮像波長範囲(600～900nm)

## 3. 月と太陽の吸収線について

月には大気がないため、太陽のスペクトルをそのまま反映していると考えた。月のスペクトルと太陽のスペクトルとの差異を調べるため、月のスペクトルを、同じ高度の太陽のスペクトルで割算して、その比を比較した。図1からも分かるように、太陽のスペクトルと月のスペクトルにはほぼ差異がない。グラフが右下がりになっているのは、太陽のスペクトルを撮像する際に使用した減光フィルターの影響であると考えられる。

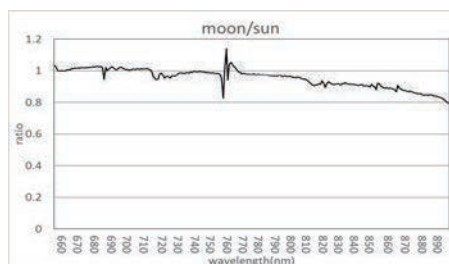


図1:月÷太陽

## 4. 木星・土星大気の組成

木星・土星は大気の組成が似ているため、スペクトルの特性は似たようなものになると予想した。メタンは、727nm・889nmに、アンモニアは650nm付近に吸収帯が存在することが知られている。特に、889nm付近の強いメタンの吸収は、メタンバンドと呼ばれる。

## 5. 波長付けについて

太陽スペクトルにおける主な吸収線の位置を基に、撮像したスペクトルの波長付けを行った。波長は、二次関数に近似させて決めた。

## 6. 解析方法

観測で得た画像をデータ処理ソフトMakali'iを用いてダーク処理・加算平均し、表計算ソフトExcelで月（太陽の反射光）のデータで木星・土星のデータを割算することで、反射光の太陽光に対する比率を求め、各惑星のスペクトル特性を求めた。

## 7. 解析結果

木星・土星ともに、727nm・889nm付近にメタンの吸収が、650nm付近にはアンモニアの吸収帯が検出された。(図2・図3)

また、790nm付近、860nm付近にも吸収が見られるが、何の吸収帯かは不明である。

両者ともに、長波長にいくにしたがって輝度が下がる傾向があることが分かる。

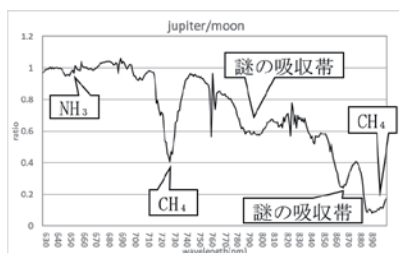


図2:木星÷月



図3:土星÷月

## 8. まとめ・今後の課題

- ・今回の観測で、二種類のメタン(CH<sub>4</sub>)吸収帯、ひとつのアンモニア(NH<sub>3</sub>)吸収帯が見られた。また、組成の似ている木星・土星は、吸収の様子が非常に似たものになった。
- ・レイリー散乱の影響を考慮して、木星・土星・月を同じ高度で観測したが、より正確なデータを得る。
- ・7. の二つのグラフで見られた謎の吸収帯が、何による吸収であるかを明らかにする。
- ・木星・土星についてスリットスキャンを行い、メタンバンドの二次元画像を作り、木星・土星大気の特徴を探る。

## 9. 参考文献・資料

平成24年 第85冊 理科年表 / 平成31年 第92冊 理科年表  
スペクトル撮像観測による木星及び土星大気の研究 北海道大学大学院理学院 濱本 昂  
(<https://www.ep.sci.hokudai.jp>)



### 惑星にメタンはあるのか？

國學院大學栃木中学・高等学校天文部メタン班：

熊倉 有希、堀米 琴音（高2）、山中 陸叶（高1）【國學院大學栃木高等学校】

#### 要旨

木星型惑星の大気中に含まれるメタンと光度の関係性を調べるため、本校の口径 40cm 望遠鏡（西村製作所カセグレン式  $f = 6000\text{mm}$ ）と冷却 CCD カメラに加え、889nm の波長で光を透過するメタンバンドフィルターを使用し撮像した木星、土星、天王星の画像の光度をマカリで測定してグラフを作成し、各惑星について考察した。

#### 1. 研究動機

天王星は、メタンを大気中に含んでいるために青白い色をしていると言われている。同じ木星型惑星である木星、土星の大気にもメタンが含まれているということから、それぞれの惑星をメタンバンドフィルターで撮像をして、メタンの分布を調べようと考えた。

#### 2. 方法

各惑星を口径 40 cm 望遠鏡直焦点で冷却 CCD カメラ（ピットラン製 BC41L）を使用して撮像した。メタンバンドフィルター（Baader planetarium 社の Baader Methane-Filter11/4、889 nm Narrowband 8nm Filter）を通して撮影した木星（2019/8/17 18:16 露出 0.8s）・土星（2019/10/31 1:06 露出 0.7s）・天王星（2019/11/17 0:00 露出 60s）の画像をすばる画像処理ソフト「マカリ」を用いて明るさの測定をした。木星は 4 本、土星・天王星は 3 本の軸を決め、測定においては Fig. 4~6 のように横軸を決めてグラフ化（Fig. 1~3）した。各グラフの横軸はピクセルの数（Fig. 4~6 各左から 1, 2, 3, 4...）による位置を示す。

#### 3. 結果

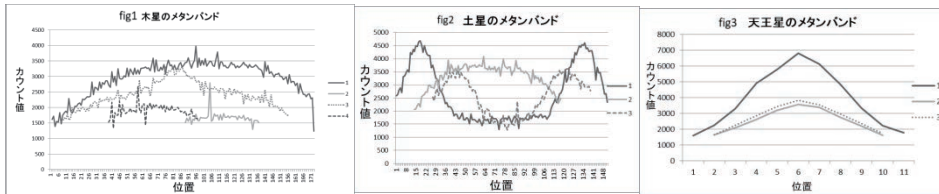


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

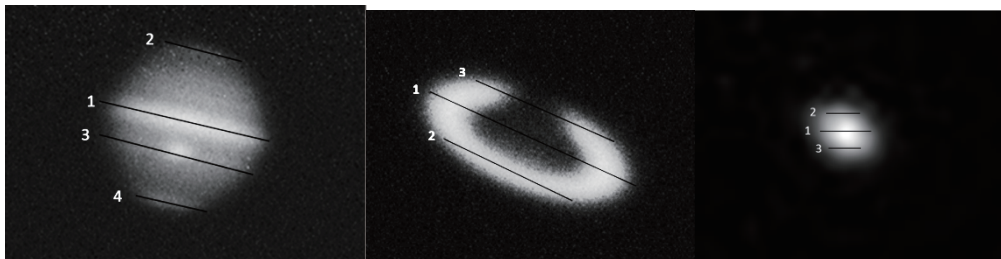


Fig. 4 木星のメタンバンド写真

Fig. 5 土星のメタンバンド写真

Fig. 6 天王星のメタンバンド写真

#### 4. 考察

天文ガイドの惑星サロンの執筆者・山崎氏によると、889 nm（メタンの吸光）のフィルターで暗く撮像される個所は、メタンの雲が低い位置にあり、明るく見えるところは雲が高い位置にあると記している。その観点で各惑星を考察する。

木星…EZ と呼ばれる帯と大赤斑はメタンの雲が高いので白く見える。

土星…環にはメタンが無いので白く見えるが、惑星本体はメタンの低い雲に覆われているため暗く見える。

天王星…中央が明るく、メタンの高い雲が中央部に多い。

#### 5. 参考文献

- ・ホームページ誠文堂新光社 天文ガイド 惑星サロン 画像演算を利用した木星のメタンバンド画像  
山崎 明宏氏 ([alpo-j.asahikawa-med.ac.jp/publications/TGS/2011-03.htm](http://alpo-j.asahikawa-med.ac.jp/publications/TGS/2011-03.htm))
- ・ホームページ博士論文 木星極域ヘイズの外縁部波構造及び非対称分布  
北海道大学大学院理学院宇宙理学専攻 惑星宇宙グループ 合田 雄哉氏  
([https://sana.ep.sci.hokudai.ac.jp/nayoro/publications/thesis/ygouda\\_M.pdf](https://sana.ep.sci.hokudai.ac.jp/nayoro/publications/thesis/ygouda_M.pdf))

## 小惑星の形状と光度曲線の関係

原 琴音、小板橋 里織 (高1) 【新島学園高等学校】

### 要旨

探査機やレーダー観測によって形状が分かっている小惑星について光度曲線を観測した。球形に近い形の小惑星は0.1等級以下の光度変化を示し、細長い形の小惑星は0.4等級以上の大きな光度変化を示した。

#### 1. はじめに

2017年から小惑星や変光星の光度曲線と色指数の変化について観測している。今年度は形状が分かっている小惑星の光度曲線を観測する。今後、この結果を参考に小惑星の光度曲線から形状を推測する。

#### 2. 目的

比較的球状に近い小惑星ルテティア (21 Lutetia)、小惑星ファエトン (3200 Phaethon) と細長いいびつな形状の小惑星エロス (433 Eros)、小惑星シルビア (87 Sylvia) について、光度曲線を観測する。これらの小惑星は、探査機やレーダー観測などにより形状が明らかになっている。小惑星の形状の特徴が、光度曲線にどのように反映するか検討する。

#### 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Rフィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行った。画像はダーク・フラット補正を行った後にAstroImageJで測光した。撮影は-20℃冷却、2×2ピニング、30秒～60秒露出で行った。ステラナビゲータ10で小惑星の位置を求めた。

#### 4. 結果

図1、5にルテティア、図2、6にファエトン、図3、7にエロス、図4、8にシルビアの光度変化のグラフと画像を示す。光度変化のグラフは縦軸を相対的な光度変化、横軸は時刻を示し、○印が小惑星を、×印が比較星を示している。エロスとシルビアは2回の観測を合わせた。

#### 5. 考察

ルテティアは図5のように凹凸のある球形に近い形をしている。図1のグラフは0.1等級以下の光度変化で大きな変動はなかった。ファエトンは図6より濃淡のある卵型をしている。光度変化のグラフ図2は0.1等級程度の変化を示している。エロスは図7のようにいびつな勾玉のような形をしている。光度変化のグラフ図3は0.6等級の変化を示すなめらかな曲線を示している。前半と後半の半周期も同じ光度曲線である。シルビアは図8のように曲がった繭のような形をしている。光度変化のグラフ図4は0.4等級程度の変化を示している。極大時はアーチ型で極小時はV字型で先端が比較的とがった形を示した。

#### 6. まとめ

小惑星の形状と光度変化の関係を観測することができた。今後は光度曲線を観測してその形から小惑星の形状を類推して行く。

#### 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

- (1) 「小惑星の可視測光観測から何がわかるか」 安部正真 JAXA
- (2) 「シリーズ現代の天文学」第9巻太陽系と惑星 (日本天文学会編, 日本評論社)
- (3) Wikipedia 「小惑星一覧」 <https://ja.wikipedia.org/wiki/小惑星の一覧>

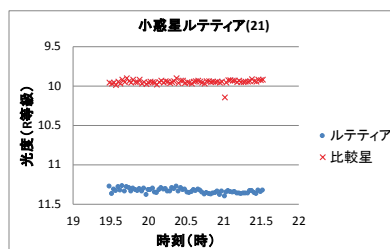


図1ルテティアの光度変化

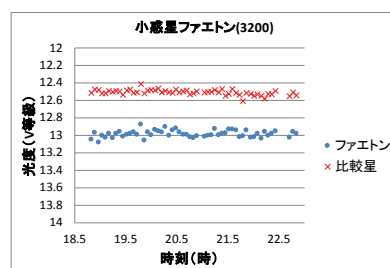


図2ファエトンの光度変化

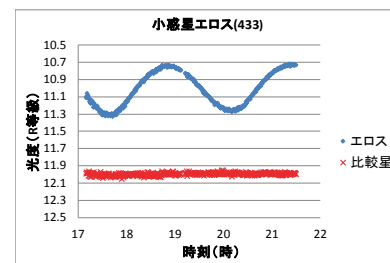


図3エロスの光度変化

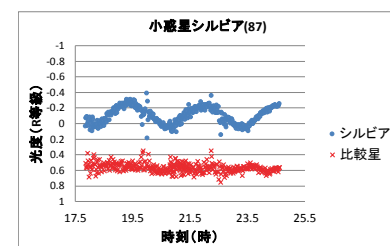


図4シルビアの光度変化

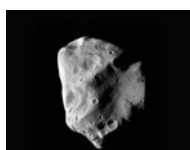


図5ルテティア

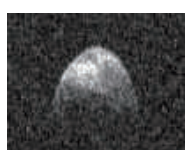


図6ファエトン



図7エロス

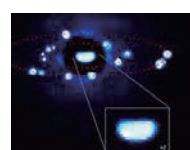


図8シルビア

## 表面の色による小惑星の分類～BVR等級の違い～

田島 あさひ、的場 美玲 (高2) 【奈良県立青翔高等学校】

- 1. 要旨:** 岡山県美星天文台でBVRフィルターによる多色測光観測を行い、BVR等級の違いにより16個の小惑星を分類したところ、3つのグループになることがわかった。また、これらのグループの違いは表面物質の違いによって生じると考えた。
- 2. 目的:** 我々の研究の目的は以下の2点である。1点目は、BVR等級の特徴から自分たちの決めた基準で小惑星を分類すること。2点目は1点目から得たデータをもとに、小惑星の表面の色と小惑星の物理量や表面物質との関係を調べることである。
- 3. 方法:** 観測した小惑星：Ariadne, Hestia, Juno, Victoria (2018年10月19日)、Eros, Hebe (2018年12月22日)、Julia, Kleopatra, Themis (2018年12月23日)、Abundantia, Lydia (2019年3月23日)、Aspasia, Bellona, Fides, Klotho, Thisbe (2019年11月17日)
- ① 美星天文台の口径101cm望遠鏡でBVRフィルターを用いて多色測光観測を行った。
  - ② 「マカリ」(国立天文台・(株)アストロアーツ)を用いて一次処理を行った後、目的星と比較星を測光した。
  - ③ 「Microsoft Excel」でBVR等級の平均値と標準偏差を計算した。
  - ④ ポグソンの式  $Mt = Mc + 2.5\log_{10}(Lc/Lt)$  を用いて目的の小惑星の等級  $Mt$  を計算した。  
 $Mc$ : 比較星の等級     $Lt$ : 目的の小惑星の明るさ     $Lc$ : 比較星の明るさ
  - ⑤ 横軸をB,V,R、縦軸を等級とした折れ線グラフを作成した。
- 4. 結果:** グラフの特徴から、以下の3つのグループに分けることができた。  
 グループⅠ: B,V等級がほぼ等しく、R等級が明るいタイプ Abundantia (図1)  
 グループⅡ: V,R等級がほぼ等しく、B等級が暗いタイプ Victoria (図2)  
 グループⅢ: B等級が暗く、R等級が明るいタイプ 残り14個 (図3)

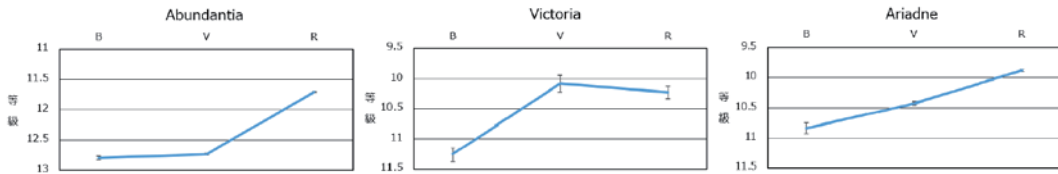


図1 AbundantiaのBVR等級比較    図2 VictoriaのBVR等級比較    図3 AriadneのBVR等級比較

- 5. 考察:**
- ① 小惑星のグループⅠ, Ⅱ, Ⅲと物理量 (表1)
    - ・小惑星のグループと軌道半径との関係  
→グループ間での違いは見られない。
    - ・小惑星のグループと離心率との関係  
→グループ間での違いは見られない。
    - ・小惑星のグループと実半径との関係  
→グループ間での違いは見られない。
  - ② 小惑星の表面の物質
    - ・グループⅠ: 酸化鉄物質
    - ・グループⅡ: 炭素質コンドライト物質
    - ・グループⅢ: ケイ酸塩鉱物物質と推定した。

表1 小惑星のグループと物理量の関係

	小惑星名	軌道長半径 (AU)	離心率	小惑星の実半径 (km)
Ⅰ	Abundantia	2.59	0.035	19.5
Ⅱ	Victoria	2.33	0.219	57.5
Ⅲ	Ariadne	2.2	0.168	35.7
Ⅲ	Eros	1.45	0.223	8.4
Ⅲ	Hestia	2.52	0.172	65.7
Ⅲ	Hebe	2.42	0.202	92.6
Ⅲ	Julia	2.55	0.184	72.7
Ⅲ	Juno	2.66	0.257	123.3
Ⅲ	Kleopatra	2.8	0.252	61
Ⅲ	Lydia	2.73	0.078	43
Ⅲ	Themis	3.13	0.133	99
Ⅲ	Aspasia	2.58	0.073	108.3
Ⅲ	Bellona	2.78	0.151	97
Ⅲ	Fides	2.64	0.176	108
Ⅲ	Klotho	2.67	0.25	82.8
Ⅲ	Thisbe	2.77	0.165	225

- 6. まとめ:** 小惑星の表面の色は小惑星の表面物質によって決定するということがわかった。
- 7. 今後の展望:** 観測する小惑星の数を増やすとともに、表面の物質を推定する場合の手かぎりになるⅠ等級やスペクトルについても観測したい。小惑星の表面の色と表面物質の関係について、実験を通して確かめる方法についても研究していきたい。

**謝辞:** 美星天文台の綾仁元台長、前野研究員に観測へのご協力、大阪教育大学の福江教授、松本准教授に研究へのご指導をいただきありがとうございました。

**参考文献:** 古在由秀編「月と小惑星」恒星社厚生閣 (1979)    Aladin Sky Atlas <https://aladin.u-strasbg.fr/>  
 NASA HORIZONS <https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>  
 In the sky.org <https://in-the-sky.org/data/asteroids.php>

## ペルセウス座流星群 眼視観測の結果と解析

岡 知世、岡畑 日菜、高橋 里朋、竹尾 咲輝、新津 花織（高2）、  
井出 葉理、久米 夕海、坂根 明日美、宮田 和佳奈、山口 さくら、山本 花音（高1）

【國學院大學久我山高等学校地学部】

## 要旨

本校では今年度から、本格的に流星群の眼視観測に取り組んだ。それぞれの観測結果の正確さを検証し、CHR、ZHRといった数値に基づき分析を行なった結果、極大期は密度が大きい粒の小さいものが多く、極大期でなくても多く観測できることがわかった。

## 1. はじめに

毎年、我々地学部は流星群の観望および眼視観測を行なっている。今年度は8月8日から11日に長野県諏訪郡で夏季合宿を行い、ペルセウス座流星群の観測をした。極大期は8月13日17時（天文年鑑抜粋）であり、我々が観測した時期は極大期前となったが、予想以上に多くの流星群を観測できた。

## 2. 方法

流星群眼視計数観測を行なった。屋外でブルーシートを敷いて寝転び、2グループが同時刻に観測した。各グループの各方向に最低1人の観測者が観測し、時間は計測者がストップウォッチを用いて計測した。流星群の光度、群判定、痕の有無を観測した。

## 3. 結果

次の表1は、8月8/9日および8月9/10日に流星群の眼視観測をした結果であり、2グループの観測結果を合わせたものである。ペルセウス座流星群と判断した流星群を、観測結果としてまとめている。

表 1<sup>↵</sup>

観測日 <sup>↵</sup>	8月8/9日 <sup>↵</sup>			8月9/10日 <sup>↵</sup>		8月9/10日 <sup>↵</sup>	
観測開始時刻	22:30	23:00	23:30	25:06	25:35	25:07	25:37 <sup>↵</sup>
観測終了時刻	23:00	23:30	24:00	25:35	26:03	25:37	26:07 <sup>↵</sup>
HR <sup>↵</sup>	12.0	12.0	20.0	12.4	8.6	10.0	6.0 <sup>↵</sup>
CHR <sup>↵</sup>	48.5	48.5	80.8	50.2	34.6	39.3	23.6 <sup>↵</sup>
ZHR <sup>↵</sup>	91.0	82.1	124.9	82.5	52.4	64.2	36.4 <sup>↵</sup>

## 4. 考察

結果のZHRの値より、8月9/10日の23:30から24:00に流星が一番多く見られたように一見思えるが、観測期間中の8月8/9日と8月9/10日のZHRの値にばらつきがある。このことは、観測した方向によって観測者およびグループを構成するメンバーが異なるため流星が流れたことへの認識・反応に差があったこと、また、方向によって雲量が異なっていたこと、観測された流星の放射点を実際には違った方向であったことという複数の理由が考えられる。

8月8/9日の1、2回目のZHRの値が91.0から82.1に下がっている。この二回の観測では、放射点高度も下がっていることから観測が正確であったと判断した。また、3回目の観測でのZHRの124.9という値は、極大値では、ZHRの値が110であった（流星群一覽 2019年抜粋）ことを考慮し、我々の極大期前の眼視観測結果と大きな差がないと判断した。つまり、極大期には流れる流星群の密度は大きい粒が小さい。一方、極大期でなくても眼視観測で観測可能な流星は粒が大きい粒のため、我々が観測したように、痕があるものが多いことがわかった。さらに、8月9/10日の2グループの観測結果は似ていたため、グループ間で観測の正確さが異なることが低減できた。

## 5. まとめ

全体的に3等級の流星が多く観測され、最微星は5等星、1等級より明るい流星は観測されなかった。これは、今年のペルセウス座流星群に1等級より明るい流星が少なかったことによるものではなく、我々が1等級より明るい流星の判断をすることが困難であったこと、そして1等級より明るい流星の存在を知らなかったことによるものであると考えられる。

また、極大期でなくても、流星のものと密度が小さくても、流星のものと大きさが十分に大きいことが眼視観測において重要であることが推察される。

我々がペルセウス座流星群の眼視観測を行なったのは極大期ではなかったため、次回以降は極大期に観測し、今回の結果と比較したい。火球に近いものも多く観測された。流星の等級と合わせて火球か否かの判断を正確にできるよう、観測の精度を上げるとともに、観測者それぞれに癖があること踏まえて今後の観測に活かせればと思う。2020年もペルセウス座流星群の眼視観測を行えるようにしたい。

## HROFFTソフトを使用した流星電波観測

國學院栃木高校天文部電波班：

戸部 聡太（高2）、佐藤 瑞己、川邊 淳之介、巻島 怜空（高1）【國學院大學栃木高等学校】

### 要 旨

アマチュア無線で使う受信機と流星電波観測ソフト（HROFFT）を用いてオリオン座流星群を観測することを試みた。予想されていたピークの10/22と前後2日間の明け方に観測されたデータを比較したところ、今回の流星群のピークは10/22ではなく、10/21の明け方という結果になった。

### 1. 観測方法

電波を利用して間接的に流星を観測する。電波は直接波なので発信源から遠く離れた地点では通常受信できない。しかし、流星が地球の大気を通過すると電離層が生じ電波が反射されるので、その瞬間のみ受信することができる。福井県の福井県立大学や福島県福島市、宮崎県宮崎市などが流星電波観測をする目的で電波を発信し運用しているので、各電波の周波数に受信機の設定を合わせて観測する。

詳しい手順は、

- 1) 校舎の屋上にアンテナ（コメット社 CA-52HB）を設置し、電波の発信源の方向に向ける。  
屋上から見ると、福井の方向（南西）には太平山があり電波を受信しにくいので、今回は福島の方（北東）に向けた。
- 2) アンテナと受信機（八重洲社 FT-726）を同軸ケーブルでつなぎ、受信機を受信する周波数に設定する。
- 3) 観測ソフトをインストールしたコンピュータと受信機とを接続、ソフトを立ち上げる。

今回使うソフトは電波を音声に変換し、その強弱を色で表し画像として記録するもの（図1）。画像ファイルは10分につき1枚自動で作られる。

- 4) ソフトが記録した画像から、流星の個数と流れた時刻を確認してまとめる。

流星ではなく飛行機や衛星などが上空を通過すると流星よりも周波数が広範囲にわたる反応（ノイズ）が受信されることがあり、流星が降った時の反応と誤認しやすい。流星の反応はこれに対し周波数が特定の範囲に収まっており、これを流星の「エコー」と呼ぶ（図1参照）。

### 2. 結果

10/20～10/22の22:00～翌6:00に記録された画像ファイルを確認し、流星のエコーの1時間毎の総数をまとめると図2のようになった。

10/22の該当する時間には長い時間ノイズを受信していたために正確な個数が判別しにくく、それ以外の日の反応とかけ離れていることを考慮すると、今回の観測は、10/22の明け方がオリオン座流星群のピークと予想されていたのに対し、10/21の明け方が流星群のピークであるという結果になった。しかし、日本国内でオリオン座流星群の電波観測をして得られたデータを集計しているサイトで確認すると、2019年のオリオン座流星群のピークは10/22の明け方であることが分かった。

我々の観測が全国集計と食い違った理由として、考えられるのは10/22の同時間に受信されたノイズである。

アンテナの傾きや受信機の設定を改良してからは目立ったノイズは観測されなくなった。今後はこの設定を基本に正確なデータを得られるよう観測を続け、改良していく。

H R O F F T 1.0.0  
201910200210.png meteor  
18.10.20 02:10 3  
Observer : Kokugakulin Tochigi Gakuen  
Receiving Location : Nasu-City, Tochigi Pref., JAPAN(touseno tsuya)  
Receiver : YAESU FT-726 50.025MHz USB  
Receiving antenna : 2el-Yagi (2.5m height)

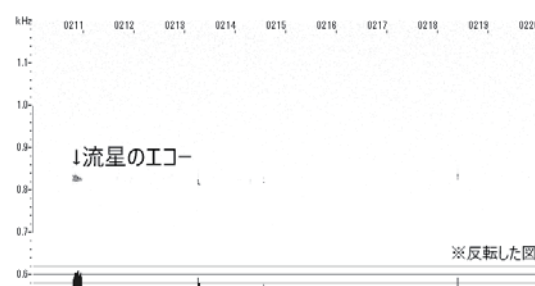


図1 記録された画像データ（反転加工済）

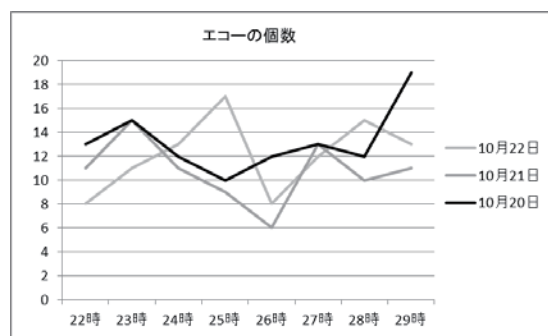


図2 観測されたエコーの1時間ごとの合計数の推移

### 3. 謝辞

観測したデータを確認していただき、受信機の設定や観測方法について丁寧なアドバイスを頂いた杉本弘文先生、受信機を貸していただいた栃木県子ども総合科学館の齋藤泉先生、ありがとうございました。

杉本先生の運営するサイト、www5f.biglobe.ne.jp/~hro/index.htm「流星電波観測集計センターへようこそ」を参考にさせていただきました。ありがとうございます。

## 回折格子を用いた流星の分光観測

三野 正太郎 (高2)、佐藤 優衣 (高1) 【宮城県古川黎明高等学校】

### 要旨

流星を分光観測し、発光に関係する元素を推測した。2017年のふたご群では、28枚の分光画像が得られ、推測された元素では、Mg I に比べてNa I が少なく、Na I が揮発性元素のことから、ふたご群の流星物質が生成された時期は、他の群の流星物質が生成された時期よりも時間が経過していると考えた。また、2地点より同時に撮影された同一の流星の画像から、流星の発光高度を推測した。

### 1. 目的

本研究の目的は、大きく2つある。流星の分光観測を行い、流星の分光画像の輝線から流星に含まれる元素を推測すること。多地点同時観測を行うことにより、流星の発光高度を推測することだ。

### 2. 観測方法・解析方法

#### ・機材

デジタル一眼レフカメラカメラ：Canon EOS kiss 8i, kiss x5, kiss x4

レンズ：単焦点レンズ SIGMA DC 30 mm F1.4 HSM (対角48.1°)

回折格子：透過型ブレード回折格子VIS 300 GPM

なお、解析には、makalii (国立天文台・アストローツ) を用いた。

#### ・解析

1: 流星群の活動時期に分光装置を装着したカメラを空に向け、連続撮影をする。

2: スペクトル管を利用した校正作業によって、1pixあたり何ナノメートルなのか求める。

3: 流星の分光画像上で、流星の0次光から輝線スペクトルまでの長さ (pix) を測定する。

4: 測定した長さ (pix) を比較し、波長を計測する。文献を用いて、波長から元素を推測する。

### 3. 結果・考察

・これまでに50万枚以上撮影し、49枚の流星の分光画像が得られた。

・2017年のふたご群では、28枚の流星の分光画像を得た。Mg I を推測できた流星は26例あったのに対し、Na I を推測できた流星は17例であり、Mg I よりNa I が少なかった。このことから、Naは揮発性元素のため、ふたご群の流星物質が生成された時期は、他の流星群の流星物質が生成された時期よりも時間が経過していると考えられる。

・ペルセウス群では10枚中9枚、オリオン群では5枚中5枚とペルセウス群とオリオン群の多くで、酸素禁制線の輝線を推測できた。この結果は、これらの流星群が他の流星群よりも流星の対地速度が速いためと考えられる。

・2017年のふたご群にて、2地点から同時に同一の流星を観測することができ、その流星の発光高度を推測した。その結果、その流星は95km以上で発光していたと推測することができた。また、この流星の発光には酸素禁制線発光があったことを推測できた。今回の高度の推測より、酸素は、酸素禁制線発光を95km以上では行えるということが分かった。

### 4. 課題・展望

・今後も観測を継続し、ふたご群にみられるNaの $\lambda$  に関する考察を確かなものになりたい。また、他の流星群について更にデータを増やし、流星群毎に含まれる元素の割合にどのような傾向がみられるか明らかにする。

・継続して流星の発光高度を推測することにより、酸素禁制線発光がどの高度までなら確認することができるのかその傾向を明らかにする。

### 5. 参考文献

- 1) 国立天文台 (2019) : 「理科年表 平成 31 年」丸善出版
- 2) 長沢工 (1997) : 「流星と流星群」地人書館
- 3) 藤井旭 (2016, 2017) : 「藤井旭の天文年鑑 2016 年版/2017 年版」誠文堂新光社
- 4) 鈴木湧平 (2017) : 「流星による熱圏・電離層の観測」日本天文学会 2017 年春季年会 ジュニアセッション

## 人工クレーターの実験

巣鴨中学高等学校地学班：  
 河南 佳吾、小林 倫登（中2）【巣鴨中学校】  
 宇都宮 輝也、池田 晴輝、石井 智仁（高1）【巣鴨高等学校】

### 1. はじめに

我々ははやぶさ2の講演会を聞き、その中で小惑星のリュウグウに人工的にクレーターを作った事を知った。そこで自分たちで小さなクレーターを作ってその直径・深さを測定した。

### 2. 目的

実験で条件を変えて大きさの違うクレーターを作り、その結果から直径・深さと落下エネルギー・落下速度の大きさにどのような関係があるか調べた。

### 3. 方法

使用した物

- ・発泡スチロール箱 ・砂 ・鉄球A、B、C
- ・巻尺 ・定規 ・ノギス

※鉄球A、B、Cはそれぞれ直径1, 2, 3cm、重さは4.1, 32.5, 112.0gのものである。

手順

- 1) 学校の陸上競技用の砂場から砂を採取する。
- 2) 1) で採取した砂を発泡スチロール箱の中に入れる。
- 3) そこに上から隕石と見立てた鉄球を落とす。この際、鉄球を落とす高さを測る。
- 4) 3) でできたクレーターの直径・深さを測る。
- 5) 鉄球の種類や落とす高さを変えて、3) と 4) の実験を繰り返し行う。なお、高さは1・1.5・2mとした。

### 4. 結果

鉄球の落下エネルギーを  $E = mgh$  から、鉄球の落下速度を  $v = \sqrt{2gh}$  から求め、クレーターの直径・深さと比較したところ、グラフは図1・図2のようになった。

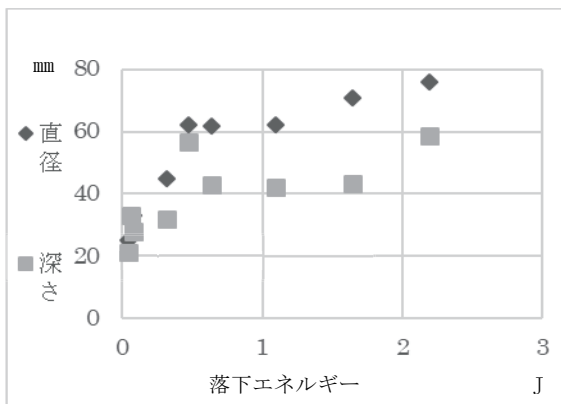


図1. 落下エネルギーとクレーターの直径・深さ

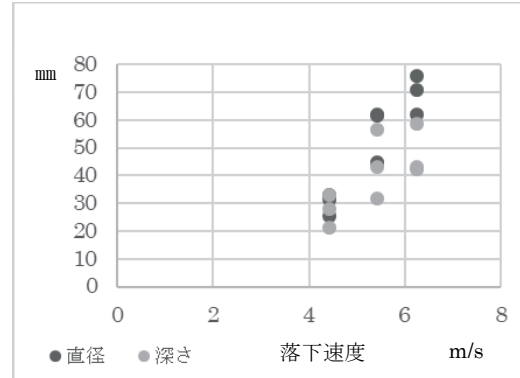


図2. 鉄球の落下速度とクレーターの直径・深さ

結果から、以下のことが分かった。

- ①クレーターは深さよりも直径の方が大きい値になった。
- ②落下エネルギーや落下速度の値が大きくなるにつれて、直径・深さの値は大きくなった。
- ③クレーターの直径は、落下エネルギーよりも落下速度と比例関係がみられた。
- ④同じ条件で行った実験でも、実験結果にはばらつきが見られた。

### 5. 考察

・クレーターの直径の値は深さの値より大きくなった。これは鉄球を自由落下させたときにそれを受け止める地面の面積が関係していると考えられる。つまり鉄球が地面にぶつかったとき、そこから真下に伝わる力は地面によって遮られてしまうが、横方向には力を遮るものがない為、土砂がより多く押しのけられるのではないかということである。

### 6. 今後の課題

この実験を始めた時の目的は、実験でできたクレーターと地球上の本物のクレーターを比較することであった。しかし結果の④から、実際のクレーターの規模を推定することが難しい為、今回は実験クレーターのみにも焦点を当てた。今後は実物のデータと実験データのずれについて考えたい。

また、結果の③で記したクレーターの直径・深さと落下速度の関係についても、もっと詳しく調べていきたいと思っている。

### 7. 参考資料

<http://www.hosizora.miyakyo-u.ac.jp/works/2009/03/post-18.html>

## トランジット法による系外惑星観測への挑戦

齋藤 優真 (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、系外惑星が主星の前面を通過する際の等級変化を用い、系外惑星を検出するトランジット法を用い、HD209458という系外惑星を持つ恒星の観測を行った。その結果、系外惑星は木星半径の1.9倍となり文献値The Extrasolar Planet Encyclopaedia(<http://exoplanet.eu/catalog/>)の1.3~1.4倍となった。露光時間、撮影枚数と課題は残ったが、本校でもトランジット観測は可能であり、系外惑星半径を求めることも可能であることが分かった。

### 1. はじめに

近年、多くの系外惑星が発見されている。そこで私は系外惑星に興味を持ち、この研究を開始した。今までに本校でこの研究を行った生徒はおらず、本校の立地している京浜工業地帯の光害の影響や、本校の観測機器で十分にトランジット観測ができるのかを検証するため、既にトランジット観測で観測されている系外惑星を観測し、その半径を求めた。

### 2. 方法

Exoplanet transit database(<http://var2.astro.cz/ETD/>)のトランジット予定より、HD209458のトランジット予定時刻(18:56~22:00)にトランジット観測を行った。

- (1) 本校の口径30cmカセグレン式反射望遠鏡に冷却CCDカメラを取り付け、対象天体と比較星を含むライトフレーム60秒×65枚、フラットフレーム5秒×5枚、ダークフレーム60秒×5枚、5秒×5枚の画像を撮影した(図1)。
- (2) 「すばる画像解析ソフト Makali'i」(国立天文台・(株)アストロアーツ)を用い一次処理、コンポジットを行った後(図2)、開口測光を利用して、対象星及び比較星の明るさの相対値を求めた。
- (3) 「Microsoft Office Excel」を用い、光度曲線を算出した。
- (4) 以下の公式を使い、系外惑星半径を求めた。

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

### 3. 結果

図3が観測によって得られた光度曲線である。Exoplanet transit databaseのトランジット予定と同じ時刻に惑星による減光が観測された。

学校での観測の規則上、八時半以降のトランジットを観測することはできなかつたが、トランジットの中央まではとらえることができた。そこから導き出した系外惑星半径は1.9R<sub>J</sub>(木星半径の1.9倍)、大きさにして1.9×10<sup>5</sup>kmと求まった。これは文献値The Extrasolar Planet Encyclopaediaの1.3~1.4倍となった。図中の点が各時間における等級であり、点線が近似曲線である。

### 4. 考察

今回の観測で文献値との差が生じてしまった理由は、トランジット全体をとらえることができなかったために、実際とは違う時間の等級で系外惑星半径を求めていた、フレーム数が少なかったために正確な光度曲線を導き出せていない、露光時間が足りず比較星が正確に写っていない、という三つの理由からではないかと考えた。しかし、ETDのトランジット予報と同じ時刻に恒星の減光を確認することはできたため、本校の立地している京浜工業地帯、また、本校の観測機器で十分にトランジット観測ができると考える。

### 5. まとめ

HD209458のトランジット観測によって導いた光度曲線より、系外惑星半径は1.9R<sub>J</sub>(木星半径の1.9倍)、大きさにして1.9×10<sup>5</sup>kmと求まった。これは文献値の1.3~1.4倍で、トランジット全体をとらえられなかったことや、フレーム数が少なかったことが考えられる。しかし、トランジット予報と同じ時刻に恒星の減光を確認することはできたため、本校の立地している京浜工業地帯、また、本校の観測機器で十分にトランジット観測ができると考える。

### 6. 参考

北海道大学院理学研究科地球科学専攻惑星物理学研究室 大石尊久「トランジット法による太陽系外惑星の観測」(2007)

Exoplanet transit database (<http://var2.astro.cz/ETD/>)

The Extrasolar Planet Encyclopaedia (<http://exoplanet.eu/catalog/>)



図1:観測機器



図2:HD209458と比較星

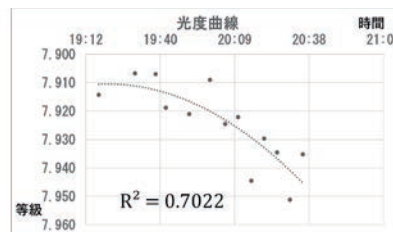


図3:光度曲線



## 月に隠れていたのはふたご？

宮崎県立宮崎北高等学校 科学部 地学班：  
森岡 怜生、木田 真太郎、濱川 咲笑、菊池 慶祐（高1）【宮崎県立宮崎北高等学校】

### 要旨

星食とは恒星が月や小惑星などによって掩蔽される現象である。今回我々は二重星ふたご座  $\eta$  の星食を観測した。2019年10月20日02時01分40.91 $\pm$ 0.05秒に1つ目の星が出現。その3.00 $\pm$ 0.10秒後に2つ目の星が出現した。次に、観測データの正確性を確かめるため二重星の出現間隔の時間を計算により求めた。結果は3.24秒となり、観測事実とほぼ一致した。

### 1. はじめに

星食観測を行うことによって小惑星の形状や月縁地形の正確な形状を求めることができる。また、星食のデータから星図の補正をすることが可能である。我々は星食観測を通じて天文学に貢献したいと考えている。今回は2019年10月20日の二重星ふたご座  $\eta$  の月による星食（暗縁からの出現）を観測した。

### 2. 観測方法

観測は宮崎北高校屋上（東経131° 26' 6.3"，北緯31° 58' 14.4"）で行う。反射望遠鏡（口径200mm、焦点距離800mm）に接続した高感度CCDカメラ（WAT100N）の映像と、GHS時計で取得した正確な時刻信号をビデオタイムインサーター（TIVi）に通すことで、星像と正確な時刻を併せた映像となる。これをデジタルビデオカメラにてDVテープに30fpsで録画する。得られた星像は星食専用測光ソフトLimovieで測光し、エクセルにて光度曲線を作成する。星食の日時は文献やインターネットで調べる。

### 3. 結果と解析

得られた光度曲線の光度変化を見やすくするために、3フレームでビンニングを行ったものを示す（Fig. 1）。増光前のバックグラウンドのカウント数の偏差を取り、4 $\sigma$ を越えた点を1つめの星の出現とした。1つめの星の出現後の偏差から1 $\sigma$ を越えた点を2つめの星の出現とした。

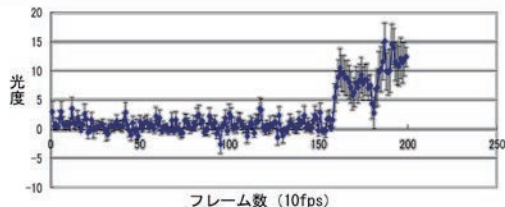


Fig. 1 星食の光度曲線（ビンニング後）

観測の結果、2019年10月20日2時1分40.91 $\pm$ 0.05秒にふたご座  $\eta$  の1つめの星が出現、その3.00 $\pm$ 0.10秒後に2つめの星が出現した。

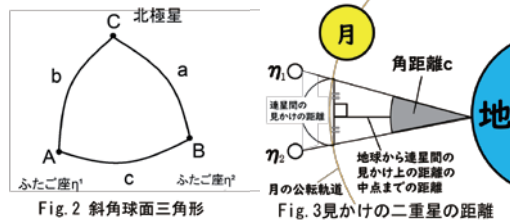
### 4. 考察

二重星の見かけの距離を、月の公転速度で割ることで月縁からの出現時間の差を求める。地球上に北極星

と二重星で構成される斜角球面三角形（Fig. 2）には

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \sin C$$

が成り立つ。角距離  $c$  より、見かけの二重星の距離を計算した（Fig. 3）。



また、力学的エネルギー保存則

$$\frac{1}{2} m v^2 + \left[ -G \frac{Mm}{r} \right] = \frac{1}{2} m v'^2 + \left[ -G \frac{Mm}{R} \right]$$

と、ケプラーの第二法則

$$\frac{1}{2} r v = \frac{1}{2} R v' \sin \theta$$

から、星食当日の月の公転速度  $V'$  を求め（Fig. 4）、二重星の見かけの距離を割ったところ、出現間隔は3.24秒となった。

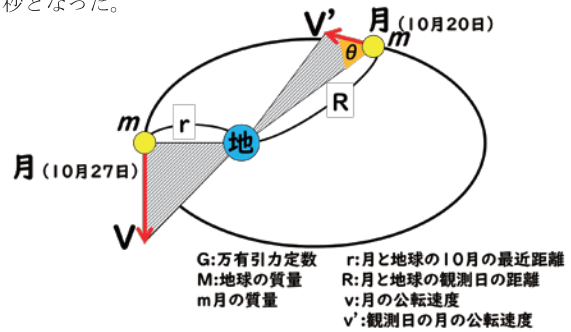


Fig. 4 星食当日の月の軌道と速度

これにより、観測した光度曲線の増光は、二重星の出現を捉えていたと考えられる。

### 5. 参考文献

月刊天文ガイド10月号，誠文堂新光社/天文の計算教室，齊田 博，地人書館/星食ハンドブック2019，星食観測日本地域コーディネーター（JCL0）/天体観測の教科書 星食・月食・日食観測編，小川 雄一，誠文堂新光社/天文宇宙検定公式テキスト2019～2020年版 2級 銀河博士，恒星社

# 食変光星 YY Eri の研究

上野 裕貴、佐藤 駿帆、滝口 進弥 (高2) 【金光学園 中学・高等学校】

## 1. 要旨

金光学園天文台の C14 反射望遠鏡に冷却 CCD カメラ BITRAN-BJ52L を取り付け、昨年 2 月から 3 月にかけて、食変光星 YY Eri の観測を合計 22 夜行った。私たちの観測データに、VSOLJ や先行研究のデータも加え、極小時刻の O-C のグラフを作ることによって長期的な周期変動について調べることを目的として研究を行った。

## 2. 研究の背景

食変光星 YY Eri は、変光周期が短く観測しやすい。また、8 等級と暗い星なのでごく近くに適当な比較星をとることができるため、精度の高い測光データが期待される。先行研究(詫間ら 2018)ではデジタルカメラを用いた食変光星 YY Eri の研究を行っており、観測によって得た光度曲線に、シミュレーションによるフィッティングを行うことで、連星の明るさ、半径、公転面の傾斜角を連星モデルとして表現することに成功している。私たちは、この先行研究に興味を持ち、研究を始めた。

## 3. 方法・結果

観測において、比較星には YY Eri に近い天域に属し明るさも近い HIP19643 (V 等級 ; 8.44 等級)を用いた。取得したデータを Makalii を用いて V・B バンドデータについて測光し等級値を求めた。V・B バンドデータについて、Excel を用いて光度曲線のグラフを作成し、食時刻を求めた。食と食の間の時間を公転回数で割ることにより、公転周期 7 時間 43 分 1 秒を得た。得られた公転周期を用いて、グラフの横軸を時刻から位相に変換し、個々の光度曲線を重ね合わせて位相光度曲線にすることで、主極小と副極小の判定を行った。周期変動の有無を調べるために、極小時刻を用いて、VSOLJ に掲載されたデータも加えることで O-C のグラフを作成した(図 1.)。

## 4. 議論

観測誤差は 0.01~0.03 等級と高い精度でデータを得ることができた。

極小時刻の O-C の値については、2019 年と 2018 年の値が、VSOLJ 掲載の値に比べて小さい値となった(図 1.△▲)。これが意味することを探るために、計算値 C の導出に用いる公転回数を 0.5 小さくしてみると、そのズレが無くなった(図 1.◇◆)。2019 年の主極小と副極小の等級値の差が 2018 年のものと比べて変化していることから、主星や伴星の明るさが変化し、主極小と副極小が逆転した可能性があると考えている。

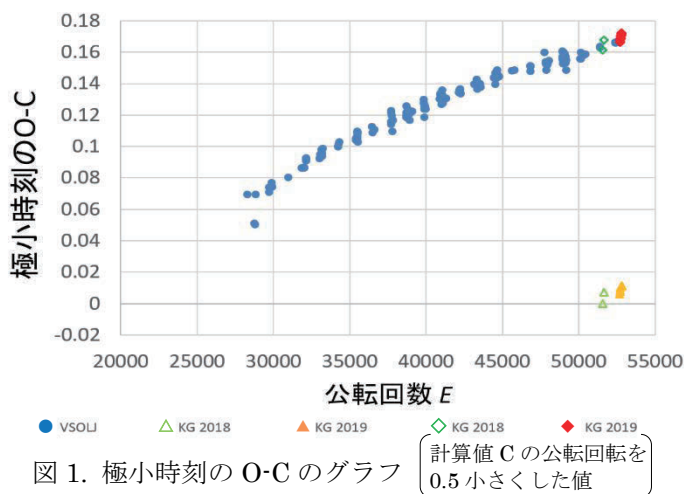


図 1. 極小時刻の O-C のグラフ

◇ ◆ KG 2018  
計算値 C の公転回数を  
0.5 小さくした値

## 5. まとめ

- (1) 金光学園天文台の C14 反射望遠鏡に冷却 CCD カメラを取り付けて、食変光星 YY Eri の観測を行った。その結果、0.01~0.03 等級の誤差で観測を行うことができ、金光学園における冷却 CCD カメラを用いた変光星観測システムを確立することができた。
- (2) 極小時刻の O-C は、計算値 C の公転回数を 0.5 小さくすることで VSOLJ 掲載の値とのズレが無くなった。このことから、主極小と副極小が逆転した可能性があると考えられる。
- (3) 2018 年や 2019 年には主星や伴星の明るさに変化が起きていると考えられ、2019 年の副極小は主極小に比べて、V バンドで 0.06 等級、B バンドでは 0.04 等級暗くなっている。

## 6. 参考文献

- ・「食変光星 YY Eri の研究～デジタルカメラによる測光観測～」, 金光学園探究 II 論文集(2018).
- ・ VSOLJ(日本変光星観測者連盟) “Variable Star Bulletin”, No.33~No.66.

## 分光観測によるハービッグAe/Be型星の分類

小山 愛桂、飯田 璃香、上山 葉月（高2）【奈良県立青翔高等学校】

### 要旨

私達は、49のハービッグAe/Be型星についてH $\alpha$ 輝線の等価幅を算出し、自分達の過去の研究や先行研究に基づき、それらの値の特徴を調べた。その結果、Tタウリ型星が10Åで2つのclassに分類されるのと同様に、ハービッグAe/Be型星も25Åを基準として2つのclassに分類できる可能性があることがわかった。

### 1. はじめに

私達は、恒星の一生に興味を持ち、活動の活発な初期のものを調べようと前主系列星を研究対象とした。その中で、Tタウリ型星はH $\alpha$ 輝線の等価幅により分類されていることを知った。一方で進化上同段階にあるハービッグAe/Be型星の分類は見当たらなかったため、同様の分類が可能か調べることにした。等価幅とは、連続スペクトルに対する当該輝線の強さを表す指標である。

### 2. 目的

多くのハービッグAe/Be型星についてH $\alpha$ 輝線の等価幅を求め、その分布の特徴を調べる。

### 3. 方法

まず、11のハービッグAe/Be型星について岡山県美星天文台で低分散分光観測を行い、それらのデータをすばる画像処理ソフト「Makali'i」で一次処理し、分光データ解析ソフト「Be Spec」で解析した(図1)。また、ヨーロッパ南天文台のウェブサイトより38のハービッグAe/Be型星の分光データを取得した。合計49のハービッグAe/Be型星についてH $\alpha$ 輝線の等価幅を算出した(表1)。

### 4. 結果

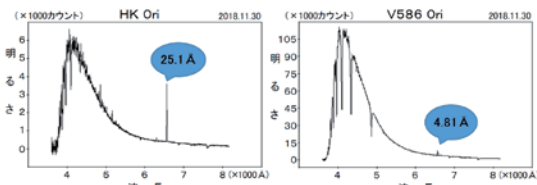


図1 ハービッグAe/Be型星のスペクトル図

表1 ハービッグAe/Be型星のH $\alpha$ 線の等価幅 (\*は我々の観測によるもの)

恒星名	等価幅	恒星名	等価幅
V376 Cas	2.15	V599 Ori	33.0
SV Cep *	3.40	HD 150193	42.6
LUX Ori *	4.52	R Mon *	43.2
V586 Ori *	4.81	V1685 Cyg *	47.0
JP Per *	5.82	HD 95881	52.8
V1012 Ori	7.13	BD+46 3471	60.0
AS 442 *	8.20	V380 Ori	60.6
HD 142666	8.52	LkH $\alpha$ 215	61.4
WW Vul *	8.77	HD 200795	68.0
HD 94509	14.2	HD 130437	70.5
V350 Ori	15.2	RR Tau	70.5
LkH $\alpha$ 224	15.5	MWC 300	72.7
VV Ser *	15.6	MWC 1080	80.0
PV Cep	17.0	HD 101412	81.6
HD 190073	19.0	LkH $\alpha$ 339	84.8
HR 5959	19.1	Hen 3-1191	91.0
T Ori	19.7	LkH $\alpha$ 220	93.9
HD 144432	21.2	V590 Mon	97.0
MWC 166	22.7	HD 3780	97.0
HK Ori *	25.1	VX Cas	119
HD 37557	26.4	Hen 3-847	131
Z CMa *	27.9	KK Oph	131
IL Cep	29.2	LH $\alpha$ 218	131
GU CMa	31.8	V645 Cyg	180
HD 178218	32.5		

### 5. 考察

49個のハービッグAe/Be型星についてヒストグラム(図2)を作成する

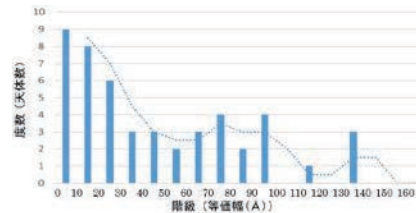


図2 ハービッグAe/Be型星のH $\alpha$ 線の等価幅

と、等価幅55Å辺りで度数が小さくなる。我々が以前行ったTタウリ型星の研究では、class間の等価幅には大差があることが考察されたため、ハービッグAe/Be型星も同様の基準で2つのclassに分類できる可能性を考えた。分類について別の基準を検討すると、以前観測したTタウリ型星の等価幅の平均値が18.6Åに対し、ハービッグAe/Be型星のそれは49.1Åであった。これよりハービッグAe/Be型星の方がTタウリ型星よりも2.64倍輝線が強いと考えられ、基準値は26.4Åとなる。さらに、先行研究よりTタウリ型星においてclass IIとclass IIIの数の比率は10:7と読み取れる。これをハービッグAe/Be型星に適用すると29個:20個となり基準値は25Åと考えられる。母集団のデータ数が多いため現時点では25Åが最も信頼できる値と考える。

### 6. まとめ

ハービッグAe/Be型星の輝線による分類はこれまでになされていなかったが、本研究によりH $\alpha$ 輝線の等価幅25Åを基準に分類できる可能性があることがわかった。これを検証するため、今後データ数を増やすこととTタウリ型星の分類基準値が10Åとされた過程を知ることが必要と考える。

### 謝辞

本研究を行うにあたり、大阪教育大学の福江教授、松本准教授にご助言を頂きました。また、美星天文台の綾元台長、前野研究員に観測について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

- 野本憲一『シリーズ現代の天文学 7 恒星』日本評論社 2009年
- AAVSO <https://www.aavso.org/apps/vsp/>
- 中国科学院雲南天文台 [http://www1.ynao.ac.cn/~jinhuahe/know\\_base/catalogues/sourcelists/list\\_ttau.htm](http://www1.ynao.ac.cn/~jinhuahe/know_base/catalogues/sourcelists/list_ttau.htm)
- European Southern Observatory <http://www.eso.org/~mvandena/haebetab1.html>
- T Tauri Stars: Overview <http://www.astro.up.pt/~dfmf/Thesis/Hypertext/node5.html>
- D. BARRADO Y NAVASCU ´ ES ET AL, " CLASSICAL T TAURI STARS AND SUBSTELLAR ANALOGS" (2004)

## $\gamma$ Cas型変光星の光度変化とスペクトルの関係

神本 紅愛、神澤 英寿、森村 瑞穂 (高2)、石垣 諒、佐々木 結芽、戸田 健路 (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、という仮説を検証するために研究を行った。本校が位置する光害影響も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に北天に位置するGamma Cassiopeiae (以下、ツィー) を研究対象とした。

### 2. ツィーについて

カシオペア座のW字の真ん中にあるカシオペア座 $\gamma$ 型変光星(図1)。高速で自転し、周囲のガス円盤による輝線がスペクトル中に確認されるためB型星の中でもBe星と呼ばれる。



図1 ツィー

### 3. 方法(表1)

本校屋上の望遠鏡を使用し測光・分光観測を行った(図2)。撮影したデータはすばる画像解析ソフトMakali'iを用いて解析を行い、ツィーの等級および検出した輝線の等価幅を算出した。比較星はHD5408を使用した(図3)。

表1 観測の詳細

使用機材	観測日	露光時間
タカハシ製口径300mmカセグレン式反射望遠鏡	2019/12/16	測光
タカハシ製口径90mmフローライト屈折望遠鏡	2020/1/20	2s・10枚
ST-402ME 冷却CCDカメラ		分光
Alpy600 分光器		10s・10枚



図2 使用機材

### 4. 等価幅(以下、EW)について

スペクトルの連続成分に対する輝線強度を表す量として定義。観測した輝線に対し表計算ソフトExcelを用いてガウシアンでフィッティングを行い、最小二乗法によって決定した理想モデルを元に算出した。単位はÅ。

### 5. 結果

H $\alpha$ およびH $\beta$ 輝線のEWを求めた(表2)。また、観測したスペクトルの相対強度をグラフで比較した(図4)。先行研究(Pollmann et al. 2014)から大きな光度の変動は見られなかったが、長期間で比較すると引き続き緩やかな増光傾向が認められた。

表2 等価幅と等級の変化

	2019/12/16	2020/1/20
EW $\alpha$	45.3	42.2
EW $\beta$	4.46	3.87
等級	2.16	2.04



図3 測光画像

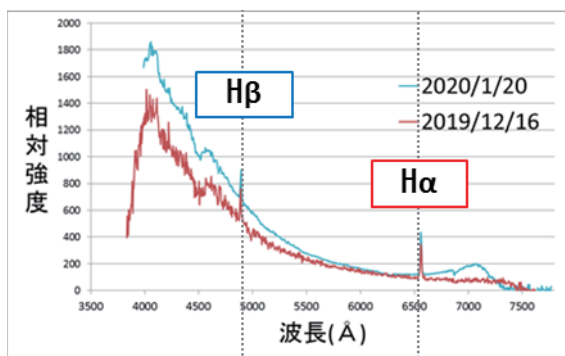


図4 スペクトルの比較

### 6. 考察

1) 長期的には、H $\alpha$ 輝線EWと等級に正(あるいは負)の相関が見られ、また、等級はゆるやかな増光を続けている(Pollmann et al.)という先行研究の傾向が確認できた。H $\beta$ 輝線EWにも同様の傾向が認められたが、値が小さいために正確な比較は困難と考えた。誤差が大きい可能性もあるため誤差範囲を算出する必要がある。また、データ数も十分でないため、今後さらに観測を続けたい。

2) 何らかの原因によって恒星周囲のガスリングの大きさ・密度が変化することで、輝線の等価幅に影響を及ぼしたと推測される。

### 7. 参考文献

- ・ POLLMAN, E.; VOLLMANN, W.; HENRY, G. W. , "Long-Term Monitoring Of H $\alpha$  Emission Strength And Photometric V Magnitude Of  $\gamma$  Cas" 2014
- ・ 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

## 矮新星ER UMaの多色測光観測

高田 晶玲、中島 矢穂、平山 凌、藤原 颯太、藤原 優花、宮田 温心、三好 悠太 (高1)  
 【兵庫県立北摂三田高等学校】

### 要 旨

国立天文台岡山分室に設置されている口径50cmのMITSuME望遠鏡を用いて矮新星ER UMaの多色同時測光観測を行った。日ごとの色変化を調べた結果、静穏時の色変化の振る舞いが他の矮新星と異なることを発見した。また、スーパーアウトバースト時に観測されるポジティブスーパーハンプの等級と色変化に強い正の相関があることを初めて確認した。本講演ではこれら新たに発見された現象について議論する。

### 1. はじめに

矮新星は軌道周期9時間以下の近接連星系で伴星からの質量輸送により白色矮星(主星)の周りに降着円盤を形成する(図1)。降着円盤から主星への質量降着により、アウトバーストと呼ばれる増光現象を定期的に繰り返す。矮新星おおぐま座ER星(ER UMa)は2種類のアウトバーストに加え、ポジティブ、ネガティブスーパーハンプと呼ばれる、2種類の短時間変動を起こすことで知られている。本研究ではこれまで観測例のないER UMaの多色同時測光観測を行い、色変化がどのような振る舞いを示すかを調べるとともに、過去に観測された他の矮新星の色変化との比較を行った。

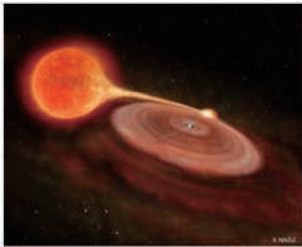


図1.矮新星の想像図。左の伴星からガスが流れ出し、右側の白色矮星の周りに降着円盤を形成する。(国立天文台より)

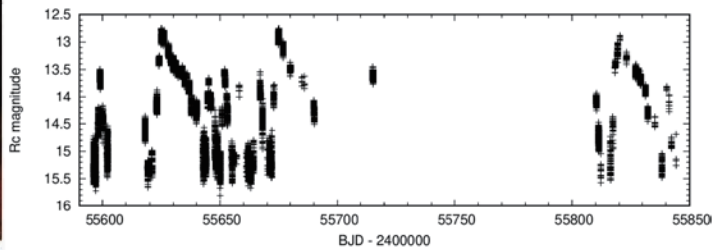


図2.ER UMaの光度曲線。観測期間中、8回のノーマルアウトバーストと3回のスーパーアウトバーストが検出された。

### 2. 観測と解析

観測は2011年2月から10月まで、国立天文台岡山分室に設置されている口径50cmのMITSuME望遠鏡を用いて行われた。MITSuME望遠鏡は $g'$ , Rc, Icの3色同時測光観測を行うことのできる望遠鏡である。観測、取得データ解析は共同研究者によって行われた。積分時間は30秒で、各バンドあたり約12000点のデータを取得した。

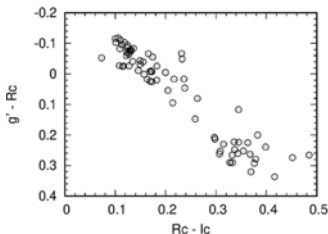


図3.日ごとの2色図。静穏時は右下、アウトバースト時は左上に位置する。

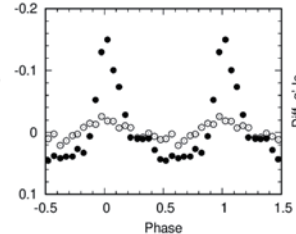
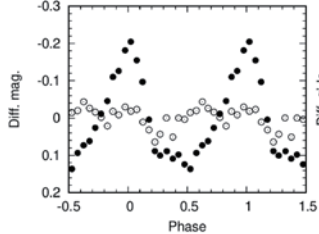


図4.(左)ネガティブスーパーハンプの等級(黒)と色変化(白)の関係。(右)ポジティブスーパーハンプの等級と色変化の関係。

### 3. 結果と考察

図2に今回得られたRcバンドの光度曲線を示す。観測期間中、8回のノーマルアウトバーストと3回のスーパーアウトバーストが確認された。スーパーアウトバースト時にはポジティブスーパーハンプが、静穏時にはネガティブスーパーハンプが確認された。図3は日ごとに平均した2色図を示す。図中の左上領域に位置する点は主にアウトバースト時のデータ点、右下領域に位置する点は主に静穏時のデータ点である。他の天体(SU UMa)における先行研究(Imada et al. 2013)では、静穏時のデータ分布が2領域存在したが、本研究ではそのような傾向は見られなかった。これはER UMaの静穏時の状態がSU UMaのそれと異なることを示唆するものと考えられる。図4はそれぞれのスーパーハンプの等級と色変化を表した図である。ネガティブスーパーハンプでは等級と色変化に正の相関があることが確認された。いくつかの先行研究によるとポジティブスーパーハンプでは等級と色変化に負の相関があることが知られている。今回の観測で得た結果はポジティブ、ネガティブのスーパーハンプでそれぞれ異なる物理機構が働いていることを示唆する。その一方で図2の2番目のスーパーアウトバースト初期のスーパーハンプと色変化の間に、非常に強い正の相関(0.78)を初めて確認した。これはER UMaのポジティブスーパーハンプに固有の現象なのかどうかは不明であるが、今後他のER UMa類似天体の多色同時測光観測を行うことで理解を深めていきたい。

謝辞：本研究の共同研究者であり、本研究の御指導をいただいた京都大学宇宙物理学教室/SACRAの今田明先生と大学院生の反保雄介さんにこの場をかりて感謝申し上げます。

# KIC8462852の測光観測結果と変光の考察

成蹊高等学校天文気象部：國分 そよか、山本 真理子、柴田 暁音、中村 圭登（高2）、  
吉川 日菜子、吉田 有里、岩切 美樹、沖浦 真由子（高1）【成蹊高等学校】

## 要 旨

私たち成蹊高校天文気象部では、不規則な変光で話題となったKIC8462852について、変光を観測するとともにいくつかの仮説を立てた検証を行い、不規則な減光の理由の解明を試みてきた(豊田ほか, 2018)。今回は、引き続き変光の観測を行うとともに、モデル実験などで変光の原因を探った。

### 1. KIC8462852とは

KIC8462852は、地球から見てはくちょう座方向に180光年離れた場所にある、明るさ $V=11.88$ のF型主系列星である。この星は、一般的な変光星のメカニズムでは説明できない突発的な減光を起こすと知られている。2017年にも減光が検出され、現在も非周期的な減光を続けていることが分かっている。また、減光現象を最初に論文にまとめた方の名前から「タビーの星 (Tabby's Star)」と呼ばれている。

### 2. 光度観測

成蹊高等学校の天体望遠鏡+冷却CCDで、2020年1月などに連続測光観測を行った。

望遠鏡：高橋製作所製 FS-152

冷却CCDカメラ：SBIC社製 ST-9

フィルター：ジョンソン・カズンズ測光用フィルター (SBIG社製)

測光ソフト：Makali'i Version2.1

### 3. 測光結果

図1はKIC8462852の測光結果の一例である。2020年1月20日（日本標準時）18時18分18秒から19時18分40秒の測光結果をグラフ化した。

二つの基準星を定め、KIC8462852と比較星1、比較星2の3つの星を測光した。比較星同士の等級の差の推移を点線で示し、比較星1とKIC8462852の等級の差の推移を実線で示した。その結果、多少の違いはあるものの、KIC8462852と比較星との光量の差が一定の範囲から大きく外れることはなかった。この結果は、観測期間内では共通であった。つまり、観測期間では探査機ケプラーが観測したような非周期的な減光は見られなかった。

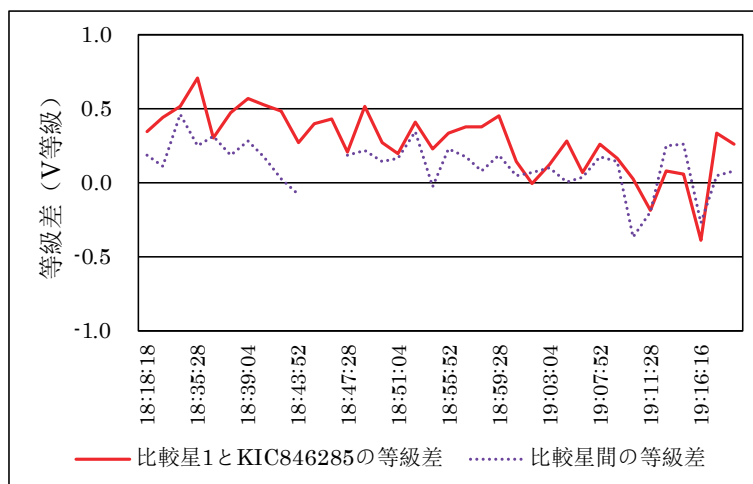


図1 KIC8462852の測光結果

### 4. 考察

非周期的な減光のメカニズムについては、塵などで減光していると考えている。現在モデルを作成して検証を行っており、ポスターで発表する予定である。

引用文献 豊田ほか(2018) 第20回ジュニアセッション講演予稿集

Schaefer, (2016), *Astrophysic. Jour. Letters.*, 822:L34.

## RR-CAPの水メーザー検出

上地 完太、久手堅 向日葵、黒木 桃香、仲泊 葉菜、國吉 健斗、山岸 大輝(高2)【沖縄県立球陽高等学校】、筒井 優友(高2)【東京都立国際高等学校】、唐下 希颯(高1)【広島大学附属福山高等学校】、野崎 朋香(高2)【熊本県立熊本高等学校】

### 要旨

誕生から約100億年経過し、膨張と収縮を繰り返し、それに伴い明るさが周期的に変化する恒星のことを変光星と呼び、明るさが100日から1000日で変わるものをミラ型変光星という。ミラ型変光星には、強力な電波を放射する水分子が存在する場合がある。今回私たちはRR-CAPからその電波の信号を新たに発見した。

### 1、はじめに

私たちは2019年7月31日～8月2日にかけてVERA石垣島観測局で行われた「美ら星研究体験隊」に参加した。このプロジェクトでは、VERA20m電波望遠鏡やむりかぶし望遠鏡を使って新しい電波星や小惑星の発見を目標としている。今回私たちは、VERA20m電波望遠鏡を使ったミラ型変光星の水メーザーの発見を目標として観測を行った。

### 2、方法

	観測時間	観測した天体数
観測1	7/31 18:00～ 8/1 06:00 (12時間)	15天体
観測2	8/1 06:00～ 18:00 (12時間)	14天体
観測3	8/1 18:00～ 8/2 01:00 (7時間)	7天体 (確認で2天体※)
観測4	8/2 01:00～ 08:00 (7時間)	7天体 (確認で4天体※)

※観測1、2において水メーザーかと思われる微弱な信号が見られた天体のより詳細なデータを得るため、再観測を行った。

### 3、観察結果と考察

36天体については、水メーザーの信号は見られなかった。RR-CAPについては、1度目の観測で水メーザーかと思われる微弱な信号が観測され、2度目の観測でも信号が観測された。再観測の結果、 $-53\text{km/s}$ のポイントに、水メーザーの信号が観測された。この信号が観測された時の雑音の大きさは0.073 (図3,A)、信号の大きさは0.532 (図3,B)、水メーザーの速度は $-52\text{km/s}$  (図3,C)であった。信号の信頼度を求める方法として信号雑音比がある。

$$\text{信号雑音比} = \frac{\text{天体の信号}}{\text{雑音}} = \frac{0.532}{0.073} \approx 7.3$$

信号雑音比が7以上の時、信頼度が99.999%以上である。

また、天体とその周りのガスの速度には違いがあり、その違いは相対速度で表される。今回の場合だと、RR-CAPは視線速度の符号が負であるため太陽系に対して近づいていることになり、その相対速度は水メーザーの速度 $-$ RR-CAPの速度で求められる。

$$\text{相対速度} = -52 - (-63) = 11\text{km/s}$$

一般的に天体とその周りのガスの相対速度は $10\sim 20\text{km/s}$ であり、今回観測された水メーザーもこの範囲に入っている。

以上のことから、RR-CAPの周りを覆うガス内にある水分子から水メーザーが放射されていると考えられる。

今回発見した水メーザーを長期間にわたって観測することで星の動きが分かり、他の水メーザーを放射する天体と共に観察することで天の川銀河の構造や恒星の一生を知ることができる。本研究結果が今後の天文学の発展に貢献できることを期待している。

### 5.参考文献、協力

「天文学辞典 公益社団法人日本天文学会」

令和元年度日本学術振興会ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI「美ら星研究体験隊」

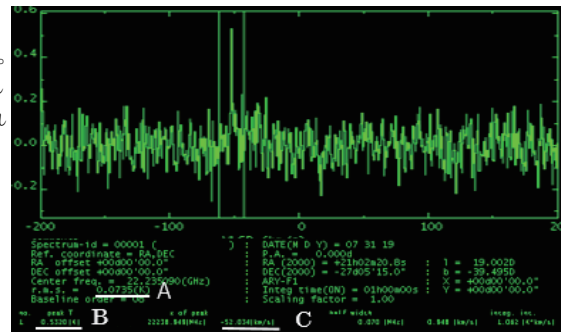


図1 2回目の観測時における、水メーザーの信号の様子



図2 RR-CAPの位置

## 星の色の不思議

天文気象部：成瀬 晴香、河合 彩花（高2）、吉畑 春希（高1）【兵庫県立舞子高等学校】

## 1. はじめに

私たちは、昨年10月～12月にかけて、2泊3日の合宿を3回行い、兵庫県立大学西はりま天文台で散開星団の撮像観測を行った。得られた撮像データを元に HR 図の作成を試みた。

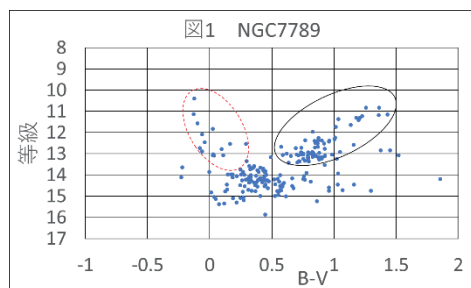
## 2. 観測・解析方法

観測には、兵庫県立大学西はりま天文台 60 cm 望遠鏡に冷却 CCD カメラ (SBIG STL1001) を取り付けて行った。色の比較を行うため、B バンドと V バンドの 2 色のフィルターで、露出時間 30 秒で撮影を行った。撮影対象の天体は、NGC7789、M52、M103 の 3 つの散開星団である。データ処理には、国立天文台の画像解析ソフト「マカリ (Makali' i)」を用いた。得られた画像データの一次処理として、ダーク補正とフラット補正を行い、この処理済みの画像を用いて開口測光を行った。この測光で求めたカウント値を用いて、星団中のすでに等級がわかっている星のカウントとの比を、等級差に置き換えた。求めた等級差に等級がわかっている星の等級を足した値を求めた。この作業を B バンドと V バンドそれぞれで行い、B バンドと V バンドの等級の差から色指数を求め、HR 図を作成した。

## 3. 考察

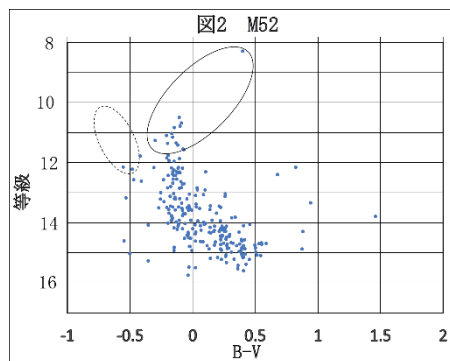
## &lt;NGC7789 について (図 1) &gt;

右上の方に主系列から離れている巨星が多くあるので、進化が進んでいると思われる。よって比較的年老いた星団であることがわかる。また、左上には進化が終わっているはずの星があることから青色はぐれ星 (ブルーストラグラー) があると考えられる。



## &lt;M52 について&gt;

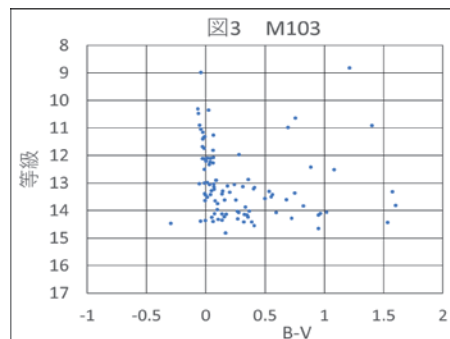
右上にある巨星数は NGC7789 より少ないことから NGC7789 よりも若い星団であることがわかる。そして左上に星がないので、青色はぐれ星 (ブルーストラグラー) が無いといえる。



## &lt;M103 について (図 3) &gt;

上の方にある星は主系列から離れかかっているため巨星であるが NGC7789 に比べて数が少ない。そのため M52 と同じく、若い星団である。そのため、青色はぐれ星はないと思われる。

※測光の際に M103 ではないと思われる星や、カウント値を求めた際に使えないと思った星を取り除いている。



## 4. まとめ

今回は 3 つの散開星団について研究を行ったが、それぞれ異なった特徴をもつことがわかった。既に研究されて分かっている散開星団の特徴と今回の研究結果を比べてみると殆ど一致していたので、より正確に観測や計算ができたと思われる。しかし、M103 では NGC7789 や M52 のように上手く測光ができなかったため、測光の精度を上げれば今回よりも正確で特徴のある HR 図を作成できたと思う。

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。



## 散開星団M39のCM図を用いた年齢の推定

遠藤 美月 (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

散開星団M39を撮影し、ポグソンの式と、距離と見かけの等級の関係式を用いて絶対等級を算出し、色等級図を作成した。星間赤化を補正して恒星進化曲線と照らし合わせたところ、M39の年齢はおよそ8億年と予想できた。

### 1.M39について

はくちょう座α星(デネブ)の北東に位置する散開星団。先行研究での年齢はおよそ3億年<sup>(1)</sup>と推定されている。

### 2.研究方法

#### 2-1 観測と測光

2019年8月3日に本校のタカハン製スカイ90フローライト望遠鏡(口径90mm)、冷却CCDカメラ(図1)を使用してBバンド(10s×10枚)、Vバンド(10s×10枚)にわけてM39を撮影した。撮影した画像を画像解析ソフトマカリを使用して合成し(図2)、各バンドそれぞれ104個の星を測光した。



図1.本校の望遠鏡(左)と冷却CCDカメラ(右)

#### 2-2 絶対等級の算出

2-1の測光で得たカウント値を用いてM39の絶対等級を求めた。この際、絶対等級の算出にポグソンの式と、距離と等級の関係式を使用した。また、HD205210を比較星とした(図2丸部分)<sup>(2)</sup>。



図2.Bバンド画像(左)とVバンド画像(右)

#### 2-3 CM図の作成

2-2の値より、縦軸に絶対等級、横軸にB-V値をとったCM図を作成した(図3)。

$$R = A_v / E(B - V)$$

... Rは様々な観測から決まる値で、一般にR=3.1を使用  
 $A_v$ はVバンドでの減光量(等級)  
 $E(B-V)$ は色指数B-Vの赤化量(等級)

図4.星間補正に使用する式

#### 2-4 星間補正を行う

星間物質による減光が原因で生じたグラフのズレをなおすために図4の式を使用して星間補正を行った。

#### 2-5 恒星進化曲線と照らし合わせて、年齢を予想する

星間補正をしたCM図に恒星進化曲線<sup>(3)</sup>を重ね合わせ、グラフの折れ曲がり点(図5の丸部分)から年齢を推定した。

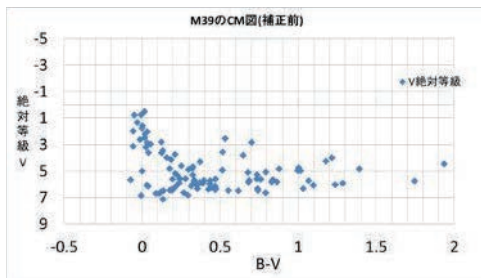


図3.CM図(補正前)



図5.CM図(補正後)と恒星進化曲線

### 3. 結果

図5の折れ曲がり点から、M39の星団年齢をおよそ8億年と推定した。

### 4. 考察

本研究の結果と先行研究の間には5億年の差が生じた。この原因として、測光に選択した星がM39の及ぶ範囲外の星だったため、また、測光した星が比較的明るい星が多かったため、と考えた。

### 5. 参考文献

- (1) 「Messier Object 39」 (<http://www.messier.seds.org/m/m039.html>)
- (2) 「SIMBAD」 (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-basic?ident=HD205210&submit=SIMBAD+search>)
- (3) 「マカリ-国立天文台」 (<http://makalii.mtk.nao.ac.jp/index.html.ja>)

## 恒星はガスがないところから生まれるのか？

「もしも君が杜の都で天文学者になったら…」3時のおやつ班:

角田 渉 (高2) 【名古屋高等学校】、大浦 令惟 (高2) 【宮城県石巻高等学校】

永野 涼子 (高2) 【埼玉県立浦和西高等学校】、沢田 優菜 (高1) 【宝仙学園高等学校共学部】

### 1. 背景・目的

現在解明されている恒星の形成について、「恒星はガスがあるところから生まれる」という一般論がある。それが事実であるのかを再考し、観測した2つの球状星団の色等級図を元に考察した。

### 2. 仮説

球状星団は星形成の時に必要なガスを使い切ってしまう、現在はガスが残っていない。そして、1つのガスからできる星はほぼ同時期にできたと考えられる。そのため、赤色の恒星の球状星団の中で青色の恒星を見つけたとき、その恒星は星団内の恒星よりも若いことが言える。このことから「恒星はガスがあるところだけではなく、ガスがないところでも誕生している」という仮説を立てる。また、球状星団では恒星どうしの衝突や質量の移動から青色はぐれ星が誕生することがわかっており、青色はぐれ星はガスがないところから生まれた恒星と分類する。

### 3. 観測

NGC5053 2:45-3:00 (R・V・Bバンド撮像観測、積分時間はR、V、Bの順に40s、45s、50s)

NGC5466 3:00-3:40 (R・V・Bバンド撮像観測、積分時間はR、V、Bの順に40s、45s、50s)

仙台市天文台のひとみ望遠鏡(口径1,3m)での観測データを測光し、色等級図を作成した。

標準星はBD+18 2709を用いた。

### 4. 結果

縦軸を絶対等級、横軸を色指数 (B-V) とした色等級図を作成した。

そこから、NGC5053のHR図上に青く若い星はなかった。

NGC5466のHR図内の左側に3つ集団から外れた星があった。ということが見られた。

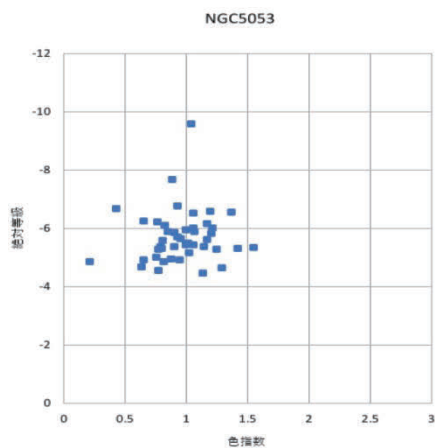


図 1

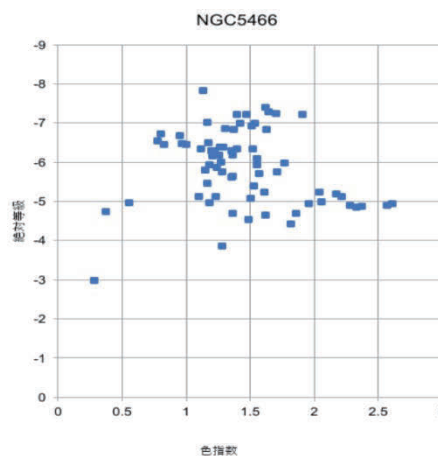


図 2

### 5. 考察

図1のHR図上に青い星はなかった。

図2のHR図において見つかったHR図内の左側に3つ塊から外れた3つの星は、青色はぐれ星と考えられる。この結果から、ガスがない所からでも恒星は誕生していると考えられる。

### 6. 参考文献

- ・AstroArts <http://www.astroarts.co.jp> (2019年12月25日閲覧)
- ・天文学辞典 <http://astro-dic.jp> (同年12月26日閲覧)
- ・ナショナルジオグラフィック <https://natgeo.nikkeibp.co.jp/> (同年12月26日閲覧)
- ・理科年表 平成27年 国立天文台編
- ・現代の天文学7 恒星



## 惑星状星雲の細分化 ～太陽の最期の姿～

もし天2018 4K班：

野澤 大河 (高3) 【東京都立戸山高等学校】、中原 京香 (高2) 【豊島岡女子学園高校】  
菅沼 斗偲 (高2) 【栄光学園高等学校】、丸山 満ちる (高2) 【洗足学園高等学校】

### 概要

私達は、身近な恒星である太陽がいつどのような形状の惑星状星雲(以下PNeとする)になるのかを知りたいと考えた。そのために赤色巨星からPNeになるまでの過程を明確にする必要がある。今回2種類の形状のPNeを観測し、質量と年齢について考察した。結果として過程を明確にすることはできなかったが、PNeの研究における課題が見つかった。

### 1.はじめに

PNeはその形状により円型、双極型に分けられる。先行研究によるとこれらは星雲中の重元素の存在質量比でも分類することができ、ヘリウム窒素比が $10^{-3}$ 以下の時に円型、 $10^{-2}$ 以上の時に双極型とされる。私達はPNeの形状はそれが形成されてからの時間(以下年齢とする)とも相関を持つのではないかと考え、複数のPNeを観測することでその相関を明らかにし、最終的に太陽がいつどのような形状のPNeになるのかを研究テーマとした。また、現行の分類の基である重元素存在質量比は元の恒星の質量と相関を持つと考えられるので、元の恒星の質量も求め年齢とともにPNeの形状を細分し、赤色巨星からPNeへの進化過程を明確にしようと試みた。

### 2.方法

元の恒星の質量は、中心星の質量と相関があるので、B,Vバンドでの視等級をもとにこれを求めた。また年齢は先行研究を元に求めた。

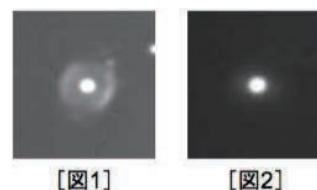
### 3.観測

仙台市天文台のひとみ望遠鏡と冷却CCDカメラを用いて、2018年12月24日に観測した。観測した天体は円型；M97、NGC1514、NGC40、NGC1535と双極型；NGC2346、NGC7026である。

### 4.結果

#### i)観測天体

観測した6天体の内、例として2つを[図1：NGC40]、[図2：NGC2346]に挙げる。尚、両方ともBバンドで撮影した。また、図1でも見られるように本来撮像できないはずの星雲部が観測できるものもあり、そのなかでもNGC7026は2つの円が重なった、特異な形状の星雲が見られた。

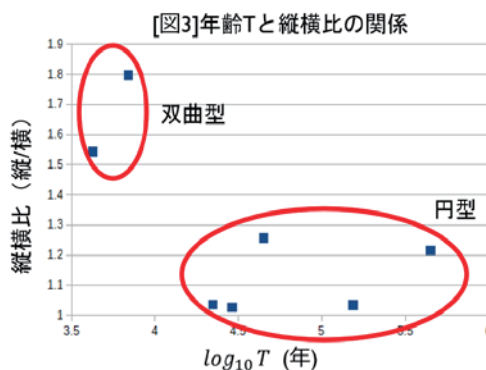


#### ii)元の恒星の質量

撮像して得られたデータから算出した中心星の質量の値があまりに小さすぎる結果となり、元の恒星の質量を推定することができなかった。

#### iii)年齢と形状との相関

PNeの年齢と形状の関係を[図3]に示す。双極型の方がより年齢が若く、細長いことがわかる。但し円型のPNeのデータにはバックグラウンドデータとして質量、年齢の既知である天体を含めている。



### 5.考察

正しい質量の値が得られなかったのは撮影した画像から中心星の光度を測るとき、周りに映っていたダストの光を考慮しきれなかったことだと考える。

次に、年齢と形状について[図3]からPNeの形状進化についていくつかの仮説が考えられたが、今回得られたデータ数は少なくそれらのどの説が正しいと評価するには至らなかった。

観測で得たPNeの一部で中心星の周りに星雲部が見られた。

B,Vバンドでの撮像観測で見られたことから、これはガスではなく連続スペクトルで光るダストであると考えられる。またNGC7026を観測した際ダストの形状が2つの円が重なったように見えたことに関して、進化途中であるから、中心に連星が存在しているから、という二つの仮説を考えた。

### 6.まとめ

今後は得られた画像から中心星の光度を正確に求める手法の検討や、観測データ数を増やす、PNeの視線方向からの傾きを考慮するなどして、最終的な目的である、太陽の最期の姿を求めたいと考える。

### 7.参考文献

- ・D.E.オスターブロック (2002)「ガス星雲と活動銀河核の天体物理学」田村真一訳 東北大学出版会
- ・Gurzadyan, Grigor A (1997)「The Physics and Dynamics of Planetary Nebulae」Astronomy and Astrophysics Library
- ・野本 憲一,佐藤 勝彦,定金 晃三編 (2009)「現代の天文学7 恒星」日本評論社

## Zanstraの手法による惑星状星雲中心星の表面温度の推定

銀河学校2019 B班：

石本 貴昭(高2)【中央大学附属高等学校】、大野 智洋(高3)【甲陽学院高等学校】、  
 笹田 翔太(平成30年度卒業)【京都府立洛北高等学校】、柴田 美羽(高1)【広島大学附属高等学校】、  
 菅沼 斗憊(高2)【栄光学園高等学校】、西内 月紅実(高2)【東京都立日比谷高等学校】、  
 村田 響子(高2)【お茶の水女子大学附属高等学校】

### 要旨

本研究ではZanstraの手法を利用し、2波長帯の撮像観測から、惑星状星雲中心星(Central Star of Planetary Nebula: CSPN)の有効温度の推定を試みた。その結果、先行研究における値から8000K程度の偏差ではあるが、有意な推定に成功した。

### 1. 序論

天体の有効温度の推定には、一般にウィーンの変位則が用いられる。しかし、CSPNの有効温度については、その周囲に分布するH原子の影響で一般的手法による測温ができない。そこで我々は、電離水素原子の再結合によって放出されるH $\alpha$ 輝線の強度と、天体の有効温度に対応があることを利用し、複数のCSPNの有効温度を検討した。

### 2. 方法

東京大学木曾観測所 105cmシュミット望遠鏡、広視野CMOSカメラ Tomo-e gozen, R帯、H $\alpha$ 帯のフィルターを用いて、3つの惑星状星雲 PN G190.3-17.7 (天体A), PN G211.2-03.5 (天体B), PN G232.0+05.7 (天体C) を観測し、この波長帯域の撮像画像を得た。ここから目標天体の波長帯域ごとの放射量を求め、これを光子数に変換した。また、2波長帯域の光子数比と有効温度の関係を示すグラフ(図1)を作成し、CSPNの有効温度を推定した。

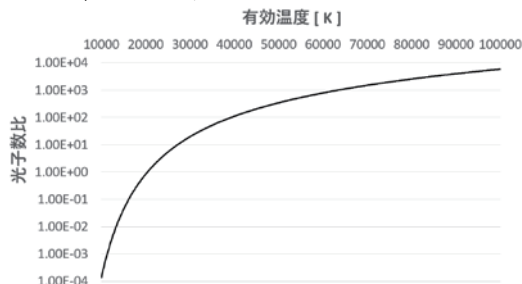


図1: 2波長帯域の光子数比と有効温度の関係

### 3. 結果

天体A~Cの有効温度はそれぞれ23500K, 22000K, 20600Kと推定された。

### 4. 考察

H $\alpha$ 線を放出するためには最低で20000Kの有効温度が必要である[1]。また、今回の目標天体は観測と測光の都合上、近距離にある視直径の小さいものを選択した。このような天体は形成後間もない天体のため、有効温度が低い傾向がある。これらは得られた有効温度と大きく矛盾せず、本研究の解析は理論的に妥当と言える。

また我々は、H $\alpha$ 帯がR帯に含まれることによる誤差(図2参照 これを誤差Aとする)と、H $\alpha$ 帯を除くR帯で、波長に係わらず放射強度を同じと仮定することによる誤差(これを誤差Bとする)に注目した。しかし、これらの影響は結果に直結する光子数比に対して5%以下であり、ほぼ無視できるという結論を得た。

なお、天体Cの有効温度は、先行研究において

28100 $\pm$ 300Kとされている[2]。両者で有効温度値に違いが生じた原因として以下の2点が考えられる。1つ目に、大塚らのモデルの紫外線吸収量が、波長91nm以下の光が全て吸収されるとした本研究での仮定を大きく下回ること、2つ目に、大塚(2019)ではスペクトルにH $\alpha$ 線以外にも輝線が見られ、これらによっても水素原子の電離で吸収されたエネルギーを放出していると考えられることである。

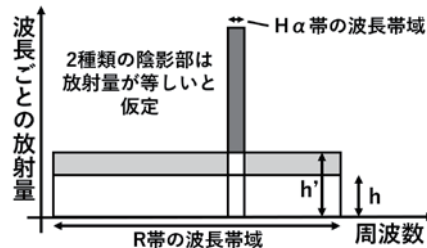


図2: R帯とH $\alpha$ 帯のスペクトルの模式図

有効温度の推定に必要な放射量の値は  $h$  だが、誤差Aを考慮しない解析では  $h'$  が得られる。

### 5. 結論

今回の研究により、CSPNの有効温度について、理論値に矛盾しない有意な推定を行うことができた。星雲部の紫外線の透過とH $\alpha$ 線以外の輝線の放射について考慮することで、推定の精度を上げることができると考えられる。これをより多くの高温天体に施すことで、表面温度を比較的簡単に得ることができる。これは高温天体について詳しい分類を行ったり、その形成年代を推定するなど、より深い理解を得る基礎となりえる。

### 6. 謝辞

本研究を進めるにあたって多大なる助力を頂いた、東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター 大澤亮特任助教, NPO法人 Science Station, 東京大学木曾観測所の皆様に深く感謝申し上げます。

### 7. 参考文献

- [1]W.A.Weidmann and R.Gamen.Central stars of planetary nebulae.II.New OB-type and emission-line stars. AA,Vol.531,p.A172,Jul 2011.
- [2]Masaaki Otsuka. Physical properties of the fullerene C<sub>60</sub>-containing planetary nebula SaSt2-3. MN-RAS,Vol.482,No.2,pp.2354-2373,Jan 2019

## The comparison between the Moon and the Mars spectrum

Warintebra Khammayom (Grade 11)

[Chak Kham Khanathon School Lamphun, Thailand]

### Abstract

The purpose of this project study spectrum of the moon and mars by comparing spectrum of both object and also comparing dark and bright area of the mars. The data was taken from 0.7 m telescope at Narit regional Observatory for the Public at Nakhon Ratchasima Province. We founded that the slope of spectrum of mars is higher than moon. From the result can be explain that Mars appear red. Furthermore, we compare between dark and bright area of the mars. The spectroscopy analysis of mars and moon are similar. Bright area have strong Al Ni C and N elements more than dark area. However, the reasons might be atmosphere of light scattering.

### 1. Introduction

Mars and Moon can't produce their own light. They are receive from sunlight. The spectroscopy method can detect a chemical element and compound. Both spectrum show absorption lines. This work show that the spectrum observed the reflected planet spectrum.

### 2. Materials and Method

- 1) Process spectra with the AudeLa software and reduce noise again with gaussian filter using Visual spec software.
- 2) Normalized spectrum by using ISIS software, analyzed the chemical with Visual spec software.

### 3. Result and Discussion

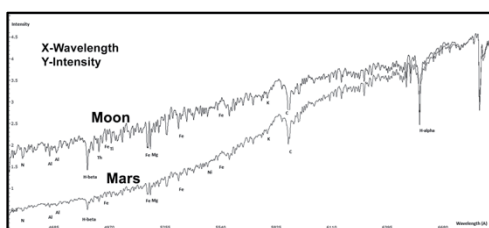


Fig.1 Spectrum of the Moon and Mar.

From Fig.1 comparing the spectrum of Mars and the Moon, The author found that there are absorption lines of Al, K, N, C, H, Fe and Mg. For absorption lines of Ti and Th found only in the spectrum of the Moon and absorption lines of Ni found only in the spectrum of Mars.

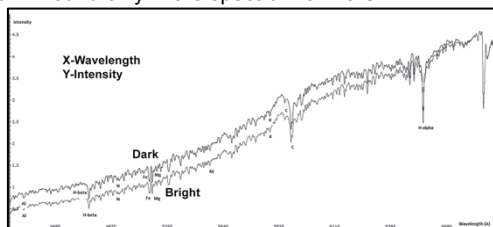


Fig.2 Spectrum of bright and dark area of Mars.

From Fig.2 there are absorption lines of Al, H, N, Fe, Mg on bright and dark area of Mars.

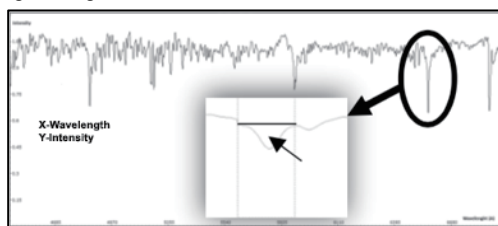


Fig.3 Normalized spectral and find area of elements.

From Table 1 (Compering spectrum of Mars and the Moon)

- 1) The author found that Mars has strong absorption lines of Fe, N, K and C but weak absorption lines of Al and Mg.
- 2) There is stronger absorption lines of N from bright area more than dark area on Mars.
- 3) There are the similar absorption lines of H on the Moon and Mars. This indicates that H is not found on both objects.

### 3. Conclusion

The spectrum present spectrum of mars and moon in different slope. Mars is higher slope than Moon. From the result can be explain that Mars appear red. A chemical element analysis in bright and dark area of mars show strong absorption lines of Al Ni C and N in bright area.

### 4. Acknowledgment

I would like to thanks Miss Autchara Teeravittayanukun (advisor), Mr.Smanchan Chandaiam, Mr.Matipon Tangmatitham and the National Astronomical Research Institute of Thailand (Narit) for supporting the project.

Reference : Mars. [Online] Search from:<http://nso.narit.ro.th/index.php>.

$$\text{Spectrum ratio of mars and moon} = \frac{\text{Sun spectrum, Earth's atmosphere, Mars'atmosphere}}{\text{Sun spectrum, Earth's atmosphere, Moon's surface}}$$

$$\text{Spectrum ratio of bright and dark area of mars} = \frac{\text{Sun spectrum, Earth's atmosphere, Mars'surface, Mars'atmosphere}}{\text{Sun spectrum, Earth's atmosphere, Mars'surface}}$$

Table1 Ratio between Light Mars : Lunar and Light Mars : Dark Mars

element	λ(nm)	Area of the absorption line		
		Lunar	Light Mars	Dark Mars
Al	452.88	1.34	0.90	0.87
	466.69	0.82	0.78	0.76
<b>sum</b>		<b>2.16</b>	<b>1.68</b>	<b>1.63</b>
<b>Ratio</b>			<b>0.78</b>	<b>1.03</b>
N	453.00	0.64	2.10	1.89
<b>Ratio</b>			<b>3.28</b>	<b>1.11</b>
K	578.20	0.33	0.37	0.37
<b>Ratio</b>			1.21	1
Fe	495.77	0.69	0.79	0.59
	516.76	2.70	2.42	2.64
	532.79	0.91	1.17	1.19
	558.67	0.37	0.49	0.45
<b>sum</b>		<b>4.67</b>	<b>4.87</b>	<b>4.87</b>
<b>Ratio</b>			<b>1.04</b>	<b>1</b>
H	486.13	1.90	1.90	1.90
	656.26	2.07	2.07	2.07
<b>sum</b>		<b>3.97</b>	<b>3.97</b>	<b>3.97</b>
<b>Ratio</b>			<b>1</b>	<b>1</b>
Mg	518.40	1.00	0.95	0.95
<b>Ratio</b>			<b>0.95</b>	<b>1</b>
C	589.00	0.52	1.32	1.28
<b>Ratio</b>			<b>2.54</b>	<b>1.03</b>
Ni	547.70	-	0.58	0.56
<b>Ratio</b>		-	-	<b>1.04</b>

## The Study of the Period of V1162 Orionis Variable Star

Waralee Chairprasop (Grade 11)

[Chakkhamb Khanathon School, Lumphun, Thailand]

### Abstract

The purpose of this research study the period change of variable star V1162 Orionis. In this work, The observation data was taken from CCD attached to the 0.7 m telescope at Spring book observatory (SBO) in Australia. Four-night data was obtained in B and V filter. We combine eclipse timings from published data and our data. From the O-C variation show parabolic curve. This signal can be explained that period decreasing with  $2.81 \times 10^{-11}$  day/cycle or  $1.66 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ . That can be interpreted as an evolutionary effect of pre-main sequence star. B-V = 0.21 mag, mean effective temperature of the star about 7500 K.

#### 1. Introduction

V1162 Orionis is variable star type delta-scuti with short period 0.078684 days or 1.88 hours. (RA 05h 32m 1.99s, Dec -07° 17' 30.08"). The pulsating star are caused by expansion and collapsing in outer layer. Light curve of pulsating star change brightness over the time. In this study, we will examine the period change of V1162 Orionis.

#### 2. Materials and Method

- 1) Observed V1162 Orionis 0.7 m telescope at Spring book observatory (SBO) in Australia in filter B and V with exposure time 30 second from 11-14 January 2019.
- 2) Data reduction and photometry with software AstrolmageJ.
- 3) Plot Light curve between HJD and flux of star and calculate time of maximum ( $t'_{max}$ ) from the light curve.
- 4) Analysis period change by collection time of maximum from published data (T. Arentoft et al.(2001), Seung-Lee Kim.(2016)) and our data. Calculate period change followed this equation of Hintz et al (1998).  

$$T_{max}(HJD) = 2447110.779 + 0.079E \quad \text{----- (1)}$$
- 5) Fitting polynomial curve compare with sinusoidal curve. Finding the best fit.
- 6) Calculate color index (B-V) by using apparent magnitude B-V.

#### 3. Result and Discussion

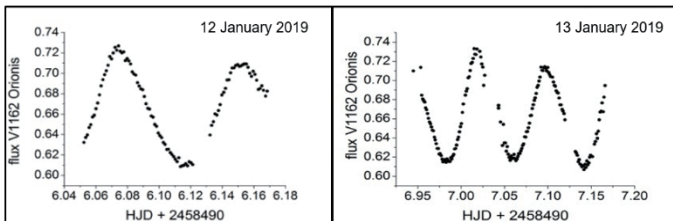


Fig 1: Light curve of V1162 Ori on 12-13 January 2019, Which plot between HJD and rel flux.

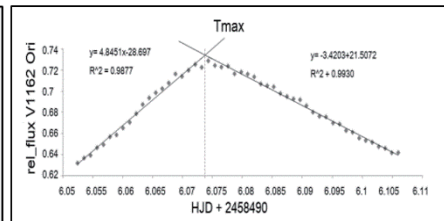


Fig 2: The graph shows how to calculate The time of Maximum

From the Fig 1, Four times of maximum were obtained as T<sub>12</sub> Jan 2019 (HJD) = 2458496.07, 2458496.15 and T<sub>13</sub> Jan 2019 (HJD) = 2458497.02, 2458497.10, respectively.

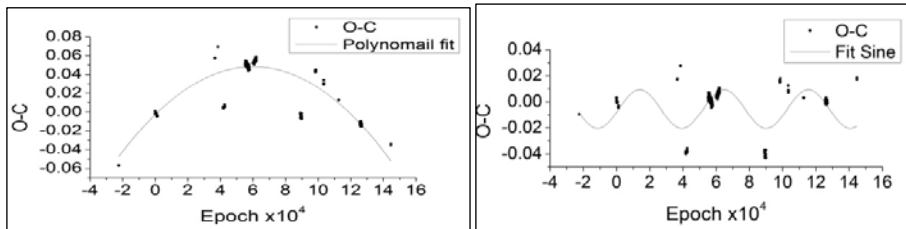


Fig 3: The O-C diagram of V1162 Orionis in Fitting polynomial and sinusoidal curve.

As show in Fig 3. The equation of Polynomial II is  $O-C = (-1.40 \times 10^{-11})e^2 + (1.69 \times 10^{-6})e - (2.65 \times 10^{-3})$  The value of  $dp/de = 2a = 2.81 \times 10^{-11}$  day/cycle can be converted to the period change  $1.66 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ .

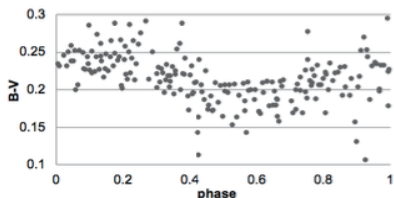


Fig 4 : The color index (B-V) in the range 0.17-0.25 mag.

#### 4. Conclusions

V1162 Orionis is  $\delta$  Scuti-type star. The O-C diagram show a combination of a downward parabolic variation with a period decreasing rate of  $2.81 \times 10^{-11}$  day/cycle or  $1.66 \times 10^{-6} \text{ y}^{-1}$ , mean V1162 Orionis was provided in pre-main sequence star according to predicted theoretically from Breger & Pamyatnykh (1998). The color index (B-V) in the range 0.17-0.25 mag. That star have an effective temperature about 7500 K.

#### 5. Acknowledgments

I would like to thanks Miss. Autchara Teeravittayanukun (advisor), Miss Sawatkamol Pichadee, Mr. Somsawat Rattanasoon, Mr. Matipon Tangmatitham, the National Astronomical Research Institute of Thailand (Narit) and the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) for supporting the project.

#### 6. References

- Arentoft, T., Sterken, C., Handler, G. et al. 2001, A&A, 374, 1056.
- Breger, M., & Pamyatnykh, A. A. 1998, Period Changes of  $\delta$  Scuti Stars and Stellar Evolution, A&A 332, 958.
- Seung-Lee Kim.(2016). Three-Site Photometric Monitoring of  $\delta$  Sct-Type Pulsating star V162 Orionis.

# The study of factors affecting CME

Watsamon Trakulsirisak (Grade 12)

[Siyanusorn School, Chanthaburi, Thailand]

## Abstract

This project is the study on the relationship between the intensity of Coronal Mass Ejection (CME) and various factors such as the speed of solar wind, the number of sunspots, the size of sunspots and the Interplanetary Magnetic Field (IMF) in 2014. The author found that when all the factors increase, the intensity of Coronal Mass Ejection (CME) will also increase. Then the author found the simple linear regression that shows the relationship between CME and all the factors. The author also use this linear regression to predict the intensity of CME in another year.

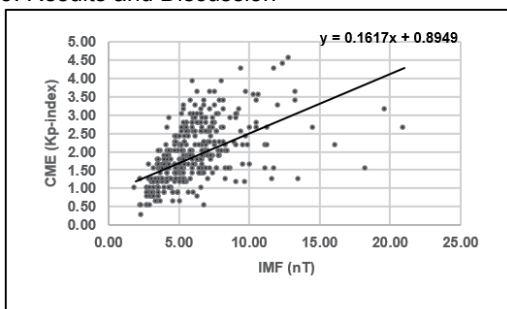
## 1. Introduction

Coronal Mass Ejection (CME) is a significant release of plasma along with magnetic field from the solar corona. They often follow solar flares and are normally present during a solar prominence eruption. The plasma is released into the solar wind. CMEs are often associated with other forms of solar activity and most of them originate from active regions on the solar surface, such as groupings of sunspots associated with frequent flares.

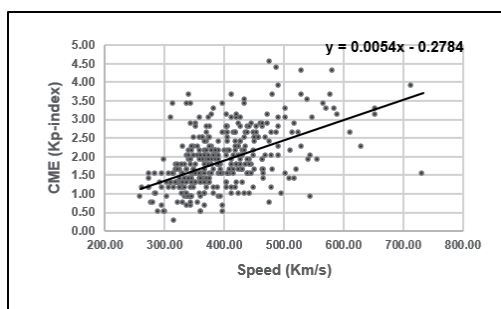
## 2. Methods

- Collect data on Kp-index, speed of solar wind, number of sunspots, size of sunspots and IMF.
- Create a graph showing the Kp-index value with various factors that relate to time.
- Correlate each quantity by analyzing the correlation coefficient.
- Calculate the simple linear regression to show the relationship model of each data set.

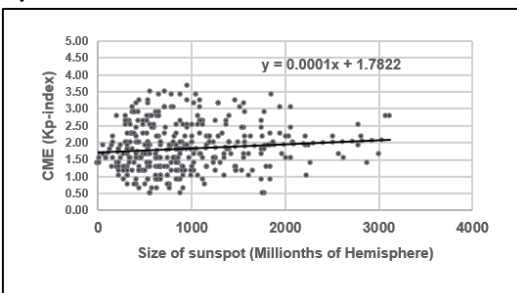
## 3. Results and Discussion



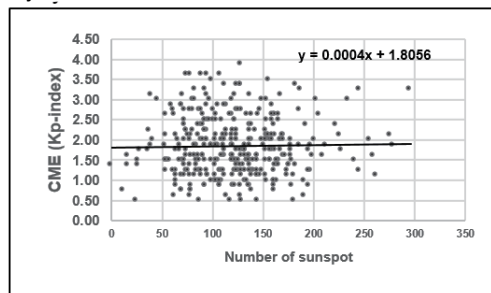
Graph 1 :The graph shows the Linear Regression between Kp-index and IMF in 2014 is  $y = 0.1617x + 0.8949$ .



Graph 2 :The graph shows the Linear Regression between Kp-index and speed of solar wind in 2014 is  $y = 0.0054x - 0.2784$ .



Graph 3 :The graph shows the Linear Regression between Kp-index delaying 4 days and Size of sunspots in 2014 is  $y = 0.0001x + 1.7822$ .



Graph 4 :The graph shows the Linear Regression between Kp-index delaying 4 days and Number of sunspots in 2014 is  $y = 0.0003x + 1.8393$ .

## 4. Conclusions

The intensity of CME (Kp-index) and various factors in 2014 have been related in the form of direct variation. For the correlation model, the author calculated the simple linear regression between the Kp-index and 4 various factors. These are as follows:

- 1) The Kp-index and the speed of solar wind :  $y = 0.0054x - 0.2784$
- 2) The Kp-index and IMF :  $y = 0.1617x + 0.8949$
- 3) The Kp-index and the number of sunspots :  $y = 0.0003x + 1.8393$
- 4) The Kp-index and the size of sunspots is  $y = 0.001x + 1.7822$

## 5. Acknowledgment

I would like to thank Mr.Chan Thaowanee (advisor), Mr.Matipon Tangmatitham, the National Astronomical Research Institute of Thailand (Narit) and the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).

## 6. Reference

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



## The relations between numbers of stars and sizes of the galaxies

Jinpisuth Archaphet (Grade 12)  
 [Wattanothaipayap School, Chiang Mai, Thailand]

### Abstract

This study is the investigation of the correlation between the galaxies' size and the number of stars, comparing the correlation among different types of galaxies by create a comparison chart of the correlation the number of stars and the galaxies' size. The result of this study shows that the number of stars varies directly with the galaxies' size. On the other hand, it can be said that the higher number of stars, the larger size of the galaxy. These relationships of the majority of galaxies are crowd in the similar range. In addition, Elliptical galaxies (E-type galaxies) have higher number of stars than other types of galaxies.

### 1. Introduction

Galaxy is a celestial body which is the large system consists of numerous stellar systems, interstellar gas and dust. Galaxies have the difference in their shape and size, these differences also cause the difference in the number of stars in galaxies. The author of this study investigated the correlation between the galaxies' size and the number of stars in various types of galaxies by using images from the SIMBAD database to find these relationships.

### 2. Research methodology

- 1) Select galaxies' images from SIMBAD and VIZIER database (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>), then use the software SAOImageDS9.
- 2) Determine the estimated size of galaxy (20% of its actual size) from galaxies' contour images in SAOImageDS9, then calculated contour 20% galaxy size in degree and radian.
- 3) Calculate the absolute magnitude (M) of each galaxy.
- 4) Calculate the number of stars of each galaxy.
- 5) Create the comparison chart of the correlation between the number of stars (Y-axis) and the galaxies' size (X-axis).

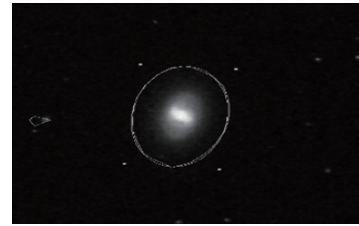
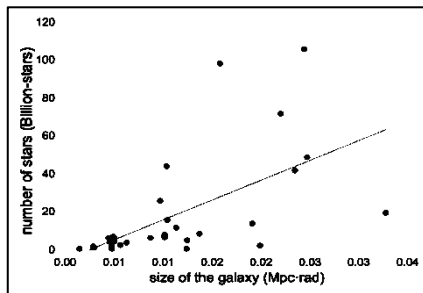


Fig 1: The contour image of the Galaxy in SAOImageDS9 (Measuring the size of the galaxy)

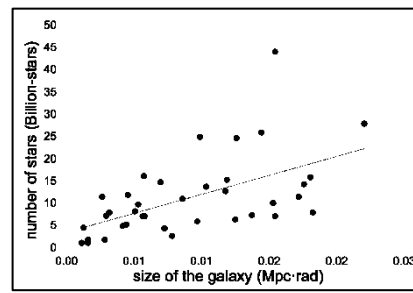
### 3. Results and Discussion

Table 1: The summary of the number of stars in each galaxy type.

Type of galaxy	The number of stars (Billion-stars)	The size of the galaxy (Mpc-rad)	The highest number of stars in each type of galaxies (Billion stars)	The number of studied galaxies	The average of stars for galaxy type (Billion-stars/Mpc-rad)
E	0-20	0-0.015	106	32	highest
S0	0-20	0-0.009	54	79	moderate
SAB	0-20	0-0.02	45	38	lowest
SB	0-20	0-0.008	48	55	high
S	0-20	0-0.007	49	98	low



(a) Ellipticals



(b) Spirals

Graph 1: The relationship between the number of stars and the size of galaxies in different types of galaxies. For examples, Elliptical galaxies (Left) and Spiral galaxies (Right).

### 4. Conclusions

The study found that the number of stars varies directly with the size of galaxies. On the other hand, it can be said that the higher number of stars, the larger size of the galaxy. However, This direct variation pattern is not found in some galaxies.

### 5. Acknowledgment

I would like to thank Mr. Siwarut Ploydeang, Mr.Dondanai Bunjong (advisor), Mr.Matipon Tangmatitham and the National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization).

### 6. Reference

Ann H. B., Mira Seo , and Ha D. K. (2015). A CATALOG OF VISUALLY CLASSIFIED GALAXIES IN THE LOCAL (z ~ 0.01) UNIVERSE. The Astrophysical Journal Supplement Series. 217:27

# The star tracker mount for the DSLR/Mirrorless Camera

Natkanin Ponpinij (Grade 12)

[Piboonbumpen Demonstrations School Burapha University, Chonburi, Thailand]

## Abstract

This project is the design and process of creating a star tracker mount for the DSLR/Mirrorless camera. The design of the structure is made through SOLIDWORKS Student Design Kit, electrical and circuitry through EasyEDA and programming by Arduino IDE. Then tested with Sony A7II camera. By increasing the exposure time 30 seconds each time until the star trails appear. In conclusion this tracking mount has maximum tracking time within 180 seconds. And the flaw in the system has been caused by misalignment of the mount and defect in the gear assembly.

## 1. Introduction

We use camera to photograph dim celestial objects. Due to the long exposure time and the Earth is rotating, this would cause a star trail to appear in the image. Which could be eliminate by rotating the camera around the same axis and same angular velocity as the Earth rotate. But in the opposite direction. The currently available telescope mount is not suitable for amateur photographer who uses DSLR/Mirrorless camera.

## 2. Methodology

- 1) Calculate the stepping speed of the stepper motor with the gear ratio of 60 : 1 (4.4566 Step/Second), design the algorithm of the system, then design and etch electrical PCB.
- 2) Design the structure and gear supporter (Figure 1). Then fabricate the part at local metal workshop.
- 3) Assemble all part and circuitry together, test the system and troubleshoot the problem.
- 4) Test the mount by taking image of Spica with Sony A7II. The first image has been taken without tracking for control. Then engage tracking and increase the exposure time by 30 seconds until star trail appear.

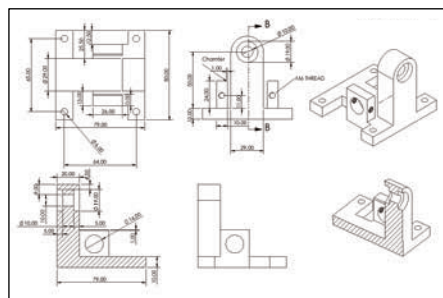


Fig 1: Gear support column

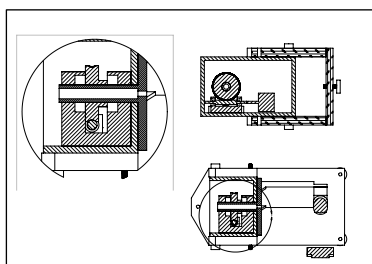


Fig 2: Cross-section of the gear assembly

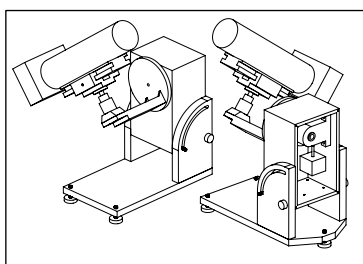


Fig 3: Overview of tracking mount

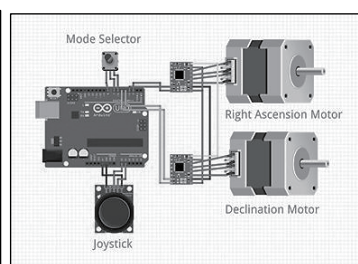


Fig 4: Electronic circuit design

## 3. Result

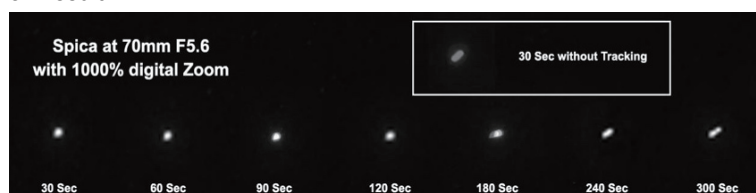


Fig 6 : The result image of Spica with different exposure time.



Fig 5 : The finished tracking Mount with Sony A7II camera attached.

From figure 6, image from the exposure of 180 seconds and 300 seconds has a strange star trail that indicate the unevenness motion of the tracker. Software and stepper analysis have been conducted and the stepper works flawlessly. With further analysis of the gear assembly conclude that the problem has been caused by a defect in the worm gear due to quality issues.

## 4. Conclusion

Based on the result. This tracker has 180 seconds exposure time capability. But could be further improve with better worm gear assembly or the correction via software programming in the future.

## 5. Acknowledgement

I would like to express special thanks of gratitude to Mr. Boonsong Henggam (advisor), the National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT) and the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).

## 6. Reference

HowTo Mechatronics : How To Control a Stepper Motor with A4988 Driver. [online].  
<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-control-stepper-motor-with-a4988-driver/>.

## The learning media about the Solar system for the blinds

Suphanich Srimek (Grade 12)

[Benchamatheputhit Phetchaburi School, Phetchaburi, Thailand]

### Abstract

The learning media about the solar system for the blind is the models with the planets' surface characteristics. This study also tested the efficiency of these models about how can the blind has the better understanding about the solar system than the other learning media.

#### 1. Introduction

Usually most blind people use Braille to learning but Braille is not able to make the students imagine about the content. The solar system learning media for the blind was created for imagination about the planets' surface. In addition, this learning media also has its subtitles and Braille captions.

#### 2. Research methodology

1) The shape of a spherical plaster cast is carved according to the surface of each planet.

2) [1<sup>st</sup> version of model] Test the model by asking advice from 30 people who have closed their eyes.

3) [2<sup>nd</sup> version of model] Make changes corresponding to the responses from the 30 people and test this on 10 blind people.

4) [3<sup>rd</sup> version of model] Again, make changes as mentioned by the 10 blind test subjects, then test these changes on 30 blind people, including the 10 blind people who already tested the models.

5) [4<sup>th</sup> version of model] One again, effect changes from the feedback from the group of 30 blind people.

6) [5<sup>th</sup> version of model] Test subjects with both a pre-test and post-test.

- Pre-test: Blind persons who have never been touched to the models before.

- Post-test: Retest those from the pre-test by having each person identify the name of the planet based on the models

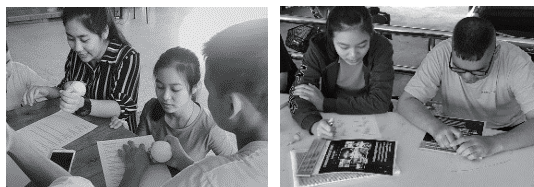


Figure 1: Picture of testing the solar system model usage with blind people.

#### 3. Results and Discussions

The 5<sup>th</sup> version of the models is the best version to help the blind students understand about the surface. From Pre-test and Post-test, found that the blind students feel confident in their answers and got the better result in Post-test.

Table 1: Result of the test before and after touching the model

The number of responses	Number of people ( 30 people )	
	Before touching	After touching
0-3	19	2
4-6	11	7
7 up	-	21



Figure 2: The learning media about the solar system.

#### 4. Conclusions

The learning media about the Solar System for the blind can help the blind people learn, understand and sense about the planetary surface than using Braille or listening the subtitles.

#### 5. Acknowledgements

I would like to thank Mr.Thawatchai Suwanwong (advisor), Miss Salidda Jutiwetch, Benchamatheputhit Phetchaburi School, teacher and the blind students from Tammikkawitthaya, the Nation Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT), and the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST).

#### 6. Reference

Solar system. the Nation Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) [online]. Solar system [Online] Available: <https://solarsystem.nasa.gov>.

## 自作プラネタリウム一般公開6年を迎えて

大橋 壮真、岡田 卓、延時 慶祐(高2)、  
赤澤 杏、各務 莉穂、竹本 蒼唯、川瀬 皓介、柴田 光輝、長尾 琉也(高1)  
【愛知県立一宮高等学校 地学部】

### 要 旨

一宮高校地学部では、2013年に使われなくなった屋上の地学ドーム内に自作のプラネタリウム投影用ドームを設け、以降6年間近隣の小学生を対象に一般公開を行っている。本研究では、地学部自作プラネタリウムの設備を中心に、6年に及ぶ改善と現状について述べる。

#### 1. はじめに

一宮高校の屋上には老朽化によって使用されなくなった地学ドームがある。2013年、ドーム内に自作のプラネタリウム投影用ドームを設置し、脚本や投影する映像も含めてすべて地学部員の手で自作して文化祭で公開しているほか、近隣の小学生を対象に年4～5回程度一般公開を行っている。

#### 2. ドームの概要

投影用ドームは、天頂部を正六角形とし、円周方向を16分割、鉛直方向に3分割した構造で、直径3.5m、中心角140度の半球より少し小さな球形に近い構造となっている。骨格は木材で製作し、投影スクリーンにはスチレンボードを使用している。また、観客席左右にスピーカを設けている。

当初はドームを水平に設置していたが、2015年、収容人数を増やし、また参加者の首が痛くならないように、30度ほど傾けて設置しなおした。

#### 3. 投影装置の概要

##### 1. 初期

プロジェクタとビデオカメラ用魚眼コンバージョンレンズを用いて投影していたが、レンズユニットの受光口がプロジェクタの光束より小さく、ドームの1/3程度にしか映像を投影できないという欠点があった。

##### 2. 中期

プロジェクタを光束の小さいものに変更し、また、魚眼コンバージョンレンズとプロジェクタのレンズの間に挟んでいた補正レンズユニットをより高性能なレンズに変更した。この改良によって、より広範囲にピントを合わせることが可能となった。また、スライド投影用のセカンドプロジェクタを設置した。

##### 3. 現在

小型のプロジェクタからの光を、カーブミラーで反射させて全球に投影している。この方法と、ドーム投影用フリーソフト Amaterass Dome player を用いることによって、一台のプロジェクタで星空の映像と神話紹介などのスライドを同時に投影できるようになった。

#### 4. 投影スクリプトの製作

星空再現フリーソフト Stellarium を用いて星空の映像を、仮想宇宙空間シミュレーションソフト MitakaPlus を用いて宇宙遊泳の映像を収録する。投影時には、ドーム投影用フリーソフト Amaterass Dome player を使用し、前述した二つのソフトで製作した映像、神話スライド、BGMを一台のパソコンで一括制御している。

上記の映像、脚本、神話イラストは地学部員が自作している。

#### 5. 今後の課題・展望

現在使用しているプロジェクタの解像度が低いからか、ぼやけた映像しか投影できず、部員や一般公開の参加者から不満の声があがっている。

また、周辺からの光を完全に遮断しなければならないというプラネタリウムの性格上、換気や温度管理の面で問題があり、とくに夏場の暑さは重大な問題となっている。

#### 6. 参考文献

愛知県立一宮高等学校 「自作ドームによる星空の再現」

愛知県立一宮高等学校 「天文普及プログラム～自作プラネタリウム公開などの活動から～」

## 折りたたみプラネタリウムの作成について

阿蘇 香純、市瀬 水織、安部 桃華、松本 夢叶、佐藤 健翔、加藤 彩乃、二木 若菜、清水 結衣 (高 2)、阿部 さくら、大庭 七海、久米 真凜、福澤 佳音、星月 亜美、樋口 達也、吉澤 智樹、小島 聖矢、佐藤 貴臣 (高 1) 【星野高等学校】

### 要 旨

私たちは毎年文化祭でプラネタリウムを上映している。我が校でのプラネタリウムの人気は高く、沢山の方々に見て頂いている。ドームは2年前に作成されたものを使用していたが、段ボール製であるため、経年劣化や湿気、複数回の移設による損傷を余儀なくされていた。そのため、折り畳めるドームの作成と、前作の問題点として指摘されていた、入口が狭いという問題点を改善すべく、私達は新しくプラネタリウムを製作することにした。

### 1. はじめに

今まで使用してきたプラネタリウムのドームの種類は、ジオデシックドーム型(図1)であり、球体の表面を三角形の構造材で覆いつくしたドーム状の構造物。辺の長さが違う8種類の三角形をダンボールで作製、その三角形をつなぎあわせて大きな5つの三角形を強力なテープでつなげてドーム型にし、光が入らないようにドームを暗幕で覆ったものであった。段ボール製の半球になるので、軽量化できていたが、強度に弱点があり、入口部分が床上80cmほどしか確保できなかったため、車イスのお客様にプラネタリウムへの参加させてあげることができなかった。

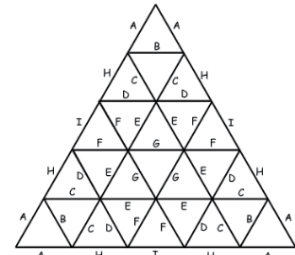


図 1

そこで今回考案したドームは、地球の展開図を利用して、入り口部分を開口できるようにマジックテープなどを利用して作成することとした。また、素材として選んだのは、強度と遮光性に優れたターポリン生地を素材とすることにした。

### 2. 材料

1. テントポール (500 cmを5本)、2. ターポリン(テント生地) (縦114×22080 cm)、3. 縫い針、4. 縫い糸 (木綿糸)、5. 瞬間接着剤 (50ml)、6. ベニヤ板 (2mm×70 cm×80 cm)、7. 角材 (3 cm×3 cm×80 cmが24本)、8. 蝶番 (20mm×76mmが22枚)、9. 木ねじ (20mmが100本)、10. マジックテープ (1mのセットが2本)

### 3. 作製方法

1. 1億分の1の地球ペーパークラフトを拡大コピーしたものから、直径が3mとなる半球の型を作成する。
2. ターポリンを型に従って切り抜いていき、糸で縫い合わせる。
3. ターポリンを半球型にずっと維持するように、テントポールで外側から吊り上げる。
4. ターポリン生地の縫い目から光が漏れないように縫い目に、外側からあまったターポリン生地を瞬間接着剤で接着していく。

### 4. まとめ

折りたたみ式プラネタリウムのドームが完成したが、やはり懸念されていたように、ターポリン生地は優れた遮光性と強度があるものの、重量が重いため、テントポールできれいに半球状に吊り上げるのが難しい。また、土台の部分が未完成であり、縫い目から光が漏れていないかなどテストが行えていない。これらの課題の改善に取り組み、ジュニアセッション当日のポスター発表では、そこまでの様子と、改善すべき部分を模索していきたい。(以下の図2、図3はプロトタイプ的小型模型)



図 2 (外観)

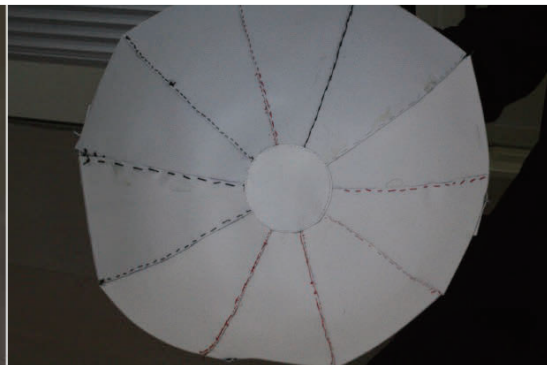


図 3 (内側)

参考 (インターネットサイト)

1. 1億分の1の地球ペーパークラフト  
([http://uhu02.way-nifty.com/die\\_eule\\_der\\_minerva/2012/03/11-100000001ea.html](http://uhu02.way-nifty.com/die_eule_der_minerva/2012/03/11-100000001ea.html))
2. desert domes  
(<http://www.desertdomes.com/formula.html>)

---

## 太陽電波モニター装置の制作

富澤 佑介 (高1)、柴田 章伸 (高2)、渡邊 景香 (高2)、矢倉 夏央 (中1)

【駿台学園中学校高等学校】

---

### 要 旨

駿台学園天文部では、現在パソコンのプログラミングについての学習を行っている。本年はプログラミングの技術向上を主な目的とし、太陽電波を観測し、さらに観測した電波をプログラムを使ってデータ化した。今回は詳しい方法や観測結果について発表する。

#### 1. はじめに

今回のジュニアセッションに向けた話し合いを実施したところ、いくつかの意見が出たなかで、「太陽電波の観測」という意見が出た。太陽電波の観測というのは、天文的側面は当然のことながら、本部活動が力を入れているプログラミングも大きく関わる研究といえる。またプログラミング以外にも、観測したデータを取り込む装置において一部を自らの手で組み上げることで、部員の技術向上をはかっている。これらの理由から本年は「太陽電波の観測」を行った。主な概要としては、衛星放送用アンテナを利用して太陽電波を受信し、その電波の強さをデータとして表せるようにした。

#### 2. 使用機材

- 衛星放送受信アンテナ
- テレビ受像機 (アンテナへの給電に使用)
- 受信ブースター
- 検波器 (上記の記事に記載された方法で製作)
- A/D変換装置 (マイクロチップ、MCP3002)
- データ取得・記録装置 (ラズベリーパイを使用)



写真1 電波分析装置

#### 3. 本装置の特徴、ラズベリーパイの接続およびプログラミング

ラズベリーパイへのブレッドボード接続は、専用接続キットを使用した。(写真1)

A/D変換装置の接続、およびそのプログラミングについては、『日経Linux』(2015年9月号、p.32~34、「4. ボリュームの値を読み取る」)を参照し、記載に従って Python で作成した。

#### 4. 取得データの状況

用いたA/D変換装置は、3.3Vを1,024ステップに変換するので、最小検出電圧は3mV。このデジタルデータを、Pythonライブラリ、あるいはExcelを用いてグラフにする。

#### 5. 今後の課題

衛星電波を測定すると10mV程度の信号が得られる。今後はこの装置を使用して、太陽を含めた各種の信号を受信し、テストする必要がある。

## 18吋ドブソニアン望遠鏡の製作

河津 雄大（高専3）、小林 克憲（高専2）【米子工業高等専門学校】

### 要 旨

米子高専科学部は2018年に18吋鏡の寄贈を受けドブソニアン望遠鏡を製作した。本望遠鏡は鳥取県で2番目に大きな望遠鏡であり、私達は本望遠鏡を用いた天体観望会の開催や大口径を生かした観測への利用も計画している。

### 1. はじめに

米子高専科学部は、2007年に反射鏡研磨の第一人者である兵庫県川西市の三好清勝様より10吋（口径25.4cm、焦点距離154cm、口径比6.1）の放物面鏡の寄贈を受け、ドブソニアン望遠鏡を製作した[1]。その後、2018年には18吋（口径46cm、焦点距離230cm、口径比5.0）の放物面鏡の寄贈を受けた。そこで私達は前回の知識を生かし、より大きなドブソニアン望遠鏡の製作を試みた。以下その結果について報告する。

### 2. ドブソニアン望遠鏡の製作

今回の主鏡は前回の主鏡の、口径で1.8倍、焦点距離で1.5倍と相当大きなものである。前回は厚さ18mmのパインの集成材を組み合わせて頑丈な鏡筒を製作した（図1）。しかし、今回は前回の望遠鏡を単純にスケールアップしたのでは非常に重い望遠鏡となり、ドブソニアン望遠鏡にもかかわらず移動が極めて困難となる。そこで、11mm厚の軽いベニヤ板で主鏡収納部と接眼部を製作し、両者を直径19mmの中空のアルミパイプのトラス構造[2]でつなぎ軽量化を図った。このとき、望遠鏡の設計には3次元CADのSOLIDWORKSを使用した。

まず、主鏡収納部と接眼部を接続するトラス構造のたわみの計算を行った。その結果、望遠鏡を水平にしても接眼部の沈下は0.1mm以下であることがわかり、直径19mmのアルミパイプでもたわみによる光軸のずれが抑制できることが分かった。なお、トラスに使用したアルミパイプと、ベニヤ板の接合部に使用したジョイントの加工は全て本校の実習工場で行った。ジョイントは、接眼部側に取り付けるものは自重によるモーメントを少なくするためプラスチック材料で、主鏡収納部に取り付けるものは強度を優先して鋼材で製作した。望遠鏡組み立て後にたわみの試験を行ったが、事前の計算結果を裏付けるように、望遠鏡を傾けても光軸のずれは生じなかった。

本望遠鏡では、前回同様主鏡はセルに収めて底板にバネを介した押し引きネジをつけて光軸調整できるようにした。また、斜鏡は前回使用した短径90mmの斜鏡を流用した。さらに、接眼部を軽くするために、合焦装置にはボーグ製のヘリコイドMを使用した。

ドブソニアン望遠鏡の架台の製作では、耳軸には敷居滑りを張り付け、架台下側には回転軸を中心とした円周に沿って12個のタイヤを固定した。その結果、水平方向・上下方向とも非常に滑らかな動きが実現できた。このようにして鳥取県で2番目に大きな口径の望遠鏡が完成した（図2）。

本望遠鏡の重量は全体で39.6kg、鏡筒のみで25.0kgであり、前回の10吋望遠鏡（全体51.8kg、鏡筒32.8kg）よりむしろ軽くなっている。したがって、本鏡筒は市販の大型赤道儀（例えばタカハシのEM400型赤道儀）にも搭載可能である。そこで、本校科学部では、本望遠鏡を用いた天体観望会の開催だけではなく、大口径を生かした観測（例えば、木星のメタンバンド撮像）にも利用しようと考えている。



図1 以前製作した10吋ドブソニアン望遠鏡



図2 今回製作した18吋ドブソニアン望遠鏡

### 3. まとめ

今回製作した18吋ドブソニアン望遠鏡は、主鏡収納部と接眼部のつなぎをトラス構造にすることによって、非常に軽量化することができた。本校科学部では、本鏡筒は市販の大型赤道儀にも搭載可能であるため、本望遠鏡を用いた天体観望会の開催だけではなく、大口径を生かした観測にも利用しようと考えている。

### 4. 参考文献

- [1] 米子高専科学部 (2008) 『10吋ドブソニアン望遠鏡製作記』, 第10回ジュニアセッション講演予稿集, pp.100-101.  
 [2] 家正則他編 (2007) 『宇宙の観測 I — 光・赤外天文学』, 日本評論社, シリーズ現代の天文学, 第15巻, p.118.

## 測光用フィルターの劣化調査

柴田 光輝、川瀬 皓介、長尾 琉也（高1）【愛知県立一宮高等学校】

### 要旨

15年にわたって使われ続けてきた測光用フィルターであったが、劣化している可能性が高いと考え、去年に導入された新しいフィルターを借用し、今まで使用してきたフィルターとの差異を調べることを目的とし、それらのフィルターを用いて観測・実験を行った。

### 1. 観測方法

望遠鏡セレストロンC-8+EM-200  
ZWO ASI290MM  
ZWO EFW(5枚取付可能フィルターホイール)

新しい測光用V・Bフィルターと古い測光用V・Bフィルターを用いて、4個の標準星を撮影。高度が違う標準星の内、最も天頂に近いものを基準星として他の3個の星を測光した。

### 2. 観測結果

新しいV・Bフィルターと古いV・Bフィルターによる測光結果の等級差を、 $1/\cos z$  (天頂離角 $z$ )を横軸にとり散布図を作成した(図1)。その結果、Vフィルターでは、ばらつきが大きいことが分かった。特に、 $1/\cos z$ が1.5~2.0のVの値が不自然であった。

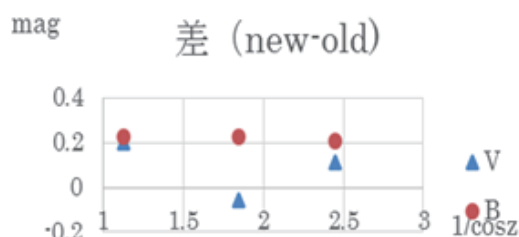


図1:測光結果

### 3. 観測の考察

天頂離角が大きい恒星になるにつれて、差が変化するのではないかもしれないと思ったが、データ数が少なく良く分からなかった。また、カタログ値ともずれがあり、追観測・再処理の必要がある。

### 4. 実験方法

裸電球を標準光源として、スリットを介し回折格子(200本/mm)で分光し、1.の観測と同じフィルターを用いて撮影した。また、水銀ランプとナトリウムランプを同じ回折格子で分光し、フィルターを使わず撮影した。

### 5. 実験結果

得られた画像をマカリのグラフ機能を利用し、エクセルでグラフを作成した。同様にグラフを作成し、水銀・ナトリウムの輝線情報をもとに横軸のピクセル距離を波長に変換する式を作成した(図2)。

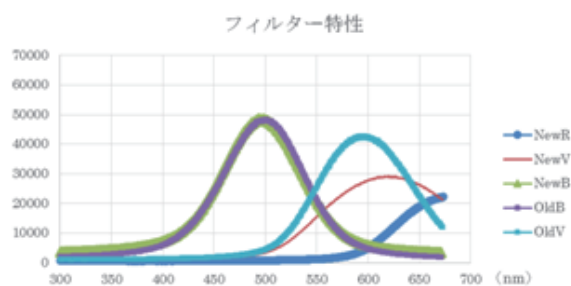


図2:実験結果

### 7. 今後の展望

同じ方法で星を処理したのに、skyの数値が異なっていた。これはRegiStax6の使い方によるものだと考えている。コンポジット処理の過程を再確認する必要がある。また、星のデータ数が足りなかったため、追加観測をJS当日までに行う予定である。

### 8. 参考文献・使用ソフト

彗星観測ハンドブック 2004  
すばる画像処理ソフト『マカリ』  
RegiStax6



## 広角レンズフィルターの減光量と色ズレ

成蹊高等学校天文気象部：齋藤 次郎、本間 寛之、本田 廉、植村 泰斗、石川 裕太（高2）、  
宮崎 康壽、大橋 海斗、小口 紘陽（高1）【成蹊高等学校】

### 要 旨

光害カットフィルターの光学特性を、フィルター装着による減光量と色ズレに着目して調査した。分光器は利用せず、比較的安価で入手しやすい機材を利用した調査を実施した。

#### 1. はじめに

都市部で天体の観測を行うと、強い周辺光によって観測が阻害されてしまうことがよくある。その改善のため、カメラレンズに取り付ける光害カットフィルターが利用される。しかし、私たちはこれらのフィルターがどのような光をカットするか、または透過させるかについて、詳細を意識せずに利用していることが多い。

そこで今年、成蹊高校天文気象部は多種ある市販の光害フィルターから一つを選択し、このフィルターが夜空の撮影においてどのような効果をもたらすのかを独自に調査した。この研究が都市部での夜空の観察をより進展させると考え、私たちはこのテーマを選択した。

なお、今回の調査は、分光器や特殊な機材などを使わずに、比較的安価で入手しやすい機材のみを利用して進めることを意識した。

#### 2. 方法

フィルターを使用した場合と使用していない場合の2通りの写真を同じ条件下で撮影し、それらを画像解析ソフト「ステライメージ8」で分析した。

- ・撮影日時：2019年12月25日 3:21（図1）3:23（図2）
- ・撮影場所：栃木県矢板市 星ふる学校「くまの木」
- ・使用したフィルター：Kenko スターリーナイト
- ・使用したカメラとレンズ：Nikon D5600、NIKKOR 18-55mm f/3.5-5.6
- ・撮影条件：露出時間：25s、絞り：F4.5、ISO感度：640、ホワイトバランス：蛍光灯

#### 3. 結果

比較の結果、フィルターを取り付けると全体としての光量が減少した（図1，図2）。主にBlue以外の光量の割合が低下することが判明した。現在検証作業を継続であり、結果をポスターで発表する予定である。

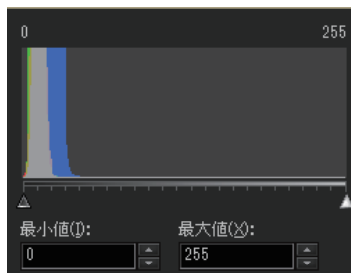


図1 フィルターあり

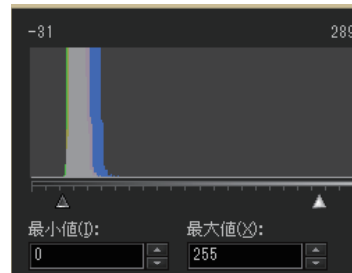


図2 フィルターなし

## 星空撮影におけるAPEX関係式の正確性 ～天体画像解析ソフト「マカリ」を用いて～

中央大学附属中学校・高等学校 地学研究部：

山元 源、石本 貴昭（高2）【中央大学附属高等学校】、石井 隆雅、米村 恒輝（中1）【中央大学附属中学校】

### 要旨

天体画像解析ソフト「マカリ」を用いて、星空撮影におけるAPEX関係式の正確性を検証した。その結果、ISO感度が100～1600のとき、露出時間とISO感度が異なっても被写体輝度が一定であれば、写真の被写体の明るさ（Count値）は変わらないことが分かった。

### 1. はじめに

デジタル一眼レフカメラを用いて写真撮影をする際、APEX関係式を用いることで理論的に適正露出を計算できる。APEX関係式とは、カメラで撮影する際のF値A、露出時間T[s]、ISO感度 $S_x$ 、被写体輝度B[cd/m<sup>2</sup>]の4つのパラメータの相互関係を示す関係式である。また、APEX関係式では、新しいパラメータである露出値EVが定義されている。APEX関係式を以下に示す。

$$\begin{aligned} AV &= 2 \log_2 A \\ TV &= -\log_2 T \\ BV &= \log_2 \frac{B}{4} \\ SV &= \log_2(0.32S_x) \\ AV + TV &= BV + SV = EV \end{aligned}$$

### 2. 目的

APEX関係式では、AVとTVの値によりEVが決まるが、SVが変化してもEVの値は変化しないため、APEX関係式が星空撮影に本当に有効なのか疑問に思った。そこで、星空撮影におけるAPEX関係式の正確性を検証することを目的に研究を行った。

### 3. 機材

- ・デジタル一眼レフカメラ（Canon EOS 6D）2台
- ・レンズ（Canon F4L IS USM）2本
- ・タイマーリモートコントローラー（TC-80N3）2台
- ・自由雲台およびカメラ用三脚 2組

### 4. 方法

デジタル一眼レフカメラを2台用いて、北極星を被写体として中心におき撮影した。F値は4に設定し、露出時間は1, 5, 10, 15 ... 60 [s]と変化させ、ISO感度は100, 200, 400 ... 12800と変化させた。その後、撮影した写真をrawファイルからraw2fitsファイルに変換し、天体画像解析ソフト「マカリ」を用いて北極星の明るさをCount値で求め、BVとCount値の関係を調べた。

### 5. 結果と考察

#### (1) BVとCount値の関係（SV：5～9）

SVが5～9のとき、BVとCount値は一对一対応しており、両者の関係は指数関数により高精度で近似できた（図1）。→ BVが一定であれば同じ明るさ（Count値）の写真が撮影でき、写真の明るさをBVにより予測できると考えられる。

#### (2) BVとCount値の関係（SV：10～12）

SVが10～12のとき、BVが-10.9～-11.3の区間でCount値が最大となり、BVが-11.3を下回るとCount値が急激に小さくなった（図1）。→ BVがさらに小さくなると、Count値が負の値になると考えられる。

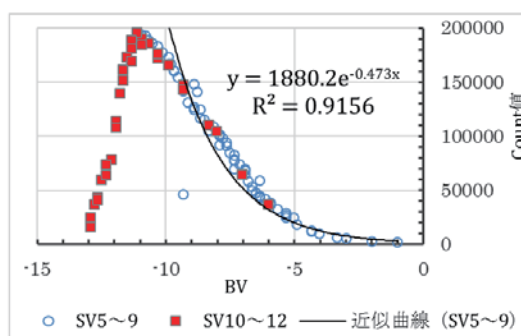


図1. BVとCount値の関係（F4）

### 6. 今後の展望

より精度の高い近似式を導出するために、BV（被写体輝度）とCount値のデータ数をさらに増やしたい。また、本研究ではTV（露出時間）とSV（ISO感度）を変化させたが、今後、夜空の明るさやAV（F値）の変化に伴い、BV（被写体輝度）とCount値の関係がどのように変化するか調べたい。

### 参考文献

- [1] 鈴木文二・洞口俊博『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』株式会社恒星社厚生閣. 2017年2月5日発行
- [2] 第26回 人の眼と器械（カメラ）の眼（その3）  
<[https://www.ccs-inc.co.jp/guide/column/light\\_color/vol26.html](https://www.ccs-inc.co.jp/guide/column/light_color/vol26.html)>（閲覧日：2019年7月18日）

## 全天X線監視装置MAXIのアーカイブデータ利用による 未知のX線突発現象の探索

明光学園高等学校天文研究会：

久保田 紗彩、福山 夏海、中村 樹奈（高2）、榎下 侑里、北島 里桜、佐田 美優、  
藤丸 さくら、溝越 和実、吉永 美緒、四方田 歩夢（高1）【明光学園高等学校】

### 要 旨

私たちは、国際宇宙ステーションに搭載されているMAXIのアーカイブデータを使って、まだ研究が進んでいないX線天体を探索した。まず、MAXIのホームページで公開されている428天体のライトカーブを調査し、そのうち有意な増光が見られた74天体について先行研究の有無を調べた。発表では、先行研究がないと思われる12天体のライトカーブの増光の原因の調査結果についても報告する。

### 1. はじめに

突発天体とは、超新星爆発やガンマ線バーストなど、宇宙のどこかで突然起こる大規模な爆発現象である。それらの爆発の瞬間を観測することは極めて難しいため、そのメカニズムは完全には解明されていない。全天X線監視装置MAXIとは、国際宇宙ステーション(ISS)に搭載されている広視野のX線カメラである。2~30keVのX線を検出するガススリットカメラ(GSC)と、0.5~12keVのX線を検出するソリッドステートスリットカメラ(SSC)からなり、幅広いエネルギー帯のX線現象を観測できる。ISSは約90分間で地球の周りを一周するため、MAXIは約90分ごとに一枚の全天画像を撮影する。このことは、いつでもどこで現れるか予測できない突発天体の観測に非常に有効である。明光学園のある福岡県大牟田市には宇宙の研究機関がないため、研究施設で得られたデータを直接もらうことはできない。インターネット上で公開されており誰でも自由に利用できるアーカイブデータを活用することで、私たちは宇宙の研究を行うことができる。以上の理由により私たちは、MAXIのアーカイブデータを利用して未知のX線突発現象を探索することにした。

### 2. 目的

MAXIのアーカイブデータを利用し、研究対象となる興味深いX線突発現象を見つけそれを解析する。

### 3. 方法

- ① MAXIホームページの「Source List」に挙げられている様々な天体(428天体)のX線ライトカーブを調べ、有意な増光が見られる74天体をリストアップした。(図1など)
- ② リストアップした74天体について、科学論文サイト「arXiv」で先行研究の有無を調べた。うち12天体については先行研究が確認されなかった。(表1)
- ③ ②の12天体について、MAXIホームページの「Remarks」を確認し、ライトカーブの増光の原因が観測機器のエラーなどによるものを除外する。(発表時に報告する。)
- ④ ③で除外されなかった天体のライトカーブについて、増光の原因を考察する。(発表時に報告する。)

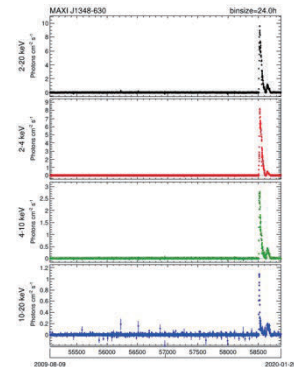


図1 MAXI J1348-630

### 4. 結果

表1 有意な増光が見られ、論文数が0の天体

Source Name	R. A., Dec
4U 1711-34	258. 500, -34. 049
GS 0834-430 with GS 0836-429	128. 979, -43. 185
H 1658-298	255. 527, -29. 946
H 1730-333_Rapid-Burster with Slow-Burster	263. 350, -33. 388
LS I +61 303 with Swift J0243.6+6124	40. 132, 61. 229
MAXI J0057-720	14. 456, -72. 043
MAXI J1348-630	207. 053, -63. 274
MAXI J1727-203	262. 125, -20. 382
NGC 6440	267. 222, -20. 362
RX J0209.6-7427	32. 391, -74. 453
Swift J1728.9-3613	262. 230, -36. 237
Swift J1843.5-0343	280. 899, -3. 730

### 5. 考察

有意な増光のように見えるライトカーブも、天体からのX線でないことがあるので注意が必要である。Source Listに挙げられている天体の中には世界中で研究されているものがたくさん存在する一方、そうでないものも複数存在する。本研究のようにまだよく調べられていない現象を精査することは、天文学の発展にとって重要なことである。

### 6. 今後の展望

「Source List」に挙がっていない天体についても同様の調査を行い、研究が進んでいない突発現象を調べる。有意な増光かどうか判断しづらいライトカーブが複数あったので、それを明確に判断する方法を考える。観測機器のエラーによる増光(偽の増光)や天体による増光を簡単に見分ける方法を確立する。

### 7. 参考

- <MAXIホームページ>  
<http://maxi.riken.jp/top/index.html>
- <arXiv> <https://arxiv.org>

## 日中における天体の観測について

石川県立七尾高等学校SSC：  
荒邦 早紀、中山 健斗、小倉 千愛、畝 くるみ（高1）【石川県立七尾高等学校】

### 要 旨

「望遠鏡をコンピュータ制御すること」「CCDカメラを使うこと」により、日中における天体では、1等星以上が観測可能である。そのため、高校生等の部活動において、活動の幅を広げることができる。

### 1. 研究の背景と目的

普通、天体観測は夜行うもので、日中では、太陽や月、金星などの一部の天体を除いて、観測されることはなく、積極的に日中の天体を観測するという研究は見られない。日中の観測が行われないのは「A：天体と周りの空の明るさの差が小さいために見えない」「B：天体の視野導入が困難である」という2つの問題があるからである。そのため、天体を視野に導入し、天体と周りの空の明るさの差を誇張することができれば、これらの問題を解決することができる。具体的には、「A：望遠鏡をコンピュータ制御すること」「B：CCDカメラを使うこと」で、日中の観測が可能になる。

日中の観測が可能になることで、次のようなメリットが生じると考えられる。

高校生の部活動としての活動時間は日中である。そのため、日中に天体を観測できれば、活動の幅を広げることができる。また、日中の観測では、夜間の街の光（光害）と関係がないため、全国各地で同じような条件で観測が可能になる。よって、高校生の活動の幅が広がることにおいて意義があると考えられる。

本校の天体観測室の設備を用いて、日中にどのような天体が観測できるかを明らかにすることを目的に、本研究を行った。

### 2. 方法

#### (1) 使用機材

屈折式望遠鏡（Vixen：有効直径113mm、焦点距離795mm）、CCDカメラ（セレストロン：SKYRIS 445C）、ATLAS Professional+TheSky6（望遠鏡制御ソフト）

#### (2) 観測方法

- ・ATLAS ProfessionalとTheSky6を用いて、対象の天体に望遠鏡を合わせた。
- ・CCDカメラの映像をコンピュータに取り込み、Gainやシャッター速度を調節し、撮影した。

#### (3) 観測条件

日の出以降日没以前の時間を日中とし、対象の天体との間に低層の雲がなく、安全に配慮するため、観測する天体と太陽との離角が $15^\circ$ 以上であることを条件とした。

### 3. 結果

2019年9月7日から11月10日までの間に観測した68の事例を、太陽との離角と天体の等級について、図1にまとめた。また、図2は日中に撮影した木星の画像である。

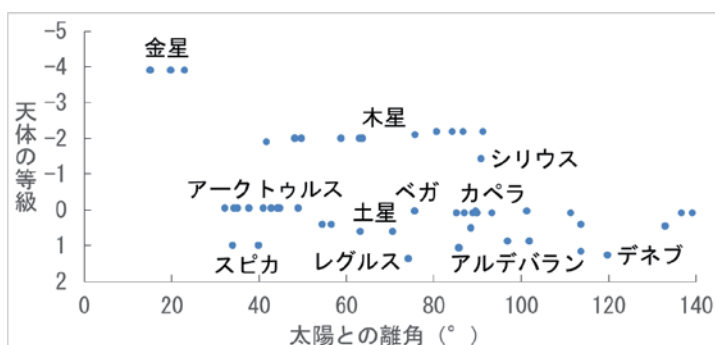


図1 太陽との離角と天体の等級

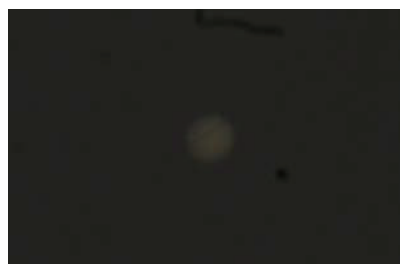


図2 木星（2019年10月9日17:09撮影）

### 4. 結論

太陽との離角約 $30^\circ$ で1等星であるスピカが確認できる。また、-2等星である木星においては、夜間の観測に比べると、鮮明さに欠けるが、日中でも縞模様やガリレオ衛星を観測することができる。

### 5. 今後の展望

1等星よりも暗い天体を観測するとともに、レジスタックス処理を用いて、より鮮明な画像を作成する。また、日中の大気の状態は、夜とは異なっていると考えられるので、大気の状態と天体の見え方の関係を調べる。そして、日中の観測を活かした研究課題を探る。

## 廃棄パソコンで製作した並列計算機による天体物理シミュレーション

渋谷教育学園幕張高等学校・天文部演算班：

大屋 孝輔、池田 樹陽、井手口 京平、小松 俊文、塩谷 嶺、得丸 恭隆、山上 友利（高1）

【渋谷教育学園幕張高等学校】

### 1. 要旨

本校において廃棄予定だったパソコン 48 台を用い、並列計算機「哲算」を製作した。これを用い、銀河衝突、天体の軌道、超新星爆発のシミュレーションを試みる。

### 2. 研究の背景・目的

学校のパソコン室のパソコンの入れ替えに伴って、大量のパソコンが破棄されることになった。この CPU 資源を有効活用し、天文計算に活用する並列計算機を製作する(図 1)。

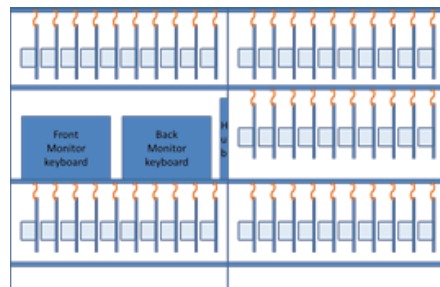


図1：装置概要図

### 3. 方法

デスクトップパソコン(Core2 Duo 36 台、Corei5 12 台)を解体し、マザーボード、電源、HDD を取り出し、ラックに吊り下げた(図 2)。LAN ケーブル、スイッチングハブを用いてネットワークを構築した。搭載されていた OS を Windows7 から CentOS7 に換装し、マルチノード演算用のアプリケーション、ライブラリをインストール、動作環境を構築した。この並列演算機に天体物理計算に必要なプログラムをインストールし、シミュレーションを試みる。

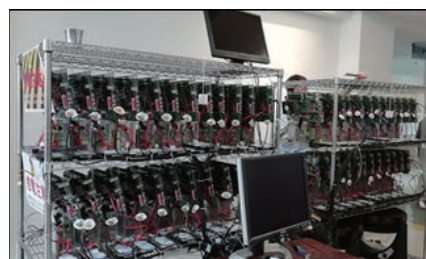


図2：廃棄パソコンを利用した並列計算機

### 4. 結果・考察

並列計算システムの試験運転もかねて円周率を計算するプログラムを実行、システムは正常に演算を完了した。(tan θ の積分法で 10 億回の積分を 8.43 秒で完了、11 桁まで円周率を算出。)

やや実用的なものとして、メルセンヌ素数の探索プログラムも動作確認済み。

以上の結果から十分な性能を持つことを確認した。

### 6. 今後の展望

天文学として実用的なプログラムの実行を目指す。

Athena++ (流体シミュレーション) gadget2 (銀河衝突シミュレーション) などを実行し、実用的な計算ができるか否かを調査する。以上二つのプログラムは、演算の実行に向けて現在準備中であり、発表当日には結果のご報告ができるよう全力で調整中。また、進行中のプロジェクトとしてオリハルコンプロジェクト様の「銀河衝突シミュレーター」、「分子運動シミュレーター」をベースとした演算を目指して開発を同時並行で行っている。

### 7. まとめ

廃棄パソコン 48 台を用い、制作した並列演算機「哲算」は実用的な天文計算をするに堪える性能があることが分かった。

#### ソースコード参考 Web site

<http://astro-osaka.jp/tomida/athena/index.html>

<https://github.com/PrincetonUniversity/Athena-Cversion>

<https://github.com/PrincetonUniversity/athena-public-version>

## 重力波観測による地震検知の可能性の研究（その2）

SSH Principia-II 重力波研究グループ：

落合 康太（高2）、守 毅人（高2）、藤崎 志歩（高2）、佐藤 萌未（高2）

【神奈川県立横須賀高等学校】

要旨 (Abstract) 私たちは昨年度、13億光年先のブラックホールGW150914の重力波観測の成功を機に、地震が発生する重力波を検知できるかの研究を始めた。重力波が伝わる方程式は、深宇宙との遠方解はあるが、地球と人工衛星程度の近傍解の式はない。そこで重力波方程式の土台であるマクスウェル方程式の近距離用の項を重力波に適用し、近似式を生成し、近距離研究文献の数値と照合し合致した。この式を用いて地震による重力波を算出した。

1. 研究の背景  
私たちの住む三浦半島の地下には4つの地殻プレートが沈み込み、今後30年以内に直下型地震の発生確率は70%と言われており、地震予知の方策を確立して事前の対処を可能にしたい。
2. 研究目的  
地殻変動による地震や予兆は、必ず重力波を発生すると考える。地震重力波を検知することが可能か否かを研究する。
3. 研究経過  
この目的で昨年度は重力波の遠方解数式で試算したが、検知は不可能という数値であった。このため近傍解数式を求める必要がある。
4. 研究方法  
昨年の日天文学会ジュニアセッションの発表の際のコメントでは重力波の近傍解を求めるためにはシミュレーションが不可欠であると同った。シミュレーションは高校生として扱えないので、アインシュタイン方程式を派生したマクスウェル（電磁波）方程式の遠近解数式が利用できないかを探求する。
5. 研究  
重力波は次のアインシュタイン方程式で求まる。これから得られる遠方解を式(1)に示す。他方、マクスウェルの電磁波波動方程式から得られる遠近解を式(2)に示す。式(3)に合成解を示す。

宇宙空間の状態量 <時空の曲率>      宇宙に散らばるエネルギーと質量

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = -\frac{\kappa}{2c^4} T_{\mu\nu}$$

宇宙空間をはかる物差 <計量テンソル>      平らな部分      平らでない部分

ここを解く波動方程式      非常に似た構造の電波のMaxwell波動方程式

$$\square \bar{h}_{ij} = -16\pi T_{ij} \quad \square \bar{A} = -\mu_0 \bar{J}$$

遠方だけを求める波動方程式      もともと、重力のEinstein方程式は電波のMaxwell波動方程式から派生した。Maxwell波動方程式には遠方・中間・近傍用の項を備えた解が求まっている。

$$\square \bar{h}_{\mu\nu} = -\frac{16\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

遠方だけを計算できる式の答え      遠方・中間・近傍用の項を備えた解が求まっている。

$$h = \frac{4G^2 M_1 M_2}{c^4} \frac{1}{R} \frac{1}{r} \quad \dots (1) \quad E_p = -\frac{II(e^{2\sigma})^2}{2jcc} \left( \frac{1}{\lambda r} \frac{j}{2r^2} \frac{\lambda}{4\pi^2 r^3} \right) \quad \dots (2)$$

近距離の重力波を計算できる式が無い！！      ただしは波長

遠近解の重力波計算式を生成      Maxwell波動方程式の遠近解の部分を用いる。

$$h = \frac{4G^2 M_1 M_2}{c^4} \frac{1}{R} \left( \frac{1}{r} - j \frac{\lambda}{2\pi r^2} - \frac{\lambda^2}{4\pi^2 r^3} \right) \quad \dots (3)$$

遠方解      中間      近傍解

・式の検証  
既存の近傍解の研究例[\*1]と照合 (\*1 安東, "重力波とはなにか," 講談社, 2016, pp. 68)  
上記文献による重力波振幅:  $\sim 10^{-42}$   
本研究式による重力波振幅:  $0.526 \times 10^{-42}$

この結果から、提案した式は有効であると判断。

6. 研究結果  
・東日本大地震の地殻変動による重力波を試算  
地殻変動量を深さ1m、東北4県分の地塊と想定  
 $M1 \approx 5.2 \times 10^{13}$  (kg)  
地震の対象を深さ30kmまでの東北4県分の地殻と想定 (以上、図1参照)  
 $M2 \approx 4.9 \times 10^{18}$  (kg)  
重力波の主波長は地震波観測データから  
 $\lambda \approx 6 \times 10^8$  (m)  
重力波測定システムを周回衛星軌道に置くと  
 $r \approx 3 \times 10^7$  (m)  
以上の数値を式(3)に当てはめると、  
 $h \sim 7.45 \times 10^{-28}$   
を得た。これはスパン5000kmとするLISAの感度に相当すると推量し、東日本大震災レベルの地震による重力波は将来、観測が可能になると考えている。

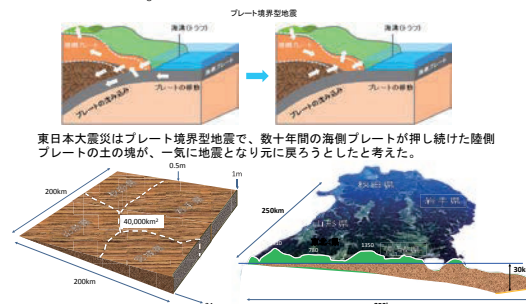


図1 東日本大震災における重力波生成モデル

7. 考察  
・電磁波波動方程式の解は、遠方解も近傍解も、波長  $\lambda$  がパラメータとして残る。同じ横波の重力波の遠方解にも波長  $\lambda$  がパラメータとして存在するならば、数式(3)は修正が必要である。  
・提案する式(3)には  $1/r^3$  の項がある。今回は文献[\*1]の値が、 $1/r^2$  の項で得られたが、 $1/r^3$  の項によれば更に大きな重力波数値が得られる。文献[\*1]には観測位置（距離）が記述なく、本試算では10cmとしたが、確認が必要である。
  8. まとめ/今後の研究  
・重力波の近傍解を得るためのシミュレーション環境は高校レベルでは不可能であるため、すでに近傍解が明らかな電磁波方程式を参考に、近傍解の確立を試みた。試算結果ではオーダーで合致した。  
・この近傍解の式を用いて地震による重力波の計算を試みた。今後、地殻のスロースリップなどが検知可能かを探りたい。
- 謝辞：本研究の指導を戴いた横須賀テレコムリサーチパークに感謝申し上げます。

# 「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさ 2019

## -ひかりのまちの夜空は明るくなったのか？-

遺愛女子中学校地学部：

米澤 奈々珈（中3）、石川 凜、奥山 摩耶、森田 結菜（中2）【遺愛女子中学校】

### 要旨

私たちのクラブは夜景で有名な「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさを2011年から調査してきた。昨年は2018年10月の胆振東部地震による停電時に夜空が暗くなり、しばらくその影響が残ったことを報告し「ひかりのまち」の夜空が暗くなったのかを検討したが、2016年から観測を引き継いだ先輩たちが今年度になって部活を離れてしまったため、観測点が大きく変わり、値がかなり異なる結果（昨年までより明るい）が得られるようになった。しかし、学校で動き続けている自動観測のLEの値はそれほど変わっていない。何が、観測値を明るくしてしまっているのか、今年までの観測結果と比較し、灯火の影響と、測定に使っているSQMLの値を検討した。

### 1. はじめに

2015年までの定点観測と移動観測の値をもとに、函館市周辺の夜空の明るさ（無雪期）を0.5等ごとに区分したマップ「星空マップ」を作成した。その後新しい観測点を加えながらマップの区分を確かめた。2016～2018年は、多少のばらつきはあるものの、天候、大気中の微小粒子濃度などの条件がよいときには2016年までの区分から大きく外れた結果にはならなかった。しかし今年度の新しい観測点ではとくに郊外の七飯方面の値が大きいくずれた結果となった。

### 2. 観測方法

【夜空の明るさ観測】毎月上弦～下弦までの月明かりのない時期21時前後に、SQMLを使い、観測地点ごとに20時～21時30分の時間帯に天頂に向けてスイッチを5回押して測り、その中央値をとって、雲量とともに記録した。学校の体育館テラスに設置したSQMLEは5分毎に自動観測を行いその結果をPCに記録、定期的にデータを確認した。

【SQMLの観測値チェック】各自が測定に使用しているSQMLを暗室で無灯火の状態から15等程度まで、いろいろな明るさでの各測定器の値を比較した。

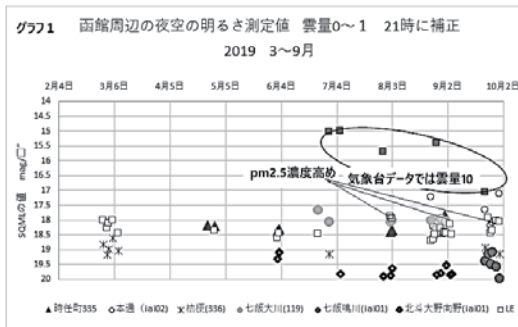
【LED電球の照度調べ】最近増えているLED電灯の明るさについて、電球をソケットにはめて暗室で照度をはかった。マンション内では夜、それぞれの光源の直下で照度をはかった。

### 3. 結果

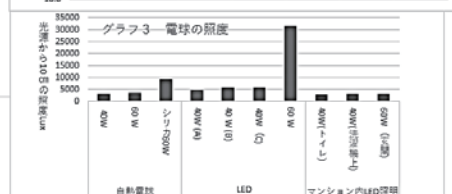
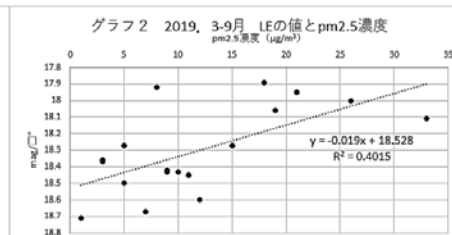
【各地点の観測結果（3月～9月）】グラフ1に示す。各観測地点の「星空マップ」の区分は表に示す。七飯町大川および鳴川はともに、従来の観測値より明るくなったが、鳴川で数か所比較測定をした結果、周囲の灯火の影響がない場所では0.9等暗い値になり、この値で補正するとほぼ従来と変わらない値になった。pm2.5濃度が増すと明るくなるのが特に7月以降多くあった（グラフ2）。

【SQML4台の比較測定の結果】2017年の同様の実験結果よりも、それぞれが1等近く明るい値を示した。調査続行中。

【LED電球の照度】グラフ3に電球から10cmの照度を示す。すべて、白熱電球より明るかった。



II	III	IV	V
18～18.5	18.5～19	19～19.5	19.5～20
時任・本通・遺愛	桔梗	大川	鳴川・向野



### 4 考察

- ・新しい観測点では観測者が測定に慣れていないために、周囲の灯火の影響を受けやすい場所で観測してしまった結果、ばらつきが大きく明るくなったのではないかと考え、LEDの照度が大きい影響も考えられ今後検討を進めたい。
- ・七飯・北斗の観測点は函館市内から20km近くはなれているため、函館市内の観測結果と天候が異なるため一致しない。今年度は特に夏以降、雲の動きが激しくこのずれが多くみられ天候の影響大きいのではないかと考え、今後検討を進めたい。
- ・pm2.5濃度とSQMLの観測結果には弱く相関が認められるが、空気中の微小粒子濃度以外にも、何か夜空の値を明るくしてしまう原因があるのではないかと考え、今後検討を進めたい。積雪期についての検討も今後行いたい。

参考文献 「ひかりのまち・函館」で星空マップをつくる（2016）遺愛女子中・高地学部、日本天文学会春季年会ジュニアセッション講演要旨、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/>

## 暗い場所は周辺の夜空の明るさに影響するのか Vol.4

富田 理恩（中2）【一宮市立南部中学校】

### 要 旨

金華山のドライブウェイ(岐阜市)を車で走り、夜空の明るさをSQM-Uで計測した。結果は、山のふもとと比較して山の頂上に近づくにつれ夜空は暗くなった。

### 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のフードを開発・改良した。それを参考にし、一宮高校で製作された、改良フードを利用して暗い場所とその周辺での夜空の明るさの違いを計測してきた。グラウンドでは数値の底が分からなかったため、より広い場所での計測が必要だった。

### 2. 仮説

今回の場合、測った金華山の頂上に行くほど暗くなると予想した。また、山のふもとの数値と山の頂上の数値の差は2等級くらいだと考えた。そして今回測った金華山ドライブウェイは曲がりくねった道が多いので、車の走行距離の割には数値が一定のところがあると思った。

### 3. 方法

金華山ドライブウェイを車の上部SQM-Uを取り付け、パソコン2台を使い、GPS位置情報、SQMの数値をそれぞれ記録していった。今回、上部に木がないとき車をゆっくり走らせたので、数値が並んでいるものがあり、その数値を使用した(図1)。そして、選んだ数値と航空写真を見比べて記録した位置情報をマップに示していき、プロットするとき色付きのマーカーを使い、数値を色分けしていった(図2・図3)。

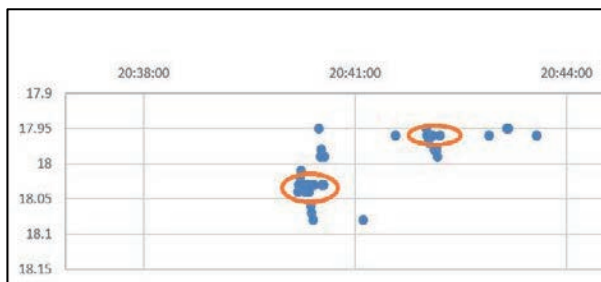


図1：グラフ

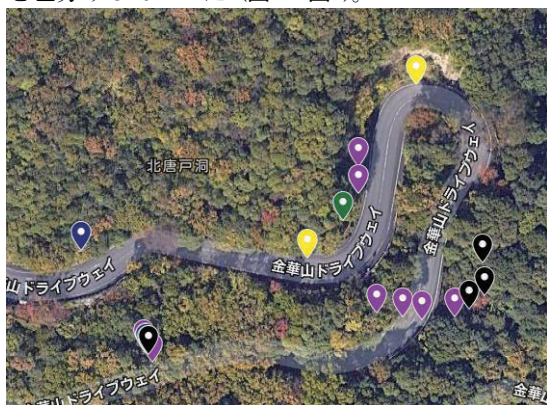


図2：航空写真

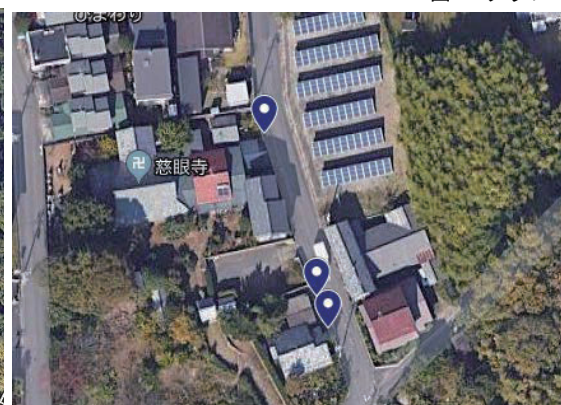


図3：航空写真

### 4. 結果・考察

山のふもととドライブウェイを比較すると、山の山頂に近づくにつれ数値は高くなった。また、今回一番高い数値(18.07等級/口”)と低い数値(17.95等級/口”)の差は0.12等級と小さい結果になった。今回は、ふもとの数値の差がほとんどない理由は山の中とはいえふもととそこまで距離がないため、周辺の光害の影響を受けたからだと考えた。また、測った数値は多く、上部に木がない数値を見つけるのがとても大変だった。さらに、図2の航空写真を見てわかるように、GPSデータのズレによりうまくプロットができなかった。

### 5. 今後の展望

今回は山だったので、頭上に木がありデータ取れた地点も少なく標高の差もあったので、なるべく標高に差がなく比較的頭上に何も無い広いところで測りたい。



## 照明の変化による夜空の明るさへの影響 ～RVB光量変化による調査2019～

地学部夜空の明るさ班：碧山 安奈（高2）、平松 風夏（高2）【愛知県立一宮高等学校】

### 要 旨

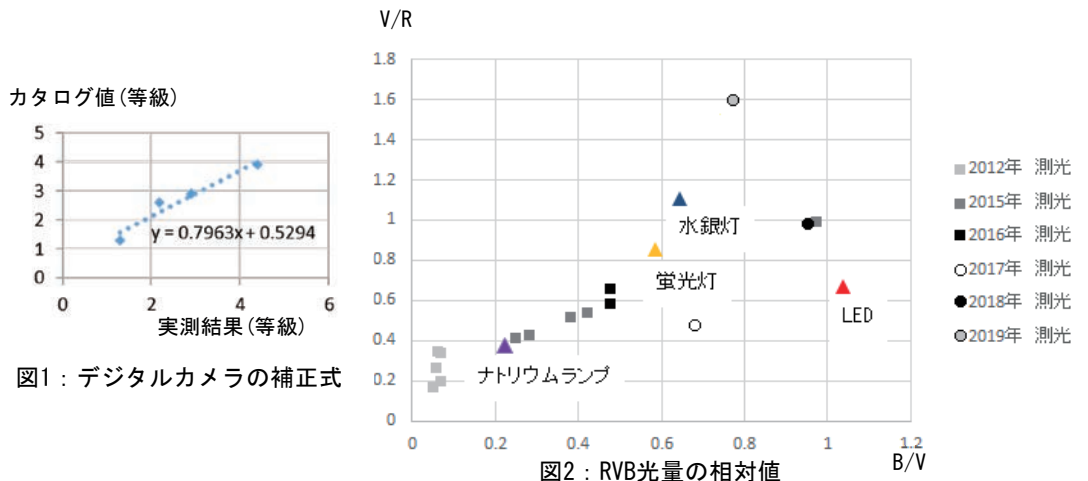
我々夜空の明るさ班は人間の活動による過剰な光が様々な問題を引き起こす公害の一種である光害について研究している。光害を引き起こす1つの原因として街灯等から上方へ漏れる過剰な光が挙げられ、その街灯の種類は年々変化している。そこで私たちは街灯の種類によって夜空に与える影響が異なるのか調べた。

#### 1. 方法

LED、水銀灯、ナトリウムランプ、蛍光灯のRVB光量の相対値と、夜空の明るさのデータ（Skyデータ）のRVB光量の相対値を求めた。2012年度はデジタルカメラのデータを使用したため、補正式を用いた。（図1）その値をB/Vをx軸、V/Rをy軸としたグラフで比較した。（図2）

#### 2. 結果

- ・2015～2017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。
- ・2015年の1つの結果と2018年の測光結果はLEDの明るさに近い。



#### 3. 考察

- ・2015年から2017年は水銀灯や蛍光灯の色に近づいていて、2018年は急激にLEDの色に近づいており、街灯の種類が水銀灯や蛍光灯からLEDに変わってきているのではないかと考えられる。（図2）
- ・2015年の1つの結果はほかの結果と離れており、2019年はデータが1つしかまだ出せてないので、外れ値とみなす。

#### 4. 今後の展望

まだ測光結果や街灯のデータが少ないので増やしていきたい。また、2012年以降の測光結果によるものなので、これ以前でのB/VとV/Rの値はどのようなものなのか、どんな街灯に近いのか、今回調べた測光結果へどのように変化するのか調べ、夜空の明るさに街灯がどれほどの影響を与えているのか調べたい。

#### 5. 謝辞・参考文献

LEDスペクトル<https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1602/05/news037.html>

ナトリウムランプ<https://kotobank.jp/word/ナトリウムランプ-108272>

蛍光灯スペクトル<https://dtp-discourse.jp/t/topic/26/2>

水銀灯分光

[https://www.ushio.co.jp/ip/technology/glossary/glossary\\_ka/high\\_pressure\\_mercury\\_lamp\\_2.html](https://www.ushio.co.jp/ip/technology/glossary/glossary_ka/high_pressure_mercury_lamp_2.html)

ジョンソンフィルター[http://www.sbig-japan.com/UBVRI/ubvri\\_m.html](http://www.sbig-japan.com/UBVRI/ubvri_m.html)

# オーロラ帯における異常伝搬の特異性～日本との比較～

加藤 清乃 (高3) 【中央大学附属高等学校】

## Abstract

In this study, we investigated the number of occurrences of Sporadic E layer (Es layer) and refractive index of Es layer in the auroral zone (Sweden, Norway, Finland) and middle latitude (Japan). The results indicated that the occurrence mechanisms of the anomalous propagation are different in the auroral zone and the mid-latitude. Especially, we found that comparison of the number of occurrences and time of sporadic E layer and electron density depends on the time when sporadic E layers are generated.

### 1. 研究背景

先行研究としてFMラジオの受信可能周波数を調べる簡単な実験をフィンランドで実施し、異常伝搬を観測することに成功した。この現象は、中緯度の異常伝搬の発生メカニズムと異なると予想しEs層の発生回数と電子密度に着目して考察を行った。(図1)

### 2. 調査方法

オーロラ帯、中緯度およびその境界域のEs層の回数と時刻について、それぞれスウェーデン王立物理研究所と国立研究開発法人 情報通信研究機構のイオノゾンデデータ並びにイオノグラムから抽出したイオノグラムデータを使用した。そして、2019年4月から5月、2019年6月から7月にかけての各観測地における1時間毎のEs層の発生回数を調査した。

さらに、下記のアップルトン・ハートリーの式を用いて、各観測地での1日における電子密度の変動を計算し比較した。

$$n = \sqrt{1 - \frac{Ne^2}{\epsilon_0 m \omega^2}} = \sqrt{1 - \frac{Ne^2}{4\pi^2 \epsilon_0 m f^2}}$$

$$N = \frac{4\pi^2 \epsilon_0 m f^2}{e^2} = 80.403$$

### 3. 調査結果

図2は、春季、夏季における中緯度、オーロラ帯のそれぞれのEs層の出現時刻と回数を示す。中緯度における異常伝搬は昼夜を問わず発生するのに対し、オーロラ帯では主に夜間に発生する傾向があることが分かった。また中緯度、オーロラ帯ともにEs層の発生回数は夏に増加する傾向にあり、オーロラ帯の入口付近で急激に発生傾向が変化する。

同時に、1日における電子密度の変化をアップルトン・ハートリーの式を用いて磁場の衝突を無視した計算をした結果、オーロラ帯と中緯度の電子密度も緯度における発生特徴に起因することを示唆する結果になった。(図3)

### 4. 結論

Es層の発生回数と電子密度の調査から、オーロラ帯を「従来のオーロラ観測が可能な地域という感覚的な定義」から、「実際の数値によって定量的な定義」が可能になると示唆される。

### 5. 今後の展望

この再定義に向けて、すでに取得済みである第三陸上特殊無線技士の資格を生かし中緯度やオーロラ帯の異常伝搬時における電波の伝搬距離や、ラジオの受信可能周波数とEs層との関係を調査する予定である。

### 6. 参考文献

- [1] 丸山隆, 2005, 小特集 宇宙天気予報 電離圏プラズマ, 独立行政法人 情報通信研究機構, 762-767.
- [2] 猪木誠二, 1990, イオノゾンデデータの計算機による新表示と電離圏現象, 通信総合研究所季報 Vol.36 No.181, 193-207.
- [3] 野崎憲朗, 1979, スポラディックE層伝搬, 電波研究所 Vol.25 No.134, 387-392.



図1 各観測点

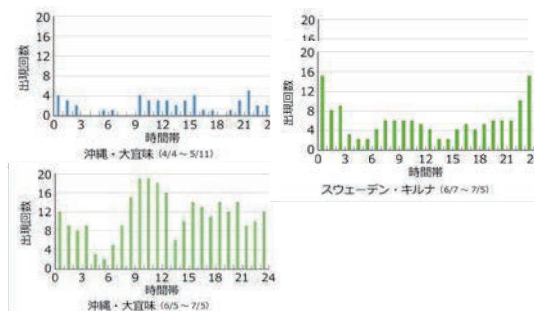


図2 オーロラ帯と中緯度の異常伝搬の発生回数と時間の調査結果

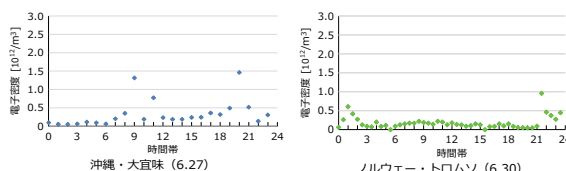


図3 中緯度と高緯度の異常伝搬時の電子密度

## 月夜の偏光～夜行性の動物たち～

チーム名：月夜のカンガルー

谷口 愛梨、酒瀬川 真央、寺島 千幸、森川 瑠水（高1）【順天高等学校】

### 要旨

夜の月や夜空がどのように偏光しているか、その偏光をたくさんの夜行性の動物たちが生活でどう活用しているのか、について研究する。偏光を観察するには、偏光版の明暗と色調の変化を頼りに測定する。

#### 1. はじめに

昼の青空の偏光やその仕組みについては知られており、それを活用する生物についてはかなり解明されている[1]。しかし、夜の月や夜空がどのように偏光しているか、その偏光をたくさんの夜行性の動物たちが生活でどう活用しているのか、についてはまだわかっていないようだ。それらを解明すべく研究を始めるに至った。

#### 2. 偏光の観測

偏光の観測には偏光版を用いた。偏光版は特定方向に振動する光の成分に限って通過させる板のことである。なぜ振動するのか不明だが、偏光版をかざすとパソコン画面が確かに暗くなったり明るくなったりする。

#### 3. 昼の偏光

偏光板を使って昼の青空の偏光を測定した。最大の偏光は、太陽から90度ほど離れた、2枚の直交した偏光板の明暗の差が最大となるところで起こる。偏光の方向は太陽の方向あるいはそれに直交した方向である。一方、私たちが青空を見上げた時、視野の中心付近に黄色と青色の筋が直交したパターンが見えた（ハイディンガーのブラシ）[2]。これを利用して、裸眼で青空の偏光を観察したところ、黄色の筋の方向は常に太陽を向いていた。またブラシの見え方も太陽から90度のところで最も顕著であった。これらは、偏光板を用いた方法と同じ結果であった。調べてみると、網膜にある細長いロドプシンがその方向に振動する青い光を感じるらしい[3]。またそれらは同心円状に並んでいる。故に横に振動する青い光は上下で強く出て、左右ではその青色が欠けるので補色の黄色が出る（図1）。

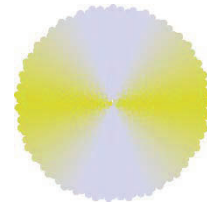


図1 ハンディンガーのブラシを図化したもの

#### 4. 夜の偏光

さらに月についても、偏光板をかざして120倍のカメラや望遠鏡を使って測定した。カメラの視野に月を入れて、偏光板を45度ずつ回転させながら望遠カメラで動画を撮った。これは昼の青空のように明暗がはっきりわからなかった。しかし、各角度ごとに抜き出したスナップショットを見比べていると、色調がわずかに変化していることに気が付いた。赤(R)と緑(M)の色調が偏光板を90度回転するごとに交互に現れた（図2）。このことから僅かな色調の変化は月の偏光に原因があると考えられる。この色が変わる仕組みについてはセロテープを重ねて、2枚の偏光板の間に置いたときに鮮やかに色づくことと関係があるかもしれない。

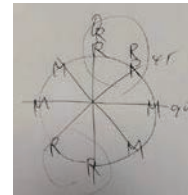


図2 色の変化の様子

#### 5. 偏光の観測の改良

今まで偏光は主に偏光板で明暗を頼りに測定してきたが、今後さらに確かな方法で偏光を確認したい。その一つの方法として、上記で説明した色調の変化がある。撮影した月をMathematicaで色別に抜き出してみると、なんとなく90度ごとで系統的に変化していることが分かった。さらに、偏光版1枚だけをかざすのではなく、45度傾けて透明プレートが付着させる方法を見出した。これを回していくと色調が変化する。最も顕著に色調の変化を得るため、透明プレートの厚さや素材をたくさん検討すると、90度回転で赤-緑の色が鮮やかに移り変わるようになった。このように偏光を明暗でなく色で正確に測定していこうと思う。そして発表までに空や月や雲の偏光を再度正確に測定したい。

#### 6. 動物は偏光をどう見るか

同様に動物たちも「色」で偏光を感知しているのではないかと予測した。偏光を見ると、複眼と単眼の違いなども含めて発表までにさらに探求していく。

#### 7. まとめ

偏光板を使って昼の青空の偏光を測定した。最大の偏光は太陽から90度離れたところで、偏光の方向は太陽の方向あるいはそれに直交した方向である。さらに月についても偏光板をかざして120倍のカメラや望遠鏡を使って測定した。明暗は顕著ではなかったが、色調がわずかに変化していることに気が付いた。赤と緑の色調が偏光板を90度回転するごとに交互に現れた。このわずかな色調の変化は月の偏光に原因があるだろう。今まで偏光の明暗を頼りに見てきたけれど、今後は偏光板とブラチック版を重ねた板で、色の変化を見ることによって、発表までに、より正確に偏光を測定していく。また、動物の見る偏光も人間の眼と比較しながら考察したい。

### 【参考文献/References】

1. <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9F%E3%83%84%E3%83%90%E3%83%81%E3%81%AE%E3%83%80%E3%83%B3%E3%82%B9>
2. <http://www.polarization.com/haidinger/haidinger.html>
3. <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AD%E3%83%89%E3%83%97%E3%82%B7%E3%83%B3>

## 球状星団を使ったM31の距離の求め方

豊岡高等学校天文部：

松浦 昂輝、市川 大希、外地 ゆめ佳（高2）【埼玉県立豊岡高等学校】

### 要旨

M31の球状星団の明るさからM31までの距離を $6.92 \times 10^5$ [pc]と求めることができた。

#### 1. 動機

口径13cmの望遠鏡とデジタルカメラから得られた画像データを使い、M31の構造を調べたときb（青）とr（赤）の画像を用いるとM31の球状星団が検出しやすかった。みつけた球状星団の明るさを測定しM31の距離を求められるのではないかと考えた。

#### 2. 観測と解析方法

撮影方法 望遠鏡TS130 口径13cm 焦点距離1000mm 反射望遠鏡直接法 カメラRICOH PENTAX

K-5(APS-C) ISO - 12800 撮影日時 2018/11/03 0時16分から0時44分 露出時間 5秒

場所 埼玉県入間市 埼玉県立豊岡高校 3Fの渡り廊下

天体画像100枚から得られたデータをRAW2FITSでBLUE、GREEN、REDの画像（以降、b画像、g画像、r画像とする）に分解し、一次処理を行った。一次処理のためフラット、ダークを20枚撮影した。フラットは汚れない壁を利用して撮影した。

解析方法が検出と距離で異なる。それぞれの解析方法は以下の通りである。

(1) 検出：rgbを再合成し図1を得た。色指数は等級（対数）の差なので、光の量でいうと比になっている。私たちはb画像/g画像（b/gと表す）など、画像の除算を行って、図2のような色を示す画像を作ることができた。RGB画像とb/r画像をM31の球状星団を細かく検出した先行研究の画像と見比べて私たちの画像に写っている球状星団を探した。バルジと球状星団が同じ色なので、同じように黒くみえる。

(2) 距離：3の項目で得られた結果を生かし、距離を求めるため、g画像とb/r画像に共通の5つの比較星をとり、比較星の平均カウント値と等級を測った。それらの数値を使って距離を求めた。

#### 3. M31の球状星団の検出 ※（1）の解析方法を用いた

応用としてrを使うことによって、赤が強い球状星団が検出できないか検証してみた。

M31の球状星団を詳しく研究した論文のなかに球状星団の位置を示す画像があったためその画像と私たちが作った画像を見比べて球状星団を探した。

rを使ったことにより4倍球状星団が検出しやすくなった。

図1 bgr画像の球状星団



図2 b/r画像の球状星団



	全体の星	球状星団	割合
bgrの画像	515	8	1.55%
b/rの画像	87	6	6.89%

表1 画像を比較したもの

#### 4. 距離 ※（2）の解析方法を用いた

g画像（図3）を使って図2の6個の球状星団

をそれぞれ5個の比較星（3）を使って明るさを求めた。その結果球状星団のみかけの等級 $m=14.2$ を得た。一方、理科年表のサイトの球状星団の明るさについて図4となっており私たちはそのうち明るいものをみているとすると絶対等級 $M=-10$ となる。

※図3の白い丸は比較星にマークをつけたものである。

絶対等級・見かけの等級・距離の関係式  $M = m + 5 \log \frac{10}{d}$

$M=-10$   $m=14.2$  を代入

ゆえに  $d = 10^{5.84}$ [pc] =  $6.92 \times 10^5$ [pc] =  $2.25 \times 10^6$ [ly]

#### 5. 結果

- ・ b/r の画像を使ったら球状星団を見つけやすくなった
- ・ M31 の周辺で見つけた球状星団の明るさを測定して距離 $6.92 \times 10^5$ [pc]を求めることができた。
- ・ 口径 13cm の学校の望遠鏡でも銀河までの距離が測定できることがわかった。

#### 6. 参考資料

色指数を用いたM31の銀河構造の研究 埼玉県立豊岡高等学校天文部2年次 第11回 坊っちゃん論文コンテスト

Globular Star Cluster of M31, Robert Gendler <http://www.robgendlerastropis.com>

RAW2FITS 星空公団 HP ウェブサイト (<https://www.kodan.jp/>)

ステラナビゲーター 株式会社アストロアーツ

マカリ 国立天文台

理科年表オフィシャルサイト/天文部: 散開星団と球状星団

[https://www.rikanenpyo.jp/kaisetsu/tenmon/tenmon\\_\\_025.html](https://www.rikanenpyo.jp/kaisetsu/tenmon/tenmon__025.html)

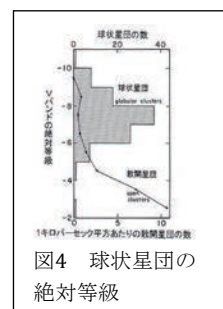


図4 球状星団の絶対等級

## 渦状腕の巻き込み具合の数値化

もしも君が杜の都で天文学者になったら2018 あずき組：  
 清原 愛（高2）【立命館慶祥高等学校】丸目 帆夏（高2）【大阪府立豊中高等学校】、  
 百村 心奈（高2）【八千代松陰高等学校】

### 要 旨

一般に、渦状腕の巻き込み具合は時間に伴い大きくなることが知られている。そこで、銀河の巻き込み具合を指標にすることで、銀河の成長段階を判断できると考えた。渦状腕の巻き込み具合を表す方法はさまざまなものが提唱されているが、その多くは記号を用いた大まかなものである。本研究では渦状腕の巻き込み具合を数値化することで、より正確に巻き込み具合を表すことを目指した。

### 1. 仮説

銀河は宇宙空間のガス密度が大きい所から星が誕生し、その星の数が増加する事で形成される。ガスの中心ほど星が密集しバルジは大きくなるため、銀河が成長するにつれて銀河全体に占めるバルジの割合は増加すると考えられる。また、差動回転により渦状腕の巻き込み具合は大きくなる。ゆえに、銀河全体に対するバルジの占める割合が大きいほど、渦状腕の巻き込み具合は大きくなると予想する。

### 2. 渦状腕の巻き込み具合の算出

- 1) ずばる画像処理ソフト Makali'i(マカリ)の輝度重心検索でバルジの中心を求める
- 2) バルジの中心から10度ごとに直線を引く
- 3) それぞれの直線における銀河中心～腕(腕の最大輝度)の距離を測る(図1)
- 4) 基準線からの角度を横軸、3の数値を縦軸に取ったグラフを作成(図2)
- 5) グラフの傾きの最小値をその銀河の渦状腕の巻き込み具合の代表値とする(図2の銀河の場合は腕3の傾きを採用する)



図1

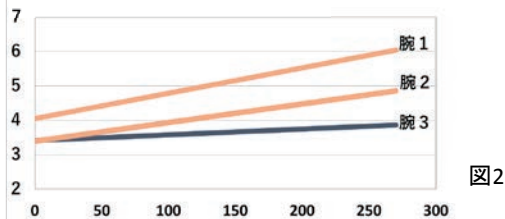


図2

### 3. 銀河全体に対するバルジの割合の算出

- 1) 2-1で求めた輝度重心を中心とし、Obj径を10pixelごと増やして開口測光する
- 2) Obj径を横軸、開口測光で求めたObj count平均値から1つ前のObj count平均値を引いた値を縦軸に取ったグラフを作成(図3)
- 3) グラフの近似直線の傾きが-0.1(少数第2位以下四捨五入)になった時の(Obj径-10pixel)×

- 2)を銀河の大きさとする(図4)
- 4) 5pixel幅の矩形選択で作成した銀河の輝度グラフからバルジの大きさを求める
- 5) バルジの大きさ÷銀河の大きさの値を銀河全体に対するバルジの割合とする

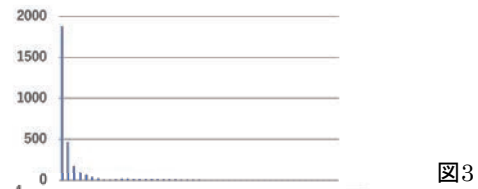


図3

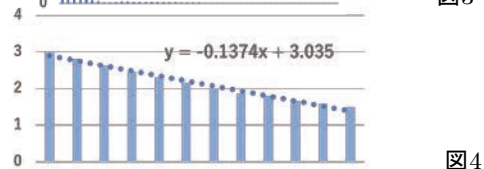


図4

### 4. 結果・考察

渦状腕の巻き込み具合の大きさを横軸、銀河全体に対するバルジの割合を縦軸としてグラフを作成した。(図5)

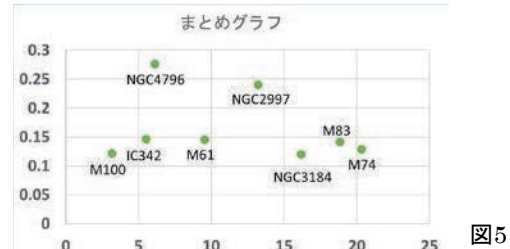


図5

仮説では、銀河全体に対するバルジの占める割合が大きいほど、渦状腕の巻き込み具合は大きくなると予想したが、今回のグラフからそれは読み取れなかった。その原因はサンプルとして選んだface-on銀河の基準が、渦状腕が分かりやすいものを選んでいたために、全てドウ・ボークルール分類で言うところのSA, SABIになってしまっていたからだと考えた。

### 4. 今後の展望

今後は巻き込み具合が小さい銀河も分析していくことで、巻き込み具合の数値化の実現を目指していく。

### 4. 謝辞

本研究を進めるにあたって、ご協力いただきましたもし天の皆様には感謝申し上げます。

## 銀河の歪みと伴銀河の関係

もしも君が杜の都で天文学者になったら・・・。2019

SAYCHO-PASS 班：

渡邊知優（高2）【早稲田大学 高等学院】、松田聖梢（高2）【慶應義塾高等学校】  
遠藤才織（高2）【北海道札幌南高等学校】、守谷彩花（高1）【大阪府立豊中高等学校】

### <背景>

近年の研究により天の川銀河の円盤が歪んでいることが分かっており、その原因は天の川銀河の伴銀河であるいて座矮小銀河の重力であると言われていた。そこで、他の銀河も伴銀河による影響で歪んでいるのではないかと考えた。

### <要旨>

天の川銀河以外の銀河の歪みにおいても他の銀河(伴銀河)の重力が影響しているのかを考察する。そして、その結果から銀河の歪みが何によるものなのかを考察する。銀河の歪みを測定するために対象はエッジオン銀河に限定した。

### <研究方法>

- 対象：NGC4631、NGC4627→撮像観測  
天の川銀河、いて座矮小銀河、NGC4302、NGC4298→アーカイブデータを使用  
(天の川銀河：3Dマップ いて座矮小銀河、NGC4302、NGC4298：Finding Chart)
- 観測機器：仙台市天文台1.3mひとみ望遠鏡 ○観測日時：2019年12月25日 3:14～
- フィルター：Vバンド×2枚、Rバンド×2枚 ○積分時間：240秒
- 歪みの定義について  
まず目視で線を引き、これに等間隔で垂直な線を引いた。ここで引いたそれぞれの線の上で最も光度の高い場所をプロットし、それらの点の近似直線を銀河面とした。そしてプロットしたそれぞれの点と銀河面との距離の、銀河の直径に対する割合を銀河の歪み率とした。
- 伴銀河の重力との相関  
質量光度比から、母銀河と伴銀河の大まかな質量を概算した。そして、画像処理ソフトマカリを用いて母銀河と伴銀河との距離を求め、万有引力と全体の歪み率との相関を求めた。

### <結果>

解析の結果、図1、図2、図3のようになった。  
縦軸：上下差/銀河の直径(%) 横軸：位置

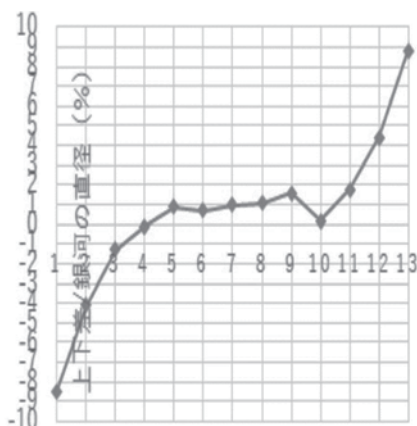


図1 天の川銀河の歪み率

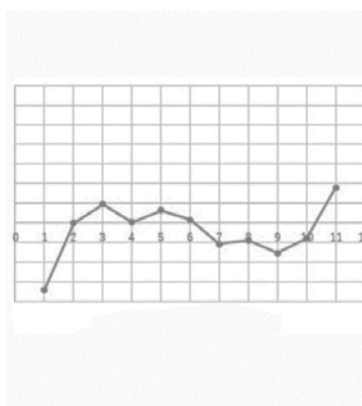


図2 NGC4631の歪み率

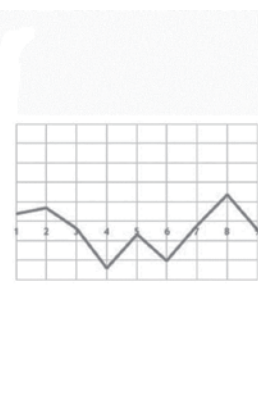


図3 NGC4302の歪み率

### <考察>

図1～図3より、銀河のゆがみと伴銀河の重力に逆の相関がみられた。このことは、観測的なミスを除き、ダークマターが局所的に存在している可能性、銀河の回転による磁場の変化、暗黒矮小銀河の存在などが考えられる。

### <参考文献>

<https://aladin.u-strasbg.fr/AladinLite/> <https://ned.ipac.caltech.edu> <https://catserver.ing.iac.es/startalt/>  
<https://simbad.u-strasbg.fr/simbad> [https://archive.stsci.edu/edy/cgi-bin/dss\\_form](https://archive.stsci.edu/edy/cgi-bin/dss_form)  
<https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0302543.pdf> <https://www.businessinsider.jp/post-195776>  
天文学宇宙検定 公式テキスト 2019～2020年版 2級

## 特異銀河における運動の観測

阿曾沼 凌雅 (高2)、藤井本 祐也 (高1) 【修道高等学校】

### -概要-

今回、私達は特異銀河の運動の様子についての研究を行った。前年、一般的な渦巻銀河の輝線スペクトルの分光観測によってそれらの視線速度を計測した経験から、通常の渦巻銀河とは異なる運動をしているであろうと私達が予想した特異銀河についても、同様の手法にてその運動状態を確認できるのではないかと考えた。

### -観測手法-

研究に用いる天体データの取得に当たっては、かなた天文教室にて広島大学の教員方の指導の下、同大学の所有する望遠鏡・分光器等の観測機材を使用した。概ねの観測・計測手段は、下記の通りである。

○観測対象：NGC922(特異銀河)・NGC7331(渦巻銀河)

1. 高分解能分光器“HOWPol”を用いて観測対象の分光データを取得(図.1)
2. 得られた分光データの各補正(ダーク等)の後、画像解析ソフト“Makali'i”によってピクセルごとの輝度を計測し、スペクトルを作成する(図.2)。このとき、輝度を計測する箇所はそれぞれディスクの視線速度を求めたい部分とする(図.3)
3. 作成したスペクトル中の、観測された銀河由来であると考えられるH $\alpha$ 輝線と、本来の波長(656.3nm)とのズレ量から、ドップラー式を用いて視線速度を算出する

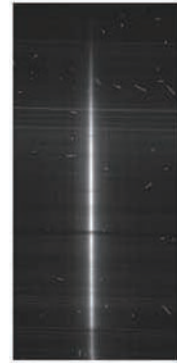


図.1 NGC7331の分光画像

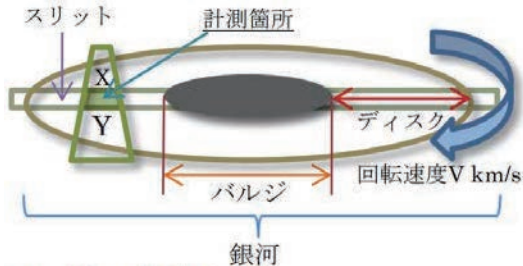


図.2 対象の計測箇所例

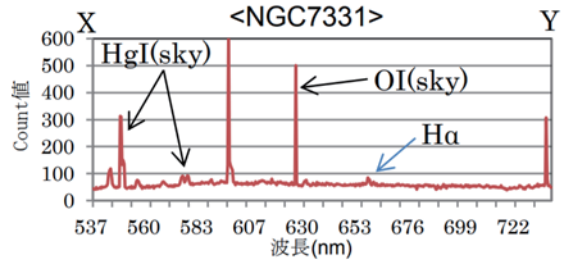


図.3 NGC7331のスペクトル

### -観測装置-

- ・ソフトウェア … Makali'i(国立天文台)、Excel
- ・望遠鏡 … かなた望遠鏡(有効径:1.5m)
- ・分光器 … HOWPol(露出型広視野偏光撮像装置)

### (観測対象の選定基準)

- ・観測時刻に天頂付近に存在し、シーイングが良好である
- ・強い輝線を持つエッジオン銀河である

### -観測結果-

名称	運動の様子	速度V (km/s)
NGC7331	反時計回りの回転運動	約180km/s
NGC922	単純でない回転運動	右図参照(図.4)

※後退速度はSIMBADを参照した

一般的な銀河であるNGC7331は通常の回転運動を示すデータを得ることができた。

一方で、特異銀河であるNGC922は場所によって異なる速度、あるいは異なる方向での回転運動を行っている事を示すデータを得ることができた。

○上記データから作成したNGC922の回転速度の分布図(図.4)より、この銀河は内側と外側で互いに逆回転をしていることが分かった。

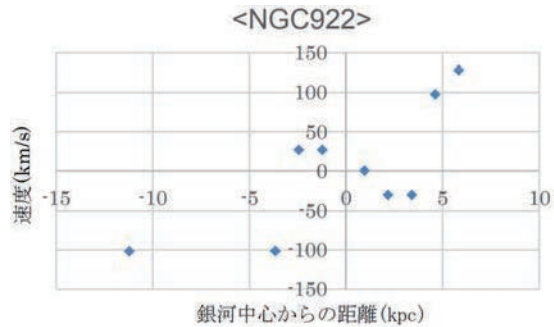


図.4 NGC922の回転速度分布図

### -考察・反省-

以上の結果から、通常の渦巻銀河は内側と外側でほぼ等速な回転運動を行っているのに比べ、他の銀河が衝突した形跡の残るNGC922に関しては回転すらしていないのではないかと予想に反し、図.4のように回転方向は異なるものの回転運動そのものは維持していた。今後はそのような現象が起こる原因についても詳しく調査したいと考えた。

### -謝辞-

今研究において、データ解析や観測手法に関し多大なご指導・助言を下された広島大学の教員方、並びに学生方に厚く御礼を申し上げますと共に、感謝の意をここに表します。

# 母銀河の解析から爆発天体の性質を探る

銀河学校2019A班：

河村 菜々子 (2019年卒) 【高田高等学校】、北川 陽斗 (高2) 【滝高等学校】、  
近藤 大航 (高2) 【灘高等学校】、平井 大源 (高2) 【早稲田高等学校】、  
米村 優輝 (高2) 【中央大学附属高等学校】、竹内 遥 (高2) 【お茶の水女子大学附属高等学校】

**要旨：**それぞれの母銀河を観測することで、GRB 050509B、AT2018cow、GW170817の3つの爆発現象が発生した天体の性質を調べる。また、爆発現象の経緯や原因について考察する。

## 1 はじめに

私たちは3つの爆発現象について母銀河(注1)の色から銀河を構成する星の傾向を考え、爆発現象の正体を考察した。GRB 050509Bはショートガンマ線バーストとしては史上初めてその母銀河が特定された。GW170817は史上初めて同じ天体からの電磁波と重力波が観測された爆発現象である。AT2018cowはRapid Transientと呼ばれる、明るさの変動が極めて早い爆発現象で、これまでに見つかった似た性質の爆発現象より格段に距離が近く多くの観測が行われた。

## 2 観測・解析

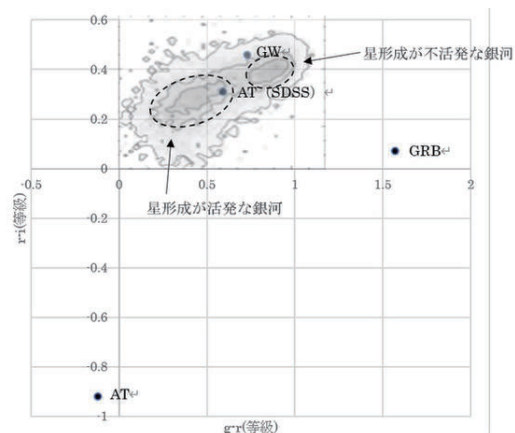
東京大学木曾観測所 105cm シュミット望遠鏡に搭載されているカメラ Tomo-e Gozenを用いて、GRB 050509B、GW170817、AT2018cowの母銀河を観測した。広帯域g-band, r-band, i-bandと狭帯域 H $\alpha$  フィルターで撮像し、連続波とH $\alpha$ の画像を得た。得られた画像データを解析して各銀河の明るさを測定した。

## 3 結果

各銀河のg-band, r-band, i-bandの等級が得られた(表1)。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。AT2018cowについて、観測により得られた値(図1.点AT)は一般的な銀河とかけ離れた値をとってしまったので、考察はSDSS(注2)のデータ(図1.点AT SDSS)をもとに行った。

(表1)各銀河のg-band, r-band, i-band, H $\alpha$ の等級

	G-band	R-band	I-band	H $\alpha$ -band
GRB	19.38	17.81	17.74	-
GW	14.11	13.38	12.92	13.39
AT	15.25	15.37	16.29	-
AT(SDSS)	15.63	15.04	14.73	-



(図1)各銀河の色(二色図)

(Optical Galaxy Properties \*1 資料に加筆)  
色の濃さが銀河の数分布を表す。

## 4 考察

### 4.1 GRB 050509B

観測結果から母銀河は赤いため、星形成は活発ではなく、年老いた恒星が多いと言える。そのため、中性子星やブラックホールなどの、大質量星の死骸が十分あると考えられ、爆発に関与している可能性が高い。大質量星の爆発する原因として、中性子星が重力波放射で角運動量を失い、長い時間を経て衝突・合体したものが考えられる。また、寿命を迎えた星が最期に爆発した、中性子星と連星系をつくる赤色巨星の活発化によりその物質が流れ込んで爆発した、ブラックホールの付近でガスが高速回転して降着円盤またはジェットが発生し、近づいてきた巨大ガスのかたまりがすぐに飲み込まれて一時的にガンマ線を放出した、という仮説も考えられる。

### 4.2 GW170817

観測結果から母銀河は赤いため、星形成は活発ではなく、年老いた恒星が多いと言える。重力波の観測によると、この爆発現象は中性子星同士の衝突によるものであると考えられている。若く重い恒星が少ないこの銀河において中性子星が存在することは観測結果と矛盾せず、先行研究\*2を支持する結果になった。

### 4.3 AT2018cow

観測結果から母銀河は青いため、星形成が活発であると言える。爆発現象自体の観測より分かった、超新星爆発と同程度の規模だが、数日程度という非常に短い時間で暗くなっており、また、強いX線が観測される一方 $\gamma$ 線はほぼなく、黒体放射に近いが僅かにHeとCOの吸収線をもつことに矛盾しない爆発現象として、中間質量ブラックホールによる白色矮星(注3)の潮汐破壊を考えた。

## 謝辞

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。

## 用語

注1: 現象の起きた天体の属する銀河(本研究はいずれも天の川銀河以外で発生した爆発現象を扱った。)

注2: The Sloan Digital Sky Surveyの略称。国際的な広域観測プロジェクト。主にアパッチポイント天文台の専門望遠鏡による観測データを扱う。

注3: 太陽程度の質量の星の残骸で、H・He・C・Oなどを成分に持ちうる。

## 参考文献

SDSS

<<http://skyserver.sdss.org/dr15/en/tools/chart/navi.aspx>>

\*1 Optical Galaxy Properties <<https://cosmo.nyu.edu/mb144/manyd.html>>

\*2 Abbott, B. P., et al., 2017, Phys. Rev. Lett., 119, 161101



# ダークマターと銀河団の形成

松下 隼之介、林 環稀 (高2) 【神奈川県立横須賀高等学校】

## 要旨

本研究は、昨年度の研究課題として設定した「銀河内におけるダークマターの分布」に関する考察に、理論的な説明を加えることを目的として行った。昨年度の研究の結論を踏まえ、「銀河団を構成するダークマターは二種である」「銀河団形成の過程にダークマターの持つ特徴や性質が顕著に表れる」と仮定し、太陽系の形成・維持に関わる数式を銀河団の形成に適用させ、様々な先行研究も利用して考察を深めた。

### 1. 研究背景・仮説

図1より、銀河団の中心部には非常に高密度にダークマターが存在していることが分かる。質量が小さい物質同士の相互作用は無視できるほど小さいため、中心部に密集しているダークマターを一つの塊として見た場合、外縁部のダークマターは、中心部から受ける万有引力の影響のみを受けて運動していることになる。これらの特徴は、太陽を中心とした太陽系にも当てはまり、太陽系が万有引力の法則によって現在の形を維持しているといえることから、「万有引力によって説明される基本法則は、星系間の大きなスケールでも成立し、銀河団の中心部に密集したダークマターによる万有引力が、銀河団の形成・維持に大きな役割を果たしている」と仮説を立てた。

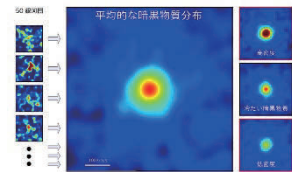


図1 50個の銀河団において観測されたダークマターの平均分布図 (カブリ数物連携宇宙研究機構)

### 2. 研究方法

- (1) 銀河団内の物質における運動方程式と力学的エネルギー保存則から、銀河団が形成され維持するのに必要な物質の速さを求める。
- (2) おとめ座銀河団の中心質量を、(1)の速さとおとめ座銀河団内の銀河「M86」の速さから見積り、その結果をグラフにより示す。
- (3) (2)で求めた中心質量から、おとめ座銀河団の中心部と外縁部に存在するダークマターの質量比を予想し、その結果を先行研究と比較する。

### 3. 結果

- (1) 銀河団内にある物質の運動方程式は以下のようになる。

$$m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} = \sum_{j=1}^n G m_i m_j \frac{x_j - x_i}{|x_j - x_i|^3}$$

↓  
質量が密集している中心部からのみ力を受けるとする。  
(中心部の質量M, 中心からの距離

$$m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} = G \frac{m_i M}{r^2} \quad \dots \textcircled{1}$$

物質が中心部に引き込まれずに円運動し続ける速さを  $v_1$  とすると、式①より、

$$m_i \frac{v_1^2}{r} = G \frac{m_i M}{r^2} \Leftrightarrow v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad \dots \textcircled{2}$$

一方で、物質が中心部からの影響を受けなくなる地点に達するために必要な速さを  $v_2$  とすると、力学的エネルギー保存の法則より、

$$\frac{1}{2} m_i v_2^2 + \left(-G \frac{m_i M}{r}\right) = 0 \Leftrightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \quad \dots \textcircled{3}$$

- (2) M86の移動速度と、銀河団の中心からM86までの距離を用いて、おとめ座銀河団の中心質量を見積もる。(1)の式②(第一宇宙速度)と式③(第二宇宙速度)に以下の値を代入し、計算を行った。図2はその結果をまとめたものである。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{銀河団の中心からM86までの距離 } r = 67.83 \times 10^{21} \text{m} \\ \text{M86の移動速度 } v = 0.243 \times 10^6 \text{m/s} \end{array} \right.$$

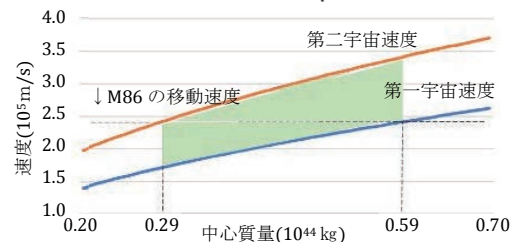


図2 おとめ座銀河団の中心質量

- (3) (2)で求めたおとめ座銀河団の中心質量から、銀河団内のダークマターの質量比を予想する。一般的に銀河団の質量のうち、約83%をダークマターが占めるとされている。そのため、おとめ座銀河団の総質量が  $1.5 \times 10^{44} \text{kg}$  であることから銀河団内に存在するダークマターの総質量は  $1.245 \times 10^{44} \text{kg}$  であり、中心部に密集するダークマターの質量は  $0.248 \dots \times 10^{44} \sim 0.496 \dots \times 10^{44} \text{kg}$  であることが計算から求めた。これより、おとめ座銀河団内に分布しているダークマターのうち、約20~40%が中心部に集まっていることが予想される。

### 4. 考察

(2)で求めたおとめ座銀河団の中心質量は、各銀河の中心に存在する巨大ブラックホールのさらに  $10^4 \sim 10^9$  倍の質量を持つ必要があると求めた。これは非常に大きな値であるため、実際には中心部だけでなく、銀河団の外縁部に広く存在するダークマターや宇宙ガスの持つ万有引力が、銀河団の形成・維持に大きな役割を果たしていると考えられる。(3)で求めた銀河団内のダークマターの質量比を先行研究と比較すると、図でも同様に中心部にきわめて大きな質量が集中している。このため、銀河団が中心部から受ける万有引力の影響を強く受けて形成された可能性は高いと考えられる。(図1の色分けの具体的な基準が分かれば、20~40%という値の信憑性をはかることができる。)

## 暗いベテルギウス

普段と変わらないように見える星空も、よく見ると日々大きく変動している。赤色超巨星であるオリオン座のベテルギウスは、半不規則型変光星として知られ、約1等級ほどの明るさの変動があることがわかっている。しかし、2019年秋から減光を始め、2020年1月以降、過去100年で最も暗い状態になっている。オリオン座を見上げてみても、ベテルギウスがリゲルより遥かに暗く、左肩の位置にあるベラトリックス(1.6等級)と同じか、やや暗く見えている。こんなわけで、今年の冬の大三角はややバランスに欠けている。

このベテルギウスの暗い状態は、超新星爆発の前兆などではないが、太陽の約20倍の質量をもつ大質量星の「星の進化」における最終ステージでの大きな変動を目の当たりできているということだ。星空を見上げながらこの向こうに広がる大宇宙（未知の世界）に一步踏み出して見たくなる。

撮影：大西浩次

撮影場所：霧ヶ峰高原（長野県）

撮影日時：2020年2月1日22時13分

## ジュニアセッション実行委員会・世話人

実行委員 山村一誠（実行委員長）、石川直美、大西浩次、篠原秀雄、内藤博之、山岡均

世話人 縣秀彦、飯塚亮、石田光宏、小倉和幸、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

天文学辞典



誌面構成 中田彩子

印刷 株式会社 明友社

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

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

発表へのコメントは、インターネットで受け付けています。  
<https://forms.gle/U21BsXB9Kj3cTReT6>

コメント受付フォーム



天文学辞典



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

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