

2022 年のプラネタリウム一般向け番組制作

弘田澄人*・内藤武*・田中里佳*・三浦飛未来*・村上ひろ子*・石阪あすみ**

Planetarium general public show production in 2022.

Sumito Hirota*, Takeshi Naitou*, Satoka Tanaka*, Hibiki Miura*, Hiroko Murakami* and
Asumi Ishizaka**

はじめに

川崎市青少年科学館 (以下「科学館」という) は、1971 年に開館して以来、プラネタリウム一般向け投影の番組を自主制作し、職員の生解説により投影している。

一般向け投影は原則として毎月テーマを変え、その都度担当者を中心として関連する資料の収集、調査を経て番組の構成を検討し、演出プログラムの作成、映像の組込み等を行っている。

ここでは 2022 年 1 月から 12 月までに投影した一般向け番組の概要を報告する。

「すばると星の一生」

(1) 投影期間

2022 年 1 月 4 日～1 月 30 日

(2) 内容

冬の星空は、恒星の進化の過程でどのように姿を変化させていくのか辿るにはちょうど良い。代表的な天体を紹介しながら、星が今まさに誕生している現場から、星が最期に爆発した後の残骸を見ていく。

(3) 資料収集、調査研究の成果

ヨーロッパ南天天文台 (ESO) が公開している赤外線で見えたオリオン星雲のフルドーム映像 (Orion Nebula in infrared (fulldome) <http://www.eso.org/public/unitedkingdom/videos/orion-infrared-ps4>) を使用した。

(4) 番組の構成

①導入

おうし座にある散開星団 M45 がすばる (プレアデス星団) である。130 個ほどの恒星のうち 4 等級以上の明るい星が 6 個あり、肉眼でも見分けられる。冬に見られる散開星団は他にも、おうし座のヒヤデス星団、かに座のプレセペ星団がある。

②すばるの姿を見に行く

さらに詳しく見るためすばるに接近すると、青白い星の集まりとして見える。これらは同じ時期に生まれた恒星である。すばるから地上へ戻る途中にヒヤデス星団の近くを通り過ぎ、空間的に星が集まっている様子を見る。

③星の明るさと色

宇宙空間を往復し、星までの距離はそれぞれ異なることに気付く。星々を同じ距離に揃え、明るさや色を比べた。星の色は温度が高ければ青白く (O 型、B 型)、低ければ赤く (M 型星) 見える。帯状に青い星 (O 型、B 型) が集まって見えているところが天の川の川に相当する。天の川の星々は温度の高い星が集まっていると分かる。天の川の近くにある青い星の集まりはオリオン星雲で、そこへ接近してみるとガスや塵が集まり、新しい星が誕生している場所だった。

オリオン座にはベテルギウスという赤く明るい星 (赤色巨星) もある。表面温度が低いのに明るいのは、その星の直径がとても大きいことを意味する。ベテルギウスが超新星爆発するのは 10 万年以上先だと考えられている。

太陽よりも質量が 8 倍以上重い星が爆発した後の姿は、今から 1000 年前に起こった超新星爆発の残骸である M1 かに星雲に見ることができる。

④星の一生

冬の星空で星の一生を辿った。生まれて間もない星たちは星団として集まっている。それらが次第に広がっていく。そして太陽よりも 8 倍以上の質量を持つ星は最期に超新星爆発を起こす。すばるの青白い星もいずれ超新星爆発をされると考えられている。

星は最期を迎えると宇宙空間へガスや塵を散らせ、次の新しい星の材料になっていく。

*川崎市青少年科学館 (かわさき宙と緑の科学館) Kawasaki Municipal Science Museum

**はまぎんこども宇宙科学館 Hamagin Space Science Center

(5) 演出上の工夫等

ステラドームプロを使い、地球から離れて宇宙空間を進み、すばるやオリオン星雲へ接近した。その演出により宇宙空間の3次元的な広がりや星団で星が集まる様子を詳しく見た。

ESO で公開している赤外線で見えたオリオン星雲の動画をフルドームで投影し、可視光では星雲の中で見えていなかった、星がまさに誕生している場所の様子を見た。

光学式投影機のブライトスターを個別制御するコマンドにより、ベテルギウスを消してベテルギウスが超新星爆発した後の星空を投影した。

「オーロラのふるさと」

(1) 投影期間

2022 年 2 月 1 日～3 月 18 日

(2) 内容

太陽表面の活動は周期的に活発になるが、2020 年頃から新周期 (第 25 太陽活動周期) が始まったと考えられている。本番組ではオーロラの出現が太陽と関係していることを解説し、プラネタリウムドームで体験してもらう。

(3) 資料収集、調査研究の成果

オーロラの名前はローマ神話の曙の女神に由来し、諸説あるが 17 世紀初めにガリレオ・ガリレイが名付けたと言われる。科学的研究が始まる以前は死者の魂や不吉の前兆などとする言い伝えがあった。

1716 年にハレーがオーロラを観測し、縞模様が磁力線と一致すると推察し、地球内部から噴き出した磁気原子が磁力線に沿って発光すると仮説を立てた。1733 年にド・メランが太陽の黒点数がオーロラの発生頻度に関係することを見出し、発光の原因は地球外物質によるものと推察した。1741 年にはセルシウスがオーロラの発生により地球磁場が変動することを発見した。

1896 年にビルケランドがオーロラが太陽からやってくる荷電粒子と地球大気との反応であると結論づけた。

(4) 番組の構成

①導入

星空では流星や月食など様々な現象が起

きるが、限られた地域でしか見られない現象のひとつとしてオーロラがある。

②極北の星空とオーロラの出現

北極圏のアラスカ・コールドフットに移動し、川崎との星空の違いを解説しているところにオーロラが出現する。

③オーロラとは何か

地上から離陸し国際宇宙ステーション (ISS) の高度へ行き、オーロラが ISS よりも低い高度 100～200km で発光している様子を見る。

オーロラは地磁気の北極 (南極) を中心に帯状に発生する (オーロラベルト)。大気が発光するエネルギー源は太陽風と呼ばれる太陽からのプラズマである。

④オーロラのふるさとへ

ガリレオの時代から太陽黒点の観測が始まっており、約 11 年周期で増減を繰り返していることが知られている。太陽からのプラズマが地球の磁場に捕らえられ、オーロラが発生する様子を全天動画で解説する。

⑤オーロラ鑑賞

実写のオーロラの全天動画でオーロラの美しさを体験していただく。

(5) 演出上の工夫等

太陽活動の解説に科学館で観測した太陽表面の画像を使い、極大期、極小期、現在の黒点の様子を紹介した。

オーロラ発生のメカニズムは全天周動画素材を使い、オーロラの全天映像として中垣哲也氏撮影の実写全天動画を使用した。

「大人の学習投影」

(1) 投影期間

2022 年 3 月 19 日～4 月 28 日

(2) 内容

月や星の動きなど、小中学校を対象に実施している学習投影を一般の方々にも体験していただく。

(3) 資料収集、調査研究の成果

現行の学習指導要領では、理科の天文に関する単元として、小学校 4 年生で星の明るさと色、月の形、星の動きなどを学習す

る。小学校 6 年生では月の形と太陽の位置を学習する。

中学校では天体の動きと地球の自転・公転、太陽系と恒星を学習し、金星の公転と見え方などを取り扱う。

(4) 番組の構成

①1 時間目・太陽の動き (小学校 3 年生)

8 時の空に始まり、1 日の太陽の動きを観察する。南で最も高くなる (南中) が、川崎の場合この時刻は正午よりも前である。

冬至、夏至、春分秋分の太陽の通り道を示し、季節によって太陽の高さや昼間の長さが変わることを解説する。

②2 時間目・星の明るさと色 (小学校 4 年生)

当日 20 時頃の星空で明るい星や星座を紹介する。星には明るさの違いがあり、それを等級で表すことを解説する。また、星 (恒星) には色の違いがあり、表面温度の違いであることにも触れる。

③3 時間目・月や星の動き (小学校 4 年生)

1～2 時間後まで時刻を進め、星は時間がたつと位置が変わるが、星の集まり (星座) の形は変わらないことを確かめる。

恒星の軌跡を残しながら時間を進め、星は北極星を中心に円を描くように東から西に絶えず動く様子を見る。

④4 時間目・金星の満ち欠け (中学校)

明け方まで時間が進んだところで明けの明星である金星を見る。拡大すると形が分かり、日付を進めると満ち欠けしていく様子が分かる。

⑤まとめ

ここまでは通常の学習投影に倣って地上からの視点で話を進めてきたが、宇宙からの視点でここまでの内容を振り返る。

三球儀のように太陽、地球、月を俯瞰して時間を進め、地球の自転から星の日周運動、月の公転により満ち欠けが起きることを解説する。

地球と金星は太陽の周りを公転しており、金星の見える位置や形が変わることを解説する。

地上で観察される星々の動きは、地球の

自転や公転など、天体の運行によるものである。

(5) 演出上の工夫等

学校の雰囲気を演出するため投影開始時にドーム内でチャイムを鳴らした。

デジタル式プラネタリウムで恒星を絶対等級で表示したり、やや強調した色合いのテクスチャを恒星に使い、色の違いを際立たせた。

「星座 いま・むかし」

(1) 投影期間

2022 年 4 月 29 日～5 月 31 日

(2) 内容

1922 年に国際天文学連合により 88 星座の名称が制定されてから 100 年を迎えた。星座の起源について紹介し、紀元前から現代に至るまでの星座の変遷を、時代を追って紹介する。星座として定められているのは絵でも線でもなく、境界線である点、また恒星の固有運動により星座の形は変わっていく点についてふれ、星座を楽しむきっかけにする。

(3) 資料収集、調査研究の成果

古代の叙事詩や中世の星図について、文献内の文章や画像を使用した。

『アラトスのファイノメナ』: 紀元前 3 世紀に詩人アラトスにより著された叙事詩。1 世紀にラテン語に翻訳されたものが、1600 年フーゴー・グロティウスにより『シュンタグマ・アラテオルム (”グロティウスの星座図帳”)』に収録されている。千葉県郷土博物館により翻訳された書籍 (1999) から引用した。

ド・ラ・イール天球図 (北天図 1766 年、南天図 1760 年) : 千葉市立郷土博物館所蔵の資料を借用し、撮影した画像を番組内にて全天投影した。フランス王家の紋章が星座になった「ゆりのはな座」を紹介した。

今は存在しない星座として、つぐみ座、ポニアトフスキーのおうし座を紹介した。番組内では科学館所蔵の「ボーデの星図」(1782) の画像をかつての星座の場所に示した。

(4) 番組の構成

①星座の起源をたどる旅

星座の作られた時代である紀元前 3000 年へ、5000 年分の歳差運動による星空の変化を見ながら時代を遡る。

②星座の始まり

5000 年前のメソポタミア地方では、人々は農業や牧畜で暮らし、夜空に輝く星々を「天の羊たち」と呼んだ。空の上での太陽の通り道に黄道 12 星座が作られ、今日の星座の原形となった。また、エジプトではナイル川の氾濫時期を知らせる星としてシリウスが神聖化されるなど、星と人々の生活は密接に結びついて発展してきた。5000 年前から現代へと時代を戻りながら、星座の在り方の変遷を紹介していった。

③プトレマイオスの 48 星座

メソポタミアから地中海貿易を介してギリシアに渡った星座は、神々の神話と結びつき、物語（叙事詩）の文化が花開いた。紀元前 3 世紀に著された叙事詩『アラトスのファイノメナ』から、へびつかい座・さそり座の一節を紹介し、現在と共通した姿が詩に歌われているのを、星座絵を見ながら感じた。

紀元 140 年頃にはプトレマイオスにより、古代天文学の集大成となる『メガレ・シンタクシス』が著され、当時知られていた 48 星座がまとめられた。この後約 1500 年間、ほぼそのまま使われ続け、プトレマイオス（トレミー）の 48 星座と呼ばれている。

④大航海時代以降の星座

16 世紀になり、天体の観測技術が向上し天文学が発展した。天球上での天体の位置を示すため、北半球の星空でまだ星座のない場所に、次々と新しい星座が作られた。また、15～17 世紀の大航海時代には、人々は初めて見る南半球の星空に星座を作った。

新しく作られた星座の中には、為政者を称える目的のものなど、国によって異なる星座も存在した。

⑤国際天文学連合による 88 星座の制定

星座は国際天文学連合により整理され、1922 年に 88 星座の名称が定められた。星座として決まっているのは境界線であり、

絵や線は自由に描いてよい。例としておとめ座、わし座の星座線の異なる引き方を示した。

⑥固有運動や宇宙視点での星座の形の変化

星座の形は常に同じではない。10 万年後までの恒星の固有運動を示し、形が大きく変わっていく様子を示した。また、天球上に一様に並んでいるように見える星たちも、地球からの距離は異なる。宇宙空間で北斗七星の星の並びが、別の角度から見るとひしゃくの形ではないことを示した。

夜空を見上げて星をつなぎ、今この時の星座たちの姿を楽しんでほしい。

(5) 演出上の工夫等

5000 年前の星空において、ステラドーム上で 4 等星以上の恒星のテクスチャを羊のイラストに置き換え、「天の羊たち」を表現した。恒星の等級（イラストの大きさで表現）や色を反映させ、日周運動により夜空をゆく羊たちを楽しんだ。

ギリシアの叙事詩『ファイノメナ』を紹介する際、かわさきプラネタリウム同好会会長 間渕氏に朗読して頂いた録音音源を番組内で使用した。男声の重厚な雰囲気て紡がれる詩の言葉と、星の並びで表されるへびつかい座の姿が一致する様は、時を超えて受け継がれてきた星座の歴史を感じられる時間となった。

H. A. レイ (1969) や StellaDome、Uniview で使われている星座線をもとに、星座線の異なる引き方を複数準備し、絵のイメージに合わせて好きなように線を引いてよいことを伝えた。

投影期間中に、Twitter にて一連の「星座境界線クイズ」（全 8 回、4 月 29 日～5 月 31 日）#夜空の点と線 を投稿し、星座の定義としての境界線に興味を持ってもらうよう工夫した。

「宇宙のはじまり」

(1) 投影期間

2022 年 6 月 1 日～30 日

(2) 内容

ビッグバンによって宇宙が誕生した時の名残が宇宙背景放射として観測される。そのゆらぎは宇宙の大規模構造の種になった

と考えられる。

(3) 資料収集、調査研究の成果

ガモフの考えた火の玉宇宙の名残として Alpher と Herman は 5K 程度の放射を予測した。1965 年に Penzias と Wilson が偶然 3.5K に相当する波長 7.5cm の電波があらゆる方向からやってくることを検出。半年後には 3.0K に相当する 3.2cm の放射が検出され、3K の黒体放射であることが確認された。

背景放射の精密な測定のため人工衛星による観測が行われるようになり、1989 年に打ち上げられた COBE は放射の温度を 2.725K と観測した。2001 年の WMAP は角分解能を向上させ背景放射の揺らぎを精密に観測し、さらに 2009 年のプランク衛星はより高感度、高分解能の観測を行った。

(4) 番組の構成

①宇宙の階層構造

宇宙はいつ頃誕生し、どのくらいの広がりがあるのか。それを探るために宇宙空間へ。地球から離れながら、太陽系、銀河系、銀河団と、宇宙は階層構造を持つ様子を見る。

②宇宙の大規模構造

銀河の分布には泡構造が見られる。遠くの銀河ほど早く遠ざかっていることから宇宙が膨張していることが分かる。

③宇宙の誕生と背景放射

138 億年前、誕生したばかりの宇宙は高温高密度の状態、光は直進できない。誕生から 38 万年後、電子が原子核に捕らえられて直進できるようになる（宇宙の晴れ上がり）。この時の光が宇宙最古の光として現在も観測できる（宇宙背景放射）。

その後、背景放射のゆらぎが観測され、宇宙の大規模構造の基になったと考えられる。

④宇宙の運命

宇宙の晴れ上がり以前は光（電磁波）では観測ができないため、ニュートリノや重力波の観測により宇宙誕生の瞬間に迫ることができる。残される宇宙のナゾの解明のためにさらに観測技術の進歩が望まれる。

(5) 演出上の工夫等

ユニビュウを使って太陽系から星の世界、

銀河の世界を飛行し、宇宙の階層構造と大規模構造を見る。

火の玉宇宙から宇宙の晴れ上がり、ビッグバンの様子は全天動画を用いた。

「七夕のほし」

(1) 投影期間

2022 年 7 月 1 日～7 月 18 日

(2) 内容

七夕はもともと中国から伝わり、江戸時代には庶民に定着していた。七夕の星々を訪ね、現代にも残る星祭りの様子を見る。

(3) 資料収集、調査研究の成果

古代中国の魔除けの風習と牽牛織女伝説が結びつき、技芸の上達を願う乞巧奠となった。中国から朝鮮、さらに日本にまで広まり、平安時代に宮中の 7 月 7 日の行事となった。

古代日本の棚機女（たなばたつめ）伝説と融合したことが七夕（たなばた）の所以と言われる。

子供の成長を祈る五節句のひとつとして江戸時代後期には庶民に浸透していた。

(4) 番組の構成

①七夕の風習

現在の七夕は笹飾りや短冊に願いごとを書くなどの風習が一般的である。商店街の行事となったり、七夕スイーツなども登場し、日本中に定着している。

家庭の他、地域で盛大に行われるところもあり、県内では 7 月 7 日頃に開催される平塚の七夕が三大七夕のひとつに数えられている。

仙台の七夕も有名だが、開催は月遅れの 8 月である。また、秋田の竿灯、青森のねぶたも月遅れ七夕の時期に催される。

②七夕と暦

仙台の七夕は江戸時代から続くが、当時はいわゆる旧暦で、現在の暦だと約 1 か月遅くなる。

江戸時代には庶民にも七夕がひろまっていたが、旧暦 7 月 15 日の盆の準備の意味合いもあった。また奇数は縁起が良いとされ、五節句のひとつでもある。

旧暦は月の満ち欠けをもとにした暦で、

七夕の頃は天の川のほとりに半月が見え、舟に見立てることもできる。

庶民に広まる前は宮中の行事として行われており、遣唐使が中国から持ち帰ったとされている。

③中国の星座

中国には独自の星座があり、3000年以上前にさかのぼると言われている。

形よりも位置を重視し、身分の違いが表されるなど人間社会を反映したようにも見える。

天帝は天の北極から国の様子を見守っている。その中に織姫と彦星もいた。

④七夕の星

天の川を隔てて別れているように見える2人。広い宇宙ではすぐ近く、宇宙の年齢や星の寿命を考えると1年はあっという間。

(5) 演出上の工夫等

平塚、仙台の七夕の風景を投影し、祭りの雰囲気演出した。

中国星座を描いた古星図を全天に投影し、一般的な星座との違いを解説した。

「今年で白寿 プラネタリウム大解剖」

(1) 投影期間

2022年7月20日～8月28日

(2) 内容

2022年は、1923年に光学式プラネタリウムが発明されてから99周年となる。これを記念して、企画展「誕生99年 プラネタリウムのひみつ」(以下、企画展)を実施した。本番組では、プラネタリウム投影機そのものの仕組みに注目する。企画展と合わせて観覧することで理解が深まることを狙いとし、プラネタリウムの歴史と現在の投影機の機能を紹介して演示した。

(3) 資料収集、調査研究の成果

プラネタリウムの歴史についての資料収集・調査研究は、企画展と同時に進めた。歴史的事実関係については、主に児玉(2020)、山田(1993)、国際プラネタリウム協会(IPS)ウェブサイトによる。

本番組内で使用した資料は、ツアイスI型投影機画像1枚(カールツァイス社公式サイトよりダウンロード)、大阪市立電気科

学館外観写真、現役当時のツアイスII型写真(ともに大阪市立科学館提供)である。

(4) 番組の構成

①プラネタリウムが生まれるまで

星空の再現装置であるプラネタリウムの歴史は、人類の宇宙観を表出させたものと言える。古代の人々は、夜空の星々は地上を囲む巨大な球体である天球に張り付いていると考えた。天球の星々を再現するため、様々な装置が開発された。星空の模型である天球儀では星座の位置関係は再現できるが、天球を外側から観察することになり本物の夜空とは程遠い。17世紀以降にはゴットルプ天球儀やアトウッド天球儀等、直径が数mあり、観察者が中に入るものが作られるようになる。空に見立てた球面に星を描くスタイルが生まれた。しかし、天球儀では惑星の動きが再現できなかった。

一方、惑星の動きを歯車で再現する惑星運行機(オーラリー)の開発も全く別の歴史として進んだ。そして、1923年、ドイツのカールツァイス社によって天球儀とオーラリーのアイデアを組み合わせ、ドーム球面の中心に投影装置を設置して、惑星(planet)の動きを含めて星空を再現する光学式プラネタリウム(planetarium)が誕生した。

②世界に広がるプラネタリウム

披露されたプラネタリウム(ツアイスI型)では、月の満ち欠け・惑星や太陽の視運動を歯車とレンズの組み合わせだけで再現された。人々は驚き「イエナの驚異」と呼ばれた。一方で、ツアイスI型は緯度変化の機構がなく、ドイツの星空しか投影できなかった。そこで、ツアイスは新たに緯度変化機能の付いたツアイスII型を製造した。これにより南半球の星空、南十字星や、マゼラン雲も観察でき、各緯度での日周運動も再現できるようになった。世界中の星空が映せるようになり、プラネタリウムも世界へと広まった。1937年、大阪市立電気科学館に東洋初のプラネタリウムが誕生した。

③歳差運動

プラネタリウムでは歳差運動の再現によって、未来や過去へ簡単に時間移動が可能だ。メガスターは日周(経度)、緯度、方位

の3軸で駆動しており、歳差運動はその合成で再現している。

また、メガスターIIIフュージョンには光学リアルタイムマスク機能があり、スカイラインに合わせて光学式投影機の恒星を消灯させることができる。

これまでの約100年の歴史を経て自然な星空を再現するためにプラネタリウムの機能は日進月歩してきた。これからのプラネタリウムの進歩に期待が高まる。

(5) 演出上の工夫等

古代の人々の宇宙観を表現し、天球の概念を直感的に理解できるように、ステラドームの天球儀モードを使用した。天球儀モードとは、ドームに投影する星空を天球に張り付いていると見立て、天球を外から観察できる描写である。

歳差運動を3軸合成で再現していることを伝えるために、西暦1万2400年の星空から、現在の星空に戻る演出の際に、方位・緯度・経度の3軸を1軸ごとに動かして元の姿勢に戻すコマンドを設定した。

リアルタイムマスク機能をわかりやすく表現するために、川崎市立小杉小学校の学校スカイラインを使用した。

「星たちのダンス」

(1) 投影期間

2022年9月3日～30日

(2) 内容

「まわる」をキーワードに、太陽系、恒星系、銀河系とより大きな視点まで広げて天体の動きを観察し、宇宙における天体の回転運動の共通性を伝える。

(3) 資料収集、調査研究の成果

α ケンタウリ星系(3重連星)の様子を詳しく示すため、ESOの動画を使用した。宇宙空間の分子雲から連星系が生まれる様子は、国立天文台4D2Uプロジェクトによるシミュレーション動画を用いて、科学的な知見をもとに解説ができるようにした。

(4) 番組の構成

①地上から見た天体の動き

木星は時間とともに表面の模様が回転していく。これは、地球と同じように木星自身

がまわっているから。まわる天体たちの姿を見に行ってみよう。

②太陽系の視点

宇宙空間で視点を変えながら、地球の自転(秒速約460m)、太陽の自転、月の公転、さらに太陽系を俯瞰して惑星の公転(地球の公転速度は秒速約30km)を再現し、太陽系の仲間たちがみんなそれぞれまわっていることを示す。

③連星系の視点

太陽系から離れて恒星の世界へ。太陽系に一番近い恒星である α ケンタウリ星系へと接近し、3重連星の様子を観察する。太陽程度の質量の恒星は過半数が連星で生まれることを、連星系誕生のシミュレーションにより再現する。

④銀河系の視点

太陽系も銀河系の他の星々と共に、銀河中心から約26000光年離れたところを秒速約230kmでまわっている。

私たちも地球と一緒にまわりながら、まるでダンスをするように宇宙を旅している。地上から時間や季節と共に移り変わる星空を見上げ、まわる地球を感じる。

(5) 演出上の工夫等

スペースエンジンUniviewを使用し、恒星間を移動して銀河系へと視点を移動する際、精密な描写に基づいた臨場感ある演出ができた。

ワルツを中心としたクラシック曲をBGMに用い、リズムに乗ってまわる雰囲気を出した。(美しく青きドナウ、トリッチ・トラッチ・ポルカ、華麗なる大円舞曲、など)

「ちょっとざんねんな天体たち」

(1) 投影期間

2022年10月1日～30日

(2) 内容

天体や天文現象の中には期待していたのに期待外れに終わってしまうものがある。その原因と仕組み、そして、その魅力を紹介するとともに、計算によって正確に予報される天文現象を紹介する。11月8日の皆既月食と天王星食を見て頂くきっかけとする。

(3) 資料収集、調査研究の成果

アンドロメダ銀河とハレー彗星は科学館が所有している写真を使用した。

天文現象が期待外れに終わってしまった背景を当時の天文雑誌 (SKYWATCHER、天文ガイド等) で調査した。

流星は宇宙空間のチリ (約 30 マイクロメートルから 1 メートル程度の固体) が地球大気と衝突し発光する現象である。流星が特定の日に数が増えるものを流星群と呼ぶ。流星群は主に彗星が放出したチリが集中した軌道上 (ダストトレイル) を通過する時に見られる現象である。1990 年代までは母彗星の平均軌道の周りにチリが分布していると考えられていた。また、母彗星に近いほどチリは多いと考えられていた。

ジャコビニ流星群については 1972 年にジャコビニ・ツィンナー彗星が降交点を通過した直後に地球が彗星軌道に近づいたため、流星雨になると予想された。実際には、彗星は回帰ごとに少しずつ違った軌道を通り、それぞれの軌道にチリを残してダストトレイルを作っており、1972 年はどのダストトレイルにも接近していなかったため流星が出現しなかったことが後の研究で明らかになった (渡部ほか, 2006)。ハレー彗星については最接近の半年以上前から天文雑誌で特集が組まれ、多くの関連書籍が出版されるなど、広く一般にも大きく期待されていた半面、五島プラネタリウム観望会の記事 (天文ガイド, 1986) などに見られるように人々からは落胆の声があった。

(4) 番組の構成

①がっかりされる天体たち

人間の目の集光力には限界があるため肉眼で見るとぼやけた様子にしか見えず、図鑑等に載っている長い露出時間をかけて撮られた写真のような姿を期待しているとがっかりされることが多い。一例としてアンドロメダ銀河を取り上げ、残念に思われてしまう天体や天文現象を紹介していく。

②流星群

流れ星が毎年決まった時期に多く見られるものが流星群で、時々大出現するものもある。1972 年のジャコビニ流星群は、ジャコビニ・ツィンナー彗星の回帰時に地球が彗星軌道に近づき、天文学者が流星雨にな

ると報じた。ところが、流星は全く見られず、「星占いは苦手、天文台」という見出しが新聞紙面に踊り、ユーミンが歌に残すほど、人々の期待を裏切った。現在では流星研究が進歩し、流星群予報の精度が格段に向上している。

③彗星

彗星は太陽系の内側でガスやダスト (塵) を放出する天体である。彗星は条件によって見え方が大きく変わり、1986 年のハレー彗星は多くの人に期待されたが日本からの条件は良くなかった。また、2014 年のアイソン彗星は、大彗星になると期待されながら太陽に近づきすぎて消滅してしまった。一方で、予期せず出現した場合もある。その一例として 2006 年のマックノート彗星を取りあげた。

④皆既月食と天王星食

天気の影響がない限り予測通り観望することができる天体・天文現象として皆既月食を取り上げた。ここでは、投影期間に近い 2022 年 11 月 8 日に皆既月食・天王星食が同時に起きることから、2つの現象をプラネタリウムで宇宙空間と地上からの視点で再現した。

⑤まとめ

天文現象が期待外れになってしまうのには理由がある。また、近年では流星群の極大日時や彗星の軌道を正確に予測できるようになってきた。

天体のこと、天文現象が起こる仕組みを知り、また、国立天文台や天文年鑑などの予測情報などを参考にしながら観望を楽しんでいただきたい。

(5) 演出上の工夫等

天文現象が起きる仕組みが分かりやすくなるように、ダストトレイルの中を地球が通り過ぎていく様子を宇宙空間に再現したり、皆既月食と天王星食を三球儀的に見える視点で表現した。

皆既月食と天王星食を再現するシーンでは、肉眼で天王星食を見ることができないことから、皆既月食と天王星食を拡大して演出した。

「遠くの銀河を求めて」

(1) 投影期間

2022 年 11 月 1 日～30 日

(2) 内容

国立天文台ハワイ観測所のすばる望遠鏡に、Hyper Supreme Cam (HSC) が搭載されて 10 年を迎える。HSC の広視野、高感度な観測により明らかになった、遠方銀河の多様な姿を見にいく。遠くを見ることで過去の宇宙の姿が明らかになるという天文学の面白さを感じる。

(3) 資料収集、調査研究の成果

国立天文台 HSC すばる戦略枠プログラムのウェブサイトにて、大規模サーベイの目的と詳細について調査した。また同サイトのギャラリーより、HSC の観測装置や観測された代表的な銀河の画像を使用した。

大規模サーベイの観測成果は、「市民天文学」として国立天文台が推進する Galaxy Cruise にて活用されている。銀河形状の分類を通して、誰でも最新の天文学の研究に参加できる取り組みとして、番組内でも紹介した。

(4) 番組の構成

①アンドロメダ銀河の姿

秋の星空に見られるアンドロメダ銀河は、肉眼で見ることができる最も遠い天体である。肉眼ではぼんやりとした淡い光だが、望遠鏡で光を集めることで、渦巻き銀河の姿が見えてくる。すばる望遠鏡で撮影されたアンドロメダ銀河の画像を導入とし、日本からハワイへと移動する。

②すばる望遠鏡 HSC の特長

ハワイ島マウナケア山山頂のすばる望遠鏡に搭載された HSC を紹介する。HSC により、一度の撮影でアンドロメダ銀河全体を網羅し、満月 9 個分に値する広い視野の観測が可能となった。また、70 億光年先の渦巻き銀河の観測結果を、過去の SDSS 観測結果と比較。感度や分解能が向上し、より詳しい銀河の構造がわかるようになった。地球から離陸し、HSC の目で遠くの銀河の世界を見に行く。

③天の川銀河の姿

まず見えてくるのは私たちの銀河の姿。数千億個の恒星が集まり、約 10 万光年の幅を持つ棒渦巻銀河を形成している。ハローと呼ばれる周辺領域にある、銀河系形成初期からの暗く古い星 (120 億歳前後) の分布を HSC で詳しく観測することで、初期の銀河系は約 52 万光年まで広がっていたことが分かってきた。

銀河が生まれる際には多数の小さな銀河が衝突と合体を繰り返すと考えられているが、その過程についてはまだわかっていないことも多い。

④多様な銀河の世界

天の川銀河の外には、無数の銀河が広がる。大規模サーベイにより HSC がとらえた銀河の画像には、渦巻き銀河や楕円銀河だけでなく、銀河同士が衝突し、ゆがみやしっぽなどの特徴的な形状が多数観測された。また、すばる望遠鏡がとらえた最遠方の銀河までの距離は 129 億光年。HSC の目でより遠くの暗い銀河を詳しく観測することで、銀河がどのように生まれ進化してきたかの謎にせまることが期待される。

(5) 演出上の工夫等

スペースエンジン Uniview を使用し、天の川銀河から銀河の連なる宇宙の大規模構造までの詳細な描写を演出として用いた。

11 月 26 日 (土) に天文講演会「宇宙の『ちり粒』が放つ微かな光をハワイ・すばる望遠鏡から望む」を実施した。すばる望遠鏡の広報担当サイエンティストとして活躍された藤原英明氏に、すばる望遠鏡の現地の様子や、惑星形成の謎にせまる研究について講演頂き、すばる望遠鏡についてより詳しく知る機会を提供した。

「惑星を追いかけて」

(1) 投影期間

2022 年 12 月 1 日～28 日

(2) 内容

2022 年 12 月は宵の空で土星・木星・火星がよく見える。特に火星は 12 月 1 日に地球に最接近し、2 年ぶりの見ごろとなる。外惑星の衝の前後の視運動は、順行→留→逆行→留→順行と複雑なものである。惑星の視

運動はどのように理解されてきたのかを天動説・地動説の変遷とともに振り返る。

(3) 資料収集、調査研究の成果

国立天文台ホームページ暦計算室の暦 Wiki の天動説と地動説の項目を参考にして番組内容を制作した。

(4) 番組の構成

①惑星は位置を変える

惑星は、星座の中を日々動いている。2022 年の火星に注目すると、本番組の投影期間中である 12 月時点では火星が西に進み、2023 年に入ると東に進む様子が見られる。

②惑星の動きの不思議

惑星の動きを詳しく探るため、2022 年 7 月 1 日から時間を追って動きをたどる。時間経過とともに、太陽・月、惑星は星座の中を移動する。火星は東へ順行するが、10 月下旬になると動きが遅くなり、10 月 30 日に留を迎える。留を過ぎると火星は逆行する。そして 2 度目の留が 1 月 13 日となり、Z 字を描くように移動する様子が見て取れる。

③地動説と天動説

昔の人々は、惑星の奇妙な動きを説明するために、様々な理屈を考えた。地球が世界の中心の不動の存在であるとし、惑星が地球を周回すると考えた。単純な円運動では、惑星の逆行等複雑な動きを説明できないため、地球を中心とした導円上に中心を置く、周転円上を移動すると考えた。しかし、天動説で説明する惑星の動きは非常に複雑なものとなる。これらの天体の運動をより簡潔に説明したのが地球も含め、惑星は太陽を中心に周回するとした地動説である。

④逆行はなぜ起きるのか

現在では、惑星は太陽を中心に楕円軌道上を周回するとされている。一見単純に見える仕組みであるが、地上から見える逆行等の複雑な視運動を見せる。これは各惑星の公転周期が異なり、位置関係が変化するためである。火星の逆行前後の地球-火星の位置変化を、宇宙から俯瞰した構図で観察すると、地球から見た火星の位置は恒星に対して東向きに移動する。一方、地球が火星

に接近し、内側から追い抜く前後の数か月間は、見かけの動きが西向きに変化する。これが逆行の仕組みである。

惑星は文字通り夜空をさまよう様に位置を変化させる。この動きは、私たちの地球が太陽系の中を動いていることを実感する一つの現象ということができる。

(5) 演出上の工夫等

操作ソフトにはステラドームプロを用いた。天動説の説明のために、宇宙へ飛び立った視点で、ターゲットを地球に固定し、時間を進めて各惑星の「天動説による動き」を表現した。惑星の動きに光跡を残し、惑星が地球の周りを複雑に動く様子から、周転円を直感的に理解できるようにした。

引用文献

- 千葉市立郷土博物館, 1999. 天文資料解説集 No.1 グロティウスの星座図帳. 126 pp., 大塚工藝社, 京都.
- H.A. レイ・草下英明, 1969. 星座を見つけよう. pp. 17-20, 72 pp, 福音館書店, 東京.
- J. E. Bode's Sternatlas, 1782.
- 児玉光義, 2020. プラネタリウム技術の系統化調査 国立科学博物館技術の系統化調査報告, (29) : 1-106.
- 天文ガイド編集部, 1986, 情報ボックス. pp. 52, In: 天文ガイド, 22 (3), 136 pp, 誠文堂新光社, 東京.
- 山田卓, 1993. プラネタリウムの生まれと育ち. pp. 2-14, In: 天文教育普及研究会プラネタリウム・ワーキンググループ (編) 教育のためのプラネタリウム: 設置についての基本的な考え方. 124 pp, 天文教育普及研究会, 三鷹.
- 渡部潤一・佐藤幹哉・春日敏測, 2006, 幻の流星を追って. 天文月報, 99 (11) : 629-636.

インターネット情報

- European Southern Observatory, 2013. Earth to Alpha Centauri,
<https://www.eso.org/public/videos/fromearthtoalphacentauri/> (accessed on 2023-Jan.-9).
- History of the Planetarium
<https://planetarium100.org/history/> (accessed on 2022-Dec.-21).
- HSC すばる戦略枠プログラムウェブサイト.
https://hsc.mtk.nao.ac.jp/ssp/home/home_jp/

(accessed on 2023-Jan.-12).
国立天文台 4D2U プロジェクト, 2020. 多重
星の形成,
<https://4d2u.nao.ac.jp/t/var/download/MultipleStar.html> (accessed on 2023-Jan.-9).
国立天文台 Galaxy Cruise.
<https://galaxycruise.mtk.nao.ac.jp/> (accessed
on 2023-Jan.-12).

国立天文台暦計算室, 暦 Wiki 地動説
<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/wiki/C3CF6B0C0E2.html> (accessed on 2023-Jan.-10).
国立天文台暦計算室, 暦 Wiki 天動説
<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/wiki/C5B7C6B0C0E2.html> (accessed on 2023-Jan.-1).