

日本天文学会 2018 年春季年会

JUNIOR SESSION

第 20 回 ジュニアセッション予稿集



2018 年 3 月 14 日～17 日
於 千葉大学 西千葉キャンパス

日本天文学会 2018 年春季年会

第 20 回 ジュニアセッション予稿集

2018 年 3 月 14 日～17 日

日本天文学会 第 20 回ジュニアセッションへようこそ

公益社団法人 日本天文学会
会長 柴田 一成

ジュニアセッションは 2000 年の春季年会から数えて今回で 20 回目となりました。最初は 17 件だった研究発表の数は年々増加し、昨年は史上最多の 84 件を記録しました。今年も 74 件の発表があります。

日本天文学会のジュニアセッションが始まった当時は、専門の研究者が多数集まる学会で、このような多くの中高生が集まるジュニアセッションというのは非常に珍しかったのですが、日本天文学会のジュニアセッションが高く評価されたせいでしょうか、その後、他学会でも類似のジュニアセッションや高校生セッションなどをちらほら見かけるようになりました。

天文学というのは市民の皆さんや子供たちに開かれた学問分野です。数ある学問分野の中で 1、2 を争うくらい在野の研究者あるいはアマチュア研究者が多い分野と言えます。先日もある研究会で、「アマチュアが活躍する学問分野としては、天文学と考古学が双璧」と述べた人がいました。星の数はまさに星の数ほどあるので、専門知識のない市民の人々や子供たちにも発見のチャンスがごろごろ転がっている、というわけですね。

京都大学花山天文台の初代台長山本一清博士は、今からおよそ 100 年近く前に日本で最初のアマチュア天文同好会（現在の東亜天文学会）を立ち上げ、花山天文台に同好会の拠点置いて、天文学の普及活動を非常に熱心に進められました。日本中の天文好きの人々や子供たちを花山天文台に招き、また、日本中に出かけて行って天文学の普及を精力的に推進されたそうです。そのおかげで、日本中にアマチュア天文学者が誕生し、日本のアマチュア天文学は世界一になったと言われています。倉敷天文台の本田実さんによる彗星発見や、諏訪清陵高校の黒点継続観測は、そのような世界に知られる日本のアマチュア天文学の大きな業績の一つです。また天文同好会に参加した高校生の中から、のちに東京天文台長となる古畑正秋博士や、太陽コロナの研究で世界的な成果を挙げた宮本正太郎博士（花山天文台第三代台長）が輩出しました。

日本天文学会のジュニアセッションが 20 年前に始まり、このように大きく成長したのは、以上のような日本におけるアマチュア天文学（あるいは、学校・民間天文台・プラネタリウムを含む天文学普及に携わる人々によるアウトリーチ活動）の発展のためものと言えるかもしれません。

日本天文学会のジュニアセッションに参加した若者たちの中から、第 2 の本田実や諏訪清陵高校、さらには古畑博士、宮本博士のような研究者が出現することを期待して、ジュニアセッションに参加する皆さんへのエールとしたいと思います。

日本天文学会 2018 年春季年会

第 20 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、
千葉大学

後援：日本学術会議

【口頭セッション】 : 2018 年 3 月 17 日 (土) 9:30 ~ 15:30

会場：千葉大学 西千葉キャンパス 総合校舎 2 号館 (J 会場)

【ポスターセッション】: 2018 年 3 月 17 日 (土) 11:30 ~ 13:30

15:30 ~ 16:30

ポスター会場：千葉大学 西千葉キャンパス 第一体育館

※ポスター掲示は年会の会期 (3 月 14 日~17 日) を通して可能です。

≡ 発表へのコメントは、インターネットで受け付けています ≡

<https://goo.gl/forms/jxHBJmHL6bSf3p2>

(2018 年 4 月 9 日まで)



【2018 年 3 月 17 日 (土) のスケジュール】

※口頭講演は各講演 4 分間で、3 講演ごとに質疑応答の時間を 3 分間取ります。

※講演番号は、英文字を省略しています。

9:00 受付開始

9:30 口頭講演 (J 会場)

座長：阿部 新助 (日本大学理工学部)、松本 直記 (慶應義塾高等学校)

タイセッション : 1、2、3、4、5、6

セッション I 銀河 : 7、8、9、10、11、12、13、14

セッション II 地球大気・星空環境 : 16、18、19、20、22、24

ショートプレゼンテーション : 17、23、25、26、41、50、55、56、62、
63、64、66、68、70、72、74

(各講演 1 分)

11:30~13:30 ポスターセッション (コアタイム), 昼食

13:30 口頭講演 (J 会場)

座長：野澤 恵 (茨城大学理学部)、鈴木 文二 (元埼玉県立春日部女子高等学校)

セッション III 装置・観測方法 : 32、34、35、36、37、39、40

セッション IV 宇宙開発 : 42、43、44、45

セッション V 太陽系天体 : 46、47、48、49、53

セッション VI 太陽・位置天文 : 57、58、59、60、65

セッション VII 銀河系内天体 : 69、71、73

15:30~16:30 ポスターセッション



次

Thai Session タイセッション

01T	The Study of Jupiter's Density Thanatchaphat Saithong 【Siyanusorn School Chanthaburi】	14
02T	The Study of the Orbital Period of Saturn's Moons for determining the Saturn's mass Chayanit Khaimuk 【Princess Chulabhorn Science High School Mukdahan】	15
03T	The Study of Affected Factors for Color of the Sun Tosang Leesanguan 【Princess Chulabhorn Science High School Mukdahan】	16
04T	The study of chemical composition of star HD37018 in Orion constellation Alisa Nakkham 【Nongbuadaengwittaya School】	17
05T	Development of Dobsonian Telescope Positioning Device Warunyoo Nijjarungul 【Suratthani School】	18
06T	Development of Astrophotography Mount for DSLR Camera Kankanit Pholporton 【Piboonbumpen Demonstration School Burapha University】	19

T：講演（4分間）
S：ショートプレゼンテーション（1分間）
P：ポスターセッションのみ

セッションⅠ 銀河

- 07T 銀河系の姿を探れ！！** 20
銀河学校 2017 B 班：松澤 力（高3）【長野県屋代高等学校】、
山内 丈寛（高2）【長野県松本県ヶ丘高等学校】、
大頭 音（高2）【広島県立広島国泰寺高等学校】、石田 侑一郎（高2）【東大寺学園高等学校】、
斉藤 那菜子（高2）【八戸工業大学第二高等学校】、山下 凜太郎（高2）【桐朋高等学校】、
近藤 綾香（高2）【片山学園高等学校】、水野 春風（高2）【明星高等学校】、
阿部 夏美（高3）【湘南白百合学園高等学校】、邨瀬 史伎（高3）【愛知県立旭丘高等学校】、
市川 瑞涼（高2）【東邦大学付属東邦高等学校】、松本 栞（高2）【静岡県立静岡高等学校】、
板東 藍来（高2）【福井県立藤島高等学校】
- 08T 銀河の回転速度の測定** 21
伊藤 連胆、織田 大輝、田中 達也（高2）【修道高等学校】
- 09T 生き物と宇宙のらせん** 22
森川 瑠水（中2）【順天中学校】、森川 遥光（高2）【Higley High School】
- 10T 円盤銀河の渦状腕の強度を用いた形態分類** 23
ギャラクシーチャレンジャー：
山本 純大、弓達 太一、森本 信介、二宮 政人（高2）【愛媛県立宇和島東高等学校】
- 11T 銀河の様々な形に法則はあるのか** 24
もし天 2017 katachi~music and galaxy~班：
阿部 夏実（高3）【湘南白百合学園高等学校】、河内 達輝（高2）【新潟県立村上高等学校】、
小林 ひな乃（高2）【淑徳高等学校】、松野 なな（高2）【香川県立高松高等学校】
- 12T 渦巻/楕円銀河の形の要因** 25
もし天 2017 永遠のメリーゴーラウンド班：
大金 遥（高1）【栃木県立宇都宮女子高等学校】、大槻 真優（高2）【東京都立国際高等学校】、
品田 仁（高1）【秋田県立秋田高等学校】、川上 竜太郎（高1）【智辯学園和歌山高等学校】
- 13T 4つの銀河から探る銀河の進化過程** 26
銀河学校 2017 C 班：
小森 楓雅（高3）【早稲田実業学校高等部】、田中 匠（高2）【栄光学園高等学校】、
船木 美空（高2）【新潟県立新潟高等学校】、後藤 佑太（高1）【明星高等学校】、
岡本 尚子（中等5）【東京大学教育学部附属中等教育学校】、
北村 光（高2）【香川県立高松高等学校】、阪本 皓貴（高2）【灘高等学校】、
神田 秀峰（中等6）【海陽中等教育学校】、木場 菜摘（高3）【山梨県立日川高等学校】、
山下 ひな香（高3）【京都府立洛北高等学校】、種田 恭子（高3）【四天王寺高等学校】
- 14T 銀河団の観測によるインフレーション理論の検証 ～宇宙の始まりを探る～** 27
もし天 2017 MGX（もし Green X）班：
柴田 優帆（高2）【國學院大學栃木高等学校】、田井 遥華（高1）【豊島岡女子学園高等学校】、
丹羽 駿輔（高1）【滝高等学校】、秋山 禄斗（高2）【岡山県立岡山城東高等学校】

セッションⅡ 地球大気・星空環境

- 15P 地球照 ～地球照から議論する地球は青いのか?!～ 28
六本木 美里、佐野 穂美 (高2)、櫻井 葉月、河合 春佳 (高1)
【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】
- 16T 地球照の観測2 ～色の変化～ 29
時政 壮真 (高2)、杉村 隼、田中 来海、船田 大貴 (高1)
【兵庫県立大学附属高等学校 自然科学部 天文班】
- 17S 地球照のスペクトルより地球の大気成分を追う 30
今野 縁、三浦 凛佳 (高2)、伊藤 乃愛、吉野 礼珠 (高1)
【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
- 18T 月のスペクトルから求めた地球大気による減光 31
小檜山 結稀、時田 優希、太田 哲平、仲條 智陽 (高2)、藤野 航大、齊藤 孝太郎 (高1)
【埼玉県立浦和高等学校 地学部】
- 19T 地平高度の違いによる太陽の色の変化と吸収線の深さについて 32
山下 知穂、篠崎 理奈 (高2) 【埼玉県立浦和西高等学校 地学部】
- 20T ISSの色変化から生命の星「地球」を検出 33
中村 八雲 (高専3)、小沼 穂高、北郷 恭子 (高専2)、青柳 悠人、田中 隼 (高専1)
【長野工業高等専門学校 天文部】
- 21P 大気エアロゾルの調査における天体測光的手法の応用
デジタルカメラを使った観測およびデータ処理手法の確立 34
仁木 敬子 (高3) 【神戸女学院高等学部】
- 22T 静止画の解析を用いた恒星の色と高度の相関についての研究 35
佐々木 花音、宮村 玲弥 (高2)、帆足 優花、久富 彩香、小中 美海 (高1)
【福岡県立小倉高等学校 科学部 天文班】
- 23S 地球影の研究 -計算と観測による大気散乱光の検証- 36
石牟礼 碧衣 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
- 24T シャドーバンドの速度算出と再現実験 37
服部 朝香 (高2)、横山 美久 (高1) 【愛知県立一宮高等学校 地学部】
- 25S 「ひかりのまち・函館」の夜空は北海道新幹線開業で明るくなったのか?2 38
阿部 千晶、小松崎 愛、米澤 奈々珈 (中1)、
荒木 美音、瀬野 亜依、中島 果南、西山 澄 (中2) 【遺愛女子中学校】、
久保 理咲子、小笠原 未歩 (高1) 【遺愛女子高等学校】
- 26S SQMを用いた都内の光害測定 ～公園での光害対策を考える～ 39
岡本 尚子 (中等5) 【東京大学教育学部附属中等教育学校】

T：講演（4 分間）
S：ショートプレゼンテーション（1 分間）
P：ポスターセッションのみ

- 27P SQM による夜空の明るさ調査まとめ 40
富田 小冬（中3）【一宮市立南部中学校】
- 28P 暗い場所は周辺の夜空の明るさに影響するのか Vol.2 41
富田 理恩（小6）【一宮市立向山小学校】
- 29P SQM フードの改良 42
花木 亮太、深谷 拓生（高2）、鹿島 悠矢、河原林 そら、山田 綾香（高1）
【愛知県立一宮高等学校 地学部】
- 30P 夜空の明るさシミュレーション ～ドローンによる高度変化調査に向けて～ 43
深谷 拓生、山田 萌生（高2）【愛知県立一宮高等学校 地学部】

セッションⅢ 装置・観測方法

- 31P 天の川はなぜ見えるのか？ 44
安達 暖大（小6）【奈良市立青和小学校】
- 32T 大型天体写真の処理プログラムの作成 45
鮑 振東（高1）、富澤 佑介（中2）【駿台学園高等学校・中学校 天文部】
- 33P 天体画像アーカイブデータを活用した天体画像集の作成を目指して 46
内田 芽芳、川野 ひなた、福塚 詩陽、前川 瀬里菜、横谷 愛美李（高2）【和歌山信愛高等学校】
- 34T 昼間の流星を撮像できるか ーバンドパスフィルターを用いた高高度発光現象の観測ー 47
吉武 晃生、稲留 直紀、大庭 美摩、後藤 啓太、鈴木 裕太、チャン 修太郎、羽鳥 ひさ乃、
守屋 直希（高2）【成蹊高等学校 天文気象部】
- 35T 20 cmプリズムによる天体のスペクトル観測 48
松本 倫太郎（高2）【茨城県立土浦第三高等学校】
- 36T 光ファイバー式分光器で観測した天体の輝線吸収線の波長同定 49
越智 亮耶（高2）、萩原 帆貴（高1）【埼玉県立豊岡高等学校 天文部】
- 37T 干渉計型電波望遠鏡製作にむけた2軸位置決め機構の研究開発 50
小出 蓮、奥村 晃太、笠原 代伍、市ノ瀬 英治、牛丸 裕也（高3）、
西野 諒太、岩村 勇弥、瀬戸 由乃、阿部 早哉香、加藤 丈皓、牧田 敏明（高2）
【長野県駒ヶ根工業高等学校 サイエンス同好会】
- 38P 望遠鏡の今と昔の比較 51
高橋 蓮、小川 康太、荒井 梨沙、矢島 遥、河村 汐織、中山 綾乃、土田 真由香、清水 麻椰、
増田 拓馬（高1）【星野高等学校 天文部】
- 39T コンパクト空気望遠鏡の製作 52
葛西 海都（高2）、野崎 武斗（高1）【茨城県立土浦第三高等学校】
- 40T 自作のレンズ式投影機とピンホール式投影機
プラネタリウム投影するにはどちらが優れているか？ 53
蒲 大輝、三貝 龍輝、増野 克哉、菊地 真衣、城土 佳奈、阿部 正甫、田中 ひとみ、
佐野 翠（中等5）、久佐賀 麻友、宇井 真大（中等4）、片嶋 拓斗、越淵 絢聖（中等3）、
山中 将治、井上 修、元田 海、武重 翔竜（中等2）、松崎 陽、徐 嘉揚（中等1）
【千代田区立九段中等教育学校 天文部】

T：講演（4 分間）
S：ショートプレゼンテーション（1 分間）
P：ポスターセッションのみ

セッションⅣ 宇宙開発

- 41S ジュース缶サイズ模擬人工衛星「缶サット」の着陸時の姿勢の解析** 54
洞口 翼（高1）、石関 康汰（高3）【東京工業大学附属科学技術高等学校 科学部】
- 42T 静止軌道、デブリを探して九千里Ⅱ ～静止軌道近傍デブリの撮影～** 55
溝口 瑛斗、杉本 晋一郎（高2）、田中 夢人、片峰 壮章、藤嶋 魁司（高1）
【福岡工業大学附属城東高等学校 科学部】
- 43T 火星長期滞在に向けた微生物利用技術の提案** 56
第16回 君が作る宇宙ミッション VEGA 班：
大豆生田 駿（高3）【栃木県立佐野高等学校】、今井 沙耶（高2）【青森県立弘前南高等学校】
澤井 優毅（高3）【慶應義塾志木高等学校】、
原野 新渚（高2）【Zion Christian Academy International】、
北村 光（高2）【香川県立高松高等学校】、渡辺 凜（高2）【創価高等学校】
- 44T エネルギーのバトンタッチ イオの発電システムによる長期探査の実現** 57
第16回 君が作る宇宙ミッション ALTAIR 班：
倉石 恵邦（高2）【信濃むつみ高等学校】、高間 大輝（高1）【神奈川県立小田原高等学校】、
栗野 夏希（高3）【静岡県立藤枝西高等学校】、大槻 真優（高2）【東京都立国際高等学校】、
仲條 智陽（高2）【埼玉県立浦和高等学校】、林 美吹（高3）【愛知県立瑞陵高等学校】
- 45T 長周期彗星サンプルリターン ～おかんの足跡をたどる～** 58
第16回 君が作る宇宙ミッション DENEb 班
筒井 万葉（高2）【姫路市立姫路高等学校】、田井 遥華（高1）【豊島岡女子学園高等学校】、
秋山 祿斗（高2）【岡山県立岡山城東高等学校】、
富永 憲亮（高3）【鹿児島県立楠隼高等学校】、中尾 悠達（高1）【栄光学園高等学校】、
渡邊 ひかり（高2）【新潟県立新潟高等学校】

セッションV 太陽系天体

- 46T お盆のような月の輝きに迫る 続編 59
ハートピア安八ジュニア天文倶楽部：田島 怜一郎（高1）【岐阜県立岐阜高等学校】
- 47T 続・火星の夕焼けはなぜ青いのか？ 60
-酸化鉄を混ぜた水の透過光が青くみえる理由とその検証-
渡邊 千恵（中2）【相模東部広域連合立和東中学校】、
小瀧 日南子（中1）【木津川市立木津南中学校】
- 48T 木星の大赤斑の90日振動の検出 61
朝比奈 雄志、松田 稜哉、岩浅 大輝（高専3）、尾崎 匠（高専2）【米子工業高等専門学校】
- 49T 惑星からの光の光学的特性について 62
相馬 大地（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
- 50S 流星電波観測によるペルセウス座流星群の流星数の観測 63
末村 歆爾（高2）、山田 巽聖、飯野 聖希（高1）【新島学園高等学校】
- 51P 多点観測によるペルセウス座流星群の研究 ～流星の高度と速度～ 64
上川 滉太（高2）【金光学園高等学校】
- 52P 回折格子を用いた流星の分光観測 65
菅原 篤弥（高1）、伊藤 颯矢（高1）、操 知希（高1）【宮城県古川黎明高等学校】
三野 正太郎（中3）【宮城県古川黎明中学校】
- 53T 明るい彗星には暗い未来！？ 66
銀河学校 2017A 班：薄 美希（高3）【豊島岡女子学園高等学校】、
丹羽 佑果（高3）【お茶の水女子大学附属高等学校】、
大槻 真優（高2）【東京都立国際高等学校】、中尾 悠達（高1）【栄光学園高等学校】
- 54P 彗星の多色観測による光度変化 67
岸 拓実（高2）、大地本 晴也、金子 大輝（高1）【愛知県立一宮高等学校 地学部】
- 55S 小惑星(3200)Phaethon の測光観測 68
渡邊 歩、小山 息吹、木寅 沙也果、古家後 はるか、中井 まりあ（高2）、
山本 紫苑、岡本 優真、後藤 杏実（高1）【兵庫県立三田祥雲館高等学校 天文部】
- 56S 小惑星ヘラ(699番)と小惑星キュベレー(65番)のライトカーブと色指数の変化 69
原 琴音、樋口 陽日、中島 力（中2）【新島学園中学校】
-

T：講演（4分間）
S：ショートプレゼンテーション（1分間）
P：ポスターセッションのみ

セッション VI 太陽・位置天文

- 57T 太陽黒点相対数に見る50年間の太陽活動と今後の予想 70
竹内 津紘、梶原 雄大、味田 拓也、猪谷 若那（高2）、
内海 晴翔、澤田 匠生、榊原 麗、根岸 姫奈、糸木 智美、今野 由菜、近藤 美佑（高1）
【國學院大學久我山高等学校 地学部】
- 58T 太陽の長期的研究及び瞬間的研究 71
大出 甲斐莉、坂本 虎太郎、柴田 優帆、濱野 萌、福田 恭子（高2）、
青木 友美、海老原 暉、鈴木 亮太、安藤 大地（高1）、佐藤 瑞己（中2）、徳永 祐太（中1）
【國學院大學栃木高等学校・中学校 天文部】
- 59T 太陽の黒点相対数と磁気嵐の関係2 72
小林 祥之、竹縄 智広（高2）、
手塚 友健、菊岡 慧殊、江川 尚宏、矢口 大致、井口 誠斗（高1）、
増田 雄大、牧瀬 秋侑、清野 駿（中3）、並木 圭輔、宇都宮 耀也、小林 将大（中2）
【巢鴨高等学校・中学校 地学班】
- 60T 太陽の電波観測 73
天野 翔馬（高2）、真山 海音（高1）【茨城県立土浦第三高等学校】
- 61P 惑星の運動シミュレーションによる長期的見頃予測 74
上野 萌恵、加藤 愛理、三浦 天子（高2）【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】
- 62S 月の観測からケプラーの第2法則を導く試み 75
石田 唯人、市原 洸、塩谷 彰太、片山 祐、白木 歩（高2）、佐藤 雅起（高1）
【岐阜県立岐山高等学校】
- 63S 木星とその衛星の観測からケプラーの第3法則を検証する 76
中林 在（高3）、古畑 翔大（高1）【工学院大学附属高等学校 天文部】
- 64S 太陽の影が描く曲線の正体を探る 77
小林 諒（中2）【上越教育大学附属中学校】
- 65T 八尺の圭表儀の製作と観測 78
安慶名 琉、中村 真慧（中3）、大野 柚、鎌田 耀五、眞田 太仁、山本 楓人（中2）
【塩尻市立丘中学校 科学部】
- 66S 影の長さの観測から祖沖之の法で南中時刻を求める 79
松澤 シズ、宮本 優翔、長田 琉斗、下澤 翼、橋本 輝星（中1）、
小松 眞歩、荒川 愛莉、日下部 咲希、高瀬 美羽、安慶名 琉、中村 真慧（中3）、
鎌田 耀五、大野 柚、眞田 太仁、山本 楓人（中2）【塩尻市立丘中学校 科学部】
- 67P 皆既日食から太陽の重力レンズ効果を探る！ 80
千田 康太、名和 卓哉、稲垣 里彩（高2）【愛知県立一宮高等学校 地学部】

セッション VII 銀河系内天体

68S	分光観測によるA型星のスペクトルの比較	81
	三浦 凜佳 (高2) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	
69T	脈動変光星 きりん座 BL (BL Cam) 測光観測	82
	松下 真美子、大谷 崇一郎 (高2)、藤田 睦、山口 環子、田淵 麻央、西野 愛優李、来田 磨保、 米原 夏葵、山下 怜美 (高1) 【兵庫県立舞子高等学校】	
70S	食変光星のライトカーブと色指数変化の関係	83
	樋口 陽日、原 琴音、中島 力 (中2) 【新島学園中学校】	
71T	系外惑星 WASP-52b(Peg)のトランジット観測による物理量の計算	84
	中里 海斗 (高2)、飯野 聖希 (高1) 【新島学園高等学校】	
72S	KIC 8462852 の測光結果に基づく減光の仮説と検証	85
	豊田 麗未、井上 佳奈、片山 夏生、沼部 恵 (高2)、望月 拓未、上田 彬斗、森 優輝、 片岸 俊治、吉村 日沙、間島 秀慧、角屋敷 絵里 (高1) 【成蹊高等学校 天文気象部】	
73T	惑星状星雲の色や形に対して惑星が影響をしているのではないか	86
	もし天 2017 ムー班： 相澤 愛可 (高2) 【新潟県立高田高等学校】、日下 由理 (高1) 【神戸女学院高等学部】、 出口 凜々花 (高1) 【石川県立金沢錦丘高等学校】、 吉崎 謙 (高2) 【東京工業大学附属科学技術高等学校】	
74S	散開星団、球状星団の CM 図を用いた年齢の推定	87
	伊藤 蒼、増田 歩音 (高1) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】	

MEMO

The Study of Jupiter's Density

Miss.Thanatchaphat Saithong ; woohyun@hotmail.com
 Siyanusorn School Chanthaburi
 1 Siyanusorn Road.,Watmai, Muang, Chanthaburi, Thailand, 22000
 Adviser : Mr.Chan Thaowanee ; thaowanee@gmail.com

Abstract

The purpose of this research is to study the density of Jupiter by dividing the mass by the volume of Jupiter. The mass of Jupiter is derived from the moon's orbit. The mass is calculate a according to the Kepler equation . The volume of Jupiter is derived from photograph taken to scale . From the photographs we can measure the diameter on the X-axis and Y-axis to ditermin the fatness of the Jupiter and the represent the Jupiter's volume in the oval volume formular.

Introduction

Jupiter is the fifth planet from the sun. And the largest. The total mass of planets is doubled. This planet looks like a gas group with no solid surface. Internal components are high density gas.

Materials and Method

1. Finding Jupiter Mass by Creating a Harmonic Simulation Io's Moon
 - Observe the Io's Moon movement around Jupiter.
 - Then create SHM equation.
 - Calculate the period of the Io's Moon as it shifts orbit.
 - Calculate the mass of Jupiter from the period with Kepler's Third Law.
2. Finding the volume of Jupiter.
 - Take 5 pictures of the Jupiter with Io Moon from camera.
 - Use Adobe Illustrator CS6 program to find the diameter of the X axis and Y axis of Jupiter from pictures taken to calculate the angular diameter of the Io Moon to Jupiter.
 - Calculate the volume of Jupiter using the oval volume formula.
3. Calculate the density of Jupiter using Mass divided by volume.

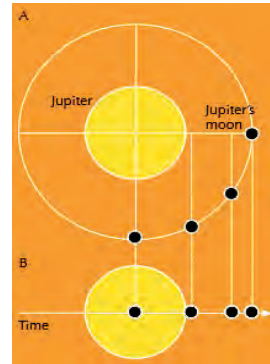
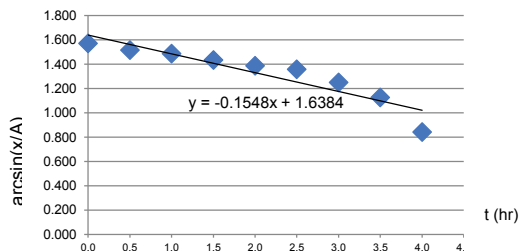


Fig 1 : The movement one of the Galileian moons around Jupiter: (A) as seen from above the orbit plane and (B) as seen from Earth (viewed parallel to the orbit plane). The black dots represent the Galileian moon's positions at equal intervals of time.

Results and Discussion

Graph 1 : The graph shows the relationship between time and t the change in position of the Moon Io. During orbit period.



Graphs show that the slope of the graph is 0.15 When compared to the SHM equation, the period of orbit of the Moon around Jupiter is 146,880 s.

Apply this value instead of the value in Kepler's formula. To find the mass as shown that.

$$T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{G(M+m)}$$

when $T = 146,880 \text{ s}$, $a = 422,000 \text{ Km}$, $m = 8.93 \times 10^{22} \text{ Kg}$, $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$ By substituting in the equation, the mass of Jupiter is equal to $1.215 \times 10^{27} \text{ Kg}$.

Table 1 : Show the volume of Jupiter.

Picture	a (Km)	b (Km)	Flatness	Volume (Km) ³
1	9.59×10^4	5.75×10^4	0.37	1.32×10^{15}
2	7.67×10^4	5.75×10^4	0.21	1.06×10^{15}
3	9.59×10^4	5.75×10^4	0.37	1.32×10^{15}
4	1.15×10^4	7.67×10^4	0.21	2.83×10^{15}
5	9.59×10^4	5.75×10^4	0.37	1.32×10^{15}
average	9.59×10^4	6.13×10^4	0.26	1.51×10^{15}

Conclusions

Based on the results of Jupiter's mass and volume analysis, the two values were calculated or the density of Jupiter. The following formula is shown in the equation. Mass $M = 1.215 \times 10^{27} \text{ Kg}$, Volume $V = 1.51 \times 10^{15} \text{ (Km)}^3$ $D = 1.06 \text{ g/cm}^3$. The standard density of Jupiter is 1.33 g/cm^3 . Show that this method used to study the density of Jupiter is close to the standard.

Acknowledgment

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

Reference

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

The Study of the Orbital Period of Saturn's Moons for determining the Saturn's mass

Miss.Chayanit Khaimuk ; chayanid_noey@hotmail.com
 Princess Chulabhorn Science High School Mukdahan
 281 Moo 6, Bang Sai Yai, Muang, Mukdahan, Thailand, 49000
 Adviser : Mr.Niwat Worasan ; watpoojan@hotmail.com

Abstract

This project is about the orbital period of Saturn's Moons, the distance from Saturn's Moons to Saturn and Saturn's mass with Kepler's third law and Newton's law of motion. Which uses trigonometric function for determine the Saturn's mass and compare pixel spacing to angular distance with M27.

Introduction

The Saturn's ring can be observed clearly. This makes it possible to find Saturn's planes for observers on Earth. Based on trigonometry, it calculates the period and distance of the moon as well as the Saturn's mass.

Method

Part 1 : Finding the orbital period of Saturn's Moons.

1. Adjust the lighting of Saturn's picture to see the moons clearly with IRIS and save as JPEG files.
2. Draw ovals of Saturn's rings by using Photoshop and find the major axis length(x) and minor axis length(y).
3. Measure distance from the moon to Saturn along the x-axis(H) and y-axis(W) cause $\theta = \arctan\left(\frac{y^W}{x^H}\right)$
4. Compare 2 pictures, determined by the angle and the period of time spent to take photos, then find the orbital period from $T = \frac{\Delta t}{\theta_2 - \theta_1} 2\pi$

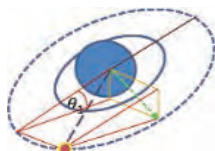


Fig. 1 : The angle of moon and Saturn

Part 2 : Finding the distance from Saturn's Moons to Saturn.

1. Bring M27 for analysis and compare pixel spacing to angular distance.
2. Measure distance from moon to Saturn (pixel) and change to angular distance
3. Find "d" by Parallax method

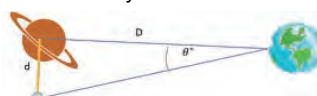


Fig. 2 : The relation between D and d

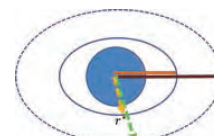


Fig 3 : Lengths that can find on the picture.

4. Find the real distance by

$$\text{Distance from moon to Saturn} = \frac{d \cdot \text{semi major axis length}}{\text{distance from center to } r^*}$$

Part 3 : Finding the Saturn's mass

Use the Orbital period and the distance to measure

$$\text{Saturn's mass by } M = \frac{4\pi^2 a^3}{GT^2}$$

Results

Table 1 : The orbital period of Saturn's Moons.

Time	Orbital Period (Days)				
	Enceladus	Tethys	Dione	Rhea	Titan
1	-	1.89	2.85	4.29	13.25
2	1.36	1.88	2.65	4.43	14.36
3	-	1.89	2.85	4.66	20.89
4	-	1.88	2.77	4.50	16.18
5	-	1.88	2.74	4.55	17.00
6	-	1.89	2.66	4.50	13.83
7	-	1.87	2.58	4.79	15.19
Average	1.36	1.88	2.73	4.53	15.81

Table 2 : The distance from Saturn's Moons to Saturn.

Time	The distance from Saturn's moons to Saturn (Mm)				
	Enceladus	Tethys	Dione	Rhea	Titan
1	-	289.90	347.06	481.16	1144.38
2	239.64	285.14	354.10	517.02	1120.07
3	256.11	276.92	394.90	505.05	1222.88
4	-	275.92	338.48	464.72	1298.66
5	217.10	284.09	374.27	449.08	1061.09
6	-	320.05	400.00	502.47	1095.05
7	-	273.83	387.34	518.91	1216.33
8	-	238.14	366.50	519.43	1139.87
Average	237.62	280.50	370.32	494.31	1162.37

Table 3 : The Saturn's mass

Saturn's Moons	Orbital Period (second)	Distance from Saturn (m)	Saturn's mass (kg)	Average Saturn's mass
Enceladus	1.18×10^5	2.38×10^8	5.74×10^{26}	5.15×10^{26}
Tethys	1.63×10^5	2.81×10^8	4.94×10^{26}	
Dione	2.36×10^5	3.70×10^8	5.40×10^{26}	
Rhea	3.91×10^5	4.94×10^8	4.67×10^{26}	
Titan	13.66×10^5	11.62×10^8	4.98×10^{26}	

Conclusions and Discussion

This project reveals that the orbital period of Enceladus, Tethys, Dione, Rhea and Titan are 1.36 days, 1.88 days, 2.74 days, 4.53 days, and 15.81 days that the margin of error is 0.65%, 0.27%, 0.29%, 0.42% and 0.83% respectively, and distance from Saturn's moons to Saturn is 237.62 Mm, 280.50 Mm, 370.32 Mm, 494.31 Mm and 1162.37 Mm that the margin of error is 0.14%, 4.79%, 1.87%, 6.22% and 4.87% from major axis length respectively. Saturn's mass is 5.15×10^{26} kg, the margin of error is 9.44%. At any rate, the difference of resolution causes the error.

Acknowledgement

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

Reference

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

The Study of Affected Factors for Color of the Sun

Miss.Tosang Leesanguan ; tosang_@hotmail.com

Princess Chulabhorn Science High School Mukdahan
281 Moo 6, Bang Sai Yai, Muang, Mukdahan, Thailand, 49000

Adviser : Mr.Niwat Worasan ; watpoojan@hotmail.com

Abstract

The purpose of this project is to find the affected factors for color of the sun. In this project we used a camera with a black polymer solar filter, taking pictures while the sun rises and sets in the morning and evening, at the lower altitude of 15 degrees with constant settings, which controls the amount of light from the sun that passes through to the sensor of the camera. In order to get the results, it can be analyzed according to the color of the sun. The study found that the color of the sun is directly proportioned to altitude but temperature humidity and wind speed are not conclusive.

Introduction

When observing the rise and set of the sun in the morning and evening, at the same altitude each day, one will find that the color of the sun is not the same. What we see is caused by the scattering of sunlight entering the atmosphere of the earth. Therefore, this study is to determine the relationship between the color of the sun in relation to temperature, humidity, wind speed and altitude of the sun.

Method

Data Collection

- i. Install camera and filter together with a hygrometer, a thermometer and an anemometer. By time shooting range of altitude less than 15 degrees and shoot every 3-5 seconds
- ii. Document date, time, altitude, temperature, humidity and wind speed of the sun for analysing.
- iii. Set all of the settings that are constant to control the amount of light from sun. To get a value that is suitable to continue the analysis.

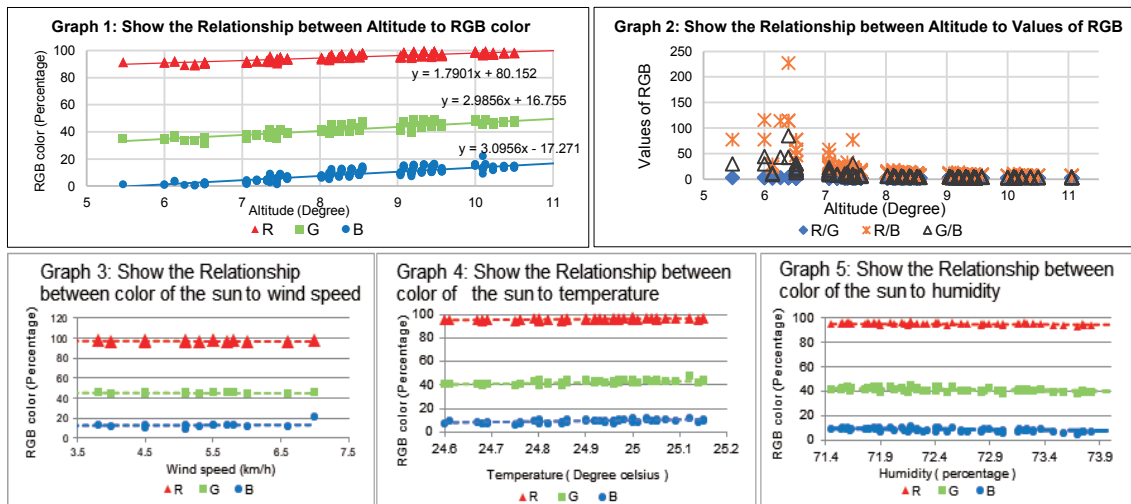


Fig 1 : Take photos while the sun is rising

Data Analysis

- i. Calculate the percentage of RGB color levels by using the center of the sun as a reference for the color level.
- ii. Make graphs to show the relationship between variables and the color of the sun. Analyse the graphs to find the relevance of each of the factors.

Results and Discussion



Conclusions

This project indicated that the color of the sun is directly proportioned to altitude but temperature humidity and wind speed are not conclusive. This may be due to the temperature, humidity and wind speed that measure at the global surface, may not mean the true value of the atmosphere. It should be used with more reliable measurement data to analyzing.

Acknowledgement

I would like to express special thanks of gratitude to Mr. Niwat Worasan, Mr.Khomsan Thuree, Mr.Teerayut loytip, Mr. Matipon Tangmatitham, the National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) and my colleague for their counselling and encouragement.

Reference

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

The study of chemical composition of star HD37018 in Orion constellation

Miss.Alisa Nakkham ; alisabtb@gmail.com

Nongbuaengwittaya school, Nongbuaeng District, Chaiyaphum Province, Thailand 36210

Adviser : Mr.Jukgrit Wongvittayanan ; jukgritwong@gmail.com

Abstract

This study is about the chemical composition of HD37018. The spectra of HD37018 was analyzed by Audella software and calibrated by The NIST Atomic Spectra Database Lines. Form the result the software to find out obtained values about 63.25 km/s which mean the star is moving away from earth.

Method

1. Take the photos of the spectrum of star HD37018 by a Planewave Telescope and collect data by an Eshel Spectrograph at The Regional Observatory for the public Nakhorn Ratchasima – NARIT
2. Take photos of the spectrum of Tungsten (W) & Thallium (TI) use them as reference images
3. The wavelength of the study. Discover more data using the process REDSHIFT

From

$$z = \left(\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \right) \quad \text{and} \quad z \approx \frac{v}{c} ; \quad z = \text{Redshift}$$

v = radial velocity km/s
 λ = Wavelengths obtained from the study nm
 λ_0 = Standard wavelength nm
 c = speed of light (3×10^8 m/s)

Results and Discussions

The obtain line spectrum of HD37018 was calibrated using standard wavelength of Tungsten & Thallium to obtain a chemical composition including 3He-I, H-alpha, He-I and Fe-I. Then, the method of measuring tiny differed between object and standard is wavelength was applied to acquire radial velocity values of each spectral line as showed in Table 1

Table 1 : The table shows the data obtained from the spectral analysis of the star HD37018

point	Wavelengths obtained from the study (nm)	Standard wavelength (nm)	Elements found	Wavelength difference (nm)	radial velocity HD37018 (km/s)	Redshift – Blueshift
1	668.17	668.02	3He-I	0.15	67.36	Redshift
2	656.40	656.27	H-alpha	0.13	59.42	Redshift
3	492.17	492.06	He-I	0.11	67.06	Redshift
4	587.69	587.56	He-I	0.13	66.37	Redshift
5	589.63	589.50	Fe-I	0.13	66.15	Redshift
6	589.04	588.93	Fe-I	0.11	56.03	Redshift
7	447.23	447.14	He-I	0.09	60.37	Redshift
Average				0.12	63.25	Redshift

Conclusion

The chemical composition of HD37018 star including H-alpha, 3He-I, He-I, and heavy elements, Fe-I is a component from wavelength analyzed. According to the theory, a star originated from The combination of molecular clouds which hydrogen is the main component and helium is a secondary component. For HD37018 star also composed some heavier element and it is moving away from earth about 63.25 km/s.

Acknowledgments

The project is completed successfully. Thank you to NARIT. The Regional Observatory for the public Nakhorn Ratchasima. Thank you Mr.Jukgrit Wongvittayanan and Mr.Kitsana Lamsombat for valuable advices including counseling and new knowledge. And thank you to teachers from the Science Department of Nongbuaengwittaya School for supporting the project.

Reference

Theerayut Loilib. Flash Spectrum (The Flash Spectrum of Sun). [online]

World Science and Astronomy Learning Center Spectrum of stars.

NIST: Atomic Spectra Database Lines Form. [online]

https://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html.

Development of Dobsonian Telescope Positioning Device

Mr.Warunyoo Nijjarungul ; teenzyeed@gmail.com

Suratthani School 88 Donnok Road, Makhamtia, Mueang, Surat Thani, Thailand, 84000

Adviser : Ms.Chadaporn Chuaichu ; kookkoi@hotmail.com

Abstract

This project focused on building a device attached to Dobsonian telescope that help locating sky objects using Arduino and Stellarium software, together with the coordinate conversion equation. The result turns out to be accomplished and solved the poor altazimuth coordinate system problem effectively with some room left for further improvement.

Introduction

Entry level telescopes are mostly equipped with a very easy to use Dobsonian (altazimuth) mount. Facts shows that altazimuth has a poor coordinate system in terms of astronomy due to how the sky is expanding continuously and it also depends on time and location. To prevent dealing with the changing coordinates, astronomers invented a smarter way to determine the sky object location, The Equatorial Coordinate System. The problem is telescopes with equatorial mounts are so unaffordable, especially for young students who can't make money by themselves. This project is an affordable solution to get rid of the poor altazimuth coordinate system, inspired by the GoTo Telescope downgraded to PushTo by just using cheap components people can easily find in local electronic stores alongside with some fundamental coding skills without needing any modification to the telescope itself.

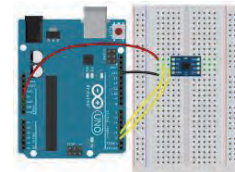


Fig 1 : Wiring Diagram

Tools, Materials and Method

Required Tools: Soldering Iron with some Soldering Material, Duct Tape

Required Materials: Arduino UNO x1, GY-25 IMU Module x1,

Terminal Strips x2, Jump Wires x4

Breadboard x1, USB Cable x1, *Arduino UNO Acrylic Case x1

*Optional.

- 1) Solder the terminal strips to GY-25 module and install it to the breadboard. Connect the following wires to Arduino UNO; 1) VCC -> 5V, 2) RX -> D3, 3) TX -> D2, 4) GND -> GND.
- 2) Code the following commands; 1) Get the altazimuth coordinates out of the GY-25 module. 2) Convert altazimuth coordinates to equatorial coordinates, time and location informations are also necessary for conversion. 3) Communicate with Stellarium using LX200 protocol.
- 3) Compile and upload the code to Arduino UNO. Config Stellarium to recognise the device in the Telescope Control section.
- 4) Attach the device to the telescope using duct tape and perform a movement test.

CAUTION! Pointing the telescope directly to the sun without solar filter installed may cause irreversible blindness.



Fig 2 : The Final Prototype.

Result and Conclusions

The accuracy of this device is acceptable but not as good as expected, probably because of the high noise from the low quality inertial measurement unit module combined with errors from gyroscope drift and the highly sensitive accelerometer, also because of the decimal digits that get chopped off during the coordinate conversion process. Atmospheric refraction also affect the accuracy of this device, but it could be corrected later using sets of equation. This study suggests making one despite the advantages mentioned about the device. This is an Arduino-based project, it's known for being very flexible and ready for future development.

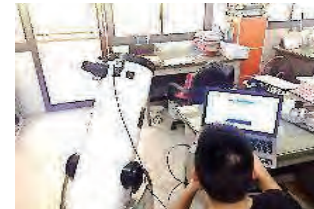


Fig 3 : Testing and Troubleshooting.

Acknowledgment

I would like to express my special thanks to Ms. Chadaporn Chuaichu who helped me a lot in finalising this project as well as Mr.Thressapong Siriboon, Mr. Matipon Tangmatitham and National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organisation).

Reference

- Fiona Vincent (2003), Conversion between horizontal and equatorial systems,
 URL: <http://star-www.st-and.ac.uk/~fv/webnotes/chapter7.htm>
- Nelson Ferraz (2016), Control Your Telescope Using Stellarium & Arduino,
 URL: <http://www.instructables.com/id/Control-Your-Telescope-Using-Stellarium-Arduino/>
- Meade Instruments Corporation (2010), Meade Telescope Serial Command Protocol,
 URL: https://www.meade.com/support/TelescopeProtocol_2010-10.pdf
- Arduino User : JohnChi, Krodal (2016), MPU-6050 Accelerometer + Gyro, Arduino Playground,
 URL: <https://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050>



Fig 4 : How the device is shown in Stellarium.

Development of Astrophotography Mount for DSLR Camera

Miss.Kankanit Pholporton ; kaanit.s@gmail.com

Piboonbumpen Demonstration School Burapha University, Chonburi, Thailand

Adviser : Mr. Boonsong Henggam ; boonsong@go.buu.ac.th

Abstract

Astrophotography in the tracking system is the use of Tracking Mount, but because the tracking mount has expensive and is currently imported from abroad. The project manager has delvelopment and create a Tracking Mount for DSLR cameras to support amateur astronomers

Method

1.Design process

- Design a tracking mount by looking at the application. It is determined by the weight of the DSLR Camera, Motor size, The size of the circuit, wire, Battery position Ball head and Tripod Stand style.
- Then calculate the weights and Write to bring the smith to form.

2.Creation Process

- Write a set of instructions in the Arduino program that is used to drive the microcontroller to control the speed of the Right Ascension, the speed of rotation is 1 cycle/24 hours.
- Connect the Arduino to the motor. To build a tracking mount. Install tracking set on tripod.
- Adjust the weight position so that the camera's set is in balance.

3.Performance Testing

- Install the DSLR Cameras to the tracking mount and polar alignment. Set the speed shutter to 30 seconds and add more 15 second in the next. Notice the quality of the image.

Results and Conclusion

Speed Shutter	30 s	45 s	60 s	75 s	90 s
Photo					

Fig3 : Show the image of the star taken at various times.

From the bulb mode, when shooting for 30 seconds, and increasing the time to 15 seconds, the image of the star is still circular. There is no stretch of the star. This star tracking kit can be used in AstroPhotography However, there may be several shortcomings. such as;

- Tracking Mount Can not tell the maximum weight of the camera to be used.
- It can rotate freely even if not connected circuit.
- Measurement using Latitude apps while adjusting the RA may result in discrepancies.

Acknowledgments

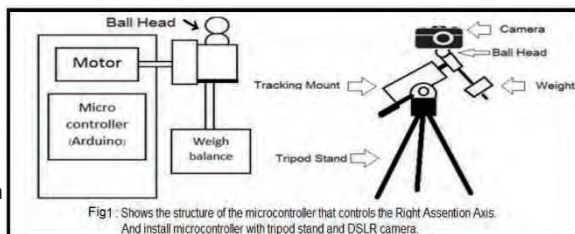
Design and Creation a Tracking Mount for DSLR to be completed with courtesy of Piboonbumpen Demonstration School Burapha University, Department of Physics Burapha University. Mr.Boonsong Hengnam, Mr.Nivorn Srikoon and collegians of department of Physics courtesy material equipment for this project. and counseling Ideas and spend time to correct the project in a defect of content with great care. I would like to thank you very much for this opportunity

Suggestion

This project can be further developed i.e. lightening up, setup camera for shoot star, Add worm gear mechanism and calculate the maximum time that can be used.

Reference

- <http://thaiastro.nectec.or.th/library/article/236/>
- <http://aimagin.com/blog/driving-step-motor-and-rc-servo-motor/?lang=t>



銀河系の姿を探れ！！

〈銀河学校 B 班〉松澤 力 (高3) 【長野県屋代高等学校】、山内 丈寛 (高2) 【長野県松本県ヶ丘高等学校】、大頭 音 (高2) 【広島県立広島国泰寺高等学校】、石田 侑一郎 (高2) 【東大寺学園高等学校】、斉藤 那菜子 (高2) 【八戸工業大学第二高等学校】、山下 凜太郎 (高2) 【桐朋高等学校】、近藤 綾香 (高2) 【片山学園高等学校】、水野 春風 (高2) 【私立明星高等学校】、阿部 夏美 (高3) 【湘南白百合学園高等学校】、郵瀬 史伎 (高3) 【愛知県立旭丘高等学校】、市川 瑞涼 (高2) 【東邦大学付属東邦高等学校】、松本 栞 (高2) 【静岡県立静岡高等学校】、板東 藍来 (高2) 【福井県立藤島高等学校】

1. 概要

太陽系は、約 2,000 億個ともいわれる夜空を構成する恒星とともに「銀河系」の中に存在している。しかし、我々人類は未だかつて「銀河系」を外側から見たことがない。そこで私達は、木曾観測所で観測し、得た画像から、星の個数と距離の関係を考え「銀河系」の構造について研究を行った。

2. 観測

観測場所：東京大学木曾観測所 (長野県)
 観測装置：木曾 105cm シュミット望遠鏡 KWFC
 フィルタ：V (594 nm)、I (804 nm)
 観測日：2017 年 3 月 28 日
 観測対象：M1、M42 の周辺領域 (露光時間 60s、30s)
 視野 2 度×2 度

3. 方法

- (1)画像の一次処理 (バイアスの差し引き、フラット処理)
- (2)測光 (SExtractor)
 - V バンド・I バンドで得られたデータを対応させ測光する。求められる V バンド・I バンドの等級を V_{sex} ・ I_{sex} とする。
- (3)ヒストグラムの作成
 - V_{sex} ・ I_{sex} と参照星 (実視等級がわかっている星) を用いて、 V_{real} ・ I_{real} (V、I バンドそれぞれの実視等級) を求めるために近似直線を引く。(図 1) M_v を求め、法則に絶対等級を当てはめて d (距離) を求める。
 $(見かけの明るさ) \propto (本来の明るさ) \cdot (距離)^2$
 求められた数値より、観測点から星までの距離と星の個数のヒストグラムを作る。

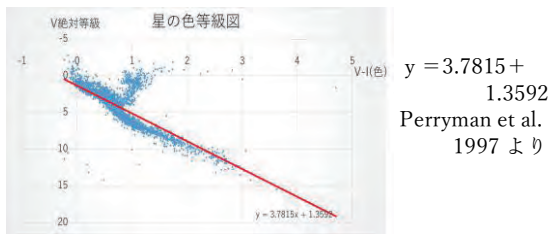


図 1 星の色等級図

4.結果

M1 周辺の 8 つのチップのうち 0, 4, 5 のみ使用したヒストグラム

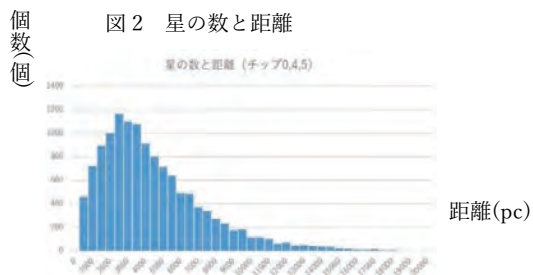


図 2 星の数と距離

星の個数は、2000~2500pc (7000~8000 光年) 離れた付近に集中していて、それより遠ざかるほど星の個数は減少することがわかった。

5. 考察

図 2 より星の個数のピークと形状から、天の川の方法において星が多く分布しているのが銀河の中心か腕だと考えられる。しかし、私達が観測したのは銀河系の外側なので腕であることが分かる。それにより銀河の分類に照合すると、渦巻銀河であることが示唆された。また、地球から遠く離れたところからも星が観測されていること、星の個数のピークが地球より少し離れていることから、地球は幅のある腕の中にあり、腕の中心から少し離れた場所にあると考えられる。

これを考えるにあたり、地球からの距離が遠くなることで面積が増え観測できる星の数が増えることと、遠くなることで暗くなり観測可能な星の数が減ることの効果があり、「腕」だと我々が主張しているピークの前は前者の効果、ピークの後には後者の効果があるから図 2 のような結果が得られたのではないかと懸念があった。

しかし、望遠鏡の限界による誤差がある。我々が使用した望遠鏡の限界等級は 18.7 等級である。20000 光年にある 18.7 等級の星の絶対等級は約 10.4 等級である。ここで、我々が使用した色等級図では 10.4 等級を越える星の数は 10.4 等級以下の星の数よりはるかに少ない。もし先ほどの問題点であった距離が遠くなることでピーク後の星が減っているのだとしたらピークのあたりで既に一部の星が限界等級以下になっている必要があるが今回の観測ではピークを過ぎたくらいの距離で観測不可能になる星はない。このことから距離による観測可能な星の数の増減はグラフの概形には多少の影響があるが、腕の位置にはそれほど影響しないことがわかる。しかし、問題点である前者の効果についてはまだ分かっていない。

6. 結論

考察と結果より、今回の研究を通して私達は銀河の腕構造の一部を確認することができた。それにより銀河系のほかの部分を見ることでもっと詳しく銀河の構造が分かるのではないかと期待もできた。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたりご指導・ご協力頂いた、銀河学校 B 班の皆様、東京大学木曾観測所スタッフの皆様、NPO 法人 Science Station の皆様に厚く御礼申し上げます。

8. 参考文献

東京大学木曾観測所 [KWFC の等級]
<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/kisohp/INSTRUMENTS/instruments.a.html>

銀河の回転速度の測定

伊藤 連胆、織田 大輝、田中 達也 (高2) 【修道高等学校】

1. 概要

2017年11月に行われた「かなた天文教室」で、研究テーマが3つあり、その中のひとつであった「銀河の回転速度の測定」を選択した。観測対象はエッジオンで、スターバースト銀河の一つのNGC 2145とした。

2. 研究装置

今回の研究に際し、東広島天文台かなた望遠鏡、撮像にはHOWP o 1を使用した。

3. 研究方法

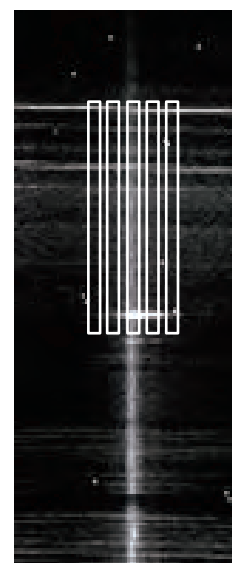
まず、分光器のスリットを観測対象の銀河NGC 2145のディスクに平行になるようにして、スペクトルを撮り（右下の図参照）その5つの領域でH α 輝線で分光観測をして、それぞれの領域で視線速度を求めた。銀河は回転しているので、我々に向かってくる領域と離れていく領域が存在する筈である。その視線速度の差を求め、回転速度を求めることとした。領域ごとの速度は下記の表にまとめた。

・ドップラー効果 $\Delta\lambda/\lambda = v/c$ ($\Delta\lambda$:波長のずれ λ :実際の波長(6563 Å) c :光速 v :視線速度)

・回転速度 $V = (V_a - V_b) / 2$ (V :銀河の回転速度 V_a :速度の最高値 V_b :速度の最低値)

表

	領域1	領域2	領域3	領域4	領域5
視線速度 [km/s]	416.4	332	214.7	153.7	125.6



図

回転速度 145.1 km/s

5. 結論・考察

実際のNGC 2145の回転速度は、資料を見つけることが出来なかったので実際の値とは比べることができなかったが、天の川銀河やアンドロメダ大銀河が200~300 km/sで回転しているという事を考慮すると、この値は少し低いのではないかと考えられる。この差は、対象とした銀河が我々に対し垂直であると仮定している事が挙げられる。今回は時間の関係上できなかったが、今後は実際の傾斜角度を考慮しての計測や、銀河の回転の向き（吸い込むように回転しているのか吐き出すように回転しているのか）を調べていきたい。

6. 謝辞

今回の研究に際し、指導をいただいた東広島天文台スタッフの皆様がこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

生き物と宇宙のらせん

森川 瑠水 (中2) 【順天中学校】、 森川 遥光 (高2) 【Higley High School】

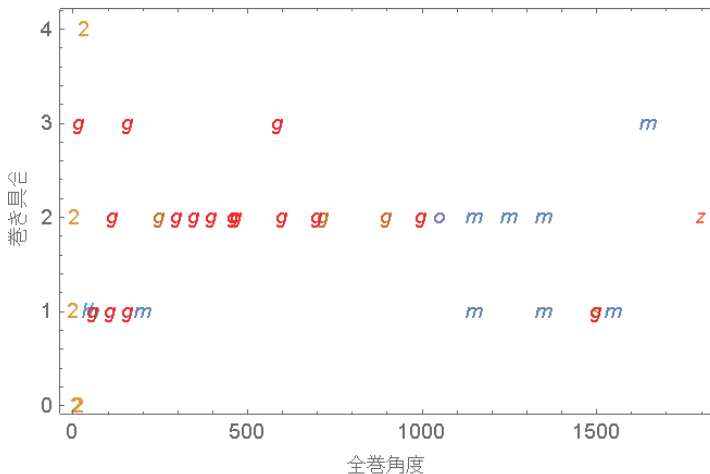
要 旨

去年の夏に家族で西伊豆戸田に旅行に行き、その時に美浜海水浴場で拾った貝を家に持って帰った。巻貝や二枚貝にらせんの模様があることに気がついた。形の違う巻貝と二枚貝の共通点を調べた。貝の写真をパソコンに取り込み、1つのらせんに沿ってその巻き角と中心からの距離をグラフにして巻き方のパターンを調べた。同じように、宇宙にもうずまきがあるようだ。たくさんの銀河の写真と同じように解析して、一緒にグラフに書き込んだ。生き物も、銀河も、らせんの巻き方には共通点もたくさんある。奇妙な銀河かなと見えた天体は、銀河の仲間から遠く離れていて銀河の仲間ではなさそうだ。たくさん巻いている銀河のらせんは放物線が多い。あまり巻いてない銀河は直線と3次曲線が多い。

1. 角度と巻き具合の関係

- (1) 銀河と二枚貝と巻貝の角度の結果を見て共通点があるかもしれないと思い、すべてのデータを図1にしてみた。この図から次のようなことが分かった。
- (2) すべての銀河の巻き具合が直線と放物線と3次曲線に収まった。
- (3) 200度前後の巻き角度の少ない銀河は、直線か3次曲線である。
- (4) それ以外の巻き角度の多い銀河は放物線に集中している。
- (5) 二枚貝は、いろいろな巻き具合のパターンがあるが、どれも共通して角度が小さい。角度は2度から32度の間にちらばっていた。
- (6) ひまわりも、二枚貝と同じように角度が小さかった。実際の角度は、右回りの時に60度左回りの時に41度だった。右回りも左回りも直線だった。
- (7) 巻貝の巻き具合は、1,2に集中していて角度はすべて1000度より大きい。
- (8) アワビは、二枚貝と巻貝の中間的な存在だ。角度は200度と、巻貝に比べて非常に小さい。形も平たい。
- (9) 「銀河かな」と名付けた奇妙な銀河は、銀河の集中しているところからだいぶ外れてしまっている。巻き角度は1500度もあった。したがって、この天体は銀河ではないと思われる。
- (10) 銀河は、正面を向いているものを選んだつもりだが、グラフを書いてみると90度ごとに曲がりくねっているものがあつた。その曲がり具合から、銀河の傾きがわかる。
- (11) いくつかの銀河では、グラフがなだらかではなく、右端(外側)で急激に増加していた。

全巻角度と巻き具合の関係



m 巻貝
 2 二枚貝
 s 銀河かな
 z ゼンマイ
 o オーム貝
 g 銀河
 h ひまわり

図1: 「らせんの全体と巻き具合の関係」
 横軸: 貝や銀河の中心から端まで伸びている1本のらせんの全体の角度。縦軸: それぞれの貝や銀河の巻き具合を表している。中心からの距離とらせんの角度の関係が、0はS字型、1は直線、2は

放物線、3は3次曲線、4は4次曲線を示している。銀河は1, 2, 3に集中している。比較的巻き角度の少ない銀河が1と3に、比較的巻き角度の大きいものは2にある。二枚貝は、いろいろな巻き具合のパターンがあるが、どれも共通して角度が小さい。ひまわりも、二枚貝と同じように角度が小さかった。巻貝の巻き具合は、1,2に集中していて角度はすべて1000度より大きい。アワビは、二枚貝と巻貝の中間的な存在だ。形も平たい。

2. その他の関係

各銀河や貝の中心かららせんがまき始めるまでの距離、一番遠くまでの距離、全体の巻き角度、らせんの形、の間に明確ではないけれど、少し関係がありそうだ。天文学会までにはできるだけ明らかにしたい。

★ これは、貝を中心とした実験レポート https://sagi.softether.net/rumina/index.php?key=bbgp26xuu-9#_9 を発展させたものです。

円盤銀河の渦状腕の強度を用いた形態分類

ギャラクシーチャレンジャー

山本 純大、弓達 太一、森本 信介、二宮 政人（高2）【愛媛県立宇和島東高等学校】

要旨

円盤銀河の渦状腕には星やガスが集中している。渦状腕への星の集中度に対して、すべての円盤銀河を機械的に数値化する基準がなかった。本研究で数値化した結果、先行研究の目視による値と矛盾のない値が得られた。

1. はじめに

宇宙の円盤銀河全体における渦状腕には、星や星生成に必要なガスが集中している。腕の構造についてはシミュレーションが行われ、渦状腕への星の集中度はElmegreenによるArm Class[1]やM. F. S Schroder et al. による渦状腕の振幅[2]など、数値化されてきた。しかし、前者は目視であり、後者は腕の本数であるモードや腕の巻き込み度合いを表すピッチ角が必要であるため、フロキュラントな銀河を含むすべての銀河を機械的に数値化することは難しい。そこで、我々は機械的に数値化をすることにした。



図1 面輝度分布における方位角

2. 目的

我々の研究の目的は、解析が可能な近傍銀河において、渦状腕への星の集中度を機械的に数値化することである。

3. 方法

銀河の腕の強さによって形態分類を行う。銀河を正面から観測した形によって形態分類を行うために、Kuno et al[3]でまとめられている値を用いて位置角と傾斜角の補正を行った。本研究では銀河の形態に寄与する星のデータを使用するため、質量の小さい星を観測した2MASSのKsバンド[4]の面輝度分布を用いた。図1のような銀河の半径の2分の1の円周上の場所を、平均値で規格化し二次元分布を作成した。腕の集中度は、図2のように二次元分布上で値が1以上2以下の範囲で方位角が2分の π の長さで区分される四角形を埋める面積の割合の最大値で求めた。

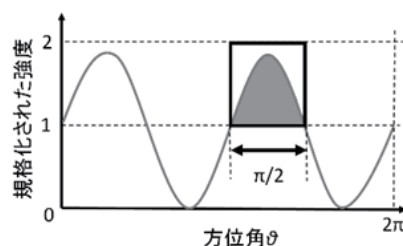


図2 方位角と強度の関係の例

4. 結果

各銀河の腕の集中度を表1にまとめた。表中のACはElmegreenによるArm Class[1]である。

表1 銀河の渦状腕への腕の集中度

銀河の名前	腕の集中度	AC
NGC5055	5.8%	3
NGC6946	8.0%	9

5. 考察

複数本の腕を持つNGC6946に対して羊毛のような腕を持つNGC5055の腕の集中度の値は大きくArm Classとも整合性が取れる。また、規格化により腕の集中度の値が顕著に得ることができた。

6. まとめ

複数本の腕や羊毛のような腕について集中度を求めることができた。今後は本研究では求めなかったNGC5194のようなグランドデザイン腕を持つ銀河を含んだ多くの銀河について腕の集中度を求めていきたい。また、本研究では行わなかった銀河の画像データの分解能の補正の仕方を考慮して、精度を上げていきたい。

7. 謝辞

本研究では本校SSH運営指導委員の皆様にご指導いただきました。この場を借りて厚くお礼を申し上げます。

8. 参考文献

- [1] Elmegreen, D., M. & Elmegreen, B. G., 1987, ApJ, 314, 3
- [2] Schroder, M.F., S, Pastoriza, M, G, Kepler, S, O., & Puerari, I., 1994, A&AS, 108, 48
- [3] Kuno, N., et al, 2008, PASJ, 59, 117
- [4] T. H. Jarrett, T. Chester, & R. Cutri, 2003, AJ, 125, 525
- [5] 谷口義明, 岡村定矩, 祖父江義明, 銀河(1), シリーズ現代の天文学, 日本評論社, 2007
- [6] 塩谷泰広, 谷口義明, 銀河進化論, プレアデス出版, 2009

銀河の様々な形に法則はあるのか

もし天2017 katachi~music and galaxy~

阿部 夏実 (高3) 【湘南白百合学園高等学校】 河内 達輝 (高2) 【新潟県立村上高等学校】
 小林 ひな乃 (高2) 【淑徳高等学校】 松野 なな (高2) 【香川県立高松高等学校】

要旨

東北大学主催の「もしも君が杜の都で天文学者になったら。。。」に参加した私たちは、銀河の形の違いに着目し、中でも渦巻き銀河と棒渦巻き銀河について研究を行った。バルジのランダム運動はディスクのランダム運動に影響を与えるのではないかと仮説を立て、横向きの銀河を観測、データ解析を行いバルジの直径と銀河全体の直径の比を求めた。結果、解析した銀河には相関がみられた。

1. はじめに

銀河にはハッブルの音叉型分類（ハッブル分類ともいう）という形態の図表がある。その中の渦巻き銀河と棒渦巻き銀河は連続的であるとすると、形を定める要因に法則はあるのか、またそれはどのような法則なのかというテーマで調査、研究を行うと決めた。

銀河はディスク、バルジ、ハローなどで構成されており、それぞれの銀河のバルジの大きさの違いは銀河内の運動が関係していると考えた。そこで、バルジとディスクの運動について調査すると以下のことが事実であると分かった。

- i. バルジはランダム運動している。
- ii. ディスクは回転運動とともにランダム運動をしている。
- iii. ランダム運動の影響でディスクに厚みが生じている。

これらよりバルジのランダム運動はディスクのランダム運動に影響を与えているのではないかと仮説をたて、バルジの大きさとディスクの厚みを観測することとした。

いくつかの横向きの銀河をひとみ望遠鏡で観測し、銀河全体の直径、バルジの直径、ディスクの長さの中央部分の厚みを計測した。そして全体の直径とバルジの直径、全体の直径とディスクの厚みの比をそれぞれ求め、グラフ化した。このとき、バルジは球であり、ディスクは左右対称であると仮定する。

2. 観測と解析

私たちは仙台市天文台の1.3m「ひとみ望遠鏡」を用いて4つの横向きの銀河の観測、解析を行った。直径を求めるため、撮像観測、ルミネンスで行い、3・4枚同じ銀河の画像を重ねて解析を進めた。今回の研究では、カウント値の標準偏差であるエラーバーの下端が周辺のスカイ平均を下回った点を銀河の端とした。よってこの定義ではカウント値の平均から標準偏差、スカイ平均の値を差し引いた値が0になった点が銀河の端である。（下の図1）

観測した銀河→NGC7814, NGC1055, NGC891, NGC4565, NGC2683, M108, M82, IC2233

解析した銀河→NGC7814, NGC1055, NGC891, NGC4565

3. 結果と考察

NGC1055, NGC891, NGC4565の3つの銀河において、正の相関がみられた（下の図2）。よって、バルジの直径が大きいほどディスクの厚さが大きくなると言える。また、相関に乗らなかったNGC7814はダストレーンの影響で正しい値が出なかったのではないかと考えている。

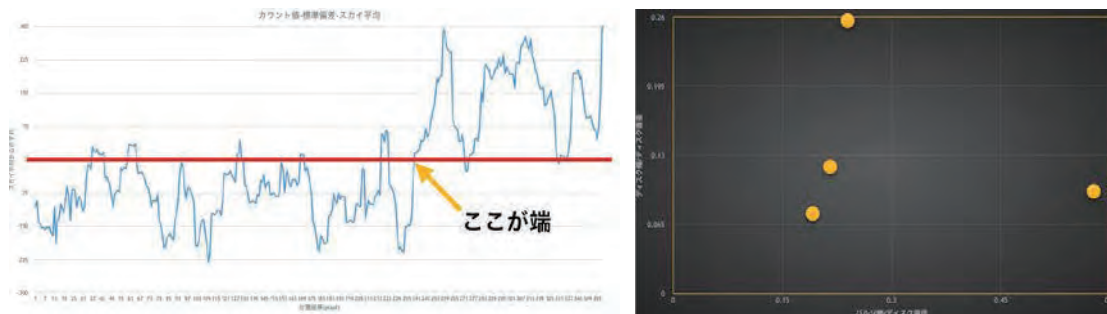


図1) 銀河端付近におけるカウント値の平均から標準偏差、スカイ平均の値を差し引いた値の推移

図2) バルジの幅とディスクの幅の比に関する相関グラフ

4. 今後の展望

さらに沢山の銀河を解析し、相関関係をより明らかにしたい。また、それらの相関関係を数値化しより一般化していきたい。

渦巻/楕円銀河の形の要因

もし天2017 永遠のメーゴーラウンド

大金 遥(高1)【栃木県立宇都宮女子高等学校】、大槻 真優(高2)【東京都立国際高等学校】、
品田 仁(高1)【秋田県立秋田高等学校】、川上 竜太郎(高1)【智辯学園和歌山中学・高等学校】

要旨

渦巻銀河と楕円銀河の形には何か原因があるのではないかと疑問に思い、「渦巻銀河は楕円銀河の合体によってできる」「楕円銀河は他の銀河の影響で潰れている」という二つの仮説を立てた。そこで、銀河団を撮像観測したデータを使って銀河の質量と分布を調べた。その結果、どちらの仮説も否定された。

1.疑問

銀河の形が不自然であると感じ、以下の疑問を持った。

- (i) 渦巻銀河はどのように形成されるのか：渦を巻き始めるには原因があると考えたから。
(ii) 楕円銀河はなぜ楕円なのか：銀河に外力がはたらいていない自然な形を球とし、楕円形になるには何か理由があると考えたから。地球は自転しているがほぼ球形のため、楕円銀河の自転による遠心力は考慮しない。

2.仮説

- (i) 楕円銀河同士が互いに回転しながら合体し、渦巻銀河になるのではないかな。
(ii) 楕円銀河は周りの銀河の引力によって潰れた形に変形しているのではないかな。

3.検証方法

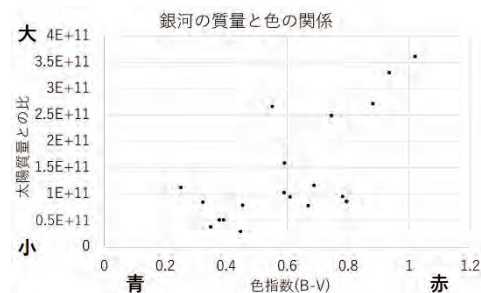
- (i) 銀河の絶対等級から推測される質量を求め、渦巻銀河は青っぽく楕円銀河は赤っぽいという傾向を利用して楕円銀河と渦巻銀河の質量を比較する。仮説が正しければ、楕円銀河よりも渦巻銀河の質量が大きくなる。
(ii) 観測した銀河団の中から最も潰れているように見える楕円銀河を選ぶ。その楕円銀河の長軸方向と短軸方向にある銀河の数を比較する。仮説が正しければ、長軸方向に多く銀河が存在する。

4.観測方法

観測器：1.3mひとみ望遠鏡(仙台市天文台) 観測日時：2017/12/25 18:00～20:00
観測天体：ABELL426(30s×各バンド4回)、ABELL347(40s×各バンド4回)、ABELL407(60s×各バンド2回)、
ABELL262(60s×各バンド2回)、BD-2524(30s×各バンド4回)
波長帯：Bバンド、Vバンド、ルミナンス(BD-2524はBバンドとVバンドのみ)

5.結果

- (i) 楕円銀河は渦巻銀河よりも質量が大きいという傾向が見られた。(グラフの相関係数:0.72)[図1]
(ii) それぞれの楕円銀河の短軸方向、長軸方向にある銀河の数と楕円銀河の形に、関係は見られなかった。[表1]



[図1 銀河の質量と色の関係] 横軸：Bバンドでの絶対等級-Vバンドでの絶対等級 縦軸：銀河の光度から質量光度比を用いて得られた銀河の質量

[表1 楕円銀河の長軸、短軸方向にある銀河の数]

短軸 <楕円銀河> 長軸	短軸方向にある銀河の数	長軸方向にある銀河の数
ABELL426	19	18
ABELL347	8	9
ABELL262	4	11
平均	10.3	12.7

6.考察

- (i) 仮説は誤りで、楕円銀河は銀河同士の合体を繰り返してできたと考えられる。質量の大きい楕円銀河は合体が盛んに起きた可能性がある。
(ii) 楕円銀河の形は周囲の銀河によるものとは考えにくいから、楕円銀河は銀河の自転による遠心力が原因で潰れた形をしていると考えられる。

<おまけ>・銀河の合体の過程で公転している恒星の軌道がずれてランダム運動が大きくなり、楕円になるのではないかな。

・質量が大きくなるとランダム運動の範囲も大きくなる傾向があるために楕円になるのではないかな。

7.参考文献 Abell catalog of rich clusters of galaxies(http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=1989ApJS...70....1A&db_key=AST&high=4190a9787218916)、天文学宇宙検定公式テキスト(2017～2018年版・2級)天文学宇宙検定委員会編

4つの銀河から探る銀河の進化過程

銀河学校2017C班

小森 楓雅(高3)【早稲田実業学校高等部】、田中 匠(高2)【栄光学園高等学校】、船木 美空(高2)【新潟県立新潟高等学校】、後藤 佑太(高1)【明星高等学校】、岡本 尚子(高2)【東京大学教育学部附属中等教育学校】、北村 光(高2)【香川県立高松高校】、阪本 皓貴(高2)【灘高等学校】、神田 秀峰(高3)【海陽中等教育学校】、木場 菜摘(高3)【山梨県立日川高校】、山下 ひな香(高3)【京都府立洛北高等学校】、種田 恭子(高3)【四天王寺高等学校】

1. 概要

宇宙にある様々な形態をした銀河がどのように進化してきたか、様々な仮説が立てられ研究されている。私たちはそれらを調べてまとめ、「大質量銀河は、激しい星形成で早期に楕円銀河になる。小質量銀河は、緩やかな星形成で渦巻銀河になり、ガスがはぎ取られるとレンズ状銀河に、同規模の銀河同士が衝突すると激しい星形成を起こす相互作用銀河を経て楕円銀河になる。」という仮説を立てた。この仮説を検証するために、タイプの違う4つの銀河を構成する星と水素ガスの分布を調べて考察した。

2. 観測

観測場所：東京大学木曾観測所(長野県)

観測装置：105cmシュミット望遠鏡KWFC

フィルター：rフィルター(615.0nm),

N6590フィルター(666.1nm)

観測日時：2017/3/28 20:15~21:15

観測対象：M86,M101,M104,NGC4038

3. 方法

- (1)各銀河の画像に一次処理、距離補正をする。
- (2)rフィルターとN6590フィルターの画像から星の光のみ、水素ガスの光のみの2画像を作る。
- (3)星の光から水素ガスの光を割った画像を作る。
- (4)画像上の銀河の直径と望遠鏡の視野角、銀河までの距離から求めた銀河直径を、小質量銀河である銀河系の直径と比べて、銀河のおおよその質量を求める。

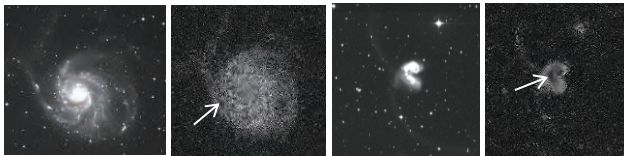


図1 M101(渦巻銀河)※ 図2 NGC4038(相互作用銀河)※

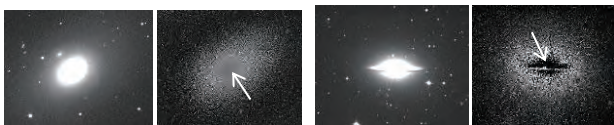


図3 M86(レンズ状銀河)※

図4 M104※

※ 左：rフィルター画像

右：(3)で作った画像（↑：最も星形成をしている場所）

4. 結果

星と水素ガスの分布の割合がわかる図1,2,3,4(右)を作った。この画像では、銀河内の白いところほど星の割合が大きくて、黒いところほど水素ガスの割合が大きく活発な星形成が起こっている。図中の↑が示す最も星形成をしている場所を比べると、星形成率の大きいものからNGC4038,M101,M86の順だとわかった。また、M86・M101・NGC4038は小質量銀河で、M104は文献から、大質量銀河であることと「大質量楕円銀河にガスが供給されて星形成を再開した銀河」という説[1]があることがわかった。

5. 考察

M86・M101・NGC4038は小質量銀河であるため進化過程が同系統だと考えられる。星形成率と、作成した画像の水素ガスと星の分布から、小質量銀河は、M101のような渦巻銀河から、ガスがはぎ取られるとM86のような星形成の少ないレンズ状銀河になり、同規模の銀河同士で衝突するとNGC4038のような激しい星形成をする相互作用銀河になった後、楕円銀河になると推測できて、立てた仮説と同じになった。大質量銀河のM104は、中心の星形成率が大きい反面、そのまわりではほとんど星形成が起こっていない。このことから、楕円銀河にガスが供給されて内部で激しい星形成が起こっていると推測できるので、前述した説[1]に沿う考察結果になった。よって、銀河の進化において、小質量銀河は渦巻銀河になり、衝突すると楕円銀河に、ガスをはぎ取られるとレンズ状銀河になると考えられる。大質量銀河は楕円銀河になった後、M104のようにガスを取り込み星形成を再開するものもあると考えられる。今後は、質量を正確に求めて銀河進化と質量の関係の理解をより深めるとともに、他の銀河にも共通するのかが検証していきたい。

6. 参考文献

- [1] NASA,2012.NASA's Spitzer Finds Galaxy With Split Personality,NASA NEWS.

7. 謝辞

一緒に研究を行った下野 広幹さん、市橋 朝美さんと、本研究を進めるに当たりご協力いただいた、東京大学木曾観測所の皆様、NPO法人Science Stationの皆様へ感謝の意を表します。

銀河団の観測によるインフレーション理論の検証 ～宇宙の始まりを探る～

もし天(もしも君が杜の都で天文学者になったら) MGX(もしGreen X)班
柴田優帆(高2)【國學院大學栃木高等学校】、田井遥華(高1)【豊島岡女子学園高等学校】、
丹羽 駿輔(高1)【滝高等学校】、秋山祿斗(高2)【岡山県立岡山城東高等学校】

要旨

我々は宇宙に微小な温度ゆらぎがあることを疑問に思い、銀河団を観測して得られるデータから宇宙背景放射のゆらぎの原因とされるインフレーション理論の妥当性の再検証を目指した。

○研究方法

インフレーション理論は宇宙に臨界密度が存在し、加速膨張していることを予言している。つまり、宇宙全体の密度を観測及び文献値を用いて算出し、実際の宇宙の臨界密度と比較すると、インフレーション理論の妥当性を検証することができる。そのためには宇宙全体のバリオン、ダークマター、ダークエネルギーの密度を知る必要がある。

そこで今回の観測では銀河団を観測対象とし、観測によって得られたデータから宇宙全体のバリオンの密度を、文献値からダークマター、ダークエネルギーの密度を算出する。観測対象に銀河団を選んだ理由は、宇宙にあるバリオンは、ほぼ銀河団に属する銀河を構成する恒星だからである。

○観測、検証方法

・バリオン

仙台市天文台ひとみ望遠鏡(口径1.3m)を用いたルミネンスフィルターでの撮像観測により得られたデータから銀河団の明るさを測定し、mass-luminosity relationを用いて銀河団の質量を求める。

なお、ここでの「銀河団の明るさ」は、数値の偏りを防ぐために我々が独自に定めた

- ・視野内のすべての銀河の光度の平均
- ・視野内で十番目に明るい銀河の光度の平均
- ・一番明るい銀河以外で視野内のすべての銀河の光度の平均

の三通りで計算し、三通りの結果を導くこととした。

観測対象の天体はAbell Catalogから赤方偏移等を考慮して選定した。しかし、悪天候により観測ができなかったため、もし天のアーカイブデータとほかの班の観測データを用いた。以下が解析したデータの一覧である。

(Abell No.: 撮影日, 積分時間[s])

1656(Coma Cluster): 2017.12.25, 420 / 260: 2013.12.24, 240 / 426: 2013.12.24, 60 / 671: 2013.12.24, 120

・ダークマター

文献値から引用した、X線観測で得られた銀河団の温度の値を用いてダークマターとバリオン合計質量を算出する。その値と先に求めたバリオンの密度から宇宙全体のダークマターの密度が算出される。

・ダークエネルギー

地球からの距離がすでに分かっているComa Clusterの明るさと、観測によって求められた銀河団の明るさを比較し、それぞれの銀河団と地球との距離を算出する。その値を用いて銀河の後退速度に関するグラフを描き、その傾きから宇宙の膨張する加速度を求め、密度を算出する。

○計算結果

・バリオン

- ・視野内のすべての銀河の光度の平均から求めたバリオンの密度: $5.38075 \times 10^{-19} \text{ kg/km}^3$
- ・視野内で十番目に明るい銀河の光度の平均から求めたバリオンの密度: $5.35215 \times 10^{-19} \text{ kg/km}^3$
- ・一番明るい銀河以外で視野内のすべての銀河の光度の平均から求めたバリオンの密度: $5.38946 \times 10^{-19} \text{ kg/km}^3$
- ・ダークマター: $1.07 \times 10^{-18} \text{ kg/km}^3$
- ・ダークエネルギー: $8.11692 \times 10^{-19} \text{ kg/km}^3$

○結論

今回求めた密度の合計は文献から引用した宇宙の臨界密度の約25%程度であり、それぞれの物質の割合はバリオンが30%、ダークマターが25%、ダークエネルギーが45%となった。実際の割合は、文献によると、バリオンが4%、ダークマターが22%、ダークエネルギーが74%と言われている。

○考察

加速度を算出することができたため、ダークエネルギーの存在を確認することができたといえる。しかし、赤方偏移の値と算出した距離が矛盾しており、Coma Clusterの明るさを大きく見積もりすぎて距離に誤差が生じたと考えられる。また、今回は我々の手で観測したデータがないため、日時や天候といった条件を考慮した際、解析対象としては不十分だったのではないかと考えられる。以上の原因から正確なデータが得られなかった可能性が高い。

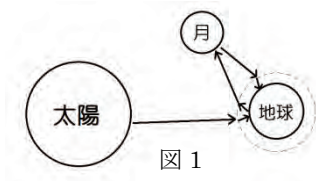
地球照～地球照から議論する地球は青いのか?!～

六本木 美里、佐野 穂美(高2)、櫻井 葉月、河合 春佳(高1) 【群馬県立前橋女子高等学校地学部】

1. 序論・研究目的

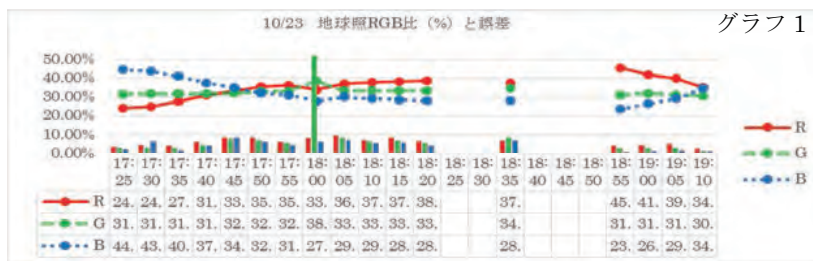
地球照とは、新月、または三日月のような細長い月の暗い部分が地球の光を反射して見えるものである。地球上にいる限り地球の青さを感じることはできない。そこで、地球の光を反射して見られる地球照を利用すれば地球にいながら地球の青さを感じることができるのではないかと考えた。先行研究(「地球は青いのか?!」福田紫都 平成29年5月21日 日本地球惑星科学連合)によって、地球照は太陽照よりも青の色合いが高く、地球照から導き出した地球の色は青いということも分かった。しかし、一つの写真を使得得られた結果のため、いつでもこのことが当てはまるとは限らないのではないかと考えた。そこで地球照の再現実験を行ったが様々な課題が生じたため、地球照の写真から高度の変化や昇る時と沈む時の色の違いを調べ、どのような条件の時に地球照はより青くなるのかの調査を進めている。

2. 分析方法・結果



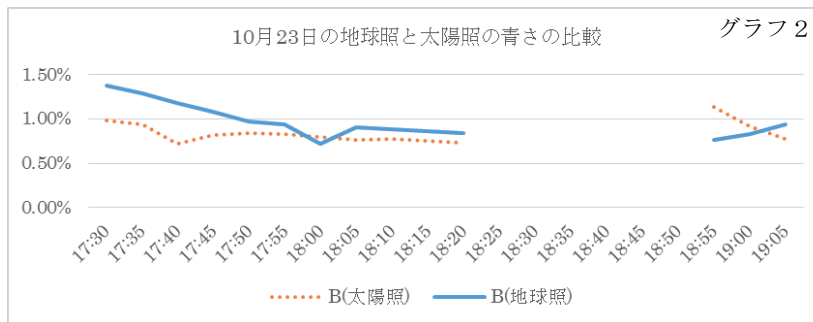
10月23日に前橋女子高校の屋上で5分おきに撮影したRAW画像を用いて分析し、太陽照と地球照それぞれの光の色の割合(R:赤 G:緑 B:青)、誤差を出しグラフ1に表した。

また、図1は地球照が見えるまでの太陽の光の道筋を表している。



使用器具

- ・デジタル一眼レフカメラ Nikon D7200
- ・三脚
- ・ステライメージ7



青さ… B(青)/G(緑)
 緑の値を基準とした青の割合がどのくらいかを定義したもの。

3. 考察と展望

時間経過による色の変化や月の昇るときと沈む時との色の違いを調べたところ、沈む月は時間が経過するにつれて青の割合が下がり赤の割合が上がり、昇る月はそれとは逆の結果が見られた。このことから、RGBの割合の変化には大気散乱が関係していると考えられる。しかし、グラフ1の中に特異点が見られ、誤差を棒グラフで表してみると値が大きく、正しい結果と言えない。太陽照と地球照の青さを比較したところ、ほとんどの部分で地球照の方が割合が高く、時間の経過で見ても地球照は太陽照よりも常に青いということがいえると考えられる(グラフ2)。観測・分析を詳しく進め、さらに正確な結果を出すために進めていきたい。

地球照の観測 2～色の変化～

時政 壮真(高2)、杉村 隼、田中 来海、船田 大貴(高1)【兵庫県立大学附属高校 自然科学部 天文班】

概要

地球照の色が、地球の自転で変わるかどうかを観測研究した。その結果、地球照のB-V指数はマイナス1から1.5の間に散らばり、地球の経度90度付近で最も青くなっている傾向があった。経度110度付近のオーストラリア大陸や30度付近のアフリカ大陸の影響を受けて、色が変わっている可能性がある。

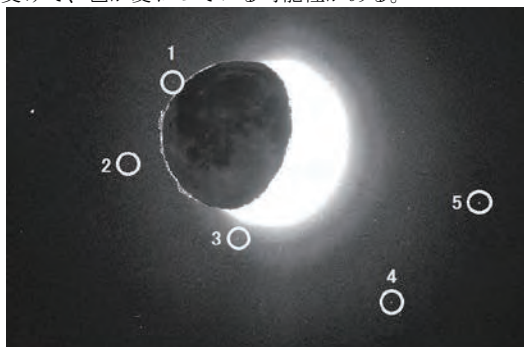


図1 地球照と参照星

はじめに

月が半月よりも細く見えるときに、太陽に照らされていない部分が丸くぼんやり見えるのを地球照という。昨年先輩たちは、月齢で地球照の色に変化が無いのか研究した。月齢が進むと地球照は赤くなる結果となったが、原因が分からなかった。

私たちは、月に反射する地球の色が自転によって変わるのではないかと考え研究することにした。

観測方法

観測機材 望遠鏡 VixenED102ss
カメラ NIKON D5100 ISO400

観測地 学校周辺

観測日 2017年10月26日、27日、11月23日、24日
撮影方法 星を自動追尾して地球照と周辺の星が写るように露出を1/2秒から4秒間とした。観測日において、30分ごとに撮影した。撮影データは明るさを測れるようRAW形式で保存した。

解析方法

1. RAW形式の観測データをTIFF形式に。その後FITS形式のRGBそれぞれの画像データを作成した。
2. 地球照と一緒に写った周辺の5つ程度の星(図1)を参照星とし、マカリでBとVの等級を求めた。
3. 参照星の実視等級をステラリウムから得て観測等級と比較し、2つの要素の1次関係式を求めた。
4. 地球照の4カ所の明るさからB、V等級を求めた。(1秒角の等級が暗すぎるので、等級が参照星と同じ程度になるよう、B、Vとも同じ複数画素で求めた。)
5. 地球照のB-V指数を求めた
6. 撮影した画像について同じ解析を行った。

結果

観測した時刻に、月が南中している地球上の地点の経度を横軸、縦軸にB-V指数をとって、地球の自転に

よって地球照の色に変化が出ないか、確かめてみた。

解析した11月の2日間の結果(図2)は、B-V指数がマイナス1から1.5に散らばっている。これを見ると、経度70度付近から90度にかけて数値が下がり、110度に向かって数値が上がっている。

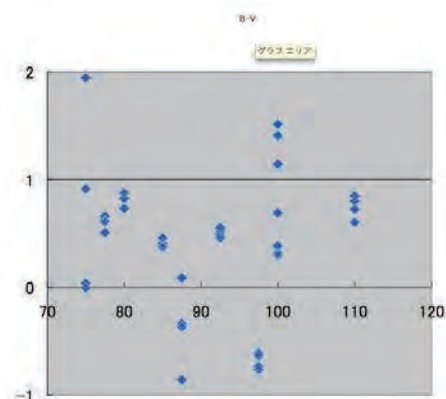
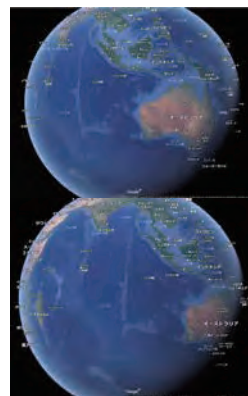


図2 地球照の色の変化。横軸は地球上の東経(度)、縦軸はB-V指数。

考察

地球上には海、大陸の他に雲がある。解析結果のばらつきは、観測や解析の時の誤差のほか、雲の変化もあるのかもしれない。

観測した11月下旬には月の赤緯はマイナス20度であった。地球上の南緯20度の上空を動いていた。地球



東経110度が中央にきた時(上、図3)と、90度の時(下、図4)の地球。いずれも南緯20度が中央。GoogleEarthから。

今後の課題

11月の月は赤緯マイナス20度付近にある月を観測したため、インド洋の影響が見られた。反対に赤緯がプラスの時の月を観測して今回の結果と比較すれば、ユーラシア大陸の様子分かるかもしれない。

また、明け方の地球照を観測すれば、太平洋で反射された地球の色が分かるかもしれないので、これからも観測を続けたいと思う。

地球照のスペクトルより地球の大気成分を追う

今野 縁、三浦 凜佳（高2）、伊藤 乃愛、吉野 礼珠（高1）
 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

要旨

地球に反射された太陽の光が月に投射される現象「地球照」のスペクトルを解析することにより、間接的に地球の大気成分を調べることができる。本研究では、地球照の発生する月の向きに着目し、地球の大陸（夕）と海洋（朝）におけるスペクトルの違いについて述べる。

1. 地球照のメカニズム

まず、地球照とは月の欠けている部分が、地球に照らされて見える現象のことである。地球照が起こるメカニズムは太陽からの光が一度地球で反射し、月に投射されている（図1）。

その光のスペクトルを調べることで地球自身のことを知る。

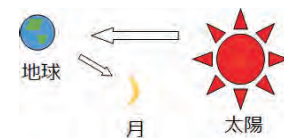


図1 地球照のメカニズム

2. 実験方法

本校の天体望遠鏡に冷却CCDカメラと分光器を取り付け、10秒の露光を行い、地球照の画像を5枚撮影した（図2）。その後、取得した画像を「すばる画像処理ソフトMakali`i」を用いて解析した。



図2 観測機器

3. 実験結果

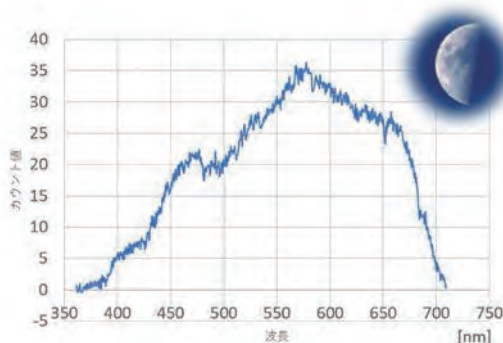


図3 朝方の地球照のスペクトル 月齢23.3
 (11/12に屈折望遠鏡で撮影, 画像はイメージ)

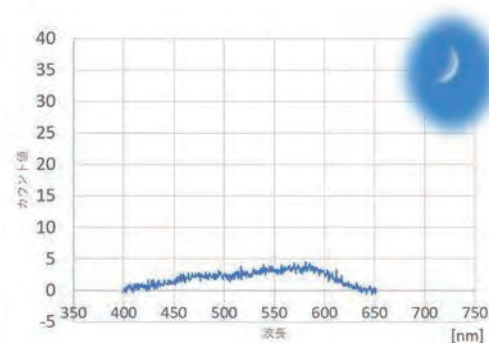


図4 夕方の地球照のスペクトル 月齢3.9
 (12/22に反射望遠鏡で撮影, 画像はイメージ)

4. 考察と今後の課題

今回の観測では、明瞭な吸収線を確認することができなかった。朝方と夕方のスペクトルを比べて、カウント値が朝方のほうが大幅に大きい原因としては、11/12は月の形が半月に近かったため、その月光が影響したと思われる（図3）、（図4）。

また、朝方の地球照のスペクトルは太陽のスペクトルによく似ている。このことから、地球の大気のスペクトルは太陽の大気のスペクトルに似ているのではないかと考えられる。

今後の展望としては、月の形をそろえての朝方と夕方のスペクトルの比較をするとともに、観測精度を上げ、明瞭な吸収線を得ることを目標としたい。

5. 参考文献

高橋隼「地球照の可視偏光観測」, <http://1601-031.a.hiroshima-u.ac.jp/polws2011/index.php?plugin=attach&refer=PresentationFiles&openfile=polws2011_p04_takahashi_j.pdf>

月のスペクトルから求めた地球大気による減光

小檜山 結稀、時田 優希、太田 哲平、仲條 智陽 (高2)、
藤野 航大、齊藤 孝太郎 (高1) 【埼玉県立浦和高等学校地学部】

要 旨

天体を地表で観測すると、地球大気によって減光した光を受けることになる。減光しているのは、大気分子とエアロゾルによる散乱と大気分子による吸収である。本研究では、月の分光観測から大気による減光の時間変化と大気分子の透過率(光学的厚さ)を求め、地球大気による減光について調べた。

1. 方 法

(1) 観 測

観測には透過型回折格子を使ったスリット式分光器と冷却CCDカメラを使用し、解析波長域は450nm～860nm付近である。様々な高度のデータを得るため、観測は満月に近い2017年12月3～4日と2018年1月3～4日の2晩行った。

(2) 解 析

- ・ 昇る月と沈む月で同じ高度になったときの月光の強度比を求め、大気による減光の時間変化を調べる。
- ・ 高度の異なる月光の強度比から大気的光学的厚さの差を求め、大気分子とエアロゾルによる散乱の光学的厚さの差を引く。これが大気分子による吸収の光学的厚さの差になり、さらに単位空気量あたりの光学的厚さを求める。そして、オゾン O_3 (590～610nm)、酸素 O_2 (758～768nm)、水蒸気 H_2O (810～836nm)について、単位空気量あたりの光学的厚さと空気量(観測高度)の関係を調べる。

2. 結 果

(1) 大気による減光の時間変化

- ・ 同じ高度の月光の強度比は、時間が開くほど(数時間)変化がある。
- ・ オゾン O_3 と酸素 O_2 の吸収については、時間変化はほぼない。
- ・ 水蒸気 H_2O の吸収については、一晩の中でも時間変化がある程度ある。

(2) 大気分子の光学的厚さ(単位空気量あたり)と空気量(観測高度)の関係

- ・ オゾン O_3 の光学的厚さは、空気量(観測高度)によらずほぼ一定である。
- ・ 酸素 O_2 と水蒸気 H_2O の光学的厚さは、空気量が大きく(観測高度が低く)なるにつれて小さくなる。

3. 考 察

(1) 大気による減光の時間変化

同じ高度の月光の強度比にゆるやかな時間変化があったが、これはエアロゾルによる散乱の時間変化を反映していると考えられる。したがって減光の補正をするときには、時間を開けずに観測を行う必要がある。

(2) 大気分子による吸収

今回の観測方法でオゾン O_3 の透過率(光学的厚さ)を求めることができ、天体観測をしたときの減光の補正に使いそうである。酸素 O_2 の場合は、空気量(観測高度)によって単位空気量あたりの光学的厚さが増減してしまうため、減光の補正をする時には注意が必要である。また水蒸気 H_2O の場合は時間変化もあるため、さらに注意が必要である。

地平高度の違いによる太陽の色の变化と吸収線の深さについて

山下 知穂、篠崎 理奈 (高2) 【埼玉県立浦和西高等学校地学部】

[要旨]

太陽高度の変化に伴う、太陽の色の違いは、朝日や夕日が赤く見えることでよく知られる現象ですが、今回スペクトルを用いて観測を行うことでその詳細を調べてみました。赤(R)・緑(G)・青(B)の比を求めてみたところ、太陽高度が増すにつれて、R・Bの割合が刻々と変化していく一方で、Gの割合は一定であるという結果を得ることができました。また、地球大気による吸収線の濃さが太陽光の通過する地球大気の厚さの減少に伴い薄くなっていくことから、スペクトル中に見られる吸収線の深さを求めたところ、太陽大気に由来するものは太陽高度によらず一定であるのに対し、地球大気に由来するものはその厚さによって大きく変化することが確かめられました。

1、研究動機

我々は昨年、低分散分光器を用いて炎色反応や各種電灯の分光観測を行いました。今回、この分光器を用いて太陽の見かけの色の变化をスペクトルから調べることができるのではないかと考え、研究を行いました。

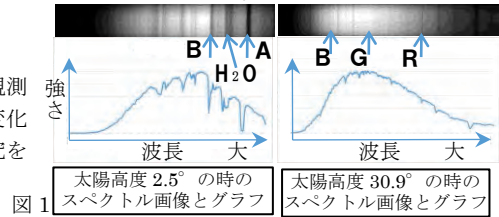


図1 太陽高度 2.5° の時のスペクトル画像とグラフ 太陽高度 30.9° の時のスペクトル画像とグラフ

2、太陽スペクトルの観測

日の出・日の入りを含む長時間の分光観測を H29 年 12 月に計 2 回行いました。日の出・日の入りに近い時間は変化が大きいと予想し、この時間帯は 1 分毎に、赤みが薄れてからは 5 分毎に撮像を行いました。

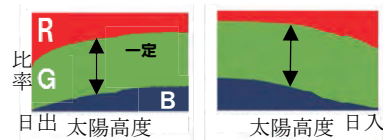


図2 RGB の比率 日の出から南中 (H29/12/26) 南中から日の入り (H29/12/14)

3、RGB 比の分析・結果

観測で得たスペクトル画像は、ダーク処理をしてから 10 枚程加算平均したものを解析ソフトマカリで数値・グラフ化し(図 1)、R:656nm・G:540nm・B:450nm 付近の値を用いてスペクトルのグラフから RGB のカウント値の比率を求めたものが図 2 です。

その結果、太陽高度が上がるにつれて R は減少し、B は増加していくことが分かりました。しかし G は常にほぼ一定の比率でした。また、日の出直後と日没直前は B の成分がほとんど見られず、このことから学校で学んだレイリー散乱(地球大気は青成分を強く散乱する)によって、太陽の見かけの色が変化しているということを改めて理解しました。

4、吸収線の分析・結果

図 1 に示すスペクトル画像とそのグラフから日の出後・日の入り前は地球大気による吸収線(O₂による A 線、B 線、その間にある H₂O)が濃い(深い)ということが分かったので、図 3 に示す方法で吸収線の深さの割合を求めて研究を進めました。

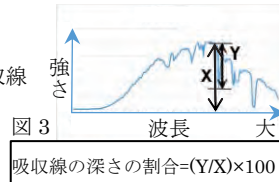


図3 吸収線の深さの割合=(Y/X)×100

太陽高度の違いによる変化は地球大気による吸収線にのみ見られると予想し、太陽大気による吸収線と分けて分析することにしました。吸収線の同定は理科年表を基に行いました。その結果、地球大気による O₂吸収線(A 線)では、図 4 上のようにその深さに大きな変化が見られましたが、太陽大気による吸収線(Hα/C 線)は図 4 下にあるようにあまり変化が見られず、これは地球大気による影響を受けていないからだと考えられます。

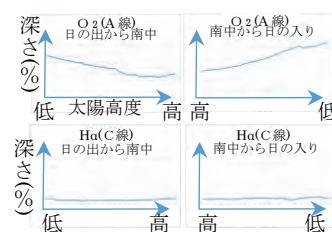


図4 地球大気による吸収線(O₂)は太陽高度に伴う吸収率の大きな変化が見られた。一方、太陽大気による吸収線(Hα)は太陽高度による変化がほとんど見られない。

5、まとめ

- ・太陽高度による RGB 比の変化からレイリー散乱の影響を観測することができました。また、G の比率は R・B と異なり、常にほぼ一定であることが分かりました。
- ・太陽大気による吸収線は地球大気の影響を受けないため太陽高度による変化が見られない一方、地球大気による吸収線は大きな変化をします。これは、通過する大気層が長いほど吸収が強くなるためです。

6、今後の課題

大気中の水分の量や塵、雲の有無、または季節によってもスペクトルは変化するのではないかと考えられるので、条件を変えて観測し、研究を重ね、今後も継続していきたいです。

[参考文献]・理科年表 平成 28 年第 89 冊 天文部 おもな太陽吸収線

- ・上野悟「太陽スペクトルからわかること」、1999、太陽望遠鏡ワークショップ～極大期 2000 年を目指して～集録

ISSの色変化から生命の星「地球」を検出

中村 八雲(3年)、小沼 穂高、北郷 恭子(2年)、青柳 悠人、田中 隼(1年)
【長野工業高等専門学校・天文部】

要 旨

大気中のオゾンの存在を検出するため、国際宇宙ステーション (ISS) の太陽光の反射光の色変化を観測した。その結果、ISSの反射光は、「地球の影」に入って減光して行くと同時に、次第に青くなる傾向がある事が分かった。

1. はじめに

最近、多くの系外惑星が発見されている。これらの惑星に生命の兆候を探すにはどのようにしたらいいだろうか。最近、月食の欠け際がやや薄暗い青い色に見えるターコイズフリンジが注目されている。これは、地球のオゾン層による赤い色の吸収の効果だといわれている。しかし、この効果を常時観測すること出来ないだろうか。そこで、地球近傍を周回する人工衛星の反射光を使うことで、「地球の影」の境界付近の色を観測できるのではないかと考えた[1]。ここで、特に明るい国際宇宙ステーション(ISS)を対象に研究を始めた。

2. 観測とそのデータの解析

- ・観測日/カメラ/レンズ/露出/ 2017/06/11 EOS 60D 15.0 秒露出/EF28-90mm f/4-5.6 USM fl=52.0mm
- ・観測日/カメラ/レンズ/露出/ 2017/12/03 EOS kiss X5 8.0 秒露出/EF-S55-250mm f/4-5.6 IS STM fl=117.0mm
- ・撮影地 長野高専(長野県長野市徳間 北緯 36.678295・東経 138.233789)
- ・解析に使用したソフト すばる画像処理ソフト・マカリと Excel
 1. ISS が影に入る日付・時間帯・方向をインターネットサイト Heavens above[2]で事前に調べる。
 2. ISS をデジタル一眼レフカメラで撮影。
 3. 撮影画像を raw2fits で、fits データに変換した後に、マカリのグラフ機能で RGB ごとの光量の変化を測定する。この時、背景の青空のバックグラウンドを ISS の軌跡の上下の値を使用して校正している。
 4. データを Excel でグラフ化する。ISS の色の変化を青色 B と赤色 R との比 B/R で表した。

3. 結果と考察

2017年6月11日のISSのRGBごとの光度曲線は図1である。その色の変化を調べるために、BとRの比を図2で示した。同様に、12月3日のBとRの比は図3で示す。図2と図3は、いずれもISSが地球の影に入って消えていくときに青く変化する傾向が見られた。しかし、その度合いが異なっている。これは、ISSの光の色変化は、ISSの高度や、通過する軌道、撮影時の環境により、多少異なっているようである。

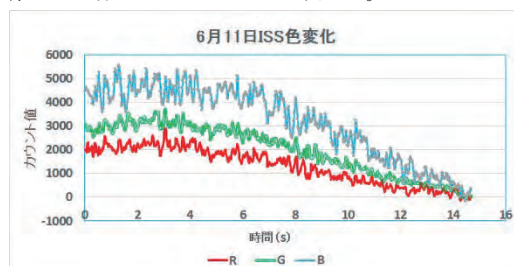


図 1

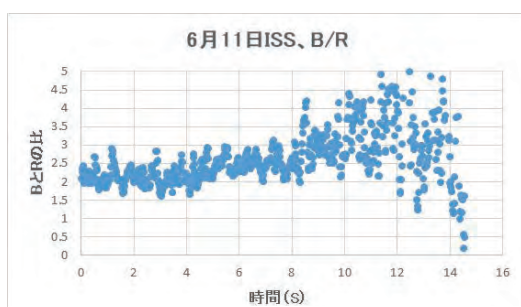


図 2

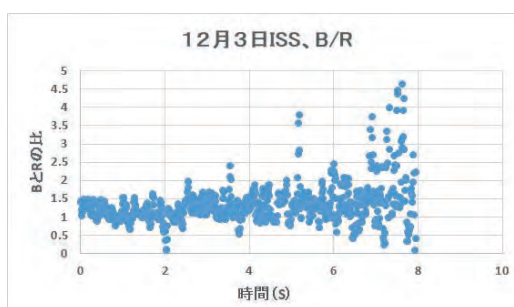


図 3

4. まとめ

今回の研究で、(1)ISSは地球の影に入るときに青く変化する。(2)ISSの光の色変化は様々な条件により変動しているようだ。ということがわかった。これらより地球の大気にオゾンが存在していることが見えたと考える。

今回の研究に使用した画像は、周囲の街明かりなどにより、図1のようにノイズが多く入ってしまっている。今後は、ISSの観測を、撮影場所、撮影方法を少しずつ変えて良いデータを得たい。そして、より正確なISSの色変化の時間・空間変化を測定したい。今後の発展として、それらの観測から実際のオゾンの分布を測定したい。

5. 参照

- [1] ヒントは、松井 聡 先生(長野県蓼科高等学校)より頂いた。
[2] Heavens above <http://www.heavens-above.com/>

大気エアロゾルの調査における天体測光的手法の応用

デジタルカメラを使った観測およびデータ処理手法の確立

仁木 敬子 (3年) 【神戸女学院高等学部】

1. 概要

星の明るさは大気を通過することで本来より暗くなる。星の光が大気を通過する量(エアマス)と星の減光量(等級)には比例関係があり、その比例係数を大気補正係数と呼ぶ。その大気補正係数は大気の状態によって変化し、大気補正係数を比較することで逆に大気の状態を推定できる可能性がある。従来の方法では望遠鏡で長時間観測する必要があり、大気変動の大きい日本では大気補正係数を求めるのは困難である。そこで、本研究では市販のデジタル一眼カメラに着目し、短時間で求める手法の確立を目指した。結果、追尾撮影により大気補正係数を求められる精度になった。また、星の減光と空の明るさを調べることで、観測時間中に大気汚染物質を核として水滴が生成されたと考察される。

2. 方法

測光: 開口測光により7個の星を測光した。グラフを見て測光半径を調節しスカイのノイズを可能な限り除去する。

一次処理: デジタル一眼カメラによる広視野画像は光の入射角度の範囲が広く光源ムラの影響を受けやすい。そこで今回はELシートにカメラを置き撮影したELフラットを使用した。

計算:

エアマス: それぞれの測光標準星に対し、測光をした写真の撮影時刻毎の大気的光路長(エアマス)を求める。

天頂から垂直に到達する光路を1とする相対的な大気的光路長。エアマスは $1/\cos\theta$ に当たる。

大気補正係数: 横軸にエアマス, 縦軸に仮等級をとり、データをプロットしたときに引くことのできる近似直線の傾きを求める。

減光量: エアマス0の時の切片が0になるよう平行移動させたときのy軸の値となる。



図1. 測光した星の位置と図3の測光領域。左端を原点としたときの水平方向右端までが図27のXとなる。

3. 結果

観測地点: 兵庫県神戸市須磨区

観測日時: 2017年8月24日 21:15-22:15 高度: 60° -37°

大気汚染物質: 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (21:00-22:00), 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (22:00-23:00)

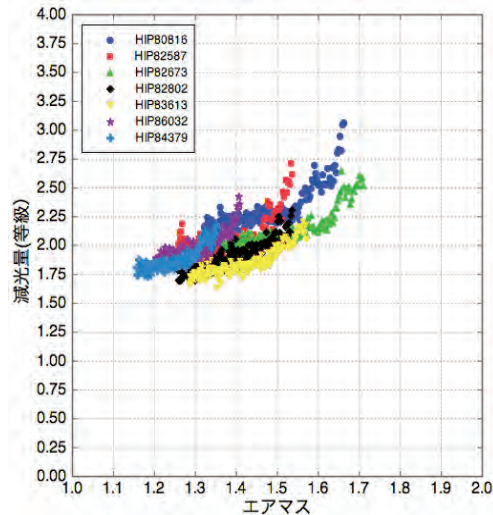


図2. 測光した各星(HIP番号)のエアマス-減光量のグラフを統合したグラフ

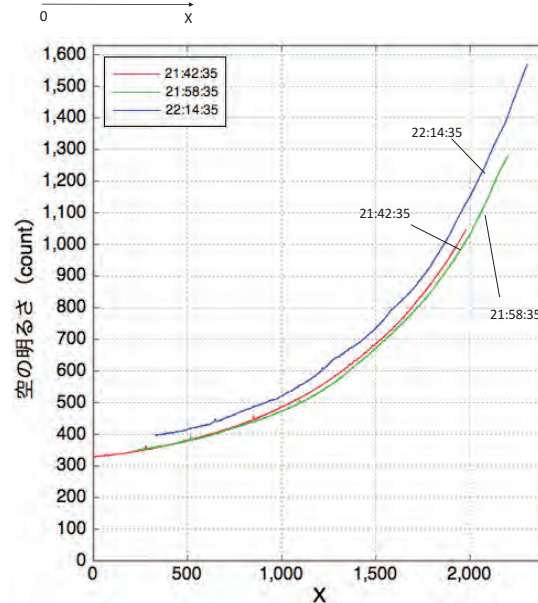


図3. 空の明るさの時間変化
横軸は図1のX(ほぼ高度方向)にあたり、21:42の画面を基準に各時刻のグラフを星をもとに高度を調節し、空の領域で示したもの。縦軸は図1のY軸方向の輝度を平均した輝度となる。

4. 考察

- ・ 追尾撮影では図2の通り大気補正係数を求められる精度になった。
 - ・ 本来大気状態が一定であれば直線になるはずのグラフ(図2)が曲線になった(減光度が大きくなった)。
 - ・ 図3から21:58付近から空が明るくなったとわかる。
 - ・ 観測時間中に大気汚染物質(SPM)の濃度が減少した。
- 市街光が散乱され空が明るくなり、星の光が吸収されて減光量が増えたと考えると、大気汚染物質が核となって霧粒子が生成されたと考えられる。
- 大気補正係数(星の減光)から大気の状態を推定することができる。

静止画の解析を用いた恒星の色と高度の相関についての研究

佐々木 花音、宮村 玲弥（高2）、帆足 優花、久富 彩香、小中 美海（高1）

【福岡県立小倉高等学校科学部天文班】

(1) 要旨

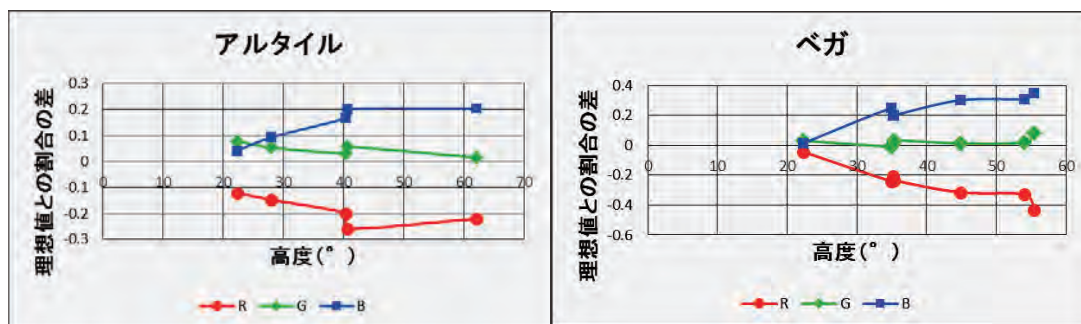
恒星の色と高度の相関関係を調べ、静止画の色補正をする際の補正基準を作るため、本研究を行った。撮影したアルタイルとベガの静止画のRGB値を計測し、計測したRGB値とその理想値を比較することで恒星の色と高度の相関関係を調べた。

(2) 研究 I

ヒッパルコス恒星カタログから各恒星のRGB値の理想値を求めた。

(3) 研究 II

2017年の5月から10月の晴れた日の22時～24時頃に、一眼レフカメラ『Canon EOS Kiss X7』、レンズ『EF-S18-55mm F3.5-5.6 IS STM』を用いて夜空の撮影を行った。撮影した静止画に写っていたアルタイル、ベガを「ステライメージ7」で解析し、RGB値を計測した。また、それらの恒星の高度を「ステラナビゲータ ver.9」で調べ、RGB値とその理想値をRGB値の平均値を100として比較した。以下がそれらのグラフである。



(アルタイル、ベガ共に、高度におけるRGB値の理想値の差の増減を表している)

(4) 結果、考察

上のグラフよりアルタイル、ベガの両方において高度が高くなるにつれて、Rの値は減少、Gの値はほぼ一定、Bの値は増加していることが分かる。ここで、高度が高くなるにつれて光の散乱により青色の光が目立って見える事を考慮すると、これらのグラフはほぼ正しいと考えられる。

(5) 今後の展望

- ・今回得られたアルタイルとベガの相関関係から高度による色補正の基準を求める。
- ・今後も観測と撮影を続け、より正確なデータをもとに考察を行う。
- ・高度と湿度の両方を考慮した場合のRGB値との相関を求める。

(6) 参考文献

Hipparcos Main Catalog <http://heasarc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/W3Browse/w3catindex.pl>
 nwblog ヒッパルコス恒星カタログのJSON化 <http://washitake.com/blog/archives/165>

地球影の研究 -計算と観測による大気散乱光の検証-

石牟礼 碧衣 (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

日の出・日没後に現れる地球影を用い、昼と夜の境界が移り行く様子を、理論計算と観測データの比較・考察から解明する。また光の散乱の違いを元に、高度による大気成分の分布の推測を試みる。

1. はじめに

日の出・日没前後、太陽と反対方向の地平線の上に見える青い筋は、地球の影だと言われている(図1)。しかし、模式図(図2)以上の説明や客観的に検証した文献が見つからなかったため、検証を行った。



図1. 地球影の写真



図2. 地球影の模式図

2. 目的・方法

本研究の目的は、地球影の存在を検証し、その仕組みを解明することである。理論計算では、Excelを使用し、大気高度と観測点からの仰角・方位で設定した計算点に太陽光が当たっているかを時刻ごとに判定し、地球影の動きを予測する。全天と地平付近を撮影した観測データと計算結果を比較して、大気の散乱光について考察する。

3. 結果・考察

光の当たっている最低高度の動きと写真の暗くなっていく様子から、この変化は地球影であると考えられる(図3)。

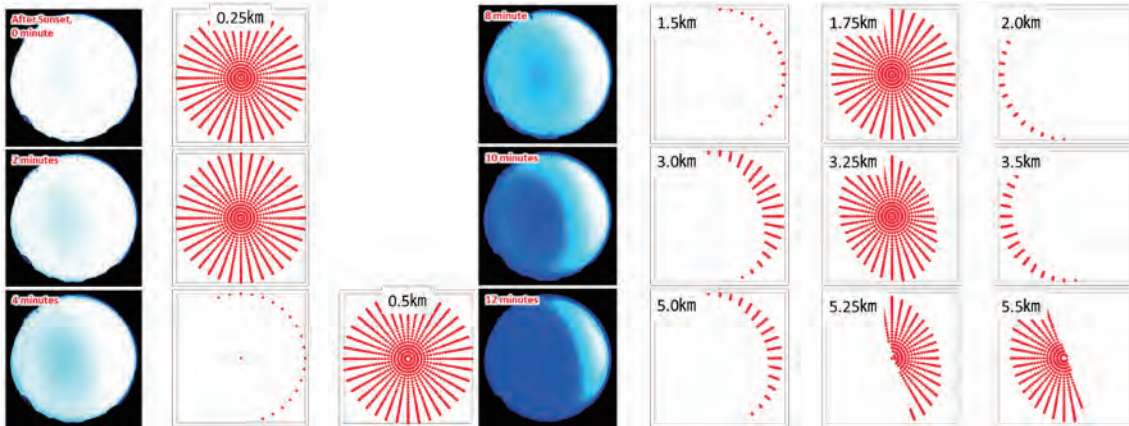


図3. 観測写真と、計算による光が当たっている最低高度点の比較。(写真は彩度・コントラスト強調)
日没直後の4分間と、8~12分後の4分間。8~12分では、最低高度点が高く広く分布している。

観測の結果、地球影は日没後約20分間見られた。また、日没後10分頃から色や明るさに大きな変化が見られた。色の変化はグラデーションではなく、いくつかの境が通過していくように見える。最低高度点の推移を見ても、日没直後の4分間では高度1km未満に集中して大きな変化が見られないのに対し、8分後からの4分間は高さも範囲も大きく変化している。

最低高度点から推測される、写真での白く明るい部分の高度と、大気中の水蒸気が分布する高度が重なっていることから、4km以下の散乱には水蒸気が関係している可能性がある。しかし、4km以上の高度にある色の境の原因については、今回の結果からは推定できなかったため、更なる検証が必要である。

4. 結論・今後の展望

大気高度0~15kmでの光の変化が、特に最低高度4km以下では水蒸気による散乱光が、地球影の動きに大きく関わっており、光を散乱させる大気成分の多くがこの高さまでに存在していると考えられる。

今後は、未解析の写真の解析を進めるとともに、変化の様子を細かく捉えるために計算点の配置を最適化する。また、写真の色ごとの変化から、光を散乱させる大気成分とその分布の推定を試みる。

シャドーバンドの速度算出と再現実験

服部 朝香（高2）、横山 美久（高1）【愛知県立一宮高等学校地学部】

1. シャドーバンドとは

皆既日食時の主に第2接触直前と第3接触直後に壁や地面などに見られる淡い濃淡の縞模様^{*3}のことである。

2. 研究内容

私たちは、顧問の高村裕三郎先生が2017年8月21日アメリカにおいて撮影したシャドーバンドの動画について、その速度算出とシャドーバンド発生時の再現実験を試みた。

3. 速度算出

(1)算出方法

シャドーバンドの動画のコントラストを調整し、1秒間の動画(30fps)を静止画像に分ける。帯の動きが見やすい4枚の画像を選び、各画像に共通なピクセル位置に6本のグラフ^{*2}をとり、前の画像との輝度の差分をとる。ノイズの影響を減らすために、時間軸に対して9移動平均をとる。また、動画内のスクリーンが歪んでいたため、座標を補正し同時にピクセル数をcmに変換する。移動平均より作成したグラフから、シャドーバンドの速度を求め、太陽に正対した状態での速度になるように、速度を補正^{*1}する。

(2)結果

スクリーンが太陽に正対した状態で、シャドーバンドの速度は約1.91m/sとなった。

(3)考察

算出したシャドーバンドの速度は、月が約920m/sで動くのに対して、大幅に遅いのでその要因を調べたい。

4. 再現実験A

(1)実験方法

水槽に大気に見立てた水を張って、ヒーターを水槽の中央に設置する。温められる水を光が通過するようにレーザーポインターを設置した反対側にスクリーンを置く。ヒーターの電源を入れ、光の様子をカメラで撮影する。

(2)結果

横方向に光の揺らぎが生じた。このとき水の温度差は縦方向に生じているため、光は温度差が生じる方向に対して垂直方向に揺らぐと考えられる。

(3)考察

皆既日食が発生すると、面光源である太陽が線光源へと変化する。皆既日食時は大気に温度差が生じ、屈折率が変化する。これにより太陽の光に縦方向の揺らぎが生じる。このようにして、月影がはっきりすると考えられる。

5. 再現実験B

(1)実験方法

温度差のある大気間の層に見立てた塩化ビニル板2枚を白い紙の上に1.5cmの間隔で立てる。レーザーポインターの光を塩化ビニル板の片面にあてて、紙に投射される光の様子を観察する。

(2)結果

レーザーポインターの光が複数現れた。

(3)考察

皆既日食が発生すると大気に温度差が生じ温度差のある大気の中に全反射の層が生まれる。その層を一部の光が透過することで、複数の帯が生じると考えられる。

6. 今後の展望

シャドーバンドが動く要因を調べる。月が動く速度に比べて、シャドーバンドの速度が大幅に遅い要因を調べる。

7. 使用ソフト・参考文献

・ステラナビゲータ^{*1} ・すばる画像処理ソフト『マカリ』^{*2} ・『月刊天文ガイド』2012年11月号^{*3}

「ひかりのまち・函館」の夜空は北海道新幹線開業で明るくなったのか？2

遺愛女子中学校・高等学校地学部

阿部 千晶、小松崎 愛、米澤 奈々珈 (中1)

荒木 美音、瀬野 亜依、中島 果南、西山 澄 (中2) 【遺愛女子中学校】

久保 理咲子、小笠原 未歩 (高1) 【遺愛女子高等学校】

1. はじめに

私たちのクラブは2011年から愛知県立一宮高校の「夜空の明るさ一斉観測」に参加してユニヒドロン社製のスカイクオリティーター (SQML, SQMLE) による夜空の明るさ観測を継続してきた。2015年に今までの結果をもとに作成した「函館周辺星空マップ」で「天の川が見える地域」に入っていた旧渡島大野駅付近に、2016年3月北海道新幹線開業により「新函館北斗」駅ができ、人工光が増えた。この地域の夜空の明るさは変化したのか、2017年秋までの観測結果をもとに検討する。

2. 観測方法

学校の体育館テラスに設置したSQMLEによる5分ごとの自動観測、SQMLでの定点観測 (月のない時期薄明終了後~22時まで) を継続して行ったほか、七飯町桜町水田 (新函館北斗駅から2.6 km)、七飯町城岱牧場 (新函館駅から5.6 km) で9月に新幹線駅の方向を含め二~四方の天頂から高度60° までの夜空の明るさを調べ、昨年までの観測結果と比較した。新函館北斗駅前でSQMLと写真測光により夜空の明るさを測定し、新幹線開業前の結果と比較した。写真測光は星空公団の「デジカメ星空診断」の調査方法を採用し、FITSデータを作成し国立天文台のフリーソフト「マカリ」を用いて測光を行った。

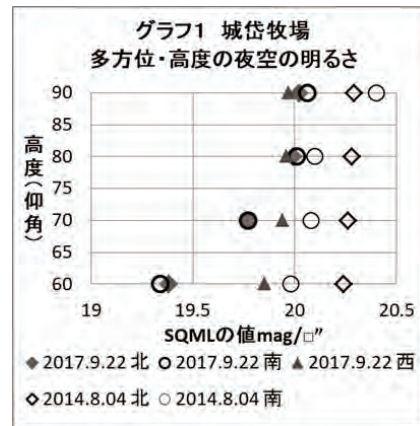
3. 観測結果

学校でのLEの観測値は、晴れて乾燥した季節には18~18.5等、積雪期と、黄砂飛来などで大気中の浮遊物質が増えたときには18等より明るい17等台になった。部員の世代交代により定点が変わったが、街灯の影響を受けない観測場所での結果では夜空の明るさマップの各地域の値とほぼ一致する結果が得られた。新函館北斗駅周辺では、駅の正面付近では昨年よりさらに灯火が増えたが、写真測光では湿度が低くエアロゾルが少ない時期には新幹線開業以前の値に近くなった (表1、表2)。

七飯町桜町水田での観測では、気象条件の影響が大きく、単純に開業前 (2014年7月) と比較できない点が多いが、現状としては新幹線駅方向の高度60° 以下では街灯の影響が強い函館方向に近い明るさになっている。また、城岱牧場の観測では、2014年より天頂の値が明るくなり、70° 以下では南側、北側ともに明るくなったが駅に近い西側はそれほど明るくならなかった (グラフ1)。

年	月日	場所	SQML補正後雲量	備考
2012	10月13日	北斗市本郷	19.95	0 10日間観測
	10月18日	北斗市市渡	19.96	4 最高値
2015	11月3日	新函館北斗駅前 ①	19.67	0 pm2.5高め
2016	10月23日		19.6	6
2017	8月15日		19.97	2 一瞬の晴れ間
	9月21日		19.76	0
	9月24日	19.86	1 Spm, pm2.5高め	

	写真測光	雲量	SQML測定値
2017	3月27日	19.61	4 19.58
	6月26日	20.81	0 19.95
	9月24日	20.2	1 19.86
	城岱牧場	20.6	0 20.21



4. 考察

2015年までの観測値と比較して、函館市内の夜空は変化していない。人工光が増えたことによって新函館北斗駅正面では星が見えにくくなったが、駅から500mほど離れた地点には19.5等以上の天の川が見える空が残っており、水田が広がる周囲の環境に守られていると考えられる。しかし七飯町桜町水田、城岱牧場での観測結果では、気象条件の影響のほか、海上の漁火 (LED) などにより2014年より灯火の影響が強くなっていると考えられる。城岱牧場で北側 (人家の少ない大沼方向) が、函館方向と同様の傾向になった点については、展望台へ上ってくる車の影響も考えられるが、原因は特定できていない。今後も観測を続け、LEDの灯火の影響も検討したい。

5. 今後の課題

観測を継続し、天の川が見える空も新函館北斗駅の魅力であることを、観望会を実施してアピールしたい。

6. 参考文献

「ひかりのまち・函館」で星空マップをつくる (2016) ・「ひかりのまち・函館」の夜空は北海道新幹線開業で明るくなったのか? (2017) 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、デジカメ星空診断 <https://dcdock.kodan.jp/>、 「夜空の明るさ学習会・資料」 星空公団、環境省大気汚染物質広域監視システム <http://soramame.taiki.go.jp/>.

この研究は2016年度武田科学振興財団 高等学校理科教育振興奨励の助成を受けた。

SQMを用いた都内の光害測定

～公園での光害対策を考える～

岡本 尚子(高2)【東京大学教育学部附属中等教育学校】

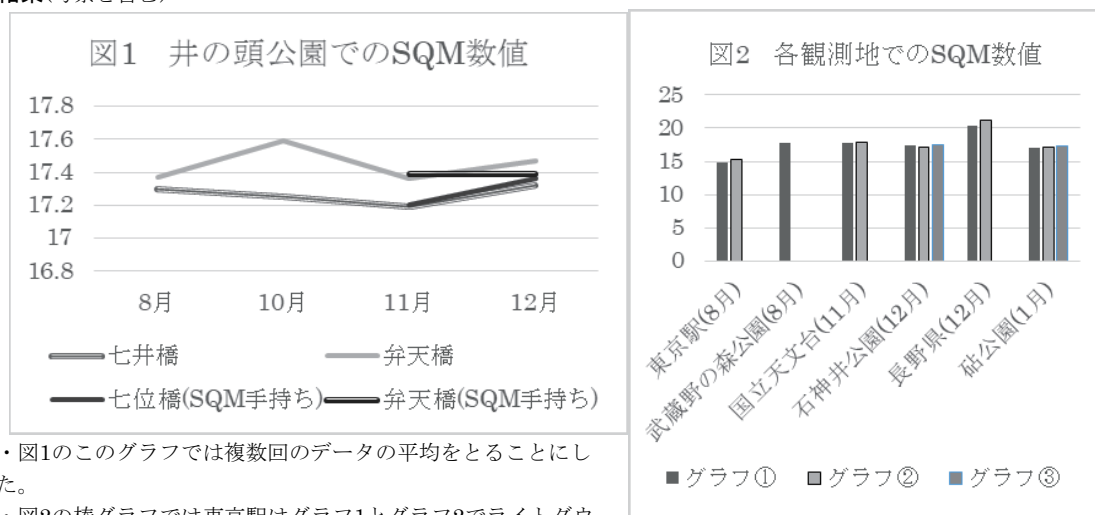
・はじめに 東京都は、大気汚染や光害により観測には不向きとされているが、私は都内でも星が綺麗に見える場所を作りたいと感じた。しかし、既に沢山の街灯が設置されており、都心では光害対策に多額の費用がかかると考えられるので、比較的低予算で対策が可能であると思われる公園で夜空の明るさを測定し、最終的にはその公園に合った光害対策を検討したい。

・使用機材 Sky Quality Meter (SQM)、一眼レフカメラ (canon EOSkissX7)、カメラレンズ、三脚、レリーズ、観察シート(環境省より)、記録用のiPhone

・記録項目 場所、時間、気温、風向、(湿度)、SQMの値、シーイング、園内の人の多さ、雰囲気、天体写真、電球の形など

・方法 観測地は、インターネットや天文に詳しい人から情報をもらい、都内の比較的星が見える4カ所の公園(井の頭公園、石神井公園、武蔵野の森公園、砧公園)で星の明るさをSQMによって測定する。どれくらいの暗さを比較するため、学校に近く、電球が多めの中野区にある防災公園(南台いちよう公園)でも空の明るさデータを測定する。追加の光害調査として、伝統的七タライトダウンに参加している東京駅でのライトダウン前後の光害比較。国立天文台のような光害対策が大いになされているところでの光害測定。スキー実習で行った長野県での光害測定を行った。

結果(考察を含む)



・図1のこのグラフでは複数回のデータの平均をとることにした。

・図2の棒グラフでは東京駅はグラフ1とグラフ2でライトダウン前後を表している。そのほかの場所では、その敷地内で場所を変えたデータをグラフごとで表している。

東京駅での観測、長野県での観測は三脚を使わず手で測ってしまったが、図1の井の頭公園での観測結果より、三脚の値でも手で持った時の値でもあまり数値に影響がなかったため、影響はないものとした。東京駅の観測時、雲量が多かったため測定値に影響を及ぼしている可能性がある。

・結論 今後の予定

井の頭公園での季節ごとの観測より、季節による夜空の明るさに違いはみられない。東京駅での観測より、ライトダウン後に空の明るさが実際に暗くなることがわかった。国立天文台での観測より、様々な光害対策がなされていたことにより、都内でもかなりSQMの値が高くなることがわかった。石神井公園の観測より、街明かりの多い方から住宅街へ近づくにつれて、目視では空が暗くなっていったように感じたが、SQMの計測値には大差なかった。今後も公園のデータを取り、どの公園で星がよく見えるのかを明らかにしたい。また、花粉や黄砂が夜空の明るさに影響するのか、これまでのデータと比較し、考察したい。

データの集計を終えたら光害対策をまとめ、星が見える場所作りに取りかかりたい。

・参考文献

観察シート(環境省)http://www.env.go.jp/air/life/light_poll/star_h29_2/03_ref2_sheet.pdf

各地の暦 (国立天文台)<http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/2018/m1301.html>、2017年度ジュニアセッション予稿集(日本天文学会)

・謝辞

今回研究を行うに当たってお世話になりました学校の先生方。アドバイスをいただきました、環境省大気環境課、星空公団、東亜天文台光害防止課、部活の先輩方、美星天文台、兵庫県立龍野高等学校、群馬県立前橋女子高等学校地学部、その他多くの方にご協力いただき、研究を進めていきました。この場をお借りして感謝申し上げます。

SQMによる夜空の明るさ調査まとめ

富田 小冬（中3）【愛知県一宮市立南部中学校】

要旨

一宮高校地学部との協力で小学校3年生からSQM(スカイクオリティメーター)で夜空の明るさを計測している。広域での計測を始め、毎年SQMを使った新しいテーマに取り組んできた。今回は今までの計測をまとめて改めて考察した。

1. 方法

SQMを使って夜空の明るさを調べた。愛知県、岐阜県、滋賀県の約300ヶ所で計測した。1か所につき5回の計測し、そのうち中央値を採用する。人の生活する場所では、人の動きや車の流れ、また会社や工場、店舗等が動いているかどうかでも空の明るさに与える影響が変わってくる為、同じ場所でも計測時間によって数値に違いが出てしまう。そのような理由から、空の明るさは同じ計測時刻で比較する必要がある。ただ、全ての場所で同じ時刻に計測するのは難しい為、一宮高校地学部からお借りした一宮と安八の空の明るさのグラフを用いて経時変化を取り除く補正を行い、「この場所がこの時間にどのくらいの明るさだったか」を予測する。



図1:SQM-L

2. 結果

19:25の各地の空の明るさを地図上、航空写真上にプロットした。0.5等級毎に色分けし、特徴を調べる。一宮駅や岐阜駅の近くが最も明るく、16.00~16.49等級だった(図2の▲マーク)。反対に一番暗かったのは養老の山の中の20.50等級で、その中でも細い山道の途中でぽっかりと空が空いていた場所だった(図2の★マーク)。その他の部分は、色が濃いほど数値が高く夜空が暗いことを表している。数値と地図を照らし合わせてみると、人の多い平野部は明るく、山間部は暗い事がわかる。また、同じ場所でも計測時間が遅くなるほど数値は高くなり、空が暗くなる(主な計測時間は19:25~23:10)。

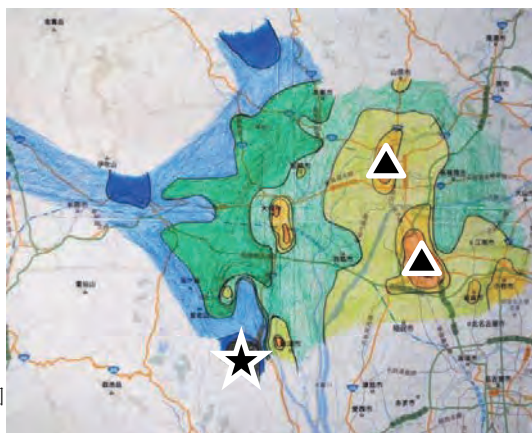


図2:等光線を引いた地図

3. 考察

この結果、考察からより多くの星を見る為には次の事に気を付ける必要がある。

- ・人口の多い都市から離れる
- ・街灯や建物の灯り等、光源から離れる
- ・日没後すぐにはではなく、できるだけ遅い時間に観測する

4. 今後の展望

研究を始めた当時は小さかった私も中学3年生になり行動範囲が広がった。当時、地学部や連携高の皆さんが自転車で測定に回っているのが印象に残っている。今後、更にいろいろなところで夜空の明るさを調べ、まだ調べていない地域を埋めていきたい。今までより大きな東海地方のマップを作りたい。

また、平野部と山間部での数値の違いは、人口や市街地からの距離などの他に、高度にも関係しているのではないかと疑問に思った。この点についても調べていきたい。

5. 今までの研究

今回で7回目のジュニアセッション参加となる。中3という区切りの年でもあるので、今までの研究を振り返り、今後に繋げていきたい。

- ・SQMによる夜空の明るさ調査 II ~より多くの星を見るには~ (2012年)
- ・SQMによる全天スキャン (2013年)
- ・SQMによる夕方のグラデーション測定 (2014年)
- ・SQMによる夕方のグラデーション測定 II (2015年)
- ・KISSプロジェクト密着レポート (2015年)
- ・SQM-Lを使った夜空の明るさ一斉測定 (2016年) 全国夜空の明るさ班 U-15
- ・SQMによる夕方のグラデーション測定 III (2016年)
- ・食変光星DS ANDの極小時刻を求めるとデジタルカメラ画像の測光から~ (2017年)

6. 謝辞

愛知県立一宮高等学校の高村裕三朗先生、出逢えて本当に良かったです。地学部の先輩方、星空公園の小野間史樹さん、木曽観測所の皆様、天文にかかわる皆さんの皆様、長い間いろいろなことを教えていただきました。助けてくださった皆様、応援してくださいました皆様、そして共に研究に励んだ仲間達にこの場をお借りして感謝申し上げます。

いつも本当にありがとうございます

暗い場所は周辺の夜空の明るさに影響するのか Vol.2

富田 理恩 (小6) 【愛知県一宮市立向山小学校】

要旨

木曾川の河川敷には、周辺の一宮市や岐南町に比べ街灯などの光害の原因となる光源が無い場所が広がっている。このような暗い場所が周辺の夜空の明るさに影響するのかを考察した。

1. 方法

愛知県と岐阜県の県境を流れる木曾川の河川敷は、街灯のない暗い場所が広い範囲にある。昨年はそういった暗い場所が周辺の夜空の明るさにどのような影響を与えるかフード付きSQMで観測し、多くの場所で調べた。図2を見ると、河川敷の幅の狭くバイパスの近くは数値が低く、夜空が明るい事がわかる。また、両側に川にはさまれた場所は数値が高く、暗い結果になった。この結果から、河川敷のような街灯が無い場所にはさまれる(囲まれる)と、その地域全体の数値が高くなる事が分かった。今回は別の河川敷を測定した。それぞれの測定地の特徴は表1の通りである。

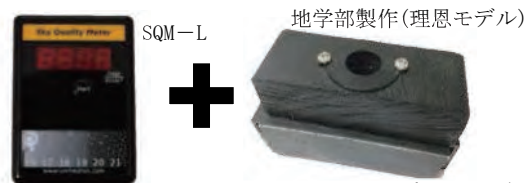


図1: SQMと専用フード

	川島付近(前回)	祖父江町付近
道路	東海北陸自動車道 名岐バイパス	新幹線
民家	普通	少なめ
商業施設	タワー	なし

表1: 測定地の比較

2. 考察

前回の川島付近での測定結果(図2)と今回の祖父江町付近での測定結果(図3)を比較した。今回は河川敷の幅が全体的に広いが、前回の川島付近の中洲の一部が畑や太陽光発電のある場所で人は全く暮らしておらず、その地域は河川敷にとすると、河川敷の幅にそれほどの違いは無くなる。とすれば、暗くなった原因は光源の少なさと都市部からの距離なのではないかと考えた。今回、夜空の明るさは色々な要因が重なっていると実感した。しかしそれらがどのように影響し合っているのかは分からない。この点をまだ詳しく調べる必要がある。



図2: 前回の測定結果



図3: 今回の測定結果

5. 今後の展望

今回調べた場所からどのくらい範囲を広げれば前回の場所くらいの明るさになるのか調べてみたい。

6. 謝辞

愛知県立一宮高等学校 高村裕三朗先生 夜空の明るさ班のみなさん 星空公団 小野間史樹さん
いつもありがとうございます

SQMフードの改良

花木 亮太, 深谷 拓生 (高2), 鹿島 悠矢, 河原林 そら, 山田 綾香 (高1) 【愛知県立一宮高等学校地学部】

1. はじめ

地学部では、「SQM (Sky Quality Meter)」を利用して夜空の明るさを測っている。SQMは、夜空の明るさを単位平方角あたりの等級で測定する機器である。SQMには持ち運びが可能なSQM-L、パソコンとLANが接続できるSQM-LE、USBで接続できるSQM-LUがある。しかし、SQMは人工光の影響を受けてしまい、正しい測定値を得ることができなかった。そこで、2015年度から、「SQMフード」の設計・製作を行った。ところが、実際に使用していくと様々な問題が見つかった。今回、以上の問題を解決と生産効率の向上を実現するため、新型フードを改良した。

2. SQM・フードの問題点

計測時にSQMが周辺から80°以下の周辺の人工光の影響を受けてしまうため、2015年に旧フードの製作を行った。しかしこのフードにも内面反射や必要以上に光をカットしてしまう問題点があったため、今回新型フードを製作した。

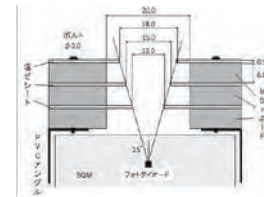


図1 新型フード設計図

3. SQMフードの設計・製作

内面反射の影響を減少させるために内部に絞り環を設置した。必要な光のみ測定するために、穴の内径を決める角度の始点を、SQMの表面からフォトダイオードの位置へと変更した(図1)。製作は、MDFボード・塩ビシートを67×30mmに各3枚、PVCアングルを67、27mmに各2個切り出し、切り出したMDFボード3枚に直径20mm、塩ビシート各1枚ずつに直径12,15,18mmの穴をあけた。MDFボードを黒色に塗装し、自作した治具を用いてMDFとシートを交互に、4本のボルトで固定した。最後にPVCアングルを取り付けた。



図2 新型フードをつけたSQM

4. 暗室実験 1

(1) 実験方法

(ア)暗室に光源とSQM-LEが同じ高さになるように1.5m離して設置した。

(イ)SQMを5°毎に動かして測定した。実験機器の関係上、SQMが180°動かせなかったため、はじめに光源に向かって90°に回した後、SQMの裏表を反転させ、反対に回すことで、SQMを180°回しての測定と変わらないようにしている。

(ウ)この作業をフード無し、旧フード、新型フードの3条件で、計7回測定し、それぞれの中央値をとった。

(2) 実験結果

図3より、-15~15°の結果は、新型フードの基準点の変更でフードの影響がないことが分かる。また、-30°、30°より深い角度で、測定値が明るくなったのは、材料のシートの光沢によるフード内部での内面反射や、暗幕が光源の光を反射したことによって、SQMがその光を拾ってしまったことが原因だと考えられる。

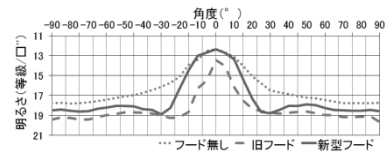


図3 暗室実験 1

5. 暗室実験 2・屋外実験

(1) 実験方法

実験1の結果を考慮した対策を実施し、再び暗室実験を行った。対策として、ツヤ消しスプレーを使用し、シートの光沢による反射を減少させた。また、光源に円錐型のフードを取り付け、暗室全体への光の拡散を抑制した。暗室実験は1回目と同様に行い、フード無し、旧フード、新型フード、新型フード(改良型)の4条件で計3回測定し、それぞれの平均値をとった。

また、通常の使用環境におけるフードの効果を検証するため、屋外で実験した。屋外実験は街灯から4mごとに距離を離し、暗室実験1と同じ4条件で計3回測定し、それぞれの平均値をとった。

(2) 実験結果

暗室実験の結果は図4、屋外実験の結果は図5である。暗室実験2においてはSQMフードの改良と、光源のフード装着により、内面反射は解消された。屋外実験においては、夜空のような面光源の場合、人工光の影響がなくてもフードなしと新型フードの間では、測定値の差異が認められるため、補正值の設定が必要である。

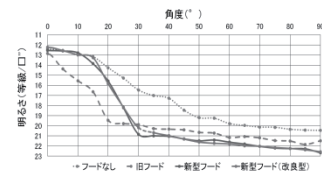


図4 暗室実験 2

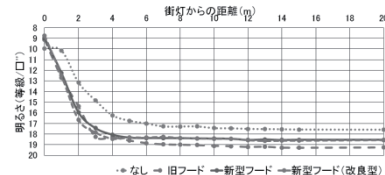


図5 屋外実験

6. 今後の展望

屋外実験を再度実施し、通常の使用環境下での性能の調査を継続したい。

7. 参考文献

- 1) 星空公団 「Sky Quality Meter の有効性」 <https://www.kodan.jp/?p=sqm>
- 2) 愛知県一宮市立向山小学校 富田理恩「SQMフードづくり」 2016年ジュニアセッション予稿集 30-31頁

夜空の明るさシミュレーション ～ドローンによる高度変化調査に向けて～

深谷 拓生 (高2)、山田 萌生 (高2) 【愛知県立一宮高等学校地学部】

1. はじめに

光害と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。私達は光害の影響についてSQM (図1) による実測調査とコンピュータによるシミュレーションの二方面から研究を行ってきた。

今年度は高度変化による夜空の明るさの変化に関する調査と、新たな要素を追加した新シミュレーションの作成を計画した。



図1 SQM-L

2. SQMとは

SQM (Sky Quality Meter) は、単素子のフォトダイオードと色補正フィルターを使用して、夜空の明るさを単位平方角あたりの等級で測定する機器である。

SQMには、持ち運びが可能な“SQM-L” (図1) や、パソコンとLANケーブルで接続できる“SQM-LE”、USBで接続することが出来る“SQM-LU”などの種類がある。我々は主に“SQM-L”を使用して、夜空の明るさの測定をしている。



図2 垂直変化と高度変化の様子

3. 高度変化調査(予定)

(1) 実施理由

今までも高度変化調査については、山道をSQM-LEを取り付けた車で走って測定し、そのデータから算出した標高補正式を利用していた。

しかし、この方法では、標高による垂直変化だけでなく、水平変化も発生してしまうため(図2)、必ずしも正しいデータであるとは言えなかった。そこで、今回ドローンを用いて測定することによって垂直変化のみを測定できると考えた。



図3 ラズベリーパイ

(2) 実施方法

SQM-LUとプログラミングしたラズベリーパイ(図3)をドローンに搭載する。ラズベリーパイは、SQM-LUが一定間隔の時間で測定し、結果を記録できるように、設定・プログラミングを行う。調査は、ドローンを100m程度、一定の速度で上昇させて測定して行う。

(3) 現状

SQM-LUに記録させるための、ラズベリーパイの設定・プログラミングが難航し、実測調査を行うには至っていない。ラズベリーパイの設定ができたとしても、ドローンの夜間飛行には航空局の許可が必要で、実験場所の確保が問題である。

4. 新シミュレーションの作成

前述の高度変化調査の結果から高度補正式を算出し、新しいシミュレーションを作成する。また、人口だけでなく新たに経済センサスのメッシュデータ(事業所数・従業員数)を光源の強さの要素に追加したいと考えている。理由としては、臨海部の夜空の明るさが周りに比べて急激に暗くなっていたため、それを補正するためだ。これは、光源の強さが人口に比例するものであるため、人口は少ないが、港や製鉄所といった工場がある臨海部のシミュレーション値がどうしても低くなってしまうためだと考えられる。

また、新シミュレーション式による、全国マップの作成も行っていきたいと考えている。

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

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

$$M_0 = 24 - 2.5 \times \log_0 L$$

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

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

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

図4 シミュレーション式

5. 今後の展望

まず、速やかにラズベリーパイの設定を完了させ、ドローンによる高度変化調査を実施する。また、そこから算出した新しい標高補正式を利用して、シミュレーションの高精度化を目指す。

6. 参考文献

国土地理院・地理院地図

独立行政法人統計センター地図で見る統計

7. 謝辞

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

天の川はなぜ見えるのか？

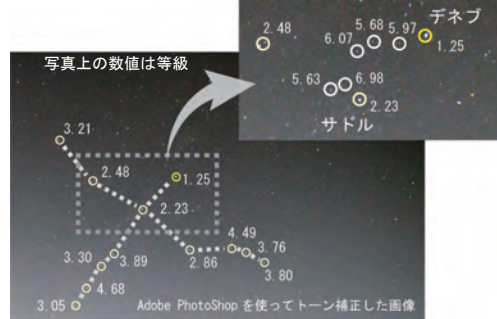
安達 暖大 (小6) 【奈良市立青和小学校】

要旨

天の川は一つ一つの星ではなく、大きな光のかたまりとしてとらえることで見えている

1. はじめに

天の川の星々は、そのほとんどが6等級以下の星である。肉眼で見ることができる星は6等級が限界だと言われているが、天の川は見える。そのことを疑問に感じ調べることにした。



【図1】自宅の近くで撮影された「はくちょう座」付近の星空

2. カメラを使った夜空の撮影 [図1]

「はくちょう座」付近の星空を撮影した写真の一部を拡大しその中に写っているいくつかの星の等級を調べてみた。この写真には明らかに6等級より暗い星が写っているが天の川は見られない。

3. カメラと人の目の仕組みの違い

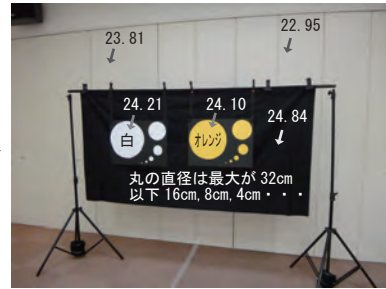
6等級の明るさの星までしか見ることができない人の目で天の川を見ることができる。しかし6等級より暗い星を写すことのできるカメラに天の川が写らない。そこで、カメラと人の目の仕組みの違いについて調べてみた。カメラは、レンズから光が入りイメージセンサーでその光を電気信号に変換し記録する。人の目は、明るい光にしか反応しないが色を識別できる錐体(すいたい)と、暗い光にも反応するが色を識別できない桿体(かんたい)によって、目に入ってきた光から網膜に結んだ物体の像の明暗や色をとらえている。明るい光にしか反応しない点からみると錐体=イメージセンサーとなり、天の川を見ることができるのは桿体の働きによるものと考えられる。

4. 明るい場所と暗い場所での見え方の違い

離れた場所からミザール・アルコルと同じ位置関係に見えるよう、まず黒画用紙に丸い銀色のシールを2枚貼って明るい場所で観察した。2つの点に見えた。次に針を使って2つの穴を開けたアルミ箔をトレース用フラットライトに貼り付け暗い場所で観察した。ライトの明るさが明るい時には2つの点に見えたがライトを暗くすると、点があることはわかるが2つの点に見えなくなった。そのまましばらく待つと徐々に見えるようになってきたがライトが明るい時ほどハッキリとは見えなかった。2つの点として見えるのは明所で機能し分解能が高い錐体の働きによるもの、2つの点として見えないのは暗所で機能し分解能が低い桿体の働きによるものと考えられる。暗さに慣れて視力が確保されることを暗順応といい、桿体の場合、その時間は光源を消してから30分である。

5. 真っ暗な部屋での実験 [図2]

部屋の壁際に黒い布を張り、その上に白色とオレンジ色の画用紙で作った大きさの違う丸い紙を貼り付け、それらの紙が見えるのかを確かめてみた。明かりを消し真っ暗な状態にして、2.25メートル離れた場所から30分間観察した。丸い紙がほぼ〇に見えた時点でその丸は見えたこととし記録した。その結果を[表1]にまとめた。オレンジ色より白色のほうが見やすかった。これは、桿体が600nm以上の波長に感度を持たないためであろう。32cmの丸は視直径で約8度となる。アンドロメダ銀河が16cmと8cmの間くらい、オリオン大星雲がちょうど4cmの丸と同じ大きさになる。アンドロメダ銀河やオリオン大星雲が大きさ的に見えるのであれば天の川は容易に見ることができるはず。暗い対象物であっても背景との明るさに差があり、大きさが視直径で1度程度以上であれば、暗順応した人の目は、その対象物を知覚できるという結果になった。



【図2】真っ暗な部屋で使った実験器具
写真上の数値はスカイ・クオリティ・メーター測定値

	32cm	16cm	8cm	4cm
白	○ 9分	○ 14分	○ 21分	○ 30分
オレンジ	○ 13分	×	×	×

【表1】実験の結果(○:見えた X:見えなかった)
表内の時間は見えるまでに要した時間

参考文献: Jim Schwiegerling 著 張吉夫訳「フィールドガイド 視覚と眼の光学」
オプトロニクス社

6. まとめ

人の目は、天の川を一つ一つの星としてとらえず、大きな光のかたまりとしてとらえることで見えているのだと分かった。また、暗さにしっかり目を慣らすことで、暗くて淡い天体まで見ることができることと、明かりが必要になったときに、赤い光のライトを使うことで、せつかく暗さに慣れた目の感度を損なうことがないことも分かった。今後の天体観測に活かしていきたい。

謝辞

科学普及支援団体「てんもんぶ」の皆様にご協力いただきました。実験のアイデアや方法は沖田博文さんの「趣味の天文」http://www.geocities.jp/okita_tenmon/index.htmlを参考にさせていただきました。この場をお借りしてお礼申し上げます。この研究はてんもんぶの樋谷則夫さんの指導のもとに行ったものです。

大型天体写真の処理プログラムの作成

鮑 振東（高1）、富澤 佑介（中2）【駿台学園中学・高校天文部】

要旨

プログラミング技術の習得を主目的として、天体画像の処理・解析のプログラムを作成した。作成に当たっては、1) なるべく基礎的な技術・アルゴリズムを用いてプログラムを構成する、2) 長大複雑なプログラムを避けるために、短いプログラムの積み重ねとして処理を構成する、3) 各段階の出力画像をそれぞれ確認しながら作業を進める、4) 大型の画像データにも利用できるようなプログラムとする、などに注意した。天体画像としては、木曾観測所シュミット望遠鏡の大型写真画像を利用した。発表では、画像から恒星や小銀河などの天体を検出し、その画像を個々に切り出すまでのプログラムを紹介する。

はじめに

天体画像などのいろいろな処理に関しては、既に「Makali`i」や「DS9」、あるいは市販のソフトなど多くのソフトが使用可能であるが、今回は基本的なプログラミング技術の学習を主目的として画像処理ソフトの自作を試みた。その際、特に要旨に述べたような点に注意しながら、段階的に作業を進めるようにした。

画像処理の色々な手法として、ノイズの除去、コントラスト処理など各種の処理があるが、今回は大型写真データの処理、天体の抽出、などに限って作業を進めた。

用いた画像データは、東京大学理学部天文学教育研究センター木曾観測所のシュミット望遠鏡の大型乾板を、A3判スキャナーでデジタル化したもので、現在部分的に公開されている。

またプログラミング言語としては、最も基本的である C言語を使用した。

データの状況

シュミット写真のデータは、およそ 6度 x 6度の天域を 30cm x 30cm の写真乾板に撮影したもので、スキャンは 2000dpi で行われた。データサイズは 16,600 x 14,500 ピクセル程度である。

図1. シュミット写真、
原版の一部



データの処理

今回は、次のような処理のプログラムをそれぞれ作成した：

- 1) 扱いやすいサンプルデータとするため、原版を縦横それぞれ4分の1に圧縮。
- 2) 各ピクセルの値のヒストグラムを作成。
- 3) ヒストグラムの最濃値を 0値として、反転したポジ画像を作成。
- 4) 画像のx軸方向を列、y軸方向を行として各行ごとにデータ処理を行い、行内の星像データを検出し、各星像のx開始位置、x終了位置、明るさの積算値をデータ出力する。
- 5) 上記データを y 方向に積算し、各星像のデータを出力。
- 6) 上記データから、特に明るい天体、広がった銀河のような天体など、特定の天体のデータを抽出するプログラムを作成。
- 7) 上記データと、3) の出力データを用いて、ポジ画像から各星像・銀河画像等を切り出す。

結果

処理の各段階の結果の例を図示する。

図2. 図1のポジ画像

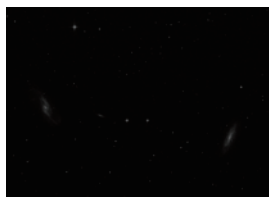


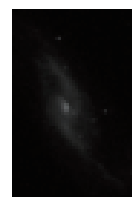
図3. 図2を強調したもの



図4. 恒星の画像



図5. 銀河の画像



天体画像アーカイブデータを活用した天体画像集の作成を目指して

内田 芽芳、川野 ひなた、福塚 詩陽、前川 瀬里菜、横谷 愛美李（高2）【和歌山信愛高等学校】

1. はじめに

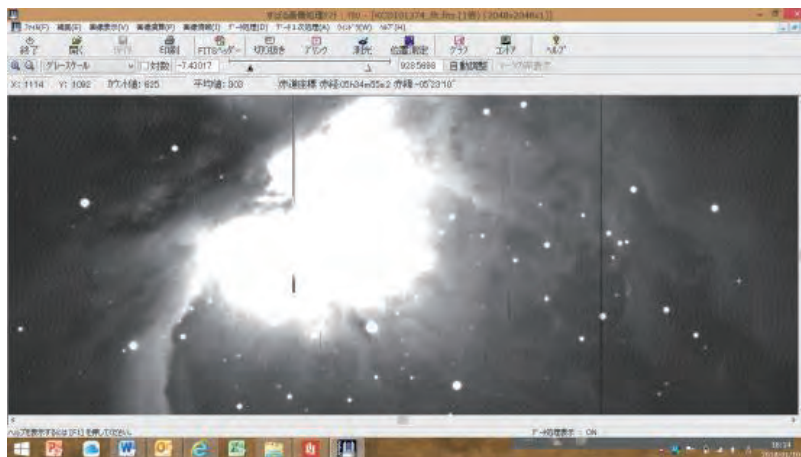
天体からの光の分析において、天体の様子を調べる方法として「色」を活用する方法を考える。本研究では星雲に注目する。発光している星雲は希薄で高温に熱せられており、高校化学で扱う「炎色反応」の考えを応用して、星雲内に共通して存在する元素を見分けることができる。しかし天体のカラー写真の多くはそれぞれを印象的に見せようと、色の情報を軽視することがある。そこで、同じ色は同じ元素の発光として示せるような天体画像集の作成を目指す。

2. データ

国立天文台天文データセンターの開発・運用の天体画像の研究者向けのアーカイブ・システムSMOKAは、研究・教育目的なら無償でデータを利用できる。画像の整約が容易で、星雲を深く撮像している東京大学木曾観測所 105 cm シュミットカメラ + 2K CCD カメラで得られた画像を、SMOKAを通じて入手する。

3. 画像整約の方法

国立天文台と（株）アストロアーツの共同開発により作成されたソフトウェアMakaliiを用いる。Biasの差し引き、Dome flatのデータからのflatの作成、作成したflatを用いたflat fielding、Sky差し引き、位置合わせと重ね合わせを行う。その後、星の色のカタログ値と照合して、画像のband間の明るさを調整して、色の表現を統一する。



Makaliiを用いた画像整約作業中のパソコンの画面

4. 結果

星雲の赤色が水素原子の発光（ $H\alpha$ 輝線）として、星雲の緑色が酸素原子の発光として、星雲が違っていても、共通の、同じ色で表現することができた。

5. 感想

星の原画をきれいにし、何枚も重ねて1つの画像を作成していくので、非常に大変な作業でした。しかし、「星」や「宇宙」について、様々なことを知ることができて面白かったです。特に、天体の様子を調べるには、色を見ればよく、その色とは高校で勉強する「炎色反応」の考えで説明することが出来ると分かり、驚きました。さらに、天体について詳しく調べてみたいと思いました。

6. 謝辞

科学技術振興機構JSTの「中高生科学研究実践活動推進プログラム」の研究テーマとして実施し、和歌山大学 教育学部 教授 富田晃彦先生に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。

昼間の流星を撮像できるか

—バンドパスフィルターを用いた高高度発光現象の観測—

吉武 晃生、稲留 直紀、大庭 美摩、後藤 啓太、鈴木 裕太、チャン 修太郎、羽鳥 ひさ乃、守屋 直希、(高2) 【成蹊高等学校 天文気象部】

1. はじめに

流星は、太陽光に隠されるために昼間に観測することができない。そこで、私たちはこれまで、太陽光の影響を抑えるために、窒素分子の発光のみを透過するバンドパスフィルターを高感度カメラに取り付け、流星の観測を試みてきた。その結果、三好ほか(2016)では、2015年12月14日から2016年1月2日にかけて19個の流星を観測し、そのうち3個は薄明時であった。

この結果を踏まえ、今回私たちは、撮影の条件を変えてより明るい時間帯での撮影を目指し、流星が薄明終了までの間でどの時間まで観測が可能か、ということ調べた。

2. 観測システム

成蹊高校で行われている東京学芸大学スプライト観測と同様のシステムを利用した。

機材：高感度カメラ (WATEC910HK)
 バンドパスフィルター (750nm±1nm)
 動体検知ソフト (UFO capture)
 GHS時計

今回の工夫は、

- ・蓄光をすることにより、フィルタをかけた状態でも明るく写るように設定。
- ・バンドパスフィルターの透過幅(半値幅)を三好ほか(2016)の1/10にした。
- ・カメラ位置を屋上のポールに固定した(図1)
- ・カメラの方向を明け方により暗い南西へ(三好ほか, 2016, は北天)(図1)。
- ・GHS時計を用いて、時刻記録をより精確にした。
- ・HRO(流星電波観測)との対応も調べた。



図1 観測システム

3. 結果

観測の結果、2017年10月23日から2018年1月11日の間に44夜観測を行い合計3個の流星を観測した。一番遅い時刻に撮影できたものが2017年11月17日4時30分に撮影できたもの(図2)で、この日の日の出の時刻は6時19分。よって今回の観測では日の出より109分前の流星を観測することができた。

4. 考察

これらの観測から、これまでのところ三好ほか(2016)によって2015年の12月14日の日の入りの66分後に撮影されたものが、最も空が明るい時間帯に撮影できたものである。

今回観測した流星はいずれもHROでは45秒以上電波が観測されていることから、現在の私たちの機材では、HROで観測できる45秒以上のロングエコーになる流星でないと撮像することが難しいと考えられる。

より空が明るい時間帯に撮影するためには、バンドパスフィルターをより狭帯域なものにすることや、カメラをより感度の高いものに変えることが挙げられる。

この観測は予稿集原稿作成中も継続していて、ポスターセッションでは2018年2月分までを合わせ発表する予定である。



図2 2017年11月17日4時30分 成蹊高校屋上で撮影された流星

引用文献 三好ほか, (2016), 第18回ジュニアセッション講演予稿集、150-151.

20cmプリズムによる天体のスペクトル観測

松本 倫太郎（高2）【茨城県立土浦第三高等学校】

1. はじめに

本校に写真のような70mm×70mm頂角25°のプリズムが有り、それを使って観測をしてきた。しかし、プリズムが小さく集光力が足らず、暗い天体を観測するのが難しかった。そこで、プリズムの口径を大きくして観測してみようと計画した。



2. 仮説

- ・口径が20cmと大きいので、その集光力で惑星状星雲のスペクトルを鮮明に写すことが出来る。
- ・惑星状星雲は中心星がガスを放出して形成されたので、放出してからの時間が長いほど最も軽い元素である水素の輝線が拡散するので写りにくくなる。

3. 機材および観測方法

(1) プリズム

- ・口径200mm頂角5°
- ・材質BK7
- ・日高光学製
- ・写真の様に厚く重い



(2) プリズム固定リング

- 鏡筒固定用: 写真3 左
- プリズム固定用: 同右
- 固定ボルト: 写真4



(3) 撮影システム

- リッチークレチアン望遠鏡
- 口径200mm
- 焦点距離1,600mm F8
- 鏡筒: カーボン
- 重量: 6.5kg
- 赤道儀: タカハシEM 200
- ファインダー: 77mm屈折

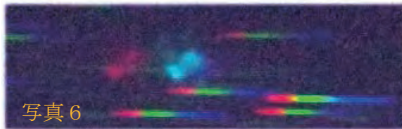


(4) 撮影手順

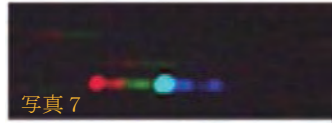
- プリズムに月などの明るい天体を導入する
- 60mm屈折望遠鏡にその天体を導入する
- 望遠鏡のファインダーを天体に合わせる
- 目標の天体をファインダーを見ながら導入する
- 望遠鏡とプリズムに天体が導入できたことを確認する
- 天体の明るさに応じて露光時間を調節して撮影する

4. 観測結果

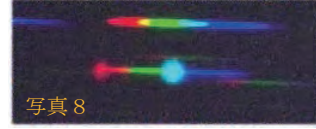
a. 小アレクシ星雲



b. 青い雪だるま



c. エスキモー星雲



d. M57 (環状星雲)



e. M27 (アレクシ星雲)



5. 考察

- ・水素などの輝線が精細に写すことが出来る
- ・惑星状星雲は輝線で光っているのが確認できた
- ・小さく輝度が明るい星雲=ガス放出からあまり時間経過していないので輝線がよく写る
- ・ガス放出後の時間: M27/小アレクシ星雲>M57>青い雪だるま. エスキモー星雲

6. 今後の課題

- ・波長毎の光度をグラフ化したい
- ・もっと暗い惑星状星雲も撮影したい
- ・プリズムの設置を最適化して、より鮮明な画像を得る

7. 謝辞

茨城大学理学部野澤准教授には20cmプリズムを提供して頂きました。日高光学の日高輝久社長には、破格の値段で研磨して頂きました。この場を借りて感謝申し上げます。

光ファイバー式分光器で観測した天体の輝線吸収線の波長同定

越智 亮耶 (高2)、萩原 帆貴 (高1) 【埼玉県立豊岡高等学校天文部】

私たちは光ファイバーを用いた分光器を自作しました。そして今回、この分光器の性能のテストも兼ねて試験的に天体の分光観測をしました。

【観測方法】

まず、この光ファイバーを用いた分光器の利点について説明します。1つ目は、大抵の分光器だと分光するために観測するものと比較光源の2枚写真を撮らなければなりません。ですが、この分光器はファイバーを用いることにより、観測するものと、比較光源を一枚にまとめることができ、同時に撮ることができます。(図1) このことにより、手間を減らすことができます。2つ目は、大抵の分光器の場合、望遠鏡に直接、回路格子と撮影用カメラを取り付けなければなりません。ですが、ファイバーを用いることにより、望遠鏡に直接取り付ける必要がなくなりました。このことにより、望遠鏡に負荷をかけることをなくすることができます。(図3)

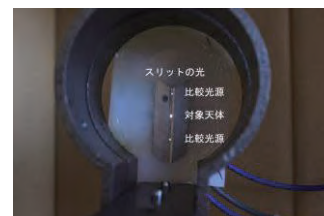


図1 スリット

この2つがこの分光器の利点です。今回分光観測したものは、白鳥座 χ 、デネブ、ベガ、オリオン大星雲、ミラ、ベテルギウス、アルデバランの計7つです。それらの天体を観測し解析した結果、輝線と吸収線のデータが得られました。観測したデータの内線スペクトルの波長を同定できたものとできなかったものがありました。

私たちはその原因をカメラの性質であると仮定し白熱灯を用いて検証しました。その方法として、白熱灯の分光をします。そして、画像処理ソフトマカリのグラフを用いると本来ならば、なめらかな曲線を描くはずなのに、分光した結果少しだけ凸凹していた場所がありました。なぜそうなったかと言うと、デジタルカメラで撮影した時にRGBの3色を用いて色を出します。スペクトルでは黄色の次に赤色なのですが、黄色の場合RGBの全ての色が入っています、しかし赤色の場合Rしか含まれません。この時GBが急激に減ったために、そのような場所が輝線や吸収線のようにみえてしまい、元素起源のものとは同定できなかったのだと考えられます。

【結果】

・輝線

オリオン大星雲：H γ 434nm H β 488nm OIII 495nm OIII 500nm ? 546nm He 587nm H α 656nm
 白鳥座 χ ：? 430nm He 541nm
 ミラ：H γ 434nm H β 486nm ? 508nm ? 534nm CIII 569nm
 アルデバラン：He 438nm CIV 444nm NV 462nm OIII 495nm ? 530nm CIV 580nm
 ベテルギウス：He 471nm He 492nm ? 512nm ? 534nm ? 579nm

・吸収線

デネブ：H γ 434nm H β 486nm
 ベガ：H γ 434nm H β 486nm

【考察・今後の課題】

今回7つの天体を分光観測しました。これらの輝線や吸収線を多数同定できたのですが、その中にはカメラの性質で同定できなかったものとは別に同定できていないものもありました。今後の分光には、同定できないものは何か調べたいと思います。

分光器の性能の確認も兼ねた結果は、恒星のHeやH γ やH β やガス雲のH α 、H β 、H γ 、OIII、Heなどが観測できることがわかりました。この結果から、この分光器は十分に性能を発揮できるのだと思いました。

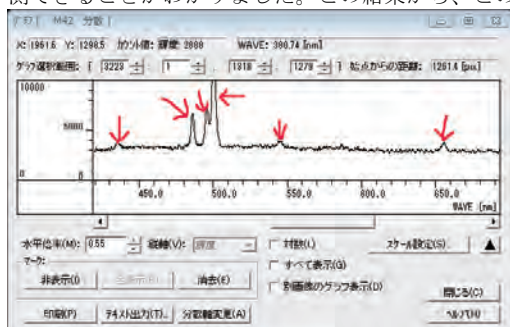


図2 オリオン大星雲の分光データ



図3 装置全体の様子

【参考資料】

- ・自作ファイバー分光器の制作と観測システムの構築, 畠詩織, 第18回日本天文学会ジュニアセッション, 予稿集講演 No35
- ・平成27年理科年表 国立天文台編 P445~P447
- ・http://d.hatena.ne.jp/yoshiyuki_kitne/20070717 輝線の波長とか。-天文学的研究メモ

干渉計型電波望遠鏡製作にむけた2軸位置決め機構の研究開発

小出 蓮、奥村 晃太、笠原 代伍、市ノ瀬 英治、牛丸 裕也（高3）、
 西野 諒太、岩村 勇弥、瀬戸 由乃、阿部 早哉香、加藤 丈皓、牧田 敏明（高2）
【長野県駒ヶ根工業高等学校 サイエンス同好会】

要 旨

2012年より野辺山太陽電波観測所のご協力をいただき、2013年度に、電波望遠鏡の製作、2014年度に自動観測の運用実験を行った。製作した電波望遠鏡を用いて、太陽電波の観測、データの解析作業などを行ってきたが、この望遠鏡も設置から5年が経ちシステム各所で故障が発生するなど安定的な観測ができなくなっている。そこで干渉計型電波望遠鏡の設置に向けた研究開発を行っている。本年度は高精度な観測を実現するため開発を行っている干渉計型電波望遠鏡で、精度がよく風雨などの外的な衝撃等にも強い駆動機構の研究を行った。

1. はじめに

これまで、本校に設置した電波望遠鏡を用いて太陽電波観測を行ってきた。また、高精度な観測を実現するために調整を重ねてきた。本研究では、2017年9月に発生した太陽フレア観測と、駆動システムの調整の研究を行った。

2. 2017年の観測について

2017年9月6日にX2.2レベルX9.3レベルの大規模な太陽フレアの前兆が見られた。しかし、太陽フレアが発生した時間の太陽は日本とは反対側にあつたので日本で検出可能な電波変動ではなかった。私たちは、フレアによる電波変動の観測をおこなっていた野辺山観測所の干渉計と偏波計の9月8日2時頃(UT)に発生した前兆フレアによる電波変動のデータ(図1)、(図2)を解析し本校設置の電波望遠鏡の同時刻の4GHz帯の電波変動の観測データ(図3)と照らし合わせた。野辺山観測所の干渉計と偏波計の高い周波数帯では顕著な電波変動が確認できたが、低い周波数帯では電波変動は確認できなかった。本校設置の電波望遠鏡でもノイズなどで埋もれていることが、顕著な電波変動を検出することはできなかった。これらのグラフから、今回は低い周波数帯では電波変動による値の変化を検出することが難しいフレアであつたことが分かった。

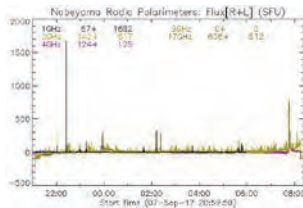


図1

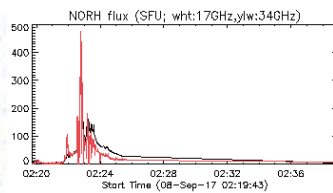


図2

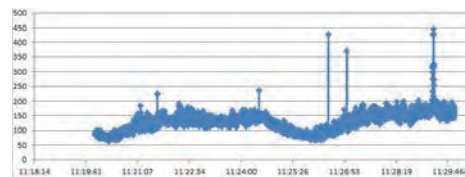


図3

3. 本年度の研究

本年度の研究では、ローテータ駆動から5相ステッピングモーターとウォームギアを用いた駆動に変更を行った。



- ・5相ステッピングモーターについて
 5つの相があるステッピングモーターである。これにより、正確な位置決め運転を簡単に実現でき、パルス信号によって回転角度、回転速度も正確に制御できるようになる。

<ステッピングモーター(左)とウォームギア(右)>

- ・ウォームギアについて

ウォーム軸というねじ状の歯車のついた軸にウォームギアという斜歯歯車を組み合わせた機構で、バックラッシュが起きにくいので、ガタが少なくなりアンテナ追尾時の振動がなくなるので、精度の高い観測ができるようになる。軸には焼き付けを行い頑丈にし、ギアは柔らかい素材である真鍮で作り、壊れにくい設計とした。

4. 干渉計型電波望遠鏡について

干渉型電波望遠鏡として運用するためには複数の電波望遠鏡を同時に、正確に駆動を制御する必要がある。現在開発を進めている新たなアンテナは干渉型電波望遠鏡としての運用も可能とするため、上記の5相ステッピングモーターとウォームギアの構成とすることで複数台の電波望遠鏡を同じパルスで制御することにより、同時に同一方向の制御が実現できる。

5. 謝辞

今回、国立天文台野辺山宇宙電波観測所の篠原さんをはじめ、研究員の皆様、株式会社赤阪鐵工所様、株式会社ヤマウラ様、株式会社ヨウホク様、株式会社宮脇製作所様には、ご助力いただきました。本当に有難う御座いました。

6. 引用

国立天文台野辺山観測所 偏波計、干渉計観測データ

望遠鏡の今と昔の比較

高橋 蓮、小川 康太、荒井 梨沙、矢島 遥、河村 汐織、中山 綾乃、土田 真由香、清水 麻椰、増田 拓馬
(高1)【星野高校 天文部】

1. はじめに

私たちは、昔の人がどのような望遠鏡を製作して精度の高い観測をしていたのか、自分たちで実際にガリレオ式望遠鏡・ケプラー式望遠鏡を再現・製作して現代の望遠鏡と月の見え方を比較してみた。

2. 材料(単位: mm)

<ガリレオ式>

- ・接眼レンズ 平凹レンズ (φ10/焦点距離-30): (株)杉籐
- ・対物レンズ 片凸レンズ (φ90/焦点距離425): (株)アイガー・ツール
- ・筒 内径φ100 外径φ106 長さ395
- ・発泡スチロール
- ・イベントカラー 170ml 黒
- ・工作用速乾クリア(発泡スチロール用ボンド)20ml: (株)セグイン

- ・B4 厚紙 黒色: (株)大創産業
- ・ビニールテープ 幅19 黒: (株)キックス

<ケプラー式>

- ・接眼レンズ 平凸レンズ (φ5/焦点距離20): (株)アズワン
- ・対物レンズ 片凸レンズ (φ90/焦点距離425): (株)アイガー・ツール
- ・筒(大) 内径φ100 外径φ106 長さ445
- ・発泡スチロール
- ・イベントカラー 170ml 黒
- ・工作用速乾クリア(発泡スチロール用ボンド)20ml: (株)セグイン
- ・ビニールテープ 幅19 黒: (株)キックス

- ・筒 内径φ50 外径φ56
- ・B4 厚紙 黒色: (株)大創産業

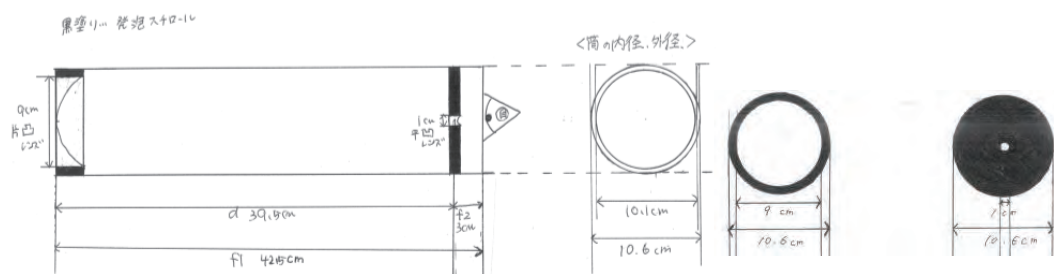
3. 予想

現代の望遠鏡と昔の望遠鏡とでは、明確に見える度合いが材料や技術の高度化により、現代のほうが優れる。しかし、製作した昔の望遠鏡は材料が安価でもしっかり見ることが出来ると予想する。

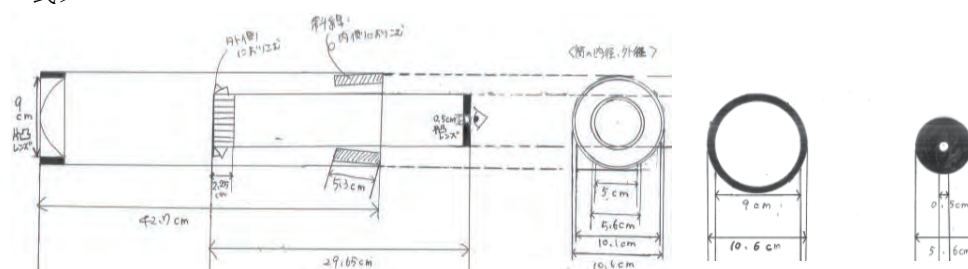
4. 実験

1 設計(設計図) 両方 1/3 縮小

<ガリレオ式>



<ケプラー式>



2 観察・結果

製作した二つの望遠鏡と現代の望遠鏡で月を観測し、比較した。(場所: 星野高校屋上、観測日: 平成30年1月30日午後6時8分開始、天気: 晴れ、気温: 8度)

現代の望遠鏡(Custom-80M: Vixen): 月のクレーターによる明暗をはっきり見ることができた。
ガリレオ式: 月の輪郭をはっきり見ることができたが、クレーターまでしっかりと見ることができなかった。
ケプラー式: 上記の二つの望遠鏡と比べると月の輪郭がぼやけて、明るさだけしか確認することができなかった。

5. 考察

予想通り、現代の望遠鏡の方がよく見えた。しかし、本来ガリレオ式より良く見えるはずのケプラー式が劣った理由としては、レンズが小さすぎたことや使用しているうちにレンズが傷ついてしまったことの2点が考えられる。今回の反省点を生かし、次回機会があったらより良いものを製作したい。

コンパクト空気望遠鏡の製作

葛西 海都 (高2)、野崎 武斗 (高1) 【茨城県立土浦第三高等学校】

1 背景

本校科学部では、写真1の長焦点レンズを使った太陽観測装置の製作を進めてきた。これらのレンズを使って望遠鏡を作りたいと考えた。しかし、空気望遠鏡とは、本来10mと大きくそのままでは長大になるので、光路をZ型に折り返すことによって、コンパクト化しようと考えた。

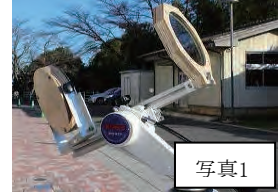


写真1

2 製作目的

- ・長焦点レンズを使った望遠鏡はどのような利点があるのか確認する。
- ・300年前の観測方法の体験



写真2

3 製作

(1) 光学系

対物レンズ：口径100mm・焦点距離9.5m 材質：ソーダ(青板)ガラス：写真2

接眼レンズ：焦点距離23cm凸レンズ

平面鏡：口径120mm 材質：ソーダガラス 写真3

この望遠鏡の倍率は41倍である。

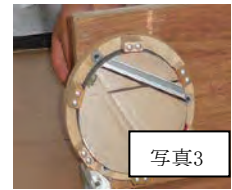


写真3

(2) 鏡筒 写真4、5

メインフレーム：30mm幅3mm厚Lアルミアングル。

4本対物レンズおよび2次平面鏡支持プレート

接眼部および1次平面鏡支持プレート

中心遮光板：21mm合板

中間遮光板：12mm合板

補強アングル：10mm幅1mm厚Lアルミアングル



写真4

(3) 接眼部分 写真6

誰でも視野全体が見渡せるよう、見渡せる位置に目が来るように筒をつけた。これによって、レンズを覗くだけで誰にでも調節無しで天体観測をすることができる。

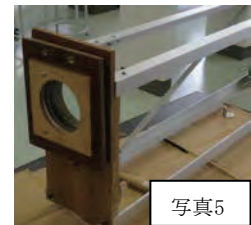


写真5

4 仮説

- ・長焦点レンズを使った太陽観測装置でも全く色収差を感じなかったので、色収差はほとんどないのではないかと。
- ・全長3m強とコンパクトなので軽量になり、扱いやすい望遠鏡になるのではないかと。

5 結果

- ・レンズの焦点距離に対して1/3の長さのコンパクトな空気望遠鏡が完成した。それでも大きいのでインパクトがある。写真7
- ・架台の高さが不足しているため、仰角45°より上に望遠鏡を向けると接眼部が低くなりすぎて観測ができない。
- ・見え味は写真8のとおりで、小口径のアクロマート屈折望遠鏡より明るくシャープな見え味で色収差を全く感じない。
- ・対物レンズは長焦点なので視野に入れば視力によらず誰でもピントが合う。よって、接眼レンズは調節が不要なため固定でよい。



写真6



写真7

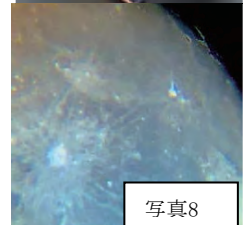


写真8

6 今後の課題

- ・平面鏡が傷だらけなので再研磨したい。
- ・接眼レンズのカビを落とす。
- ・昇降式架台の製作。
- ・この空気望遠鏡を使った一般向けの天体観測会の実施。

自作のレンズ式投影機とピンホール式投影機 プラネタリウム投影するにはどちらが優れているか？

蒲 大輝、三貝 龍輝、増野 克哉、菊地 真衣、城土 佳奈、阿部 正甫、田中 ひとみ、佐野 翠(高2)
久佐賀 麻友、宇井 真大(高1)、片嶋 拓斗、越淵 絢聖(中3)、山中 将治、井上 修、元田 海、武重 翔竜(中2)、松崎 陽、徐 嘉揚(中1)【九段中等教育学校 天文部】

要旨 自作のレンズ式プラネタリウム投影機と、五藤光学研究所のピンホール式プラネタリウム投影機の2台を用いて「星像」と「周辺の明暗」の差を計測し、比較検討してどちらが優れているかを調べた。

1. 動機

私達は昨年度までの文化祭において、自作のピンホール式投影機によるプラネタリウムの投影を行っていたが、今年度は部員の発案により自作のレンズ式投影機を用いた。その結果、従来の展示よりも星空が綺麗だという声が多かった。そこで、自作のレンズ式とピンホール式を比べ、本当に自作のレンズ式が優れているのか検証を行うことにした。なお、過去に製作したピンホール式は使用不可能だったため、代わりに天文部にある市販のピンホール式を用いた。

2. 比較方法

「優れているか」は“星像と周辺の明暗の差が大きいもの”という定義から検証した。

3. 実験方法

使用機材：SQM:sky quality meter(国際光器社)/ピンホール式投影機(五藤光学研究所)/レンズ式投影機(自作)/エアドーム:直径4.33m(自作)/PENTAX KP(焦点距離18mm)^{*1}/Makali'i^{*2}

*1 撮影設定 F/3.5、露出時間 15 秒、ISO800

*2 Makali'i(マカリ)とは FITS 形式の画像を解析するソフトである。

実験 1：ドーム内の明るさの比較

エアドーム内で2つの投影機をそれぞれ投影し、SQMで同じ星空の範囲の明るさを計測した。比較のため、無点灯時の明るさも測定した。

実験 2：星の明るさの比較

2-1 エアドーム内で2つの投影機をそれぞれ投影し、北極星を中心にカメラで撮影した。

2-2 撮影した画像からマカリで北極星の明るさを計測したのをエクセルでグラフ化した。

4. 結果

実験 1：エアドームで同じ位置に投影した星座に向け、スクリーンから約190cmの距離で明るさを計測した結果(10回の平均値)は以下の通りである。

無点灯時：21.77±0.36 [mag/平方秒角]

ピンホール式：21.21±0.02 [mag/平方秒角]

レンズ式：19.86±0.05 [mag/平方秒角]

実験 2：2-1 測定した北極星の画像は図1のように、図中の直線の位置で明るさを計測した。



図1 星像(左からピンホール式、レンズ式)

2-2 測定したデータのグラフは図2の通り。

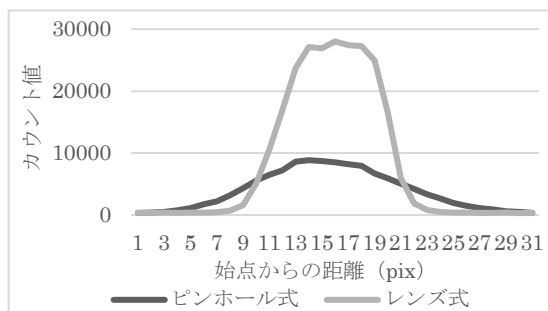


図2 星像の明るさのグラフ

星のピークと背景のカウント値の差は以下の通りとなった。

ピンホール式：8849-137=8712

レンズ式：28011-299=27712

5. 考察

実験 1 より、レンズ式の方がドーム内が明るいことが分かった。その主な原因は原板の遮光性が低かったことが考えられる。光源点灯時にユニット内を覗くと、LEDライトの形が透けて見えた。一方、ピンホール式の遮光性は十分であったと言える。これが両者の背景の暗さの違いであると考えられる。また実験 2 より、星のピークと背景のカウント値の差が、ピンホール式よりもレンズ式の方が大きかった。このことからコントラストが高いのはレンズ式だということが分かる。

結論として、ピンホール式とレンズ式を比べた時、レンズ式の方が優れているといえる。しかし、未だ遮光性の面で課題はあるので、自作のレンズ式の結果を受け私達は材料を改良して新しい原版を作った。

ジュース缶サイズ模擬人工衛星「缶サット」の着陸時の姿勢の解析

洞口 翼（高1）、石関 康汰（高3）【東京工業大学附属科学技術高等学校科学部】

1. 目的

缶サットとは、電装・カメラ・センサ等を搭載したジュース缶サイズの模擬人工衛星であり、滞空中に自律でミッションを遂行する。缶サット甲子園2017にてドローンによる投下試験を行った自作缶サット「ゴーストランタン」の、着陸時の姿勢の変化を搭載センサのデータにより読み解く。

2. 仕様と構造



図1 内部構造図

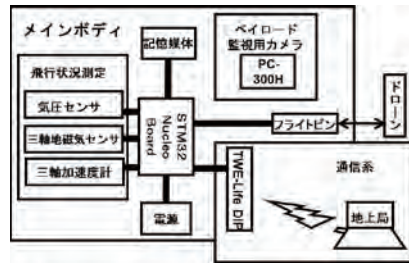


図2 システム構造図

表1 搭載センサ類の仕様

搭載機器名	型番	計測内容
気圧センサ	LPS25H	高度
三軸加速度センサ	M3AXIS-ADXL345	離床、着陸、放出検知
三軸地磁気センサ	HMC5883L	展開検知
ベイロード監視用カメラ	PC-300H	ベイロードの撮影

缶サット「ゴーストランタン」の構造は、図1の通り、上部にパラシュート、中央には図2のセンサ類とそれを動かすための電池や小型カメラが搭載され、下部には展開式の実験室のためのミッション機器が配置され、電装への衝撃の吸収も担っている。搭載センサは、気圧・地磁気・加速度の三つで、計測内容は表1の通りであり、これらのデータは滞空中から地上へ送信されている。

飛行試験を行った2017年7月23日は、小雨が降り風速も6.2m/sと強めだったが、ドローンによる投下を行い、安定して飛行し、想定内の破損で着地したことを確認した。また、搭載した気圧・加速度・地磁気の3つのセンサデータと内部搭載カメラはすべて正常に動作していた。

3. センサデータによる解析

紙面の都合によりグラフや写真はポスターにのみ記載する。気圧センサより、缶サットが空中に放出されたときの高度は57.1mであり、着地（0m）まで14.0秒間滞空した。降下速度は4.1m/sであり、その飛行状況をまとめると図3の通りとなる。

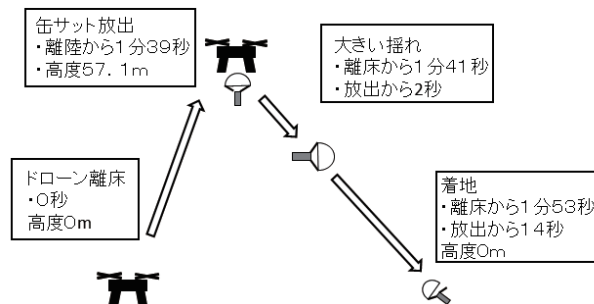


図3 センサデータに基づく缶サットの状況

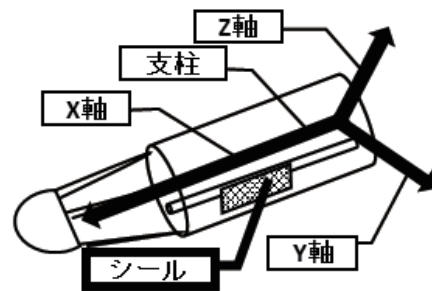


図4 静止後の缶サットの様子

図4は、静止後の缶サットの姿勢を写真から図解したものである。図の左側が缶サット上部で、缶サットの機軸に沿う方向が加速度センサのX軸、側面の長方形のシールの位置がY軸の正の方向、シールを機軸縦方向正面に見て右側がZ軸の正の方向にあたる。三軸加速度センサのデータには、降下時にY軸の負の方向に1Gの重力が働いておりY軸方向に他の2軸よりも大きい衝撃が加わった瞬間に着地、その後最終的にZ軸の負の方向が1G（重力方向）となり静止したことが記録された。これより、缶サットは降下中に大きく風に流されて機軸が横に寝た状態で飛行し、Y軸正方向が上向きになるように横倒しの状態で着地、その後Z軸が上向きになる方向に缶サット上部から見て約90°右回転して静止したと判断できる。これは、外部と内部それぞれの搭載カメラ及び図4の静止後の姿勢と合致した。

静止軌道、デブリを探して九千里 II ～静止軌道近傍デブリの撮影～

溝口 瑛斗、杉本 晋一郎（高2）、田中 夢人、片峰 壮章、藤嶋 魁司（高1）
【福岡工業大学附属城東高等学校 科学部】

概要

高度 36,000km の静止軌道上には、気象衛星や通信衛星など、様々な人工衛星が配置されている。この人工衛星に危害を加える可能性がある静止軌道近傍デブリのことが気になり、それを観測する方法について研究した。前回までに私たちは小口径望遠鏡を用いて固定撮影法で比較的大型のデブリを撮影することに成功した。しかしより小型のデブリを検出するためには大型の望遠鏡が必要であることがわかったので、岡山県美星天文台の 101cm 反射望遠鏡の公募観測に応募し、大型望遠鏡を用いた静止軌道近傍デブリの検出を試みた。

1. 目的

公開天文台の大口径望遠鏡で静止軌道近傍のスペースデブリを撮影し、高高度デブリの撮影方法を探る。

2. 使用した機材

望遠鏡；美星天文台 101cm 望遠鏡（合成焦点距離 606cm）、冷却 CCD カメラ；SBIG 社 STL1001E、画像処理ソフト；ステライメージ7（アストロアーツ社）、マカリ（国立天文台）、人工衛星表示ソフト；ヘブンサット Ver2.4（アストロラボ社）

3. 観測対象

タイタン 3 C トランステージ（国際識別番号：1968-081E）デブリ
1968年に静止軌道に4つの衛星を運んだタイタンロケットの3段目。1992年に静止軌道上で爆発して多数のデブリとなり静止衛星への衝突被害が危惧されている。

4. 実験手順

- ・ NORAD のウェブサイトからタイタン 3 C デブリの軌道要素を取得し一定時間ごとの赤経・赤緯を計算して恒星時駆動撮影を行う。
- ・ 写らない場合は導入後に架台の電源を切って固定撮影を行う。

5. 結果

- (1)小口径望遠鏡でも撮影可能な大型デブリ
NORAD 番号#3432 は露出 10 秒間の恒星時駆動撮影で撮像した。マカリで光度を計測すると 11.0 等であった。
- (2)小口径望遠鏡では撮影できなかった複数の小型デブリも恒星時駆動のまま効率的に撮影することができた(図1)。#38690 の光度は 16.5 等であった。しかし#33513 と#38702 の2つは写らなかった。
- (3)恒星時駆動中に写らなかった2つのデブリも架台を停止すると撮影することができた。

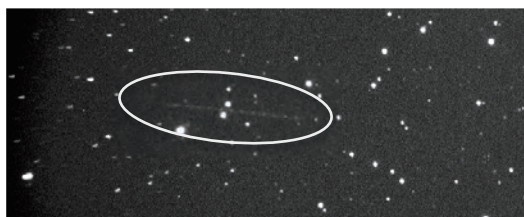


図1 NORAD 番号 38690
2016年12月18日00時25分10秒~20秒（露出10秒）岡山県美星天文台 101cm 反射望遠鏡フォーカス赤道儀恒星時追尾 f=606cm、STL1001E 冷却 CCD カメラ、0.1度×0.04度をトリミング

6. まとめと今後の展開

静止軌道近傍のデブリは遠方にあるため非常に暗いが、地表に対する相対速度が小さいので、NORAD とほぼ同口径の 101cm 望遠鏡ならば検出できることがわかった。しかし視野角が狭いことが未知のデブリを見つける上では課題となると思われる。今後は未知のデブリ軌道を予測して重点的に撮影することで新たなデブリを発見する可能性を探りたい。

火星長期滞在に向けた微生物利用技術の提案

第16回 君が作る宇宙ミッション VEGA班

大豆生田 駿(高3)【栃木県立佐野高等学校】、今井 沙耶(高2)【青森県立弘前南高等学校】、
澤井 優毅(高3)【慶應義塾志木高等学校】、原野 新渚(高2)【Zion Christian Academy International】、
北村 光(高2)【香川県立高松高等学校】、渡辺 凜(高2)【創価高等学校】

Key words : Cyanobacteria, The Sabatier Reaction, Methane Engine

1. 背景

火星での長期滞在には、水やエネルギーの確保が重要である。しかしながら火星は地球から遠くはなれているため、地球からの物資に頼ることはできない。従って、地球からの支援なく長期滞在を行うためには、火星資源の有効利用が必須である。火星環境の特徴として、大気中のCO₂濃度が高い点が挙げられる。この豊富なCO₂からエネルギー資源を作り出すことができれば、火星長期滞在のエネルギー問題を克服することが期待できる。そこで本研究では、火星大気中に含まれるCO₂から微生物を利用して、人間の生命維持活動に必要な不可欠な酸素や水及びエネルギー資源となるメタンガスを生成する手法の実現性に関する検証を行った。

2. 理論

CO₂ ガスは、523K、0.1~1MPa下にて水素ガスと反応し、メタンガス及び水を生成する(サバチエ反応)。



また、この反応により生成した水を電気分解することにより酸素を得る事ができる。



この反応の副生成物として生じる水素ガスは、サバチエ反応にも有効利用できる。従って、これらの反応を利用することによって、メタンガスや水素の安定供給が期待される。しかし、火星上でこの反応を生じさせるためには、(1)の反応にて水素ガスを最初に供給する必要がある。そこで、この水素ガスを生成するために、シアノバクテリアやメタン菌といった微生物の光合成を利用する。これら微生物は火星大気に触れることにより、次の反応を生じる。



3. 実現方法

2.で述べた理論の火星上での実証に向けて、(a) 微生物の運搬方法 (b) サバチエ反応に必要な熱量の供給方法 (c) 水の電気分解に必要な電力の供給方法について検証を行った。

(a) 微生物の運搬方法

シアノバクテリアやメタン菌といった微生物は、火星の紫外線環境に耐えることが知られている。従って、地球上と同様に、培養液保存による運搬が可能である。

(b) サバチエ反応に必要な熱量の供給方法

サバチエ反応を生じさせるためには、523Kにまで昇温する必要がある。一方プルトニウム238を用いた原子力電池では773K程度にまで昇温する事が可能とされている。従って、この原子力電池を用いることにより、サバチエ反応に必要な熱量を供給する事が可能と考えられる。また、プルトニウムの半減期は87.7年であることから、長期での運用が可能である。

(c) 水の電気分解に必要な電力

水の電気分解に必要な電力は125Wとされている。一方プルトニウム238を用いた原子力電池の出力は540W/kgである。これらより、プルトニウム238を用いた原子力電池を用いることによって、長期間にわたる水の電気分解が十分に可能であると考えられる。

4. 展望

水素やメタンガスは推進剤としても用いる事ができ、宇宙機の燃料補給の中継地点としての火星利用が期待できる。

5. まとめ

火星上でのライフラインの供給方法として、微生物及び原子力電池を用いて、水や酸素、メタンガスを生成する手法を提案した。

6. 参考文献

- 増川一「水素発生」、『低温科学』2009年3月31日(Vol.67、4章 分光測定 6)、561~565頁。
- 「キュリオシティの電源と熱制御」(<http://spacenuclear.jp/spacecrafts/msl3.html>、閲覧日：2018年1月17日)。
- 阿部勲夫「水電解法による水素製造とそのコスト」『水素エネルギーシステム』2008年(Vol.33、No.1)、19~26頁。
- 坂口裕之『IHI技報』2017年(Vol.57、No.3)、26~29頁。
- Space & Nuclear 「原子力電池の概要」<http://spacenuclear.jp/nuclear/rtg0.html> 閲覧日2018年1月26日

エネルギーのバトンタッチ イオの発電システムによる長期探査の実現

きみっしょん ALTAIR班

倉石 恵邦 (高2) 【信濃むつみ高等学校】、高間 大輝 (高1) 【神奈川県立小田原高等学校】
栗野 夏希 (高3) 【静岡県立藤枝西高等学校】、大槻 真優 (高2) 【東京都立国際高等学校】
仲條 智陽 (高2) 【埼玉県立浦和高等学校】、林 美吹 (高3) 【愛知県立瑞陵高等学校】

要旨

現在、木星付近の天体は太陽エネルギーの利用が難しいため長期探査が困難である。そこで、エネルギー不足を補うためにガソリンスタンドのような補給地点を造る宇宙ミッションを考案した。イオで温度差発電を行い、その電力をマイクロ波で探査機に供給する。今回はエウロパの探査を行う。これにより将来的に長期探査を可能にする。

1. はじめに

生命が存在する可能性が高いとして注目されている木星や土星の衛星を探査するためには、エネルギーが必要である。しかし、太陽から遠く離れているため十分なエネルギーを得ることは難しく、長期的な探査が困難である。そこで、エネルギーの補給地点を作ることを提案する。他の天体に発電所を建設し、探査機に電力を補給することで、太陽から離れたところに位置している天体の長期探査を可能にする技術の検証を目的とする。

2. ミッションの流れ

イオ号1(発電機): イオで発電を行う。

イオ号2(送電機): イオからインフィニティ号に送電を行う。

インフィニティ号(探査機): エウロパの探査を行う。

0. インフィニティ号でイオを探査して発電に適した地点を探し、インフィニティ号から複数のイオ号1、2をイオに降ろす。

1. イオの火山活動の熱エネルギーを用いて複数のイオ号1が発電する。

2. イオ号1が発電した電気をまとめてイオ号2がインフィニティ号へマイクロ波による送電をする。

3. インフィニティ号をエウロパに送る。

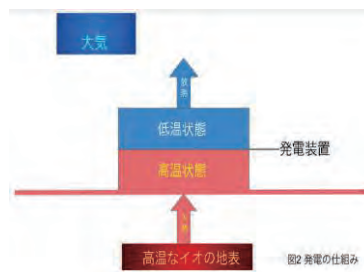
4. インフィニティ号がエウロパを周回し観測を行う。

5. インフィニティ号がイオに戻る。

6. 1から5を繰り返す。

3. 発電方法

イオの地熱による高温の地表(900 K ~ 1600 K)と大気との温度差を用いた発電を行う。折りたたんだパネル状の発電装置(イオ号1)を地上に複数降ろし、パネルを展開する。パネルの下部を地表に接着させ高温状態にし、上部で放熱し低温状態にする。ただし、大面積を有するパネル状の発電装置(イオ号1)と高度な展開技術が必要とする。



4. 送電方法

イオ号1が発電した電気は、イオ号2でまとめられて、マイクロ波に変換され、イオの静止軌道上を周回しているインフィニティ号へ送られる。インフィニティ号はそのマイクロ波を電気に変換し、充電してエウロパの探査に向かう。マイクロ波は伝送距離が数万kmであるため、長距離における送電に優れている。



5. 結論

- ・ 発電-送電-探査を繰り返す探査システムの技術実証を行う。
- ・ エネルギーの供給地点を設けることで、エネルギー不足を解消し、長期的な探査が可能になる。
- ・ 今回の探査システムを応用して、さらなる長期的な宇宙探査を可能にする。

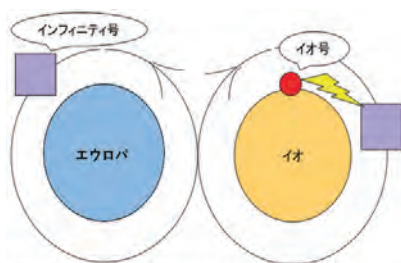


図1 発電-送電-探査の流れ

図3 送電図

長周期彗星サンプルリターン～おかの足跡をたどる～

第16回 君が作る宇宙ミッション DENEb 班

筒井 万葉（高2）【姫路市立姫路高等学校】、田井 遥華（高1）【豊島岡女子学園高等学校】、
秋山 祿斗（高2）【岡山県立岡山城東高等学校】、富永 憲亮（高3）【鹿児島県立楠隼高等学校】、
中尾 悠達（高1）【栄光学園高等学校】、渡邊 ひかり（高2）【新潟県立新潟高等学校】

1. 背景と目的

現在、太陽系の起源について、約40億年前に木星と土星が形成され、その後二惑星が接近したことにより周辺重力場が変化し、形成当時の物質が遠方宇宙に飛ばされたというものが提唱されており、それが長周期彗星の巣として提唱されているオールトの雲となったと考えられている。そのため、オールトの雲の物質の調査は太陽系の起源を直接つかむことにつながると考えられる。しかし、オールトの雲の直接の探査は困難であり、間接的にオールトの雲由来の長周期彗星の調査を行うことが有効だと考えた。

以上より、太陽系の起源に迫るための長周期彗星からのサンプルリターンを行う探査機によるミッションの提案を目的とする。

2. ミッションの内容

2-1. 探査対象彗星の決定

彗星は軌道傾斜角が小さいほど離着陸が容易なため、軌道傾斜角が0度に近い彗星を選ぶ。選定に際し、Minor Planet Centerなどの情報を活用する。また、探査機の帰還時に、進路を地球へ向けるためには、スイングバイを行う事が有効であり、燃料の節約にもなるため、彗星離脱時、付近に大質量の惑星のある軌道を取る彗星を選択する。

2-2. 探査機の構成

本機はサンプルリターンを行う帰還機「MUSUME」、彗星を用いた長距離移動の実証試験を行う残留機「MUSUKO」の2機の探査機から構成される。両機には通信機器と可視光カメラ、機体状況観測用の機器を搭載し、「MUSUME」はサンプル採取や着陸のための機構も備える。

2-3. 打ち上げ以降の流れ

打ち上げからサンプル回収までの期間は約十年を想定している。

2-3-A. 探査機の打ち上げ

長周期彗星について、地上からの観測で、二年ほど後に地球軌道に達する彗星までを観測することが可能なため、彗星を観測し、探査する彗星が決定し次第探査機を打ち上げ、彗星へ向かう。また、彗星は太陽接近時の活動が非常に活発になり、その間は接近が困難なため、彗星との接触は、彗星の活動が弱まる小惑星帯と木星の間で行う。

2-3-B. 着陸方法

1. 着陸場所の策定

探査機が彗星前方から接近しつつ表面を撮影、その画像を自動解析し、着陸場所を策定する。

2. 彗星への接近

彗星に追い越されるタイミングで探査機は彗星に接近する。その際、推進器による加速を行い、相対速度を下げる。

3. 鋸の発射

探査機から先端部に鋸がついたテザーを放ち、策定した着陸地点に打ち込む。テザー張力による衝撃に耐える必要があるため、彗星と鋸の接地部には返しをつけ、衛星とテザーの接続部も強化する。鋸が刺さらなかった場合を考慮し、予備を含め3つの鋸とテザーを搭載し、失敗したものは即座に切り離す。鋸を使うと、調査の際に探査機を地表に固定できる。

4. 着陸

リールでテザーを巻き取り、彗星に接近。その後、着陸時の衝撃に耐えるために適宜逆噴射を行い、減速する。

2-3-C. サンプルの採取

短周期彗星の場合は、太陽の影響を受けていないサンプルを採取するには1m以上採掘する必要があるが、長周期彗星は太陽に接近するのが一回限りであるため、チリの層は短周期彗星に比べて薄いと予測される。そのため、彗星の表面から1 m 以内を採掘しボーリング調査を行い、サンプルの表面に近い部分は廃棄し、最深部のサンプルを持ち帰る。

2-3-D. 地球への帰還

帰還機と残留機は彗星表面で分離し、地球への帰還は帰還機「MUSUME」のみが行う。「MUSUME」は分離したのち彗星から離陸し、彗星軌道付近にある大質量の惑星でスイングバイを行い地球へ向かう。地球に接近したところで「MUSUME」はカプセルを分離し、カプセルと共に大気圏に突入する。残留機「MUSUKO」は彗星表面にとどまる。

3. まとめ

太陽系形成初期の痕跡を残していると考えられる長周期彗星のサンプルリターンミッションを提案した。そのシナリオとして、帰還機「MUSUME」、残留機「MUSUKO」の打ち上げ、彗星への着陸、サンプルの採取、地球への帰還の方法の検討をした。また、彗星を用いた探査機の長距離移動を提案した。

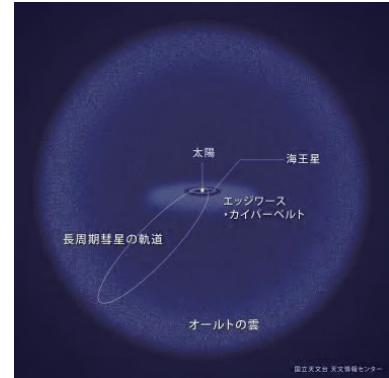


図1 オールトの雲

お盆のような月の輝きに迫る 続編

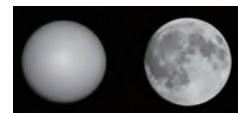
ハートピア安八ジュニア天文倶楽部
田島 怜一郎 (高1) 【岐阜県立岐阜高等学校】

要 旨

周辺減光がないお盆のような月の輝きを不思議に思い、研究を始めた。月の画像を撮影・測光し、月に周辺減光がないことを確かめた。その反射特性の原因を月面の粒子の形状や大きさと仮定し、反射実験を行い、その結果より月の非周辺減光は粒子が隙間をもって深く堆積していることが原因であると解明した。考察についてより確実な証拠を掴み、より正確な月の反射モデルを導くため追加の実験や測定を繰り返している。

1. はじめに

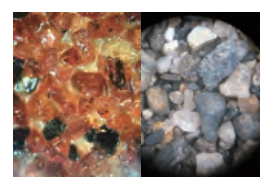
月は発泡スチロール球などの一般的とは異なり、周辺減光がない。(図1)これがお盆のような月の所以である。これに興味を持ち、研究を始めた。月の非周辺減光を数値的に確かめるため、15cm屈折望遠鏡で直焦点撮影し、その画像をPaint.netというフリー画像処理ソフトを用いて測光した。その結果、月には海にも陸にも周辺減光はないことがわかった。本研究では、この原因について解明した。



(図1) 月の非周辺減光

2. 反射実験

お盆のような月の輝きの原因を「粒子の形状と大きさ」と仮定し、月面の粒子(レゴリス)を模擬した実験試料にLED光を照射、変角光度分布を調べた。実験試料として選んだのはレゴリスと似た特徴をもつ試料で、紙やすり(図2)と粗い砂(図3)、また、比較対照の白色コート紙である。一組の入射・反射の関係につきそれぞれ三回測光し、中央値を測光値とした。実験装置を制作し、誤差軽減を行いながら実験を繰り返した。

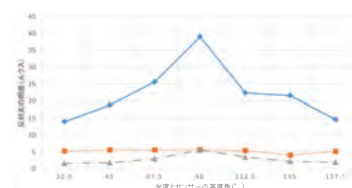


(図2)紙やすり(図3)粗い砂

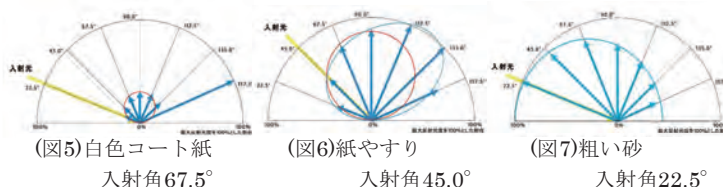
また、実験と並行して光の反射についても調べ、光の反射には鏡面反射と拡散反射があり、拡散反射にはランバート反射とオーレン・ネイヤー反射があるとわかった。月は非ランバート反射で、かつ粗面のオーレン・ネイヤー反射である。

3. 実験結果

反射実験の結果を(図4)に示す。縦軸が照度(lx)、横軸が満月の直径方向と対応している。菱形・実線が白色コート紙、三角形・点鎖線が紙やすり、正方形・点線が粗い砂である。白色コート紙は顕著な周辺減光が見られる。紙やすりは周辺減光が見られるが全体的に暗く、目立たない。一方、粗い砂は周辺減光が全くない。これを反射モデルでも確かめた。白色コート紙はどの入射角でも鏡面反射とランバート反射の組み合わせ(図5)であった。紙やすりは入射角が大きいときは鏡面反射とランバート反射の組み合わせで、入射角が小さくなるほどランバート反射の特徴が強くなった(図6)。粗い砂はランバート反射の特徴が一切なく、(図7)これは月の反射と同じであると考えられる。



(図4) 反射実験の結果



(図5)白色コート紙

(図6)紙やすり

(図7)粗い砂

入射角67.5°

入射角45.0°

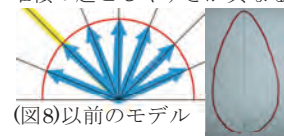
入射角22.5°

4. 追加実験・考察

紙やすりと粗い砂は大きく異なる反射特性を示したが、両者に粒子の形状や大きさの差異はほぼない。異なるのは、粒子の堆積(積もり方)である。紙やすりが単層構造であるのに対し、粗い砂は多層構造で、かつ、粒子間に隙間をもって堆積している。このような堆積を「深い堆積」と呼ぶことにし、これこそが非周辺減光の原因なのではないかと考え、理想的な深い堆積のモデルとして剣山に剣に対して垂直に光を照射する反射実験を行った。その結果、反射光は拡散され、非ランバート反射が再現できた。剣山の剣の一本一本は鏡面反射及びランバート反射の性質が強いが、それらが深い堆積をすることで非ランバート反射となった。このことから、お盆のような月の輝きの原因は「深い堆積」であり、むしろ粒子の形状は関係ないと言える。ただし、粒子の形状によって深い堆積の起こしやすさが異なるため、間接的には関係していると考えられる。

5. 考察

月の非周辺減光の原因を衝効果であるとする文献が複数存在したが、衝効果だけで再現するには、月が太陽からの入射角がどこも同じ階段状の地形である必要があり、よって、衝効果だけでは説明しきれず、反射特性についての考慮が必要不可欠だと言える。(図9)新モデル



(図8)以前のモデル

(図9)新モデル

また、これまで月の反射モデルをどの反射角にも反射光の明るさが等しいかまぼこ型(図8)と考えていたが、実際は(図9)のような卵型の反射モデルで、このモデルをある点を中心に回転させることでほぼ全ての反射を再現できると考えられる。

6. 結論

(1)月の表面の特徴的な反射は、拡散が強い乱反射で説明できる。(2)その反射の原因は粒子の深い堆積である。

参考文献:「お盆のような月の輝きに迫る 続編」(平成28年発表)ハートピア安八ジュニア天文倶楽部
本研究を行うにあたって、ハートピア安八天文台長 船越浩海先生をはじめ多くの方々にご指導・ご支援賜りました。本当にありがとうございました。

続・火星の夕焼けはなぜ青いのか？

- 酸化鉄を混ぜた水の透過光が青くみえる理由とその検証 -

渡邊 千恵 (中2) 【相楽東部広域連合立和東中学校】、小瀧 日南子 (中1) 【木津川市立木津南中学校】

要旨

特定の大きさの粒子によって波長の短い青系の光よりも波長の長い赤系の光が強く散乱されることで青系の光が生き残り酸化鉄を混ぜた水の透過光が青くみえる

1. はじめに

前回、酸化鉄の微粉末を用いて火星の夕焼け[図1]の再現を試みた。大気中での再現は叶わなかったが、適度に酸化鉄を混ぜた水の透過光が青くみえる結果を得た。しかし、その発表時は透過光が青くみえる理由が分からず、現象を述べるに留まった。そこで今回は、酸化鉄を混ぜた水が青くみえる理由に踏み込んで火星の夕焼けが青くなる一因として考えうるのか！？実験を通して考えてみることにした。



1997年撮影 (C) NASA

図1 火星の夕焼け

2. 実験と結果

酸化鉄を混ぜた水の透過光が青くみえるのは、どのような散乱によるのか調べるため次の3通りの実験を行った。

- (1) レイリー散乱かミー散乱か知るため、偏光板を使って横方向の散乱光の観察を行った。比較対象として粒子径 0.1 μm のアクリル・エマルジョンを用意し各々適量を水に混ぜ観察した結果、アクリル・エマルジョンでは偏光がみられたが酸化鉄では偏光はみられなかった。このことから酸化鉄はレイリー散乱ではないと判断できる。レイリー散乱するアクリル・エマルジョンの透過光はオレンジ色だった。
- (2) 平均粒子径 5 μm の新岩絵具【岩紅】【紺瑠璃】【黄口緑青】【珪石】を用意した。この岩絵具を適量水に混ぜその透過光を観察した。その結果、酸化鉄と同じように透過光が青くみえるものはなくすべて白っぽくみえた。ミー散乱による白色散乱(波長依存性がない)と考えられる。

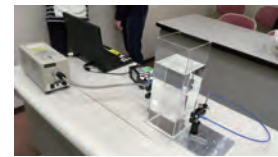


図2 スペクトル測定の様子

- (3) 上記結果より透過光が青くみえる理由はレイリー散乱する粒子径領域からミー散乱によって白色化する粒子径領域へちょうど切り替わる領域(以降、青色化領域)にあると考え、酸化鉄を使って詳しく調べることにした。酸化鉄には粒子径が揃っている高純度品と粒子径にばらつきがある一般品を使う[図3]。ともに平均粒子径は約 0.8 μm。水を入れた各々の容器に2種類の酸化鉄を混ぜ、その透過光を高精度な分光器を用いて測定した。[図2] その結果が[図4]である。高純度品は[青][緑][赤]と徐々に透過率が低くなっており青色化の傾向が顕著にあらわれている。一般品も高純度品に近いが[紫][藍][青]付近において透過率が少し低い。高純度品よりも一般品の値が低くなっている点については、一般品の粒度がばらついていることによるのかもしれない。実際の透過率は、高純度品では鮮やかな青、一般品では少しすんだ青にみえた。新岩絵具は[緑][赤]の透過率が酸化鉄に比べて明らかに高い。これらの結果から、今回実験に使用した酸化鉄の粒子径領域は青色化する粒子径領域の一部もしくはすべてであると考えられる。

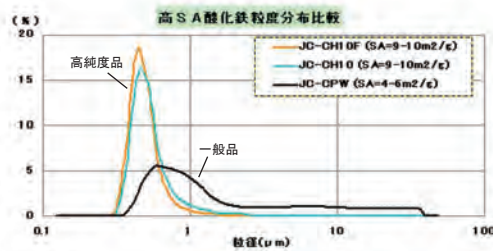


図3 酸化鉄の粒度分布
JFEケミカル㈱様HPより引用

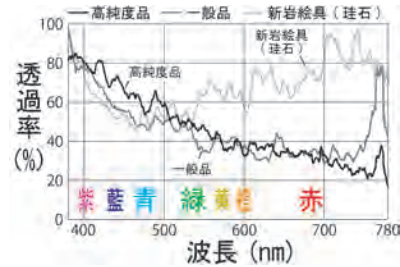


図4 酸化鉄と新岩絵具の透過率

3. 検証

粒子径が酸化鉄と程近い炭化ケイ素(カーボランダム)を用い透過光を観察した。その結果 #10000 番(粒子径 0.5 μm ~ 1.0 μm 程度)の透過光が酸化鉄ほど明瞭ではないものの青くみえた。

4. まとめ

酸化鉄の微粉末を水に混ぜ、その透過光が青くみえるのは、青色化する粒子径領域に酸化鉄の粒度分布が重なっているためであることが分かった。火星探査などによって、火星大気中の塵は粘土鉱物に近いことがわかっている。そのため、今回の実験により得られた結果がそのまま火星の夕焼けが青くなる理由に当てはまるわけではない。また媒質として水を使っており、火星の大気とは条件が異なっている。近い将来、火星の地に人が降り立つ日が来たとき、火星の夕焼けが青くみえる！その理由が詳しく解明されるに違いない... その日が待ち遠しい。前回、そして今回の実験を通して「粒子の大きさによって散乱される色が変わること」を確かめられた。

謝辞

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

木星の大赤斑の90日振動の検出

朝比奈 雄志、松田 稜哉、岩淺 大輝(高専3)、尾崎 匠(高専2)【米子工業高等専門学校】

1. はじめに

近年木星の大赤斑が縮小しており、近い将来消滅するのではないかと言われるようになってきた[1]。そこで、我々米子高専科学部は2014年から2017年の4年間、3シーズンにわたって木星の撮像観測を継続して行ってきた。今回、この内2シーズン分の木星画像を用いて大赤斑の経度・緯度の時間変化を調べたところ、90日周期の経度方向の振動（以下90日振動と呼ぶ）を検出することができた。以下その結果について報告する。

2. 観測と解析

木星の撮像観測は、主に本校の惑星撮像専用望遠鏡(図1)にCMOSカメラASI120MMを取り付けて行った。この望遠鏡は口径150mm、F8のアクロマート屈折望遠鏡3本をタカハシのJP型赤道儀に搭載したもので、Astronomik社のRGBフィルターを利用して3本の望遠鏡でR(赤)、G(緑)、B(青)画像を同時に別々に撮像し、PC上でRGB合成を行って超色消し画像を得る望遠鏡である[2]。図2に撮像例を示すが、アクロマート屈折望遠鏡で撮像したにもかかわらず、非常にシャープな画像が得られている。なお、各RGB画像とも露光時間は1/30秒で、フレーム転送レイト30fpsで2分間×3回撮像し、動画ファイルとして保存した。次に、動画ファイルをスタックして1枚の画像にするソフト『AutoStakkert2』で画像をスタックした。AutoStakkert2には画像の良否を判定する機能があり、今回は良像30%のみを使用してスタックした。続いて、惑星面などの淡い模様を強調するソフト『RegiStax』で、画像にウェーブレット処理を行い画像に強調処理を施した。

解析では、2016年1月から2017年5月の間の2シーズン分の画像を利用した。解析にはWinJUPOSおよびIDLを使用し、大赤斑の東端と西端の経度を測定し、その時間変化を調べた。



図1 惑星撮像専用望遠鏡



図2 実際に撮像した木星

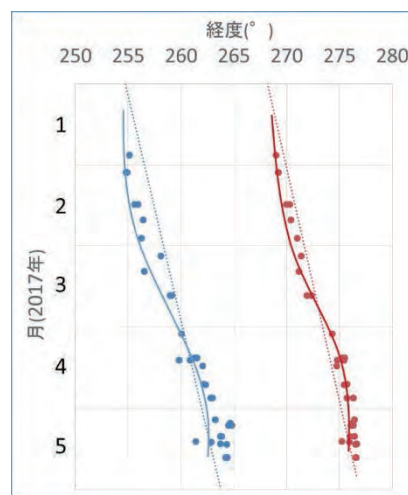


図3 大赤斑の東端及び西端の経度の変化図

3. 結果と考察

図3は2017年1月から5月にかけての大赤斑の東端(図の左の実線)、西端(図の右の実線)の経度の変化図である。明らかに大赤斑の経度が増加しているが、これは近年顕著になっている大赤斑の経度方向への後退現象である[1]。図3で注目すべきは、大赤斑の経度が直線的に増加しているのではなく、サインカーブを描きながら増加しているという点である。サインカーブの周期は約92日で、振動の振幅はおよそ 0.5° である。

ところで、木星の大赤斑には周期 90.09 ± 1.94 日、平均振幅 0.8° で東西に振動する現象の存在が知られている[3]。これは1963年から1974年にかけてのニューメキシコ州立大学天文台の写真観測を解析することで発見された。当時、その検出には大望遠鏡が必要だったが、今では電子技術・画像処理技術の進歩により、我々米子高専科学部の口径150mmの小さな望遠鏡でも検出できるようになった。現在、大赤斑の90日振動での緯度方向の時間変化も調べており、ジュニアセッションではその結果もあわせて発表する予定である。

4. まとめ

今回の研究で、昔は大望遠鏡でなければ検出できなかった大赤斑の90日振動が、口径150mmの小さな望遠鏡でも検出することがわかった。現在、大赤斑の90日振動での緯度方向の時間変化も調べており、ジュニアセッションではその結果もあわせて発表する予定である。

5. 参考文献

- [1] 堀川邦昭 (2015) 『眼視による木星面模様的位置測定について』, 天文月報, vol.108, pp.183-189.
- [2] 竹内彰継, 山脇貴士 (2017) 『アクロマート屈折望遠鏡を超色消しにする方法』, 天文教育2017年11月号, Vol.29, No.6, pp53-58.
- [3] 月惑星研究会編 (1980) 『惑星ガイドブック2』, 誠文堂新光社発行.

惑星からの光の光学的特性について

相馬 大地（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

この研究は、現在莫大なコストがかかっている太陽系外惑星探査の効率を向上させることのできる新手法の開発の提案、及びそれに必要な情報の収集を目的としたものである。

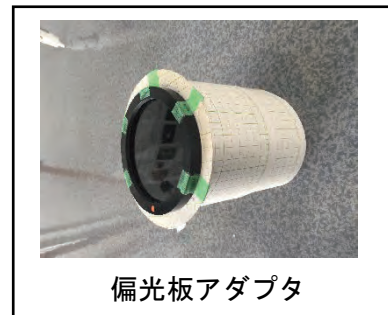
仮説

「反射した自然光は偏光になる」という事実より、「恒星からの光は偏光でなく、惑星からの光は偏光である」との仮説を導いた。

検証

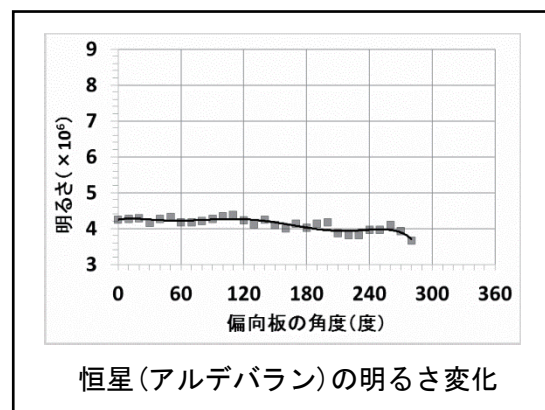
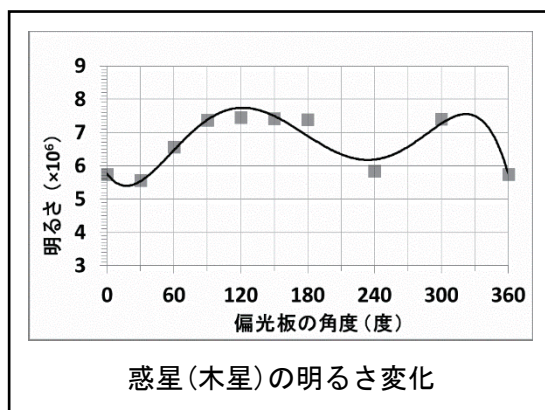
この研究では以下に示す方法で上記仮説の検証を行った。

1. 望遠鏡の天体側レンズの前に偏光板を取り付ける
2. カメラを望遠鏡に取り付け、天体を撮影
3. 偏光子を少し回転させ、再度天体を撮影
4. ステップ 3 を繰り返して偏光板の角度と天体の明るさの関係の情報を蓄積する
5. ステップ 4 において取得した情報を用いて、偏光板の角度を横軸、天体の明るさを縦軸に取ったグラフを作成



結果

観測結果より、惑星からの光は偏光、恒星からの光は偏光でないと結論づけた。



考察 と 結論

上記の結果から、「偏光子を用いた系外惑星探査」が可能になる可能性がある。具体的には、偏光子の角度を変えて観測対象の恒星系の画像を撮影し、それら画像の中で明るさが周期的に変化している点が惑星であると考えられるためである。

流星電波観測によるペルセウス座流星群の流星数の観測

末村 敏爾(高2)、山田 翼聖(高1)、飯野 聖希(高1)【新島学園高等学校】

要旨

流星の電波観測を2017年度から開始して、8月のペルセウス座流星群を観測した。散在流星の日周変動や流星群のピークを観測することができた。ペルセウス座流星群の電波観測では、流星数やロングエコー数の増加はそれほど顕著に表れなかった。

1. はじめに

私達は、科学技術振興機構JSTの「中高生の科学研究実践活動推進プログラム」の1つのテーマとして、宇宙からの電波を観測していた。同じ観測装置で流星の電波観測が行えるため、長期的なテーマとして観測を開始した。継続的な実施により、散在流星数の季節変化や流星群の年周変化を観測する。

2. 目的

流星の電波観測を8月の1ヶ月間連続的にを行い、観測方法の確立を行う。観測結果から散在流星の日周変化やペルセウス流星群の流星数変化を観測する。

3. 方法

流星の電波観測は福井県鯖江市の福井工業高等専門学校から出ている50MHzの電波を使用して観測した。アマチュア無線用の無線機YAESU・FT920を受信専用機として使用し、アンテナは50MHzの2素子アンテナを使用した。アンテナは校舎屋上に設置した。無線機からの音をコンピューターに繋ぎ、観測ソフトMROFFTで10分ごとの画像として保存した。観測した10分ごとの画像をソフトHROViewで流星数をカウントした。

4. 結果

図1が10分ごとのMROFFTの画像である。点状に表れているピークが流星であり、長時間表れているピークがロングエコーである。20秒以上のエコーをロングエコーとし、流星痕による反射と考えられている。

図2に10分ごとの画像から得られる流星数とロングエコー数を1時間ごとに集計したグラフを示す。ペルセウス座流星群の8月12日～13日に流星数とロングエコーが増加している。8月上旬に流星数が多いのは、7月下旬にピークとなるみずがめ座δ流星群ややぎ座流星群の影響と考えられる。ペルセウス座流星群の流星数があまり増加していない。

図3に時刻ごとの流星とロングエコーの1ヶ月の合計数をグラフに表した。図2からも出現数の日周変化が顕著に表れているが、図3から夜半から明け方にかけて流星数が増加しているのが分かった。



図1 MROFFTの測定画像

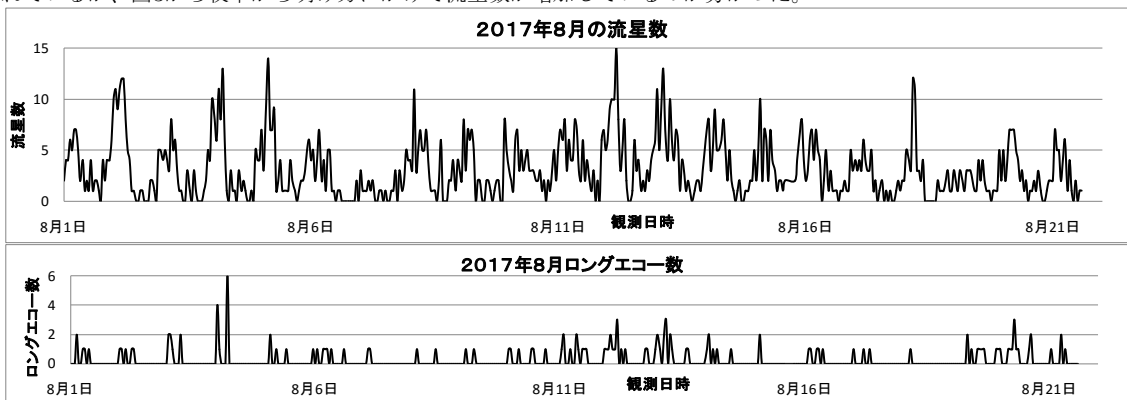


図2 流星数とロングエコー数の変化

5. 考察

流星の電波観測は初めてであったが、ペルセウス座流星群の流星数の増加を観測できた。しかしながら、電波観測だと流星数の増加は少なかった。流星数の日周変動が観測でき、明け方に流星数が増えることが分かった。

6. まとめ

流星の電波観測が可能となった。長期間観測を続けて、散在流星の季節変動や流星群の年周変動を観測してゆく。

7. 謝辞

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

8. 参考

流星電波観測国際プロジェクトのホームページ

http://www.amro-net.jp/hro_index.htm

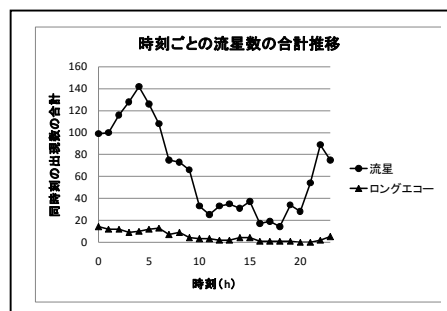


図3 時刻ごとの流星数の1ヶ月合計

多点観測によるペルセウス座流星群の研究 ～流星の高度と速度～

上川 滉太（高2）【金光学園中学・高等学校】

1. はじめに

流星は、宇宙空間にある小さなチリが高速で地球に飛び込み、大気と激しく衝突し、発光する現象である。本研究の目的は、流星が発光する位置を3次元的に知ること、特にその高度と速度を正確に求めることである。私たちは岡山県内で近隣の天文台・研究機関との連携を行う中で、2016年ペルセウス座流星群の動画と静止画の大量データの提供を受けて解析を行った。

2. 研究方法

提供されたビデオと静止画約1,200GBを検索して流星を検出し、出現数(ZHR)および天球上の放射点の位置を求めた。また、3観測点で個々の流星を同定し、恒星を背景として、流星の発光点と消滅点の天球上の座標（方位角、高度角）を読み取り、方位角の交点から流星の水平経路を求めた。また、高度角から地上高度を求めた。そして、その流星像ビデオのコマ数より速度を求めた。

3. 結果

(1) 8/11～8/14の期間で合計546個の群流星を検出した。2観測点からのデジタルカメラ画像が揃った28個の流星については、平均として高度107kmから91kmまで(誤差±2.2km)流れた。(2) 経路長は約22 km, 地心速度は約57km/秒と求めた(誤差±11km/秒)。その結果、明るい流星ほど経路が長く消滅点の高度が低いこと(図1)、発光点の高度は流星の明るさや突入角によらず、ほぼ一定であることが分かった。

高度の高い●は発光点。低い●は消滅点。
.....は線形近似。

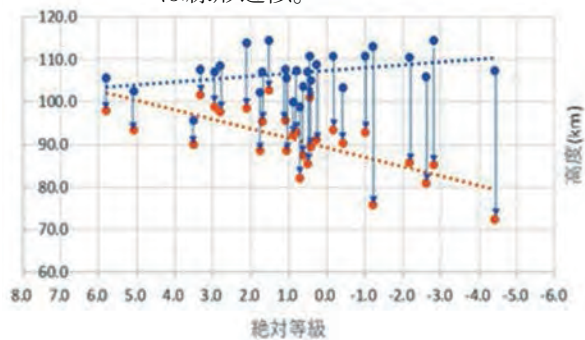


図1. 絶対等級と発光点・消滅点の高度

4. 考察

個々の流星の空間的な経路が放射点から流れていることが確認できた。また、流星の発光点高度がほぼ一定であることから、発光が始まる条件は、流星物質の質量やサイズより地球大気の構造が支配的な要因であると考えられる。

5. 結論

本研究では、高い精度で流星の高度と速度を求めることができた。流星を精度よく解析することで、人工衛星や気球が使えない地球高層大気（下部熱圏）の状態を知るプローブとなることが期待される。

6. 参考文献

- ・天文シミュレーションソフト「ステラナビゲータ」Vol.9, アstroアーツ社.
- ・天空の花火「ペルセウス座流星群の研究」, 金光学園探究II 論文集(2014).

回折格子を用いた流星の分光観測

菅原 篤弥 (高1), 伊藤 颯矢 (高1), 操 知希 (高1) 【宮城県古川黎明高等学校】
三野 正太郎 (中3) 【宮城県古川黎明中学校】

要旨

鈴木 湧平 (本校卒業生) は、流星発光時にどのような色の変化が起きていたか、流星の発光に由来する元素を分光観測によって調べていた。その研究を私たちが継続し、観測を行った。今までに観測された2015年の散在流星、2016年のペルセウス座流星群に加え、新たに2017年のふたご座流星群の分光観測に成功し、スペクトルから複数の元素を特定できた。

1. 目的

鈴木は研究を一人で行っていたため、観測数が少なかった。観測地点や機材数を増やすことで、これを解決しようと考えた。また、私たちは主に流星群の時期に観測しているが、その中で複数の流星を観測することができれば、その母天体の成分を特定できる可能性がある。そのことも調べるために、流星の分光観測を行う。

2. 観測方法

・手順

- 1: 分光装置を装着した一眼レフカメラを空に向け、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、回折格子のスケールを確認する。
- 3: 画像上での流星の0次光から輝線スペクトルまでの長さを、天体画像処理ソフトを使って測定する。
- 4: 測定した長さを比較し、波長を特定する。文献を用いて、波長から元素を特定する。
- 5: 輝線スペクトルの輝度を計測し、複数の輝度変化を比較する。

・機材

一眼レフカメラ: Canon EOS 80D, kiss x7i(2台) kiss 8i, kiss x5(2台)

レンズ: 単焦点レンズ SIGMA DC 30 mm F1.4 HSM(6個)

回折格子: 透過型ブレード格子VIS 300 GPM(4枚), 透過型回折格子フィルム 1000 GPM(2枚)

なお、画像解析には、すばる画像解析ソフト Makali'i を使用した。

・観測期間

主に、流星群が極大になる日の前後に観測を行う。

過去の観測日: 2015年8月12~13日(ペルセウス座), 10月20~21日(オリオン座), 12月8日(ふたご座),

2016年5月5~8日(みずがめ座 η), 8月12~13日(ペルセウス座), 2017年1月3~4日(しぶんぎ座)

3. 結果

◆2016年ペルセウス群で1枚撮影に成功した。(図1)

- ・1次光で5種類の波長を特定できた。また、発光時の温度は、ウィーン変位則を用いて約4600°Cと測定できた。
- ・流星経路の中ほどと終端に、Mg(I) 521 nmの輝度値がNa589 nmの輝度値を越す部分があった。

◆2017年のふたご群で28枚撮影に成功した。(図2)

- ・一次光で6種類の波長を特定できた。
- ・酸素禁制線発光と思われるものが見られた。
- ・観測地点を1か所から4か所に増やした事で撮影数の増加につながった。



図1. 2016年ペルセウス群



図2. 2017年ふたご群

流星群名	観測日	撮影番号	観測地	撮影枚数	成功枚
ペルセウス座(2015)	2015/08/12~13	③	宮城県大崎市	約2900枚	0枚
オリオン座(2015)	2015/10/20~21	③	宮城県栗原市	約6000枚	1枚(散在)
ふたご座(2015)	2015/12/8	③	京都府京都市	約700枚	0枚
みずがめ座 η (2016)	2016/05/05~08	①, ②, ③~⑤	宮城県大崎市-栗原市	約20000枚	0枚
ペルセウス座(2016)	2016/08/12~13	②~⑤	宮城県大崎市-栗原市	約25000枚	1枚(群)
オリオン座(2016)	2016/10/21~23	③~⑤	宮城県大崎市-栗原市	約10000枚	0枚
おうし座(2016)	2016/11/04~07	③~⑤	宮城県大崎市-栗原市	約3000枚	0枚
しぶんぎ座(2017)	2017/01/03~04	②~⑤	宮城県大崎市-栗原市	約20000枚	0枚
こと座(2017)	2017/04/22~24	②, ③~⑤	宮城県大崎市-栗原市	約7000枚	0枚
みずがめ座 η (2017)	2017/05/03~06	②, ③~⑤	宮城県大崎市-栗原市	約7000枚	0枚
おし座南(2017)	2017/1/17	⑤	宮城県大崎市	約2300枚	0枚
おうし座北(2017)	2017/1/10~14	⑤	宮城県大崎市	約8000枚	0枚
しし座(2017)	2017/1/17~19	②, ③, ⑤	宮城県大崎市	約9000枚	2枚(群+別群)
ふたご座(2017)	2017/1/213~15	②, ③~⑤	宮城県大崎市-栗原市	約42000枚	21枚(群)

表1. 観測日程一覧

4. 結論

・分光観測によって、2016年8月に撮影したペルセウス群の流星と2017年12月のふたご群の流星から、複数のスペクトル輝線が確認できた。したがって、この流星には輝線の示す元素が含まれており、これら複数の元素が発光したものと考えられる。

・流星の観測数が増えたことで、データの解析に時間がかかることや、解析の際にレンズのゆがみによる影響があるということが新たに分かった。そこで今後は、解析時間短縮のために効率的かつ正確なデータ処理の手法の検討や開発、レンズのゆがみを補正した信頼できる解析法を確立していきたい。また、並行して観測も行う。

5. 参考文献・謝辞

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

なお、本研究は、日本科学協会サイエンスメンター事業の支援を受けて行っている。

明るい彗星には暗い未来！？

銀河学校 2017A 班

薄 美希 (高3) 【豊島岡女子学園高等学校】、丹羽 佑果 (高3) 【お茶の水女子大学附属高等学校】
大槻 真優 (高2) 【東京都立国際高等学校】、中尾 悠達 (高1) 【栄光学園高等学校】

1. はじめに

彗星は、太陽に接近することで核の温度が上昇し、核に含まれる氷が昇華する。そのことによりガスや塵を噴出し、コマや尾を形成する。太陽に接近するたびにガスや塵を放出する彗星は、そのたびに質量を減らしていると考えられる。また、彗星には、太陽の周りを200年以内の周期で回る短周期彗星と、それ以上で回る、または一度太陽に接近したら二度と戻らない長周期彗星に分けられる。ガスや塵を放出することにより、質量を減らしていった彗星がやがてどうなるかを調べる為、長周期彗星である C2015/V2 と、短周期彗星である 41P と 45P を観測した。観測時、41P と C2015/V2 は太陽に近づいており、45P は太陽から遠ざかっていた。そこで1周期当たりのガス・塵の放出量を算出し、両者の寿命を求めた。本研究は、銀河学校 2017 での A 班の研究をまとめたものである。

2. 観測

- ・場所：東京大学木曾観測所
 - ・装置：木曾 105cm シュミット望遠鏡+KWFC
 - ・フィルター：V (550.4nm), I (806.9nm)
 - ・日時：2017/3/28 21:15~22:44
 - ・対象：基本データは以下の表の通り (表1)
- 45P/Honda-Mrkos-Pajdusakova (図1)
41P/Tuttle-Giacobini-Kresak
C2015/V2 Johnson
- ・露光時間：45P (150 秒), 41P (60 秒), 40 秒), C2015/V2 (60 秒)

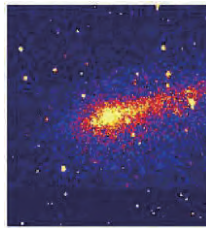


図1 45P (V band Sky 処理済み)

天体名	日心距離 (AU)	地心距離 (AU)	近日点距離 (AU)
45P	1.597	0.68	0.533
41P	1.066	0.143	1.045
C2015/V2	1.921	1.379	1.637

表1 彗星の基本データ

3. 解析

- 1) 撮影した画像を画像解析ソフト「Makali' i」で一次処理 (バイアス、フラット)
- 2) 「Makali' i」で背景の星と彗星を開口測光し、それらを比較して彗星の実視等級を推定
- 3) 実視等級とガス (H₂O) 放出量の関係式 (Jorda et al. 2008) を用いて単位時間当たりのガス・チリの放出量 Q を算出

$$\log Q = 30.675 - 0.2453 (M_v - 5 \log \Delta)$$
 [M_v: 彗星の実視等級, Δ: 地心距離 (au)]
- 4) 単位時間当たりのガス・チリの放出量は日心距離の二乗分の一に比例すると仮定し、周期あたりの総放出量を算出
- 5) 参考文献【1】より引用した彗星の推定質量を周期あたりの総放出量で割ることで、彗星の寿命について考察した

4. 結果

観測・解析の結果わかったことと、文献【1】【3】より参照した数値を下の表にまとめた。(表2)

天体名	実視等級	核の半径 (km)	核の質量 (kg)	ガスの総放出量 (kg/周期)
41P	13.7	0.7	0.9×10^{12}	0.1×10^8
45P	15.5	0.8	0.1×10^{13}	1.1×10^9
C2015/V2	12.7	---	---	8.7×10^9

表2 観測・解析の結果

5. 考察

算出した一周あたりのガス放出量で推定質量を割り、彗星の寿命を何周期かで算出したところ、41P は 0.9×10^4 周、45P は 0.1×10^4 周となった。近日点距離は 41P が 1.045AU、45P が 0.533AU と 45P の方が太陽に近く、また、結果から 45P の方がガスの放出量が多いことが分かる。ゆえに、太陽からの距離が近いほど大きな影響を受けて、一周あたりより多くのガスや塵が放出され、少ない周期で消失すると考えられる。しかし、C2015/V2 は近日点距離が3つの彗星のなかで最も長いにもかかわらず、ガスの総放出量は最も大きい結果となった。このことから、ガスの放出には近日点距離以外の影響があることが分かる。具体的には、非周期彗星の C2015/V2 は今回初めて太陽に接近したため、まだ多くの氷やガスが核に含まれていたことが考えられる。また、彗星を構成する成分は一般的に8割が水(氷の状態)であり、その他二酸化炭素、一酸化炭素、その他ガス、塵などから成る(文献【4】より)。それぞれの成分の構成比率に多少の各彗星の個体差がありガスの放出量に影響したことも考えられる。

6. 参考文献

- 【1】 M. Festou, H. U. Keller, Harold A. Weaver. (2004) COMETS II, University of Arizona Press
- 【2】 「HORIZONWeb-Interface」
<<https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi>>閲覧日 2017/03/28
- 【3】 L. Jorda, J. Crovisier, and D. W. E. Green 2008, LPI Contributions, 1405, 8046
- 【4】 国立天文台「彗星」
<<https://www.nao.ac.jp/astro/basic/comet.html>>

7. 謝辞

本研究を進めるにあたりご協力頂いた、木曾観測所の猿楽祐樹氏と、TAの鈴木元気氏、植村千尋氏、島匠氏に感謝の意を表します。

彗星の多色観測による光度変化

岸 拓実 (高2)、大地本 晴也 (高1)、金子 大輝 (高1) 【愛知県立一宮高等学校地学部】

1. はじめに

通常、彗星は1週間ほどしか観測できないが、ジョンソン彗星 (C/2015V2) (図1) は、4月から7月の約4か月間の観測が可能であった。そこで、数回にわたって対象の彗星を観測することで、V等級(光度変化)、B-V等級(色指数)を求めるところを目的とし、観測・研究を行った。

撮影した彗星の画像を周辺の恒星を彗星と共に測光し、恒星のカタログ値 (USNO) を利用し、ポグソンの式に代入することで、V等級、B-V等級を2通りの測光半径で求めた。

結果、コマ辺縁部(全体と中心部の差分)は青色になる傾向があり、彗星全体のB-V等級は、コマ辺縁部の影響を受けやすいことがわかった。



図1. 観測したジョンソン彗星



図2. 彗星の構造

2. 観測方法

- (1)日時：2017年4/14, 4/29, 5/27, 6/8, 6/19, 7/7
- (2)場所：一宮高校屋上他
- (3)機材：冷却CCDカメラ V,Bフィルター CelestronC-8 (SBIG製 ST-7XME) (D:200mm F:2000mm, 1260mm)

3. 観測結果

USNOカタログによる恒星データを利用し、ジョンソン彗星のコマ中心部とコマ辺縁部のV等級、B-V等級をそれぞれポグソンの式を使用して求めた。バックグラウンドは彗星の尾などの影響を避けるため、複数の周辺恒星のsky平均を使用した。また、高度の違いによって大気吸収による減光量は異なるため、同じ恒星であっても高度によって等級の値に違いが生じる。そこで理科年表の値による減光量の式を用いて補正値を求め、補正を行い、最終的な結果とした。(表1)

日付	高度	B補正値	V補正値	V(全体)補正	B-V(全体)補正	V(中心部)補正	B-V(中心部)補正	B-V(辺縁部)補正
4月14日	43	0.21	0.10	12.11	0.50	12.64	0.53	-0.03
4月29日	81	0.01	0.00	11.08	0.39	11.87	0.78	-0.39
5月27日	72	0.03	0.02	10.81	0.60	11.34	0.62	-0.02
6月8日	64	0.05	0.03	10.40	0.14	11.29	0.23	-0.09
6月19日	46	0.21	0.10	10.40	0.77	11.39	0.70	0.07
7月7日	20	0.96	0.48	10.62	-0.61	12.15	-0.42	-0.19

表1. ジョンソン彗星測光結果

4. 考察

「コマ中心部」のB-V等級は比較的安定していたので、彗星全体の等級はコマ辺縁部の影響を受けやすい。「コマ辺縁部」はB-V等級がマイナス傾向にあったため、青色である。

求めた等級の値のブレは、高度補正の結果から、高度による影響が大きいと考えられる。また、補正後もブレがあるものは、画像にノイズが多いことや、尾の影響により測光する重心位置がずれていることが考えられる。

5. 今後の展望

値のブレには他にも原因がないか調べる。
他の彗星を観測して今回の結果と比較する。
測光サイズをより小さくし、核本体の等級を求めたい。

6. 使用ソフト・参考文献

ステライメージVer. 6
ステラナビゲータVer. 10
すばる画像処理ソフト マカリ Microsoft Excel 2010
ibis Paint X

吉田誠一 <http://www.aerith.net/index-j.html>
彗星観測ハンドブック
理科年表 平成28年度版

小惑星(3200) Phaethonの測光観測

渡邊 歩、小山 息吹、木寅 沙也果、古家後 はるか、中井 まりあ（高2）、
山本 紫苑、岡本 優真、後藤 杏実（高1）
【兵庫県立三田祥雲館高等学校 天文部】

要 旨

2017年11月25日-12月20日に小惑星(3200)Phaethonの連続測光観測及び多色測光観測を行った。その結果、Phaethonの色指数を $R-I=0.36$ 等と求めた。

1. はじめに

小惑星(3200)Phaethonはふたご座流星群の母天体として知られており、枯れた彗星核であると見られている。Phaethonは周期3.6年のアポロ群に属する天体である。今回の回帰では10等級まで明るくなったため観測の好機であった。Rバンド、Iバンド、Vバンドを用いた多色測光を行ない表面の様子を考察すべく観測を計画した。

2. 観測

観測概要は次の表1、表2の通りである。

2-1. (表1) 観測日時、観測方法、天候

Date&Time (UT)	フィルター及び画像数	観測		観測所
11/24 12:46-13:58	V 44枚	連続	薄曇り	西はりま天文台 (佐用郡佐用町)
11/25 11:58-18:40	V 146枚	連続	晴天	西はりま天文台 (佐用郡佐用町)
12/13 5:08- 9:04	V 4枚 I 4枚	多色	晴天	iTelescope (MayHill NewMexico)
12/14 5:05- 5:20	V 2枚 I 2枚	多色	晴天	iTelescope (MayHill NewMexico)
12/15 9:20- 9:35	R 3枚 I 3枚	多色	薄曇り	三田祥雲館高校 (兵庫県三田市)
12/20 8:49- 9:33	R 5枚 I 5枚	多色	晴天	三田祥雲館高校 (兵庫県三田市)

2-2 (表2) 観測機材

観測所	望遠鏡	カメラ
西はりま天文台	カセグレイン D=600mm F12	SBIG STL1001E
三田祥雲館	シュミットカセグレイン D=280mm F=6.3	SBIG ST9XE
iTelescope	反射 D=250mm F=3.8	SBIG ST10XME

3 解析

画像は全て1次処理を施した後、画像処理ソフトMakali`iを用いてアパーチャー測光を行った。標準星は連続測光観測では同一視野にある4~6個の標準星を用いた。光度は星表カタログUSNO-A2.0を用いた。また、多色測光では標準星をLandolt標準星カタログよりできるだけ明るく、小惑星と同高度にあり、太陽の色指数に近いものを選んだ。なお太陽の色指数は $B-V=0.665$, $V-R=0.367$, $V-I=0.705$ とした。

4 結果

観測は行ったが、雲の影響で測候には使えないデータも数が多かった。S/N比が50程度で観測が行うことができた日のデータを用いた。太陽の色指数を考慮し、12月20日のデータからPhaethonの色指数を次のように求めた。

$$R-I=0.36$$

5 考察

Phaethonは先行研究よりBタイプまたはFタイプの小惑星と考えられている。典型的なB型小惑星の色指数は $R-I=0.695$ であった。Phaethonはこれまで“青い”天体として観測されており、先行研究と同様の結果を示した。今後、12/20以外の観測データの解析も行い、解析に誤りがないか検証すると共に、同時期に他の観測者が行った結果を参照し妥当性を検討する必要がある。また、連続測光の結果については現在、解析中でありジュニアセッション当日は発表する予定である。

参考文献・サイト

鈴木文二・洞口俊博著 (2015) あなたもできるデジカメ天文学 恒星社厚生閣
Astro-HS編 (2004) 彗星観測ハンドブック2004
Dandy et al., (2003) Icarus 163. 363
Minor Planets at 366 http://www.toybox.rgr.jp/mp366/lightcurve/obs_guide/obs_guide.html
(参照2018/1/20)

小惑星ヘラ(699番)と小惑星キュベレー(65番)のライトカーブと色指数の変化

原 琴音、樋口 陽日、中島 力(中2)【新島学園中学校】

要旨

小惑星ヘラ(699番)と小惑星キュベレー(65番)のライトカーブと色指数の変化を観測した。小惑星キュベレーのライトカーブは変化が見られず、表面の反射率の違いが少なく、形状も球形に近いと考えられる。小惑星ヘラのライトカーブと色指数の変化を観測することができた。また、小惑星の明るさと色指数に関係があることが分かった。ヘラは細長い形状の形ではないかと考えられる。

1. はじめに

私達は、科学技術振興機構JSTの「中高生の科学研究実践活動推進プログラム」の1つのテーマとして、小惑星の色指数をテーマに観測を行っている。昨年度は軌道長半径と色指数の関係を観測した。今年度はライトカーブと色指数の関係を観測する。

2. 目的

小惑星ヘラ(699番)と小惑星キュベレー(65番)のライトカーブと色指数の変化を観測する。自転によるライトカーブの変化が小惑星によってどのように違うのかを調べ、また、小惑星の明るさの変化と色指数の変化の関係も調べる。

3. 方法

西村製作所の40cmF5ニュートン式反射望遠鏡とビットラン冷却CCDカメラBJ-54L、バーダープラネタリウム社LRGBフィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行い、ダーク・フラット補正を行った後に国立天文台の「マカリ」で光度を測定した。撮影は-20℃冷却、2×2ビニング、60秒露出(キュベレー)と120秒露出(ヘラ)で行った。観測はキュベレーが2016年11月17日、ヘラが2016年12月2日に行った。

4. 結果

図1に小惑星キュベレーのRフィルターライトカーブを示す。グラフ●印がキュベレーであり、×印の比較星Aと比較すると光度変化が観測できなかった。

図2に小惑星ヘラのGフィルターライトカーブ●印を示す。ヘラの光度変化を観測できた。矢印間を1周期として自転周期を求めると3.37時間となった。既知の自転周期3.40時間と良い一致をした。

図3に色指数(B-G等級)の変化を示す。BフィルターとGフィルターで測定した光度の値3回を平均した値を使用して色指数を求めた。グラフはライトカーブと同様の变化を示した。

図4に図2の光度と図3の色指数の相関図を示す。相関係数を求めると-0.454となり、負の相関が認められた。明るい側と青色側、暗いと赤色側に変化している。

5. 考察

小惑星により光度変化の違いが表れた。小惑星キュベレーは光度変化がほとんど認められないため、表面の反射率の場所による違いが少なく、形状も球形に近いと考えられる。

小惑星ヘラの光度変化と色指数の変化が同じような形をしていて1周期の中に山が2回現れている。小惑星ヘラが細長い形状をして自転していると考え、1周期の中に同じ変化が2回現れることが予想される。

6. まとめ

小惑星のライトカーブと色指数の変化を観測することができた。今後も小惑星のライトカーブと色について観測を続ける。明るい小惑星について、スペクトルを撮影して色について観測して行く。

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) 「小惑星の可視光観測から何がわかるか」 安部正真 JAXA http://www.toybox.rgr.jp/mp366/lightcurve/workshop/workshop2010/2010_Abe.pdf
- (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)

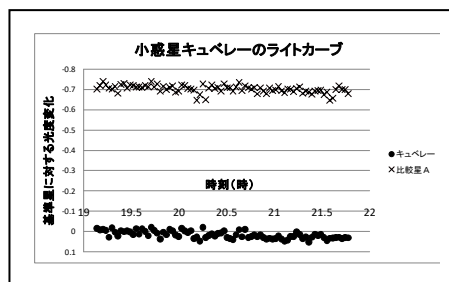


図1 キュベレーのライトカーブ

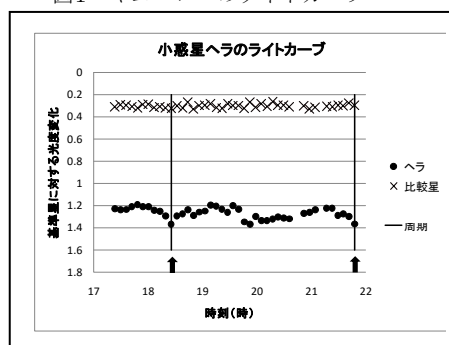


図2 ヘラのライトカーブ

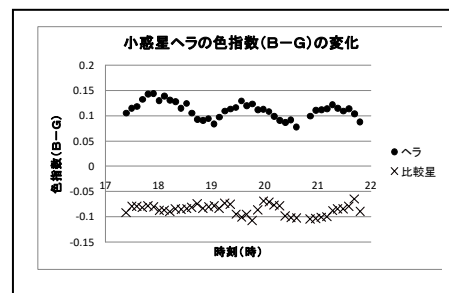


図3 ヘラの色指数変化

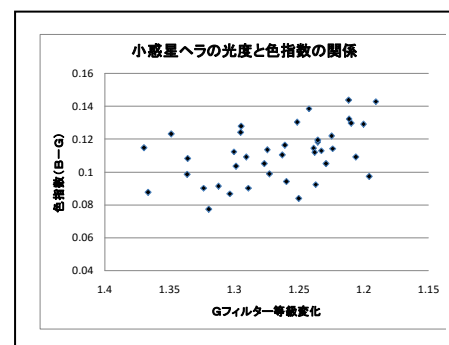


図4 ヘラの光度と色指数の相関図

太陽黒点相対数に見る50年間の太陽活動と今後の予想

竹内 津紘, 梶原 雄大, 味田 拓也, 猪谷 若那 (高2),
 内海 晴翔, 澤田 匠生, 榊原 麗, 根岸 姫奈, 糸木 智美, 今野 由菜, 近藤 美佑 (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校地学部では1966年の創部以来, 理科会館屋上に設置されている天体望遠鏡を用いて, 太陽黒点の観測を実施して来ました。今回は, そこから予測されるこれからの太陽活動について考察をまとめました。

1. はじめに

私たち國學院大學久我山高等学校地学部では, 1966年から継続して太陽黒点の観測を行なっています。その観測結果を集計し, 毎月ごとの黒点相対数およびその周期を割り出すことで, 今後の太陽活動を予測することができます。私たちは2011年にも太陽黒点サイクル24の予想を行いました, 2014年に極大を迎えるとともに緩やかに衰えていき, 低い山型になると予想しました。今回はその結果を踏まえつつ, 他の研究機関などのデータとも比較しながら, 今後の太陽活動を予想していきたいと思えます。

2. 観測方法

1) 機材

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

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

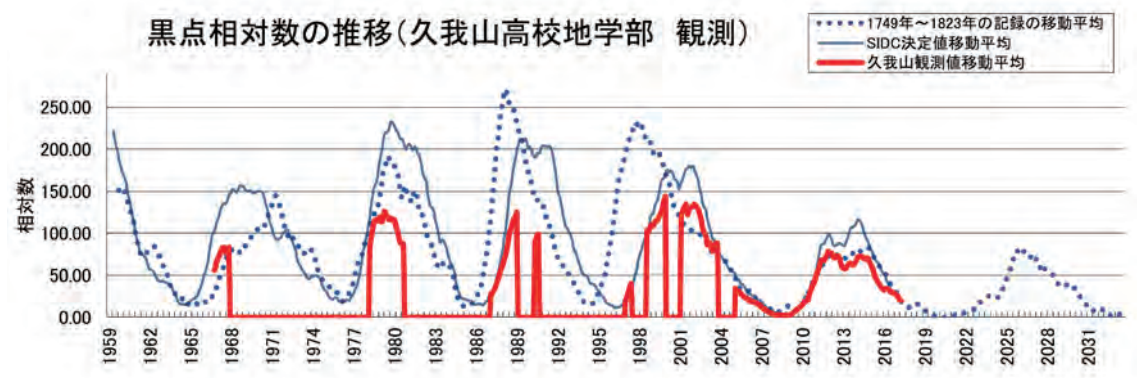
3) 手順

1. 天体望遠鏡を用いて黒点をスケッチし, 黒点数と黒点群数を求める。
2. Bo, Lo, Pの値を算出し, 太陽面経緯度図を用いて, 北半球・南半球それぞれの黒点数を求める。

3. 観測結果

地学部として観測したデータから12カ月の移動平均(久我山観測値移動平均)とSIDC決定値の12ヶ月移動平均をまとめたものが以下の図になります(欠測期間が一部あります)。

私たちの観測結果では, 黒点数はおおよそ10年前後の周期で増減を繰り返しています。SIDCのデータと比較しても, 増減の大まかな傾向は一致しています。



4. 考察

私たちの観測結果には時期によってばらつきがありますが, これは観測日数が異なるためであると考えられます。

また, 私たちは2011年の筑波大会で予定していた報告で, 2014年に極大を迎え, 推移の形はこれまでよりもなだらかな山型になると予測しましたが, 実際のSIDCのデータと一致しました。

これまでの観測結果を踏まえると, 今後も黒点の数は減少していくと予想されます。東京オリンピックが開催される2020年前後は, 太陽活動が不活発な年となり, 黒点はほとんど見られなくなるでしょう。

また, サイクル20~24とサイクル1~5が類似していることから, サイクル25での黒点数の推移は, サイクル6と同じような形になると考えられます。このことから, 今後も太陽活動が穏やかな状態が続くのではないかと考えられます。

5. おわりに

今回これまでの観測結果を分析しましたが, 時期によって誤差が生じてしまうことは今後の課題であると感じました。観測日数を増やすことで, データの正確性を高めることができるのではないかと考えました。今後も継続して黒点の観測を続け, 太陽活動の推移を追っていききたいと思います。

太陽の長期的研究及び瞬間的研究

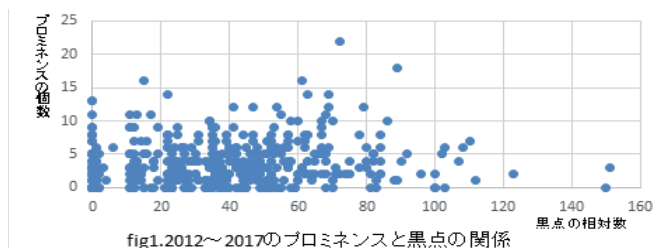
大出 甲斐莉、坂本 虎太郎、柴田 優帆、濱野 萌、福田 恭子(高2)、青木 友美、海老原 暉、鈴木 亮太、安藤 大地(高1)【國學院大學栃木高等学校天文部】、佐藤 瑞己(中2)、徳永 祐太(中1)【國學院大學栃木中学校天文部】

研究の概要

私たちは、太陽の長期的研究(A)として2012年から2017年までの黒点の相対数とプロミネンスの相関係数を調べた。その結果、まったく相関がみられなかった。次に瞬間的研究(B)として、2006年3月29日のエジプトの皆既日食と2017年8月21日のアメリカ(ミズーリ州コロンビア)の皆既日食の光の色をR、G、Bの三色に分けて調べた。その結果、快晴だったエジプトの日食と比べ、薄雲が出たアメリカの日食に強いRの光がみられた。

A-1 研究動機及び方法・結果

私達は平日の昼休みに、15cm(F=12)望遠鏡を使って太陽観測をしている。私達は、黒点の相対数とプロミネンスに正の相関係数があると考え、2012年～2016年のデータ(483個)を使って両者の散布図を作り、相関係数を出して検証した。その結果、予想に反し相関係数がみられなかった($r=0.1069$)。



A-2 考察

黒点の相対数とプロミネンスの数は太陽活動の指標として関連性があると考えられているので、データの数を多くし、検証していきたいと考える。



fig2エジプト、アメリカ皆既日食のRのグラフ

B-1 研究動機・方法 2017年薄曇りのもと、アメリカで起きた皆既日食の皆既中、太陽が赤く見えたことを不思議に思った。2006年エジプト(雲一つない晴天の時)で起きた皆既日食と2017年アメリカ(薄曇りの時)で起きた皆既中の画像をステライメージを使用し、ピクセル情報でRGBに分け、1～4の手順で値を求めRのピクセル値(平均値f)の変化をグラフにまとめ、比較した。(結果はRのみ掲載)

撮像後の処理

- 1 日食を含む写真全体のピクセル数 (a)
- 日食を含む写真のピクセル値の合計 (b)
- 日食を含まない写真のピクセル数の合計 (c)
- 日食を含まない写真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 ($e=b/c$)

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 f と皆既中のグラフを制作した。

B-2 使用した機材 エジプト：使用レンズ スリービーチ製 F8 望遠レンズズーム 500mm相当、カメラ PENTAXistDL
アメリカ：使用レンズ 笠井トレーディング製 F6、420mm相当 カメラ CANNONKISSX7i (両者の写真は断続的に撮影した)。

B-3 結果 エジプトの場合、Rの数値はあまり変わっていない。アメリカの場合、Rの数値は皆既月食が終わる後半に連れて数値が大きくなっていった。薄雲がアメジストリングをもたらしたと考えられる。

参考資料 アstroアーツ社、恒星社厚生閣アストラシリーズ太陽観測清水一郎編

太陽の黒点相対数と磁気嵐の関係 2

巣鴨中学高等学校 地学班

小林 祥之、竹縄 智広 (高2)

手塚 友健、菊岡 慧殊、江川 尚宏、矢口 大致、井口 誠斗 (高1)【巣鴨高校】

増田 雄大、牧瀬 秋侑、清野 駿 (中3)

並木 圭輔、宇都宮 耀也、小林 将大 (中2)【巣鴨中学校】

1. はじめに

我々は前回第19回ジュニアセッションで、太陽の黒点相対数と磁気嵐の関係をグラフ化し、まとめて見た。そこで、サイクル21以外の7つのサイクルでは、両者の増減の様子は概ね一致していたが、サイクル21では、黒点相対数の値が極大となった時に磁気嵐の発生回数が大きく減少していた。そこで、サイクル21(1976年9月~1986年4月)の黒点相対数の13ヶ月移動平均と磁気嵐の発生回数について両者の関係を調べることにした。

2. 目的

サイクル21での太陽の黒点相対数と磁気嵐の発生回数の関係を調査する。

3. 方法

1) 太陽の黒点相対数の13ヶ月移動平均を、Solar Influences Data Center(SIDC)から入手した。

2) 磁気嵐の発生回数を、気象庁地磁気研究所のウェブサイトから入手した。1か月のデータとそこから求めた13ヶ月移動平均のデータを用意した。

4. 結果

サイクル21では、黒点相対数と磁気嵐の関係は、図1のように変化した。

5. 考察

1) 黒点相対数と磁気嵐の13ヶ月移動平均の両者の増減の様子は、一概に一致しているとは言えない。

2) 黒点相対数が極大を迎える前後合わせて4年間弱以外の期間では概ね一致している。

3) 一致していない期間では黒点相対数と磁気嵐の13ヶ月移動平均の増減の様子は対照的と言える。

4) 黒点相対数の極大期に磁気嵐の13ヶ月移動平均が減少しているため、増減は必ず一致する、という我々の予想とは大きく異なった。

6. 今後の課題

結局、サイクル21での黒点相対数と磁気嵐のずれに関して分かったことの原因をつきとめるのは我々には困難であるから、今後は両者の知識をより深め、太陽活動について研究していきたい。

参考資料

- ・SIDC <http://www.sidc.be/sunspot-data/>
- ・気象庁地磁気観測所 <http://www.kakiokajma.go.jp/obsdata/obsdta.html>

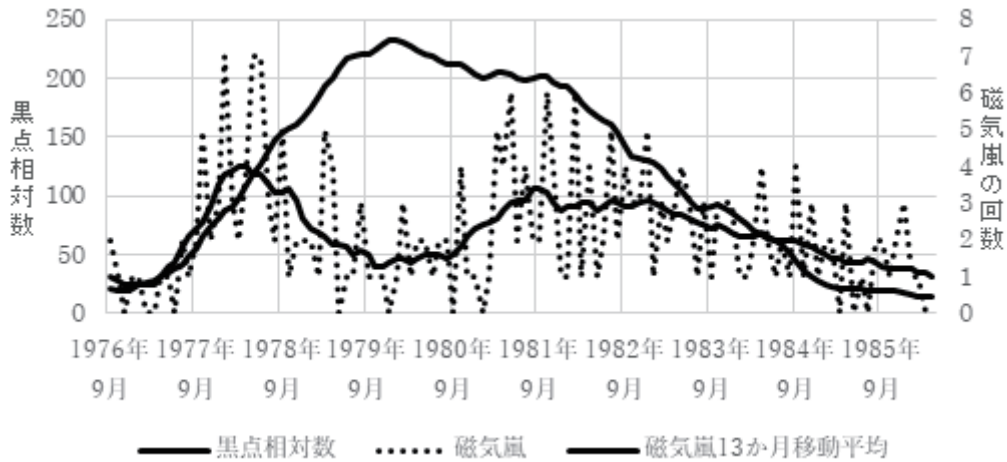


図1 黒点相対数と磁気嵐の関係 (サイクル21)

太陽の電波観測

天野 翔馬 (高2)、真山 海音 (高1) 【茨城県立土浦第三高等学校】

1. 目的

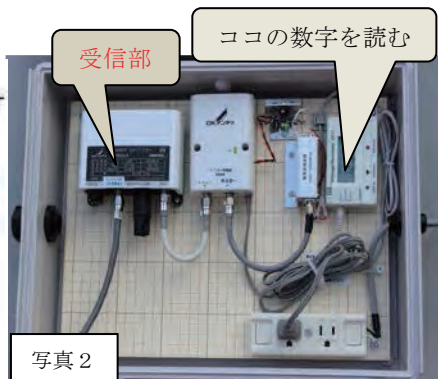
- ・ 12GHz の電波を使って太陽観測をする。最終的に電波強度を温度に変換する。
- ・ 継続的に観測し、太陽活動の変化を捉える。

2. 仮説

- ・ BS放送は雲があっても見られるので、太陽が雲に隠れても、電波観測はできる。
- ・ 黒点が少ないときの温度は10,000Kとなる。
- ・ フレアが起これば電波は強くなる。

3. 観測器具について (放課後用)

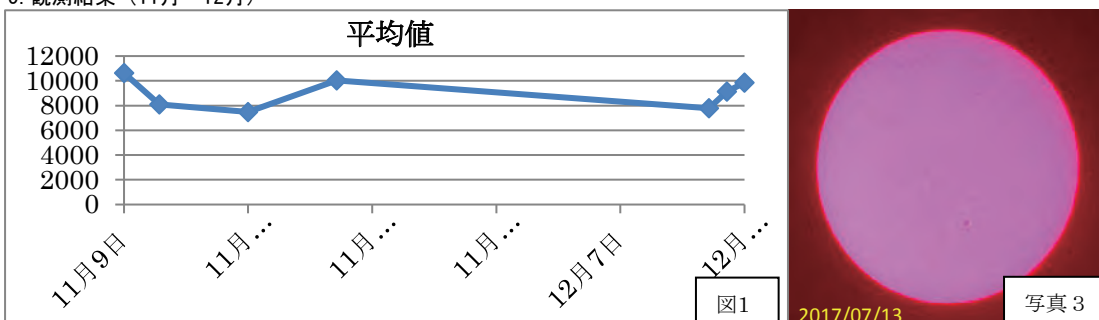
観測機器は写真1の様にH α 望遠鏡とともにタカハシEM-1赤道儀に搭載している。パラボラアンテナで取得した電波は写真2のボックスに納められた受信部やブースターに送られ、テスターの数値を読む。これ以外に観測時の気温の電波強度を求めるための電波吸収体を使用している。



4. 方法

- (1) アンテナを太陽に向け、電波を測定する。(中心で捉える必要がある)
- (2) アンテナを太陽に向けたまま、電波吸収体を被せて測定する。(外気温における電波強度)
- (3) アンテナを空に向け、電波を測定する。0 K(ケルビン)の電波強度
- (4) (1) ~ (3) のデータと電波望遠鏡の視野から太陽の温度を求める。

5. 観測結果 (11月~12月)



- ・ 観測の結果、図1のように温度にばらつきが見られた。
- ・ 冬期の平均温度は約9,000Kになった。
- ・ 太陽が薄雲に隠れていても、太陽電波に差が出ることなく観測することができた。
- ・ H α 望遠鏡でも太陽活動の様子がある程度分かる。写真3

6. 考察

- ・ 曇りの日は、太陽の位置が確認できる程度の雲の厚さであれば観測でき、値にも影響を与えない。
- ・ 厚い雲に覆われていたり、雨天時の観測はできないことが分かった。
→今年には天候に恵まれない日が多く、データが取得できない日が。
- ・ アンテナの中心で太陽を捉えなければデータが小さくなる。

7. 今後の課題

- ・ より多くのデータの収集。
- ・ 1時間程度データを取得し続け、その変化からデータの不安定さの追求→安定したデータを得る。
- ・ 全天のスカイデータを取得する。
- ・ フレアが起こった際のデータを取得したい。

惑星の運動シミュレーションによる長期的見頃予測

上野 萌恵、加藤 愛理、三浦 天子（高2）【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

概要

本研究は、長期的な惑星の見頃を予測したカレンダーの作成である。国立天文台のホームページから、春分である3月20日19時28分56秒における地球と各惑星の日心座標を求めた。そして、惑星の位置を日心座標と公転半径を用いて円軌道として平面座標上にあらわした。求めた結果と国立天文台のホームページから得られた情報とを照合したところ、火星のみが非常に大きな誤差が生じた。

1. 研究目的

私たちのような中高生が、観測合宿などで惑星を計画的に観察する際に、各惑星の見頃の時期や観測できる方向を一目で理解できる長期間（10年間）の見頃カレンダーを惑星の運動シミュレーションにより予報し、作成する。

2. 研究方法・結果

国立天文台のホームページから、春分である3月20日19時28分56秒における地球と各惑星の日心座標を求め、日心黄経における地球、また各惑星の位置を求め、x, y座標平面上として表した。地球を始点、太陽を終点としたベクトルをaベクトル、また、地球を始点、対象惑星を終点としたベクトルをbベクトル、地球の公転半径をrとし、以下の式を使って地球から見た太陽・惑星の角度を求めた。（図1）

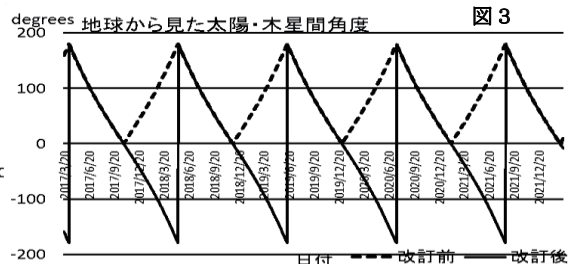
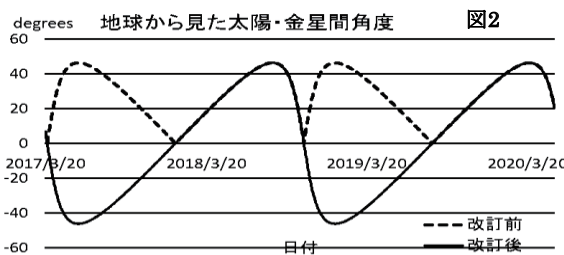
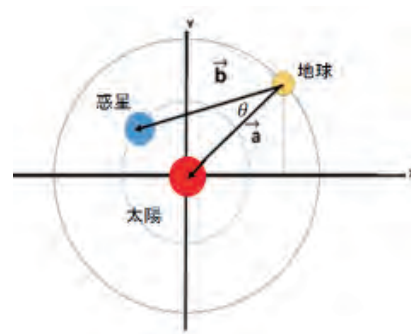
$$\cos\alpha = \frac{a \cdot b}{r|b|}$$

しかし、この角度差とは、地球から見た太陽と惑星の角度差のみを示すだけのものであり、太陽を中心として左右どちら側にこの角度が展開されているのかを知ることはできなかった。そこで、エクセル上で以下の数式を用いた。

$$\text{MOD}(\text{惑星の黄経} - \text{地球の黄経}, 2\pi) - \pi$$

上記の式を使うことによって、角度の展開方向を特定した。（図2・3）

図1 日心黄経による x, y 座標



ここで、本研究の正確性を確かめるために、各惑星が外合、内合等の位置に来る日付を国立天文台ホームページより求め、本研究によって得られたデータと比較した。（図4・表1）

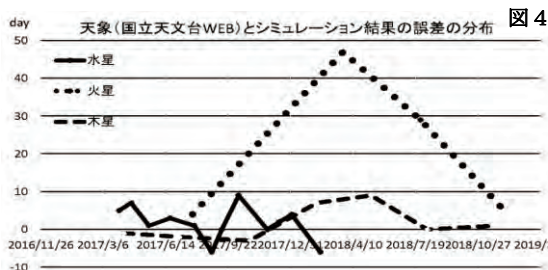


表 1

惑星	誤差の標準偏差	離心率
水星	21.500	0.2056
金星	2.400	0.0068
火星	775.500	0.0934
木星	20.714	0.0485
土星	5.667	0.0555
天王星	7.286	0.0463
海王星	7.857	0.0090

3. 考察

火星の誤差の標準偏差のみが非常に大きくなった。現在以下の原因が考えられる

- ・惑星の軌道は楕円軌道であるが、本研究では、円軌道として考えていること。
- ・火星は外惑星としては、比較的地球に近いこと。（少しのゆがみで大きな誤差が発生する）
- ・火星が外惑星であること。（内惑星と比べ、等しい角度差における誤差が大きくなる）

参考文献 ○国立天文台 暦計算室 URL : <http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/>
○天文年鑑2017

月の観測からケプラーの第2法則を導く試み

石田 唯人、市原 洸、塩谷 彰太、片山 祐、白木 歩 (高2)、佐藤 雅起(高1)

【岐阜県立岐山高等学校】

要旨

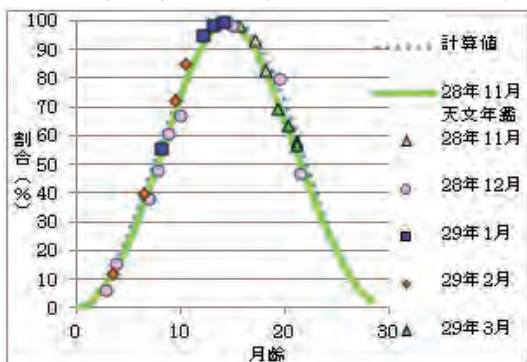
月の満ち欠けの研究をきっかけに、月の公転に伴うケプラーの第2法則の影響を観測から導くことができないか模索している。今回は1日当たりの移動角度に注目し、観測データを分析した。今後、観測誤差を考慮しながら精度を高め、公転速度の変化を求めていきたい。

1. はじめに

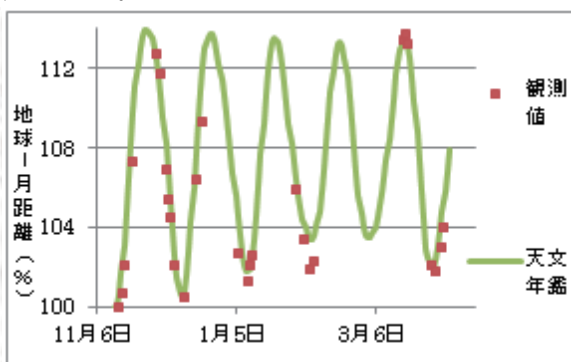
私たちはH28年度から月の満ち欠けについて研究を行っている。昨年度は月齢と月の輝面率の変化の関係や、地球-一月間の距離変化について研究を行った。

まず月の輝面率変化を説明する計算式をモデル実験で求め、実際に撮影した画像から求めた輝面率と比較した(図1)。また月の視直径の変化から地球-一月間の距離について調べた(図2)。

その結果、月の輝面率の変化の様子は、おおよそサインカーブで近似できること、ただしその変化が一定ではないことが確かめられた。これらは公転に伴って地球-一月間の距離が変化することによるケプラーの第2法則の影響、つまり月の公転速度の変化が大きく関係していると考え、現在は月の公転速度の変化を観測から導くことができないか模索している。



(図1 月齢に伴う輝面率の変化)



(図2 H28年11月～H29年3月の地球-一月間の距離変化)

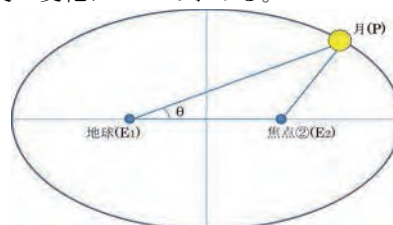
2. 目的

月の輝面率、地球との距離変化をもとに、観測から月の公転速度の変化について求める。

3. 方法

月の公転速度を求めるために、1日に角度にしてどれだけ月が動いているかを調べた。図3のような月の公転軌道のモデルを考え、長径と地球-月のなす角度 θ の変化を月の動きとして観測データの分析を行った。

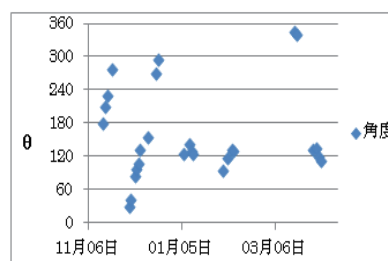
具体的には楕円の二つの焦点と月とを結んだ三角形を作り、余弦定理をもとに θ の値を求めた。 E_1P の長さは図2で求めた地球-一月間の距離を、 E_1E_2 、 E_2P の長さはそれらをもとに計算で求めたものを使用した。

(図3 月と地球がなす角 θ の模式図)

4. 現時点での結果と考察

一例としてH28年11月～H29年3月の θ の値を図4にまとめた。月が地球の周囲を等速円運動しているとすれば、約12度/日ずつ変化することとなるが、 θ の変化量を調べたところ、期間内に大きく変化していた。このことから、月の1日あたりの移動角度が変動していることが確かめられたと考えている。また、地球-一月間の距離の変化と比較したところ、距離が近い時に θ の変化量が大きくなる傾向がみられた。

現在、観測誤差を考慮し、精度を高めるべく取り組んでいる。

(図4 観測から求められた θ の値)

5. 参考文献

- ・天文年鑑2016, 天文年鑑2017
天文年間編集委員会 編 (誠文堂新光社)
- ・デジタルカメラによる天体写真の写し方 中西昭雄著(誠文堂新光社)
- ・あなたでもできるデジカメ天文学 鈴木文二, 洞口俊博編(恒星社厚生閣)

木星とその衛星の観測からケプラーの第3法則を検証する

中林 在 (高3)、古畑 翔大 (高1) 【工学院大学附属高等学校 天文部】

要 旨

私たちは、木星およびその衛星の写真を、高校の天体望遠鏡を用いた観測によって取得し、データ・モデル化した後ケプラーの第3法則を検証した。木星の衛星が全て等速円運動していると仮定してデータ解析をした結果、円運動の角速度が半径の -1.7 程度に比例していることが示唆された。この値は、ケプラーの第三法則の値に近い結果である。

観測・解析の手法

i)木星の観測および撮影：木星の衛星の画像を5分の間隔をあけて9枚ずつ、40cm口径リッチー・クレチアン型反射式望遠鏡にNikon一眼レフ810Aを取り付けて撮影した。
 ii)解析：撮影したデータを一次処理した後、9枚のデータを加算合成し、各時刻での木星の中心位置、半径及び衛星の位置座標を取得した。それぞれの衛星が、惑星の周囲を等速円運動していると仮定し、各衛星の、円運動の半径 r と角速度 w 及び円軌道の視線に対する傾き角 i を観測データから最小二乗法によって求めた。データ解析には、Makali'i及びExcelのフィッティング機能を用いた。⁺

結果

撮影では4つの衛星を確認できたが、今回はそのうち3つについて軌道の解析を行い、 r と w の値を求めた。その結果、得られた r と w の関係を、 $w = ar^b$ という式に当てはめてみると、 $a = 16, b = -1.7$ が最も結果をよく再現する値であった(図1)。ケプラーの第三法則は、 $b = -1.5$ であるので、今回求めた値と比較すると、10パーセント程度のずれがある。

今後の展望

- ・ 誤差を評価し、ケプラーの第3法則がどの程度の精度で検証できるかを調べる
- ・ 得られた r と w のグラフを参考に、誤差をより少なくすることと4つ目の衛星の撮影ができるように、今後の観測を計画する。

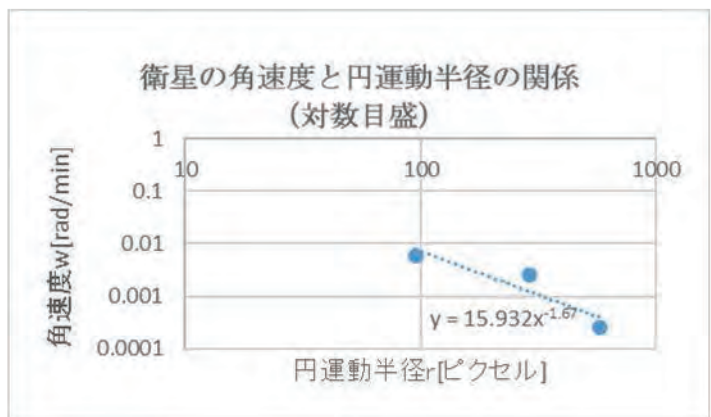


図 1

⁺ 参考文献：すばる画像解析ソフト -Makali'i- 配布サイト <http://makalii.mtk.nao.ac.jp/index.html> ja

太陽の影が描く曲線の正体を探る

小林 諒（中2）【上越教育大学附属中学校】

要 旨

3年目の継続研究。今まで使用していた観測装置の紙製ノーモンからネジ釘にかえ観測日の日影曲線を同一用紙にして観測誤差をなくした。また観測時間も日の出から日没までとし、観測データをより詳細にとることにして昨年4回観測をおこなった。その結果日影曲線が円ではなく円錐曲線と呼ばれるものであることを突き止めた。

1. はじめに

太陽の影の先端を線で結ぶと今までの観測から春分、秋分の頃はほぼ直線になるが春分の頃から夏至に向けては北向きに凸の弧を描き、秋分の頃から冬至に向けては南向きに凸の弧を描くことが分かっていた。

大型透明半球の観測では太陽は等間隔に移動しているのに影の先端点を結んだ日影曲線は等間隔にはならなかった。日影曲線は視覚的には単純な曲線（円）に見えたが実際はどうなっているか、再度新しい観測装置を開発して日影曲線の正体に迫った。

2. 新観測装置の開発

日影曲線の観測をおこなう場合には、出来るだけ条件を一致させて観測をすることが大切である。

今までの観測の反省から次の4点を改良して新しい観測装置を考案した。

- (1) 観測用紙を観測のたびごとに交換しない。
全観測日の観測点を同一の用紙（A3）1枚に落とすようにした。また冬至の日影曲線が最も長くなるので観測板の大きさを40×60×1.6cmとしノーモンをケント紙からネジ釘（直径3mm、長さ49mm、高さ33mm）とした（図1）。
- (2) ノーモン（ネジ釘）を観測板に垂直に固定する。
ネジ釘が観測板に垂直になっているかどうかの不安は残るが錘よりは日影が鮮明にできること、ネジ釘が観測板にしっかり固定されるので持ち運びも安心できた。
- (3) 観測装置を水平に保つ
観測板の裏側4隅にネジを回して調節できる物（ホリアジャスター）を取り付け、微調整は粘土を使う。
- (4) 磁北を合わせる。
磁針3個を使って調べたが、厳密に3個とも微妙に異なった。そのため上越市の南中時刻をインターネットで調べてスキャナーで取り込んでデータをキャドローで作図化して磁北を合わせた。

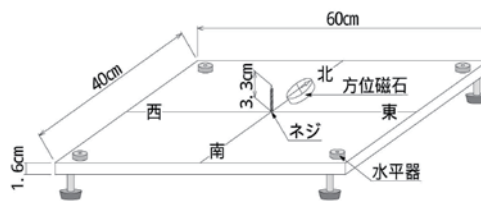


図1 観測装置（自作）

3. 観測と結果

観測は今までの反省の上に立ち次のように行った。

- (1) 観測日は3月20日、4月2日、5月4日、7月8日の計4日である。主に春～夏に設定をしたのは、春分～夏至までの太陽の動きを正確に測定すれば、夏至～秋分までの動きと同じである。
しかし、秋分～冬至までの観測は、太陽光が弱いこと、冬の降雪等もあり上記の期間のみとした。
- (2) 観測時間は日の出から日没近くまでの時間とし、15分おきに観測点をとった。
- (3) 観測場所は公共施設をやめ私有地とした。
その結果得られた日影曲線を図2に示す。

4回の観測日の8時から10時、10時～14時、14時～

16時の観測点を結んで半径をキャドローで求めると各々の半径が異なり単純な曲線（円）ではないことが分かった。インターネットや科学技術館（東京）の特別展などを見学して日影曲線が円錐曲線と呼ばれる楕円や放物線、双曲線の仲間であることが分かった。しかしそのいずれであるかは不明である。

影の先端点と観測棒（ネジ釘）の先端点の先に太陽がいる。極端に考えると地平線に昇ってきた太陽の影は、そのまっすぐ先の地平線まで延びていると考えられる。7時～8時、16時～17時の観測点は、ほぼ直線になり正午付近で曲線を描いている。

円錐を紙で作いろいろ方向に切断をして展開したときの形に似ていた。

4. おわりに

観測装置を開発することにより観測条件をそろえることの難しさを痛感した。また観測に適した気象条件、さらに日影曲線が円錐曲線のどの曲線に該当するか等いくつかの課題が残った。

参考文献

- ・小林諒（2016）：第18回ジュニアセッション「ぼくの太陽観測 2014～2015」予稿集 PP52～53

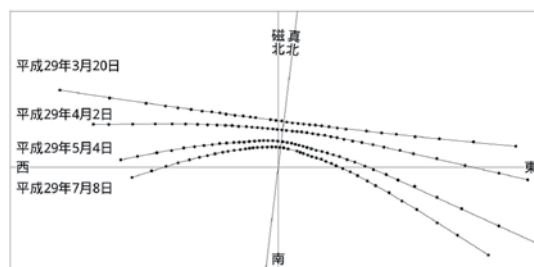


図2 日影曲線

八尺の圭表儀の製作と観測

安慶名 琉、中村 真慧 (中3) 大野 柚、鎌田 耀五、眞田 太仁、山本 楓人 (中2) 【塩尻市立丘中学校科学部】

要 旨

会津若松市の「日新館天文台跡保護推進プロジェクト」の方から、会津藩校の天文台で使われていた観測器具「圭表儀」の復元の参考にしたという依頼を受け、高さ八尺 (240cm) の圭表儀を製作し、観測して精度を調べた。

1. 日新館天文台の圭表儀の大きさの推定

圭表儀は江戸時代まで太陽の南中高度の観測に用いられた器具である。鉛直部(表)と水平部(圭)の2つの部分からできている。資料「日新館志巻之二」には、当時の圭表儀が描かれている。この図から土台の高さ(6.3m)と比べて計算し、表の高さが約2.4m(八尺)であると推定した。(図1)

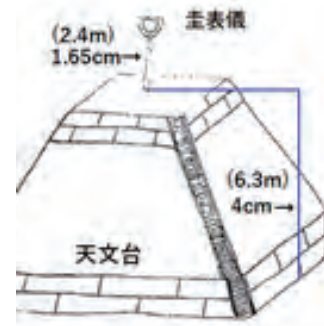


図1 日新館志巻之二

2. 設計

(1) 圭の長さを求める

圭の長さは、表の影の長さの最大値より大きくなくてはならない。ここで冬至の日の南中高度を a ($=90^\circ - \text{緯度} - \text{地軸の傾き}$)、表の高さを h とすると、冬至の影の長さ L は $L = h / \tan(90^\circ - a)$ で求めることができる。会津若松市(北緯 37.5°)では、圭は 432cm よりも長く作る必要がある。

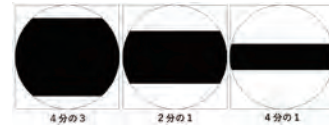


図2 太陽と横梁の見かけの大きさ

(2) 横梁の直径

精密な値を得るために、表の上部の細い横棒(横梁)の像と太陽の像を景符と呼ばれるピンホール(スリット)で圭の上に映し出して観測する。観測に最適な横梁の直径を求めるために、図2を描いた。横梁が太陽像の4分の1になると像が見やすくなると考えられる。八尺の圭表儀では横梁の位置での太陽の見かけの直径は2.2cmとなり、その約4分の1にあたる直径5mmを横梁の直径とした。



図3 圭のパーツの連結部

(3) 構造

材料に軽いファルカタ材を使用し、箱型にして強度と耐性を高めた。4mを超える圭は、そのままでは運搬も収納も難しい。そこで圭を3分割して製作し、観測時に組み立てることにした。各部分の連結部はレールと呼ぶ4本の角材を用いて、外からねじ留めをして固定した。また圭の各部分に水平調整用のねじを設けた。

3. 製作

圭の板を曲げないように、金属定規の上に密着させて箱状に組み立てた。また、レールをやすり掛けして、組み立て精度を高めた。



図4 八尺の圭表儀

4. 観測結果

八尺の圭表儀で求めた南中高度から求めた値を表1に示す。過去3年間の小型圭表儀から得た式*1との差は $0.01^\circ \sim 0.07^\circ$ であり、比較的高い精度で観測することができたと考えられる。

5. 今後の課題

・レーザー光を当てる位置を調整するのが難しい。簡単に真下の点を求められるように工夫していきたい。

・会津藩校では4mを超える木製の圭を、観測のたび、どのように高さ6.3mの天文台の上に運んでいたのだろうか。資料を探して調べてみたい。

表1 八尺の圭表儀による南中高度の観測結果

観測日	観測値(°)	暦の値(°)	差(°)	観測日	観測値(°)	暦の値(°)	差(°)
2017/4/29	68.46	68.40	0.06	2017/7/8	76.34	76.30	0.04
2017/5/14	72.53	72.50	0.03	2017/11/11	38.80	38.74	0.06
2017/5/20	73.91	73.89	0.02	2017/11/25	33.15	33.08	0.07
2017/5/27	75.16	75.19	-0.03	2017/12/23	30.44	30.42	0.02
2017/6/4	76.30	76.32	-0.02	2018/1/6	31.41	31.35	0.06
2017/6/12	77.00	77.02	-0.02	2018/1/13	32.35	32.37	-0.02
2017/6/17	77.23	77.24	-0.01				

6. 参考文献

1) 圭表儀による南中高度の観測から地球の公転軌道の離心率を求める, 丘中学校, 2016, ジュニアセッション予稿集

影の長さの観測から祖沖之の法で南中時刻を求める

松澤 シズ、宮本 優翔、長田 琉斗、下澤 翼、橋本 輝星(中1) 小松 眞歩、荒川 愛莉、日下部 咲希、高瀬 美羽、安慶名 琉、中村 眞慧(中3) 鎌田 耀五、大野 柚、眞田 太仁、山本 楓人(中2)

【塩尻市立丘中学校科学部】

要 旨

圭表による太陽の影の長さの観測から祖沖之の法を用いて夏至や冬至を求めることができる。1日の影の長さも同様の変化をするので、その観測結果から祖沖之の法で南中時刻を求められるのではないかと考え、確かめてみた。

1. 観測装置と観測方法

太陽の動きの観測に使用してきた自作の装置(図1)の観測結果を用いた。

構造：表(高さ60cm)と圭(影の長さを観測する水平部)は木製。金属の板に直径2mmの穴を開けたピンホールを、表の上部に取り付けてある。

観測方法：ピンホールから通った太陽の光が圭に太陽像として映し出される。その中心を5分毎に記録する。ピンホールの真下を下げ振りで調べ、そこから太陽像の中心までの距離を影の長さとして求めた。

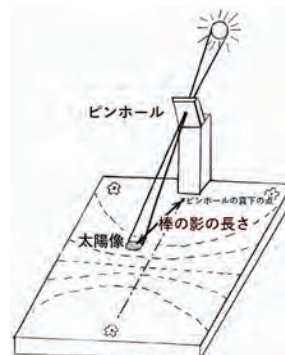


図1 観測装置

2. 祖沖之の法による計算方法

図2に「祖沖之の法」のしくみを示す。次の手順で南中時刻を求める。

- (1) 南中前の1つの観測(時刻A,影の長さa)と、影の長さがそれを挟むような南中後の2つの観測(B, b), (C, c)を選ぶ。

a, b, cはできるだけ近い値となるようにする。

- (2) 南中時刻Fは、次の式で求める。

$$E - B = (C - B) \times (a - b) / (c - b)$$

$$F = (E + A) / 2 = (E - B + B + A) / 2 = (C - B)(a - b) / 2(c - b)$$

- (3) 全ての観測から求めたFの値を平均して南中時刻を求める。
- (4) 同様に南中前2観測と南中後1観測の組み合わせも計算する。

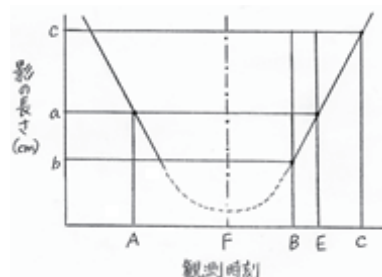


図2 祖沖之の法の計算方法

3. 祖沖之の法で求めた南中時刻の計算結果

5分毎の太陽の影の長さの観測値が全て揃っている日(2016年3月26

日)について南中時刻を求めた(図3)。影の長さが短いほどばらつきが大きくなる。挟まれる値を南中の前にとった場合と後にとった場合では、値の偏りやばらつきにほとんど違いが見られなかった。また、求めた時刻は、国立天文台こよみの計算室の暦(予報)より早い値になっている。

4. 考 察

南中時刻付近を使って求めた値は、ばらつきが大きくなるのが分かった。これは、南中時刻に近づくと影の長さの変化が小さくなるので、それに対する観測誤差の割合が大きくなるためだと考えられる。また、求めた南中時刻の平均と国立天文台の暦との間には約20秒の差がある。20秒は、影の長さだと1mmとなる。観測の記録位置に1mmほどの誤差があるのではないかと考えられる。

5. 今後の課題

観測値が不正確になる原因は、圭の板の表面が気温の変化で歪んでいることや、真下の点がずれていること、また、測定誤差(記録位置や距離の測定)があることも考えられる。その原因をこれから明らかにしていきたい。また、現在、圭が歪まない構造を持ち、景符(ピンホール)と十字型の横梁を用いた装置を考案して、製作中である。これを用いて、さらに精度の高い観測をして、祖沖之の法でどこまで精度よく南中時刻を求められるかに挑戦していきたい。

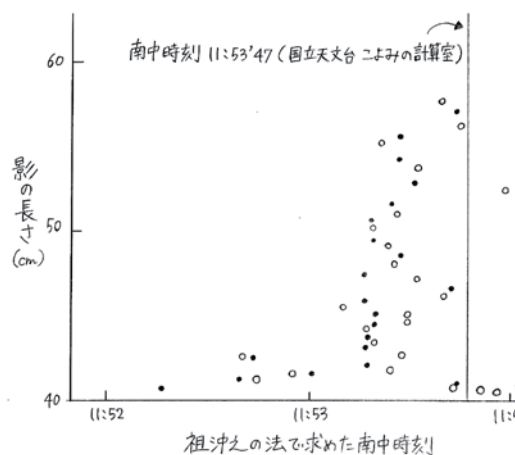


図3 南中時刻の計算結果

挟まれる値(図2のA)について、●は南中前、○は南中後にとって計算した場合の値である。

皆既日食から太陽の重力レンズ効果を探る！

千田 康太、名和 卓哉、稲垣 里彩（高2）【愛知県立一宮高等学校地学部】

1. 概要・目的

太陽重力による重力レンズ効果が働くと、太陽背後の星が光路を歪められて本来の位置からずれた見かけの位置に見えるが、日中は明るいので星を観測することはできない。ところが顧問の高村裕三朗先生が、2017年8月21日に北アメリカ大陸で観測された皆既日食の撮影に成功した。皆既日食時は空が暗くなるため太陽背後の星が観測出来る。私たちはこの貴重な機会を利用して、太陽の重力による重力レンズ効果の大きさを調べようと思い、研究を始めた。



写真1. 皆既日食(2017.08.21)

2. 皆既日食写真(写真1)について

観測場所：アメリカ合衆国アイダホ州レクスバーク

観測日：2017年8月21日

使用機材：Canon EOS 6D、Canon EF200mm F2.8、Canon

Extender EF2×（焦点距離 400mm）ISO1600 露出1/8秒 4コマ加算平均

3. 方法・結果

撮影した皆既日食の写真では、レンズ収差による影響が考えられる。その影響を考慮するため、日食写真と同機材を用いて星野写真を撮影した。

まず、星野写真上で中央付近の基準星と15の対象星を定め、基準星と各対象星との星間角距離(°)をピクセル距離(pixel)で割り、その比の値を求めた(図1)。角距離はステラナビゲータから算出した。図1の相関が強いことから、レンズによる収差は画面中心から同心円状にはたらいっていると考えられる。

次に日食写真において、図1の近似直線の傾きを用いてレンズ収差による影響を考慮した後、図1と同様の手順で、太陽と周辺の星での星間角距離(°)とピクセル距離(pixel)との比の値を求めた(図2)。太陽からの距離に近い星ほど重力レンズの影響を大きく受けることが分かるが、はずれ値が含まれている。

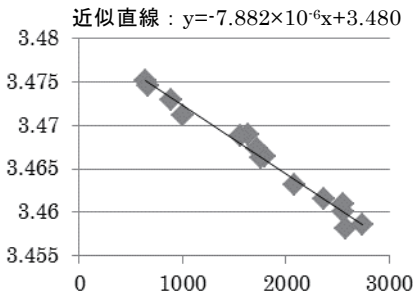


図1

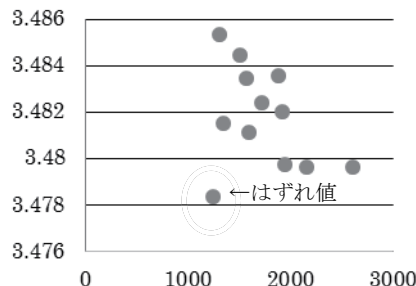


図2

図1、2共に

縦軸：

比(°/pix)

横軸：

ピクセル距離(pixel)

4. 考察

図2にはずれ値が含まれたこと理由として、以下の3つが考えられる。

仮説1) 皆既日食中は太陽が月背後に隠れて見えない上、月の輪郭がぼやけているので、太陽や月の正確な座標が求められなかった

仮説2) 収差の反映に失敗している

仮説3) 撮影した写真は積算露出時間が何秒にも渡っているうえ、何枚かの写真を合成しているため、撮影時間が秒単位では正確でなかった

今後は、以上の3つの仮説を検証することで図2の精度向上を目指し、太陽からの距離による重力レンズ効果の変化について正確に算出することを目的として活動していく。

5. 使用ソフト・参考文献

使用ソフト：Microsoft Excel、すばる画像処理ソフト マカリ（国立天文台）、天文シミュレーションソフトウェア ステラナビゲータ（AstroArts）、天体画像処理ソフトウェア ステライメージ（AstroArts）

参考文献： AstroArts 「月刊星ナビ2017年7月号」、

静岡県立磐田南高等学校 地学部天文班 「日食画像を利用した太陽の重力レンズの検出」：

http://www.asj.or.jp/jsession/2010haru/52_jsession2010.pdf

分光観測によるA型星のスペクトルの比較

三浦 凜佳（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

1. 要旨

私は1年次のときに、部活での研究を通して、スペクトルについて学んだ。そして、恒星は表面温度や含まれている元素などでスペクトル型というものに分類されていることを知った。私は同じスペクトル型の恒星ではスペクトルに細かな違いはないのか興味を持った。そのため、こと座のベガとおおいぬ座のシリウスという同じA型の恒星を観測、比較した。

2. はじめに

恒星はスペクトル型に分類されている。恒星の分類方法には表面温度により分類されるハーバード型と、表面温度(スペクトル型)と絶対等級(光度階級)の2つの指標により分類されるMK分類がある。恒星に含まれている元素は、恒星のスペクトルを解析し、吸収線の波長をみることで特定できる。今回の研究ではベガとシリウスに含まれている元素について比較を行った。

3. 観測

2017年11月11日におおいぬ座のシリウス、2017年12月14日にこと座のベガを本校の天体観測ドームにて観測した。シリウスは1枚あたり露光時間を5秒として合計5枚撮影した。ベガは1枚あたり露光時間を10秒として合計5枚撮影した。用いた観測機器は、口径30cmのカセグレン式反射望遠鏡、冷却CCDカメラ、分光器、水銀灯である(図1)。水銀灯を用いたのは、水銀から出る輝線スペクトルより天体スペクトルの波長付けを行うためである。



図1 使用機材

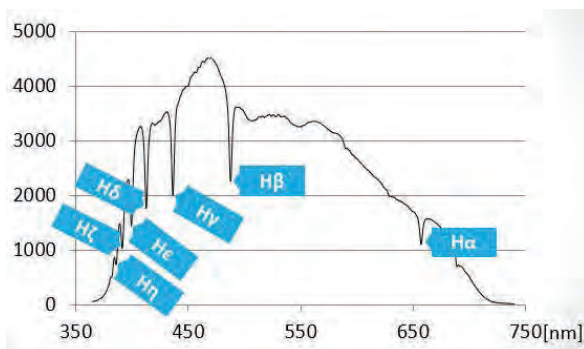


図2 シリウスのスペクトル

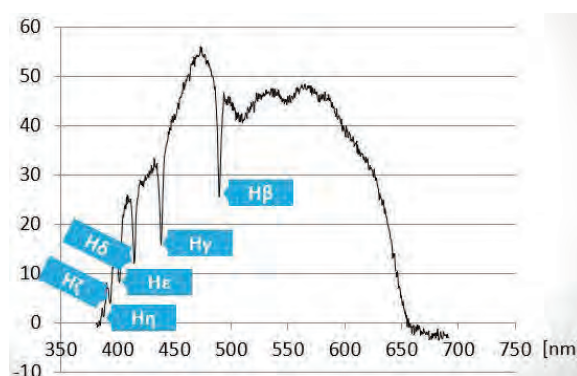


図3 ベガのスペクトル

4. 解析

観測によって得られた画像をすばる画像解析ソフト Makali`i を用いて解析した。このソフトでは、まず観測時に撮影した画像からダークを1枚ずつ引いて加算平均を行う。その後、水銀より得られた波長付けをして、Excelでスカイ引きを行った。最後にグラフを作成し2つの恒星を比較した(図2・図3)。

5. 考察

シリウス、ベガともに水素の吸収線が強くみられた。A型星には水素が多く含まれていることが特徴であるため、これらの星はA型であることがわかる。また、それぞれのカウント値を比較すると、シリウスよりもベガのほうが小さい。このようになった原因として、ベガの観測時にピント合わせが不十分だったと考えている。

6. 今後の展望

現段階では、シリウスとベガに含まれている元素を特定し、比較するところまで行えた。今後はシリウスとベガのフラックス較正をして表面温度を計算し、より細かく比較する。

脈動変光星 きりん座 BL (BL Cam) 測光観測

松下 真美子, 大谷 崇一郎(高2), 藤田 睦, 山口 環子, 田渕 麻央,

西野 愛優李, 来田 磨保, 米原 夏葵, 山下 怜美(高1)【兵庫県立舞子高等学校】

1. はじめに

私たちは2018年1月12日から1月13日にかけて兵庫県立大学西はりま天文台にて、きりん座 BL の測光観測を行った。これは、脈動変光星で短期間に膨張・収縮することにより、極度に増光し、その後緩やかに減光する変光星のことをいう。

2. 観測・撮影の時間と方法

西はりま天文台 60cm 望遠鏡に CCD カメラ (SBIG ST-L) を使用し、2 色測光観測を行った。V バンド、B バンドフィルターを使用して 2018 年 1 月 12 日 22 時頃～1 月 13 日 3 時頃 (日本時間) まで露出時間 30 秒で交互に撮影を行った。



西はりま天文台 60cm 望遠鏡

3. 先行研究

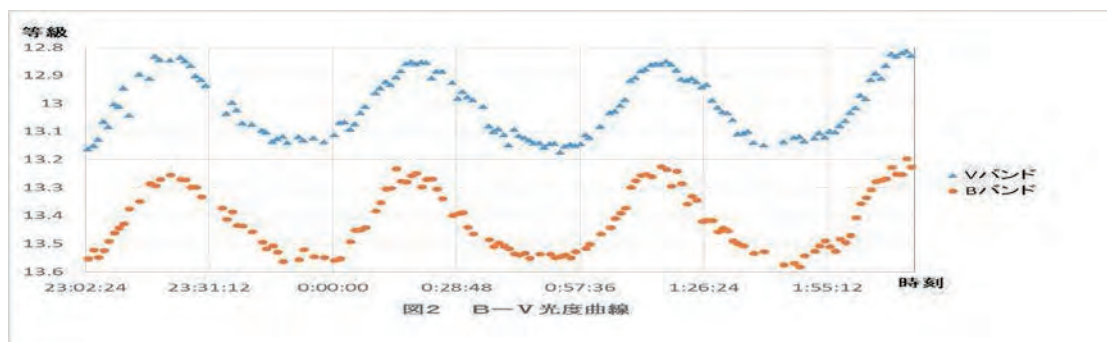
昨年度、先輩がきりん座の BL の測光観測を行った。今年度、別の変光星の観測を行うこととして、9 月から 11 月に 6 夜観測を予定したが、天候が悪く、季節とともに観測不可能になり、同じ対象となった。

4. 測光・データ処理

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

5. 結果

光度の周期的な増減が確認できた。(図 2)



6. 考察・課題

このデータから周期が平均 54 分と求められた。【SIMBAD Astronomical Database】には、周期 57 分 36 秒と書かれていることから、近い値を得ることができた。きりん座 BL の変光は、星自体の膨張・収縮が考えられるが、その原因は何か。また、今回 1 回のみの観測だったためさらに研究観測が必要だと感じた。B バンド、V バンドのフィルターを使って撮影を行い、B-V の色指数は、平均 0.41 となった。昨年と同じ対象星になったが、1 年生にとっては、新鮮で、良い経験になったと思う。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いただき、この場を借りてお礼申し上げます。

食変光星のライトカーブと色指数変化の関係

樋口 陽日、原 琴音、中島 力(中2)【新島学園中学校】

要旨

変光星の光度曲線による分類にアルゴル型(EA型)、こと座β型(EB型)、おおぐま座W型(EW型)がある。変光星のライトカーブと色指数(B-G)の変化を観測した。接触した連星系で共通の大气があるEW型は、2つの星が重なり恒星だけが見える主極小と副極小より、2つの星が横になり共通大气が見えるときの色指数が青色側にシフトした。共通大气がなく2つの恒星が比較的離れているEA型、EB型では、2つの恒星が並んだときに青色側にシフトしなかった。共通大气が恒星より高温で色指数が青色の方にシフトしたと考えられる。

1. はじめに

私達は、科学技術振興機構JSTの「中高生の科学研究実践活動推進プログラム」で天体の色をテーマとして観測を行っている。前回の観測から、変光星EW型の色温度が、主極小と副極小時の色温度より2つの恒星が横になった時に青色側にシフトした。変光星EW型の共通大气の温度が連星の温度より高いために、色温度が青色側にシフトしたと考えた。そのため今回はEA型、EB型とEW型の変光星のライトカーブと色温度変化の関係について観測した。

2. 目的

EW型BX(Peg)周期0.28042日、EB型GW(Gem)周期0.65944日、EA型V0392(Ori)周期0.65928日のライトカーブと色指数変化を観測して、EW型変光星の共通大气が色指数の青色側シフトに関係しているのか観測する。

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、バーダープラネタリウム社LRGBフィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行い、ダーク・フラット補正を行った後に国立天文台の「マカリ」で光度を測定した。撮影は-20℃冷却、2×2ピニング、30秒から120秒露出で行った。

4. 結果

図1～図3にライトカーブと色指数の変化を示す。主星と伴星が重なって見えている主極小と副極小が観測でき、連星が並ぶ極大付近を観測できた。EW型BX(Peg)は極大付近(恒星が横に並び共通大气が見える位置)で色温度が青色側にシフトした。EB型GW(Gem)に変化はみられるが、主極小の色温度と副極小の色温度の間で変化して、極大の付近で青色側にシフトしていないと考えられる。EA型V0392(Ori)は色温度の変化があまり観測されなかった。極大で青色側にシフトしていないと考えられる。

5. 考察

共通大气のないEB型、EA型の色温度変化は連星の2つの恒星の色温度の間で変化すると考えられる。EW型の共通大气は、変光星の連星より色温度が青色で高温であると考え、共通大气が見える極大で恒星の色温度より青くなることが説明できる。

6. まとめ

今後、EW型の変光星を複数観測して、連星が並び共通大气が見える極大の色指数の変化を観測する。EW型BX(Peg)以外の複数の変光星で同様の変化が観測できるか検討する。

7. 謝辞

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

8. 参考

- (1)「永井和男の食変光星観測のページ」の短周期連星系の極小予報 <http://eclipsingbinary.web.fc2.com/index-j.htm>
- (2)「シリーズ現代の天文学」第7巻恒星(日本天文学会編, 日本評論社)

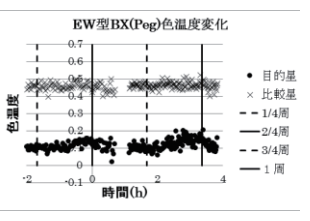
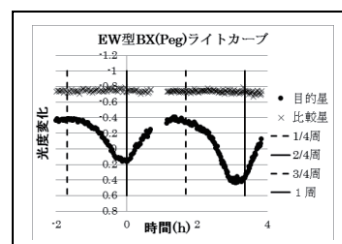


図1 EW型BX(Peg)

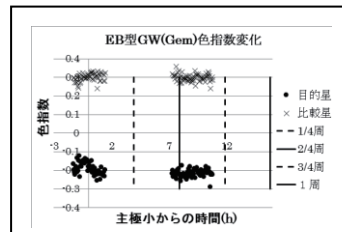
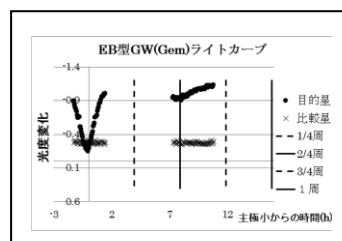


図2 EB型GW(Gem)

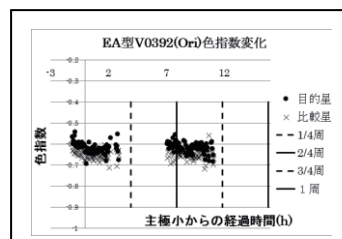
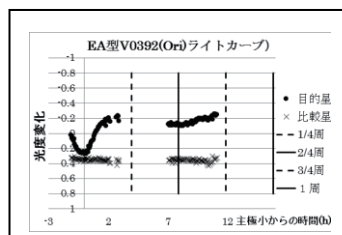


図3 EA型V0392(Ori)

系外惑星WASP-52b(Peg)のトランジット観測による物理量の計算

中里 海斗(高2)、飯野 聖希(高1)【新島学園高等学校】

要 旨

系外惑星WASP-52b(Peg)のトランジット観測を3回行った。光度曲線の減光を観測することができ、その減光率より惑星の半径を算出した。そして、光度曲線より公転周期、軌道長半径、軌道傾斜角を算出できた。

1. はじめに

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

2. 目的

WASP-52b(Peg)について連続的に測光観測を行い、惑星のトランジットによる減光をとらえた光度曲線を作成する。光度曲線から物理量を求める。

3. 方法

西村製作所の40cmF5ニュートン式反射望遠鏡とビットラン冷却CCDカメラBJ-54L、バーダープラネタリウム社LRGBフィルター、笠井トレーディング社コマコレクターで撮影を行い、ダーク・フラット補正を行った後に国立天文台の「マカリ」で光度を測定した。撮影は-20℃冷却、2×2ビニング、60秒露出で行った。観測日時はETD Exoplanet Transit Database(ETD)のホームページでトランジット予報を調べた。観測は2016年11月1日、2016年12月6日、2017年1月10日の3回行った。

4. 結果

図1～図3にWASP-52b(Peg)の光度曲線を示す。トランジット予報付近に系外惑星による減光が観測された。第1～第4接触時間は光度曲線を4つの領域に分け、台形近似して求めた。

○系外惑星の半径 R_{planet} (km)

図1,2の減光率はそれぞれ0.962、0.965であった。

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

2回の減光率の平均と恒星半径を $0.79 \times$ 太陽半径⁽²⁾として、(1)式より系外惑星の半径 R_{planet} を求めた。

$$R_{planet} = 1.1 \times 10^5 \text{ km} \quad \dots(2)$$

○公転周期 T (h)

ETDを参考に3回の観測から公転周期 T (h)の平均を求めた。

$$T = 42 \text{ (h)} \quad \dots(3)$$

○軌道長半径 a (km)

(3)の公転周期 T と恒星質量 M_{star} を $0.87 \times$ 太陽質量⁽²⁾としてケプラーの第3法則より軌道長半径 a (km)を求めた。

$$a = 4.1 \times 10^6 \text{ km} = 2.7 \times 10^{-2} \text{ AU} \quad \dots(4)$$

○軌道傾斜角 i (°)

参考文献(1)の軌道傾斜角 i に関する下記(5)式を用いて求めた。

$$t_T = \frac{TR_{star}}{\pi a} \sqrt{\left(1 + \frac{R_{planet}}{R_{star}}\right)^2 - \left(\frac{a}{R_{star}} \cos i\right)^2} \quad \dots(5)$$

恒星半径 R_{star} は $0.79 \times$ 太陽半径⁽²⁾を用い、トランジット継続時間(第4接触－第1接触)は図1,2より $t_T = 8.73 \times 10^{-2} \text{ day}$ を用いて計算した。

$$i = 88^\circ \quad \dots(6)$$

5. 考察

系外惑星WASP-52b(Peg)の恒星を文献(2)の値で計算した場合、木星の約1.5倍の大きさの惑星が、水星の約10分の1の軌道を回っていると考えられる。今回求めた物理量の値は、文献(2)の値とよく一致すると考えられる。

6. まとめ

系外惑星のトランジット観測で惑星の物理量を求めることができた。更に観測精度の向上を行い、離心率などを求めていきたい。

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。

8. 参考

- (1) S. Seager and G. Mallen-Ornelas, A Unique Solution of Planet and Star Parameters from an Extrasolar Planet Transit Light Curve, ApJ, 585, 2003.
- (2) G. Hebrard et. al., WASP-52b, WASP-58b, WASP-59b, and WASP-60b: Four new transiting close-in giant planets, A&A, 549, 2013.

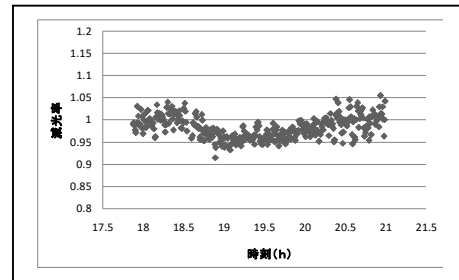


図1 2016年11月1日

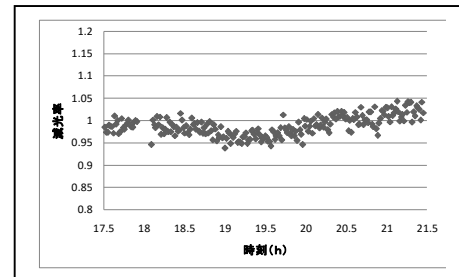


図2 2016年12月6日

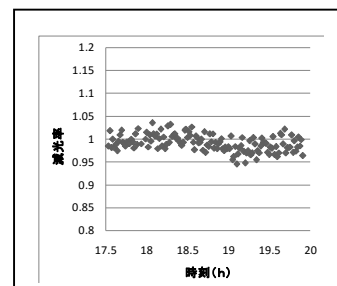


図3 2017年1月10日

KIC 8462852の測光結果に基づく減光の仮説と検証

豊田 麗未、井上 佳奈、片山 夏生、沼部 恵 (高2) 望月 拓未、上田 彬斗、森 優輝、
片岸 俊治、吉村 日沙、間島 秀慧、角屋敷 絵里 (高1) 【成蹊高等学校天文気象部】

要旨

2015年にケプラー衛星により不規則に減光する恒星であることが発見されたKIC8462852について、成蹊高等学校天文気象部では、いくつかの仮説を立てて検証を行い、不規則な減光の理由を解明しようとした(川野ほか,2017)。今年も昨年に引き続き、KIC8462852の測光を行ったうえで、減光のメカニズムについて推定を試みた。

1. KIC8462852とは

KIC8462852ははくちょう座方向に180光年離れた場所にある明るさ $V=11.88$ 等のF型主系列星である。

この恒星の最大の特徴は、2015年に発見された全光量の2割に及ぶ不規則な減光である。2割の減光は系外惑星のトランジットによる減光よりもはるかに大きいもので、その原因についてはまだ解明されていない。

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。

KIC8462852は変光の発見者の名前から“Boyajian’s star”と呼ばれることが多いが、私たちはバリエ「白鳥の湖」の役のひとつである黒鳥の名をとってオディールと名付けた。オディールは魔女の娘で白鳥に化けて王子をだましてしまう。KIC8462852が白鳥座にあり、そしてその不規則な変化が怪しく見えるのでふさわしいと考えた(川野ほか,2017)。

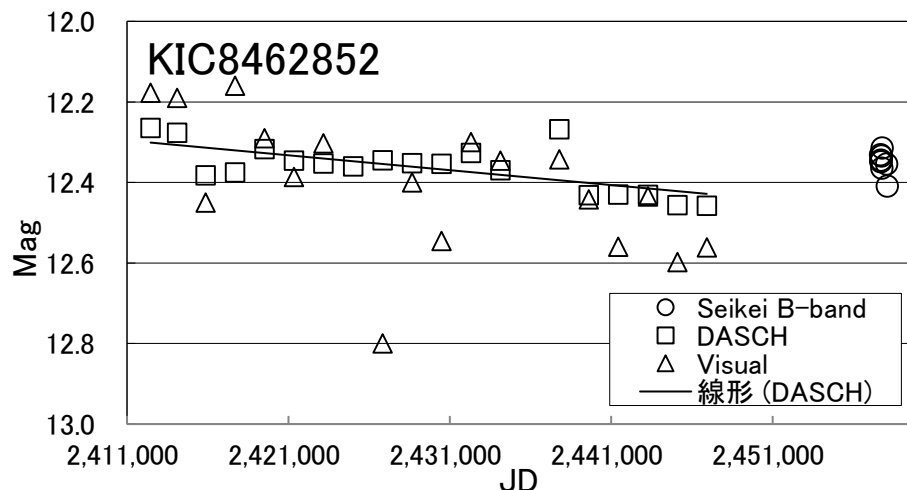
2. 光度観測

下記の成蹊高等学校の天体望遠鏡+冷却CCDで、白鳥座の高度が高い2017年10月～2018年1月に、多色測光と連続測光観測を行った。

望遠鏡： 高橋FS152 / CELESTRON NEXSTAR 8SE
冷却CCDカメラ： SBIG社製ST-9 SBIG社製ST-7 XEMi
フィルター： ジョンソン・カズンズ測光用フィルター(SBIG社製)
測光ソフト： ステライメージ ver.7

3. 測光結果

私たちが成蹊高校天文台で観測した、2016年10月から2018年1月までのKIC8462852の測光結果をグラフ化した結果である。今回の観測では、非周期的な減光は検出されなかった。



4. 考察

上図の丸印が今回の測光結果、その他がSchaefer(2016)による過去約100年分の測光結果である。私たちの観測の結果、長期的なKIC8462852の光度は一度下がって再度上がった、もしくは明るさは変化しなかったのではないかと考えている。非周期的な減光のメカニズムについては、現在昨年のモデルを改良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 川野ほか(2017) 第19回ジュニアセッション講演予稿集
Schaefer, (2016), *Astrophysic. Jour. Letters.*, 822:L34.

惑星状星雲の色や形に対して惑星が影響をしているのではないか

もし天2017 ムー班

相澤 愛可(高2)【新潟県立高田高等学校】、日下 由理(高1)【神戸女学院高等学部】、
出口 凜々花(高1)【石川県立金沢錦丘高等学校】、吉崎 謙(高2)【東京工業大学附属科学技術高等学校】

要旨

惑星状星雲の色や形が一定でない為その原因の1つに元の中心星の周りを回っていた惑星が影響を与えていると考え、これについて考察した。

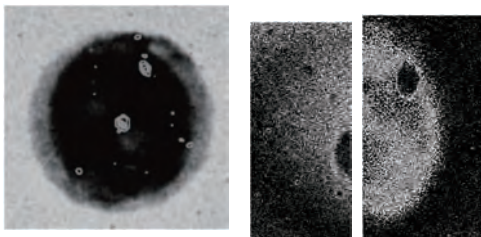
1. 始めに

惑星状星雲とは、太陽と同程度の質量を持つ恒星の最後の姿であり、ガスを周りに放出する際、エネルギーが球状に広がっていくとともにガスも球状に広がるはずが、実際は様々な色の分布や形となっているので、私達は惑星状星雲を完全球形と奇形の2つに分けてそれぞれを比較した。

2. 研究方法

惑星状星雲を完全球形と奇形の定義を扁平率が0.75以上で色彩が同心円状で一様であるものを完全球形とした。それ以外のものを奇形としそれぞれM97、PNG248とNGC2346、NGC2438、NGC7026を選択し、R、Bバンドでの撮像観測データとM97とNGC7026のX線データをSAOimage DS9を用いてfits.fileを開き解析ソフトMakali'iでコントラスト比較した。R、BバンドはそれぞれH α 、He IIの値がおおよそどの程度であるかを知るために行った。また、X線データは重金属を観測するために用いた。

3. 結果



M97 (左：X線での炭素分布、右：Rバンド)

多くの惑星状星雲の中心部はサチレーションを起こしていた上、遠くの天体などは解像度が低くすべて波長強度が同程度のために詳しい事を言えなかった。また、X線での金属元素測定データがアーカイブになかった為もう少し軽い炭素のデータで代用しており惑星があったというデータを得る事は出来なかった。

4. 考察

結果から、完全球形と奇形に関して何らかの法則性を見出すことができなかったので惑星状星雲の外形に関しては惑星が影響を与えたとは言えないが、惑星状星雲の中の模様に対してはそれぞれ波長帯で濃淡に差があり、影響を与えていないとは言いきれない。特に、X線で見ることのできた炭素の濃い部分とH α の薄い部分が等しくなっていた為、炭素量の多い地球型惑星があったのではないかと暫定的にいうことができる。

5. 展望

惑星状星雲の外形に対しては何が影響を与えているのかを考えていきたい。また、惑星状星雲のX線やH α 、He IIだけの精度の高いデータが非常に少なく正確なことが言えなかったので私達自身で今後、多くの惑星状星雲を観測し、解析してより解像度の高いデータから考察したいと考えている。

6. 謝辞

本研究を行うにあたり、情報収集や天体の選び方などの多くのことを教えてくださった東北大学の津村耕司先生、服部誠先生、野田博文先生、JAXAの大坪貴文先生、また、仙台市天文台の皆さま、ならびにサポートして頂いたSLAの東北大学、宮城教育大学、東京理科大学の大学生の皆さまにこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

7. 参考文献

Skyview <https://skyview.gsfc.nasa.gov/current/cgi/titlepage.pl>
 SIMBAD <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-basic>
 SUPER COSMOS <http://www-wfau.roe.ac.uk/sss/halpha/>
 THE MASH Catalog of Planetary Nebulae <http://vizier.u-strasbg.fr/vizier/MASH/gallery.htx>
 XMM-NEWTON OBSERVATIONS OF THE BIPOLAR PLANETARY NEBULAE NGC 2346 AND NGC 7026 (2006) GRUENDL et al.
<http://iopscience.iop.org/article/10.1086/507940/pdf>
 ROSAT X-RAY OBSERVATIONS OF TWO PLANETARY NEBULAE: NGC 1535 AND NGC 3587 (1998) CHU et al.
<http://iopscience.iop.org/article/10.1086/300571/pdf>

散開星団、球状星団のCM図を用いた年齢の推定

伊藤 蒼、 増田 歩音 (高1) 【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

1. はじめに

5つの星団のFITS画像(図1)を、すばる画像解析ソフトMakali'iを使用して測光しCM図(色等級図)を出した。そして、ポグソンの式と等級と距離の関係式を用いて星団の年齢を推定した。また、今回星団のFITS画像はSubaru-Mitaka-Okayama-Kiso-Archive System⁽¹⁾より取得した。

2. 方法

2-1 星の測光

FITS画像をMakali'iを使用して測光する。ポグソンの式を用いて光度を求める。また、等級と距離の関係式を用いて絶対等級を求める。

2-2 CM図の作成

Excelを用いて2-1で出たデータから、CM図を作成する。そして、できたCM図(図2)からその星団の年齢を推定する。推定するにあたって基準としているのが、以下に示している折れ曲がり点である。

3. 結果

恒星進化理論曲線(Berteli G et al.)⁽²⁾と比べると少し右側にずれてしまったグラフが多かった。各星団の推定年齢は表1ようになった。



図1 測光に使用したFITS画像 (M38)

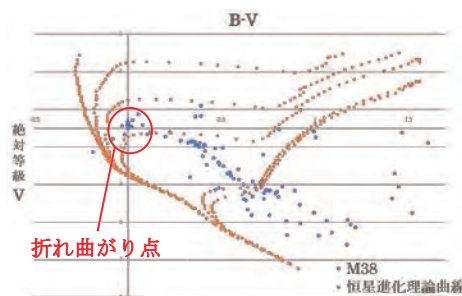


図2 M38のCM図

星団	種類	折れ曲がり点 (等級)	推定年齢 (歳)	先行研究 (歳) (3)
M4	球状	2.0	$1.0 \times 10^9 \sim 1.0 \times 10^{10}$	1.3×10^{10}
M36	散開	-1.0 以上	$1.6 \times 10^7 \sim 1.0 \times 10^8$	2.5×10^7
M37	散開	-0.5	$3.0 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^9$	3.0×10^8
M38	散開	-0.3	$3.0 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^9$	2.2×10^8
M39	散開	-0.5 以上	$2.0 \times 10^8 \sim 3.0 \times 10^8$	2.7×10^8

表1 測光結果

4. 考察

- 推定した年齢の結果を比較すると、散開星団のほうが若く、球状星団のほうは古いと考えられる。
- 私たちが出した結果では折れ曲がり点があきらかでない星団(M36, M39)があったが、主系列星が続いていると考えられる。明るい星は他の星と重なっていたため、そのような星は測光ができなかったからだと考えられる。
- ダストが、青色の波長を吸収し赤色の波長を通す星間赤化ため、グラフが右側にずれたと考えられる。FITS画像が撮影された1994年と、今回使用した恒星進化理論曲線が作成された時間が異なっている。その時間間に、銀河間にあるダストの状態が変化したということも原因の可能性の一つとして考えた。

5. 参考文献

- (1) 「SMOKA」 <http://smoka.nao.ac.jp/index.ja.jsp>
- (2) 「マカリ - 国立天文台」 <http://makalii.mtk.nao.ac.jp/index.html.ja>
- (3) 「Messier Object」 <http://www.messier.seds.org/m/mindex.html>

表紙写真の解説

戸隠連峰の遥か彼方に、アンドロメダ銀河が見える。このアンドロメダ銀河(M31)は、天の川銀河（私たちの住む銀河系）、さんかく座のM33銀河とともに局所銀河群に属する3つの大きな銀河のなかでも最も大きく、その質量は天の川銀河の約2倍ある。

アンドロメダ銀河は青方偏移していることが知られている。そう、私たち銀河系と引き合って、近づいているのだ。視線に対し直角な方向（横方向）の速度の観測精度の不定性から、シミュレーションによって予想される将来の様子には不定性が大きいですが、ハッブル宇宙望遠鏡を使った固有運動の測定結果によれば、40億年後には、天の川銀河と衝突・合体するといわれている。

ちなみに、あるシミュレーションでは、アンドロメダ銀河と天の川銀河が衝突する頃には、太陽系近傍の星々は引き離されて一時的にアンドロメダ銀河に束縛され、この2つの銀河が合体する頃には、合体した銀河から引き伸ばされた弧の一部となってしまうという。そのころ、太陽系近傍には星がほとんどなくなるので、空の遠くに合体した銀河だけがぼんやりと見え、夜空に散らばる星達がほとんどない夜空になってしまう。

まあ、そんな時代に未来人が空を見上げているか分からないが。

撮影者：大西 浩次

ジュニアセッション実行委員会・世話人

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

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

誌面構成 中田 彩子 印刷 株式会社 明友社