

# 第 17 回国際天文学・天体物理学オリンピック 派遣報告書

2024 年 10 月 30 日

一般社団法人 日本天文学オリンピック委員会

## 概要

2024 年 8 月 17 日から 27 日まで、第 17 回国際天文学・天体物理学オリンピック 2024 大会 (17th International Olympiad on Astronomy and Astrophysics: IOAA2024) がブラジルのヴァソウラスにて開催された。日本天文学オリンピック委員会は、主催した第 3 回日本天文学オリンピックで、成績優秀であった高校生 3 名を日本代表として選抜し、チームリーダー 2 名、代表 3 名からなる日本代表団を IOAA2024 へ派遣した。日本代表団は 1 名が銀メダルを、1 名が銅メダルを、1 名が優良賞を獲得した。なお、日本天文学オリンピックは 2022 年に設立された一般社団法人であり、一昨年は International Astronomy Olympiad (IAO) への派遣を行ったため、IOAA への日本からの代表団の派遣は 2 回目であった。本報告書では、IOAA2024 に向けた日本代表生徒の選抜・研修、及び大会について報告する。

## 目次

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 1. 国際天文学・天体物理学オリンピックについて..... | 2  |
| 2. 代表選考.....                  | 4  |
| 3. 研修.....                    | 6  |
| 4. IOAA2024.....              | 9  |
| 5. 総評.....                    | 21 |
| 6. 謝辞.....                    | 22 |

# 1. 国際天文学・天体物理学オリンピックについて

## 1.1 大会概要

国際天文学・天体物理学オリンピック (IOAA: International Olympiad on Astronomy and Astrophysics) は、中等教育修了以前の生徒のための天文学・天体物理学の国際大会であり、2007年から毎年開催されている。大会は、特に青少年への一般教育を通じて、天文学と関連する STEM 科目への関心向上や、天文学・天体物理学の学校教育の促進、国際交流の強化を主な目的としている。成績優秀者には、金・銀・銅メダルや優良賞などが与えられる。次回大会は 2025 年 8 月 11 日から 21 日にムンバイ（インド）で開催予定である。

## 1.2 歴史

IOAA は 2007 年の創設以来、表 1 に示したような国・地域が開催地となっており、2024 年大会で 17 回目の開催である。なお 2020 年には新型コロナウイルス感染症の影響により延期された第 14 回 IOAA の代替として、Global e-Competition on Astronomy and Astrophysics (GeCAA) が、9 月 25 日から 10 月 23 日にかけてエストニアを中心に開催された。

表1：過去の IOAA 一覧

| 回  | 開催年  | 開催日         | 開催地              | 開催国    |
|----|------|-------------|------------------|--------|
| 1  | 2007 | 11/30-12/9  | チェンマイ            | タイ     |
| 2  | 2008 | 8/19-8/28   | バンドン             | インドネシア |
| 3  | 2009 | 10/17-10/27 | テヘラン             | イラン    |
| 4  | 2010 | 9/12-9/21   | 北京               | 中国     |
| 5  | 2011 | 8/25-9/4    | クラクフ、カトヴィツェ、ホジュフ | ポーランド  |
| 6  | 2012 | 8/4-8/13    | リオデジャネイロ、ヴァソラウス  | ブラジル   |
| 7  | 2013 | 7/27-8/4    | ボロス              | ギリシャ   |
| 8  | 2014 | 8/1-8/11    | スチャバ グラフモールルイ    | ルーマニア  |
| 9  | 2015 | 7/26-8/4    | マゲラン             | インドネシア |
| 10 | 2016 | 12/9-12/19  | ブバネーシュワル         | インド    |
| 11 | 2017 | 11/12-11/21 | プーケット            | タイ     |
| 12 | 2018 | 11/3-11/11  | 北京               | 中国     |
| 13 | 2019 | 8/2-8/10    | ケストヘイ            | ハンガリー  |

|    |      |             |                 |       |
|----|------|-------------|-----------------|-------|
| 14 | 2021 | 11/14-11/21 | ボゴタ (ハイブリッド開催)  | コロンビア |
| 15 | 2022 | 8/14-8/21   | クタイシ (ハイブリッド開催) | ジョージア |
| 16 | 2023 | 8/10-8/20   | カトヴィツェ          | ポーランド |
| 17 | 2024 | 8/17-8/27   | ヴァソウラス          | ブラジル  |

## 1.3 競技内容

IOAA では理論試験、実技試験の二部門があり、実技試験は複数のラウンドに分けて実施される。以下で各試験・ラウンドの概要を説明する。なお、配点は年により多少の差が見られ、下記での説明は IOAA2024 でのものである。

### 1.3.1 理論試験

筆記による理論ラウンドが行われる。配点は300点である。

#### 1.3.1.1 理論ラウンド

理論ラウンドは、天文学、天体物理学に関する知識や思考力を問うもので、試験時間は5時間である。出題範囲は幅広く、前半に基礎知識を問う小問集合が10問前後、後半に実際の研究をもとにした大問が3問程度あり、両者の配点はほぼ等しい。最初の大問は選択式のものであることも多いが、他は殆どが記述式である。

後半の大問では、天文学の時事に関する問題や、ホスト国の天文学の研究や宇宙開発に基づく問題も頻出である。またグラフなどの読み取りや、与えられた受験者が未習だと考えられる式などを使って解を導くことが、求められるため、思考力が問われるといえる。

### 1.3.2 実技試験

実技試験は筆記によるデータ解析ラウンド、望遠鏡や眼視による観測ラウンド、眼視によるプラネタリウムラウンドからなる。配点は理論試験と同じく300点である。

#### 1.3.2.1 データ解析ラウンド

データ解析ラウンドでは、実際のデータを題材として、研究の過程でもよく出てくる解析が出題される。年によって異なるが、2～3つの大問からなり、配点は150点である。理論ラウンドに比べ計算式が複雑である、問題文が長く小問数が多いといった特徴があり、作図やグラフの取り扱い能力などが重要となる。例年、20から30個程度の要素からなる表をもとにして解答する問題が出題されており、情報を素早く処理する力が求められているともいえよう。

### 1.3.2.2 観測ラウンド

観測ラウンドでは、望遠鏡を用いた観測や星図の読み取りなどが出題される。近年は、望遠鏡を用いる場合に、雲の位置などによって有利不利が出ないように、屋内で天井に星空を投影してそれを観察する形式で行われることが多い。

### 1.3.2.3 プラネタリウムラウンド

プラネタリウムラウンドは、プラネタリウム内において、主に眼視による観測を行う問題である。観測ラウンドと合わせて配点は 150 点である。

## 2. 代表選考

### 2.1 概要

第 17 回国際天文学・天体物理学オリンピックの代表選考は、第 3 回日本天文学オリンピック (JAO2024) によって行われた。JAO2024 は大学生や社会人など IOAA への参加資格を持たない方にも広く参加希望を募った。ただし IOAA2024 の日本代表選抜の観点から、本選の参加は 2024 年 7 月 1 日時点で 20 歳未満でかつ、2024 年 1 月 1 日時点で 12 年間の初等・中等教育を修了していない方のみに制限した。なお本選への参加資格を持つ申込者は 137 名であった。

### 2.2 国内一次選抜 (JAO2024 予選)

2024 年 1 月 7 日 (日) に第一部 (16:00~18:25)・第二部 (17:45~20:10) のいずれかから、受験者の希望に基づき委員会が指定し、オンライン試験を実施した。試験時間 100 分で、選択式の問題を 50 問、幅広い天文学の様々な分野から満遍なく出題した。なお問題及び解答は委員会ホームページ<sup>1</sup>にて公開している。

オンライン試験の公平性担保のため、Zoom のフォーカスモードと呼ばれる機能を用いて監督を行なった。また学校行事などにより、正規の時間帯に受験できない参加者のため、試験を二部制とした。

試験結果については、2024 年 1 月 10 日に申し込み時に参加者が登録したメールアドレス宛に通知するとともに、本選進出者の受験番号を委員会ホームページで公表した。なお国内二次選抜 (本選) 進出者は、中学生以下対象のジュニア枠による進出者を含め、52 名であった。

---

<sup>1</sup> <https://iaojapan.org/preparation/>

## 2.3 国内二次選抜（JAO2024 本選）

2024年2月23日（金・祝）13:00～18:00に、平塚市博物館（神奈川県平塚市）及び京都産業大学神山天文台（京都府京都市）で対面試験を実施した。試験時間は180分で、記述式の問題を5題出題した。問題及び解答は、国内一次選抜と同じく、委員会ホームページにて公開している。また京都産業大学では試験後に天文台の見学も実施した。

試験結果は、2023年3月15日に個人宛てにメールで通知した。なお国内二次選抜で選出した日本代表候補は8名であった。また最優秀賞、優秀賞、金・銀・銅賞、ジュニア優秀賞などを選出し、委員会ホームページで氏名・学校名を公表した。また賞状を、2024年3月に、受賞者が所属する学校もしくは自宅に送付した。

## 2.4 代表最終選考

日本代表候補から日本代表3名および補欠5名を選抜した。選抜された代表生徒、および補欠は表2の通りである。選抜にあたっては、これまでの試験成績を総合的に勘案した。選考結果は日本代表候補となった8名に対し、2024年7月に個別にメールで連絡した。

表2：日本代表候補一覧

|      | 氏名（敬称略） | 所属（2024年3月時点） |
|------|---------|---------------|
| 代表生徒 | 市川まどか   | 四天王寺高等学校      |
| 代表生徒 | 齋藤元     | 東大寺学園高等学校     |
| 代表生徒 | 長谷川寿一   | 海陽中等教育学校      |
| 補欠   | 王佳祥     | 灘高等学校         |
| 補欠   | 近藤克洋    | 灘高等学校         |
| 補欠   | 林優花     | 神戸女学院高等学部     |
| 補欠   | 淵上理音    | 富山県立雄峰高等学校    |
| 補欠   | 山中秀仁    | 栄光学園高等学校      |

## 3. 研修

### 3.1 概要

日本代表候補となった生徒のうち、代表及び、補欠のうちの希望者を対象として、IOAA2024 に向けた対策を目的として、宿泊研修・通信研修・プラネタリウム研修を実施した。参加した生徒は以下の 6 名である。（敬称略）

- 市川 まどか
- 長谷川 寿一
- 淵上 理音
- 齋藤 元
- 林 優花
- 山中 秀仁

### 3.2 宿泊研修

2024 年 4 月 20 日（土）と 4 月 21 日（日）の両日にわたり、平塚市博物館にて宿泊研修を行った。この研修は、主に望遠鏡の使い方など実技試験の対策及び、派遣前の対面での日本代表団の選手およびチームリーダーの顔合わせを目的としている。

#### 3.2.1 1 日目（4 月 20 日）

アイスブレイク（担当：安藤）

自己紹介の後、ペーパータワー for ビジネスというゲームを行った。まず 2 チームに分かれ、B5 の紙のみを用いて出来るだけ高いタワーを作る。このタワーに対し 1 cm あたり 10 万円が支払われるとする。次に各チームのメンバー全員に平等に給与を払う。給与総額を報酬から差し引いた分を利益とし、この利益から紙を 1 枚 10 万円で購入し、再びタワーを建設する。これを 3 回繰り返す、最終的に給与額が多かったチームの勝利とした。給与には、1 回目 50 %、2 回目は 70 %、3 回目は 100 % として重み付けを設定し、この計算結果で競った。最も高いタワーは 91 cm であり、全チーム 16 枚～20 枚程度の紙を使っていた。制限時間を設けたこともあり、初対面ながらすぐにコミュニケーションをとり打ち解けることが出来た。

望遠鏡に関する講義（担当：早川）

IOAA で行われる実技問題の対策として、望遠鏡に関する講義を行った。この時間の前半に、望遠鏡の仕組みや分類を講義し、その後屋上にて望遠鏡の組み立てを行った。

望遠鏡は大きく、鏡筒・架台・三脚の 3 パーツに分かれており、それぞれの種類やメリット・デメリットを解説した。また、IOAA でポイントとなる像が倒立する条件なども解説した。そして、後半には参加者が 1 人ずつ赤道儀と反射式望遠鏡の組み立てを行い、望遠鏡の構造の理解につながった。

### IOAA での解答の書き方に関する講義 (担当：中道)

IOAA2023 のチームリーダーである中道から、IOAA の出題傾向と解答を書く際のポイントの講義が行われた。IOAA では海外のJURYが採点することから、日本語がわからない人に自分の解答を的確に伝えることが重要になる。そのため、解答にできる限り多く数式を書くことや、使った法則は英語でかけるようにすることがポイントとなる。また、海外の文字表記に合わせるため、日本と異なる数字の「7」「9」や日付の書き方も解説した。

### プラネタリウム実習 (担当：塚田)

平塚市博物館のプラネタリウムを用いて研修を行った。なお、同館のプラネタリウムは光学式が株式会社五藤光学研究所製の「PANDORA」、デジタル式が同「バーチャリウムX」と株式会社アストロアーツ製「ステラドーム・プロ」である。前半は、天文学で用いられる座標系を天球上に映しながら解説し、後半は、IOAA2024 の開催地であるブラジル・リオデジャネイロの夜空を投影し、見える星座や有名な天体の確認を行った。講義の最後には、出題された天体を指し示すクイズ形式の研修も行われた。

### 望遠鏡操作実習 (担当：早川)

実習中は曇天であったため、地上の目標を用いたファインダー合わせとパソコンのディスプレイを用いた観測の実習を行った。この実習は株式会社ビクセンの「経緯台+屈折式」「赤道儀+反射式」、そして平塚市博物館所有の「ドブソニアン望遠鏡」を使用し、暗闇での操作に慣れることを目的としている。以前のIOAAでは夜空の観測を行っていたが、昨年のIOAAではスタジアム内のディスプレイを用いた観測試験であったことから、この研修でも同様にパソコン上の画面に映し出された木星のスケッチを行った。

## 3.2.2 2 日目 (4 月 21 日)

### アカデミックなポスターの作り方 (担当：塚田)

昨年同様に今年のIOAAでも開催が見込まれているポスターコンペティションを見据え、アカデミックなポスターを制作する上での注意点やアドバイスを説明した。特に、前年度のIOAAで実際に発表された各国のポスターを参照しながら、見やすいデザインや配色、見る人の興味を引く内容などについて講義を行った。

### 望遠鏡操作実習の解説 (担当：桑江・早川)

前日に行われた望遠鏡操作実習で出題された問題について、その解き方、問題の背景知識、実際の答案作成における注意点を説明した。また、IOAAでの実技試験に向けて、星座や望遠鏡などに関する知識を詳細に解説した。

天文学で使われる座標系・時間系に関する講義（担当：下河邊）

球面三角法などを用いた天体の位置計算に関する話題は、日本の高校教育ではほとんど扱われないものの、IOAAをはじめとする天文学オリンピックでは頻出分野となっている。本講義では、地平座標系・赤道座標系などの座標系や、恒星時・太陽時などの時間系の定義について解説し、そうした知識を用いて問題を解く上での実践的な手法についても説明した。

ライトニングトーク

「天文」を共通のテーマとし、参加者6名とスタッフ2名が発表者となって、それぞれが興味のあるトピックについて1人5分程度で自由に発表した。IOAAでは天文に関するテーマでポスターセッションが行われるため、その際に作成するポスター案の着想を得ることも目的の一つである。参加者は、過去に天文に関するイベントで取り組んだ課題や、関心がある分野について自分で調べた内容など、幅広い話題、スタッフはそれぞれが専門とする天文に関連する分野を紹介した。

贈呈式

本選で優秀な成績を取めた生徒に対する、副賞の贈呈が行われた。株式会社サイトロンの都築様より、最優秀賞を獲得した生徒には株式会社ビクセンさまより望遠鏡「ポルタII A80mf」が、優秀賞を獲得した生徒には株式会社サイトロンさまより双眼鏡「SIGHTRON Comet Scan 15×70」が贈られた。また宿泊研修には参加しなかったが、ジュニア最優秀賞を獲得した生徒にも株式会社サイトロンさまより同双眼鏡が送られた。

式の終わりには、都築様、岡本、中道から宿泊研修の講評が行われ、天文学に興味がある同学年の生徒と交流することの意義などが語られた。

### 3.3 通信研修

5月から8月上旬にかけて、Google Classroomを通じて通信研修を行なった。この研修はIOAAに向けて知識の確認、問題形式に慣れることを目的としている。教材としてIOAA公式サイトにある過去の理論ラウンド、データ解析ラウンドの問題<sup>2</sup>と解答<sup>3</sup>を用いた。参加した生徒は、毎週各自で過去問を解き進め答案を提出し、委員などが添削やアドバイス、予備知識の解説を行った。生徒にとっては、答案の書き方を学んだりデータ解析の練習をしたりと、IOAAに向けた準備の機会となった。

### 3.4 プラネタリウム研修

知識面や理論面は独学や通信研修でカバーできる一方で、星空を観察するような研修は宿泊研修以後できておらず、代表から練習する場を設けられないかとの要望があった。代表の

---

<sup>2</sup> <https://www.ioaastrophysics.org/question-papers/>

<sup>3</sup> <https://www.ioaastrophysics.org/solutions/>

居住地が全国各地に散っている状況であるため、居住地域のプラネタリウムに協力を依頼し、結果として、明石市立天文科学館と仙台市天文台で実習形式の研修を行った。

### 3.4.1 明石市立天文科学館（担当：井上・桑江）

研修前半は、科学館で開催されている特別・常設展の見学・プラネタリウム観覧を行った。後半は、プラネタリウムを用いて、IOAA2024 の開催地であるブラジル・リオデジャネイロの夜空をはじめとする南半球の星空を投影し、見える星座や有名な天体の確認を行った。南半球の星空を実際の夜空と同じように観察することができる機会は貴重であり、生徒にとっては本場に向けて実習形式で観測ラウンド・プラネタリウムラウンドの練習をする機会になった。

### 3.4.2 仙台市天文台

代表の希望で、基本的にプラネタリウムを用いた星座やアステリズム、1等星や変光星、二重星など天体の位置確認を行った。また天の北極や天の南極の探し方や開催国であるブラジルの国旗に描かれている恒星、星座も確認した。北半球（東京）ならびに南半球（リオデジャネイロ）双方の空でそれぞれ確認を行い、特に後者は実天では経験できないため、貴重な機会となった。改めて研修を受け入れていただいた仙台市天文台に感謝申し上げる。

## 4. IOAA2024

### 4.1 大会概要

「第 17 回国際天文学・天体物理学オリンピック (17th International Olympiad on Astronomy and Astrophysics 2024)」は、2024 年 8 月 17 日から 27 日にかけて、ヴァソラス（ブラジル）にて、対面で開催された。本大会には 53 ヶ国からおよそ 230 名の生徒が参加した。日本からは前回に続き 2 回目の参加であり、第 3 回日本天文学オリンピック（兼第 17 回国際天文学・天体物理学オリンピック日本代表選抜、本報告書 2 章を参照）により選抜された代表生徒 3 名及びチームリーダー 2 名からなる日本代表団を派遣した。日本代表団の一覧は表 3 の通りである。本大会において、日本代表団の生徒は 1 名が銀メダル、1 名が銅メダルを獲得し、全員が受賞することができた。

表 3：日本代表団一覧

|      | 氏名（敬称略） | 所属（2024 年 3 月時点） |
|------|---------|------------------|
| 代表生徒 | 市川 まどか  | 四天王寺高等学校         |
| 代表生徒 | 齋藤 元    | 東大寺学園高等学校        |

|         |        |                 |
|---------|--------|-----------------|
| 代表生徒    | 長谷川 寿一 | 海陽中等教育学校        |
| チームリーダー | 大平 達也  | 京都大学 理学部宇宙物理学教室 |
| チームリーダー | 中道 晶香  | 京都産業大学 共通教育推進機構 |

## 4.2 大会の様子

日本代表団は、台風により予定していた便が欠航した影響で、当初の予定より丸1日遅れで大会開始前日の8月17日に出国、終了翌々日の29日に帰国した。出発が遅れた影響で開会式に参加することができなかったが、試験は全日程に参加することができた。日本代表団の参加日程の概要は表4の通りである。以下に大会期間中の様子を記載する。なお特別に記載がない限り、時刻などの表現は現地時刻である。

表4：日本代表団（生徒）の参加日程

|      |          |  |
|------|----------|--|
| 1日目  | 8月17日(土) | 成田空港出発                                 |
| 2日目  | 18日(日)   | アントニオ・カルロス・ジョビン国際空港(ブラジル)到着            |
| 3日目  | 19日(月)   | 団体競技                                   |
| 4日目  | 20日(火)   | 理論ラウンド                                 |
| 5日目  | 21日(水)   | 観測ラウンド                                 |
| 6日目  | 22日(木)   | 解析ラウンド                                 |
| 7日目  | 23日(金)   | プラネタリウムラウンド・Cultural Evening(国際交流イベント) |
| 8日目  | 24日(土)   | Cultural Evening(国際交流イベント)             |
| 9日目  | 25日(日)   | ヴァソウラス市内見学                             |
| 10日目 | 26日(月)   | 閉会式                                    |
| 11日目 | 27日(火)   | アントニオ・カルロス・ジョビン国際空港(ブラジル)出発            |
| 13日目 | 29日(木)   | 成田空港到着                                 |

### 1日目(8月17日)

日本代表団は13時30分に成田空港第一ターミナルに集合し、委員の見送りを受け、出国した。



図 1：出国直前の日本代表団

## 2 日目 (8 月 18 日)

17 時頃、定刻よりおよそ 1 時間遅れて、経由地のヒューストン・ジョージ・ブッシュ・インターコンチネンタル空港（アメリカ、以下 IAH 空港）に到着した。ここまでおよそ 12 時間を要した。IAH 空港ではおよそ 5 時間の待ち時間があり、生徒は後述する“Cultural Evening”の出し物の練習などをして過ごした。再び 10 時間超のフライトののち、9 時頃にアントニオ・カルロス・ジョビン国際空港（ブラジル、以下 GIG 空港）に到着した。なお、ブラジルの標準時は UTC-3 と日本より 12 時間遅い。

アントニオ・カルロス・ジョビン国際空港到着後は LOC<sup>4</sup> が手配したバスにより、日本代表団全員で生徒が宿泊するホテルに移動した。ホテルまではおよそ 3 時間程度を要した。ホテルで生徒らは、チームリーダーにインターネットにつながる機器を預け、チームリーダーと別れた。ここから生徒とチームリーダーは、試験が終わるまで別々に過ごすことになる。これはチームリーダーが試験前の問題の検討や翻訳にも携わることから、不正を防止するための対応である。生徒は複数名での相部屋であり、2 名はサウジアラビアの生徒、1 名はサウジアラビアとウクライナの生徒と同室であった。その後、生徒らは、夕食会場でオリジナル T シャツ、スケジュール帳、関数電卓などを受け取った。

<sup>4</sup> 開催国のオーガナイザーのことである。

一方チームリーダーは、生徒が宿泊するホテルからさらに Univassouras へ移動し、翌日の団体競技の問題内容を検討する International Board Meeting (IBM) に参加した。多くのチームリーダーが挙手して発言し、熱い議論を繰り広げた。その後、ホテルに戻り、日本のチームリーダー 2 名で分担し、翌日の団体競技の問題の翻訳を作成、問題用紙と解答用紙を印刷して各生徒の封筒へ詰めたのち、IOAA 会長の Aniket 氏による各封筒の中身の確認・封印により、この日の作業は終了となった。昨年度のシステムより操作の利便性が改善されており、比較的早く翻訳作業を終えることができた。

### 3 日目 (8 月 19 日)

生徒たちは、国際交流を主な目的とした個人の成績に影響しない試験である団体競技 (Group Competition) に取り組んだ。1 チームは複数の国からの代表生徒 5 名から構成され、試験時間は 2 時間半であった。試験は屋外で行われ、生徒たちはコンパスなどを用いて地磁気の偏角を求める課題に取り組んだ。

一方、チームリーダーは、朝 8 時から 19 時すぎまで、理論ラウンドに関する IBM に参加した。とりわけフリードマン方程式 (一様等方な場合のアインシュタイン方程式) に関する問題や赤方偏移と宇宙の温度との関係を知らなければ解くことができない問題は IBM にて議論の対象となったが、「宇宙の加速膨張は現代の常識であり、基本」「知っていれば解ける簡単な問題」との発言が相次ぎ、圧倒的多数の賛成により、出題されることになった。翻訳した問題の印刷や封筒詰め、確認があり、全ての作業が終了したのは 27 時 40 分であった。

### 4 日目 (8 月 20 日)

生徒たちは試験の山場である理論ラウンドに参加した。11 つの大問に 5 時間で取り組むものである。問題範囲は多岐に渡り、日時計 (グノモン) や衛星軌道のアナレンマを問う位置天文学的な問題、天体同士の位置関係や連星軌道の縮小などの基礎的な力学をもちいた問題、フリードマン方程式や CMB を問う宇宙論にかかわる問題などが出題された。試験後には、翌日の観測ラウンドで使用する望遠鏡を確認できる時間が設けられた。

一方、チームリーダーは、朝 8 時から、観測ラウンド、プラネタリウムラウンド、データ解析ラウンド、それぞれの問題検討を行う IBM に続けて参加した。また夜、ホテルに戻った後にはこの日も問題の翻訳作業が続いた。

### 5 日目 (8 月 21 日)

生徒たちは、午前中エクスカーションとして Uaná Etê という植物園に行き、気分転換をした。また午後には観測ラウンドに取り組んだ。観測ラウンドは、星図の知識を問うものと望遠鏡の操作を行うものの 2 種類が行われた。星図の問題では、与えられた星図の中に含まれる星座や恒星を同定したり、それらが時間とともにどのように変化するのかを考察する

ことが求められた。望遠鏡の操作を行う試験は、離れた地点に設置された模擬天体に、図2のようなガリレオ式望遠鏡を向けるという内容であった。試験は夜遅くまで続き、生徒たちは疲れた様子であった。

一方、チームリーダーは、ポスターコンペティションの投票や翌日の試験で用いるプラネタリウムの見学・確認を行った。また午後には、今後の IOAA 全体としての方針を決める会議に参加した。



図 2：観測ラウンドで使用されたガリレオ式望遠鏡

## 6 日目 (8 月 22 日)

生徒たちはデータ解析ラウンドに参加した。大問 2 題が出題され、3 時間かけて取り組んだ。問題は、スローンデジタルスカイサーベイとダークエネルギーサーベイのデータの比較および、球状星団における恒星の分布を題材とするものであった。

一方、チームリーダーはエクスカッションとして、前日に生徒が訪問した Uaná Etê を訪れた。また午後には理論試験のモデレーションに参加し、生徒の点数について交渉を行った。モデレーションは、各問題の担当 JURY と各国のチームリーダーで生徒の答案について議論し、言語の壁や文化の違い、採点の方針の差などによる疑義を解決する場である。

## 7 日目 (8 月 23 日)

日中、生徒たちは、最後の試験であるプラネタリウムラウンドに参加した。プラネタリウムラウンドは、図3に示すような Urânia Planetário の移動式プラネタリウムを用いて行われた。一方、チームリーダーは観測試験、データ解析試験のモデレーションに参加した。

夜には、生徒たちとチームリーダーは5日ぶりに合流し、文化交流イベントである Cultural Evening を共に楽しんだ。この際に、スマートフォン等の電子機器の生徒たちへの返却も行われた。



図 3：プラネタリウムラウンドで使用されたプラネタリウム



図 4：Cultural Evening 前の日本代表チーム

## 8 日目 (8 月 24 日)

生徒は一日、自由時間であった。ホテルの庭で、サッカーやスワンボートなどを通して、国際交流を楽しんだようだ。一方チームリーダーは、午前中にプラネタリウムラウンドのモデレーションを行った。

## 9 日目 (8 月 25 日)

生徒は、この日も自由時間となっており、他国の参加者とレクリエーションを通じて交流するなど、各自思い思いの時間を過ごしたようだ。一方、チームリーダーは、午前中 Final IBM に参加した。この IBM で 2025 年の IOAA がインドのムンバイで行われることが発表された。各国のチームリーダーとお土産の交換会もあり、チームリーダー間で交流する機会となった。

また午後には、生徒・チームリーダーともにヴァソウラス市内の観光を楽しんだ。



図 5：ヴァソウラス市内の観光を楽しむ日本代表団

## 10 日目 (8 月 26 日)

生徒、チームリーダーはともに、閉会式に参加した。閉会式では国ごとに壇上に登り、参加賞を受け取った後、各賞の受賞者が国・地域のアルファベット順に壇上に呼ばれ、表彰された。受賞者数はそれぞれ、金メダルが 25 人、銀メダルが 45 人、銅メダルが 46 人、優良賞が 40 人で、日本チームからは、長谷川さんが銀メダル、市川さんが銅メダル、齋藤さんが優良賞を受賞した。なお主な賞の基準としては、金・銀・銅メダルがそれぞれ補正後の合計得点が満点の 80 %、65 %、50 % 以上であり、また優良賞は理論試験または実技試験の点数が基準点以上で銅メダルに達さなかった場合である。各賞受賞者の得点分布は後日、IOAA2024 公式ホームページで公開された。



図 6：閉会式後の日本代表団

### 11 日目（8 月 27 日）

この日ブラジルを発った。行きと同じく GIG 空港から IAH 空港に向け出発した。生徒たちは、空港でブラジル代表団と一緒にピカチュウダンスを踊るなど、最後まで国際交流を楽しんでいた。

### 12 日目（8 月 28 日）

6 時ごろ、経由地の IAH 空港に到着した。IAH 空港には NASA のグッズショップなどがあり、宇宙に関連するお土産などを購入する生徒もいた。IAH 空港には 5 時間ほど滞在し、11 時ごろ、日本に向けて飛び立った。

### 13 日目（8 月 29 日）

13 時間ほどのフライトののち、14 時ごろに成田空港に到着し、入国手続きののち解散した。台風 10 号の影響で国内の交通機関に大幅な乱れが生じていたが、夜遅くには生徒全員が無事の帰宅を確認できた。

### ポスターコンペティション

IOAA2024 では、各国が事前に作成・提出したポスターを展示・審査するポスターコンペティションも行われた。日本代表の生徒らは図 7 に示す “Shibukawa Harumi and the Jokyo Calendar ~A Technology from Abroad Utilized in Japan~” というタイトルのポスターを作成した。ポスターは大会期間中、Univasouras に展示され、日本チームのものも好評を博していた。



# Shibukawa Harumi and the Jokyo Calendar

~A Technology from Abroad Utilized in Japan~



Madoka Ichikawa (12<sup>th</sup> grade), Juichi Hasegawa (12<sup>th</sup> grade), Hajime Saito (11<sup>th</sup> grade)

Shibukawa Harumi (1639-1715) was a Japanese astronomer and Go player. He developed the first Japanese-original calendar, which was used from 1685 to 1872. This calendar was created by combining Japanese techniques with observational methods from abroad.

## Ancient Japanese Calendars

The knowledge about calendars was brought to Japan from China via Korean Peninsula. In ancient Japan, **the imperial court operated a Chinese lunar calendar**, and setting the calendar was the privilege of the imperial court, and the knowledge of the calendar was top-secret because it was deeply connected with astrology, yin-yang, and politics.

## Problems in the old calendar

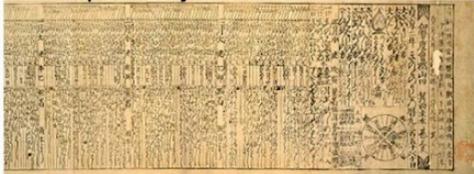
In 862, a calendar based on the Chinese Xuan-ming calendar began to be used, but **800 years passed without a calendar revision**. Over time, the discrepancies between the calendar and the motions of the heavenly bodies and the seasons became more and more pronounced, with **discrepancies reaching as much as two days**. (In the Shou-shi calendar, winter solstice and perihelion was assumed to be the same point, but Harumi found that their difference changes over time and was reaching 2 days in the 17<sup>th</sup> century)

## Development of the Jokyo calendar

Harumi developed the Jokyo calendar by improving the Chinese (Shou-shi) calendar as follows:

- Correction of the **longitude difference**  
Harumi determined that the difference in longitude between the capital of Yuan dynasty, Daito, and the Japanese capital at the time, Kyoto, was approximately 18 degrees (actually 19.4 degrees).
- Adjustments of various values related to the calendar (such as winter solstice, length of year...) **based on actual observations**.

The completed Jokyo calendar ↓



【古書帖】「1」天文9-明治18(1685-1872) 国立国会図書館デジタルコレクション <https://dl.ndl.go.jp/pid/2546782>

## What happened after the calendar revision?

The authority to establish and revise the calendar was transferred from the imperial court to the Shogunate, and Harumi became the head of the Shogunate's astronomical office. **In 1873, the Gregorian calendar was introduced** as part of the modernization policy.

### Summary and Outlook:

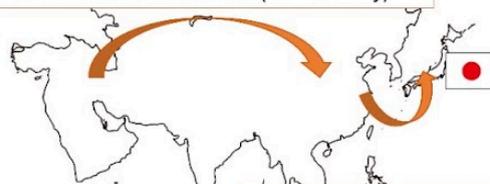
Although Japan was closed to the outside world at that time, advanced astronomy introduced from foreign countries greatly contributed to the establishment of the new calendar in Japan. Therefore, we believe that **international cooperation remains an important factor in technological development today**. However, now global issues are piling up, and international cooperation does not seem to be sufficient. Especially in space development, there is a strong sense of competition among nations. We sincerely hope that technological development will be carried out peacefully while maintaining a balance between competition and cooperation.

Reference: 『暦の源流と普及』日本の暦 国立国会図書館 <https://www.ndl.go.jp/kyogomi/chapter1a1.html> 暦Wiki/歴史/日本の暦 国立天文台 <https://aco.mtk.nao.ac.jp/kyogomi/wiki/CE2B9C2FC8FC8C8DCAACEF1.html> 暦史の窓 <https://www.y-history.net/> 国立天文台暦計算室 暦史料館 <https://eco.mtk.nao.ac.jp/kyogomi/exhibition/>

## Factors that were indispensable for the creation of the Jokyo calendar

### (1) Introduction of advanced astronomy

The advanced astronomy brought from the Islamic world contribute the creation of the Shou-shi calendar in China(13<sup>th</sup> century)



The Shou-shi calendar from China become the basis of the Jokyo calendar.

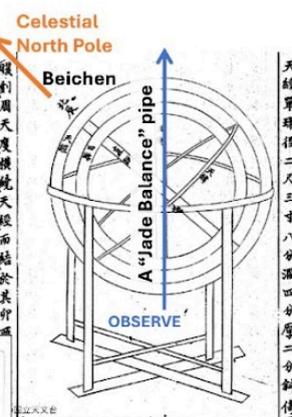
### (2) Improvement of armillary sphere

Armillary sphere: **a device used to observe the position of celestial bodies**.

Harumi made a practical and simple armillary sphere by himself.

#### How to use the armillary sphere:

1. Point the "Beichen" in the direction of the celestial north pole.
2. Observe a target object through "Jade Balance".
3. Measure the position of the target objects indicated by rings.



← The record of his observation

図 7：日本チームが作成・提出したポスター

## 4.3 チームリーダーの業務

### 4.3.1 概要

前節のスケジュールでも記載したように、大会期間中のチームリーダーの業務は大まかに下記の通りである。

- IBM への参加
- 問題の翻訳
- モデレーション
- 日本担当の現地スタッフや生徒の保護者との連絡
- 日本～開催地間の移動時の引率

主な業務について、以下にその内容を述べる。なおチームリーダーは大会期間中、生徒とは離れて行動するため、現地では引率ではなく問題検討や採点などが主な業務になる。また大会期間中のチームリーダーへの連絡には WhatsApp が用いられた。

### 4.3.2 IBM

IOAA における重要事項を決める会議は IBM と呼ばれ、IOAA の期間中には、問題の検討のほか、規約の改定や次の開催地の決定などの大会運営に関する重要事項を議論するため、連日 IBM が開催される。

問題の検討を行う IBM は、問題の説明ののち、ディスカッションを行い、投票というプロセスで行われた。問題の説明では、出題者から各問題の出題の意図、背景となるミッションや観測について、解説があった。例えば、データ解析ラウンドの問題を検討する IBM では、

Skills tested:

Understanding of a .....

Challenges:

のように、各問題ごとにその問題を通して測ることができる能力がスライドなどにまとめられており、問題を作成する元になった観測やミッションの目的と観測結果・観測動画を紹介しながら、丁寧に説明された。その後、チームリーダーがオンラインで意見を書き込み、その意見に賛成 or 反対を投票できる。収集した意見を見て、その場で再度議論して問題文やデータの修正および部分点を入れる方針を決めていった。採決は、オンラインの投票で行われた。民主的に出題内容を詰めていくのだ。このプロセスは出題ミスの防止にもつながっている。

規約改正や次回開催などの運営事項を話し合う IBM でも、挙手すれば意見を言う機会が与えられた。非常に民主的な運営である。

### 4.3.3 問題の翻訳

IOAA では非英語圏の生徒も問題を母国語で解くことができ、母国語への翻訳はチームリーダーが現地で行う。翻訳の際は、インターネットに接続して調べたり、他国の専門家（チームリーダー）に質問したりもできるが、問題文確定後の夜中から明け方にかけて翻訳するため、非常に忙しい。チームリーダーは、その日に行うべき作業が終了するまで寝ることができないが、2名で分担するにはかなり重い量の翻訳が要求されるためだ。これは今大会のみの話ではなく、例年のことだという。チームリーダーの睡眠時間を確保するためには、非英語圏の国は、オブザーバーも含めて3人ないし4人体制で行くことが理想的である。参考までに、タイは4名、韓国は3名で翻訳を分担していた。

翻訳したテキストは試験管理ツールである Olympify へ入力する。Olympify は 2016 年の国際物理学オリンピック (International Physics Olympiad 2016: IPhO2016) に初めて導入された、問題の議論や翻訳から採点までを一元的に管理できる試験ツールであり、IOAA のほか、国際生物学オリンピック (International Biology Olympiad: IBO) や国際化学オリンピック (International Chemistry Olympiad: IChO) などでも採用されている。チームリーダーは、長時間 Olympify を使うことになるため、事前にこのソフトウェアに慣れておくとよいだろう。

翻訳後、印刷して、生徒一人分ずつ問題用紙（英語原文と翻訳したもの両方）と解答用紙を封筒に詰め、封をしてもらうところまでが仕事である。

### 4.3.4 モデレーション

モデレーションは、自国生徒の答案をチームリーダーが採点し、JURY<sup>5</sup> の採点と比較して、各問題ごとに答案について JURY と議論するというものである。モデレーションは生徒が高得点を獲得する上で、重要なプロセスである。

チームリーダーによる採点結果は、モデレーションの前に JURY に共有されるようになっており、締切時刻までに採点を入力し終えなければ、モデレーションの権利を獲得できない。答案データが提供されてから締切までが非常に短い上、採点結果を入力しなければモデレーションを行う権利を得られないため、必死であった。

モデレーション中に主に議論したのは、日本語で書かれた答案の内容である。英語以外の言語で答案を記載した場合、その内容が得点に反映されるのはモデレーションのタイミングとなる。答案に記載されている内容を、チームリーダーが JURY へ説明し、部分点をつけてもらうことが、点数の上乗せとなっていた。万が一、チームリーダーが体調不良でモデレーションに参加できない可能性も鑑みると、可能であれば英語で答案を書くのがよいだろう。

---

<sup>5</sup> JURY は答案の採点者を主に担当する。

昨年は、日本では一般的に 7 に横棒を引かないため 7 と 9 を誤読されていた例や、日付は国際的に広く用いられている表記では DD/MM と書くが MM/DD と書いたため誤答とされていた例があったが、今年は研修時に生徒へこれらの事項を指導していたこともあり、このような事例は無かった。次年度以降も国際的に広く用いられている表記法を使うよう指導するのがよいだろう。

#### 4.3.4 現地スタッフや保護者との連絡

先述の通り、試験期間中、不正防止のため生徒は外部との接触を制限されており、スマートフォンなどの通信機器は、チームリーダーに預けることとなっている。そのため、生徒が体調を崩した場合など保護者との連絡が必要な場合には、チームリーダーが現地スタッフと保護者の間に入って連絡を行うことになる<sup>6</sup>。

チームリーダーのホテルでは Wi-Fi が使用できたが、エクスカッションなどで長時間ホテルを離れることや、現地の空港で急ぎの連絡をとることもあるため、海外でのモバイルデータ通信が可能によう準備しておく必要がある。また、現地のホテルでは長時間 Wi-Fi に接続できず翻訳のタイムロスとなるなど、時折接続が安定しない状況であった。

#### 4.3.5 参加所感

53 か国のチームリーダーが 10 日間、常に一緒に行動し、食事もビュッフェ形式で同席したため、各国の天文学の授業・実習に関する情報交換の機会が豊富であった。ホテルは他国のチームリーダーと相部屋であったし、天文教育に携わるさまざまな国の知り合いが増えた。生徒への教育・支援の方法は国によってさまざまである。外国の天文教育に興味関心のある人には、チームリーダーになることを勧めたい。

チームリーダーは、朝から夜中まで作業する日が多いが、午前中にエクスカッションに行った日もあった。ブラジルを観光したのは、生徒と共に過ごした僅か 1 時間である。チームリーダーは影で IOAA を支える裏方といえよう。

### 4.4 参加生徒の感想

IOAA2024 終了後、参加生徒にアンケートを行った。アンケートに記載された参加生徒の感想の中から一部を抜粋して掲載する。

「周りのレベルがとても高く、刺激になりました。期待通りの結果は出せませんでしたが、私としてはむしろ今後のモチベーションになりました。大会期間中はとても楽しく各国の代表との交流ができました。天文好き同士で気の合うとこ

---

<sup>6</sup> 保護者と現地スタッフが直接連絡を取ることも可能ではあるが、言語の壁などを考慮し、日本以外の国でも、チームリーダーを介して行うのが一般的なようである。

るもあったので、つたない英語ながら深い話をすることができました。自分の視野がぐっと広がりとても貴重な経験でした。」

「国際交流のほうは忘れられない経験になった。他国の人と同室で過ごしたり遊んだりと普段体験できないことをたくさん味わえた。アニメなどの日本の文化を世界中の人が知っていて感動した。英語は意外と伝わったので、あまり心配せずに積極的に交流しに行くのがよいと思った。」

「初めて天文学オリンピックの国内予選に参加したときからここまでにたくさんのことを学べ、天文に対する興味も深まった。中でも国際大会への参加で得たものは大きいと感じる。」

## 5. 総評

IOAA へ 2 年連続で日本代表団を派遣した。今年は、参加国の急増により生徒のホテルの定員が足りず、過去 3 年連続での参加実績のある国のみが生徒を 5 人派遣できることとなった。日本やニュージーランドなど 3 年未満の国は生徒を 3 人までしか派遣できず、大変残念であった。来年は、生徒のホテルの定員が今年より 100 名増員されるとのことであるので、希望する全ての参加国が 5 人の生徒を派遣できることを期待したい。

大会の参加期間中や運営については、台風による交通トラブルはあったが、今年も様々な観点で非常に充実したものであった。それぞれの項目ごとに総評を述べていく。

まずスケジュール面では、台風による欠航のため開会式に出席することは叶わなかったが、その後の 11 日間は、複数の試験に加え、エクスカッションや交流イベントなどがバランス良く配置されており、充実したスケジュールであった。チームリーダーは昨年同様、特に前半のスケジュールが過密であり、夜中に問題文の修正版が確定され、明け方まで翻訳と印刷に忙殺される一方で、朝 7 時半にバスに乗り、8 時頃には会議が始まるといった具合であった。

翻訳に関しては、今年から、翻訳の際に Google 翻訳もしくは DeepL の翻訳結果を Olympify に直接入力できるように改善されていたが、数式が崩れるため TeX でタイプし直す必要があったり、原文の一部が省かれてしまっていたりと、翻訳として使用可能なレベルにはまだ達していなかった。また昨年のポーランド大会までは生徒の解答用紙も全て翻訳していたが、英語版と翻訳版の解答用紙が両方存在したため見落とし事故が発生したそうので、今年は突然、解答用紙の翻訳をしない方針が決定された。しかしながら、解答用紙にも英文は記載されており、生徒は出題内容に関連する英語に慣れておく必要がある。

医療・衛生面に関しては、LOC からの事前のアナウンスを参考に、任意で渡航前に黄熱病ワクチンを接種したり、医療機関や公的機関が提供している注意点がまとまった資料を日

本代表団の中で共有したりといった対策を行った。資料を参考に、虫よけ対策や飲食物に気を付けたおかげか、体調を崩した生徒がいなかったことは幸いであった。

続いて IOAA2024 で出題された問題について述べる。理論・データ解析ラウンドは今年も質が高い良問であった。前日にチームリーダーが十分に内容を吟味し、意見を出し合い、投票するオープンな体制で実施されていることも、試験の高い質につながっているものと考察する。またデータ解析ラウンドでは、誤差の伝播に関する問題なども出題された。日本代表の生徒たちは、片対数グラフへのプロットには面食らったというものの、概ね対応できていたようであった。加えて、プラネタリウムラウンドや観測ラウンドは、南天の星座を把握していなければ対応できない内容であったが、生徒たちは代表研修での特訓などを通して、十分な準備ができており、しっかりと対応できていたことは喜ばしい。一方で、今回理論ラウンドで出題されたフリードマン方程式（一様等方な場合のアインシュタイン方程式）や赤方偏移と宇宙の温度との関係は、日本の高等学校の教育課程では取り扱わない分野であり、研修でも教えてこなかった。そのため海外の多くの国では、一般相対性理論の概要や宇宙論を高校生に教えていることにも驚いた。これを踏まえ、来年以降の代表研修では宇宙論を教えることを検討している。どのラウンドも総じて非常に質の高い問題が用意されており、レベルの高い大会であると感じた。

最後に、国際交流について述べる。生徒は他国の生徒達と相部屋に宿泊し、ウクライナの生徒と相部屋であった生徒もいた。多国籍で挑む団体戦もある。さまざまなイベントを通して毎日が国際交流の機会であふれ、他国の生徒と一緒に屋外でボート遊びやバレーボールなど体を動かしたり、カードゲームや腕相撲などで遊んだりする機会などもあったとのことである。多感な時期に、天文分野に興味関心を持つ多彩な国の生徒と交流できたことは、大会に参加した生徒たちにとって、一番の収穫であろう。

## 6. 謝辞

第 17 回国際天文学・天体物理学オリンピックへの日本代表団派遣にあたり、多くの方々にご協力を賜りました。

Almeida Cruz 氏には現地ガイドとして、日本代表生徒のアテンドをしていただきました。ここに感謝の意を表します。

また、LOC をはじめ、大会期間中にご協力をいただいた全ての方に深く感謝いたします。皆様の尽力により、安心して大会に臨むことができました。

そして、多くの方々に、寄付という形で日本代表団の派遣を支えていただきました。寄付をしてくださった皆さんに心からの感謝の意を表します。皆様の温かいサポートにより、若い天文学者の卵たちに、成長と国際交流の機会を提供することができました。

大会の派遣までのプロセスにおいても多くの方々にご協力いただきました。第 17 回国際天文学・天体物理学オリンピックの日本代表選抜を兼ねた大会である、第 3 回日本天文学

オリンピックでは、株式会社 ALE 様、株式会社西村製作所様、株式会社ビクセン様、株式会社サイトロンジャパン様、アストロ・アカデミア様にご協賛いただきました。株式会社ビクセン様、株式会社サイトロンジャパン様にはご協賛に加え、大会での副賞として、それぞれ望遠鏡、双眼鏡をご提供いただきました。皆様のおかげで大会がより良いものとなりました。さらに、株式会社ビクセン様には、宿泊研修において複数の望遠鏡をお貸しいただき、また代表研修の教材として「星空ガイドブック」をご提供いただきました。改めて感謝申し上げます。

また平塚市博物館には、宿泊研修の会場を提供いただきました。明石市立天文科学館および仙台市天文台には、プラネタリウム研修の実施でご協力いただきました。京都産業大学および東京大学理学部天文学科には、第 3 回日本天文学オリンピック本選の会場をご提供いただきました。厚く御礼申し上げます。

大阪市立科学館の嘉数 次人様と大阪工業大学の真貝 寿明様には、ポスターコンペティションのポスターを添削していただき、様々なご意見をいただきました。厚く御礼申し上げます。

このような皆様のご協力により、第 17 回国際天文学・天体物理学オリンピックへの派遣は成功裡に終了し、日本代表団は素晴らしい成績を取ることができました。全ての関係者の方々に心より感謝いたします。これからも天文学と天体物理学分野における教育の普及と発展に尽力していく所存であります。

最後に、第 17 回国際天文学・天体物理学オリンピック日本代表の生徒の皆さんの、天文学への情熱と IOAA に向けた努力なしには、派遣は成し得ませんでした。ここに参加された生徒の皆さんに感謝いたします。