

# 「極限時空 ブラックホールと重力波」展 (大阪市立科学館・明石市立天文科学館・仙台市天文台) 開催記録

真貝 寿明<sup>1</sup>, 西口 敏司<sup>2</sup>, 原田 義之<sup>3</sup>, 鳥居 隆<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 情報科学部 情報システム学科

<sup>2</sup> 情報科学部 実世界情報学科

<sup>3</sup> 工学部 一般教育科

<sup>4</sup> ロボティクス&デザイン工学部 システムデザイン学科

(2025年9月29日受理)

Report of the exhibition “Extreme Spacetime: Black Hole and Gravitational Wave”  
at Osaka Science Museum, Akashi Municipal Planetarium, and Sendai Observatory

by

Hisaaki SHINKAI<sup>1</sup>, Satoshi NISHIGUCHI<sup>2</sup>, Yoshiyuki HARADA<sup>3</sup>, Takashi TORII<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Information Systems, Faculty of Information Science and Technology

<sup>2</sup>Department of Real World Computing, Faculty of Information Science and Technology

<sup>3</sup>Department of General Education, Faculty of Engineering

<sup>4</sup>Department of System Design, Faculty of Robotics and Design

## Abstract

We organized a public exhibition on the astrophysics researches, entitled “Extreme Spacetime: Black Hole and Gravitational Wave” introducing the latest results of LIGO-Virgo-KAGRA (LVK) collaboration and of Event Horizon Telescope (EHT) project. The exhibition was held at Osaka Science Museum (July 19 to August 31, 2025), at Akashi Municipal Planetarium (July 19 to September 7, 2025), and also at Sendai Observatory (July 26 to October 13, 2025) and had over 150,000 visitors in total. The contents of the exhibition were mostly provided by National Museum of Natural Science (Taichu City, Taiwan), but OIT members provided original contents such as Virtual Reality kits for experiencing the escape velocity from the Earth, Michelson interferometer for showing the fundamental principle of gravitational wave detection. We report this contribution in some detail with background stories, and briefly discuss the outcomes of this outreach activities.

**キーワード;** 物理教育, アウトリーチ活動

**Keyword;** Physics Education, Outreach activity

2025年夏に、大阪市立科学館・明石市立天文科学館・仙台天文台にて「極限時空 ブラックホールと重力波」展が開催された。本展示は、台湾の国立自然科学博物館で2023年8月から2024年4月に開催された「驚心洞波：黒洞及重力波特展」をベースに、日本オリジナルの展示物を加えたもので、本学教員が日本巡回展を組織して開催したものである。本学と東京大学宇宙線研究所、国立天文台の3機関が協力機関として名を連ね、最新の研究成果を一般の方へと伝えることを目的にしたもので、今後も横浜・富山・愛媛・国立科学博物館などでの巡回展を予定している。2025年夏の3館では、15万人以上の来場者を集めた。本稿では、企画・準備に関する記録とともに、アウトリーチ活動への所感を報告する。

## 1 開催の経緯

近年、最先端の物理学の実験や観測は巨大化し、精緻・精密な結果を得るには多くの予算と人員を必要とするようになってきている。例えば、10年前に初観測を行った重力波検出プロジェクトは、当時、米国 LIGO（らいご）と欧州 Virgo（びるご）の共同プロジェクトとして著者 1010 名の論文 [1] として発表された。現在の重力波検出には、日本の KAGRA（かぐら）グループも加わり、著者数は 1807 名となっている [2]。純粋科学として、「宇宙の謎を解く」ことに、多額の政府予算をもって運用されていく以上、社会への還元（アウトリーチ）活動が重要になることは論をまたない。

本報告の著者の一人（真貝）は、KAGRA の研究者代表を 2017-2021 年に務めた際に、米欧にならって KAGRA 内にアウトリーチ部門 EPO（Education and Public Outreach）を設置し、そのまとめ役を現在でも続けている。米欧のグループと常に協同作業や情報共有を行なっているが、日々痛感するのは、日本の研究者のアウトリーチ活動に対する関心の薄さである。人的資源が乏しく、各研究者が異様に忙しいことも一因であるが、このような状況が続くがために、自身の研究を一般の方へ説明する機会も少なく、ノウハウが蓄積されず後継人材も育ちにくい。アウトリーチ活動に対する得意不得意はあるかもしれないが、とりあえずは、その機会をつくるのが重要と考えていた。

そのような折、KAGRA の国立清華大学（台湾）のグループが、重力波に関するアウトリーチ活動に関する基金を台湾政府より獲得し、大学生レベルを含む一般向けの展示を行った。彼らは 2022 年に学内で半年間の展示を行い、さらには、台湾の国立自然科学博物館（NMNS）で 2023 年夏から翌年 4 月に規模を大きく

した展示を実施した。この時点で、参加する研究者は、ブラックホールの直接撮像を成功させた EHT プロジェクトも含む形になった。NMNS は、故宮博物館に次ぐ台湾で 2 番目に大きな博物館で、期間中の入場者は 250 万人を超えたという。

NMNS は、日本の国立科学博物館（上野）と協力協定を締結する準備を進め、その際の第一号のプロジェクトとして、重力波とブラックホール展の日本展示を設定した。国立清華大学のグループ長の李瑞光（Ray-Kuang Lee）氏と NMNS の学芸員王斌威（Pin-Wei Wang）氏は、台湾での基金獲得に一筆添えた縁もある真貝に展示の全リソースを預け、日本での開催を全面委託した。国立科学博物館は、すでに 2028 年春まで展示予定があつて本展の開催がすぐにはできず、その間に担当学芸員の交代もあるので、開催直前まで何も関与しないことになり、日本展のいっさいが真貝に任されることになった。こうして、日本での巡回展案がはじまったのが、2024 年の夏であった。（NMNS と国立科学博物館は 2025 年 3 月に協力協定に調印した。）

李氏と真貝は、日本での展示は上野を最終開催地とすることを決め、それまでの期間、各地を巡回することを企画した。そこで、まず、大阪・明石の両科学館の知り合いを訪ねることからはじめ、さらにその知り合いをつなぐことによって開催可能館を打診し、月に 1 回から 2 回のオンライン会議を続けながら、巡回展の準備を進めることになった。こうして、2025 年に大阪・明石・仙台の各館での本企画展が実現することになった。現時点での開催予定館を表 1 に示す。

表 1: 「極限時空 ブラックホールと重力波展」開催予定館 (2025 年 9 月現在)

開催館	開催期間
大阪市立科学館 [3]	2025/7/19-8/31
明石市立天文科学館 [4]	2025/7/19-9/7
仙台市天文台 [5]	2025/7/26-10/26
はまぎんこども宇宙科学館 [6]	2025/12/20-2026/1/25
富山市科学博物館 [7]	2026/12/11-2027/5/16
愛媛県総合科学博物館 [8]	2027 年秋以降
国立科学博物館 [9]	2028 年夏以降

研究者側としては、KAGRA プロジェクト（主機関は東京大学宇宙線研究所）、EHT プロジェクト（主機関は国立天文台）の協力を受け、この 2 機関と本学が日本側の協力機関としての名前とロゴをポスターに記載することになった。宇宙線研究所からは、KAGRA のレーザー干渉計設置準備で使われたサファイア鏡の現物・KAGRA の PI である梶田隆章元所長の写真パ

ネルの貸し出しを受けた。また、国立天文台からは電波望遠鏡模型の貸し出しを受けた。本学の教員によるオリジナル展示物は、西口による重力圏脱出に関するVR/非VRの体験型教材と原田によるレーザー干渉計模型である。どちらも明石にて展示された。その詳細は2章にて述べる。

科学館の方との打ち合わせを進めると、指定管理者制度で運用している各館では、長期的な企画を立てづらいことや独自の企画を立てることが難しくなっている実情が見えてきた。予算も窮しているところが多く、コンテンツを提供してくれるのはたいへんありがたい、利用するパソコンなども貸し出して欲しい、他館で利用済みの展示パネルを回して欲しい、というような要望が相次いだ。また、研究者側とのコネクションを作りたい館も多々存在することがわかり、担当者の熱意があるところは、話は比較的順調に進んだ。

巡回展として作成した共通ポスターを図1に示す。台湾で使われたバナーを元に鳥居が日本語化した。



図1: 「極限時空 ブラックホールと重力波展」ポスター。一番下の空白には各開催館の情報が入る。

## 2 展示の準備

### 2.1 コンセプトの設定

ブラックホールの観測も重力波の観測も、どちらも研究をリードする最先端の話題であり、その現状は1

年経てば大きく変わる。そこで、本展示では「常に最新的话题を提供する」というコンセプトにした。展示期間中であっても、新しい情報が発表されれば、展示内容を差し替え、あるいは追加する、という考えである。科学館側にとっては新鮮な試みだったようだ。

最新的话题を提供するには、そのもととなる説明も必要となる。科学館側の準備が始まる直前の25年3月の打ち合わせでは、真貝が、科学館担当者向けに、2時間ほどの講義を行ったほか、(後に無料アクセス可能とした)解説本の執筆も行った (§2.2)。

また、逆に、子供向けの体験教材の要望も科学館から寄せられた。そこで、ブラックホールそのものが理解できる教材 (§2.3)、重力波の理解が進むようなもの (§2.4)、の開発も行うことになった。

台湾から提供された展示リソースのほとんどは日本語化した。また、日本独自の展示パネル (KAGRA や EHT の紹介、現在の研究課題と将来の展望) も作成した。



図2: アプリケーション「BH-Lens」出力のサンプル (開発中のテスト画面)

体験型のアプリケーションのうち、タッチパネルやマウスを使って操作するものは、科学館側から採用を躊躇された。展示会場に係員がいないと、装置が壊される可能性がある、というのが理由だった。その理由で、音の波形の特徴 (振幅と振動数) から重力波の波形を理解する、というオリジナルコンテンツは採用されなかった。また、台湾グループが提供した、ブラックホールによるレンズ効果を自分の写真で引き起こすというアプリケーション「BH-Lens」(図2)も、ユーザが写真撮影ボタンを押す形式ではなく、30秒ごとに自動で写真撮影がされる仕様に変更するなどのプログラム変更を行った。

## 2.2 独自コンテンツ：解説ブックレット

解説ブックレットの作成は、台湾の担当者も完成できずにいた課題であったが、我々は、こども向け《やさしく解説編》、一般向け《詳しく解説編》、理系大学生向け《本気で解説編》の3種類を企画した。

《詳しく解説編》は、中学生以上を対象として、展示パネルに沿って解説する形でB5版横書き32ページのものとなった。《本気で解説編》は、数式を用いて相対性理論を概観し、さらに望遠鏡の解像度や干渉計のしくみを理解する問題を交えて進めるもので、A4版33ページのものとなった。この2つのバージョンは、原稿執筆後に、研究者の黒柳幸子さん、本学学生（土井夏海さん）と大阪公立大の大学院生（覺依珠美さん、藤森匠さん）に原稿チェックをしてもらったが、《やさしく解説編》の作成は難航した。そんな折、大阪市立科学館側から「やさしく解説するのは私たちの仕事ですから」と執筆に加わっていただき、11歳レベルの漢字で書き直しがなされ、B5版縦書き32ページのものを作成された。

3つのバージョンは、いずれもQRコードでダウンロードできる形にして、各展示会場にて1つのコンテンツになった（図3）。



図3: 仙台市天文台の会場で展示されている3種類の解説ブックレット（提供：仙台市天文台）

## 2.3 独自コンテンツ：脱出速度体験教材

科学館側から、子供向けのコンテンツが欲しいという要望を受けた。ブラックホールの領域は天体からの脱出速度が光速である、ということを理解してもらうために、「脱出速度」を理解する教材を西口が開発した。アイデアとしては、ジャンプする動作によって、地球を脱出することができるかどうか、というゲーム式の体験型アプリケーションである。実際の地球の脱出速度は、秒速11kmであるが、その値には目をつむり、はじめに一回ジャンプ力を測定したあと、2回目以降に、より頑張って飛んでもらい、地球からの脱出を試みる、というゲーム要素を入れた教材である。

人がジャンプしたときの最も高い地点での高さ、あるいは、それに応じた初速度を測定し、初回との比較によって、その結果を「地上に戻る・地球を中心とした円軌道に入る・地球を焦点とした楕円軌道に入る・地球から離脱する」の4つの段階に分けて、それぞれの視覚的効果を演出することとした。

ジャンプ動作の検出や映像の提示方法について、当初は没入型ヘッドマウントディスプレイ（HMD）による動作検出と臨場感の高い体験が良いと考えて開発を行った。しかし、科学館側から、HMDを使うことに難色を示された。理由の一つは、没入型HMDの操作の難しさである。没入型HMDの利用に慣れている人であればその操作は容易であるが、慣れていない場合は設定などが難しく、その場に補助する人員が必要となってしまうこと。そして、単体動作させる場合は簡単に持ち出されてしまう可能性があることなどである。

そこで、HMDを使ったVR教材は、特別イベントとして実施することになり（後述する§3.3参照）、常設展では、目的を同じにした大型モニタに投影する方式のものを開発した（図4）。大型モニタの上に設置したWebカメラから人を認識し、その動作を解析することで、ジャンプする高さを測定する、という方式である。具体的には、Googleが提供しているMediaPipeというライブラリのポーズ推定機能を利用して、画像上の両肩、両腕、鼻、腰の位置を検出した。



(a) 使用説明パネル

(b) デモシステム

図4: カメラによる姿勢推定を利用した脱出速度体験

人がジャンプすることができる高さは、身長20%程度、ということであったため、鼻と腰の高さの2倍を身長とみなすこととし、その検出のため、数秒間Tポーズをとってもらうことでリセットしたのち、鼻の高さと腰の高さの差の2倍の長さを利用者の身長とみなした。その後、ジャンプチャレンジモードとし、身長120%を最大の高さとして、これを4段階に区切り、

ジャンプの結果の様子を大型モニタに提示した。明石市立天文科学館に設置したところ、職員も喜んで毎日エクササイズ代わりに試みられていたようで、後日訪ねると、無人での運用のために、体験方法を説明した詳細なパネルが用意されていた(図4(a))。なお、本ソフトウェアおよび3.3節で述べる「VRで重力脱出体験」イベントで使用したソフトウェアは、VRやARの開発で幅広く利用されているUnityという開発エンジンを用いて作成した。

## 2.4 独自コンテンツ：レーザー干渉計模型

波の干渉とは、複数の波を重ね合わせるとき、互いに波の位相が一致して強め合ったり、位相が反転して弱めあったりする現象である。干渉計はこの原理を利用して、光の波長レベルの微小な長さの変化を測定できる装置であり、19世紀末にマイケルソンによって開発された。彼の目的は光を伝える媒質の存在(エーテルの存在)を示すために、地球の公転運動による光速の相対変化を検出することだった。結果として、エーテルの検出に「失敗」し、歴史的にはエーテル説を否定する実験として認識されることになるが、マイケルソンは干渉計の開発に対して、1907年にノーベル物理学賞を受賞した。

重力波の観測は、巨大なレーザー干渉計を用いて行われる(以下、光源にレーザーを用いる場合をレーザー干渉計と呼ぶ)。そのしくみを理解するには高校物理程度の知識が必要となる。科学館の展示としては、実物の模型が設置されるのが望ましい。本学の工学部一般教育科と情報科学部の教員は、2015年に、学内で『一般相対性理論誕生100周年記念展 光と宇宙と相対性理論』の展示を行った(大宮キャンパスでは図書館玄関ホールにて、2015年11月9日-14日に開催。枚方キャンパスでは同年11月24日から28日にラーニングコモンズにて開催)。ここでは、マイケルソン・モーラーの実験の説明のため、干渉実験模型も展示した。今回の展示物を企画している際に、その模型の再利用を思いついたが、すでに現物は解体されていた。そこで、当時製作を担当した原田が再び干渉計を製作することになった。今回製作するレーザー干渉計は、展示会終了後には本学に設置して、学生の物理教育にも活かせるレベルのものを目指した。光源には、出力が数mWで既存のHe-Ne(ヘリウム-ネオン)レーザーを利用することにしたが、レンズやミラーなどの光学部品の多くは新規に購入することにした。今回の展示にご理解いただき、予算を提供していただいた一般教育科の方々にはこの場を借りてお礼申し上げる。

図5に、今回製作したマイケルソン干渉計(レーザー干渉計)模型の全体写真を示す。この模型はマイケルソンが当時実際に行った装置の大きさにほぼ近いもの(1.2m×1.2m)とした。一方、装置は上から覗いて光学系全体が見渡せるよう架台の高さを約1mとした。発明当時のものとは唯一異なるのが光源にレーザーを用いた点にある。マイケルソンが活躍した時代にはまだレーザーは発明されていなかった。単色のレーザー光を用いることで明瞭な干渉縞を観測することが可能となる。干渉計の腕の長さは50cmとした。また、製作後、干渉計全体を含む周囲を黒く塗装した木箱で覆う改良を加えた。これは、科学館での展示中に、例えば背の低い子供の目に直接レーザー光線が入らないようにするためである。さらに、当時にならって光学系全体を360度自在に回転できるようにした。干渉縞の有無を試してもらうために、片方の光路に遠隔操作できるシャッターも取り付けた。科学館職員による管理は、1日に一度だけスイッチをオン・オフする操作で済むような工夫も施した。完成した干渉計は、微小な振動に対しても干渉縞が動くものとなり、重力波の実験装置を模擬するものとなった。科学館での展示では、「干渉計の横のテーブルを叩くことによって、干渉縞が動く」という説明を添えて、展示物を体験できるものとした。

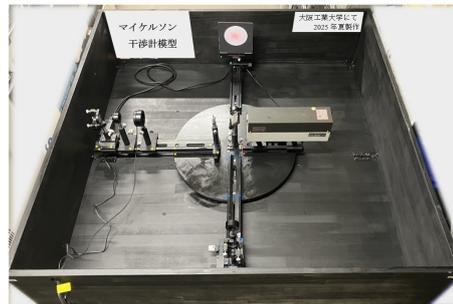


図5: レーザー干渉計模型。

## 3 大阪・明石・仙台での展示

### 3.1 展示の準備

大阪市立科学館では1階のフロアすべてを、明石市立天文科学館では3階の一部のスペースを本展示にあてて、開幕の一週間前から設置準備がなされた。両館とも共通した展示は、説明パネル、KAGRA サファイア鏡、BH-lens アプリの写真撮影版などである。大阪はBH-lensの星空版、独自に所有しているレーザー干渉計模型、梶田氏の写真パネルも展示した。明石は電波望遠鏡模型や本学の作成したレーザー干渉計模型と脱出速度体験教材も展示した。明石へのレーザー干渉

計輸送は業者が担当したが、輸送前・輸送後の解体・組み立ては原田が行った。仙台市天文台は、スペースの関係上、展示パネルのみを掲示する形となり、特に準備品の輸送は生じなかった。



図 6: 明石市立天文科学館での展示の様子。手前のケースに KAGRA サファイア鏡が展示されている。奥の黒い箱の中にレーザー干渉計模型がある。(提供: 明石市立天文科学館)

### 3.2 開幕式

芸術家の康木祥 (Kang Muxiang) 氏は、ブラックホール合体の図からインスピレーションを得て、「如意」と題したワイヤーアートを作成し、世界各地にその作品を寄贈している。台湾 NMNS での展示の際も、博物館の中庭に 3 トンの彫像を設置していた。今回の日本巡回展でも作品の提供を申し出られ、ありがたくその好意を受けることにしたが、残念ながら多くの館は短期間であってもその設置には消極的で実現せず、唯一、明石市立科学館が期間中の設置を申し出てくれた。1.5 トン、高さ 2m ほどの彫像が明石に運び込まれ、その記念に、康氏および日本・台湾の関係者で明石で 7 月 18 日に開幕式を行った。図 7 はその時の写真である。明石は日本標準時の街でもあり、テープカットは正午ちょうどに行われた。開幕式には、NMNS 館長と王斌威氏も参加した。



図 7: 明石で行われた開幕式の 1 コマ。背後にあるのが康木祥氏 (左から 3 人目) の作品「如意」。(提供: 土井夏海)

明石の展示期間終了後は、作品「如意」は東京大学宇宙線研究所に設置されることが決まっているが、設置が正式に認可されるまでの期間、大阪公立大学に移設されている。

### 3.3 特別イベントの実施

明石と大阪の両館は、同時開催を記念して、展示期間中両館を互いに中継するシステムを構築したり、電子スタンプラリーを実施したりした。また、それぞれ、講演会を企画した。

大阪市立科学館は、大阪公立大学との博学連携事業の 1 つとして、7 月 24 日夕刻に、大阪公立大の神田展行氏による「重力波観測の過去、現在、そして未来」と題した講演を行った。明石市立天文科学館では、8 月 24 日夕刻に、真貝が「ブラックホールと重力波、何がどこまでわかったか」と題した講演を行った。どちらも有料・事前予約制の講演会であったが、ほぼ満席となり、聴講された方々からの質問も多く盛況であった。



図 8: VR-HMD を装着した脱出速度体験会場の様子

明石では、同日の午後には、「VR で重力脱出体験」と題された西口作の VR ツールの体験会が行われた。30 分交代の 4 回の入れ替え制で、当日整理券制として実施され、各回 16 名満席となった。入れ替え制としたのは、科学館側のアイデアで、始めに「脱出速度」の説明をしたり、他の人の体験映像をモニターで事前に確認することで、スムーズに流れをつくるのが目的であった。各回ははじめに、脱出速度とブラックホールの関係を簡単に真貝が説明した後、西口と学生の土井夏海が補助する形で没入型 HMD (Quest 3 と Quest 3S の 2 台) を一人ずつ装着し、ジャンプすることで地球から脱出できるかどうかを試してもらった。HMD を装着後、ぐるっと一周みてもらおうと効果的だったり、真剣にジャンプして転んでしまうのを防ぐことが必要だったり、とノウハウを蓄積しながら体験会を終えた。イベントの様子を図 8 に示す。子供から親の世代まで、皆が楽しんで体験されていた。科学館の職員もほぼ全員が VR 初体験で、VR 開発の動向などの質問も受けた。

### 3.4 最新情報の提供

先に記載したように、展示のコンセプトの1つに、最新の研究成果を紹介することを目的としていた。展示パネルは2025年6月の時点のもので用意し、各館がそれぞれ印刷して掲示する形であったが、7月からの期間中に数回、新たな情報を提供し、それを追加掲示する形をとってもらった。その内容は

- 300個目の重力波検出を報告(7月4日)
- 観測史上最大質量の連星ブラックホール合体を論文発表(7月14日)
- 重力波観測計画を世界の天文台に通知(7月15日)
- バースト重力波は、まだ見つからず(7月23日)
- 「突発性重力波カタログ4」発表より遠方の重力波源も捉える/連星合体は全部で90から176に(8月26日)
- 重力波の初観測から10年、非常に明確なGW250114を報告(9月14日)
- 新しいEHT観測から明らかになったM87ブラックホールの予想外の偏光の反転(9月16日)

などの内容と頻度である。いずれも、さらに詳しく知ることができる日本語のオフィシャルサイトでの解説資料<sup>1</sup>へのリンクをQRコードにて提供し、興味をもった方へ、さらなる情報提供がなされる形式の資料を作成した。明石で掲示されているものを図9に示す。

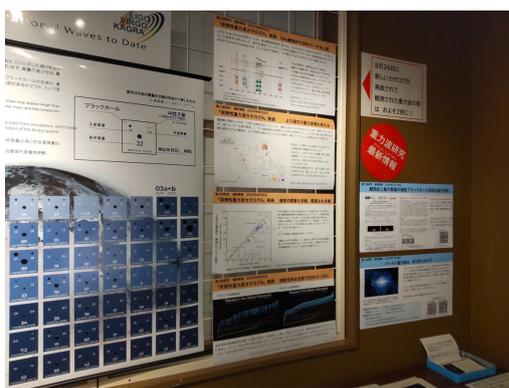


図9: 明石で掲示された最新情報。(提供: 明石市立天文科学館)

2025年7-9月は、LVKの新たな重力波カタログが発表される時期と重なり、オフィシャルなプレスリリースが3件行われるなど、対外アピールが特に重なった時期でもあった。このような最新情報の提供で、科学研究が日々進んでいることを伝えられたことと思われる。

<sup>1</sup>LVKが論文ごとに出している数ページの要約解説 Science Summary[10]で、日本語版の解説もある。真貝が英語版最終確認と日本語版作成を担当している。

### 3.5 来館者数

いずれの館も企画展という位置付けで、全体の一部での展示スペースにすぎず、特に企画展としての追加料金を徴収しない形で実施された。そのため、実際に何人の方が本展をご覧いただいたのか正確な数字は不明であるが、開催期間中の来館者数は、大阪市立科学館が92,907人、明石市立天文科学館が27,503人だった、とのことである。仙台市天文台は、9月23日現在で、入館者数は3万人を超えたという。総計15万人を超える方の目に触れる機会を得たことになる。

訪問された方の感想などは、各館から詳細に報告される予定であるが、X(旧Twitter)で検索してみると、「今回見たかった企画展『極限時空-ブラックホールと重力波』。今年8月26日の最新研究報告も紹介あり。最新過ぎる!」(仙台を訪れた方, 8月31日), 「『極限時空』ブラックホールと重力波というミニ企画展開催中で、これが小さくとも本格的な内容で◎。例のブラックホール写真の「大きさ」や、重力波観測の一覧など、ありそうでない展示を満喫。」(大阪を訪れた方), 「天文科学館で特別展「極限時空・ブラックホールと重力波」。物理学には疎いけど、宇宙とかブラックホールの話は好き。スケールが壮大すぎて自分の些細な悩みがどうでも良くなってくる」(明石を訪れた方)などの投稿が見られ、いずれからも好意的な評価を感じられる。

## 4 本企画を通じた所感

まだ本企画展は巡回を続けるが、企画者として、始めの3館での展示が終了した現時点での所感を記しておく。

**本物を展示すること** 当たり前のことであるが、科学館・博物館では「本物・実物」を展示することが第一義となる。KAGRA サファイア鏡は、近づいて見ても透明なガラスの塊にしか見えないモノだが、実物を展示することで得られる理解や感動があることの重要性を改めて認識した。同様に、レーザー干渉計の模型を実際に披露し、100年以上前のマイケルソンの実験と今の重力波観測実験の違いを実感してもらえたことも貴重な展示となり得たと思われる。

**理系志向の方を対象にしたレベル設定** これまで、研究成果の説明、と銘打ったものでも、中高生向けを対象にするのが、アウトリーチ業界の標準である。しかし、本企画は、それ以上に、理系志向の方でも満足していただけるレベルを設定した。これはLVKの米国EPOグループが、高校教師向け講座を積極的に展開していることや、2023年にNHKが試験的に制作した「朝までラーニング 相対性理論」の番組で、数式を使った本格的な説明に対して視聴者の反応がとても良かったことを根拠にしての企画であった。理系大学生レベルの解説本の準備や、最先端の情報提供を含めた展示の入れ替えに対して、好意的な反響が続いていることにとっても勇気づけられている。

**子供向けのコンテンツ、展示物の制限** 研究成果の解説をベースに企画した本展であるが、子供向けのニーズが求められたことも、もっともなことであった。台湾での展示では、展示会場で常時説明員が巡回していて、タッチパネル型体験アプリなどの管理も含めて対応することである程度、子供向け対策もできていたようだが、日本ではなかなかそれが叶わない現状を知った。タッチパネルやマウスなど、入館者が動かす操作は極力避けたいという意見はどの館からも聞かれ、今後は、今回、西口が用意した骨格判定型認識などを発展させた、非接触型インターフェースのニーズが高まると考えられる。

**本学の支援体制の欠如** 本学では、研究活動への支援は強化しつつあるが、研究成果の社会還元という点に関するサポートは、まだ不十分と感じられる。今回の活動は、本学の教員複数が参加し、協力機関としての大学名称やロゴの使用も正式に申請したものであるが、(企画展開催直前に我々から情報を告知したにも関わらず)本学から広報されることは一切なかった。また、本活動を起点として、本学にアウトリーチ活動に対する部署設立を目的に学内資金申請を行ったが、理解を得られなかった。現在まで、我々はすべて自主的なボランティアという形で活動しているが、展示ノウハウやコンテンツの蓄積などを含めて継続的な活動が必要となる意義は、今後も主張していきたい。

## 謝辞

現時点までに本企画に関わられた次の方々のお名前を記し、感謝の意を表したい。明石市立天文科学館の井上毅館長、鈴木康史副館長、石井優子さん。大阪市立科学館の吉岡克己館長、石坂千春さん、木村優斗さん。仙台市天文台の郷古由規さん。国立自然科学博物館(台湾)の王斌威さん。国立清華大学(台湾)の李瑞光さん。芸術家の康木祥さん、康〇浄(〇は金へんに玉)さん。国立天文台の本間希樹さん。東京大学宇宙線研究所の三代木伸二さん、坂本絵里さん。大阪公立大学の伊藤洋介さん、覺依珠美さん、藤森匠さん。マドリード自治大学の黒柳幸子さん。本学情報科学部の土井夏海さん、本学卒業生の片山玲音さん。

本活動は、科研費・基盤研究(C)「重力波観測データから探るブラックホール形成シナリオへの制限と一般相対性理論の検証」(課題番号:24K07029)、同「修正重力理論における非線形ダイナミクスと重力理論の探究」(課題番号25K07290)の一部である。本学工学部一般教育科からは、干渉計製作の部品購入にサポートいただいた。

## 参考文献

- [1] LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration, Phys. Rev. Lett. 116, 061102 (2016).
- [2] 例えば, LIGO Scientific Collaboration, the Virgo Collaboration, the KAGRA Collaboration, arXiv:2508.18080.
- [3] <https://www.sci-museum.jp/>
- [4] <https://www.am12.jp>
- [5] <https://www.sendai-astro.jp>
- [6] <https://www.yokohama-kagakukan.jp/>
- [7] <http://www.tsm.toyama.toyama.jp/>
- [8] <https://www.i-kahaku.jp/>
- [9] <https://www.kahaku.go.jp/>
- [10] <https://ligo.org/science-summaries/>