

日本公開天文台協会 (JAPOS)
第 15 回全国大会 集録



リモートホスト：南阿蘇ルナ天文台

大会事務局：栃木県子ども総合科学館

2021.06.28～06.29

目 次

- 0 1 参加者名簿
- 0 2 メインテーマ及びプログラム
- 0 3 総会議事録
- 0 4 パネルディスカッション「博物館としての公開天文台」
- 0 5 記念講演会
- 0 6 研究発表及びポスター発表
- 0 7 日本公開天文台協会 役員
- 0 8 日本公開天文台協会 会則・細則

01 参加者名簿

氏名	所属
縣 秀彦	国立天文台 天文情報センター
旭 司益	NPO法人小樽青少年科学技術の芽を育てる会
阿部 葵	
綾仁 一哉	井原市美星天文台
荒明 慎久	美瑛町郷土学館
安藤 和真	ウェザーニューズ
安藤 享平	郡山市ふれあい科学館
池田 隆裕	南阿蘇ルナ天文台
石田 俊人	兵庫県立大学西はりま天文台
伊藤 亮介	井原市美星天文台
稲葉 洋一	さかもと八竜天文台
井上 毅	明石市立天文科学館
今村 和義	阿南市科学センター
岩穴口 栄市	たちばな天文台
岩村 和政	山口県立山口博物館
宇佐美 拓也	石川県柳田星の観察館「満天星」
浦田 ひろみ	上尾天文台
大浦 健治	リナシティかのや情報プラザ
大川 拓也	
太田 哲朗	島根県立三瓶自然館
大瀧 裕介	札幌市青少年科学館
大野 智裕	田村市 星の村天文台
奥田 亜希子	にしわき経緯度地球科学館
小関 高明	関西モバイルプラネタリウム
香川 眞史	栃木県子ども総合科学館
加藤 祥吾	(公財)大垣市文化事業団
加藤 忠	株式会社NTTファシリティーズ
冠木 レオ	株式会社 五藤光学研究所
唐崎 健嗣	合同会社プラネタリウムワークス
河合 裕子	
川股 駿一	栃木県子ども総合科学館
鷹 宏道	星槎大学
木村 修	スター・パーティ
桐野 修	一般財団法人星のふるさと 星の文化館

氏名	所属
小池 明夫	国立天文台 天文情報センター
近藤 秀作	富山市科学博物館
齋藤 泉	栃木県子ども総合科学館
佐藤 幹哉	国立天文台 天文情報センター
佐野 康男	北海道大学 大学院理学研究院 宇宙観測基礎データセンター 研究員
重藤 遼太郎	久万高原天体観測館
篠木 新吾	釧路市こども遊学館
白川 博樹	(一社)天体望遠鏡博物館
白鳥 裕	東海大学
新中 善晴	京都産業大学 神山天文台
鈴木 謙誌	浜松市天文台
鈴木 大輔	川口市立科学館
鈴木 康史	明石市立天文科学館
園木 達也	南阿蘇ルナ天文台
高橋 進	
高原 摂竜	にしわき経緯度地球科学館
田口 光	ぐんま天文台
田口 莉都	石川県柳田星の観察館「満天星」
武井 咲予	星空公団
竹内 裕美	兵庫県立大学西はりま天文台友の会
竹内 幹蔵	島根県立三瓶自然館
竹中 萌美	富山市科学博物館
辰巳 直人	赤磐市竜天天文台公園
田中 里佳	かわさき宙と緑の科学館
谷 沙希	四万十市天体観測施設「四万十天文台」(ホテル星羅四万十)
坪根 徹	佐久市天体観測施設 うすだスタードーム
戸田 博之	京都大学岡山天文台
富岡 愛唯奈	栃木県子ども総合科学館
豊島 直紀	福島市浄土平天文台
豊増 伸治	豊川市ジオスペース館
内藤 武	川崎市青少年科学館
内藤 博之	なよろ市立天文台
長井 知幸	南阿蘇ルナ天文台
長尾 碧	バンドー神戸青少年科学館 (神戸市立青少年科学館)
中島 克仁	りくべつ宇宙地球科学館 (銀河の森天文台)
永瀬 淳	北村山視聴覚教育センター

氏名	所属
永田 舞	栃木県子ども総合科学館
西垣 幸造	尼崎市立美方高原自然の家
長谷川 優子	川口市立科学館
羽中田 健吾	
林 忠史	富山市科学博物館
早水 勉	佐賀市星空学習館
原 秀夫	公益財団法人日本博物館協会
原田 実紀	姫路市宿泊型児童館「星の子館」
平塚 勝一	産山村教育委員会 うぶやま天文台
平濱 美紀子	ディスカバリーパーク焼津天文科学館
福澄 孝博	札幌市青少年科学館/北大院・工
福田 豪一	加古川市立少年自然の家
藤田 康英	久万高原天体観測館
船越 浩海	生涯学習センターハートピア安八（天文台・プラネタリウム）
古屋 昌美	スター・ウィーク実行委員会 枚方市野外活動センター
細谷 一	上越清里星のふるさと館
洞口 俊博	国立科学博物館
前野 将太	井原市美星天文台
牧野 亜紀	豊川市ジオスペース館
増田 孝裕	栃木県子ども総合科学館
松尾 厚	
松岡 義一	日本天文教育普及研究会一般普及分野
松永 歩	ディスカバリーパーク焼津天文科学館
丸川 章	伊丹市立こども文化科学館
三島 和久	倉敷科学センター
見張 綾美	阿南市科学センター
宮本 敦	鳥取市さじアストロパーク
宮本 孝志	公開プログラムワーキンググループ
武藤 祐子	南阿蘇ルナ天文台
村上 将之	協栄産業株式会社
村上 恭彦	なよろ市立天文台
安田 岳志	姫路科学館
山岡 均	国立天文台
山田 義弘	なよろ市立天文台
山根 弘也	呉市かまがり天体観測館
山本 由弘	加古川市立少年自然の家

五十音順(敬称略)

02 メインテーマ「コロナ禍における公開天文台」

2020年6月開催予定の栃木大会は残念ながら1年延期となりました。現在も新型コロナウイルス感染症の終息が見とおせない状況です。そこで、初のリモート大会にて、多くの施設や団体の皆さまが行ってきた感染拡大防止の様々な工夫や努力について情報交換し、今後の運営に活かしながら公開天文台の魅力を高めることができればと思いこのテーマを設定しました。

プログラム

28日(月)

9:00 **開会式** (司会：日本公開天文台協会事務局)

9:10 **開会挨拶** (安田岳志 日本公開天文台協会会長)

大会事務局挨拶 (香川真史 栃木県子ども総合科学館館長)

9:20 **特別ゲストパフォーマンス** ブラック星博士 リモートにも降臨！ほか

9:30 **総会** 議案第1号～8号

第14回全国大会(宮崎大会)会計報告など

11:00 **セッション1** (3件 発表15分+質疑3分)

「COVID-19と球磨川大水害と人材不足で何をやる？」稲葉洋一

「リアルとオンラインをつなぐ新しい観察会の実践」村田祐樹、園木達也

11:40 昼食

13:00 **パネルディスカッション「博物館としての公開天文台」**

前半：博物館法改正と公開天文台に関するプレゼンテーション

半田昌之氏 ((公財)日本博物館協会専務理事)、

栗原祐司氏 (京都国立博物館副館長)

宮本孝志 (南阿蘇ルナ天文台長)

後半：パネルディスカッション

栗原祐司氏、宮本孝志、鷹 宏道、安田岳志、谷 沙希、岩穴口栄市 ほか

14:30 休憩

14:50 **セッション2** (4件 発表15分+質疑3分)

「コロナ禍における新しい星空観望スタイルの提案～電視観望/撮影～」村上将之

「鳥取市さじアストロパークにおける電視観望システム導入事例」宮本敦

「国立科学博物館(筑波)におけるオンライン天体観望会」洞口俊博

「兵庫県立大学西はりま天文台における新型コロナ対策」石田俊人

16:10 休憩

16:20 セッション3 (2件 発表15分+質疑3分)

「まだ9年?もう9年を切った!???2030年北海道金環日食を迎え撃て」

福澄孝博、荒明慎久

「金環日食、北から見るか?南から見るか?それとも…」村上恭彦、中島克仁

自由参加

20:00 ナイトセッションI「列島縦断!! 3館を結ぶLive天体観察会リレー」

なよろ市立天文台(北海道)・国立科学博物館(つくば)・南阿蘇ルナ天文台(熊本県)の3館をオンラインで結ぶ列島縦断のLive天体観察会! 電視観望はもちろん、JAPOSだからこそ話せるライブ配信の工夫や苦労話を交えながら、みんなで盛り上がりましょう。視聴者からの質問にもお答えしますよ~!

21:00 ナイトセッションII「Zoom情報交換会」

22:00 終了

29日(火)

9:00~10:30 記念講演会「はやぶさ2のチャレンジとその成果」

講師:吉川真氏(JAXA はやぶさ2ミッションマネージャ)

10:40 ZOOM 記念撮影

11:00 セッション4 (3件 発表15分+質疑3分)

「はやぶさ2観測キャンペーンに参加して」牧野亜紀

「美星天文台における光害の測定」伊藤亮介

「コロナ禍における美星天文台での取り組み」前野将太

12:00 昼食

13:00 セッション5 (4件 発表15分+質疑3分)

「コロナ禍における星の子館の取り組み」原田実紀

「コロナ禍で迎えた惑星で星空視力大実験!!!」

内藤博之、綾仁一哉、井上毅、植松淳子、大西浩次、大沼一彦、衣笠健三

鳴沢真也、福澄孝博、福原直人、福原佳子、村上恭彦、渡部義弥

「コロナ禍による天文台運営の変化」谷沙希

「コロナ禍における栃木県子ども総合科学館での普及活動」齋藤泉

14:20 休憩

14:40 セッション6 (6件 発表15分+質疑3分)

「第3世代型天体観察会体験者に対する質問調査

-テキストマイニングを用いた分析から-」 武藤祐子

「『次世代公開天文台』の基礎的なシステム構成と応用の例」 長井知幸

「第8回 J APOS 全国研修会 & ASC-Lab 立上げのご報告」 宮本孝志ほか

「キャンペーン「シリウス B チャレンジ」の構想」 今村和義

「スター・ウィーク 2021 について」 古屋昌美

「ハートピア安八天文台ジュニア天文倶楽部での日食観測実践」 船越浩海

16:40 事務連絡

16:50 閉会式

17:00

【ポスター発表】

「スター・ウィーク 2021 について」 古屋昌美

「2020 年「時の記念日」100 周年記念事業の報告」 井上毅

「コロナ禍での天体観察 -組み立て式天体望遠鏡キットの活用-」 縣秀彦

03 総会議事録

6月28日(月)9時30分～11時00分

議事録担当 理事 早水勉

[事務局長 井上]

総会は、会則第13条に基づき行う。この総会は、会則第4条の個人会員をもって組織する本会最高の決議機関である。準会員、施設会員、賛助会員は、議決権はないが、総会を傍聴することが可能。総会は、毎年1回年会の開催時に会長が招集するが、2020年度は新型コロナウイルス感染症拡大のために、大会を開催することができなかった。2021年度は、2020年度分を合わせて、今回オンラインで開催する。

現在の会員数の報告

個人会員 106 有権者 82

準会員 34 / 賛助会員 14 / 施設会員 123

2021年度総会は、事前に議案の公開と投票を完了している。

定足数の報告

会則第15条により、総会は個人会員の5分の1以上の出席が必要。2021年度については、有権者を2021年度会費の期限までに納入済みの個人会員とした。その結果、82名が有権者で、この5分の1の17名が総会の定足数となる。今回の有効投票数は55票、投票率67%となり総会は成立した。

総会の書記は早水理事、議事進行は安田会長が務める。

[会長 安田]

今回の議案は8号まであり、すでに採決済み。第1号～4号をひとつにまとめ、第5号、6号をまとめ、第7号は、(1)会長の選任、(2)理事の選任、(3)監事の選任に分割した。

可決の要件

議案第1号～第7号 過半数で可決

議案第8号 2/3以上の賛成で可決

[事務局長 井上]

議案1～4号の説明。議案第1号：2019年度事業報告／議案第2号：2019年度決算書／議案第3号：2020年度事業報告／議案第4号：2020年度決算書

(議案文書参照)

[監事 松尾]

2019年度と2020年度の監査報告。(監査報告参照)

追加説明／付帯意見をかなり記載した。会計関係書類はよく整理されていた。2021年度に入って、付帯意見に関することもおおむね対応して頂けたと考えている。残務についても取り掛かっていただけるとは思っていないかと思っている。

[事務局長 井上]

第1号～第4号議案の投票結果

有効投票数 55 票に対して、賛成 54 票、反対 1 票 過半数の賛成で可決。

[事務局長 井上]

議案 5～6 号の説明。議案第 5 号：2021 年度事業計画／議案第 6 号：2021 年度予算計画
(議案文書参照)

第 5 号～第 6 号議案の投票結果

有効投票数 55 票に対して、賛成 54 票、反対 1 票 過半数の賛成で可決。

[事務局長 井上]

議案 7 号：次期役員の選任の説明。(議案文書参照)

第 7 号議案の投票結果。いずれも、賛成過半数で可決。

議案 7-1 号 会長選任人について、有効投票数 55 票に対して賛成 55 票

議案 7-2 号 理事選任人について、有効投票数 55 票に対して賛成 54 票、棄権 1 票

議案 7-3 号 監事選任人について、有効投票数 55 票に対して賛成 55 票

[事務局長 井上]

議案 8 号：会則改定の説明。(議案文書参照)

第 8 号議案の投票結果

有効投票数 55 票に対して、賛成 53 票、反対 1 票、棄権 1 票 2/3 以上の賛成で可決。

[会長 安田]

会員の投票とご協力について御礼申し上げます。投票フォームに寄せられたコメントを一部紹介する。

- ・ コロナ禍の中でもこのようリモート形式で総会を成立できたことを感謝します。
- ・ JAPOS-HP の SSL 化について提案

他

視聴者質疑

[内藤] ・ 運営委員会の議事録の作成と公開について検討して頂きたい。

[福澄] ・ 役員への立候補者が少ない。若い人に意見が聞ける場の設置を希望。

新役員の挨拶 (登壇順)

- ・ 次期会長 = 村上恭彦 (なよろ市立天文台)
- ・ 次期理事 = 安藤和真 (ウェザーニューズ), 岩穴口栄市 (たちばな天文台), 小野寺正己 (仙台市天文台) / 欠席のため紹介の → 高野敦史 (南阿蘇ルナ天文台), 高橋進 (多賀町教育委員会生涯学習課), 武井咲予 (星空公団), 中島克仁 (りくべつ宇宙科学館), 古谷昌美 (枚方市野外活動センター), 宮本敦 (鳥取市さじアストロパーク), 松尾厚 (元 山口県立博物館)
- ・ 次期監事 = 坪根徹 (うすだスタードーム), 早水勉 (佐賀市星空学習館)

04 パネルディスカッション

「博物館としての公開天文台」

2021年6月28日(月) 13時00分～14時30分

司会：松尾厚 (JAPOS 監事), Q&A 担当：古屋昌美 (JAPOS 監事)

(松尾) 現在、博物館法の改正が十数年ぶりに進められており、次期国会での成立が目指されている。公開天文台も博物館のフレームの中で活動していくために、このセッションを開催する。代表して3名の方に講演をいただき、後半はディスカッションを行う。

【前半】「博物館法改正と公開天文台に関するプレゼンテーション」

半田昌之 ((公財)日本博物協会専務理事)

栗原祐司 (京都国立博物館副館長)

宮本孝志 (南阿蘇ルナ天文台)

1. 半田昌之 ((公財)日本博物協会専務理事)

演題：博物館法改正に向けた検討の状況

現行の博物館法は現状と乖離が目立ってきている。2019年11月文化庁は文化審議会に博物館部会を設置した。博物館を専門に検討する部会の設置は画期的。法律と実態の乖離を解消し、すべての博物館が制度を通じて質の維持・向上を図ることができる仕組みに改善することが必要。

○ 課題分類／# 制度・政策 # 参画・連携／博物館サイドの問題 # 国際化 # 研修・育成

○ 博物館現場の課題／# 人の問題 (人的資源、

育成 等) # 経営・施設等の問題 (経営資源、老朽化)

博物館を取り巻く諸課題 (文化庁)

(1) 博物館に関すること

制度面 (登録制度など) / 運営名 / 収蔵や展示 / SDGs など
博物館に関する社会的課題 / アーカイブ整備など情報発信の
在り方等

(2) 博物館に関する人材に関すること

館長 / 学芸員 / その他の人材 (多様な人材と求められるスキル)
 / それぞれに関し、養成・採用・研修・処遇について、
魅力 ある職種となる観点からの検討 等

(3) 博物館への来館者に関すること

地域住民 / 子供、高齢者、障害のある方 / 観光客 / 海外から
来る者への対応 等

(4) 博物館と他セクターとの関わり

自治体、NPO / 教育機関 / 企業、観光関係 / その他 等

結果として取り込みが進まない課題

○ ワーキンググループの中間報告

- ・各博物館の底上げ，盛り立てを図る。
- ・法人類型による制限をできる限り緩和する。
- ・審査基準／博物館としての機能，活動の評価。

第三者専門組織による標準化、地域・館種等の審査課題解消と各施設に対する支援の充実。

- ・更新と評価／登録（認証）の更新制の導入＝10年程度を想定
- ・連動した博物館振興策／登録メリットの拡充。

今後の検討を進める体制（私的試案）

◎日本博物館協会を核とする調査研究組織の設置

- ・博物館制度充実、博物館法改正の方針に添って検討が必要とされる課題（上記1～6）に対する調査研究。
- ・上記7の関係組織との連携、情報共有等の体制整備。
- ・第3者機関の組織、機能、規模等の検討、文化庁との調整。
- ・ネットワーク化のモデル事例の設定と試行、評価。
- ・ネットワーク化の基本方針の検討
- ・関係者、博物館利用者等によるシンポジウム等の実施
- ・博物館部会、文化庁との連携 等

22

2. 栗原祐司（京都国立博物館副館長）

演題：博物館法改正と公開天文台

博物館法には個別の館種は出てこない。実際には多様な種別（科学館，動物園，水族館，文学館他）があり公開天文台，プラネタリウムも存在する。博物館の定義と目的＝1946年ICOM憲章以来変遷し、博物館の対象を広げてきた。1974年大会で現在に近いものになり、「科学館」「プラネタリウム」も博物館の種類として明記。2001年大会ではさらに拡張したが、2007年大会で簡素化された。現在は、社会的課題を解決するための博物館定義の抜本的な見直しに向けて検討中で、2022年のプラハ大会で改正される見込み。

○ 現在の博物館の4要件／博物館資料があること、学芸員その他の職員を有すること、建物及び土地があること、150日以上／年の開館

博物館としての公開天文台の資料の収集、保管、展示、調査研究、教育活動の例(案)

○ 博物館の望ましい基準（2011年）

／資料の収集・展示，調査研究，資料の保存
公開天文台の事業はこれに当てはまっている。

○ 文化審議会博物館部会による審議経過報告
登録制度が形がよい化している。これに対して、新しい登録制度の方向性を示した。（半田氏の講演に同じ）文化庁は来年（2022年）1月の国会提出を目指している。

- ・観測機器の購入、展示、活用
- ・天体記録（文献、図表、写真、映像）及び天体関係資料の保存、展示、活用
- ・天文学に関する調査研究
- ・一般の観測、天体観望会の実施
- ・学校等における天体に関する教育普及活動

3. 宮本孝志（南阿蘇ルナ天文台）

演題：博物館としての公開天文台

天文台から見たときの博物館について講演する。R3年4月24日博物館シンポジウム／公開天文台が、博物館の一種として関係者の中で広く認知されたことは画期的。

倉敷天文台以来、国立科学博物館や山口県立博物館の一部として発動。現在では、全国に数百か所の公開天文台がある。

JAPOS（日本公開天文台協会）の活動

・総会、研究発表大会の開催 ・大会集録の刊行
・メーリングリスト、ホームページの運営
・研究、調査の実施 他

博物館の枠組化に関する JAPOS による要望書案（上スライド）をまとめている。

JAPOS 会員は、博物館となる多くのメリットを知ってほしい。# 外部からの人的・財政的支援 # ネットワークの形成 # 専門性の共有 他



55. 法改正にあたり、公開天文台からの要望・コメント

日本公開天文台協会(JAPOS)としてまとめた要望書案

- 1) 天体写真・画像、観測資料について、博物館資料として認知していただき、公開天文台を博物館の一類型として位置づけることができるように取り計らわれない。
- 2) 公開天文台では展示や教育普及活動において、天体写真や天体現象を説明するイラスト等を頻用している。JAPOSとしては、登録/認証と連動する種々の特例措置のうち、特に学校教育機関と同様の「著作権の教育機関特例」の適用を強く要望する。
- 3) 博物館等の大きな施設に付属していない単独の公開天文台は、小規模自治体の資料館等と同様に小さな施設が多く、登録/認証博物館をめざすための余力が少ない状況である。登録/認証博物館をめざすインセンティブとして、登録/認証博物館への財政支援措置をはじめ、登録/認証と連動する種々の特例措置（具体例）を検討して下さるようお願いしたい。（※JAPOS加盟の約100施設のうち、3分の2程度が単独施設）
- 4) 財政的にも人材的にも、きびしい状況に置かれている多くの個別館（特に小規模）への、自助努力だけでは改善が難しい運営上のアドバイスやサポートが受けられる制度や連携ネットワークが望まれる。

© 2021, JAPOS

【後半】「パネルディスカッション」

パネラー：栗原祐司，半田昌之，宮本孝志，鷹宏道，安田岳志，谷沙希，岩穴口栄市

（鷹）／元平塚市博物館学芸員

学芸員としてプラネタリウムがどのような役割を果たせるかを仕事としてきた。JAPOS が博物館の洗礼を受けるのは、なかなか厳しいハードルとも思うが応援していきたい。

（安田）／JAPOS 会長・姫路市科学館

公開天文台の多くの施設が博物館になるための足掛かりになると良い。今後の発展を望む。

（谷）／四万十天文台

民間のホテル所属の天文台。学芸員資格は持っておらず、博物館については良く知らない。

（岩穴口）／たちばな天文台職員

栗原先生には、2年前の JAPOS 宮崎大会にお越しいただいた。小さな施設から、博物館法をどう見ていけるのかを考えたい。

Q. (古屋) 自治体の設置した公開天文台の多くが指定管理者制度に移行した。博物館にとって指定管理者制度はなじむ制度か？

A. (半田) 一概にその是非を結論付けられない。メリットを活かしている施設も多い。今後も現状の課題を整理して指定管理者制度を議論していくことが必要。

Q. 博物館認定の更新年限は検討段階ということだが、10年の更新だと指定管理期間に一度も更新審査を受けないことが起こる。期間について今後議論する予定はないか？

A. (栗原) 10年が長いと短い双方の意見がある。博物館部会でまさにこれから詰めていく必要がある。私見として、指定管理期間の更新時に合わせて審査する必要がある。館の事情によって差があることから、一律に10年に決めてしまうのは適当ではない。

Q. (古屋) かなりの人が不安に感じていると思われる質問。職員が学芸員資格を持っていない施設の救済措置はあるか？

A. (栗原) まだ部会で検討されていないが、学芸員資格は必須。現状では学芸員資格を取得することは、それほど困難なことではない。放送大学でも実習以外の単位が取れて、1年以上の実務経験で資格を取得できる。一方で、簡単に取れるというのも問題がある。

(宮本) 博物館法の学芸員要件は理解できるが、公開天文台から見たとき、学芸員が不在であることを理由にJAPOS会員を切り捨てるような方向になってはいけない。会員を保護するためにJAPOSから行政にコメントする必要があるのではないか。

(谷) 博物館制度、学芸員資格について。天文台だけでなくホテル業務をやる傍らに勉強する時間がなかなか取れない。学芸員資格を取得するのは難しい。不安の方が大きい。

(栗原) 狭き門だが、試験認定や、実績や論文等を評価する審査認定という取得方法もある。

(鷹) 私は、学芸員資格は博物館に就職してから試験認定で取得した。私たちも博物館に実習生を受け入れていたが、学芸員をこんなにバラまいていいのかなと感じた。現実には学芸資格の必要な人とそうでない人がいる。

(松尾) 博物館法はJAPOSにとって苦難な道と言われたがその意味は？

(鷹) 平塚は小さな博物館だが、6分野7人の学芸員がいて、全員が市の職員の常勤。博物館登録や学芸員の位置づけのプロセスは相当な戦いだった。与えられたものではなく、獲得してきたもの。苦労したところが、獲得するものということは厳然としてある。また、そうでないと博物館になってもふさわしい成果を提供できない。JAPOS会員の皆さんはその資質と気概があると思っている。

(安田) 公開天文台は、資料の収集保管、展示、教育、調査研究など博物館に必要なことは、日常の業務としてやっていることに疑いはない。最終的に博物館になるメリットはどうか。JAPOS会長として苦労してでも博物館になりたい気持ちを持てる制度設計を望む。

(栗原) 登録博物館となるメリットは大きく二つ。まず、文化庁等の補助金が申請できる。次に、社会的信用度が高まり、寄付金獲得のチャンスが拡大する。米国ではAccreditation (認証博物館) マークの威力はすごいと聞く。お客さんも安心して来場で

き、スポンサーも獲得しやすい。そのためには市民の信頼を得ることが大前提。法改正で種々のメリットを工夫しているところなので期待して欲しい。

(岩穴口) 当館は事実上1人のスタッフ。博物館資格を取れるのか否かが分からないが、取得できれば市民や行政に対するアピールになる。

(谷) 海外でも天文台が付随するところもあると思うが、どんな運営になっているのか？

(鷹) 海外でも天文台のある宿泊施設はあり、フランスなどには歴史があり展示物もある施設がある。長く続けば歴史になる。だから日本でもやっつけてしまえばよい。施設と職員の連携が大事。うまく結びつけて調査活動をし、資料を集めて展示をする活動ができるかだ。

(宮本) すべての公開天文台が、そのまま博物館になれるわけではない。必要な努力を要する。法改正に伴う底上げによって支援を行い、自助努力を促したい。専門家の派遣などのサポートを行う第三者組織に JAPOS が役割を果たす。宿泊施設と天文台について。一般的な博物館は滞在時間は長くないが、施設に宿泊して長時間滞在することで時間をかけたデータが取れる。これは一般の博物館にはできない利点。

(松尾) JAPOS 会員へのアンケートでは、博物館と併せて指定管理者制度に関する議論が多い。

Q. (古屋) 欧米の博物館では、入館料を要しない、または非常に低価格の施設が多くある。欧米と日本では、何か根本的な考え方に違いがあるのか？

A. (栗原) 欧米と言っても国によって違う。米国だと非営利機関が多いため、寄付金によって無料にしているところも多い。英国だと国営施設の多くが税金で無料化。まさに国の施策が違う。残念ながら日本は有料化の方向。ただ、博物館法は原則として無料と規定しているので、今回の法改正でもこれは堅持したい。理想と現実で言えば、原則は無料としつつ特別展などでは有料とするなどしてできるだけ市民に参画してもらうのが理想かと思う。

(松尾) 以上で博物館セッションは終了します。公開天文台が博物館を目指すという議論を JAPOS でも進めていくことになると思うが、それが苦難の道なのか、苦難の道であっても乗り越えれば、さらに展望が見えてくる。長時間にわたり有難うございました。

(文責：早水)

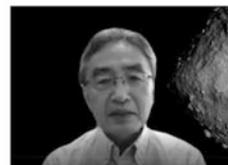
05 記念講演会

29日 9:00~10:30 タイトル「はやぶさ2のチャレンジとその成果」

講師：吉川 真氏 (JAXA はやぶさ2 ミッションマネージャ)

【プロフィール】

宇宙航空研究開発機構(JAXA) 宇宙科学研究所(ISAS) 准教授。理学博士。「はやぶさ2」ミッションマネージャ。1962年、栃木県栃木市生まれ。東京大学理学部天文学科卒業。同大学院卒業。日本学術振興会の特別研究員を経て、1991年からは郵政省通信総合研究所に勤務。1996年にはフランスのニース天文台に1年間派遣される。1998年に文部省宇宙科学研究所に異動。2003年10月からは、組織の統合により、現在に至る。専門は天体力学。小惑星や彗星といった太陽系小天体の軌道解析が専門。現在は、人工衛星や惑星探査機などの軌道決定について研究も進めている。小惑星探査ミッション「はやぶさ」では軌道決定を担当し、ミッションの後半ではプロジェクトサイエンティストを、そして最後にはプロジェクトマネージャを兼務した。また、太陽系小天体探査検討チームのリーダーとして「はやぶさ2」プロジェクトを立ち上げ、プロジェクトマネージャを経てミッションマネージャを務めている。天体の地球衝突問題(プラネタリー・ディフェンス)に関する研究やその重要性を広く認識してもらう活動も進めている。科学誌「Nature」が選ぶ2018年の10人(The 2018 Nature's 10)に選出された。



【講師紹介】

吉川先生が栃木市生まれというご縁から栃木県子ども総合科学館にて、夏の特別展でははやぶさのカプセル実物展示・講演をして戴きました。また、昨年12月はやぶさ2帰還の観測キャンペーンへのJAPOSの協力などもあることから快く引き受けてくださいました。

【講演要旨】

・小惑星の探査意義

小惑星探査は、科学をはじめスペースガード、宇宙資源、有人ミッションのターゲット、いろんな意味で我々人類に関わってくる天体の探査なので日本は力を入れている。



・リュウグウ

イトカワは、表面が凸凹だらけでクレーターが見当たらなかったことに、本当にびっくりした。表面は割となだらかでクレーターで覆われているというイメージが覆された。リュウグウは大きさがイトカワの倍ほどなので、平らな場所があってもいいでしょうと、気楽に行ったら無かった。事前には誰も予想していなかった算盤の玉のような形をしていた。

・日本の太陽系天体探査

糸川英夫博士が1955年にベンシルロケットを打ち上げてから、はやぶさがイトカワに到着する50年間、さらにははやぶさ2の完璧なミッションへと日本の技術が進化した。この間、日本が打ち上げた太陽系天体探査機は約10個だが世界初に挑戦してきた。私自身このミッ

ジョンすべて、特にのぞみ以降、はやぶさ、はやぶさ2に深く関わってきた。

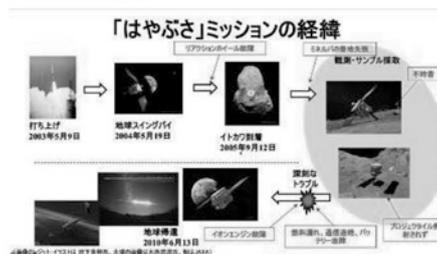
最初は1985年のさきがけ、ハレー彗星に向かっていった日本初の惑星探査機、その後ひいで月スイングバイの実証実験を行った。さらに火星探査機のぞみ。はやぶさのサンプルリターンは成功した。かぐやは大成功で月の周りに重さが約3トンの人工衛星を回して沢山のデータを撮った。NHKのハイビジョンカメラで非常に綺麗な月の映像が撮れた。金星探査機あかつきは、最初失敗したがその5年後に金星周回できてデータを取り、最近スーパーローテーションを説明できた。同じロケットで打ち上げたイカロスは、太陽系空間では世界初のソーラーセイル宇宙ヨットとして、太陽の光圧で軌道を変える実証実験に成功した。はやぶさ2と一緒に打ち上げたプロキオン探査機は、重さ50kgと非常に小型だが、太陽の周りを一周する惑星探査機として機能した。ヨーロッパとの共同ミッション「ベピコロombo」では、日本側の探査機みおが2018年に打ち上がり、彗星到着は2025年を予定。

火星探査機のぞみは、M5ロケットで打ち上げているので、直接火星を目指すサイエンスの装置を殆ど積めない。そこで月や地球の引力を使ってスイングバイし、燃料を20kgぐらい節約してその分サイエンス機器を積んだ。複雑な軌道を完璧に進んだが、地球から火星を目指すパワードスイングバイ（地球の引力+燃料を噴きながら加速）で燃料を使いすぎた。そこで、急遽太陽の周りをまわる軌道に変え、地球スイングバイなどを行ない4年遅れて到着した。この後電波が出なくなり姿勢制御に非常に苦労した。また、電波のオンとオフだけで探査機の内部情報も得た。最終的に電源系統が復活せず燃料が凍ったままのため一気にドカンと燃料を噴けず、火星周回に乗れず脇を通過してミッション終了となった。



はやぶさは2003年に打ち上がって、2005年にイトカワに到着。

まず、小惑星到着前に姿勢制御装置が1台故障、到着後にもう一台故障、1台だとダメなので、いろんな向きについている化学エンジン（スラスター）を使った姿勢制御で切り抜けた。ミネルバの着陸は失敗、1回目の着陸は不時着と想定外が続く。2回目はうまく着陸したがサンプルを獲る時弾丸が発射できなかった。



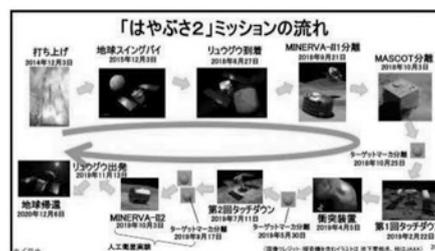
その後に、離陸したら燃料が漏れ出して通信が止まり、バッテリーも故障と、とんでもない状況になった。化学エンジンが全部使えなくなった。通信もバッテリーも復活できて、結果的には、姿勢制御も特殊なやり方でできて、イオンエンジンも地球帰還の半年後に壊れたが壊れてない部分同士をつなぐクロス運転で、3年遅れて2010年に地球帰還した。イトカワのサンプルは、地球に届けることができたが探査機本体は燃えてしまった。

あかつきは2010年5月に打ち上がり12月には金星に到着。ドカンとメインエンジンを噴いたら壊れて十分に減速できず、金星の脇を通過した。ところがメインエンジン以外は間

題なかったで、じっと待ち 5 年後に、金星に接近する時に姿勢制御の補助エンジンを使って金星周回軌道に乗り観測を行うことができ、あかつきもいろんな成果を上げている。**のぞみ、はやぶさ、あかつき**などのミッションのいろんなトラブルを踏まえた上では**はやぶさ2**で、大きなトラブルなしに6年間ミッションができた。

・はやぶさ2の立ち上げ

小惑星探査計画は1985年から始まり、2003年に打ち上がり**はやぶさ**と命名された。2000年からより進んだ探査の議論も始まっていて、はやぶさに深刻なトラブルが起こり地球に戻れるかどうかかわからないという状況になったので、2006年には**はやぶさ2**（はやぶさでのトラブルに対応・改良した探査機でC型小惑星のサンプルリターンを試るミッション）を新チームで提案した。科学的には非常に新規性高いが、**はやぶさ**と同じだと全く予算が通らず、プロジェクト化は全くできないという状況が続いた。コストを下げる必要に迫られ、NASAやESAと共同ミッションにする交渉を川口先生と私で行ったが、全然協力が得られず八方ふさがりだった。ところが2010年には**はやぶさ**が戻り大きな話題となり、2011年5月には**はやぶさ2**がプロジェクトとして認められ、急ピッチで総額300億円のミッションが始まった。3前半ぐらいの大急ぎで探査機をつくり2014年には打ち上げた。この規模の探査機を3年ぐらいで作るのは本当に異例だが、5年ぐらいずっと諦めずに提案していたことが非常に役に立ち、新しい装置を沢山詰め込んだいろんなミッションへと実を結んだ。



・ミッションの概要

はやぶさ2は、重さが燃料込みで600kgぐらいしかないが、科学の観測装置、ローバーを4つ（マスコット（独仏製）、ミネルバ2）、人工クレーターを作る衝突装置、ターゲットマーカ―5個、分離カメラを積んだ非常に盛り沢山のミッションでいろんな挑戦もできた。

打ち上げから最初の1周は地球とほぼ同じ軌道で周り地球スイングバイをした。この時にほんとうに沢山の人には**はやぶさ2**を観測してもらった。その後大きく太陽を2周して2018年6月にリュウグウへ到着、この間3回長期のイオンエンジン噴射を行った。帰りは2019年11月に出発し地球に戻ってきた。滞在日数は504日間。ミネルバ2を2機分離、ちゃんと表面をびよんびよん飛びながら撮影でき、マスコットの分離もすべて成功した。

着陸は、表面が凸凹だらけで非常に難しいため4カ月遅らせた。1回目着陸は2019年2月、人工クレーターを4月に作り、2回目タッチダウンを7月に行った。ターゲットマーカ―2個とミネルバ2をリュウグウを回る人工衛星にし、重力場の推定が非常に詳しくできた。

リュウグウ上空20kmから表面着陸まで撮影ができた。さらに物理観測もどんどん行い科学データがどんどん獲れた。リュウグウのサンプルは真黒、さらに温度、重力、そして赤外線 $2.7\mu\text{m}$ に小さな吸収があることから表面物質は含水鉱物と推定できた。

・タッチダウンが大変でした

想定外で全面が凸凹だらけで広くて平らな場所は全然なかった。どんどん着陸場所絞って、直径6mの場所に降りることになり、カムエイチという皆さんの寄付金で搭載したカメラが大活躍した。どんどん下がり、サンプルフォーンが表面に触る瞬間もちゃんと撮影でき、沢山の石が舞い上がり、まずはほっとしたのと、多分サンプル沢山獲れているだろうと思った。この時1mの精度でタッチダウンができた。次に衝突して表面の物性を調べる、地下の物質を表面に出して採取したいので人工クレーターを作るために、探査機が上空500mまで降りて、衝突装置を分離して降りて行って、40分後に爆発する。破片が飛び散るため探査機はその前に隠れるが、途中でこの分離カメラを分離して衝突実験の様子を撮影する。これは非常にアクロバティックで、隠れた後も衝突実験が終わると大急ぎ逃げる。いったん離れて、小惑星の周りが危険ではないことを確認し、クレーターを観測しに行くとかかなり運用は複雑だったが、これも全てうまくいき、動画でクレーターが大きくなっていく様子がちゃんと分かった、これも世界初。せいぜい直径3mぐらいかなあと考えていたら、15mぐらいあり想定外の大きさ。このクレーターの中への着陸はリスクが高いので、岩が少なくクレーターから出た物質が降り積もっている直径7mの円に着陸するかどうかで意見が分かれた。1回目失敗していれば、やらざるを得ないが、成功しているので2回目に失敗して探査機が壊れたら元も子もないでしょうという議論がかなりあった。だが日本側の実際に探査機を運用しているメンバーは、ぜひ2回目のタッチダウンをやって、地下の物質を獲りましょうという意見が殆ど全てだった。周りの岩の配置や大きさを丁寧に調べ、ターゲットマーカーが目標通り下りたので、立体的な地図レムを作り、何度も着陸シミュレーションし、1回目のタッチダウンよりもリスクが小さいことを証明して2回目を行った。一つの大きな決断ですけどやって良かった。予定通り表面にサンプルフォーンが触って、すぐに飛び上がって今回も沢山の石が舞い上がった。地球から3億kmの彼方で60cmの精度が出せた。全てのミッションを成功して、2019年11月13日にリュウグウを出発した。

・リュウグウのリモートセンシング観測でわかった重要な項目

密度が小さく、平均密度は 1.19g/cm^3 、表面が岩石なのに水とほとんど同じことから、50%以上の空隙率と推定。横から見ると算盤の玉、上から見ると本当に綺麗な丸い形。今の7.6時間の自転周期では説明できないが、過去に自転周期が3.5時間ぐらいなら、遠心力でこの形が説明できることから、昔のリュウグウの自転は早かったと推定。2.7 μm の吸収から含水鉱物がありそうで、色が黒いので炭素を多く含んでいる。人工クレーターは大きなものができたので表面の強度が弱い。さらに温度観測から温まりやすく冷めやすいことから多孔質の岩で、表面の物質が変質していそうだというので、一時期太陽に非常に接近した時期があったと推定。

・地球への帰還

2020年の地球帰還でリエントリー最終誘導が重要で、非常に精密な軌道誘導しなくてはいけない。はやぶさの時は化学エンジンが壊れてしまい最後の軌道運用すべてイオンエンジンで行い非常に大変だったが、今回は予定通り化学エンジンで非常に精密な軌道制御が

できた。地球のオーストラリアのウーメラ砂漠上空に行く軌道へ変える非常に精密な制御(360万 km からウーメラ上空の±10km を狙う)が必要で、これを一発で決める。そのあと地球に戻る 12 時間前にカプセルが分離されるが自分自身は制御できない。探査機もこの tcm 後に一気にエンジンを噴いて地球にぶつからない軌道に乗せた。やり直しがきかない非常にクリティカルな運用をする時には、手順を間違えないようにワンステップずつ確認しながら行う。

・サンプル回収・分析

オーストラリア政府と協議し、はやぶさと同様にウーメラ砂漠に安全にカプセルを下した。上空 10km でパラシュートが開き誤差範囲は約 100km。この中を探すために、電波(ビーコン)にマリンレーダ、ドローンを加えてカプセルを見つけた。翌日 12 月 7 日夜にはウーメラを出発、8 日朝に相模原に戻ってきた。

カプセルは、はやぶさの場合と同様に内部は完璧で、非常にきれいな状態に保たれていた。

サンプルは 5.4 g と沢山入っていて、2 回目タッチダウンの方が大きい粒で 1 cm 程のものもあった。本格的な分析のための予備的な準備(キュレーション)が終わり、この 6 月から約 1 年間かけて分析委メンバー(6 チーム総勢 269 名)が分析し、その後は国際的にサンプルを公開。60%は使わず、将来技術が進んだ時の為に保管する。今から 46 億年前に、太陽系をつくるもとの物質があった。どんな有機物があったのだろうか、アミノ酸の立体構造、地球の生命を作る、左手型の構造なのかどうかなどが注目される。

はやぶさ 2 も、沢山の萌芽的な世界初を合計 9 つ行った。約 6 年間、大きなトラブル無しに 52 億 km 飛行できたということ自体が非常に大きな成果である。

【まとめ】はやぶさ・はやぶさ 2 から技術・科学、いろんなことを学んだこと

世界初に挑戦することは非常に素晴らしいが、非常に難しいことを本当に身に染みて良く分かった。はやぶさ 2 は若手中心のメンバーとなり世代交代ができた。これを次の新たなミッションに繋げていきたい。

プロジェクト成功のキーワードは、挑戦、多様性・柔軟性、やはり何が起こるか行ってみないとわからない世界、それに対応できることが重要。あと忍耐、すぐにうまくいかない、プロジェクト立上げも大変だし、到着してみたら想定外。さらには平常心、何が起こっても動じない。最後には楽しくやること、はやぶさ 2 のプロジェクトメンバーは非常に雰囲気の良いいいチーム、そのおかげで、プロジェクトそのものもうまくいったと思います。

★質問(要望)

「人工衛星となったミネルバやターゲットマーカの軌道長半径や周期など軌道データをケプラーの法則を学ぶ教材としてデータ公開をしてもらえないか。」「C 型小惑星シゴセンジャー探査の可能性」、「リュウグウの形状が回転楕円体ではなくて、算盤の玉のような形をしているのは?」、「次の小惑星の探査計画は?」など、興味深い様々な質問や要望が寄せられましたが、どれにも丁寧にとっても分かり易く、しかも次の世代を担う若い人たちに向けて未来に希望の抱かせてくれる回答でした。

COVID-19 と球磨川大災害と

人材不足で何をやる？

稲葉洋一 さかもと八竜天文台

概要

新型コロナウイルスは全国に波及し、各地の天文台施設も休館や、いわゆる三密による規制が行われてきました。さかもと八竜天文台では、それらに加えて球磨川豪雨災害と人材の枯渇が覆いかぶさる中で、存続のための独自の活動を紹介します。

さかもと八竜天文台は1997年に熊本県八代市にて開館した公開天文台であり、永らくどこにも所属せず、独自路線を突き進んできました。

星を語るためだけに生まれてきたような前館長が勇退し、2017年より業務を引き継ぎ、2018年にJAPOSに加盟させていただいた経緯は、第14回大会にて述べさせていただいた通りです。

まず、話を第14回都城大会時の2019年に遡らせていただきます。

大会での知見をもとに、まず電子観望に共感を抱き、すぐさま KYOEI 様から電子観望機器を導入。

正直最初に購入した機器はスペック不足であったため、もう1ランク上の機器を購入。

すると、望遠鏡に限界が見えてきたため、八代市をそそのかして REDCAT51 を備品購入し、電子観望システムの構築が昨年度完成したのです。



また、ナイトセッションで拝見した大平技研のメガスタークラスに感銘し、「大平貴之著 プラネタリウムを作りました」の既読者であった八代市副市長をそそのかせて電撃購入に成功しました。

それまで主力であったホームスターEXTRA 魚眼改造版はめでたくサブ機となり、メガスタークラスを本格運用するエアドームを用いた学校への出張教室の成果により、八代市教育委員会から揺るがぬ信用を得ることに繋がりました。



それに気を良くした我々は大艦巨砲主義の先例に倣い、既存の直径 5.4m エアドームから 90 名収容を可能にし、更にメガスタークラスの最大照射距離に近い直径 7.1m ドームを完成させました。

あまりの巨大さから天文台では展開することが出来ず、学校の体育館等でしか、その実力を発揮させることが出来ない代物でした。

いざ実戦投入という矢先に、ユーラシア大陸東側より俄かに発生した流行り病 COVID-19 が、わが国にも到達、瞬く間に国内を蹂躪し、日常生活、社会生活に大きな影を落としたのは皆さまご承知のとおりです。

天文台にも休業指示が出ましたが、2020年7月4日の球磨川氾濫により休館が続いていますので、何をいまさらな感じがしています。

人材の枯渇

天文台の人員構成は、台長、学芸員、事務員が正社員で宿泊棟管理人が非正規となっています。

2019年の暮れまでは鉄壁の構成で運営しておりましたが、あろうことか、事務員が突然の入社拒否。

すぐさま台長旧知の人物を非正規で雇用したが、東京帰りにしては仕事が全くできなかったことが判明。重荷を負ってしまいました。

更に追い打ちをかけるように、天文台唯一のブ

レーンであった学芸員が、他の自治体の公務員に採用となり、年度末での退職を表明。

明けて2020年、2月に急遽正社員採用した男性は明らかにスキル不足と言う塩梅で、哺乳類から一気に原生動物に退化したようなインパクトを天文台に与えてしまいました。



過去の事例をみても当天文台の定着率は悪く、その要因の一つが坂本温泉センター株式会社の一員であるため、給与の算定が温泉基準なことが挙げられます。

具体的な金額はお答えできませんが、元々温泉センターでの給与水準は、地元雇用との観点から相当低いものでした。

そのため、天文台への就業希望者は給与面で折り合いが付かず、選択肢から外れていったのだと考えられます。

昨年度末から上部組織に、天文台の業務の特殊性を説き、ようやく多少はまともな水準での求人を出せるようになりましたが、時すでに遅し、4月中旬よりの求人公開となってしまう、採用のタイミングを逸してしまっているのが現在の状況です。

幸か不幸か、先述の球磨川氾濫による大規模災害で未だに一般車の通行規制が行われていて休館が続いているので落ち着いて応募を待っています。

関係者の話では、国道開通まで今年中は無理だろうとのことでした。

球磨川豪雨災害と天文台

2020年7月4日、熊本県の南部、球磨川流域に線状降水帯が掛かり、猛烈な水量で球磨川を溢れさせ、流域を冠水、または破壊し、一帯は甚大な被害をこうむりました。



天文台は標高 500m の山頂に位置しているため建物の損傷は受けていませんでしたが、インフラを麓に頼っていたため、それらが損傷、電気、水道、電話回線、インターネット回線が寸断されてしまいました。

また、天文台へ通じる国道 219 号線が各所で崩落し、救急車や自衛隊の車両は山間部の獣道を縫うように走らねばなりませんでした。

天下動乱の気配を察した管理棟パートのおばさんが災害直前に退職。

惨状を見たスキル不足の男性職員の心が折れ、突然退職。元の塗装工に戻るとのこと。

台長である私は、非常事態に対応できる性格ということもあり、災害当日にバイクにて山越えを敢行し、天文台まで到達。すぐさま被害状況をドローンを飛ばして確認しています。

災害 12 日後にようやく電気と水道が復旧。

36 日目に電話開通、インターネット回線の復旧が 54 日目でした。国道は現在も工事車両と地元住民のみが利用できる程度で全線開通が未だ見通せない状態となっています。

そのため、天文台は現在も休館が続いているのです。

天文台存続への道のり

そのような訳で当天文での COVID-19 はグリコのおまけ程度みたいなものでして、物理的な問題でお客様をお迎えすることが出来ないのです。

幸い、国土交通省が気を利かせて、高速道路の坂本 PA に緊急出口を作ってもらったおかげで天文台への通勤は楽になりましたが、こちらも関係者のみの利用であって一般車は利用できません。

いつまでも休館が続くのであれば職員は墮落し、怠慢になり、適当になってしまいます。

そこでお客さんが来ないのなら、いっそこちらから送迎しようという発想となり、温泉センターの定員 9 名の送迎用ハイエースを借りて、毎週土曜日の観測可能な晴天日に限定して新八代駅から無料送迎を発動しました。



ただし、これだけではガダルカナル島への鼠輸送と大差無く、半年間で 76 名という実績しか果たせませんでした。

そこで並行して実施したのが出張プラネタリウムです。折しもイベントは定員の半分以下でとのお触れが流れている最中、メガスタークラスでの利用を想定した 90 人収容のエアドー

ムが既に竣工していた関係で、それを学校に持ち込んで出張授業を開始しました。

定員の半分想定でも1クラスと教職員数名が入ることができて、循環式ではなく強制排気式のエアドームで、いわゆる三密にならない構造のため、COVID-19のためにあらゆる学校行事がキャンセルとなった反動もあってか、出張依頼が例年より多く、昨年度実績で保育園から小学校、県の青少年の家、支援学校までと、合計25施設1295名の方が体験してくれました。



これは2020年度の来館者数が前年度比90%ダウンに伴う補填とするには不十分ですが、天文台を所有する八代市としては満足を得ることが出来る数字でした。

装備品として、エアドーム、送風機、プロジェクター、プラネタリウム機器、PCの構成で軽自動車の後部に収まりますが、冬季はジョイントマットを持ち込むため、普通車での積載となります。

軽自動車だった天文台の社用車は、先の災害により水没し廃車。代わりに普通車を購入できたことは、上記の工作の成果です。

さて、出張授業もそんなに頻繁にはありません。天文台が再開館した暁には、従来よりグレードアップしている必要があります。

そこで、自称日本最小のプラネタリウムの改装です。

元より当天文台にはプラネタリウムは併設されてなく、古式ゆかしいプロジェクター投影による研修室があるのみでした。

そこに前館長が五藤光学の3mパラソルドームを閉校した小学校から貰ってきて、セガのホームスターで投影していた質素なものでした。

しかし意外にも来館者には好評で非常に喜ばれていたのですが、あまりにも狭く5人がやっと。カップルや家族連れごとに行う始末。

これを打開するためにプラダンを利用した直径4mのフラードームを自作。

本体費用は3万円で竣工。寝転がりソファはお値段以上のお店で揃え、残念ながら日本最小のプラネタリウムの称号は返上し、10人収容、メガスターとプロジェクター投影が可能な、来館者に満足してもらえそうな設備となりました。

残る人材の確保は、大変難しい問題です。同じ八代市にありながら、市街地から一時間近くかかる立地であるため敬遠されがちなのです。星好きの応募者が現れるまで長いスパンで考えていかなければならない大きな課題でしょう



さかもと八竜天文台 稲葉洋一

ts-hachiryu@yatsushiro.jp

リアルとオンラインをつなぐ新しい観測会の実践

園木 達也（南阿蘇ルナ天文台）、村田 祐樹（南阿蘇ルナ天文台）

キーワード：ライブ配信 天体観測会 解説技術

概要

新型コロナウイルスの感染拡大によって、天体観測会での感染拡大防止を迫られる状況の中で、南阿蘇ルナ天文台では天文台からのライブ配信を通じて新しい取り組みを実践してきた。本発表では『天文台からプラネタリウムに向けてのライブ配信』、天体観測会とライブ配信を一体化した『ハイブリッド型天体観測会』の2つの事例を、その実践から得られた知見、参加者からのアンケートやコメントと合わせて紹介する。

1. はじめに

南阿蘇ルナ天文台では2016年の熊本地震以降、天文台からのライブ配信の構想を進めてきた。そして、天体映像を用いてのライブ配信を2018年にスタートさせる。

2020年は新型コロナウイルスの感染拡大を受け、全国に緊急事態宣言が発出され、天体観測会でも感染拡大防止などの対応が迫られた。そんな中で天文台からのライブ配信を本格的に前進させ、視聴者と音声通話やコメント、チャットを通じてのコミュニケーションに重点を置いた配信を実施してきた。

これまでの様々なライブ配信や観測会を行ってきて、『コミュニケーションを通して、様々な視点が交わることで新しい発見、学びが生まれる』『ライブ配信で参加者の出演があった時、出演者の発言や出演者同士の会話に対するコメントが寄せられて、話し手が一人の時とは全く異なった展開になる』という知見が得られた。そこから『「観測会という場 - ライブ配信という場」などの様々な形のコミュニケーションが新しい発見や学びにつながるのではないかと考え、新しい試みを実践してきた。

本発表ではその実践例の中から、南阿蘇ルナ

天文台から福岡市科学館ドームシアターへのライブ配信『STARRY NIGHT JAM vol.70

「星降る南阿蘇 天文台 LIVE 中継 2021 』、天体観測会とライブ配信を一体化した『ハイブリッド型天体観測会』の2つの事例を、その実践から得られた知見、参加者からのアンケートやコメントと合わせて紹介する。

2. 実践例

前節で示した2つの実践例を『ハイブリッド型天体観測会』『プラネタリウムへの双方向ライブ配信』と題して紹介する。

2.1 ハイブリッド型天体観測会

『ハイブリッド型天体観測会』とは天体観測会とライブ配信を一体化したものである。観測会の参加者にはライブ配信に出演してもらい、視聴者とコメントなどを通してコミュニケーションを行う。

これまでの配信は『バーチャル天文部』という独自のネットサービスの中で行い、その会員だけが視聴できる。天体観測会の参加者は南阿蘇ルナ天文台の『星空体験ツアー』の一般参加者、あるいはテスト配信において内部のスタッフも参加した。1回の最大参加人数は15名、最小で3名での実施回もあった。2021年6月

時点でテスト配信を含めて6回実施している。

天体解説の専門スタッフ『星のコンシェルジュ®』が現地の観察会参加者の案内、オンライン側の配信担当にそれぞれ1名ずつ付いて進行する。



Fig.1 ハイブリッド型天体観察会配信の様子

2.2 プラネタリウムへの双方向ライブ配信

南阿蘇ルナ天文台から福岡県の福岡市科学館ドームシアターに向けて、天体映像などを用いたライブ配信を実施した。

日時は2021年2月7日18:00~19:10、新型コロナウイルスの感染拡大防止の観点から座席数は半数に制限しており、福岡市科学館ドームシアターの観客は119名となった。

福岡市科学館ドームシアターには南阿蘇ルナ天文台から天体解説の専門スタッフ『星のコンシェルジュ®』が解説者として1名、機材や配信を監視するスタッフが1名の合計2名が参加。福岡市科学館側からも多数のスタッフがプラネタリウム操作や配信のサポートとして参加した。南阿蘇ルナ天文台では2名の星のコンシェルジュ®が配信と解説を交代で担当。

今回は2019年12月8日の第1回目続く2

回目の開催である。1回目は天文台側では現地の様子や観客の声などを聞くことができなかったが、第2回では現地の様子を映像で見ることができ、全体の音声(拍手など)を聞くこともできた。基本的には天文台、プラネタリウムのそれぞれの解説担当者同士がやり取りしつつ進行する。

南阿蘇で撮影した星空の全天周画像の投影や、リアルタイムのアンケートで観客に見たい天体を選択してもらい、最も得票数の多い天体をその場で導入、映像を配信するなど、新しい試みも実施した。天文台現地の天候は晴れだったため全ての天体をライブ映像で配信。今回配信したのは火星、天王星、ベテルギウス、M45、アルマク、M31である。



Fig.2 福岡市科学館ドームシアター投影の様子

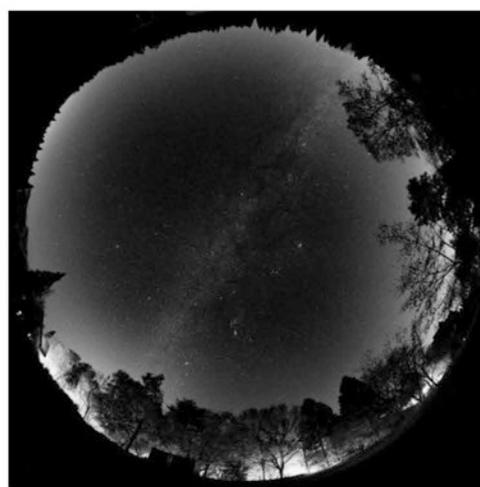


Fig.3 投影に使用された全天周画像一例

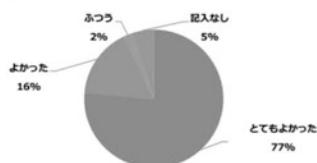
3. 『ハイブリッド型天体観察会』参加者および配信視聴者の様子

観察会参加者の発言が直接ライブ配信で共有されることで、視聴者とのコミュニケーションが生まれ、観察会での発言やライブ配信のコメントに変化があった。天文台内で表示されているコメントに興味を示す場面や、配信視聴者からの質問に観察会参加者が答えるという場面も見られた。

配信視聴者からは『人それぞれの表現があって面白い!』という観察者の発言に対するコメントや『やっぱりみんなで星を見るのって楽しいね!』という、そこに人がいるというリアリティを感じている様子だった。

4. 『プラネタリウムへの双方向ライブ配信』参加者からのアンケート結果

(4) 今回のイベントはいかがでしたか?



「とてもよかった」と、「よかった」が、回答者の約9割以上を占め、ほとんどの方が満足された様子だった。

Fig.4 プラネタリウム参加者の満足度

アンケート自由記入欄より一部抜粋。『LIVEでいろんな天体が見られる経験はなかなかできないと思います。貴重な体験ができました』『リアルタイムで見られる星の臨場感』など、ライブの映像に関する意見が多くあった。

5. 今後の展望

オンラインを通じて、場所を問わず参加者同士が同じ星空を見上げることで得られる一体感はとても魅力的である。ネットを通じて公開天文台同士がつながる機会があると、より多くの方が星空の魅力を共有できるのではないかな。

また、これまでの JAPOS 研修会を通して積

み上げてきた解説技術を踏まえた上で、リアルタイム動画の電子データ保存、天文動画・画像の保存、名人の解説をデータ化など、JAPOSのつながりをベースにしたユニークな取り組みを行っていき、解説者やビジュアルや言葉で天文の魅力を伝えていく手段を増やしていきたい。



南阿蘇ルナ天文台 園木 達也
sonoki@luna.jp.net



南阿蘇ルナ天文台 村田 祐樹
murata@luna.jp.net

電視観望/撮影

～コロナ禍における新しい星空観望スタイルの提案～

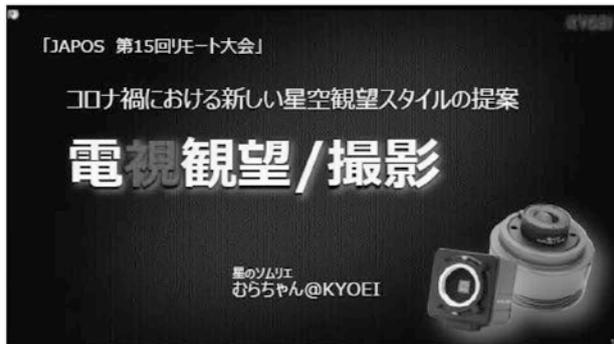
(村上将之：協栄産業株式会社)

キーワード：(電視観望)

概要

電視観望に対する敷居は少しずつ低くなってきました。それは撮像 CMOS カメラの制御アプリやソフトウェアの機能および操作性が格段に改善されてきたことに由来します。個人でも多くの方々が電視観望を楽しまれています。ここでは筆者の星空観望会の経験に基づいて、コロナ禍において新しいスタイルである電視観望を導入するメリットをコンパクトにまとめています。なお KYOEI の無料 Zoom 講座でも分かりやすく具体的なお話しをしています。

1. 電視観望の概念



見る → 観る



感動の共有

ソーシャルメディア情報発信

2. 電視観望の実例

2.1 Point 1

短い露出時間で星雲や銀河



例：1分だけ

例：10秒×n枚スタッキング

2.2 Point 2

小口径、小型マウントでOK

例：持ち運び便利

例：機動力大

2.3 Point 3

光害でもフィルタ活用でOK

例：心眼に頼らなくていい



3. 電視観望システム例

京都綾部市の公開天文台 PAO さまの大きなメイン望遠鏡に同架している口径 15cm(F12) サブスコープに冷却 CMOS カメラを接続。

デモンストレーションとして天文台ドーム内の大型テレビモニタに撮像天体画像を表示。



お客さまの導線を考慮して、撮影データはケーブルを使わずに WiFi でやりとりできる ZWO 社製 ASIAIR-PRO を活用。



テスト当日はかなりの曇天ながら、わずかな雲の切れ間からペガサス座の球状星団 M15 や子ぎつね座の惑星状星雲 M27 などを露出 30 秒のライブスタッキングにて撮影。

鳥取市さじアストロパークにおける 電視観望システムの導入事例

宮本 敦（鳥取市さじアストロパーク）

キーワード：天体観察機材、天体観察会手法、WEB 配信

新型コロナウイルス感染症対策をおこないながら、魅力ある天体観察会を実施するため、鳥取市さじアストロパークで導入した「電視観望システム」について紹介する。

1. はじめに

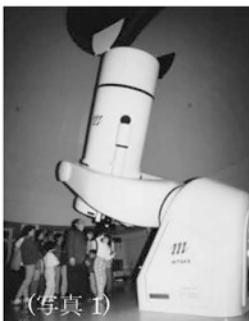
新型コロナウイルス感染症拡大により、天体観察会実施においても感染症対策が必須となった。鳥取市さじアストロパークでは、天体観察会参加者及びスタッフの安全・安心と、観察会の魅力アップを実現するため「電視観望システム」を導入したので紹介する。なお導入にあたっては令和2（2020）年度新型コロナウイルス感染症対応地方創生臨時交付金を活用した。

2. 鳥取市さじアストロパークにおける天体観察会のスタイル

鳥取市さじアストロパークがおこなっている天体観察会は、主に以下の2パターンがある。

2.1 103cm大型望遠鏡による観察会

鳥取市さじアストロパーク・佐治天文台にある103cm大型望遠鏡による観察会（写真1）は、晴天時毎晩実施（当面は、事前予約制）している。定員40名（当面は、32名に減じて実施）の入れ替え制でおこなっており、明るい天体からだんだん暗い天体へと目を慣らしながら観察会を進めていく。



2.2 出前観察会

主に鳥取市内の公民館と連携し、それぞれの公民館に出向き天体観察会（写真2）をおこなうものである。持参する機材は、PCとプロジェクタ、小型望遠鏡のセットで、観察会の前に室内で今夜見られる星空の説明をした後、屋外で実際の星を観察する。参加人数が多い時は、地元のアマチュア天文愛好家の方に応援を依頼する。



3. 電視観望システムの実際

3.1 導入にあたって

導入にあたってのポイントは以下の通り。

(1) 天体観察会の安全・安心と魅力アップ

参加者及びスタッフの安全・安心を確保するため、いわゆる「密」を避けられること。合わせてわかりやすく、楽しい観察会となること。

(2) 交付金の活用

早期にかつ確実に事業を実施するため、令和2（2020）年度新型コロナウイルス感染症対応

地方創生臨時交付金を活用すること。

(3) 市販品を活用したシステム構築

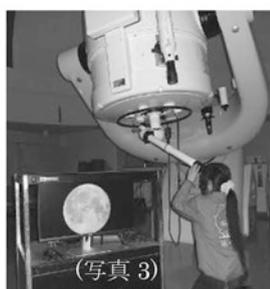
早期に導入できるように、入手しやすい市販品を組み合わせたシステムとすること。

(4) ケーブルを極力使わない構成

観測会の場所は暗いため、参加者の安全とスタッフの操作性を考慮し、ケーブル類が極力ない構成とすること。

3.2 電視観望システムの概要

望遠鏡での観測会はこれまで通り。電視観望システムにより、観測している天体を CMOS カメラで撮影し、モニターに表示する (写真 3)。



望遠鏡での観測を待っている人や見終わった人は、観測している天体をモニターで見ることができる。また、観測している天体の見どころなどもモニターを使って解説する。観測会参加者を分散し、かつ、観測する天体への理解度を深められる。

3.3 接続例①：基本編

103cm大型望遠鏡による観測会でのシステム構成は、以下の通り。

(1) 望遠鏡

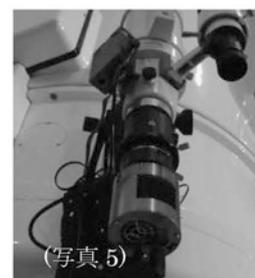
観測している天体をカメラで撮影するための望遠鏡。屈折望遠鏡を103cm大型望遠鏡に同架して使用している。(写真 4)



(2) カメラ

撮影用のカメラは、ZWO社製のCMOSカ

メラ (写真 5) を導入している。センサーはフォーサーズ (19.1mm×13mm) で、視野は写真 6 の通りである。専用の制御デバイス (ASIAIR Pro) と専用アプリで動作する。オプションのキャノン EOS マウントアダプターで望遠鏡と接続できる。



(3) タブレット

ASIAIR Pro の専用アプリにより、CMOS カメラの撮影および画像転送をおこなう。また、ミラーリング機能により、モニターへ映像を出力する。(写真 7)



(4) Wi-Fi ルーター

ASIAIR Pro、タブレット、映像受信装置それぞれを Wi-Fi ルーター経由で接続する。公衆 Wi-Fi のない環境でも使用できるようにローカル設定に変更して使用する。

(5) 映像受信装置 (Anycast)

タブレットからミラーリングで受信した映像を HDMI 出力する。

Wi-Fi ルーターを経由した全体の接続イメージは図 1 の通り。



(図 1)

(6) モニター

観察会参加者に観察中の天体を表示する。タブレット操作により、ズームアップや注目ポイントへのスクロールなどをおこなう。(写真8)



(写真8)

3.4 接続例②：出前編

出前観察会でのシステム構成は、以下の通り。

(1) 望遠鏡

反射望遠鏡と移動用赤道儀のセット(写真9)を使用している。赤道儀は、正確に北極星に向けなくても、コントローラーで補正できるタイプで、セッティングが短時間で完了する。



(写真9)

なお、カメラからモニターまでは、接続例①と同じである(写真10)。



(写真10)

3.5 接続例③：WEB配信編

テレビ観望システムを使ったWEB配信のシステム構成は以下の通り。なお、望遠鏡から映像受信装置までは、接続例①または②と同じである。

(1) 映像キャプチャー

映像受信装置からの映像をHDMIで入力し(写真11)、USBでWEB配信用PCに出力する。



(写真11)

HDMI出力があるため、同時にモニターへも出力可能である。

(2) WEB配信用PC

映像キャプチャーからUSB入力された映像をノートPCからWEB配信する(写真12)。映像キャプチャーはWEBカメラとしてPCに認識される。



(写真12)

4 まとめ

今回のテレビ観望システムの導入にあたり、導入時に注意したこと、および導入後の状況は以下の通り。

4.1 導入時のポイント

1) タブレット

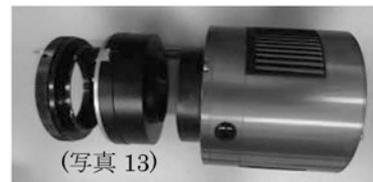
iPadは、Wi-Fiモデルとセルラーモデルがあるが、Wi-FiモデルにはGPS機能がない。特に出前観察会ではGPS機能が必要となるため、セルラーモデル(SIMフリー)を選択する。

2) Wi-Fiルーターのローカル設定

出前観察会の場合、公衆Wi-Fiがない、あるいは公民館に公衆Wi-Fiがあっても、夕方でサービス終了となる場合がある。常に同じ環境で動作するように、公衆Wi-Fiを使用しない機器構成とする。

3) 望遠鏡とカメラの相性

ピント、ケラレ、視野の広さなど実際に使用する場合の接続アダプターの選定(写真13)に注意が必要である。メーカーに問い合わせたり、同様の機材を使用している人に相談するとよい。



(写真13)

4) 電源の確保

カメラ、Wi-Fi ルーター、モニターなど、電源の確保が必要となる。ケーブルを極力少なく、また出前観覧会でどこに出かけても使えるよう、AC出力のあるモバイルバッテリーが便利である。



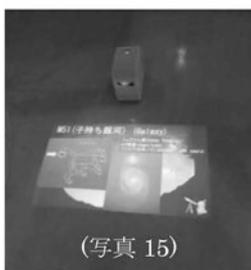
(写真 14)

4.1 導入してみた

1) モニターに集まる

「密」というほどではないが、参加者のモニターへの注目度が高い。今まで順番を待つだけだった参加者が、観覧前、観覧後に天体を見ることで観覧会の魅力アップにつながっている。もちろん、観覧会会場での「密」も軽減される。

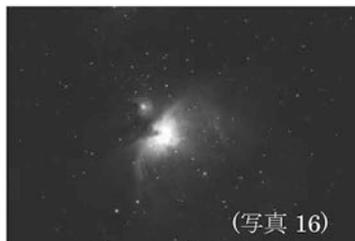
参加人数が多い場合は、ワイヤレスプロジェクタ(超単焦点タイプ)で床面にも表示している。(写真 15)



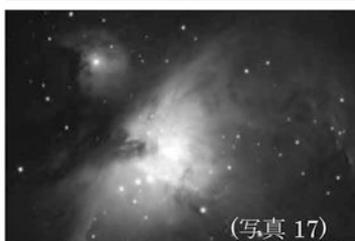
(写真 15)

2) 「ライブスタック」で淡い天体も OK

CMOSカメラを制御する ASIAIR Pro には、「ライブスタック」機能がある。これは、設定した条件で撮影を繰り返し、撮影した画像を蓄積して平均化し、淡い天体の細部を映し出してくれる機能である。連続撮影中(写真 16)も表示画面をタブレットで操作できるので、任意の場所をズームアップしたり(写真 17)、スクロールさせたりしながら解説をおこなうことができる。



(写真 16)



(写真 17)

3) 「前撮り」で「エア観覧会」

観覧会をしていると、空の状態がいまいちで淡い天体が見えづらい、予定していた天体の方に雲があって見られない、急に曇ってきた、など予定通り進めることができないことがある。予定していた天体をあらかじめ撮影しタブレットに保存しておくことにより、保存していた画像を使って天体の解説をすることができる。「今日は条件が悪くてよく見えませんが・・・」といったフォローをしつつ、モニターを使ってリアルに近い観覧会をおこなえる。

以上の通り、今回導入した電視観望システムは、観覧会の参加者及びスタッフの安全・安心を実現し、合わせて観覧会の魅力アップを実現する有効な手段の一つと考えられ、積極的な運用に努めている。

(表1)電視観望システムの主な機器
屈折望遠鏡 Vixen SD103S(口径10.3cm、焦点距離:795mm、F7.7)
Vixen SXP2-R200SS 反射望遠鏡 R200SS鏡筒(口径20cm、焦点距離:800mm、F4.0) SXP2赤道儀、三脚+ハーフピラー
CMOSカメラ ZWO ASI294 MC Pro(カラー冷却、センサーサイズ4/3)
ASIAIR PRO (ZWO製カラー冷却CMOSカメラ制御用)
ポータブル電源(AC出力対応 40200mAh、PSE適合)
iPad Pro 11インチ セルラーモデル
映像受信装置 AnyCast(4K ULTRA HD、Full HD 1080対応)
バッファロー Wi-Fiルーター
ノートPC
HDMIキャプチャーボード Basicolor HSVARX321 入力:HDMI×1 出力:HDMI×1、USB3.0×1
HDMI分配器 入力×1 出力×2 4K対応
HDMI切替器 4K 入力×1 出力×4(自動切替なし)
Bluetoothヘッドセット CVC8.0ノイズキャンセリング ミュート機能



鳥取市さじアストロパーク 宮本 敦
miyamoto.atsushi@city.tottori.lg.jp

国立科学博物館（筑波）における オンライン天体観望会

洞口 俊博（国立科学博物館）

キーワード：観望会、オンライン

概要

国立科学博物館では夜の天体観望公開を 90 年前から上野本館の望遠鏡で、30 年前からはさらに附属筑波実験植物園の望遠鏡で実施している。新型コロナウイルスの影響により、いずれも昨年春より中止せざるをえなくなったが、代わりの方策について検討を行った結果、今年の 2 月から zoom（ネットワーク会議サービス）によるオンライン方式で天体観望会を再開することができたので、その概要について報告する。

1. 国立科学博物館の天体観望公開

国立科学博物館の夜の天体観望公開は、上野に現在の建物が完成した 1931（昭和 6）年から行われている日本でもっとも歴史ある天体観望会の 1 つである。毎週土曜日に屋上の望遠鏡で行われていた観望会は、よりよい空の環境を求めて博物館の附属植物園に追加設置された望遠鏡も用いて、1990 年からは上野と筑波の 2 カ所で行われている（当初は第 1、3 土曜日に上野、第 2、4 土曜日に筑波という振り分けで行われていたが、その後変遷があり、現在では上野は第 1、3 金曜日、筑波は第 2 土曜日という日程でそれぞれ行われている）。

このように 90 年に及ぶ歴史を誇る観望会であるが、残念ながら新型コロナウイルスによる感染症防止のため、国立科学博物館は昨年 2 月末に臨時休館となり、これらの観望会も休止とせざるをえない事態となった。その後、緊急事態宣言の解除に伴い、入館に予約制を導入することによって昨年 5 月末に博物館は開館を果たし（緊急事態宣言により今年 4 月 - 5 月には再度休館）、展示や一部のイベントは再開することができたが、化学実験講座等とともに、観察や実験が伴ったり人と人の距離を十分に保つことが難しい行事については今でも再開は行わない判断が続いている。



図 1 上野の望遠鏡ドーム



図 2 筑波の望遠鏡ドーム

国立科学博物館の天体観望公開は、担当の研究者と直接対話できることが1つの特長となっている。そのため感染防止措置を講ずることによって従来のような対面型の観望会を再開できないか当初検討が行われたが、十分な人数に対応することが難しく、流行が収まる見通しも当面なさそうなことから、昨夏頃からオンラインによる再開を目指すことに方針を変更し、新たな方法の検討が開始された。

2. オンライン天体観望会の検討と再開

国立科学博物館の天体観望会は、現在1名の常勤スタッフ（洞口）と、小望遠鏡を用いて周囲で補助的に星を見せるサポートスタッフ（非常勤1-2名、以下SS）で行われている。観望会を含む博物館の学習支援事業の取りまとめや受付、外部とのzoom接続等は、上野の学習課の担当者が行っている。感染症対策で大きな負荷がかかっている上野にこれ以上の負担をかけることなく、現有の機材のみで実施できることがオンライン観望会の条件となる。

天体望遠鏡は上野と筑波の双方にあるが、オンラインの観望会では筑波の望遠鏡を使用する。望遠鏡画像の中継を行うには適当なカメラが必要になるが、筑波の望遠鏡の方がさまざまなカメラがアダプター接続でき、実際にテストした結果、視野等も含めてちょうどよい組み合わせが研究室で備え持っていたカメラとの間で得られたからである。筑波のドームはネットワーク、電源、照明などの面でも上野より優れており、洞口が筑波勤務/在住で、さまざまなことに柔軟に対応できることも理由の1つである。

昨年9月に学習課に提案された観望会の実施案は、10月から11月にかけて内容や進行方法、ネットワーク接続等について実際のテストや手順の検討などが行われた後、最終テストが12月23日に博物館のボランティアスタッフ50名

を対象に行われた。一般向けの最初の告知（参加者募集）は1月に行われ、オンラインの形ではあるが、国立科学博物館の観望会は今年の2月から再開されることとなった。最初は慎重に30組（端末）を定員に募集を開始したが、現在では50組まで参加を受け付けている（応募者多数の場合は抽選）。参加費は無料である。

3. オンライン天体観望会の実際

オンライン天体観望会の映像中継は、ネットワーク会議サービスzoomのミーティング機能を用いて行っている（ウェビナーの利用は費用的に難しいため）。前述のようにzoomのホストは上野の学習課が担い、参加者への接続アドレスの連絡や当日の入室管理等は同課の担当者が行っている。参加者にはプライバシー保護のため、接続時に表示される自分のスクリーンネームをそれぞれの参加者番号（事前に通知してある）に変更するようお願いしている。参加者は全員、ビデオはオフ、マイクはミュートの状態で接続し、質問はチャット機能（参加者から全員あて）を用いて送信することになっている。

洞口はホストから画面の共有許可を受け、筑波のドーム内から自身のPCを用いて後述の3台のカメラを切り替えながら、画像の中継や解説を行う。筑波の望遠鏡はドーム外の別室に制御卓があり、洞口と別のもう一人のSSがそれを操作して天体へのポインティングを行っている。観望会中は洞口は参加者からチャットを用いて書き込まれる質問を確認している余裕がないが、SSは制御卓上で別途zoom接続したPCをモニターしており、チャットの内容を逐次チェックしている。SSは上野や筑波での活動経験が長く、十分な知識があり、天体のポインティングを行うだけでなく、チャットの中から適当な質問を選び出す役割も担っている。

観望会は、その時の判断で洞口が選択した天体をSSがポインティング→洞口がカメラ視野

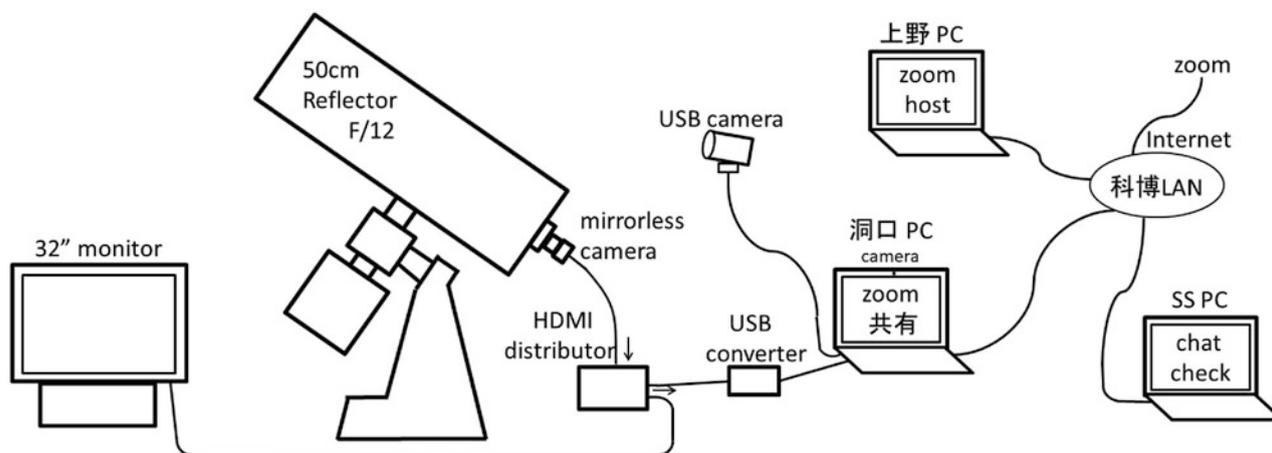


図3 オンライン観望会の機材構成

内にセンタリングして、その天体について解説
 →SS が選んだ質問に対して洞口が回答→次の
 天体へ、という流れで行っている。SS のマイク
 はオンにしてあり、洞口と SS が掛け合いをし
 ながらラジオの DJ 番組のように進めるスタイル
 で、音楽をかけてその曲についてコメントし
 たりリスナーによる投稿に答えたりするのと同
 じく、天体を見せてはそれに関する解説を行
 い、SS が紹介する参加者のチャット（質問）に
 応じてまた話を展開するというような形で進
 んでいる。カメラへの天体導入時など洞口が無
 口になった際には、望遠鏡の話などで適当に場
 をつなぐ役割も SS は担っている。

図3のように、使用するカメラは次のような
 3台構成となっている。

- ・ミラーレス一眼カメラ（図4）

望遠鏡の直焦点に取り付けて天体のようす
 を映し出すカメラ

- ・PC 内蔵カメラ（図5）

天体の解説時に洞口のようすをアップで映
 し出すカメラ

- ・Web 会議用外付け USB カメラ（図6）

天体の導入時などにドーム内全体のようす
 を映すカメラ

我々が使っているミラーレス一眼カメラ
 （SONY NEX-5N）はビューファインダーの画
 面が HDMI 端子から出力できるようになって
 おり、HDMI 分配器を用いて大型モニターに映
 すとともに（導入の利便性のため）、USB 変換
 アダプターを通して PC に信号を入力している。
 ダイナミックレンジが狭いのが残念であるが
 （惑星本体の様子を見ようとするると衛星が暗
 くよく見えず、衛星を見ようとするると惑星本
 体が白く飛んでしまう等）、露出時間がカメラ
 の操作ダイアルで簡単に変更できるので、その
 ような方法で適切な画像をそれぞれ表示して



図4 天体用カメラ



図5 解説者カメラ



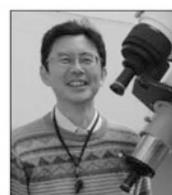
図6 ドーム内カメラ

いる（図7、8）。それでも見えないような暗い天体については、通常の撮影操作を行い再生モードを起動することによって表示させることができる（図9）。一方でビューファインダーの長所としては、リアルタイムの映像であることからシンチレーションなどが生で見られることや、ピント確認用のズーム機能を用いることで一段と大きなイメージが表示できることがあげられる。後者は特に惑星や二重星を見せる際に役立つ機能である（図10）。

上記3つのカメラ映像（図4-6）の切り替えは Windows10 標準のカメラアプリを用いて行っている。その画面をデスクトップレベルで共有することによって、他のソフトとともに迅速で臨機応変な画面切り替えを実現している。

実施時間は1時間（質問に応じて若干の延長あり）で、2月は月、火星、天王星、M42（ト

ラペジウムと星雲）、3月は（途中でISSの上空通過を案内したこともあり）月、火星、M42（トラペジウムと星雲）、4月は月、火星、M3の観望を行った（5月は曇天のため中止）。開催頻度は今のところ月1回で、上弦から3日以内となる金曜日を選んで実施している。すべての人になじみのある月を最初に見せることによって、視野の大きさやシーイングなどについての解説もあわせて行っている。



国立科学博物館 洞口俊博
horaguti@kahaku.go.jp

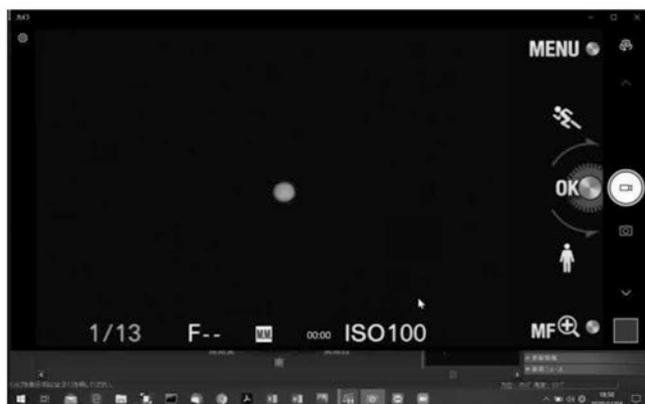


図7 木星の表面模様

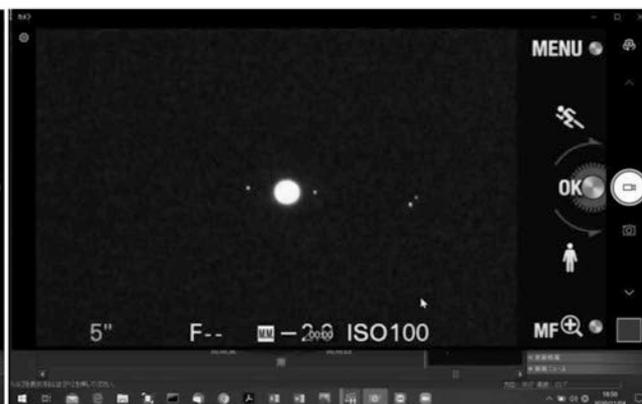


図8 木星の4大衛星



図9 オリオン大星雲（M42）

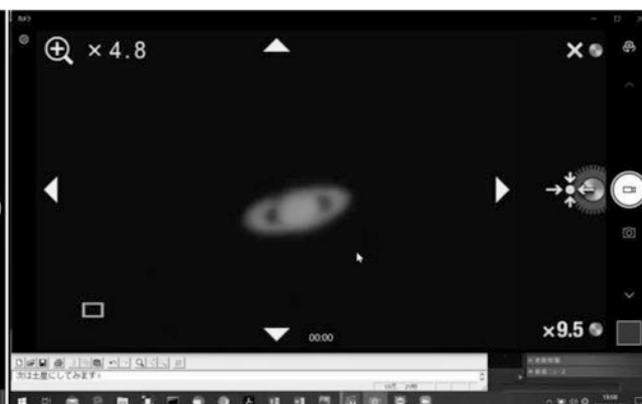


図10 土星の拡大像

兵庫県立大学西はりま天文台における新型コロナ対策

石田 俊人（兵庫県立大学西はりま天文台）

キーワード：（新型コロナ対策）

概要

兵庫県立大学西はりま天文台における新型コロナ対策をまとめて報告する。全体としては、兵庫県内の博物館等の社会教育施設での対応方針に準じて、対応を行っている。新型コロナ感染症が拡大した際には、主催行事の中止や延期、利用者のキャンセルなどさまざまな影響があった。当施設で実施した対策をまとめる他に、可能な限り観望会などを実施していく中で、気付かされたことも報告する。

1. はじめに

新型コロナ感染症の広がりや、地域によっても異なり、従って、公開天文台でも施設によって異なる点があるかと思われる。当施設での対応には、特別なことはないと考えている。しかしながら、緊急事態宣言による施設の閉鎖から、さまざまな制限がある中での行事の実施まで、比較的さまざまな状況を経験した施設の一つではあるかと思われるので、いくらかでもJAPOS 会員のみなさまの参考になるところがあればと願っている。

対応状況について述べる前に、まずは、当施設の概要と通常時に実施されている行事の概略について説明しておく。当施設は、現在は兵庫県立大学の施設となっており、研究目的の利用も行いつつ、一般の方向けにも開放し、観望会などを実施する施設となっている。従って、利用者層としては、研究者、大学・高校、小中学校、幼稚園・保育園、町内会等の自治団体、高年者の団体と、非常に多岐にわたっている。また、当施設で実施している内容は、大きく教育・研究者向けと、一般利用者向けに分かれている。そして、公開施設としての内容は、主に一般利用者向けの方であり、それらのうち定期的な行事としては、昼間の開館、夜間観望会（敷

地内施設の宿泊者向けと日帰り参加者向け）、土日祝の昼間の星の観望会・天文工作教室、一定時刻までの敷地の開放、ときどき実施されている天文講演会（外部講師と内部講師）、複数の内容を合わせて実施する年3回のイベントなどがある。他に、宿泊施設としては、家族用と団体用の2種類ある。また、宿泊者向けに小型望遠鏡、小型ドームの貸出を行っており、2020年度後半からは、VRの星空を見ることが出来るPS4が貸出に加わっている。他に、外部からの依頼に対応して、出かけた先で観望会・講演なども実施している。

2. 全体の経緯

当施設における新型コロナ関連での通称の対応からの変更を以下に箇条書きの形でまとめておく。

- (1) 2020年2月26日：宿泊なしでの観望会（以後「一般観望会」）の参加受付を停止
- (2) 2月28日：一般観望会、昼間の星と太陽の観察会（以後「昼間の星」）、天文工作を中止
- (3) 3月2日：臨時閉館。以後何度も閉館の延期
- (4) 5月18日：19日よりの開館を知らせる。観望会の中止は継続

- (5) 6月1日：宿泊者向け観望会を再開
 - (6) 6月17日：昼間の星、小型望遠鏡の貸出を再開
 - (7) 9月30日：10月30日より一般観望会と貸出ドームの再開を知らせる
 - (8) 2021年1月5日：16日よりの昼間の星、一般観望会を休止を知らせる
 - (9) 1月14日：敷地の開放は夜8時まで。貸出と昼間の星を中止
 - (10) 3月1日：昼間の星、小型貸出、一般観望会を再開
 - (11) 4月23日：25日から臨時閉館と知らせる
 - (12) 5月11日：昼間は開館。土日の昼間の星再開。敷地は夜7時まで。その後期間の延長。
 - (13) 6月7日：敷地内は夜8時まで。家族棟宿泊者向け観望会の再開。
- なお、臨時閉館になったときには、すべての利用は停止されている。
- この稿を書いている時点では、一般の方は昼間の見学と夜8時まで敷地内で星空を観察することが可能で、宿泊は家族棟のみ受けている。観望会としては、宿泊者向け観望会と土日の昼間の星を実施している。

3. 主催行事への影響

中止になった主催行事は、時系列順に名前を挙げると以下のようなになる。

- (1) 天文工作（2020年2月28日以降、一度も再開できていない。工作の説明のために接近することが必要なため。）
- (2) 昼間の星の観望会（一度に入る人数の制限は行っているが、他の行事と比べると昼間の行事のため再開している期間が多い）
- (3) 3月14日：友の会例会
- (4) 4月4日：望遠鏡にチャレンジ
- (5) 5月連休期間中：アクアナイト、天文講演会、昼間の星など

- (6) 5月9日：友の会例会
 - (7) 8月12日：スターダスト 2020 in さよう（年間での最大の行事）
 - (8) 高校生向け天体観測実習、兵庫県立大学学生向け天体観測実習
 - (9) 12月26日：星の都のキャンドルナイト 2020
 - (10) 2021年1月9日：友の会例会
 - (11) 2月13日：友の会観測デー
 - (12) 5月連休期間中：アクアナイト、天文講演会、昼間の星など
 - (13) 5月8日：友の会例会
 - (14) 5月26日：皆既月食特別観望会
- 他に、延期になっている行事として、開設30周年記念行事については、2度の延期の後、この稿執筆時点では9月19日（日）に実施を予定している。また、共同利用にも影響があり、元々は実際に観測を実施するときには、原則として研究グループの中から1名は天文台に来訪していただいていたが、リモートで観測していただくよう変更するなどの変更があった。

4. 主催以外の行事への影響

当施設としては再開している期間でも、利用団体側からの何らかの変更が多数あった。利用の仕方としては、宿泊しての利用および日帰りでの利用のいずれについても、中止・別の時期へ木変更があった。また、宿泊してき利用から日帰りでの利用への変更もあった。

他に、別の施設でのイベントに小型望遠鏡を持参して出かけるといった対応や、出前の講演なども実施してきたが、これらにも中止が多数あった。他にも「はりま宇宙講座」（星空案内人養成講座）、ひょうごミュージアムフェア（兵庫県内の博物館等の展示イベント）など、毎年参加していた多くのイベントが中止された。

その一方で、音楽ホールなどのやや大規模な屋内施設を管理しているところから、新たに出

前観望会の依頼が複数あった。少し事情をお尋ねしてみたところでは、多人数が屋内に集まるイベントは実施が困難なので、屋外での少人数でのイベントの可能性を探った結果とのことであった。

5. 対策

対策の基本は、マスク、間隔、人数制限、換気、消毒の5つで、これは、他の施設でも同様かと思われる。具体的には、建物入り口への消毒ポンプなどの設置、一般来台者に任意で記入していただく連絡票の設置、夜間観望会参加者はマスク着用と体調チェックシートへの記入をお願いしている。また、兵庫県には新型コロナ追跡システムがあり、そのポスターも各所に貼られている。

不特定多数が触れる形の展示については、使用禁止とした。これにはPCによる天文クイズや、触ることができる形で設置していた隕石、回すことができる月球儀、自由に閲覧できる図書などが含まれる。

観望会前の説明を行う部屋については、椅子の数を減らしている、布製の椅子から消毒しやすいビニール製の椅子への変更などを行った。また、演台前には仕切りを設置し、最前列は机を2つ並べることで、話者との距離を確保するといった工夫も行った。使用後は、椅子を引いて出したままにしておいていただいて、消毒を行っている。

観望場所には他の参加者との間隔を確保するための目安を設定した。たとえば、2m 望遠鏡のある場所には、小さな明かりを一定の間隔で並べるということを行っている。60cm 望遠鏡の場合には、床に養生テープで一定間隔で印をつけている。また、観望する望遠鏡の接眼部については、小型望遠鏡を含めて消毒を行っている。なお、消毒は、個々人ではなく、家族・グループが入れ替わる際に実施している。

他に、観望場所ごとに人数制限を設定している。その人数の制限は、場所ごとに、必要な間隔を確保できるように設定している。

この新型コロナ対策とは別に、2020年7月に敷地内で落雷があったため、2m 望遠鏡を使用することができない期間があり、その間は60cm 望遠鏡を使用した。2m 望遠鏡の観望場所での制限人数は15名程度で、それに対して60cm 望遠鏡の場所の制限人数は5名程度のため、頻繁に次のグループに入れ替わっていただきながら観望していただくことが必要となった。

宿舎の最大定員は100名を超えているが、観望会実施に関連するところはいずれも100名に満たないという状況になっている。実際には、団体の利用者はキャンセルが多かったため、参加者が100名を超える観望会は、ほぼ実施の機会はなかった。ただ、参加人数がかなり多い場合はあり、そのような場合には、時間差をつけて観望会に来ていただく、そして人が入れ替わる際には大急ぎで椅子の消毒を実施するといったことが必要となった日もあった。観望に入ってから、望遠鏡での観望順がやってくるまでの待機場所も確保が困難な場合があった。

悪天候の場合には、室内で実施するメニューとなり、この場合にも部屋の椅子の数を上回って、対応が困難となる可能性が出てくる。これまでのところ天文台の研修室と団体用宿舎にある創作活動室という部屋で分かれて対応することで、なんとか対応した。悪天候の場合の対応は、どうしても室内でのメニューとなり、実際にこれまで対応していた内容も室内で実施するものであった。それが、新型コロナへの対策のため、多人数での実施が困難となっている。

6. 対策の広報

さまざまな対策を講じた上で観望会等を実

施していることは、来訪する前に一定程度広報する必要があると思われる。当施設では、Web上での説明の他、地元の優先チャンネルの番組のうちの1回の内容として、対策の説明を実施した。そして、その動画のデータを提供していただいて、Web上で配信および施設内の大型モニター上で再生して、来訪者にも知らせている。

他にも、定員の表示、消毒の励行、マスクの着用のお願いの掲示などを実施している。

7. いくつか気づいたこと

さまざまな新型コロナへの対応を行っていく中で、いくつか気づいたことを挙げておく。

すでに書いたことだが、出前の観望会について、これまで依頼されていたところで中止になるものが多い一方で、音楽ホールのような大人数の室内施設から、屋外で少し人数の少ないイベントを検討する中で、新たに企画したところがあった。他にも、従来実施していなかったところでの企画があるかもしれない。

また、これもすでに書いたことだが、悪天候時のメニューはどうしても室内で実施する内容となっており、新型コロナの対策をした上で実施するのが困難なものとなってしまっている。雨が降っている場合もあるため、これは現在のところ、対応策が困難である。

当施設には、開設当初からあった60cm望遠鏡がある建物（北館）と、その後、増設された2m望遠鏡のある建物（南館）がある。北館は窓が多く、新型コロナ対策として換気するように窓を開けることが可能である。その一方で、南館は、職員の居室には窓があるが、一般の方が入るスペースには、火災時の排煙用以外には、基本的には換気ができない。おそらく、冷房を使用することが前提となってしまうためかと思われる。入り口の扉を開けておく、換気扇を回すといった対策を取ってはいるが、新

型コロナによって状況が変わってみると、新しい主要な使用施設の対策に制限ができていくという結果になっている。

その他、当施設の場合かもしれないが、当施設での主催行事の方が、新型コロナ対策の面からは特殊という面がある。たとえば「友の会」の例会や高校生向けの天体観測実習の参加者は、さまざまな場所からやってきており、お互いに知らない人もいる。もしも参加者の中に感染者がいた場合には、同じ地域の人たちがやってくる一般の利用団体と比べて、新型コロナ感染症の拡散リスクは高いように思われる。

8. まとめ

兵庫県立大学西はりま天文台での新型コロナへの対応についてまとめた。基本的な方向性としては、兵庫県の博物館等の社会教育施設でき対応の指示に従うこととしており、その中で、可能な限り、観望会などのイベントを実施してきた。今後もこれは変わらないだろう。この間、制限の程度にはさまざまな段階があり、その都度対応が変わってきた。どうしても問題点を探って改善するようなどころまではできていないように思われる。また、たくさんの人に集まってもらうことを考えるようなイベントは、今後考え直していくべきなのだろうと思われる。しかしながら、次々と変わっていく状況への対応に追われてきたが、今回、一度、JAPOS大会の機会に全体をまとめてみる事ができた。改めて、今後を考えていくようにしたい。



兵庫県立大学西はりま天文台 石田 俊人
ishida@nhao.jp

まだ9年？もう9年を切った！？？？2030年北海道金環日食を迎え撃て

～日蝕受け入れ体験と日本天文教育普及研究会北海道支部支部の取り組み～

福澄 孝博（札幌市青少年科学館／北海道大学大学院工学研究院）、
荒明 慎久（美瑛町郷土学館）

キーワード：金環日食、北海道、2030年、我われの常識は一般の常識ではない、日本天文教育普及研究会北海道支部

概要

2030年の北海道金環日食まで9年を切った。まだまだ先のこのように感じるものの残された時間は決して多くはない。福澄の体験“特に啓発活動で留意したことに注視”を通じて日食に向けての準備に肝要な事項を考察するとともに、荒明より(一社)日本天文教育普及研究会（以下、天教）北海道支部での取り組みについて紹介する。

我われの常識は一般の常識ではなく、今後は一般の方々への周知も強化していく必要がある。

1. はじめに

来る2030年6月1日、北海道ほぼ全土で金環日食が見られる。「まだ9年」「もう9年を切った」、感じ方は人それぞれだろうが、一般市民への啓発活動を考えると残された期日は決して多くは無い。今回、発表者のうち、福澄の体験に基づき早くからこの金環日食に向けて取り組む必要性を皆に認識・共有して戴くため、改めて2009年皆既日食に向けての準備を振り返ることとした。

併せて、天教での実際の取り組み例として、2030年金環日食への準備状況を荒明(天教北海道支部長)から紹介する。

2. 鹿児島県鹿児島郡十島村

福澄の受け入れ体験現場はトカラ列島（行政

区としては十島村〔としまむら〕。面積（有人7島）計93.17km²人口計673人：H.17国勢調査、で当時173人だった中之島でも、日食前には130人を割り込もうとしていた。宿泊施設は民宿のみで計25軒・定員合計315人、交通手段も週2便（あるいは3便）の村営定期船「フェリーとしま」のみ、という状況だった。また、一つの自治体でありながら南北180km（名古屋－金沢間に相当）と日本一長い村であること、役場本庁が海上はるか鹿兒島本土（市港湾地区）にあるというのも他にない特徴だ：一番近い口之島からでも、205km・フェリーで6時間。

そんな小さな（人口・面積）村・大きな（お互いの距離・本庁との距離）村で『世紀の大日食』の受け入れ準備に携わった。

2.1 村の定めた受け入れ方針

「我々は日食の主催者ではない!」、現状の条件(能力)のできる範囲での受け入れとし、基本方針として①住民生活を守る②自然環境を守る③インフラ整備は受益者負担で、の3本を掲げた。これには一般の方には思いも及ばない離島ならではの事情もある。併せて、対内的には、ロゴマークを公募で制定・住民への使用を呼びかけるなど、受け入れ側の啓発・盛り上げにも力を注いだ。

2.2 福澄が特に心掛けたこと

受け入れ準備において力を入れたのが日食についての情報発信である。

(1) 広報活動

何をさておき考えたのは、日食をきっかけにトカラに来てもらいたい、知ってもらいたかった。しかし、狭い島に大挙して渡ってこられても破綻するのも目に見えている。そこで「鹿児島県全体のこと」と捉えてポイントごとの特

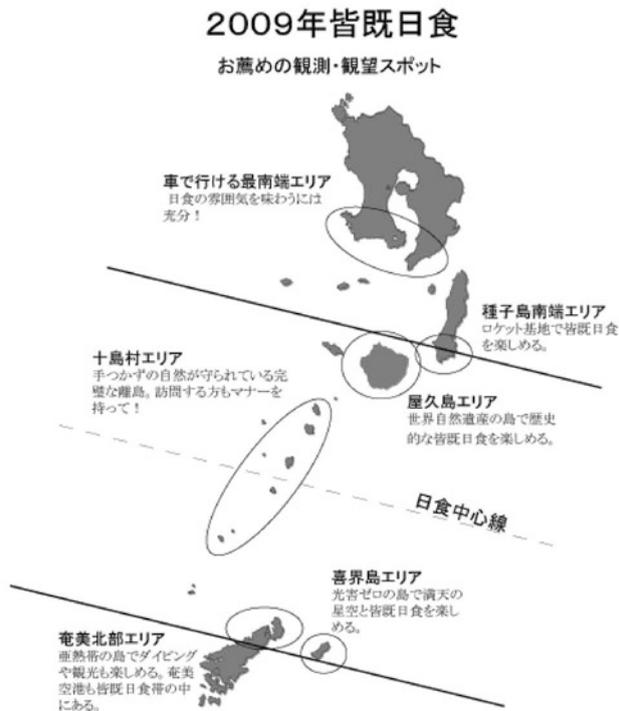


図1 当時使用した資料の例。鹿児島県天文協会がパンフレットに載せたものを提供いただいた。

徴を発信し、分散化を図ることに注力した(図1)。北尾浩一氏(星の伝承研究室)と「ふるさと星事典」を出版[1]し、日食ハンドブック的となるよう広く一般への発信に努めた。

(2) 啓発活動：特に子ども達に

鹿児島県としては「多くの観光客が来てくれること」「そもそも純粋に現象として美しいことが起きること」と日食の良い面ばかりを注目していたが、福澄をはじめ、県天文協会は日食の弊害面・留意すべき点をも提言・助言した：例えば、日食の最大食前後は急に暗くなるので、特に年配の方が視界を失い驚いて事故を起こさぬよう規制を掛けたり信号をすべて赤にしたりするよう進言[さすがに信号赤、までは実現しなかったようだが、事前の情報発信は行われた]。

一方、(島の)子ども達に強く伝えたのは「日食は雨が降っても日食」。普段の自然と比べられるからこそ種々の視点での変化に気づける、と『島での生活への誇り』を持てることを第一に望み続け活動した。日食の5年前から各島の小中学校にお願いし、夏休み期間中の天気報告をしてもらった。「自分たちのデータが世界に発信されていること」「多くの日食ファンの役に立っていること」を実感、小さな孤島ながら世界とつながっている、しかも、最前線に貢献していると自信と誇り(ちっぽけな存在ではない)を持たせてあげた。また、2008年8月、ロシア皆既日食中継に作文審査を経て選出した中学生を同行させ(ライブ!ユニバースご協力)渡航記・日食体験記をブログでつづってもらった。そして、日食当日には島で開催していた日食1年前記念カウントダウンイベント会場と現地を結び、イベント参加の児童・生徒(広く鹿児島県内から募集)と彼女との交流も行った。特に十島村からの参加者は、「来年は逆に君たちがこれを世界に向けてやるんだよ」という福澄の言葉に、「次は自分たちの番だ!」と

夢が広がることであった。

福澄が「日食に向けてすべきことは？」と問われ答えていたのは「勉強」。一連の講演・講習を通じて子ども達に伝えたかったのはこのことだ。まずは日食について。訪れた日食ファンから日食の話聞く機会も多いだろう。同じ話を聞くにしても背景を知っていればより詳しく、興味深く聞けるというものだ。そしてトカラについて。お返しに「トカラはこんな素晴らしいところだよ」と伝えてあげて、と呼びかけた。「例えば昭和33年には日食もあったんだよ、今日帰ったら尋ねてごらん、その中で『その頃の暮らしはこんなだったよ』とか教えてくれるかも」、と年配の方がたと子ども達の交流なんかも思い浮かべながら、そうなるはずとすてきな、と狙い続けていた。

これらが（大雨に見舞われながらも）見事実を結んだことは、後日の研究発表会などで明らかであった。[2]

3. 日本天文教育普及研究会北海道支部の取組

前回北海道で見られた金環日食は1948年で、継続時間はごく僅か、場所も礼文島のみと、限られた人だけが見られた日食であった。また、それ以降も金環日食はあったものの、人口規模では2012年が圧倒的に多くの人々が目撃した金環日食と考えられる。このとき北海道は金環食帯から外れていたため大部分の北海道民(天文施設関係者含む)は金環日食の経験がないといえる。そのため2030年を迎えるにあたり、2012年の知見(どのような準備をいつ頃からしてゆけば良いかや2012年の反省点)をどう活かせるかがとても重要であり、天教北海道支部では、2020年支部集会のテーマとして情報共有を図ることとした。

3.1 2020年北海道支部集会

例年の北海道支部集会は札幌や名寄などの

1会場に集まり実施している。しかしながら2020年度はコロナ禍のため集会の開催はオンライン開催を基本としなければならず、加えて札幌と名寄に通信環境などのない方のための対面会場(人数制限あり)を設けることとした。

オンライン開催した結果としては、例年よりも地理的に広い範囲の方に参加いただけたことや旅費的に本来は依頼が難しい方に発表をお願いできるといったメリットなどがあった。

当日は、大西浩次氏(国立長野高専)、井上毅氏(明石市立天文科学館)、齋藤泉氏(栃木県子ども総合科学館)、飯塚礼子氏(明星大学)に招待講演として発表していただくとともに、テーマである日食に関する一般発表3件、その他内容の発表3件の計10件の発表となった。北海道以外からの参加者も多く、計46名もの方に参加いただいた。

3.3 支部集会展録について

支部集会での発表については、各発表者に天教会誌への掲載記事の執筆を依頼し、会誌「天文教育」2021年1月号に掲載されている[3]。会誌は天教会員に配布されており、会員でなくともバックナンバーの購入が可能である。現在会員でない方でも入会后、Webからダウンロードの上閲覧することが可能となっている。なお、天文教育誌は1年後に公開されることとなっているため、2022年1月にはどなたでも閲覧が可能となる。

具体的な内容は会誌をご覧いただきたいが、日食の安全な観察方法(特に目への影響)、金環日食の限界線調査、コロナ禍による観察方法の変化などどれも興味深いものであるため一読をおすすめする。特にこの時点で荒明は、日食メガネの劣化による危険性などは意識しておらず問題なく使えると思っていたが、そういった危険性があることを知ることができ有意義であった。

3.4 今後の取組について

現状、支部集会後に具体的な取り組みはまだなされていないものの、あつという間に半年が過ぎてしまった。あと9年もあるという意識のままでは時間が過ぎゆくばかりのため、今回の発表を通じてより具体的な取り組みを進めていかなければと改めて感じている。

4 考察

以上、主に福澄が長い期間にわたり取り組んできた活動の『一端』を示したが、今から2030年に向けて活動しても決して早過ぎるとは言えない端的な例をここで一つ示そう。

2009年、鹿児島県の中体連県大会当日が7月22日だった。即ち、奄美地方の子らは頑張って大会に進出したばかりに、本来なら地元で見られるはずだった皆既を見られなくなってしまった。これでは全くもって何のために部活動を頑張ったのか、本末転倒だ。気付いた天文関係者が日程変更を提言したが、大会本部の回答は「県大会の日付はずっと以前から決まっていたものです」だった。いったい、日食とどちらが??

我々は当然のごとく知っていることだから、と言って誰もが知っているとは限らない。油断すると、とんでもない手遅れになる。

そういった意味でも今回、2030年の北海道金環日食まであと10年という区切りのキックオフミーティングとなった天教北海道支部集会は、伝える側となる天文施設関係者に向けた一つのきっかけとなったかと思われる。

5 まとめ

我われの常識は一般の常識ではない!!!
そのため、道内の天文施設関係者側から、さらには広く一般の方々にまで、まだ9年ではなく、「もう9年を切った!!!」というアピールの必要性を強く訴え、意識を共有していきたい。

参考文献

- [1] 福澄孝博・北尾浩一(2008)「ふるさと星事典—星とあそぼう—」, 南日本新聞開発センター.
- [2] 福澄、他(2009)「サイエンスウィンドウ2009増刊号」, サイエンスウィンドウ, 第3巻第6号, 1.
DOI : <https://doi.org/10.1241/sciencewindow.20090306>
- [3] 特集(2021)『北海道支部集会「2030年北海道金環日食」』, 天文教育, 第22巻第1号(2021年1月号), 4.



札幌市青少年科学館・北大院工 福澄 孝博
fukuzumi@yacht.ocn.ne.jp



美瑛町郷土学館 荒明 慎久
nori.ara@gmail.com

金環日食、北から見るか？南から見るか？それとも…

村上恭彦（なよろ市立天文台）、中島克仁（銀河の森天文台）

キーワード：金環日食、北海道

概要

北海道での金環日食まであと9年となった。北海道と本州では日食を見るにあたっての地理的・社会的環境に大きな違いがあり、また交通網の先行きの不安や、人口減少による担い手不足、冬季オリンピックの効果などによる環境の変化も考えられる。受入側・来道者側ともに課題を認識し、金環日食を楽しむための作戦が必要だ。過去のデータから道内各地の天候の差はあまりない。ならば別なアプローチで観測地を考えてはどうだろうか。

1. はじめに

いよいよ北海道での金環日食まで9年となった。逆に9年前の2012年は本州・九州での広い地域で金環日食が見られた。しかし、北海道は自然・交通・人口など、本州とは日食を見るにあたっての環境は大きく違う。

ここでは、前半部分で村上が2030年の北海道は社会的にどのようなになっているかの見通しや天文ファンの受け入れに当たっての課題を示し、後半では中島が、実際にどのような場所で楽しむかといったことを具体的に提示することとしたい。

2. 2030年の北海道とは

2.1 北海道への来方

これを読んでいる方のうちどのくらいの方が実際に北海道に来たことがあるであろうか？2013年のJAPOSの全国大会は私のいる名寄であったから、その時に来道したという方もいるだろう。

それでは、その方々はどのような交通手段で北海道に来たのだろうか？

まずはやはり飛行機だろうか？羽田・新千歳間はいわゆるドル箱路線であり、北海道と行き来するとなればまずは候補に挙がるだろう。便

数も非常に多い。

次に、ゆっくり旅を楽しむ、もしくは車を持ち込むとならばフェリーだろうか？大洗や名古屋・仙台から苫小牧へ、また新潟・舞鶴から小樽に船が出ている。

そして、列車である。北海道新幹線ならば東京駅から新函館北斗駅まで4時間である。まあ、青春18きっぷを使って・・・という強者もいるかもしれない

2.2 2030年の北海道の交通網

(1) 鉄道網

さて、そんな北海道への来方を考えた上で2030年の北海道の交通網がどうなっているかを考えてみたい。

まず、先ほど述べた北海道新幹線である。北海道新幹線は2016年に函館まで開通以来、札幌延伸を目指しているが、まさに2030年「度」に開通予定となっている。「度」というのがミソで2031年3月まで期間がありうるということだ。ただ、後述することに関係してくるが2029年度中の延伸も強く望まれており、期待しながらも注視したい。なお、新函館北斗駅は「金環帯に入っていない」。

日食を見るだけなら、新幹線で札幌まで来

られればだいぶ手軽に来ることができるだろう。札幌から更に中心帯を目指し、ついでに観光もというのもありだ。

しかし、その前にそもそも、その時に JR 北海道の路線がどうなっているかは未知数である。何とんでも赤字ということで、ここ数年だけでも留萌線、石勝線、札沼線、日高線と全線でなくてもかなりの距離が廃線となっている。私のいる名寄以北も存続のために様々な施策が打たれているところである。

(2) 飛行機

2020 年に北海道内の空港が一体民営化された。新千歳・函館・旭川・帯広・釧路・女満別・稚内の各空港である。より柔軟な運営が求められる中、日食時の増便や、日食を空から見るための飛行機が飛ぶこともやりやすくなるのではないか。

2.3 2030 年札幌オリンピック

いろんな意味で話題に事欠かないオリンピックではあるが、現在札幌市は 2030 年 2 月の冬季オリンピックに立候補中である。

正直、北海道にとってどうなるかは現状よくわからない。しかし成功していれば、その余韻の中での金環日食であり、大型イベントが続くことになる。先に書いた新幹線の 2029 年度中の延伸が望まれているのはこのためである。

3. 現在から 2030 年の北海道を見通す

3.1 北海道の人口

さて、2030 年まで後 9 年となったこの 2021 年現在、北海道も他地域のご多分にもれず絶賛人口減少中である。しかし一方で札幌への集中は続いており、札幌市の北海道における人口の割合は 37.8% に達している（北海道 523 万人弱のうち 197 万 5000 人。2020 年国勢調査 北海道発表）。北海道全体の人口減少以上に北海道内の地方の人口減少が大きいと言える。

3.2 十分な受け入れができるのか

北海道金環日食が起こるのは 6 月 1 日（土曜日）で、北海道的には観光シーズンの幕開け時期である。そんな中で迎える金環日食となる。日食ツアーも多く組まれるであろう。飛行機を利用したツアーはもちろんありでしょう。鉄道を使ったツアー・・・「JR 北海道持ちこたえて」といったところだろうか。

ただし、なのだ。北海道、観測できる場所の土地そのものはたくさんあるだろう（人に迷惑をかけない合法的な所でも）。

しかし、先述の人口減の話のとおり、そういったツアーを支えられる、受け入れ側の地元の人がどれくらいいるか、かなり心もとない・・・

宿泊含め、札幌・旭川・帯広・釧路あたりにツアーは集中するかもしれないがせっかくの全道的な金環日食、その後の観光も含めて盛り上げたい。

そして受け入れ態勢という意味では北海道内の公開天文台、科学館の役割も大きくなる。

しかし、こちらもまた、北海道各地に施設が点在し、なおかつ、それぞれ単独で何かやり遂げられるほど、人員が潤沢にいるわけではない（点在していることが気象的な意味ではリスク回避にはなってくるだろう）。

3.3 課題と期待

「北海道全体で多角的に受け入れ態勢づくりが必要では？」ここ数年、官公庁の上の方にも 2030 年の話をするのだが、帰ってくる多くの答えは「その頃この世にいるかなあ」「もう退職してるなあ」というもの。

やはり、若い世代への訴求が必要と感じざるを得ないところだ。

一方で、期待ができるのではと思っていることもあり、それが前述の 2030 年札幌オリンピックとなる。

直前にオリンピックが開かれるのなら、その

多くのお客さんの受け入れ（特に札幌圏での外国人の受け入れ）ノウハウをやり方次第では取り入れられそうだし、オリンピック後、普通だったら、一気に減るであろう需要を下支えすることも兼ねて、宿泊場所を確保できるのではないだろうか。

また、この1年で遠隔での会議などが半ば強制的に進んだ。こういった遠隔地間のやりとりが今後9年間の中で更に日常となっていくだろうし、生かしていきたい。

是非、この1年間の大変さをプラスに変えていって 2030 年の金環日食を迎え撃ちたいところだ。

4. どこで見るか

どこで金環日食を見るか考える場合、重要なのは観測地の視界と天気だろう。視界に関しては、あえて山間地を観測場所を選ばない限り、あまり問題になることはないだろう。しかし天気に関しては私たちの力ではどうしようもなく、少しでも晴れる可能性の高い地域を探して観測に臨みたいと考えるのが普通だ。場合によっては、そのときに晴れている場所へ移動して観測することもあるだろう。

5. 天気の傾向から観測地を考察する

道内 15 地点の観測地候補を選定し、各地点の 6 月 1 日とその前後 5 日間の日照時間を過去 5 年に遡って調査した。調査地点と調査結果をそれぞれ図 1、表 1 に示す。表 1 より、礼文島の日照時間が他より短いのがわかる。また図 1 と照らし合わせても、地域的に特に有利・不利が無いことがわかる。また、表 2 は調査地点の各日の日照時間の長短を 3 区分に色分けし表示したものである。表 2 より各地点間で同じ日の日照時間の長短の傾向ははっきりしていない。晴れの日はどこへ行っても晴れ、逆に雨の日はどこへ行

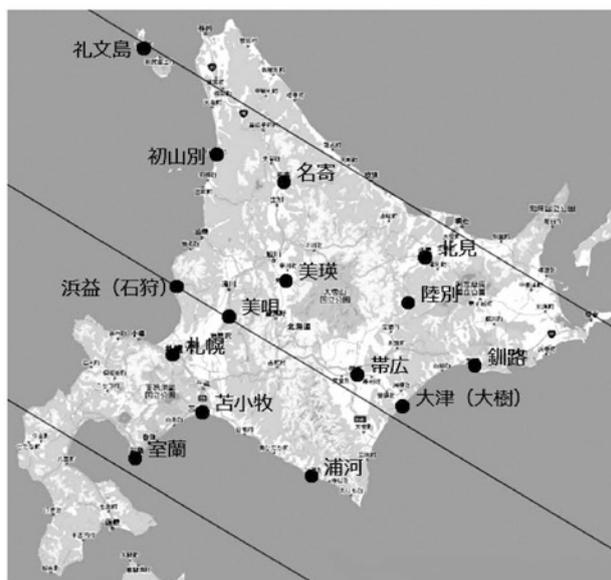


図 1 調査地点（国立天文台、google map より）

	礼文島	初山別	浜益	札幌	苫小牧	室蘭	美瑛	名寄
日照時間	5.3	6.4	7.2	7.1	6.3	7.7	7.3	6.3
	美瑛	浦河	北見	陸別	帯広	大津	釧路	
日照時間	6.5	7.1	6.5	6.3	7.1	6.2	6.8	

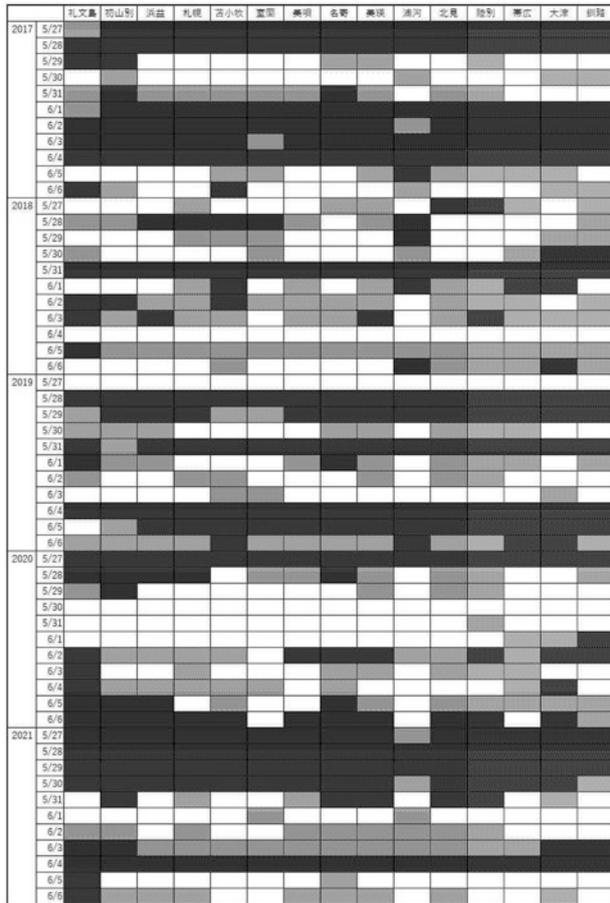
表 1 日照時間（5/27～6/6 過去 5 年平均）

っても雨というように地域差がない日がほとんどであることが読み取れる。

6. 交通事情から観測地を考察する

北海道内の公共交通は非常に貧弱であり、公共交通機関を利用して、市街地郊外の観測地へ行く、または当日観測地の変更を行うというようなことは、あまり現実的ではない。唯一、札幌－旭川間の交通機関が比較的しっかりしており、この間の移動のみが現実的であると考えられる。幸い札幌－旭川間を金環帯の中心線が通り、中心線を挟んでの南北の移動が可能である。

しかしせっかくの北海道、貧弱な公共交通機関に頼るのではなくレンタカー等の移動手段を確保して、郊外の景色の良い場所での観測をお勧めしたい。



■ $t < 5$ ■ $5 \leq t < 10$ □ $10 \leq t$

表2 各日の日照時間

7. 飛行機での弾丸ツアーの可能性

帯広、新千歳、丘珠、釧路、紋別、女満別、中標津、利尻の道内9カ所の空港が金環帯の中にあり、空港周辺での観測が可能である。特に帯広空港は中心線から2km程度であり、便数に限りがあるが一番におすすめしたい。逆に利尻、紋別、女満別、中標津の4空港は金環帯の端に位置しているので注意が必要だ。

8. 「食」にこだわる

天候、移動手段など、2030年の北海道での金環日食では山間部以外、どの地点にも決定的なアドバンテージは無く、どこを選んでも大差がないという結論になってしまった。そこで、せっかく北海道へ来たのならという事で、「食」にこだわった観測地の選定をお勧めしたい。6

月初頃に旬を迎える食材は、アスパラガス（名寄、富良野ほか、北海道全域）、サクラマス（太平洋、日本海、オホーツク海）、トキシラズ（主に太平洋）等があり、ぜひ味わって頂けたらと思う。（近年、トキシラズは高価になってしまったが）

最後に、数あるご当地グルメの中で、金環日食とともに味わうにふさわしいものがあるので、一つ紹介する。それは、美瑛市の「美唄やきとり」だ。美瑛市は金環日食の中心線上に位置している。そして何より「美唄やきとり」自体が金環日食にふさわしいのである。「美唄やきとり」は鳥モツの各部位を一本の串に刺したやきとりで、串には殻のできる前の卵「きんかん」が刺さっているのだ。金環日食の中心線が貫く美瑛の地で、「きんかん」の中心を串が貫く「美唄やきとり」を味わいながら、観測してはいかがだろうか？



写真1 美唄やきとり



なよろ市立天文台
村上恭彦
yasuhiko@nayoro-star.jp



りくべつ宇宙地球科学館
中島克仁
nakaji.ginga@gmail.com

はやぶさ2観測キャンペーンに参加して

～20 cm望遠鏡でのチャレンジ～

牧野亜紀（豊川市ジオスペース館／株式会社東海ムービー）

概要

2020年11月、天文関係のメールで「おかえりはやぶさ2観測キャンペーン」について知り、プラネタリウムスタッフの中で、観望会に使う20 cmの望遠鏡があるので、これで観測キャンペーンに参加してみようということになりました。撮影後、プラネタリウムで紹介したことや、撮影にあたって、工夫したことやうまくいったこと、反省したことなど簡単に報告いたします。

1. はじめに

2014年にはやぶさ2が打ち上げられて以来、スイングバイ、リュウグウ到着、タッチダウンと、ミッションの成功を祈って応援してきました。最初の頃は、当館には観測できそうな大型望遠鏡はないため、参加するということは全く考えていなかったのですが、途中から20 cmでも写る可能性が出てきたとの情報を受けチャレンジしました。

予想される光度は11~14等、普段の観望会や天体の撮影ではもっと明るい天体を導入していたので、経験のないことでしたが参加したことで大変勉強になりました。

2 観測機材と撮影場所

観測に使用した機材はスカイウォッチャーEQ5 Pro 赤道儀に、セレストロン EDGH HD 800 という口径20 cm 焦点距離2000mmのシュミットカセグレン系の望遠鏡です。[1] カメラはリコー ペンタックス KP で、APS-Cサイズという小型の一眼レフカメラなので、写る視野はフルサイズカメラの約3分の2となります。機材としては、このキャンペーンに参加された観測施設から個人の方々の望遠鏡まで、様々な機材の中でも、おそらく私たちの機材が観測で

きるかできないかのぎりぎりラインであろうと考えていました。

また、当日の観測は宵から深夜になり、館での観測は無理なので、観測担当となった私の自宅で行いました。豊川市のとなり豊橋市になりますが、この観測場所は住宅街で明るい市街地です。



図1 観測機材と撮影準備の様子

3. 観測計画をたててみる。

観測場所のデータを送付してキャンペーンにエントリーすると、はやぶさ2の位置データが送られてきました。そのデータを使いやすいように時間を日本時、赤経赤緯は時分秒といった形に変換して、ステラナビゲータ 11 [2] に位置データと撮影視野を書き込んでみました。するとはやぶさ2の帰還する12月5日の宵から6日の午前0時までは、地上から見たはやぶ

さ 2 の移動量はそれほど大きくないのですが、その後しだいに移動量が大きくなり、6 日の午前 1 時過ぎには、送られてきた 1 分ごとデータでは、すぐにははやぶさ 2 がカメラの視野から外れてしまうということがわかりました。地球に近づいてきて、明るくなり写りやすくなるかもしれないという可能性の一方で、通過時間と撮影時間が少しでもずれていたら、はやぶさ 2 は視野に入らず捉えることができないだろうという不安もありました。



図 2 ステラナビゲータ 11 に描いたはやぶさ 2 の移動イメージ [2]

4 撮影日当日

撮影当日は夕刻より望遠鏡を設置し、赤道儀と PC のステラナビゲータ 11 を接続して、撮影に入りました。ステラナビゲータとの接続は同僚の豊増学芸員の提案で、この接続により付属のコントローラーよりも確実に、予定位置へ鏡筒を向けることができました。普段の撮影のように目標天体が写っていれば確認できますが、今回はその目標とする位置が撮影できているかどうかというところを、カメラのモニターに写った星々の配置と、ステラナビゲータに映し出される星々の配置を見比べてほぼ一致していることで、目標位置の撮影ができていることを確認しました。また、カメラの設定につい

ては市街地で空が明るいので、11 等星ぐらいの星が辛うじて写る感度を探りながら、はやぶさ 2 の移動量に応じて露出時間を変えていきました。

5 日の夕刻から準備を始め、10 時ごろから撮影に入りましたが、深夜 0 時を過ぎても全く姿を捉えられないまま、何度も空を見上げて「そこにいるんだよね」と思いつつ、0 時半を過ぎたあたりから焦りが出てきました。「このまま 1 枚もとれないのではないか」（実は後から調べたらすでに写っていたのですが、この時点ではカメラモニターでの確認ができていなかったのです。）1 時から動きが速く、ステラナビゲータの操作、望遠鏡の動き、カメラの操作をしていると追いつけないかもしれないと考え、予定位置に少し早く先回りして撮影し通過を見計らって、また先回りのポイントに移動するという手法に変え夢中で撮影しました。

やがて午前 1 時 57 分になってはやぶさ 2 が地球の影に入った時、撮影を終えてカメラのモニター画面を戻してみましたら、はっきりとした光跡が写っているのが確認できました。

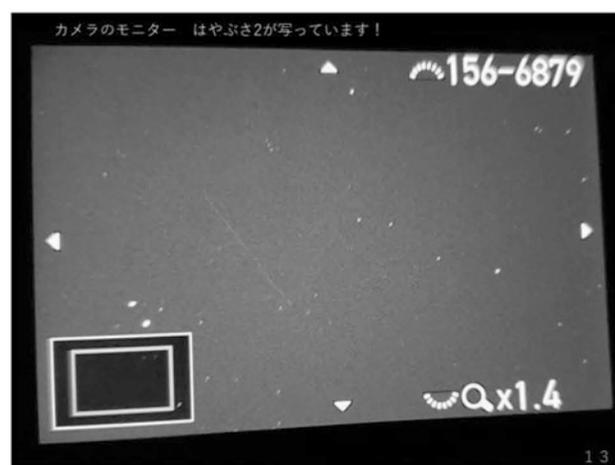


図 3 12月6日午前1時55分52秒
ISO6400 8秒露出

5 「おかえりはやぶさ 2 観測キャンペーン」への報告とプラネタリウムでの報告

こうして朝には観測キャンペーンに報告をすることができ、キャンペーンの map には豊川市ジオスペース館にはやぶさマークを付けていただきました。またプラネタリウムでの撮影でもお客さんに報告ができるように準備しました。

6日の朝、はやぶさ2のカプセルがオーストラリアに投下され、無事回収できて大成功であったというニュースが流れました。本当に素晴らしいことで、さっそく当館のプラネタリウムでも話題にさせていただきましたが、その日の朝から撮影画像を使えたのでとても達成感がありました。

プラネタリウムのお客様の中には、ニュースは日本から離れた遠い国でのことというイメージを持っていた方もあったかもしれません。でも「はやぶさ2は昨日の夜から未明にかけて、私たちの街の夜空に姿を見せてくれたのです。この薄い白い線がはやぶさ2君の光跡です。西の空の、この星座の辺りを抜けて行って、私たちの街の夜空に姿を見せながら、まるでちょっと早いサンタクロースのようにオーストラリアにカプセルというプレゼントを落としてくれたのですよ」とお話をさせていただきました。お客様がはやぶさ2の話題を少しでも身近に感じていただけたら、親近感を持ってこれからも応援していただけたら、と思いました。

6 撮影画像からわかったこと

その後撮った画像を調べてみたところ 70 枚以上にはやぶさ2の光跡が写っていました。

はやぶさ2を1時台後半に10秒間隔で撮影した光跡を3枚比較明合成して、同じ望遠鏡で撮った同じ視野の半月と重ねてみると、はやぶさの動きは半月を15秒ぐらいで横切るような速さだったのがわかりました。

また、画像に写った恒星と明るさを比べてみたところ13等ぐらいかと推測できるだけで、静

止した恒星と動いているはやぶさ2とでは、そのまま比較ができないままになっています。

そしてはやぶさ2が予想通りに通過していったのか確かめるために、ステラナビゲータに視野と光跡を書き込んでみました。視野は画像に写った星々の位置と角度からステラナビゲータでの視野位置を特定しました。写った光跡を矢印にして撮影時刻を書き込み、当初の予想位置を時刻とともに書き込んでみると、数秒のずれがありました。ほぼ追いかけていくことができたこともわかりました。

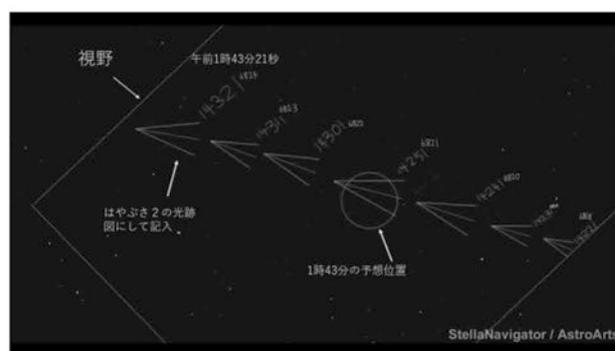


図4 1時43分前後の光跡



図5 はやぶさ2の光跡が写った画像の視野をステラナビゲータに書き込んでみる

撮影中に光跡を捉えていることがわかればそのまま追いかけることができたのですが、確認できなかったため、予定位置に少し先回りしたり、留まってみたりしました。しかしこうして図にしてみることによって、光跡の写ってなかった画像は位置と時間がずれて視野から外れていたことがわかり、他の理由で写らなかったのではないこともはっきりしました。

7 まとめ

そこで振り返ってみますと、撮影に関して良かったこと、うまくいったことは、

- ・送付した観測場所の位置データはほぼあっていた。
- ・送られてきたデータの変換はあっていた。
- ・ステラナビゲータを使うことで目標位置に合わせることができた。
- ・時間に合わせて望遠鏡を動かすことができた。
- ・露出時間を 25 秒→13 秒→8 秒と変えていったのは成功だった。
- ・天候に恵まれた。深夜だったので市街地でも暗かった。月あかりもあったが辛うじて写った

うまくいかなかったと思ったこと

- ・カメラの回転する向きと視野を逆算して考えるべきであった。最後がたて斜め画像になってしまった。最終的によく写る可能性の高い後半に、はやぶさの進行方向と平行に横画像になるように最初からセットすれば、もっと視野にたくさん入っていたと思われる。途中で気が付いたが直すとわからなくなるかとも思いそのまま続行した。今後気をつけたい。

8 おわりに

今回の「おかえりはやぶさ2観測キャンペーン」に参加して何より良かったのは、観測撮影をすることで自分自身がはやぶさ2を大変身近に感じられたことです。「おかえり、そしていつてらっしゃい！」という気持ちで時間が過ぎて写らなくなった夜空の彼方を見つめました。そして 20 cm という観測には小さい望遠鏡でしたが、十分力を発揮してくれましたので、コロナ禍でお休みだった観望会が次回開かれた時には、「この望遠鏡でははやぶさ2を追いかけたんだよ。はやぶさ2は今頃どこにいるかな」と話してあげたいと思います。

最後にこのような機会を提供してくださった JAXA の方々、mail のやり取りなどお世話くださったキャンペーンスタッフの皆様ありがとうございました。

9 注釈

[1] 赤道儀と望遠鏡は株式会社東海ムービー所有

[2] アstroアーツ社ステラナビゲータ

11



図6 たて画像をトリミングした図



牧野亜紀

aki-maki@mx2.tees.ne

美星天文台における光害の測定

伊藤 亮介(井原市美星天文台)

キーワード: 光害、データ解析

概要

美星天文台101cm望遠鏡で過去12年間の間に得られたFITS画像に対し、自動解析パイプラインを構築し、夜空の明るさの光度解析を行った。その結果、12年間の間で有意な光度の変動は見られず、その典型的な明るさは $V = 20.5$ 等/平方秒角と求まった。また、暗い場合で $V = 21.7$ 等/平方秒角まで到達し、 21.0 等/平方秒角より暗くなる夜の割合は、全体の約5%であった。

1. 背景

美星天文台は1993年7月7日にオープンした、岡山県井原市美星町に位置する公開天文台である。口径101cmの可視光学望遠鏡を有し、週末夜間の夜間公開時には、多くの来館者で賑わう。美星天文台を設置した旧美星町は、1989年11月22日に全国で初めてとなる「光害防止例」を制定し、町を挙げての星空観測環境の保全に努めている。夜空の明るさの測定は、光害の指標の一つであり、継続した観測が極めて重要である。

夜空の明るさの測定には、従来様々な方法が提案されており、広角レンズを装着したデジタルカメラによる夜空の撮影、夜空の明るさを測定する専用機器であるUnihedron社製SQM-Lを用いた測定、望遠鏡へCCDカメラを装着しての測定などである。このうち、本講演では、望遠鏡とCCDカメラによる測定に焦点を絞る。

望遠鏡を用いた観測では、長焦点化と測光精度の高いCCDカメラの使用により、他手法と比較して局所領域の精度良い測定が可能となる。一方、測定準備や条件を揃えるのに手間がかかるなどのデメリットがある。また、測光のためには視野内の比較星を用いて測光原点を精度良く決定する必要がある。比較星の決定のためには、望遠鏡の指向位置情報が不可欠である。

近年、画像からの星像検出ソフト精度の向上と、解析マシンのスペック向上に伴い、望遠鏡指向位置が記録されていない画像などに対しても、後の解析から自動的に撮像天域を推定することが容易となった。これにより、FITS header や観測ログの整備が進んでいない観測所においても、自動的に測光原点を決定することが可能となった。

本講演では、新規に開発した夜空の明るさ測定用自動解析パイプラインの概要と、これを用いて得られた過去12年間の美星天文台における夜空の明るさなどの環境要因の変化について報告する。なお、詳細レポート(以下、報告書)は、美星天文台ホームページから[ダウンロード](#)できる。

2. 自動解析パイプライン

2.1 概要

パイプラインでは、ダーク・フラット処理が済んだFITS画像に対し、

1. L.A.Cosmic[1]による宇宙線除去
2. SExtractor[2]を用いた星検出、シーイングサイズ推定
3. Astrometry.net [3]による望遠鏡指向方向の推定(WCS貼付)
4. UCAC-4 catalog[4]を元にした測光原点決定および使用フィルターの推定
5. SExtractorによる全視野内星の測光

6. 夜空の明るさの推定

7. ランダム・アパーチャー法による限界等級の決定

を自動的に行う。各項目の詳細は報告書に譲るが、本パイプラインにより、望遠鏡指向位置やフィルターが不明な画像に対しても、自動的に測光用の比較星の選定や、フィルター推定が行われ、夜空の明るさが導出可能となる。なお、解析で使用する等級はVega等級ではなく、すべてAB等級である。

2.2 パイプラインのwebでの公開

開発したパイプラインは、そのソースコードをgitlab上にて公開¹するとともに、web版として、美星天文台ホームページからFITS画像をアップロードするだけで使用出来るよう公開²している。夜空の明るさの測定のみならず、星像シーイングサイズの計測、限界等級の計算、視野内の全星の簡易測光などが自動的に行われるので、観測中のQL解析など様々な用途に活用できる。

3. 解析結果

3.1 使用したデータ

解析には、美星天文台101cm望遠鏡で2008年から2020年までの12年間で得られた撮像データ10,919枚を使用した。図1は天球面における全撮像位置とその撮影時のシーイングサイズを色分けしたものである。天の北極付近を除く高度15度以上の場所で広い領域で観測が行われていることが分かる。

3.2 方位・高度別夜空の明るさ

図2は、2020年4月14日に取得した各高度と方位でのV-bandでの観測による夜空の明るさ測定結果である。当日の雲量は0、月のない快晴であり、天文薄明終了後の20時から1時間半以内に取得された全天33点(北極星付近を除く)の観測点のデータである。南東低高度におい

て夜空が明るいのは、倉敷市や岡山市からの町明かりと推測される。同一時刻、同一観測地点であるにも関わらず、方向による夜空の明るさの差は大きい。天頂付近と倉敷方面(高度15度、南西方向)では、最大~2.0 等/平方秒角も明るさが異なる。

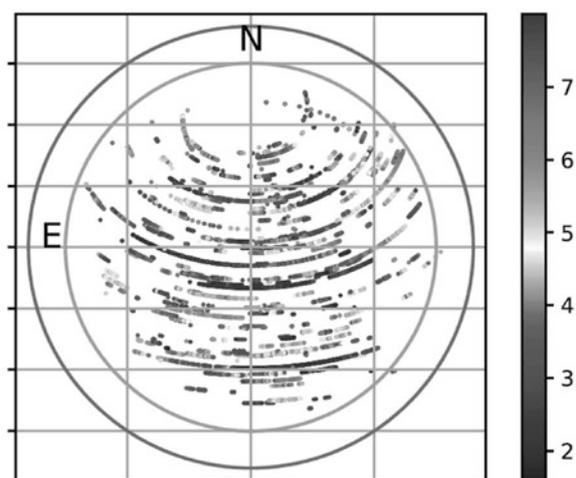


図1. 天球面における全撮像位置。色は観測時の星像シーイングサイズ(秒角)を示す。

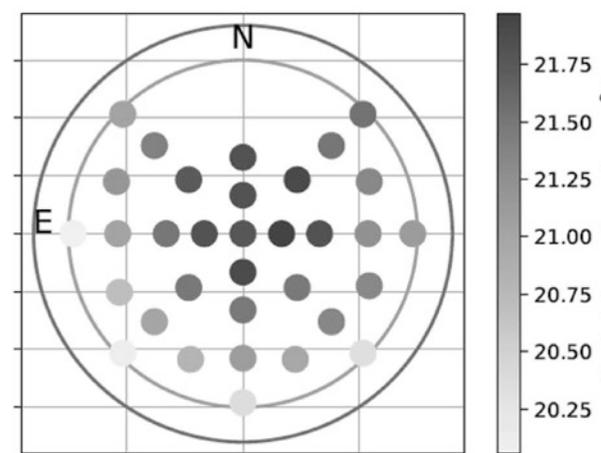


図2. 同一観測日内における望遠鏡指向方向によるV-bandでの夜空の明るさ。色は夜空の明るさ[等/平方秒角]

3.3 夜空の明るさと色の相関

図3は夜空の明るさ(V-band)と色(V-R)の散布図である。明らかに夜空の明るさとその色に相関関係があり、夜空が明るいほど青い傾向がわか

¹ <https://gitlab.com/ryosukeitoh/bao-pipeline>

² https://www.bao.city.ibara.okayama.jp/html/calc_sky/

る。夜空の色は高度や方位ではなく、夜光光度に最も強い相関を示している。同様な夜空の光度-色相関の傾向は、[5, 6]にも報告がある。

高度15度以上の夜空の明るさは、都市部からの街灯などが上空大気で散乱された光である。上空大気のエアロゾルなどによる散乱は、青空などと同じく、レイリー散乱であり、青い光ほど散乱されやすい。このため、光源の多い方向では夜空の明るさの上昇と、それに伴う青化がみられることが予想される。より詳細な調査には、分光観測が有効である。

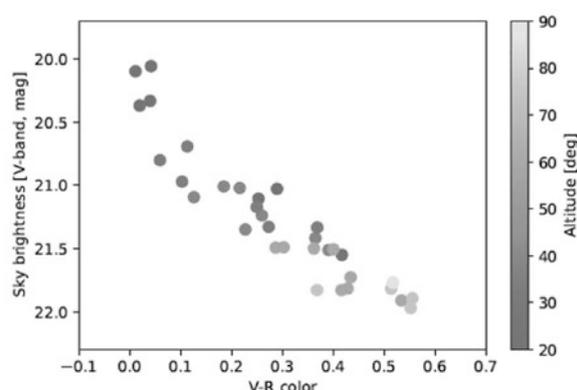


図3. 夜空の明るさと色の散布図。色は観測高度を表す。

3.4 長期の夜空の明るさの変動

図4は、V-bandでの夜空の明るさの年変化と、使用した観測点の二次元ヒストグラムである。空を明るくする要素を除くため、月の高度が0度以上、太陽高度-18度以上(薄明中)の時間帯のデータは除外した。また、天体高度60度以下の観測や、大気透明度が0.2以下のデータ点も除外した。2014年以前の観測点数が少ないため、長期的な変動の有無の調査は難しいが、年間を通じて最も暗いデータ点に着目した場合では、概ね $V = 21.6$ 等程度でほぼ変わりにくく推移している様子がわかる。一方、多くの観測点が $V = 20.5$ 等付近に集中している。2008年近辺では観測夜数が極端に小さく、データに偏りが存在すると推測される。測定件数は少ないが、データを2年毎に区切って夜空の明るさの測定値分布に変化が

あるか調べた結果、2008年から2020年にかけて、いずれの年も有意な変動は検出されなかった(t-test, C.L.=95%)。典型的な夜空の明るさと最良値には1等級程度の差があり、夜空の明るさがV-bandで21.0等/平方秒角より暗くなるのは、月のない全観測夜数のうち、約5%である。

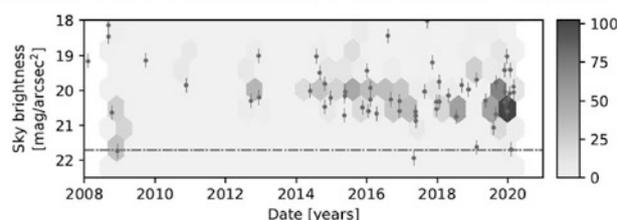


図4. V-bandでの夜空の明るさの年変化。青点は各観測日のうち、もっとも暗いデータ点を示しており、色はデータ頻度を表す。赤線は $V=21.7$ 等の線である。

3.5 季節毎の夜空の明るさの変動

図5は、季節毎の夜空の明るさの変化を調べるため、横軸を観測月、縦軸をV-bandでの夜空の明るさとした図である。暗い観測点を使用した。有意な季節変動はなく、年間を通じて安定していることがわかる。

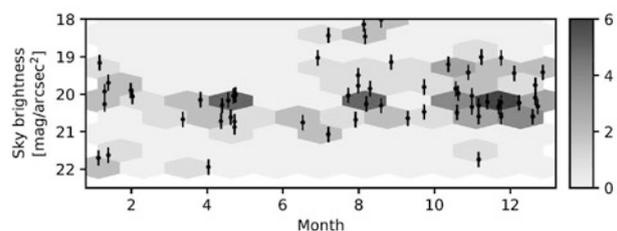


図5. V-bandでの夜空の明るさの季節変化。横軸に月、縦軸に空の明るさを示している。色は頻度分布を表す。

4. 議論

4.1 夜空の明るさの変動

美星天文台では開所以前の1989年から30年以上にわたって様々な方法で夜空の明るさを継続して計測してきた。1990年代はスライド(写真乾判)やCCDを用いた測定[7]、2010年代にはライトメータを用いた測定[8]などが実施されてきた。また、環境省の実施する「デジタルカメラによる夜

空の明るさ調査][9]にも測定データを提供している。これらの観測は、装置(写真乾判、CCD、受光単素子etc..)や視野、波長域や測定時間などが大きく異なるため直接比較はできないが、例えば1990年頃からのデジタルカメラでの測定では20.3等～22.9等、2010年から2013年に屋上に設置されたライトメータの計測結果では、暗い夜で平均20.7等/平方秒角程度の夜空の明るさと、本調査とほぼ同程度の値が示されている。デジタルカメラでの計測手法やライトメータでの測定結果との光度較正方法を確立することができれば、精度高い夜光光度の変遷を調べることが可能になる。これら従来手法の調査や再解析、較正が今後の課題である。

4.2 分光観測の可能性

光害の要素の分析には、分光データの活用も重要となる。図6は、2006年から2019年までの美星天文台で得られた夜空の夜光スペクトルである。2014年頃から、4500Å付近にLEDからと思われるこぶが見え始めている。どの程度明るさに寄与しているかなどの詳細調査はこれからである。

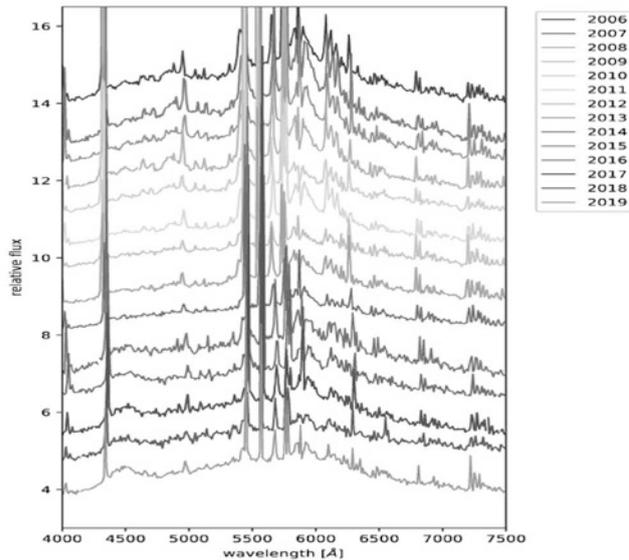


図6. 夜光スペクトルの年変動

参考文献

- [1] Lang, D., et al., 2010, "Cosmic-Ray Rejection by Laplacian Edge Detection", PASP, 113, 1420
- [2] Bertin, & E. Arnouts, S.,M.R., 2002, "SExtractor: Software for source extraction", A&A, 317, 393
- [3] Lang, D., et al., 2010, "Astrometry.net: Blind astrometric calibration of arbitrary astronomical images", AJ, 139, 1782
- [4] Zacharias, N., et al, 2013, AJ, 145, 44
- [5] 伊藤信成, 他, 2018, "熊野市の夜空の明るさ計測-夜空の明るさと色の関係", 三重大学教育学部研究紀要, 69, 33- 37.
- [6] 加藤英行, 他, 2018, "足羽山の夜空の明るさと色の測定", 福井市自然史博物館研究報告 第65号:1-6
- [7] 綾仁一哉, 2000, "「光害を測る」『光と闇との調和をめざして—光害を考える—』", 岡山県美星町編, pp.157-167.
- [8] 越智信彰, 2020, "岡山県美星町における光害防止の取り組み—経緯・現状・課題", 東洋大学紀要自然科学篇64巻:1-8
- [9] 環境省, 2019, "平成30年度冬の星空観察デジタルカメラによる夜空の明るさ調査の結果について" <http://www.env.go.jp/press/107017.html>

コロナ禍における美星天文台の取り組み

前野将太（井原市美星天文台）

キーワード：感染症対策、観望会、リモート観測、整備

概要

美星天文台は、口径 101cm 望遠鏡と観測機器を備えた公開天文台です。1993 年の開館以来、市民への天文普及、アマチュア天文家の育成、研究観測、光害監視等を目的に運営されています。2020 年から感染症対策として、観望会の予約制の導入、公募観測のリモートへの対応、天体现象等のライブ配信、そして、施設の整備に取り組んでいます。

1. はじめに

美星天文台は岡山県南西部の標高 420m に位置する公開天文台です。年間を通して晴天率が高く、シーイングも良好で、天体観測に適した場所です。1993 年に開館し、現在は井原市の直営施設です。主な活動は市の条例に、①施設の公開、②利用者へ観測機器の提供及び観測の指導・助言、③天文資料の展示及び研究、④教育事業の実施及び情報の公開、⑤美しい星空を観光資源として広く発信すること、⑥光害の測定及び光害防止に関する普及啓発、と規定されています。

1.1 施設の公開

開館時間は曜日によって異なります。火・水曜日は午前 9 時 30 分から午後 4 時までです。夜間公開日がある金・土・日・月曜日は午後 1 時 45 分から午後 4 時までと午後 6 時から午後 10 時までです。昼間は口径 101cm 望遠鏡で一等星の観望案内と国立天文台 4D2U コンテンツ Mitaka の上映を行います。夜間公開では晴れたときに、口径 101cm 望遠鏡と 15cm 対空双眼鏡での観望を中心に、繁忙期はボランティアスタッフによる星座案内もあります。入館料は小学生以上が 300 円、予約は不要です。夜間の入館者が多い施設で、当初は年間で 8,000 人程

度でしたが、2013 年度は 1,3000 人を超え、2018 年度は 14,200 人となっています。

1.2 観測機器の提供（公募観測）

週末の午後 11 時から午前 4 時まで、口径 101cm 望遠鏡と観測装置を操作資格所有者に貸し出す事業です。観望のほか、カメラを取り付けての天体撮影、CCD カメラを用いた撮像観測、分光観測が可能です。年間で 30~40 件程度の応募があり、個人、学校、天文同好会等様々な方が利用されています。

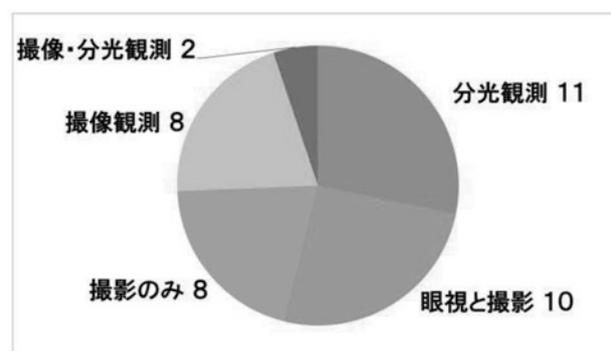


図 1. 2019 年度の公募観測の内訳。年間で 39 件の応募で、最多は分光観測の 11 件

2. 美星天文台における取り組み

感染症対策として、2020 年以降に行った取り組みを 4 つ紹介します。

2.1 予約制の導入

予約なしで週4日、誰でも観望会に参加できる、というのは施設の特徴の一つでしたが、コロナ禍においては密集、密接を回避するため、定員を設ける必要があり、2020年6月には、一度に入館できる人数を50名としました。これは観測室とその周囲のテラス等の床面積を根拠としています。

当初は大きな問題はなく運用していましたが、夏休みに入ると夜間の入館を受付前で待つ時間が少しずつ長くなり、お盆には最大で2時間待ち、受付前にできた列の長さが100mほどになりました。寒くなる季節を迎えることもあり、他施設を参考にしながら、予約制の導入を検討し、2020年9月18日から予約制を開始することとしました。予約は

- ・利用者が天文台ホームページにアクセス
- ・入館人数を入力し、整理番号を取得
- ・天文台の受付で番号を提示する

という方式としました。悪天候時は入館者が大きく減ることから予約のキャンセルもホームページからワンクリックで行えるものとしました。なお、10月1日から研修室を常時開放し、利用者の滞在面積が増加したことから、定員を80名に変更しています。

予約は電話、窓口でも可能ですが、9割以上がwebを利用しています。一方で、利用者がホームページを閲覧されない場合があり、2021年の春ごろには予約されずに受付へ来られる方も増えるなど、周知方法には課題があります。

2.2 観望会における感染対策

一般的な感染対策としては、入口から出口までを一方通行にする、可能な限り消毒する、スタッフを含め、他人との距離を確保する、等を行いますが、それ以外には、

- ・望遠鏡を覗く際はグループ単位とし、床面積から上限の目安を5名とする。
- ・グループごとに接眼部、脚立等を消毒する。
- ・マスク着用により、息で接眼レンズが曇るた

め、ヒーターを装着して曇りを防止する。などが挙げられます。なお、利用者がレンズの曇りで天体が見えにくくなっていることに気付いていないことがありますので、頻繁に声掛けをしています。

2.3 オンラインによる公開

施設の利用制限やイベントの中止等に伴い、YouTube美星天文台チャンネルを開設し、次のライブ配信を行うこととしました。

(1)「おうちで美星天文台」ライブ配信

口径101cm望遠鏡にデジタルカメラを取り付けて天体を撮影し、職員の解説とともにライブ配信するものです。臨時休館中の限定とし、2020年5月に6回配信しました。カメラを使うことで星団や銀河をより鮮明にリアルタイムで見てもらえるなどのメリットがあります。視聴回数は配信直後が100前後でしたが、少しずつ増えていき、2021年2月末時点で第1回目の番組で2,800回となりました。

(2)天体現象のライブ配信

2020年6月の部分日食、2020年8月12日のペルセウス座流星群、2021年5月の皆既月食について、動画で撮影し、ライブ配信しました。ペルセウス座流星群のライブ配信では薄雲があったものの、広角カメラを使って20時から3時までに88個の流星を確認することができ、視聴回数は1日で30万回を超えるなど、視聴者の流星群への関心が高いことが分かります。

(3)リモート勉強会、リモート観測

ボランティアスタッフ向けの勉強会をオンラインで開催しました。メリットはスタッフの移動の手間が省けること、デメリットはまだ不慣れなせい、対面よりも質問が少ないこと等が挙げられます。

公募観測は利用者が必ず来台する必要がありましたが、2020年9月から、希望者にはリモートで観測できることとしました。現在もハ

ード、ソフト面で整備中ですが、利用者が望遠鏡や一部の観測機器をオンラインで操作し、取得した画像データを随時ダウンロードして確認できるようにしています。2020年度は3件の利用で、いずれも高校・大学の関係者、目的は観測データの取得でした。

2.4 環境整備

感染症対策として、2020年度から施設整備を進めています。

(1) 広場の整備

既存の広場にある老朽化した建物、段差等を解消する工事を行い、約2,000m²の土地で誰でも気軽に美星の星空を楽しめるものとしします。



図2. 老朽化した建物や段差を解消した広場

(2) ロビー上映設備

館内でもっとも広いロビーの壁面をスクリーンとして利用し、映像番組を投影します。光害防止条例等が学べる内容です。



図3.ロビー上映設備の完成イメージ

(3) 開放廊下増設整備工事

観測室周囲の2階テラス部分を約140m²拡張

します。星座解説や望遠鏡を使った案内ができる十分なスペースとして整備します。



図4. 開放廊下増設工事

3. 取り組みをととして

コロナ禍以前の夜間公開では職員やボランティアスタッフが一度に大人数を相手に解説していましたが、これがグループごとになったことで、質問を受ける頻度が高くなりました。利用者がどのようなことに興味があるか、これまでよりも知る機会が増えています。

ライブ配信は流星群のような天体現象は当日に瞬間的なピークとなり、一方で、望遠鏡で撮影した天体画像の紹介は配信当日よりも後日じわじわと視聴回数が増えていくことから、このことも意識した番組作りが求められます。

リモート勉強会やリモート観測は利用者の移動の負担が軽減しますが、実習などは対面の方が効果的であることから、リモート形式と対面形式を利用者の目的に応じて使い分ける必要があります。

2020年以降、公開の方法は大きく変わりましたが、星空を見たい、観測したい、という希望の高まりを感じています。美星天文台にできることを常に考え、利用してよかったと思っただけの施設になるよう努めていきます。

井原市美星天文台 前野 将太
syouta_maeno@city.ibara.lg.jp

コロナ禍における 星の子館の取り組み

原田実紀（姫路市宿泊型児童館「星の子館」）

キーワード：感染対策 活動

概要

コロナ禍において閉館や活動の制限でイベントが行えず、行えたとしても感染対策を余儀なくされている。楽しみながら感染対策ができる紙コップロケットや、家にいながら参加できるオンライン観望会など、工夫をしながらイベントを実施している。参加者からの反響もよく、今後も改善しながら、星空に対する興味・関心を育む場を提供したい。

1. はじめに

『星の子館』は 1992 年に開館した兵庫県姫路市にある宿泊型の児童館である。

90cm の反射望遠鏡を有し、夜の観望会を休館日以外毎日 2 回（19 時・20 時）、昼の観望会を土日祝と学校の長期休暇期間中に実施している。

2. コロナ禍の運営状況

感染状況により、星の子館の運営状況も変化してきた。表 1 は直近までの運営状況をまとめたものである。

表 1 コロナ禍の運営状況

年	月日	運営状況
2020	2.28	イベント中止 (観望会は宿泊者のみ)
	3.12	全館閉館
	6.1	観望会再開 (宿泊者のみ)
	7.1	イベント再開
	9.28	移動プラネタリウム再開
2021	1.14	19 時以降のイベント制限
	3.1	制限解除
	4.25	全館閉館
	5.13	21 時以降のイベント以外再開

3. 感染対策

安心・安全にイベントに参加していただけるよう、感染対策に努めてきた。館内表示や収容人数、消毒法など、様々に検討し、行っている。

3.1 基本対策

来館時に『検温』『手指消毒』『連絡先の記入』『マスクの着用』をしていただき、イベント参加時などにも再度手指消毒をお願いしている。

さらに、手指消毒やマスク着用のお願いを、イラストを用いて館内に掲示した。

イベント時には座席に空席を作ったり、天文台の床に足あとのマークを 2m ごとに貼ったりと、家族ごとに間隔の確保を行っている。

使用後は机や椅子、モバイルプラネタリウムのドーム、工作に用いた道具などを次亜塩素酸水で消毒している。

3.2 定員の変更

開館時には、人数を制限してイベントを行っている。表 2 はイベント定員の変化をまとめたものである。

表 2 イベントの定員

イベントの種類	従来	コロナ禍
夜の観望会	40 人	15 人
天文工作	12 人	5 人
天体観測講座	6 人	2 人
移動プラネタリウム	30 人	15 人

3.3 天体観望会の感染対策

前述した手指消毒や間隔の確保に加え、望遠鏡の接眼部の対策や、備品消毒の方法・手順なども工夫し、行っている。

(1) 紙コップロケット

底をくりぬいた紙コップにラップをかぶせて輪ゴムでとめたものを家族ごとに配布し、望遠鏡の接眼部に装着して観望会を行っている。

そのままでは使用後に『ただのゴミ』になってしまうため、画用紙やマスキングテープを用いてロケット風に装飾を施した。全7色のロケットがあり、日ごとに色を変えて配布している。

さらに、持ち帰った後に切り込みを入れて輪ゴムを付けることで、飛ばして遊べるおもちゃになる。工作方法も観望会の最後に伝えている。

子どもたちからも喜ばれ、保護者の方からも「え、持って帰っていいんですか!？」や「この前もらったロケットがお気に入りです、家で飛び回ってます。」といった声も聞かれる。

装飾に時間が必要になることが難点ではあるが、ロケットを配られたときの子どもたちの輝く目や、後におもちゃになることを思うと、継続していきたい。

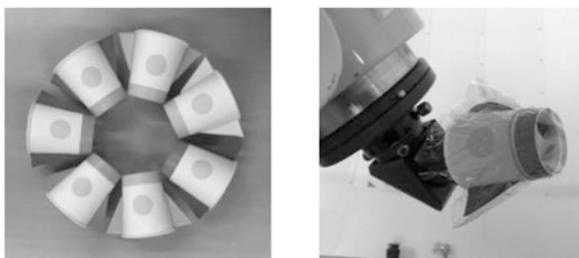


図1 紙コップロケットと接眼部装着時

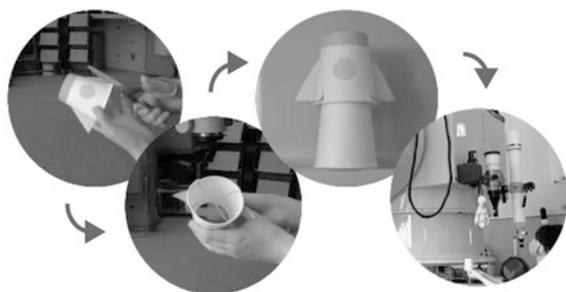


図2 紙コップロケットを飛ばしてみよう

(2) 備品の消毒

備品の消毒は各回の観望会が終わるごとに行っている。

(2.1) 天文台

接眼部（レンズ以外）・脚立の手すり・その他参加者が触れた箇所を、アルコールの入りのウェットティッシュでふきとっている。

※ゴム製のアイカップは消毒が困難なため予めはずして使用し、レンズ自体に消毒が必要になってしまったときのみレンズクリーニングティッシュを使用している。

(2.2) てんもんルーム

星の子館の夜の観望会は、天文台で星をみる前に、机と椅子の並んだ前室でその時期の星空やその日に観望する天体の紹介をする。

その回の担当者が、使用した席に『使用済みカード』を置き、参加者が移動後に別のスタッフが次亜塩素酸水を用いて机と椅子の消毒を行っている。

4. オンライン観望会

緊急事態宣言などを受けた閉館やイベントの制限により、夜の観望会やクラブ活動の観望会が行えない日が続いていた。

その代替えとしてオンラインでの観望会を試みた。『普段の観望会と同じように』が今回のテーマであった。

4.1 YouTube 配信

日程は2021年1月17日・24日・31日の3日間で、夜の観望会は宿泊者のみ参加でき、日帰りの参加はできない状況であった。

夜の観望会の時間を避けつつ、子どもたちがみられるように18時15分から18時45分までの30分間とした。

媒体は普段から天体のライブ配信に利用しているYouTubeを使用した。

紙芝居のように紙のスライドとペープサートを用いて、その日観望する天体や星座の紹介を行った。

悪天候の日も中止せず開催し、望遠鏡の接眼

部に取り付けた写真の月をウェブカメラで覗くように観望した。

YouTube でのオンライン観望会はチャットという手段はあるものの、ほとんど一方通行の配信になってしまうのが難点である。しかし、多くの人にみてもらえ、その時間に都合が合わなくても後からみることも可能である。



図3 YouTube 配信のスクリーン集

4.2 GoogleMeet (クラブ活動)

星の子館では小中学生を対象にクラブ活動を行っている。月1回の例会と2回の観望会を実施し、宇宙や星空について楽しみながら学んでいる。

日程は2021年2月7日・24日で、19時以降のイベントに制限がかかり、活動が行えない状況であった。

今回は対話をするために GoogleMeet でのオンライン観望会を試みた。

普段はスクリーンに投影している、その日みる天体の写真やクイズのスライドを画面共有機能で提供し、その後にカメラで映した天体を観望した。

オンライン通話では、発言がどうしても1人ずつになってしまう傾向があるため、来館しての活動に比べて、子どもたち同士の会話が減ってしまうことが難点であった。しかし、それぞれが家にいるからこそできるゲームや、1人1人の言葉をみんながしっかり聞くなど、よい機会だったと感じた。1人ずつではなく全員で同

じ時間の同じ天体を観望し、感じたことを共有できたことはとてもよかった。



図4 カメラの設置 (左) と活動の様子 (右)

4.3 GoogleMeet (一般観望会)

日程は2021年5月1日・2日・3日の3日間で、閉館している状況であった。

クラブ活動での経験から、GoogleMeet を用いた。画像に加え、ソフトウェア (ステラナビゲーター11) の画面共有を行い、星空や天体の紹介を行った。ソフトウェアの共有により、参加者の反応や問いに合わせて話す内容を自在に変えられ、さらに反応があることで配信側も進行しやすく、双方向性のよさを実感した。

機器のトラブルやネット環境を用いることによる参加者層の狭小化が懸念ではあるが、「遠方からでも星の子館の観望会に参加できよかった」「星の子にいたときのよう星空解説があり楽しかった」「子どもが小さくても家でゆっくり観望会に参加ができてよかった」「終わった後、さっそく外に出て観望会に出てきた星を探した」などの声をいただき、オンライン観望会の需要の高さを感じた。

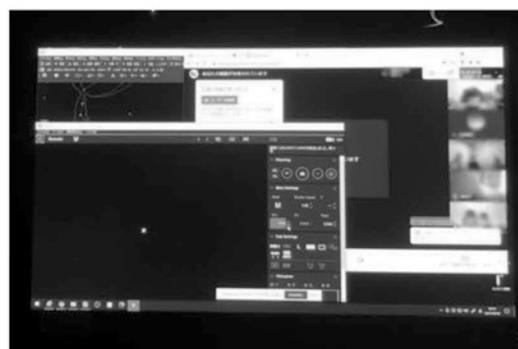


図5 観望会中のスクリーン

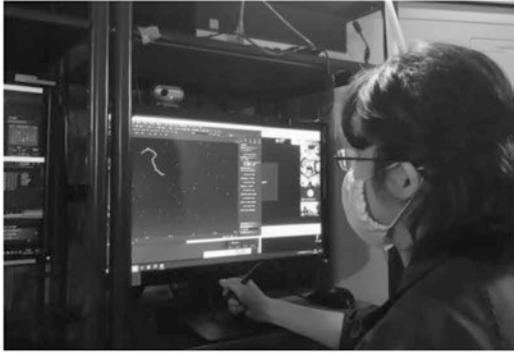


図6 ソフトウェアの画面共有の様子

5. 今後の展開

『星の子館』を楽しんでいただけるよう、これまでの取り組みを吟味・改善していきたい。

5.1 紙コップロケットの新企画

先に述べたように、紙コップロケットの作製には時間がかかる。さらに、観望会の常連参加者の中にはロケットを何十個も持っている人もいる。それらを改善するための新たな取り組みとして、持っている紙コップロケットを持参してくれた人に、星座のシールをプレゼントしようとする準備を進めている。継続するために業務の負担を減らしつつ、資源の利用を抑えることにもつながる。

5.2 オンライン観望会の定期化

オンライン観望会に対する参加者からの反響は大きく、再度開催希望の声もたくさんいただいた。手ごたえも十分にあり、GoogleMeetを用いたオンライン観望会の定期的な開催を検討している。

季節に合わせた観望会の開催時刻の設定や、申し込み期間の調整、機器トラブルの防止など、さらなる改善を進めたい。

また、夜だけでなく、平日の昼にもオンライン観望会を実施し、様々な環境の方に参加していただければと考えている。

5.3 シークレットカードの配布

2019年10月から昼と夜の観望会の参加者に『星座カード』を配布している。

観望会では季節が巡るごとに様々な天体をみることができる。しかし、一度見て満足される参加者も多く、繰り返し参加して下さる方が限られていたことが課題だった。

星座カードの導入は、観望会への繰り返しの参加につながっている。何度も参加して下さる方が増え、コロナ禍でも昼の観望会の参加者人数が上昇している。「集めたい」という気持ちをきっかけに観望会の参加が促進されることで、より多くの子どもたちに星空への興味・関心を持ってもらえていると感じている。

2021年6月現在、88種類を配布している。今後はシークレット(88星座に残らなかった星座)12種類とコンプリートカード8種類の配布を予定している。



図7 星座カード

6. まとめ

紙コップロケットを使用した感染対策や、オンライン観望会を実施してきた。今後もより多くの方に星空の魅力を届けられるよう努めたい。星の子館の取り組みが、たくさんの子どもたちの「わくわく」につながれたらと考える。



姫路市宿泊型児童館「星の子館」

原田 実紀

harada@himeji-hoshinoko.jp

コロナ禍で迎えた惑星で星空視力大実験！！

内藤博之（なよろ市立天文台）、綾仁一哉（Astronomers Without Borders）、井上毅（明石市立天文科学館）、植松淳子（元北大総合博物館）、大西浩次（国立長野高専）、大沼一彦（千葉大）、衣笠健三（国立天文台野辺山）、鳴沢真也（兵庫県立大）、福澄孝博（北大大学院/札幌市青少年科学館）、福原直人、福原佳子（星が好きな人のための新着情報）、村上恭彦（なよろ市立天文台）、渡部義弥（大阪市立科学館）
キーワード：木星と土星の接近、夜間（星空）視力、オンラインでの天文普及、国際連携

概要

2020年12月21日から22日にかけて、木星と土星の“超”大接近が見られました。2つの惑星が肉眼でどのように見えるかを調査する『惑星で星空視力大実験！！』を実施し、世界中の人々と（コロナ禍の最中）非常に稀な天文現象を楽しみました。12月1日から31日まで、のべ4,978件（世界18カ国）から観測レポートが届き、離角が6分台（7分未満）でも7割以上の方が木星と土星が2つに見えた、という報告結果となりました。

1. はじめに

人は星空をどのように見ているでしょうか？普段何気なく見上げている星空ですが、考えてみると不思議なことがあります。「なぜ、お昼に星（ ~ 0 等星）が見えないの？」「暗いところで天の川が見えるのは、なぜ？」そんな疑問を抱いたことはありませんか？星の見え方には個人差があるものの、実はその理由をはっきりとは分かっていません。私たちは2020年12月に起こった木星・土星の“超”大接近（本稿では離角が10分以下の接近を“超”大接近と呼びます）を世界中のたくさんの方々に観測してもらうことで、星空観察にまつわる謎解きに挑みました。

2. 木星と土星の“超”大接近について

2020年12月21日から22日（日本時間、以下特に記載がない限り同じ）にかけて、木星と土星の“超”大接近が見られました。12月22日の最接近時は約6分角まで接近する“超”大接近となりましたが、これは1623年7月17日以来、397年ぶりのことでした。次に“超”大接近するのは約59年後の2080年3月15日ですので、まさに一生に一度見られるかどうかという稀な天文現象でした（表1参照）。また、今回の“超”大接近の継続時間は56時間以上に及び、

表1：1901年から2100年までの木星と土星の接近[†]

日付	木星と土星の最接近時の離角	備考
1901年11月29日	0度26分	*超”大接近の一步手前
1921年9月10日	0度57分	
1940年8月7日	1度11分	
1940年10月20日	1度14分	木星と土星、どちらも逆行中
1941年2月15日	1度17分	
1961年2月19日	0度14分	*超”大接近の一步手前
1980年12月31日	1度03分	
1981年3月4日	1度03分	木星と土星、どちらも逆行中
1981年7月24日	1度06分	
2000年5月28日	1度09分	
2020年12月22日	0度06分	*超”大接近！！
2040年10月31日	1度08分	
2060年4月8日	1度07分	
2080年3月15日	0度06分	*超”大接近！！
2100年9月19日	1度13分	

[†]:最接近時の日付は日本から観測した場合のもの。表中の数値はステラナビゲータ11による計算結果を採用。

ほぼ世界中で観測できる現象でもありました。

星空観察の謎の解明には「星空の下では人の視力はどのくらい変化（低下）するのか」、言うなれば《星空視力（夜間視力）》が鍵をにぎっていると私たちは考えました。星空視力を調べるには木星・土星の“超”大接近は絶好の対象でした。なぜなら、木星と土星は日に日に離角を変化させながら、最接近時には約6分角まで近づくため、木星と土星が分離して見えるかどうか、

世界中の人がチャレンジ（肉眼で観測）することで、星空視力を一定程度知ることができると期待されたからです（図1）。

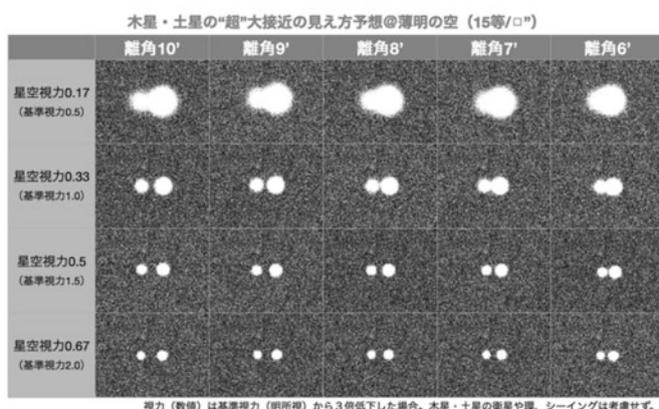


図1：視力ごとの木星・土星の“超”大接近の見え方予想

3. 本プロジェクトについて

2020年10月8日（最接近約2ヶ月前）に『木星・土星“超”大接近観測プロジェクト：惑星で星空視力大実験!!!』は発足しました。「木星・土星の“超”大接近という稀な天文現象を世界中の人と一緒に楽しむこと。本プロジェクトをきっかけに、多くの方々が日に日に近づく木星・土星の様子を観察し、いろいろな企画（研究）が展開されたら大成功」という目標のもと、以下の項目に取り組みました。

3.1 Web サイト

スマートフォンに対応したWebサイト[1]を作成し、日本語版（図2）のほか Astronomers Without Borders (AWB、国境なき天文家たち)



図2：Webサイトのトップ画面（日本語版）

[2]と連携したことで英語版も公開できました。木星・土星の“超”大接近は世界中で観測できる一方、観測地点によって最接近時刻（日付）が異なる（時差ではなく、現象自体の最接近時刻が異なる）場合があるなど、英語版Webサイトを作成する過程でいろいろな気づきがありました。今後、国際連携イベントを企画する上での良い経験となりました。

3.2 観測報告フォーム（『見たよ』レポート）

観測報告フォーム（図3）を用意し、12月1日から31日（世界時）までを観測報告期間としました。スマートフォンからでも気軽に観測報告（参加）できることを目指し、項目は「1. 木星と土星の見え方」「2. 観察日時」「3. 観察場所」「4. コメント（任意）」のみとしました。世界中からの参加を期待して多言語（日本語を含め10言語）に対応させました。参加者が楽しく観測を継続してもらえるように、結果（速報版）を即時公開したり、参加者に観測証明書（3.3節）を発行したり、と工夫を施しました。

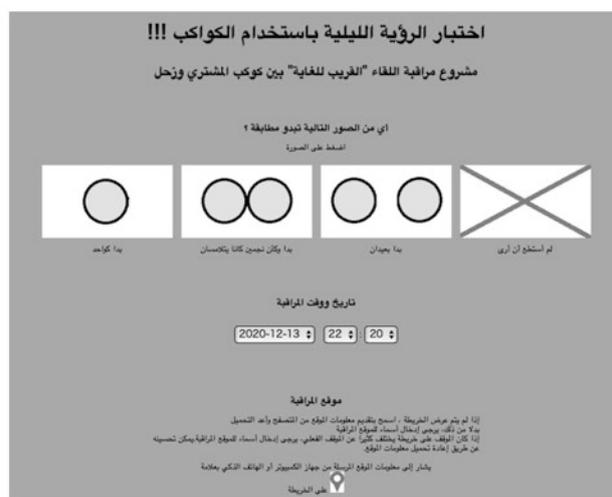


図3：観測報告フォーム（アラビア語版）。日本語、英語、中国語（簡体）、中国語（繁体）、韓国語、フランス語、スペイン語、ポルトガル語、アラビア語、ペルシア語の10言語に対応。

3.3 観測証明書

観測証明書（図4）には木星・土星の星景写真（大西浩次さん撮影）をランダムに表示させるようにしました。第1期（12/1～）に8種類、

第2期(12/18～)には(直近に撮影された)5種類の写真を追加し、全13種類の写真を用意しました(内、2種類はシークレット)。全種揃えるのは難しい(平均41回の報告が必要)と思われましたが、コンプリートする参加者が誕生し、嬉しい限りでした。SNS上でシェアする参加者も多数あり、プロジェクトの盛り上げに一役も二役も買いました。

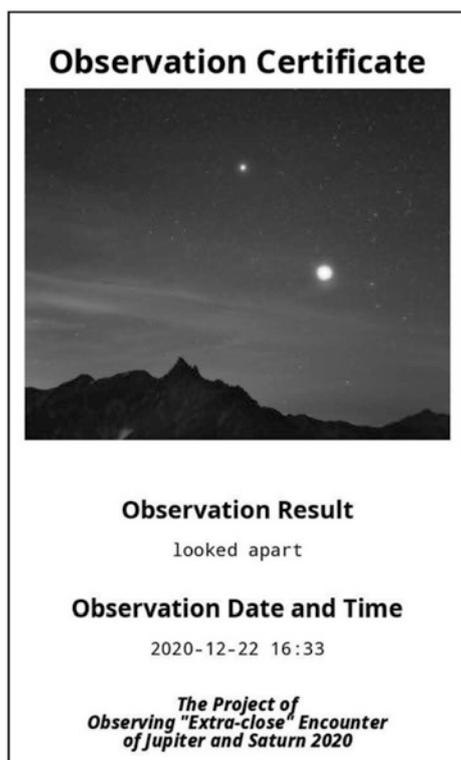


図4：観測証明書(英語版)

3.4 PR大作戦

ハッシュタグ(#惑星で星空視力大実験、#木星土星超大接近観測プロジェクト、#PlanetsNightVisionTestの3種類)を利用(統一)し、SNS上でキャンペーンを行いました。公式Twitterアカウント(@mokuseidosei)を12月10日に作成し、短期集中で約150ツイートしました。また、観測報告フォームへのQRコード付きのPRポスター(日本語版、英語版、名寄ローカル版：図5)を作成し、天文施設や名寄市内施設の各所に掲示してもらいました。さらに、AWBをはじめ様々な天文グループ・施設と連携し、日本公開天文台協会(JAPOS)観測キャンペーン[3]でも紹介してもらいました。



図5：PRポスター(名寄ローカル版)

4. 結果

4.1 観測レポート

観測レポート数のはのべ4,978件、最接近となった12月21日(世界時)は1,333件でした。日本からのレポート数のはのべ4,888件で、全国津々浦々(47都道府県)から報告があり、日本を含め世界18カ国からレポートがありました(図6)。

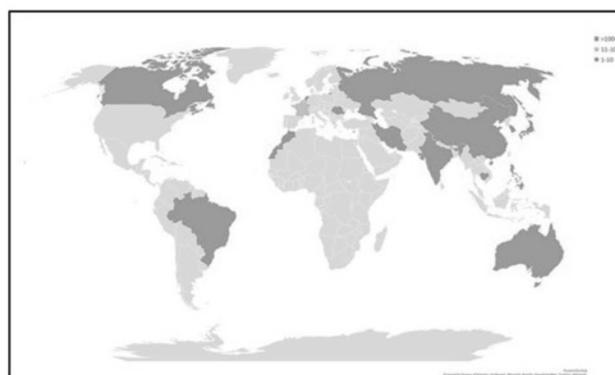


図6：観測レポートがあった国(18カ国)。報告件数の多い順に日本、フランス、ベルギー、ブラジル、インド、韓国、フィリピン、カナダ、キプロス、モロッコ、イラン、オーストラリア、オランダ、カンボジア、シンガポール、中国、ルーマニア、ロシア。

12月21日と22日(世界時)とでは木星・土星の離角に大きな差はなく、いずれも“超”大接近状態を観測できましたが、観測レポート数には2倍以上の大きな開きが見られました(図7)。“超”大接近後は一気に報告数が減少したものの、平均報告件数は現象前に比べて若干増加しま

した (12/1-18: 77 件→12/24-31: 85 件)。木星と土星の見え方に関しては、離角が6分台でも7割以上の方が「2つに見えた」という報告結果となりました (図8)。星空視力とは無関係の理由 (例えば天気など) で「ひとつに見えた」場合があることも考慮すると、星空視力は通常 (明所視) 視力に比べて3倍を大きく超えては低下しないことが予想される結果と言えます。

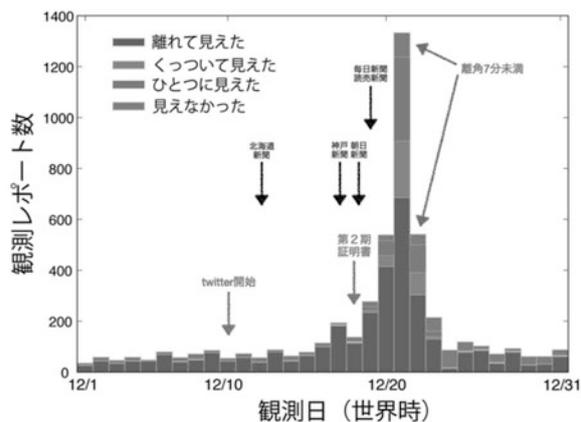


図7: 観測レポート数の推移

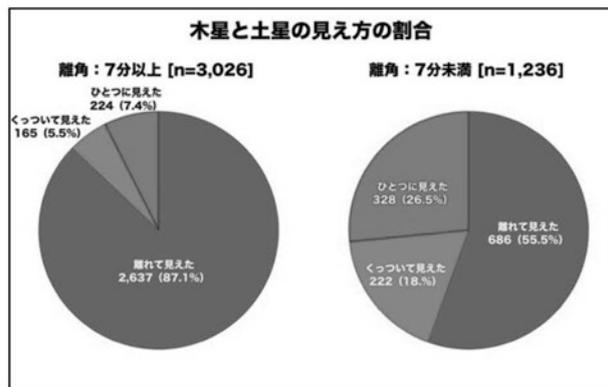


図8: 木星と土星の見え方の割合の比較

4.2 コメント紹介

観測レポートに約1,970件 (全体の約4割) のコメントがありました。「きれいに分離して見えました。視力は1.5です。複数人で見ていたのですが『ひとつに見えた』という人も2割程度いました。(12/21付)」といった星空視力調査に有益な情報が多数あり、まさに“市民天文学 (c) 国立天文台”でした。また「新型コロナ感染拡大が続く厳しい日々の中で、夜空を仰いで木星と土星を探すひとときだけは星に集中することができました。素敵な企画をありがとうございました。(12/31付)」といったコロナ

禍の中、心が和むようなコメントも数多く寄せられました。

4.3 さまざまな反響 (展開)

観測報告フォーム以外でもワークシートを使ったレポート (個人・学校クラス単位) や記録写真、動画DVDが届いたり、ウェザーニューズ社が同様の調査 (年齢別の情報あり) を行ったり、フランスの天文雑誌 (Astrosurf Magazine) に記事が掲載されたりと、予想外の展開がありました。

5. 今後の展望

今回のプロジェクトは目標を達成でき、大成功でした。星空観察の謎の解明へ引き続き取り組んでいきたいと思えます。

謝辞

本プロジェクトにご参加いただいた皆さま、ワークシートをご提供いただいた丸山卓哉さま、素敵な水彩画をプレゼントしていただいたMichel Deconinckさま、各言語の翻訳にご協力いただいた皆さま、本当にありがとうございました。日本公開天文台協会の皆さまには各天文施設でのポスター掲示やWebサイトでの紹介など、多大なご協力を賜りました。この場を借りてお礼申し上げます。

参考資料

- [1] 惑星で星空視力大実験!!! : <https://www.nayoro-star.jp/mokuseidosei/jp>
- [2] Astronomers Without Borders : <https://astronomerswithoutborders.org>
- [3] JAPOS 観測キャンペーン木星と土星の超接近を見よう : <http://www.koukaitenmondai.jp/campaign/jupiter-saturn2020.html>



なよろ市立天文台 内藤博之
naito@nayoro-obs.jp

コロナ禍による天文台運営の変化

谷 沙希（ホテル星羅四万十・四万十天文台）

キーワード：新型コロナウイルス、休館、天体観望会、感染防止対策、SNS

概要

2020年初めごろから世界各地に感染が拡大した新型コロナウイルスは、公開天文台施設においても非常に大きな影響を及ぼし、現在も続いています。2020年3月初旬～6月初旬までの約3ヶ月にわたる臨時休館および天体観望会再開以降の四万十天文台での取組についてご報告申し上げます。

1 はじめに

四万十天文台がリニューアルオープンした2013年4月以降、小さい規模ながら利用者は年々ゆるやかな増加傾向にありました。

1.1 2013年～2019年末の天体観望会

天体観望会の定員数は10名程度としていますが、ゴールデンウィークや夏期休暇などの長期休暇期間中には最大17名程度、年間1500名前後の利用がありました。1日の開催回数は1回ですが、状況に応じて2回実施することもあり、利用者の誘導・案内役として地元の「準星懂アテンダント」にお越しいただいていました。また、天体観望会の開催中止判断は、気象警報発令時や雷発生時としていました。

1.2 新型コロナウイルス感染拡大による休館

2020年2月末、高知県内でも新型コロナウイルス感染者が確認されるようになり、芸西天文学習館や高知みらい科学館などが休館となりました。これを受けて今後の当天文台での対応方法について、四万十市教育委員会と協議をしました。当初、四万十天文台が休館措置を取る場合、他の管轄施設も休館にする必要があること、また四万十市内での感染者は確認されていないため休館にする必要はないとのことで

したが、一転ゴールデンウィークが明けるまで休館とするよう指示がありました。天文台利用者へ非常に急な連絡となってしまったことが大変心苦しく、複雑な心境でした。その後、緊急事態宣言の期間が延長されたこと、当天文台を運営する「ホテル星羅四万十」が6月初旬まで休館となったため、リニューアルオープン以来史上最長の休館となりました。

2 休館中の取組

休館期間中は、天体観望会が再び開催できるようになった時のための準備をするとともに、SNSを使った情報発信を1日1回おこない、投稿を見てくださった誰かにとって自宅から夜空を見上げるきっかけとなれるよう努めました。

2.1 休館明けの天体観望会の対応について

天体観望会での新型コロナウイルス感染拡大防止対策として、当天文台では次のことを検討、実施しました。

(1) ドーム内のフロアマーカー貼付

これまでの天体観望会では、参加者がドーム内の壁を背にして輪になり待機、天体望遠鏡を覗いた後は列の最後尾へ誘導をしていました。今回、利用者同士の距離が近くならない対策と

して、ドーム内（直径約 4m）の床 4 か所へフロアマーカの貼付をおこないました（図 1）。当天文台での天体観望会の申込者は 1 組あたり 2 名～4 名（幼児を含む）が多いことから、1 日の受入可能枠を 3 組～4 組まで、最大 8 名程度に規模を縮小し利用者同士の距離が接近しすぎないような環境を作りました。



（図 1）

（2）電子観望会の検討

アイピースが共有部分となることを極力避ける方法として、電子観望会を実施することを検討しました。しかし、当天文台は CMOS カメラを所有していません。そのため、一眼レフカメラでも実施できるか試行しました。

使用した機材は一眼レフカメラ（Canon）1 台、「EOS Utility」をインストールしたパソコン 1 台、そしてタブレット端末（iPad）1 台です。天体望遠鏡に取り付けたカメラをパソコンで操作することにより、パソコン画面にて導入天体の確認が可能となります。しかし、これでは利用者全員がパソコンの前に集まり密となってしまう。そこで、パソコンの画面に表示されているものをタブレット端末と共有させ、アテンダントがタブレットを持って各利用者の近くへ行き天体の姿を見てもらえる方法を検討しました。今回使用したのは「spacedesk」という無料アプリです。パソコン、iPad の双方へインストールし、インターネット環境のある場所で使用可能です（図 2）。休館中、SNS で

の情報発信を踏まえて上記の方法を試験的におこないました。1 等星や惑星などの明るい天体であれば十分に対応できそうでしたが、星雲や星団などの暗い天体についてはやはり対応が困難でした。本来なら案内できるはず天体が案内できなくなるというのは、当天文台の天体観望会の質を低下させ、また利用者の満足度を下げかねないと考え、当天文台では従来どおりのアイピースを使った天体観望会を実施することとしました。CMOS カメラを用いた電子観望会については、今後のイベントで大規模な天体観望会を開催する場合に対応できるようにしたいと考えております。



（図 2）

（3）アイピース他の消毒

利用者が安心してアイピースから天体をご覧いただくための対応策として、アイピースカバーの作成を検討しました。当天文台では紙コップではなく、ホテル清掃時に出てくるトイレトーパーの芯を利用することを検討しました。しかし、業務の合間に準備することが難しく、アイピースカバーの作成は断念、除菌可能なレンズクリーニングティッシュを購入しました。

アイピースの消毒は、利用者 1 組が見終わるごとにおこないます。脚立についてもアイピースと同様のタイミングでこまめに消毒をおこなうようにしています。また、観望会中に利用者が触れる箇所（脚立、鏡筒底部等）について

もアイピースと同様のタイミングで消毒をおこない、観望会終了後にはリモコンや壁、研修室内の椅子などすべての消毒作業をおこないます。

(4) 観望会回数

今までは当天文台の天体観望会の開催数は基本的に1日1回とし、1組が8名以上の団体利用である場合等は1日に2回実施をしていました。今回、開催の規模を縮小したことですぐに定員に達してしまい、ご希望に添えないケースが今まで以上に増えることから、常時1日2回実施することが可能か検討しました。マンパワーが不足している当天文台および当ホテルでは、1回目と2回目の合間に消毒作業をおこなうことができないため、「準星懂アテンダント」へ天体観望会のお手伝いを依頼することを一考しました。しかし、万が一、利用者がコロナウイルスに感染していた場合、高齢化が進む当地域へ感染が拡大するリスクが高くなってしまうと考え、ふるさと納税返礼プラン実施以外は1日1回限定の開催とすることにしました。

(5) 予約時の案内方法

天体観望会の予約申込があった際は、料金や集合時間、悪天候時の対応等について案内をしていました。新型コロナウイルス感染拡大を防止するため、これまでの案内事項にマスクの着用および手指消毒・検温のご協力、体調不良時の参加キャンセル、密にならないような誘導・案内をおこなうこと等を追加しました。また、国内で新型コロナウイルスの感染が拡大する前までは「じゃらん遊び・体験予約サイト」や幡多地域のアクティビティを予約することができる「はた旅」といったオンラインからの予約受付も実施していました。しかし、規模を縮小したことによりオーバーブッキングの発生リスクが高くなるため、当面の間はホテルへの

電話予約もしくは大手旅行代理店商品のみとしました。インターネット予約については、新型コロナウイルス感染状況を見ながら再開をする予定です。

2.2 SNSでの情報発信

2020年3月初旬から約3か月にわたる休館期間中、天体観望会を開催することができない代わりにSNS(Twitter、Facebook、Instagram)を使ってその時期に夜空の明るさを問わず見られる天体の紹介を始めました。動画の長さはTwitterの2分20秒を目安にし、当初は一眼レフカメラで撮影したものを編集後、投稿していました。天体観望会が再開した現在も、動画投稿できる際には撮影をおこなっており、太陽系天体や1等星に限らず星団等も紹介しています。また、一眼レフカメラではなくスマートフォンで撮影をおこない、リアルタイムの天文台付近の様子や天体の姿を発信できるように努めています。

また、日食や月食といった天文現象の観察イベントは、三密を避けるために開催しませんでした。その代替として、観察方法や観察時の注意をSNSで発信、2020年6月21日の部分日食の際は、事前にピンホール投映機の工作動画を作成し紹介しました(図3)。



(図3)

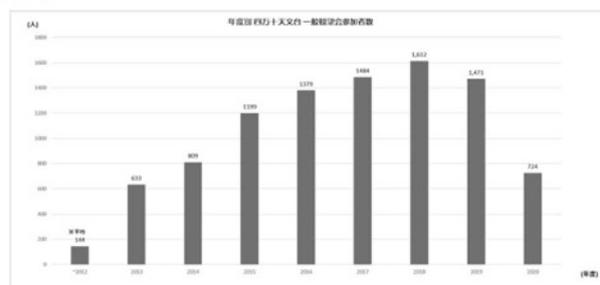
3 再開から現在までの状況、今後の課題

2020年度の天文台利用者数は、長期休館や悪天候による開催中止等の影響でリニューアル以降過去最低になるものと考えておりました。しかし、2020年7月下旬より実施されたGOTO トラベルキャンペーンによる旅行者の増加、また大手旅行代理店主催オンラインツアーでの天体観望会実施により、2019年度実績の約50%の減少で抑えられたものと考えています(図4)。それでも新型コロナウイルス感染拡大による影響はやはり大きく、特に年末年始や2021年初めの2度目の緊急事態宣言時に大幅な利用者の減少が見られました。2020年度はリニューアル以降初めて大晦日および元旦に天体観望会のご予約がなかった年度となりました。今年度の天体観望会については、引き続き規模を縮小した状態で開催することを予定しています。天文台でのイベントについては、国内の感染状況等を踏まえて実施したいと考えており、現在閑散期の天文台利用方法の1つとして女性向けの天体観望会イベント(1泊2日)の開催を検討しています。

オンラインでの天体観望会実施については、規模を縮小せずに開催できる反面、普段利用者の表情や反応を直に感じながら観望会をおこなっているためか、利用者全員の反応が分かりづらく若干の不安を感じてしまいました。これは経験不足によるものであり、事前準備を怠らず何度も繰り返し経験を積むしか方法はないと考えています。

新型コロナウイルス感染拡大以前からのことではありますが、当天文台では宿泊されずに天体観望会を予約した人の無連絡キャンセルが後を絶たないという問題を抱えています。利用者の受入枠数をやむを得ず縮小している今もなお、連絡なく開催時間になっても来館されないというケースが何度かありました。何か諸事情があつてのことだと思っはいますが、本

当に参加したいという想いでキャンセル待ちをしているお客様が利用できないということ を極力無くしていけるような対策を模索し、今後より良い運営に努めていきたいと思っています。



(図4)



四万十天文台 谷 沙希
(ホテル星羅四万十)
mail@shimantostar.com

コロナ禍における 栃木県子ども総合科学館での普及活動

齋藤泉（栃木県子ども総合科学館）

キーワード：コロナ禍、天文台、プラネタリウム

概要

新型コロナウイルス感染症が蔓延し、感染拡大防止のため休館を余儀なくされた施設も多いと思われる。特に夜間の活動が制限される中、3密をはじめ目の粘膜への感染を避けながら安全性を確保しつつ実施した普及活動を綴る。

1. はじめに

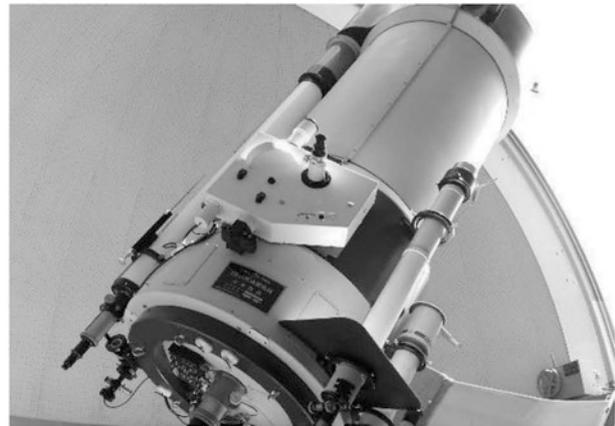
栃木県宇都宮市の郊外にある栃木県子ども総合科学館は、今年5月に開館33年を迎えた。



新型コロナウイルス感染症については、この原稿を書いている6月中旬の時点では、いまだに収束が見えない状況である。天文に関わる者として「コロナ」は、皆既日食などの際に見られる神秘的な太陽コロナとして非常に馴染みのある、言わば飯のタネの一つであるが、新型のコロナがこれほど甚大な影響を与えることになるとは、当初は全く予想できなかった。



当館は昨年（2020年）3月から休館となり、付属天文台も閉鎖することになった。なお、この休館のため、3月5日封切りのプラネタリウム新番組は5月19日まで待たなければならない状況となった。休館から部分的ではあるが再開し、現状に至るまでの概要を綴る。



2. 天文台に関わる普及活動

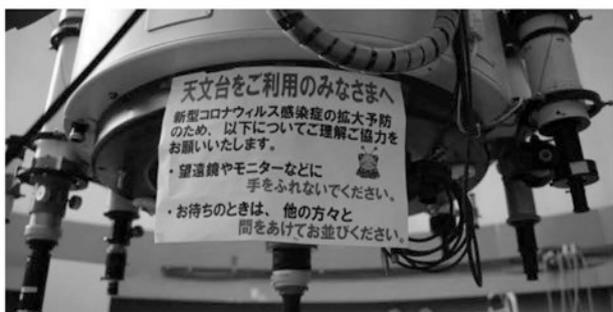
2.1 基本方針の転換

インターネットなどの普及により惑星探査機や大型天体望遠鏡など世界の最新機器を用いて、高精細な天体画像が迅速にしかも比較的手軽に見ることが可能な時代となっている。天文台で天体望遠鏡を使って、一人ひとり実際に天体を覗くという実体験を重視して観望会などを行ってきたが、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、夜の観望会は中止にせざるを得

なかった。そんな制限が課せられた状況では、できることから始めることにした。それが今までの実体験重視の方針と大きく異なっている、前に進むためには必要と考えた。

2.2 臨時天文台公開

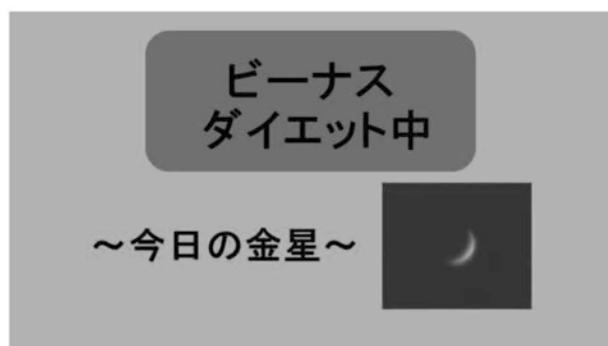
天文スタッフは通常プラネタリウムの投影を行っているが、月に2日程度、13時～15時まで天文台を見学するイベント（天文台公開）にて、夜間の利用が難しい方へ口径750mm反射望遠鏡や小口径望遠鏡を使った昼間の天体（太陽や金星など）をご覧いただいている。急遽プラネタリウムが休止となった3月中は、その時間を利用し、屋上の天文台での太陽像などの公開を行った。ただし、感染防止のため一人一人接眼鏡をとおして覗く、従来の実体験を重視するスタイルから、モニタ越しに見てもらう方法に変更して安全性を向上させた。



2.3 天文台から天体観望ライブ（動画配信）

(1) ビーナスダイエット

屋上の天文台には、直径6.5mのドームに口径750mmの反射望遠鏡が設置されており、十分なソーシャルディスタンスを確保するスペースは無い。ある金星の内合前に、日ごとに欠けてゆく金星を「ビーナスダイエット中」、内合後は中々天候に恵まれなかったが6月9日(火)にやっと、ダイエット後にありがちなリバウンドから名を取り「ビーナスリバウンド中」も配信した。



(2) ライブ観望会

従来の月に2回程度行っている観望会（星をみる会）に代わり、金星や月の表面を紹介する「星をみる会 ライブ中継」も無観客で19時から実施した。



また、太陽のプロミネンスなどについても「Web版天文台公開」として月に2回程度14時からライブ配信した。これらの動画は、2021年5月末日までに約5900回視聴していただいた。



2.4 Web版プラネタリウム（動画配信）

プラネタリウムが中止となっている期間は、来館者に見ていただくことはできないので、代替りの措置として、Web配信を行うことにした。

当館のプラネタリウムは、直径20mのドーム

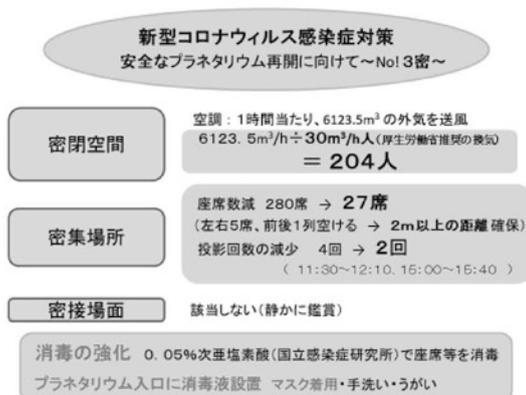
に約1万2千個の恒星をはじめ、惑星・月などを映し出すことができる。明るすぎない自然な輝きだが、プラネタリウム内からライブで恒星を配信できるほどの輝度や機材は揃っていない。そのため静止画をプレゼンテーションソフトで動画化した。

5月の星空を紹介する「春の星空を見よう！」をはじめ「なつのほしと たなばたのおはなし」など、当館のホームページから動画配信サイトにリンクを貼り視聴できるようにした。動画の制作の経験や知識・技術は乏しかったが、試行錯誤を繰り返しながら作品へと仕上げていった。



3. プラネタリウムの再開を目指して

休館中は、不要不急の外出を避け、在宅勤務も導入しながら、再開に向けて検討が続いた。なお、議論の余地が無いように、一番安全性が高いと思われる国の指標を採用しながらその仕様を詰めた。



これは、3密と捉えられがちなプラネタリウムの印象を払拭するための資料で、長い文章を

なるべく避け、直感的にわかるように簡潔にまとめた。

3.1.3 密を避けるための条件(根拠)

(1) 密閉空間「換気が悪い密閉空間を改善するための換気方法」

厚生労働省が令和2年4月3日に発表した「換気の悪い密閉空間を改善するための換気方法」によると、ビル管理法(建築物における衛生的環境の確保に関する法律)における空気環境の調整に関する基準に適合していれば、必要換気量(一人あたり毎時 30m³)を満たすことが分かった。

<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf>

(2) 密集場所「2m以上の間隔」

密集を避けるために、厚生労働省の新型コロナウイルスの感染が疑われる人がいる場合についての対応「少なくとも2m以上の距離を保つこと」を採用した。

https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/newpage_00009.html

(3) 密接場面「静かに鑑賞」

密接に対しては、プラネタリウムは静かに鑑賞することが前提となっている。開始前のアナウンスでも「ほかのお客様の鑑賞の妨げとなる声や音及び光を出さないように」呼びかけている。

(4) 消毒の強化

消毒については、国立感染症研究所の国立国際医療研究センター・国際感染症センターから2020年4月7日に出された「新型コロナウイルス感染症に対する感染管理」の「アルコールあるいは0.05%の次亜塩素酸ナトリウムによる清拭」を参考にした。

<https://www.niid.go.jp/niid/images/epi/corona/2019nCoV-01-200407.pdf>

さらにプラネタリウム入口に消毒液を設置して手指消毒を呼びかけ、2歳からのマスク着

用もお願いした。

4. プラネタリウム再開（定員 27 名/1 日 2 回）

こうして、3 密を避けながら消毒強化など安全性を高めることにより、プラネタリウムの投影が 5 月 19 日から再開した。なお、感染者との接触を考慮した 2 m 以上間隔を開けるため定員を 280 名から 27 名へと縮小し、椅子の背もたれ・ひじ掛け及び座面の消毒時間を確保し、一日 2 回のみ投影からスタートした。

7 月 1 日からは全国的な規制緩和に伴い、新しい生活様式も参考にしながら、一日 4 回・定員 78 名に増やした。なお、前後一列ずつ空けながら左右も一席ずつ空けることにより約 4 分の 1 に減らし、消毒回数を抑える工夫も行っている。

直径 20m ドームを職員一人で誘導するため、使用できない椅子をわかりやすく表示する必要があったが、図のような A4 サイズの表示を



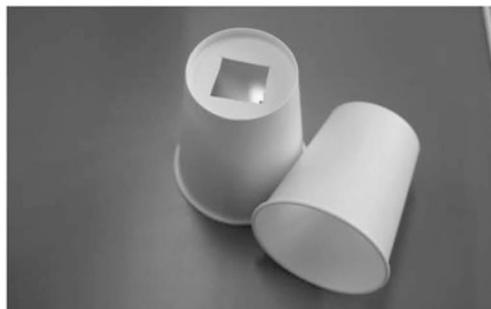
下げただけでは効果がほとんどなく、薄暗い中でもインパクトがあるよう赤色のバツ印を加筆したが、これもほとんど効果がなかった。そこで見栄えは捨て、写真のように標識ロープ（トラロープ）も背もたれ付近に引っ掛け使用禁止を強調することにした。ロープを引っ張って遊ぶ子供が出るとの予想は当たらなかった。入り口付近で「ロープのかかっている席をご利用ください。」と声掛けするだけで、間違える子供もほとんどいなくなった。子供を追いかける必要も無くなり、このトラロープが神の紐にも思えた。

他にも職員のマスク着用のほか、受付に飛沫等防止のため透明仕切り（ビニールカーテン）

を設け、手袋やフェイスシールド着用などの安全対策も行っている。

5. 観望会（星をみる会）の再開

夜間の 20 時までの外出制限が緩和された折に、11 月から観望会を再開した。通常は予約なし、19 時集合で約 2 時間開催しているが、密集を避けるため、**完全事前予約で定員 10 名**までとした。なお、暗い中で接眼鏡をこまめに消毒することは難しいので、JAPOS メーリングリストのさじアストロパークの情報を参考にしながら、紙コップの底をくり抜き、透明のプラバンを接着剤で貼り付けたもの（下画像）ごしに望遠鏡を覗く方法を採用した。お子さんの場合、紙コップと接眼鏡の光軸を合わせるのが難しいこともあるようで、天体を探せずに戸惑う場面では調整の補助を行った。



6. おわりに

2021 年 6 月現在、ワクチンの接種が始まっているが、感染力が強いとされる変異株に置き換わろうとしており、地域差があるが、まだまだ予断を許さない状況が続いている。

新型コロナが収束し、公開天文台が以前のように活用されることを願っている。



栃木県子ども総合科学館 齋藤泉

saitoi@tmf.or.jp

第3世代型天体観察会体験者に対する質問調査

- テキストマイニングを用いた分析から -

武藤 祐子 (南阿蘇ルナ天文台)

キーワード：第3世代型 天体観察会 質問調査 テキストマイニング

概要

JAPOS では、天体観察会の解説技術の向上や次世代型公開天文台の在り方が検討され、その実践が期待されている。本件は、世代型の一手法である第3世代型天体観察会を実践する南阿蘇ルナ天文台の滞在型「星空体験ツアー」の参加者に対する質問調査について、テキストマイニング法を使用した可視化と分析を行った。その結果、各世代型の語句に一定の出現パターンを見出すことに成功し、世代の定義に即した世代型天体観察会の有効性が示された。

1. はじめに

2012年に発足したJAPOSの「公開プログラムワーキンググループ」は、天体観察会の解説技術の明確化と解説技術の向上を目指し、活動を続けてきた¹⁾。また2018年には、加速する情報社会に沿うべく「次世代型公開天文台検討ワーキンググループ」が立ち上り、公開天文台と天体観察会の今後の在り方、博物館学の世代型手法²⁾を用いた論法等、時代に合う学びの質・方法の検討が進められている。

この2つのワーキンググループの中核的人物である宮本が代表を務める『南阿蘇ルナ天文台』は、2019年4月より、世代型手法のひとつである第3世代型天体観察会の実践として、滞在型「星空体験ツアー」をスタートさせた。筆者は、2019年大会にて、第3世代型のモデル図に南阿蘇ルナ天文台の「星空体験ツアー」のプログラムをプロットした展開モデルを作成・分析を行うとともに、観察会参加者の声を質問紙調査によって収集し、その評価結果を報告した³⁾。本発表では、前回の結果を元に、テキストマイニング法を使用した自由記述データの可視化と分析による調査結

果の報告と共に、コロナ禍での天体観察会の実践と第4世代型天体観察会について触れる。

1.1 調査対象となる天体観察会の選定

本調査において、熊本県南阿蘇にある「南阿蘇ルナ天文台」の天体観察会を対象事例に選んだ理由は大きく分けて2つある。まず。本件は「世代型天体観察会」という概念を通して成果検証を行うことが目的であり、当台が世代型に則した天体観察を実施しているためである。そして、当台が宿泊施設を併設しているため、観察会後にアンケートの配布を、チェックアウト時に回収が可能であり、更に、滞在中の参加者の意識や行動変化を観察することにも適していると考えられるからである。



Fig1.南阿蘇ルナ天文台 (外観)

2. 第3世代型天体観察会「星空体験ツアー」

「星空体験ツアー」は、最大15名の参加

者に対して、1名の解説員＝星のコンシェルジュ®が天文解説を担当する約100分間のプレミアム・ツアーである。ツアーは原則として毎晩開催され、当台の敷地内にあるプラネカフェ、4Kプラネタリウム、天文台（望遠鏡）、天文台（α-Luna）、星見ヶ原の5か所を巡る。



Fig2.「星空体験ツアー」の5つのフィールド

星のコンシェルジュ®は、自身のナラティブ（＝自分物語）に関する物語（天文に興味を持ったきっかけなど）を話すなど、第3世代型天体観察会（解説者と参加者たちは、ともに学ぶ仲間として観察会という「場」＝フォーラムを創る）を意識して観察会を実施した。

3. 調査方法

(1) 質問紙の配布調査

調査期間は、2019年8月17日から2021年1月11日の309日間（観察会実施日）とし、調査対象者は宿泊者で、一客室を1カウントとした。質問調査は、第3世代型観察会に参加した次の朝の朝食時に、回答任意の自由記述式の質問紙の配布を行い、チェックアウトまでに回収をした。回答者の年代と性別の他、第1世代型から第3世代型に沿った以下の4つの質問を設定した。

Q1／第1世代型（資料陳列型）

星空について、どんなことを覚えましたか？

Q2／第2世代型（テーマ展示型）

星空について、どんなことが分かりましたか？

Q3／第2.5世代型（発見学習型）

今回の星空体験は、あなたにとってどんな発見や驚きがありましたか？

Q4／第3世代型（創発フォーラム型）

今回の星空体験は、今後のあなたの生活にどのような影響を与えますか？

(2) テキストマイニング分析

質問紙で得た天体観察会参加者の回答は、テキストデータに起こし、テキストマイニング分析を行った。テキストマイニングとは、膨大なテキスト（文書）情報の中から有用な情報を掘り出す（マイニング）ことで、定型化されていないテキストデータを、一定のルールに従って定型化・整理し、データマイニングの手法を用いながら定量分析を行う手法である。本件の分析には、樋口（2004）の計量テキスト分析 KHcoder を使用し、助詞・助動詞を覗いた語句を対象語句として、複数語の検出には Term Extract を利用した。次に、テキストマイニング分析で抽出された単語に対して、共起ネットワーク分析を行った。共起ネットワーク分析とは出現パターンの似通った単語を線で結んだネットワークを示すものである。本件では、共起ネットワーク分析によって可視化したデータを元に、各々の世代型の特徴と出現語句の傾向を考察した。

4. 結果と考察

(1) 質問紙の配布調査

有効回答数は1,196枚（ $n=1,196$ ）、回答率は58.9%であった。この回答率は、100%（全宿泊2,362組）-5%（団体率）-9%（不参加+未配布率）=2,031組から算出した。回答任意の中、回収率はまずまずの結果だった。

(2) テキストマイニング分析

テキストマイニング法により抽出された単語に共起ネットワーク分析を行ない検出された各問の分析図と特徴的な語句を以下に示す。

第1世代型相当のQ1「星空についてどんなことを覚えましたか」の質問に対する共起ネットワーク分析図（Fig.3）では、参加者が「夏の大三角形」が「ベガ」「アルタイル」

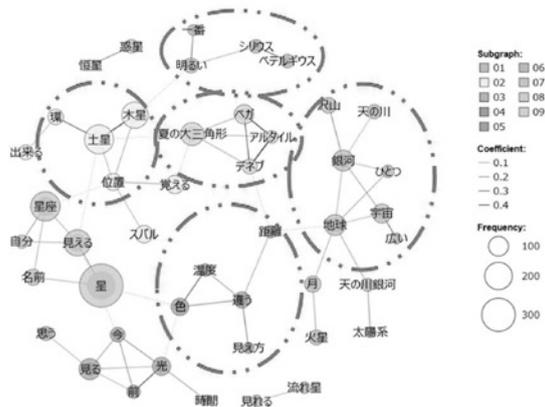


Fig3. Q1 / 第1世代型分析図

「デネブ」であること、「土星」「木星」のこと、「シリウス」「ベテルギウス」が「明るい」こと、「星」は「距離」や「温度」によって「見え方」「色」が「違う」こと、「星」の「名前」や「自分」の「星座」について知識として覚えたことが分かる。

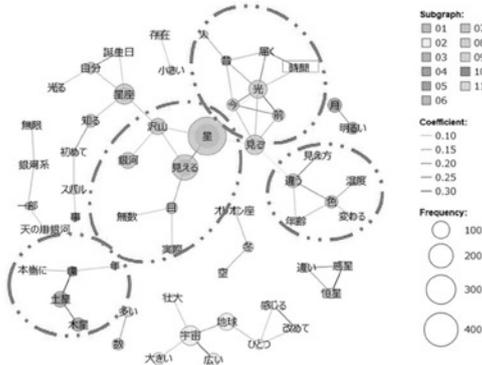


Fig4. Q2 / 第2世代型分析図

第2世代型相当のQ2の分布図 (Fig.4) においても、第1世代型と同様に、分析データの語句に天体の名詞が数多く挙がっていたが、「今」「見ている」「星」は「前」「昔」の「光」を「見る」、「月」が「明るい」と「星」は「見えない」など、[具体的な文脈]が増加していること、また、参加者は天体名だけでなく、天体の事象などを理解したことを分析図から読み取ることができる。

第2.5世代型相当のQ3の分布図 (Fig.5) では、「天体望遠鏡」で「初めて」「自分」の「目」で「見て」「感動した」、「土星の環」が「見えた」、などの語句が増え、「今

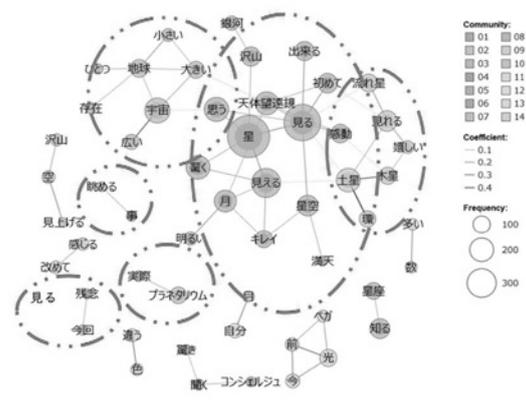


Fig5. Q3 / 第2.5世代型分析図

回は「残念」という、悪天候で星が見えなかったことなど、[天体観察会での実体験]に対する語句が中心となっていた。

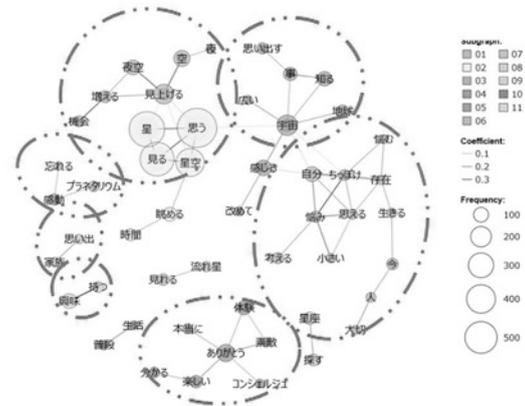


Fig6. Q4 / 第3世代型分析図

そして第3世代型相当のQ4「今回の星空体験は、今後のあなたの生活にどのような影響を与えますか」の分析図 (Fig.6) では、「これからも」「夜空」を「見上げる」「機会」が「増える」と思う、「自分」の「存在」や「悩み」は「ちっぽけ」だと感じたなど、Q1からQ3で多く見られた[視覚]に関する語句よりも、[行動][感覚][心理]に関する語句が出現し、他にも「星のコンシェルジュ」「ありがとう」など、解説員との[交流]に関する語句が出現していた。

このように、各世代に則した設問に対する共起ネットワーク分析の成果として、質的データの可視化を実現することができた。

4.3 コロナ禍における第3世代型天体観察会と第4世代型天体観察会

2019年12月、中国武漢市の原因不明の集団肺炎の発生から始まり、世界的な大流行に至っている新型コロナウイルス感染症禍において、「星空体験ツアー」は3密を避けつつ、新型コロナウイルス発生前と変わらない満足度を両立できるように工夫を凝らし、ツアーを継続している。さらに、1996年の開台以来、オンラインの天文体験に取り組んできた経験を活かし、現在では週1、2回ほど、世界各地の参加者がネットを通してツアーに訪れることが可能になり、新しい生活様式が広まる中、「時空を越えて、星空を楽しむ」体験が実施されている。



Fig 7. 感染対策ツアーと第4世代型天体観察会の様子

5 まとめ

本件では、第3世代型天体観察会を実践する南阿蘇ルナ天文台の滞在型「星空体験ツアー」の参加者に対する質問調査について、テキストマイニング法を使用した可視化と分析を行った。その結果、各世代型の語句に以下のような特徴があった。

○第1世代型（資料陳列型）

天体名や星座名など名詞が多い。参加者が“知識”を得たこと読み取れる。

○第2世代型（テーマ展示型）

第1世代型と同様、天体の名詞が数多く挙がっている。他にも具体的な文脈が増加し、天体の事象などを理解したことが読み取れる。

○第2.5世代型（発見学習型）

天体観察会での実体験に対する語句が中心になっている。

○第3世代型（創発フォーラム型）

第1～2.5世代に多く見られた“視覚”に関する語句より、「行動」「感覚」「心理」に関する

語句や解説員との“交流”に関する語句の出現。

また、本調査を通して下記のような課題も見えてきた。

- ①結果に曖昧さがある設問（特にQ2）の改善
- ②本実験区の結果を推し量る基準となる対照（コントロール）実験の実施
- ③解説員側の調査（観察会日誌を基として）
- ④属性（年齢・性別）別の分析
- ⑤3つのナラティブの出会いの調査
 - 1) 参加者のナラティブ
 - 2) 解説員のナラティブ
 - 3) 天文台（宿）のナラティブ

⑥第4世代型天体観察会の調査方法の構築

第3世代型天体観察会実践の検証において、上記の改善は必須であり、トライ&エラーを繰り返しながら、今後も本調査を継続していきたいと考えている。しかしながら、本調査では各世代型の語句に出現パターンを見出すことに成功し、世代の定義に即した世代型天体観察会の有効性が示された。

参考文献

- 1) 宮本孝志、「公開天文台における天体解説技術の世代進化とは-時代と共に変わる公開天文台の存在意義とその使命-」、JAPOS 第7回全国研修、2019
- 2) 伊藤寿朗、「市民の中の博物館」、吉川弘文館、1993
- 3) 武藤祐子、「第3世代型天体観察会についての考察1」、JAPOS 第15回全国大会、2019
- 4) 樋口耕一「社会調査のための計量テキスト分析」、ナカニシヤ出版、2014



南阿蘇ルナ天文台 武藤 祐子

mutou@luna.jp.net

次世代型天文台の基本的なシステムと応用の例

長井知幸（次世代型公開天文台検討 WG、南阿蘇ルナ天文台）

キーワード：次世代型公開天文台、配信機器、ライブ配信、天体画像撮影、ロボット望遠鏡、配信プラットフォーム

概要

日本の公開天文台はアナログ技術が発展中の 20 世紀初頭に始まり、第 1 世代から第 3 代代的な観望会を現地に集まった参加者に提供することを主な業務の 1 つとしてきた。昨今はデジタルな基礎技術と文化の発展により、利用者と天文台の関係は変化しつつある。本稿では、そういった背景を踏まえ、第 4 世代とも言える「次世代型公開天文台」で利用しやすい動画配信システムの構成などを考察し、また実用例をいくつかご紹介する。

1. はじめに

本稿では、高速通信技術とインターネットの普及が進んでいる現代における「次世代型公開天文台」の一助となるような動画配信等のシステム構成と応用の例をご紹介します。

日本の公開天文台の起源はアナログ技術社会であった 20 世紀の初頭東京帝国大学附属東京天文台や倉敷天文台に端を発する。時は流れ 1990 年代の後半には計算機技術や暗号技術、そして半導体技術の急激な成長とともにインターネットが登場した。そして 2000 年代に入ると急速に通信技術が向上し、パーソナルコンピュータ（以下本稿ではデスクトップ型やノート型パソコンなどを総称して「PC」と呼ぶことにする）や、特にスマートフォンなどの小型端末の普及によって簡単に世界が繋がれる時代となった。文化的にも誰もが多くの時間をネットに費やすことに対して違和感がない状態になった。それに伴い、公開天文台のあり方や情報発信の方法も、現地のお客様だけを対象とするものでなく、時間と空間を超えた広がりを持った場も想定して変化し始めている。

2. インターネットを想定した観望会の拡張

次世代型公開天文台としての情報発信、特

に観望会の動画配信においては「体験」を一方的な情報の押しつけではない形で成立させる必要がある。また、参加者にその場限りの体験をお届けして終わりではなく、長期に渡って星空・宇宙をキーワードにした生活や活動を支援して行けるのが天文台の理想であろう。故に、ここで紹介する配信システムは多少複雑になり、さらにユーザー情報等のデジタル化も含めた考え方を含む。

以下では、比較的安価に、そして入手が簡単な機器を使った基本的な配信のシステムを考える。これが正解ということではないが、一つの参考としていただければ幸いである。

2.1 構成

視聴者の端末はスマートフォンや PC を想定する。ここでは配信用の PC を中心にした一般的なシステム構成を考える。配信用 PC の代わりにハードウェアエンコーダーを利用する構成も可能だが、本稿ではより入門編という意味で PC を主体にした構成を考えることにする。その構成は（信号の伝播の順に）主に、

- ① 入力：カメラやマイク、別の PC など
- ② 複数入力を取りまとめる機器
- ③ 適宜選択された動画等をエンコードする機器とソフトウェア（PC を想定）

- ④ 視聴者と情報を共有する配信サーバ
といった要素で構成される。それでは各要素
を見てみる (図1)。

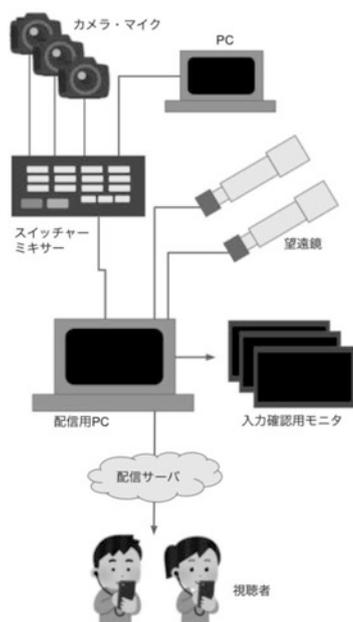


図1. 配信のシステムの構成の例

2.2 カメラ及びマイクなどの入力

次世代配信の入力機器として多くの場合は複数のカメラが必要となる。例えば複数の望遠鏡 (CMOS カメラなど) であったり、天体以外にも、配信者自体や現地にいるお客様なども観望会の「体験」を共有するための重要な要素となるため、それらを捉えるカメラとマイクのセットも効果的である。また、他の入力 (例: キャプションやバーチャルキャラクター等) を別の PC から配信用 PC へ入力することもある。

2.3 入力情報を取りまとめる

(1) スイッチャー及びミキサー

次に、複数のカメラやマイクから画像と音声が入力され時に、適宜入力を切り替えて実際の配信に適した動画と音声を切り出して配信することが必要になる。

入力の数がごく限られている場合は単に複

数個の入力を受け入れることができる USB ポートの増設などを施した配信用 PC で十分な場合もあるが、多数の入力をまとめ、任意に切り替えたい場合は「スイッチャー」もしくは、多数の入力を受け、効果を入れながら切り替えやミックスをすることができる「ミキサー」といった機器が有用である。また、カメラ自体の遠隔コントロールを同じ配信用 PC 上で行いたい場合はスイッチャーを通さず PC の入力インターフェースへ直接接続する必要がある場合もあるだろう。

(2) スクリーンレコーダー

単一の入力をそのまま編集もなくただライブ配信をする場合などには特に必要ないが、上に述べたようにより効果的な観望会として複数の入力を駆使したい場合、それを一旦配信用 PC 上にまとめ確認しながらソフトウェア上で適宜画面を切り出して配信することが必要になる。「スクリーンレコーダー」というソフトウェアの導入でこの課題は解決できる。よく使われるものに無料の Open Broadcasting Software (OBS Studio) やその他類似のソフトウェアが存在する。これらのソフトは画像の抽出、ミックスなどが適宜行え、その上で最終的に出力される動画のデータ形式を配信に適したデータ形式へと自動的にエンコードする。配信用 PC には複数または大型のモニターを接続して複数の入力画面一度に監視すると画面のスイッチングが容易に行える。

2.4 配信プラットフォーム (サーバなど)

(1) 配信サーバの選択肢

完成した動画を視聴者に届けるには、視聴者がスマートフォンや PC で接続 (視聴) に行くサーバが必要になる。この自力開発はかなり難易度が高いため本稿では議論をしない。この機能は最近では既存のオンラインサ

ービスで代替可能である。具体的には、インスタグラム、フェイスブックや YouTube といった既存のプラットフォームを利用することである。各サービスはライブ配信の機能も提供しており、先に述べた OBS Studio などのソフトウェアは非常に簡単に上記のプラットフォームに配信できる仕組みになっている。

(2) 既存プラットフォーム利用の利点と難点

この方法の利点は無料であるということに加えて、チャット機能などを利用してユーザーからの即時的な反応を得られる点大きい。これは配信者と観客がつながり、距離を超えて1つの観望会を作り上げている雰囲気貢献する。また、これらのプラットフォームは既に認知度が高いために情報発信を広範囲に行える。また視聴数の確認機能などもあるため、配信後の分析もしやすくなっている。

一方、難点の1つは、利用者情報を得ることが困難という点であろう。公開天文台としてお客様に長く繰り返しサービスを利用させていただくために独自で利用者の情報を管理することが望ましいが、上記の方法では利用者の個人情報はすべてプラットフォーム側に属し、自前の情報管理が困難になる。

3. 望遠鏡へのリモートアクセス

次に、配信以外の次世代サービスとして、望遠鏡や、蓄積された資料などへのオンラインアクセス等について考える。

3.1 望遠鏡の遠隔操作

遠隔より天文台などの望遠鏡へアクセスすることは望遠鏡の導入コントローラが PC 上にある、もしくは PC から操作できる仕組みである場合、その PC への遠隔アクセスを達成できれば可能である。しかし望遠鏡コントローラ PC へのアクセスを広く公開することはセキ

ュリティー面で問題があるため、途中で安全を確保できるシステムを付加するなどしてアクセスを管理・制限する必要が生じる。

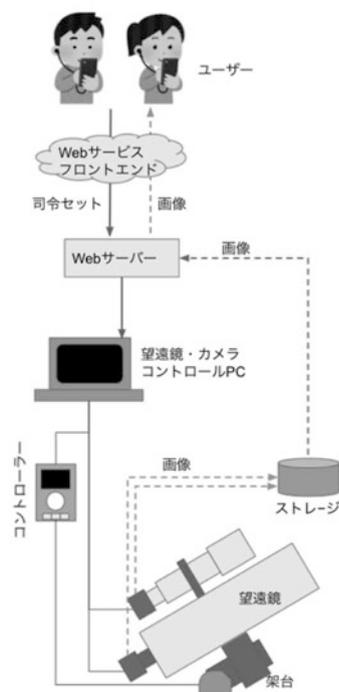


図2. ロボット望遠鏡システムの例

3.2 ロボット望遠鏡

利用者に対して遠隔からの望遠鏡の直接操作を許容すると、利用者は専門的な設定や操作等を行うことになるが、直接的な操作ではなく、例えばその日観ることができる天体を選ぶだけに留めたようなサービスで、その他の細かな設定等はシステムが自動的に判断して望遠鏡自体を自動的に運用するようなものにすれば「ロボット望遠鏡」ということになる。一つの例を図2に示す。これはウェブ上に公開されたサービスから天体や基本的な撮影用の設定値などを指定できる仕組みで、サーバが一旦情報を取りまとめそれを望遠鏡コントロール用 PC に取り込む仕組みである。

このシステムと2章で説明した配信システムを組み合わせれば、遠隔の望遠鏡を使って動画の配信も可能になる。また、この遠隔システムはインターネット上で繋がっていれば機能するので、世界各地に設置された望遠鏡

でも接続が可能になる。

3.3 豊富なデジタル資料へのアクセス

資料の展示として画像などをインターネット上に公開することは昨今珍しくなくなったが、高速通信が可能となった現在、より高精細な画像の共有が可能になった。天文台所蔵の多数の星空画像から利用者が自ら超新星を探索したり、変光星の光度曲線の追跡など学術的活動の機会提供も可能になるだろう。

このように、通信技術や端末の発達は場所や時間の概念を超えた次世代型の公開天文台のあり方に大きな可能性をもたらす。

4. 次世代型天文台の例

では、次世代型公開天文台に類似するような例を以下にいくつか紹介する。

4.1 南阿蘇ルナ天文台の例

南阿蘇ルナ天文台ではこれまで述べたような配信システムを以前より徐々に構築してきた。現在はロボット望遠鏡の開発を進めている。構築した配信システムを利用して、福岡市科学館のプラネタリウムとのコラボレーション企画をここ2年実施し好評を得ている。

また、会員制の動画視聴プラットフォームを独自に開発し利用者とのつながりを中長期的に維持できる仕組みを作った。この開発では、昨今では当たり前になりつつあるオープンソースや SaaS（サース）の顧客管理システムなどを利用し、資金規模的にも開発期間的にも従来型のゼロからの自力開発と比較して大幅に抑えられている。

4.2 世界の例

イギリスの The Open University（参照①）は同大学が所有する望遠鏡を遠隔から使用して学べる天文学の基礎コースなどを提供して

いる。ユーザーは其中で遠隔アクセスした望遠鏡を使って天体写真を撮影することも可能になっている。望遠鏡システムはカナリア諸島のテネリフェ島に設置されている。

また、「slooh.com」（参照②）もオンラインで操作できるロボット望遠鏡を軸としたサービスを提供するもので、同じくテネリフェ島に設置された望遠鏡を遠隔操作できるサービスを提供している。また南米チリに新たな望遠鏡を設置してサービスを拡張している。YouTube などで特別な天体現象の機会にライブ配信を行うなどしてマーケットの拡大を試みている。両サービスとも一部会員制の仕組みで会員情報取得に努めている。

さて、海外ではこれに類するような例は見受けられるが、多くが一方向的に知識を伝授しようとする第1から第2世代型のサービスが主になっているようだ。観客を巻き込み双方向で情報のやり取りが行われるような、第3世代の観望会を拡張したような方法論を展開している例は現時点では極めて稀である。一方、JAPOS では、以前より新たな世代の天文台のあり方を模索し、今後も「次世代型公開天文台」の可能性を追求してゆく。結果、世界でも類を見ない高度なサービスが可能になり、世界の天文文化の裾野を広げ、牽引することができる日が近い将来やってくることを筆者は確信している。

6. 参照、およびリンク

- ① <https://www.telescope.org/>
- ② <https://slooh.com/guestDashboard>



南阿蘇ルナ天文台（次世代型公開天文台 WG） 長井知幸
nagai@luna.jp.net

第8回 J APOS 全国研修会 & ASC-Lab 立上げのご報告

事例と検証：サイエンスコミュニケーションとしての天体観察会

宮本孝志 [公開プログラムワーキンググループ (南阿蘇ルナ天文台)]

キーワード：研修会、実証研究、実践研究、量的研究、質的研究、混合法、エスノグラフィ

概要

第8回 JAPOS 全国研修会が、2020年1月27日～29日、国立科学博物館とギャラクシティを会場に参加者26名で行われた。これまで実践活動を理論化し検証し共有知にする研修会を継続してきたが、今回は、実践活動で得られた理論を実証し、さらに現場での実践に回帰して円環を完結することを目指し、量的研究に加えて質的研究や混合研究、セルフエスノグラフィーなどの手法を導入し、専用の ASC-Lab ソフトを開発運用してその有効性を示した。



1. はじめに

本発表では、1)この研修会のねらい、2)実際の実施方法、3)結果と考察、4)今後について、以上の報告を行う。

2. 今回の研修会のねらい

2.1 SC 研究の方向性

小川義和 (サイエンスコミュニケーション 2019No.2) によれば、サイエンスコミュニケーション (以下 SC) 研究では、SC 活動を“理論化・体系化、応用、実践し、さらに修正・確立していく循環”が必要である。SC は実践と理論の相互作用によって創造され共有される。実践の理論化と理論の実践化が重要である (Fig. 1)。

A. 演繹的に理論化し実践し検証する実証研究

⇔ 多様な実践活動から共通性を見出すこ

とができるのか？

B. 実践活動から帰納的に理論や考え方を導出する実践研究

⇔ 理論化するための客観的な積み上げができるか？

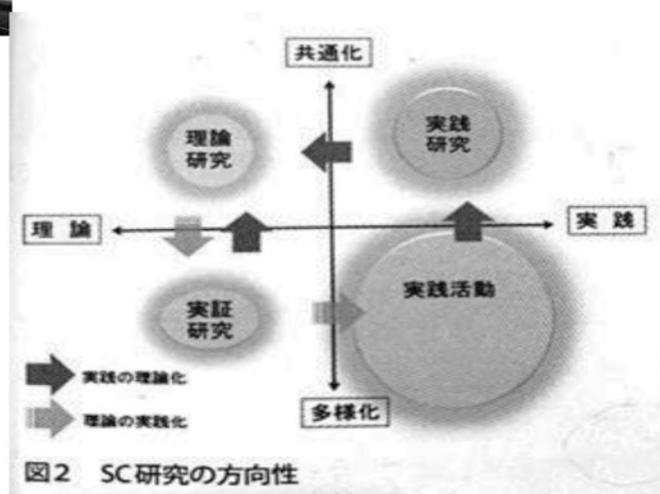


Fig.1 SC 研究の方向性 2019 小川

2.2 前回第7回研修会の研究の方向性

前年 2019 年に行われた第7回 JAPOS 研修会「理論と実践」では、主に 2) 実践研究→3) 理論研究を内容として行われた。

実際に現場で行われて来たさまざまなメソ

ッド・ノウハウ・知識を、ワークショップの中で順次行って体験し整理してみることによって、それらがより大きな枠組や理論に帰納的に理論化・体系化される事に気が付き、参加者全員で共有知とすることを目的とした (Fig.2)。

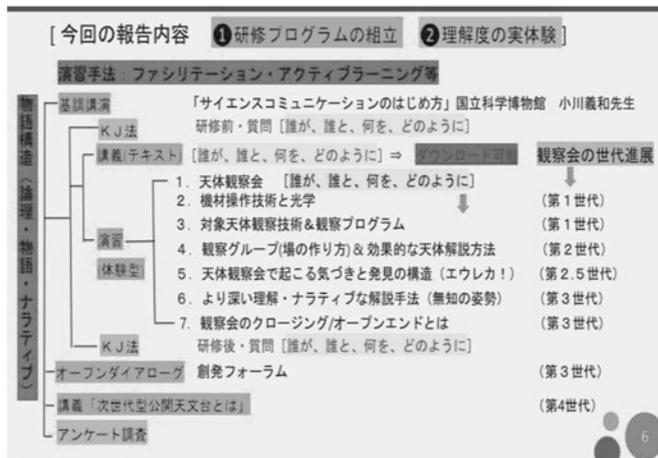


Fig.2 前回第7回全国研修会の構造

2.3 今回第8回研修会の研究の方向性

この成果を踏まえてJAPOS第8回研修会「事例と検証」では、4) 実証研究→1) 実践活動の実行を目標とした。

- 1) 《事例収集》参加者のこれまでのさまざまな実践(うまくいった・うまくいかなかった・課題や悩みのある)事例を、持ち寄る。
- 2) 《知識・技術・ノウハウ共有》それらの事例を天体観察会の構造に照らして検証する。
- 3) 《演習》各自の現場での導入実践を想定して、グループ演習を行う。
- 4) 《コミュニティ》当日研修会に参加できなかった方たちも、研修会後にウェブ上のコミュニティで一緒に実践事例の共有やコメントの交換を行う。
- 5) 《実践・検証・応用》これらによって、天体解説技術理論を実際の現場での《実践・検証・応用》へとつないでいく

また、小川義和(サイエンスコミュニケーション 2019No.2)によれば、一つひとつの実践

活動をオートエスノグラフィーの手法を用いて記録し、集積していくことも重要であり、これらの質的研究を証拠として集積し、俯瞰して、体系化する研究方法が考えられる。

2.4 今回第8回研修会の研究実施手法

そこで、現場個別事例の調査と分析を、質的アプローチと量的アプローチの両面から行い、実際のサイエンスコミュニケーションの現場で役に立つ実践知を得ることを目指す(Fig.3)。

- ①実践活動：総体としての現場・事例(ナラティブ・物語・)
- ②概念化(観察・データ収集)：質的(エスノグラフィーレポート)、量的(分類と要素還元)
- ③モデル形成：質的(概念と概念の関連)、量的(分析と理論化)
- ④実証：質的・量的な両面のそれぞれの可視化による実践検証

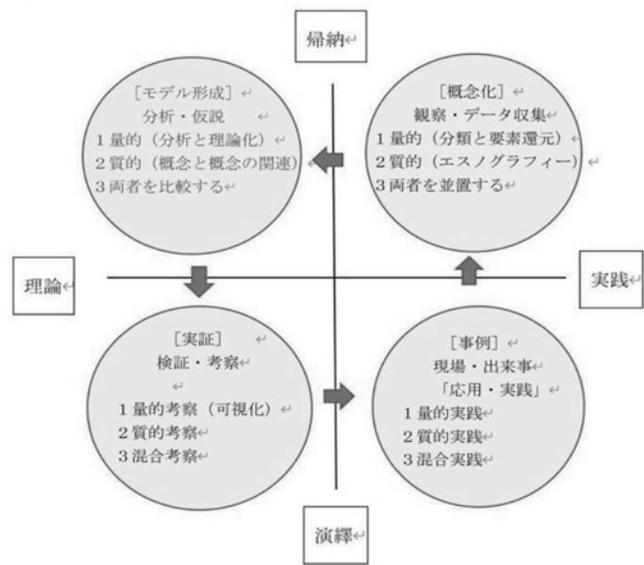


Fig.3 量的・質的な調査研究法と混合法

3. 実際の実施方法について

3.1 全体の実施方法

以上により、第8回研修会は下図の構造で行った (Fig.4)。

また、前回同様、全体を物語構造とし、ファ

シリテーションの手法を用いてグループワークによるワークショップとして実施した。

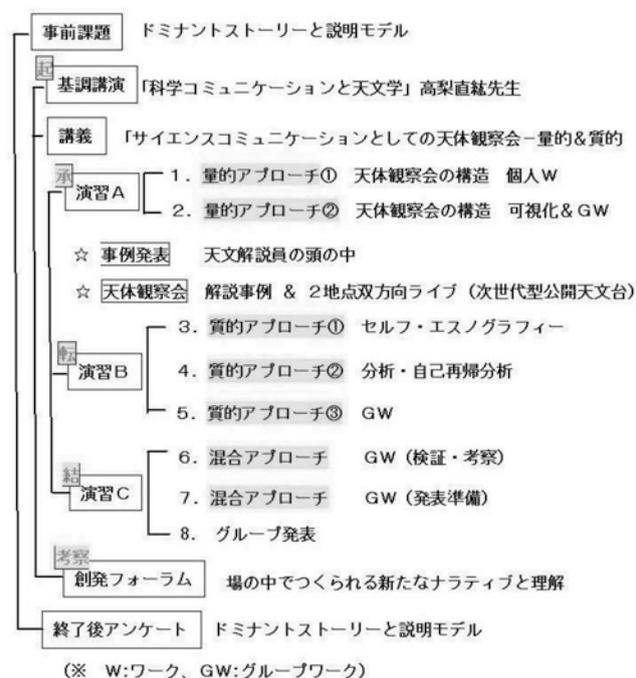


Fig.4 第8回全国研修会の構造

3.2 基調講演

講師の高梨直紘先生ご自身の長年の天体観望会実施経験から、科学コミュニケーションを語っていただきました。特に日本における天文普及活動の、世界的に見ても類のない実績を評価し、これからのその在り方について大きな希望と可能性を語っていただき、聞き入る参加者の胸に熱い火を灯していただきました。

3.3 ワークショップの構造と手法

今回は「事例と検証：サイエンスコミュニケーションとしての天体観察会」と題して、研修会でのワークを現場での〈実践知〉へとつなげることができるかということがテーマとなった。

1) そこで3日間のワークショップのセッションを、天体観察会をめぐる4つの循環のステージに分けた。

①実践現場 ②調査 ③理論化 ④検証 そして再び①実践現場へ

2) その循環を、以下の3つのアプローチで3回繰り返した。

a) 量的アプローチ、b) 質的アプローチ、c) 混合アプローチ

3) 二重の問題意識がベースにあった。

ア) 実践記録からの理論体系化ができるのか

イ) それを実際の現場で実践・検証できるのか

4) 3つのアプローチ
・「量的アプローチ」とは、データを要素に分け、数値化できる情報として分析する手法で、実証的な自然科学の基礎をなしている。

・「質的アプローチ」とは、一回きりの出来事をまるのままとらえるための手法で、文化人類学から発展したエスノグラフィーが代表的な例である。今回は特に、自分自身に起こった事を事例報告する「セルフエスノグラフィー」の手法を用いた。

・「混合アプローチ」とは、量と質の両方のアプローチを併せて分析する手法だ。

3.4 ASC-Lab

天文系サイエンスコミュニケーション研究会
このために今回、参加者どうしでコミュニティを作り、ウェブ上でデータを入力して簡単な解析を行い、3つのアプローチの結果を可視化し共有する研究会ソフト「ASC-Lab」を作り、実際にグループワークで運用した。



Fig.5 ASC-Lab (トップページ)

3.5 2地点双方向ライブ天体観察会

初日の夜に開催された天体観察会では、「国立科学博物館」と「南阿蘇ルナ天文台」が双方向でつながり、ネットとリアルで同じ天体を見ながら一つの場となるこれからの「第4世代型公開天文台」の第一ステップが見えてきた。

折からの悪天候の中、奇跡的に晴れた南阿蘇から送られてくるライブ映像をみながら、双方の会場が一つになって歓声と笑いに包まれ、大きな感動をもたらした。

3.6 情報交換会

基調講演の高梨直紘先生や参加者のみなさんの他、昨年の基調講演をいただいた国立科学博物館の小川義和先生、国立天文台の縣秀彦先生にも駆けつけていただき、3時間にわたって非常に濃密で熱い情報交換会となった。

4. 結果と考察

4.1 参加者の観点から

1) 自分自身の行った天体観察会(観望会)を事例として用いながら、その要素を分析して構造化しながら、同じ事例をまるで物語のように叙述レポートすることで、「立体的に可視化した理解・自己評価」ができるようになった。

2) さらに、「自分自身の取組方を第3者の視点から見る自己再帰分析」によって、そこにさまざまな思い込みや自己規制があることが分かり、問題点が分かりやすくなった。

3) 得られた自己理解や洞察をグループ内でシェアすることによって、「实际的で社会的な文脈での理解と実践につなげる他者評価」をもらうことができた。

4) さらに、他の事例を見ることによって、組立方や技法やネタなど多くの実践知を学ぶ事ができ、また自分の事例と比較することによって、「相対的な比較による自分自身の強みや問題点を把握し、解説技術の向上に活用」するこ

とができるようになった。

5) そして、4つのグループで模擬観察会を企画し競演してみることによって、「理論理解と実際における実践方法の、各人による違いが存在することの体験」を得ることができた。

4.2 調査と分析の観点から

4つのステージを、3つのアプローチで、3回循環するなかで、それぞれのデータの収集が可能となり、気づきや発見(エウレカ!)などが数多く生まれた。量的なデータを蓄積・比較・参照できると同時に、これまで評価の難しかった質的データの取り扱いと活用新たな道が拓けたことの意味は大きい。

5. 今後のコミュニティの発足に向けて

これらの事例集と可視化ソフトは、他の事例と比較することによって自分自身の解説技術向上のために活用する事ができる。今後は、より広い隣接分野の方々にも利用していただくことも可能となるように、ウェブ上のコミュニティとして、存続発展させていくことを参加者どうしで確認した。

次世代型の公開天文台実現のためにも、今後の研修・研究活動を継続していきたい。

[参考文献]

宮本孝志「サイエンスコミュニケーションとしての天体解説会」2020 第8回JAPOS全国研修会テキスト



南阿蘇ルナ天文台 宮本孝志
miyamoto@luna.jp.net

キャンペーン「シリウス B チャレンジ」の構想

今村和義（阿南市科学センター）

キーワード：シリウス B, 白色矮星, 実視連星, 観察, 撮影

概要

実視連星の一つとして知られるシリウスは、2021～2024年頃に、主星と伴星（シリウス B）の離角が最大となり、約 50 年ぶりに観察の最好機を迎える。本発表では白色矮星の代表格としても知られるシリウス B について、その発見や性質を概観し、独自に行った位置推算について報告する。さらに一般人を対象とし、全国の公開天文台での展開なども想定した観察・撮影キャンペーン「シリウス B チャレンジ」の構想について紹介する。

1. はじめに

本発表は東亜天文学会の会誌「天界（2021年 5月号）」に寄稿した「約50年ぶり！白色矮星シリウスBが見ごろ」を基礎としている[1]。そのため、本稿は天界の記事と内容が重複している部分があることを先に断っておく。

夜間全天で最も明るい恒星シリウス（約-1.5等）は、図1のように約8.4等の伴星シリウスB（白色矮星）を従える実視連星の一つである（軌道周期は約50年）。シリウスBについては、一般向けの藤井旭氏の数多の著書をはじめ、児童用の天文図鑑などでも紹介されていることがあるため、その存在は玄人のみならず、ライトな天文ファンの間でも広く知られているところであろう。

しかしながら、シリウスBを眼視で観察することは容易ではない。主星と伴星の明暗差が大きいことに加え、両星の離角（角距離）、シーイング、望遠鏡の性能など、様々な要因が観察を難しくさせている。もちろん観察条件が整えば、主星（シリウスA）のまばゆい輝きのすぐそばに、シリウスBの微かな光点が見えてくる。主星と伴星の離角については、2021年より最大離角（約11.3秒角）を迎え、2024年頃までこの

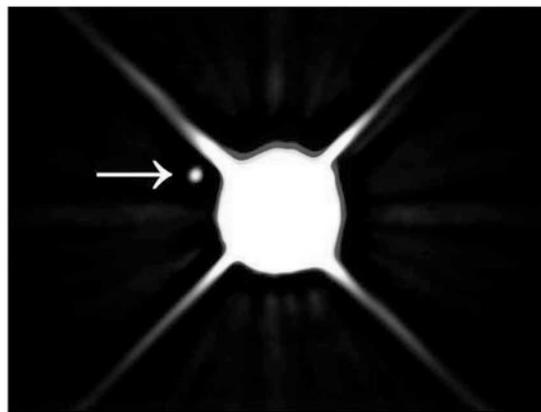


図 1: シリウス B の姿(2021 年 1 月 31 日撮影)。口径 113cm 望遠鏡 + ASI290MC (exp. time = 40ms, Gain = 275, Duration = 60s)。AutoStakkert!3 にて 1478 フレーム中 50% をスタック。RegiStax6 にてウェーブレット処理。

状態が続く。今期を逃せば次回はまた約50年後となる。

本稿では白色矮星の性質ならびにシリウスBの発見や謎を概観するとともに、シリウスBの位置推算、構想中の「シリウスBチャレンジ」という観察・撮影キャンペーンについて紹介する。

2. シリウス B について

2.1 白色矮星とは

シリウス B は恒星の分類において“白色矮星”と呼ばれる種類の天体である。その性質は太陽

など他の一般的な恒星とは大きく異なる。半径は地球程度と大変小さいにも関わらず、質量は太陽程度に達するため、平均密度は太陽の十数万倍という、とてつもなく高密度な天体である。

このような特異な性質を持つ天体の正体は、太陽質量の約 8 倍以下の恒星の成れの果て（核燃焼を終えた姿）、言い換えれば星の燃えカスである。ただ燃えカスといえども表面温度は太陽よりはるかに高い 1 万 K（ケルビン）を超え、核融合反応を行っていたときのいわば余熱で白色矮星は輝き続けている。

2.2 シリウス B の発見と謎

シリウス B は 1844 年頃に、ドイツの天文学者 F.W. ベッセルによって、その存在が予言された。当時彼はケーニヒスベルグ天文台でシリウスの精密な位置観測を行っていた。そして先人の観測結果と併せると、シリウスは約 50 年周期でふらふらと蛇行するような固有運動をしていることが明らかになった[2]。この発見からベッセルは、シリウスにはまだ見ぬ“伴星”の存在があり、連星として共通重心を公転運動するため、ふらつきが観測されると考察した。この考えに基づきベッセルはシリウスの伴星捜索を行ったが、残念ながら当時発見するには至らなかった。

その後、シリウス B の存在を初めて確認したのは、アメリカの望遠鏡製作者 A. G. クラークであった [3]。1862 年、彼は完成したばかりの口径 47cm 屈折望遠鏡（当時世界最大級の屈折式）のテスト観測をシリウスで行ったところ、ベッセルが予言した位置に、微かに輝く伴星の姿を見ることができた（最初はゴーストだと思ったようだ）。

シリウス B の発見後、20 世紀初頭に少しずつ白色矮星の観測・研究が進む中で、天文学者の間では新たな謎が突きつけられた。ケプラーの法則に従い、この連星の質量を求めると、主星は太陽の 2 倍程度、伴星(シリウス B)は太陽

と同程度になる。さらに 1924 年頃、天文学の権威イギリスの A. エディントンによって提唱された恒星の「質量—光度関係」に従えば、伴星の光度は主星の 16 分の 1 程度になるはずだが、実際のところ光度は主星の約 1 万分の 1 と異常に暗い。

一方、恒星の光度はその表面積と表面温度から求めることができる。1915 年 W. S. アダムスの報告（分光観測）によれば [4]、シリウスの主星と伴星のスペクトル型はともに A 型で、表面温度が同程度と当時知られていた。この結果に従えば、伴星の表面積が求まり、半径は主星の 100 分の 1（地球の約 2 倍）程度まで小さくなくてはならない。つまり光度が極端に暗いことは、星のサイズが非常に小さければ自然に説明することができた。

ところが、これほど小さな天体にも関わらず、質量が太陽程度もあるとすると、平均密度は太陽の十数万倍にも膨れ上がることになる。当時、このような未知なる高密度天体（白色矮星）がどのようなメカニズムで存在しているのかなど、様々な天文学者の興味を惹いた。その結果、星の内部構造や星の進化など、現代における天体物理学の礎が築きあげられてきた歴史がある。白色矮星の研究史については、先人たち（西村昌能博士、岡崎彰博士）による素晴らしい日本語レビュー [5, 6, 7] があるため、本稿では割愛する。

3. シリウス B の位置推算

シリウス B の最大離角となる年については、文献やネット上で調べることができる。しかし、最大離角となる年は資料によって、1~数年の違いが見受けられた。例えば、藤井旭氏の天文年鑑には 2022 年、ネット上だと Sky & Telescope には 2023 年、Universe Today には 2025 年と表記されている。そこで、シリウス B の離角が年ごとにまとめられたテーブルがないか、JAPOS のメーリングリストで相談した

ところ、佐賀市星空学習館の早水勉氏より、お返事を頂き、2000～2049年のシリウスBの離角についてご自身で計算された資料をお送り頂くに至った（詳細はJAPOS [5731, 5733] 参照）。これに大きな刺激を受け、今回向学のため自身でも計算を行った次第である。

シリウスのような実視連星の位置推算については、昭和40年出版の「恒星の世界」内にある石田五郎博士が執筆された“実視連星系”の章（pp.221-231）が詳しい [8]。計算式については省略するが、途中ケプラー方程式を解く必要がある。これについては、長沢工博士の著書「天体の位置計算(増補版)」などが参考になる [9]。シリウスの軌道要素は Benest & Duvent (1995) を参照し [10]、計算には長年愛用している“R”というプログラミング言語を用いた（作成したソースコードについては省略）。

計算の結果、図3のようにシリウスBの軌道を描くことができた。計算上、シリウスBの離角が最大となるのは、2023年の11.31秒角であった（この結果は早水氏の計算結果と相違ない）。しかしながら、地上からの観察・写真撮影を前提とするならば、有効数字は少数第一位

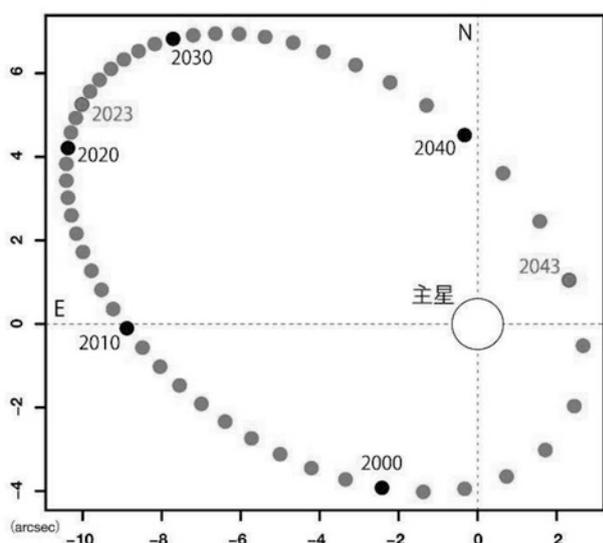


図3: 計算された2000年～2049年までのシリウスBの軌道（上が北）。

で十分と考えられるため、最大となる離角は11.3秒角とし、2021年～2024年の期間が最も観察しやすい時期と考えられる。

国内外においてシリウスBの最大離角が資料によって数年異なっていたのは、単純なことではあるが、以下大きく2つの理由が考えられる：

- (1) 計算に用いる軌道要素の違い
- (2) 有効数字の取り扱い方の違い

（また要求される計算精度によってはケプラー方程式の解き方の違いも影響するであろう。）

4. キャンペーン「シリウスBチャレンジ」

4.1 キャンペーンの構想

約50年振りに見ごろを迎えているシリウスBについて、2021年末の冬に向けて一般向けに観察・撮影キャンペーンの実施を構想している。以下、箇条書きで主な内容を記す：

- ① 2021～2024年の期間シリウスBの観察・撮影キャンペーンを実施(Webページを作成)。
- ② 観察と撮影(写真データ)の報告フォームをそれぞれWeb上に準備。
- ③ 観察報告は見えた・見えなかったによらず報告(望遠鏡や観察地などの情報も入力)。
- ④ 撮影報告は画像をWebフォームで送ってもらい、ギャラリーを作成しWeb上で公開。
- ⑤ 名刺サイズの「シリウスBチャレンジ」カードを製作する(一年目に3000枚)。
- ⑥ 観察にチャレンジした来館者にカードを配布する(見えた・見えなかつたによらず)。
- ⑦ カードには観察報告用のWebページに飛べるQRコードを記載しておく。
- ⑧ 公開天文台に対し観察面での協力館を募る。協力館には150枚程度カードを送付する。
- ⑨ 公開天文台からもシリウスBの画像を募る。

本構想は2020年12月頃の木星・土星の超接近にあわせて行われたキャンペーン「惑星で星空視力大実験！」に着想を得ている。もちろん

木星・土星のときのような盛り上がりは期待できないが、キャンペーンを実施できる期間が長いことに加え、全国に点在する公開天文台の協力も得られれば、広範に教育・普及の効果が期待できる。加えて、約 50 年前と比べれば、天体写真の技術は目覚ましい進歩があるため、シリウス B の基礎資料となる画像データ集の構築も期待されよう。

4.2 観察のポイント (天文台職員向け)

しかしながら、見ごろとはいえシリウス B の観察は難しい側面がある。そこで、経験則ではあるが、観察のポイントを 3 つ紹介したい：

- ① 星図、写真、動画などの資料を見て、事前に見え方や位置のイメージを掴んでもらう。キャンペーンの Web サイトには観察用星図 (視野 10' 程度) と、眼視で見たときの様子に近い写真や動画を用意する予定。(光学系によっては主星の回折光が邪魔になることもあるので注意。)
- ② 観察の練習台として、二重星リゲルを利用。一般客にはまずリゲルを見せてから、シリウス B にチャレンジすると良い。なおリゲル B は約 7 等、離角は約 10 秒角である。
- ③ 倍率は約 300 倍を推奨。シーイングも影響するが、分解能が良ければ口径 20cm (F10, シュミットカセグレン) に、3 倍のバローレンズと 17mm のアイピース (約 350 倍) という組合せでも観察可能。

5. さいごに

このキャンペーンを行う意義を 3 点挙げる：

- ① 来館者の知的好奇心をくすぐる技術 (解説力) の向上。
- ② 見えるか・見ないかを問題とせず、天文台職員の解説を最大の付加価値とし、天文「学」への興味関心を広く高める。
- ③ シリウス B の写真撮影を促進・集約し、国内におけるシリウス B の基礎資料を構築。

今後は Web ページの完成を経て (秋頃?)、JAPOS メーリングリストに協力館の募集を行う予定である。もしご興味を持って頂けたら、ぜひ気軽に手を挙げて頂きたい。当然、月・惑星・星雲・星団のような華々しさはないが、一人でも多く、シリウス B について語ってくれる人、その姿を見ようとチャレンジしてくれる人が現れてくれれば幸いである。あわよくば、コロナ禍で疲弊した日常に少しでも活力が戻ることを願い、本稿を締めくくりたい。

6. 参考文献

- [1] 今村和義, 2021, 『約 50 年ぶり! シリウス B が見ごろ』, 天界, 第 102 巻, 1152 号
- [2] Bessel, F. W., 1844, MNRAS, 6, 136
- [3] Bond, G., 1862, AN, 57, 131
- [4] Adams, W. S., 1915, PASP, 27, 236
- [5] 西村昌能, 2007, 『白色矮星の発見』, 天文教育 84 号 (Vol.19, No.1)
- [6] 西村昌能, 2007, 『白色矮星の観測史』, 天文教育 85 号 (Vol.19, No.2)
- [7] 岡崎彰, 2007, 『白色矮星の正体』, 天文教育 86 号 (Vol.19, No.3)
- [8] 藤田由雄, 1965, 『恒星の世界』, 恒星社厚生閣
- [9] 長沢工, 1985, 『天体の位置計算 増補版』, 地人書館
- [10] Benest, D. & Duvent, J. L., 1995, A&A, 299, 621



阿南市科学センター 今村和義
imamura@ananscience.jp

スター・ウィーク 2021 について

古屋 昌美 (スター・ウィーク実行委員会)

キーワード：スター・ウィーク、夏休みイベント

概要

「スター・ウィーク～星空に親しむ週間～」は、JAPOS の前身である「全国の天体観測施設の会」から誕生したキャンペーンです。1995 年の夏からスタート、2014 年には事務局が国立天文台から各施設の有志へと移り、この夏で 27 年目を迎えることとなりました。設立当初と比べると、天体観測施設を取り巻く状況も時世も変わりましたが、キャンペーンの理念である「ひとりでも多くの人に星空に親しんでもらう」活動を今年も続けて参ります。

1. スター・ウィークの誕生



公式キャラクター「星に乗った少女」

「愛鳥週間のように、星空に親しむ週間があったとしたら…」1994 年 6 月、JAPOS の前身である「全国の天体観測施設の会」が岐阜県藤橋村 (現・揖斐川町) で開催された際、深夜の情報交換会でスター・ウィークは誕生しました。会に参加していた国立天文台の渡部潤一氏 (現・国立天文台副台長) を実行委員長に、準備期間約 1 か月でその年の夏からスタート。1 年で最大の繁忙期である夏、業務に追われる施設の職員をサポートし広報イベント情報を取りまとめることから開始、国立天文台広報普及室 (当時) に事務局をおいてのスタートでした。

2. 過去の足跡

インターネット黎明期だった当時、施設によってネットを利用する広報活動には技術面・設としての体力面等で差がありました。繁忙期の

広報活動を支援するために、スター・ウィークでは協賛施設のイベント紹介を中心に、

- ・テーマソング (アクアマリン「COSMOS」)
- ・キャッチコピーの公募
- ・Tシャツ、クリアファイルなどのグッズ頒布
- ・コミュニティ FM 局とのコラボイベント
- ・全国イベント「地球の大きさをはかろう」等を展開。また、天文学研究活動の成果の普及・啓発活動への支援の一環として(財)天文学振興財団のスター・ウィーク協賛団体へのイベント助成公募も開始、現在に至ります。



全国イベント「地球の大きさを計ろう」キャラクター「はかるくん」

3. 転機

2014年、事務局が国立天文台情報センター内からスター・ウィーク実行委員会有志へと引き継がれたことで委員長も渡部潤一氏から飯山青海氏（大阪市立科学館）へ交代、2020年の時点で委員長・副委員長2名・庶務担当以下計6名のメンバーで活動をおこなっています。各メンバーも天文施設のメンバーであるため、活動内容も制限がかかるようになったことは否めませんが、「無理をして途中で頓挫するより、規模は小さくなくてもそれぞれができる範囲でできることを続けていく」ことを目標に活動を続けています。

4. 2020年、COVID-19の影響の中での活動

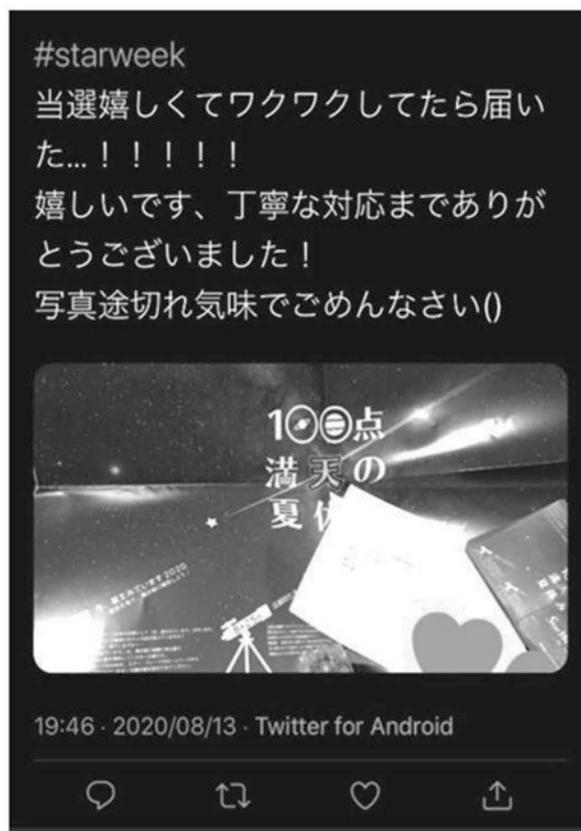
2020年はCOVID-19による緊急事態宣言下の中、多くの施設が休館を余儀なくされイベントの中止や通常の観望会・施設内の展示なども内容や手法を変更せざるを得ない状況となりました。スター・ウィークもこの影響を受け、

- ・毎年6月のJAPOS全国大会でのみ配布をおこなっていたポスターを、サイト上での先着順の申込み→郵送に変更。あわせて作成したポスターと同デザインのポストカードを希望者に配布。
- ・SNS (twitter)上での広報強化の一環としてハッシュタグを利用したプレゼントキャンペーンを実施。

など、活動を変更することとなりました。またスター・ウィーク初日の8月1日に全国放送された関西TV情報バラエティ番組「土曜はナニする!？」の「HOT けないワード」コーナーにてスター・ウィークが取り上げられ、飯山委員長と実行委員の古屋が出演。スター・ウィークの紹介と夏の星空の見どころをご案内。久しぶりにTVメディアに取りあげていただくことで幸先よくスタートを切ることができました。



Twitterのプレゼントキャンペーンで10名の当選者に送付したポストカードと缶バッジ（ポスターも同梱）。缶バッジは関係者数名とキャンペーン当選者のみが持っている超レア(?)なグッズです。



Twitterでのハッシュタグによるプレゼントキャンペーンは担当者の予想を越えた反応を頂き、当選後のプレゼントが到着した際にも、ほとんどの方がTwitter上で到着をツイート。期間中のツイートにも丁寧に反応してくださいました。

5. 2021年の活動

ワクチン接種が進んできたものの、発表準備中の6月上旬現在、なお緊急事態宣言下にある地域や蔓延防止等重点措置が続く地域が多くある状況が続いています。予防対策を徹底させながら、それぞれの工夫を用いて今年の夏を迎えようとしている施設の皆さまと一般の皆さま、そして星空をつなぐべく、「スター・ウィーク2021」は活動を開始しております。今年の期間中は月明かりの影響が少なく、満天の星を楽しむチャンスです。また、木星と土星がやぎ座～みずがめ座にいるため観察にも適しています。ぜひ観望会やプラネタリウム、施設の広報誌やSNSなどでスター・ウィークもご紹介ください。

5.1 キャッチコピー

1月14日～2月28日の募集期間中、749件の応募作品の中から、東京都・松浦紬乃さんの作品「星空と、夜更かししよう」が選ばれました。松浦さんから寄せられた「仕事が理由の夜更かしが増えました。楽しい夜更かしをしたいです」のコメントの通り、この夏に多くの方々が施設を通じて、それが難しければそれぞれのおうちにて、星空と共に楽しい夜更かしができることを心より願う次第です。

5.2 ポスター&ポストカードの配布

2021年度のポスター（A2サイズ）は現在制作中です。完成次第、公式サイトからデータのダウンロードが可能です。各施設で印刷してお使いいただくことができます。また昨年同様、スター・ウィークにご協力いただき、ポスター及びポストカードを掲示・活用いただける施設・団体（同好会・サークル等）にはポスターとポストカードを無料で郵送する準備もあわせてすすめております。

ポスター完成後作業が整い次第、公式サイトでご案内と申込用フォームを開始、またJAPOSのメーリングリストでもお知らせを流します

ので、今しばらくお待ちいただければ幸いです。

<スター・ウィーク公式サイトアドレス>

<http://www.starweek.jp>

<スター・ウィーク twitter アカウント>

@starweek_jp

5.3 いまほし掲示板

期間中はイベントの一環として「いまほし」こと「今、星を見えています」掲示板をオープンいたします。空を見上げたら人数や見上げた場所等を報告していただくというシンプルなスタイルながら10年以上通ってくださる常連の方もいる掲示板です。施設の皆さまからのご報告もお待ちしております。この期間の施設の様子や動員がわかりますし掲示板を訪れる方への施設のPRもできます。報告時には観望会などでの人数のご報告をいただければ幸いです。（もちろん後日まとめてでも、こっそりメールで頂きましても構いません）。寄せられた人数は後日集計して掲示板にてご報告しております。<「今、星を見えています」掲示板>

<https://8929.teacup.com/imahoshi2008/bbs/>

この夏、皆さま方の施設が星（晴）天に恵まれ、苦心して開かれるイベントや観望会が参加されるお客さま方の心に残るものとなりますよう、心よりお祈りしております。



スター・ウィーク実行委員会

古屋 昌美

stella0710@gmail.com

twitter:@stellamallis

ハートピア安八天文台ジュニア天文倶楽部での日食観測実践

～2点観測から測る月の距離・日食の継続時間～

船越 浩海（生涯学習センターハートピア安八・天文台）

日食観測、月の距離、日食の継続時間の特徴

概要

ジュニア天文倶楽部では、3回の部分日食の観測と調査から二つの研究に取り組んだ。一つは2点観測による月の距離測定で、円弧と中心角を使った方法と、球面三角法を使った方法での距離を求めた。もう一つは、食の最大時刻を挟んだ前半と後半の経過時間差が、食の時間帯によって特徴的な傾向があることを発見し、その原因を地球自転によるものと考察した。

1. はじめに

伊藤大朗君(2016年当時中1)は、日本とタイの部分日食写真から、円弧と中心角(視差)の性質から月までの距離を求めた。その後高校生になり、三角関数を使い距離を算出した。

原田聡成君(2019年当時小6)、石橋佑心君、尾崎由基君(小5)は、日食の経過時間を研究した。岐阜県安八町で見られる日食の経過時間を調べ、経過時間の継続研究を行った。

2. 日食の2点観測で月までの距離測定

2016年3月9日10時17分(JST)、東京都母島で牧野亜紀氏が撮影した部分日食の写真、及び、タイ国立天文台日食観測キャンペーン

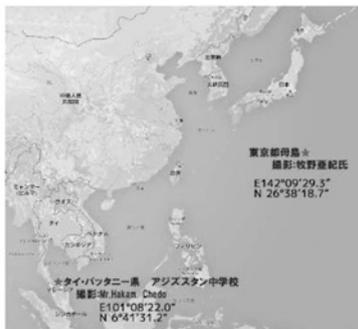


図1 2016年3月9日の部分日食観測地点 (GoogleMap)

でタイ、パッタニー県アジズスタン中学校にて Hakam Chedo 氏が撮影した同時刻の日食写真の提供を受け、観測のデータとした。(図1参照、以降観測地を単に日本、タイと呼ぶ)

2.1. 視差と基線距離

2点観測での月の視差により、月までの距離が計算できる。視差の測定では、遙か遠方にある背景を太陽とし、太陽黒点があれば、東西方向の記録が不要になる。視差とともに観測点間の基線

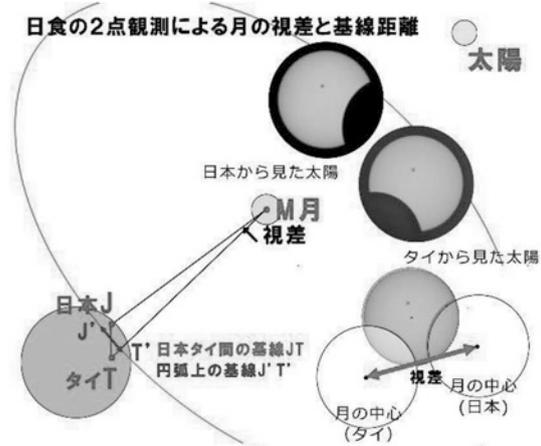


図2 日食時の月の視差と基線距離

距離も重要だ。距離算出ロジックにより基線も変わる。図2は日食における月の視差と基線距離を示した模式図である。円弧と中心角で求める場合と、三角関数で求める場合では、基線は線分JTと線分JT'で異なる。JTは実際の日本タイ間の直線距離で、JT'は月から等距離のJ',T'に投影された距離だ。

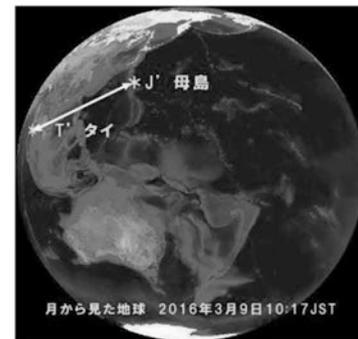


図3 Earth View による観測時の月から見た地球の観測点

2.2. 日本タイ日食2点同時観測で月の視差

日本、タイでの日食写真を、黒点と太陽中心を合わせて合成し、欠けた円弧から月を描き、二つの月の中心の角距離を求め視差とした。(図2) 視差はデジタルカメラの撮像素子のピクセルの大

きさと撮影レンズの焦点距離から、次の式により算出した。ピクセル距離は 10 回の平均値。

$$\tan(\alpha^\circ) = (\text{撮像素子画角の横半分(mm)}) / (\text{レンズの焦点距離(mm)})$$

$$\text{視差}(p^\circ) = \alpha / (\text{撮像素子(画角)の横半分(ピクセル)}) \times (\text{合成画像の月の中心距離(ピクセル)})$$

これにより求められた**視差(p)**は **0.65°**であった。(視差は太陽の視直径からも求まる。)

2.3. 月の距離の測定

(1) 視差と円弧で月の距離計算(中学生)

比較的的理解がしやすい円弧と中心角から半径を求める方法で、月までの距離を算出した。視差に並び重要な要素は、観測点 J、T 間の距離、基線距離である。この方法では月 M を頂角とする二等辺三角形を描く。しかし、月 M と

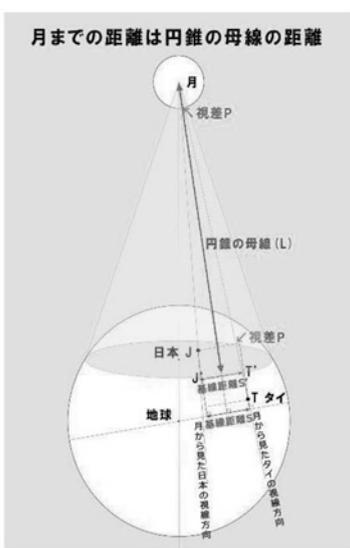


図 4 弧度法による月までの距離 (円錐の母線)

観測 2 点 J, T を頂点とする三角形が、二等辺三角形になる可能性は非常に低い。従ってその三角形の底辺の 2 点 J', T' は、観測点そのものではなく、図 4 に示したような月から見て同距離で観測点方向にある投影された 2 点 J', T' になる。

日食写真撮影時における月から見た地球の画像を「Earth View」(注 1) サイトより入手し、地球直径比から観測 2 地点の距離を求めた。

(図 3) これによる**基線距離は 4,372km**であった。この基線は、視差が小さいので図 2 のように月までの距離を半径とする円周の一部の円弧とみなせ、月までの距離は次の式で求められる。

$$\text{月の距離}(L) = ((\text{基線距離} \times 360) / \text{視差(度)}) / 2\pi$$

月までの距離は 388,368kmとなった。

この距離は地心距離でも測心距離でもなく、図 4 に示した円錐の母線距離となる。地心距離、測心距離の算出は、中学生には困難だ。

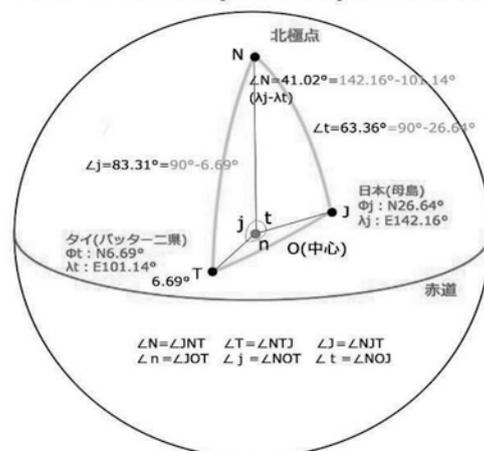
注 1) Earth View : <http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/Earth>

(2) 球面三角法で月の距離計算(高校生)

図 5 により以下の手順で各要素を求めた。

- ①地球中心から見た日本タイの離角 $\angle JOT = \angle n$
(球面三角法の余弦定理)
- ②日本タイ間の直線距離 JT 基線距離
- ③日本から見たタイの方位角 $(180^\circ - \angle NJT)$
(球面三角法の正弦定理)
- ④日本地平面とタイ方向のなす角 (JT 伏角)
①から地球中心から見た日本とタイの離隔を 43.78° と求め、地球平均半径 $6,371\text{km}$ から②日本タイ間の**基線距離 4,751km**を得た。同様に③日本から見たタイの方位角 70.41° 、④伏角 21.89° を得た。

日本タイの経緯度(球面座標)と基線距離 JT



①球面三角の余弦定理により $\angle n$ を求める
 $\cos n = \cos t \cdot \cos j + \sin t \cdot \sin j \cdot \cos N$
 $\angle t = 63.36^\circ, \angle j = 83.31^\circ, \angle N = 41.02^\circ$
 $\cos n = 0.7220$
 $n = \cos^{-1} 0.7220 = 43.78^\circ$
 * r は地球の平均半径(6371km)
 ②基線距離 JT を求める (右図より)
 $JT = 6371.012 \times 2 \sin(n/2)$
 $= 4750.556\text{km}$

③球面三角の正弦定理により $\angle J$ ($\angle NJT$) を求める
 $\frac{\sin N}{\sin n} = \frac{\sin T}{\sin t} = \frac{\sin J}{\sin j}$ $\angle N = 41.02^\circ, \angle n = 43.78^\circ, \angle j = 83.31^\circ$
 $\sin J = (\sin N \sin j) / \sin n = 0.9421$
 $J = \sin^{-1} 0.9421 = 70.41^\circ$ or $180 - 70.41 = 109.59$

④日本の地平面と直線 JT の伏角を求める
 $\angle OJT$ は $\angle JOT$ を頂角とする二等辺三角形なので
 $\angle OJT = (180 - 43.78) / 2 = 68.11$
 日本から見たタイ方向の伏角 $= 90 - 68.11 = 21.89^\circ$

図 5 球面三角法を使った日本タイ基線距離、タイの方位角伏角の算出

日本(J)から見た月(M)とタイ(T)の離角(∠MJT)を求める



図 6 日本から見た月とタイ方向の離角を求める

図 7 は 2016 年 3 月 9 日の部分日食時の日本、タイ、月の方向を示した模式図である。これまでに日本タイの基線距離、日本から見た月とタイ方向の離角を求めることができた。これにより月、日本、タイを頂点とする三角形∠MJT は、各頂点の角度と 1 辺の長さが分かり一意の三角形になった。最終的には辺 MT の長さが日本から月の測心距離である。図 7 に示したように、正弦定理により、**測心距離 371,915km** を得た。

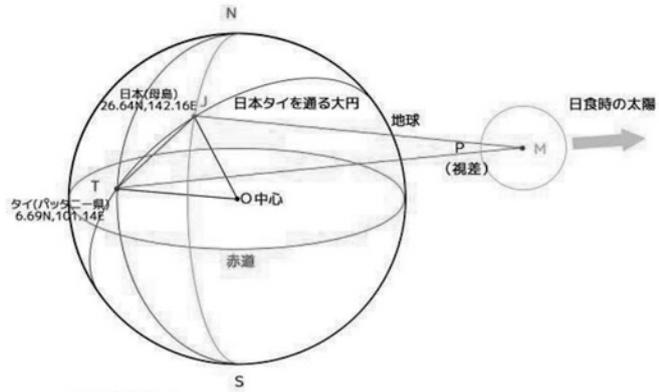
(3)月の距離測定の評価

月の距離測定では、同じ視差(0.65°)を用いながら、異なる値を得た。

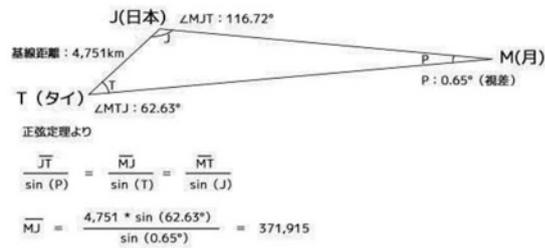
- ①円弧の特性を用いた方法 : 388,368km
 - ②三角関数を用いた方法 : 371,915km
- 天文シミュレーションソフト「ステラナビゲータ」(アストロアーツ)での測心距離は 35.58 万 km。
- ①では Earth View での基線距離の測定が、低解像度ゆえ地点同定誤差が非常に大きい。
 - ②の方法では、視差の測定、四捨五入によるバタフライ効果が 500km 程度と見積もられ、大きな誤差要因ではない。そこで、検証できない撮影時刻に約 8 秒の差があると考えた。

3. 日食継続時間、日食前半と後半の時間差

2019 年 1 月 6 日の部分日食を皮切りに、日食の継続時間についての研究を行った。



∠MJTに関して
観測点から分かる：線分JTの距離
2点同時観測から分かる：月の視差 p
三角形MJTの要素(角MJT)が分かれば月までの距離が分かる



【参考】
ステラナビゲータでの値 母島測心距離35.58万km タイ測心距離35.80万km 地心距離36.09万km

図 7 2016 年 3 月 9 日の部分日食時の月と日本タイの位置の模式図(月日本タイの三角形)

3.1. 日食の写真から食の継続時間の測定

図 8 は日食写真で求めた食分の経時変化である。グラフを外挿して求めた食の開始、終了の時刻は、ほぼ予報の時刻だった。食の最大時刻を挟み、前半と後半では約 9 分間後半が長いことが分

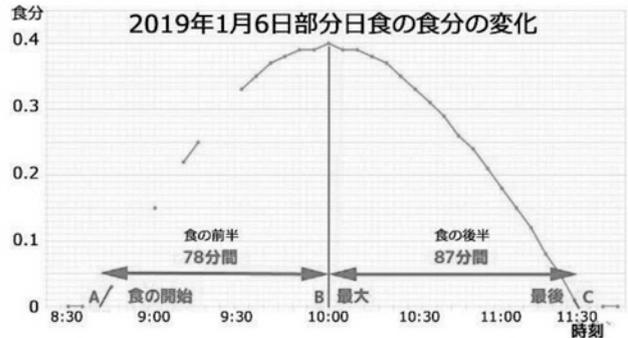


図 8 日食の食分の変化と食の前半と後半の継続時間

かった。この時間の差に疑問を持ち更に調べることにした。他のハートピア安八で見られる日食についても国立天文台のホームページで調べた。(表 1)

3.2. 日食の前半後半の継続時間の特徴

食の前半と後半の時間差に注目し、縦軸に時間差、横軸に食の最大時刻をとり散布図(図 9)を作

No.	年月日	種類	食の最大時刻	最大食分	時間の差 前半-後半	継続時間
1	2002/6/11	金環日食	7:37:59	0.422	-0:05:46	1:57:14
2	2004/10/14	部分日食	11:36:39	0.180	-0:00:08	1:38:00
3	2009/7/22	皆既日食	11:07:19	0.790	-0:00:59	2:36:43
4	2012/5/21	金環日食	7:31:43	0.943	-0:11:59	2:38:59
5	2016/3/9	皆既日食	11:01:33	0.232	-0:01:03	1:47:31
6	2019/1/6	部分日食	9:59:43	0.397	-0:08:50	2:45:54
7	2019/12/26	金環日食	15:32:19	0.367	0:07:39	2:08:09
8	2020/6/21	金環日食	17:09:51	0.510	0:06:11	1:58:15
9	2030/6/1	金環日食	17:07:42	0.759	0:09:42	2:22:06
10	2032/11/3	部分日食	15:33:06	0.516	0:09:06	2:24:42
11	2035/9/2	皆既日食	10:02:48	0.958	-0:06:24	2:49:48

成した。時間差の分布は、午前中は後半が長く、お昼頃では差がなく、午後になると前半が長くなり、正午から離れるほど時間差が大きい「斜め蝶型」の特徴を示した。この理由を考察した。

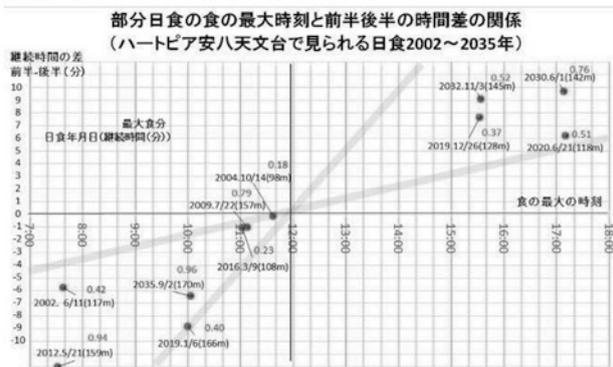


図 9 日食の前後半の時間差と時間帯の散布図

3.3. 地球自転の影響

観測点の自転移動を月の公転方向と同じベクトルに変換すると、日の出時は速度ゼロで徐々に早くなり、正午に最大となると午後は徐々に遅くなり、日の入り時にゼロになる。月の公転速度から、地球の自転による観測地の移動速度を引いた速度が、月の影の相対的速度になる。図 10 は春分(秋分)の日に、月から見た日本が自転により移動する場合の、月の相対移動速度(実線)の変化を

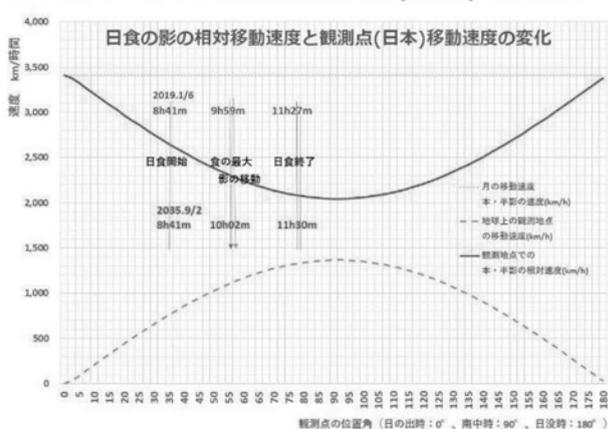


図 10 日食時の月の相対速度

示したグラフである。縦線は 2019 年と 2035 年の食の開始、最大、終了を表しており、食の前半が月の相対速度が速く、経過時間が短くなる。同様に正午ごろの日食では前後の相対速度はほぼ等しく、午後の日食では午前と反対になり、図 9 の右肩上がりの分布の特徴を説明することができる。ただし、これだけでは同じ時間帯の継続時間の差のばらつきについては説明できない。

3.4. 地球自転の季節変化と影への進入位置

図 11 は太陽・月から見た夏と冬の地球自転による日本の移動を示した図である。季節により日本の移動のようすが異なり、月の相対速度の変化と異なることが、容易に想像される。更に、南北方向の観測点移動もあるため、食の最大を挟んだ東西の経路が変わり、月の影への進入位置と退出位置が変わり、経過時間に影響を及ぼす。今後はすべての日食で詳しく詰めていきたい。

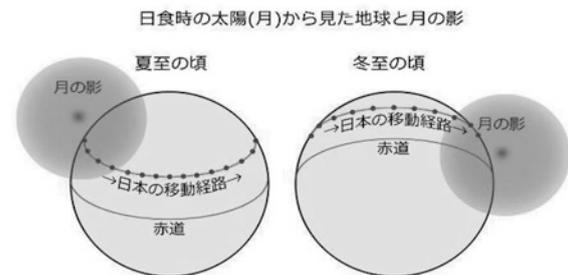


図 11 自転による日本の移動の季節変化と日食時の月の影

4. おわりに

デジタル化で観測・分析に大きな進化がみられる。日月食は位置天文学の基礎だけでなく新たな気づきもあり、今後も興味深い対象である。

最後に写真提供の牧野亜紀氏、Hakam Chedo 氏、研究を行った伊藤大朗君、原田聡成君、石橋佑心君、尾崎由基君にはデータなどの提供、愛知県立一宮高校高村裕三朗先生からの助言に対し、この場にて感謝の意を表します。



生涯学習センターハートピア安八天文台 船越浩海
hiromi.mp9842@gmail.com

全国天文台子午線リレー ～時の記念日 100 周年企画～

井上毅（明石市立天文科学館 館長）

キーワード：時の記念日、オンライン企画、天体中継、施設連携

1. はじめに

2020 年は当館の開館 60 周年だ。また開館記念日である「時の記念日（6 月 10 日）」は 100 周年という節目の年だった。新型コロナウイルス感染症の影響で、残念ながら様々な事業をやむなく中止せざるを得なかった。そこで何かできることはないかと考え、「ソーシャルディスタンスはとりながら、心の距離を縮めよう！」をスローガンに、お家にいながら、楽しんでいただけるコンテンツを作成していった。

本稿ではこれらの取り組みのなかでも最も象徴的な「全国天文台子午線リレー」について紹介する。

2. 新型コロナウイルス感染症の流行

多くの施設と同様に、当館も緊急事態宣言により、2020 年 4 月 11 日より臨時休館が決定した。当時の見通しの立たない状況下では休館が長期にわたることも覚悟する必要があった。新たに情報発信をおこなう方法を用意することが急務であることは明らかだった。

ちょうどその折、明石市シティセールス課より YouTube で明石市から何か発信できないかと相談があり、天文に関するコンテンツを配信する話が一気に進んだ。地元ケーブルテレビが動画制作を担当することになり「おうちで天文科学館」という配信動画を製作することになった。

「おうちで天文科学館」は 15 分ほどの番組で、土曜日の 9:00～に公開した。毎週、土曜日に当館に来ている気分楽しんでいただけ

るように設定したものだ。番組では、職員や当館の人気キャラクター軌道星隊シゴセンジャー、ブラック星博士らが天文や宇宙のことを楽しく紹介した。「おうちで天文科学館」は、全 6 回、配信をおこなった。

この取り組みは、市民にも、明石市役所内でも大変好評だった。特別編も制作し、シゴセンジャー・ライブ配信やプラネタリウム特別投影など、画面を通し一味違う雰囲気、届けることができた。ライブ配信では、チャットによる書き込みへのレスポンスが好評で、離れていても、心の距離は近く、という考え方に手ごたえを感じた。取り組みを 1 つ 1 つ実施していくことで、YouTube など、オンラインを活用して、情報を発信していくノウハウを学ぶことができた。

3. 2020 年、時の記念日 100 周年

3.1 記念企画展「時」展覧会 2020 の開催

2020 年、当館は開館 60 周年を迎えた。開館日である 6 月 10 日「時の記念日」は、100 周年を迎えた。時の記念日 100 周年については、これまで JAPOS の全国大会でもその意義について発表してきた。時の記念日は、671 年に天智天皇が漏刻（水時計）を使って日本で初めて報時をおこなった故事に由来している。「時の記念日」が誕生したのは 1920（大正 9）年のことだ。国立科学博物館の前身である東京教育博物館で、当時、時間にルーズだった庶民に時間厳守を促すため、時間をテーマにした特別展を開催したところ、大盛況であったことから「時

の記念日」が誕生したのだ。第一回時の記念日では、正午の時報にあわせて東京中の鐘や汽笛などが鳴り、東京は響きの都になったとの記録があり、日本の大衆が「秒」を意識した初めての大規模イベントになった。

2020年は時の記念日100周年ということで、国立科学博物館と明石市立天文科学館では、100年ぶりとなる「時」展覧会2020を開催した。開催にあたっては、国立科学博物館の洞口俊博さんには大変お世話になった。この場をお借りして感謝したい。

企画展の開催は危ぶまれたが、会期を修正する形で無事開催できた。

2.2 オンライン企画「時の記念日100周年」

6月、少し状況が収まり開館が可能となった。企画展は開催できたが、6月10日の開館60周年・時の記念日100周年イベントを行うのはさすがに困難であった。そこで、オンライン企画を計画することになった。イベントは、三部構成とした。第一部はセレモニー、第二部は全国天文台子午線リレー、第三部はプラネタリウム特別投影というものである。

第一部では、企画展「時」展覧会2020の関係者や、日本標準時を発信している情報通信研究機構がある東京都小金井市、天智天皇ゆかりの近江神宮など各地の「時」に関係の深いところなどからの祝賀メッセージがよせられた。

明石市泉市長は明石で開会のあいさつをした後、東経135度子午線に沿って北上し、同じ子午線上にある西脇市や京丹後市から当地の市長さんと一緒に生中継するというサプライズ企画もあった。

第二部「全国天文台子午線リレー」は、日本列島の東から順に、全国各地の天文台がそれぞれ太陽の南中のタイミング各地の地方時正午で「時の記念日100周年おめでとう」というリレーをするというものだ。

第三部では、プラネタリウムの投影・解説を高感度カメラ（Sony α 7s）で撮影し、それを生配信した。

2.3 全国天文台子午線リレー

オンライン企画で特にユニークなのが第2部の全国天文台子午線リレーである。この企画を少し詳しく紹介しよう。

太陽は東から西へ動く。真南に太陽がきて、影が真北に伸びるときが正午だ。日本は東西に長い国のため、太陽の南中時刻には差がある。

北海道の東端と石垣島では1時間40分以上の差となる。東経135度子午線上の地方時（明石での地方時）を日本標準時と決めていることは、J A P O S 会員の皆様にはよく知られていることだと思う。また、太陽の南中時刻を考えると、経度だけでなく、均時差も考慮する必要がある。都合の良いことに「時の記念日」のころ、均時差はほぼゼロである。つまり、日本標準時正午に、明石で日時計の影が北を向くことになる。こうした均時差ゼロのころに、各地にシンプルな日時計を用意して、南中のタイミングの中継リレーをしてみると面白いのではないか、というのがこの企画のアイデアである。（これは以前より温めていた）

企画のちょうどよい位置にある天文台の方々に直接交渉をおこなった。



図1 協力いただいた天文台の位置

あまり時間のないところだったが、結果、全国 10 の天文施設からの協力があり、中継を行うことができた。実施にあたりシンプルな日時計を製作、各施設に送り、南中を示す日時計とともに「時の記念日 100 周年おめでとう」というコメントのリレーを行った。

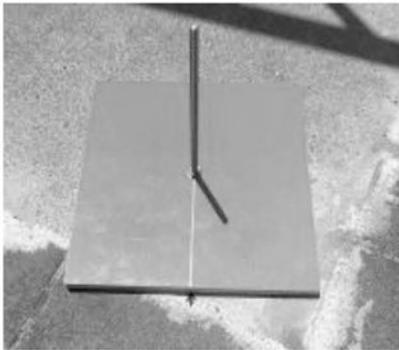


図 2 用意した日時計

当日は多くの天文台で晴天に恵まれ、またそれぞれ工夫を凝らした準備をしていただき、とても楽しい企画となった。

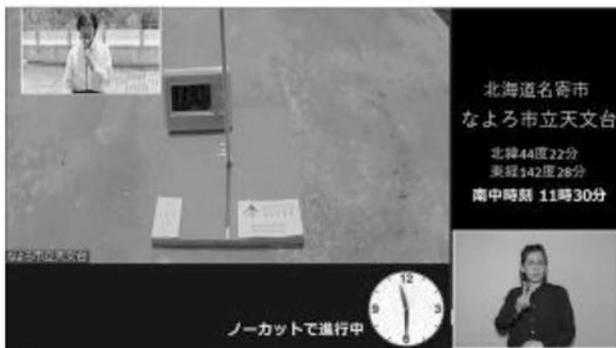


図 3-1 なよろ市立天文台（北海道）
まずは北海道から。影が長い！



図 3-2 大崎生涯学習センターパレットおおさき（宮城県）
ダジャレキングの登場



図 3-3 国立天文台三鷹キャンパス（東京都）
時の記念日誕生ゆかりの地より中継



図 3-4 富山市科学博物館（富山県）
正午のドン花火 歴史的生中継



図 3-5 にしわき経緯度地球科学館（兵庫県）
日本のへそより



図 3-6 明石市立天文科学館（兵庫県）
シゴセンジャー登場！



図 3-7 正午のようす
みんなで時の記念日 100 周年を祝う

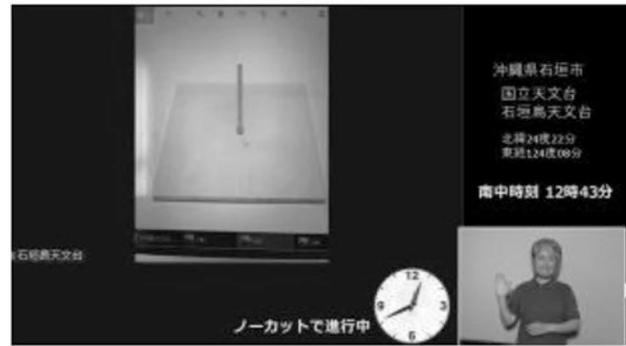


図 3-11 国立天文台 石垣島天文台（沖縄県）
夏至・北回帰線に近く、影がほとんどない！
※画像はディレクターズカット版から引用



図 3-8 久万高原天体観測館（愛媛県）
曇っていてもたのしくためになるお話！



図 3-9 南阿蘇ルナ天文台（熊本県）
濃いーキャラで盛り上がる！



図 3-10 那覇市牧志駅前ほしぞら公民館（沖縄県）
ハイサイ！ハプニングもたのし！

ライブ映像は明石市立天文科学館 YouTube ダジャレに笑い、施設の特徴に感心し、日時計による時差と影の長さの違いに驚き、と和気あいあいとした中継となった。正午にはチャット欄も含めみんなで楽しいお祝いムードとなった。100 年前に、第 1 回時の記念日では正午の時報に合わせて鐘やサイレンが鳴り東京が響きの都になったが、100 周年の 2020 年、コロナ禍に沈む時勢の中で、記念に残る企画になったと思う。明石市立天文科学館チャンネルにてアーカイブを見ることができる。ぜひ見てほしい。（QR コード参照）



3 おわりに

本企画は、JAPOS のネットワークがあったからこそ実現した。感謝するとともに平時のネットワークは非常時に助けになると感じた。全国天文台子午線リレーの企画を含め、明石市立天文科学館ではじめてのオンライン企画はコロナ禍において重要な情報発信の手法となった。今後に活かしていきたい。



明石市立天文科学館
井上 毅
inoue@star.nifty.jp

コロナ禍での天体観察

～ 組み立て式天体望遠鏡キットの活用 ～

縣 秀彦 (国立天文台)、中島 静 (国立天文台)

COVID-19 感染症対策、天体望遠鏡、組立キット、観望会、補助用具

要旨

国立天文台では「国立天文台望遠鏡キット」を開発・頒布しています。小学6年生が学校での事前学習の後、各自、このキットを8日間、自宅に持ち帰り月の観測を行ったところ、約9割の児童がクレーターの存在を確認出来ました。国立天文台では学校教育に望遠鏡観察を導入することを主たる目的として活動していますが、全国の公開天文台施設でも、withコロナ/afterコロナ期の天体観望会の代替として、国立天文台望遠鏡キット等の組み立て式天体望遠鏡キットを併用してみませんか？

1. 組み立て式キットの利点とは？

現在、学校教育では課題解決型の探究学習が求められていますが、次のように夕方・夜間の天体観望会の実施が困難になっています。

- 1) 児童・生徒の帰宅時の安全確保
- 2) 教員の勤務時間管理
- 3) 塾など放課後の過ごし方

加えて、新型コロナウイルス感染症予防の観点からも、接触感染や密集状態が生じやすい校内観望会では感染リスクが伴うことが危惧されています。地域では公開天文台の役割が増す増す期待される一方、同様に大人数での観望会が実施しにくいのが実情ではないでしょうか？

ご存知の通り、国内で購入可能な優れた小型天体望遠鏡は複数あります。公開天文台でも主望遠鏡による観察の補助として利活用されているかと存じます。しかし、学校でまとめて購

入し、家に持ち帰って利用する場合、耐久性と持ち帰りが容易かどうか等の課題がありました(渡辺他, 2003)。そこで学校にて教具として利用可能な性能の口径 5 cm (倍率 16 倍, 66 倍) の「国立天文台望遠鏡キット」(図1)を製造し、2019年7月より頒布を開始しました(縣, 2020)。



仕様

対物レンズ	直径 50 mm / 焦点距離 399 mm 2枚組アクロマート
倍率	16倍 / 66倍 (アイピース交換式)
全長	450 mm (最大伸展時約 490 mm)
最大直径	67 mm (突起部を除く)
重量	約 265 g
アイピース	25 mm (ホイヘンス式) 6 mm (プレッスル式)

図1 開発した教具

本教具はアイピース交換式で、低倍率では月全体が視野に入り、高倍率では金星の満ち欠け等小・中学校で必要な天体観察のいくつかが可能になります(注: 太陽観察には適さない)。使用後に分解して保管・運搬用の箱に戻すことが出来るほか、軽量・コンパクトなため児童でも容易に自宅に持ち帰ることが出来ます(注: ただし別途カメラ・ビデオ用三脚が必要)。

2. 小学校での実践から分かったこと

2019年秋、長野県の公立小学校にて小学6年理科の単元「月と太陽」において、「月の表面には何があるか」を課題とし、3クラスの児童が自宅で月の観察学習を行いました（縣、瀧澤2020）。授業計画の概要を表1に記します。

表1 単元指導計画の概要（抜粋）

場所	長野県松本市立島内小学校
担当教諭	瀧澤輝佳
単元	小学6年生理科「月と太陽」
実施クラス	3クラス (調査群2クラス, 比較群1クラス)
実施期間	2019年10月29日～2019年12月6日 合計7時間
学習課題	「月の表面には何があるのかな？」 一人一台国立天文台望遠鏡キット(+三脚)を家庭に持ち帰り、8日間貸し出す。 晴れた晩に学習カード(ワークシート)に沿って月を観察。 事前事後の確認テスト, 事前事後のアンケート調査, 学習カードなどで調査・評価。 比較群のみ事後テストを家での観察前に行い、習熟度を比較。

3クラス(107名)とも教室における事前学習では、望遠鏡と三脚の使い方、天体の導入方法などを練習しました。また、希望者には三脚を貸し出すようにしました。計3回使用した結果、望遠鏡キット、三脚ともに破損や紛失等はありませんでした。段ボール製の保管箱は劣化があるものの翌年度以降の利用に支障は無い状態でした。

事後アンケートにおいて、調査群(1組と2組)にて1-A:望遠鏡で月を見られたか、1-B:月以外の天体を観察できたか、1-C:望遠鏡を自分で使えたか、さらに1-D:望遠鏡で月を観察することは難しかったかを発問したところ、図2のように問1-Aに対し、回答者70名中70名が「はい」と回答しました。また、問1-Cに対しては同様に55名が「はい」、残りの15名が家族に手伝ってもらったと回答しました。このことから、

小学6年生の月の学習の場合、事前学習を十分に教室で行い、かつ家庭における補助・協力が得られるなら、自宅での観察は可能と考えられます。

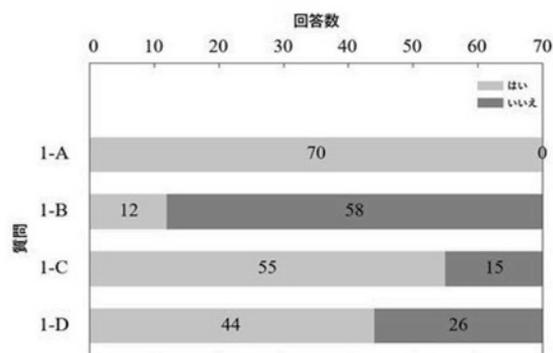


図2 事後アンケート結果1

一方、事前・事後テストにおいて、2-A:月の表面には何があるか、2-B:月はどのように光っているかを問いました。図3に示したように、調査群(n=70)において、2問とも観察前に比べ、観察後に正解率が上昇しました。2-Aは観察前も56名(77.8%)と正解者は多いのですが、観察後にはさらに15.3%増え、67名(93.1%)が正解となりました。2-Bは観察前には55名(76.4%)が、観察後には63名(87.5%)へと正解者が増加しました。

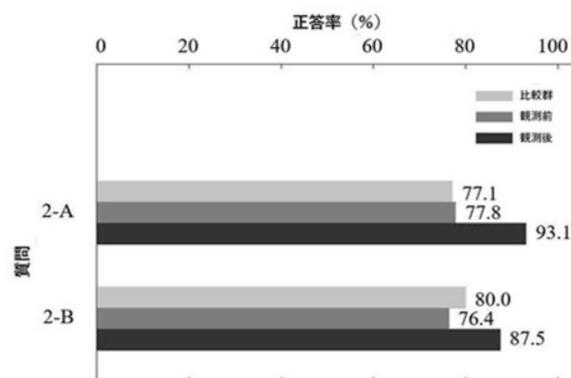


図3 観察前後での月の表面の理解の変化
比較群の3組(n=35)が授業プラン終了時(7時間目、観察はまだ未実施)に行ったテストの

結果を図3に加えます。前者の問いには調査群の観察前の理解とほぼ同様の77.1%の正解率で、後者の問いに対しては80.0%の正解率でした。観察実施の有無によって課題解決の成果に差が生じることが確認されました。

さらに、児童が観察時に描いた月のスケッチを図4に示します。高倍率でも観察を行いクレーターの他に欠け際の影を描いています。

月と太陽 学習カード

月の表面には何があるのかな？

6年生 組名 氏名

月を観察してスケッチしてみよう！

観察した日 11月1日 6時19分

観察した場所 597

望遠鏡の倍率 16倍 66倍

スケッチ 月全体 注目した部分を詳しくかこう

気づいたこと ふしぎに思ったこと

月の表面には丸い穴がいっぱいある。
 なんでこの月にいっぱい穴があるのかな。
 クレーターの影がまた
 66倍だとくわいそうもよくみえる。

図4 児童のよる月のスケッチ例

事後アンケートの感想の中には、「理科の授業のなかでもっとも楽しかった」、「理科は嫌いだがこの学習は楽しかった」または「もっと詳しく知りたい」、「もっとよい天体望遠鏡で観察してみたい」等、本学習に主体的に取り組んだことが読み取れる記述も複数見られ、本学習によって理科学習に取り組む態度に変化が生じた児童がいたことを示唆しています(表2)。

さらに、「弟が月を見るのが好きになった」という感想もあり、本学習方法の導入は、学習者本人のみならず家族の態度の変化までも生じるケースがあることが分かりました。

表2 児童の感想(事後アンケートから抜粋)

「月以外の星も見てみたいと思った。合わせる時も丸い穴のところをのぞいて簡単に見えた。自分で月を見るのは楽しかった。」

「思ったよりクレーターがあつてびっくりした。あんま見る機会が無いから低倍率と高倍率で見えて良かったです。月にクレーターが何個あるか知りたい。」

「今回天体望遠鏡を使ってみるのは初めてでした。月をしっかりと観察出来て思ったことや疑問に思ったことをたくさんかけて良かったです。小学校6年の理科で月を観察できたのはとてもいい思い出になりました。」

「6年生の理科で月の観察が一番楽しかった。」

3. 科学館での実践から分かったこと

2019年11月には、郡山ふれあい科学館の主催事業として、本キットを用いた「君もガリレオ！」ワークショップを行いました。参加者は郡山市とその周辺地域から希望者23名で、多くは大人であったものの5名は小4～小6の児童(ただし保護者同伴)でした。当日は晴天に恵まれ、月齢13の月を郡山駅前の広場にて観察することが出来ました。この際、保護者からの支援がある場合には小4の児童でも、本教具を利用して月の観察が可能であることが確認出来ました。

4. 本教具に必要な改善点

上記の参加小学生による望遠鏡操作の様子を観察し分かったことも含め、本教具の改良すべき点を指摘したいと思います。

4.1 三脚

アンケート等より、自宅に三脚がある家庭は想定していたより少ないことが分かりました。一方、島内小、郡山ともに所有する三脚は小型のものが多く、本キットの利用には強度等が不十分なものが多くありました。また、ほとんど

の児童は三脚を使った経験がなく、望遠鏡の操作と並んで、三脚の使い方を教えることが必要であることが分かりました。

4.2 高倍率アイピース

付属アイピースは低倍率（16 倍）が 25mm（ホイヘンス式）、高倍率（66 倍）が 6mm（プレッセル式）です。高倍率は土星の環の観察が充分にできるようにと設定しましたが、視野が狭く、覗く位置が初心者には分かりにくい欠点があります。

4.3 運搬・保管用ケース

現在は段ボールとボール紙による箱型のケースを用いています。三脚とのセットによる持ち運びも含め、運搬用保管ケースの長期利用教具の工夫が必要です。

4.4 ICT の活用

小学 6 年生の場合、暗い所で月のスケッチを正確に行うことはかなり難しい作業であることが本実践から分かりました。一方、ギガスクール構想のように ICT 利用が各学校でも進んでいます。今後の観察において、タブレット等を用いて、天体を撮像し学習利用出来るような工夫が重要です。本キットには簡易的なスマホ用カメラアダプターが付属しており、低倍率で月の撮像が可能ですが、さらに使い易い補助用具を開発することや学習補助のためのアプリケーションを用意していきたいと思えます。

付記・謝辞

本キットは、海外では「Kaifu-NAOJ 望遠鏡キット」と呼ばれています。初期製造品のうち 350 台が、2019 年に実施された IAU の創設 100 周年記念事業（IAU100）の一環として、世界各国での教員研修用等として無償配布されました。今後も海部宣男さんの遺志を継ぎ、海外への配布を増やし、世界各国、特に恵まれない地域の科学教育推進にも役立てていきたいと思えます。

小学校での実践を担当して下さった瀧澤輝佳先生に深く感謝します。また、本事業に協力して下さった高田裕行氏、都築泰久氏、加島信次氏、田口弘子氏、Ewine van Dishoeck 氏、海部宣男氏にここに謝意を記します。

本研究の一部は科学研究費（課題番号 19K03160）の助成を受けています。

本レポートをお読みいただき、各公開天文台施設でも組み立て式望遠鏡キットを補助用具として利活用をご検討いただければ幸いです。

文献

縣秀彦（2020），新しい生活様式における理科教育の実践，国立天文台ニュース，No.327，3-6.

縣秀彦，瀧澤輝佳（2020），自宅での望遠鏡を用いた月観察学習の試み ～小 6 理科「月と太陽」単元への導入とその評価～，天文教育，Vol.32 No.5，4-16.

渡辺進武，丹羽直正，酒井茂，上田康信，川上紳一（2003），天体望遠鏡（スピカ）と web 教材を活用した小中学校における「地球と宇宙」の指導法とその実践，科教研報，Vol.17(6)，7-10.

国立天文台

縣 秀彦 h.agata@nao.ac.jp

中島 静 shizuka.nakajima@nao.ac.jp

07 日本公開天文台協会 役員

会 長

村上恭彦（なよろ市立天文台）

副会長(理事)

中島克仁（りくべつ宇宙地球科学館）

宮本 敦（鳥取市さじアストロパーク）

理 事

安藤和真（ウェザーニューズ）

岩穴口栄市（たちばな天文台）

小野寺正己（仙台市天文台）

高野敦史（南阿蘇ルナ天文台）

高橋 進（多賀町教育委員会生涯学習課）

武井咲予（星空公団）

古屋昌美（枚方市野外活動センター 天文ボランティア・
スター・ウィーク実行委員会）

松尾 厚（元 山口県立博物館）

大会理事

竹内幹蔵（島根県立三瓶自然館サヒメル）：島根大会担当

齋藤 泉（栃木県子ども総合科学館）：栃木（リモート）大会担当

監 事

坪根 徹（佐久市天体観測施設 うすだスタードーム）

早水 勉（佐賀市星空学習館）

事務局長

安田岳志（姫路科学館）

（2021.09.5 現在）

日本公開天文台協会会則

(2005年7月15日設立)

第1章 総則

(会の名称)

第1条 本会は、日本公開天文台協会 (Japan Public Observatory Society : JAPOS) と称する。

第2章 目的および事業

(目的)

第2条 本会は、本物の天体を通して自然観を養い、心豊かな人格形成に資するための生涯学習支援に取り組む公開天文台の発展を目的とする。

(事業)

第3条 本会は、第2条の目的を達成するために、公開天文台間の情報交換および相互支援を行い、諸活動の充実と職員の資質の向上、ならびに職員と公開天文台の一層の社会的地位の向上を目指して以下の事業を行う。

- (1) 総会および年会 (全国大会) の開催
- (2) 年会集録および回報の刊行
- (3) 研究および調査の実施
- (4) メーリングリスト、ホームページの運営
- (5) 講演会、研修会、見学会等の開催
- (6) 関係諸団体との連携および協力
- (7) その他目的達成に必要な事業

第3章 会員

(種別)

第4条 本会は、次の会員で構成する。

- (1) 個人会員 天体観測施設に勤務する職員または天体観測施設に勤務経験がある個人
- (2) 施設会員 天体観測施設
- (3) 準会員 天文学、天体観測施設に関心のある個人
- (4) 賛助会員 目的に賛同し、本会の事業を援助する個人または団体

(入会)

第5条 本会に入会を希望する者は、所定の入会申込書の提出および会費を納入し、運営委員会の承認を得て会員となる。

(会費)

第6条 本会会員の会費は、別に細則でこれを定める。既に納入した会費は、いかなる場合においても返還しない。

(退会)

第7条 退会しようとする者は、退会届の提出を要する。

(除名)

第8条 一年以上会費を滞納した会員または本会の体面を汚す行為をした会員は、運営委員会の議決を経て会長が除名することができる。

第4章 役員および委員会

(役員)

第9条 本会に次の役員を置く。役員は個人会員の中から総会で選任する。任期は2年とし、重任は妨げないが、連続して2期までとする。

- (1) 会長 1名
- (2) 理事 10名以内
- (3) 監事 2名
- (4) 大会理事 1大会につき1名

2 副会長2名を会長が理事の中から指名する。会計担当者を理事の中から互選する。

3 第1項(1)から(3)の役員については、2年ごとにそれらの総数のおおむね半数が交代するものとする。

4 第1項(1)から(3)の役員については、役員区分が変わった場合においても、連続して4期を超えて務めることはできない。

5 役員の任期は8月1日から翌々年の7月31日までとする。ただし、欠員補充として選任された役員の任期は、前任者の任期が満了するまでとする。

6 役員の任期満了の日までに新たな役員が選任されない場合は、任期満了の役員は新たな役員が選任されるまで、なお役員としての権利義務を有する。

(役員等の職務)

第10条

(1) 会長は、本会の会務を総括し、本会を代表する。

(2) 副会長は、会長を補佐し、会長が事故あるとき、または会長不在のときはその職務を代理する。

(3) 事務局長は、本会の事務を総括する。

(4) 会長、副会長、事務局長、理事は運営委員会を組織し、本会の事務を執行する。

(5) 監事は、本会の会計監査および事務執行の監査を行う。

(6) 大会理事は総会および年会の開催にかかる事務を行う。

(委員会)

第11条 本会の事業および事務を行うため、必要な委員会を置くことができる。委員は運営委員会において承認し、会長が任命する。

(事務局)

第12条 事務局は事務局長、会計担当理事により構成される。また必要に応じて会長が指名した個人会員または準会員を事務局に加えることができる。

2 事務局長は、個人会員または準会員の中から会長が指名する。

(本会および事務局の所在地)

第12条の2 本会および事務局の所在地については、別に細則で定める。

第5章 会議

(総会)

第13条 総会は、第4条(1)の個人会員をもって組織する本会の最高決議機関である。他の会員は議決権を有しないが総会を傍聴することができる。総会は、毎年1回、年会開催時に会長が招集する。

(臨時総会)

第14条 運営委員会が必要と認めたとき、会長が招集する。また、個人会員の5分の1以上から会議に付議すべき事項を提示して総会の招集を請求されたとき、会長は請求があった日から60日以内に臨時総会を招集しなければならない。

(総会定足数)

第15条 総会は個人会員の5分の1以上の出席がなければ、会議を開き議決することはできない。委任状により議決権を委任した者は出席とみなす。

(総会議事)

第16条 総会の議長は会長または会長が指名した者が務める。総会の議事は、個人会員である出席者の過半数をもって決し、可否同数の場合は議長の決するところによる。

(運営委員会)

第17条 運営委員会は、総会の定めた基本方針に従い、本会の事務を執行する。運営委員会は年会開催時に総会に先立って会長が招集する。また役員半数以上より請求があった場合は、会長は運営委員会を招集しなければならない。運営委員会の議長は会長が務める。議事は、出席者の過半数をもって決し、可否同数の場合は議長の決するところによる。

(運営委員会による議決)

第17条の2 特別の事情により総会を招集することができないときは、運営委員会は総会において議決すべき事項を決することができる。ただし、会則に特別多数決により議決すべきと定められている事項および役員を選任については、これを決することができない。

2 前項の規定により運営委員会が議決をしたときは、会長は可能な限り早期に総会を招集し、その承認を求めなければならない。

第6章 会計

(資産)

第18条 本会の資産は、会費および事業収入、寄付金、その他収入からなる。

(資産の管理)

第19条 本会の資産は事務局長が掌理し、会長が監督する。

(予算、決算)

第20条 本会の事業計画および収支予算は毎年運営委員会が作成し、総会の議決を経て執行する。収支決算は運営委員会が作成し、毎会計年度終了後、総会に報告、承

認を受ける。

(会計年度)

第21条 本会の会計年度は、毎年4月1日に始まり、翌年3月31日に終わる。

第7章 会則、細則

(会則の変更)

第22条 本会則を変更しようとするときは、総会において個人会員である出席者の3分の2以上の賛成を必要とする。

(細則の決定)

第23条 本会則の実行に必要な細則は、運営委員会の議決を経て定め、総会に報告する。

第8章 解散

(解散)

第24条 本会の解散は、総会において個人会員である出席者の4分の3以上の賛成を必要とする。

附 則

この会則は、2021年総会での議決の時から施行する。ただし、第9条第1項、第3項および第4項については、2023年の次回役員改選の時から適用する。

<改正履歴>

- (1) 2006年6月14日制定
- (2) 2008年6月28日一部改正（第9条、第10条、第12条）
- (3) 2021年6月28日一部改正（第3条、第4条、第8条、第9条、第10条から第12条の2、第17条の2、附則）

○会費に関する細則

第1条 会費は総会開催月の月末までに支払うこと。但し、入会する者については入会時に支払うものとする。

第2条 本会の会費は次の通り定める。

- (1) 個人会員 年額2,000円
- (2) 施設会員 会費を支払うことを要しない
- (3) 準会員 年額1,000円
- (4) 賛助会員 年額一口以上（一口10,000円）

<改正履歴>

- (1) 2006年6月制定
- (2) 2007年4月25日一部改正（第1条）

○監事の職務に関する細則

(2007年6月14日 運営委員会承認)

(会計監査)

第1条 毎年の総会までに、会計担当理事から入出金明細の提示を受け、その内容が適正であるかを監査する。監査終了後に監査報告書を作成し、総会にて報告する。

(事業執行監査)

第2条 毎年の総会までに、事務局から前年度事業報告書の提示を受け、その内容が適正であるかを監査する。監査終了後に監査報告書を作成し、総会にて報告する。

第3条 上記監査のほか、役員会の議事において、進行が適正に行われているか適時助言する。

<改正履歴>

(1) 2006年6月14日制定

○総会および年会（全国大会）の開催に関する細則

(大会開催受付)

第1条 全国大会（以下「大会」）の開催地については2年前の総会から自薦他薦の受付を開始する。

(大会開催地決定)

第2条 大会開催地については運営委員会において候補地を選定し、1年前の総会において決定する。

(大会予算案の作成)

第3条 大会の予算案の作成は大会理事と事務局が行う。

(大会予算案の審議)

第4条 大会の予算案の審議は大会理事および運営委員会が行う。

(大会の経費調達)

第5条 大会にかかる経費調達方法については大会理事および運営委員会にて検討する。

(決算)

第6条 大会の決算については大会理事がおこない、運営委員会に報告する。

(大会参加助成)

第7条 施設運営・公開業務などの向上に取り組んでいる個人会員で、当該全国大会において研究発表を行う人に対して、参加のための交通費の補助と参加費の免除を行うことができる。

(1) 交通費補助は1人あたり3万円を上限とし、大会参加費（宿泊費、食費、懇親会費は含まない）を免除する。

(2) 対象人数は若干名とし、公募の上、運営委員会にて審査の上決定する。審査に