

原著論文

自宅での望遠鏡を用いた月観察学習の試み

～小6理科「月と太陽」単元への導入とその評価～

縣 秀彦（国立天文台）、瀧澤輝佳（松本市立島内小学校）

Attempt of learning to observe the moon using a telescope at home
～Introduction and evaluation of the 6th grade science unit "Moon and Sun"～
Hidehiko Agata (National Astronomical Observatory of Japan)
Teruyoshi Takizawa (Matsumoto City Shimauchi Elementary School)

概要

小学校における天文教育の課題解決を目的に、児童一人一人が天体望遠鏡を持ち帰り、各自が自宅にて学習可能かを公立小学校において調査した。小学6年理科の単元「月と太陽」において「月の表面には何があるか」を課題として、3クラスの児童が自宅で国立天文台望遠鏡キットを用いて月の観察を行った。その結果、児童全員が自宅にて同キットを用いて月を観察することができた。結果として9割を超える児童が月の表面の観察からクレーターの存在を理解し、9割に近い児童が太陽光の反射で月が光っていることを理解した。

今後、全国で標準的にこの学習方法を小学校で導入しようとする際、望遠鏡と三脚の使い方に関しての事前学習が不可欠であり、保護者の理解や協力も必要である。一方、開発した教具の改善点が本研究における観察体験より抽出された。

小中学校理科における課題解決学習において、新型コロナウイルス感染症予防の観点からも、自宅における望遠鏡を用いた観察の導入を提言する。

Abstract

For the purpose of enriching astronomy education in elementary schools, in this study, students at a public elementary made an assembly-type astronomical telescope kit at school and brought it to their homes. In the sixth-grade science unit the "Moon and Sun", three classes attempted to observe the Moon at home using the Kaifu-NAOJ Telescope Kit, with the assignment of finding "What is on the surface of the Moon?". We then investigated whether each student could solve the problem at home.

As a result, all children observed the Moon at home using the kit. From their observations, around 90% of the students identified the existence of craters and understood the reflection of sunlight on the Moon surface.

We infer from this study that, if this learning method is to be adopted as a standard in elementary schools, prior learning about the use of telescopes and tripods is essential. Both understanding and cooperation of parents are also needed. In parallel with the study, we were also able to identify improvements in the teaching tools developed. As one of the COVID-19 prevention measures in education, we propose the introduction of at-home telescopic observations for task-solving active learning for elementary and junior high school science activities. (Received: 10 June 2020, Accepted: 31 Aug. 2020)

1. 研究目的

新学習指導要領の下、主体的で対話的で深い学び、いわゆるアクティブラーニング的な学習が求められるようになった。しかし、次のような理由により「天体」に関する学習においては、学校での夕方・夜間の天体観察会は実施しにくいのが実情である。

- 1) 児童・生徒の帰宅時の安全確保
- 2) 教員の勤務時間管理
- 3) 塾など放課後の過ごし方

加えて、新型コロナウイルス感染症予防の観点からも、接触感染や密集状態が生じやすい観望会には感染リスクが伴うことも危惧される。

河守博一(2020)[1]によると、小学校理科の天文単元において、家庭学習として夜間に天体観察を行う事例は極めて少ないと推定されている。また、著者による先行研究の調査においても、自宅で全員に天体望遠鏡による観察を課している小学校理科の指導事例は見当たらなかった。

本研究では、自宅に国立天文台が開発した組立式天体望遠鏡キット等を持ち帰り、各自が自宅にて天体観察をすることが可能かを小4及び小6にて調査する。加えて、全国で標準的にこの学習方法を導入しようとする際の課題とその解決方法を考察する。

2. 開発教具：国立天文台望遠鏡キット

国立天文台では、2008年度より「君もガリレオ！」プロジェクト[2]を実施し、国内外の児童・生徒に小型天体望遠鏡による天体観察の機会を提供してきた。今日、比較的安価に購入可能な小型望遠鏡は複数ある。しかし、小・中学校理科の天文単元に沿う内容での利用を前提に、学校でまとめて購入して利用する場合、性能面等で十分とは言えなかった。具体的には、市販の組立式の口径4cmタイプでは、分解能が十分ではないため、金星の満

ち欠けや土星の環の確認が難しい。口径5cmの組立式も存在するが、大きすぎたり、耐久性として繰り返しの持ち運びに適していなかったり、家に持ち帰る用途には適していない。そこで、本研究課題に適した組立式天体望遠鏡キットの開発を2017年に着手した[3]。

その結果、国立天文台では、標準的な小・中学校にて教具として準備可能な価格・性能の「国立天文台望遠鏡キット」(図1；以下、NAOJキットと表記)を製造し、2019年度より配布を開始した[4]。なお、本製造に関わる費用は2018年7月～9月に、任意団体「子どもたちに天体望遠鏡を届ける会」(代表：海部宣男・縣秀彦)がクラウドファンディングを実施し、かつ三鷹市や国際天文学連合(IAU)等からの支援を受けて調達した。このため、IAUではこのNAOJキットを“Kaifu-NAOJ telescope kit”と呼んでいる。

対物レンズが口径50mm、焦点距離399mm、アイピースが焦点距離25mm(倍率16倍)と6mm(倍率66倍)のNAOJキットは2019年7月から頒布が開始され、うち350台がIAUの創設100周年記念事業(IAU100)の一環として、世界各国での教員研修用として無償配布された[5]。



図1 開発した教具 組立前

スペック等本教具の詳細は文献[4]等を参照
「国立天文台望遠鏡キット」に三脚は含まれない

3. 予備調査：三鷹市連雀学園（小4）

我が国の小学校理科学習指導要領では、天体に関わる単元は、小3：太陽と地面の様子（日陰の位置と太陽の位置の変化、地面の暖かさや湿り気の違い）、小4：月と星（月の形と位置の変化、星の明るさ・色、星の位置の変化）、小6：月と太陽（月の位置や形と太陽の位置）の3単元である。本研究のように児童が望遠鏡を持ち帰っての観測対象として、昼間の太陽の観察は学校で可能なことと、望遠鏡での太陽観察は危険を伴うため小3を除いた小4及び小6における天文単元での活用が検討の範疇となる。そこで、本研究においては主に小6での月の観察において授業実践を考察するが、それに先立ち、NAOJキットの製作や操作が小学生でも可能かを地元三鷹市等の協力により確認することにした。

3.1 実践内容

NAOJキット完成直後の2019年7月23日、三鷹の森ジブリ美術館において、三鷹市連雀学園（市立第4小学校・第6小学校・南浦小学校3校の連合体）4年生の児童50人（内1名は当日欠席）を対象に、お泊り会「星空の美術館へようこそ」が開催された。この際、NAOJキットを用いた「君もガリレオ！」工作・観望会イベントを計画した。当日は、天候不良のため、NAOJキットの製作と、美術館内での望遠鏡操作練習のみを実施した（図2）[6]。

3.2 実践結果とその考察

調査対象は本イベント参加者の49名（女子30名、男子19名）で、表1に人数分布を示したように、本イベント参加の動機はジブリが好きであることが主たる理由であることと、事前にNAOJキットに関しては全く告知していなかったことから、調査対象群として、製作や操作という調査したい技能面では、小

4の標準的な児童と大差はないと考えた。

表1 参加者の興味関心について（小4）

理科は好きですか？	星や宇宙は好きですか？	ジブリは好きですか？
大好き 21(43%)	大好き 17(35%)	大好き 34(69%)
好き 20(41%)	好き 25(51%)	好き 9(18%)
どちらでも 6(12%)	どちらでも 6(12%)	どちらでも 5(10%)
きらい 1(2%)	きらい 1(2%)	きらい 1(2%)
大ききらい 1名(2%)	大ききらい 0名	大ききらい 0名

表2 工作と操作の難易度印象（小4）

作るの難しいか	目標物を見ることは
簡単 23(47%)	簡単 17(35%)
ふつう 1名(2%)	ふつう 1名(2%)
難しい 25(51%)	難しい 31(63%)



図2 三鷹の森ジブリ美術館での予備調査
上は工作中的の様子、下は操作練習の様子

複数の指導者が机間巡回し、製作をサポートした。参加者全員が正確に NAOJ キットを 30 分程度で組み立てることができた。

次に、事後アンケート結果の抜粋を表 2 に示す。NAOJ キットの製作工程については約半数の児童が難しかったと回答した。また、どこが難しかったかを質問したところ、レンズを装着する作業が難しかったと答えた児童が最も多く 12 名 (24%) であった。

また、室内において実施された目的物の導入練習に対し、49 名中 31 名 (63%) の児童が難しかったと回答している。その理由としては、「ピント合わせ」が 15 名、「目標物への位置合わせ」が 6 名、「三脚が動いてしまう」が 3 名であった (図 3)。

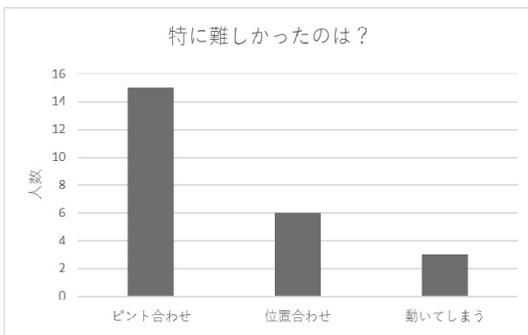


図 3 目的物への導入練習の感想 (小 4)

これらの結果から、通常の小学校における理科の探究活動として、小学校 4 年生が自宅にて、児童のみで NAOJ キットを製作・操作し、月などを観察することは困難であると判断した。授業に組み入れる上では、特に、焦点の合わせ方、目標物への位置合わせ、三脚への固定方法などの基本操作方法について、教室での事前学習が不可欠であることが判明した。

一方、2008 年以降国立天文台が全国各地で実施してきた「君もガリレオ！」ワークショップへの参加者は、保護者同伴とはいえ、小学校 4 年生以下の児童の参加も多く、科学館

や生涯学習センター等の社会教育施設での NAOJ キットの利用は、指導者や保護者の支援を前提に推奨されると考えられる。この点に関しては 6 章において補足・考察する。

本研究の趣旨は主に学校での利用であるため、予備調査の結果を踏まえ、全国の標準的な公立小学校 6 年生での NAOJ キットの活用について以下詳しく検討する。

4. 本調査:長野県松本市立島内小学校(小 6)

2019 年 7 月 28 日に信州大学松本キャンパスにて開催された教員免許更新講座にて、講座中に NAOJ キットの紹介を行ったところ、複数の教師が関心を示した。その後のやり取りより、瀧澤が勤務する長野県松本市立島内小学校 6 年生 3 クラスにて、秋に予定していた「月と太陽」単元の学習内で、各クラスの児童全員が NAOJ キットを持ち帰り観察を行うことが担任団や保護者の理解を得て、実施できることとなった。この実践を小 6 での利用を精査するための本調査として位置づけ、指導内容や教具の用意、事前事後アンケート、事前事後の確認テスト等を瀧澤が中心となって準備した。

4.1 実践内容

第 6 学年「月と太陽」の今回の授業プラン (全 7 時間) を示す (資料 1) (3 クラスで 10 月 29 日~12 月 6 日に実施、表 3)。

島内小学校の通学区域の特徴としては、田園が広がる松本市郊外にあるため、自然豊かな環境の中でのびのびと学校生活を送る児童が多い。また、住宅開発が続いている地域のため、近年児童数が増えている地域でもあり、様々な家庭環境の児童が在籍している。

瀧澤は、小学校 6 年生のこの単元での指導は初めてであるが、星や月の観察会を長野県内の小中学校において毎年開催してきた経験がある。そのとき、学校で行う観察会の問題

点として児童の参加率の低さがあった。より多くの児童に天体望遠鏡を使った月などの観察を通して、その魅力に触れ、天体への興味を高めてほしいと願っている。そこで、本授業プランを構想した。

天気もよく、全クラスとも自宅に持ち帰っての観察を実施することができた。

今回の授業時間内では、全クラスの望遠鏡工作の時間が確保できなかったことと、3章で述べた予備調査の結果から小6では教室での指導の下、本 NAOJ キットの製作は可能であると判断し、今回用意した 36 台のうち、半数の 18 台は 1 組の授業において 2 人一組で組み立て、残りは瀧澤が完成させた。約一週間単位でクラスごとに貸出し、児童全員に自宅へ持ち帰らせるようにした。

事前学習では、予備調査の結果を受けて、望遠鏡と三脚の使い方、天体の導入方法などを練習させた(図4)。また、希望者には三脚を貸し出すようにした。計3回使用した結果、NAOJ キット、三脚ともに破損や紛失等のトラブルは生じなかった。箱の劣化が多少あるものの翌年度の利用に支障がないことを確認した。



図4 授業プラン(島内小)の1時間目の様子
課題提示の後、国立天文台望遠鏡キットの使い方と注意点を説明し、実際に望遠鏡をセットし、遠くの物に焦点を合わせる練習を実施

表3 島内小学校での実践日程

クラス	児童数	事前アンケート実施日	事前テスト実施日	家庭での観察日	事後アンケート実施日	事後テスト実施日
1組	36 (女子18、男子18)	10月29日	10月29日	10/29-11/5	11月5日	11月20日
2組	36 (女子19、男子17)	11月6日	11月6日	11/6-11/13	11月13日	11月21日
3組	35 (女子18、男子17)	11月7日	11月7日	11/29-12/6	12月6日	11月21日

表3に示す通り、アンケートは、3クラスとも家庭での観察の前後で実施した。学習の定着を測るテストに関しては、1組と2組は観察の前後で実施し、比較のため3組のみ観察を挟まず、通常の教室での学習の前後で実施した。本単元の学習において、NAOJ キットを用いて自宅で観察した結果が評価可能な1組と2組を調査群とし、3組のテスト結果を比較群として考察することにした。

4.2 実践結果

(1) 知識・技能

事後アンケート([資料2]:事前アンケートも含む)において、1組と2組のみ「望遠鏡で月を見られた」、「その他の星を見られた」、「自分で使うことができた」、さらに「観察は難しい」を発問したところ、図5のように問回答者70名中70名が望遠鏡で月を観察できたと回答した。また、自分のみで操作できた児童は55名(78.6%)、残りの15名(21.4%)が家族に手伝ってもらったと回答した。このことから、小学6年生の月の学習の場合、事前学習を十分に教室で行い、かつ家庭における補助・協力が得られるなら、NAOJ キットでの自宅での観察は全員が可能と結論付けられた。

一方、観察は難しいと答えた児童が44名(62.9%)となり、技能の修得にはさらに時間をかけて指導する必要があると推察される。また、関心・技能の発展として、今回月以外に他の天体の観察を行った児童は12名(17.1%)いた。

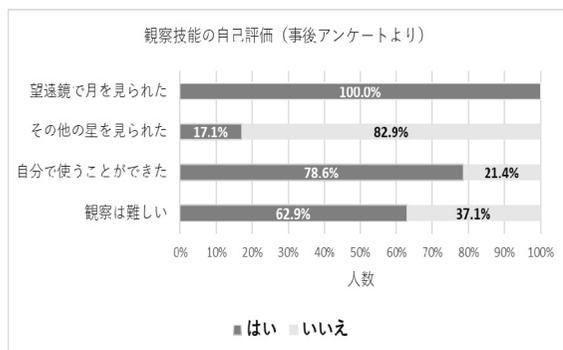


図5 事後アンケート結果 (1組+2組, n=70)

知識・技能の確認のため事前・事後テストを行った[資料3]。天体望遠鏡の使い方については、その手順を問う問題と、接眼レンズの選び方を問う問題を出題したところ、図6のような結果となった。比較群となる3組については自宅観察を挟まず、本単元の学習前(1回目)と学習終了後(2回目)での実施結果である。各母数は2回のテスト両方を回答した児童数である。

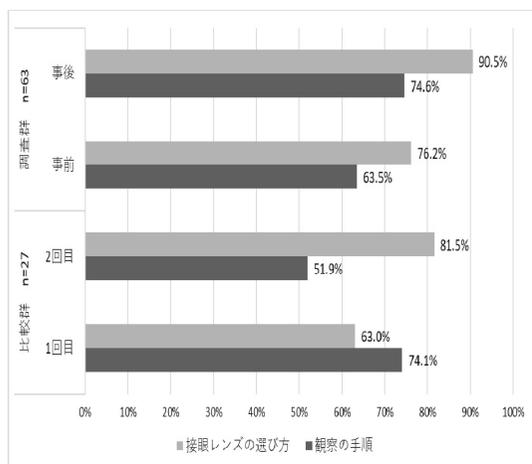


図6 天体望遠鏡の操作方法の正解率の変化

調査群 (n=63) の場合、事前指導で40名(63.5%)の児童が観察手順を理解したが、観察後には7名増えて47名(74.6%)が理解した。一方、観察をしていない比較群 (n=27) においては正解率が下がるなど学習の定着が

不十分であることが分かった。

また、調査群では観察時の接眼レンズの選び方が観察前後で48名(76.2%)から57名(90.5%)まで正解率が上昇し、実際の観察が知識・技能の向上に寄与したことがわかった。

比較群の3組の児童もその後全員が自宅でも月を観察した。3クラス全員が自宅でNAOJキットを用いて月を観察することができた。このように知識・技能面では、天体望遠鏡を活用することにより、効果的な月の学習ができるようになった。他の小学校においても、天体望遠鏡を活用すること望んでいる。

(2) 思考力・表現力・判断力

今回の学習の目的は「月の表面には何があるか」を各自が観察によって調べることである(資料1)。子どもたちが肉眼で月を観察した場合、白黒の模様(月の「海」の存在)や位相の変化は分かるものの、それ以上表面を詳しく知ることはできない。望遠鏡による観察によって初めて月の表面に凸凹があることが分かる。満月の日以外の観察からは、クレーターに影が付いて見えることから容易に月自身が発光しているのではなく、光を反射して輝いていることを推察可能である。このような判断や思考が各児童において可能であったかを調査した。

事前・事後テストにおいて、「月の表面には何があるか」、「月はどのように光っているか」を聞いた。図7に示したように、調査群 (n=70) において、2問とも観察前に比べ、観察後に正解率が上昇した。ここで言う正解とは、「月の表面には何があるか」に対しては、「クレーター」のほか「でこぼこ」、「くぼみ」等も正解とした。不正解の回答としたのは、「うさぎ」、「ごみ」、「湖」等の回答である。観察前も56名(77.8%)と正解者は多いが、観察後には15.3%増え67名(93.1%)が正

解であった。「月はどのように光っているか」に対しては、「太陽の光によって」、「太陽の光の反射」等を正解とした。「自分で光る」、「他の星の光」等の回答を不正解とした。観察前には 55 名 (76.4%) が、観察後には 63 名 (87.5%) に正解者が増えた。

一方、比較群 (n=35) は、授業プラン終了時 (7 時間目、観察はまだ未実施) に行った (図 7)。「月の表面には何があるか」の問いには 77.1% の正解率であった。これは、調査群の観察前の正解とほぼ同様であった。「月はどのように光っているか」の問いに対しては 80.0% の正解率であった。このように、観察実施の有無によって課題解決の成果に差が生じることが確認された。

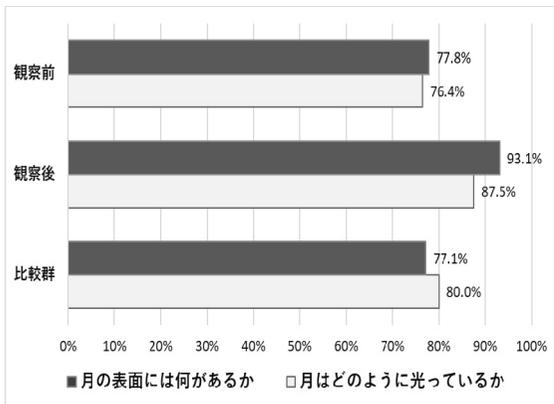
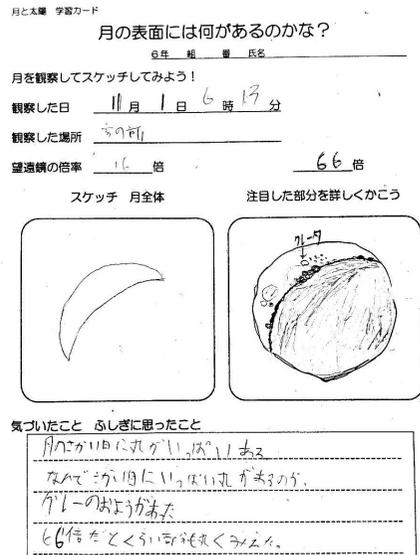


図 7 観察前後での月の表面の理解の変化

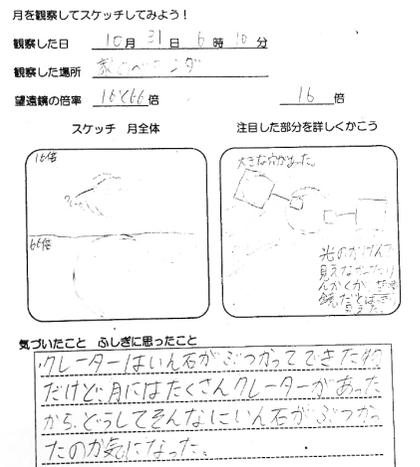
記述式の出題に対して、事前テストでは「でこぼこ」、「太陽の光」等が多くの回答例であったが、事後テストでは、「クレーター」、「太陽の光の反射」との回答がほとんどで、学習により正確な表現を用いて回答する児童が増えたと考えられる。

さらに、観察時に描いた月のスケッチを図 8 に 2 例示す。図 8-1 では、高倍率での観察を行い、欠け際の影を描いている。また観察から得られた気づいたこと・不思議に思ったことを書いている。さらに図 8-2 においては、

クレーターはなぜこのように多数できたのかという疑問を持つことができている。このように児童によっては、スケッチの実施によって表現力や判断力が向上したと思われる。その一方、月の表面を正確にスケッチできていない児童が多く、小学 6 年生の場合、野外での暗い中での観察による月のスケッチは難度の高い課題であると思われる。



8-1 欠け際が立体的に見えることへの気づき



8-2 クレーターの成因への気づき (スケッチは原図で不鮮明。文章での記述内容にのみ注目)

図 8 児童による月の観察 (学習カード) 例

(3) 主体的に学習に取り組む態度

事前・事後のアンケートにおいて、「理科は好きですか？」および「星や宇宙は好きですか？」を質問した。回答は大好き(1)、好き(2)、どちらでもない(3)、嫌い(4)、大嫌い(5)の5段階で回答させた。自宅で観察を行う前後にてアンケート調査を行った1組と2組を調査群とし、調査時点で観察をしていない3組を比較群とした。3組の場合は、本単元の学習前と学習後の変化となる。

平均値の数字が小さいほど好意的な態度となるが、結果は表4に示したように、調査群(n=67)では「天文」に対し、観察の前後で平均値が0.1上昇した。

表4 観察前後の興味関心の変化

	調査群	n=67		比較群	n=28	
		平均値	標準偏差		平均値	標準偏差
理科興味	観察前	2.4	0.7	学習前	2.5	1.0
	観察後	2.5	0.8	学習後	2.4	1.0
天文興味	観察前	2.4	0.7	学習前	2.1	0.8
	観察後	2.3	0.7	学習後	2.2	0.9

事前事後のアンケートにおける質問は、「理科は好きですか?」、「星や宇宙は好きですか?」の2問であり、大好き(1)から大嫌い(5)までの5段階で回答。調査群は1組と2組、調査時点で観察をしていない3組を比較群とした

一方、事後アンケートの感想の中には、以下に抜粋するように、「理科の授業のなかでもっとも楽しかった」、「理科は嫌いだがこの学習は楽しかった」または「もっと詳しく知りたい」、「もっとよい天体望遠鏡で観察してみたい」等、本学習に主体的に取り組んだことが読み取れる記述も複数見られ、本学習によって理科学習に取り組む態度に変化が生じた児童がいたことを示唆している。

さらに、「弟が月を見るのが好きになった」

という感想もあり、本学習方法の導入は、学習者本人のみならず家族の態度の変化までも生じるケースがあることが分かった。以下、児童の感想を事後アンケートからの抜粋を示す。

- ・月以外の星も見てみたいと思った。合わせる時も丸い穴のところをのぞいて簡単に見えた。自分で月を見るのは楽しかった。
- ・月のクレーターなどがきれいに見えた。もっと星がみたくなった。もっと詳しく見えるものを見てみたいと思った。
- ・思ったよりクレーターがあっぴびっくりした。あんま見る機会が無いから低倍率と高倍率で見えて良かったです。月にクレーターが何個あるか知りたい。
- ・今回天体望遠鏡を使ってみるのは初めてでした。月をしっかり観察できて思った事や疑問に思ったことを沢山かけて良かったです。小学校6年の理科で月を観察できたのはとてもいい思い出になりました。
- ・6年生の理科で月の観察が一番楽しかった。
- ・楽しかった!なかなかできない体験だったからよかった。理科は大嫌いだけど自分が楽しいや好きなことなので、楽しいと思えたのは良かったです。月を見るのは大変だけど、見えるとがんばったなと思った。

5. 考察

今回の実践において、事前事後のテスト及びアンケートの結果とクラス間との2変量の相関を調べたところ、5%以上の水準で正解率の差が有意となったのは、事後テストの「月の表面には何がありますか」と「天体望遠鏡で月を観察する時の手順を正しく並びかえましょう」の2題であった(表5)。ただし、事前テストでは相関は見られず、この差異は調査群と比較群での思考及び知識・技能における学習内容の定着率の差を示す結果と考えら

れる。このように本学習プランは本単元において有効な指導方法の一つと考えられる。

表5 クラス毎で正解率に有意な差が生じた出題

テスト	出題		
事前	月の表面には何がありますか？	相関係数	0.001
		有意確率(両側)	0.992
		n	97
事後	月の表面には何がありますか？	相関係数	.212*
		有意確率(両側)	0.033
		n	101
事前	月を観察する時の手順	相関係数	-0.182
		有意確率(両側)	0.077
		n	96
事後	月を観察する時の手順	相関係数	.219*
		有意確率(両側)	0.028
		n	101
* 相関係数は5%水準で有意(両側)			

4.2 で示したように多くの児童が自宅での観察体験を好意的に捉え、なかには主体的に学習に取り組む態度へと変化した児童もみられた。その一方、単元の学習前後で、「星や宇宙は好きですか？」への回答が、「どちらでもない」から「大嫌い」に変化した児童が1名(男子)存在した。その理由が気になったが、残念ながらテストやアンケートからは理由が分からなかった。該当する児童には以前に金星を観望会等で観察した体験を有し、今回の観察でも望遠鏡の操作は簡単であったと回答している。このため自宅での観察が上手いかなかったため嫌いになったとは言えない。

さらに同質問に対し事後「嫌い」を選んだ児童は男子2名いた。2名とも事前の天体観察経験は無く、今回の月の観察は「難しかった」と回答している。2名と少数ではあるが、用意する教材・教具や指導が児童の知識・技能等に合わない場合は、学習意欲を下げる危険性があり、今後の単元指導においては十分な配慮が必要と考えられる。そこで、以下、教具の改善についての必要性が感じられた。

6. 開発した教具の改良の必要性

2019年11月10日に、郡山ふれあい科学

館の主催事業として、NAOJキットを用いた「君もガリレオ！」ワークショップが開催された。参加者は郡山市とその周辺地域から希望者23名で、多くは大人であったものの5名は小4～小6の児童(ただし保護者同伴)であった。当日は晴天に恵まれ、月齢13の月を郡山駅前の広場にて観察することができた。この際、保護者からの支援がある場合には小4の児童でも、本教具を利用して月の観察が可能であることを確認した。参加小学生による望遠鏡操作の様子を観察し分かったことも含め、次の点を本教具の改良すべき点として指摘する。

6.1 三脚

島内小でのアンケート[資料2]より、自宅に三脚がある家庭は、19.6%(n=97)と想定していたより少ないことが分かった。

一方、島内小、郡山ともに所有する三脚は小型のものが多く、NAOJキットの利用には強度等が不十分なものが多かった。また、ほとんどの児童は三脚を使った経験がなく、望遠鏡の操作と並んで、三脚の使い方を教えることが必要であることが分かった。

天体望遠鏡の利用に適合し、かつ、安価な三脚を開発し配布することが学校利用の促進においては不可欠である。クランプをフリーにしても動きがコントロールでき、児童が持ち帰り可能な重量でかつ十分な強度と重みのある天体望遠鏡用三脚を開発中である。NAOJキット+専用三脚のセットで学校使用の教具とすることが望ましいと思われる。

6.2 高倍率アイピースと天頂プリズム

付属アイピースは低倍率(16倍)が25mm(ホイヘンス式)、高倍率(66倍)が6mm(プレスル式)である(注1)。高倍率は土星の環の観察が充分にできるようにと設定したが、視野が狭く、覗く位置が初心者には分かりに

くい欠点がある。島内小での調査[資料 2]において、児童のうち高倍率で月の観察ができたのは回答があった 65 名中 23 名 (35.4%) にとどまった。また、天頂距離が小さな目的物を導入する際に、天頂プリズムが必要であるが NAOJ キットの付属品には含まれていない。これらの改善についても今後検討したい。

6.3 運搬用及び保管用ケース

現在は段ボールとボール紙による箱型のケースを用いている。この保管用ケースの強度として問題点を 2 点あげる。①夜間には露や霜による結露がある。②学校と家庭間、複数回持ち運びをしている。三脚とのセットによる持ち運びも含め、運搬用保管ケースの長期利用教具の工夫が必要である。

6.4 記録方法及び ICT の活用

学習カードより、小学 6 年生の場合、暗い所で月のスケッチを正確に行うことはかなり難しい作業であることが分かった。一方、ICT 利用が各学校でも進んでいる。今後の学習に



図 9 スマホにアダプター使用で撮像した月
iPhone 6s に付属カメラアダプターを装着して 25mm アイピースでオート撮像。露出補正や画像修正等はしていない (撮像 : 2019 年 5 月 11 日)

においては、教具としての学校所有のタブレット端末か自宅にあるスマートフォンを用いて、月を撮像し学習に利用することが可能性として考えられる。本 NAOJ キットには簡易的な

スマホ用カメラアダプターが付属しており、簡単に月の撮像が可能である (図 9)。児童・生徒用にさらに使い易い補助用具を開発することや学習補助のためのアプリケーションを用意するようしていきたい。

7. まとめ

本研究では、児童一人一人が自宅に、組立式天体望遠鏡キットを持ち帰り、各自が自宅にて天体観察をすることが可能かを調査した。そして、課題とその解決方法の考察を行った。まず予備調査として小学 4 年生を対象に、開発した教具 (国立天文台望遠鏡キット) が組立・操作可能かを確認した。その結果、大人からの適切な支援の下、児童が使用可能であることを示した。またこの際、児童が使う上での諸課題を抽出し本調査に反映させた。

次に、標準的な地方の公立小学校において、小学 6 年生理科の単元「月と太陽」において「月の表面には何があるか」を課題として、自宅で望遠鏡による観察を試みた。その結果、児童全員が自宅にて望遠鏡を用いて月を観察することができ、うち 9 割を超える児童が月の表面の観察からクレーターの存在を確認できた。さらに 9 割に近い児童が、月が光っている理由を太陽光の反射によると理解した。

今後、全国で標準的にこの学習方法を小学校で導入しようとする際の課題として、次の 3 点を考えてみた。①望遠鏡と三脚の扱い方は、事前学習が必要である。②夜間の行動のため保護者の理解や協力が必要である。③教具は改善の余地があり、専用三脚、撮影用のアダプターや学習支援アプリケーションを開発していく。

新型コロナウイルス感染症予防の観点からも、小学校に限らず、夜間、学校に集まっている従来の観察会ではなく、天文の各学習単元において、自宅における望遠鏡を用いた観察の導入を提言したい。そのためには、各学校

において顕微鏡同様、持ち帰り可能な組み立て式望遠鏡キットの教具としての人数分の整備が不可欠であると考えられる。

謝 辞

IAU において、2007 年頃より「一家に 1 台望遠鏡」を提唱し、国立天文台望遠鏡キットの開発や、本研究を支援して下さい、故海部宣男先生に感謝と追悼の意を表したい。本事業は世界天文年 2009[7]に先立ち、「望遠鏡を 10 ドルで作れ」という指示から始まった。資金集めのクラウドファンディングにおいては、「アカデミスト」にて小俣一浩氏、笹沼範夫氏、五本木クリニック他 206 名から 2,473,220 円、「faavo 東京三鷹」にて 68 名から 869,000 円のご支援を賜ったことを深く感謝する。

IAU の Ewine van Dishoeck 会長、IAU100 事務局の Jorge Rivero Gonzalez 氏、Pedro Russo 氏そして Lina Canas 氏からの支援に感謝する。松本市島内小学校関係者の皆様、貝ノ瀬滋教育長はじめ三鷹市教育委員会の皆様、安西香月館長はじめ三鷹の森ジブリ美術館の皆様、連雀学園の皆様、安藤享平氏はじめ郡山ふれあい科学館の皆様、その他、国立天文台天文情報センターの皆様はじめ本プロジェクトの遂行に関わった多くの皆様、協力して下さい皆様、ご意見・ご批判を頂いた皆様全員に感謝する。

*本研究は、平成 31 年度科学研究費（基盤研究（C）（一般）「中学校理科天文単元での ICT 補助による自宅における観察学習の導入とその課題の抽出」（課題番号 19K03160）による。

注 1：本稿で記述したホイヘンス式はハイゲンス式と表記される場合も多い。また、プレスル式とは、天体望遠鏡用のアイピースとし

ては一般的なケルナー式の改良型である。

引用文献および URL

- [1] 河守博一(2020), 小学校での太陽・月の動きを実感する授業, 天文教育, Vol.32 No.1, 37-42.
- [2] 「君もガリレオ！」プロジェクト
<http://kimigali.jp/>
- [3] 縣秀彦 (2017), 「君もガリレオ！」ワークショップ, 第 31 回天文教育研究会集録, 86-89.
- [4] 国立天文台望遠鏡キット
<https://www.nao.ac.jp/study/naoj-tel-kit/>
- [5] IAU (2020), Final Report IAU 100th Anniversary Celebrations
<https://www.iau.org/static/archives/announcements/pdf/iau100-final-report-ann20019.pdf>
- [6] 高島規子(2019), 三鷹の森ジブリ美術館お泊り会～星空の美術館へようこそ～, 国立天文台ニュース, 2019 年 10 月号 (No.315), 14-15.
https://www.nao.ac.jp/contents/naoj-news/data/nao_news_0315.pdf
- [7] 世界天文年 2009
<https://www.astronomy2009.org/>



縣 秀彦

h.agata@nao.ac.jp



瀧澤 輝佳

takizawate@gmail.com

[資料1] 単元の授業プラン（全7時間相当）

6年理科 「月と太陽」 授業プラン （2019年度：松本市島内小学校）

- 1 月の表面には何があるのかな？
 - ①50年前のアポロ11号による人類初の月面着陸の様子を動画で見る
 - ②予想を考え、出し合う
 - ③課題提示 望遠鏡を使って月の表面を実際に見てみよう
 - ④国立天文台望遠鏡キットの使い方と注意点の説明
 - ⑤実際に望遠鏡をセットし、遠くの物に焦点を合わせる練習をする
（1週間のうちで晴れた日に月の表面を観察してもらう）
（学習カードに記入し、1週間後の授業で再び扱う）
- 2 月の形や見える位置はどのように変わっていくのかな
 - ①それぞれ、どんな形の月を見たことがあるか確認
 - ②課題の提示 月の形や見える位置を観察しよう
 - ③予想
 - ④学習カードの説明 注意点などを確認
- 3 光っている月と太陽は何か関係があるのかな？

実際に観察するか、パソコン上でシミュレートする

昼間の月の光っている部分と太陽の位置に関係があるのか調べる

太陽がある側がいつも光っていることを確認する

月の形が変わっていくことを確認する
- 4 月の位置によって、月の見え方はどのように変わるのかな？

ボールを月に見立てて光を当て、月の満ち欠けの様子と地球と太陽の位置を調べる
- 5 太陽の表面はどのようになっているのかな？

しゃ光板を使って太陽の表面を観察

PC資料で、太陽の表面の様子を見る
- 6 月の表面には何があるのかな？

望遠鏡で観察した月の表面のようすを発表し合う

月にはクレーターと呼ばれるくぼみがあること

岩石や砂でおおわれていることを確認する

月についてさらに疑問に思った事、調べてみたいことを出し合う
- 7 まとめ

「月と太陽」の学習をふりかえる

[資料2] 事前アンケートと事後アンケートの項目（1組用）

月や星の学習 事前アンケート

① 理科は好きですか？

大好き 好き どちらでもない 嫌い だい嫌い

