

・学術発表その1

高速電波バーストを用いた宇宙論的電離ガス分布の解明に向けた理論模型の構築

会見発表者；高橋龍一（弘前大）

共同研究者：井岡邦仁（京大）、森明日香（弘前大）、船橋光貴（弘前大）

高速電波バーストは電波で輝く突発天体（継続時間ミリ秒）である。2007年に最初の事例が報告され、これまでに約120例のイベントが報告されている（ウェブページ <http://frbcat.org> 上で最新の情報が公開されている）。電波バーストは我々の住む銀河系の外から来ていることが確認されている。電波信号は電離ガス中を伝わる際、その屈折率の周波数依存性から、波長により到着時間がずれる。そのため、多波長で到着時間を測定することにより、視線方向の電離ガス分布を直接測ることができる（図1参照）。現在の宇宙では元素（主に水素とヘリウム）の約8割以上は電離ガスとして分布している。そのため電離ガスの空間分布を知ることにより、宇宙全体の元素の存在量や空間分布を直接知ることができる。



図1：観測者、電離ガス、高速電波バーストの位置関係。

本研究では最新の宇宙論的銀河形成シミュレーション、イラストリス TNG (IllustrisTNG: <http://www.tng-project.org>) を用いて、宇宙空間中の電離ガス分布の統計的性質を調べた。具体的には、時間スケールで約100億年、空間スケールで約10億光年に渡り、電離ガスの存在量と空間分布をシミュレーションから測定し、理論模型を構築した。特に空間分布の理論模型化は世界初の成果である。図2で測定結果を図示しており、電離ガスの空間的な密度ゆらぎの振幅を縦軸、ゆらぎの長さの逆数を横軸としている。紫丸がシミュレーション結果、赤実線が我々の理論模型を示しており、よく一致している。次に宇宙空間を伝わる電波信号の数値シミュレーションを行い、視線方向の電離ガス分布の平均と分散、角度分布を測定した（図3参照）。これらの測定量が理論模型から予想されるものと非常に良い一致を示すことを確かめた。我々の理論模型は

高速電波バーストの観測データの解析にすぐ応用でき、多くのデータ解析で使用されることが期待される。

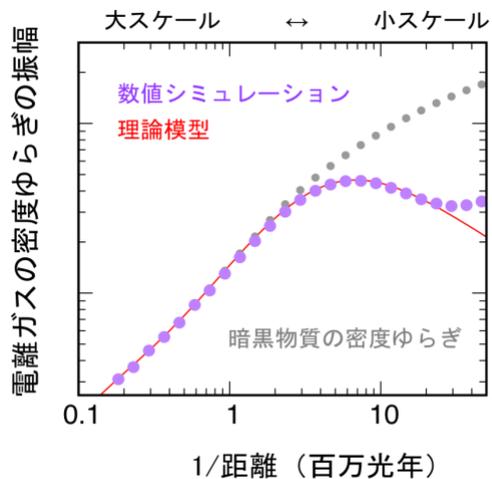


図 2 : 電離ガスの空間的分布の密度ゆらぎの振幅 (縦軸) をゆらぎの距離スケールの逆数 (横軸) で図示している。紫丸がシミュレーション結果、赤実線が我々の理論模型。灰丸は暗黒物質のゆらぎの場合。

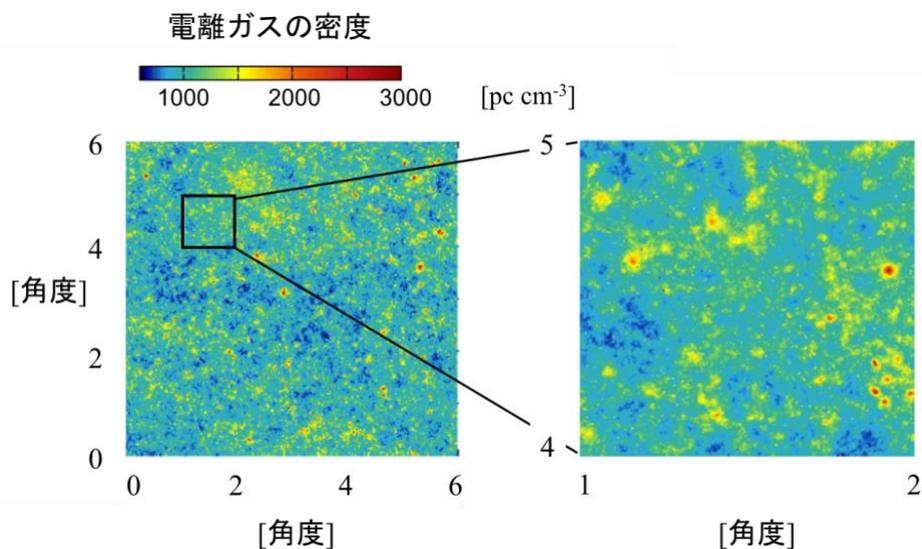


図 3 : シミュレーションで作成した電離ガスの天空上の等高図。赤(青)い箇所が密度の高(低)い領域。右パネルは左の拡大図。

新しい生活様式における理科教育の実践

—望遠鏡キットを用いて自宅で天体観察—

発表者：縣 秀彦（国立天文台）、瀧澤輝佳（松本市立島内小学校）

小・中学校理科におけるアクティブラーニング的な課題解決学習において、自宅における天体望遠鏡を用いた観察の導入を提言します。

概要

COVID-19 感染予防の観点等から、従来の学校に集まった天体観望会ではなく、一人一人が自宅にて望遠鏡を用いた天体観察学習が可能かを調査した。

具体的には2019年秋、長野県の公立小学校にて小学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、3クラスの児童が組立式の「国立天文台望遠鏡キット」を用いて自宅で月の観察学習を行った。

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出来た。調査群の児童(70名)では、観察後に約9割の児童が「クレーター存在」や「月が太陽光を反射して輝いていること」を理解した。一方、観察を行う前の比較群の児童(35名)では約8割の理解に留まった。これらのことから自宅での個人による天文学習が効果的であることが確認できた。

1. ねらい

新学習指導要領の下、アクティブラーニング的な学習が求められる中、次のような理由により一般的には学校での夕方・夜間の天体観望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、COVID-19 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。そこで、本研究では、一人一人が自宅に、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. 開発した教具「国立天文台望遠鏡キット」について

国立天文台では、2008年度より国内外の児童・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、国内で比較的安価に購入可能な小型天体望遠鏡は複数ある。しかし、理科カリキュラム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、光学性能や価格、耐久性や持ち帰りが容易かどうか等の点で、必ずしも最適とは言えない。そこで、独自に教具としての組立式天体望遠鏡キットの開発を2017年から目指してきた。

その結果、国内の標準的な公立小中学校にて教具として準備可能な価格・性能の口径5cm（倍率16倍、66倍）の「国立天文台望遠鏡キット」（図1）を製造し、2019年度より配布を開始した。



図1 教具として開発した「国立天文台望遠鏡キット」（左：組立前、右：組立後）

注）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て調達した。

3. 松本市立島内小学校での実践について

長野県松本市立島内小学校

担当教諭：瀧澤輝佳

小学校6年生理科：単元「月と太陽」 単元の展開は全7時間

3クラスで、2019年10月29日～12月6日に実施

学習課題：「月の表面には何があるのかな？」

一人1台国立天文台望遠鏡キット（+三脚）を家庭に持ち帰り、8日間貸し出す晴れた晩に学習カード（ワークシート）に沿って月を観察

調査群2クラス（A組、B組）vs 比較群1クラス（C組）

比較群のみ事後テストを家での観察前に行い、習熟度を比較

事前事後の確認テスト、事前事後のアンケート調査、学習カードなどで調査・評価

3クラスとも教室における事前学習では、望遠鏡と三脚の使い方、天体の導入方法などを練習した(図2)。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、国立天文台望遠鏡キット、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はない。



図2 島内小での授業の様子 望遠鏡を組み立て、遠くの物に焦点を合わせる練習を実施

4. 主な結果 (観点別)

4-1 知識・技能

事後アンケートにおいて、調査群(1組と2組)にてA:「望遠鏡で月を見られたか」、B:「望遠鏡を自分で使えたか」、C:「月以外の天体を観察できたか」、さらにD:「望遠鏡で月を観察することは難しかったか」を発問したところ、図3のように問Aに対し回答者70名中70名が「はい」と回答した。また、問Bに対しては同様に55名が「はい」、残りの15名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、国立天文台望遠鏡キットでの自宅での観察は全員が可能と結論付けられる。

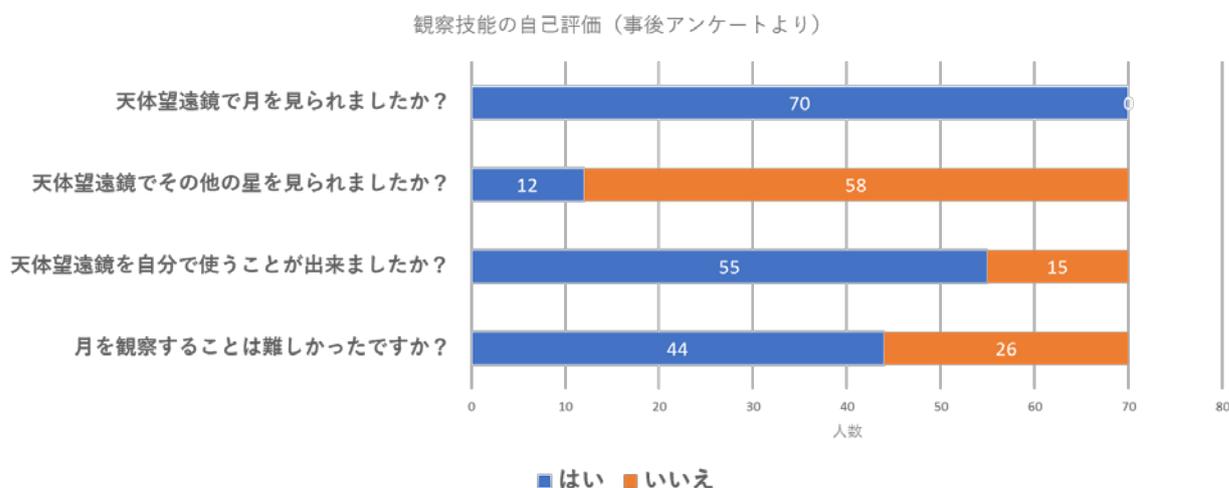


図3 事後アンケート結果 (1組+2組, n=70)

4-2 思考力・表現力・判断力

事前・事後テストにおいて、A：月の表面には何があるか、B：月はどのように光っているかを聞いた。図4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。Aは観察前も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。Bは観察前には55名（76.4%）が、観察後には63名（87.5%）に正解者が増えた。

一方、3組（n=35）が授業プラン終了時（7時間目、観察はまだ未実施）に行ったテストの結果を図4に比較のため加える。前者の問いには調査群の観察前の理解とほぼ同様の77.1%の正解率で、後者の問いに対しては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。

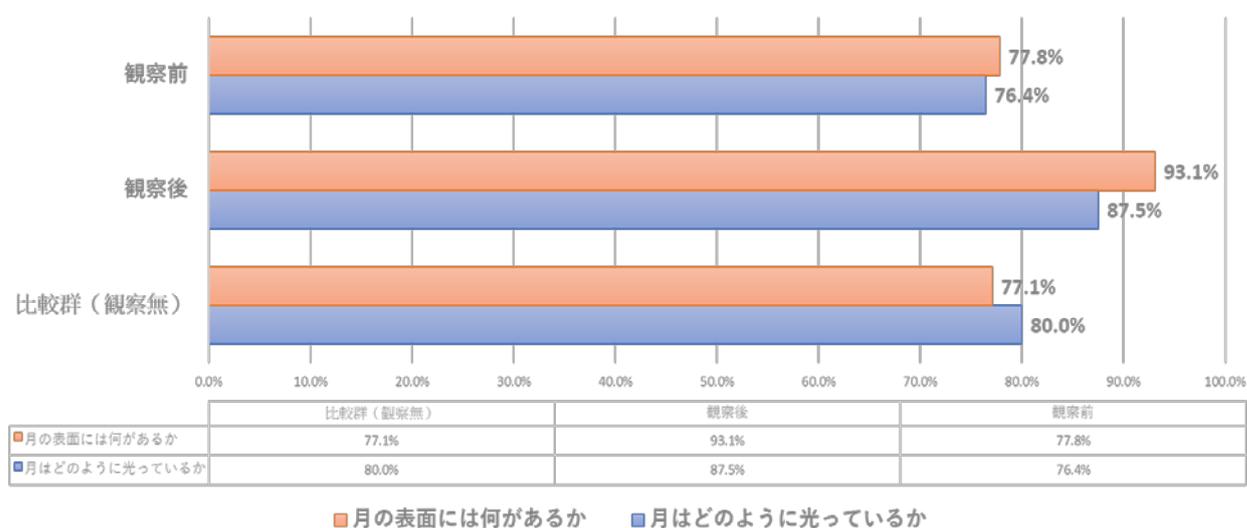


図4 観察前後での月の表面の理解（正解率）の変化 比較群は自宅での観察前の調査

4-3 主体的に学習に取り組む態度

事後アンケートの感想の中には、次頁に抜粋するように、「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。

児童の感想（アンケートから抜粋）

「月以外の星も見たいと思った。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。」

「思ったよりクレーターがあってびっくりした。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。月をしっかりと観察出来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。」

月と太陽 学習カード

月の表面には何があるのかな？

6年 組 番 氏名 _____

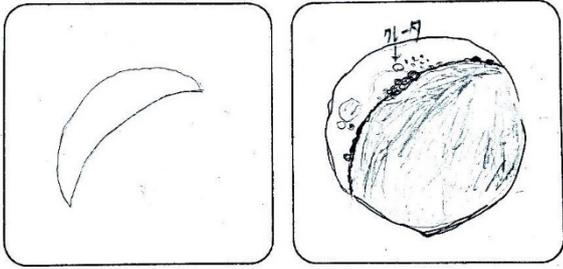
月を観察してスケッチしてみよう！

観察した日 11月1日 6時17分

観察した場所 学校

望遠鏡の倍率 16倍 66倍

スケッチ 月全体 注目した部分を詳しくかこう



気づいたこと ぶしぎに思ったこと

月にかい月にはクレーターがある。
 なんでか月にいっぱい穴があるのか。
 クレーターのおよびがある。
 66倍だとくわいぶしぎにみえる。

図5 児童による月の観察例（学習カードより）

高倍率での観察で欠け際を丁寧に描いている

まとめ

本実践結果より、小・中学校理科におけるアクティブラーニング的な課題解決学習において、自宅における天体望遠鏡を用いた観察の導入は、天文教育の推進において効果的な学習方法であることが確認された。

今後、全国でこの学習方法を小学校で導入しようとする際は、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る。国立天文台が開発した本教具の改善点も本実践より抽出され、更なる改良が進められている。

【発表】：2020年9月8日（火）13:30-13:42 [A会場]にて

Y01a 小学校理科 組み立て式天体望遠鏡キットを用いた自宅での月観察学習の試み

関連 URL：国立天文台望遠鏡キット <https://www.nao.ac.jp/study/naoj-tel-kit/>

*本サイトにある画像等は「提供：国立天文台」と明記していただければ転載自由です。

< 終り >