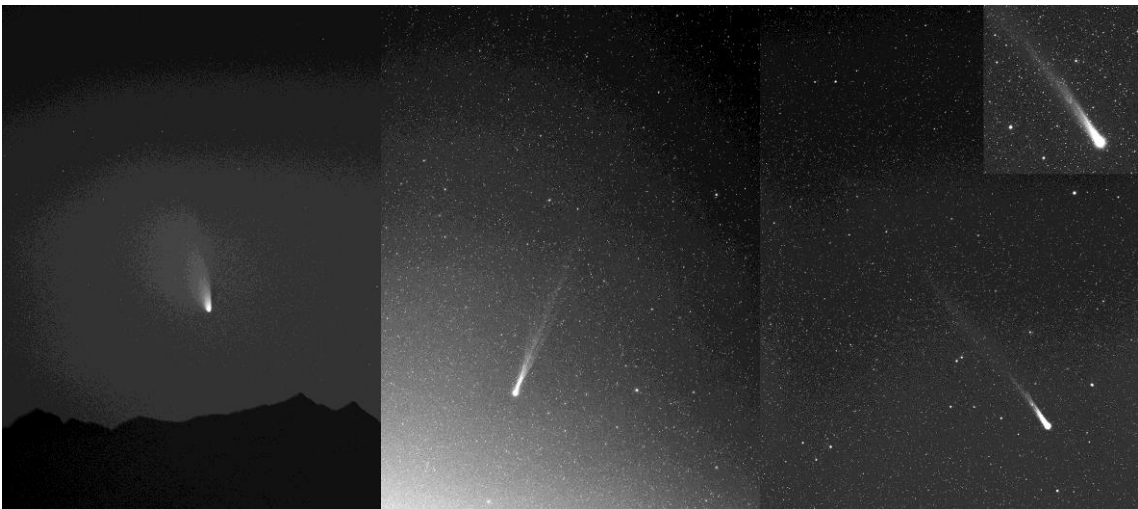


日本天文学会 2014 年 春季年会

JUNIOR
セッション

SESSION

第 16 回 ジュニアセッション講演予稿集



2014 年 3 月 19 日～22 日

於 国際基督教大学

日本天文学会 2014 年 春季年会

第 16 回 ジュニアセッション講演予稿集

2014 年 3 月 19 日～22 日

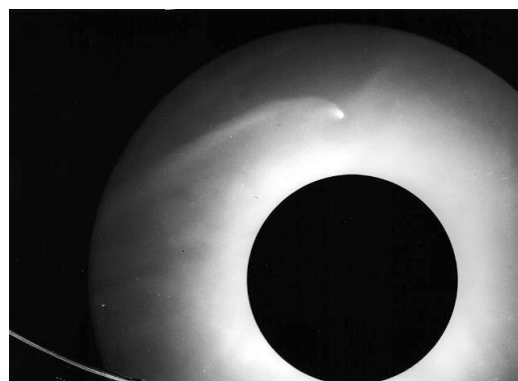
日本天文学会 第16回ジュニアセッションへようこそ

日本天文学会会長 櫻井 隆

2000年の春季年会に始まったジュニアセッションも、今回で16回目となりました。これまでで最多の82件の研究発表が集まり、初めての試みとして2日間にわたっての開催となります。これでも発表時間が短く、今後は何らかの工夫が必要だろうと考えています。

アイソン彗星は太陽に接近後、崩壊してしまい残念でした。1965年の池谷・関彗星の太陽接近は、当時の東京大学東京天文台乗鞍コロナ観測所のコロナグラフ（日食以外の時でも太陽コロナを観測できる特殊な望遠鏡）で見事に観測されました。この望遠鏡は昨年中国雲南省の高地に移設され、アイソン彗星も狙っていたのですが。

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



池谷・関彗星（1965年10月21日）

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

第 16 回 ジュニアセッションプログラム

主催：日本天文学会

共催：天文教育普及研究会、高校生天体観測ネットワーク

後援：日本学術会議 IAU（国際天文学連合）分科会

◆口頭セッション : 2014 年 3 月 21 日（金・祝）13：00～、22 日（土）9：30～

国際基督教大学デュッフエンドルフアー記念館（年会 J 会場）

○ポスターセッション : 2014 年 3 月 21 日（金・祝）9：30～12：40、22 日（土）12：30～13：30

国際基督教大学本館 1 階

※ポスターは年会の会期（3 月 19 日～22 日）を通して掲示が可能

【2014 年 3 月 21 日（金・祝）のスケジュール】

9：30 受付開始（本館 2 階、11：30 まで）

9：30～12：40 ポスター貼り付け、ポスターセッション（自由参加）

12：00 J 会場開場、受付開始（J 会場前）

午後の部 座長：大朝 由美子（埼玉大学）、松本 直記（慶応義塾高等学校）

13：00～15：30	セッション A	夜空の明るさ	1-6	（各講演 6 分）＋質疑 6 分
	セッション B	太陽	11-16	（各講演 6 分）＋質疑 6 分
	セッション C	惑星	19-23	（各講演 6 分）＋質疑 6 分
	セッション D	流星・彗星 1	24-27	（各講演 6 分）＋質疑 6 分

【2014 年 3 月 22 日（土）のスケジュール】

午前の部 座長：中道 晶香（京都産業大学）、坂江 隆志（埼玉県立浦和西高等学校）

9：30～11：30	セッション E	小惑星・系外惑星	29-31、74	（各講演 6 分）＋質疑 6 分
	セッション F	銀河・銀河系	34-37	（各講演 6 分）＋質疑 6 分
	タイセッション		42-48	（各講演 5 分）＋質疑 5 分
	ポスターショートプレゼン（20 分）			（各講演 1 分）

11：30～12：30 昼休み

12：30～13：30 ポスターセッション

午後の部 座長：藤原 智子（九州大学）、直井 雅文（埼玉県立浦和高等学校）

13：30～16：12	セッション G	宇宙開発	49-52	（各講演 6 分）＋質疑 6 分
	セッション H	月・彗星 2	56-61	（各講演 6 分）＋質疑 6 分
	セッション I	食連星	65-69	（各講演 6 分）＋質疑 6 分
	セッション J	恒星・新星	71-73	（各講演 6 分）＋質疑 6 分
	セッション K	星雲・星団	79-82	（各講演 6 分）＋質疑 6 分

目次

セッション A 夜空の明るさ

- 01** SQMによる夕方のグラデーション測定 10
富田 小冬 (小5) 【一宮市立向山小学校】
- 02** 三鷹七中天文部の夜空の明るさ観測 12
常松 柚香、橋口 紗瑛、原田 遼子 (中3)、倉田 蓉子、福嶋 稜 (中2)、犬飼 くるみ (中1) 【三鷹市立第七中学校 天文部】
- 03** 「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさを調べる VIII 14
—函館の夜空の明るさマップと「明るさのもと」さがし—
渋谷 比奈、長岡 真帆 (高2)、工藤 真生 (高1)、岡田 結衣、東 杏華、花田 愛海 (中3)、岡本 珠詩、長谷川 咲季 (中2)、川口 珠実 (中1)
【遠愛女子中学校・高等学校 地学部】
- 04** エアロゾルが夜空の明るさに及ぼす影響 ～新宿区での夜空の明るさ観測から探る～ 16
西尾 真輝 (高1)、廣木 颯太郎、清水 彬光、法兼 佑泰、右田 亜朗 (中3)、古賀 悠人 (中2) 【海城中学校・高等学校 地学部】
- 05** 恒星の瞬きの数値化と変動天体の光度測定 18
加藤 僚記、北川 祐太 (高2)、日向野 堅斗、尾花 拓海 (高1) 【國學院大學栃木高等学校 天文部】
- 06** 月の色の不思議 ～なぜ、月の色は昼間は白っぽく、夜は黄色っぽく見えるのか～ 20
石倉 彩美 (高2) 【群馬県立前橋女子高等学校】
- 07P** “光害”の影響調査 —人間の活動と夜空の明るさ— 22
栃倉 芳年、足立 匠 (高2)、野中 大輔、田口 俊哉、倉崎 大地 (高1) 【愛知県立一宮高等学校 地学部】
- 08P** ぐんまの夜空の明るさ調査 24
金井 和泉、矢野 いまり、佐藤 優佳、砂長 佑香、宅和 花菜子、福田 早紀子、高畑 実紅、小林 友理、櫻井 美緒 (高1)
【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】
- 09P** 岐阜市の夜空の明るさの観測 26
河村 新、華井 竣平 (高2) 【岐阜県立岐山高等学校】、田中 拓徒 (中2) 【岐阜市立長良中学校】、仁科 正徳 (中1) 【岐阜市立三輪中学校】、
野澤 佑太 (中1) 【岐阜市立藍川中学校】
- 10P** 限界！？北部九州における夜空の暗さ 28
八杉 美晴、本田 百花 (高3)、川口 史恵、坂本 直樹、畠山 貴紗子 (高2)、伊藤 渚 (高1) 【東筑紫学園高等学校 理科部 夜空の明るさ研究チーム】

セッション B 太陽

- 11** 太陽の高度と方位の季節による変化 ～影を使った観測～ 30
柿元 拓実、竹田 智晃 (中2)、竹村 典晃、渡村 友哉 (中1) 【長野県塩尻市立丘中学校】
- 12** 俺たちの均時差 32
高田 諒馬、吉川 滉也、小野寺 真実、阪本 葉生里、安井 友海 (高2)、
大日方 剣、根岸 將太、藤永 弦、櫻田 大和、五十嵐 聡人、奥川 貴也、瀬戸 一志、真壁 巧、目黒 剛 (高1) 【國學院大學久我山高等学校 地学部】
- 13** 4GHz帯太陽電波観測用電波望遠鏡の製作 I 34
正木 武、板倉 徹矢、北原 輝一、馬場 雄也、小澤 拓也、松崎 裕希 (高卒)、芦部 夢乃、北林 大地、西川 和樹、保戸塚 拓也 (高3)、
青木 達也、浦野 稜也、大蔵 達也、北澤 凌、小松 起士、田中 裕樹、中村 俊貴 (高2) 【長野県駒ヶ根工業高等学校 電波望遠鏡プロジェクトチーム】
- 14** BS用アンテナによる太陽電波観測 36
大川原 彩恵 (高2) 【熊本県立済々黉高等学校】、松本 奈紗 (高1) 【熊本県立熊本高等学校】、片岡 千聖 (高1) 【尚綱高等学校】

15	BS アンテナによる太陽フレアの観測	38
	黒宮 直央、石川 憐義、加茂 広大、黒須 裕真、山下 智輝、横山 雄基 (高2)、 石川 郁、川村 祐也、熊井戸 章裕、齊藤 勇太、新藤 丈司、竹中 孝介 (高1)【埼玉県立蕨高等学校 地学部】	
16	太陽の5分振動検出の試み	40
	早川 孝徳、宮崎 純一、中野 達貴、板谷 由菜 (高2)、小林 亮介、瓶子 実紗央、各務 正浩 (高3)、上籠 俊輝 (高1) 【京都府立洛東高等学校 太陽観測チーム】	
17P	SMART 画像による太陽の差動回転の検出	42
	板谷 由菜、鶴岡 大知、織田 菜里、亀田 祐希、加茂 希、河内 龍輝、木戸 健太郎、佐野 瞳、柴崎 泰斗、 清水 阿理沙、鈴木 暹、中野 達貴、橋本 エレナ、早川 孝徳、福岡 幸一郎、宮崎 純一 (高2) 【京都府立洛東高等学校 第二学年 総合選択制 宇宙と自然の科学コース「宇宙と地球の科学」受講者一同】	
18P	正確で、日常生活でも活用できる日時計の設計	44
	名取 芽衣、中山 史織 (中2)【長野県塩尻市立丘中学校】	

セッションC 惑星

19	金星のシュレーター効果の研究	46
	田原 早央莉、永見 莉奈、田中 佐知、山根 優香 (高専2)、永井 俊一、堀江 洸介、尾上 創、勝部 桃子 (高専1)【国立米子工業高等専門学校 科学部】	
20	紫外線による金星の観測と金星大気の運動解析 その3	48
	浅岡 晃次、浅野 貴仁、鈴木 拓馬、中村 一貴 (高3)、貝瀬 僚甫 (高2)、大寺 隼矢、鈴木 元喜 (高1)【静岡県立磐田南高等学校】	
21	木星の衛星イオと光速速度 ～イオの公転周期変動を確認した～	50
	萩谷 昇平、大熊 由貴子 (高2)、中原 徹也 (高1)【金光学園高等学校】	
22	ガリレオからレーマーへ；ガリレオ衛星の周期測定	52
	竹内 秀幸、田村 暢、酒井 直哉、田中 哉太 (高専2)、村松 直哉 (高専3)、柄澤 駿太、井出 倫晃、青嶋 悟 (高専1)【長野工業高等専門学校 天文部】	
23	木星の衛星の探査	54
	銀河学校 2013 A 班：奥村 すみれ (高3)【榎山女子学園高等学校】、栗木 孝輔 (高2)【愛知県立一宮高等学校】、坂井 裕香 (高2)【東京都立日比谷高等学校】、 立澤 加奈子 (高2)【長野県松本県ヶ丘高等学校】、谷口 大輔 (高3)【栄光学園高等学校】、守屋 利昭 (高3)【岡山県立倉敷南高等学校】	

セッションD 流星・彗星1

24	ペルセウス座流星群の眼視観測報告	56
	信尾 一那、岩田 彩花 (中等4)、島 匠、石井 奏人、阿部 海舟、多田 菜々子 (中等5)【東京大学教育学部附属中等教育学校 天文部】	
25	2013年のふたご座流星群について	58
	三矢 香怜、角井 麻衣子、大野 亜優 (高2)、田代 愛実、江口 和奏、中道 未萌、武藤 静佳、山崎 彩音、柴田 実寿紀、福本 清恵、梅澤 穂摘 (高1) 【星野高等学校 天文部】	
26	流星スペクトルは対地速度及び高度とどのように関係しているのか	60
	松尾 直拓、杉本 悠太郎、鈴木 舜介 (高2)、徐 輔賢 (高1)【埼玉県立浦和高等学校 地学部】	
27	PANSTARRS 彗星の観測 ～画像処理と測光～	62
	青木 奏太、伊藤 多津生、清水 良広、説田 敬介、豊田 有里、菱田 真由 (高2) 【岐阜県立大垣東高等学校 天文研究同好会 (ハートピア安八高校生観測チーム)】	
28P	インターネット望遠鏡を用いた彗星の観測	64
	柿崎 優也、木村 優、最上 和 (高2)【秋田県立横手清陵学院高等学校】	

セッションE 小惑星

- 29** 小惑星の測光観測（その2） -デジタル一眼レフカメラの特性を探る- 66
庄崎 弘基、中川 諒人、真壁 聖矢（高2）【那須高原海城高等学校】
- 30** トロヤ群小惑星（2363）Cebriones の測光観測 68
田中 敦、中川 克隆、堤 光、白澤 由紀乃（高2）、谷河 匠、植木 良多、坂本 律、松島 大智（高1）【兵庫県立三田祥雲館高等学校 天文部】
- 31** 小惑星表層の色からみた小惑星の区分 70
真鍋 智史、西田 侑加、森田 崇史（高2）【兵庫県立舞子高等学校】
- 32P** 小惑星 Takumi 72
星の学校 2013：鳥 匠（中等5）【東京大学教育学部附属中等教育学校】、武中 里穂（高2）【香川県立高松高等学校】
- 33P** 小惑星の自転軸と小惑星の形状を再現する手法の研究 74
後藤 理咲子、岡村 麻美（高2）、那須 陽彦（高1）【福岡県立小倉高等学校 科学部 SS 天文研究会】

セッションF 銀河・銀河系

- 34** 銀河系の姿を探れ！ ～楕円型 or 渦巻型～ 76
銀河学校 2013 C班：坂井 遥香（高2）【日本放送協会学園高等学校】、
坂本 裕大（高2）【埼玉県立熊谷高等学校】、長瀬 美沙（高2）【岐阜県立岐阜高等学校】、
成田 道子（高2）【八戸工業大学第二高等学校】、今村 春香（高1）【長崎県立長崎西高等学校】、中野 健斗（高1）【滝高等学校】、
松本 彩花（高1）【長野県屋代高等学校】、丸山 春花（高1）【長野県松本深志高等学校】、森川 綾奈（高1）【岐阜県立恵那高等学校】、
山崎 宗一郎（高1）【横浜市立戸塚高等学校】、衣川 友那（新高1）【名古屋大学教育学部附属中学校】（ただし所属は研究開始時のもの）
- 35** 銀河のカタチはどうやってできた？ 78
もし天 2013 チーム ギャラクシー☆ミ：三和 侑平（高1）【宮城県仙台第一高等学校】、谷村 ひとみ（高1）【宮城県仙台二華高等学校】、
鈴木 怜和（高2）【宮城県多賀城高等学校】、大沼 美里（高2）【宮城県仙台第三高等学校】
- 36** 宇宙膨張と赤方偏移 80
もし天 2013 チーム Redshift：石井 菜摘（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、小倉 涼太郎（高2）【群馬県立高崎北高等学校】、
佐藤 凜（高1）【宮城県宮城第一高等学校】、山川 碧【名古屋市立中央高等学校】
- 37** 宇宙のこれから 82
もし天 2013 チーム 俺とお前の GINGA 団：高橋 直之（高2）【宮城県仙台第一高等学校】、富崎 帆乃花（高2）【熊本県立八代高等学校】、
中島 可能（高2）【新潟清心女子高等学校】、横山 彩希（高2）【東京都立国際高等学校】
- 38P** 銀河系はどちら回りか ～中性水素 21 cm の観測～ 84
早川 和志、阿部 雄一、加山 新、西田 良輔、金網 宏樹、菊池 駿太（高2）【埼玉県立川越高等学校】
- 39P** 宇宙の膨張速度の測定 86
岡本 愛加、竹田 知香（高2）【奈良県立青翔高等学校】
- 40P** ハッブル定数の決定と宇宙年齢 88
石井 菜摘（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
- 41P** 超新星探索プロジェクト KISS に参加して 90
松井 梨乃（高2）、齋藤 優奈、野中 大輔（高1）【愛知県立一宮高等学校 地学部】

タイセクション

42	Distance Measurement of Globular Clusters, Using Cepheid Variable Star Bootsarakam Namyuda 【Hoksibpansawittayakom Ubonratchathani School】	92
43	Orbital Period of the Eclipsing Binary Star V396 Peg Moukthida Khammee 【Hoksibpansawittayakom Ubonratchathani School】	94
44	The rotational period of asteroid 8077 Hoyle Teemaporn Butsabong 【Bencharatcharangsarit Chachoengsao School】	96
45	The evaluation Interstellar Extinction in the Milky Way Galaxy Supichaya Padjaroen 【Bencharatcharangsarit Chachoengsao School】	98
46	The classification of galaxies in Hercules Galaxy Cluster and Abell3558 Worrapon Panpang 【Pua school】	100
47	Estimating the age of open cluster M18 using H-R Diagram Nunthapong Nunthasin 【Pua school】	102
48	A Study of Galaxy Distance and Universe Expansion with Supernova Type Ia Ponlawat Yoifoi 【Chiangkham Wittayakhom School】	104

セッションG 宇宙開発

49	目指せ！！三ツ星SPACEごはん！ 第12回 君が作る宇宙ミッション ASTRO班：川原 大洋（高3）【横浜商科大学高等学校】、武田 峻（高2）【常翔啓光学園高等学校】、村田 奈里紗（高2）【三重県高田高等学校】、山口 真央（高2）【ノートルダム清心高等学校】、俵川 智史（高1）【専修大学松戸高等学校】、天崎 賢至（高1）【千葉県市川高等学校】	106
50	人工衛星による低軌道小型デブリ回収システム 第12回 君が作る宇宙ミッション SELENE班：梅谷 星菜（高2）【大阪桐蔭高等学校】、町井 佳菜子（高3）【横浜雙葉高等学校】、望月 達人（高1）【東海高等学校】、山下 晴己（高3）【名古屋大学教育学部附属高等学校】、山田 麟（高1）【群馬県立沼田高等学校】、横田 大直（高1）【清風高等学校】	108
51	深宇宙探査機の通信および観測用軌道上巨大アンテナの製造方法の提案 第12回 君が作る宇宙ミッション MUSES班：田端 信哉（高専3）【国立奈良工業高等専門学校】、小田 銀河（高2）【早稲田高等学校】、白井 悠太（高2）【浜松学芸高等学校】、田中 勇輝（高2）【渋谷教育学園幕張高等学校】、遠藤 優美（高1）【神奈川県立相模原青陵高等学校】、小倉 弓枝（高1）【西宮市立西宮高等学校】	110
52	PRanet-ES ~複数ローバによるサンプルリターン~ 第12回 君が作る宇宙ミッション PLANET班：矢島 颯大（中等6）【群馬県立中央中等教育学校】、野田 涼介（高2）【西大和学園高等学校】、遠藤 将都（高2）【宮城県気仙沼高等学校】、佐藤 大哲（高1）【開成高等学校】、勘野 竜誠（高1）【清風高等学校】、梅原 琴美（高1）【清真学園高等学校】	112
53P	缶サット甲子園 2013 -模擬人工衛星「缶サット」のセンサによる自律判断と飛行制御- 山地 琢（高2）【東京工業大学附属科学技術高等学校】	114
54P	手作りプラネタリウムとエアドームの作成 松田 賢亮、仁田 諒（高2）、宮本 佳門（高1）【修道高等学校】	116
55P	プラネタリウム投影用ドームの作成 柴田 優、中村 仁美、山浦 沙彩、吉野 朱美（高2）、石川 絢佳里、板橋 杏果、福田 紫苑、大槻 真子、杉野 未侑、鈴木 優衣、鳥塚 琴純（高1）【星野高等学校 天文部】	118

セッションH 月・彗星2

- 56** MoonKAM を用いた月の研究3 クレーター-の形状と直径の関係から見た月の表と裏の違い 120
関西創価学園 MoonKAM Project Team : 寺戸 聖菜 (高3)、松本 諒大 (高1)【関西創価高等学校】、永田 広平 (中3)【関西創価中学校】
- 57** 月面におけるカンラン石による太陽光の吸収を検出する試み 122
神尾 朱音、岡崎 大樹 (高2)、階堂 颯葉、錦 拓実、恩田 恭輔、山口 久実、千田 直人 (高1)【埼玉県立浦和西高等学校 地学部】
- 58** 月表面の偏光観測 124
隅蔵 あゆみ、柳田 涼泉、吉田 清美 (高2)【埼玉県立春日部女子高等学校】
- 59** 月の写真が解き明かす公転の謎 126
ハートピア安ハジュニア天文倶楽部 : 後藤 大輝 (中1)【羽島市立羽島中学校】、田島 怜一郎 (小6)【岐阜市立岐阜小学校】、橋口 健太 (小6)【山県市立伊自良南小学校】、林 萌々音 (小6)【大垣市立東小学校】、志村 保乃佳 (小5)【一宮市立末広小学校】、冨田 小冬 (小5)【一宮市立向山小学校】、山田 祐月 (小4)【羽島市立竹鼻小学校】
- 60** 彗星の色の謎に迫る 128
もし天 2013 チーム 彗星.com : 江刺 和音 (高2)【仙台白百合学園高等学校】、本間 由莉 (高2)【岩手県立久慈東高等学校】
- 61** アイソン彗星に何が起こったのか 130
前田 健登、頼安 寿樹 (高2)、前田 涼汰 (高1)【兵庫県立大学附属高等学校 自然科学部天文班】
- 62P** アイソン彗星と私達の23日間 132
福島 百合子、澤田 彩果 (高1)【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】
- 63P** アイソン彗星 (C/2012 S1) の残存核の検討 134
不動 佳樹、川村 明生、富士野 健人、池田 悠実花、伊東 賢佑、長谷川 祐真、吉田 美樹子、福本 莉夏 (高1)【成蹊高等学校 天文気象部】
- 64P** 3彗星の観測と測光 136
天野 翠 (高2)、徳重 友美、則武 桃子 (高1)【愛知県立一宮高等学校 地学部】

セッションI 食連星

- 65** 食変光星「VW Cep」のライトカーブに関する研究 138
坂田 竜太郎 (高2)、矢島 翔太、大園 咲奈 (高1)【福岡県立小倉高等学校 科学部SS天文研究会】
- 66** 短周期食連星の測光観測と光度曲線の作成 140
岸部 仁美 (高専3)【津山工業高等専門学校】
- 67** 短周期食連星の分光観測 142
金谷 優輝 (高1)、柏野 玲琳 (高2)【岡山商科大学附属高等学校 自然科学部】
- 68** 食を起こす近接連星の謎に迫る! 144
銀河学校 2013B班 : 天野 香菜 (高3)【愛知県立岡崎高等学校】、小形 美佐 (高3)【湘南白百合学園高等学校】、監物 みずす (高3)【横浜市立戸塚高等学校】、橋 健吾 (高3)【愛媛県立松山南高等学校】、田口 健太 (高3)【洛星高等学校】、新井 夏希 (高2)【東京都立日比谷高等学校】、櫻井 泰人 (高2)【山梨県立日川高等学校】、武中 里穂 (高2)【香川県立高松高等学校】、奈良尾 百香 (高2)【長野県木曾青峰高等学校】、村瀬 清華 (高2)【岐阜県立岐阜北高等学校】、島 匠 (中等5)【東京大学教育学部附属中等教育学校】
- 69** ブラックホール連星 SS433 の観測的研究 146
北井 健、島坂 颯太、堀 航太、松本 卓 (高2)【奈良県立青翔高等学校】
- 70P** 食変光星を分類するライトカーブとシミュレーションを用いた手法の確立 148
松下 悠里 (高2)、荒木 雄渡 (高1)【福岡県立小倉高等学校 科学部SS天文研究会】

セッションJ 恒星・新星

- 71** デジタルカメラによる、星の明るさと色の測定 150
井口 雨桐、石井 悠太郎、齋藤 有咲 (高1)、田中 弘樹 (高2)【駿台学園高等学校】
- 72** スピカ食の観測 ～スピカの測光～ 152
河村 新、華井 峻平 (高2)【岐阜県立岐山高等学校 (ハートピア安八高校生観測チーム)】
- 73** V339 Del (2013) ～いるか座新星の分光・測光～ 154
佐原 彰秀 (高2)、筒井 颯大、村本 雄太 (高1)【愛知県立一宮高等学校 地学部】
- 74** 小型望遠鏡による系外惑星のトランジット観測 156
眞鍋 瑞歩、三谷 幸平、吉田 卓人 (高2)【香川県立観音寺第一高等学校】
- 75P** 小口径の望遠鏡を使った星食観測 ～眼視観測の時刻測定精度～ 158
市岡 里菜、大和 花雪、堀内 千佳 (中1)【長野県塩尻市立丘中学校】
- 76P** 激変星 EM Cyg の分光測光同時観測 160
上籠 俊輝、木谷 有紗 (高1)、板谷 由菜 (高2)、林 由樹、大仁田 萌、各務 正浩、小林 亮介、西村 友佳、野村 みのり、瓶子 実紗央 (高3)
【京都府立洛東高等学校 自然科学部】
- 77P** いるか座新星の光度変化 162
細谷 瑛子、上野 未遊、早坂 麻紀、岡本 佳之、小川 滯、高木 麻緒、高橋 有里紗 (高2)【成蹊高等学校 天文気象部】
- 78P** 恒星のスペクトル型検出装置 164
青木 奏太、伊藤 多津生、清水 良広、説田 敬介、豊田 有里、菱田 真由 (高2)
【岐阜県立大垣東高等学校 天文研究同好会 (ハートピア安八高校生観測チーム)】

セッションK 星雲・星団

- 79** 膨張速度から求めるかに星雲の年齢 166
宮本 佳門、森川 誠士 (高1)【修道高等学校】
- 80** デジタルカメラによるCM図の作成と距離の推定 168
岡野 美月、金子 みのり、古川 雪絵、橋本 真彩 (高1)【埼玉県立豊岡高等学校 天文部】
- 81** 星団のHR図作成と年齢推定 -星の進化を追え！- 170
春日 郁香 (高2)【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】
- 82** 星団のHR図と年齢 172
石井 祐樹、岡本 雄飛、山本 遼 (中3)【修道中学校】

2013 年秋季年会ポスター発表

- 秋01** 光と水による鉄カンラン石の変化2 -光の波長の違いによる風化・変質- 174
小島 虎偉、齋藤 勇太、柏原 悠輝 (中3)、倉田雄生、高坂賢弘、山下洸明 (中1)【東京都大田区立南六郷中学校 宇宙科学部】
- 秋02** 2013年3月14日に観測したパンスターズ彗星のコマと尾の長さの推定 176
福田 謙久、川口 温大 (中3)、大井 礼之、高橋 星妃、小山 貴弘 (高2)【日生学園附属中学校・日生学園第一高等学校 天文サークル】

SQMによる夕方のグラデーション測定

愛知県一宮市立向山小学校 5年 富田 小冬

要 旨

美しい夕焼けを見て、ふと明るさがどれくらいあるか不思議に思い調べる事にした。
また、夕方の時間変化と共に空がどのように暗くなり、いつ頃から星が観測できるかを調べた。

1.計 測

一宮高校の屋上で計測、空は晴天であった。日没は18:05、天文薄明終了19:30。

SQM(スカイクオリティメーター)と一眼レフカメラを三脚に固定する。(図1)

太陽の沈んだ位置の真上の20°、40°、60°、80°を5分ごとに計測、撮影をした。



図1:SQMと一眼レフを三脚に固定

2.撮影結果

撮影した写真を重ねて並べ時間変化を示したもの。(図2)

段々、暗くなっているが左から4、5、6番目が3番目より明るいのは露出を変えてしまったからだ。



図2:カメラで撮影した夕方の時間経過

3.測光方法

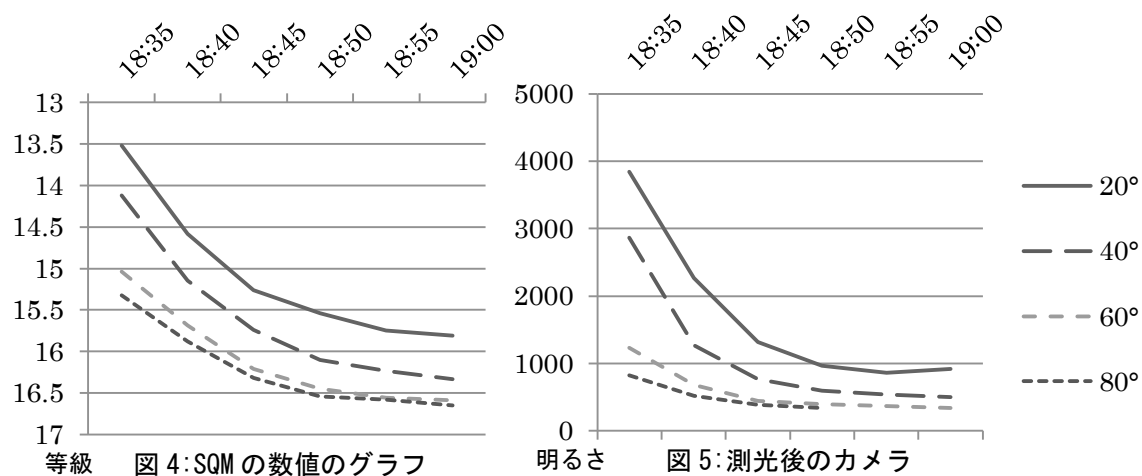
マカリを使用、半自動、半径50pxで中心の一か所を測光。(図3)

背景を差し引かないオブジェクト総計を記録した。



図3:測光画面

4.測光後のカメラのグラフと SQM のグラフの比較結果



18:50あたりからグラフが水平に近付いていく事が分かる。
1等級が測光の2.5倍になるように目盛り間隔を調整した。

左と同じように18:50からはグラフが水平に近付いていく事が分かる。
18:55の80°の部分は測光をするときに読み取れなかったため、データがない。

18:45ごろのグラフを見ると20°はまだ明るい、80°は星が見える明るさに達している。カメラ、SQMの値ともに薄明が終わりに近づくにつれ、グラフが水平に近づく。



日没から45分たつと、星を観測できる。

5.今後の展望

1等級が測光の2.5倍になるよう目盛り間隔を調整したが、グラフが一致しない理由を調べたい。

6.使用ソフト

ステライメージ 6.5

すばる画像処理ソフト・マカリ

7.謝辞

愛知県立一宮高等学校 高村裕三朗先生

地学部の皆さん

ご指導いただきありがとうございました。

三鷹七中天文部の夜空の明るさ観測

常松 柚香、橋口 紗瑛、原田 遼子(中3)、
倉田 蓉子、福嶋 稜(中2)、犬飼 くるみ(中1)
【三鷹市立第七中学校天文部】

1. はじめに

三鷹七中天文部は、年に数回、校舎の屋上で観望会をおこなっている。しかし、中学校の部活動なので限られた時間（夏は18：30冬は18：00まで）でしか活動することができない。そのため天文部の活動時間内で星がよく見える日に観望会を行いたいと考えた。今回は予備調査として、冬季における明るさ観測のための設置条件を調べた。今回は前回の課題より、夏季における薄明時の明るさ変化の観測をした。また、前回の予備調査の結果を踏まえ、2013年12月の東京都三鷹市の17：30における月の大きさと夜空の明るさの関係について観測をした。

2. 方法

観測場所：本校屋上(東京都三鷹市大沢)

使用機材：国際光器社スカイクオリティメーター(SQM-L)

実験1 季節ごとの薄明の比較

冬季と夏季では太陽(薄明)の影響がどのように違うのか調べた。

- (1) 前回の発表⁽¹⁾で決まった2つの条件(SQMは三脚に取り付け固定する。方位は真北、仰角70°のエリアを観測する。)をもとにSQMをセットした。
- (2) 夏季(2013年8月7日、日没18:40)は、19:01から20:10にかけて1分ごとに観測した。なお、冬季の場合は前回の発表時の観測データ⁽¹⁾(2013年2月8日、日没17:16、17:20から18:20にかけて2分ごとに観測)を用いた。三脚による定点観測のため、SQMの値は連続で5回とり、中央値ではなく、平均値を用いた。

実験2 月の大きさと夜空の明るさの関係(本観測)

- (1) 実験1と同様の設置条件(SQMは三脚に取り付け固定。方位は真北、仰角70°のエリアを観測する。)で観測した。
- (2) 12月4日から17日にかけて薄明終了したとみられる日没後約60分の17:30に観測した。

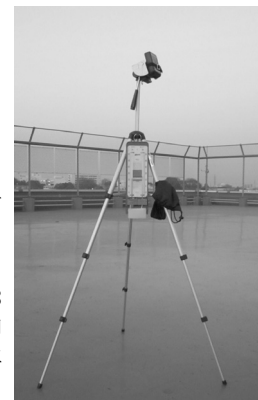


図1. 観測装置
SQM-Lを三脚に固定し、真北、仰角70°に向けた。

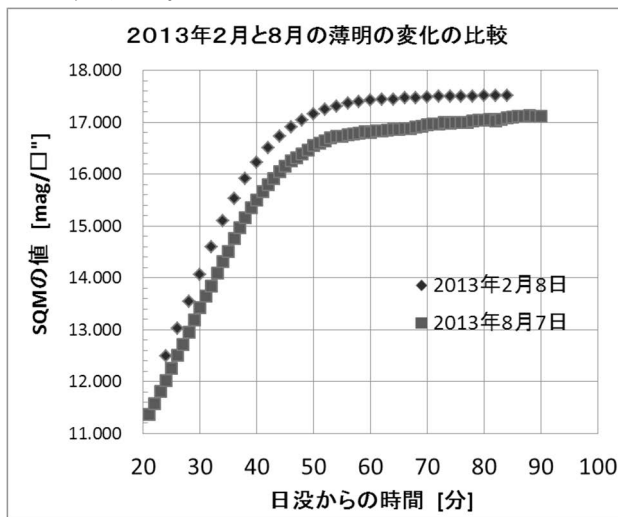


図2. 冬季と夏季の薄明の変化の比較
冬季2月8日、日没17:16、観測時間17:20~18:20
夏季8月7日、日没18:40、観測時間19:01~20:10
冬季、夏季ともに、日没後50分以降変化が小さくなっている。

表1. 実験2の観測日と月齢、雲量、17:30における月の高度
2013年12月4日から17日までの観測条件を示した。月齢、月の高度はステラナビゲータ9による。

日付	月齢	雲量	月の高度
4	1.1	7	3.65
5	2.1	0	14.80
6	3.1	0	25.73
7	4.1	6	35.87
8	5.1	9	44.64
9	6.1	10	51.21
10	7.1	1	54.59
11	8.1	0	54.14
12	9.1	3	50.21
13	10.1	1	43.67
14	11.1	0	36.08
15	12.1	0	27.49
16	13.1	9	18.48
17	14.1	9	9.28

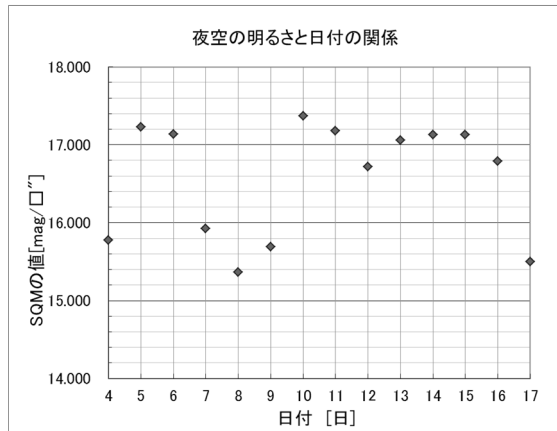


図3. 夜空と明るさと日付の関係のグラフ
12月4日から12月17日までの17:30に観測。
表1の雲量が多いところが特に小さな値である。

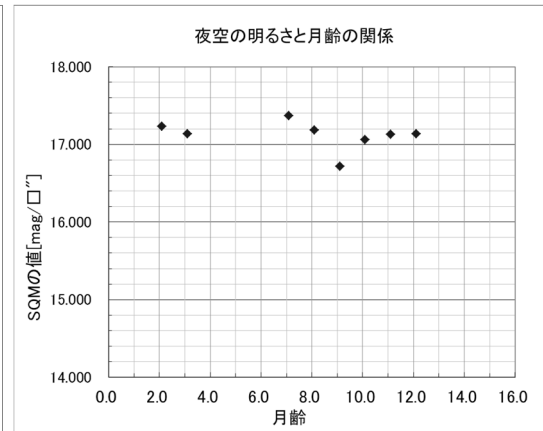


図4. 夜空の明るさと月齢の関係のグラフ
実験2の結果を月齢と夜空の明るさの関係をプロットした。
雲量6以上の時のデータはプロットしていない。

3. 結果

実験1 8月7日の夏季では、開始から日没後40分までは夜空の明るさが時間に比例して暗くなった(図2)。日没後50分以降、SQMの値は、ほぼ横ばいに進んでいった。日没後50分の時、SQMの値は16.550mag/□〞だった。この時から変化がなくなり始めた。

前回の発表⁽¹⁾のデータより2月8日の冬季では開始から日没後40分までは夜空の明るさが時間に比例して暗くなった。日没後50分からはほぼ横ばいに進んでいった。変化がなくなり始めた日没後50分の時のSQMの値は17.154mag/□〞だった。

冬季と夏季の値を比較すると、ともに日没後50分でSQMの値の変化が小さくなった。薄明終了時の値は、冬季17.154mag/□〞で夏季16.550mag/□〞で冬季の方が0.604mag/□〞大きくなっていった。

実験2 12月4日、7日、8日、9日、16日、17日は16.000mag/□〞未満で、グラフの中で特に突出していた(図3)。突出していたこれらの日は、どれも雲量6以上(表1)なので悪天候の影響を受けたといえる。

雲量が6未満の日では12日(雲量3)以外は17.000mag/□〞以上であった。

4. まとめ

今回の実験で以下の事がわかった。

- (1) 実験1より冬季と夏季の薄明終了の時間は変わらなかった。薄明終了時の値は、冬季は17.154mag/□〞で夏季は16.550mag/□〞だった。冬季の方が0.604mag/□〞大きく、夜空の明るさは暗いとみられる。
- (2) 12月4日、7日、8日、9日、16日、17日はSQMの値が16.000mag/□〞未満で、雲量が多い日の夜空の明るさは、他の日と比べ明るかった。
- (3) 図4より今回の観測では、月齢と夜空の明るさとの関係性がみられなかった。

5. 今後の課題

今回は予備調査を基にした、同じ時間における夜空の明るさと月齢の関係の観測(実験2)を1回しか行っておらず、また雲量が多い日があり、天候の条件をそろえて観測できなかった。そのため図3のグラフから関係性がみられなかった。今後観測を重ねてデータを取りグラフのプロットを多くしたい。そしてまとめとして月齢の大きさと夜空の明るさに関係があると結論づけたい。

また、決まった時間における月の高度と、夜空の明るさの関係を調べたい。

参考文献

- (1)「三鷹七中天文部の夜空の明るさ観測の予備調査」 三鷹市立第七中学校天文部 日本天文学会2013 春季年会ジュニアセッション講演要旨
- (2)『天文年鑑2013年版』天文年鑑編集委員会 2013 誠文堂新光社
- (3)『天文年鑑2014年版』天文年鑑編集委員会 2014 誠文堂新光社

「ひかりのまち・函館」の夜空の明るさを調べる VIII

—函館の夜空の明るさマップと「明るさのもと」さがし—

【遺愛女子中学校・高等学校 地学部】

渋谷 比奈、長岡 真帆 (高2)、工藤 真生 (高1)、岡田 結衣、東 杏華、
花田 愛海 (中3)、岡本 珠詩、長谷川 咲季 (中2)、川口 珠実 (中1)

1. はじめに

私たちは2011年から愛知県立一宮高校コアSSH「全国一斉夜空の明るさ調査」に参加し、機材をお借りして、学校の体育館テラスに設置したSQMLEによる自動観測、部員と協力者による函館周辺でのSQMLによる定点観測に取り組んできた。2012年10月には40台のSQMLを貸していただき多点観測を実施し、定点観測、移動観測の結果を加えて検討し、「函館周辺の夜空の明るさマップ」の作成を試みた。また、「函館の夜空ではどこまで星が見えるのか」を明らかにするため、季節ごとに星座を決めて眼視観測にも取り組んだ。今年度は3年間の結果をまとめたほか、天頂以外の高度・方位の夜空を測定し、各観測点の夜空に何が影響しているのか、「明るさのもと」を探した。この結果をもとに冬の夜空がなぜ明るくなるのかについても考察する。

2. 観測方法

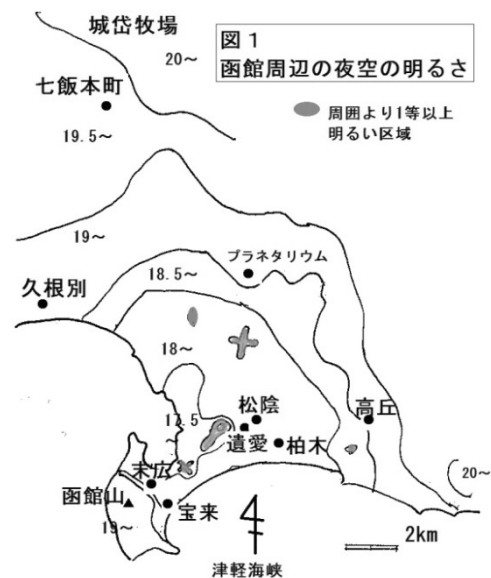
観測はSQMLE以外、月明かりのない下弦～上弦の時期の薄明終了1時間後以降に実施した。

(1) SQML 市内とその周辺の各定点で、おもに20時～21時ごろに天頂にむけて5回スイッチを押し、その中央値を求め個体差を補正したうえで21時の値に時間補正した。

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

(3) 眼視観測 春(しし、かんむり) 夏(大三角、こと、いるか) 秋(ペガサス四辺形) 冬(オリオン)の観測用星図をステラナビゲーターで作成し、定点で観測時に最微光星等級を各自が求めた。

(4) SQMLによる全天・部分スキャン 三脚を利用して測定器を自作し、夏休みに合宿した松前町、函館市周辺、積雪期の宝来町などで天頂以外の方位・高度について夜空の明るさを測定した。

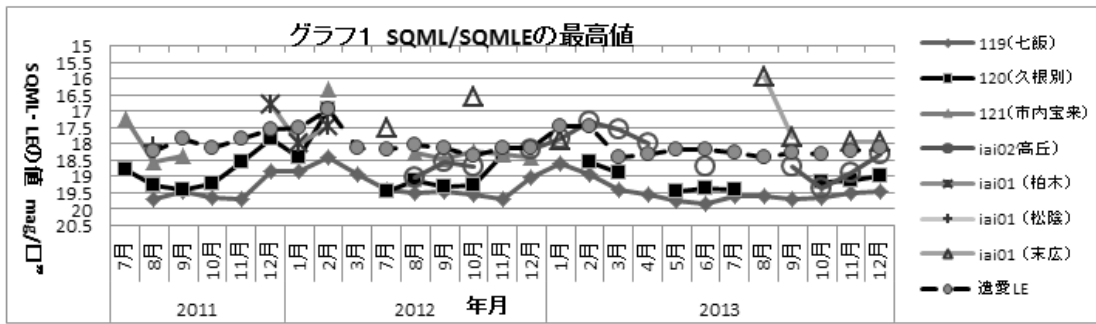


3. 観測結果

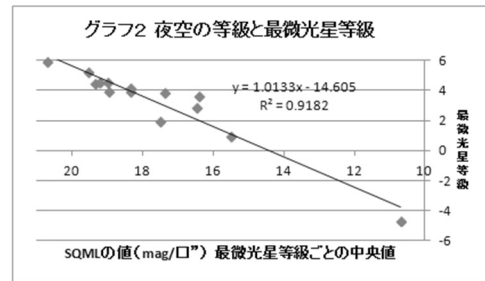
(1) 3年間の定点観測結果

雲量4以下の日について、各観測点の月ごと最高値をグラフ1にあらわした。毎月10日ほどの観測日のうち、晴れて観測ができる日は多くても3~4日だった。雲量が少ない日に各観測点で観測された値を0.5等ごとに統計をとり、多点観測・移動観測の結果とともに夜空の明るさの区域分けを0.5等ごとに行った(図1)遺愛周辺の住宅街は18~18.5等の区域になる。冬の積雪期には全体に夏より0.5~1等明るくなり、特に明るい地域では測定値のばらつきが大きくなった。

(2) LEの結果から求めた時間変化率 夜空は薄明終了後しだいに暗くなっていき、薄明開始前が最も暗くなる。LEが記録した連続的な値をもとに、10分ごとの時間変化率を求めたところ、ほぼ0.03/10分だが月によって0.01程度上下することがわかった。



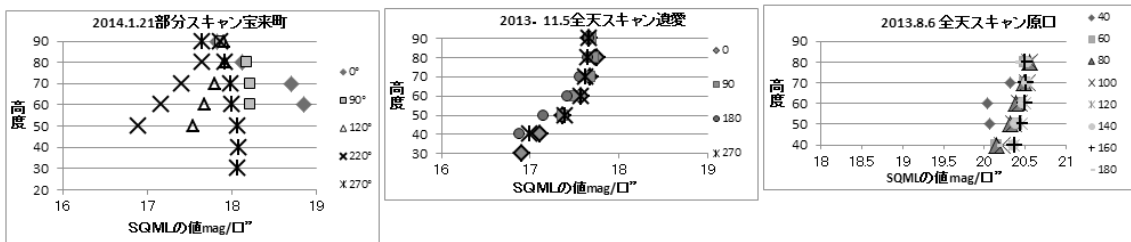
(3) 眼視観測 各観測点での観測、合宿などでの複数の部員による観測、移動観測などの結果をまとめ、夏の大三角について最微光星等級と夜空の明るさ(中央値)の相関を調べると、グラフ2のように一定の相関が認められたが、観測者による個人差が大きい。



(4) 全天・部分スキャン 夏休み中に松前町原口、遺愛校庭、市民プラネタリウム、8月のライトダウン

キャンペーン中の城岱牧場と七飯本町で、それぞれ複数の方位・高度についてSQMLで3回ずつ測定し、中央値を求めて比較した。高度60°付近から明るくなっていくが、天頂が21等近い原口では集落のある西側でもその差が0.5等以内だった。七飯、函館市内では近くの明るい施設の方角の高度60度以下で1等前後明るくなった。また、宝来町の観測地点付近の海岸では積雪期に測定した結果、海上では高度が下がると逆に天頂より暗くなった(グラフ3)。

グラフ3各地でのスキャン結果



4. 考察

節電のために消灯が進められると時間変化率は大きくなると考えられる。方位・高度ごとの値からSQML,LEは共に比較的近くの光源の光の影響を受けていると考えられる。原口のように光源が少ないところでは雲量が多くても暗く、高度60°以下でも地上光の影響が小さい。

冬の夜空が明るくなる原因には、冬の北西季節風によるエアロゾルの増加、地上の雪あかりの二つが考えられるが、積雪期の宝来町での測定で、雪のない海の上が天頂より暗くなったことから、雪による反射(雪あかり)が原因の可能性が高い。暗室に雪を入れ、電球を点灯して行った実験でも雪があると1等前後明るくなる結果を得た。上空の気象状況も含めて今後さらに検討したい。

参考文献

- ・SQMによる全天スキャン 富田小冬 (2013) 日本天文学会ジュニアセッション講演要旨集 74
- ・三鷹七中天文部の夜空の明るさ観測の予備調査 (2013) 三鷹市立第7中学校天文部 日本天文学会ジュニアセッション講演要旨集 73

謝辞 この研究はJST 中高生の科学部活動振興事業の助成を受けた。また、愛知県立一宮高校 地学部、高村先生にはいろいろとお世話になった。この場を借りお礼申し上げる。

エアロゾルが夜空の明るさに及ぼす影響 ～新宿区での夜空の明るさ観測から探る～

海城中学高等学校地学部 夜空の明るさ研究チーム

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

1.！ 研究動機・目的

私たちが通う学校は日本でも有数の都心部(東京都新宿区)にあるため夜空が明るく天体観測が困難な環境である。そこで「新宿は日本においてどれほど夜空が明るいのか？」という疑問を持ち、夜空の明るさ観測を開始した。夜空が明るくなる原因として光害がある。光害が天体観測へ悪影響を与える仕組みとして「人工光が大気中の浮遊物質で散乱されて夜空が明るくなる」と考えられている。そこで大気中の浮遊物質はどの程度影響があるのか検証することを目的とした。

2.！ 観測概要

夜空の明るさ観測にはSQM-LEを使用し、これを本校屋上(地上33m)に設置した。2012年10月以降、2014年1月現在まで天頂方向を5分毎に観測している。また愛知県立一宮高校主催の「全国一斉夜空の明るさ調査」に参加し、日本各地で観測されたデータ(以下、観測連携のデータと略)を考察に使用した。

大気中の浮遊物質については、エアロゾルの観測データを用いた。エアロゾルとは気体中に浮遊する微小な液体または固体の粒子の総称である。このエアロゾルの観測データは東京都新宿区新宿御苑に位置する環境研のライダー観測所(図1)のものを用いた。ライダー観測とは図2に示すように一定の長さの光を大気中へ発射し、エアロゾルや分子による散乱光を測定して大気の状態を知る気象観測である。

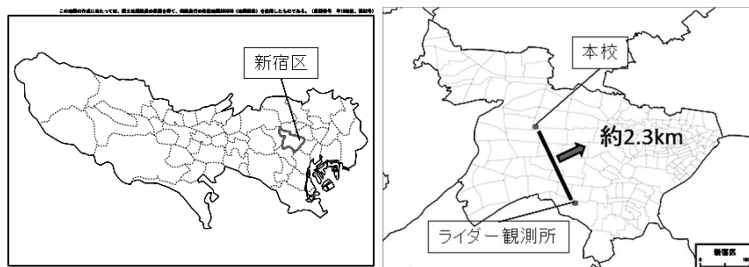


図1：本校とライダー観測所の位置関係

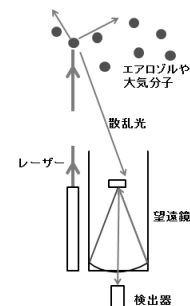


図2：ライダー観測の概略図

3.！ 結果・考察①

図3に本校で観測した、一晩中月のない日の空の明るさ変化を示す。1日目は雲がなく、2日目は雲がある。なお本研究では夜空の明るさへの影響として光害のみを見たいのでこれ以降は全て月・雲がない時の夜空の明るさしか扱わない。図3から夜空の明るさは時間とともに徐々に暗くなっていく(以下、この一連の夜空の明るさの変化を経時変化と略)のがわかる。この経時変化は人間活動の活発さを表しているものと考えられる。

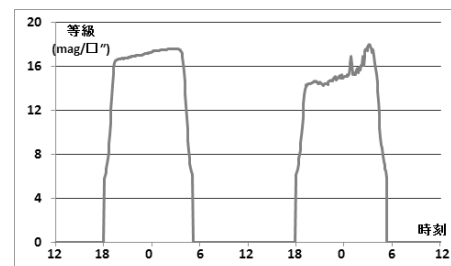


図3：月のない日の空の明るさ変化

図4は同じ月・時刻に本校及び観測連携で測られた夜空の明るさである。図4より八戸、津、横浜、新宿の4地点の中では本校が位置する新宿の夜空が最も明るかった。また4地点に限らず、図4と同様に本校と観測連携のデータの比較を全ての観測地点において行った。すると新宿は観測連携の中で夜空が最も明るい場所であることがわかった。

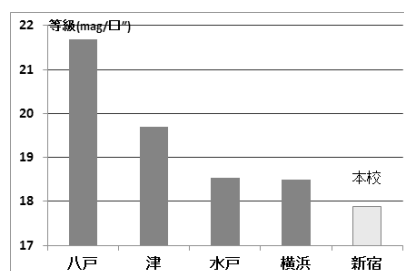


図4：2013年1月11、13日5時の夜空の明るさ

4.！ 結果・考察②

研究の目的として、人工光の影響を取り除いた時にエアロゾルが夜空の明るさ(経時変化)に与える影響のみを考えたい。そこで人工光を一定の増減パターンと仮定した。すると、ある一晚の経時変化の中でも決まった時刻の夜空の明るさとエアロゾルの値について、観測日を問わずまとめて約1年のデータを分析することで人工光の影響を取り除いた状態で2つの関係性がわかる。

ここで夜空の明るさと比較するエアロゾルを地上からの高度別で分析した場合と、1km毎に区分して分析した場合で2通りに分けた。その際、比較するエアロゾルの高度変化に伴う相関係数の変化を考察した。また分析にあたり、夜空の明るさは等級(mag/口")から倍率(0等級を基準とした明るさ W/m^2)に単位を変換した。

図5は、22時台においてエアロゾルの分析高度を地上から順に変えていった時の夜空の明るさとの相関係数の変化を表したグラフである。図6より地上から高度4kmまでのエアロゾルと相関が最も高いことから、地上から高度4km付近までのエアロゾルの夜空の明るさに及ぼす影響がかなり大きいと考察した。

図6は図5と同様に22時台においてエアロゾルの分析高度を、1km毎に分割して変えていった時の夜空の明るさとの相関係数の変化を表したグラフである。

図6より地上から1km、1～2kmまでとの相関が高いことから、地上付近から発せられた人工光は高度2km付近まであまり減衰せずに伝わっていると考察した。

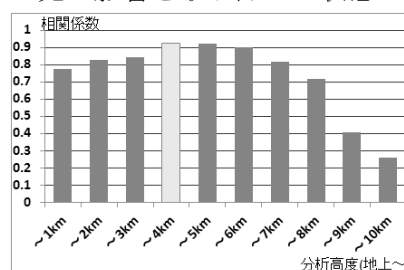


図5：22時台における相関係数とエアロゾルの分析高度の推移1

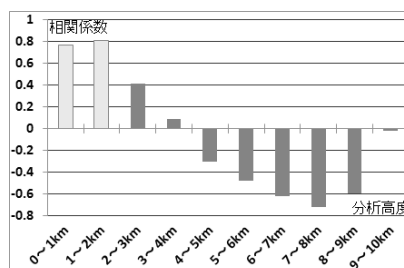


図6：22時台における相関係数とエアロゾルの分析高度の推移2

5.！ 謝辞

本研究を進めるにあたり、国立天文台副台長 渡部潤一先生
 国立環境研究所 大気圏環境研究領域 遠隔計測研究室室長 杉本伸夫先生
 海城地学部顧問 上村剛史先生にご助言ご協力をいただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。

6.！ 参考文献

- ・“使える”白地図 <http://www.freemap.jp/>
- ・気象庁 過去の気象データ検索 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>
- ・株式会社AstroArts 天文シュミレーションソフトウェア「ステラナビゲータ Ver. 9」
- ・SSH一宮高校「全国一斉夜空の明るさ調査」での八戸北高校、水戸第二高校、横浜サイエンスフロンティア高校、津高校の一部の観測データ
- ・日本エアロゾル学会 <http://www.jaast.jp/hanashi/>
- ・国立環境研究所ライダー観測ホームページ <http://www-lider.nies.go.jp>

恒星の瞬きの数値化と変動天体の光度測定

【國學院大學栃木高等学校 天文部】

加藤 僚記 北川 祐太（高校2年）日向野 堅斗 尾花 拓海（高校1年）

要 旨

私たちは10cm屈折望遠鏡に北極星を導入し、冷却CCDカメラを用いて、フォーカスモード時に現れるピクセル数の変動から星の輝度の変化を調べた。これを瞬きの指標とした。その結果、星の輝度は1分間のうちに4倍から6倍の範囲で変わっていることが分かった。そして、4月の2回の測定ではあまり変動はしていなかったが、5/6月は大きな変動が見られた。

合わせて、私たちはアストローツ社の画像処理ソフトのステライメージを用い、8月に現れたイルカ座新星及び話題になったアイソン彗星の光度測定も行った。

1. はじめに

私たちは日常の天体観測で、冷却CCDを用い星雲星団の撮像を試みているが、CCDカメラの別の利用法として星の瞬きの測定を考え、加えて話題の天体の光度測定を行った。

2. 方法

・星の瞬きの観測

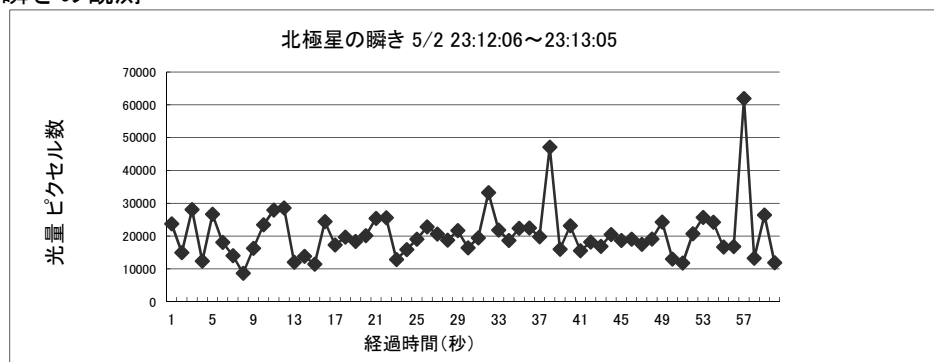
冷却 CCD カメラ（ビットラン BJ41C 140万画素）を 10 cm 屈折望遠鏡（タカハシ製 FC100 F=8）に接続し、付属のソフトを立ち上げた。星のピントを合わせるために用いるフォーカスモード時のピクセル数の変化をビデオカメラで撮影し、その輝度の変化を瞬きとしてとらえた。観測した恒星は、時刻や季節によって位置が変化しない北極星を用いた。

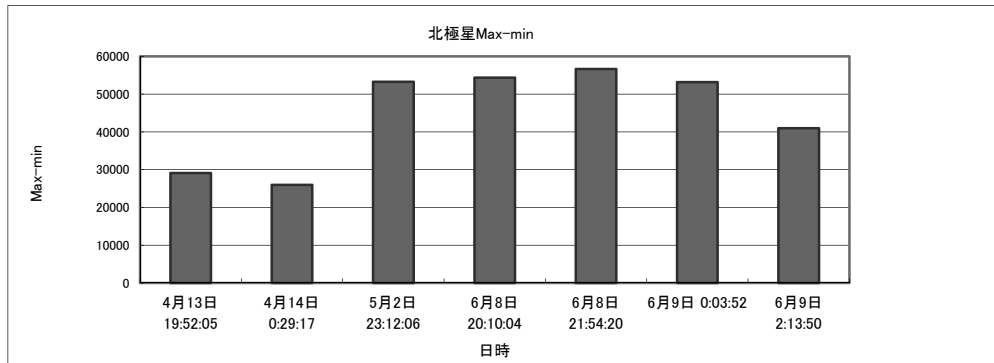
・光度測定

冷却CCDカメラを10cm屈折望遠鏡（タカハシ製FC100 F=8）に接続して、アイソン彗星とイルカ座新星を撮像（直焦点1分間）した後、画像を出力し、ステライメージを用いて光度測定をした。なお標準星の決定にはステラナビゲータを使い、光度を求め、そのデータをもとにイルカ座新星とアイソン彗星の光度のグラフを作成した。

3. 結果

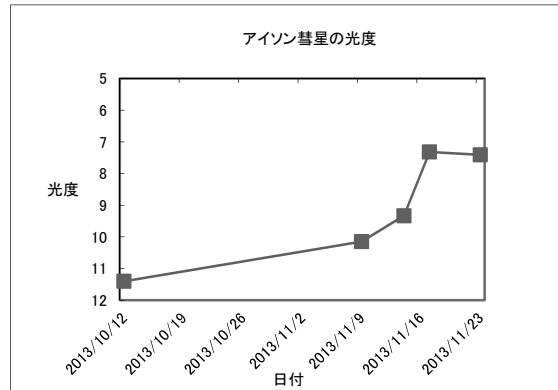
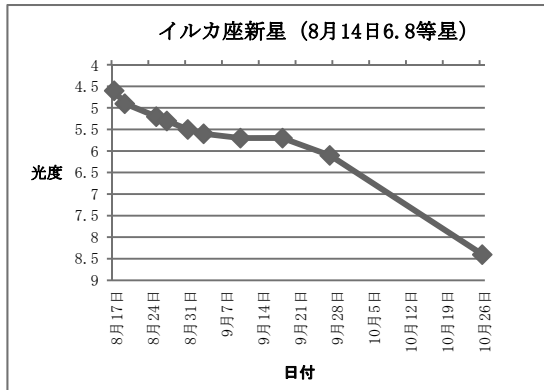
・星の瞬きの観測





北極星の一分間の輝度の変化のグラフから、ピクセル数の最大が約60000、最低が約10000、したがって6倍程度の変動が見られ、おおむね4倍程度の変動の幅が見られた。また、ピクセル数の最大値から最小値を引いたものを上のグラフに表した。4月13/14日は瞬きの変化が少なく、5月2日、6月8/9日の観測日は瞬きの変化が激しかった。

・光度測定



イルカ座新星の光度は、8月27日から9月27日の1か月の光度の下がり方は緩やかだが、その後の1カ月は大きく下がった。

アイソン彗星を本校で初めてとらえた10月12日の光度は11.4等星だったが、その後順調に光度が上昇し、11月9日以降の観測では、光度が急激に上がっていった。その後、11月23日以降は、彗星が消滅してしまったため観測不能になった。

4. 考察

・星の瞬きの観測

4月13/14日の2日間は、気圧配置を見ると高気圧に覆われていて、風が弱かった。したがって、瞬きは小さいように思われた。5月2日及び6月8/9日の栃木県は低気圧の影響を受け、気流が不安定だと思われた。これらのことから、星の瞬きはその日の気圧配置、風等の影響を受けると考えられるが、上空のジェット気流との関連性も考えられる。その他様々な気象要素と関連付けて調べていきたい。

・光度測定

イルカ座新星は順調に光度測定が可能であった。アイソン彗星の光度測定は核の部分の面積が広がったため、核の半径を設定して測定を行った。しかし、眼視観測から想定される光度より低く感じられ、今後正確な光度測定の仕方を追求したい。

月の色の不思議

なぜ、月の色は昼間は白っぽく、夜は黄色っぽく見えるのか

石倉 彩美 (高2) 【群馬県立前橋女子高等学校】

1 はじめに

以前から月の色が昼間は白っぽく、夜は黄色っぽく見えることを不思議に思っていたので、昼間と夜で月が異なった色に見える理由を明らかにしたいと思い、研究を始めた。

2 仮説と検証

・仮説 I

月の色が昼間は白っぽく、夜は黄色っぽく見えるのは、自分自身の思い込み、もしくは人間の目の錯覚なのではないか。

・実験 I

同日、昼間から夜にかけて一定時間間隔で月の写真を撮影し、数値上の月の色を比較する。撮影条件は下の通りである。

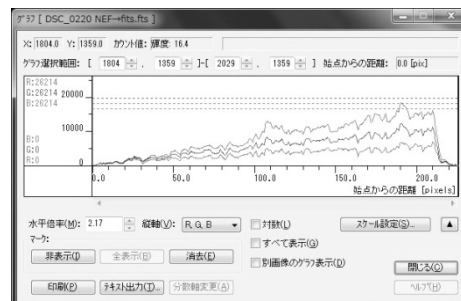
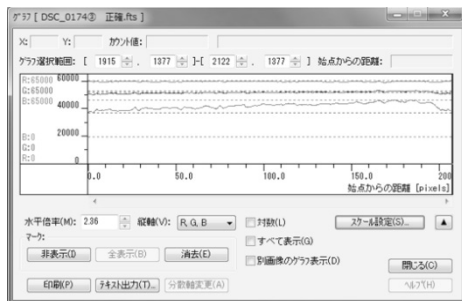
機種…NikonD60 画質モード…RAW+BASIC ISO…400 ホワイトバランス(WB)…晴天
レリーズモード…Single フォーカスモード…MF 露出時間…1/1250s 焦点距離…300mm

・結果 I (RAW 画像分析) 2013.8.14 月齢 7.4 の月 (上弦)

左図 時刻 15:49【昼の月】 高度 31.642° 方位 333.660° (南南東)

右図 時刻 19:06【夜の月】 高度 30.820° 方位 27.612° (南南西)

この2つの月は同日に撮影したので大気の状態が同じである。また、高度がほぼ同じなので高度による色の変化はないと考えられる。



・考察 I

昼間は多い順に青→緑→赤、夜は多い順に赤→緑→青となり、色の割合が異なるので、昼間と夜で実際に色が異なっていることが確認できた。

・仮説 II

昼間の月は、散乱によって減少した青や緑の光が青空によって補われて白っぽく見えるが、夜の月は、太陽の光がないために散乱した緑や青が補われず、黄色っぽく見えるのではないか。
夜の月+(太陽の大気散乱)=昼の月…① 昼の月-(太陽の大気散乱)=夜の月…②

・実験 II

実験 I で撮影した月の写真を 40 分おきに抽出し、ステライメージ7を用いて減算処理と加算処理を行った。減算処理ではそれぞれの写真の空の色を写真全体から引き、加算処理では時刻 15:49 の空の色と同じになるように、写真全体に色を足した。

・結果Ⅱ (RAW 画像分析) 2013.8.14 月齢 7.4 の月 (上弦)

元の 写真						
減算 処理						
加算 処理						
時刻	15:49	16:25	17:05	17:46	18:26	19:06
高度	31.642°	34.174°	35.630°	35.525°	33.871°	30.820°
方位	333.660° (南南東)	343.167° (南南東)	354.374° (南)	6.099° (南)	17.228° (南南西)	27.612° (南南西)

・考察Ⅱ

大気散乱の減算処理では、「夜の月」のような画像、大気散乱の加算処理では、「昼の月」のような画像が6枚並んだ。ほぼ同じ色になったので、同じ写真を何枚も貼ってしまったのではないかと思うほどだった。これらの結果より、仮説の①、②の式は正しいと考えられる。

3 結論

月の色が昼間は白っぽく、夜は黄色っぽく見える理由は、昼間は散乱によって減少した青や緑の光が青空によって補われて白く見えるが、夜は太陽の光がなく、散乱した緑や青が補われないため、黄色に見えるからだと考えられる。

4 今後の展開案

この研究を発表会等で発表したところ、様々なアドバイスをいただき、そこから次の①から⑤の展開案を考えた。③④⑤は実際に行うのが難しいとわかったので、①②を行った。

- ①昼の月ー夜の月 = (太陽の大気散乱)を示す。 ②実験室でこの現象を再現する。
- ③空の色がグラデーションになっているときでも、同じ処理で色が均一になるのか調べる。
- ④山や建物でも、同じ処理で太陽の大気散乱の影響を取り除けるのか調べる。
- ⑤濁っている池の写真を処理すれば、池の底がみえるのか調べる。

5 協力、使用ソフト

協力 ぐんま天文台 使用ソフト Makali'i StellaImage7 ステラナビゲーター9

“光害”の影響調査 —人間の活動と夜空の明るさ—

梶倉 芳年、足立 匠(高2)、野中 大輔、田口 俊哉、倉崎 大地(高1)
 【愛知県立一宮高等学校 地学部】

要 旨

現在、主に都市部の光が過剰になることによって、自然生態系等に影響を与える「光害」と呼ばれる環境問題がある。我々は光害、とりわけ夜空の明るさについて、SQMと呼ばれる機器を使用した観測とコンピュータによるシミュレーションの二面から調査を行っている。その結果、夜空の明るさと人間の活動の間には密接な関係があることが確認された。

1. 研究方法

(I) 夜空の明るさの実測調査

SQM(Sky Quality Meter)とは、夜空の明るさを[等級/□” (平方秒角)]を単位として数値化する機器である。本研究では、SQM-L(持ち運び可能タイプ)とSQM-LE(データを自動で取得するタイプ)の2機種を用いて、夜空の明るさを測定した。なお、研究を始める前にSQMの信頼性の確認と、個体差の補正を行った。

SQMを用いて測定された夜空の明るさのデータと道路交通量や電力使用量(以下、人間活動指標)などを比較して、夜空の明るさと人間の活動との関係を調査した。

(II) 夜空の明るさシミュレーションの作成

(I)において夜空の明るさと人間の活動の間の密接な関係の存在が確認されたことから、都市からの距離と人口を元に、日本全国を対象とした全国版と濃尾平野を対象とした地方版の2バージョンの夜空の明るさシミュレーションを作成した。

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

$$y = \frac{(H-h)^2}{H^2} \times \frac{L_0 \times e^{-D\sigma}}{D^2}$$

y 明るさ L_0 光源 e 自然対数 D 距離 σ 消散係数 (6.0×10^{-6})
 H 反射する高度 h 測定した地点の高度
 ($e^{-D\sigma}$ はランベルト・ベールの法則、 $/D^2$ は光の強さは距離の二乗に反比例 による)

また、作成したシミュレーションを用いて夜空の明るさマップを作成し、実測して作成した明るさマップとの比較を行った。

2. 結果

(I) 夜空の明るさの実測調査

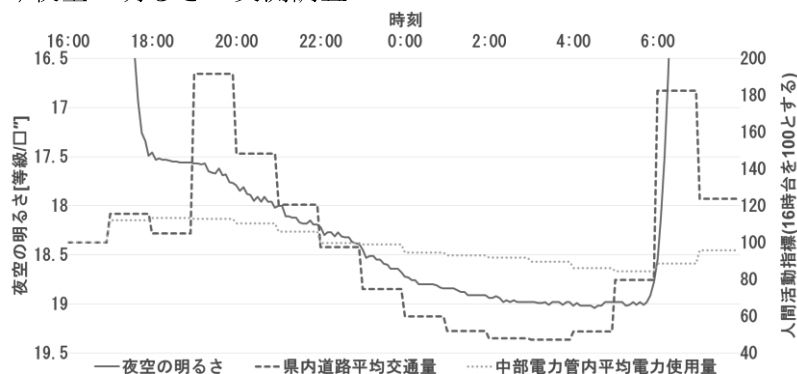


図1
 夜空の明るさと
 人間活動指標の
 関係
 (使用データ：
 交通量以外は
 2014/1/4)

夜空の明るさと人間活動指標の時間ごとの推移をグラフ化したものが、**図1**である。**図1**より、夜空の明るさと人間活動指標はどちらも、0:00前後までは徐々に減少し、その後は夜明けまでほぼ一定となっており、両者の間には明確な関係性が見られた。

(II) 夜空の明るさシミュレーションの作成

シミュレーション結果をグラフ化したものが**図2**である。実測値とシミュレーション結果の間で相関係数をとったところ、全国版で0.65、地方版で0.91であった。

また、愛知県内をメッシュ状に区切って地方版シミュレーションを行い、夜空の明るさマップ(**図3**)を作成した。**図3**から、大都市である名古屋市を中心に、同心円上に夜空の明るさが徐々に暗くなる傾向が見られた。

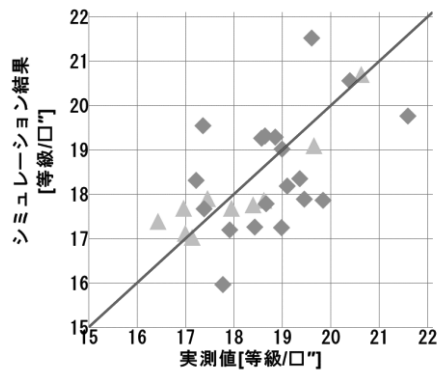


図2

実測値とシミュレーション結果の比較

◆全国版 ▲地方版

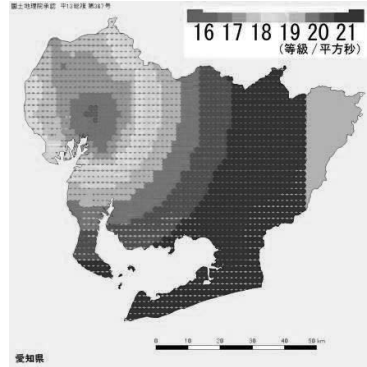


図3

夜空の明るさマップ

(シミュレーションから作成)

3. 考察

(I) 夜空の明るさの実測調査

SQMを用いた夜空の明るさの調査法の確立ができた。

また、夜空の明るさと人間の活動指標の間に明確な関連性が見られたことから、人間の活動が夜空の明るさに影響を与えているということが示された。

(II) 夜空の明るさシミュレーションの作成

実測値とシミュレーション結果との相関係数が地方版では0.91を超えたことから、コンピュータを用いた夜空の明るさシミュレーションは可能であるとの結論を得た。

また、シミュレーションを用いて作成したマップから、光害の影響は大都市に近ければ近いほど大きいと推測される。

謝辞

名古屋大学大学院 柴田 隆 教授
愛知県立一宮高等学校SSH 全国夜空の明るさ観測チームのみなさま

参考文献

環境省水・大気環境局大気生活環境室 『光害対策ガイドライン 平成18年12月改訂版』
中部電力Webサイト 『電力需給状況のお知らせ』 (<http://denki-yoho.chuden.jp/>)
<2014/1/14閲覧>
国土交通省 『平成22年度 全国道路・街路交通情勢調査(交通センサス)』
総務省統計局 『平成21年度 経済センサス』

ぐんまの夜空の明るさ調査

金井 和泉、矢野 いまり、佐藤 優佳、砂長 佑香、宅和 花菜子、福田 早紀子
 高畑 実紅、小林 友理、櫻井 美緒 (高1) 【群馬県立前橋女子高等学校・地学部】

1、はじめに

私たちは、2011年から群馬県内の夜空の明るさを継続的に調査している。今年度は夜空の明るさの経時変化を中心に研究をした。それぞれの自宅と学校の屋上で夜空の明るさを計測し、データを集めた。自宅での計測は、これまでの研究により SQM の信頼性が低いという事が分かったため、カメラでの計測を中心に行った。学校では、屋上に設置した SQM-LE により計測した。

2、学校屋上での計測結果

【目的】

- ・季節による夜空の明るさの違いを調べる。
- ・学校(前橋市紅雲町付近)の経時変化率を調べる。

【測定方法】

屋上に設置した SQM-LE により、2011年11月から継続的に測定している。なお、校舎の耐震工事のため、2012年7月から2013年2月までは測定できなかった。また、諸事情により一部、観測できなかった月がある。

【結果】

《季節による違いについて》図1参照

各日24時の明るさを比較した。Maxは各月の中で最も暗い日、Minは最も明るい日を示している。MAXは快晴で月の影響を受けない日と考えることができ、季節に関係なくほぼ一定であった。

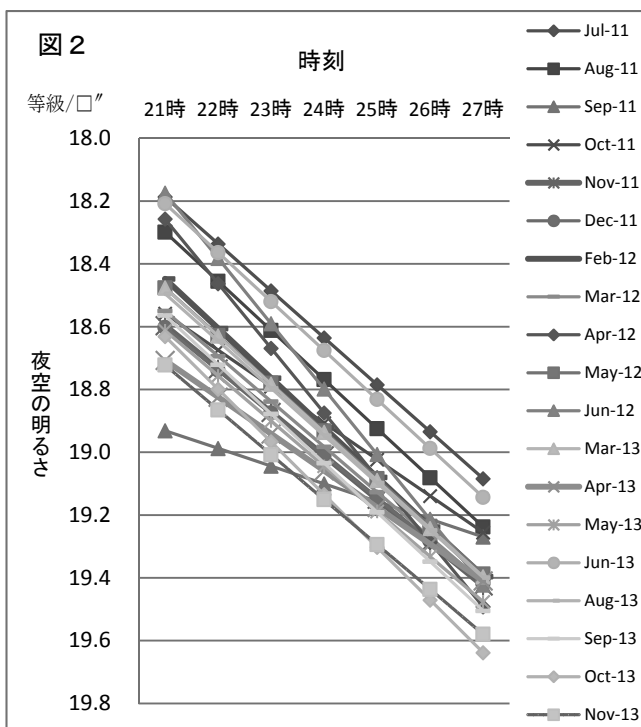
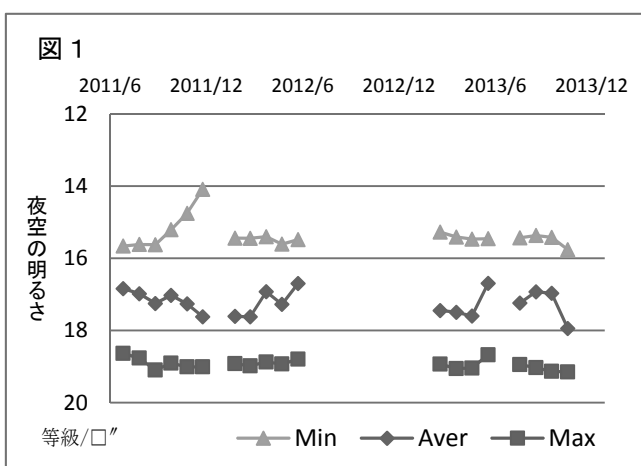
《経時変化について》図2参照

図1のMAXの日を抽出し、各日21時から27時までの明るさの変化を示したものである。2011年9月、10月、2012年4月、6月、2013年4月を除き、一時間あたりの変化は平均0.15等級/□" (±0.02等級)であった。

【考察】

季節による明るさの違いは、前橋では観測されなかった。

一年を通じ経時変化の値はほぼ一定であったため、同じ場所での経時変化は常に一定であると考えられる。



3、群馬各地の明るさとその変化

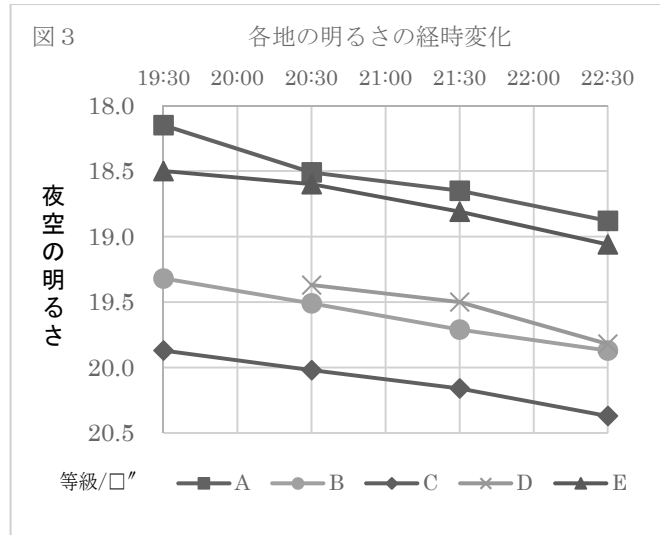
【目的】

・経時変化率は場所によって異なるかどうかを調べる。

【測定方法】

雲のない晴れた夜に、7:30 から 10:30 まで 1 時間ごとに、天頂にカメラを向け露出時間 30s で撮影。等級を基準星(4.0~5.0, $-0.5 \leq B-V \leq 0.5$)との比較により、Excel と専用ソフト(Stellarium, vega)を用いて測定。同時に、SQM-L の数値を 9 回測定。測定は部員の自宅周辺 5ヶ所で行った。

【結果・考察】



グラフから、同じ場所での一時間毎の経時変化は一定であると考えられる。また、場所によって経時変化率が異なった。しかし、まだデータが不十分であり、加えて近隣の照明に影響を受けやすいため、さらに計測を継続的にを行い正確なデータを出す必要がある。

各グラフの近似直線から算出した経時変化率

	A	B	C	D	E
経時変化率 (等級/□) /h)	0.233	0.185	0.164	0.225	0.189

4、光害について

光害とは過剰な人工照明が夜空に与える影響のことで、天体観測がしにくくなり、人体に悪影響を及ぼす可能性もある。

私たちの最終的な目標は、前橋市において肉眼で見ることができる星を増やすことである。そのためには、光害を減らし、夜空をさらに暗くする必要がある。光害対策には地域の方々の協力が必要不可欠である。私たちはまず前橋市へ光害対策を広めていきたいと考えている。

私たちの目標とする町は、美星天文台のある岡山県井原市美星町だ。美星町では光害防止条例を制定し、生活に必要な夜間照明を確保しつつ光害から星空を守るとい、全国的に類を見ない活動が行われている。具体例として、光害モデル街灯の設置、天文現象の時に町民が積極的に屋外照明を消灯するなど、町全体が協力して美しい夜空を守っている。また、群馬県高山村でも同様の条例が制定されている。

私たちの計画はまだ企画段階だが、今後研究を進めるとともに光害に関する情報をさらに集め、この美星町のようにわが前橋市でも星空を守るための活動を始めたい。

参考文献・使用ソフト

- ・天文シミュレーションソフトウェア Stellarium ver.0.10.6.1
- ・画像処理ソフト vega

岐阜市の夜空の明るさの観測

河村 新 華井 竣平 (高2) 【岐阜県立岐山高校】

田中 拓徒 (中2) 【岐阜市立長良中学校】 仁科 正徳 (中1) 【岐阜市立三輪中学校】

野澤 佑太 (中1) 【岐阜市立藍川中学校】

1. 研究概要

岐山高校地学物理部では、「夜空の明るさ」について調査を行っている。私たちは、岐阜市主催「岐阜市科学塾」を通して、岐阜市内の中学生とともに調査を行った。調査では、本校の SQM を貸し出し、住んでいる地域の夜空の明るさを観測した。3ヶ月間の調査結果を持ち寄り、データを解析した結果、夜空の明るさは、街灯や住宅の照明などの人工灯が影響していることが分かってきた。

2. 目的

SQM を用いて、自分の住んでいる地域の夜空の明るさを調査する。また、複数地点での調査を行い、他の地域との明るさが違いを比較し、夜空の明るさに影響を与える要因を考察することを目的とする。

3. 観測環境および観測方法

・観測環境

観測場所：岐阜市内【図1】

日時：2013年8月1日

～2013年10月31日

観測開始時刻：午後09時00分～

※晴れのときのみ観測,曇りまたは雨の場合中止

・方法

1. 外灯がなるべく当たらない場所で測定を行う。

※ 測定時刻は、毎日21:00に行う。

2. SQM 本体を天頂に向ける。

3. スタートボタンを押し、ディスプレイに表示された等級を記録する。

4. もう一度スタートボタンを押し、表示された温度を等級に記録する。

5. 2～4までの作業を3回繰り返す。

6. 記録した等級と温度の平均をそれぞれ求める。

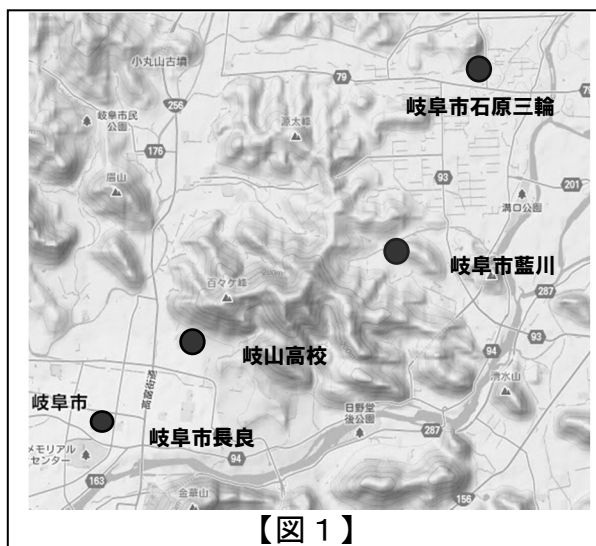
・分析方法

1. 各地点でのデータをまとめる。

※データは表計算ソフトを利用し、処理をする。

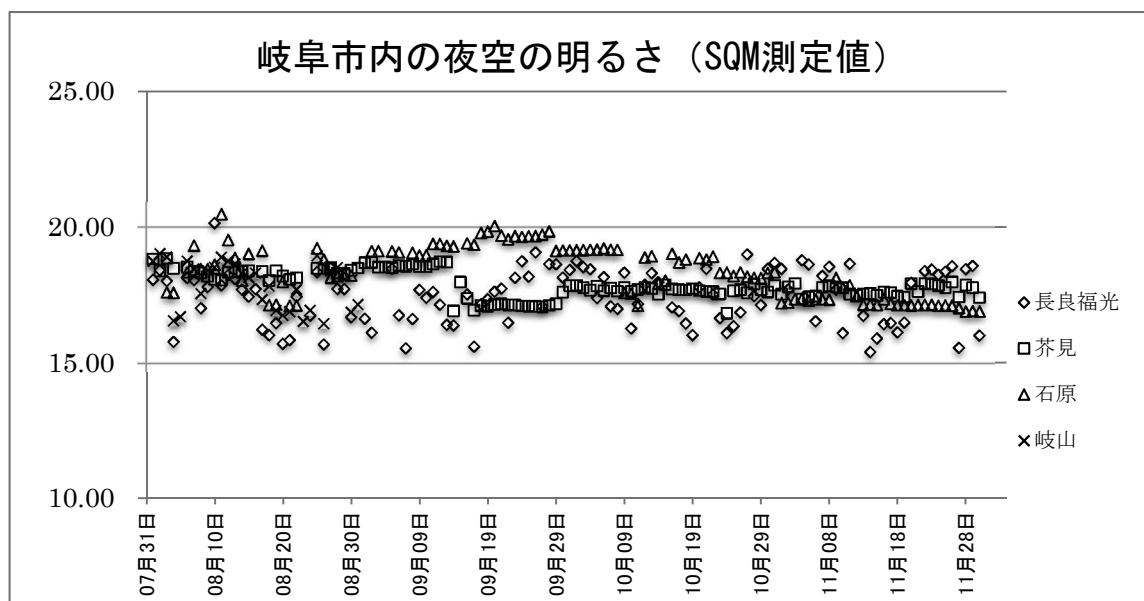
2. 各地点での等級および温度の特徴を捉える。

3. 等級および温度の特徴と観測地点から、岐阜市における夜空の明るさの特徴を検討する。



【図1】

4. 結果



【図 2】

5. 考察

1. 人工光の影響

岐阜市内の4か所で測定をした結果、市街地（長良福光）が最も明るい。市街地では測定値が一定でないことから、人工光（住宅、自動車など）の影響を大きく受けていると考えられる。逆に郊外（石原）では、住宅が少ないことから、人工光の影響が小さいため、全体として暗くなると考えられる。

また、住宅地（芥見）では、住宅からの人工光（生活照明）があるため、ほぼ一定の光の影響を受けると考えられる。

2. 雲の有無

観測時に雲が多いと空全体が明るかった。これは、地上の光（外灯、家の明かりなど）が雲によって乱反射することで雲全体が明るくなり、結果として空全体が明るくなると考えられる。

今回の観測では、月の影響が測定結果として表れなかった。これは、月明かりよりも、人工光の影響が大きいと考えられる。

6. まとめ・感想

夜空の明るさは、私たちの生活の中で使われている、照明などの光が影響していることが分かった。ただし、今回の観測では、条件設定が十分でないこともあり、正確な結果とは言い切れない。今後、観測を進めていくためには、条件の設定を再検討していく必要がある。

また、今後の取り組みとしては、今回の研究で課題となっている条件の検討に加え、今年度同様、岐阜市内の中学生と連携を図り、岐阜市全体の「夜空の明るさマップ」の作成を進めていきたい。

7. 使用機材

- ・ SQM-LE
- ・ Microsoft Excel

限界！？北部九州における夜空の暗さ

東筑紫学園高等学校 理科部 (高3)八杉 美晴 本田 百花
 (高2)川口 史恵 坂本 直樹 畠山 貴紗子
 (高1)伊藤 渚

1. はじめに

12年にわたる観測の結果、「夜空の明るさ」は様々な気象状態や、SPM・光化学オキシダントなどの、目に見えない環境汚染物質に強く影響されることを証明した。他にも、北九州の夜空の明るさを可視化した「北九州1/5万等光度曲線地図」の製作や、夜空の明るさから黄砂の流動状態を推測するなど、様々な研究に取り組んできた。

現在、全国スターウォッチングネットワークより、日本で最も暗いのは、冷却CCDカメラで撮影された写真解析より、2007年の岩手県一関市、2008年の島根県津和野町で、ともに24.40 mag/□"である。この値を北部九州でも観測したいということで、まず24 mag/□"以上の暗い値が、スカイオリティメーターで測定できるか確認を行った。そして福岡県田川郡にある、市街地から大きく離れている英彦山で観測を行った。

2. 観測機器 (スカイオリティメーター)

図1は夜空の明るさの観測に使用しているスカイオリティメーター (SQM) である。原理は角度20°の光の円錐形の1/2 (10°) をスキヤニングして、光子をカウントする。そして、これを平方秒角あたりの等級 [mag/□"] で数値化する。観測が短時間で済むことや、個人差が出ないため、2008年度より使用している。現在、私たちは計3台のスカイオリティメーターを使用している。使用を開始した2008年に個体差がないことを確認しているが、改めて個体差について調査をした。また、測定するスカイオリティメーターには“番号”、“貳号”、“参号”と名付け、それぞれ比較を行った。

表. SQMの個体差 [単位: mag/□"]

	番号	貳号	参号
学校倉庫①	17.60	17.60	17.67
学校倉庫②	20.02	20.05	20.11
学校倉庫③	23.00	23.06	23.12

学校倉庫内で明るさを変えながら、3台同時に測定を行った。明るさは17, 20, 23 mag/□"程度の3種類で変化させている。表のように、明るさを変えて行きたいずれの観測でも個体差は小数点以下でしか見られず、個体差はないものと確認できた。

3. スカイオリティメーターの測定限界

現在日本で最も暗い24.40 mag/□"の値がスカイオリティメーターで測定できるのかを検証した。私たちが観測を行った地点の1つである青龍窟では「真



図2. 青龍窟 (内側から撮影)

の暗闇」を体験することができる。青龍窟は平尾台 (北九州市小倉南区) に存在する鍾乳洞である。そこでは光源が全くないため、限界値を測定するのに最適である。青龍窟では、洞口でスカイオリティメーターの角度を変えることで、視野角内の光子数を調節し、観測を行った。

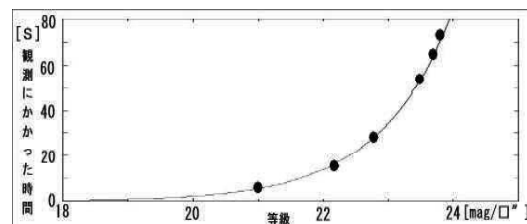


図3. 青龍窟での測定 (2012年6月2日)

図3は、2012年6月に観測を行った青龍窟の結果である。縦軸は1回の観測にかかった時間 [s]、横軸は等級 [mag/□"] である。図より、暗い値を測ろうとするほど時間もかかることが分かる。そして23.80 mag/□" が最も暗く、24.00 mag/□" 以上は測定できなかった。これはスカイオリティメーターが80秒までしか測定できないためである。

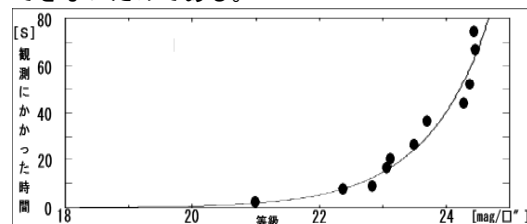


図4. 青龍窟での測定 (2012年8月25日)

再度、2012年8月に青龍窟で測定をしたところ、最も暗い値で24.48 mag/□" が得られた。スターウォッチングネットワークの24.40 mag/□" は測定できそうだが、25 mag/□" 以上測定できない可能性がある。



図5. 学校倉庫 (外側)

青龍窟だけでなく学校内にある倉庫(図5)でも測定を行った。スカイオリティメーター(SQM)は、視野角に入る光の量が少ないほど暗い値を示す。そこで測定の際、ドアを開ける幅を変えて光の入る量を調節した。



図6. 3台同時観測時のSQM

スカイオリティメーター3台は図6のように、三脚を取り付けた木の板にマジックテープで固定し、観測位置のずれが起きないようにした。

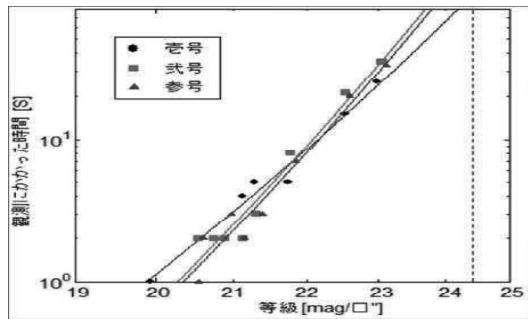


図7. 学校倉庫での観測(2013年10月30日)

図7は、学校倉庫で観測を行った結果である。ただし、縦軸の1回の観測にかかった時間および横軸の等級は、対数で表示してある。スカイオリティメーターの測定限界である80秒以内においては、学校倉庫では最高でも23.12 mag/□”であった。このことから、測定できる限界の夜空の明るさは24等級程度まで(図中の破線)と考えられる。24.5以上は測定できない可能性はあるが、これをふまえて英彦山で24.40 mag/□”を超える値を求め、観測を行った。

4. 北部九州における夜空の暗さ

現在、日本で最も暗い値である24.40 mag/□”以上の値を北部九州で求め、2013年8月に福岡県田川郡にある英彦山(図8)で徹夜観測を行った。英彦山組と英彦山周辺組の2班に分かれて行った。



図8. 英彦山

まず、図9は英彦山の北岳(標高1192m)で観測を行っている様子である。濃い霧がかかっており、気温も低く大変だった。湿度も99%であった。水蒸気に乱反射されて、明る



図9. 英彦山頂上での観測

い結果になった。24 mag/□”以上の値を求めていたが天候に恵まれず、残念な結果である。さらに、英彦山頂上でも市街地の明かりの影響があった。



図10は、英彦山周辺の駐車場(標高815m)から見える星空である。街灯などの影響が少ないため、くっきりと星を眺めることができる。市街地ではあまり見れないきれいな星空を見ることができる。

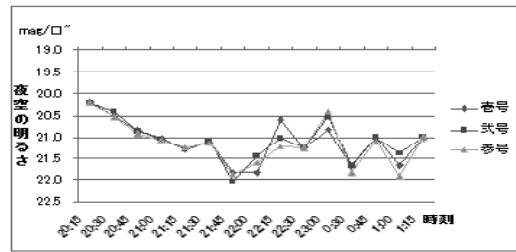


図11. 英彦山での観測

図11は、英彦山での20時15分から1時15分までの徹夜観測の結果である。その結果、英彦山では24以上は観測できなかった。最高でも、21時45分の22.03 mag/□”であった。もう一度、英彦山や他の場所での観測を行い、今度こそ北部九州で最も暗い値を観測したいと考えている。

5. おわりに

夜空の明るさの観測に使用しているスカイオリティメーターについて、今まで私たち自身が分かっていた測定限界値について調べた。その結果、最高で24.48 mag/□”まで測定することができた。この結果は全国でもっとも暗い24.40 mag/□”を超える値であり、英彦山での観測に使用できると判断した。しかし、英彦山で行った観測は天候などの影響もあり、最高でも22.03 mag/□”になった。再度、英彦山や他の場所で観測を行いたいと考えている。

最後に、夜空の明るさに関心、興味を持つ学校が増え、本校が2009年に提唱して立ち上げたSQM全国ネットワークが、現在北海道から福岡県まで全国27校の参加を得られ活動している。夜空の明るさを全国的に共有することにより、値により確信が持てるだろう。

参考文献

- ・“unihedron”. SkyQuality Meter - L.
http://www.unihedron.com/projects/sqm-l/
(参照2013-11-9)
- ・東筑紫学園高等学校・照曜館中学校理科部(2010)
: 第22回「星空の街・あおぞらの街」全国大会
環境大臣賞受賞記念号 76pp.
- ・スターウォッチング・ネットワーク(2005~2011)
: 全国星空継続観察の実施結果報告書,
環境省 水・大気環境局

太陽の高度と方位の季節による変化 ～影を使った観測～

柿元 拓実、竹田 智晃（中2）、竹村 典晃、渡村 友哉（中1）

【長野県塩尻市立丘中学校】

1. はじめに

毎日同じ時刻に調べたとき、季節により太陽の高度と方位はどのように変化するかを、影を利用した観測装置を作って調べた。影を使った装置は、目に悪影響を及ぼさず、簡単に作製でき、精度の良いデータを得ることができる。2013年8月から2014年1月までの間に一日晴天の日について15分ごとに影の位置を測定し、正午の影の方位が変化しているという結果を得た。また、影の軌跡から正確な方位を求める方法を考察した。

2. 観測と解析の方法

① 観測装置

観測には図1のような装置を作り使用した。できるだけ影の位置を正確に記録するために、次のような工夫をした。歴史的には、水平面に対して

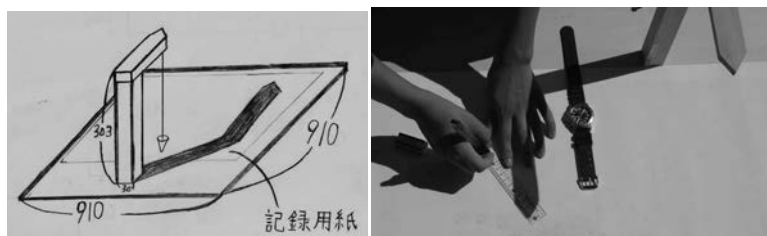


図1 影を利用した観測装置

図の寸法の単位：mm

垂直に立てた棒の先端の影の位置を記録することで観測が行われていたようだ。しかし、太陽の視直径のため、例えば釘のように鋭く尖ったものの場合先端がぼやけてしまう（図2）。そこで、角度 65° の鋭角を持つ板を水平に取り付け、その先端の影を記録するようにした。この方法だとできた影の二辺を記録し、その交点が影の位置であるとして観測できるため、観測しやすく、従来の方法に比べて精度の高い観測ができると考えられる。

【棒の先端の形】

厚紙の先端の角度を変え、それぞれがつくる影を比べると、先端の角度が小さいとぼやけて見えにくくなり、大きいとどこが先端か分かりにくくなる。 90° が一番見やすい。今後 90° に替えて観測を行う予定である。

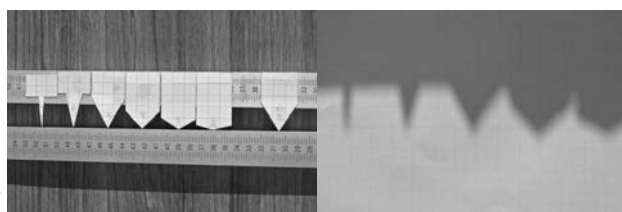


図2 棒の先端の角度と影

② 観測

機械の記録用紙に9:00から15分ずつ影の位置を記録する。得られた影の位置から太陽の高度と方位を求めた。方位は、観測結果から求めた南北の線と影の位置と中心点を結んだ線との間の角を方位として求めた。高度は、影の位置と中心点の直線と、影の位置と機械の先端の直線との間の角を高度として求めた。それらの角度のデータを表とグラフにまとめ角度の変化を調べた。

3. 結果と考察

太陽の影の軌跡の形が夏は棒を囲むような形（棒の方向に開いた曲線）であったが、冬は向きが反対（棒の逆の方向に開いた曲線）になった。9月29日の結果が直線に近かったことから、秋分の日がおそらく直線だと考えられる。今後、春分・秋分の日に調べる必要がある。また、12:00の太陽の位置が日が経つにつれて西にずれている。

4. まとめ

- ①太陽の影の軌跡の形が夏、秋、冬、で異なる。
- ②太陽が南中する時刻が日によって違う。これまでのところ早いのは11月、遅いのは8月である。
- ③影の軌跡の形が秋分の日には直線になる。秋分の日と春分の日には真東から昇り真西に沈むのでこの直線は東西の方向を示していることになる。この線に垂直の線を引けば南北の線となる。

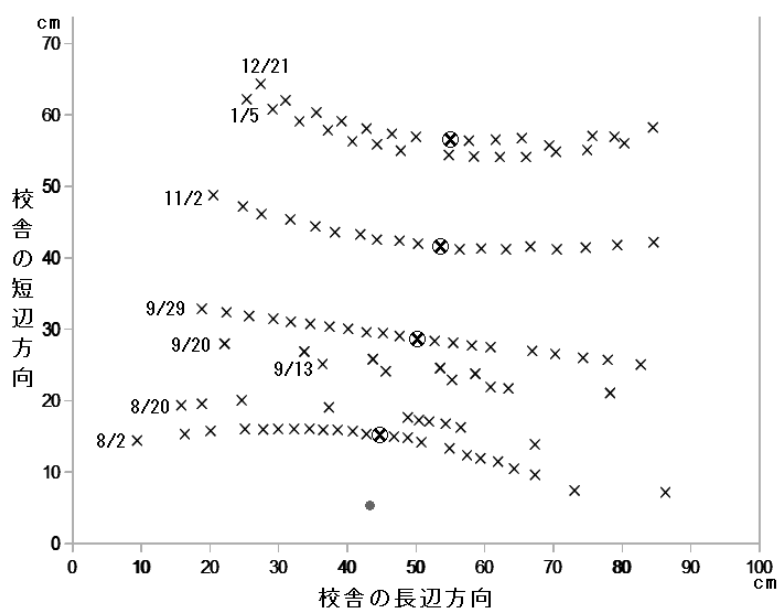


図3 棒の先端の影の位置の季節による変化

記録平面から棒の先端までの距離 30.3cm

○のついているx印は正午（12:00）の位置

●印は棒の先端の位置を示す。

- ④同じ時刻（例えば12時の影の位置）を、季節を変えて記録し結んでも正確な南北にならない。
- ⑤太陽が一番高くなる時刻は毎日同じではない。その時刻は真南に来る時刻と等しい。つまり、真南に来る時刻が一番高くなる。それは南中高度である。しかし、それは正午（12:00）とは限らず、夏から秋にかけてだんだん早くなっていく。

5. 今後の課題

現時点では観測途中にあるのでこれからも観測を続けて、春、夏の結果も考察し、1年間の太陽の高度と方位の変化をより精密に調べていきたい。また、太陽の南中時刻の観測を続け、変化の様子を調べていきたい。

俺たちの均時差

高田 諒馬, 吉川 滉也, 小野寺 真実, 阪本 葉生里, 安井 友海 (高2),
大日方 剣, 根岸 将太, 藤永 弦, 櫻田 大和, 五十嵐 聡人,
奥川 貴也, 瀬戸 一志, 真壁 巧, 目黒 剛 (高1)
【國學院大學久我山高等学校地学部】

要 旨

昨年まで続けてきた、大型日時計を使った均時差観測をふまえ、身近にある材料で、「簡易均時差測定器」を作り、いつでも、どこでも、だれにでも、「真の太陽」と「仮想の太陽」の差である均時差を簡単に、より手軽にそしてより正確に観測できないかと試験的な観測を始めてみた。まだまだ誤差や改良点があると思うが、ある程度の結果を得ることができた。今回の発表によって、多くの方々の意見を取り入れ、また、協力を得て、より改良していきたい。

1. はじめに

われわれにとって太陽とは2つあります。「平均太陽」と「視太陽」です。

平均太陽＝天の赤道を一定の速さで移動する太陽・・・仮想の太陽(見えない)

視太陽＝黄道上を移動するが、1月頃は速く7月頃は遅い太陽・・・本物の太陽

これら2つの太陽のうち、日常我々が時刻を決めるのに使っている太陽は仮想の平均太陽なのです。2つの太陽の位置によって決める時刻の差を「均時差」といい、このために日本標準時の基準である東経135°(明石)においても太陽の南中は正午ではないのです。

そこで私たち國學院久我山高校地学部は、一昨年・昨年と「仮想の太陽と真の太陽」というタイトルで『均時差』についての研究発表をしてきました。今回はいつでも簡単に均時差を求めることができないかと考えて、そのときの観測に用いた日時計をもとに厚紙・竹串・方位磁針を使って「簡易均時差測定器」を作成し、実際にそれを使って観測を始めました。

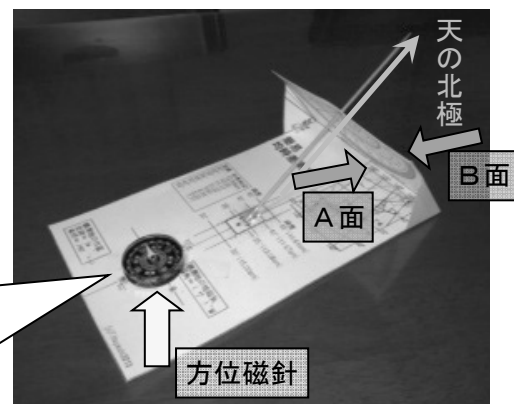
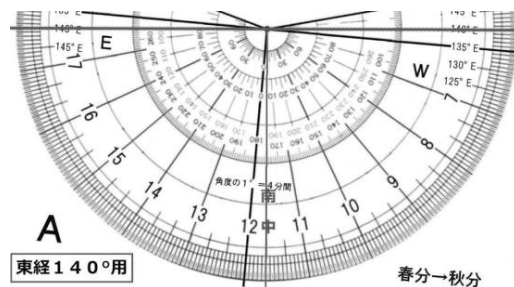
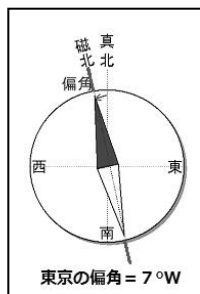
2. 方法

今回は『均時差』をはかるために、身近な道具を用いて簡易測定器を作って、それで観測できた時刻と、実際の時刻の差を求めてみました。この日時計にはA面とB面という2つの文字盤があって、A面は春と夏、B面は秋と冬に使用して、均時差を求めます。この文字盤は右図のように観測地の経度に合わせて傾けてあり、その土地での「平均太陽の時刻を示す日時計」になっています(右図は東京におけるA面の例)。

しかし、実際は本物の太陽によってできる影で観測をするので平均太陽の時刻と異なる位置に影がやってきます。その差を調べれば均時差になるはずですが。

その具体的な観測方法は、以下の通りです。

1. この測定器を、方位磁針を使って、真北に向くように平坦な場所にセッティングする。ただし方位磁針は真北から「偏角」だけずれているの



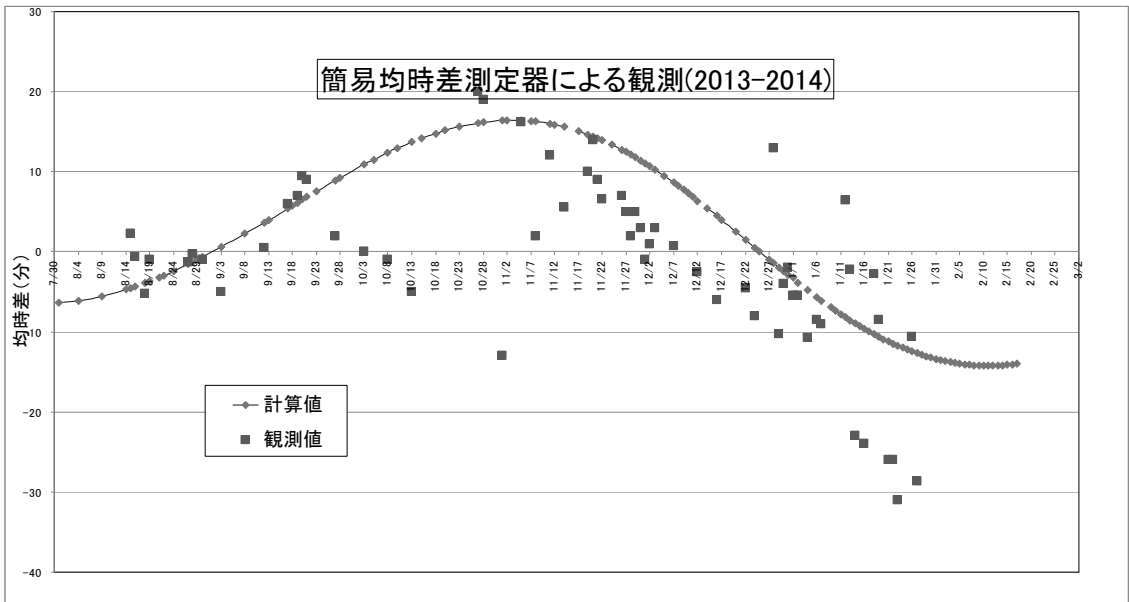
で、予め測定器にはその土地の「偏角」だけ（東京では7° W）ずれたところに印をつけておきます。

2. 竹串の陰が映った目盛を読み取り記録する。・・・①
3. すぐに正確な時計で時刻を読み取り記録する。・・・②
4. ②-①の値が「均時差」です。

今回、測定器の北緯と東経は東京のものに合わせて、各自が製作し、それぞれが自宅に持ち帰って観測をしました。なお、細かな部分の設計は顧問の先生が行い、それを厚紙にコピーし、方位磁針・竹串は100円ショップで購入したものを使用しました。

3. 結果

こうして求められた結果が、以下の通りです。



計算値と測定値の差を図に直したものです。今回は2013年8月からのデータが得られました。

4. 考察

以上の図を見るとおり、かなりバラツキが見られます。これは、測定器による観測が、まだ始めたばかりなので、正確に作れなかったことが予想できます。但しデータのまとまりは計算値と同じような曲線が描けているので、少しの誤差を除き、たいした製作ミスがないように思えます。

誤差の原因としては次のことが挙げられます。

- ① 竹串の影が太くなってしまい、メモリが正確に読めなかった。
- ② 鉄筋や電気製品など周囲の磁場が強い場所で観測すると、方位磁針が不正確になる。
- ③ 設置するときの方位磁針の合わせ方が甘いと誤差に大きく影響する。

これらに注意しました、作り方を改善する等精度を上げて、もっと観測を続けていって慣れてくれば、より良い結果が求められると思います。

5. まとめ

製作の初期段階なのですが、測定器の製作過程をもっと改良し、正確に観測するように心がければ正確な値により近い結果を求められるでしょう。観測に協力してくださる学校がありましたらご連絡をお願いします。

4 GHz帯太陽電波観測用電波望遠鏡の製作 I

正木 武、板倉 徹矢、北原 輝一、馬場 雄也、小澤 拓也、松崎 裕希（高卒）

芦部 夢乃、北林 大地、西川 和樹、保戸塚 拓也（高3）

青木 達也、浦野 稜也、大藏 達也、北澤 凌、小松 赳士、田中 裕樹、中村 俊貴（高2）

【長野県駒ヶ根工業高等学校 電波望遠鏡プロジェクトチーム】

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、宇宙電波観測と電波望遠鏡の構造について研究を進めてきました。この成果をもとに、海外衛星テレビ用受信アンテナをベースに、自動追尾機構と連続測定機能を持ったコンピュータ制御が可能な4GHz帯用の電波望遠鏡の製作を行った。

1. はじめに

2012年度は、1.2mのソリッド型の反射鏡を使用して、設計製作した検波器等を組み合わせ、太陽からの電波を受信できる事を検証した。本年度は、メッシュ型の1.8m鏡に2軸の駆動機構を追加して、連続観測が可能な電波望遠鏡の製作を試みた。本研究は学校創立50周年の記念事業として、3年生の課題研究の中で、機械科、電気科、情報技術科の3科の協力による研究として実施した。

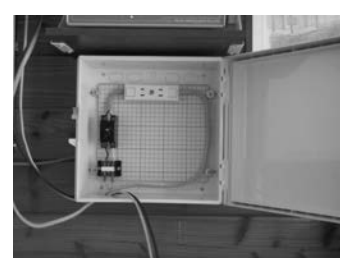
2. 土台製作（機械科担当）

1.2m×1.2m×(深さ)2mの穴を掘り、組み立てた三角タワーを水平垂直を出してロープで固定した後コンクリートで固めた。またパラボラを駆動装置取り付けるための金具の製作も機械科で担当した。



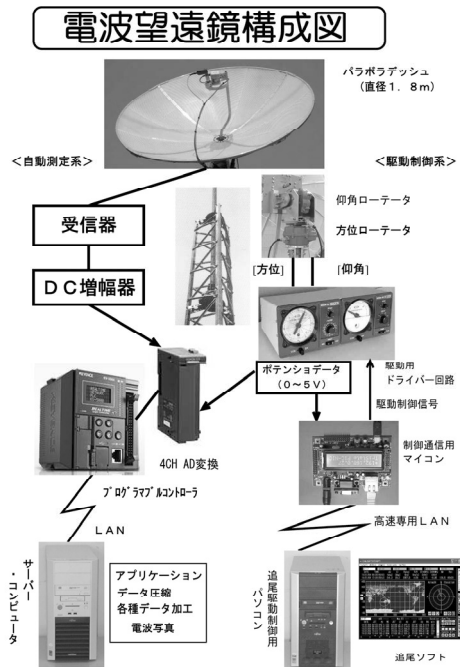
3. ボックス設置と配電工事（電気科担当）

設置したタワーの北側に屋外用のボックスの設置と駆動・制御用に必要となる電源の地中配線と屋外部分のネットワーク配線工事を電気科が担当した。



4. 電波望遠鏡のシステム構成 (情報技術科担当)

1.8mのデッシュにCバンド(4GHz帯)用のLNBF取付け1GHzに変化して信号を取り出し、



同軸ケーブルでボックス内に取り込み検波後の直流電圧をA/D変換してPLC上で一時蓄積しネットワークを介してサーバーコンピュータに自動転送してデータの蓄積を行う形でシステムを構成することとした。駆動系は、パラボラデッシュに専用の取付け金具を自作し、仰角ローテータに取付け、仰角ローテータを取り付けたマストを方位ローテータで回転させる構造とした。それぞれローテータのコントローラにある外部制御用コネクタを制御通信用のマイコンボード (PICNIC) に接続して、LANを介しパソコン上にある追尾制御ソフトからコントロールする構成とした。

① パラボラデッシュ

有効直径：1.8m、 放物面深さ：33.1cm、
焦点距離：61.2cm、 F/D比：0.34

② 検波器

2012年度にストリップラインを考慮して設計した基板を使用して7枚を作成し、野辺山太陽電波観測所の機器を使用して、特性試験を行い一番直線性範囲が広いものを使用した。

③ 自動計測機能

キーエンス製のPLCに16ビット精度(0~5V、1/20000)のA/D変換ユニットを接続し、ロギング機能を使用して、自動取り込みする構成とした。

④ 自動追尾システム

フリーの衛星追尾ソフト「Calsat32」とネットワーク通信制御マイコンボードPICNICを組み合わせ構成しました。



5. 測定結果

アンテナと検波器の間に20dBのブースタアンプを入れた構成で、検波器の出力をデジタルメータで測定したところ、次の結果をえた。

電波吸収体	空	太陽
259mV	57.4 mV	560 mV

6. 今後の課題

- ・観測精度を上げるため、LNBF等の取付け位置の調整、ローテータの制御量変換テーブルを調整して方位・仰角の精度の向上
- ・連続・追尾観測できるよう各システムの設定値の調整と蓄積データの加工・表示ソフトの開発、その他観測用ソフトの開発
- ・複数鏡を使用した干渉計形電波望遠鏡の製作

BS用アンテナによる太陽電波観測

大川原 彩恵(高2)【熊本県立済々黌高等学校】

松本 奈紗(高1)【熊本県立熊本高等学校】

片岡 千聖(高1)【尚絅高等学校】

1. はじめに

黒点には数の増減の周期がある。この周期にずれが生じたとき、太陽の活動度が低下し地球の気温が寒冷になるという説がある。私たちは、この説を検証するために黒点数と関係があると言われている太陽電波強度の観測を開始した。12GHzでの太陽電波の観測は1994年の工藤順次(天文月報、87、155-1)の他、2000年代に入って、日食時の変動の観測やバーストの検出などを含めていくつかの報告がある。2カ所で同時観測を行ったが変動が一致しない(當村他、大阪府立高校研究紀要、40、11-1、2006)などの報告もあり、頻繁な電波強度の校正が必要であると考えた。本研究では観測の前後に校正を入れることにより、2013年6月から約9か月の長期間に渡って太陽電波強度を安定したシステムによって計測した。



2. 観測方法

2.1 観測に用いた機材

- ・直径351. 株)製 BS-TA352)
- ・マイクロ波検波増幅ユニット RFD-1500 2台

2.2 観測方法

12GHzの電波を観測するパラボラアンテナで

空、太陽、人体から放射される電波の強度を測定する。「人体、空、太陽、空、人体」を1セットとして、増幅度が異なる2台の装置を用いてそれぞれで各3セットずつ太陽電波強度の観測を行う。受信機の感度を安定させるために電源を入れてから約30分後に計測を開始する。まず、山や雲・建物・人体に向けて受信状況を確認したのちに受信機の感度変動を少なくするため、人体・空・太陽・空・人体の順に測定する。それぞれの測定時刻は秒までを記録する。空を測定する際には出力電圧の最低値を記録し、太陽を測定する際にはマイクロコンセントレータ(アンテナ中央の突起物)の影を使い、アンテナを太陽に向け、測定者の影がアンテナにかからないようにして最大電圧を計測する。1セットの平均観測時間は約4分程度である。

3. データの処理方法

人体、空の測定時刻を元に太陽電波観測時の人体と空の電圧値を内挿により推定する。その際に受信機の感度の直線性を仮定する。なお、太陽輝度温度はアンテナのビーム内での太

陽の面積の割合だけ低く観測される。まず実測値から見かけの太陽の温度を算出し、それをこの係数で割ることにより値を求める。その際に受信機の感度の直線性を仮定する。

●アンテナのビームの立体角

我々はアンテナのビームの立体角を求めるために1式を用いたが、他の論文において2式が多く用いられており、値が異なるため、以下に2つの式を記す。

1. J. D. Kraus, Radio Astronomy, 6-15 式)

$$\Omega = \lambda^2 / A = 4 \lambda^2 / (\pi \cdot \eta \cdot D^2) = 0.009501 \text{ [sr]}$$

2. $\Omega = \pi \cdot \alpha^2 \cdot \lambda^2 / (4D^2) = 0.005906 \text{ [sr]}$

Ω :ビームの広がり[sr] A :実際に有効に電波を集めているアンテナの面積[m²]
 D :アンテナの直径[m] η :物理的なアンテナの面積とAとの比率 通常 0.6~0.7
 α :ビームの半値幅を求める係数 通常 1.2 程度 λ :観測する電波の波長[m]

このため他の論文の 1.6 倍の温度となった。

4. 観測結果

図1に太陽輝度温度の測定結果を示す。装置2はRFD-1500の増幅度が低く結果が安定していないのでより安定している装置1の結果を見ると、ごくわずかであるが太陽電波強度は増加していることがわかる。

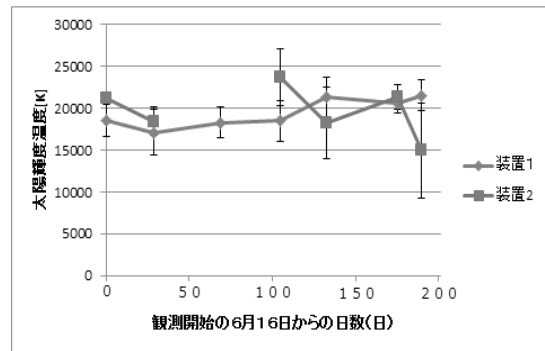


図1.2013年6月から12月までの太陽輝度温度の測定結果

5. 考察

我々は国立天文台で測定された黒点相対数と太陽輝度温度との関係を調べた。図2にそれを示す。黒点相対数は観測日当日のデータがない場合その日の前後のデータを用いた。図2より変動の大きい装置2の値を無視し装置1のデータのみを見れば黒点相対数の増加の伴ってわずかではあるが太陽輝度温度が上昇しているように見える。太陽電波強度の測定誤差を少なくし測定精度をあげるために、

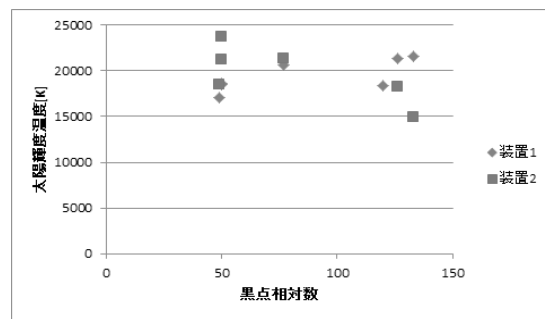


図2.太陽輝度温度と黒点相対数の関係

測定の際にアンテナを太陽の方向に正しく向けることに留意し、アンテナの指向性などについて実験を重ねることを課題として、今後も追及を続けていきたい。

参考文献

黒点相対数 http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/db_sunspot.html

BSアンテナによる太陽フレアの観測

黒宮 直央、石川 悌義、加茂 広大、黒須 裕真、山下 智輝、横山 雄基 (高2)
石川 郁、川村 祐也、熊井戸 章裕、齊藤 勇太、新藤 丈司、竹中 孝介 (高1)
【埼玉県立蕨高等学校地学部】

1. はじめに

蕨高地学部では、2008年から月や太陽の電波観測をおこなってきた。今年度は、太陽フレアを捉えることに挑戦し、数日間に渡り本校屋上にて観測をおこなった。複数のウェブサイトで、日本時間2013年9月18日の11:53からCクラスのフレアが発生したことを知った。この日は、観測中であった為、太陽フレアによる電波強度の変化が捉えられているかを確認するための解析をおこなった。

2. 観測方法・データ処理

2.1 観測方法

観測には図1のような機材を用いた。観測方法の概要は次のとおりである。

- ①太陽をBSアンテナの視野中央に捉え、赤道儀で自動追尾する。
- ②約1時間おきにアンテナの向きを太陽から外し、バックグラウンドの電波強度を測定する。また、測定値を較正するために電波吸収体の電波強度も測定する。

以上の作業を数時間継続する。

2.2 データ処理

- ・前項①で太陽を捉えた値(V とする)から、②のバックグラウンドの値(V_{sky} とする)を引く。この値を V_{sun} とする。これが太陽の電波強度(見かけの電波強度)となる。
- ・電波吸収体の電波強度を V_a とする。

3. 観測結果

今回の観測では、図2のようなグラフを得ることができた。

グラフが下がっているところは V_{sky} を、上がっているところは V_a を示す。また、 V を測定している時間は、本来は平坦なグラフになるはずだが、赤道儀の極軸がずれていた為、太陽が徐々に視野中央から外れ、電波強度が徐々に低下している。 V_{sky} 、 V_a を測定する度に、視野中央に太陽を戻している為、周期的な変化をしている。

4. 考察



図1 観測機材

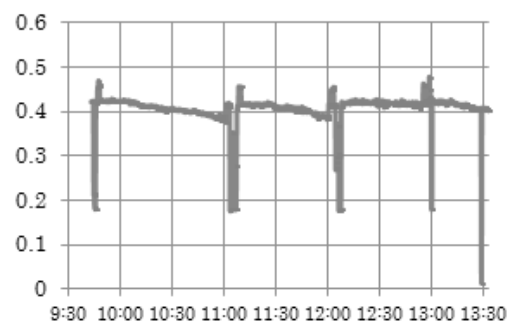


図2 太陽電波の強度変化

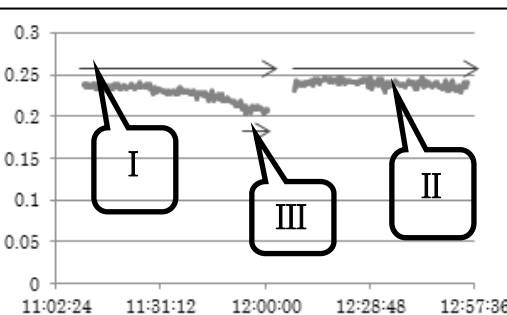


図3 太陽電波の強度変化

4.1 フレアによる電波強度変化の有無

フレア発生時の電波強度変化が検出できたか調べるため、図2のグラフの11時頃～13時頃について次の3領域を設定して詳細に調べた(図3)。

- I 11:10頃～12:00頃
- II 12:08頃～12:54頃
- III 11:54頃～12:00頃 (Iの終盤)

(1) 領域IとIIの比較

図3のグラフのIとIIを抜き出して始点を合わせて重ね合わせた(図4)。全体的にIIほうが大きな値をとっていることが分かる。IIはフレアが発生しているまさにその時間のグラフである。よって、BSアンテナでフレアによる電波強度の変化が捉えられたと推測できる。

(2) 発生時刻の強度増加

一般に、太陽フレアの発生数分後に電波の鋭い増加が見られる。図3のIIIの領域を見ると、電波強度がわずかに増加していることに気付いた。IIIを抜き出し、グラフに近似曲線を追加したものが、図5である。電波強度のピーク時刻は11:57頃で、フレア発生数分後の電波強度の増加を捉えることができた可能性がある。

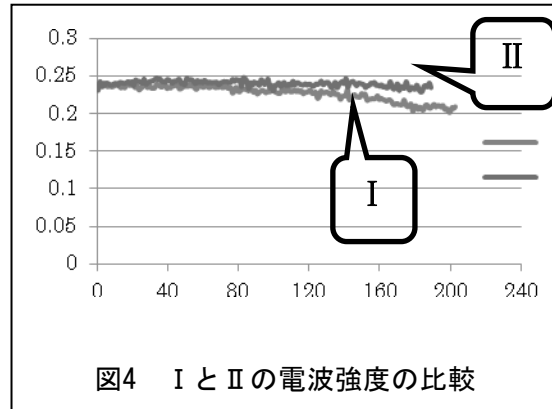


図4 IとIIの電波強度の比較

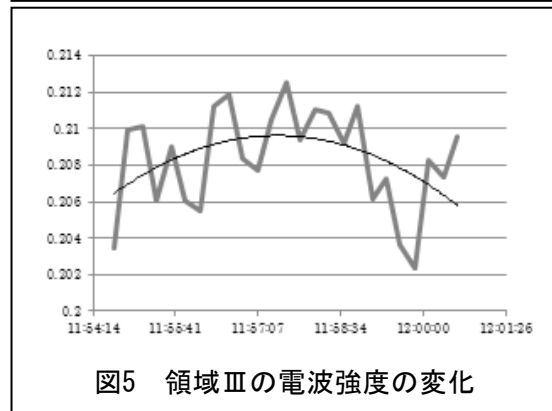


図5 領域IIIの電波強度の変化

4.2 フレアによる放射エネルギーの増加

電波吸収体の電波強度(V_a)と気温、太陽の電波強度(V_{sun})から、見かけの太陽温度(T_{sun}')を求める。見かけの太陽は基準の電波吸収体より小さいので、大きさの補正をする。BSアンテナの視野は 2.87° 、この日の太陽の視直径は 0.532° なので、次の式で本来の太陽温度を求める。

$$T_{sun} = (2.87/0.532)^2 \times T_{sun}'$$

この計算を、領域I、IIの双方でおこない、得られた温度を T_{sun1} 、 T_{sun2} とする。

次に、シュテファンボルツマンの式($E = \sigma T^4$)を利用し、温度からエネルギーに変換する。IとIIにおけるエネルギーをそれぞれ $E1$ 、 $E2$ とおいて比をとると、

$$E2/E1 = (\sigma (T_{sun2})^4) / (\sigma (T_{sun1})^4) = (T_{sun2}/T_{sun1})^4$$

ここに、 $T_{sun1} = 7.7 \times 10^3 K$ 、 $T_{sun2} = 7.9 \times 10^3 K$ を代入すると、 $E2/E1 = 1.10$ となり、観測した電波領域で、エネルギーが10%程度増加したことがわかった。

5. 結論

4.1の(1)(2)より、今回発生した太陽フレアによる電波強度の増加をBSアンテナで捉えることができたのではないかと推測する。また、4.2より、電波の増加がフレアによるものだとすると、BSアンテナで観測できる2.5cmの波長の電波の領域において、エネルギーが10%程度増加していることがわかった。

参考文献等

- ・恒星社 現代天文学講座5 太陽、・数研出版 地学
- ・webサイト 国立天文台太陽観測所、宇宙天気予報センター(SWPC)、GOES衛星

太陽の5分振動検出の試み

早川 孝徳、宮崎 純一、中野 達貴、板谷 由菜（高2）、
小林 亮介、瓶子 実紗央、各務 正浩（高3）、上籠 俊輝（高1）
京都府立洛東高等学校 太陽観測チーム

1. はじめに

京都大学大学院理学研究科附属花山天文台で2013年8月16日～19日の4日間太陽の観測実習を行った。18日には中性鉄線で黒点の磁場を調べ、また、自転速度の検出を試みていた。そのとき、地球大気線と比較して、中性鉄線が時間経過とともに微妙にくねくねと曲がっているように見えた。天文台の先生に聞くと、太陽大気の振動が見えているのかもしれないと言われ、5分振動の観測をすることになった。

太陽の5分振動とは、太陽全体にわたるグローバルな振動で、太陽一面に速度成分のパターンが広がっている。速度として0.4km/sであり、太陽内部の様子を探るのに大変重要な研究方法になっている。

2. 観測

京都大学大学院理学研究科附属花山天文台の太陽館にある口径70cmのシーロスタット望遠鏡に附属する高分散分光器（波長分解能50万・スリット幅 100μ ・スリット長が太陽面上で約5万km）を使用した。分光器で得られたスペクトル画像はCCDカメラでTIFF画像として保存された。使用した波長域は6301Å～6303Å付近である。

観測領域が、 $H\alpha$ 画像モニターで太陽面の同じ場所になるように監視した。また、スリット面で太陽面の同じ位置の光を分光できるように太陽面の端3点にマグネットで印を付け、ずれないように太陽像を追尾した。

観測は2013年8月18日13時40分00秒（日本時間）から10秒間隔でスペクトル画像の取得をした。最初の500秒は撮像位置に不安があったので、解析からはずした。また、データ取得に手間取って10秒ごとの撮影に間に合わなかったものも除外された。さらに太陽面が雲に隠れたこともあり、13時45分00秒から15時30分00秒の105分間10秒ごとに260個のスペクトル画像データが取得できた。時刻の精度は、撮像のタイミングでほぼ決まり、0.2秒程度と判断される。

3. 解析

得られたスペクトル画像は国立天文台提供のマカリを利用して数値化しスペクトルトレースにした。地球大気起源の吸収線を利用して分散方向の1ピクセルあたりの波長の測定を行ったところ、 $0.0032\text{\AA}/\text{ピクセル}$ の値を得た。

次に、スペクトル画像のスリット方向のピクセルあたりの太陽表面での実長を調べた。 $H\alpha$ モニターに記録されているスリットの形と太陽像を比較して、太陽面でのスリット長が50000kmとわかった。これをスペクトル画像でのスリット方向のピクセル数で割り、 $48\text{km}/\text{ピクセル}$ を得た。

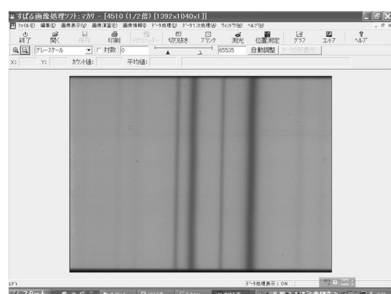


図1 マカリで表示したスペクトル画像

何本かの縦の黒線が太陽大気と地球大気の吸収線である。

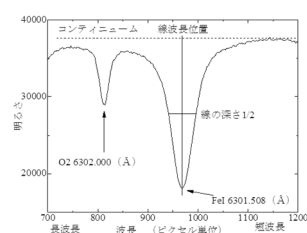


図2 吸収線の波長の決定方法

スペクトル画像のスリット方向（Y座標）でスリットやCCD上でゴミの少なく、黒点も無い320ピクセルから420ピクセル間で切り取ったスペクトルトレースをマカリで作成した。この間は太陽面実長でおおよそ5000kmになる。

作成したスペクトルトレースを利用し、地球大気起源の酸素分子線を基準にして、太陽大気起源の中性鉄線の波長のずれをピクセル単位で測定した。その際、FeI 6302.499 Å線と O₂ 6302.764 Å線、FeI 6301.508 Å線と O₂ 6302.000 Å線の2つのペアを用いた。

4本の線の波長測定については、それぞれの線の深さの2分の1の波長での線幅中央値とした(図2)。コンティニュームの位置はスペクトルトレースの吸収線の少ないところで、一番明るい場所と仮定した。260個のスペクトル画像データに対して20ステップの作業をして、線波長を決定し、酸素分子線に対する中性鉄線の時刻ごとの波長のずれ(ピクセル単位)を測定した。また、測定領域の粒状斑などの寄与を調べるために、同じスペクトル画像データでスリット長全域のスペクトルトレースを再度作成し、コンティニュームの明るさを調べた。

4. 結果 得られた結果を図3に示す。

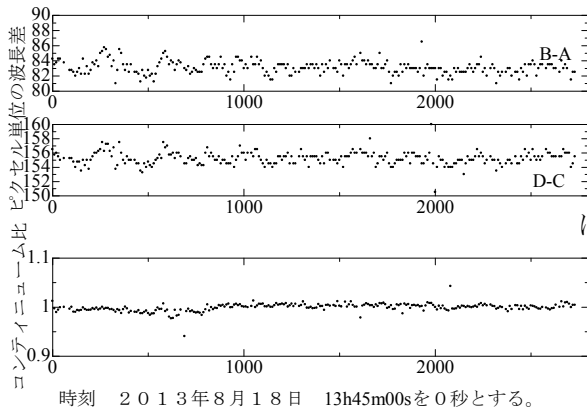


図3 時刻(単位は秒)に対する太陽の吸収線の波長変動(上、中)と測定領域とスリット長全域のコンティニュームの明るさの変動(下、コンティニューム比と表記)。

図3で上図(B-A)は、O₂6302.000 Å線Aに対するFeI 6301.508 Å線Bのずれ量、中図(D-C)は、O₂6302.764 Å線Cに対するFeI 6302.499 Å線Dのずれ量を表す。上図、中図とも、明らかに4ピクセル程度の周期的な波長のずれがわかる。この周期は目分量で300秒程度と見積ることができた。高速フーリエ変換ワークシートを利用して、パワースペクトラムを調べてみた(図4)。図4では、振動数0.003137にピークが見られた。これを周期にすると318.8秒となった。分単位に直すと5.3分となる。

5. 考察

独立する2組の吸収線の波長差から、同じ周期318.8秒が得られた。一方、観測領域とスリット長全体の明るさの変動には、周期性が見られない。このことは、周期318.8秒が粒状斑のような対流現象を含まず太陽の5分振動を捉えたものであるといえる。318.8秒は5.3分にあたり5分を少し超過する。

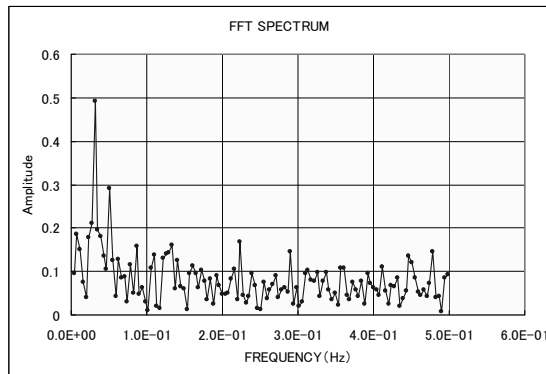


図4 B-Aのパワースペクトラム

ピークは振動数 0.003137 の位置である。

5分振動の速度を求めると図3の振幅が最大4ピクセル程度であることからドップラーの式を用い、 $V=4 \times 0.0034 \text{ \AA} \times 3 \times 10^5 \text{ km/s} \div 6300 \text{ \AA} = 0.65 \text{ km/s}$ となり、その半分の0.3km/sは一般的に言われている0.4km/sの値に近いといえる。ただ、この速度は、対流の速度にも近く、難しい問題がある。今後も観測を続け、検証していきたい。

6. 謝辞

観測では京都大学大学院理学研究科名誉教授 黒河宏企先生 附属花山天文台研究員 石井貴子先生をはじめ、天文台のスタッフのみなさん、TA のみなさんにお世話になった。記して感謝の意を表したい。この研究は平成25年度京都府高等学校フロンティア事業および京都府立洛東高等学校PTAの援助で行われた。

『SMART 画像による太陽の差動回転の検出』

板谷 由菜、鵜飼 大知、織田 茉里、亀田 祐希、加茂 希、河内 龍輝、
木戸 健太郎、佐野 瞳、柴崎 泰斗、清水 阿理沙、鈴木 遥、中野 達貴、
橋本 エレナ、早川 孝徳、福嶋 幸一郎、宮崎 純一（高2）

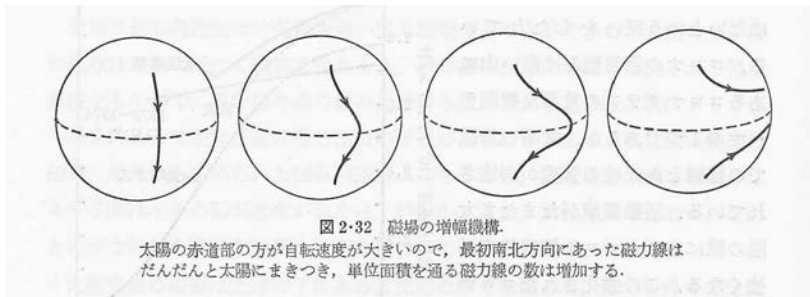
京都府立洛東高等学校 第二学年 総合選択制 宇宙と自然の科学コース
「宇宙と地球の科学」受講者一同

1. はじめに

私達の学校ではこの12年間、花山天文台で太陽の高分散分光観測による実習を続けている。私達は授業の一環で何度か天文台で実習を行った。2013年8月24日の実習では、天候に恵まれず観測はできなかったが、飛騨天文台から資料をお借りし太陽の自転速度を求めることができた。

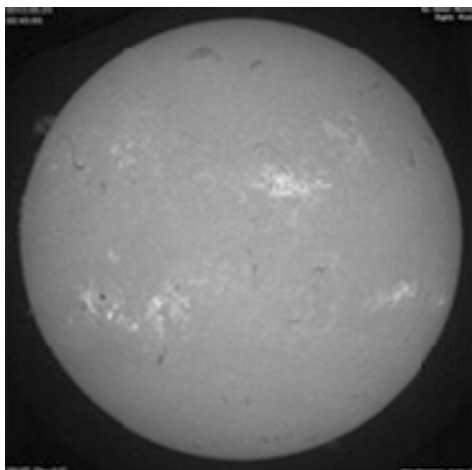
太陽は、約27日の周期で自転しているが、緯度によって自転周期が違う。赤道の方が、

自転周期は短い（左の図、現代天文学講座 5 太陽 p96 を引用）。このことを画像から調べる実習であった。



2. 観測

飛騨天文台にて2013年5月1日8時03分、2日7時45分、3日8時30分、4日7時53分、5日6時04分、6日8時35分、7日7時29分、8日16時20分、9日6時43分に京都大学理学部附属飛騨天文台太陽磁場活動望遠鏡 SMART によって撮影された画像（以下、SMART 画像）9枚を解析した。



例えば左の画像は5月2日に得られた SMART 画像で、白い斑点はプラージュ、左半分の中央下にある黒い点は黒点、全体に分布している黒い線はフィラメントを表している。また、左上部にプロミネンスが写っている。

また、別の日の実習では花山天文台のシーロスタットの高分散分光器でドップラー効果による自転速度の測定を行った。

3. 原理

今回、飛騨天文台の太陽の5月1日～9日のH α 線画像データを基に太陽の差動回転を調べた。解析には、全て紙に印刷されたものを利用した。データを算出する為に回転による動きを追いやすい黒点、暗条フィラメント、プラージュを点にする。この際、暗条フィラメントは屈曲点、プラージュはより輝いている点を取った。その太陽画像を太陽座標軸上に載せ、そして緯度経度を測定しそれぞれの点を分担して何度も測定した。緯度は基本的に大きくは変化しないため、それぞれ15個の点で回転角速度 X° /日 を測定した。

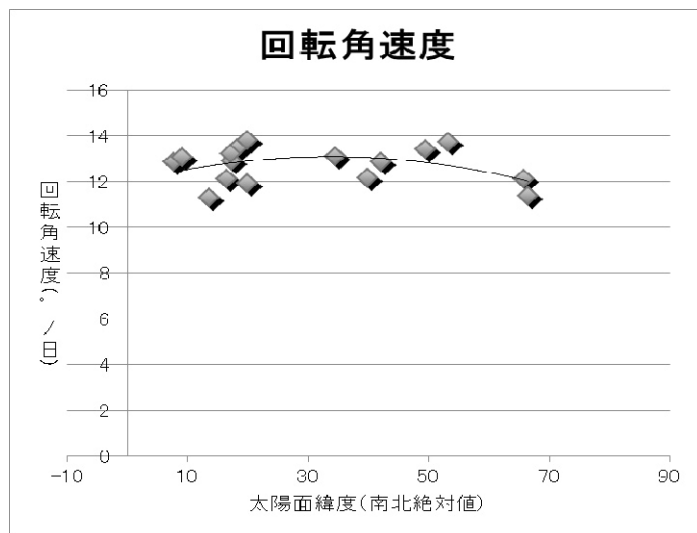
更に、視線速度（ドップラー効果）については、波長のずれの量を $\Delta\lambda$ とし、静止状態でのスペクトル線の波長を λ 、太陽の自転速度(視線速度)を V 、光速を c とすると

$$V = (\Delta\lambda / \lambda) \times c$$

と表すことが出来る。この式を利用し太陽の自転速度を求め回転角速度に修正した。

4. 結果と考察

2013年5月1日～9日にかけて太陽の差動回転について、飛騨天文台のSMARTの画像を解析し、そのデータを用いて太陽の自転速度を調べた。15のポイントを取り、全てのポイントの回転角速度を求め、それらを集計しグラフとした。(図参照)



図を見ると高緯度ほど回転角速度が小さくなるが見える。しかし、赤道付近が最大値ではない。なお、視線速度から求めた赤道での回転角速度は、会場で報告する。

5. 謝辞

観測や指導では、京都大学理学部附属花山天文台 黒河宏企先生 竹内貴子先生をはじめ、TA のみなさんにお世話になりました。また、この研究は SPP の援助を受けました。記して感謝の意を表します。ありがとうございました。

正確で、日常生活でも活用できる日時計の設計

名取 芽衣、中山 史織（中2） 【長野県塩尻市立丘中学校】

1 はじめに

丘中学校科学部では、季節による太陽の影の動きの観測に継続的に取り組んでいる。その中で正確な方位を求める方法を考察した。この方位を利用すれば正確な日時計を作ることができると考えた。また、丘中学校では全校生徒が2012年5月21日の金環日食を観測し、日食めがねを使った眼視観測から限界線を求めた。日本各地でも同様の観測がなされたことから、その成果を形として残そう、という提案がなされている。私たちはその提案への一つの「答え」として、金環日食をデザインした日時計の設置、というのがよいのではないかと考えた。ここでは、多くの人が日頃の生活で目にして時刻を知ることができ、同時に太陽の動きを感じることでできる日時計の設計について現在までの検討の結果を述べる。

2 日時計設計の基本方針

一般的に日時計というと、公園などの地面に設置してあることが多い。これだと目に触れる機会は少なく、仮に見つけたとしても「時計」だと気づいてもらえない可能性も高い。私たちが日頃目にする時計とはすごく違った形をしているからである。また、小さい子などは日時計と分からず遊び道具になりがちだが、ノーモンの先がとがっていて危険な場合もある。更に、日時計というと、実用的でないというのが一般の人たちの考えだと思われる。

そこで、私たちはみんなに見てもらえて活用してもらえる日時計を作りたいと考えた。後に述べるように、日時計の基本形から改良することを考える中で、地面に垂直な文字盤を持つ日時計を、壁に設置すれば、見やすい日時計になるのでは、と結論した（図1）。たとえば校舎などの壁にあれば、だれもが目にするができるし、いかにも時計らしい姿で見る人にアピールすることもできる。また、遊んだりして壊したり危険になることもない。

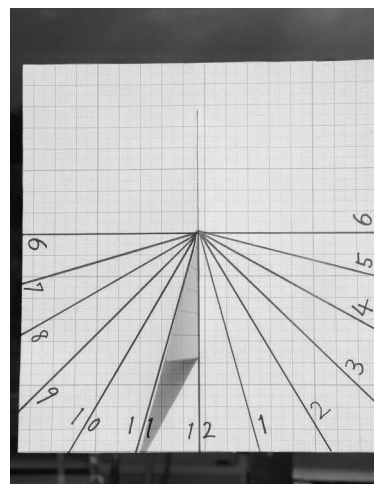


図1 地面に垂直な文字盤を持つ（壁掛け型）日時計
（試作版）

どこからでもノーモンの影がはっきりと見え、時刻がわかりやすい。

3 設計と試作

（1）試作

まず初めに試作したのは、丸い文字盤を持ったノーモン（棒）に垂直な文字盤を持つ日時計である。（図2）日時計の基本形で、文字盤の1時間ごとの目盛りが等間隔（15°）あることから、作図しやすい。この試作品を実際に屋外に出して使ってみると、文字盤が斜めになって見易いとは言えない。また、夏は太陽の高度が高く、影が、文字盤の反対側にできてしまうため、活用しにくいことがわかった。

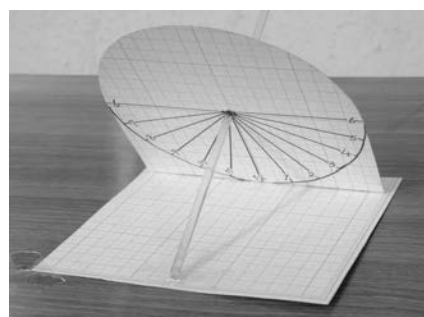
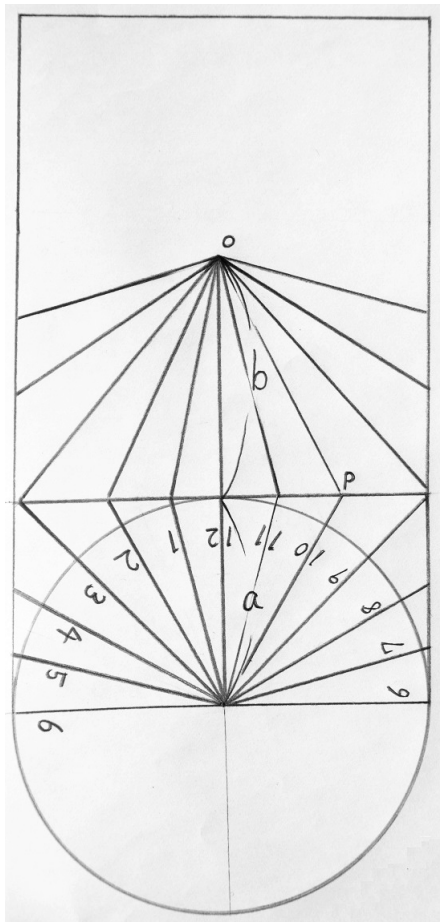


図2 ノーモンに垂直な文字盤を持つ日時計（最初の試作版）

この欠点を改善するためには、文字盤を地面に垂直に立てて、壁に取り付ける日時計を作れば良いと考えた。(図1) これなら見やすく夏も冬も関係なく活用することができる。こうして私たちは壁に垂直な日時計を作ることにした。

(2) 地面に垂直な文字盤を持つ日時計の目盛の作図法



壁に設置するタイプの日時計の文字盤は、1時間ごとの目盛りが 15° 刻みではなく、一つずつの角度が異なっている。このようなタイプの文字盤は、ノーモン(棒)に垂直な文字盤をもつ日時計を元にして左の図のように作図すると良いと考えた。

【証明】

- ①平面にできる直線の影は直線である。
- ②直線は通る2点が決まれば1本に決まる。
- ③地面に垂直な文字盤とノーモンの交点Oの位置のノーモンの影はOに一致する。(影の長さゼロ)
- ④ノーモンに垂直な文字盤にできた影を延長する。この影と地面に垂直な文字盤にできた影の交点Pは、二つの文字盤について共通である。
- ⑤ノーモンに垂直な文字盤の線を延長した時の垂直な文字盤の下の縁(水平)線との交点Pと交点Oを線で結ぶ。直線OPは、③④より、その時刻にできる影の線と一致する。

よって、正確な垂直な日時計の目盛りを作図することができる。以上を元に、図1の日時計を作った。

4 これからの計画

この日時計をいずれは学校に設置したいと思っている。

学校に設置する条件で考えたとき多くの人に見てもらえる日時計にするには大きさ、見やすい位置、デザインを考案しなければならない。日時計は影を利用するものだから南向きに設置する必要がある。現在のところ、設置場所の候補として生徒玄関のすぐ外の広場からよく見える南向きの外壁に縦横50cm程度の大きさの日時計を設置するのが良いと考えている。

このような日時計を作れば、人々の身近なところに日時計があり、沢山の人が日時計のことを知ることができる。そして日々の生活と科学がより近づくことができると考える。

謝 辞

明石市立天文科学館の井上毅氏には、日時計の基本や種類などについて教えていただき、資料を送っていただきました。感謝申し上げます。

参考文献

世界の日時計—光と影のロマン— 後藤晶男著 豊住書店 ISBN 4-88617-004-8

金星のシュレーター効果の研究

国立米子工業高等専門学校 科学部

田原 早央莉、永見 莉奈、田中 佐知、山根 優香(高専2)
永井 俊一、堀江 洸介、尾上 創、勝部 桃子(高専1)

1. はじめに

金星の輝面比は、太陽、金星、地球の位置関係で決まる。しかし金星の輝面比が0.5程度の頃、金星の両極付近が明るく飛び出して見えることがよくある。つまり輝面比は0.5以上にもかかわらず、金星が三日月形に見え、その結果輝面比が0.5以下に見積もられてしまうことになる。この現象をその発見者の名前にちなんでシュレーター効果と呼ぶ。

前回のジュニアセッションで群馬県立前橋東高等学校の吉田梨奈さんは、金星が明けの明星のときはシュレーター効果が検出できたが、宵の明星のときは検出できなかったという結果を発表した。そこで私たちは金星が宵の明星のときはシュレーター効果が検出できないのか観測を行った。その結果、観測と解析を工夫すれば宵の明星のときでもシュレーター効果が検出できることがわかった。

2. 観測

2013年の秋は、金星は宵の明星となっており、観測の好期であった。そこで私たちは9月から12月にかけて金星の撮像観測を行った。金星の観測は地球大気によるシーイングの影響を受けやすいため、4つの工夫を施した。まず屈折望遠鏡を用いることで、筒内気流によるシーイングの悪化を防いだ。続いて自動導入赤道儀を利用し、日没前に金星の高度が比較的高いうちに観測を行った。さらに赤フィルターを用いることで、シーイングと色収差の影響を減らした。そしてレジスタックスを使用して100コマ以上の画像をスタックし、画像を改善した。

望遠鏡はタカハシFS-128を使用し、タカハシ2倍バローレンズ、ビットラン製冷却CCDカメラBJ40L、R64フィルター、ビクセンSXW赤道儀を使用した。

3. 解析

私たちはまずIDLで金星の輝面比 k を測定するプログラムを作成した。金星の画像の欠けていない周上の3点をクリックし(図1の (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3))、金星の半径と中心座標を求めた(図1の (x_0, y_0) と R)。次に金星の欠けぎわで中心に一番近い地点をクリックし(図1の (x_4, y_4) と a)、

$k = \frac{a+R}{2R}$ から輝面比 k を求めた。測定は部員8人全員で行

い、そのばらつきから誤差範囲も推測した。

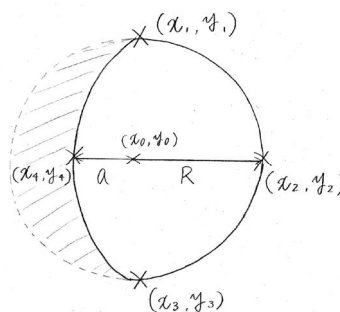


図1 金星の半径と各座標の説明



図2 12/12の金星
この日の輝面比は $k=0.167$

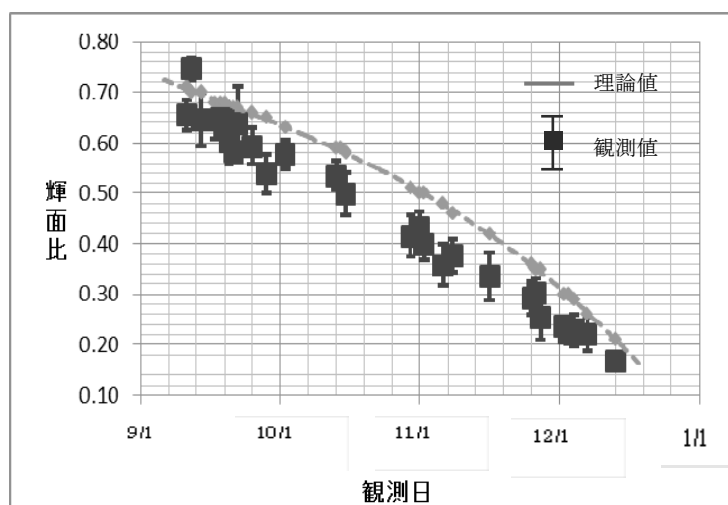


図3 輝面比の理論値と観測値の比較

4. 結果

図2は解析した金星の画像を表しており、図3は金星の輝面比の時間変化を表している。線は天文年鑑にのっている理論値を表しており、四角は部員一人ずつが求めた輝面比の観測値の平均を表している。またエラーバーは観測値のばらつきから推測した誤差である(図3)。輝面比が0.5あたりで観測値が理論値を有意に下回り、シュレーター効果が検出できていることがわかる。

5. 考察とまとめ

夕刻時の金星の観測で天候に左右されることが多くシーイングの悪い日が続いた。またシーイングの影響により、画像を解析する時に正確な形状を把握するのが困難な画像がいくらかあった。そのため金星の画像の周上の3点をクリックした時に、クリックする位置が異なり観測値に誤差が生じた。また各部員の感覚の違いにより誤差が生じたが、解析結果では有意にシュレーター効果を検出することができた。一般にシーイングが良くない宵の明星の時もシュレーター効果が検出できたことから、 k が0.5程度のときシュレーター効果は定常的に生じていると考えられる。今後は金星大気の反射特性を調べ、なぜシュレーター効果が生じるのか研究したい。

参考文献

- 2013年春季年会 ジュニアセッション講演予稿集(埼玉大学) (日本天文学会)
- 天文ガイド(誠文堂新光社) 2007年11月号 惑星サロン
- 2013年天文年鑑(誠文堂新光社)

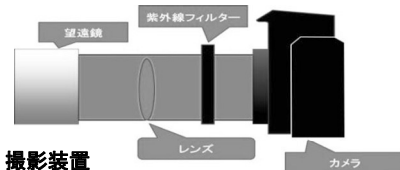
紫外線による金星の観測と金星大気の運動解析 その3

浅岡晃次 浅野貴仁 鈴木拓馬 中村一貴 (3年)

貝瀬僚甫 (2年) 大寺隼矢 鈴木元喜 (1年) 【静岡県立磐田南高等学校】

1. はじめに

富田ほか (2012) は, 日本の高校生として初めて金星の紫外線撮影に成功し, 雲のパターンの移動から金星大気の風向風速を求めた. さらに浅岡ほか (2013) は等輝度線図を作成して雲の輝度による解析を行った. この結果, 金星大気の運動は低緯度ほど風速が大きく, 高緯度ほど小さいこと, 南北に対称性があることを明かにした. この研究では, さらに鮮明な金星の紫外線画像の撮影を行うと同時に, 探査機の撮影した画像を用いて輝度の解析を様々な角度から検証して, スーパーローテーションの成因を考察することにした.



2. 目的

鮮明な金星の紫外線画像の撮影を行う, さらに, 探査機の撮影した画像の輝度を解析して, スーパーローテーションの成因について考察する.

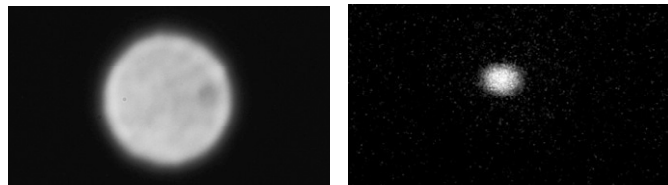


図2 金星の可視光画像(左)と紫外線画像(右)

3. 方法と結果

(1) 金星大気の写真撮影

本校天文台にある五藤光学社製 15cm 屈折式望遠鏡に, 紫外線透過フィルターを挿入し

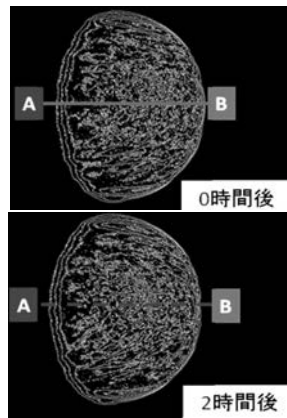


図3 金星の等輝度線図

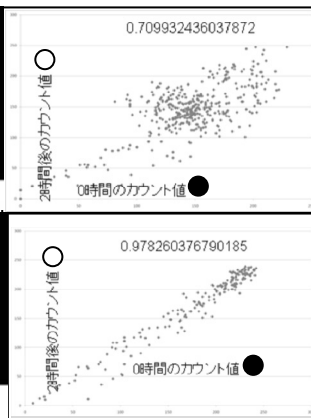


図4 輝度の相関

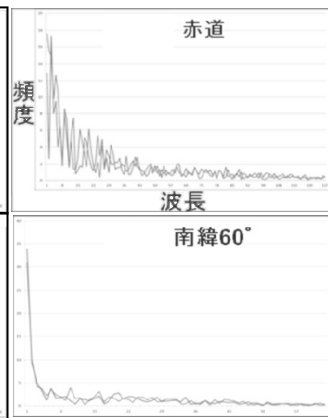


図5 輝度曲線のスペクトル

たデジタル一眼レフカメラ(図1)を用いて金星の撮影を9月24日19時に再度行った(図2).

(2) 画像解析

NASAの探査機Galileoが撮影した2時間前後画像を天体画像解析ソフトMakali 'i'を用いて等輝度線図を作成した(図3), 輝度の移動から金星大気のスーパーローテーションは, 平均53~74km/s

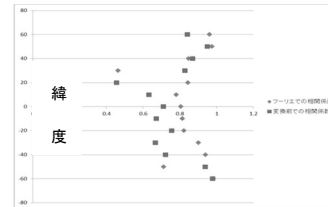


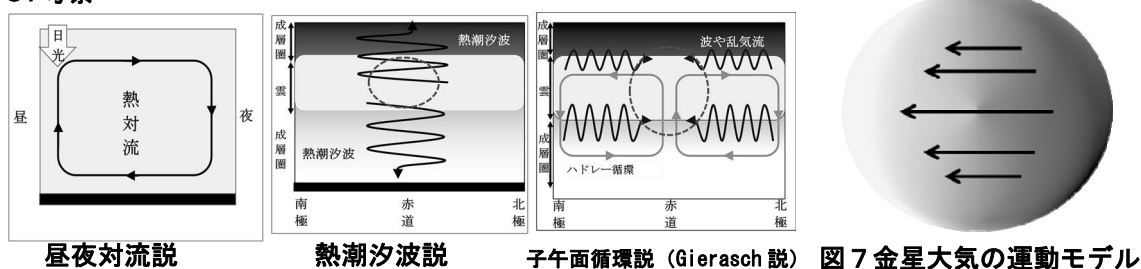
図6 スペクトルの相関係数と緯度の関係

の東風で、風速は低緯度ほど大きく、高緯度ほど小さいことがわかった。

次に輝度曲線図を基に同一経線上での2時間前と後の輝度の値から相関図を作成した(図4)。図4から高緯度ほど正の相関が強く、低緯度ほど分散が大きいことが分かる。これは、高緯度ほど雲の輝度の崩れが小さく、低緯度では雲の輝度の崩れが大きいことを表している。

さらに輝度曲線には金星大気のままさまざまな波長の波動現象が反映されていると考えられるため、フーリエ変換の原理を利用し輝度曲線のスペクトルを作成した(図5)。このスペクトルの相関を求め、緯度毎に比較した(図6)、図より高緯度になるにつれて正の相関が強くなり、低緯度では相関は弱いことが分かる。これは低緯度ほど様々な波長の波が混在していることを示し、風速が大きいため起こった現象と考えられる。

3. 考察



現在、金星のスーパーローテーションの成因については、昼夜対流説、熱潮汐波説、子午面循環説の3つが提唱されている。これを今回の結果と比較すると、昼夜対流説では、風速が小さく今回求めた53~74km/sの風速を説明することができない。また、熱潮汐波説は西風であるため、今回の結果と矛盾する。しかし、子午面循環説は、今回の結果と風速、風向共にほぼ一致する。ゆえに、子午面循環説が支持される。

4. 結論

金星大気のスーパローテーションは、平均53~74km/sの東風で、風速は低緯度ほど大きく、高緯度ほど小さい。また、南北半球で対称性を示す(図7)。さらに成因は金星大気における子午面循環であると考えられる。

5. 今後の展望

今回撮影した金星の紫外線画像は、地上の望遠鏡で撮影したため解析に使用できるような鮮明な画像ではなかった。そこでロケットや気球に搭載するような小型撮影機材を開発して、紫外線の吸収の少ない100~500km上空からの撮影に挑戦したい。

参考文献

- 遠藤壮啓,2010,金星紫外線反射率の時間変化,岡山大学理学部卒業論文,pp32
 岩上直幹・大月祥子,2008,一番星へ行こう!日本の金星探査機の挑戦その6,日本惑星科学会誌 Vol. 17. No. 4
 長谷川一郎,1978,天文計算入門,25-27
 富田敬人ほか,2012,紫外線による金星の観測と金星大気運動解析,第14回ジュニアセッション予稿集,116.117.
 高木聖子,2008,金星大気のスーパローテーション,北海道大学理学部卒業論文,pp45
 山本勝,2003,金星大気のスーパローテーションについて,数理解析研究所講究録 1311 巻 14-26
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00110>

木星の衛星イオと光速度

～イオの公転周期変動を確認した～

萩谷 昇平、大熊 由貴子（2年）、中原 徹也（1年）【金光学園高等学校】

1. はじめに

天文学者レーマーは、イオの食の観測から光速度を求め、初めて光速度が有限であることを示した。私たちは、レーマーの方法を用いて、金光学園天文台の機材により、精密に光速度を求めることに挑戦した。

2. レーマーの方法

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

しかし、実際に観測される食時刻には「ズレ」が生じた。（「ズレ」を α 秒とする）この「ズレ」の原因は、最初の食と次の食までに地球も木星も公転するため、地球—木星間の距離が変わる。

その距離の差（ $R_2 - R_1$ ）の分だけ“光”が α 秒遅れて届くためであった。つまり、 $t_2 - t_1 = P + 62.4 + \alpha$ （秒）の関係になる。

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

この方法を使って、私たちも観測から開始した。

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

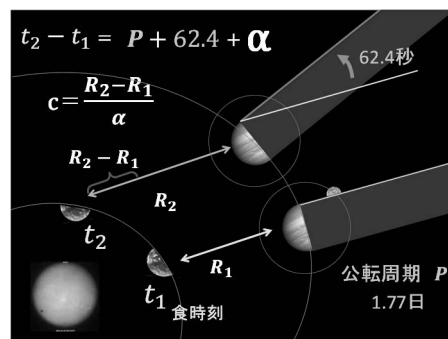


図1 レーマーの考え方

3. 観測方法

木星によるイオの食について、金光学園天文台の35cm望遠鏡と一眼レフカメラで、2012年9月から2013年3月にかけて観測した。13回の撮影に挑戦し、6回の解析可能な食のデータを得た。各々200～300個のデータを元に、ステライメージとマカリを使い測光した。

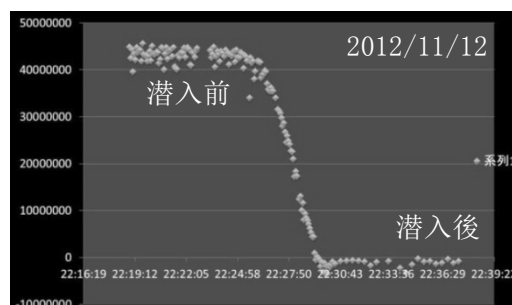


図2 イオの食(潜入)のときのグラフ 時刻

Excelでグラフ化（図2）して、6回の食の時刻を求め、実際はイオは何回

か公転するので、公転回数をnとして、次の式で光速度を求めた。

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

P: 公転周期 n: 公転回数 t: 食の時刻

c: 光速度 R: 地球—木星の距離 62.4: 木星の公転 (影の移動)

4. 結果・考察

食時刻は、約5秒の精度で正確に求めることができた。公転周期152853.5秒 (Goldstein et al. 1973) を基に、6回の食のデータで光速度を求めると、32万km/sから165万km/sの値が出た。

この計算では、公転周期の値が1秒変わると、光速度の値は大きく変わった。

そこで、逆に、光速度299792458m/sを基に公転周期を計算すると表1のように半年間で9秒変動していた。求めた公転周期の精度は約1.2秒であり、公転周期は明らかに変動している。

天文シミュレーションソフト「ステラナビゲータ」の画面上で、イオの食から食時刻を読み取り計算してみると、図3・印のようにイオの公転周期が複雑な周期変動をしている様子を描くことができた。そして、私たちが求めた公転周期の4つの値を、グラフに重ねてみる(★印)とかなり良く一致した。これにより私たちの観測・解析の結果は正確であったことがわかった。

期間	P 公転周期
9/26~10/20	152861.3秒
10/20~11/12	152859.8秒
1/22~2/21	152852.6秒
2/21~3/09	152852.5秒

表1 光速度を代入して求めた公転周期

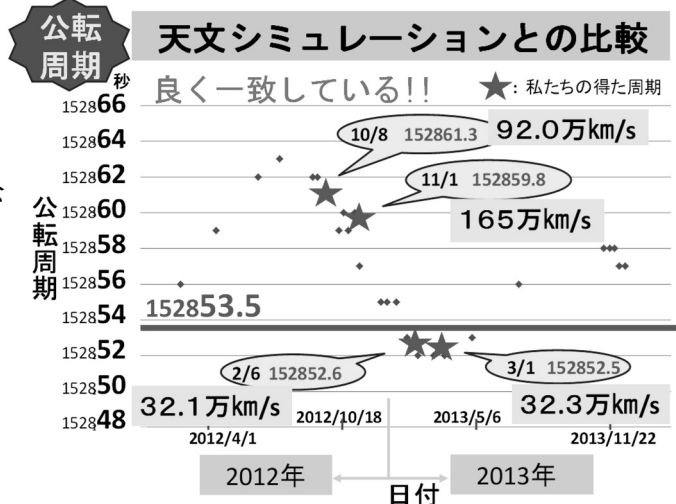


図3 天文シミュレーションとの比較

5. 結論

- ①金光学園天文台の機材の観測で、精度約5秒でイオの食時刻を確定できた。
- ②精度約1.2秒でイオの公転周期変動を確認し、その結果は天体力学の最新成果を使った天体シミュレーションソフトの予報と良く一致した。
- ③レーマー法で光速度を求めるには、イオの公転周期変動を正確に知る必要があることがわかった。
- ④正確な光速度は得られなかったが、金光学園天文台の機材で、イオの公転周期6桁目の変動を明らかにできる精密な観測・解析ができることを示す事ができた。
- ⑤私達がイオの公転周期変動を詳しく観測することは現在、多くの惑星探査機などが計画され、信用できる位置情報と運動の予報が必要な中、理論を観測で検証する学問的な貢献となる可能性がある。

ガリレオからレーマーへ；ガリレオ衛星の周期測定

竹内 秀幸、田村 暢、酒井 直哉、田中 哉太（2年）、村松 直哉（3年）
柄澤 駿太、井出 倫滉、青嶋 悟（1年）【長野工業高等専門学校天文部】

1. はじめに

今から約 400 年前、ガリレオは木星の周りを公転するガリレオ衛星を観測し、地動説を確信した。レーマーは 1676 年、衛星イオの食の周期変動から光速度を初めて求めた。我々は、小型望遠鏡によって、ガリレオ衛星を 4 年間にわたって観測している。この長期の「タイミング観測」から、周期及び、位相の決定精度は飛躍的に向上した。その副産物として、ガリレオ衛星の見かけの公転周期が、地球の公転運動によって変動することを検出した。

2. 観測と解析

観測期間：2010/11/17 - 2014/1/15

観測法：望遠鏡：TeleVue-101 (D=101mm, f=540mm) 2 倍エクステンダー（合成 F=10.7）

高橋 FC76 (D=76mm, F=600mm) 3.2 倍バリ・エクステンダー（合成 F=25）

カメラ：Canon「EOS kiss DIGITAL N」「EOS kiss DIGITAL X」「EOS 60D」

露出時間 0.2 秒 (ISO 3200) で木星、衛星を撮影。

解析法：① 画像解析ソフト「マカリ」で衛星の明るさ（カウント値）を測定し、衛星を判別する。明るさの順にガニメデ、イオ、エウロパ、カリストである。② 木星と衛星の中心座標をそれぞれ求めて、木星-衛星間の見かけの距離（pixel 数）を測定する。なお、大量の画像を解析のために、自動測定ソフトを制作して効率的化をはかった。③ 木星-衛星間の距離 [pixel] を縦軸、日付 [日] を横軸として、公転の様子を振幅（見かけの公転半径）、周期、位相（タイミング）を変数とし、表計算ソフト「Excel」でパラメータを少しずつ変化させながら観測値とフィットさせて、振幅と周期、位相を求める（図 1）。

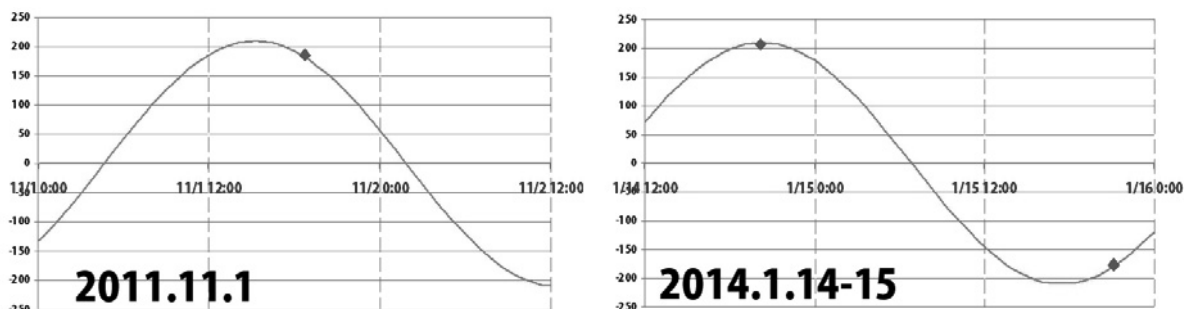


図 1. 木星のガリレオ衛星(イオ)の位置変化(縦軸 木星から距離[pixel 数])
約 4 年分のデータを周期 $1.7658 \pm 0.0001 \text{ day}$ でフィットしたときの全データの様子の一部を抜粋して示した図。左 (2011 年 11 月 1 日), 右 (2014 年 1 月 14 日、15 日)

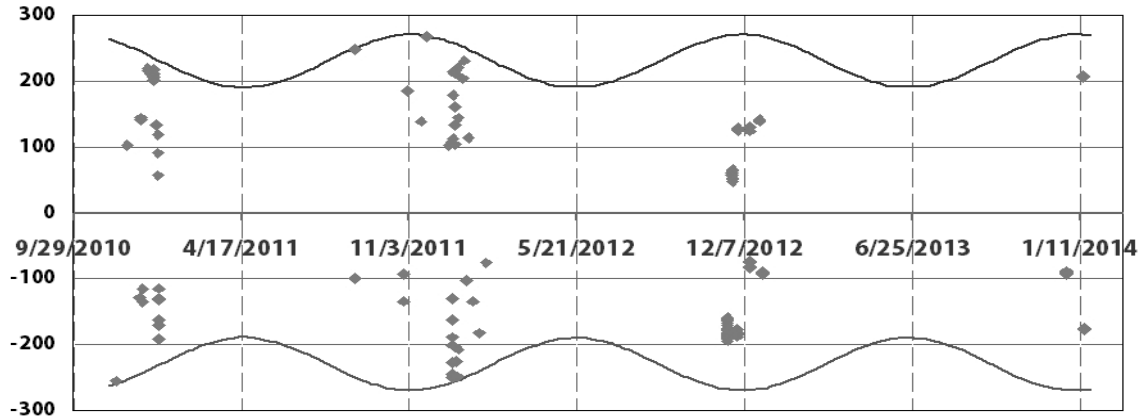
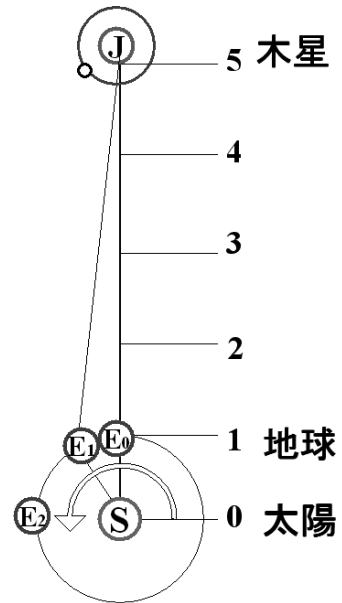


図2 イオの振幅(見かけの公転半径)の年周変化(縦軸は pixel 数)

3. 結果と考察

4年間のデータより、軌道の見かけの公転半径は、約1年1ヶ月事に変動することが判る(図2)。これは、地球の公転により、地球から木星までの距離が、衝の頃の4 au から、合の頃の6 au まで周期的に変動する様子と一致する。

イオの見かけの周期は、衝前後の1ヶ月間(2011年11月、2012年12月、2014年1月)をフィットすると、 $T=1.7658 \pm 0.0001 \text{ day}$ となった(図1)。この値は、イオの公転周期より0.2%ほど短い[1]。これは、イオの1公転の間に、地球が約1.8度公転したため (E_0SE_1)、イオの1公転より約0.4度 (E_0JE_1) 少ないタイミングで1公転と見えるからである(右図参照)。一方、地球-太陽-木星 (E_2SJ) が90度付近でのフィットでは、 $1.769 \pm 0.001 \text{ day}$ と、イオの公転周期とほぼ一致する[1]。これらは、地球が、太陽の周りを公転している効果である。



4. まとめ

地球の公転の様子は、①衛星の振幅が1年1か月周期で変動すること、②衛星の見かけの公転周期が、地球の公転運動により変動することで確かめられた。ほぼ4年間のデータで、周期の精度が有効数字5桁に達した。この精度で光速度が有限である効果(地球が衝から合にかけて、位相が±8分変化する年周変化)が検出できる可能性がある。本発表では、これら地球の公転効果とともに、イオ以外の衛星(エウロパ、ガニメデ、カリスト)の解析結果や、観測期間と精度の関係、光速度の検出の可能性などに付いても報告する。

参考文献

[1] JPL satellite ephemeris

木星の衛星の探査

銀河学校2013 A班

奥村 すみれ(3年)【椋山女学園高等学校】

立澤 伽奈子(2年)【長野県松本県ヶ丘高等学校】

栗木 孝輔(2年)【愛知県立一宮高等学校】

谷口 大輔(3年)【栄光学園高等学校】

坂井 裕香(2年)【東京都立日比谷高等学校】

守屋 利昭(3年)【岡山県立倉敷南高等学校】

要旨

我々は2013年3月26日から同29日にかけて東京大学木曾観測所主催で行われた「銀河学校2013」に参加し、「木星の衛星の探査」というテーマで観測並びに研究を行った。本研究の目的は、第一に、木星周辺の移動天体を探し出し、その天体が木星の衛星であるかどうかを検証することである。更に、系外惑星探査でも有効な手法である直接撮像法を用いることで、最先端の研究の一端に触れることである。

我々は恒星コロナグラフ法で撮影した画像から差分法を用いて移動天体(以下便宜上この天体のことを「クリッキー」と呼ぶことにする)を発見し、クリッキーが木星の衛星であることの検証に成功した。更に、クリッキーの軌道要素並びに大きさの推定も行った。

1. 観測

観測場所：東京大学木曾観測所（東経137度38分、北緯35度48分）

観測機材：105cmシュミット望遠鏡、KWFC（Vバンド）

観測日時：2013年2月27日、28日、3月26日

露光時間：30s/60s

2. 解析

1. 使用した撮像素子KWFCは図1のように8枚のCCDを組み合わせたものであるため、○をつけた点に木星があるようにすることで、恒星コロナグラフを再現しつつ撮影を行った。
2. 2月27日に1時間おいて撮影した2枚の画像に一次処理を施した後、恒星を不動として差分をとることで、移動天体を発見した。図2に我々がクリッキーを発見した際の差分画像を掲載する。
3. 2月28日に撮影した画像からもクリッキー1を発見した。
4. ケプラーの第一法則（楕円軌道の法則）が成立しているとしてクリッキーの軌道の形を推定した。
5. ケプラーの第二法則（面積速度一定の法則）とケプラーの第三法則（調和の法則）それぞれからクリッキーの公転周期を推定した。
6. 月とクリッキーの反射率並びに密度が等しいと仮定して、明るさの比較によりクリッキーの半径並びに質量を推定した。

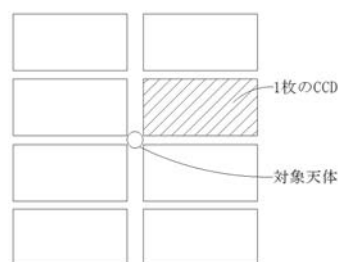


図1：8枚のCCDによるKWFCを用いた恒星コロナグラフ

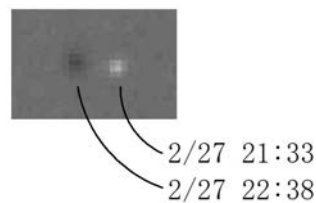


図2：差分画像

3. 結果

以下の表の通りである。但し、「公転周期1」はケプラーの第二法則から推定した公転周期、「公転周期2」はケプラーの第三法則から推定した周期である。

表1：クリッキーの軌道要素並びに大きさに関する推定結果

木星に対する移動速度	軌道長半径	公転周期1	公転周期2	見かけの等級	半径	質量
$9.2 \times 10^3 \text{ km/h}$	$2.0 \times 10^7 \text{ km}$	$5.6 \times 10 \text{ 日}$	$5.7 \times 10^2 \text{ 日}$	15等級	$1 \times 10^2 \text{ km}$	$2 \times 10^{19} \text{ kg}$

4. 考察

・今回は月との比較でクリッキーの半径並びに質量の推定を行ったが、月とクリッキーで反射率と密度の相違が実際には存在する。特に密度に関して、月には核があることも考えれば、今回推定した値は実際より最大で10倍程度大きい推定値である可能性がある。これを検証するためには、Vバンド以外での撮影も行うことにより、表面の様子を推定することが必要である。

・ケプラーの第二法則から導いた公転周期とケプラーの第三法則から導いた公転周期が約10倍異なっている。この原因を検証するために3月26日に撮影した画像からクリッキーを探そうとしたが、まだ発見できていない。

5. まとめ

観測並びに研究の結果、我々はクリッキーが木星の衛星であることを確認し、更にはその軌道要素と大きさを推定することに成功した。

本研究で用いた手法は系外惑星の研究に応用できる手法であり、将来的に系外惑星探査に携わることがあればこの経験が非常に役立つはずである。

6. 謝辞

本研究にあたって、東京大学基礎研究所酒向重行氏並びにTAの飯田美幸氏、泉田史杏氏、田中宏和氏をはじめ、銀河学校2013のスタッフの皆様にも多大なる助言と協力を賜りました。また、共同研究者の伊藤佳奈恵さん、角谷杏季さん、栗田真帆さん、藤江芽衣さん、眞鍋瑞歩さんからは多くの刺激的な示唆を得ることができました。この場を借りて厚く感謝の意を表します。

また、第16回天文学会ジュニアセッションに参加するにあたり、NPO法人サイエンスステーションのご協力を賜りました。心より感謝いたします。

7. 使用ソフト・参考文献

- ・すばる画像解析ソフト Makali'i
- ・国立天文台編(2007) 『理科年表 平成20年 ポケット版』 丸善出版 1060p
- ・国立天文台編(2008) 『理科年表 平成21年 ポケット版』 丸善出版 1064p
- ・国立天文台編(2012) 『理科年表 平成25年 ポケット版』 丸善出版 1136p

ペルセウス座流星群の眼視観測報告

信太 一那、岩田 彩花（中等 4）島 匠、石井 奏人、阿部 海舟、多田 菜々子（中等 5）
【東京大学教育学部附属中等教育学校天文部】

1. はじめに

私たちは 8 月 12 日～8 月 13 日にかけて、ペルセウス座流星群の眼視観測と撮影を行った。初めて流星観測を行うという人がほとんどで、眼視観測のデータは信憑性に欠けるが、天候には恵まれ、観測を行った 2 日共快晴であった。今回はペルセウス座流星群の眼視観測の報告である。

2. 観測方法

観測場所：長野県松本市安曇スポーツピア乗鞍

○計数観測

8 月 12 日、8 月 13 日の 2 日間とも、計数観測を行った。8 月 12 日は東西南北天頂にわかれ、4 人の観測者と記録者 1 人で、8 月 13 日は 8 月 12 日のメンバーと、活動が活発になると考えられる明け方に 4 名ほど観測者を増やして観測を行った。流星の出現時刻、発光時間、光度、色、痕の有無、群流星か散在流星かを記録した。ベガを 0 等星、デネブとアルタイルを 1 等星とみて観測した。

8 月 1 1 日～8 月 1 2 日の暦

日没	18 : 37
薄明終了	20 : 11
月の出	8 : 54
月没	20 : 40
日の出	4 : 56
薄明開始	3 : 23
月齢	4.2

8 月 1 2 日～8 月 1 3 日の暦

日没	18 : 36
薄明終了	20 : 09
月の出	09 : 55
月没	21 : 16
日の出	4 : 57
薄明開始	3 : 24
月齢	5.2

3. 観測結果

眼視観測による流星群の出現の様子についてまとめたものを、以下に表す。

表 1 : 0 時から 4 時までの HR

時間 (hh:mm:ss)	8 月 12 日	8 月 13 日
00:00:00～00:59:59	25	80
01:00:00～01:59:59	41	98
02:00:00～02:59:29	59	105
03:00:00～03:59:59		121

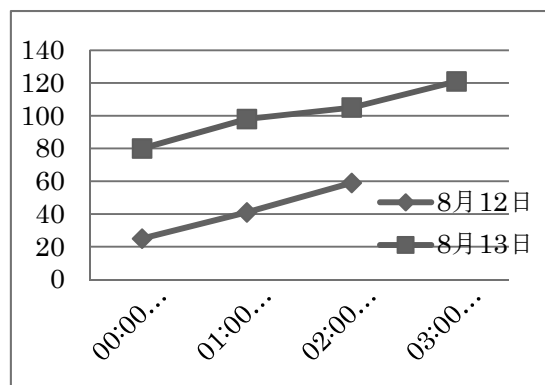


図 1 : 表 1 のグラフ

表 2 : 8 月 13 日の光度分布

時間 (hh:mm:ss)	3 等級		2 等級		1 等級		0 等級	- 1 等級	- 2 等級	- 3 等級
00:00:00~00:59:59	1	17	26	20	15	0	0			
01:00:00~01:59:59	0	16	39	25	13	3	0			
02:00:00~02:59:29	0	16	29	39	18	3	0			
03:00:00~03:59:59	0	23	48	31	16	3	0			

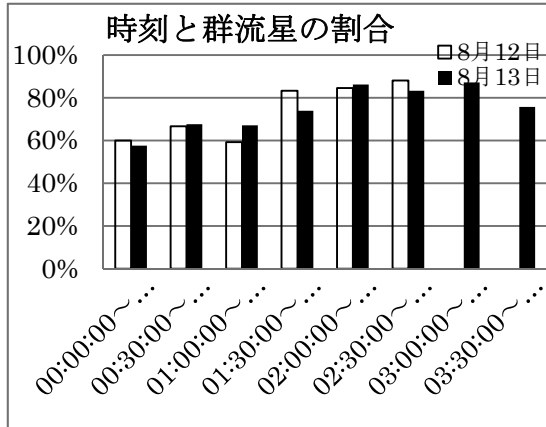


図 2 : 30 分ごとの群流星数/全流星数

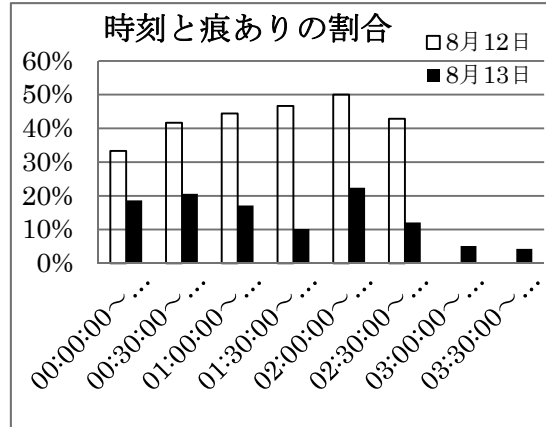


図 3 : 30 分ごとの群流星痕あり/群流星数

4.1 考察

- ・表 1 より、極大日の観測データの最大 HR121 に対し、予想が HR70 であった。
→観測条件が良いことに加え、ペルセウス座流星群の活動が活発であったのでは。
- ・図 1 より、両日とも明け方にかけて出現流星数が増加していることが分かる。
→明け方にかけてペルセウス座が天頂付近に昇ってくるためと考えられる。
- ・表 2 より、火球は観測されなかったが、明るい流星も出現した。
- ・図 2 より、HR と同じく群流星の割合が明け方に増加している。
また、群流星の割合が両日で大差ないことがわかる。
- ・図 3 より、活動が活発になると予想されていた 8 月 13 日の 3 時から、痕ありの群流星の割合が極端に低い。
→薄明が始まり、痕が見えにくくなっていったと考えられる。

5.1 今後に向けて

眼視観測については、各観測者の技術を向上することが課題である。

今後は、観測されたデータと撮影された流星写真を合わせて、放射領域を検出する予定である。

6.1 参考文献

- ・天文年鑑編集委員会 「天文年鑑 2013 年版」(誠文堂新光社)
- ・国立天文台「ペルセウス座流星群」 <http://www.nao.ac.jp/astro/sky/2013/perseids.html>

2013年のふたご座流星群について

三矢 香怜、角井 麻衣子、大野 亜優 (高2)、田代 愛実、江口 和奏、中道 未萌、
武藤 静佳、山崎 彩音、柴田 実寿紀、福本 清恵、梅澤 穂摘 (高1) 【星野高等学校天文部】

1. はじめに

私たちはふたご座流星群の観測をした。観測方法は、眼視観測と電波観測の二つである。

眼視観測は2013年の12月13～14日にかけて、星野高等学校石原町校舎(埼玉県川越市石原町2丁目)でグループ計数法により、3班に分かれ、A班は観測者5人+記録者1人、B班は観測者5人+記録者1人、C班は観測者4人+記録者2人で観測した。

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

2. 結果

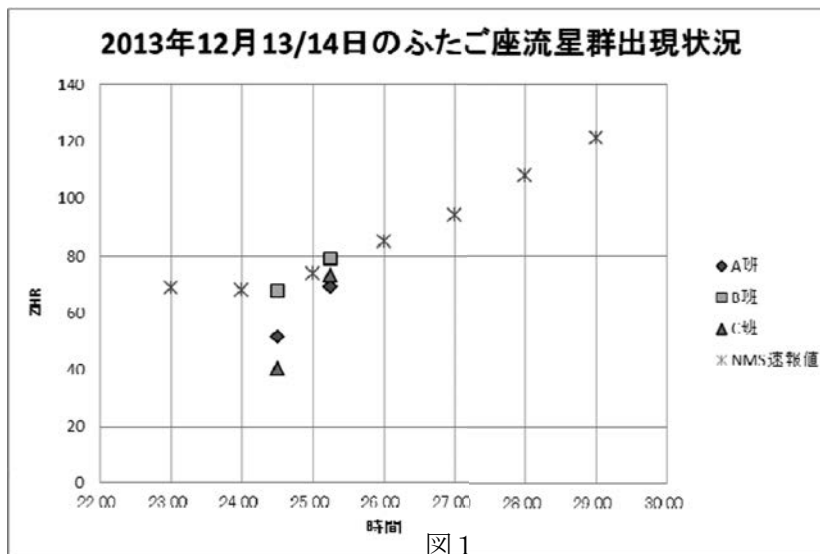
(a) 眼視観測

〈ZHR〉

【表1】

時間	班	観測流星数	最微光星	雲量	Fa	CHR	輻射点高度	Fb	ZHR	一人当たりZHR
24:00～ 25:00	A	47	4.18	1	2.9	150	70度	1.0	150.0	51.5(46.3)
	B	42	3.19	0	4.7	197	70度	1.0	197.0	67.7(60.8)
	C	32	3.7	1	3.7	118	70度	1.0	118.0	40.5
25:45～ 26:45	A	62	4.24	1	2.9	201	86度	1.0	201.0	69.1(62.0)
	B	56	3.43	0	4.1	230	86度	1.0	230.0	79.0(71.0)
	C	52	3.34	1	4.1	213	86度	1.0	213.0	73.2

観測結果は「流星観測便利帳」を使ってZHRを求めた。それが表1である。A班、B班の人数は5人だが、4方向のうち1方向のみ2人で観測したので、1人当たりZHRを求める際、人数補正值は4人のもの(2.91)を用いた。表1の1人あたりのZHRで()内の値は5人の人数補正值(3.24)で割った場合の



値である。表より、ZHR の変化をグラフにして(図1)を見ると、夜が更けるほどどの班も ZHR が増えていく。24:00~25:00 では班により ZHR に約 38 の差があった。

日本流星研究会の内山茂夫さんの速報データ(グラフの*印)によると、私たちと同様に 13/14 日は 24 時過ぎから次第に ZHR が増えている。しかし、ZHR は日本流星研究会の場合、12 月 14 日 0:00~1:00 は 71 で私たちは 53、12 月 14 日 1:45~2:45 は 79 で私たちは 74 とやや少なめである。

流星数において、各班で判定に多少のばらつきが生じたためだと考えられる。流星数が少ない班があるのは、障害物のある班の視界が悪くなると同時に、A 班では強い光を放っている建物が近くにあったため、比較的暗い流星を認識しづらかったこと、そして、それぞれの班のエリア、光度の見積りにずれが生じたためだと考えられる。

〈光度分布〉

班ごとの光度分布は、表2のようになった。

【表2】

A 班	光度	≤-1 等	0 等	1 等	2 等	3 等	4 等≥
	流星数	8	12	40	26	10	0
B 班	光度	≤-1 等	0 等	1 等	2 等	3 等	4 等≥
	流星数	2	0	11	35	41	8
C 班	光度	≤-1 等	0 等	1 等	2 等	3 等	4 等≥
	流星数	0	0	18	42	42	5

A 班は、明るい流星が多く、中でも 1 等が多い。B 班は、1 班に比べて少し暗めの流星が多く、2 等が多い。C 班は、-1 等、0 等がない。

同じ時間に観測しているにも関わらず、このように班ごとにかかなりの光度分布の差があるが、これは流星の光度の判定に差があるからである。

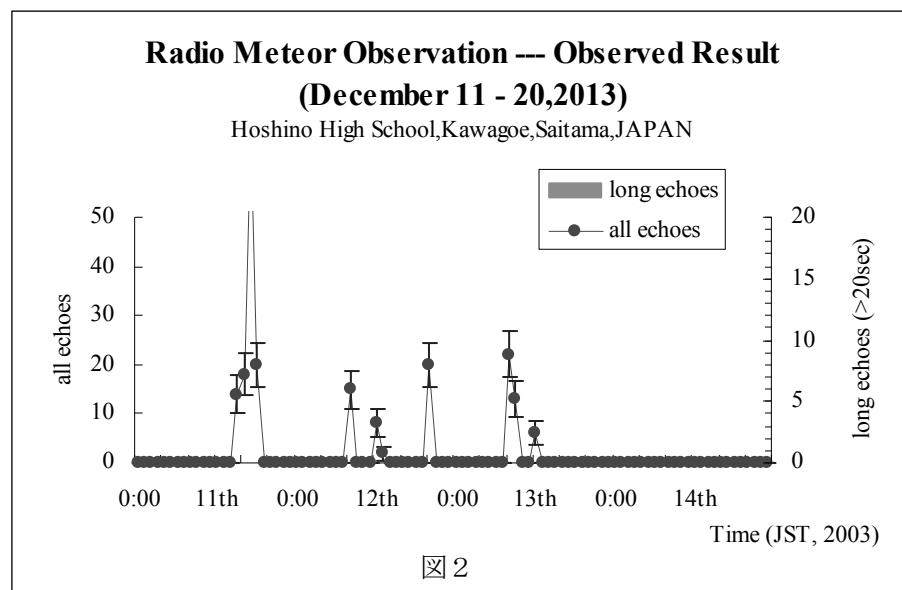
(b) 電波観測

12 月はノイズが多く計測できない日が多かった。

また、13 日の 24:00 でソフトが停止して、眼視観測を行っている時間のデータはない。

ロングエコーは 1 つも見られない。ふたご座流星群の極大期である 12

月 13 日に向けて徐々にエコー数が増加しているように見える。ソフトの停止により、眼視観測と電波観測を比較することが出来なかった。



流星スペクトルは対地速度及び高度とどのように関係しているのか

松尾 直拓、杉本 悠太郎、鈴木 舜介 (高2)、徐 輔賢 (高1)

【埼玉県立浦和高等学校 地学部】

要 旨

2013年12月15日、ふたご座流星群、いっかくじゅう座流星群、散在流星のスペクトルを捉えることに成功した。その結果、流星の発光成分のうち流星物質によるNaの輝線は高高度ほど強く、Mgの輝線は低高度で強くなる傾向が見られた。また対地速度の大きい方が、地球大気による発光成分が流星物質による発光成分に比べて強いという結果になった。さらに、ふたご座流星群のNaの輝線は他の流星に比べて弱く、流星物質の組成が関係している可能性が示唆される。

1. はじめに

流星とは、彗星などが放出した塵粒子が地球大気に突入して発光する現象である。昨年の研究で、流星の発光成分は流星物質によるMg, Na, Feや地球大気によるN₂, Oなどであることを調べた。2013年12月15日に流星の分光観測を行い、ふたご座流星群以外にいっかくじゅう座流星群と散在流星のスペクトルを得ることができた。一晩の観測のため、地球大気の状態は大きく変化していないと考えられる。そこで、流星スペクトルは対地速度及び高度とどのように関係しているのかを調べることにした。

2. 観測と解析

(1) 流星の分光観測

流星観測用の分光器は、超高感度モノクロビデオカメラのレンズの前に透過型回折格子を取り付けた簡易なものである。

① カメラ : WAT-902H2 ULTIMATE(CCDサイズ 1/2インチ ワテック社製)

② レンズ : YMV1795N(焦点距離 17mm、口径比 0.95 八雲社製)

※ ①のカメラとの組合せで、画角は21°×16°(水平×垂直)

③ 回折格子 : VIS 300GPM 50×50(エドモンド・オブティクス社製)
(サイズ 50mm×50mm、格子周波数 300本/mm)

④ 記録 : HDDビデオカメラの外部入力機能で録画

⑤ 観測地 : 埼玉県立浦和高等学校C棟屋上(北緯35°53′、東経139°39′)

⑥ 観測時間 : 2013年12月15日 0時～6時

⑦ 観測方法 : 3台の分光器を、月を避けるように天頂よりやや北側に向け、追尾しないで観測

(2) 解析手順

① 画像取出し : ステライメージ(アストロアーツ社製)

動画を静止画として取出し → ②で測定可能なFITSファイルで保存

② 画像測定 : 画像解析ソフト マカリ(国立天文台作成)

スペクトル強度を測定 → ③で読めるCSVファイルで保存

③ グラフ作成 : MS Excel(マイクロソフト社製)

流星スペクトルが写っていないコマも測定し、Sky成分として②のデータから引く。さらに、CCDの分光感度及び回折格子の分光透過率の補正を行い、波長に対する相対強度のグラフを作成する。

3. 結果と考察

(1) スペクトルが得られた流星について

流星の出現時刻、対地速度、出現高度及びスペクトル画像を図1に示す。対地速度と出現高度は、上田昌良氏(SonotaCo Network)のデータを参考にさせていただいた。

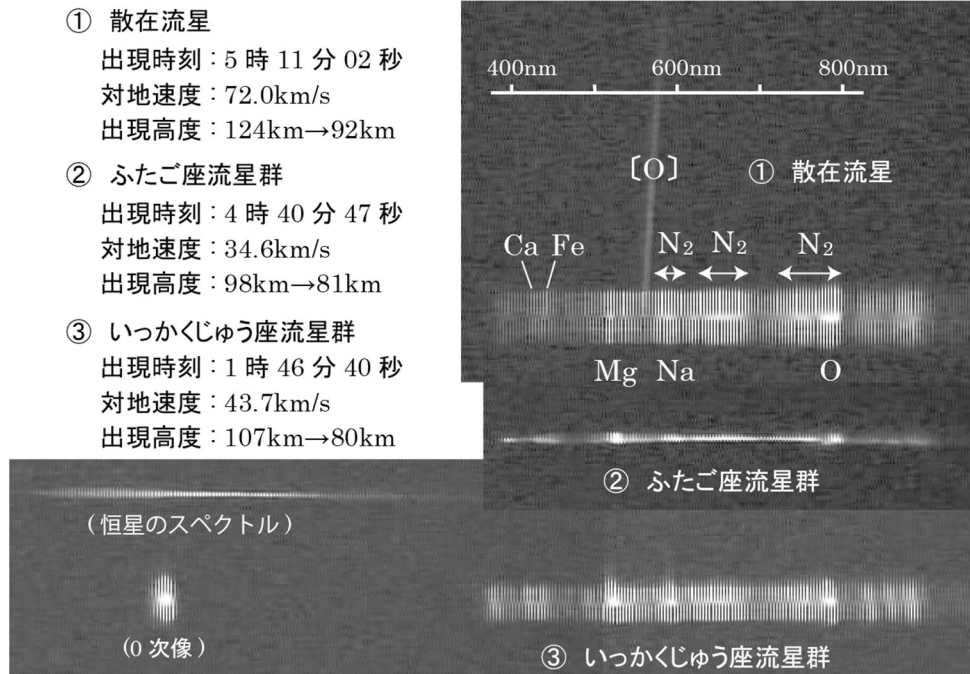


図1 観測した流星のデータとスペクトル画像例

(2) 発光から消滅までのスペクトルの変化

- ① 流星の明るさのかなりの部分は、 N_2 などの大気による発光成分である。今回使った分光器は波長が400～800nmの範囲に十分な感度があるため、地球大気による発光成分(550～800nm付近)が流星の明るさの大きな割合を占めたと考えられる。
- ② Naの輝線(589・590nm)は、高高度で強く低高度になると弱くなる傾向である。
- ③ Mgの輝線(517・518nm)は、高高度より低高度で強くなる傾向である。

(3) 対地速度と流星スペクトルの関係

- ① 対地速度が異なる二つの流星(いっかくじゅう座流星群と散在流星)の、高度95km付近のスペクトルを比較した。その結果、対地速度が大きい散在流星の方が地球大気による発光成分の割合が大きい。
- ② 対地速度がほぼ同じ二つの流星(いっかくじゅう座流星群とふたご座流星群)の、高度85km付近のスペクトルを比較した。その結果、地球大気と流星物質による発光成分の割合は同じくらいであったが、ふたご座流星群のNaの輝線の強度がかなり小さいように見える。これは、流星物質の組成が関係している可能性はないだろうか。

4. 今後の課題

- ① 流星スペクトルが対地速度や高度とどのように関係しているのか、さらにデータを増やして調べたい。
- ② ふたご座流星群のNaの輝線の強度に関して、他に得ているふたご座流星群のスペクトルを解析して確認したい。
- ③ 別の時期に観測したデータと比較して、地球大気の状態の違いによる流星スペクトルの現れ方について調べたい。

 PANSTARRS 彗星の観測 ～画像処理と測光～

青木 奏太 伊藤 多津生 清水 良広 説田 敬介 豊田 有里 菱田 真由(高2)

 【岐阜県立大垣東高等学校 天文研究同好会 (ハートピア安八高校生観測チーム)】

1,はじめに

昨年3月から4月にかけて地球に接近したパンスターズ彗星を冷却 CCD カメラと大型反射望遠鏡を使用して撮像、画像処理した。パンスターズ彗星は夕方西の空に望遠鏡で観測できるほどの明るさだったので彗星の全光度を求めることを目的とした。何日か撮影したので明るさの変化も求めた。また測光する前に一次処理などが必要だが、その作業は過去の惑星状星雲などの画像処理方法を彗星にも応用できるか確かめるためにこの研究をした。

2,観測

(1) 撮影環境

観測機材：カセグレン式反射望遠鏡 (西村製 D : 700mm f : 7000mm)

冷却 CCD カメラ (SBIG 製 STL-11000M-ABG)

フィルター (SBIG 製 (RGB))

観測地：岐阜県安八町立生涯学習センター「ハートピア安八」

北緯 35 度 20 分 8 秒、東経 136 度 39 分 53 秒

世界測地系 (ウォッチーズによる) 標高 18m

(2) 撮像

日時：2013 年 3/14, 3/15, 3/16, 3/21

対象：C/2011 L4 (パンスターズ彗星)

3,画像処理

あらかじめ撮影した画像と同じ露出時間のダークフレームとフラットフレームをとっておき、ステライメージを用いて共通ダーク/フラット補正をした。先輩の論文では対象星を対角線上に挟むように 2 箇所基準性を選ぶとあったが、彗星は動くためこの方法を使うと【図 1】のように彗星のコマが伸びてしまう。その為に、基準星を 1 箇所とり、メトカーフ法を用いると【図 2】のようになんかできた。

メトカーフ法を用いるとき単位時間あたりの移動量はステラナビゲーターで調べた。

一次処理が完了した画像を RGB それぞれを合成してカラー画像を作成した。



【図 1】



【図 2】

【図 1】：基準星 2 箇所とって合成したコマ

【図 2】：基準星 1 箇所とメトカーフ法で合成したコマ

【図 3】：RGB 合成したカラー画像

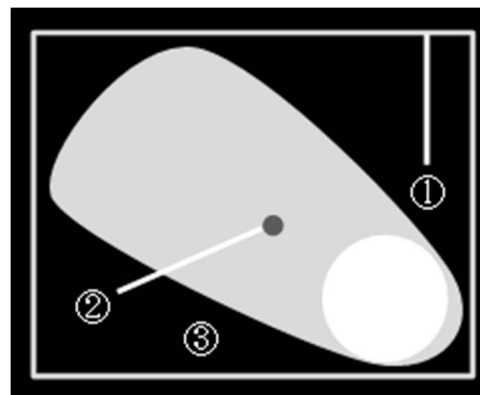


【図 3】

4.測光方法

測光は【図4】が示すように行った。

- ①矩形測光で彗星を測光し、総カウント値を平均する。
- ②開口測光で①で測った範囲にある星をすべて測光する。
- ③矩形測光でバックグラウンドを測光し、総カウント値を測光する。
- ④①で得た測光結果から②③で得た測光結果を減算する。



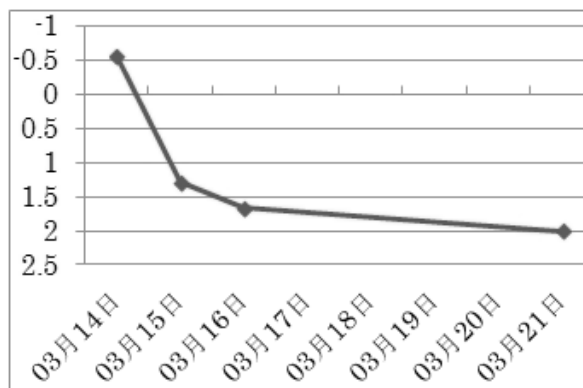
【図4】

5.測光結果

$$m = M - 2.5 \log (l / L)$$

上の式を使いカウント値から等級に直す。

m が対象星の等級、 M が比較星の等級、 l が対象星のカウント値、 L が比較星のカウント値である。今回 m を彗星の等級、 l を彗星のカウント値とし、彗星の全光度を求めた。ステラナビゲーターで比較星の等級を調べ、上の式で G 画像の等級を求めた。



【グラフ 1】

【グラフ 1】は 3/14~3/21 の間の明るさの変化のグラフである。

縦軸は等級、横軸は日付とした。

6.考察

- ・近日点が 3/10 なのでそれを過ぎた日に撮影したので彗星がだんだん暗くなっていく。
- ・今回求めた値と天文年鑑などに掲載されている値では全体的に今回求めた値の方が明るかった。
- ・しかし【グラフ 1】で近似曲線を取り、天文年鑑に掲載されている彗星の明るさの変化のグラフと比べてみるとほとんど一致したため、係数をかけるなどをして正確な値を出すことができる。

7.まとめ

- ・一次処理の際、対象天体が星と動く速さが異なるものは合成するとき基準星 1 箇所とメトカーフ法を用いて合成する。
- ・メトカーフ法が画像処理の合成作業では、メトカーフ法が有効であるとわかった。

8.参考文献・使用ソフト

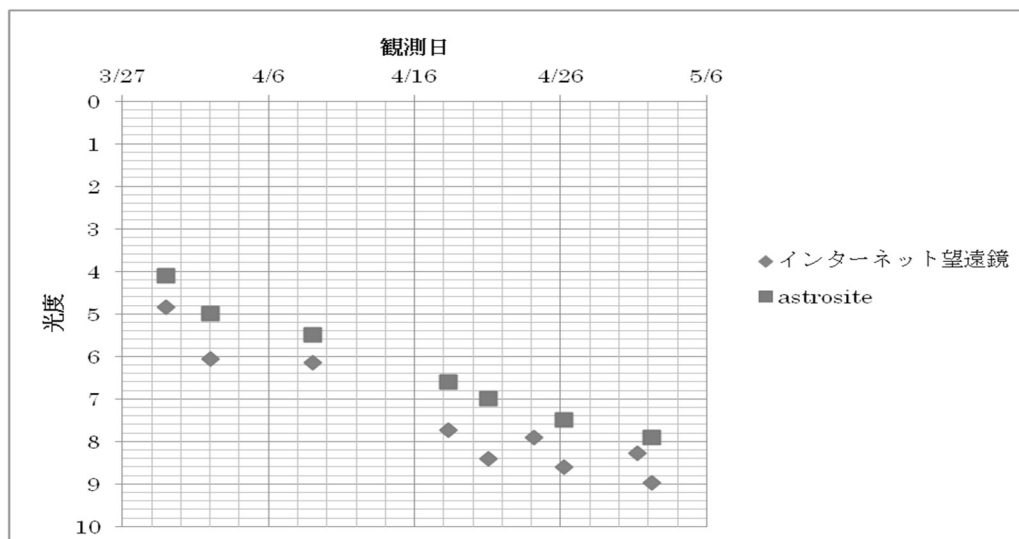
参考文献：本校理数科平成 21,22 年度課題研究報告書 速攻でわかる彗星の測光

使用ソフト：ステライメージ Ver.6.5 ステラナビゲーター Ver.7

すばる画像処理ソフト・マカリ Microsoft Word 2010 Microsoft Excel 2010

3. 結果

今回インターネット望遠鏡で撮影したパンスターズ彗星を測光した結果以下のようになった。



4. 考察

グラフからわかるように、インターネット望遠鏡を用いた測光結果と世界で調べられたパンスターズ彗星の測光結果では、約光度1のずれが生じた。このずれが生じた理由は、測光する際に用いた写真の彗星や測光するために用いた標準星が飽和し、正確に彗星と標準星の差を調べることができなかったためと考えられる。しかしながら、パンスターズ彗星の光度の変化の様子は、インターネット望遠鏡を用いた場合でも世界の測光の結果とほぼ一致することがわかった。

5. 課題

次はこれらの研究結果をふまえて、測光する際に用いた写真の彗星や測光するために用いた標準星が飽和していない写真のみで測光したり、標準星を増やしたり、より正確な測光ができるように再び挑戦したい。

5. 参考文献

<http://arcadia.koeki-u.ac.jp/itp/>

<http://matome.naver.jp/odai/2134925395483157701>

http://spaceweathergallery.com/indiv_upload.php?upload_id=89395

http://www.yodobashi.com/ec/promotion/feature/detail/50107P091857P_50107P091858C/

<http://www.nao.ac.jp/astro/sky/2013/panstarrs.html>

小惑星の測光観測（その2）

－ デジタル一眼レフカメラの特性を探る －

庄崎 弘基、中川 諒人、真壁 聖矢（高2）

【那須高原海城高等学校】

1. はじめに

2年前から、既知の小惑星の特性調査で天文学に貢献しようと観測を始めた。小惑星の測光観測は、冷却CCDカメラで行うのが一般的である。しかし、本校にはその設備がないため、デジタル一眼レフカメラでの測光を試みている。

去年は、デジタル一眼レフカメラで撮像したRAW画像(モノクロ)で測光すると、IAU小惑星センターのライトカーブ・データベースと概ね一致する結果が得られたことを報告した。今年、さらに別の小惑星を撮像し、IAU小惑星センターのライトカーブ・データベースと比較するとともに、RAW画像から得られるRGB分解画像やJPEG画像などの各種画像での測光結果を比較・検討した結果を報告する。

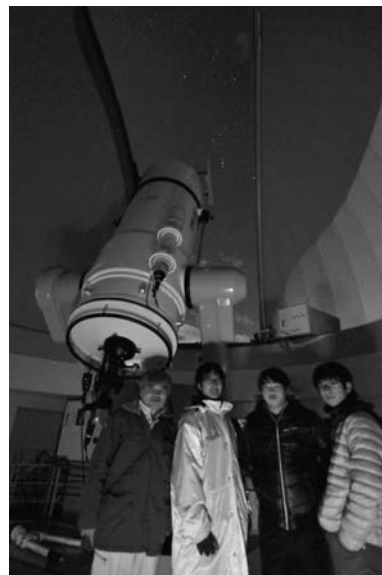
2. 観測方法

観測日時 ① 2013年 1月10日 21時～24時(小惑星 # 129)
 ② 2013年12月21日 21時～23時(小惑星 # 443)
 ③ 2014年 1月 9日 21時～23時(小惑星 # 443)

観測場所 栃木県大田原市 ふれあいの丘天文館

使用機材 ①天体望遠鏡
 65cm 反射 $f = 7800$ mm (三鷹光器)
 15cm 屈折 $f = 1100$ mm (高橋製作所)
 ②カメラ Nikon D700、Canon EOS 60D
 直焦点、露出時間 30秒

測光方法 「ステライメージ」によるアパチャー測光



3. 観測結果

3. 1 撮像データ (小惑星 #129)

撮像データは、 4284 ピクセル \times 2844 ピクセル (各ピクセルは 0.222 秒角) の大きさである(Nikon D700)。

デジタル一眼レフカメラで得られるデータは、図1のように光の三原色(RGB)フィルターを通したものであり、①ベイヤー補間(図1の矢印)したカラー画像と ②ベイヤー補間していないベイヤー画像(モノクロ)、そしてRGB分解して得られる ③R素子のみのR画像(モノクロ)、④G素子のみのG画像(モノクロ)、⑤B素子のみのB画像(モノクロ)などがある

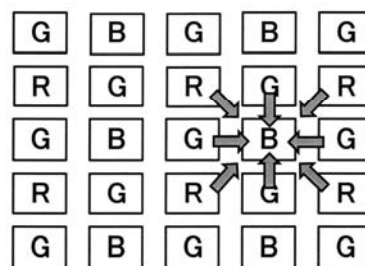


図1 撮像素子のベイヤー配列

3. 2 小惑星の測光結果 (小惑星 #129)

図2は、IAU小惑星センターのライトカーブ・データベースと私たちの測光結果(ペイヤー画像)を重ねた光度変化曲線である。概ね両者は一致している。

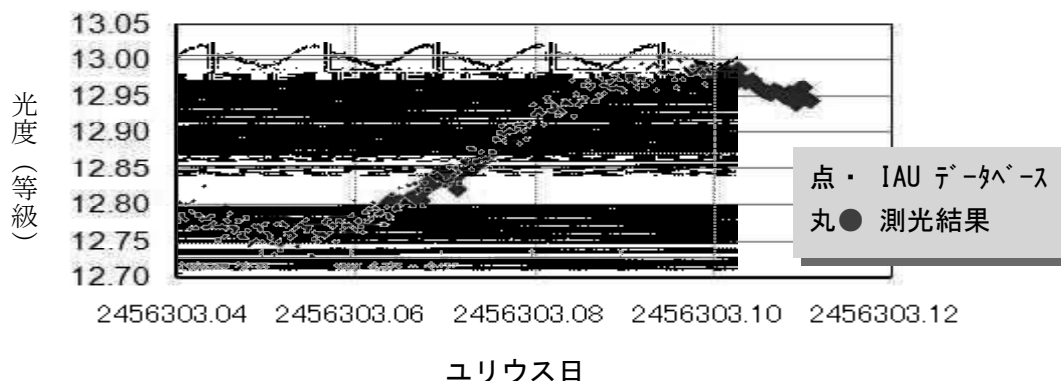


図2 小惑星 #129 の光度変化曲線

3. 3 各種画像による測光結果の比較 (恒星)

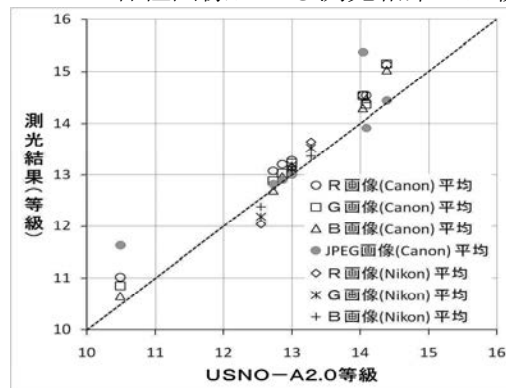


図3 各種画像の測光結果

図3は、星空公団によるRGB分解ソフト (raw2fits) を使用して得られたR画像、G画像、B画像中のいくつかの恒星について測光した結果である。横軸が星表の等級で、縦軸が測光した結果である。それぞれの画像で測光結果に違いがある。特に、JPEG画像(灰色○)は星表等級との差が大きい。カメラの違いを比較すると、Nikon D700の方が測光結果のバラツキが小さい。

4. 考察とまとめ

R,G,Bの各画像で測光結果に違いがあるのは、恒星の表面温度によりその放射波長が異なるからである。つまり、R,G,B各画像における恒星の測光結果の違いは、恒星のスペクトル型に依存すると考えられる。今後は、太陽光を反射している小惑星の測光に最も適するデジタル一眼レフ画像はどれであることを確定し、小惑星の測光においては、基準とする星表をTycho-2(V等級)に改め、標準星には色指数(B-V)が太陽と同じ 0.65 程度の恒星を用い、より正確な測光を目指したい。

5. 謝辞

小惑星撮像の際は、栃木県大田原市ふれあいの丘天文館の望遠鏡とカメラを使用させていただきました。小惑星撮像データの解析については、浜野和弘氏にご指導いただいたことが基礎となっています。ありがとうございました。

本研究は、平成25年度中高生の科学部活動振興プログラム ((独)科学技術振興機構) によるご支援を受けました。感謝します。

トロヤ群小惑星(2363)Cebrionesの測光観測

【兵庫県立三田祥雲館高等学校 天文部】

田中 敦、中川 克隆、堤 光、白澤 由紀乃(高2)、
谷河 匠、植木 良多、坂本 律、松島 大智(高1)

要 旨

トロヤ群小惑星(2363)Cebrionesの多色測光観測を行った。西はりま天文台のなゆた望遠鏡にSDSS測光フィルタを取り付けg'及びr'バンドで撮影したその結果、g'=17.59(+0.20, -0.35)等, r'=17.47(+0.09, -0.07)等であったことがわかった。この結果はD型小惑星としてはかなり平坦な色合いであるので、結果の再検討が必要である。

1. はじめに

トロヤ群小惑星は太陽と木星と正三角形を形作る位置に存在している。小惑星探査機はやぶさ2は2014年12月に打ち上げ予定であるが、トロヤ群小惑星はその次の探査候補となっている。私たち三田祥雲館高校天文部はHYPARプロジェクトの一員として西はりま天文台で彗星や小惑星の観測を行ってきた。その活動の一環として小惑星(2363)Cebrionesの多色測光観測に挑戦した。その結果を報告する。

2. トロヤ群小惑星(2363)Cebriones

(2363)Cebrionesは1977年10月4日Purple Mountain Observatoryで発見された。多くのトロヤ群小惑星と同じくDタイプの小惑星に分類されている。軌道要素は表1の通りである。また自転周期は約20時間である。トロヤ群にはL4とL5があるが(2363)CebrionesはL5に属し、2014年の春まで観測できる。

離心率 e	0.0357
軌道長半径 a	5.1974 (AU)
軌道傾斜角 i	32.1399°
昇交点黄経 Ω	211.7667°
近日点引数 ω	58.2764°
近日点通過時刻 t _p	2009年2月23.8039日
周期 P	11.85年

(表1) (2363)Cebrionesの軌道要素

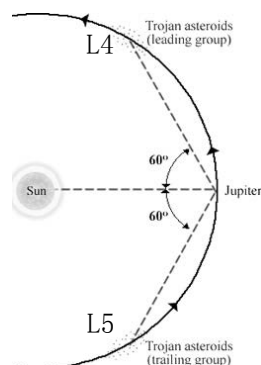


図1 トロヤ群小惑星の位置

トロヤ群小惑星は太陽と木星と正三角形を形作り力学的に非常に安定している点に位置する。木星に先行する点をL4、追従する点をL5と呼ぶ。

3. 観 測

HYPAR (Hyogo Prefectural Asteroid Reserch) は三田祥雲館高校と舞子高校が合同で西はりま天文台の機材を用い、2011年から小惑星や彗星の観測を続けてきた。2013年度は天候が悪く、多くの観測を行うことができなかつたが下記の通り(2363)Cebrionesの観測を行った。

○日 時：2013年12月25日22時07分 — 12月26日02時12分 (日本時間)

○場 所：西はりま天文台 兵庫県佐用郡佐用町 N35 01 31 E134 20 08 標高449m

○望遠鏡：なゆた望遠鏡 口径2 m カセグレン焦点 (F12),

○カメラ：可視多波長撮像装置 Multiband Imager for Nayuta Telescope (MINT)

○フィルター：SDSS g' r' i' z' バンド

ただし、天候の関係で i' は小惑星のみ、 z' は小惑星、標準星ともに撮像できなかった。

○基準星 赤経03h18m04.48s 赤緯+01d35m13.15s (g' =14.900等, r' =14.433等)

○露出時間 小惑星、標準星共に300秒

4. 解析

撮像された画像は測光ソフトMakalliを用いて行った。

- (1) 各露出時間のダークノイズの中央値により合成する。
- (2) ライトフレーム及びフラットフレームから(1)のダークノイズを減産する。
- (3) フラットフレームの平均値で除算し、フラットフレームを規格化する。
- (4) フラットフレームを加算平均により合成する。
- (5) ライトフレームをフラットフレームで割り算する。
- (6) カウント値を求め以下のポグソンの式により各バンドの光度を求める。

$$m = n - 2.5 \log_{10} \left(\frac{I_m}{I_n} \right)$$

ただし、 m ：小惑星の光度 n ：基準星の光度
 I_m ：小惑星のカウント値 I_n ：基準星のカウント値

5. 結果

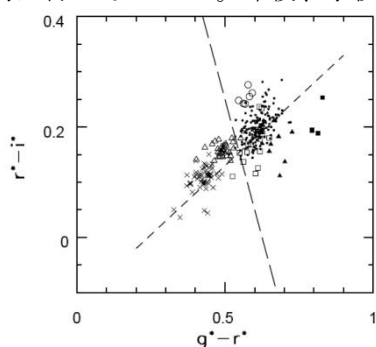
1ライトフレームにつき3回の測光を行い平均をとった結果は表2の通りである。

(表2) (2363)Cebronesの測光結果

	g'	r'	$g'-r'$
等級	17.59+0.20, -0.35	17.47+0.09, -0.07	0.12+0.39, -0.32

6. 考察

SDSSの観測による小惑星の分類は図3のようになされている。これによるとD型小惑星の $g'-r'$ の値は0.55~0.6程度の範囲にある。私たちの結果はかなり平坦な色になっており測光結果の慎重な見直しが必要である。残念ながら今回の観測では i' , z' バンドの観測は行えなかった。今後、学校の望遠鏡と冷却CCDカメラを使用し(2363)Cebronesの多色



測光観測 (ジョンソンカズンズ V, B, R, I) を続け、発表では全バンドを観測した結果を報告する予定である。また今後はL4に属するトロヤ群小惑星が観測の好機を迎える。これらの小惑星の観測を続け将来の小惑星探査のための予備観測に貢献していきたい。

図3 SDSSフィルタによる小惑星の色

SDSSフィルタで観測した際の $(g'-r')$ vs $(r'-i')$ の分布。○がD、×がC、・がS、■がA、□がV、▲がJ、△がE, M, P型の小惑星の色を示す。(Ivezic et al, 2001より)

7. 参考文献及びURL

渡部 潤一、井田 茂、佐々木 晶(2008) 現代の天文学 太陽系と惑星 日本評論社

Ivezic, Z, et.al, (2001) Astronomical Journal 122 2749-2784

The SAO Encyclopedia <http://astronomy.swin.edu.au/cosmos/T/Trojan+Asteroids>

謝 辞

本研究を進めるにあたり、西はりま天文台 高橋 隼氏、日本スペースガード協会 浦川 聖太郎氏より、ご指導、ご助言を頂きました。この場をお借りし感謝の意を表します。

小惑星表層の色からみた小惑星の区分

【兵庫県立舞子高等学校天文気象部】

眞鍋 智史・西田 侑加・森田 崇史・酒井 祐実（2年）

1. はじめに

はやぶさ探査機が、小惑星イトカワ（25143）に着陸離陸し、表面の組織を地球に持ち帰るという偉業を成し遂げました。また、近いうちに、はやぶさ2号探査機も小惑星への着陸離陸によりサンプルリターン計画が進行しています。このように、小惑星への関心が高まる中、小惑星は、軌道や形状から観測するのではなく、小惑星表面の色、すなわち、小惑星の表層組織の観点からも分類を試みることにしました。

2. 概要

小惑星の分類は、軌道要素・形状（大きさ・形）・組成などいろいろな方法があります。そこで、表面の色の違いにより、表層組織を予測することにより分類することを試みました。これは、表面の色温度（反射率）を CCD の感度波長域である $0.4\text{-}0.9\mu\text{m}$ の波長帯における小惑星のスペクトルの形状により分類が行われます。色の観点による小惑星の区分は何種類もあり、分類方法によって小惑星のスペクトルタイプの種類はいろいろあるが、基本的には、Cタイプ・Sタイプ・Xタイプ・Dタイプ・Vタイプの5種類に分けることができる。

（図1）

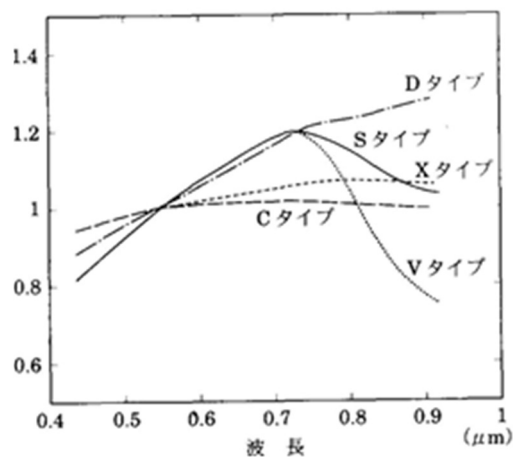


図1 可視光域での小惑星の各スペクトルタイプの比較図

3. 観測

観測は、主に兵庫県立大学自然・環境科学研究所 天文科学センター西はりま天文台の口径2m望遠鏡（なゆた望遠鏡）を用い、そのカセグレン焦点に取り付けられている可視撮像装置（MINT）を用いて撮影しました。

7月以降、2泊3日の合宿を4回行い、撮影する予定でしたが、夏から秋にかけて、天候不順で、合宿を中止したこともありました。なんとか雲間をねらって撮影できたのは、12月25日の夜半だけで、外気温が0度以下のもと着込んで臨みました。

目標天体は、小惑星239で露出時間を20秒、30秒、60秒と変えながら3～5枚ずつ撮影し、フィルターをzバンド、rバンド、iバンド、gバンドと交換しては、同じことを

繰り返していきました。しかし、夜半過ぎには、雲が厚くなり雪もちらつく状況となり、望遠鏡を開けておくことができなくなったため、観測を中止せざるを得なくなり、gバンドの撮影は、できませんでした。

そのため、反射率が求められず、当初予定していた、Cタイプ・Sタイプ・Xタイプ・Dタイプ・Vタイプの5種類への分類までには、いたりませんでした。

4. 観測結果

- ① 撮影した画像は、マカリにより処理を行いました。
 - ・ダークを中央値で合成。フラットの作成。出来たフラット画像を中央値で合成。
 - ・フラットの画像、1枚1枚から中央値で合成したダークを引く
 - ・撮影した画像、1枚1枚から先ほど作ったダークとフラットを引く
 - ・出来た画像を中央値で合成する。(全ての画像の秒数をそろえる)
 - ・一連の操作をrフィルター、iフィルター、zフィルター、gフィルターで繰り返す
- ② 目標天体のカウント数、標準星 (Gem) のカウント数を求め、ポグソンの公式に代入する。
- ③ 目標天体の光度を求める。
 - zバンドによる光度 11.37 等級
 - iバンドによる光度 9.60 等級
 - rバンドによる光度 10.09 等級 となり、
 小惑星の表面の反射光、スペクトルにより異なることがわかります。
- ④ この後、反射率を求めることにより、分類が可能となります。
- ⑤ 天候不良によりgバンドの撮影ができず、反射率を求めるまでいけませんでした。

5. 考察

寒い中で、写真撮影を行い、データを取るのはいへんでした。しかし、こうして得られたデータにより、小惑星の観測を行い、太陽系の成り立ち、地球の成り立ちが解明できることに興味を持つことができました。当初、予定していた、小惑星の分類までは、今年度、たどりつくことができませんでした。機器の扱い、データ処理の仕方など得たものは多いと思います。次年度は、今年度の内容を基に多数の小惑星の分類を行う予定です。

今回の観測に対し、兵庫県立大学天文科学センター西はりま天文台の高橋様、日本スペースガード協会の浦川様をはじめ多数の研究者や先生方のお世話になりました。

【参考文献】

- シリーズ現代の天文学「太陽系と惑星」渡辺潤一 他 (日本評論社)
- 「天体写真のレタッチテクニック」西條善弘 (誠文堂新光社)
- 「惑星観測」安達 (誠文堂新光社)

小惑星Takumi

星の学校 2013

島 匠 (中等5) 【東京大学教育学部附属中等教育学校】

武中 里穂 (高2) 【香川県立高松高等学校】

1. はじめに

私たちは2013年8月に井原市美星天文台、美星スペースガードセンターで行われた「星の学校」に参加し、小惑星Takumiの研究をした。小惑星はそのほとんどが火星軌道と木星軌道の間に存在する太陽系小天体である。また太陽系形成時から大きな変化を受けておらず、太陽系形成時の情報を持つ天体でもある。つまり小惑星についてわかれば、太陽系形成における微惑星の衝突や破壊のプロセスについて知ることができる。そこで私たちは小惑星Takumiを観測し、その自転周期や形状を求めた。

2. 小惑星Takumiの基本データ

軌道長半径	2.208AU
離心率	0.0891
公転周期	3.27年
軌道傾斜角	4.54°
小惑星の推定直径	約7km

*1997年に入笠山天体観測所で発見。

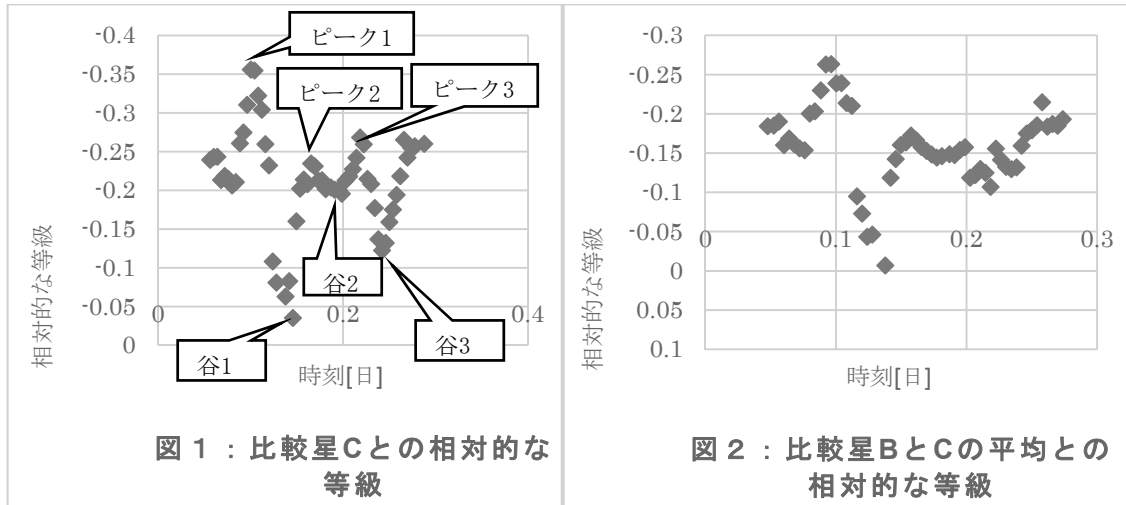
*地球に衝突した場合、人類滅亡となる可能性のある大きさ。

3. 観測条件

- ・装置 岡山県美星スペースガードセンター 1m望遠鏡
- ・条件 フィルター W (4900~9100Å = 可視光~近赤外線)
露出 300秒 (60枚撮影)
- ・日時 8月6日22時から7日4時まで
- ・座標 RA (赤経) = 22:58:47 (観測開始時)
DEC (赤緯) = -1:59:53 (わし座付近)

4. 方法

- ①画像の一次処理を行った後、IRAFを用いて比較星と小惑星の明るさを測る。
- ②光度曲線を得るため、大気の変動による光度変化を補正する。そのために比較星の光度変化を大気の変動とし、小惑星の明るさから比較星の明るさの差を求め、小惑星の光度変化とする。(小惑星の光度変化 = 小惑星の明るさ - 比較星の明るさ)
- ③ポグソンの式 $M(\text{相対等級}) = 2.5 \log(F_1 / F_2)$ (比較星のFlux) / F_2 (小惑星のFlux) より小惑星の光度曲線を求める。
- ④求められた光度曲線のピークの時間間隔より自転周期を求める。
- ⑤ポグソンの式より小惑星の光度変化の谷とピークの明るさの比を求める。明るさは地球に向けられた小惑星の面積の比でもあるので、小惑星の形状が推定される。



5. 結果

- ・ 自転周期

0.118日 Cだけを使って求めた光度曲線でのピーク1とピーク3の時間間隔

0.104日 Cだけを使って求めた光度曲線での谷1と谷3の時間間隔

これらの平均をとると0.111日

- ・ 小惑星の面積比

小惑星の谷1に対してピークの面積は1.45倍の面積 (明るさ)

6. 考察

- ・ 比較星を3個使って光度曲線を求めたが、周期性が見られなかった。

- ・ 小惑星の光度のピークが一定でないことからいびつな形であると考えられる。

- ・ 谷3が、比較星Cだけを用いた場合 (図1) と、比較星BとCの平均をとった場合 (図2) によって、変化の幅に差があるために、谷とみなせるのだろうかという疑問が残る。

- ・ 谷2付近が雲による影響で、正確なデータが得られていないと仮定したとき、ピーク2とピーク3の間に新たにピークが存在するかもしれない。

7. 課題

- ・ 比較星を3個用いて光度曲線を求めたとき、周期性が見られなかったのは、比較星Aが変光星であったからかもしれない。よって、比較星を増やして解析する必要がある。

- ・ 観測時に薄雲がかかっており観測データに少し怪しい部分があるため、観測条件が良い日にもう一度観測したい。

8. 謝辞

この研究には美星スペースガードセンターの浦川聖太郎さんをはじめとする、多くの「星の学校 2013」のスタッフの方々に助言と協力を頂きました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

小惑星の自転軸と小惑星の形状を再現する手法の研究

福岡県立小倉高等学校科学部 S S 天文研究会

後藤 理咲子、岡村 麻美 (高2)、那須 陽彦 (高1)

1. 目的

今までは観測したライトカーブを使って、小惑星の形状決定を行ってきた。しかし、自転軸の状態を厳密に決定しない限り、再現実験の精度を上げることはできない。さらに、自転軸を厳密に決定するには、少なくとも3～4年分の観測データが必要である。そこで、新たに小惑星センターの観測資料を加え、自転軸の傾斜角を計算で求める手法を確立した。その上で、より厳密にライトカーブを再現する実験手法を確立した。

2. 研究の手法

(1) 小惑星のライトカーブの観測を行う。(本校の望遠鏡にて画像を撮影する。)

観測データが不足する場合は、小惑星センターのデータを入手する。

(2) 小惑星の縦横の比、自転軸の傾斜角を求める。(光度変化幅の極大値と極小値を用いる)

小惑星の短軸の長さ a 、長軸の長さ b とする。

①! 光度変化幅 N のとき $\frac{b}{a} = 2.5^N$ が成り立つ。

②! 光度変化幅 n のとき

観測を行う際に見える二軸のうち短軸を l とおくと、 $\frac{b}{l} = 2.5^n$ が成り立つ。公転面と自転軸に垂直な線とが成す角が θ となるので、自転軸を y 軸、自転軸に垂直な線を x 軸にとり、線分 l と楕円の周の交点を (x, y) とし、楕円の方程式を用いて、 l を求める。

$$\tan\theta = \frac{y}{x} \cdots (i)$$

$$(i) \sim (iii) \text{ より、} l^2 = \frac{(ab)^2}{(b^2 + a^2 \tan^2 \theta)}$$

$$l = \sqrt{x^2 + y^2} \cdots (ii)$$

$$a = \frac{1}{2.5^N} b, \quad l = \frac{1}{2.5^n} b \text{ を用いると、}$$

$$\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2 = 1 \cdots (iii)$$

$$\tan^2 \theta = \frac{\left(\frac{1}{2.5^n}\right)^2 - \left(\frac{1}{2.5^N}\right)^2}{\left(\frac{1}{2.5^N}\right)^2 \left\{1 - \left(\frac{1}{2.5^n}\right)^2\right\}}$$

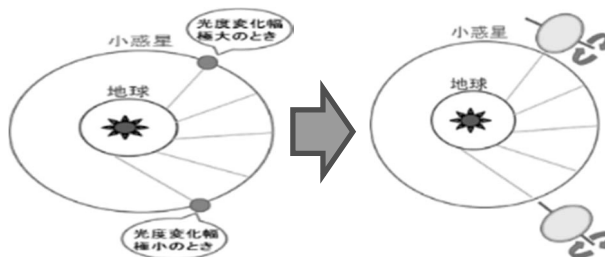
この式に、データの n 、 N を代入することで、自転軸の傾きを求めることが可能になった。

(3) 自転軸が傾いている方向を求める。(過去の本校観測と小惑星センターの観測資料用)

1 周の公転軌道上で場所ごとの光度変化幅を算出し、光度変化幅の極大と極小の場所を決定することで自転軸の向きを決定する。

(4) 粘土モデルを用いてライトカーブを再現する。

観測時の太陽、地球、小惑星の位置関係を再現し、ハロゲンライト、ビデオカメラ、紙粘土、赤道儀などを用いて動画撮影を行い、得た動画を limovie (動画変換ソフト) にかけることでライトカーブを得る。この方法で仮説を立てた粘土モデルについて、ライトカーブの作成を行う。



3. 研究手法の確立

小惑星エロスを用いて、この手法が正しいかどうかの検証実験を行う。

エロスはすでに形状が分かっており、その形状から粘土モデルを作成する。軸の角度を 15° ずつ変え、実験より得た n の値を式に代入し θ を求める。実験室で実際に設定した角度と計算で得た θ の値を比べて誤差を出す。誤差は最大約 5° なので、この式は精度の高いものだと考えられる。

実験条件	n(等級)	θ (度)	誤差(度)
90°	0.01	87.9	2.09
75°	0.3	76.9	-1.93
60°	0.68	65.4	-5.44
45°	1.1	47.7	-2.66
30°	1.3	34.1	-4.11
15°	1.43	19.5	-4.5
0°	1.49	0	0

4. 小惑星カリオペの形状決定

小惑星「カリオペ」の形状決定を、今回用いた手法で行う。

- (1) 小惑星の観測データよりライトカーブを得る。(18夜分のデータ)
- (2) 小惑星カリオペの縦横比を求める。

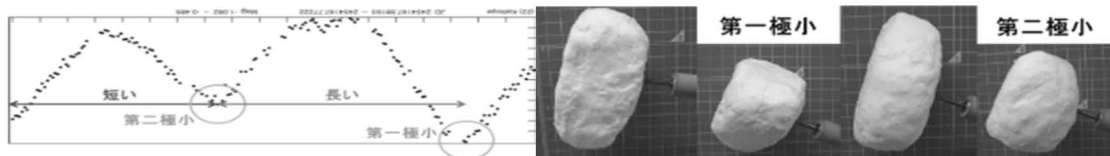
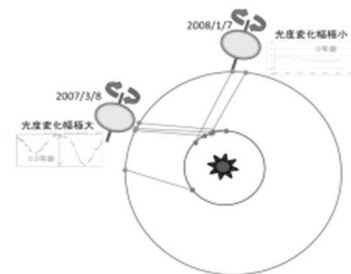
カリオペの光度変化幅は、最大で 0.3 等級、最小で 0.04 等級であるので、 $N=0.3$ 、 $n=0.04$ である。縦横比は、 $2.5^N = 2.5^{0.3} = 1.316382$ となる。光度変化幅の極大値と極小値より自転軸の傾斜角を求める。 $N=0.3$ 、 $n=0.04$ を得られた式に代入すると $\theta=71.2^\circ$ となる。

- (3) 自転軸が傾いている方向を求める。

日付ごとの光度変化幅を観測したライトカーブより算出し光度変化幅の極小と極大の位置を調べることで自転軸を決定する。

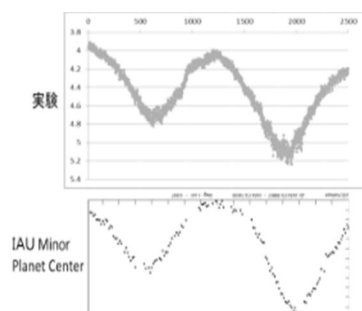
- (4) 小惑星カリオペの形状を推定し、粘土モデルで再現する。

カリオペのライトカーブの特徴は、極小値で光度に差があることと自転の半周期の時間の長さに差があることである。



(2) とこれらのことから、カリオペの形状を推定し、このような粘土モデルを作成した。光度変化幅が極大の時 (2007/3/8) のように自転軸を設定し再現実験を行うと、粘土モデルと IAU Minor Planet Center のライトカーブが一致した。

(2007/3/5) (2008/3/5) でも一致する部分がみられたことから、この手法と粘土モデルは信頼性の高いものであると考えられる。



5. 結論

自転軸の状態を厳密に決定する手法を確立できた。その結果、粘土モデルでの再現実験で得られるライトカーブが、極めて高い精度で一致するようになった。

6. 参考文献

「IAU Minor Planet Center」(NASA)：小惑星に関する基礎資料、ライトカーブステラナビ Ver9：観測する小惑星の位置計算を行う。

銀河系の姿を探れ！～楕円型 or 渦巻型～

銀河学校 2013C 班

坂井 遥香(高2)【日本放送協会学園高等学校】、坂本 裕大(高2)【埼玉県立熊谷高等学校】、長瀬 美沙(高2)【岐阜県立岐阜高等学校】、成田 道子(高2)【八戸工業大学第二高等学校】、今村 春香(高1)【長崎県立長崎西高等学校】、中野 健斗(高1)【滝高等学校】、松本 彩花(高1)【長野県屋代高等学校】、丸山 春花(高1)【長野県松本深志高等学校】、森川 綾奈(高1)【岐阜県立恵那高等学校】、山崎 宗一郎(高1)【横浜市立戸塚高等学校】、衣川 友那(新高1)【名古屋大学教育学部附属中学校】(ただし所属は研究開始時のもの)

1 はじめに

本研究は、2013年3月に東京大学木曾観測所で行われた銀河学校で、「銀河系の姿を探れ！」というテーマの研究を進めたものである。この研究で、自分たちが住んでいる銀河系が楕円型か渦巻型かを研究した。

2 観測

装置：木曾 105cm シュミット望遠鏡

日時：2013年2月28日20時

ターゲット：銀経 134° 銀緯 + 2°

観測方法：Vバンド 300[sec]

Iバンド 180[sec]

解析：マカリイ

3 方法

銀河系が楕円型であれば、銀河面内の星の数は中心から単調に減少し(図1)、渦巻型であれば、星が大量に存在する腕を横断する度に密度に変化がみられるはずである(図2)。そこで、私たちのいる場所から天の川のある方向を観測し、その密度を調べることにした。星の距離を調べるために、星のみかけの明るさが、距離の二乗に反比例して暗くなる関係を用いた。本当の明るさが同じ星を選ぶために、星の本当の明るさが色と相関する関係を用いた。図4は、この様子を示すHR図である。青い星($\log I/V < 0.95$)では、明るさが色から一意に決まることがわかる。図5は、私たちが観測した星のうち約4000個について、明るさ

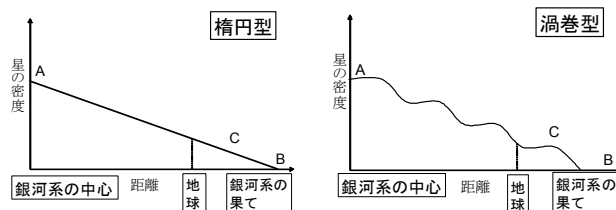


図 1

図 2

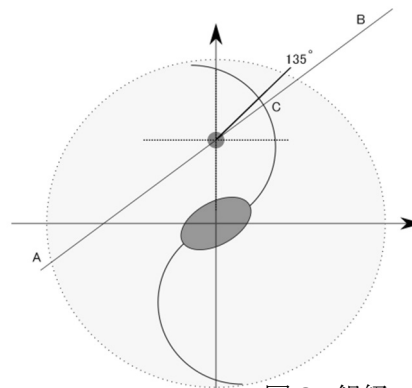


図 3 銀経

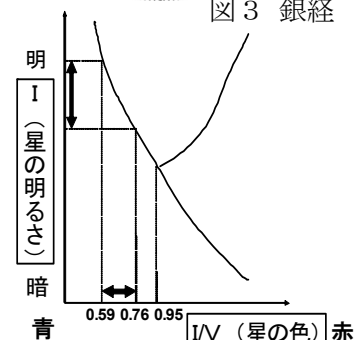


図 4

(V)と色(log I/V)を調べた結果である。この中から log I/V が 0.59 から 0.76 の青い星を選択した。これらの星を4つの色グループに分け、距離 10pc にあるときの V の明るさと視野内の標準星の V の明るさの比 (= a) を調べた(表 1)。距離を求めたい星の V の明るさと標準星の V の明るさの比(=b)を求めると、 $a \times b$ から各星の距離が求められる。距離 l [pc] とすれば、 $l = 10 \sqrt{l / ab}$ という式で表される。

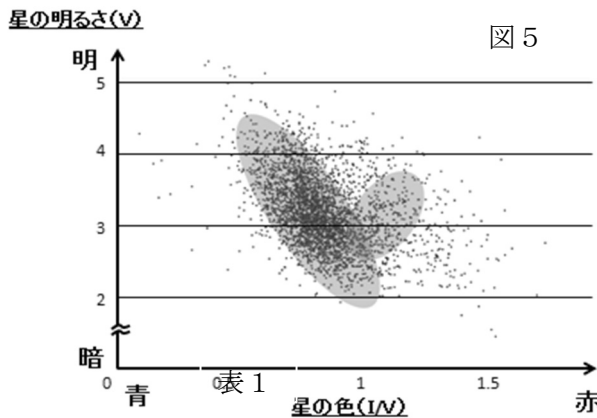


表 1

星の色と明るさの関係

log I/V	10pcにあるときのVの明るさ 標準星のVの明るさ
0.59	7.6×10^5
0.63	4.2×10^5
0.69	2.3×10^5
0.76	1.1×10^5

4 結果

4つの色グループごとに各星の距離を調べ、それらを統合し、各距離範囲に入る星の密度を集計し、図6のようなグラフになった。縦軸の密度は、遠距離ほど広範囲に星が見えてくることを考え、距離の2乗で割って求めた。グラフより、4000pc から 5000pc のところに、星の大きな密集があることがわかる。

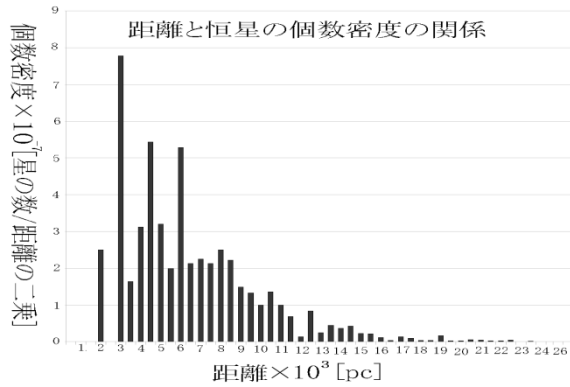


図 6

5 考察と結論

私たちは、4000pc から 5000pc にある星の大きな密集が銀河系の腕によるものと考え、銀河系が渦巻型銀河である証拠と考える。しかしながら、星の密集が他の距離に見られなかったことは、腕がたくさんあるという予想とは異なっていた。銀河系の他の方向について研究を進めることで、今回見つかった星の密集が銀河系の腕である確証が高まると考える。

6 謝辞

本研究は東京大学木曾観測所の三戸洋之さんをはじめとする多くのスタッフの方々、NPO 法人サイエンスステーションと TA の卯田純平さん、鳥羽儀樹さん、市川あき江さんにご協力いただきました。この場をお借りして厚くお礼申し上げます。

7 参考文献

- “Allen's Astrophysical Quantities” Arthur N. Cox, Los Alamos, NM
- “GALACTIC ASTRONOMY” James Binney and Michael Merrifield

銀河のカタチはどうやってできた？

ぎやらくしーず ☆!

三和 侑平【宮城県仙台第一高等学校】 谷村 ひとみ【宮城県仙台二華高等学校】(高1)
鈴木 怜和【宮城県多賀城高等学校】 大沼 美里【宮城県仙台第三高等学校】(高2)

1.！はじめに

私たちは、2013年12月、東北大学大学院理学研究科天文学教室と仙台市天文台が主催した、「もしも君が、杜の都で天文学者になったら…」に参加し、「銀河のカタチはどうやってできた？」というテーマで研究を行った。

2.！動機

私たちの住んでいる天の川銀河は渦巻銀河であるが、銀河の形には、ほかにも様々なものがあることに興味を持った。また、銀河はどのようにして形を進化させているのか調べてみようと思った。

3.！仮説

銀河は渦巻銀河から楕円銀河に進化した。

4.！仮説の検証方法

銀河の進化において、次の2つが成り立つことを仮定する。観測した結果がこれに従えば、この仮説が成り立つとってよい。

①! 銀河の形は、銀河の中心のブラックホールが大きくなるにつれ、渦巻銀河から楕円銀河へと変わる。

②! 渦巻銀河は青い星を多くもち、楕円銀河は赤い星を多く持つ。

<観測>望遠鏡：口径 1.3m 反射望遠鏡（ひとみ望遠鏡/仙台市天文台）

観測天体：NGC1550 2013/12/23 23:00~00:00

NGC1227 2013/12/24 23:00~23:35

NGC2273 2013/12/24 23:00~23:35

フィルタ：Vバンド Bバンド Rバンド（各露出 60 秒）

<引用>SDSS の銀河カタログ

フィルタ：uバンド gバンド rバンド

天体数：36 天体

5.！結果

ひとみ望遠鏡で撮像観測したものを、マカリを用いて測光を行った。各バンドの等級を求め（表1）、さらにそこから色指数を求めた（表2）。

表 1 : 等級

	等級(Bバンド)	(Vバンド)	(Rバンド)
NGC1550	14.8	13.5	13.4
NGC2273	13.9	12.6	12.1
NGC1277	15.2	14.1	12.4

表 2 : 色指数

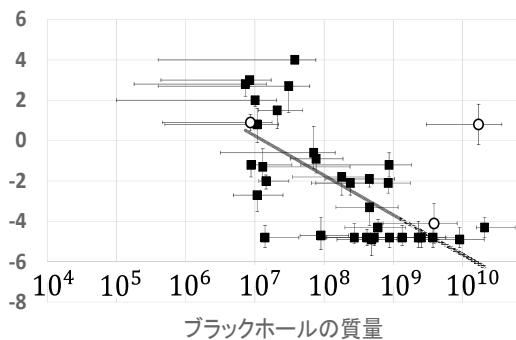
	色指数(B-V)	(V-R)	(B-R)
NGC1550	1.3	0.3	1.4
NGC2273	1.3	0.5	1.8
NGC1277	1.1	1.7	2.8

6. ! 考察

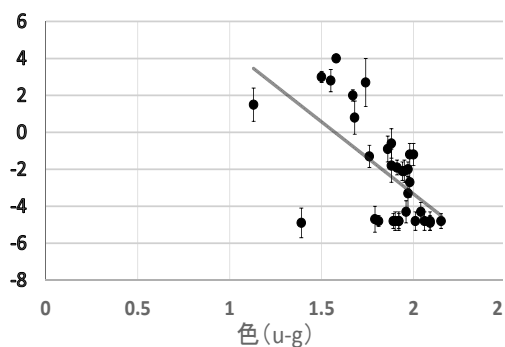
BH の質量 (横軸) と銀河の形 (縦軸) の関係をプロットしたものをから近似直線を引いた。縦軸の値が小さければ楕円になるから、ブラックホールの質量が大きくなると渦巻銀河から楕円銀河に進化しているのがわかる。

始め、(g-r) と銀河の形のグラフ (観測は B,V,R バンドで行ったが SDSS のデータに合わせるために $(g-r)=0.93(B-R)-0.06$ という式を使い色を (g-r) に変換した。) を作成したが関係が見えにくかった。よって関係の見えやすい色指数 (u-g) と銀河の形も同様にグラフをつくり近似直線を引いた。色指数が大きければ大きいほど、楕円銀河に近いことがわかる。

グラフ 1 : 銀河の形と BH の質量



グラフ 2 : 色指数(u-g)と銀河の形



7. ! 結論

銀河は渦巻銀河から楕円銀河へとブラックホールの質量を増加させながら成長し変形しているかもしれない。

8. ! 参考文献

Kormendy J., Ho L. C., 2013, ARA&A, 51, 511

Houjun Mo, Frank van den Bosh and Simon White (2010). Galaxy Formation and Evolution. Cambridge University Press.

池内了『小学館の図鑑 NEO 宇宙』小学館

HyperLeda database (<http://leda.univ-lyon1.fr>)

宇宙膨張と赤方偏移

チーム名：Redshift

石井 菜摘（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】、小倉 涼太郎（高2）【群馬県立高崎北高等学校】、佐藤 凜（高1）【宮城県宮城第一高等学校】、山川 碧【名古屋市長中央高等学校】

1. はじめに

私たちは宇宙膨張とは本当にしているのかどうか疑問を持った。そのため今回の研究の目標は宇宙膨張の証拠を得ることに決めた。それを知るためには遠い天体を観測する必要があると考えた。そこで私たちが目を付けたのはクェーサーだ。クェーサーは明るく、かつ遠くにある天体である。遠くにあるので大きく赤方偏移していると考えられる。このような予測から私たちはクェーサーを観測して赤方偏移を調べることにした。

2. 観測

- ・観測天体： APM 08279+5255
- ・使用機器： 仙台市天文台 ひとみ望遠鏡（1.3m 反射望遠鏡）
- ・使用フィルター： Red-Band、Visual-Band、Blue-Band
- ・観測日時・場所： 仙台市天文台にて観測
2013年12月24日 0:26～1:44
24日～25日 23:35～0:20
- ・積分時間： R;480s, V;240s, B;600s

3. 結果

- ・観測データの解析の仕方
 - (1) バイアス引き、ダーク引き、フラット割り、スカイ引き、天体の位置合わせを施した画像を画像解析ソフト「makali'i」で画像の加算処理をしたあと標準星の測光を行った。
 - (2) 測光の結果を式にあてはめてクェーサーの等級を調べる。

$$m = M + 2.5 \log(L_B/L_A)$$

m : クェーサーの実視等級、 M : 標準星の実視等級、
 L_A : クェーサーのカウント値、 L_B : 標準星のカウント値

- ・解析の結果

クェーサーの等級

バンド	等級（文献値）* 1
R	15.9, (15.2)
V	16.4
B	18.0

* 1 Michel et al.(1998)

4. 考察

4.1 測光赤方偏移の求め方

クェーサーを実際に観測して得られたフラックスの比R:V:Bと、一般的なクェーサーのスペクトルから赤方偏移を仮定して計算したフラックスの比r:v:bという2つのフラックスの比を比較して、それらが一致したときの仮定した赤方偏移の値が測光赤方偏移である。

(1)一般的なクェーサーのスペクトルを $F(\lambda)$ 、赤方偏移後のスペクトルを $F'(\lambda)$ 、仮定した赤方偏移を z とすると、その関係は(4.1)式で表せる。

(2)赤方偏移を仮定したスペクトルをフィルターに通したときの、それぞれのフラックスを計算する。例えば、Rバンドであるとき、計算で得られたRバンドのフラックスを F_R 、ある波長でのRバンドの透過率を示す関数を $T_R(\lambda)$ とすると、その関係は(4.2)式で表せる。

(3)ここで、観測から得られたフラックス比と計算から得られたフラックス比を比較する。比を取るのにはフラックスは、天体の距離に依存して変化してしまうためである。

(4)この2つの比が一致するまで、以上の作業を繰り返す。一致したときに仮定した赤方偏移値を測光赤方偏移だとみなす。

$$F'(\lambda) = F(\lambda_0) = F\left(\frac{\lambda}{1+z}\right) \quad \dots (4.1)$$

$$F_R = \int_0^{\infty} F'(\lambda) \times T_R(\lambda) d\lambda \quad \dots (4.2)$$

4.2 クェーサーの赤方偏移と宇宙膨張

クェーサーの赤方偏移は3.68となった。ここで、天体の後退速度について考えてみる。後退速度は赤方偏移と光速の積で表せる。しかし、今回の結果を当てはめて考えると、このクェーサーは光速の3倍以上の速度で後退していることになる。これは、光速度不変の原理と矛盾している。そこで考えられるのは、クェーサーのある宇宙空間が光速の3.68倍で後退している、つまり膨張しているということである。このことから、宇宙の今の大きさを1とすると、1/4.68の大きさだった時代があったということがいえる。すなわち、そのときの宇宙の大きさを1と考えると、今は4.68倍の大きさということである。以上から、大きな赤方偏移は宇宙膨張の証拠になるといえる。

5. まとめ

私たちは遠くて明るいという特徴を持つクェーサーを観測して、赤方偏移が3.68であることがわかった。このことはクェーサーが光よりも早く遠ざかっていることになり宇宙膨張の証拠になる。

宇宙のこれから

チーム：俺とお前の銀河団

高橋 直之(高2)【宮城県仙台第一高等学校】

富崎 帆乃花(高2)【熊本県立八代高等学校】

中島 可能(高2)【ノートルダム新潟清心学園 新潟清心女子高等学校】

横山 彩希(高2)【東京都立国際高等学校】

1. はじめに

私たちは宇宙が膨張していることを知り、宇宙はどのような様子で膨張していて、それによって今後宇宙がどうなっていくかが気になった。そこで地球と各銀河団の距離は宇宙膨張によって大きくなっているという事実から、銀河団までの距離と銀河団の後退速度を調べ、その関係が分かるグラフをつくれればこれまでの宇宙膨張の様子が分かり今後宇宙はどうなっていくか予想できると考えた。

2. 研究方法

まず、複数の銀河団を撮像観測し、各銀河団内の銀河の典型的な明るさを調べた。これを調べる方法は結果の欄に記す。次に、距離の二乗は明るさに反比例するという関係から赤方偏移が最も小さい Abell426(ペルセウス銀河団)を基準 1 とした相対距離を求めた。距離と明るさの関係式は次のようになる。

$$d_{***} = d_{426} \times (L_{426}/L_{***})^{1/2} \quad (***)\text{には銀河団の番号がはいる} \quad d:\text{距離} \quad L:\text{明るさ}$$

それから、後退速度 = 赤方偏移 × 光速 という関係から後退速度を求めた。赤方偏移は Abell カタログより引用した。最後に、距離を横軸、後退速度を縦軸にとり、グラフを作成。グラフの形からこれまでの宇宙膨張の様子を確認し、宇宙の今後を予測した。

3. 観測

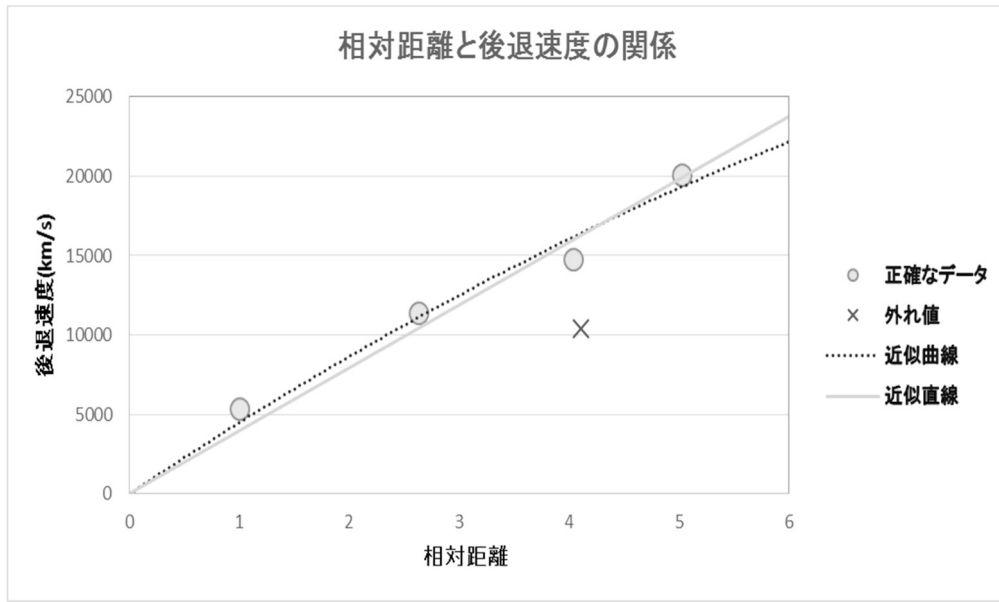
- ・日時：2013年12月24日 21:49-23:02
- ・場所：仙台市天文台・観測方法：撮像観測
- ・望遠鏡：ひとみ望遠鏡・使用バンド：ルミナンス
- ・観測天体：結果の表に記した

4. 結果

画像解析ソフト“Makali'i”で銀河団内の銀河を測光し、明るい順にならべ、最も明るかった2つの銀河を除く13個の銀河の平均を測光値とした。補正值は積分時間240sに合わせた。値である。下表は調べた値を各銀河団ごとにまとめたものである。Abell というのが銀河団の名称である。また仙台市天文台のひとみ望遠鏡は撮像した場合 chip1、chip2、2つに分かれて出力される。2つの chip は感度が違うので分けて平均をとる。

Abell	赤方 偏移	後退速度 (km/s)	測光値 chip1	測光値 chip2	積分時間 (s)	補正值 chip1	補正值 chip2	距離 chip1	距離 chip2	距離の 平均
426	0.0179	5370	122970.9	449373.3	10	2951301.6	10784959.2	1	1	1
260	0.0348	10400	278285.2	438375.6	240	278285.2	438375.6	3.26	4.96	4.11
576	0.0381	11400	388972.3	493488.2	120	777944.6	986976.4	1.95	3.31	2.63
671	0.0494	14800	201626.5	186708.6	120	403253.0	373417.2	2.71	5.37	4.04
553	0.0670	20100	116626.2	428469.2	240	116626.2	428469.2	5.03	5.02	5.02

後退速度と相対距離から描いたグラフは下図のようになった。



グラフから大きくはずれている点は Abell1260 だ。観測後この Abell1260 は観測した銀河団の中では比較的地球に近いがそれほど明るくない特殊な銀河団であるということが分かった。私たちはそのため結果にずれが生じたと考えこれを外れ値とした。近似直線は等速膨張を、近似曲線は加速膨張を表している。よってこのグラフから宇宙は加速、あるいは等速膨張をしていると予想した。

5. 考察

今回作成したグラフからは、宇宙が加速、または等速膨張をしていると予想できる。このことから宇宙はこれからもどんどん膨張を続け、地球から遠く離れた銀河団の後退速度は光速を超え、銀河団の光は地球に届かなくなると予想した。

しかし今回の観測では観測できる天体数が限られていたためグラフは正確とは言えない。グラフの先はどのようなになっているかも分からない。観測対象を増やしてより正確なグラフを描き宇宙のこれからのことを知りたい。

銀河系はどちら回りか ～中性水素 21cm 線の観測～

埼玉県立川越高等学校 地学部 2年 早川 和志 阿部 雄一 西田 良輔 金網 宏樹

菊池 駿太 加山 新

指導教諭 吉田 晃 渡辺 憲二

研究概要

我々は、電波望遠鏡を製作し、銀河面に分布する水素原子が放射する波長 21 cm の輝線を観測し、そのスペクトルを得ることに成功した。21cm 線のドップラーシフトを計測し、天の川銀河の回転方向を調べた結果、地球の北極側から見て時計回りであることがわかった。また、天の川の各銀経ごとにスペクトルを観察し、銀河中心からの距離と回転速度との関係、すなわち回転曲線を得ることを試みた。

- 1 目的 ①天の川銀河の回転方向を決定する。
②銀河中心からの距離と回転速度との関係を求める。

2 研究方法

電波望遠鏡の制作

口径 1.4m のパラボラを自作した。フィードは約 10cm のダイポールである。ローノイズアンプで信号を増幅し、スペクトラムアナライザで受信、分析するシステムとした。

(図 1)

電波望遠鏡を使った観測

観測は銀河面に沿って銀経 10° ごとに行い、銀経 0° から 90° のドップラーシフトの最大値から銀河系の回転曲線を求める。

3 結果と考察

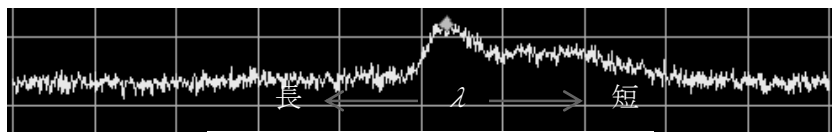


図 2 銀経 90° 方向のスペクトル

結果① 銀経 90° 方向ではそのスペクトルのピークが中心周波数 1.420406GHz より短波長側にあり、分散したスペクトルのほぼ全域が短波長側にある。(図 2)

考察 天の川銀河の回転方向は、北極側から見て時計回りであることがわかった。銀経 90° 方向にははくちょう座があり、太陽系は大局的にはこの方向に向かっていると考えられる。

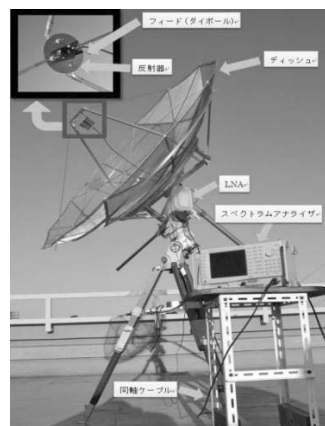


図 1 製作した電波望遠鏡

結果② 各銀系のスペクトル(図 3)より回転曲線を得た。(図 4) 太陽円の内側では中心部を除き、回転速度があまり変化しない。中心に近いところでは遅くなる傾向がみられる。(図 4)

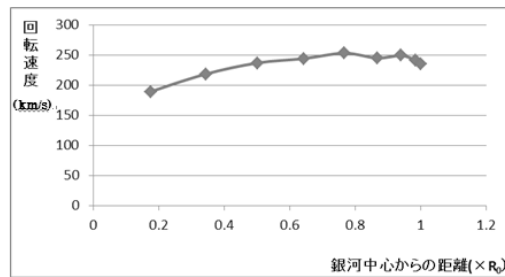


図 4 銀河中心からの距離と回転速度の関係。

考察 回転曲線より銀河系中心部以外の領域にも大質量が存在していると思われる。また、 180° 付近で視線速度がゼロとなり、ピーク同士は近づき重なり合う。

4 今後の課題

- ・ ファインダーなどを取り付け、明るい星を基準にして正確に観測対象に向ける。
- ・ より大径のパラボラかアレイアンテナで分解能を高め、精度よく回転曲線を求める。
- ・ 180° ではピークが中心周波数にあると考えたが、結果は異なった。この原因については今後検討したい。

5 参考文献

- 中井直正他.「宇宙の観測Ⅱ－電波天文学.第2版」日本評論社,2012
 前田耕一郎.「電波の宇宙.初版」コロナ社,2002
 高橋朋仁.「スペクトラムアナライザ入門」CQ出版社,2006

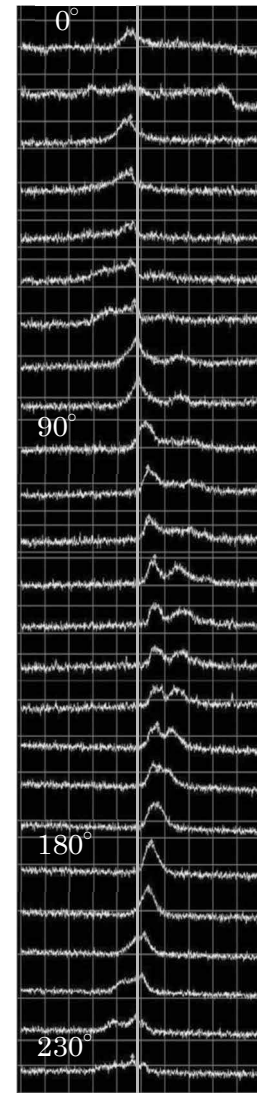


図 3 各銀経のスペクトル

宇宙の膨張速度の測定

岡本 愛加、竹田 知香（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

宇宙の膨張速度を決めるハッブル定数の値を、岡山県美星天文台で低分散分光観測を行って得たデータとSMOKAのデータから、66.4km/s/Mpc (20.4km/s/100万光年)と算出した。おとめ座にある初めて確認されたクエーサーである3C273についても、低分散分光観測を行った。その結果と、自分たちで決めたハッブル定数から、このクエーサーまでの距離を計算すると、704Mpc (23.0億光年)と求められた。

1. はじめに

我々は、高校1年生の時、地学の天文分野を学習した。その中で、現在宇宙は膨張しており、その膨張速度はハッブル定数で表せることを知り、大変興味をもった。そこで、我々は、自分たちの手で銀河の分光観測を行って得たデータを基にして、ハッブル定数を求めることを試みた。

そこで、6月～12月に4回ほど、岡山県美星天文台や兵庫県立大学西はりま天文台での観測を計画したが、天候不良等のため、あまり多くのデータを取れなかった。そのデータ数の不足を解消するため、「SMOKA」の岡山天体物理観測所の新カセグレン分光器(SNG)で取得されたデータで補った。

2. 目的

我々の研究の目的は、主として以下の2点である。

- (1)! 多くの銀河について分光観測を行い、それらの赤方偏移から求めた銀河の後退速度と銀河までの距離の関係より、ハッブル定数を決定する。
- (2)! (1)で決めたハッブル定数を用いて、クエーサー3C273までの距離を求める。

3. 方法

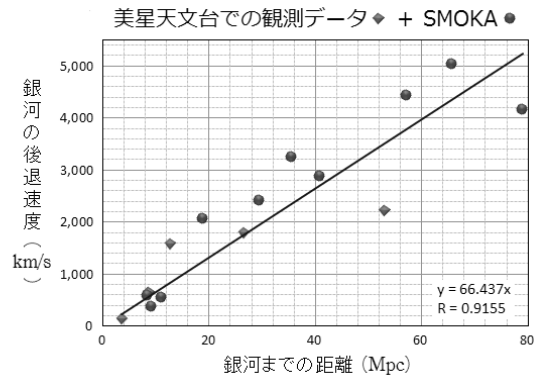
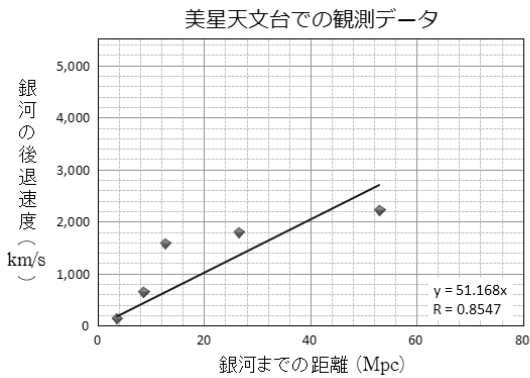
我々は、主として岡山県美星天文台の口径101cmの望遠鏡を用いて、銀河の分光観測を行った。その観測及びデータ解析の手順は、以下の通りである。

- (1)! 望遠鏡に低分散分光器と冷却CCDカメラを取り付け、様々な銀河のスペクトルを取得した。なお、観測する銀河は、H α 線の現れやすい渦巻き銀河を主に選んだ。
- (2)! 「マカリ」(国立天文台・(株)アストロアーツ)により、一次処理を行った。
- (3)! 「Be Spec」(川端哲也氏 作)を用いて、それぞれの銀河について、スペクトル画像から波長と見かけの明るさの関係のグラフを作成した。
- (4)! 作成したグラフから、H α 線の波長のずれ $\Delta\lambda$ を求めた。
- (5)! ドップラー効果の式($v=c\cdot\Delta\lambda/\lambda$)により、銀河の後退速度 v を求めた。(cは真空中の光速、 λ はH α 線のもとの波長6562.8Åである。)
- (6)! NED (NASA/IPAC EXTRAGALACTIC DATABASE) のWebサイトより、それぞれの銀河までの距離を調べた。
- (7)! 銀河までの距離を横軸に、後退速度を縦軸にとり、関係をグラフにした。
- (8)! グラフの傾きから、ハッブル定数を計算によって求めた。

(9)! (8)で求めたハッブル定数を用いて、クエーサー3C273のH α 線のずれから、このクエーサーまで距離を求めた。

4. 結果

銀河名	観測場所	観測日	距離r (Mpc)	H α のずれ $\Delta\lambda$ (Å)	後退速度v (km/s)
NGC925	美星天文台 101cm望遠鏡	2013.12. 6	8.508	14.3	653.2
NGC1068		2013.12. 6	12.650	34.7	1585.1
NGC2403		2013.12. 6	3.569	3.4	155.3
NGC2608		2013.12. 6	26.512	39.4	1799.8
NGC2713		2013.12. 6	52.933	48.8	2229.2
NGC628	岡山天体物理 観測所 (SMOKA)	1992.11.23	9.078	8	365
NGC673		1995.11.28	65.624	110	5025
NGC1003		1995.11.29	11.002	12	548
NGC1169		1993. 1.30	35.433	71	3243
NGC2512		1995.11.28	57.120	97	4431
NGC2701		1999. 2.12	40.831	63	2878
NGC4501		1996. 4.16	18.783	45	2056
NGC5055		1994. 3. 5	8.294	13	594
NGC5371		1994. 2.18	29.483	53	2421
NGC7782		1995.10.20	78.950	91	4157



5. 考察

- !ハッブル定数は、美星天文台での観測データのみを使うと51.2km/s/Mpc (15.7km/s/100万光年)、SMOKAのデータも含めると66.4km/s/Mpc (20.4km/s/100万光年)となった。美星天文台での観測データは、5つの銀河のみであるため、相関係数Rも0.8547と、SMOKAのデータを含めた場合よりも精度が悪くなった。
- !3C273のH α 線のずれ $\Delta\lambda$ は1023.4Åと測定されるから、その後退速度は46,750km/sとなる。ハッブル定数を66.4km/s/Mpcとすると、3C273までの距離は704Mpc (23.0億光年)となり、NEDの値などとほぼ合致している。

6. まとめ

やはり、自分たちのデータだけでは、精度が良くなかった。今後は、更に観測データを増やし、自分たちのデータのみを用いて精度の高いハッブル定数を求めたい。

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

ハッブル定数の決定と宇宙年齢

石井 菜摘 (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(Abstract)

国立天文台が一般に公開するデータアーカイブ SMOKA から、研究された距離が既知の銀河のスペクトルデータを取得し、それを天体画像解析ソフト makali で解析した。赤方偏移をドップラー効果によるものだと仮定し、ハッブル定数を決定した。また、それを用いて宇宙が等速度で均一に膨張したと仮定した時の宇宙年齢を推定した。

2. 方法(Method)

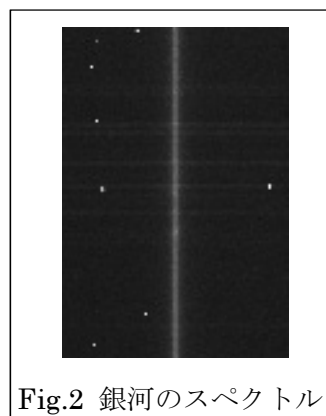
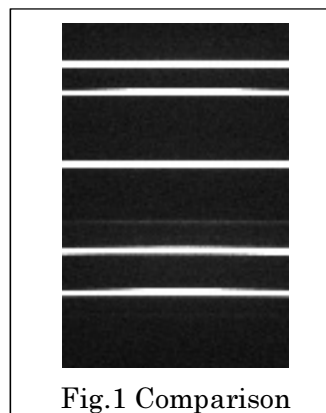
2-1 使用データ

国立天文台 公開データアーカイブ SMOKA より

岡山天体物理観測所 カセグレン分光器(SNG) による銀河のスペクトルデータ 47 個

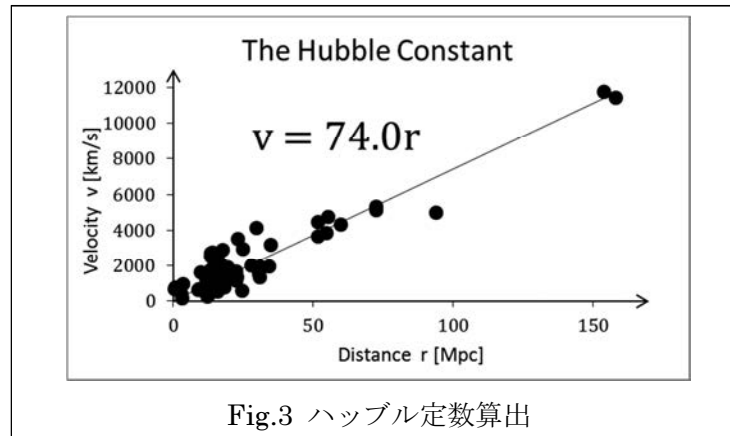
2-2 観測データの取得と解析

- ① 銀河の距離を算出している論文を読み、その論文の距離の文献値を信用した上で、その銀河のデータを SMOKA から取得した。同時に銀河が観測された同日同時刻に観測された波長比較用の Comparison データも取得した。(Fig.1)
- ② 波長較正処理をしたデータから H_{α} 輝線の波長を測定し、静止波長とともに、ドップラー方程式に代入して、銀河の後退速度を求めた。
Fig.2 にスペクトルデータを示す。
- ③ 銀河までの距離を横軸に、後退速度を縦軸にとったグラフを描き、切片を 0 で 1 次近似させ、ハッブル定数を決定した。また、そのハッブル定数から宇宙年齢を推定した。



3. 結果(Result)

ハッブル定数 H_0 を算出したところ、 $H_0 = 74$ となった。グラフを Fig.3 に示す。



また、宇宙年齢はハッブル定数の逆数という捉え方ができる。これをハッブル時間という。今回の結果を当てはめると、ハッブル時間 H_t は、以下の式で求められる。

$$H_t[\text{year}] = \frac{1}{H_0[\text{Mpc}]} = \frac{3.98 \times 10^{19}[\text{km}]}{7.4 \times 10^1[\text{Mpc}]} \times \frac{1}{3.17 \times 10^7[\text{s}]} = 1.32 \times 10^{10}[\text{year}] \quad \dots (3.1)$$

(3.1)式より、宇宙年齢は132億年となった。

4. 考察(Discussion)

ハッブル定数は「Hubble Space Telescope Key Project」¹⁾で $H_0 = 72 \pm 8[\text{km/s/Mpc}]$ と定められている。本研究で決定したハッブル定数は $H_0 = 74$ であるので、文献値を $H_0 = 72$ とした時の相対誤差は3[%]程度である。アーカイブデータを利用したこともあり、良い精度でハッブル定数が決定できたのではないかと考えられる。

5. 結論(Conclusion)

本研究では、国立天文台の公開データを用いて銀河の後退速度を算出し、文献値の距離との関係からハッブル定数を決定した。ハッブル定数は $74[\text{km/s/Mpc}]$ となり、その値から求めた宇宙年齢は132億年となった。今後は、決定したハッブル定数から臨界密度を求めることや、今回前提とした宇宙膨張から示すことを考えていきたい。

6. 参考(Reference)

- 1) Wendy L. Freedman et al.” Final Results from the Hubble Space Telescope Key Project to Measure The Hubble Constant”, *Apj*, 553:47-72, 2001 May 20

Based on data collected at Okayama Astrophysical Observatory and obtained from the SMOKA, which is operated by the Astronomy Data Center, National Astronomical Observatory of Japan.

超新星探索プロジェクト KISS に参加して

松井 梨乃(高2) 齋藤 優奈 野中 大輔(高1) 【愛知県立一宮高等学校地学部】

1. はじめに

2012年からKISS (KISO Supernova Survey)プロジェクトが開始された。このプロジェクトは、空の広い領域を一晩に複数回、頻りに監視するという、他の超新星探査とは違う手法で、極めて稀な現象である超新星爆発の瞬間をとらえることを目的にしている。超新星爆発とは星が一生を終えるときに起こす巨大な爆発のことで、爆発の瞬間をとらえることは超新星爆発のメカニズムを知るカギになると言われている。参加者は全国のアマチュア天文家たちでFacebookを用い連携して情報交換を行っている。私たち一宮高校地学部は2012年の夏からこのプロジェクトに参加し、超新星爆発の瞬間を捉えることと新たな超新星を発見することに挑戦している。

2. 方法

サーベイ期間中は長野県の東京大学木曾観測所で105cmシュミット望遠鏡を用い撮影した画像に映る天体の一つ一つをコンピューター解析。超新星の可能性があるものはインターネットにアップロードされる。

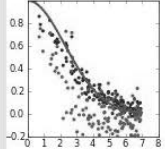
No	Request	FitsID	Reference	New	Subtracted	Previous	Profile
			(2' x 2')	(2' x 2')	(2' x 2')	(2' x 2')	7pix
1	source ID 1027443 submit	RXJ0142.0+2131 0061560_0	①	②	③		④ new sub 
	bookmark	score 0 1 2					

図1 作業画面

①は充分前に撮られた参照画像、②はKISSプロジェクトで新たに撮影された画像である。③は②の輝度から①の輝度を引いた画像である。

①より②が明るい場合、①が撮影されてから②が撮影される間に超新星爆発が起こり、明るさが増している可能性があるということになる。

④は半径方向の輝度分布を表しており、曲線が通常の星の輝度分布、点で示されているのは②、③の輝度変化である。

この点が曲線に沿うように分布していれば星であり、沿っていない場合は、宇宙線や引き残しである。

超新星は銀河の上に現れることが多いが、活動銀河核の可能性も高く判断が難しい。

プロジェクトの参加者たちは、これらの画像から超新星かあるかどうかを判断する。超新星の可能性が極めて高いと思うものはスコアを2、超新星の可能性のあるものは1を付ける。スコアが高く付けられた星は木曾観測所で追観測を行う。

アップロードされている画像の中には活動銀河核、変光星、小惑星、宇宙線イベントなどもあり、これらは超新星と紛らわしく、コンピューターでは判断できないため人間がチェックする必要がある。

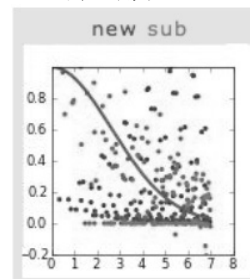


図2 輝度分布

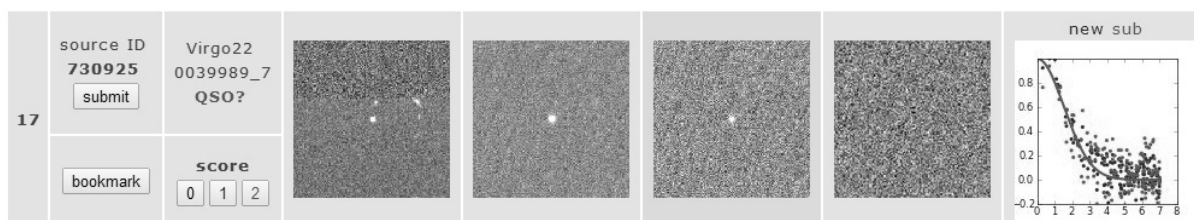


図3 紛らわしい星

また、Facebookを利用することで他のプロジェクト参加者と意見や情報を交換し、超新星と思われる画像についての議論を行うことで、より超新星発見の精度を高めることができる。



図4 一宮高校で点数をつけた画像!



図5 Facebook 画面

3. これまでの成果

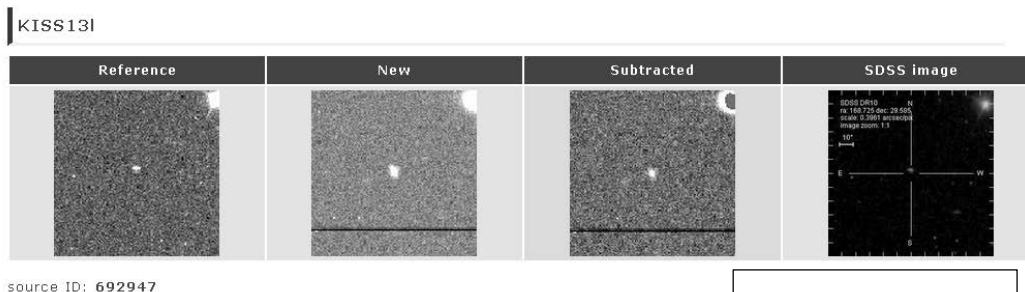


図6 発見された超新星

これは福田学さん、豆田 勝彦さんが高いスコアを付けたことで発見されたIa型超新星である。この超新星は国際天文連合から正式に認められSN2013alという名前が付けられた。この他にも超新星の可能性のある星がいくつも見つかっており、現在KISSプロジェクトで発見され、国際天文連合から認められた超新星は8個である。しかし、超新星爆発を捉えることに挑戦しているグループは世界中にあり、発見された超新星の中には他のグループに先に発見されていたものもあった。

このプロジェクトの目的である超新星爆発の瞬間を捉えることができれば、世界初となる。今後もこの活動を継続し、超新星爆発の瞬間を捉えることができるよう努力していきたい。

4. 謝辞・参考HP

東京大学木曾観測所
 諸隈 智貴 先生(東京大学)
 田中 雅臣 先生(国立天文台)
 酒向 重行 先生(東京大学)
 KISSプロジェクトHP(URL非公開)

Distance Measurement of Globular Clusters, Using Cepheid Variable Star.

Bootsarakam Namyuda

Hoksibpansawittayakom Ubonratchathani School,

148 Mu 8, Tambol Nong-Bok, Amphoe Laosuakok, Ubonratchathani 34000, Thailand

E-mail: bootsarakam@gmail.com

Abstract

The main focus of the study is to measure the distance of the earth to globular clusters using Cepheid variable stars. The globular clusters in Southern Hemisphere named NGC7089 and NGC5139 were selected.

The distance calculation was done by using the apparent magnitude and absolute magnitude data from the light curve analysis. The result of the study showed that the distance of Cepheid variable star in NGC7089 and NGC5139 were approximately 36,000 light-years and 20,000 light-years respectively.

Introduction

Globular clusters are spherical cluster of stars held together by gravity. Cepheid Variable Star is a star which the brightness vary regularly, where the relationship between period and luminosity is known. It has a clear illumination, therefore, astronomers determined that Cepheid Variable Stars are standard candles which can be used to measure the distance of the Earth from other objects in space, for instance, galaxies and cluster stars etc.

The objective of this project is to measure the distance to globular clusters using Cepheid Variable.

The Cepheid variable stars called V1 and V29 were selected as standard candles in order to measure the distance from the globular clusters NGC7089 and NGC5139. PROMPT5 telescope in CTIO, Chile were used to obtain images in filter V.

Method

1. Selected the Cepheid variable star in globular cluster from Vizier database and selected reference star type star from SIMBAD database.
2. Took globular cluster photos in filter V by PROMPT5 telescope and the exposure time were set at 40 seconds for NGC7089 V1 and 45 seconds for NGC5139 V29 respectively.
3. Perform photometric analysis and create a light curve using the equation:

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log (f_1 / f_2).$$

4. Determine the period (P) of the variability by JD last of period – JD start of period.
5. Determine the average apparent magnitude (m), by taking an everyday magnitude from the light curve to find out an average.
6. Determine the absolute magnitude (M) from the period using the equation:

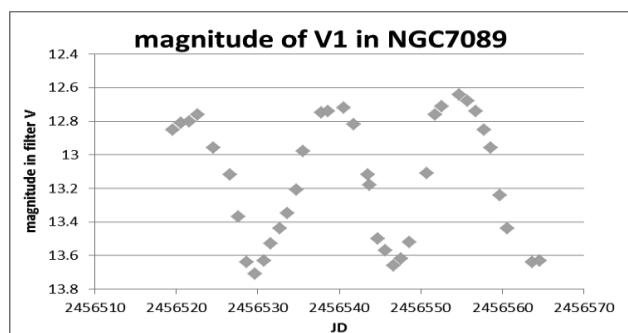
$$M_V = -1.64 \log P + 0.05. \quad [1]$$

7. Measure the distance between the earth and the two globular clusters by the equation:

$$m - M = 5 \log (d) - 5.$$

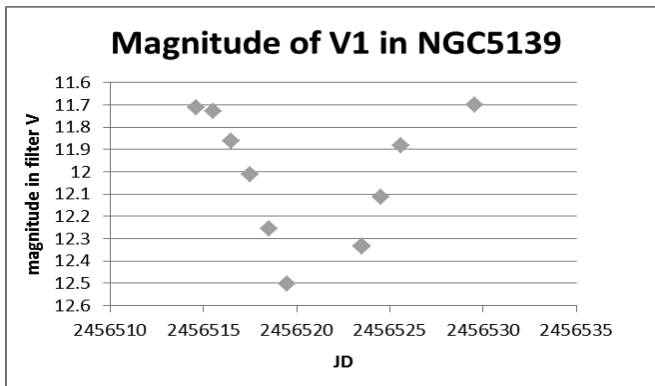
Results and Discussion

From the figure we see that the X-axis is the date using the Julian Day (JD), whereas Y-axis is the magnitude of Cepheid variable star.



The NGC7089 V1 figure shows that during the study the luminosity of star increased and then it decreased. The variability period of V1 is 16.85 days and the average apparent magnitude is 13.24.

This figure showed the apparent magnitude of V1 compared with 3 referent stars.



The NGC5139 V29 figure shows that, during the study the luminosity of star reduced and then it increased, the period variability of V29 is 14.97 days, and the average apparent magnitude is 12.04.

This figure showed the apparent magnitude of V29 compared with 3 referent stars.

The absolute magnitude of V1 and V29 could be calculated from the period of the stars by using the equation: $M_V = -1.64 \log P + 0.05$. When M_V is an absolute magnitude in filter V, while P is a period variability of stars, the absolute magnitude of V1 is -1.96 and V29 is -1.88. Then the measurement of the distance was done by using modulus of distance in the equation: $m - M = 5 \log (d) - 5$. When m is an apparent magnitude, M is absolute magnitude and d is distance of the earth to the globular cluster which has a parsec unit.

So, the distance between the earth and V1 star in NGC7089 is 11,000 parsec or 36,000 light-years and the distance between the earth and V29 star in NGC5139 is 6,100 parsec or 20,000 light-years.

Conclusion

Based on the observation of Cepheid variable and using the Period-Luminosity relation, we have found that:

The distance between the earth and Cepheid variable star in the NGC7089 globular cluster is 11,000 parsec or 36,000 light-years.

The distance between the earth and Cepheid variable star in the NGC5139 globular cluster is 6,100 parsec or 20,000 light-years.

Acknowledgement

I would like to express my gratitude to a number of people for their assistance and support for the completion of this study.

First and foremost, I wish to express my extreme gratefulness to teacher, my advisor, for her generous assistance and suggestions. My tremendous gratitude also goes to National Astronomical Research Institute of Thailand for their advice and useful suggestions.

Last but not least, I thank my parents for always being my inspiration and support.

References

- [1] <http://arxiv.org/pdf/0803.0466v1.pdf>.
- [2] Prof. Boonruksa Soonthornthun. (2550). *Astros Physic*. National Astronomical Research Institute of Thailand. Chiangmai. Page 1- 349.

Orbital Period of the Eclipsing Binary Star V396 Peg Moukthida Khammee

Hoksibpansawittayakom Ubonratchathani School

128 Mu 1, Tambol Laosuakok, Amphoe Laosuakok, Ubonratchathani 34000, Thailand

E-mail: moukthida05@gmail.com

Abstract

This looks at the orbital period of the eclipsing binary star V396 Peg taken in filter V by PROMPT 8 telescope at the Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO). We then use photometric calculations to get the apparent magnitude of the eclipsing binary star by comparing with the magnitude of the reference star. The apparent magnitudes is then used to plot a light curve and from this analysis we found that V396 Peg eclipsing binary star has the orbital period of about 0.33 days or 8.02 hours.

Introduction

A Binary star system is a star system in which two stars orbit around a common center of gravity. There are generally 3 types of eclipsing binary systems: 1) Detached binary system, 2) Semi-detached Binary System and 3) Contact Binary System.

V396 Peg is a W Ursae Majoris type variable star (W UMa) which at coordinate RA 23h 32m 32.5s and Dec +10° 33' 19.5" is a Contact Binary System. This is another famous eclipsing binary which is the prototype of its class of eclipsing binaries where two stars are actually in contact and share a common envelope. Such system may have its physical characteristics, orbital period that changes over time along with the system evolution. By studying orbital period, it can lead to calculating the system's mass, orbital velocity, and separation.

Method

1. Take images by PROMPT 8 telescope at the Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO) in filter V. Exposure length 60 seconds every 30 minutes.
2. Perform analysis of V396 Peg with two reference stars, and get the magnitude of the reference star from the GSC 2.3 catalog .
3. Use photometric calculations in order to ascertain the apparent magnitude of V396 Peg in order to compare with the magnitude of the reference star from the equation:

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log (f_1 / f_2)$$

When m_1 Is the apparent magnitude of V396 Peg.

m_2 Is the apparent magnitude of the reference star.

f_1 Is the intensity of V396 Peg.

f_2 Is the intensity of the reference star.

4. Create a light curve by plotting magnitude vs. JD observed. Here we have multiple data sets which are not connected. We can connect the light curve by off-setting the JD with JD object - JD of closest primary eclipse (From the ephemerid equation: 2452500.1643+Ex0.3422861 [1]).

5. Analysis of the light curve shows the orbital period of V396 Peg eclipsing binary star by measuring the time between two primary eclipses.

Results

In order to discover the orbital period of eclipsing binary star V396 Peg, our data is taken through photometric calculations. This process elucidates the apparent magnitude of V396 Peg in order that we may compare with the magnitude of the reference star and create a light curve. We then determined the x-axis is the time in a day and the y-axis is the magnitude of eclipsing binary star.

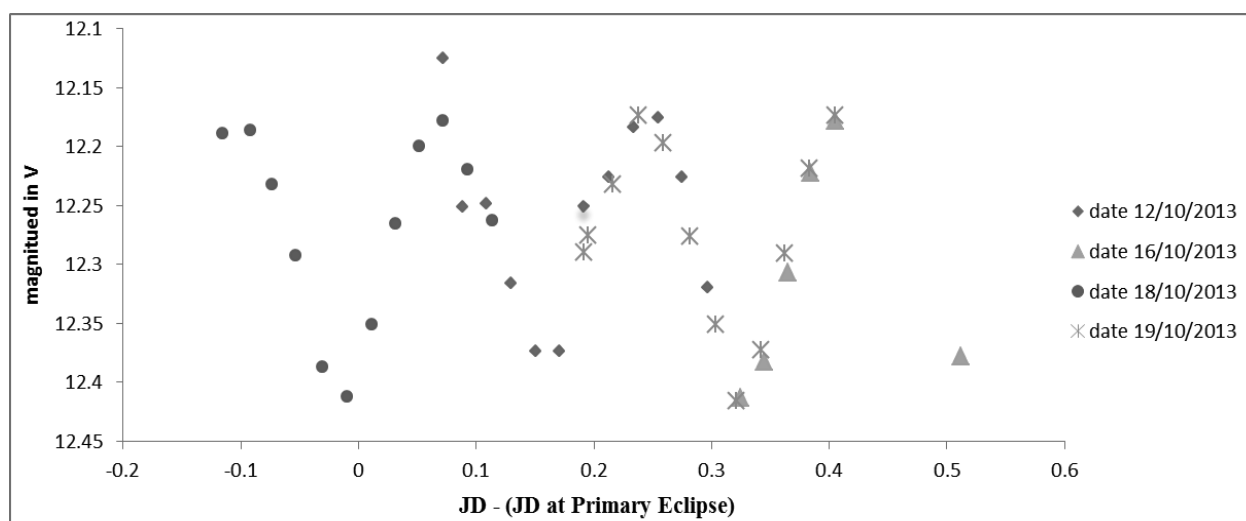


Figure 1: light curve of V396 Peg in filter V

Discussion

From the light curve we found that V396 Peg has the orbital period of about 0.33 days or 8.02 hours. We have also found that the light curve has primary and secondary eclipse. The apparent magnitude during primary eclipse is about 12.45 and the apparent magnitude during secondary eclipse is about 12.39.

Conclusion

This is a study of the orbital period of the eclipsing binary star V396 Peg. We found that the eclipsing star V396 Peg has the orbital period of about 0.33 days or 8.02 hours.

Acknowledgments

I would like to express my gratitude to a number of people for their assistance and support for the completion of this study. First and foremost, I wish to express my extreme gratefulness to Miss Yupapan Wannasai, my advisor, for her generous assistance and suggestions. I also would like to thank National Astronomical Research Institute of Thailand, The institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. Furthermore, I thank my parents for always being my inspiration and support.

References

1. Krakow website, <http://www.as.up.krakow.pl/minicalc/PEGV396.HTM>
2. Boonruksar Soonthornthum. (2550).Astrophysics. National Astronomical Research Institute of Thailand. Chiangmai. Page 328-349

The rotational period of asteroid 8077 Hoyle

TEEMAPORN BUTSABONG

E – Mail: title_67@htomail.com

Benchamaratcharangsarit Chachoengsao School

222 Choompol road Tambol Namaung Ampure Maung Chachoengsao 24000 Thailand

Phone: 038-511249

Adviser Mr.Choochart Paenoi

Abstract

This project studies the rotational period of asteroid 8077 Hoyle. A series of images of the asteroid were taken. The asteroid 8077 Hoyle and reference stars were located and magnitude of the asteroid were measured and constructed into light curve. The light curve shows a relationship between apparent magnitude of asteroid 8077 Hoyle and Julian Date.

The analysis from light curve shows that the rotational period of asteroid 8077 Hoyle is about 2.5 – 3.33 hour and magnitude during 17.1 to 18.4.

Introduction

Asteroids are astronomical object that non-circular shape, differently size, There are smaller than planets and mass isn't enough to unite as the planet.

Asteroid from telescope can see spot as star but asteroid moves when that compared with all reference stars in photo. In this project use asteroid 8077 Hoyle for study Objective to study rotational period of asteroid 8077 Hoyle that can be observed from changing magnitude and use to be database of asteroid 8077 Hoyle

The research on rotational period of asteroid 8077 Hoyle from light curve .Axis of light curve is Julian Date minus reference Julian Date and magnitude of asteroid 8077 Hoyle

Materials and Methods

1. Studies and choose asteroids, Take photo of asteroid 8077 Hoyle by PROMPT telescope (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) at Cerro Tololo Inter American Observatory (CTIO) Chile. The photo take time for duration 300 second in 1 photo every 10 minute for 3-7 hour in 1 day between June to October 2013

2. The photo was analyzed for the position of asteroid 8077 Hoyle and reference stars

3. Find the flux of asteroid 8077 Hoyle and reference stars using aperture photometry.

4. Calculate magnitude from Equation

$$m_1 - m_2 = -2.5(\log(F_1/F_2))$$

Where

m1 is magnitude of asteroid 8077 Hoyle

m2 is magnitude of reference star

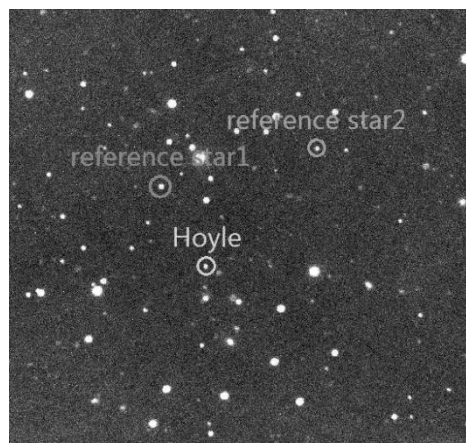
F1 is flux of asteroid 8077 Hoyle

F2 is flux of reference star

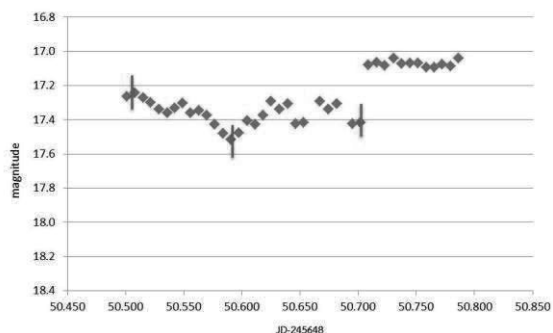
5. Graphing light curve from data. It show relationship between Julian Date minus reference Julian Date and magnitude of asteroid 8077 Hoyle where reference Julian Date in this research is 2456480 by Program Microsoft Office Excel

6. The rotational of asteroid 8077 Hoyle can analyze form

Light curve.

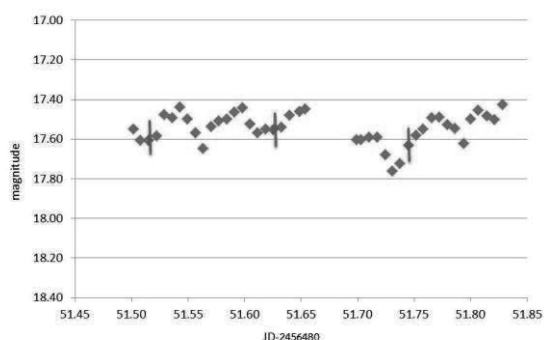


Results and Discussion



Graph 1 light curve from data. Axis of light curve is Julian Date minus reference Julian Date and magnitude of asteroid 8077 Hoyle reference Julian Date in this research is 2456480

Rotational period of asteroid 8077 Hoyle is 2.5



Graph 2 light curve from data. Axis of light curve is Julian Date minus reference Julian Date and magnitude of asteroid 8077 Hoyle reference Julian Date in this research is 2456480

Rotational period of asteroid 8077 Hoyle is 2.75

From graph number 2 of the series number 7. That is analyzing of asteroid 8077 Hoyle. By the complete period the point of graph is 16-17 point as 160-170 minute; 2.67-2.83 hour. Change it to days and result is 0.111-0.118 days.

Conclusions

From the graph analysis light show the relationship Between Julian Date and magnitude of asteroid 8077 Hoyle. It can be concluded that the asteroids 8077 Hoyle. Rotational period of asteroid 8077 Hoyle about 2.5-3.33 hours and have a range of magnitude from 17.1 to 18.4

Acknowledgements

This project could not be done without assistance and support from the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology and (IPST) Ministry of Science and Technology, Thailand. This project used PROMPT telescope (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) at Cerro Tololo Inter American Observatory (CTIO) Chile. The accessibility of PROMPT for Thai students was provided by the collaboration between the University of North Carolina at Chapel Hill. The National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT) and Bencharatransarit School for providing support.

References

- Matipon Tangmatitham. Guide the study of astronomy workshop. 1st. Office of Academic Services Information and astronomy, 2013.
- Xianming L. Han, Orry R. Heffner, Adam W. Kidd, Bradley J. Magretta, Frederick W. Rastede. THE MINOR PLANET BULLETIN. Department of Physics and Astronomy : Butler University Indianapolis, IN USA, 2012.
- Wiphu Rujopakarn. Universe: to understand the nature and the universe. Edition 9. Company Nanmeebooks Republican Press, 2553.

The evaluation Interstellar Extinction in the Milky Way Galaxy

SUPICHAYA PADJAROEN

Email Veenus33@gmail.com

Benchamaratcharangsarit Chachoengsao School

222 Choopol road Tambol Namaung Ampure Maung Chachoengsao 24000 Thailand

Phone: 038-511249

Adviser Mr.Choochart Paenoi

Abstract

This project studies the Interstellar Extinction in the Milky Way Galaxy along the galactic longitude 60, 50, 40, 30, 20, 10, 0, 350, 340, 330, 320, 310, 300, 290 and latitude -30, -20, -10, 0, +10, +20, +30. Images of stars in optical were taken along the galactic coordinate and compare with the infrared images from database. Star density in optical and infrared above a cutoff magnitude of 15.0 were counted and compared. The amount of interstellar extinction is defined to be the relative number of stellar density in optical compared to infrared. The value of interstellar extinction is then normalized by comparing to the galactic center.

The amount of interstellar extinction is defined to be the relative number of stellar density in optical compared to infrared. The value of interstellar extinction is then normalized by comparing to the galactic center. The amount of interstellar extinction compared to the center of galaxy ranges from 0.1 to 1 around the galaxy. Interstellar extinction is found to be greatest near the galactic plane and decrease as we move away from the galactic latitude 0.

Introduction

Galaxy include many stars, gas, dust, and dark areas. Sometimes light from distant stars is blocked by interstellar dust, known as the interstellar extinction. So we want to study interstellar dust or the Interstellar Extinction. The evaluation Interstellar Extinction is to determine the dust in the Milky Way Galaxy. We begin by studying stars along the galactic coordinate, where zero longitude points at the center of the galaxy along the Sagittarius constellation and positive galactic latitude pointing towards the north pole of the galaxy, pointing towards Coma Berenices constellation. Since infrared radiation can pass through dust in the galaxy, we can study the real number of stars by looking in infrared. By comparing the number of stars seen through the dust in visible with the actual number of stars in infrared, we can calculate the amount of light blocked by the dust or the interstellar extinction.

Here, we can define the amount of interstellar extinction as the ratio of star density observed in visible compared to infrared. Then, we can normalize the value by comparing it with the interstellar extinction found in the center of milky way galaxy. Each galactic coordinate is then plotted to make a contour map of interstellar extinction along the galaxy.

Materials and Methods

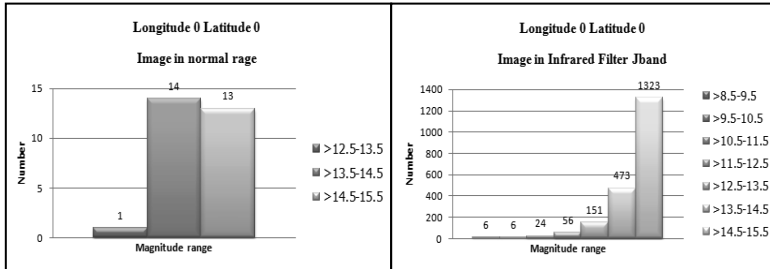
1. Photograph stars in the longitude of 60, 50, 40, 30, 20, 10, 0, 350, 340, 330, 320, 310, 300, 290, and latitude of -30, -20, -10, 0, +10, +20, +30 in an exposure time of 60 seconds and 120 seconds using filters open
2. Find the magnitude of the stars in each images for both the optical image taken, and from infrared database. The cutoff magnitude criteria is then set to the apparent magnitude of 15.00.
3. Find the value of the Interstellar Extinction by taking numbers of stars in the Infrared to minus numbers of stars in the visible in each location.
4. Bring the Interstellar Extinction in each location converts to a percentage compared with number of stars in the infrared and find this in each location compared with amount in the center of Milky Way galaxy.
5. Make contour plot graph for Interstellar Extinction in each location compared with Interstellar Extinction in center of Milky Way galaxy.

Results and Discussion

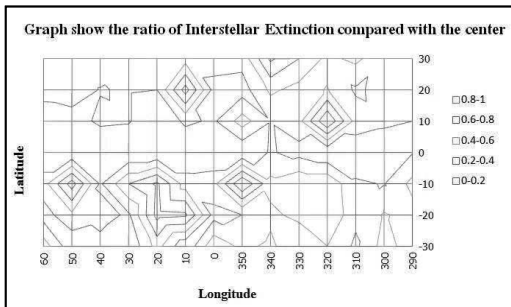
latitude	longitude													
	60	50	40	30	20	10	0	350	340	330	320	310	300	290
30	0.79	0.68	0.68	0.75	0.61	0.69	0.71	0.73	0.16	0.40	0.65	0.55	0.76	0.69
20	0.74	0.69	0.81	0.78	0.80	0.11	0.87	0.89	0.56	0.67	0.59	0.83	0.74	0.78
10	0.90	0.89	0.76	0.78	0.98	0.76	0.83	0.51	0.79	0.67	-	0.68	0.75	0.80
0	0.99	0.99	1	0.99	0.99	0.99	1	0.98	0.78	0.87	0.98	0.95	0.97	0.81

-10	0.69	0.10	0.83	0.40	0.16	0.70	0.66	-	0.54	0.43	0.43	0.77	0.81	0.54
-20	0.89	0.65	0.73	0.83	0.13	0.16	0.87	0.80	0.64	0.55	0.40	0.75	0.58	0.68
-30	0.49	0.95	0.86	0.98	0.52	0.97	0.45	0.65	0.56	0.76	0.60	0.84	0.52	0.70

Table 1.1 The value of relative interstellar extinction compared to the galactic center.



Graph 1.1 to see that magnitude of stars in the normal range increased from photographs taken by the Infrared. Which result of dust that obscured the stars.



Graph 1.2 Contour plot showing the relative amount of interstellar extinction compared to the galactic center.

The amount of interstellar extinction is defined to be the difference in number of stars density seen in infrared and stars seen in optical, divided by total number of stars density seen in infrared. Both the number of stars include only stars with brightness greater than cutoff apparent magnitude of 15.0.

Graph 1.1 shows how the interstellar extinction affect the stars observed in visible, compared to stars seen in infrared. Table 1.1 and Graph 1.2 shows that the interstellar extinction is high in the vicinity of the area along the latitude 0. The amount of interstellar extinction decreases as we move away from the galactic plane.

Conclusions

We have found that interstellar extinction caused the apparent magnitude of stars in visible to increase. Along the galactic coordinate, the amount of relative interstellar extinction varies from 0.1 to 1 with the interstellar extinction being greatest around the galactic latitude of 0 and decreasing as we move away from the galactic plane.

Acknowledgements

This project could not be done without assistance and support from the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology and Ministry of Science and Technology, Thailand. This project used PROMPT telescope (Panchromatic Robotic Optical Monitoring and Polarimetry Telescopes) at Cerro Tololo Inter American Observatory (CTIO) Chile. The National Astronomical Research Institute of Thailand (NARIT) and Bencharatransarit School for providing support.

References

Matipon Tangmatitham. Astronomy program (Page 100). Resource : Guide the study of astronomy workshop book. 28 June 2013
 Milky Way Galaxy(Online). 2013 Resource : : <http://th.wikipedia.org/wiki/>. 24 October 2013

The classification of galaxies in Hercules Galaxy Cluster and Abell3558

Worrapon Panpang

Pua school , Pua district, Nan province Thailand.

Email: fairytail_mew@hotmail.com

28 June 2556 - 30 October 2556.

Abstract

This research is the study of the classification of galaxies according to Hubble's Classification. We take images of galaxies in Hercules galaxy cluster and Abell3558 and classify galaxies into different types using Hubble sequence and galaxy classifications scheme.

Introduction

In general, galaxies are formed into clusters or groups. Galaxy clusters have large structures that are composed of a number of clusters. These clusters are called super clusters.

The Hercules galaxy cluster is a cluster near the Milky Way. The distance between the Milky Way galaxy and the Hercules galaxy cluster is approximately 500 million light years. It is composed of about 200 galaxies including 18 bright galaxies.

The A3558 galaxy cluster is located in the Shapely super cluster. The aim of this research is to classify the 18 bright galaxies in Hercules and the galaxies in the center of A3558 according to Hubble's classification system.

Materials and Methods

In this research, I acquired images from a PROMPT2 telescope. I used a Lum filter and exposed the image for 45 seconds. Then I compared the galaxies' images with the Hubble diagram in order to classify them according to type. Spiral galaxies, Barred galaxies and elliptical galaxies were found in this study.

Find the ellipticity of galaxies by FWHM (Full width at half maximum) technique by set the contour line round the area that the value is half of the max value of the galaxy. Use ellipse tool to find major axis and minor axis of galaxy for Hubble's classification in this formula:

$$e=100(1-b/a)$$

e = ellipticity of galaxy

b = semi-minor axis

a = semi-major axis

The result of Hubble's classification shows as the numbers from 0-7 the number represented the ellipticity of galaxy from less ellipticity to the most elliptical. This formula was created by Edwin Hubble, an American astronomer.

Result and Discussion

Study Table 1 shows the types of galaxies. Name of galaxies Hercules galaxy cluster.

Types of galaxies	List of galaxies	Ellipticity
E2	N6047	2.87
S0	IC1182 N6044 IC1194 N6042 IC1178	
Spiral	IC1181 IC1193 N6054 IC1185	
Barred Spiral	IC1183 N6050 N6040 N6056 IC1192 IC1186 N6045	

Table 2 shows the types of galaxies. Name of galaxies Galaxy cluster A3558

Types of galaxies	List of galaxies	Ellipticity
E0	PGC47197 PGC47173	0.42 0.82
E1	PGC47273	1.96
E3	PGC88857	3.35
E4	PGC47322	4.89
S0	PGC47355	
Spiral	PGC47177 PGC47086	

Conclusion

The classification of galaxies found that the galaxies observed in Hercules galaxy cluster are mostly spiral and barred spiral galaxies, while most galaxies found in the center of galaxy cluster A3558 are mostly elliptical, ranging from E0-E4.

Acknowledgments

My thanks to those supporting the research. I especially thank to the National Astronomical Research Institute (NARIT) and Mrs.Jiraporn Kakaew, who provided insight and assistance into this research. Thanks also to Dr. Wiphu Rujopakarn, Mr. Matipon Tangmatitham and their faculty and staff who gave additional support to this research.

References

- Boonraksa Sunthontham . (2550) . Astronomical physics. Chiang Mai: Faculty of Science University .
 Matipon Tangmatitham . Guide to the practice and study of astronomy . N.D.
 Richard Powell. In 2013 . "The Hercules Super clusters". (online).
 Available <http://www.atlasoftheuniverse.com/supercer.html> (12 September 2013).
 Robert Nemiroff (MTU) & Jerry Bonnell. In 2013 . "Astronomy Picture of the Day" (online).
 Available <http://apod.nasa.gov/apod/ap050427.html> (1 October 2013).
 Richard Powell. In 2013 . "The Shapley Super clusters". (online).
 Available <http://www.atlasoftheuniverse.com/superc/shapley.html> (12 September 2013).

Estimating the age of open cluster M18 using H-R Diagram
 Nunthapong Nunthasin
 Adviser Mrs. Jiraporn Kakaew
 Pua school Nan Thailand
 E-mail: fifafifa6@icloud.com

Abstract

This research calculates the age of the M18 open clusters. A photo is taken from PORMPT 5 in filter B and V for 60 seconds per image. After that we measure Magnitude and color index. Then the age is found by plotting the H-R Diagram and finding the main sequence turn-off point. Based on the main sequence turn-off point, we have estimated that the age of M18 cluster is no greater than 4.3 billion years.

Introduction

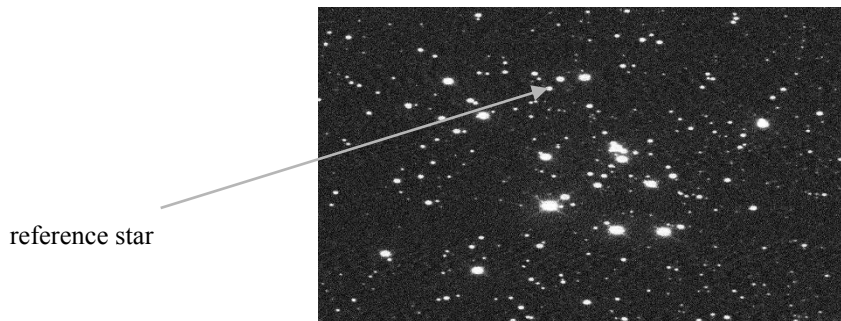
An open Cluster is a groups of fixed stars created by the collapse of a nebula. Each fixed star is attracted to surrounding other fixed stars, creating clusters.

The principal source of energy for each fixed star is a series of reactions called nuclear fusion, occurring in the center of the star. The reaction rate is more or less dependent on the mass of the fixed star such as fixed star with a lot of mass have a higher reaction rate than fixed star with less mass.

H-R Diagrams show the physical properties of fixed stars. The arrangement of many stars seen in an H-R Diagram is called a main sequence. The point where the main sequence line of a cluster began to diverge to become red giant is called the Main Sequence Turn-off point.

Materials and Methods

First, we find the apparent Magnitude by using Aperture Photometry with photos taken from PORMPT 5 in filter B and V. Then we find the Absolute Magnitude of a reference star in filter B and V from the Aladin database. After that we find the Magnitude constant by finding the difference of apparent Magnitude and Absolute Magnitude of a reference star. Then we find Absolute Magnitude of all the stars in the photo by subtracting the Magnitude constant from the Appear Magnitude.



Afterwards we find the color index by subtracting the Absolute Magnitude in filter V from the Absolute Magnitude in filter B. Then plot the H-R Diagram. The Y-axis is apparent Magnitude in filter V and the X-axis is the color index. When we have a H-R Diagram of M18 open clusters, we find the Main Sequence Turn-Off Point. We use the color index of the Main Sequence Turn-Off point to calculate the age of M18 open clusters by using the color index to find the class of the fixed star in order to find the approximate mass and then use the following equation to find the lifetime of a main sequence star:

$$\tau_{MS} \approx 10^{10} x \left[\frac{m}{m_{\odot}} \right]^{-2.5}$$

τ_{MS} is limit of life of fixed star in main sequence.

m is mass of fixed star.

m_{\odot} is mass of the sun.

Results and Discussion

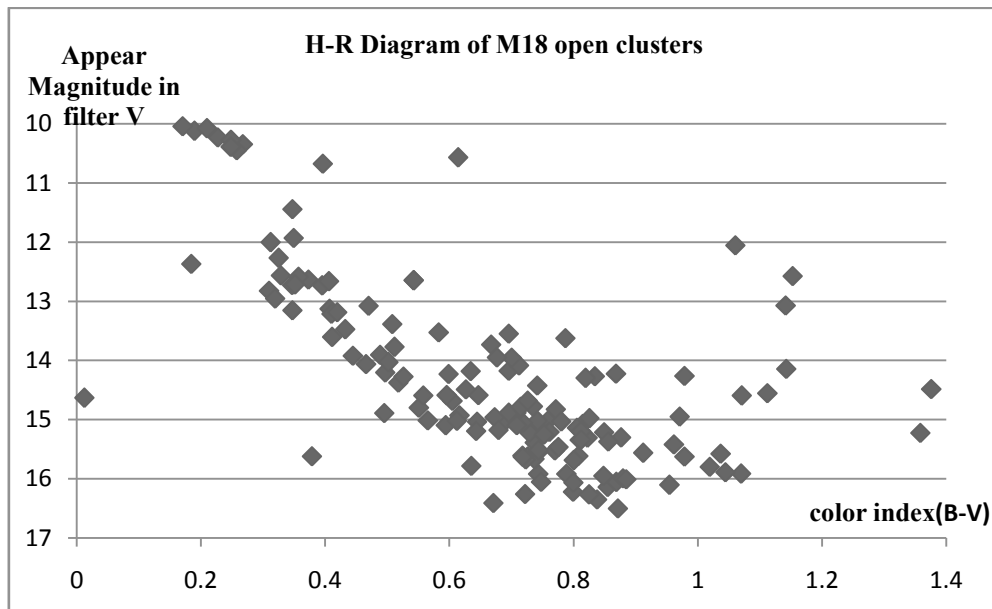


Photo 1 : H-R Diagram of M18 open clusters

From the H-R Diagram, we will find that the Main Sequence Turn-Off Point has a color index 0.3. Then we will know the mass of the fixed star is 1.4 the mass of the sun. When we calculate the age of the M18 open clusters we find that the age of M18 cluster must not be older than 4.3 billion years.

Conclusions

When we plotted the H-R Diagram, we found the Main Sequence Turn-Off Point at the fixed star is RA 274.97381 Dec -17.13573. It has a color index 0.3. Then we calculated the age of the M18 open cluster and find the age of the M18 open cluster is 4.3 billion years. Age is specific to this main sequence turn-off point. When we change the main sequence turn-off point, age will change. Because of the graph doesn't explicitly show the main sequence turn-off point, the upper limit for the age is about 4.3 billion years.

Acknowledgments

The authors would like to thank NARIT, Dr.Wiphu Rujopakarn, Mr.Matipon Tangmatitham and Mrs.Jiraporn Kakaew for providing opportunities for advanced training, consulting and advice for the research.

References

- 2013. "The Star Color Index". (online). Available <http://domeofthesky.com/clicks/bv.html> (30 October 2013)
- 2013. "Stellar classification". (online). Available http://en.wikipedia.org/wiki/Stellar_classification (30 October 2013)
- 2013. "basic query result". (online). Available <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/> (9 October 2013)

A Study of Galaxy Distance and Universe Expansion with Supernova Type Ia

Mr. Ponlawat Yoifoi
Chiangkham Wittayakhom School, 4 Mu 8 Amphoe Chiangkham Phayao, 56110, Thailand
Keroro.ranger@gmail.com

Abstract

A Study of Galaxy Distance and Universe Expansion with Supernova Type Ia aimed to find out the distance from the earth to the galaxy where the supernova PSN J05033510+0134176 at RA 5hr 3 m 37.0 s, Dec +1° 34' 24.0". The tools of this study are the photograph data which were obtained from Prompt 5 telescope in CTIO at Chile and then the data obtained were analyzed through photometry method. We found that, the distance from the earth to the galaxy which the supernova occurred was 75.23 ± 5.9 Mpc. From the radial velocity obtained from NED [3], we found that the radial velocity of this galaxy is 4753 km/s. This correspond to the recession rate of the galaxy at 63.2 km/s/Mpc, which is in close agreement with the expansion rate of the universe predicted by current value of Hubble

Introduction

The universe expansion is a vital evidence to support the Big Bang theory. In several studies of the astronomers have indicated that the more distant from the earth to the galaxy is, the more direct proportion of the speed of direction which there is a red shift of the galaxy is. This helps us realize that there is the universe expansion. The data are conventionally analyzed by variety of standard candle such as parallax, variable star, and supernova type Ia to determine the galaxy distance and the universe expansion. In this research supernova type Ia which was from Binary Star consisting of a white dwarf is accreting mass from the nearby companion star and explode into supernova at 1.4 Solar Mass. And, the distance from the earth to the galaxy which supernova type Ia occurred can be calculated when its absolute magnitude of each explosion occurs is at about -19.3.

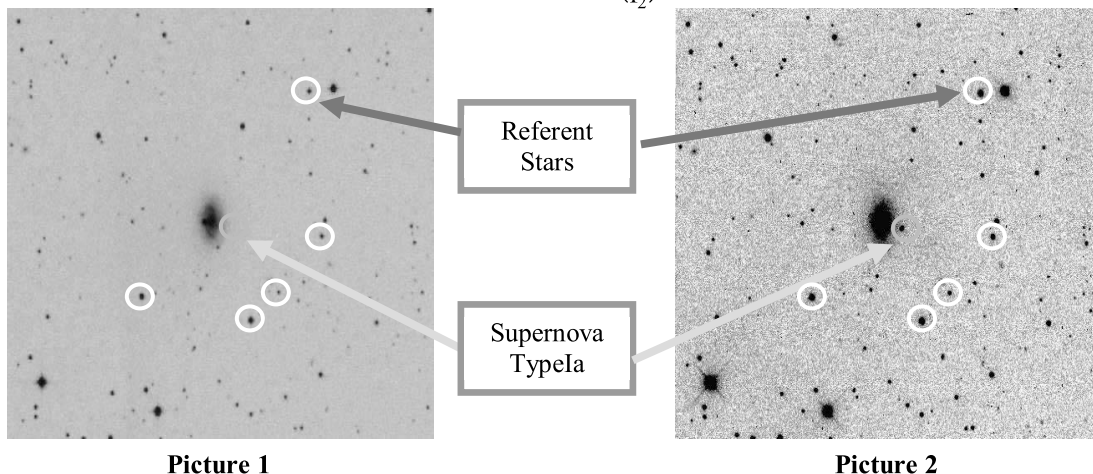
Methods

The data about the explosion of supernova type Ia were searched from the database [1]. In details, positions of the supernova type Ia were the PSN J05033510+0134176 supernova which was in NGC 1762 galaxy at the position of RA 5hr 3 m 37.0 s, Dec +1° 34' 24.0"

Four photographs per day were taken by using filter V and 180 second-exposure time. The data were collected from 7 September to 15 November 2013 which was 38 days all together.

The catalogue of the stars in the area was downloaded to find out the 5 referent stars in order that they could be used in the comparison and calculation of the apparent magnitude of the supernova by the following using equation.

$$m_2 - m_1 = 2.1 \log \left(\frac{f_1}{f_2} \right)$$



Picture 1 showed the photograph from STSCI-DSS database and referent Stars While there was no supernova. **Picture 2** showed photograph of the supernova and referent Stars in the galaxy.

After that the apparent magnitudes were plotted versus the Julian date to create light curve. Then, use polynomial fitting to find the actual peak of the graph.

The absolute magnitude of the supernova was calculated by using the difference values of the apparent magnitude at the actual peak and of the apparent magnitude at the fifteenth date afterward by using the equation from a research of Mario Hamuy (1996) [2].

The distance from the earth to the galaxy which the supernova occurred was calculated from the following equation.

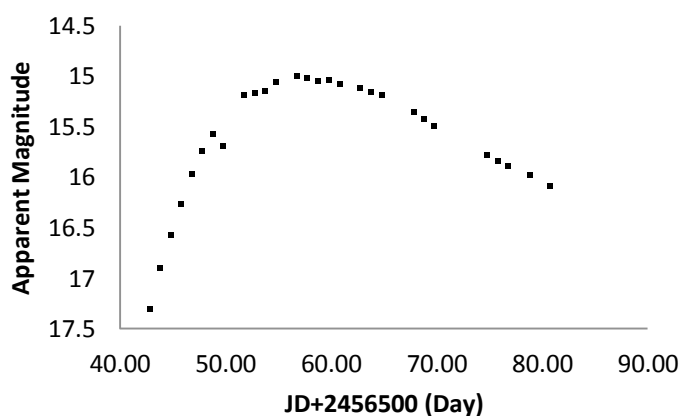
$$m - M = 5 \log d + 25$$

The red shift (z) is obtained from NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) [3] and the radial velocity of the galaxy was calculated by the following equation.

— —

Results and Discussion

The figure showed the relevance between the average apparent magnitudes versus the Julian dates.



From light curve showed the apparent magnitude at the peak at 15.01 ± 0.16 . The absolute magnitude with magnitude calibration [2] is found to be -19.38 ± 0.16 . and finally, the distance from the earth to the galaxy was determined by using the absolute magnitude and the apparent magnitude substitute into the equation $m - M = 5 \log d + 25$. The distance from the Earth to the galaxy where the supernova PSN J05033510+0134176 occurred was 75.23 ± 5.88 Mpc.

The red shift value from the database which was studied to examine the radial velocity of the galaxy was at 4752.91 km/s. This would suggest that the distance between Earth and this galaxy is expanding at the rate of 63 km/s/Mpc, which is in close agreement with the current value for Hubble constant.

Conclusion

The distance from Earth to the galaxy which supernova PSN J05033510+0134176 occurred is calculated from the maximum apparent magnitude and found to be 75.2 ± 5.9 Mpc. From database, the radial velocity of this galaxy is at 4753 km/s. This would correspond to the recessional rate of 63.2 km/s/Mpc which is in good agreement with the current Hubble constant.

Acknowledgement

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

References

- [1] Rochester Academy of Science [Online] Available <http://www.rochesterastronomy.org/supernova.html> (26 June 2013)
- [2] Mario Hamuy. *The Absolute Luminosities of The Calan/Tololo type Ia Supernovae*. University of Arizona, Steward Observatory, 7 September 1996.
- [3] NASA/IPAC Extragalactic Database (NED). [Online] Available <http://www.ned.ipac.caltech.edu/forms/byname.html> (12 September 2013)

目指せ！！三ツ星SPACEごはん！

“第12回 君が作る宇宙ミッション ASTRO班”

川原 大洋 (高3)【横浜商科大学高等学校】 武田 峻 (高2)【常翔啓光学園高等学校】
 村田 奈里紗 (高2)【三重県高田高等学校】 山口 真央 (高2)【ノートルダム清心高校】
 俵川 智史 (高1)【専修大学松戸高等学校】 天崎 賢至 (高1)【市川高等学校】

1. 背景・目的

近年、宇宙ホテルの開発が進んでおり、2020年頃の運用が見込まれる¹⁾。しかし、ホテル内のレストランの設置は検討されていない。長期的な滞在において、食事は肉体だけでなく精神の健康においても重要な要素である。現在国際宇宙ステーションで食べられている宇宙食は地上で調理・密封したものであり、魅力に欠けると思われる。したがって、宇宙で調理した料理を提供することは価値があると我々は考えた。

無重量空間で料理を行うためには以下の3点が重要だと考えられる。1つ目は熱源の確保である。熱源については、集光鏡により太陽光から熱を生成する方法を用いる。2つ目は宇宙での調理方法の検討である。本発表では「炒める」ことに着目し、飛び散るなどの無重量空間ならではの問題に対処するため、新しい調理器具を提案する。3つ目は料理の盛り付け方法である。無重量空間では盛り付けが極めて困難である。そこで、無重量空間での盛り付け技術を検討する。本発表では以上の3点を検討し、無重量空間でおいしい料理を提供することを目指す。

2. 提案手法

我々は以下の3点を軸として各方法について検討を行った。

- 1! 新しさ.....現在宇宙で食べられていない食事を宇宙で実現できるか
- 2! 実現可能な技術...既存の技術でこのミッションが実現できるか
- 3! おいしさ.....味だけでなく見た目がおいしそうに感じられる料理を提供できるか

【熱の生成法】

集光鏡と水を用いて太陽光から熱を生成する方法(図1)を考えた。水を用いた理由は、比較的危険が少ないためである。集光鏡を宇宙ホテルに設置し、太陽光を集光部に集中させ管内の水を加熱し、200℃まで温度を上昇させ、料理で食材を加熱するために利用する²⁾。水を効率的に加熱するため集光部の管は渦巻状にする(図2)。また、管を他の設備に通すことにより、熱の二次利用も期待できる。管の水は循環しているため、集光部まで還ったとき再び200℃まで加熱される。ここで、加熱に水蒸気を使うことは制御が難しいため水を液体に保つ必要がある。1気圧での水の沸点は100℃であるから、200℃で液体の状態を保つために管内は約4気圧に維持しなければならない。この方法の問題点は、地球の裏側では集光できないことである。そこで、複数の集光部を作り軌道の位置に応じて光を当てる集光部を選択し、集光鏡をスライドさせる方法を採用する。

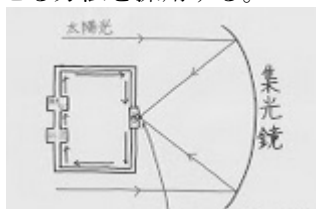


図1 集光鏡を用いた熱の確保

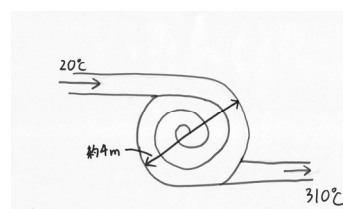


図2 集光部の渦巻管

【調理方法】

無重量空間での調理を実現するため、次のような調理器具を提案する。左右に可動する2枚の板を側面に配置する。板の外側に先に述べた管を通すことで板を熱し、調理する。左右の板を交互に動かし中に浮いている具材を左右にはじくことで無重量空間でも具材を炒めることが可能である。我々はこれをラリーシステムと名付けた。管度調節は管に流す水の量で行う。また加熱する板については内側に熱容量の大きいチタン、外側に熱伝導率の高い銀を使う2重構造を採用した。これにより熱伝導性を高め、保温性も確保できると考えられる。

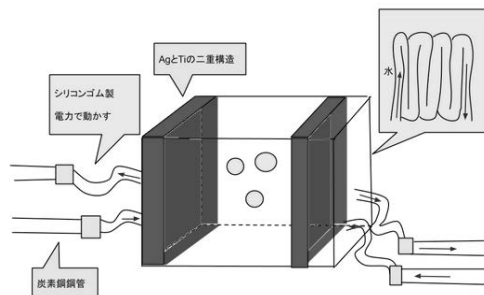


図3 ラリーシステム

【盛り付け方法】

無重量空間で料理を盛り付けるには料理の粘性を高め粘着性を持たせる、もしくは、可食性フィルム³⁾で覆う方法が考えられる。このうち、粘性を高める手法の問題点として料理本来の食感が損なわれてしまうことや、水分の少ない料理には使えないといった問題がある。一方、可食性フィルムで覆う方法においては、フィルムが薄いため食感は通常の盛り付けと変わらず、幅広い料理に利用でき、また、においが広がらないなどのメリットがある。これらのメリットから可食性フィルムの手法を採用する。

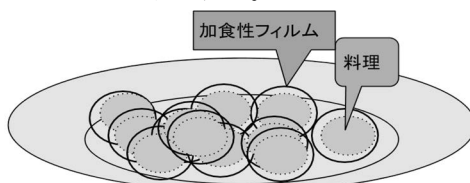


図4 盛りつけ例

3. まとめ

本発表は宇宙ホテル内で提供する宇宙料理について、熱源・調理方法・盛り付けの3点から検討した。熱源の確保については集光鏡により水を加熱し熱源とする方法を考案した。保温性と熱容量が高く、大きい圧力に耐えることができる素材を検討する。太陽光を得られない場所で熱を得る方法は未検討である。調理方法についてはラリーシステムを考えたが、鍋の中の蒸気の除去方法や金属板に巻くパイプの強度についても検討していく。また、揚げるや蒸すなど他の調理方法にも応用する。料理の盛り付け方法については、無重量空間でも食感を損なわず、また多様な料理を盛り付けられる方法を検討した。今後は加食フィルムの料理の食感への影響や料理の包み方および無重量空間特有の盛り付け方についても検討していきたい。

4. 参考文献

- 1) 「総説 宇宙食」：松本 暁子、宇宙航空環境医学, 2008, Vol. 45, No. 2, 37-49.
- 2) 「集光式太陽熱発電 (CSP)方式とその現状」：西村 啓道、The Chemical Times, 2012, Vol. 226, 18-23.
- 3) 加食性フィルム 特開 2002-95426
(<http://www.j-tokkyo.com/2002/A23L/JP2002-095426.shtml>)

人工衛星による低軌道小型デブリ回収システム

「第 12 回 君が作る宇宙ミッション SELENE 班」

梅谷 星菜(高 2)【大阪桐蔭高等学校】，町井 佳菜子(高 3)【横浜雙葉高等学校】

望月 達人(高 1)【東海高等学校】山下 晴己(高 3)【名古屋大学教育学部附属高等学校】

山田 麟(高 1)【群馬県立沼田高等学校】，横田 大直(高 1)【清風高等学校】

1. 背景・目的

デブリは秒速数kmで衝突時のエネルギーは大きく、危険である。また、年々デブリは増加傾向にあり、その傾向は今後も持続することが予想される。ゆえに、安全な人類の宇宙での活動を保障する為に、デブリの回収が必要である。10cm 以上のデブリは地上での観測によりカタログ化がされている。そのカタログをもとに衝突を事前に予測、回避することが可能である。1cm 未満のデブリは国際宇宙ステーションで使用される衝突防止バンパーなどで防御できる。しかし、1cm 以上 10cm 未満のデブリに関しては、具体的な対策がなされていない。よって、該当するデブリの継続的な監視、回収システムを提案する。本ミッションではデブリの密度が高い高度 800km、太陽同期軌道上の 1cm 以上 10cm 未満の宇宙デブリを 10 個回収する人工衛星を使用する。そして複数の衛星を相互に連携させて、継続的にデブリを発見し回収を行う。

2. 提案手法

回収衛星 INAZ★UMA は太陽同期軌道にあるデブリを発見した後に接近し、回収して処分を行う。また、回収衛星は相互に連携し、継続的デブリ発見・回収システムを構築する。その大まかな流れについて説明する。

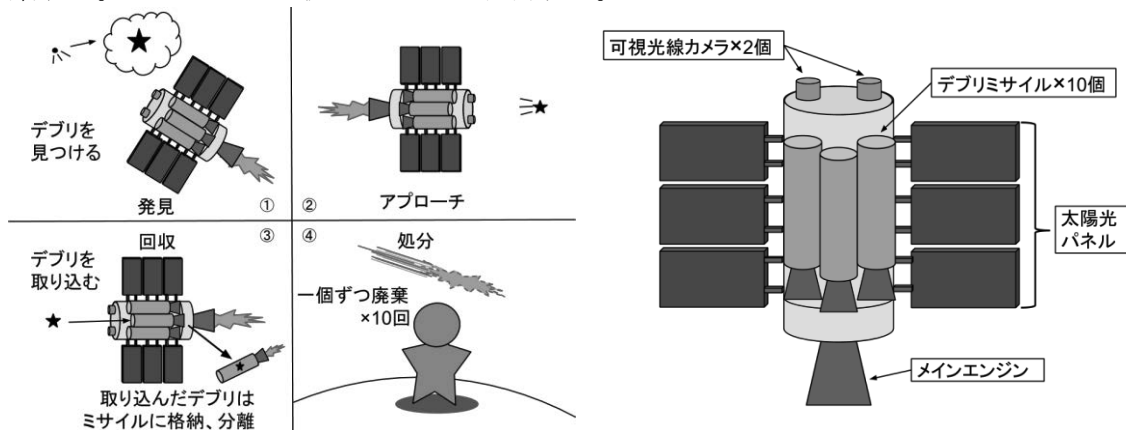


図 1 デブリ回収衛星概要図

図 2 デブリ回収提案手法概要式

2-1. 回収衛星

回収衛星は円柱型、化学推進式エンジンで、機体側面に太陽光パネル、デブリ発見用の可視光カメラを 2 台、搭載する。また、衛星の周りには子機を環状に搭載する。子機にはデブリ回収口があり、デブリを回収する。

2-1-1. デブリ発見方法

衛星を回転させながら可視光線カメラでデブリを監視する。デブリとの距離や速度は 2 台の可視光線カメラの視差により計測する。

2-1-2. 接近・回収方法

後方よりランデブーして、子機と親機を分離せずにデブリに接近する。子機に搭載されている回収容器の中にデブリを回収し、子機を切り離す。

2-1-3. 処分方法

親機が子機を分離後、子機付属のスラスタで親機からの制御により大気圏へ再突入させ、焼却する。

2-1-4. 全子機分離後の運用

親機は、子機分離後継続して運用される。親機はすべての子機を分離した後も小型デブリ発見、観測衛星として、デブリのカタログ化に役立てられる。制御落下に必要な燃料を残して運用終了後は大気圏に突入し、衛星のデブリ化を防ぐ。

2-2. デブリ発見・回収システム

複数の観測・回収衛星が相互に連携して、デブリのカタログ化を行う。それによって打ち上げの安全性向上や回収効率の向上につながる。そして、そのカタログデータをもとに、回収衛星がデブリを回収・処分する。

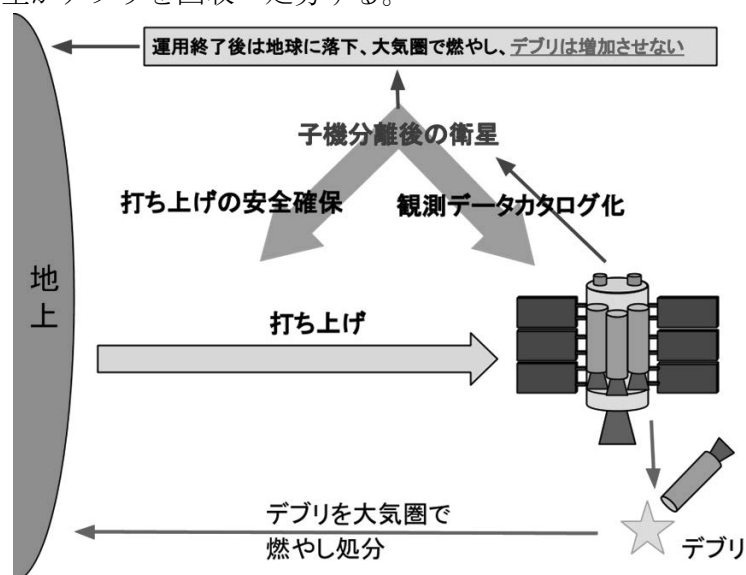


図3 デブリ回収衛星システム概要図

3. 今後の検討課題

システムの妥当性を高めるために、以下の事項について、今後検討する。

3-1. 詳細な衛星の設計

デブリ回収の際に、デブリの持っているエネルギーが親機や子機に与えるさまざまな影響を考慮・計算する。また、子機分離後の軌道変更の際に、デブリが回収容器に与えるのダメージを計算する。その値を用いて、十分な強度かつ再突入時に焼却可能な回収容器の検討を行う。燃料、太陽光パネルの量などを考慮し、衛星を設計する。

3-2. システムの費用対効果の検討

システム化した際の、デブリを減少させるのに必要な衛星の数などを計算し、システム構築の費用対効果を試算する。

深宇宙探査機の通信および観測用軌道上巨大アンテナの製造方法の提案

“第12回君が作る宇宙ミッション MUSES 班”

田端 信哉(高3)【国立奈良工業高等専門学校】

小田 銀河(高2)【早稲田高等学校】

白井 悠太(高2)【浜松学芸高等学校】

田中 勇輝(高2)【渋谷教育学園幕張高等学校】

遠藤 優美(高1)【神奈川県立相模原青陵高等学校】

小倉 弓枝(高1)【西宮市立西宮高等学校】

概要

人類の地球外進出のためには、遠距離間の通信を可能にするための中継点として、巨大アンテナが必要である。そこで今回、アンテナ構成要素の中で重要である主鏡の製造方法として、宇宙環境を有効に利用した「シャボン玉方式」を提案する。

1. 背景・目的

地球外進出技術の一つとして、深宇宙探査機(以下探査機)との通信に、中継点となる大きなアンテナがあると望ましい[1, 2]。また、電波天文学などの観測天文学分野においても大きなアンテナは求められている。地上設置のアンテナにおいて、以下のような問題点が考えられる。

- (1) 広大な場所の必要性
- (2) 重力の影響によるひずみの出現
- (3) 巨大アンテナを支える支柱の必要性
- (4) 湿度や天気の変化による、アンテナ鏡面の損傷

これら上記の問題は、宇宙空間に設置することで解決することができる。

一方で、地上でアンテナを製造し、宇宙空間にそのアンテナをロケットで打ち上げる方法では、以下の問題点が考えられる。

- (1) 大きさの制約
- (2) 重力変化によるアンテナのひずみ

そこで我々は、系外惑星に行く探査機との通信や天体観測に用いるための巨大アンテナの主鏡部分を宇宙空間で製造するための手法を提案する。

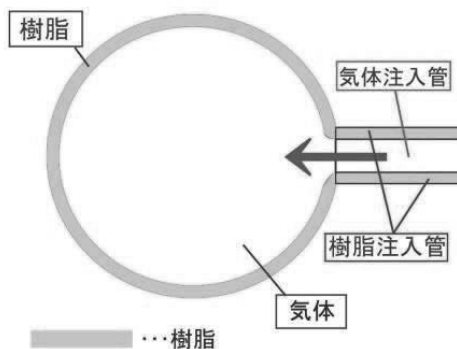


図1 球面アンテナの製造方法

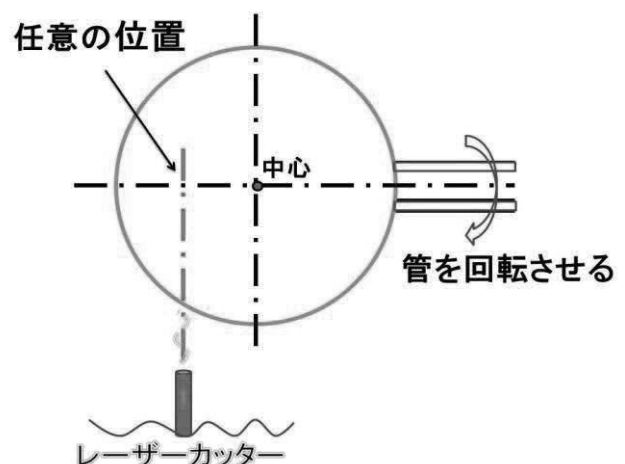


図2 切断加工方法

2. 製造方法

宇宙空間でアンテナの主鏡を作る手法として、作業工程が簡単で、宇宙空間の広大さ、真空・微小重力という環境を活用した「シャボン玉方式」を提案する。以下に球面状アンテナの製造工程を示す。

(1) 球面アンテナの成形

宇宙空間に主鏡の基材となる液状の樹脂を注入管から押し出し、気体を用いてシャボン玉のように膨らませる。

図1のように、注入管は二重構造となっており、外側の樹脂注入管から熱硬化樹脂を押し出し、内側の希ガス注入管からアルゴンガスを注入し、樹脂を球形に成形する。

(2) 樹脂の硬化

膨らませた熱硬化樹脂を球形に保ち、硬化させる。

(3) 球面の切断加工

球面アンテナの主鏡として使用するために、製造した球に切断加工を施す。切断はレーザーカッターを用いる。任意の位置での切断が可能であり、ミッション要求に応じて切断面を選択する。

(4) 主鏡表面の金属コーティング

電波を反射させるため、樹脂表面に金属コーティングを施し、アンテナとして機能させる。コーティングはスパッタリングによる金属蒸着で行う。コーティングする金属の種類は、アンテナの使用周波数に合わせて選択する。深宇宙探査機の通信で用いられる一般的な周波数である 8GHz [1] に対してはアルミが候補として考えられる。

3. 製造方法の評価

理想的なアンテナの形状は放物面であるが、上記の方式で製造できる形状は球面である。そのため、球面と放物面の誤差を考慮する必要がある。そこで例として、系外惑星に行く探査機との通信で一般的に用いられる周波数 8GHz の場合での許容できるアンテナ主鏡表面の誤差を検討する。

周波数 8GHz の波長 λ [m] は、光速 c [m/s] および周波数 f [Hz] を用いて、以下の式 (1) で表される [3]。

$$\lambda = c/f \quad (1)$$

一般的に許容できるアンテナ表面の誤差は、波長 λ [m] を用いて、以下の式 (2) で表される [2]。

$$\text{許容誤差} = \lambda / \quad (2)$$

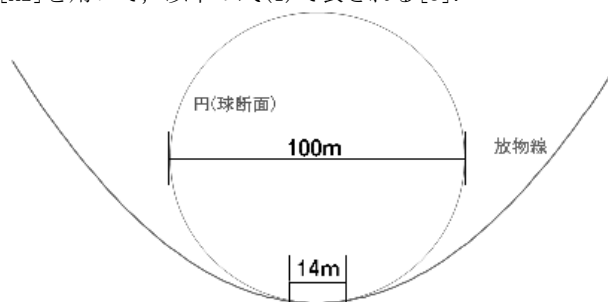


図 3 球面と放物面の誤差許容範囲

式 (1) および (2) より、アンテナ表面の誤差は 1.9mm 以下であることが必要となる。「シャボン玉方式」で作る球の直径を 100 m とすると、球面から切り出し可能かつ許容誤差を満足するアンテナの有効径は 14 m 程度となる (図 3)。

ただし、球面アンテナ表面の凹凸は無視できるほど小さく、表面誤差に影響がないと考え、ここでは凹凸のない表面の球体を仮定している。

4. まとめ

今後、人類が宇宙進出するためには遠距離通信が求められる。従って、それらを可能にする第一歩として、巨大アンテナを宇宙空間に配備することが望ましい。しかし、地上で巨大なアンテナを製造することは、打ち上げ時の制約から困難である。そこで、巨大アンテナの主鏡を宇宙空間で作る手法として「シャボン玉方式」を提案する。この方式によって、作業工程を簡単にでき、宇宙空間の広大さ、真空・無重力という特殊環境を活用することができる。したがって、従来の製造方法では困難であった軌道上での巨大アンテナ製造が実現でき、遠距離間通信に大きく貢献できると考えられる。

5. 参考文献

- ・ [1] 高野忠ほか著 宇宙工学シリーズ4 宇宙通信および衛星放送 【2001, コロナ社】
- ・ [2] 中井直正ほか著 シリーズ現代の天文学 宇宙の観測(2)-電波天文学 【2009, 日本評論社】
- ・ [3] 原康夫著 第4版 基礎物理学 P177 式 (4.28) 【2010, 学術図書出版社】

PRanet-ES

Perfect Rovers And New Technology Exploration Sample return

～複数ローバによるサンプルリターン～

第12回 君が作る宇宙ミッション PLANET 班

矢島 颯大 (高3)【群馬県立中央中等教育学校】、野田 涼介 (高2)【西大和学園高等学校】、遠藤 将都 (高2)【宮城県気仙沼高等学校】、佐藤 大哲 (高1)【東京都私立開成学園高等学校】、勘野 竜誠 (高1)【大阪府私立清風高等学校】、梅原 琴美 (高1)【私立清真学園高等学校】

要 旨

天体の環境に応じて多種多様なサンプルを回収できる汎用性のある技術が必要となるだろう。そこで、1度のフライトで複数地点からサンプルが得られるミッションを計画した。このミッションは複数の離れた場所からサンプル採取できることから科学的意義が大きい。

1. 背景・目的

●背景

1つの天体の複数箇所のサンプルを欲しがっている研究者がいるだろう。ところが、従来のサンプルリターンは1回で同じ場所ではサンプルを採集できない。そのため、複数箇所のサンプルを得るには複数回のフライトをする必要がある。

●目的

一度に多種多様なサンプルの回収を行えるようにするとともに、子機ローバによるサンプル回収技術と地球以外の天体での子機コンテナと親機のランデブ技術の実証。

2. ミッション概要

目標天体の周回軌道に親機を投入する。そして親機から複数ある子機ランダを分離し、同一天体の複数の離れた箇所に子機ランダを用いて子機ローバを着陸させる。その後、それぞれの子機ローバでサンプルを採集する。採集したサンプルは子機コンテナに収納し、子機コンテナのみを親機の周回軌道に打ち上げ、親機で回収する。

※最後に親機が周回軌道を離脱し地球へ帰還する。[図1]

なおここでは、対象天体をエウロパとし、採集するサンプルを水・氷・大気として検討した。

3. サンプル採集方法

ここでは、サンプル同士の比較を正確に行うという目的を想定し、不純物が混ざらないよう留意する。

●大気 真空のカプセルにフィルタを付けて大気を採集する。[図2]

●氷

氷掘削方法の比較

	衝突体を突き刺す	筒型ドリルで掘削 [図3] ^[1]	シャベルですくう
メリット	燃料が少なく済む	空気が混じらない	複雑な機構を要しない
デメリット	機械自体の損傷の恐れ 空気が混じる可能性	天体の状況によって 掘れない可能性	空気が混ざる恐れ 掘れない可能性

●水

水掘削方法の比較

	衝突体で氷を突き破る	ドリルで掘削 [図4]	熱で溶かして掘削
メリット	燃料が比較的少なく済む	純粋な水を得られる	掘り詰まることがない
デメリット	機械自体の損傷の恐れ 這い上がる時の問題	掘れる深さに限度有 掘れない可能性も	時間がかかる 燃料を大量に使う

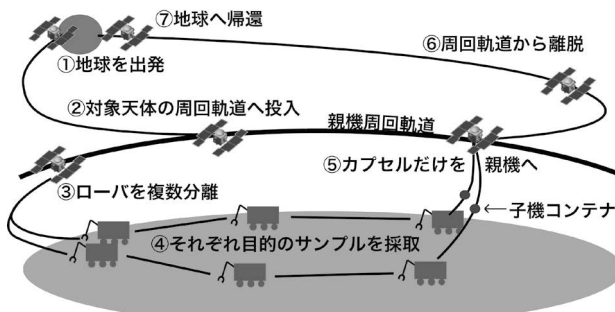


図1 ミッション概要

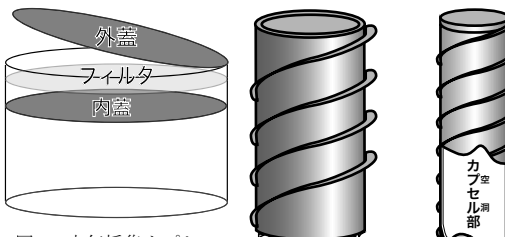


図2 大気採集カプセル

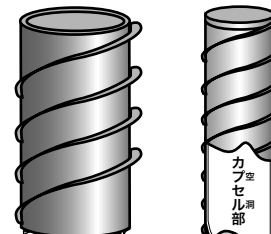


図3 氷採集筒型ドリル

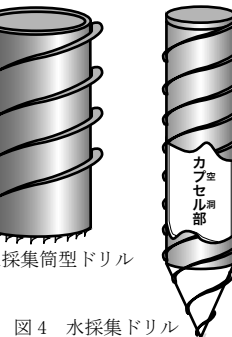


図4 水採集ドリル

4. 子機コンテナの親機への帰還方法

今回は、子機コンテナを親機へ帰還させる過程のうち、着陸天体から子機コンテナを打ち上げる方法のみを検討した。

●検討した方法

- ・電磁カタパルト・・・リニアモーターによって子機ローバから子機コンテナを発射する。
- ・砲弾発射・・・子機コンテナを砲弾に見立て、火薬を用いて大砲の要領で打ち出す。
- ・ばね・・・ばねの弾性エネルギーによって、打ち出す。
- ・ピッチングマシン・・・ピッチングマシンのようなものを持って行く。
- ・電磁石つり上げ・・・電磁石を親機から吊るし、子機コンテナをくっつけて引き上げる。
- ・宇宙エレベータ・・・親機と地表の間を結ぶ簡易的な宇宙エレベータを構築する。

打上げ方法の比較結果

	メリット	デメリット
電磁カタパルト	A・B・C	D
砲弾発射	B	D
ばね	A'・C	一回勝負・低温下では金属は弾性が弱くなる・重力が大きい天体では難しい
ピッチングマシン	A・B・C	制御が難しい
電磁石つり上げ	A・B	E・電磁石と子機コンテナをくっつけるのが超難関
宇宙エレベータ	A、他の問題点(※1)も解決	E

※A：燃料不要（電力必要） A'：燃料不要（電力不要） B：繰り返し打ち出し可 C：打ち出す強さを調節可

D：打ち上げ時の衝撃でローバ本体損傷の恐れ有 E：親機を対象天体の静止軌道に入れる必要有

※1：着陸時の地表汚染・子機コンテナを周回軌道に入れる方法の二つの問題点

5. 探査機概要

●親機搭載機器

- ①電源（ペルチェ素子+太陽光電池）
※木星圏での利用を想定。
- ②レーザスキャナ
対象天体表面の詳細な地形データを収集
- ③赤外線、可視分光光計
表面の構成元素や水分子の調査
- ④可視光カメラ
水噴出個所の特定
可視光でしか見れないものを見るため
- ⑤レーザ高度計
探査機自体の高度を正確に把握するため
- ⑥子機回収用ロボットアーム
- ⑦帰還カプセル
地球に帰還させるカプセル
- ⑧ローバ

●子機ローバ搭載機器

- ①電源（ペルチェ素子+親機からマイクロ波で電力供給）
- ②可視光カメラ×2（立体視）
- ③親機帰還モジュール（子機コンテナ含む）
- ④サンプル採集モジュール（ドリル等）

●子機ラング搭載機器

- ①着陸モジュール

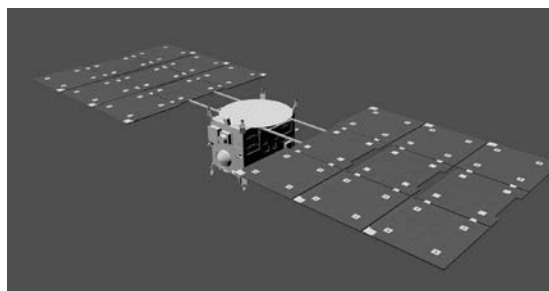


図5 探査機イメージCG

6. まとめ

多種多様なサンプルを一度のフライトで回収する為に、私たちは子機ローバを複数用いるというミッションを提案した。本ミッションは離れた複数地点から多種多様なサンプルを回収できるため科学的意義も大きい。

このミッションを遂行するための手段として、サンプリング方法、子機コンテナ打ち上げ方法を検討し、探査機概要を提示した。検討の結果、複数の技術的課題が残っていることが判明した。しかし、その課題が解決したならば、さらなる検討を進め実現可能かどうか判断したい。

最後に、柴田優一様をはじめとするきみっしょんのスタッフの方々には様々な助言を頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。

●参考文献

- [1] 国立極地研究所, 南極「ドームふじ氷床深層掘削計画」,
<http://polaris.nipr.ac.jp/~domef/home/japan/index-j.html>

缶サット甲子園2013

一 模擬人工衛星「缶サット」のセンサによる自律判断と飛行制御一

山地 琢 (高2) 【東京工業大学附属科学技術高等学校】

1. はじめに

模擬人工衛星「缶サット」は、ジュース缶にマイコンとセンサ、カメラなどを搭載したものであり、空中降下中に人工衛星と同様に自動でミッション（課題）を実施する。

缶サット甲子園は、高校生向けの競技会で、自作した缶サットでミッションを競う。2013年、私達は秋田予選大会（2013年7月13日～15日）に参加し、北海道で行われた全国大会（同年8月2日～4日）に出場した。全国6地区の予選大会を通過した11校により全国大会が行われた。

缶サット甲子園の規定では、缶サットはロケットに載せるため、キャリア（収納容器）に入れる必要がある。参加者は機体・パラシュート・キャリアを作り、それらを直径150mm・全長340mm・重さ1000gに収める。そして、空中でキャリアを自力で開けて、ミッションを行う。

2. 製作した缶サット（機体名：スマイリー）

製作した缶サットは、パラシュートにキャリアが合体した形状である。このキャリアは、パラシュート変形のための制御アームを兼ねている（図1）。機体の内部構造は、図2の通りであり、仕様は表1に示した。



図1 缶サット「スマイリー」
全体図

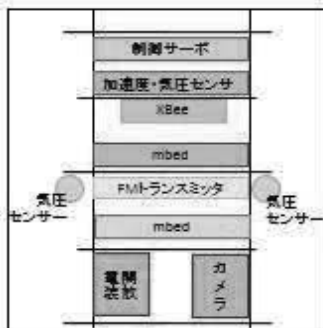


図2 本体構造内部

表1 缶サット「スマイリー」仕様

質量	秋田大会 986.35g	全国大会 993.8g
キャリア収納時全長	301mm	
キャリア収納時全幅	220mm × 220mm	
飛行状況	加速度 (MMA7361L)	
進行方向	秋田大会 SCP1000	全国大会 MPL115A1
高度	気圧、温度 (LMS0)	
データ送信	FMトランスミッタ、XBee	
搭載カメラ	VRM-1050P	
地上通信	せんびす (Sensor-Video Synchrony-System)	
秋田大会	5V単電池、5V三端子レギュレータ	
全国大会	単4乾電池 × 4本 2セット	
パラシュート形状	キャリア一体型	
パラシュートサイズ	最大部 1000mm 最小部 700～800mm	

3. ミッションと方法

一般に缶サットは、パラシュートで降下する。しかし、着地するまでに風に流されてしまい、回収不可能になることもある。そこで、私達のミッションでは、回収圏内に必ず着地するように、「ロケットの放出点の真下に着地させる」こととした。そのために、センサによるデータで自機の飛行状況を「自律判断」し、それをもとに「飛行制御」で前後にジグザグ飛行をし、降下させる（名称スマイルツリー、図3）。

a. 自律判断

まず、自機の飛行状況を加速度センサで判断する。加速度セ

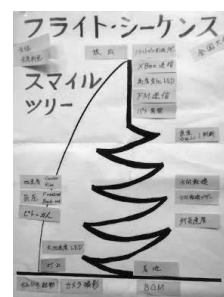


図3 フライトシーケンス

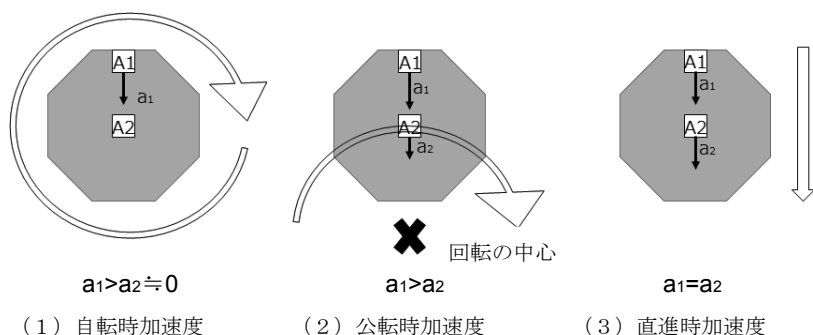


図5 加速度センサの自律判断

図の矢印は進行方向を表す

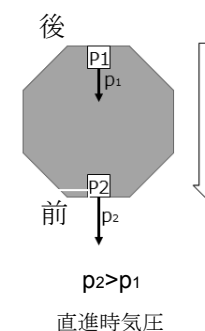


図6 気圧センサの自律判断

ンサは、機体外周と中央の2ヶ所に配置してある。この2つのセンサが取得する加速度を比較し、回転運動か、直進運動か判断する。図5に示すように、取得する加速度に差があれば、機体は回転（錐揉み状態の自転・円錐振り子状態の公転）している。また、加速度が等しければ、直進していると判断できる。さらに、機体が直進している場合には、気圧センサで進行方向の前後を判断する。気圧センサは直進方向に対し、機体外周の前後（外部）の2ヶ所に配置してある。この2つのセンサが取得する気圧は、進んでいる方向に配置した方が大きい値を示すので、気圧の大きい方が進行方向前方、小さい方が進行方向後方と判断する。

b. 飛行制御

缶サット本体上部にサーボを配置し、このサーボで制御アームを閉じてパラシュートの片側を変形させて、その方向に直進させる。前後の気圧差が大きい場合には、速い速度で進んでいると判断し、長距離流されるのを防ぐため方向転換するまでの時間を短くする。これを着地するまで繰り返す。

また、パラシュートの進行方向と気圧センサの前後方向は同じである必要があり、パラシュートと機体の間隔を狭くし、トラス構造で結びつけた。これにより、パラシュートがねじれ回転しても、復元する力が働き、缶サットの前後方向が常に同じ方向に揃う。

4. まとめ

秋田大会では、機体とパラシュートが近過ぎて有効面積が小さくなり、降下速度が設計より速くなって、センサデータを損傷した。そこで、パラシュート面積を大きくし、飛行中からセンサのデータを無線送信して、バックアップをとるように改善し、全国大会にのぞんだ。しかし、金属外装とセンサがショートして電装が動作しなくなってしまい、制御効果を確認することができなかった。現在、伊豆大島での打ち上げ機会（2014年3月21日-23日）を得て、もう一度同じミッションを試験する。今回は、パラシュートの変形だけで飛行制御をするのではなく、重心移動を併用してさらに制御効果を高めて挑戦する。

5. 謝辞

秋田大会では運営の秋田大学の先生方、学生宇宙プロジェクトの皆様、そして社会人ロケットチームTOKAI ROCKETEERSの皆様、また全国大会では、CAMUIロケットの株式会社植松電機の皆様にたいへんお世話になりました。ありがとうございました。

東京工業大学附属科学技術高等学校 缶サットチーム
 チーム SoRoLi : 山地 琢(高2), 平田 孝祐(高2), 布花原 楓(高2), 中山 晶皓(高1)
 缶サット甲子園 : 「理数が楽しくなる教育」実行委員会主催 <http://www.space-koshien.com/cansat/>

手作りプラネタリウムとエアドームの作成

【修道高等学校】

松田 賢亮、仁田 諄（高2） 宮本 佳門（高1）

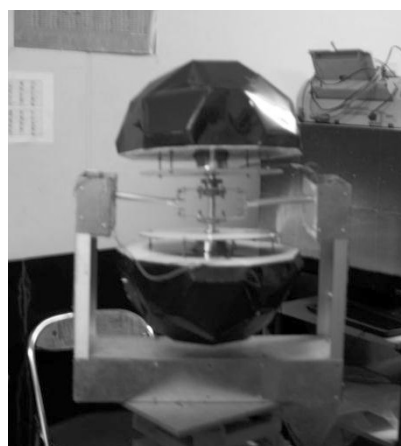
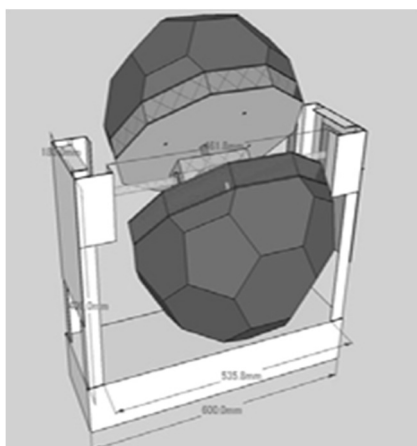
1. 動機

近年、宇宙や天文学に興味を持っている人が減っているのではないかと星を見る機会が少ないのではないかと。

そう考えた我々は、プラネタリウムを作り文化祭で上映することにした。このプラネタリウムを見ることで、星と触れ合う機会を増やしてほしい。宇宙や天文学に興味を持ってほしい。

今回で4代目のプラネタリウムとなるが、この精神はわが班に代々継承されている。

2. 投影機(愛称 暁)



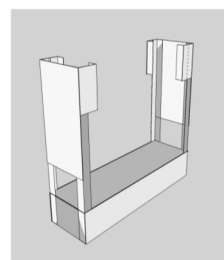
①! 恒星球

従来は、アルミボールやアクリルに、ドリルで穴をあける形で作っていた。しかし、この方法では 300 個程度しか投影できない。そこで我々が考えた方法は、「リスフィルム」という特殊なフィルムに星となる点を転写するというものだった。

この方式のおかげで、最微恒星 7.5 等級、投影星数 25000 個を実現することに成功した。なお、使用したプログラムと恒星データは、神戸大学天文研究会のものを使わせていただいた。

②! 筐体

耐久性を求めため、アルミ板を使用した。アルミ板を切断するにはグラインダーを使用した。軸にはロータリー接点がついている。ギアとベアリングを使い電動で動く。



③! 電球

光源には、渡辺教具製作所の「WPS 電球」という電球を使った。交流 2V5A の電気を必要とする。

3. エアドーム(愛称 雪見だいふく)

小学校などで出張上映できるよう、持ち運びが容易なドームを作ってほしいという顧問の小田玄先生の要望を受け作成を試みた。



制作風景

①! 素材

武田産業の「白黒白遮光フィルム」を使用した。可視光線を 99.9%カットし、重さも軽くプラネタリウム用のエアドーム素材としては、理想的なものであったが、強度が弱く穴があきやすいので、制作には細心の注意を払わねばならず大変だった。

②! 作成方法

完成形を決定し、底面、側面、半球部分に分けて設計図を作成した。その型を作り、下にフィルムを置いて切抜き、切り抜いたものを両面テープで接着した。半球部分は船形に分けて、それらを接着する。

③! エアロック

過去に作成したエアドームはドームとエアロックで分けられていたが、今回は持ち運びやすさを考慮して、ドームと一体化させた。入口は中と外の気圧差を利用する内扉とした。これは、少々扱いにくかった。



4. 参考文献

- ・ home.kobe-u.com/tenken/activity/plane/index.html
神戸大学天文研究会のホームページ

プラネタリウム投影用ドームの作成

柴田 優, 中村 仁美, 山浦 沙彩, 吉野 朱美 (2年)

石川 緋佳里, 板橋 杏果, 稲田 紫苑, 大槻 真子, 杉野 未侑, 鈴木 優衣, 鳥塚 琴純 (1年)

【星野高等学校天文部】

1. はじめに

私たちは毎年文化祭でプラネタリウムの上映をしている。プラネタリウムの投影装置は学研から出ている「大人の科学」のキットを使用し、ドームは京都の聖母学院の斉藤恭司さん考案のフラー型ドームを作成し使ってきた。ドームは過去二回作ったが、前回作ったものが古くなったので、昨年新しく作り直した。ところが、ドームの強度が弱く文化祭後破損してしまったため作り直すことにした。



破損した、昨年作り直した
投影用ドーム

2. 今回作るドームと前回作ったドームの違い

私たちは二回作ったうち、初めは紙製段ボール、二回目はプラスチック段ボールを使った。昨年のは、材質は白のプラスチック段ボールを使った。斉藤さん考案のものは、紙製段ボールを使い、五角形または六角形のはめ込み式で、比較的簡単に分解することができ数回組立可能なのが特徴である。今回も同じフラー型のものを作ることにしたが、理科室に置いておくので組立てたり分解する必要はない。そこで三角形の型を作りつなぎ合わせるものを作ることにした。作るにあたってはインターネットサイト「desert domes」を参考にした。

今までは型を作成し、それに合わせてパーツを切り取ったが、その方法だとパーツを作るにつれて、型の角が削れてサイズが変わってきてしまい、正確に作成することが出来なかった。今回は段ボールのパーツの形を一つ一つ線を書き作成した。

事前に小さいテスト用のドームを作り、作業の行程に慣れ、そのドームの欠点を見つけて本番用ドームの作成に活かすことにした。

3. 使用した材料と用具

- ・段ボール ・ガムテープ ・ボンド
- ・カッター ・ものさし

4. 作成方法

- ・ インターネットサイト「desert domes」(<http://www.desertdomes.com/index.html>)にて半径133.7cmを入力し、フラー型ドームの辺の長さとの比を求める(表1)
- ・ 計算したサイズに従って段ボールからパーツを切り出す

- ・ パーツ枚数：AAB30枚 FCD30枚 CFD30枚 CCB30枚 DDE30枚 EEE10枚
(図1のアルファベット各A・B・C・D・E・Fを一辺とする各三角形)

Strut	Length	Dome	Sphere
A	33.85	30	60
B	39.47	30	60
C	39.37	60	120
D	41.83	70	120
E	43.44	30	60
F	39.92	30	60
4-way connectors		20	0
5-way connectors		6	12
6-way connectors		65	150

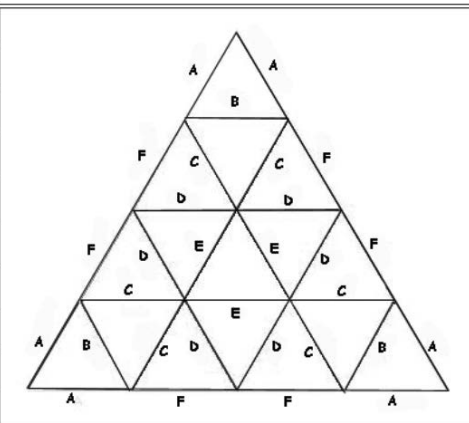


表1

辺	長さ(cm)
A	33.85
B	39.47
C	39.37
D	41.83
E	43.44
F	39.92

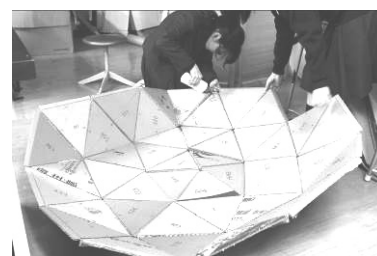
図1

テスト用には、半径にあわせて表1の数値を用い各三角形を作ることにした。

5. 製作上の注意

ダンボールを切断する際に以下の事に注意する。

- ・ ダンボールは頑丈で折れ曲がっていないものを使う。
- ・ 切る際に、2mm以上の誤差を作らない。
また、組み立てる際には以下の事に注意する。
- ・ ダンボールを組み立てる際にへこみ等を防ぐ為、できるだけ同じ厚さのダンボールを使う。
- ・ のりしろの幅をそろえ、端と端を合わせ、すき間ができないようにする。



テスト用の小さいドームを作っているところ

6. まとめ

「製作上の注意」に気を付けてテスト用を製作したつもりだが、のりしろの長さや段ボールの厚さが違ったため、人が支えていないとへこんでしまう。また、三角形の大きさが違ったため無理やり繋げてしまった。現在は本番サイズである半径 133.7 cmのドームを作成中であるが、その際には一枚一枚正確に測り直してから作りたい。ジュニアセッション当日にはそこまでの様子も報告したい。



完成したテスト用のドーム

MoonKAMを用いた月の研究 3

クレーターの形状と直径の関係から見た月の表と裏の違い

関西創価学園 MoonKAM Project Team

寺戸 聖菜（3年）、松本 諒大（1年）【関西創価高等学校】

永田 広平（3年）【関西創価中学校】

要 旨

MoonKAMとは、月周回衛星GRAIL（日本時間の2012年12月18日に月面に制御落下）を利用したNASAの教育プログラムである。

私たちはGRAILで撮影した写真を用いてクレーターの形状と直径の関係について比較し、月の表と裏の違いについて考察した。

1. はじめに

私たちは昨年、「小型クレーターの比較による、表側と裏側におけるレゴリス層厚の違いに関する考察」の中で、クレーターの直径と累積頻度の関係、および、クレーターに占める複雑クレーターの割合から、「地球によるブラインド効果」仮説の検証を試みた。また「クレーターの直径と深さに関する考察」において、表側と裏側の比較結果は「地球によるブラインド効果」仮説と矛盾しないとの結論に達した。

この「地球によるブラインド効果」とは、月が常に同じ面を地球に向けていることから、裏側により多くの隕石が衝突するという、私たちの立てた仮説である。しかしGRAILが撮影した写真ではクレーターの深さを正確に測定することが難しく、今回、新たに「クレーターの形状と直径の関係」を用いて「地球によるブラインド効果」仮説を検証することとした。

2. 計測方法

まず、GRAILで撮影した画像からクレーターをチェックし、縮尺から直径を算出する。

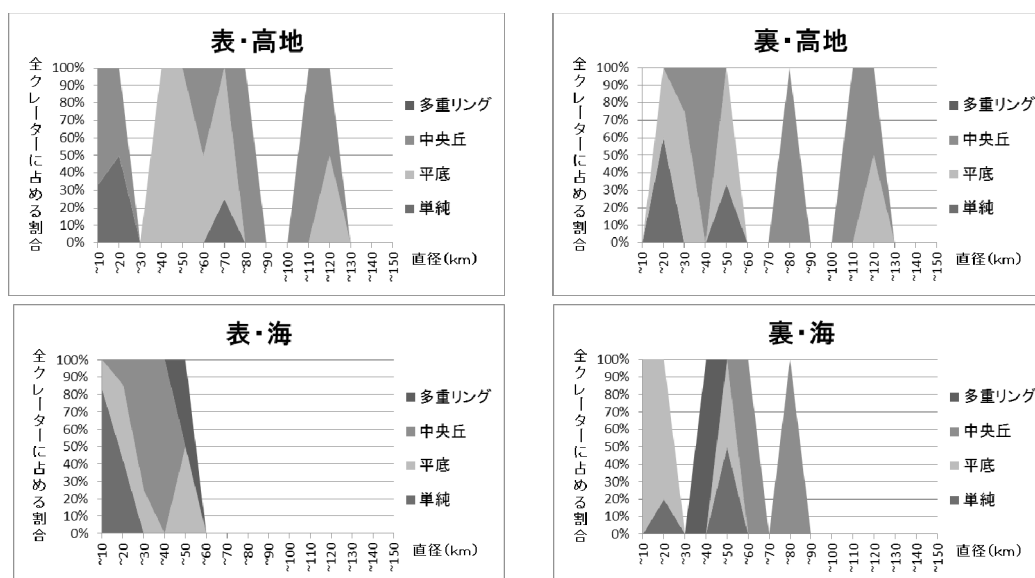
次に、クレーターの形状を「単純クレーター・平底クレーター・中央丘クレーター・多重リング状クレーター」の4つに、ロケーションを「表の海・表の高地・裏の海・裏の高地」の4つにそれぞれ分類して、各カテゴリーに当てはまるクレーター数をカウントする。

海が形成される際、月内部より流出した玄武岩質がレゴリスの堆積層を覆ってしまうため、海と高地では表層のレゴリス層の厚さが異なる。そこで「表の海・裏の海」「表の高地・裏の高地」をそれぞれ比較することとした。

なおMoonKAMデータのダウンロードサイトが昨年10月以降一時的にサービスを停止しており、現時点でGRAILの撮影画像を用いることができないため、本稿では考察にあたり NASA Catalogue of Lunar Nomenclature のデータを使用した。

3. 結果

結果は次の通りであった。



高地同士で比較すると、直径が10~30km程度の小型クレーターは、表側では中央丘型の割合が高いが、裏側では単純型・平底型が大半を占める。また100~130kmの大型クレーターでは、どちらも平底型と中央丘型のみとなり、割合もほぼ同一である。

一方、海同士で比較すると、直径が30km~のクレーターでは、表側では単純型が見られないのに対し、裏側では単純型や平底型が見られる。

4. 考察

高地の直径10km程度の小型クレーターを比較すると、裏側の方が単純型の割合が高い。また海の、直径が30km~60kmの中型クレーターでも、表側では見られない単純型が見られる。柔らかい表層のレゴリス層のみが抉られたときに単純型クレーターが形成されるとすると、以上2つの比較から、裏側のレゴリス層の方が厚いと推測される。

5. 今後の課題

日本の月観測衛星「かぐや」がレーザーサウンダーで観測した表側の海の地下構造は、レゴリス堆積層と玄武岩層が交互に重なったミルフィーユ構造であった。クレーター形状と直径の関係について、海に特有の関係が見られないかデータを検討していきたい。

また、裏側の海のクレーターについては、NASAのリストに記載が殆どなく考察結果の信頼度も低いため、今後、MoonKAM画像を用いてデータを補完していきたい。

なお、クレーターの形状にはピーリングクレーターやマルチリングクレーターなど4分類に当てはまらないものも多数存在した。写真からクレーターの形状を的確に分類できるように、基礎的な月の地学についても学んでいきたい。

6. 参考資料

NASA Catalogue of Lunar Nomenclature (Leif E. Andersson, Ewen A. Whitaker, 1982)

月面におけるカンラン石による太陽光の吸収を検出する試み

神尾 朱音、岡崎 大樹（高2）

階堂 颯葉、錦 拓実、恩田 恭輔、山口 久実、千田 直人（高1）

【埼玉県立浦和西高等学校地学部】

1. はじめに

月探査機「かぐや」は、搭載されたスペクトルプロファイラーによる広範囲な分光観測から月面クレーターの縁部や中央丘にカンラン石による波長1050nmを中心とする700nm～1500nmの吸収を発見した。カンラン石はマントル深部の高温高圧下で形成される岩石を主として構成する鉱物であることより、月面クレーターの生成は隕石衝突によるものとする説を裏付けるものである。我々はこのカンラン石による吸収を地上からの観測によって検出することを試みた。

2. 観測と結果

(1) 2012年7月31日 京都大学附属飛騨天文台での観測

- ・観測地 岐阜県高山市 京都大学附属飛騨天文台
- ・観測機材 DST（ドームレス太陽望遠鏡）垂直分光器
Photometrics CH350裏面照射型冷却CCDカメラ
- ・観測ターゲット 危難の海東縁
- ・観測方法 750、875、1050nmの分光強度を測定
- ・結果 期待する1050nmでの吸収を見出すことはできなかった。
(昨年のジュニアセッションで報告 スリットがターゲットをはずしていた可能性あり)

(2) 2013年8月18日～20日 京都大学附属飛騨天文台での観測

- ・観測地 岐阜県高山市 京都大学附属飛騨天文台
- ・観測機材 DST（ドームレス太陽望遠鏡）水平分光器
Photometrics CH350裏面照射型冷却CCDカメラ
- ・観測ターゲット コペルニクス中央丘
- ・観測方法 750、875、1050nmの分光強度を測定
昨年反省を踏まえ、次の変更を行った。
- ・ターゲットを望遠鏡を合わせやすいコペルニクス中央丘に変更
- ・分散の低い水平分光器に変更
- ・結果 装置のセッティングまでは行ったものの悪天候のため観測できなかった。

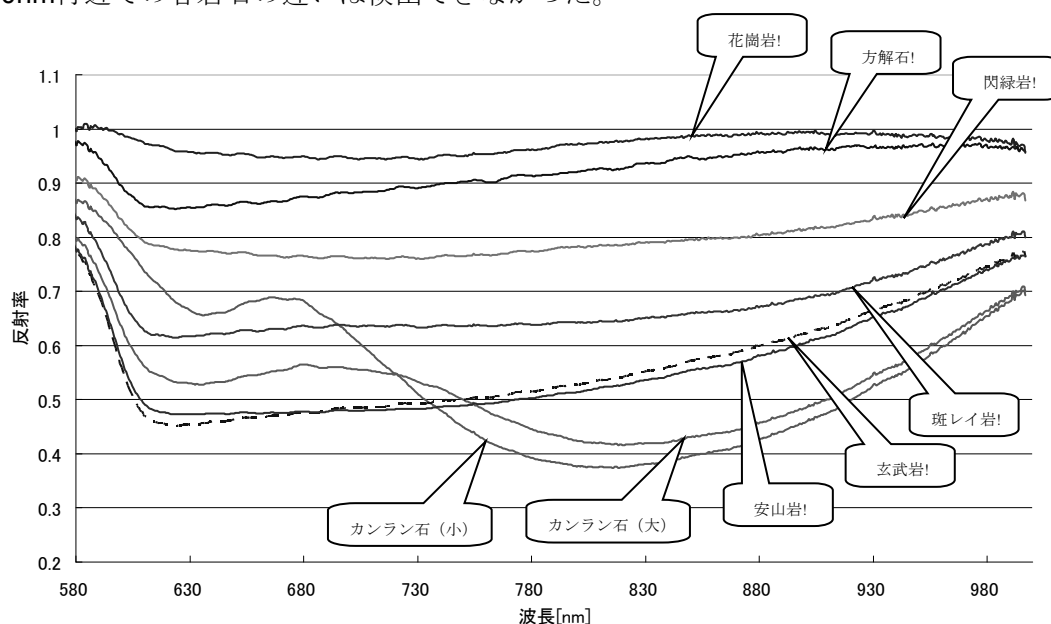
(3) 実験室での分光実験

- ・浦和西高校物理実験室
- ・機材 自作低分散分光器【図1】、可視光用冷却CCDカメラ(Atik Titan-mono)、人工太陽光源（コタツ用ヒーター）



【図1】低分散分光器！

- ・ターゲット カンラン石、方解石、各種火成岩（5種）
（カンラン石、方解石は小結晶の集合体）
- ・観測方法 600nm~1000nmの連続分光（600nm以下の波長はR1フィルターでカット）
- ・結果 600nmより長波長での反射光分光強度の測定を行った。その結果、図2に示すように他の火成岩では認められないカンラン石特有の700nm付近より長波長側での吸収を検出することができた。使用したカメラは1000nm付近ではほとんど感度がなくなるため、1000nm付近での各岩石の違いは検出できなかった。



【図2】カンラン石、方解石、各種火成岩による反射光の分光強度分布!

3. 考察

2度の飛騨天文台での観測で期待されるデータが得られなかったため、現在手持ちの小型望遠鏡と室内実験で使用した分光器を用いて月面の分光観測に挑戦している。小型の望遠鏡は空間分解能があまり高くなくカンラン石の存在をとらえることはかなり難しいと思われるが、観測、解析中であり、結果はジュニアセッションの会場で発表できる予定である。

4. まとめ

今回の観測から、室内実験ではカンラン石の700nmより長波長での吸収を捉えることができた。実際の月面における吸収をとらえることが目標であり、それができるよう最後まで努力しセッション当日を迎えたい。

5. 謝辞

飛騨天文台での観測および観測データの解析では、多くの研究者の方に協力していただきました。この場を借りて御礼申し上げます。また、本研究は科学技術振興機構の「中高生の科学部活動振興プログラム」の補助を受けて行いました。

月表面の偏光観測

隅蔵 あゆみ、柳田 涼泉、吉田 清美(2年)
【埼玉県立春日部女子高等学校】

1. はじめに

本校の地球科学部では、以前から様々な方法で月の研究を行ってきた。赤外線放射温度計を用いた月面温度の測定、月の反射スペクトル観測などである。しかし、反射スペクトルだけでは、月の海と高地の違いを見出すのは難しいことが分かった。そこで、私たちは偏光観測による研究に乗り出した。研究の目的は以下の通りである。

- ・月の画像を解析し、偏光マップを作成する
- ・月表面に似た物質のサンプルを用意して実験を行い比較する
- ・「ティコ」、「コペルニクス」などのクレーターの光条の特徴を偏光観測で捉える

2. 観測

私たちは2013年8月17日の月を撮影した。この時の月齢は10.5、位相角は約 40° であった。望遠鏡にカメラと偏光フィルターを取り付けた(図1)。フィルターには 10° ずつ 180° まで目盛りがふつてある。フィルターを 10° ずつ回転させ、19枚で1セットとなるような写真を撮影した。解析は、FITS画像形式に変換し、画像の一次処理を行った後で、RGB三色分解を行った。さらに、偏光フィルターの回転角と明るさについて調べ、散乱平面の方向と直角方向を見極めて偏光度を計算した。



図1 接眼部にセットした偏光フィルター

3. 実験

月の偏光観測結果の意味を確かめるため、実験室において鉱物の偏光測定を行った。月表面を形成している主な岩石は海が玄武岩、高地が斜長岩である。実験に使用したサンプルは次の通りである。

斜長石 (0.001mm、0.01mm、0.25~1mm)

玄武岩 (0.001mm、0.01mm、0.25~1mm)

月の偏光度の観測は、位相角 40° において行われたため、サンプル鉱物と光源、望遠鏡の角度を同じ 40° に設置し、月と同様に偏光フィルターを回しながら撮影を行った。得られた画像は、月の観測と同じように処理した。実験結果から、玄武岩の偏光度の方が、斜長石より大きかった。また、斜長石のサイズによる偏光度の違いは、ほとんど認められなかった。

4. 考察

作成された偏光度画像（図2）から、月の海は高地よりも偏光度が低いことがわかった。また、図3はティコ・クレーターの光条を横切るX-X'の断面図である。光条の部分の偏光度が低いことがわかる。光条は他の部分よりも偏光度が約0.5%低くなっている。高地にできたクレーターは斜長岩が主であるから、私たちの実験が正しいとすれば、新しいクレーターに関連する構造の偏光度が低い理由は、岩石の粒子サイズによるものではない。衝突によって生成された偏光度が低い鉱物の破片などであろう。それらは次第に風化していくことにより、偏光度の高い鉱物に変わっていくと考えられる。偏光観測は、クレーターの年代などを推定する有力な手段であるだろう。

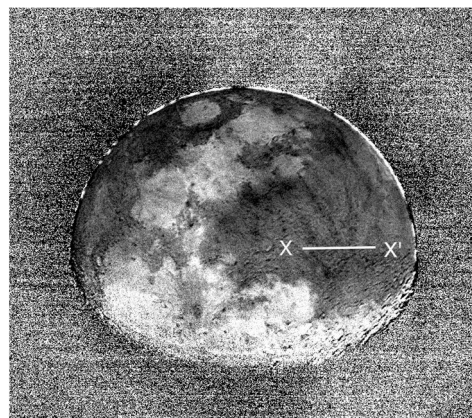


図2 偏光度画像(Gカラー)
位相角 40°

5. まとめ

私たちは偏光フィルターを用いて、月表面の偏光度マップの作成に成功した。また、鉱物の光学的な特性を実験によって確かめた。その結果、月表面を構成する物質の特徴が明らかになった。

- ・玄武岩でできている海の偏光度は高く、斜長岩でできている高地の偏光度は低い。
- ・クレーターから延びる光条の偏光度は、周囲より0.5%程度低い。
- ・0.001~1mmの範囲では、玄武岩の偏光度は粒子サイズ大きいと高くなり、斜長石の偏光度は粒子サイズに依存しない。
- ・比較的新しいクレーターの周辺、光条の偏光度が低いのは、衝突による変成鉱物である可能性が高い。

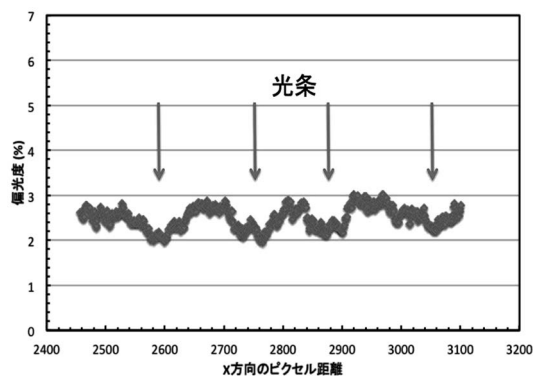


図3 ティコから延びる光条の偏光度低下

6. 参考文献

- (1) 「比較惑星学」、岩波地球惑星科学講座、岩波書店、1997
- (2) 「最新・月の科学」、渡部潤一、NHK ブックス、2008
- (3) 「理科年表」、国立天文台編、丸善、2013
- (4) 「彗星の科学」、鈴木文二、秋澤宏樹、菅原賢、恒星社厚生閣、2013

月の写真が解き明かす公転の謎

【ハートピア安八ジュニア天文倶楽部】

後藤 大輝（中1）【羽島市立羽島中学校】、田島 怜一郎（小6）【岐阜市立岐阜小学校】、橋口 健太（小6）【山県市立伊自良南小学校】、林 萌々音（小6）【大垣市立東小学校】、志村 保乃佳（小5）【一宮市立末広小学校】、富田 小冬（小5）【一宮市立向山小学校】、山田 祐月（小4）【羽島市立竹鼻小学校】

要 旨

月の写真から満ち欠け周期を求めたところ、意外にも値に6日ものばらつきが出た。満ち欠けが起きる仕組みを月の公転運動だけで考えた単純なモデルで作図し、周期のばらつきを円周の違いとして描くと、月の公転が円軌道でないことが判明した。さらに写真の月の大きさから月の距離（比）を考慮すると、公転する速さも変化していることが分かった。

1. 目的

- ・望遠鏡を使って月の満ち欠けの写真を撮る。（写真撮影の方法を身につける。）
- ・満ち欠けの仕組みを調べ写真から満ち欠け周期を求め、月の運動モデルを考察する。

2. 撮影方法

天体望遠鏡の直焦点で、表1のように月を15晩撮影した。撮影例を図1に示した。

表1 月の撮影方法

望遠鏡	・口径15cm屈折望遠鏡 ・焦点距離1,800mm (F12)
カメラ	・CANON EOS 60D
撮影方法	・直焦点撮影（レデューサー使用） ・合成焦点距離1,260mm
露出	・適正露出とその前後を10枚ずつ撮影
感度	・ISO 100~800
その他	・ブレを防ぐため、電子レリーズを使用 ・画角の縦と横を天の南北、東西に合わせる



図1 月の撮影例(2013年5月22日19h16m)

3. 模型

による満ち欠けの実験

月の満ち欠けの周期的な変化をどう理解するか考えるために、図2の模型を使った実験を行った。月を正面からでなく、上から見ると昼夜の境界線を単純な直線で見ることができ、境界線が回転していくことで、満ち欠けを説明できる。

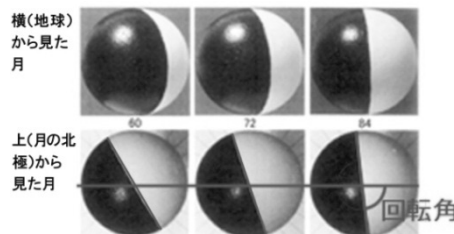


図2 月の満ち欠けの実験(月の満ち欠け境界線の回転)

新月の時の境界線を基準にし、図の回転角が90度で上弦の月となり、境界線が360度回転すると満ち欠けが一巡する。

新月の時の境界線を基準にし、図の回転角が90度で上弦の月となり、境界線が360度回転すると満ち欠けが一巡する。

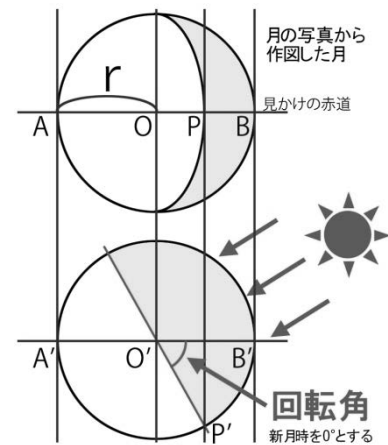


図3 満ち欠け境界線の回転角の求め方

4. 回転角の変化から満ち欠け周期を求める

15回の観測結果の写真をもとに図3のように作図し、それぞれの回転角を求めた。2回の観測から式1で満ち欠け周期が求められる。

月の満ち欠け周期 = 観測時間の差（経過時間） ÷ 回転角の差 × 360・・・式1
求めた満ち欠け周期は、最小(26.9日)と最大(32.9日)で6日間もの違いがあった。

5. 満ち欠け周期のばらつき

なぜ、6日間のばらつきがあるのか疑問に思い、図4に示すとおりグラフに描き特徴を調べた。グラフを見ると波をうっているので、私たちはただの誤差ではないと考えた。

そこで、月が地球の周りを公転する単純なモデルを考えた。この公転モデルで月の満ち欠け周期は、式2で表すことができる。

月の満ち欠け周期 = 軌道の円周 ÷ 公転速度 …… 式2

月が単純な円軌道で地球を回る時、満ち欠け周期が変わる原因は次のとおりである。

- 原因 a. 月の軌道の円周だけが変わる
 - b. 公転速度だけが変わる
 - c. 月の軌道の円周と公転速度の両方が変わる
- どれが妥当か不明のため、aを前提に考察を進めた。

6. 月の公転軌道円と公転速度の考察

月の公転の運動を簡単にするため次の仮定を行い、月の運動を図で表すことにした。

- 仮定 ① 月が公転する速さは一定
- ② 月の軌道は円軌道

式2を単純にすると、時間 = 距離 ÷ 速さになる。仮定により速さは一定なので、1を代入すると式2は、時間 = 距離になり、時間の値をそのまま距離として計算できることになる。

図5は「満ち欠け周期の違い」を「軌道円の大きさの違い」として表したものである。2回の観測日の中間に代表の月の位置を黒丸で描き、これを結んだ太線が軌道を示す。この図から、月の軌道は「円軌道ではない」ことが分かる。(楕円と重なった。)

地球に近い月は大きく遠い月は小さく見えるので、観測写真を使い図5で描いた楕円を検証した。月の位置がほぼ正反対になり、遠・近にある⑧と⑥の写真の月の半径を測った。写真と作図の短半径の比を比べたが、2つの比は一致しない。写真から月が近い時は、作図よりも実際は遠いことが分かった。

近い時の月をBからB'に修正すると、軌道半径が長くなり円周も長くなる。これを同じ時間で回るから、B'での月の運動は速くなる。遠いAの月と近いB'の月を比べると、地球に近い時は速く、遠い時は遅く動いていることが分かり、「月が軌道上を進む速さ」は、変化するといえる。

7. 結論と今後

考察から導かれた結論は次の2点である。

- ① 月の公転軌道は楕円である
- ② 月の公転速度は地球に近い時には速く遠い時には遅い

これまでの考察は、月の公転だけを考慮した単純なモデルで進めてきた。今後は、地球の公転も考えに入れたモデルを作り、さらに詳しい月の運動モデルを調べていきたい。

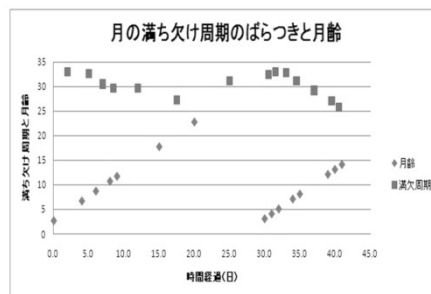


図4 満ち欠け周期のばらつきと月齢の変化

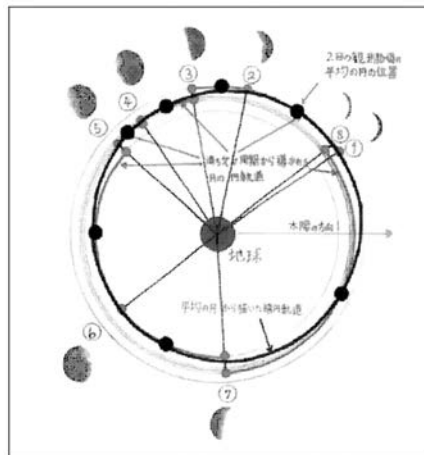


図5 円形軌道(満ち欠け周期)の違いと楕円軌道

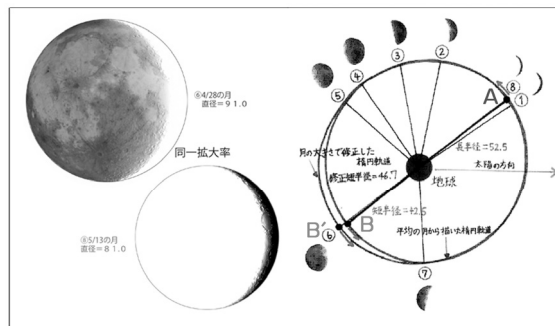


図6 月の写真により修正した月の楕円軌道(B')

彗星の色の謎に迫る

江刺 和音 (高校2年) 【仙台白百合学園高等学校】

本間 由莉 (高校2年) 【岩手県立久慈東高等学校】

1. 研究動機

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…」のイベントにて、我々は今年度よく話題になった彗星について研究することになった。彗星について調べていくうちに様々な色の彗星の写真を見つけ、なぜ彗星には色の違いがあるのかということに興味を持った。写真の彗星の色は人工的に合成されたもので本当の色ではないということが分かったのだが、実際には何色なのか、また、なぜその色に見えるのか実際に観測を行うことで調べていくことにした。

2. 研究方法

撮像観測で色指数を出し分光観測で成分を確かめる。観測については以下の要領で実施。

観測日時・場所：2013年12月23-24日 仙台市天文台 ひとみ望遠鏡 (口径1.3m)

観測天体：ブルーイントン彗星 (154P)

露出時間・枚数：〔撮像観測〕 B：60秒×3枚、V：60秒×3枚、R：60秒×3枚

〔分光観測〕 2"スリット (波長域3200~6800Å)：120秒×6枚

データ解析については、すばる画像処理ソフト：マカリを用いて撮像データを測光する。以下の結果・考察では、これ以外にアーカイブデータも用いている。

3. 結果

〔撮像観測〕 (等級はベガ等級)

等級：B 16.06 等級， V 14.43 等級， R 12.73 等級

色指数：B-V=1.63， V-R=1.69

アーカイブデータと合わせると図1のようになる。(比較として太陽の色指数も載せる)

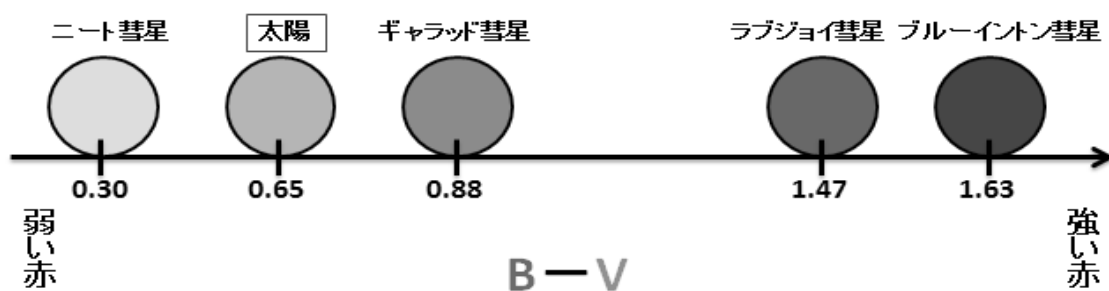


図1 B-Vの色指数の結果

V-Rも同様に太陽よりも赤っぽいという結果が得られている。(ニート彗星は例外)

〔分光観測〕

観測したブルーイントン彗星の等級がVバンドで14.43等と大変暗かったため、分光観測で得たデータを解析しても輝線を判別することができなかった。

4. 考察

はじめに、彗星は太陽の光を反射して光っているのだから、色指数も太陽と同等の値が得られるであろうと予想していた。しかし、実際は太陽の色指数より値が大きく、赤いという結果が得られた。これは彗星特有の性質ではないかと考えられるが、赤く見える原因にはどのようなことが考えられるかについて以下の2つの考察を立てた。

考察1：H2Oの輝線

調べていくうちに彗星の成分の約80%がH2Oだと分かった。これをふまえて図2を見るとH2O+が4270–7540Åの範囲にあることが分かる。どの彗星にもH2Oが多く含まれていると考えられ、それによる輝線が長波長側で多く出るため長波長側の光のエネルギー量が短波長側のものより多くなり、彗星は一般的に太陽よりも色指数的に赤っぽくなると考えられる。

Species*	Transition	System Name	Wavelength (Å)
OH	$A^2\Sigma^+-X^2\Pi_1(0,0)$		3085
CN	$B^2\Sigma^+-X^2\Sigma^+(0,0)$	Violet	3883
	$A^2\Pi-X^2\Sigma^+(2,0)$	Red	7873
C ₂	$d^3\Pi_g-a^3\Pi_u(0,0)$	Swan	5165
	$A^1\Pi_g-X^1\Sigma_g^+(3,0)$	Phillips	7715
	$D^1\Sigma_g^+-X^1\Sigma_g^+(0,0)$	Mulliken	2313
C ₃	$\tilde{A}^1\Pi_u-\tilde{X}^1\Sigma_g^+$	Comet Head Group	3440–4100
CH	$A^2\Delta-X^2\Pi(0,0)$		4314
	$B^2\Sigma^+-X^2\Pi(0,0)$		3871, 3889
CS	$A^1\Pi-X^1\Sigma^+(0,0)$		2576
NH	$A^3\Pi-X^3\Sigma^-(0,0)$		3360
NH ₂	$\tilde{A}^2A_1-\tilde{X}^2B_1$		4500–7350
O ¹ D	$^1D-^3P$		6300, 6364
O ¹ S	$^1S-^1D$		5577
C ¹ D	$^1D-^3P$		9823, 9849
CO ⁺	$B^2\Sigma^+-X^2\Sigma^+(0,0)$	First Negative	2190
	$A^2\Pi-X^2\Sigma^+(2,0)$	Comet Tail	4273
CO ₂	$\tilde{B}^2\Sigma_u-\tilde{X}^2\Pi_g$	Fox-Duffendack-Barker	2883, 2896
	$\tilde{A}^2\Pi_u-\tilde{X}^2\Pi_g$		2800–5000
CH ⁺	$A^1\Pi-X^1\Sigma^+(0,0)$	Douglas-Herzberg	4225, 4237
OH ⁺	$A^3\Pi-X^3\Sigma^-(0,0)$		3565
H ₂ O ⁺	$\tilde{A}^2A_1-\tilde{X}^2B_1$		4270–7540
N ₂	$B^2\Sigma^+-X^2\Sigma^+(0,0)$	First Negative	3914

図2 成分と輝線の関係(Feldman et al 2004)

考察2：軌道とダストによる減光の関係

一般的にダストによって短波長の光は吸収されやすく、それにより色は赤くなる。また、彗星は太陽の熱によって溶かされ周りにダストや塵が発生しコマを形成している。このことから、長周期彗星であるニート彗星(C/2001 Q4)、ギャラッド彗星(C/2009 P1)、ラヴジョイ彗星(C/2011 W3)は、短周期彗星であるブルーイントン彗星(154P)より少なくとも太陽の周りを回った回数が少なくダスト量も少ない。それが図1の色指数の結果に表れているのではないかと考えられる。

5. まとめと今後の課題

一般的に彗星は太陽よりも色指数的に赤っぽいということがわかった。その原因として以上の考察1と考察2などが考えられる。

今回は分光観測で有益なデータを得られなかったが、露出時間を長くし積分枚数を増やして分光することで、考察1と考察2のどちらが支配的なのかを決めることができるのではないかと考えられる。

6. アーカイブデータについて

ラヴジョイ彗星：仙台市天文台から提供

ニート彗星：彗星課月報 2004年5月

ギャラッド彗星：<http://www.lpi.usra.edu/meetings/acm2012/pdf/6075.pdf>

アイソン彗星に何が起こったのか

前田 健登(2年), 頼安 寿樹(2年), 前田 涼汰(1年) 【兵庫県立大学附属高校自然科学部天文班】

要 旨

太陽に接近し崩壊したアイソン彗星 C/2012 S1 について、太陽に近づくまでの色の変化・及び近日点通過前後の速度を調べた。その結果、彗星が太陽に近づく過程で急激に増光し、その色は次第に青色へと変化していることが分かった。更に近日点の通過後、彗星の加速度が小さくなる変化が見られた。

はじめに

アイソン彗星は、国際科学光学ネットワーク (ISON) の望遠鏡で発見された、二度と戻って来ない双曲線軌道の彗星である。彗星は様々な物質が発光するが、その波長は物質により固有である。分光観測と合わせて彗星の色の変化を望遠鏡で観測し、この彗星がどのような物質を放出するのか研究する計画を立てていたが、観測の前の 11 月末にアイソン彗星が崩壊してしまった。そこで、10 月から継続して観測なさっていた岡山の赤澤秀彦さんから彗星画像を頂くことにした。また、崩壊前後で彗星の動きに変化が無かったか太陽観測衛星 SOHO の画像に写ったアイソン彗星の動きを調べてみることにした。

研究Ⅰ アイソン彗星の色の变化

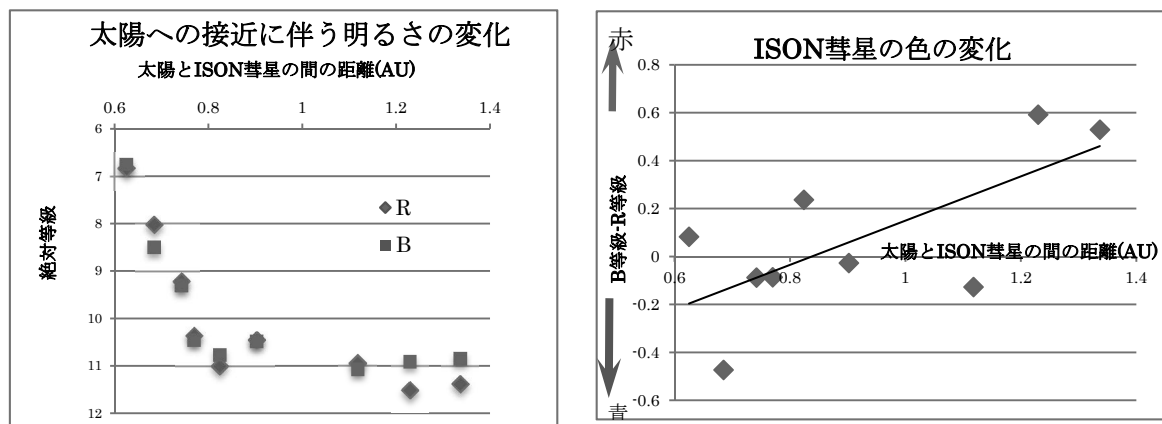
観測データ 観測機材: Celestron C11 28cm F6.3 +SBIG ST9-XE

期間: 10/14 - 11/19 の 15 日分のデータ

観測者: 赤澤秀彦さん 観測地: 岡山県倉敷市

画像解析ソフトの Makali'i を使って、赤色(R)と青色(B)の画像から彗星と周辺の星を測光し、画像上での明るさ(等級)を求めた。また DS9 というソフトを使ってそれらの星の明るさを調べ、求めた画像上の星の明るさと比較して彗星の見かけの明るさを求めた。求めた R と B の明るさの差から太陽に近づくにつれどのように彗星の色が変化するのかを調べた。

太陽への接近に伴う R,B それぞれの絶対等級の変化、及びその差の変化を下に示す。



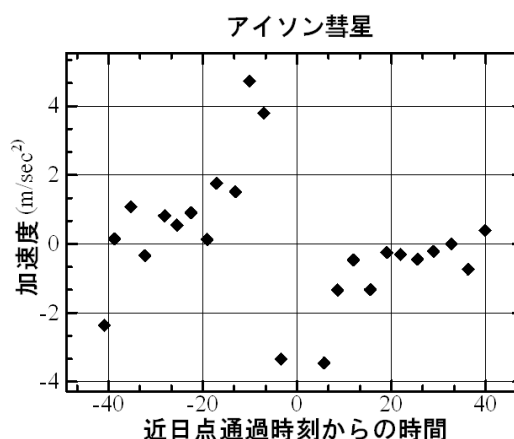
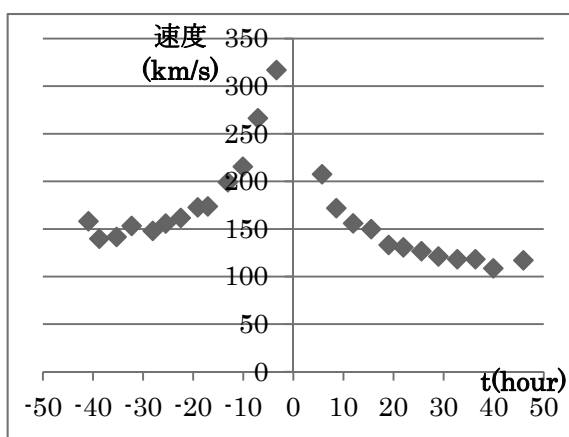
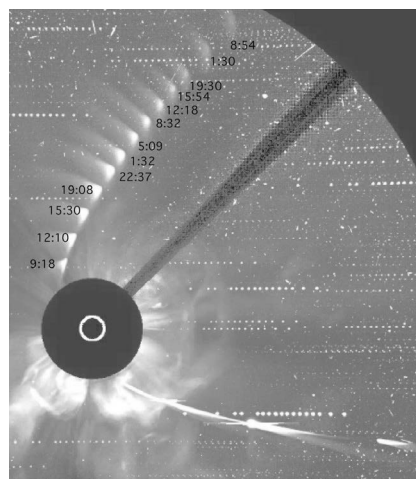
研究Ⅱ 彗星の近日点通過前後の動き

データ SOHO ホームページのアイソン彗星近日点通過の映像を約 3 時間おきに切り出した画像を作成した。

Makali'i を使って画像上の彗星の位置を調べた。求められた位置を、SOHO 画像上の太陽の大きさを基に、実際の距離に変換してそれぞれの時刻における速度を求めた。さらに地球と彗星との位置関係を基に、より正しい速度へ変換し加速度を求めた。

図は速度ないし加速度の変化を表したものである。横軸は近日点通過の 11 月 28 日 18 時 35 分からの時刻経過を時間で表している。

近日点通過後、速度が低下し速度がほぼ一定の値となっていく様子が見られる。しかし、遠ざかる速度が予測よりも遅くなっていることが分かった。



考察とまとめ

研究 I の明るさの変化の図より、彗星と太陽の距離がおおよそ 0.8AU 程度にまで近づいたころ、急激な増光があることが分かる。写真の撮影時期よりそれは 11 月 8 日頃の出来事だと推測できる。また、彗星の色は、比較的赤色光が強いものから、青色へと変化した。これらは、彗星が太陽に近づくにつれ、しだいにガスを放出したためと考えられ、井垣らの研究とも一致する。

近日点前後の動きは研究 II のグラフから読み取ることができる。近日点通過までの数日間、彗星は速さを増したが、通過後には速さが接近前より低下した。この結果は、彗星の崩壊の過程で何らかの抵抗力が働いた可能性を示唆している。

参考文献

C/2002 T7 (LINEAR) の撮像・分光観測, 井垣潤也ら, 西はりま天文台年報, p40-45

謝辞

この研究に際して、観測データを提供くださったアマチュア天文家の赤澤秀彦さん、研究を指導してくださった元西はりま天文台研究員の時政典孝さんに感謝する。

アイソン彗星と私達の 23 日間

福島 百合子、澤田 彩果（高1） 【群馬県立前橋女子高等学校・地学部】

概要

2013年、アイソン彗星がやってくる……。私達は2013年11月1日からこの彗星の観測を始めた。天体撮影に挑戦したのは今回が初めてだったので、最初は位置が特定できなかつたりピントが合わなかつたりしたが、18日から23日までの6日間の撮影に成功した。撮影した写真を用いて彗星の位置変化と光度変化を求めると、彗星はシミュレーションソフトの予想通りの軌道を描いたが、予想より暗かったことが分かった。

1 目的

- ・彗星の位置測定をし、ケプラーの第二法則が成り立つかどうかを確かめる。

※ケプラーの第二法則

惑星と太陽とを結ぶ線分が単位時間に描く面積は一定であるという法則

- ・Astro-HSの観測提案に従い、彗星の光度変化を追跡する。

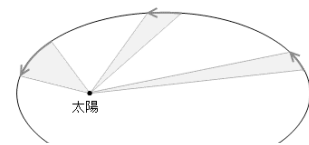


図1 ケプラーの第二法則

2 方法

ステラナビゲーターを用いてアイソン彗星の位置を調べ、その方角に向かって夜明け前に写真を撮影する。

- ・観測場所 各自の自宅（群馬県前橋市）
- ・観測日時 2013年11月1日～23日
- ・使用機材 NIKON D60（福島）、NIKON D7000（澤田）

※露出時間は彗星の高度や時間帯により異なる



図2 アイソン彗星

位置測定 ステラナビゲーターと写真を見比べ、彗星の位置の赤経赤緯を導く。

光度変化 撮影した写真から画像処理ソフト **vega** を使って彗星の周辺を抜き出し、エクセルで抜き出したところ全体の明るさから夜空の明るさを引いて彗星の光度を出す。同じ写真の中から彗星より暗い星を基準星として定め、彗星と同様に光度を出す。基準星の等級から彗星の等級を導く。

3 観測結果

〈ステラ〉ステラナビゲーターの予測値 〈澤田・福島〉それぞれ撮影したものを各自処理したもの

〈T澤田・T福島〉先生が撮影したものを澤田・福島が処理したもの

〈仙台一高〉「京都産業大学 益川塾 第六回シンポジウム」で発表した際、同じくアイソン彗星について発表していた仙台第一高校にデータを提供していただいたもの

図3 位置変化

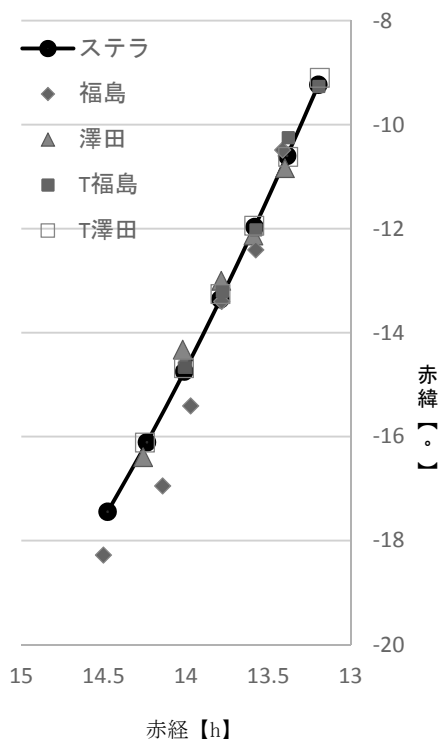
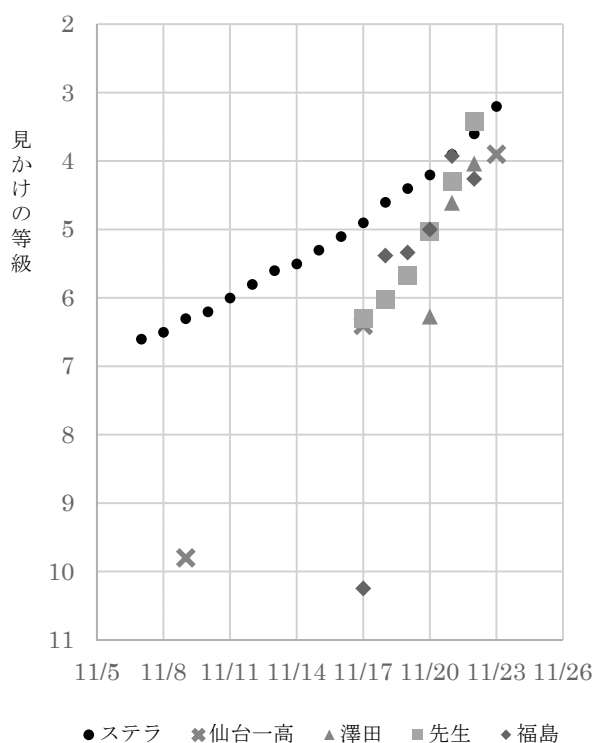


図4 光度変化



4 考察

位置変化 ステラナビゲーターのシミュレーションと私達が観測した位置はほぼ一致した。ここからどのようにケプラー則につなげるかは、研究中である。

光度変化 ステラナビゲーターのシミュレーション結果より、私達と仙台第一高校の光度測定の結果が共に下回っているのが、実際には彗星が予想値よりも暗かったことが推定される。彗星は予想より暗く見え始め、日に日に明るくなっていった様子がグラフからわかる。私達はデジタル一眼レフカメラを、仙台第一高校は冷却 CCD カメラを用いて撮影・光度測定をしたので、彗星が予想より暗くなったのはカメラの問題ではないと考えられる。彗星は日ごとに明るくなっていったが、同時に太陽に近づき、背景の空も明るくなっていったので、彗星が見やすかったのは 22 日のあたりだった。

5 今後の課題

- ・ケプラーの第二法則が成り立つことを確かめたい。
- ・ぐんま天文台に提供していただいたデータを用いて 17 日以前の彗星の様子を研究したい。

6 使用ソフト

- ・天文シミュレーションソフトウェアステラナビゲーター9 (AstroArts 社製)
- ・天文シミュレーションソフトウェア Stellarium ver.0.10.6.1
- ・画像処理ソフト vega

アイソン彗星(C/2013 S1)の残存核の検討

不動 佳樹, 川村 明生, 富士野 健人, 池田 悠実花,
伊東 賢佑, 長谷川 祐真, 吉田 美樹子, 福本 莉夏 (高1) 【成蹊高等学校・天文気象部】

要 旨

近年で最も明るい彗星になるといわれたアイソン彗星は、2013年11月29日に近日点を通過した際、崩壊してしまった。完全に蒸発してしまった可能性が高いとされているが、ごく小さな破片が残っているかもしれない。私たちはステラハンターというソフトウェアを使ってその破片を探してみた。

1. アイソン彗星について

彗星とはそれは岩石や有機物の混ざった氷である。彗星は、太陽に近づくことで、太陽から受けるエネルギーで彗星本体からちりを吹き出す。その際彗星本体とその周囲にちりが拡散した「コマ」と呼ばれる部分と、太陽の反対方向に伸びたちりやガスでできた「尾」が太陽光を受けて明るく輝く。近日点（太陽に最も近づく日）に最も明るくなるが、地球から見るには、近日点は太陽に近過ぎて観察しづらいため、実際に観察に適した期間はその後である。また彗星が地球に接近しているときも明るく、尾が長く見える。彗星のうち、軌道が楕円になっておらず太陽に近づいたら後はどこかへ行ってしまう、二度と戻って来ない彗星を非周期彗星と言う。

アイソン彗星は非周期彗星で、太陽に極端に近づく軌道を持っており、近日点通過時の前後には、明るさが-6等級から-7等級にまで達する見込みであった。

近日点通過時に崩壊したとみられたアイソン彗星について、米航空宇宙局（NASA）は11月30日までに、「核の一部が残っている可能性がある」と発表した。



図1. 成蹊高校天文気象部OB・高松 覚氏が撮影した2013/11/15と2013/11/17のアイソン彗星

3. 観測方法

- ・観測日時： 2014年12月14日28時21分 - 29時41分
- ・望遠鏡： タカハシFS152 CELESTRON NEX STAR 8SE
- ・カメラ： 冷却CCD (SBIG社製ST-9E、SBIG社製ST-7XEMi)
- ・測光フィルター： Clear filter (SBIG社製)

・露出時間:60秒露出, インターバルなしで60枚連続撮像

・撮像範囲:

HORIZONシステムを使って予測した1/24 28:30 JSTのアイソン彗星の予報位置は、

赤径16時10分42.77秒赤緯+14時11分48.8秒
で、画像マッチングから求められた画像(図2)は、
赤径16時09分59.06秒赤緯+14時17分28.7秒
を中心とした30分角の範囲

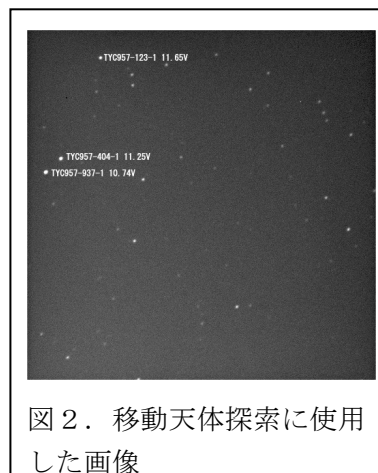


図2. 移動天体探索に使用した画像

4. ステラハンターによる移動天体の検出方法

ステラハンターは、同じ範囲の星野を連続撮像した画像の中から星座カタログに載っている星座を自動で発見し、それらの天体とは異なる動きをする物体をみつけることができる。

- ・60枚の画像全てにフラット補正をする
- ・画像マッチングを行って、視野内の恒星を同定する
- ・位置合わせを行い、探索画像の視野のずれを修正
- ・スカイ調整を行い、全ての探索画像の背景の明るさをそろえる
- ・マスク処理を施して、移動しない恒星を除去
- ・マスク処理によって残った移動する天体のうち、特定の条件のものを抽出する

5. 検出結果

抽出された天体が74個あると判定された。1つを除いてはまったく動かなかった。残りの1つは、非常に高速で移動していたことから人工衛星だと思われる。17等星以上の等級では、アイソン彗星のかけらは発見できなかった。

6. まとめ

2014年12月14日29時に、アイソン彗星(C/2012 S1)の残存核の探索を行う目的で、予想位置の星野の連続撮像を行った。得られた画像をステラハンターで処理し、移動天体の有無を調べたが、17等よりも明るい移動天体は確認されなかった。

3 彗星の観測と測光

天野 翠(高2)、徳重 友美、則武 桃子(高1)
【愛知県立一宮高等学校 地学部】

要 旨

多くの明るい彗星が予測され、“コメットイヤー”とも呼ばれた2013年。残念ながら期待されていたほどの大彗星は見られなかったが、次々と現れた彗星たちの姿や動向は我々観測者の心を躍らせてくれた。本研究ではそんな彗星たちのうち、パンスターズ彗星(C/2011 L4)、アイソン彗星(C/2012 S1)、ラブジョイ彗星(C/2013 R1)の3彗星を観測・撮像し、写真から光度を測定した。

1. 方法

観測に使用した機材は以下の通りである。

- ・望遠鏡(口径10.5cm屈折式, 口径20cmシュミットカセグレン式)
- ・冷却CCDカメラ(SBIG ST-7XE) ・バンドフィルタ(B, V)

測光はBバンドフィルタとVバンドフィルタの写真をそれぞれflat, dark処理・コンポジットした後、見やすいようレベル調整したもので行う。測定する箇所は①頭(核とコマ), ②尾(テイル), ③全光度 の3通り。画像処理ソフトでそれぞれの箇所及び比較星のカウント値を求め、下記の(式1)(ポグソンの式)を用いて等級を算出する。また、それぞれ求めたB等級とV等級の差(B-V等級)が色指数で、この数値が大きいほど赤味を帯びた色合いである。

さらに、Rozenbergの式等を用いて大気吸収による減光量を補正する。この補正についてはポスターに詳細を記す。なお、補正後のB-V等級は、B等級、V等級でそれぞれ補正した後に差を求めて算出する。

$$M=m-2.5\log(L/l) \dots(式1)$$

M: 求める等級 m: 比較星の等級 L: 求める箇所のカウント値 l: 比較星のカウント値

2. 結果

	日付		地心距離 (AU)	日心距離 (AU)	V等級			B-V等級		
	月	日			頭	尾	全光度	頭	尾	全光度
PANSTARRS	4	13	1.373	0.936	7.62	5.73	5.28	0.88	0.59	0.61
	5	3	1.544	1.328	9.90	9.84	7.22	0.45	0.58	0.82
ISON	11	9	1.028	0.796	9.66	8.19	7.50	1.68	1.29	1.45
	11	17	0.884	0.563	5.46	5.92	4.69	1.90	1.64	1.69
Lovejoy	11	17	0.405	1.053	6.85	6.38	5.40	1.28	-0.30	0.25

(表1) 補正前

	日付		V高度	補正後V等級			補正後B-V等級		
	月	日		頭	尾	全光度	頭	尾	全光度
PANSTARRS	4	13	19.26	6.78	4.89	4.44	0.18	-0.11	-0.09
	5	3	33.87	9.40	9.34	6.72	-0.29	-0.16	0.09
ISON	11	9	30.42	9.11	7.64	6.95	0.98	0.60	0.75
	11	17	11.20	4.04	4.51	3.28	1.80	1.54	1.59
Lovejoy	11	17	44.14	6.45	5.98	5.00	0.38	-1.20	-0.65

(表2) 補正後

3. 考察

○光度について

[パンスターズ彗星]

近日点通過から時間が経ち、地心距離と日心距離が大きくなるにつれて光度が下がっていき様子が確認できた。

[アイソン彗星]

近日点に近づくにつれて明るさが増していった。

[ラブジョイ彗星]

データが1日分しか無いため、現時点では変化を比較することはできないが、もう一度観測を予定している。近日点から遠ざかり、明るさが弱まると予測している。

○色指数について

色指数についてはどの彗星にも若干の疑問が残る。減光量の補正がうまくいかなかったことが原因だろうか。

[パンスターズ彗星]

頭と尾の色指数はどちらも4/13より5/3の方が低かったのに対し、全体の色指数は5/3の方がわずかに高かった。

[アイソン彗星]

11/9と11/17の色指数の差が激しく、特に11/17は赤味が強すぎる結果となった。

[ラブジョイ彗星]

頭は赤味があり、尾や全体としては青味が強い。光度と同様に、次回の結果との比較をして更なる考察をしたい。

4. おわりに

今回の測光結果にはまだ疑問が残る。今後その誤差の原因を追究し、精度を高めたい。また、この結果を元に他になにか考察できることがないかも模索していきたい。しかし、今回観測した3彗星はどれも短周期彗星ではなく、もう二度と観測することができないため、少ない回数しか観測できなかったことが心残りである。

参考文献・URL

彗星観測ハンドブック2004(高校生天体観測ネットワーク (Astro-HS))

高校生天体観測ネットワーク (Astro-HS) (<http://www.astro-hs.net/>)

吉田誠一のホームページ(<http://www.aerith.net/>)

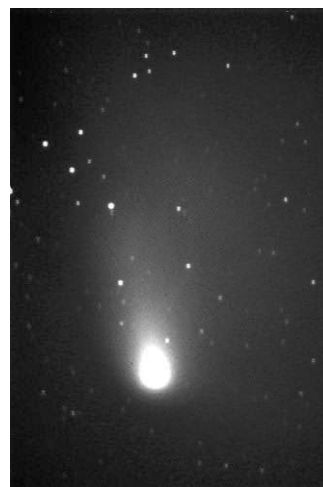
使用ソフト

天文シミュレーションソフトウェア ステラナビゲータ

天体画像処理ソフトウェア ステライメージ

すばる画像処理ソフト マカリ

Microsoft Excel 2010



パンスターズ彗星 (2013/4/13, Vバンド)

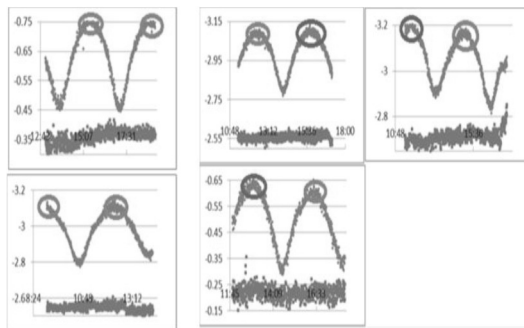
食変光星「VW Cep」のライトカーブに関する研究

福岡県立小倉高等学校科学部 SS 天文研究会 2年 坂田 竜太郎 1年 矢島 翔太 大園 咲奈
(食変光星 VW Cep とは)

食変光星とは、2つの恒星が互いの周りを回っている連星系のことで、2つの恒星の公転面上に観測点(地球)があることで、2つの恒星の食現象により周期的に見かけの明るさが変わる天体である。連星系を構成する2つの星が重なる時の大きな光度低下を極小と呼び、2つの星が両方見える時、光度が最高となることを極大と呼ぶ。VW Cep は食変光星の中でも変光周期が最も小さいEW型食変光星で、一晩で1周期分のライトカーブを撮影できるため、研究の対象とした。

(仮説と考察)

右のグラフはVW Cepの観測データのライトカーブである。主極小後の極大を第一極大、副極小後の極大を第二極大とすると、極大の明るさが等しい時、第一極大の方が明るい時、第二極大の方が明るい時の3パターンが確認できた。これより、次の2つの現象が起きていることが予測できる。

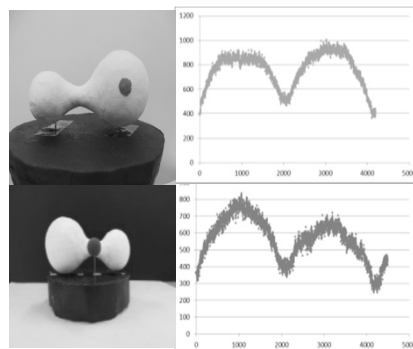


I <<2つの星のうち、片方に黒点が生じている(黒点モデル)>>

天体が互いの周りを公転する一周期の2つの極大うち片方で黒点が発生している。

II <<2つの星の周りを惑星が公転している(惑星モデル)>>

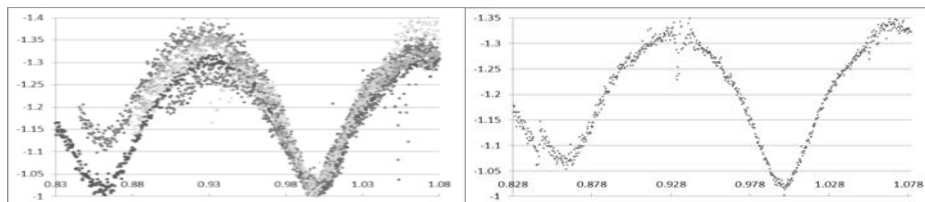
2つの天体の周りを第三の惑星が公転している。VW Cepの公転のもの以外の周期的な光度低下は、粘土モデルのライトカーブを得ることで確認することができた。



(研究の手法)

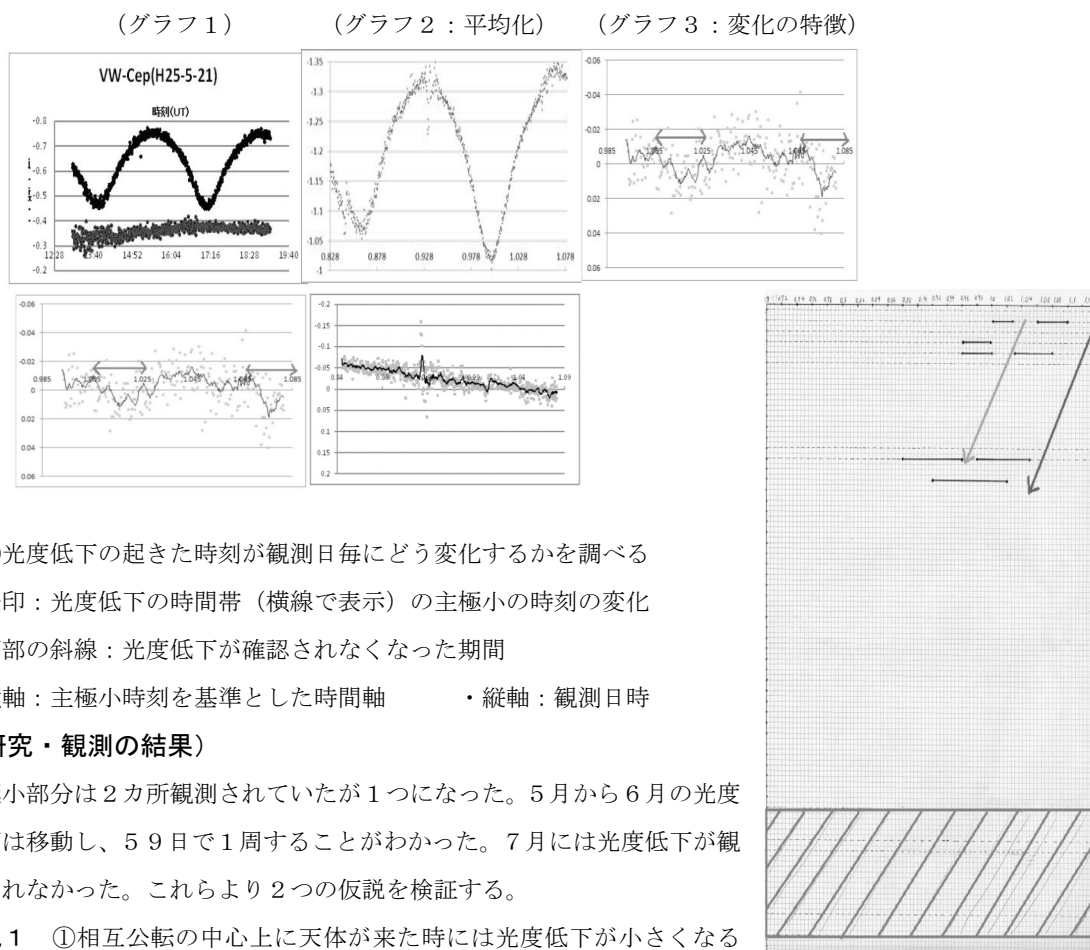
- ①実際に観測を行い、ライトカーブを取得する
- ②観測したグラフの平均値をとったグラフを作成する。

私達は、各夜の平均をとったライトカーブを求めれば、これを基準に各観測日の平均のライトカーブと比較したときの光度低下を確認することが可能になると考え、5月14日から6月6日までのライトカーブで平均のライトカーブを求めた。既にわかっているVW Cepの相互公転周期0.2783日を使い、主極小の時刻を基準にして横軸の時間をそろえ、平均化したライトカーブを完成させた。左は各夜で観測したライトカーブで、観測した夜毎にライトカーブのずれが確認される。右は観測したライトカーブを平均化したライトカーブである。



③各夜のライトカーブと平均値のライトカーブの差を求め、各夜のライトカーブの光度低下の起きた時刻を読み取る（それぞれのライトカーブの特徴を明らかにする）。

（例）平成25年5月21日の場合（グラフ1）－（グラフ2）で（グラフ3）を得る。



④光度低下の起きた時刻が観測日毎にどう変化するかを調べる

- ・矢印：光度低下の時間帯（横線で表示）の主極小の時刻の変化
- ・下部の斜線：光度低下が確認されなくなった期間
- ・横軸：主極小時刻を基準とした時間軸 ・縦軸：観測日時

（研究・観測の結果）

極小部分は2カ所観測されていたが1つになった。5月から6月の光度低下は移動し、59日で1周することがわかった。7月には光度低下が観測されなかった。これらより2つの仮説を検証する。

仮説1 ①相互公転の中心上に天体が来た時には光度低下が小さくなるが、食変光星が自転すると主星と伴星の手前をそれぞれ通過するので、2回の光度低下を起こすことがありうる。②VW Cepは59日で1周することが確認できた。第三天体がこれだけゆっくり食変光星の周りを公転するのなら食変光星より相当離れている必要があり、食は現れにくい。③観測点から食変光星の間に第三天体が存在しなくなれば、光度低下は観測されない。これは、第三天体の公転面が地球からの観測方向より傾けば周期的に起きる。

仮説2 ①生じた2回の光度低下の起きた時刻が変化している。黒点が2個生じることで、2回の光度低下を説明できる。②VW Cepが59日で1周することは一方の恒星上を黒点が59日で一周すれば起こりうる。太陽が30日で自転することより59日は妥当な数字と考えられる。③極小部分が観測されなくなることは黒点が消滅することで説明できる。

以上より、現在のところ仮説2が有効である。また、今回の観測・解析により2つの要因で異なる光度変化が起きた場合、一方の光度変化の要因を引き算することでもう一方の光度変化を引き出す手法を確立することができた。

短周期食連星の測光観測と光度曲線の作成

岸部 仁美 (高専3) 【津山工業高等専門学校】

要 旨

短周期で明るさが変化する食連星のはくちょう座V1191とカシオペア座V0523を測光観測し、得られたデータをIRAFで解析することで光度曲線を作成する。そして、食連星の公転周期と大小関係を考察する。なお、観測は岡山県井原市にある美星天文台と美星スペースガードセンターで行った。

1. はじめに

変光星の種類には大きく分けると、連星が互いに隠し合いをする食現象が起こり見かけの明るさが変化する食変光星(食連星)と、恒星自身が周期的に膨張・収縮を繰り返すことで明るさが変化する脈動星、急激な光度変化を見せる爆発変光星とに分けることができる。本研究では、この中でも最も興味のひかれる食連星の測光観測を行うことにした。そして、IRAFを少し使用したことがあったため、IRAFでデータ解析を進めることにした。IRAF(Image Reduction and Analysis Facility)とはアメリカのNOAO (National Optical Astronomy Observatories)で開発された天文学用の画像解析ソフトで、可視光での画像解析の業界標準となっている。

2. 観測方法

V1191 Cygの撮影は8月6日(火)の22:00~翌4:00の間に、露出時間30秒と60秒、70秒で1分30秒毎に計277枚撮影した。この時使用した観測機器は、美星スペースガードセンターの50cm望遠鏡(図1)、CCDカメラは画素数2048×2048pixelで視野100分×100分、フィルターはWi (5880-9380 Å)である。

V0523 Casの撮影は10月12日(土)の23:00~翌5:00の間に、露出時間40秒と60秒で計244枚撮影した。この時使用した観測機器は、美星天文台101cm望遠鏡、CCDカメラは画素数1024×1024 pixelで視野6.8分×6.8分、フィルターR (1380-6380 Å)である。



図1 50cm望遠鏡

3. データ解析

比較星として、V1191 Cygの場合はHD228695 (A0)、V0523 Casの場合にはUSNO-A2.0 1350-00691230を使用した。また、以下の手順でデータを解析した。

- ①! IRAFを用いて撮影画像からダークとバイアスをひき、画像をフラットで割る。
ダークとバイアスをひくことによって撮影画像のノイズをなくし、フラット画像で割ることにより撮影画像の周辺減光を補正することができる。
- ②! IRAFで整約済みの各画像の変光星と比較星の画像上の位置情報を取得し、パラメータを設定の上、連続測光を行う。
- ③! 変光星と比較星のフラックスを測定し、ポグソンの式(1)を用いて等級差を求める。

$$\Delta m = 2.5 \times \log_{10} \frac{L_1}{L_2} \quad \cdots (1)$$

ただし、 Δm : 比較星に対する等級差、 L_1 : 比較星のフラックス、 L_2 : 変光星のフラックス

- ④! 測光データをグラフ化することで光度曲線が得られる。

4. 解析結果

比較星に対する等級差をグラフにしたものを以下に示す。縦軸は比較星に対する等級差(Δm)で横軸は世界時刻(UT)である。

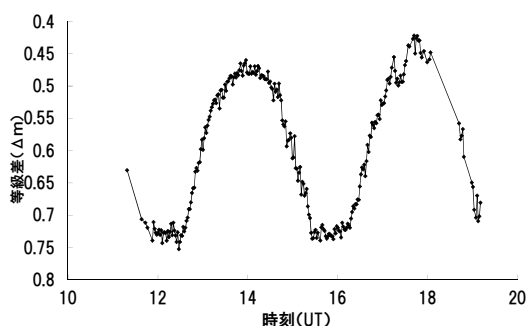


図2 V1191Cygの光度曲線

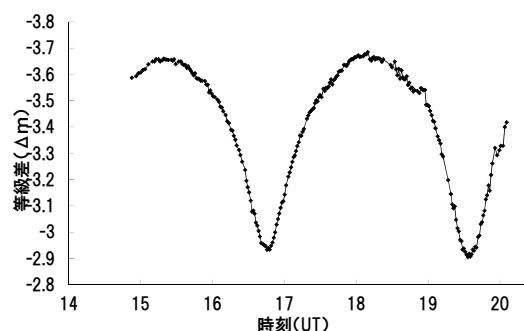


図3 V0523Casの光度曲線

グラフより、なだらかに変化する部分やあまり変化のない部分、急激に変化している部分があることが分かる。また、次の時間を求める。

(1)極大時のピークから次のピークまでの間(2)極小時のピークから次のピークまでの間
これらの時間は半周期の時間であるから2倍して周期を出し、この平均をとることで変光星の周期を求める。求まった公転周期はV1191 Cygが7時間23分で、V0523 Casは5時間37分である。

5. 考察

両変光星とも光度曲線に同様な特徴があるので、以下のように仮定した。

仮定1：公転面上に地球がある 仮定2：星が接触している

仮定1より、地球から見た星の断面積が食によって変化すること、仮定2より、星の明るさは極大時に連続的に変化することが分かる。

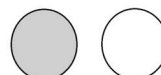
<V1191 Cygについて>

この場合さらに、仮定3：星の大きさが異なる、をおく。仮定3より、星の明るさは極小時に変化しない時間帯があることが分かる。そして、文献データとして、この食連星はおおぐまW型(EW)であり、周期は7時間31分であるから、分析結果はほぼ一致している。



<V0523 Casについて>

この場合さらに、仮定4：二つの星の大きさがほぼ等しい、をおく。仮定4より星の明るさは極小時に急激に変化することが分かる。そして、測定誤差を考慮しても、図3よりわずかであるが主極小(図3右側)、副極小(図3左側)があることが判断できる。また、文献データとしてV0523 CasはおおぐまW型(EW)であり、周期は5時間31分であるから、分析結果はほぼ一致している。



今回の観測については、星の学校2013スタッフ、美星天文台、美星スペースガードセンターの皆様にお世話になりました。ここに深謝致します。

6. 参考文献

- [1] 永井和男の食変光星観測のページ <http://eclipsingbinary.web.fc2.com/>
- [2] ライトカーブ解析の手引き <http://www.toybox.gr.jp/mp366/>
- [3] SIMBAD Astronomical Database <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

短周期食連星の分光観測

金谷 優輝 (高1)、柏野 玲琳 (高2)

【岡山商科大学附属高等学校 自然科学部】

1. 目的

短周期食連星を観測、ドップラーシフト法での解析によりその特徴を調べ、公転周期を求めることを目的とした。

2. 観測

2013年8月6日から8月8日にかけて、美星天文台主催の「星の学校2013」に参加し、101cm望遠鏡を使用して観測と解析を行った。

3. 食連星とは

基本的に主星と呼ばれる大きな恒星を中心として、その周囲に小さな伴星がある。これらはそれぞれ重力を持っていて、それらが影響し合うことによって天体間に太陽系における太陽と惑星のような関係が出来る。公転運動では基本的に大きな天体を中心にして回っているが、2つの天体の大きさが同程度の場合、互いの重力によって重心がずれていく。その結果発生した重心を中心人公転運動を行っている天体が食連星である。

4. 観測機材

望遠鏡…101cm望遠鏡 カセグレン焦点

分光器…中分散分光器

CCDカメラ…ANDOR DU-440BV

5. 観測日時・場所

日時…2013年 8月6日 20時46分 ~ 8月8日 28時57分

場所…岡山県井原市美星町大倉美星天文台

6. 観測天体

V1191 Cyg

7. 解析方法

今回、観測データの解析には `iraf` を使用した。

天体を観測する際、ドップラー効果によって天体から遠ざかる際には赤色が強く、近づく際には青色が強くなる。そこで、静止した光源からの光を分光した際にスペクトル上に現れた輝線のピーク部分の波長との差から天体の位置情報を求める方法をドップラーシフト法といい、今回はこの方法で解析した。

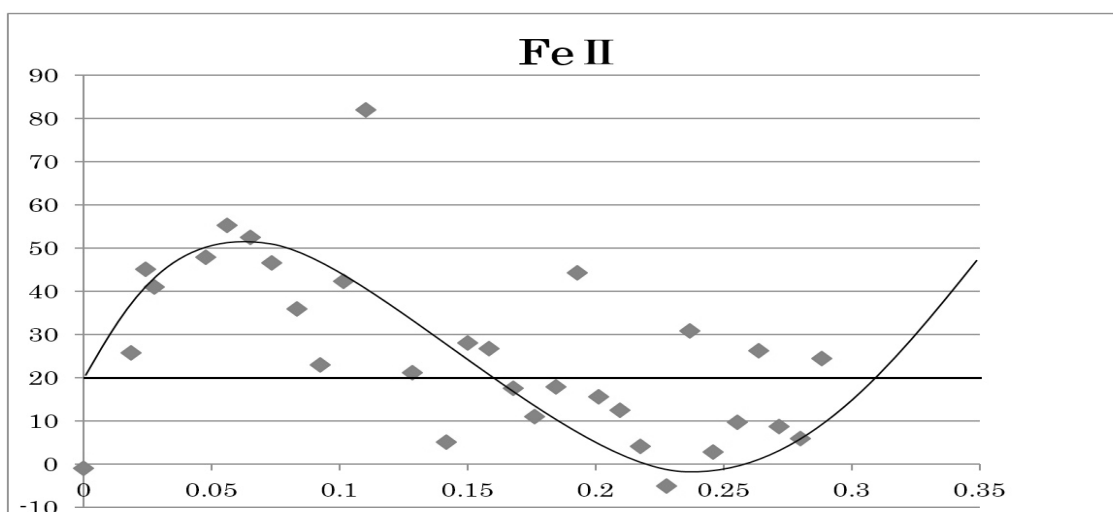
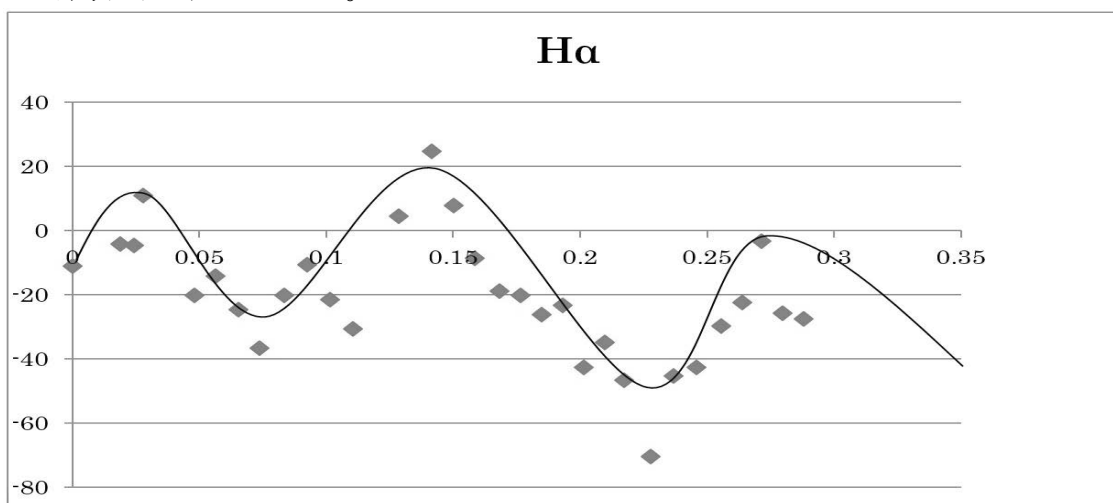
今回の解析では $H\alpha$ と $Fe II$ の輝線を使用した。

- ①! 観測データに対してダーク処理を行う。
- ②! ダーク処理後のデータに対してフラット処理を行う。
- ③! 処理後のデータからスペクトルを抽出する。
- ④! 比較光源画像からもスペクトルを抽出する。

- ⑤! 波長同定を行う。
- ⑥! 波長較正を行う。
- ⑦! 輝線の時間ごとの推移をグラフ化する。

8. 結果・考察

グラフの縦軸は、 $H\alpha$ および $Fe II$ の輝線の標準波長からのずれ(\AA)、横軸は時間(日)を表している。



今回の $Fe II$ の輝線での解析の結果、公転周期およそ7時間13分という予想されていた公転周期7時間30分に近い結果が出た。しかし、 $H\alpha$ の輝線での解析の結果は、公転周期およそ3時間30分という予想されていた公転周期より4時間ほど短い結果が出た。これらの結果に対しては再考の余地があるため、今後の追観測で明らかにしていくつもりだ。

9. 謝辞

綾仁一哉さん (美星天文台台長)、前野将太さん (美星天文台)、前原英夫さん (元国立天文台岡山観測所所長)、今回の発表のあたり指導してくださりありがとうございました。

食を起こす近接連星の謎に迫る!

銀河学校2013B班

天野 香菜【愛知県立岡崎高等学校】、小形 美佐【湘南白百合学園高等学校】、監物 みすず【横浜市立戸塚高等学校】、橘 健吾【愛媛県立松山南高等学校】、田口 健太【洛星高等学校】(高3)
 新井 夏希【東京都立日比谷高等学校】、櫻井 泰人【山梨県立日川高等学校】、武中 里穂【香川県立高松高等学校】、奈良尾 百香【長野県木曾青峰高等学校】、村瀬 清華【岐阜県立岐阜北高等学校】(高2)
 島 匠【東京大学教育学部附属中等教育学校】(中等5)

1. はじめに

私たちは2013年3月に東京大学木曾観測所で行われた「銀河学校2013」に参加し、「食を起こす近接連星」の研究をした。2つ以上の恒星からなる「連星」は、重力によって結びつき、重力を及ぼしあい、公転している。連星の公転面上に地球が位置する場合には、ある星が別の星を隠す、「食」という現象が起きる。これは周期的な明るさの変化で確認できる現象である。この研究では、このような近接連星系であるCSS081231:071126+440405の明るさの変化の様子を観測した(これは実は「ポーラー(Polar)」と呼ばれる特殊な種類の天体である。この天体を以下ポーラーと呼ぶ)。その観測結果から2星の明るさや温度の比率、2星の距離、それぞれの半径といった情報を推定し、この連星系の姿に迫った。

2. 観測条件

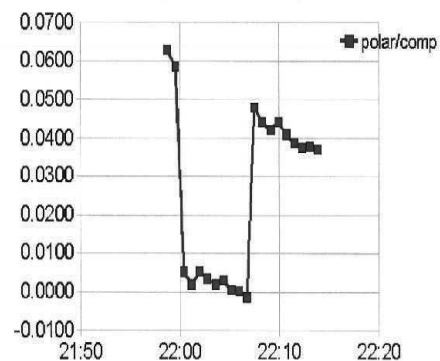
- ・装置 東京大学木曾観測所
105cm シュミット望遠鏡
- ・条件 フィルター V,R
露出 20秒
撮影間隔:約1分
(画像の読み出し等で時間がかかる為)

日付	開始時刻	終了時刻	フィルター
2013年2月27日	21h58m40s	22h13m47s	V
2013年2月28日	21h25m48s	21h48m51s	R
2013年3月25日	22h46m49s	23h27m03s	R
2013年3月26日	20h35m20s	20h44m54s	V
2013年3月26日	22h45m01s	23h03m34s	V

- ・日時 右表の通り(主に食の予報時刻の前後40分間)

3. 方法

- ①マカリィで画像の一次処理を行い、右図のような食の前後のポーラーの光度の時間変化のグラフをつくる。
- ②公転周期は食の時間間隔と同じ7000秒である。このとき、主星(隠される星)と伴星(主星を隠す星)の質量を太陽質量の半分ずつと仮定して、ケプラーの第3法則から2天体間の距離を求める。さらに、地球が2天体の公転面上に厳密に重なると仮定した上に、先ほどのグラフから得られる、主星が消えるのにかかる時間と合わせて、幾何学的な考察から2天体の半径を求める。
- ③②で求めた星の半径から体積や密度を求める。
- ④主星・伴星の明るさの比から、単位面積あたりの明るさを求める。シュテファン-ボルツマンの法則から主星と伴星の温度の比を求める。



2/27 Vバンドで撮影した
ポーラーの食の光度変化

⑤主星と伴星の色の違いを調べるため、RバンドとVバンドの光度の比の時間変化を求める。

4. 結果

	主星	伴星
半径	$\sim 1.2 \times 10^4 \text{km}$	$1.1 \times 10^5 \text{km} \sim$
密度	$1.6 \times 10^8 \text{kg/m}^3 \sim$	$\sim 2.1 \times 10^5 \text{kg/m}^3$

光度比 (R/V)			温度比 (主星/伴星)	2天体間距離
食の直前	食の最中	食の直後		
0.41	1.2	0.35	6.4 \sim	$5.5 \times 10^5 \text{km}$ (0.003 AU)

5. 考察

- ・2天体間の距離は、太陽の半径よりも小さく、地球から月までの距離（38万4400km）の1.43倍ほどしかなく、かなり近い距離にあると考えられる。
- ・食の最中は伴星の光だけが見えている状態であるが、このときRバンド/Vバンドの数値が高いことから伴星は赤いと考えられる。
- ・主星の半径は地球の半径の1.9倍ほどと、とても小さいが、密度は大きい。これは地球型惑星の平均の32000倍であり、主星の密度を角砂糖で例えると、一個分の体積(1cm³)で160kgである。大きさに対して密度が大きいため、白色矮星ではないかと考えられる。
- ・食の前と後で主星の光度が変わっていることから、主星自体が変光星であることが考えられる。

6. 課題

- ・主星自体が変光星であるならばそのメカニズムを解明したい。
- ・主星が隠れるまでの時間は光度の時間変化のグラフが急激に減少していたためこの観測の時間分解能である50秒程度(もっとも短いものでも47秒であった)よりも短いらしく、減光のしかたを捉えることができなかった。
- ・上記の、47秒のものについては、47秒の間にほぼ減光前の水準から減光後の水準まで光度が下がった。その47秒の内訳は、27秒が画像の読み出し等の処理、20秒が露出であることから、主星が隠れるまでの時間は35秒もない可能性が高い。
- ・15秒の場合と35秒の場合でも計算してみると、伴星の半径はあまり変わらないが、35秒の場合と15秒の場合では、主星の半径は約2.3倍になる。また、密度に関しては、15秒の場合が35秒の場合の13倍にもなってしまうので、密度のバラツキが大きく残ってしまう。
- ・この時間分解能の低さを改善し詳細な光度変化を捉えることがこれからの課題である。

7. 謝辞

この研究には東京大学木曾観測所の前原裕之先生をはじめとする、多くの銀河学校2013のスタッフの方々、NPO法人サイエンスステーションとTAの浅岡宏光さん、沖中望さん、梅畑豪紀さんに多くの助言と協力を頂きました。この場を借りて厚くお礼申し上げます。

ブラックホール連星SS433の観測的研究

北井 健、島坂 颯太、堀 航太、松本 卓（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

SS433は、ブラックホールと考えられている主星と普通の恒星である伴星からなる連星を成している。我々は、このSS433について、約40日間にわたる多色測光観測を行い、連星の公転の特徴を調べ、公転周期が13.1日であることを求めた。また、測光観測期間中の8月2日には低分散分光観測を行い、H α 線のずれから、主星から放出される宇宙ジェットの視線速度を $1.21 \times 10^3 \text{ km/s}$ および、 $5.31 \times 10^3 \text{ km/s}$ と求めた。

1. はじめに

我々は、もともと天文に興味があり、とりわけブラックホール等の特異な天体に強い関心を持っていたため、ブラックホールの観測的研究をしようと考えた。しかし、詳しく調べてみると、単独で存在するブラックホールを観測することは難しいことがわかった。そこで、ブラックホールと普通の恒星が互いに公転しあっているブラックホール連星という天体を調べることにした。

今回我々が観測候補として選んだ天体は、わし座にあるSS433である。SS433という名称は、StephensonとSanduleakが1977年に出版した輝線星カタログの第433番目に登録されている天体という意味である。この天体を観測対象に選んだ理由は、未解明の部分が多く、観測可能時期も我々の研究スケジュールと合致していたためである。

2. 目的

我々の研究の目的は、主として以下の2点である。

- (1) IV・Rc・Icバンドでの多色測光観測を行い、その結果から、連星の公転の特徴や周期を求める。
- (2) 低分散分光観測を行い、天体のスペクトル中の輝線のずれより、主星表面でのガスの運動状態を調べる。

3. 方法

<測光観測> 2013年7月上旬から8月中旬にかけて、大阪教育大学天文台の口径51cm望遠鏡で実施した。

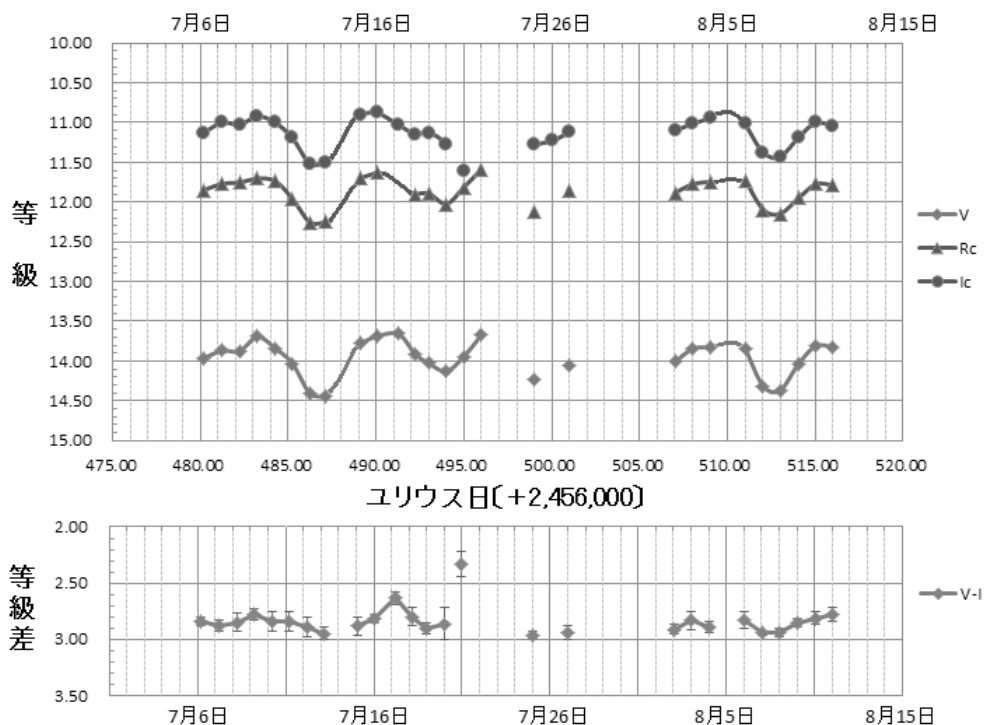
- (1) 望遠鏡にV・Rc・Icフィルターをそれぞれ取り付けて、冷却CCDカメラにより、SS433のライトフレーム、フラットフレーム、ダークフレームを各5~10枚取得した。
- (2) 「マカリ」（国立天文台・(株)アストローツ）により、一次処理を行った。
- (3) 「マカリ」を用いて、画像内の比較星との明るさの比較により、それぞれの観測日の各フィルターにおけるSS433の等級を求め、光度曲線を作成した。

<分光観測> 2013年8月2日、兵庫県立大学西はりま天文台の口径2m望遠鏡で実施した。

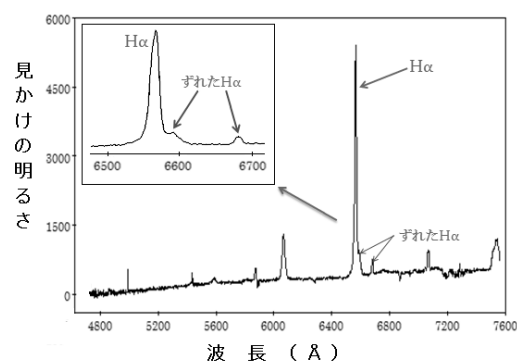
- (1) 望遠鏡に低分散分光器を取り付け、SS433と分光標準星のライトフレーム、コンパリソフレーム、フラットフレーム、ダークフレームなどの画像を取得した。
- (2) 「マカリ」により、一次処理を行った。
- (3) 「Be Spec」（川端哲也氏 作）を用いて、一次処理したデータを横軸が波長、縦軸が明るさのグラフに変換した。次に、グラフの輝線の波長位置から、元素を特定した。

4. 結果

<測光観測>



<分光観測>



5. 考察

- (1)! 光度曲線の主極小より、連星の公転周期は約13.1日であると考えられる。
- (2)! 光度曲線の主極小の幅が広くて深いことより、降着円盤が比較的大きくて厚みをもっていると推定される。
- (3)! 色指数 V-I の変化を見ると、主極小の時に低温になっていることから、比較的低温の伴星が中心付近が高温になった降着円盤を隠していることが推定できる。
- (4)! 波長と見かけの明るさの関係のグラフより、我々は波長6563 Å付近に特に強いH α 線を検出し、その波長の付近に、さらに2本のずれたH α 線が存在することがわかった。
- (5)! ずれたH α 線について、ドップラー効果の式より視線速度を求めると、 $1.21 \times 10^3 \text{ km/s}$ および、 $5.31 \times 10^3 \text{ km/s}$ となり、これは宇宙ジェットによるものと考えられる。

6. まとめ

他の文献と比較すると、連星の公転周期については妥当な値が求まった。しかし、宇宙ジェットによるH α 線は、予想に反してどちらも赤方偏移を起こした。そこで、今後は宇宙ジェットについての研究を更に深めることにより、SS433のモデル化を試みたい。

謝辞 本研究を行うにあたり、大阪教育大学の福江教授、松本准教授、兵庫県立大学西はりま天文台の新井研究員にご指導を頂きました。また、大阪教育大学の大学院生の方に、観測の手順について、ご指導を頂きました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

食変光星を分類するライトカーブと シミュレーションを用いた手法の確立

松下 悠里（高2）、荒木 雄渡（高1）【福岡県立小倉高校科学部SS天文研究会】

1. はじめに

本研究会では2011年から、ライトカーブを取得する技術を生かして、食変光星研究を行っている。食変光星のライトカーブを比較すると、極小部分に様々な特徴が現れることに気付いた。その特徴の背景で起こる現象を考察し、食変光星を分類しようと考えた。

2. 研究の方法

食変光星は完全食を起こす際、主極小と副極小において、掩蔽と通過のいずれかの現象を起こす。掩蔽のときにはライトカーブがフラットになる特徴がみられる。ライトカーブを次の3つに分類することが出来れば、食変光星がどのような形態であるのかを推測できる。

I型：主極小・副極小で光度変化が起きる（部分食）

II型：副極小でライトカーブがフラット（掩蔽）になる。（完全）

III型：主極小でライトカーブがフラット（掩蔽）になる。（完全食）

2. 研究の方法

☆測光方法

①20cmの反射望遠鏡に冷却 CCD カメラ ST-402 を接続し、対象天体を30秒おきに8時間撮影する。

②画像処理ソフト AYP4WIN によって相対的に星の光度を算出し、ライトカーブを描く。

☆手法：シミュレーションを用いてライトカーブを描き、6次関数で近似する

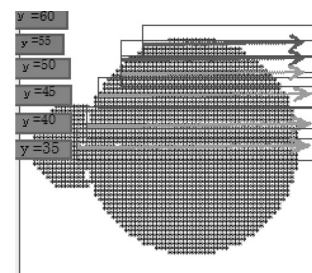
①横100G（グリッド）、縦70Gの長方形を用意する。画面の左下の座標を(0,0)とすれば、右上の座標は(100,70)になる。

②伴星の中心座標のX座標を1ずつ右へ移動させ、画面上に示したドットの和を計算するシミュレーションを組む。

③主星・伴星の位置、半径を決める。主星の中心座標は(35,50)で長方形の中心へ固定する。

伴星の中心位置をY座標は、図の→のように、35、40、45、50、55、60と6段階に変え、計6つのシミュレーションを行う。このとき伴星のY座標が、35、40、45、50（下の4つの矢印）は完全食を、55、60（上の2つの矢印）は、部分食を表す。また、周辺減光も考慮した。

④シミュレーションのライトカーブを描き、6次関数で近似す



る。その上で、掩蔽や通過の際に近似式の係数にみられる特徴を考察する。

⑤観測したライトカーブを近似する。これを、シミュレーションで得られたライトカーブの特徴と照らし合わせて、観測したライトカーブを分類する。

3. シミュレーション結果

5つのシミュレーションを行った。スペースの関係上特に重要な2つのシミュレーションだけ紹介を行う。

☆VER. 3 パラメーター(主星の半径)=24 (伴星の半径)=18 つまり(主星):(伴星)=4:3

明るさ比は(主星):(伴星)=4:3 ※星の半径が VER. 1 に比べて大きくなったため、スペースの関係上、長方形の大きさを横 130G, 縦 70G, 部分食と完全食に境を Y=40 と Y=45 の間にした。

☆結果 (図 1)

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

(図 2)

	Y=35	Y=40	Y=45	Y=50
通過/掩蔽	8/3	9/5	8/5	5/4

・明るさ比(主星):(伴星)=4:3、つまり主星のほうが明るいので、II型分類の参考になる。

- ・(図 1)よりそれぞれの極小において6乗の係数の大きい方が通過、小さい方が掩蔽となる。
- ・(図 2)より6乗では、(通過の係数/掩蔽の係数)が、部分食に近づくにつれて小さくなっている。※(通過の係数)>(掩蔽の係数)より、(通過の係数/掩蔽の係数)>1となる。

☆VER. 4 パラメーター(主星の半径)=24 (伴星の半径)=18 つまり(主星):(伴星)=4:3

明るさ比は(主星):(伴星)=3:4

☆結果

掩蔽	6 乗	5 乗	4 乗	3 乗	2 乗	1 乗	定数項
Y=35	2E-11	3E-19	-2E-07	3E-14	4E-04	-3E-11	0.6708
Y=40	4E-11	6E-20	-2E-07	-1E-15	5E-04	3E-11	0.6756
Y=45	4E-11	-7E-19	-2E-07	2E-14	4E-04	8E-12	0.7598
Y=50	4E-11	5E-19	-2E-07	-6E-15	4E-04	1E-11	0.7598
通過	6 乗	5 乗	4 乗	3 乗	2 乗	1 乗	定数項
Y=35	9E-11	-7E-19	-4E-07	1E-14	7E-04	-5E-11	0.5658
Y=40	1E-10	-6E-19	-4E-07	6E-15	7E-04	4E-11	0.5805
Y=45	9E-11	-2E-18	-4E-07	1E-14	6E-04	9E-12	0.637
Y=50	6E-11	-4E-19	-3E-07	-5E-15	5E-04	6E-12	0.711

← (図 3) (図 4) ↓

	Y=35	Y=40	Y=45	Y=50
通過/掩蔽	9/2	5/2	9/4	3/2

・明るさ比(主星):(伴星)=3:4、つまり伴星のほうが明るいので、III型分類の参考になる。

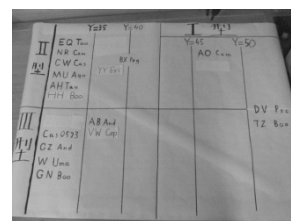
・(図 3)よりそれぞれの極小において6乗の係数の大きい方が通過、小さい方が掩蔽となる。

・(図 4)より6乗では、(通過の係数/掩蔽の係数)が、部分食に近づくにつれて小さくなっている。

4. 分類結果と今後の展望

☆分類結果→

私たちはライトカーブとシミュレーションを用いた分類手法を確立した。この手法を応用すれば、食変光星に限らず、様々な天体で起きている現象を知ることができる。



デジタルカメラによる、星の明るさと色の測定

駿台学園高等学校

井口 雨桐、石井 悠太郎、齊藤 有咲（高1）、田中 弘樹（高2）

要 旨

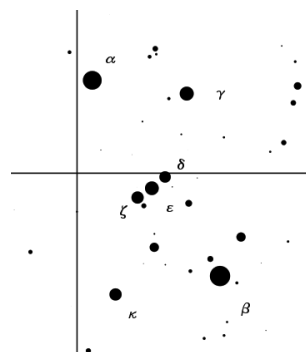
通常のデジタルカメラ（Nikon D5100）を用いて、恒星のカラー撮影を行い、その3色データをC言語を用いて処理し、恒星の明るさと色の違いを定量的に調べる実験を行った。実験では、明るさや色の測定値のばらつき、および測定の精度を、統計的に調べた。その結果、1分程度の短時間の測定誤差は、デジタルカメラの各カラー毎の明るさの測定で0.08等級程度であった。色指数（相対値）は、それらの差としての推定誤差の範囲で求められた。

1. はじめに

恒星の明るさの変化を簡単な方法で測定することができれば、恒星の突発的な変光（たとえば大きな惑星の恒星面通過や爆発現象）の検出などに役立てることができ。駿台学園高校では、昨年3月のジュニアセッションで、アルゴルの変光をテーマとして、今回と同様な方法で恒星の明るさの測定を行い、結果を報告した。今回は、色の違いが顕著な恒星の比較観測として、オリオン座の恒星を使用し、明るさと色の違いの測定と、その精度の検討を行った。

2. 観測天体

今回は、恒星の明るさと同時に色の違いをも測定するので、多様な色の恒星を含む領域として、オリオン座を撮影した。測定に使用した恒星は、右図の、 $\alpha \sim \kappa$ までの7星である。前回のペルセウス座の恒星は2～3等級であったが、今回は0.1～2.2等級と広範囲になっている。



3. 天体の撮影の状況

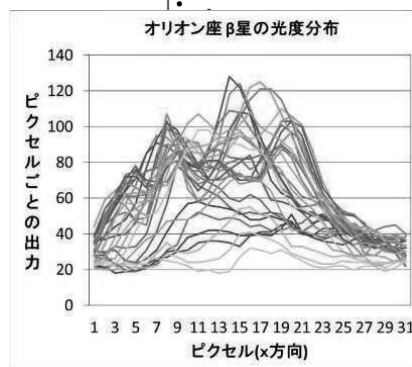
機材： Nikon D5100 標準レンズ（18～55mm, f3.5～5.6）

撮影： ISO 800、f5、焦点距離 40mm、1秒露出を多数回。星像： 直径 30ピクセル程度の、アウトオブフォーカス星像とする。（星像の光度分布は右下図）

日時： 2014年1月16日18時30分前後

場所： 都内北区王子、駿台学園高校校舎屋上

状況： 快晴であったが、満月が近くにあった。



4. データとその処理の状況

今回は jpg 画像を、gimp を用いて ppm に変換して解析した。RAW 画像と jpg 画像では、ピクセル数やカラーの割合に差があることがわかったが、今回は jpg 画像を中心に解析した。jpg 画像のピクセル数は 4928x3264 であった。なお、ppm 画像では、1ピクセルの出力は1バイト、すなわち 0～255 となっている。

アウトオブフォーカスで撮影した星の像は、最も明るい星で右図のようになっている。星像直径は30ピクセル程度、ピーク値は150程度で、255に達していないことを確認した。

画像データ解析の手順は、次のとおりである。

- 1) jpg 画像を ppm 画像に変換 (gimp を利用)。
- 2) バックグラウンドのレベルの平均と標準偏差を、画面の場所ごとに調べる。
- 3) バックグラウンドのばらつきを考慮した上で、星像の位置を測定する。
- 4) アウトオブフォーカスの星像を十分に含む範囲を切り出し、ピクセル強度の積算値を、R, G, B 毎に計算する。
- 5) 星像に隣接する部分を切り出し、バックグラウンドの値を積算する。
- 6) 星像の積算値からバックグラウンドの積算値を引いて、測定データとする。
- 7) 表計算ソフトを用いて、測定データの検討を行う。

今回はいずれの処理も、C 言語を用いた直接処理プログラムを作成して行った。

5. それぞれの計算結果

1) バックグラウンドの平均値と標準偏差

画面全体の平均値は 26 程度で、R, G, B 各色でほぼ同じであったが、画面の上辺と下辺で最大 5 程度の系統差があった。そこで、バックグラウンド値はそれぞれの星像近辺の背景を切り出して測定することにした。これらの概略平均値は、上辺で 17 ± 1.8 、下辺で 31 ± 2.2 であった。

2) 星像として、バックグラウンド値より 8 以上大きい値のピクセルが約 30 個以上あるものを測定対象として選出した。その結果、前述の、オリオン座 $\alpha \sim \kappa$ の 7 星を測定対象とした。明るさの範囲は、実視等級で、 β の 0.1 等 \sim δ の 2.2 等となる。

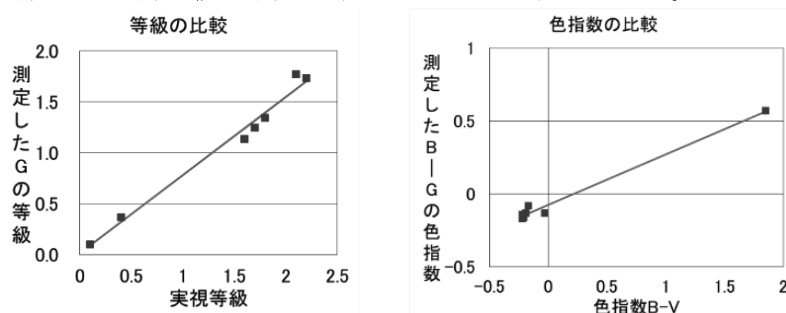
3) 星像のピクセル積算値を等級に換算したものと、実際の等級との関係

バックグラウンドを除去したピクセル積算値 (G の値) を、対数計算によって等級値に換算し、理科年表に掲載されている各星の実視等級と比較したものが、下左図である。測定した等級範囲では良好な直線性が得られたが、傾きは 0.77 で、比例関係にはなっていない。また、近似直線からの偏差は、0.08 等級であった。図では、1.5 等級以上の狭い範囲では比例関係が成り立っているように見える。

4) ピクセル積算値の B および G 等級の差と、実際の B-V との関係

B および G の積算値を上と同様に等級に換算し、B-G の測定値として、各星の理科年表による色指数 B-V と比較したものが、下右図である。今回は、+1 程度の色指数の星がなかったので測定精度の見積もりは困難であるが、-0.1 程度の星については、比較的良好的な色指数測定値を与えているように見える。しかし α 星 (色指数 1.85) については、測定値は大きく異なっている。

このため、直線の傾きは 0.35 となっているが、この直線からの偏差 0.03 は、図の色指数 -1 程度の青い星の測定値の測定誤差を与えると考えられる。



6. まとめ

通常のデジタルカメラを用いて恒星を手軽に撮影し、恒星の明るさや色の様子をどの程度測定できるかについて、データ解析を行った。この解析プログラムを標準化して手軽に恒星を測光することにより、たとえばベテルギウスの突発的な変光をモニターすることができるのではないだろうか。

スピカ食の観測 ～スピカの測光～

河村 新, 華井 竣平 (高2) 【岐阜県立岐山高等学校】
(ハートピア安八高校生観測チーム)

1. 研究概要

私たち岐山高等学校地学物理部は、愛知県立一宮高等学校、岐阜県立大垣東高等学校の3校で、ハートピア安八天文台を拠点とした「ハートピア安八高校生観測チーム (AstoroHA)」として様々な研究活動を行っている。今年度は、「星食の観測」を新たなテーマとし研究を進めている。

今回の「スピカ食」は、3校合同で行っている観測合宿の期間中の現象であり、各学校がそれぞれの機材で「スピカ食」を観測した。

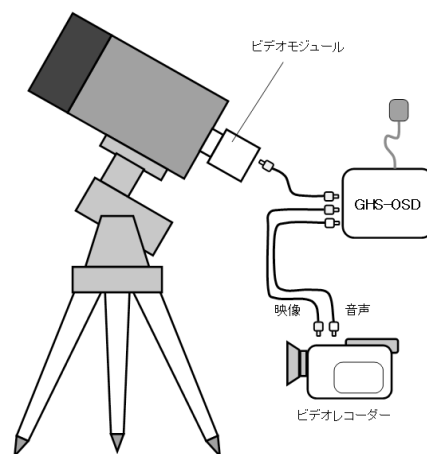
2. 目的

今回のスピカ食は、2013年8月12日に、全国で広く観測された。今回の観測では、スピカの潜入・出現を動画として記録し、その結果から、潜入・出現の時刻を正確にとらえるとともに、スピカの潜入時及び出現時の測光を行い、明るさの変化を明らかにすることを目的とする。

3. 観測環境



【図1 観測地点】



【図2 機材取り付け図】

観測場所：おっばら自然体験センター（岐阜県高山市清見町大原）

（北緯 35 度 56 分 51 秒，東経 137 度 5 分 1 秒）

日時：2013年8月12日午後06時35分00秒～午後07時30分

潜入：午後06時41分00秒866～午後06時44分24秒280

出現：午後07時22分17秒234～午後07時25分00秒959

機材：ニュートン反射式望遠鏡，高感度 CCD カメラ (WATEC100)，
GPS 対応タイムインポージャー (GHS-OSD)，録画用ビデオカメラ

4. 結果



【図3 潜入直前と直後】

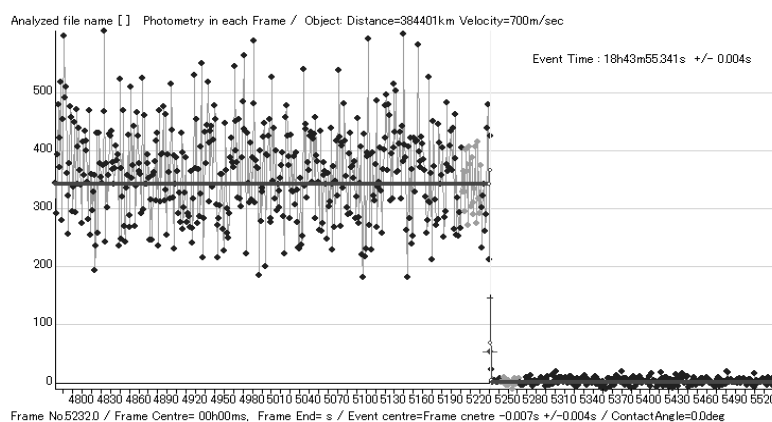
潜入開始の予報時刻は、18時43分56秒と予報された。我々が解析した結果18時43分55.365であり、予報通りの潜入時刻となった。



【図4 出現直前と直後】

出現においては19時20分49秒の予報に対して、解析結果は19時20分53.416秒となり、予報より4秒間早い出現となった。

5. 考察



【図5 解析結果】

ビデオ解析ソフトウェア「Limovie」の解析機能より、潜入は18時43分55.365±0.004秒となった。また、潜入前と潜入後では、明るさの変化は、図5の通りである。

スピカが重星である場合、ライトカーブは2段階に変化するが、今回の解析で得られたライトカーブは、2段階の変化ではない事から、スピカは重星でないと考えられる。

6. 今後の課題

- ・スピカが重星であるといえるためには、継続して観測、解析を重ね、重星かどうか判断していく必要がある。
- ・今回の現象では、スピカが月の満ちている部分から出現したため、月の光の影響を受け、出現時の測光ができていない。

以上より、今後スピカの星食だけではなく、他の恒星の星食を観測および解析をし、重星観測につなげていく必要がある。

7. 使用ソフト

- ・星食ビデオ解析ソフトウェア 「Limovie」
- ・星食予報ソフトウェア 「OCCULT Ver. 4」

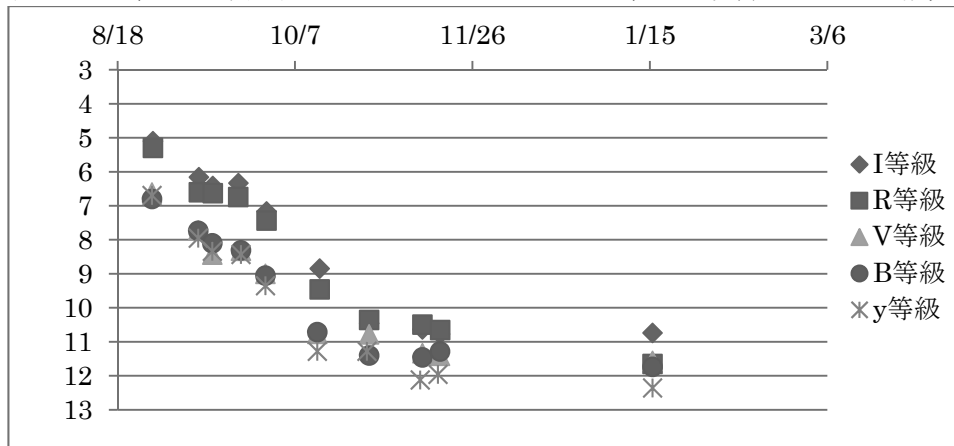
4. 結果

(1) ライトカーブ

どのフィルターの結果でも、日が経つにつれて、観測等級が下がった。

また、I, R, V, B, y共に、VSOLJのデータと相似性がみられた。(詳細はポスターに掲載)

約3か月で、5~6等級下がっていることがわかるが、それ以降はほとんど減光していない。

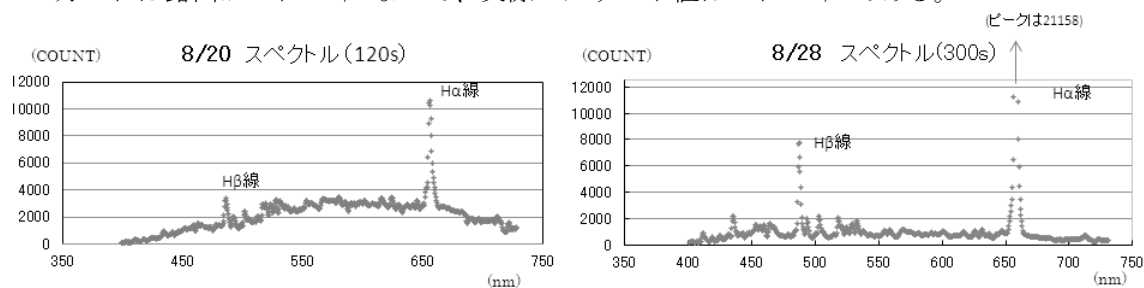


(2) スペクトル

カウント値を8月20~27日に測ったところ、27日は全体的に20日よりカウント値が下がった。

この大部分は連続光の減少によるものである。カウント値が飛び出している部分は、水素等の輝線の影響によるものである。

8月28日は露出が20日の5/2なので、実際のカウント値は20日の2/5である。



5. 考察

y等級の結果より、加藤先生の作成したグラフとスケールを合わせたところ、この新星は太陽質量よりも軽いことが予想される。

ちなみに、昨年度のいて座新星は太陽質量の1.1倍であった。

6. 今後の展望

いて座新星の観測を継続し、ライトカーブを求め、対象星の質量を求める。

減光の様子が緩やかになる時期がいくつかあるが、その原因を考察したい。

7. 謝辞・使用ソフト

加藤 万里子 先生 「yフィルターによる観測のすすめ」

「新星風理論の新しい展開」

藤井 貢 先生 「イルカ座新星はいるかな？」

<http://www5f.biglobe.ne.jp/~hosizora/de/index.htm>

シリーズ 現代の天文学 7 恒星 VSOLJ MLよりデータを引用

すばる画像処理ソフトマカリ Excel ステラナビゲータ

小型望遠鏡による系外惑星のトランジット観測

眞鍋 瑞歩、三谷 幸平、吉田 卓人 (高2) 【香川県立観音寺第一高等学校】

1. はじめに

太陽以外の恒星の周りを回る太陽系外惑星 (以下「系外惑星」) は、学校にあるような小型望遠鏡でも本当に観測できるのか? 私たちはそれを確かめることを目的に、観測に取り組んでいる。これまでに一度も冷却 CCD カメラを使ったことがなく、今回の観測をするにあたって、冷却 CCD カメラの使用方法などから 1 つ 1 つ勉強しながらの観測となった。

系外惑星は、1995年に初めて観測されて以来次々と発見されており、現在その数は800を超えている。近年、最も発展した天文学の分野の1つと言っても過言ではないだろう。系外惑星の中には水があると考えられているものもあり、生命の存在も期待されている。

2. 方法

(1) 観測地

香川県立観音寺第一高等学校の校庭 (東経 133.65766°、北緯 34.13222°)

(2) 使用した機材、ソフト等

望遠鏡 (鏡筒: タカハシ ミューロン 250CRS (口径 250mm、焦点距離 2500mm)、赤道儀: タカハシ EM200 Temma2M) で「ステラナビゲーター Ver.8」により制御、冷却 CCD カメラ (SBIG ST-402ME)、画像解析ソフト「Makali'i」を用いて測光

(3) 観測方法

系外惑星を検出する方法として、比較的小型の望遠鏡でも観測可能とされているトランジット法を用いることにした。地球から見て系外惑星が恒星の前を横切るとき恒星の光が惑星に遮られ、恒星がわずかに暗くなる (図1)。このような系外惑星が起こすトランジットによる減光を観測することで、系外惑星の存在を明らかにしようとするのがトランジット法である。

接眼レンズは使用せず、望遠鏡の接眼部に直接、冷却 CCD カメラを取り付けて、トランジットが起こると予報されている恒星を連続的に撮影し、1枚1枚測光して値の変化を調べることにした。トランジットが予報されている時間帯とその前後30分間ほどを、10~40秒に1枚のペースで撮影し続けた。露出時間は、観測対象に応じて、CCD カメラの感度の限界を上回らないように設定した。

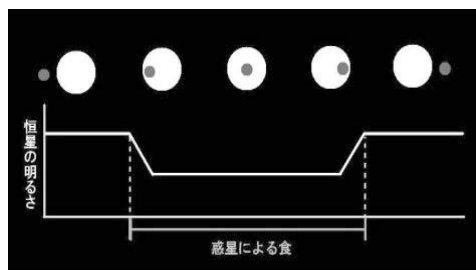


図1 トランジットによる減光のイメージ

3. 観測

表1 これまでに撮影できた系外惑星によるトランジット観測の概要

系外惑星	トランジットの予報時刻	恒星の等級	減光する等級	観測結果
HAT-P-11 b ※1	2013/9/20 22:51 始 2013/9/21 1:09 終	9.59 等	0.0043 等	途中から曇って観測できなかった (露出時間各 10 秒)
WASP-12 b	2013/11/17 1:12 始 2013/11/17 4:12 終	11.69 等	0.0151 等	終盤で雲がかかったが、ほぼ観測できた(露出時間各 10 秒)
CoRoT-1 b	2013/12/23 1:53 始 2013/12/23 4:12 終	13.6 等	0.0247 等	途中から曇って観測できなかった (露出時間 各 30 秒)

HAT-P-36 b	2013/12/30 2:08 始 2013/12/30 4:21 終	12.262 等	0.0204 等	終盤で雲がかかったが、ほぼ観測できた(露出時間各 20 秒)
Kelt-3 b	2014/1/6 23:32 始 2014/1/7 2:49 終	9.8 等	0.0098 等	快晴で全過程を観測できた(露出時間 各 20 秒)

※1 この観測のみ西はりま天文台(兵庫県)の口径60cmの望遠鏡を使用

4. 解析結果

画像解析ソフト「Makali'i」を用いて、表1の中から WASP-12、Kelt-3 の観測データを解析した。測光の精度を高めるためには、一次処理としてフラット補正や、熱などによるノイズを取り除くダーク処理を行う必要がある。フラット画像は、夜明けや夕方の空を撮影して得られるトワイライトフラットを撮影したが、撮影方法が不適切で信頼がおけないため、今回の処理には用いていない。

未処理のデータとダーク処理後のデータを用いて、トランジットが予測されている恒星と、視野内の他の恒星(基準星)を測光した。今回は基準星との比較を行うため、基準星の値を1としたときの観測対象の測光値を、5分ごとを目安にグラフ化した(図2・図3)。

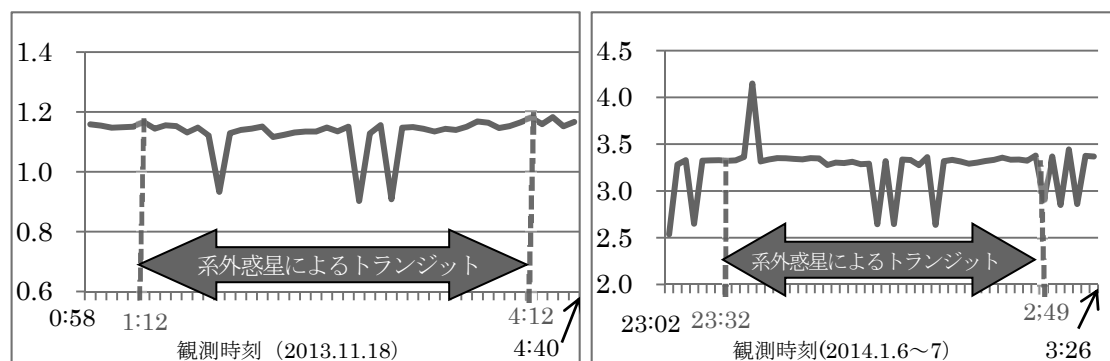


図2 WASP-12/ 基準星 (未処理) 図3 Kelt-3/ 基準星 (ダーク処理後)
これらのグラフは、想定していたような形にはならなかった。しかし WASP-12 (未処理) については、若干減光しているようにも見える。突出している部分があるが、これは他の要因によるものだと考えている。さらにデータの処理を進め、より確かな結果にしていきたい。

5. 今後の課題

系外惑星のトランジットによる減光は、せいぜい 0.02 等程度と非常に微量なので、できる限り高い精度で観測できるよう、フラット補正やダーク補正などのデータ処理をより確実にやりたい。また測光の際、測光半径をほんの少し変えただけで、値に大きく影響するようだ。どうすればより正確な値になるのか探していきたい。

6. 謝辞

本研究を行うにあたり、兵庫県立大学自然・環境科学研究所天文科学センター西はりま天文台センター長の伊藤洋一先生、同研究員の高木悠平先生にご指導いただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。

7. 参考 URL

ETD(Exoplanet Transit Database) <http://var2.astro.cz/ETD/index.php>

SIMBAD Astronomical Database <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad>

<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~dm2semi/2006/0419/pub/html/011.html>

小口径の望遠鏡を使った星食観測 ～眼視観測の時刻測定精度～

市岡 里菜、大和 花雪、堀内 千佳（中1）【長野県塩尻市立丘中学校】

1、はじめに

私たちは自作の望遠鏡（口径4cm屈折）を使って星食の眼視観測を行い、ビデオ観測の結果と比べることで、眼視観測の精度は条件によってどう変わるのかを調べてきている。ここでは、1等星スピカの星食と4等星13ν Aqrの星食の観測結果について発表する。

2、星食の眼視観測をおこなう意義

星食観測の結果は、①Hipparcos星表の固有運動システムの誤差の検証 ②月探査機「かぐや」の月縁の誤差を調べる ③重星の位置関係や重星を成す各星の等級を正確に求める。などに利用されている。現在はビデオ観測が主流だが、私達が眼視観測をしたのは、1995年以前の観測の多くが眼視観測であることから、その時の観測の精度がどのくらいであるか、ビデオ観測と眼視観測の時刻測定精度の違いを調べることにより、過去の観測の測定精度を明らかにするためである。



図1 スピカが月縁に潜入する直前
(ビデオ観測の画像)

3、観測の方法

(1) 望遠鏡の製作

観測に使うために望遠鏡を1人1つずつ作った。口径4cm、焦点距離42cm、倍率21倍の屈折望遠鏡（コルキットスピカ）である。安価なキットであるがレンズの性能がよく、遮光環もついている（図2）。特に遮光環は鏡筒内での迷光を抑え、月や電灯、夜空の光を防いでくれるため星が見やすくなることから、星食観測に重要である。また、カメラの三脚に取り付けられるので便利である。

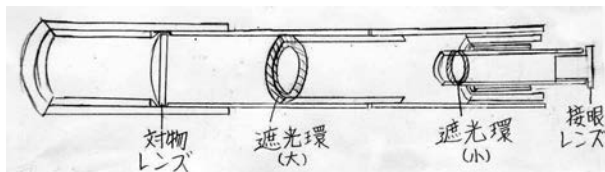


図2 望遠鏡の断面図

(2) 観測方法

目耳法は個人差が小さいとされている。具体的には食される10秒前に「だるまさんがころんだ」の10文字を1秒以内に心の中でつぶやくことで0.1秒まで測れるようになる。現象が起きた時にどの文字だったかを元に現象時刻を観測者一人ずつについて求め、更に全員の平均を計算し、現象時刻を求めた。基準時刻としては、GHS時計の音を使用した。比較のためのビデオ観測は、口径30cmの望遠鏡にビデオカメラを取り付けて記録・観測した。

4、結果・考察

(1) スピカの暗縁潜入 (8月12日)

①現象の様子

スピカは1等星で明るかったので視野に導入しやすかった。潜入の観測ではスピカは月と比べると、小さく思えたが潜入直前まではっきり見えていた。潜入位置は望遠鏡で見て右下から入り、左上から出現した。

②観測結果

ビデオ観測では、18h45m45.54sであり、眼視観測では、平均で18h45m45.85sであった。

(2) 4等星 13 ν Aqr (zc3093, SA0164182)

①現象の様子

この4等星 13 ν Aqr も口径4 cmの望遠鏡で見ることができた。観測はできたが、スピカより暗かった。また、またたきが大きい感じがした。直前まで雲が出ていて本当に見えるのか不安になり、目を開けたままにしてあるので目の疲労が出てきてしまった。スピカの時よりは、はっきり消えたと確信できなかった。いつのまにか消えていた感じだった。

②観測結果

ビデオ観測では、20h05m19.63sという結果であり、眼視観測では、20h05m20.1sとなった。

(3) まとめと考察

- ・口径4 cmの望遠鏡で4等星の星食を観測することも可能である。
- ・スピカ食では、ビデオ観測より眼視観測の方が0.3秒ほど遅い結果となった。これは、消えたと感じるのが遅かったのではないかと考えられるが、原因はまだはっきりしていない。
- ・4等星 13 ν Aqr の時は星が暗いことや、観測人数が少ないことなどから、差が大きくなったと思われる。
- ・正確な星食観測のためには、何度も望遠鏡を見て月に合わせる大切になると思われる。また、星食の瞬間を見るまでに目を休めることが必要である。

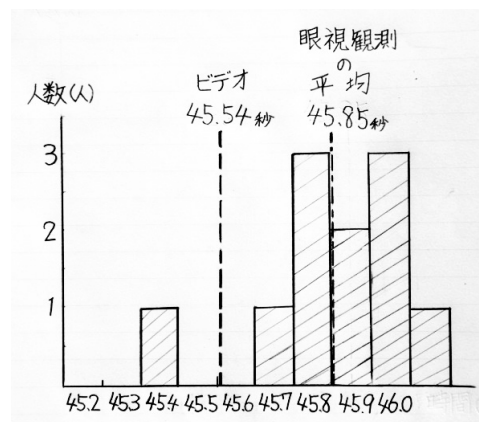


図3 観測者による時刻のばらつき (スピカ食)

5、今後の課題

これからも、口径4 cmの望遠鏡で何等星まで見えるか、また、それらの星の星食が起きる時の見え方や目耳法での時刻精度がどのように変わるかについて調べていきたい。まだビデオに対する眼視観測の遅れの原因が分からないのでライトなどが消えた瞬間をビデオと眼視で比べてみる等して、なぜ差が出るのか調べていきたい。

6. 参考文献

星食観測ハンドブック 2013 (星食観測日本地域コーディネーター編)
 コルキットスピカ 組み立て説明書 ((株) オルビィス)

激変星 EM Cyg の分光測光同時観測

上籠 俊輝、木谷 有紗(高1)、板谷 由菜(高2)、林 由樹、大仁田 萌、
各務 正浩、小林 亮介、西村 友佳、野村 みのり、瓶子 実紗央(高3)

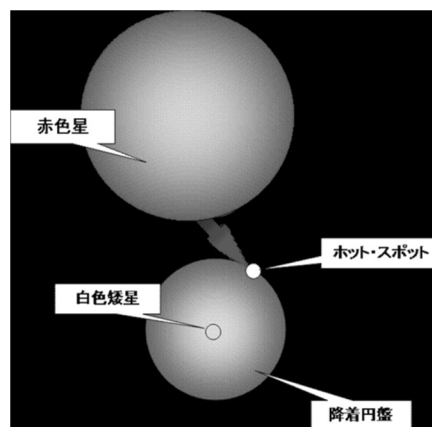
《京都府立洛東高等学校 自然科学部》

1. はじめに

私たち自然科学部では、この数年、激変星の測光観測を行っている。今回は激変星 EM Cyg の分光と測光の同時観測を試みたので報告する。

2. 激変星 EM Cyg について

EM Cyg は、はくちょう座にある矮新星という激変星の一種であり、蝕の周期は約7時間、距離は350~500パーセクである。激変星とは白色矮星を主星、赤色星を伴星とする連星で、白色矮星の周りに伴星から降ってきたガスが降着円盤を形成している天体である。降着円盤に伴星からのガスが溜まると、ガスが白色矮星に多量に陥るようになる。この時、水素ガスが電離し、降着円盤は明るく輝く。

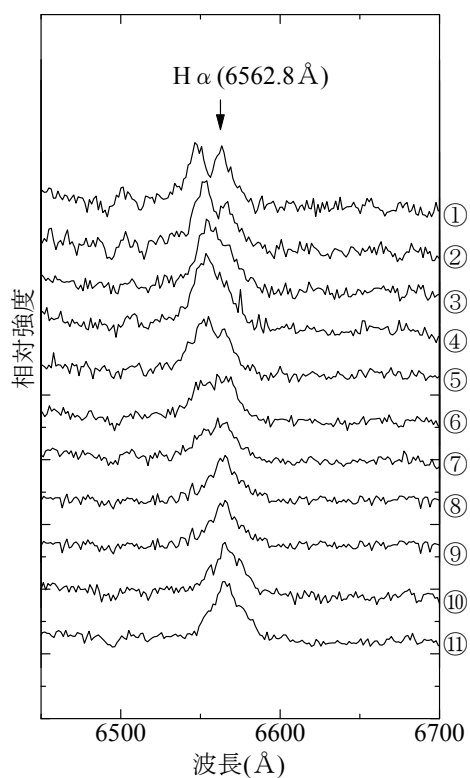


3. 観測

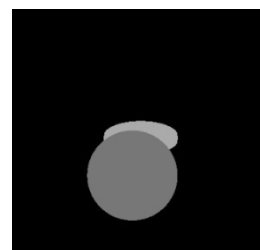
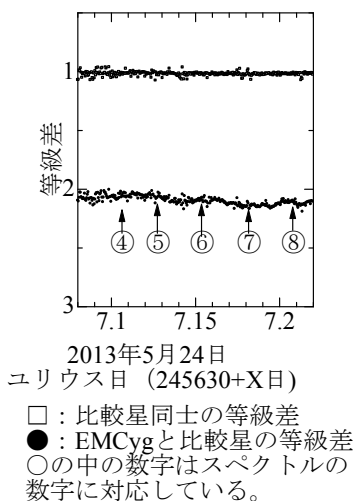
分光観測は西はりま天文台の口径2mのなゆた望遠鏡とMALLS分光器を利用した。測光観測は60cm反射望遠鏡にCCD(Rバンド)で行う予定だったがCCDの不調のために断念した。一方、同じ星を共に観測していた大阪教育大学のCCD(Icバンド)は二夜とも成功した。よって同時観測することに成功した。また測光観測日時は、露出時間は30秒の自動露出である。分光観測は、2013年5月24日21時45分~28時34分、25日21時43分~27時37分で、300秒露出のデータを6枚重ね合わせたものを約40分おきに取得した。24日で11枚、25日で9枚のスペクトルデータを得ることができた。グレーティングは300本/mm、低分散モード(R~1000)で波長域は4500~7000Åである。

4. 解析

「マカリ」を利用して測光と分光データの一次処理した。測光は4つの比較星とEM Cygの明るさを「マカリ」を利用して測定し等級に変えた。分光は美星天文台提供の「BeSpec分光データ解析ソフト」で波長付けし、スペクトルトレースに変えた。



H α 輝線の振る舞い (5月24日)



モデルシミュレーション 伴星が降着円盤を隠している時(蝕)の様子

5. 結果と考察

光度曲線を利用してモデル計算を行い、EM Cygの物理量を推定した。モデル計算コードは、京都大学宇宙物理学教室から提供を受けた。蝕がはっ

きり見えていた5月25日の光度曲線から結果として

- (1) 軌道傾斜角 67° 主星と伴星の距離 150
 - (2) 半径→降着円盤 57 伴星 70 ホットスポット 12 ※ただし、主星の半径を3とする。
 - (3) 明るさ→降着円盤 100 伴星 45 ホットスポット 67 主星 200
- がわかった。(それぞれの数字は比のため数字には単位がない。)

さらに、分光観測が成功した5月24日のH α 輝線(降着円盤起源)の広がりを調べると、約2000km/sの速度場を持つことがわかった。また、H α の輝線の様子を時系列でながめるとダブルピークからシングルピークになり、そのピークの波長が変化していることがわかる。この詳しい考察は、会場で報告する予定である。

6. 感想

今回初めて同時観測をしましたが、解析をすればこんなにも結果が得られるのだと感動しました。今後は、今回CCDの不調でできなかった多波長測光観測を成功させ、解析することに挑戦したいです。

7. 謝辞

観測でお世話になった兵庫県立大学西はりま天文台の新井 彰さん、岡山天体物理観測所の今田 明さん、京都大学の野上 大作さん、および大阪教育大学の松本 桂さん、TAのみなさんと、測光観測のデータを提供していただいた大阪教育大学に謝辞を申し上げます。

いるか座新星の光度変化

細谷 瑛子, 上野 未遊, 早坂 麻紀, 岡本 佳之, 小川 滯, 高木 麻緒, 高橋 有里紗 (高2)
【成蹊高等学校・天文気象部】

要 旨

いるか座新星は、2013年8月14日に6.8等で発見された新星である。その後増光し、17日に4.4等の明るさに達したが、その後減光した。私達はいるか座新星を測光し、その光度の変化を調べた。

1. 新星の光度変化

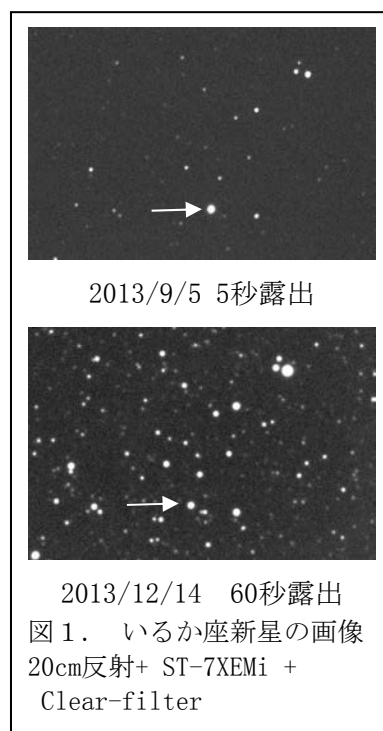
新星は、白色矮星上に積もった水素が不安定核融合反応を起こすことにより起こる。爆発初期には、光球が巨星くらいの大さまで膨れるが、しばらくたつと質量放出により、ガスが飛んでいき、光球が小さくなるため、光球半径は白色矮星とほぼ同じくらいまでに縮む。この時期になると、光球温度は数十万度にまで上がり、主な放射エネルギーが超軟X線の領域にくる(つまり可視光では暗くなる)。この時期を超軟X線期 (supersoft X-ray phase) と呼ぶ。この超軟X線期を観測することで、白色矮星の質量など、古典新星のいろいろな物理量を推定することが可能になり、古典新星を研究する上で非常に役にたつ。

2. y-bandフィルターについて

y-bandフィルターとは、Stromgren の uvby の y のこと。新星のスペクトルでは、ネビュラー・フェイズといわれる晩期になると酸素の禁制線(下の図では 5000\AA のところに [O III] として示されている) などの線スペクトルが非常に強く出る。広帯域の V バンドでは、その寄与が大きくなり、連続光成分の正確な光度が出ない。それらの部分を避けて、連続光成分のみを測定できるように設計されたフィルターとなっている。

3. いるか座新星 (V339 DEL): VSOLJ-news 302)

いるか座新星 (V339 DEL) を発見したのは、これまでも多数の超新星や天の川銀河内の新星を発見されている、山形県の板垣公一 (いたがきこういち) さんです。板垣さんは、8月14.5843日 (世界時。日本時間同日午後11時ごろ) に口径18cmの望遠鏡とCCDカメラを用いて撮影した画像から6.8等の新天体を発見し、14.750日には口径60cmの望遠鏡でこの天体を確認しました。前日までに撮影された画像には、この天体は13等以下で写っていないことも報告されました。板垣さんの観測によるこの天体の位置は以下のとお



りです (2000.0年分点)。

赤経 20時23分30.73秒 赤緯 +20度46分04.1 秒

4. 観測機材

- ・望遠鏡： タカハシFS152, CELESTRON NEXSTAR 8SE
- ・カメラ： 冷却CCD (SBIG社製ST-9E、SBIG社製ST-7XEMi)
- ・フィルター： Johnson V, B, Cousins R, I, Clear (SBIC製)

Stromgren y

- ・測光ソフト：ステライメージver. 5

5. 観測方法

- ・各フィルターの露出時間を、いるか座新星の星像のカウントが、飽和カウントの半分程度になるように設定して撮像する。
- ・ステライメージを用い、撮った画像のフラット補正を行う。
- ・ステライメージの光度測定を用い、AAVSOの比較星リストから000-BLD-824 (B:11.558, V:10.525 Rc:9.971, Ic: 9.468)を標準星にして、いるか座新星を測光する(図1)。
- ・日時：2013年9月5日～12月14日の間の11回

6. 結果

測光結果を図2に示す。観測5回目(10月7日)と6回目(11月7日)の間で大幅に減光した。また、そこからは12等の明るさにとどまった。y-bandフィルターの測光値は、減光直後の10月7日の値がVバンドとの差がやや大きくなっている。

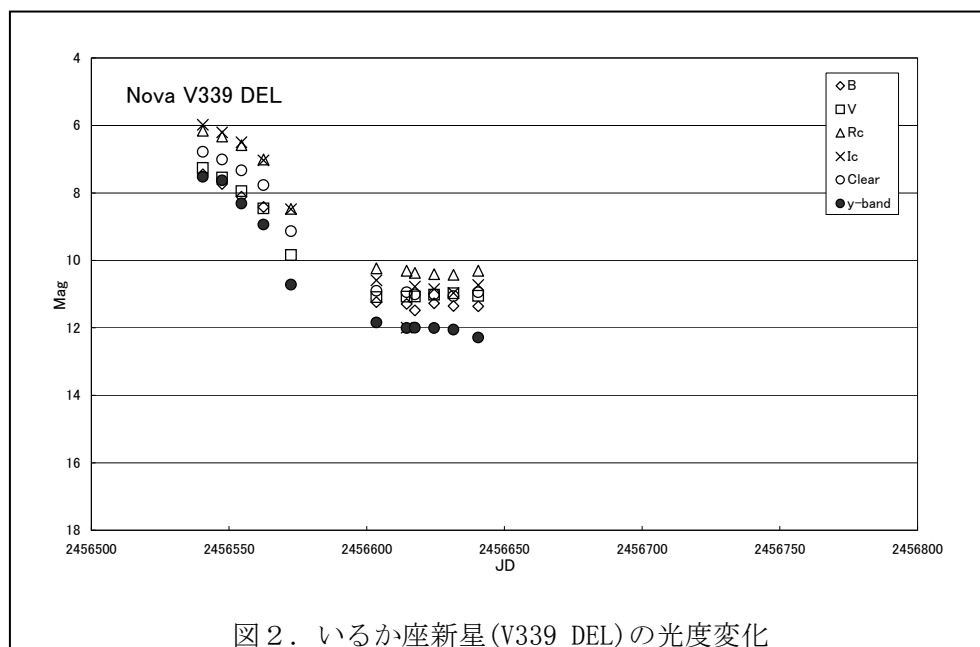


図2. いるか座新星(V339 DEL)の光度変化

参考URL

http://lyman.c.u-tokyo.ac.jp/~hachisu/novae/v598_pup/Xprediction.htm

<http://lyman.c.u-tokyo.ac.jp/~hachisu/novae/y-filter/nova.html>

恒星のスペクトル型検出装置

青木 奏太、伊藤 多津生、清水 良広、説田 敬介、豊田 有里、菱田 真由（高2）
 【岐阜県立大垣東高等学校 天文研究同好会（ハートピア安八高校生観測チーム）】

1. はじめに

私たちは、今年地学の授業でスペクトル型について学んだ。そして、スペクトル型は星の表面温度をはじめその星のさまざまなことを知ることができるということを理解した。

ならばスペクトル型を簡単に求めることができ、星についての興味を高めるために今回のスペクトル型検出装置の製作に取り組んだ。

2. 原理

今回は、可視光で求めることのできる B-V 色指数を観測することにした。その色指数を使用することで表面温度やスペクトル型の関係を用いれば簡単求めることのできるのではないかと考えた。

この装置には対物側には可変 ND フィルターが取り付けられている。このフィルターは回転することで減光できる量を変えることが可能である。事前に、可変 ND フィルターを何度回転させればどう透過率がかわるかを調べておく。B フィルターをかけて可変 ND フィルターを回したとき星が見えなくなる時の角度の等級差を b 、V フィルターをかけて可変 ND フィルターを回したとき星が見えなくなる時の角度の等級差を c 、実際の B 等級・V 等級と $b \cdot c$ との差を a 、B-V 色指数を X としたとき

$$B \text{ 等級} - V \text{ 等級} = X$$

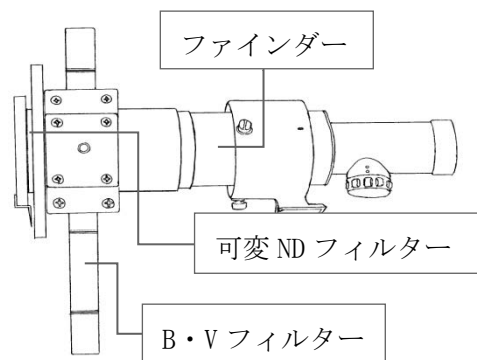
$$(b+a) - (c+a) = X$$

$$b - c = X \cdots \textcircled{1}$$

式①が成り立つ。この原理を用いれば、正確な B 等級や V 等級を求めなくても正確な B-V 色指数を求められる。

【表 1】は、可変 ND フィルターの角度ごとの透過率と、その透過率が最も大きい角度を等級差 0 にし基準としたときの、透過率を等級差に変換した値である。【グラフ 1】は、表の値を等級差とフィルターの回転角度についてグラフにしたものである。さらに、正確な値をだすために、 1° での等級差の変化が 0.1 以上ある範囲は使わないようにする。そのため ND2 および 4 を別途で使用する。

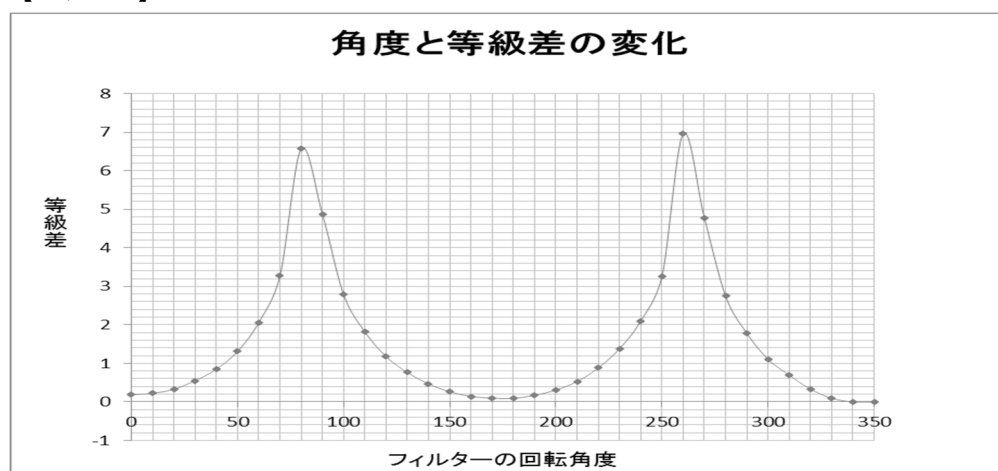
【完成図】



【表 1】

角度	カウント値	等級差の変化	角度	カウント値	等級差の変化
0	54639	0.18	190	55227	0.17
10	52726	0.22	200	48869	0.31
20	47846	0.33	210	39811	0.53
30	39040	0.55	220	28739	0.88
40	29652	0.85	230	18150	1.38
50	19378	1.31	240	9361	2.1
60	9719	2.06	250	3213	3.26
70	3180	3.27	260	106	6.96
80	152	6.57	270	795	4.78
90	727	4.87	280	5167	2.75
100	4986	2.78	290	12590	1.78
110	12128	1.82	300	23376	1.11
120	21894	1.18	310	34227	0.69
130	32026	0.76	320	47781	0.33
140	42197	0.47	330	59470	0.09
150	50876	0.26	340	64786	0
160	56800	0.14	350	64786	0
170	59177	0.1			
180	59506	0.09			

【グラフ 1】



また、グラフを見ると、 $50^{\circ} \sim 120^{\circ}$ や $230^{\circ} \sim 300^{\circ}$ の範囲では 1° での等級差の変化が大きい。等級差の変化が大きいと誤差が大きくなるため使用しにくい。

3. 観測方法

以下のような手順で観測した。

(1) B フィルターをかけて星が見えなくなるまで可変 ND フィルターを回転させ、【グラフ 1】を使い等級差を求める。

例) 120° だった場合は 1.2 になる。

(2) V フィルターをかけて星が見えなくなるまで可変 ND フィルターを回転させ、【グラフ 1】を使い等級差を求める。

例) 140° だった場合は 0.4 になる。

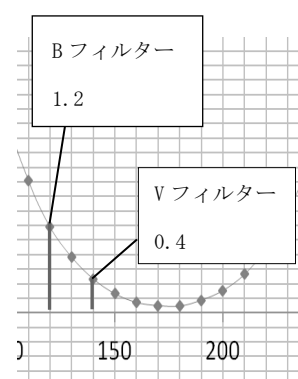
(3) 式①を使い(1)、(2)で求めた等級差から B-V 色指数を求め

例) (1)、(2)が 1.2、0.4 なので +0.8 になる。

(4) B-V 色指数からスペクトル型に変換する。

例) (3)が +0.8 のため G8 になる。

【グラフ 1 の拡大図】



4. まとめ

今回、フィルターの角度と等級差の変化に関するグラフを書くとき、当初、測定法や測定範囲が分からず、予想とは大きく異なるグラフになった。原因は、外部から光が入ったことや、 120° までしか測らなかったことが考えられた。そこで、外部からの光が入らないようにし、測定範囲を $0^{\circ} \sim 350^{\circ}$ にしてカウント値を測定し、グラフを作った。今後は観測をかさね、装置の信頼性を高めていきたい。

5. 参考文献

・理科年表平成 23 年 丸善株式会社 ・スクエア最新図説地学 第一学習社

膨張速度から求めるかに星雲の年齢

【修道高等学校】

宮本 佳門、森川 誠士（高1年）

1. 概要

星雲の中でも、高速で膨張しつつある超新星残骸や惑星状星雲のスペクトルを得て、輝線の視線速度を求め、星雲の膨張速度を探る。また、球対称な膨張を仮定し、見かけの大きさと比べることで、星雲の年齢を推定する。今回は、特に高速で膨張しているといわれている、かに星雲（M1）の年齢を見積もった。なお、この研究は2013年11月に行われた、かなた天文教室の研究をもとにしている。

2. 研究装置

今回使用した機材は、東広島天文台の150cm望遠鏡（焦点距離18300mm）と分光器である。

なお、観測は11月23日に、星雲の3つの領域で行った。

3. 研究方法

観測によって得たスペクトルを一時処理した後、大気輝線によって波長を同定し、そこからH α 輝線の波長を求める。そして実際の波長とのずれからドップラー効果を使い、視線速度を見積もる。この時自分に向かってくるガスからの輝線と、離れていくガスからの輝線の2種類があり、それぞれの輝線から速度を見積もり、その差を視線速度とした。

次に、見かけの大きさと星雲までの距離から見積もった星雲の大きさと、視線速度を用いて星雲の年齢を見積もる。見かけの大きさは短直径を使った。

本研究で用いた計算式をいかに記す。

- ・ドップラー効果

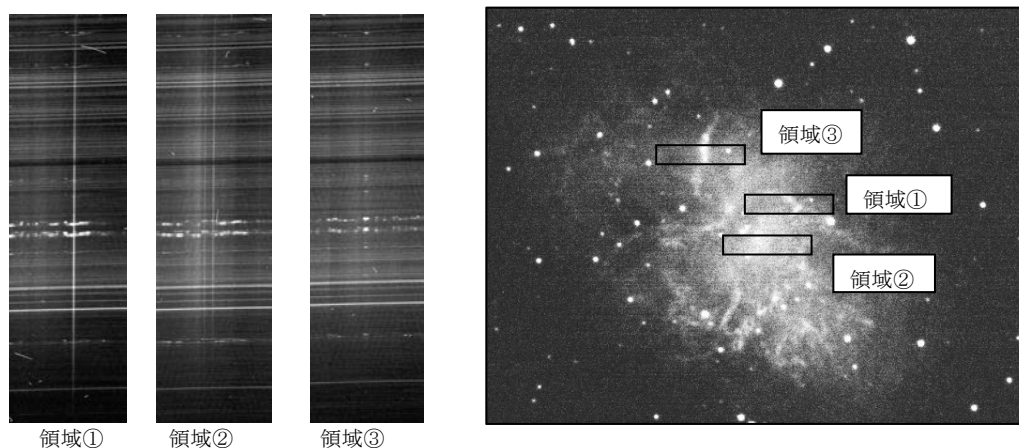
$$\Delta\lambda/\lambda=v/c \quad (\Delta\lambda: \text{波長のずれ} \quad \lambda: \text{本来の波長 (H}\alpha\text{輝線の場合は}6563 \text{ \AA)})$$

c: 光速 v: 視線速度)

- ・星雲の大きさ

$$L=d\theta \quad (L: \text{星雲の大きさ} \quad d: \text{星雲までの距離} \quad \theta: \text{見かけの大きさ})$$

4. 結果



領域	視線速度	星雲の大きさ	年齢
領域①	940 km/s	3.3光年	1000 年
領域②	750 km/s	3.3光年	1300 年
領域③	940 km/s	3.3光年	1000 年

表 1

表 1 は今回の観測の結果である。
今回使った値は、 $H\alpha$ 輝線の波長が6563 Å、星雲までの距離が7200光年である。

5. 資料

今回観測したかに星雲は、中国の「栄史」「天文志」にこの星雲ができたときの観測記録が残されており、鎌倉時代の貴族藤原定家の日記にもかつての記録が記されている。このことから、1054年に超新星が観測されたことが分かっている。よって、この星雲の年齢は約1000年であることがわかる。

6. 考察

上の資料から、領域①および領域③の結果、1000年という年齢は妥当な結果であるといえる。そして、星雲の膨張速度は領域によって違うものの、毎秒750～940kmとかなりはやい速度で膨張していることが分かった。

一方、領域②からは1300年という結果が出たが、星雲の大きさを目分量で見積もっているため、この結果は誤差を含んでいると思われる。これはほかの領域でも同様である。

また、スペクトルのピクセルを1ピクセルずらして読み取ると200年ずれることが分かった。

7. 結論

今回の結果は、領域①と領域③からは、年齢が1000年と見積もられ、これに関しては、資料と比べても妥当なものであり、領域②に関してもデータを読み取るときにずれた可能性があると考えられ、有効数字を考えるとこれも妥当なものであると思われる。

また、今回の研究は星雲の膨張速度が、なんらかの抵抗を受けることによって遅くなり、その影響で星雲の年齢が実際よりも大きくなることが予想されたが、そういった傾向はみられなかった。このことから、この星雲はほとんど抵抗を受けずに膨張してきたと推測される。

さらに、今回は球対称な膨張を仮定しているが、この方法でもかなり正確に星雲の年齢を見積もることができると分かった。

8. 参考文献

- ・天文年鑑 2014 (丸善)

9. 謝辞

今回の研究に使用した、観測データを提供していただいた広島大学東広島天文台のスタッフ皆様に、この場を借りて御礼申し上げます。

デジタルカメラによるCM図の作成と距離の推定

岡野 美月、金子 みのり、古川 雪絵、橋本 真彩(高1)【埼玉県立豊岡高等学校天文部】

1. はじめに

私たち天文部では普通のデジタル一眼レフカメラを用いてプレアデスとヒアデスを撮影し、そのデータを元にCM図を作った。CM図とは、縦軸に絶対等級、横軸に表面温度を取り、構成をひとつずつプロットすることで作ることのできるグラフである。プレアデスは、主系列星がしっかりしているため、またヒアデスは、プレアデスと近く比較しやすいため選んだ。そして、プレアデスを基本として、プレアデスとヒアデスのCM図がどういうふうになっているのかを比較してみた。

2. 方法

観測場所…豊岡高校渡り廊下(埼玉県入間市)

日時…2013年11月1日23時ごろ(プレアデス)、2014年01月17日19時ごろ(ヒアデス)

機材…デジタルカメラPENTAX(K-x), Vixen ED80Sf(口径8cm)

画像処理ソフト…RAW2FITS(星空公団) 解析ソフト…Makalii

1) 観測、一次処理についての工夫

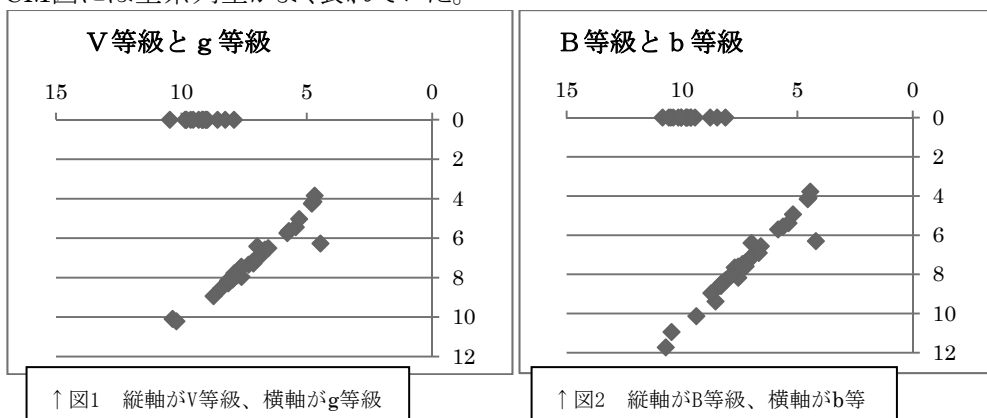
- ・オブジェクト画像…正確な明るさのデータを取るためにわざとピントをぼかして撮った。ホワイトバランスは太陽光に固定した。
- ・フラット画像…白い壁を使って一定のところを撮ると、その撮ったところにホコリやキズがある場合、正確なデータが取れないので一枚ずつ場所を変えながら撮った。
- ・ダーク画像…カメラを自動でダーク画像をひく設定にしたものを用いた。
- ・解析のための画像処理…RAW2FITSで、私たちが撮った画像をblueとgreenのFITSデータに変換し、正確なデータを出すためにMakaliiを用いて10枚重ねた。

2) 解析

フラット処理後、測光用ソフトMakaliiを用いてblueとgreenの画像を使ってそれぞれの星団を測光した。データをテキスト出力し、EXCELで、blue画像からはb等級、green画像からはg等級として明るさを等級で表して値を出した。等級を計算する基準は画像の明るい星を一つ選んでステラナビゲーターの恒星データの星の明るさを基準にして、b等級とg等級とした。その後、b等級とg等級の差をとって色指数b-gとし、g等級とのCM図を作成した。

3. 結果

ステラナビゲーターで出した等級と私たちが求めた等級が同じような値になった。(図1,2) b等級とg等級の値は、ステラナビゲーターのデータとほぼ直線の関係になっていて、今回の研究にb等級とg等級を使うことは問題ないと判断した。限界等級は11等級程度で、プレアデスのCM図には主系列星がよく表れていた。



4. 考察

図3から分かるように、プレアデスは左よりで右下がりの直線に近いゆるやかな曲線となった。これが主系列星である。左上部分の青い星が多いことから比較的進化が進んでいない星団ということがわかる。ヒアデスは左上部分の赤い星が多く進化が進んでいる星団であることがわかる。そのためヒアデスのグラフの明るい星は赤い方向に移動していることがわかる。二つの星団の主系列星を表す部分は2.3等級離れているのでその値を使って距離の比を求めた。距離が2倍になると明るさは1/4になり等級は距離の2乗に反比例するので、これをポプソンの式にあてはめると

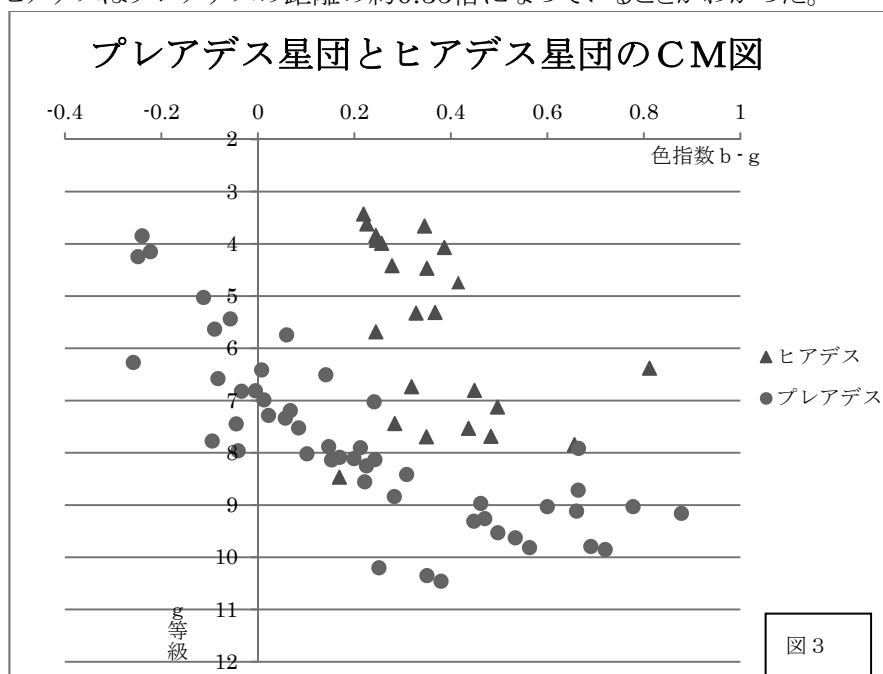
$$m - m_0 = -2.5 \log(d/d_0)^2$$

となる。dがヒアデス、d0がプレアデスの距離としてmをヒアデス、m0をプレアデスの主系列星のg等級として式に代入する。

$$7.0 - 9.3 = 5 \log d/d_0$$

$$0.346 = d/d_0$$

ヒアデスはプレアデスの距離の約0.35倍になっていることがわかった。



5. まとめ

今回の研究で、CM図が普通のデジタル一眼レフカメラでつくれ、星団の性質の違いを見つけることができることがわかった。今後はヒアデスよりも古い星団のCM図や二重星団のNGC884とNGC869もCM図に出して、二つの星団の距離を比較するなどしたい。

6. 参考文献

- ・天文年鑑2014年版
- ・ステラナビゲーター ver,7
- ・第15回ジュニアセッション講演予稿集、講演17「M67の色等級図の作成と年齢推測」笠原崇史他、金光学園中学高等学校天文気象部

星団のHR図作成と年齢推定 ―星の進化を追い！―

春日 郁香（高2）【横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校】

1. はじめに

近年、天文学は注目を浴びており、夜空に数え切れないほど浮かぶ恒星は、その謎を解明する上での鍵として、多様な研究に用いられている。本研究では、星団のHR図から星団の年齢を推定し、恒星の進化をたどることから宇宙について理解を深めることを最終目的としている。このように設定したゴールにたどり着くために、星団を自身の手で観測・撮影することから本研究がスタートした。

2. 実験方法

- ①本校屋上の望遠鏡（タカハシsky90）に冷却CCDカメラ（SBIG ST-402ME）を取り付け起動させる。ここで、パソコン内でCCDカメラ連動ソフト「CCDOPS」と天体導入ソフト「テレスコープトレーサー2000」に光学系を連動させる。
- ②ソフトを用いて望遠鏡を本研究で用いる散開星団M34（fig.1）に導入する。この星団を選んだ理由に、視直径が35' で、使用する光学系にほぼぴったり収まる大きさであったこと、観測を行った日・時間に天頂に近かったこと、比較的明るい恒星で構成されていることが挙げられる。天体導入後、パソコン画面にライブで星団を映し出し、画面を見ながら望遠鏡のピント調整を行う（fig.2）。
- ③CCDカメラのフィルタを、波長の違うV・B2つにわけて各3枚ずつ撮影する。今回の観測では、露光時間はVフィルタで50秒、Bフィルタで120秒に設定した。
- ④すばる望遠鏡画像解析ソフト「マカリィ」内で、撮影した各フィルタ3枚の画像をそれぞれ加算処理し、2枚の画像をつくる。その画像のコントラストを調整し、150個程度を目安に恒星を測光する。各フィルタの測光データをエクセルにおこし、各恒星のカウント値と標準星（TYC2853-1665-1）のカウント値・等級値をもとに、ポグソンの式を用いて求めた見かけ等級から、さらに色指数・絶対等級を求める。
- ⑤求めた絶対等級を縦に、色指数を横にとりHR図を描く。その後M34の年齢推定HR図に関する先行研究から用いた測光データ（以下先行研究モデル）を、先ほど描いたHR図に重ね合わせ、自身の測光データの示すHR図における折れ曲がり点（転向点）の位置を先行研究モデルと比較して、M34の年齢を推定する。

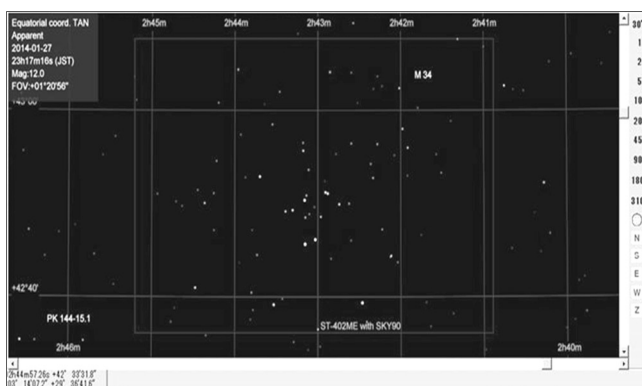


fig.1 M34



fig.2 撮影風景

3. 結果

マカリィで測光し、得られたHR図を示す (fig. 3)。今回、M34の距離は1400光年 (アストロアーツより) とした。またここで、fig. 3に先行研究モデルを重ね合わせた図を示す (fig. 4)。

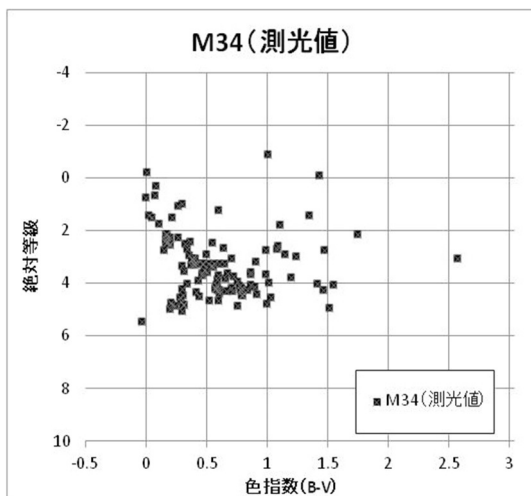


fig. 3 観測により得た HR 図

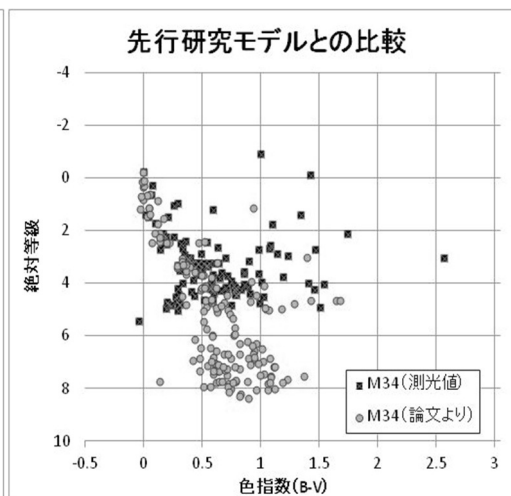


fig. 4 先行研究モデルとの比較

4. 考察・まとめ

今回用いたM34に関する先行研究では、測光データから得たHR図より、M34の年齢は200~250Myr、すなわち約2億年を示していると記述されている。Fig. 2の比較のグラフを見てみると、今回観測して得た測光データと先行研究モデルにおける折れ曲がり点 (転向点) がどちらもおおよそ座標 $(x, y) = (0, 0)$ にあり、ほとんど一致している。また主系列星の描く曲線がきちんと重なり合っていることから、今回自身で撮影した画像データに大きな誤りがあることは考えにくい。よって、撮影したM34の年齢は、約2億年と推定する。また、2データ間において絶対等級の値が大きい (= 暗い) 恒星のデータ数に差があるのは、各観測に用いられた光学系のスペックの違いが起因であると考えられる。

現時点までの観測・解析で、散開星団M34の年齢と共に恒星の進化について理解を深めることができたことと同時に、今回使用した光学系、とくに用いた冷却CCDカメラでかなり正確な値に近い観測結果が得られることがわかった。今後M34とは別の星団の撮影・解析や、CCDカメラの代わりにデジタル一眼レフカメラを用いた観測・解析を行いたい。

5. 謝辞

本研究および観測実習を進めるにあたり、以下の方にご協力・ご指導いただきました。ありがとうございました。

星空公団 小野間 史樹 氏

本校サイエンスリテラシーⅡ地球惑星科学分野顧問 石田先生 小川先生

6. 参考文献

・すばる画像解析ソフト：マカリィ

<http://makalii.mtk.nao.ac.jp/index.html.ja>

・B. F. Jones and CHARLES F. PROSSER: "Membership of Stars in NGC 1039 (M34)", THE ASTRONOMICAL JOURNAL, vol. 111, No. 3, pp1, 6~9 (March 1996)

星団の HR 図と年齢

石井 祐樹、岡本 雄飛、山本 遼 (中3) 【修道中学校】

1. 概要

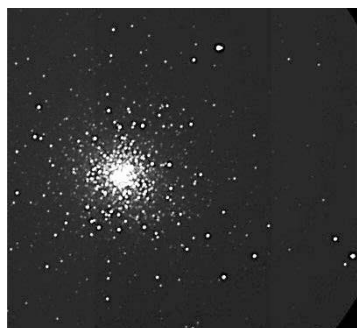
この研究では、球状星団 M2 と散開星団 M37 を測光したデータから、HR 図を作成し、各星団の性質を探るというものである。なお、この研究は、2013 年に東広島天文台で開催された「かなた天文教室 2013」で得たデータを基にしている。

また、研究動機は以前先輩方が行った星団の HR 図を元に年齢を求める研究に興味をもったからである。

2. 観測

観測に際しては以下の機材を用いて、以下の天体を観測した。

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



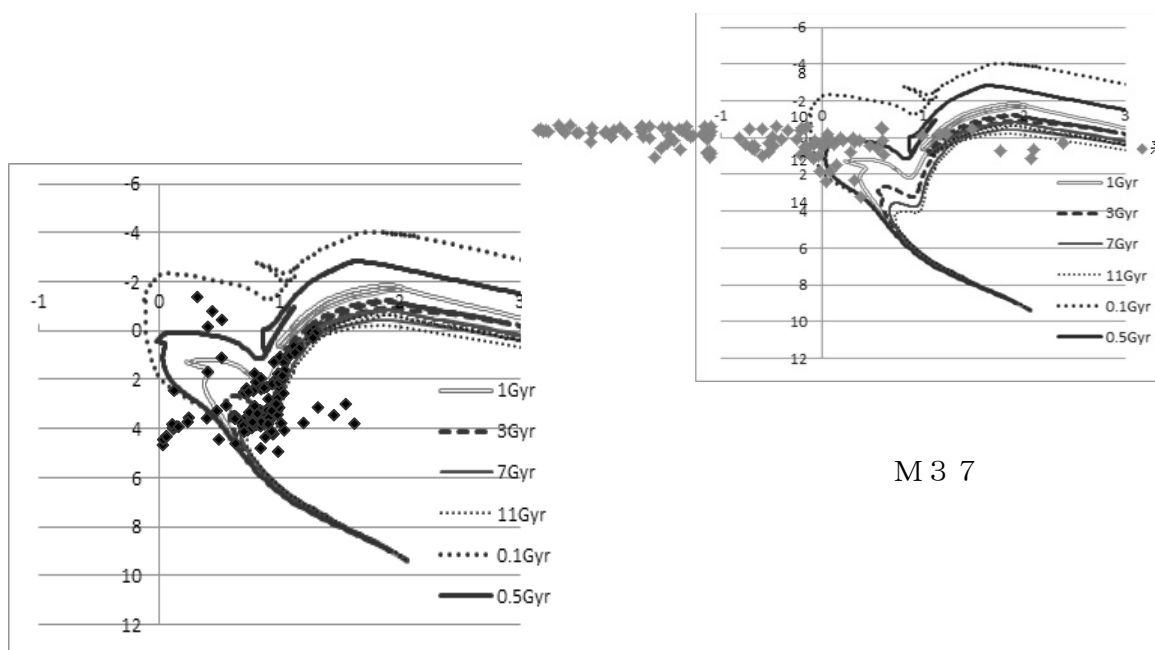
M 2



M 3 7

3. 解析

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



M 2

4. 考察

作成した HR 図と等時曲線を比較した結果、以下のようなことが読み取れる。

・球状星団 M2

こちらは作成した HR 図と等時曲線を比較した結果、上のグラフのようになり、恐らく約 110 億年の星団であることが分かった。

・散開星団 M37

こちらは測光を試みたがうまくグラフを作ることができなかった。

よってこの星団の考察をすることは出来なかった。恐らく測光の段階で何かしらの誤りがあったと思われる。

5. まとめ

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

6. 謝辞

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

光と水による鉄カンラン石の変化2 -光の波長の違いによる風化・変質-

東京都大田区立南六郷中学校 宇宙科学部 3年 小島 虎偉 齋藤 勇太 柏原 悠輝
1年 倉田 雄生 高坂 賢弘 山下 滉明

1. はじめに!

火星はなぜ赤いのか? 過去の火星上には湖や川など,水があった痕跡があったことが分かっている.火星の岩石が水に浸ったまま紫外線を浴びる環境があった場合,岩石にはどのような変化が起こるのか.それは火星に酸化鉄が多いことに関係するのか.南六郷中学校宇宙科学部はそれを調べるために現在,主に鉄カンラン石を用いて実験を行っている.

これまでの実験で,紫外線と水により,鉄カンラン石に変化が生じ,茶褐色の微粒子が発生することがわかった.そして,株式会社分析センターに分析依頼を行った結果,茶褐色の微粒子は水酸化鉄である可能性が高いことがわかった.

2. 目的

精製水に浸した鉄カンラン石に,波長・照度の異なる紫外線と,地球に降り注ぐ太陽光線に近い蛍光灯の光を当て続けたときの変化の違いを調べる.

3. 使用した試料・器具・装置等

- ・紫外線照射装置(自作) ・波長の異なる光の照射装置(自作) ・精製水
- ・石英試験管/外径18mm ・パイレックス試験管/外径18mm ・シリコン栓
- ・鉄カンラン石:東京都三宅島産. 直径は3~4mmほどで,暗緑色で,透明なものが多い.

4. 方法

実験1の方法は前年度の実験と同様である(大田区立南六郷中学校,2012).表面変化を詳しく見るため,実験2では鉄カンラン石を平らに研磨したものを使用した.

5. 結果

5.1 表面観察の結果(実験1-1回目, 2回目)

uvCS: 目に見える変化の大きさは,uvCと同程度かそれ以上.uvCと同様に表面の光沢が失われ,色が暗くなったように見える.

uvC: 表面の光沢がなくなり,鉄カンラン石自体の色が暗くみえる.表面に,削られたように白くなっているところがある.少し丸みを帯びた.

uvA: 実験前に角ばったところや傷があったところは,白っぽくなった部分がみられる.角が削られるといった大きな変化は見られない.

f: uvAと同様に角ばったところや傷があったところには,白くなった部分が見られた.だが,uvAよりも変化した部分は少ない.

nf: uvA,fと同様,角ばったところが,少し白っぽくなった試料もある.だが,uvA,fと比べると明らかに変化が少ない.

5.2 質量の変化の割合(実験1-1回目)

実験前後の5個の鉄カンラン石を電子天秤で測定した合計質量は表1のようになった.

表1. 鉄カンラン石5個の合計質量

試料	実験前の質量 [g]	実験後の質量 [g]
uvCS	0.05140	0.05010
uvC	0.06940	0.06780
uvA	0.06100	0.06050
f	0.05600	0.05590
nf	0.05680	0.04250

5.3 表面の変化の割合

実験前と実験後の試料の表面の写真に網目をかけ、変化している部分と変化していない部分のマスをそれぞれ数えて、表面変化の割合を求めた(図1)。

5.4 表面観察の結果(実験2)

uvCS：目に見える変化の大きさは、実験1と同じように、

最も大きかった。表面の光沢が失われ、表面がざらついたように見える。

uvC：表面の光沢が失われ、uvCSと同様に表面がざらついたように見えるが、uvCSより程度は小さい(図2)。

uvA：今回の実験では、実験1に比べて変化が大きい。実験2のuvCS、uvCより程度は小さいものの、短期間ではっきりした変化が見られた(図3)。

f：実験1と比べて、表面にざらつきがみられるなど、はっきりとした変化が見られた。

nf：実験2の他の試料と比べると変化は小さい。しかし、表面がざらつく変化が起きた。その変化は、実験1と比べはっきりとしていた。

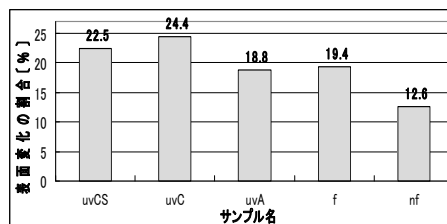


図1. 表面変化の割合

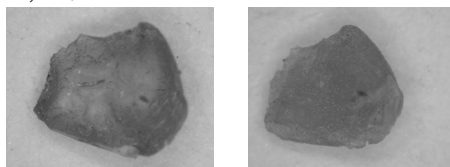


図2 uvCSの変化(左:実験前 右:実験後)

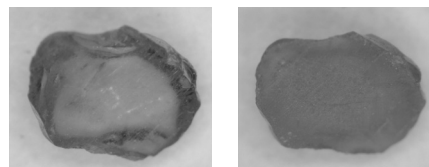


図3 uvAの変化(左:実験前 右:実験後)

6. 考察

【実験1】 顕微鏡による表面観察では、uvAはuvCほどではないが表面が白くなった。この表面の変化はuvCS>uvC>uvA>f>nfの順に変化が小さくなった。網目をかけて表面変化の割合を求めた結果も同様になった。質量変化の割合を求めると、uvC>uvCS>f>uvA>nfの順に小さくなり、誤差はあるが、表面観察と似た順になった。特に、光の波長が長いfは、観察においても質量変化においても変化が小さく、光を当てないnfにおいては、fと同様に鉱物の変化がほとんどなかった。

【実験2】 実験1に比べて、全体的に短期間ではっきりした変化が見られた。顕微鏡による表面観察では、表面がざらついて白くなる変化がよりはっきりと観察できた。表面の変化は、実験1と同様に、uvCS>uvC>uvA>f>nfの順に変化が小さくなったように見える。これは実験1と同じ順になっている。

今回の実験では、前回ほとんど変化が見られなかったnfや、変化が小さかったuvAやfにおいても変化がみられた。光をあてていないnfにおいてははっきりした変化が見られるのは、これまでの実験で例がないので、繰り返し実験を行っていく必要がある。

・火星の色との関連

これまで、宇宙科学部で行ってきた実験より、火星が赤くなった原因の一つとして、紫外線Cと水により鉱物が風化変質し茶褐色の微粒子ができ、その微粒子が火星の地表に残り地表の色を赤くしたと考えられる。また、この実験で紫外線A、蛍光灯の光と水でも鉄カンラン石での風化変質が起きたことから、地球に到達する紫外線Aと水によって地球表面上にある鉄カンラン石も風化変質が促進されると考えられる。火星では地球よりも大気が薄く、紫外線Cの他に紫外線Aも地上に到達するため、私たちが行っている実験より風化が進む可能性がある。

参考文献

大田区立南六郷中学校(2013): 光と水による鉄カンラン石の変化-波長の違う光による風化・変質-, 日本天文学会2013年春季年会第15回ジュニアセッション講演予稿集pp172~173

2013年3月14日に観測したパンスターズ彗星のコマと尾の長さの推定

福田譲久、川口温大(中3)、大井礼之、高橋星妃、小山貴弘(高2)

【日生学園附属中学校・日生学園第一高等学校 天文サークル】

1. はじめに

今回観測したパンスターズ彗星(C/2011 L4)は、ハワイ大学の他、イギリス・ドイツ・台湾の研究機関が共同で運営しているチーム「パンスターズ」が2011年6月6日に19等級の天体として発見した彗星である。

パンスターズ彗星は地球の軌道面に対して垂直に近い 84° と立った軌道で、南から北へと動いていく。この彗星の軌道は放物線軌道を描く為、二度と太陽系に戻ることはないといわれている。

2. 研究目的

パンスターズ彗星を観測して撮影を試み、撮影した写真画像より、パンスターズ彗星のコマと尾の視直径を求め、実際のコマの大きさと尾の長さを推定する。

3. パンスターズ彗星の観測

A) 使用した観測機材

ポータブル赤道儀(CD-1)、50mm屈折望遠鏡(BORG 50FL)、デジタル一眼レフカメラ(EOS Kiss X5)

B) 観測方法

- ① 薄明の中、パンスターズ彗星の見える方位・高度の予報をもとに観測場所を決定する。(観測場所；日生学園第一高校青雲寮前、北緯34度41分0.5秒、東経136度11分0秒)
- ② 50mm屈折望遠鏡(BORG製)で直焦点撮影を行う。

C) 観測結果 (2013年3月11日~14日)

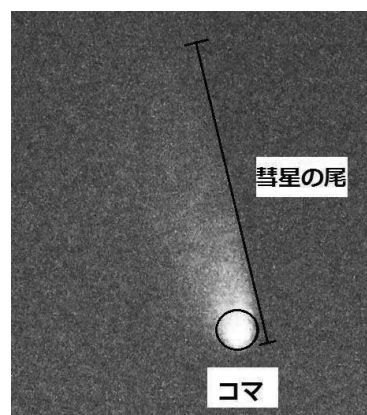
3月11日、12日は標準レンズでの撮影を試みたが、周囲に目印となる星の存在がなく、夕方明るいこともあり、彗星の姿をとらえることができなかった。

3月13日は曇り空で観測することができなかった。

3月14日は50mm屈折望遠鏡を使用し、撮影を試みた。彗星と比較対象として月齢2.6の月を雲の間から撮影することができた。

4. 彗星のコマと尾の部分的决定する

今回観測出来たパンスターズ彗星をとらえた写真は、薄明中の夕方18時48分だったので、コマと尾の部分の区別が難しかったが、本研究では画像のコントラストを強くし、明暗をつけ、左図の部分彗星のコマと彗星の尾とした(右写真)。



5. 撮影された写真から、パンスタース彗星のコマの大きさと尾の長さを推定する

【方法】

- ① パンスタース彗星と月の写真を同じ倍率で撮影する。
観測場所；日生学園第一高校青雲寮前(北緯 34 度 41 分 0.5 秒、東経 136 度 11 分 0 秒) 撮影時刻;2013 年 3 月 14 日 18 時 48 分(彗星)
- ② 撮影した写真画像を同倍率で印刷する。
- ③ 当日の月の視直径(30.7')と月の写真での直径を比較して、写真上での長さとお測される天体の視角を対応づける。
- ④ パンスタース彗星の写真画像より、コマの大きさと尾の長さを定規で測定する。
- ⑤ 当日のパンスタース彗星の地心距離(1.12265AU)と日心距離(0.30929AU)、当日の太陽から地球までの距離(0.99378AU)をステラナビゲータで調べ、太陽・地球・彗星の位置関係を、1AU = 10cm で作図する(図 1,2)。

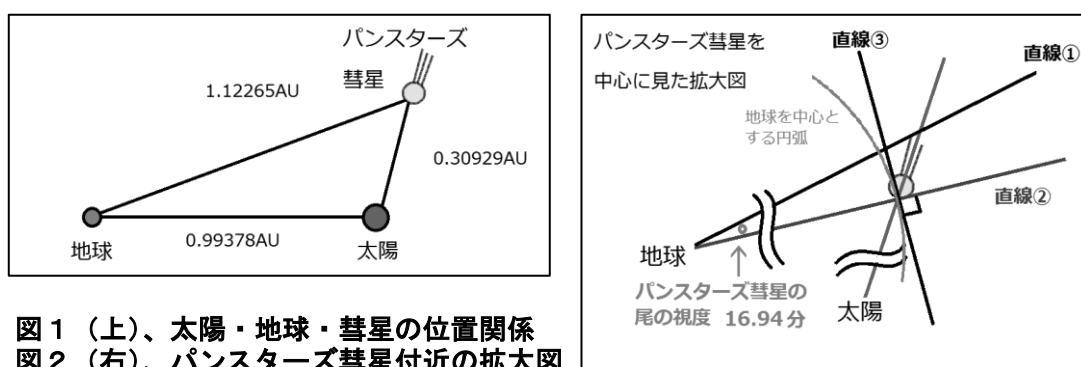


図 1 (上)、太陽・地球・彗星の位置関係
図 2 (右)、パンスタース彗星付近の拡大図

- ⑥ 作図より、パンスタース彗星のコマの大きさと尾の長さを推定する(図 3)。

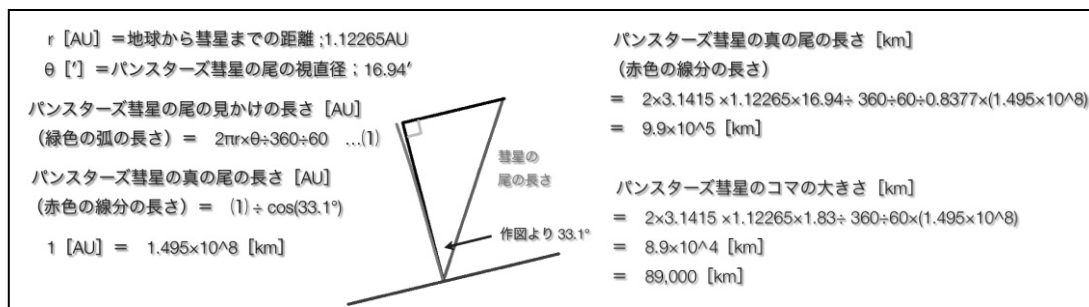


図 3 パンスタース彗星のコマの大きさと尾の長さの推定

6. 結果・考察

パンスタース彗星のコマの大きさと尾の長さはそれぞれ 1.83' と 16.94' で、実際のコマの大きさと尾の長さは、8.9 万 km と 99 万 km であると求められた。

地球の直径は約 1.3 万 km であるが、コマの大きさはその約 7 倍、尾の長さは約 77 倍もあることが分かった。

今回の観測では、彗星の背景の空はまだ薄明がかかっており、実際のコマの大きさと尾の長さは、写真から読み取ったものより大きいと予想される。

今後はアイソン彗星の観測と継続的な尾の変化をとらえていきたい。

7. 参考文献・使用ソフト

藤井旭の彗星観測ガイド、天文・宇宙の科学、太陽系・惑星科学、月刊星ナビ 2013 年 4 月号、ステラナビゲータ Ver9

MEMO
MEMO

MEMO
MEMO

表紙 「2013年を彩った彗星たち」

左より、パンスターズ彗星 (C/2011 L4)、アイソン彗星 (C/2012 S1)、ラブジョイ彗星 (C/2013 R1)である。パンスターズ彗星は、近日点 (太陽に最も近づいた場所) で、1等星より明るくなったが、見かけ上、太陽に近く、春の黄砂の影響などもあり、観測しづらい彗星であった。しかし、近日点通過後より、ナトリウムの尾が観測され、5月末の地球軌道面を通過する時期には、非常に長い尾も観測された。地球との位置関係が良かったら、大彗星として記憶されたに違いない。

アイソン彗星は、土星付近の遠くの距離で発見され、太陽表面の近くを通過するサングレーザー彗星のため、太陽表面を通過後に大彗星になると期待された彗星であった。しかし、太陽に近づくとつれて、予想のようにあまり明るくならず、心配していた11月中旬に急増光した。大彗星の期待を持って、11月29日の近日点通過を迎えるが、最接近直前に分裂崩壊してしまった。私たちには、まだ、知らないことがいっぱいあることを再認識させる天体現象であった。

ラブジョイ彗星は、この2013年9月に発見され、アイソン彗星より明るく長い尾が観測された。「アイからラブへ」と観測対象を変えた人も多かっただろう。太陽フレアの影響で、尾が折れ曲がったり、切れたりする現象がとらえられた。

まさに、2013年は彗星の年であった。

左：パンスターズ彗星 (C/2011 L4)
撮影日時：2013年3月15日19時05分 (JST)
カメラ：OLYMPUS OM-D
レンズ：ZUIKO DIGITAL ED300mm F2.8
撮影地：菅平高原 (長野県上田市)

中央：アイソン彗星 (C/2012 S1)
撮影日時：2013年11月16日05時02分 (JST)
カメラ：CANON EOS5D MkIII
レンズ：Carl Zeiss Apo-Sonnar T* 2/135 (f=135mm, F=4)
撮影地：霧ヶ峰高原 (長野県諏訪市)

右：ラブジョイ彗星 (C/2013 R1)
撮影日時：2013年12月05日05時17分 (JST)
カメラ：CANON EOS5D MkIII
レンズ：Carl Zeiss Apo-Sonnar T* 2/135 (f=135mm, F=4)
撮影地：菅平高原 (長野県上田市)

撮影・文 大西浩次

ジュニアセッション実行委員会・世話人

実行委員 大西 浩次 (委員長)、石川 直美、篠原 秀雄、鈴木 文二、畠 浩二、山岡 均
世話人 飯塚 亮、小野 智子、谷川 智康、内藤 博之、永井 智哉、西村 昌能、船越 浩海、
松本 直記、吉川 真
アドバイザー 縣 秀彦、高橋 典嗣、長谷川 直子、渡部 潤一

紙面構成 中田 彩子

印刷 株式会社 明友社