

昼間の小学校の教室からの天体観測を実現する遠隔観測システムの開発

◎土橋 一仁（東京学芸大学広域自然科学講座宇宙地球科学分野）

西浦 慎悟（東京学芸大学広域自然科学講座宇宙地球科学分野）

荒川 悦雄（東京学芸大学基礎自然科学講座物理科学分野）

○三井 寿哉（東京学芸大学附属小金井小学校）

傳幸 朝香（東京学芸大学附属小金井小学校）

代表者連絡先：doabshi@u-gakugei.ac.jp

【キーワード】 小学校理科、天文教育、月、天体望遠鏡、遠隔天体観測

1 はじめに

日本の天文教育における最大の問題点は、実際の天体観測を行うことなく、必要な学習を座学のみで済ませてしまうことである。天体観測を行うために、夜間に児童・生徒を集合させることの困難さが、その主な原因である。しかしながら、自然科学の学習には、本物の自然の姿をありのままに観察し、その美しさや不思議さに触れて感動する体験をもつことが本質的に重要である。

一般に「天体観測は夜間に行うもの」という固定観念があるが、月や金星といった明るい天体であれば、昼間でも観察することが可能である、という着想を得た。これは天文観測に慣れた者の間ではよく知られていることであり、優秀な学芸員がいる科学館などでは、昼間の金星の姿を望遠鏡で見せてくれる場合もある。そこで我々は、東京学芸大学中央1号館屋上の天文ドームに設置された口径 40cm の光学望遠鏡(以後 40cm 鏡、図1)をインターネットに接続して遠隔操作可能にし、小学校理科の昼間の授業時間中に「青空の中の月」をリアルタイムかつ遠隔操作で観察する授業法を開発することにした。

本研究の主な目的は、次の2点である。

- ① 40cm 鏡の観測システムを整備して昼間の月を学校の教室から遠隔観測できるようにする。
- ② 附属小金井小学校の児童を対象とした教育実践を通して昼間の月の遠隔観測の教育効果を確かめ、他の学習方法に比べてどのようなメリット・デメリットがあるかを調査した。

2年間の研究期間のうち、初年度にあたる令和5年度の前半に40cm 鏡の整備を進めた。令和5年度後半と令和6年度に、附属小金井小学校の6年生を対象に教育実践を行った。

2 40cm 鏡の観測システムの整備

40cm 鏡（図 1a）は、同じ口径の古い望遠鏡をリプレースする形で、2020 年 3 月に東京学芸大学に導入され、現在、中央 1 号

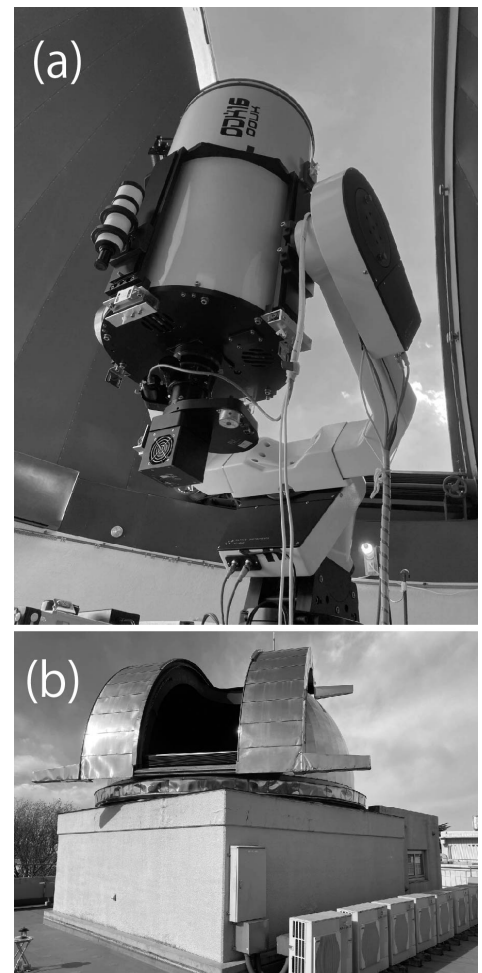


図 1 東京学芸大学中央 1 号館屋上に設置されている (a) 40cm 鏡と、(b) 天文ドーム（直径 6m）。

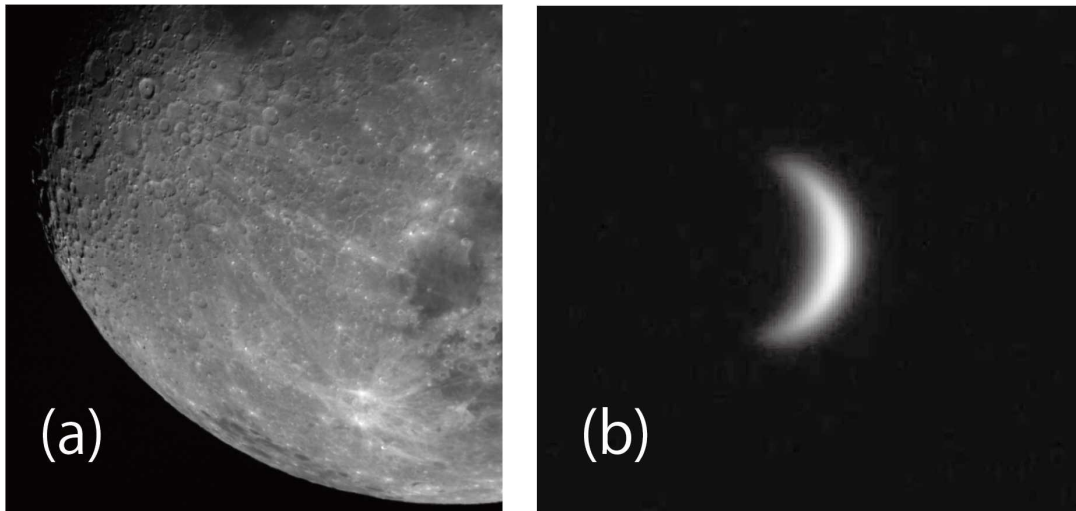


図2 40cm 鏡で昼間の明るい時間帯に撮影した(a)月と(b)金星。

館（旧自然科学研究棟）屋上の 6m 天文ドームに収められている。直径 40cm、焦点距離 282cm の主鏡をもつカセグレン式の鏡筒（Orion Optics UK 社製 ODK16）を、クーデ式の赤道儀（Mathis Instruments 社製 MI-500）と組み合わせた構造で、センサーとして 3026×2204 ピクセルの画素をもつ冷却 CCD カメラ（Finger Lakes 社製 ML8300-GPS）を搭載している。この他、国際的な測光標準システムであるジョンソン・カズンズシステムに準拠した 4 バンド（BVRI）の光学フィルターを納めた電動式フィルターホイール（Finger Lakes 社製 FW2-7）が使用可能であり、それに加えて月や惑星等の明るい天体を撮影するための 2 枚の減光フィルター（ND100, ND1000）を納めた手動式フィルターホイール（田中光化学工業社製）も併用することができる。直径 6 m の天文ドーム（図 1b）の駆動モーターには、40cm 鏡と連動して稼働するようセンサーを設置しており、40cm 鏡に追従する形で回転する仕組みになっている。これにより、スリット（観測を行うためのドームの開口部）を 40cm 鏡に追従する形で 40cm 鏡と同じ方向に向けることができる。40cm 鏡本体及び 6 m ドームの詳細については、土橋ほか（2022）や富田ほか（2022）の論文を参照されたい。

本プロジェクトでは、40cm 鏡の制御用 PC を Google Remote Desktop を利用してインターネットに接続し、遠隔操作を可能にした。さらに Teams 及び Zoom といった遠隔会議システムを利用することにより、40cm 鏡で撮影した月や金星などの天体画像を学校の教室へリアルタイムで配信するシステムを構築した。得られた画像の例を、図 2 に示す。

3 附属小金井小学校での教育実践とその結果

附属小金井小学校での教育実践は、令和 5 年度（2024 年）と令和 6 年度（2025 年）の 2 年間に渡り、2 回に分けて行った。対象はそれぞれの年度の 6 年生 3 クラス（6 年 1 組～3 組）で、理科の「月と星」の単元の学習活動の一環として行った。各クラスの人数は 30 人程度であった。実施日等を、表 1 にまとめる。

教育実践は、クラス毎に 2 校時分（1 時間 30 分）で行い、次の(1)～(3)の方法で月を観察した。

- (1) **直接観測**：クラス全員で中央 1 号館の天文ドームを訪れ、40cm 鏡を実際に肉眼で覗き込み、月を観察する。同時に、ドーム周辺に展開しておいた 3-4 台の小型望遠鏡（ビクセン社製 8cm 屈折望遠鏡）で月やその時に見える他の天体（太陽を含む）、さらに街の風景などを観察した。
- (2) **遠隔観測**：教室に戻り、40cm 鏡で撮影した月の映像をリアルタイムで観察した。また、代表の児童（若干名）に対して、40cm 鏡の遠隔操作も授業中に体験させた。

表 1 附属小金井小学校での教育実践の実施状況

実施年度（西暦）	学年・クラス（担当）	実施日	アンケートの有効回答者数	備考
令和 5 年度	6 年 1 組（小林）	2023 年 9 月 19 日（火） 5-6 校時（13:15-14:45）	30 人	…
	6 年 2 組（傳幸）	2023 年 9 月 11 日（月） 3-4 校時（10:40-12:15）	33 人	…
	6 年 3 組（三井）	2023 年 10 月 18 日（水） 5-6 校時（13:15-14:45）	27 人	…
令和 6 年度	6 年 1 組（傳幸）	2024 年 11 月 22 日（金） 1-2 校時（8:50-10:20）	33 人	別教室にて 2 組と同時授業
	6 年 2 組（傳幸）	2024 年 11 月 22 日（金） 1-2 校時（8:50-10:20）	32 人	別教室にて 1 組と同時授業
	6 年 3 組（傳幸）	2024 年 10 月 24 日（木） 3-4 校時（10:40-12:15）	32 人	…

(3)資料による学習：JAXA の月周回衛星「かぐや」による動画や、NASA の月の形成に関する動画を閲覧し、月の特徴やその誕生過程について、学習した。

実施上の都合により、上記の(1)・(3)を逆の順序で行ったクラスもあった。授業の最後にアンケートを行い、その結果をもとに(2)の昼間の遠隔天体観測の学習方法としての特徴を分析した。令和 4 年度の教育実践での主なアンケート結果を、図 3 及び図 4 に示す。

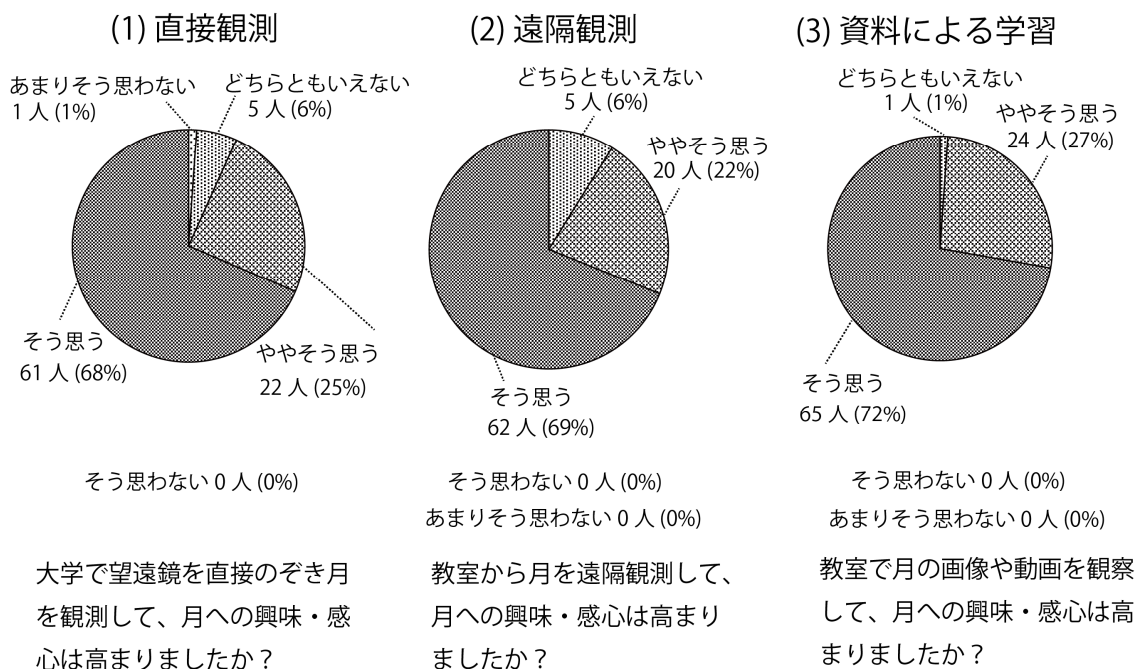


図 3：令和 5 年度の主なアンケート結果。(1)直接観測、(2)遠隔観測、(3)資料による学習のそれぞれについて、どの程度興味・関心が高まったかを問うた。選択肢は、「そう思わない」、「あまりそう思わない」、「どちらともいえない」、「ややそう思う」、「そう思う」の 5 択。無回答の児童も若干名いた。

図3からわかるように、(1)～(3)のどの方法でも、児童の月への興味・関心は高まった。(2)の遠隔観測も、他の方法と比べて興味づけという意味では十分に教育効果があることが示唆される。

しかし、図4に見られるように、「今日取り組んだ月の観察の中で最も面白かった」学習方法についてのアンケートでは、圧倒的に多くの児童が(1)の直接観測（望遠鏡を肉眼で覗き込む）が面白かったと答えている。実施日によっては薄雲が広がったり、月齢が小さく非常に細い月しか見えなかったりと、必ずしも好条件の日ばかりではなかったにも関わらず、児童にとっては直接的な観測が最も興味をそそられるらしいことがわかった。授業中に教室から離れて天文ドームを訪問したという開放感も、児童のこのような感想に影響しているものと思われる。

一方、(2)の遠隔観測よりも、(3)の資料による学習の方が児童は面白いと感じた。これについては、授業に用いた JAXA や NASA の学習資料（迫力のある BGM やよく吟味されたナレーション付きの動画）の出来が良すぎたことが強く影響していると思われる。児童の自由記述による感想をみると、「リモートで月の様子が見れると思っていなかったのが驚いた」、「遠隔操作できるのもすごく面白かったです」など、遠隔観測に対して好印象をもったという趣旨の記述も多くみられることから、遠隔観測にも一定の教育効果があるものと考えられる。

以上は令和5年度のアンケート結果であるが、令和6年度も同様の結果が得られている。

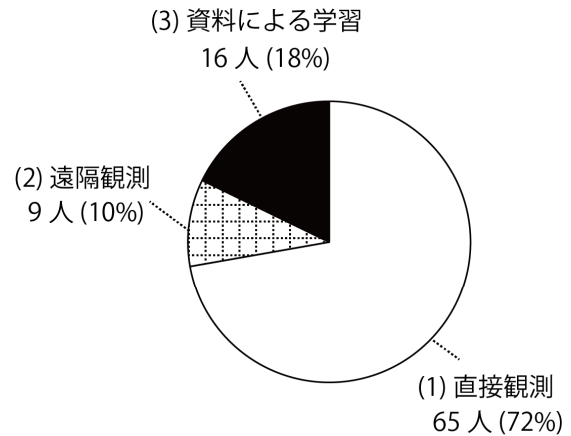
4 まとめ

本プロジェクトで得られた主な結果を、以下の1)～3)にまとめる。これらの成果は、令和7年4月現在、5件の学会発表（日本天文学会、発表済み）と1編の学術論文（東京学芸大学紀要、準備中）にまとめつつある。

- 1) 本学の40cm鏡をインターネットに接続して遠隔操作可能な観測システムを開発した。
- 2) 開発した観測システムを利用して、小金井小学校6年生を対象に、令和5・6年度に渡って教育実践を実施した。この教育実践では、「直接観測」、「遠隔観測」、「資料による学習」の3通りの月の学習方法を比較した。その結果、いずれの教育方法でも児童の月への興味・関心を高められることがわかった。
- 3) 上記の3つの学習方法のうち、圧倒的に多数の児童が最も面白いと感じたのは「直接観測」であった。やはり、自然科学（理科）の授業では、ありのままの自然の姿を直接観察することが児童のモチベーションを高めるために重要である、ということを裏付ける結果が得られた。しかし、「遠隔観測」も教育上有用であることが示唆された。「直接観測」の機会はなかなか得られないので、その代替え手段として、遠隔観測を利用することを提案する。

参考文献

- 土橋一仁、西浦慎悟、川崎優太、富田飛翔（2022）、東京学芸大学紀要 自然科学、第74集、pp. 77-84
富田飛翔、土橋一仁、川崎優太、西浦慎悟（2022）、東京学芸大学紀要 自然科学、74巻、pp. 85-93



今日取り組んだ月の観察の中で、
最も面白かったのはどれですか？

図4 (1)～(3)の3つの中で最も面白かった学習方法についてのアンケート結果（令和5年度分）。