

星空全天の生中継イベント「星空ライブビューイング」実施報告

渡部 義弥*

概要

「星空ライブビューイング」は、2022年2月26日に実施したイベントで、プラネタリウムのスクリーン全体に撮影した星空全体を生中継するのを中心に構成した。これは、2022年2月2日にリニューアルオープンしたばかりのプラネタリウムの機能で、外部の映像を自由に映写できるものを活用するために考えたものである。最終的には10秒毎に、遠隔地(福島県と岡山県)の星空の様子を、特殊な機材や回線を使わずに生中継することができた。本稿では、文化庁の博物館活動に関する支援を得、NHK 大阪放送局と共催したイベントの概要と、生中継の技術的な検討と実際の実施の様子などについて報告する。

1. はじめに

大阪市立科学館では、2022年2月にプラネタリウムをリニューアルした(渡部ほか2022[1])。

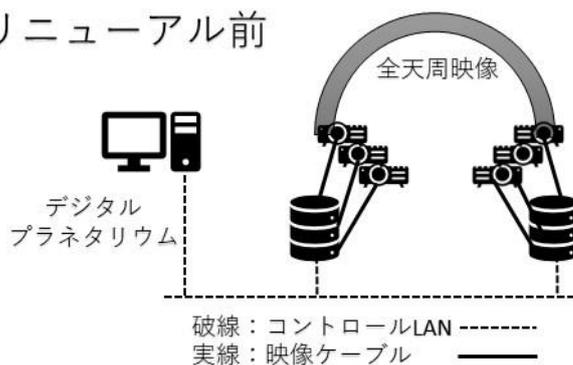
このさい、全天周映像を最終出力するのを、従来のようにデジタルプラネタリウム(全天周映像システム)ではなく、メディアサーバーであるアマテラスサーバー(オリハルコンテクノロジーズ社)で行うようにした(図1)。

アマテラスサーバーは、6つの DisplayPort 入力を持ち、各々4K×2K 解像度または 3K×3K 解像度までの映像信号を受け付けられる。これを内部で処理をし、6台の 4K×2K プロジェクターで作り出す6K×6K のドーム映像内に自在に配置できるようになった。ただし、アマテラスサーバーの入力のうち4つまでは、デジタルプラネタリウムが占有しているので、他の入力はあと2つと、LAN を介した NDI 入力も追加できる(同時は内部帯域輻輳のためうまくいかないことがある)。

これにより、アマテラスサーバーに適当な映像を信号として入力すれば、全天周映像の任意の場所、サイズでその映像をはめ込むことが可能になった(ズームや移動などの演出も可能)。日常的にはパワーポイントの画像・映像などを任意の場所にはめ込んでおり、また Zoom などの画面をはめ込むこともできるし、もちろん全天周映像も映写可能である。

今回紹介する「星空ライブビューイング」は、このリニューアルされた機能を活用し、遠隔地にある星空全体の映像をリアルタイムに大阪市立科学館のプラネタリウムに全天周映像として映し出す試みである。

リニューアル前



リニューアル後

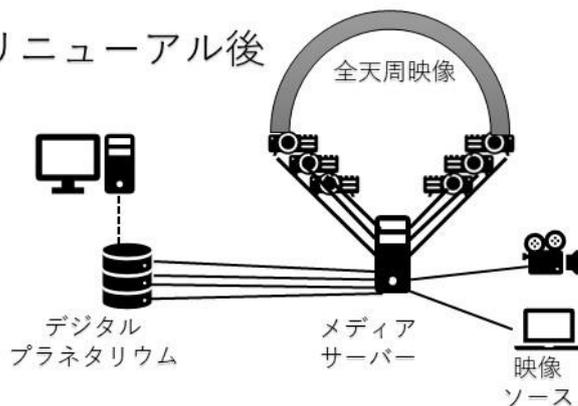


図1. リニューアル前後の全天映像入出力の変化

遠隔地の映像のプラネタリウムの中継については、当館でもリニューアル前に、石坂ほか(2021)[2]の姫路市の星の子館の望遠鏡映像を中継したケースがある。

ただし、このケースでは全天周映像ではなく、別に設置した PC に直結した四角い画面の HD 画質の

「別設プロジェクタ」を利用して中継映像を映写している。また、他館での先行事例としては、熊本県の南阿蘇ルナ天文台の映像を福岡市科学館に中継するイベントも2019年から数回行われている。[4]。ただしこれも望遠鏡の映像中継であり、全天の中継ではない。今回は、星空すべてを「全天周映像」としてまるごと中継しようというもので、その点が違う。

なお、空全体の中継では、10年以上前の2009年の日食のさいに、超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム(URCF)および読売新聞社との共催で、日食で暗くなった星空を中継したケースがある。このさいは、映写用に特別の全天プロジェクターを臨時に設置しており、今回のように通常使う機器で実行していない。そもそもこの遠隔地との中継は、上記URCFの実験的な事業であり、URCF参加の朝日放送との間に同じくURCF参加のNTTの研究用の臨時の光ファイバー回線とマイクロ波回線を敷設するなど、研究実験のための非常に特殊なケースであった。

なお、中継にこだわらなければ、撮影した全天の星空の映像をプラネタリウムのドームスクリーンに表示することはこれまでもなんども行われており、大阪市立科学館でも2004年に全天周映像システムを導入したすぐあとに、オーロラをふくむ星空の画像を表示するところからはじまり、様々な映像の映写は行っている。

今回のイベントは、全天が見られるというプラネタリウムの特徴を最大限活かすために、リニューアルによる新しい「常設の」機能を使って、「全天の星空をそのまま」プラネタリウムのドームスクリーンに「リアルタイムに」大阪市立科学館のプラネタリウムに全天周映像として映し出すことがユニークな点である。

最終的には、使用したカメラの性能の問題から完全リアルタイムは諦めたが、10秒毎の全天映像を中継しながらのイベントを成立させることができた。

なお、このイベントではNHK大阪放送局が共催し、音楽やタレントの進行で内容を盛り上げ、募集や当日の受付なども実施していただいたが、技術的な面は大阪市立科学館とリニューアルを行ったコニカミノルタプラネタリウム株式会社と協力会社のオリハルコンテクノロジーズ社、中継先である井原市美星天文台、福島県の星の村天文台の共同で開発して行った。本稿では、イベントの技術的なことを中心に紹介する。

2. イベント「星空ライブビューイング」

「星空ライブビューイング」は、2022年2月26日の閉館後の時間に、プラネタリウムで行ったイベントである。2月2日にリニューアルオープンしたばかりのプラネタリウムで開催した最初のイベントであり、同じ

イベントを50分間ずつ二回行った。入場料は無料。事前申込制で、定員は各回150名。通常定員は250名だが、新型コロナウイルス感染症対策で減らして行った。

このイベントは、はじめに書いたように、遠隔地の星空をライブ中継し、また現地の専門家が同時にリモート解説する試みを中心に構成した。この試みは文化庁の令和3年度文化芸術振興費補助金地域と共働した博物館創造活動支援事業として実施し、共催としてNHK大阪放送局が加わった。また、星空の中継先は、美星天文台(岡山県井原市)、星の村天文台(福島県田村市)であり、それぞれ協力として名を連ねて実施した。

イベントにあたっての役割分担は次のとおりである。まず、大阪市立科学館は、星空の中継とプラネタリウムの演出、当日の施設管理、来場者の誘導案内を実施した。

NHK大阪放送局は参加募集実務と受付・入場管理、音響演出および司会タレントの手配。演出として行った生演奏の手配を行った。

全体の演出と広報は共同で行った。

出演者は、大阪市立科学館から渡部。NHK大阪放送局は司会進行としてフリーアナウンサーの山内美和氏、宇宙に詳しいタレントの黒田有紗氏を手配し、出演させた。

また、音楽の生演奏を大阪音楽大学のレーベルである音大ラボが実施し、4名が出演した。そして、中継先現地からは、星の村天文台から大野副台長。美星天文台の綾仁台長がオンライン出演している。

全体の流れは、表1.のとおりである。

表1. 「星空ライブビューイング」進行概要(1回目)

時間	内容
18:30	オープニング 大阪の出演者挨拶
18:34	プラネタリウム 日の入り演出 生演奏付
18:37	プラネタリウム 大阪の星空紹介
18:42	星空ライブ中継 現地の星空とやりとり
19:02	観覧者エピソード紹介
19:07	プラネタリウムの星空の下で コンサート (生演奏2曲)
19:16	エンディング 大阪+現地の出演者挨拶
19:20	終了

星空ライブ中継はプログラム全体50分間のうち20分間であり、その様子を大阪の会場で見ながら、現地からの解説を入れる。演出としては、どれくらい遠くなのかをGoogleマップを使った映像をNHK大阪放送局が用意して示し、現地を呼び出し、ライブ中継の星空を見せるという流れで行った。現地の解説

者は、星空の中にスーパーインポーズで登場した。その雰囲気は図2のとおりである。



図2. 星空ライブ中継中の様子

ステージ(下部)は出演の山内アナウンサーと黒田氏がいる。画面に現地の綾仁台長がオンライン出演。ソースは別々だが、アマテラスサーバーに入力し、中継画面にスーパーインポーズで入った。

また、進行はプラネタリウム前方ステージで山内アナウンサーと黒田氏が行い(図3)、渡部や現地の大野氏、綾仁氏(各回で交代)に呼びかけをしながら進めていった。なお、感染症対策もあり、来場者が声を出して参加する演出は行わなかった。また、出演者は特に大写しをしたりはしなかったのと薄いライトで終始演出をしたために、顔などはそれほどハッキリみえない状態であった。これは、プラネタリウムの雰囲気を保つためであった。



図3. 前方ステージで進行する山内氏(左)と黒田有紗氏(中央)、右は最初だけ前方に出た渡部

なお、音楽や司会進行はそれぞれに質が高い内

容であった。ただ、星空を見るというのを目当てにこられたお客様からは、前方の照明が消せなかった(電池式で調光不可)ことがあり、もっと星空を見たかったという意見が、アンケートで複数あがっていた。また、黒田氏が実際には相当の知識を持っているが抑え気味といいつつやや前に出るような進行演出だったことについては、渡部や大野、綾仁氏にかぶるので、解説を委ねた方がよかったのではという意見も複数あった。ある程度語れる出演者が複数いるとき、立ち位置が違う(ステージ、プラネタリウム、現地から)場合のアンサンプルの難しさを感じた。

3. 星空ライブ中継の技術

「星空ライブビューイング」の主眼は、星空全体のプラネタリウムへのライブ中継である。

これを実現するためには、①遠隔地で星空全体を十分な画質で撮影し ②その映像信号を外部出力し ③それをインターネットで転送し ④大阪市立科学館で受け取り映像信号に戻し ⑤プラネタリウムドーム全体に映写する必要がある。

天体望遠鏡でとらえた映像をプラネタリウムにあるプラネタリウムへの星の中継は、はじめに述べたように、先例はいくつもある。2000年にはシカゴのアドラープラネタリウムで、プラネタリウムの外にある天文台ドームからプラネタリウム内のプロジェクターに映像ケーブルを直結し、望遠鏡でとらえた惑星や月などを中継して見せる「天体観望会」を行っていた。

そして、同様のインターネットを使った当館でも石坂ほか(2021)[2]などで実施している。

ただし、今回、従来と違うのは星空全体の中継し、プラネタリウムドームスクリーン全体に再現するという点である。

技術的には従来のインターネット中継と似ているが、違う点もある。特に今回は「星がよく見える場所の星空」を大阪に再現することを主眼としていた。それも踏まえて、新たに技術的に解決すべき問題があった。それは次の通りである

- 1) 天の川が見えるような遠隔地の野外で星空全体を撮影する(天文台の望遠鏡のような施設内の装置ではない)かつ、十分な画質で天の川もとらえる
- 2) その画質を保ったまま、通常のインターネット回線で映像を科学館まで転送する
- 3) 転送されたライブ映像をプラネタリウムドーム全体にリアルタイムに映写する

- 4) 並行して解説をする遠隔地現地の人の画像と音声を収録し、双方向にインターネット回線で転送し、それを図 2 のように適宜プラネタリウムに映写されたライブ画像の中に取り込んで映写する

3-1. 問題の解決

以上の問題はそれぞれ、次のように解決した。

- 1) 天の川が見えるような遠隔地の野外で星空全体を撮影する（天文台の望遠鏡のような施設内の装置ではない）かつ、十分な画質で天の川もとらえる

撮影に関しては、SONY社の超高感度レンズ交換式ミラーレスカメラα7Sシリーズに、ニコンの全周魚眼レンズをマウントアダプターを介してつけることで、天の川をとらえた全天写真の撮影が可能となった(図4)。

このシリーズは最大ISO感度が40万と、通常のカメラの最大1~3万程度とは格段に感度が違う。最大感度では画像が荒れる(図5)が、5万程度にしぼると引き延ばしても十分な画質を保ったまま星空が撮影できた(図6)。なお、最終的にはライブではなく10秒毎の静止画送出しにしたので、5秒間露出にして感度をさげ画像の質をあげた。

カメラはUSB-Cケーブルで外部から給電できるので、大容量のバッテリー電源をつなぐことで長時間の野外運用も可能である。ただ、実際は天文台の見晴らしのよい室外に設置することで、電源は室内からの延長電源ケーブルで対応できた。

なお、当初中継は同時に1カ所の予定であったため、カメラと魚眼レンズは一セットのみを用意していた。実際は2カ所から同日に中継したが、星の村天文台は自前で一セット持っていたため、美星天文台に魚眼レンズを貸し出すのみですんだ。



図4. SONY α7S シリーズのカメラ全天魚眼レンズ



図5. SONY α7Sシリーズで最大感度での撮影(美星天文台 魚眼レンズは F2.8 印刷用にトリミング)



図6. SONY α7Sシリーズ感度5万で撮影(魚眼レンズは F2.8 印刷用にトリミング)

- 2) 全天撮影の画質を保ったまま、通常のインターネット回線で映像を科学館まで転送する

撮影画像カメラはHDMI端子で外部に映像出力が可能である。ただし、映像信号の容量は莫大であり超高速のインターネットが必要ですが、科学館や山間地の100Mしかないインターネットでは帯域が足りない。これを解決するには映像を信号符号圧縮し帯域をしぼってインターネットに転送し、それを復号展開するような設備も存在する。しかし、それは非常に高価なものである。科学館もさることながら超高速の回線が必要となる。山間地ではそれは難しい場合が多い。

一方、星空はほとんど変化しないという特徴を持つ。スポーツ中継のような激しく変化するような映像ではなく、1秒に1コマ程度の静止画が少

しずつ転送されるくらいでも十分である。

そこで今回はアマテラスサーバーを開発したオリハルコンテクノロジーズの高弊氏のアイデアで、遠隔地の撮影カメラの映像をPCで表示させ、PCの画面を「リモートデスクトップ」で大阪市立科学館のPCの画面に複製し、その出力をプラネタリウムに投影することとした。リモートデスクトップは変化が少ない画面を差分だけ転送する機能があると期待されるからである。構成を図7に示す。なお、リモートデスクトップを実現するソフトはOSのWindows10/11に付属したものもあるが、接続や操作の自由度を考えAnyDesk社のAnyDesk（フリー版）を使用した。

カメラの映像をPCに表示するには、PCでカメラの画面を見ながら撮影する「テザリング撮影」のソフトを使う方法がある。これはファインダーがわりにPCに画面を出すので、カメラで見たままをPCに表示できる。

ただし、このままだと解像度がPCの画面の解像度（通常は2K×1K程度）に規定されてしまう。そこで、今回はGPUで4K×2Kの画面2枚をつなげて表示する「モザイク」モードを持つにエヌビディア社のQuadroを搭載したPCをカメラコントローラに用意した。

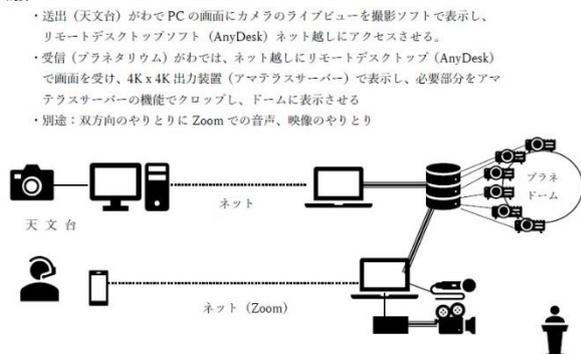


図7. 画面転送にリモートデスクトップを利用した構成、通常のインターネット品質で十分な中継が可能になった。

3) 転送されたライブ映像をプラネタリウムドーム全体にリアルタイムに映写する

これは2)の続きである。科学館側の復号にもリモートと同じ解像度の画面が必要となる。これもGPUにQuadroを搭載したPCを用意した。ただし、外部出力はSONY α7S+魚眼レンズのイメージサークルである2832×2832ピクセルがとればよいので、3.2K×3.2K/30fps

とし、高速用（PremiumまたはUltra High Speed）のHDMIケーブル1本でアマテラスサーバーに入力させることができた。結果としてアマテラスサーバーの外部入力の一つあいたので、ここにZoom映像の入力を行うことができた。なお、これができなければNDI機能で入れ込む予定であった。より簡易になったのがよい点であった。

並行して解説をする遠隔地現地の人の画像と音声を収録し、双方向にインターネット回線で転送し、それを図2のように適宜プラネタリウムに映写されたライブ画像の中に取り込んで映写するZoomを利用して行った。科学館がわはステージにWEBカメラを向け、音声はプラネタリウムコンソールでミックスしたステージ、コンソールの解説者の音声を先方に送出した、Zoomの画面は上に述べたようにアマテラスサーバーに入力させPinPとしてドームの一部に適宜表示した。なお、最後の明るくなるシーンでは入力をマトリクススイッチで明るいプラスワンプロジェクターに切り替えて表示を行った。

3-2.実施しての改良点

以上が星空中継の実施の実際だが、実際にはさらに問題があり、改善を行った。

まず、2)で述べたテザリング撮影ソフトだが、SONYのカメラは、同社製のImaging Edgeというソフトしか使えない。これは無料で提供されているのはよいが、メニューが画面右側に固定されていて、その分、イメージサークルをさらに少なくしてしまう（2022年2月末使用バージョン）。

また、PC上に表示しているカメラのライブビュー映像は動画だと感度を上げる機能があるが、静止画だと上がらない。しかし、動画だと上下が切られる形になり全天画像がモニターできない。

そのためテザリングのモニターで天の川が見えるほどの高感度の画像をリアルタイムで見ると、最大解像度が両立できなくなってしまった。

つまり、当初考えたSONYのテザリングソフトで中継すると目的が達成できない。

そこで、テザリングソフトImaging Edgeのライブビュー画面ではなく、テザリングソフトによりPCに撮影保存した画像ファイルを別のソフトでPC上に表示することにした。

そのソフトはsWEBブラウザの全画面表示とし、ブラウザにローカルに保存された最新のファイルを定期的リフレッシュして表示させることにした。これにより、ライブ動画とは言い切れないが、インターバル撮影の直近の画像を中継する

ことが可能になる。

このしくみは、美星天文台の伊藤亮介技師が、以前に美星天文台での星空中継をした経験に基づき作成したものをベースに作成した（Skyimageという名称で、Python と JavaScript のスクリプトなどで構成される）。これは、星の村天文台の中継にも移した。なお、ImagingEdge は、最短で10秒毎のインターバル撮影をする機能がある。そこで、10秒未満の積分ができるので、積分時間を伸ばし、天の川が見える範囲でISO感度を下げるなどして画質を向上させることにした。この数値は、現場の空の明るさ（天候や時間によっても左右される）によって変わるので、現場で美星は伊藤技師、星の村は郡山市ふれあい科学館の安藤学芸員の手によって行われた。

これによって、10秒毎に5秒間程度の積分をした天の川が見える星空画像を中継することに成功をした。

4. 終わりに

以上、リニューアルなった全天映像システムの特徴、特にアマテラスサーバーにより外部からHDMIで映像入力した映像を全天表示できる機能を利用して、遠隔地からの全天星空映像の10秒毎の映像の中継を行うことに成功をした。そのさいに、それほど高速ではない（最大でも100Mbpsだが実効は10Mbps未満である）インターネット回線を使用しての実施である。これはポケットWiFiでもある程度可能な速度であり、電源や防塵・防水などPC等機器の野外での運用体制さえあれば、山の中での中継の可能性もうかがえるものであった。

また、今回はカメラおよびテザリングソフトの制限があり、ライブビュー映像ではなく、定期保存される画像ファイルを利用しての中継となった。それでもZoomライブ映像とあわせて、十分な臨場感のある中継が可能であった。

そのためライブビューでも十分な感度が達成できるSONYのα7Sという特殊なミラーレスカメラを使う必要はなく、他のより低感度、高解像度の魚眼レンズが使えるカメラを使っても可能であることも示唆される。また、さらにインターバル時間内でのHDRによる高コントラストや、いわゆる電視観望などで使われているライブスタッキングといった画像処理を前段階でかますことで、より鮮明な画像の中継も可能であろうし、今後試してみたいところである。

謝辞

本イベントは、文化庁の博物館活動に関する支援を得て行った。

またイベントにあたっては、中継先の井原市美星天文台の出演者の綾仁台長とSkyimageを開発し、オペレーション伊藤技師、星の村天文台の出演者の大野智裕副台長とオペレーションをした郡山市ふれあい科学館の安藤学芸員の協力なしには不可能であった。また、当日の科学館オペレーションは西野学芸員にリハーサルから担当していただいた。

さらに当日の出演者である、タレントの黒田有紗氏と山内アナウンサー、大阪音大の音大ラボのみなさんによって成立する内容であった。

また、イベントの実施にあたってはNHK大阪放送局の共催によって行っている。担当の石谷優実氏とプロデュースを行ったNHKエンタープライズの國政遼太郎氏にはひとかたならぬお世話になった。

また、技術面ではコニカミノルタプラネタリウムの武田氏をはじめとするみなさん。音響に関しては、ヒビノスペーステックのみなさんにお世話になった。

なによりアマテラスサーバーの開発元である、オリハルコンテクノロジーの高弊氏には初期のアイデアの時点から機材の一部提供など多くのサポートを受けた。ほか、ここに上げきれない方にお世話になり、本イベントは成立した。深く感謝いたします。

文献

- [1]渡部他(2022)『2022年プラネタリウムリニューアルについて』、大阪市立科学館研究報告第32号（本研究報告）
- [2]石坂他(2021)『学芸員スペシャル「姫路市『星の子館』Zoom観望会」の実施』、大阪市立科学館研究報告第31号,pp97-102
- [3] 国立研究開発法人情報通信機構プレスリリース「世界のネットワークが協力して皆既日食のライブ中継に成功」（2009年7月23日）、<https://www.nict.go.jp/press/2009/07/23-1.html>（2022年8月10日閲覧）
- [4]福岡市科学館ホームページ「12/8(日)星降る南阿蘇～天文台LIVE中継～」、https://www.fukuokacity-kagakukan.jp/dome_theater/2019/10/128-live.html、（2022年8月10日閲覧）