

投稿

視覚障害教育における天文分野の教材の工夫

佐久間理江（福島県立視覚支援学校 教諭）

1. はじめに

理科の学習において、実物に触れたり、見たりできるものもあるが、それができないものも多い。実物に触れたり、見たりできないものは、図、写真や動画などを使って学習をする。しかし、視覚障がいのある生徒にとっては見づらく、理解しやすいものでないことがある。図や写真などを使った学習において、生徒が理解しやすい図などの提示が重要と考える。

特に、地学分野は、地質・気象・天文のどの分野においても、空間・時間的に遠大なスケールであるため、大半が実物を見たり触ったりすることが難しい。その中で、天文分野は、地球の外から宇宙を眺める、いわゆる「神の視点」の見方が難しい。天体も写真などの平面映像で見ることが多く、立体的にとらえることが難しい。

これらのことから、授業での実験・観察による一次データの取得に加え、天体や宇宙空間などを立体的にとらえることができる教材・教具の導入も重要と考える。そこで、特に視覚に配慮した教材・教具を用いることで、生徒が多様な地学現象を原理も含めて主体的に考え実感を持って理解できるのではないかと仮説を立て、天文分野の教材・教具の工夫を行った。これまで、デジタル地球儀ダジック・アースの背面投影装置の作成、4次元宇宙ビューワーMitakaの活用などを行ってきた。今回は、ダジック・アース投影用2mバルーンの活用、流星電波観測データの活用、M87ブラックホール模型の活用について報告する。

2. デジタル地球儀ダジック・アースの令和元年度視覚障害児向け科学イベントのワークショップでの活用

2.1 教材の概要

太陽系のスケールや黒点について知る活動において、ダジック・チームにダジック・アース投影用2mバルーン、プロジェクター、ダジック・アースのインストールされたパソコンなどの機材を借用した。

太陽系を5.8億分の1の縮尺にすると、太陽が約2m、地球が約2cm、地球と太陽との距離は約260mになる。地球が描かれた直径2cmのビー玉を児童生徒に提示し、この縮尺での太陽の大きさと、地球と太陽との距離を予想させた。その後、ダジック・アース投影用2mバルーンに空気を入れて膨らませ、大きさを確認した。地球と太陽との距離については、児童生徒の在籍する学校から約250m離れた児童生徒の知っているスーパーマーケットで距離を示した。

また、ダジック・アースの「ジオ・スペース」内の「太陽黒点の様子 2015年6月-7月」を自転モードで投影し、弱視児童生徒は見て太陽黒点の動きを確認し、全盲生徒は著者が手を取り2mバルーンに投影された黒点を一緒になぞりながら動いて確認をした。その後、自転モードを停止し、投影された黒点とほぼ同じ大きさの養生テープをバルーンに貼り、触ったり見たりして2cm地球ビー玉と比較して、黒点の大きさを確認した。



図1 2m パルーンにはった養生テープ



図2 黒点と同じ大きさの養生テープと 2cm 地球ビー玉との大きさの比較

2.2 ワークショップでの児童生徒の様子

ワークショップの参加者は、高校2年全盲、中学1年弱視、小学6年弱視の3名である。

2cm ビー玉を地球に見立て、太陽の大きさを予想させると、5cm～13cmと予想した。その後、2m パルーンを膨らませて大きさを確認すると、予想以上に太陽が大きいことに驚いていた。

全盲生徒の手を取り、一緒に黒点の動きをなぞると、「横に動いているんですね。」と自転に合わせて黒点が移動していくことに気づくことができた。弱視の児童生徒には自分の影が映らない場所で黒点の移動を見せたところ、自転モードで黒点の動きを目視することができた。

2m パルーンに貼った黒点とほぼ同じ大きさのテープと2cm ビー玉と比較すると、黒点が地球より大きいことに驚いていた。

3. 流星電波観測データの活用

3.1 教材の概要

2019年度日本天文教育普及研究会東北支部研究会にて、一関工業高等専門学校の佐藤昌也氏の流星電波観測の情報を得た。佐藤氏は、航空機に位置情報を提供する電波（VOR：VHF Omnidirectional Range）、PCで動く安価なUSBタイプの受信機（SDR：Software Defined Radio）、使われなくなったVHF テレビアンテナを用いて流星電波観測を行っている。この観測データは、Web上で公開され、またYouTubeでライブ配信されている。流星が観測されると、画面上に黄色や赤色で表示されるだけでなく、エコー音も聞くことができる。流星電波観測は、天気や昼夜の別にかかわらず観測ができ、流星の眼視観測と異なり、授業が行われている日中も観測が可能である。

これらのことから、YouTubeのライブ配信を活用することにより、流星を目で見ることができない視覚に障がいのある人でも音で流星を観測することができるのではないかと考えた。しかし、流星が流れる瞬間をとらえることがむずかしいため、ライブ配信で観測できなかった場合のために、佐藤氏より録画された流星エコーデータの提供を受け、そちらも活用した。

3.2 本校での活用

中学部1年弱視2名、中学部2年弱視1名、中学部3年全盲1名のそれぞれの理科の授業で、流星についてとりあげた。

全員、流星を知っているが、見たことがなかった。PCでYouTubeのライブ配信を提示したが、リアルタイムで流星を観測することはできず、佐藤氏から提供いただいた通常のエコーとロングエコーの流星エコーをパソコンで提示した。それぞれ、「短いほうは、願い事が3回言えない。」「長いほうなら、短い

言葉で早口で言えば、願い事を 3 回言えそう。」などと、流星が観測できる時間が短いことを実感できた。

3.3 令和元年度視覚障害児向け科学イベントのワークショップでの活用

2 でも記述した視覚障害児向けの科学イベントのワークショップの冒頭で、流星についてとりあげた。児童生徒 3 名とも、流星のことは知っていたが、流星を見たことはなかった。iPad の YouTube アプリを使い、ライブ配信を提示したが、リアルタイムで観測することができず、佐藤氏より提供いただいた通常のエコーとロングエコーの流星エコーデータを iPad で提示した。また、佐藤氏に簡単に流星電波観測の仕組みを解説してもらい、児童生徒たちは、流星は見えなくても観測することができる、日中も流星は流れているということを知ることができた。

4. M87 ブラックホールの理解のための教材

2019 年度日本天文教育普及研究会東北支部研究会にて、国立天文台水沢 VLBI 観測所の亀谷收氏と田崎文得氏より、子供向けワークショップで作成した M87 ブラックホール模型と、M87 ブラックホールの構造についての情報を得た。それをもとに、教材作成を行った。また、2019 年天文教育普及研究会年会での国立天文台水沢 VLBI 観測所の秦和弘氏の特別講演において提示された M87 ブラックホールシャドウの写真とチョコ付きドーナツの写真とを並べた画像について、ブラックホールについて興味を持たせる教材として使用した。

4.1 教材の概要

(1) M87 ブラックホールシャドウの写真とチョコ付きドーナツ写真

M87 ブラックホールシャドウの写真と、チョコレートが半分ついたドーナツの写真を並

べると、弱視の著者は区別がつきにくかったことから、「どちらがブラックホールの写真か。」というクイズに使用した。

(2) M87 ブラックホール模型

使い捨ておわん (280 ml 直径約 12 cm)、ピンポン玉、竹串、おわんの大きさに合わせて印刷したブラックホール写真を使って、M87 の構造がわかる模型を作成した。作成時に次のような工夫を行った。

- ・触察に適した手のひらに収まるサイズのおわんを使用。
- ・全盲生徒用は、表面の明るい部分 (リングの下半分) に透明点字シールをはり、凹凸でリングの明暗の違いを表現。
- ・おわんの内側を黄色にぬり、ガスの中にブラックホールがあることを表現。
- ・竹串は、ブラックホールを回転させる操作性と、上下左右がわかるように、わざと切らずに左側に残した。



図 3 M87 ブラックホール模型

(3) ドップラー効果確認用模型

30 cm ビーチボール、スリンキー (ばね状のおもちゃ)、縦長段ボールを用いて作成した。作成時には次のような工夫をした。

- ・スリンキーは長いので、3 分の 2 の長さをビーチボールに養生テープで固定した。
- ・ビーチボールの上部と下部のスリンキーの伸びを安定させるために、細長い段ボールにスリンキーの端を養生テープで固定した。

また、この段ボールを縦に持つことで、上下がわかりやすくなった。

※ (1)、(2) の教材ともに、作成中に2名の全盲職員に理解のしやすさ、提示の方法などの確認を行った。



図4 ドップラー効果確認用模型

4.2 教材の提示の仕方

a) 写真を貼っていないおわんを後ろにつけて、ブラックホールの周りのガスが球形であることを確認する。



図5 ブラックホールの写真を貼ったおわんと貼っていないおわんを合わせて提示

b) 写真をはっていないおわんをとり、ガス部分とブラックホールの関係を確認する。

c) 竹串をまわしてブラックホールを回転し、ブラックホールの上下で、地球から遠ざかるか近づくかを確認する。



図6 ガスの内部の構造の確認

d) スリンキーを使い、ばねののびでドップラー効果の仕組みを確認する。

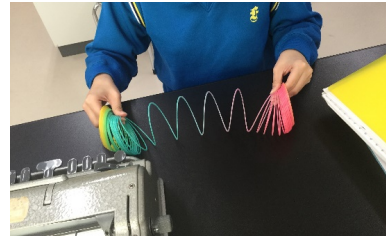


図7 スリンキーを使ったドップラー効果の仕組みの確認

e) スリンキー付きビーチボールを使い、ばねののびの違いで、ドップラー効果による光の波長の違いを確認する。



図8 スリンキー付きビーチボールによるM87ブラックホールの光り方の違いの確認

f) ブラックホール模型に戻り、地球と反対側から見た場合にとどのように見えるかを考える。



図9 地球の反対側から見たときの光り方をおわんを合わせて確認

4.3 児童生徒の様子

(1) 視覚障害児向け科学イベントでのワークショップ

- a) 対象者：高校 2 年全盲、中学 1 年弱視、小学 6 年弱視
- b) 児童生徒の様子
- ・模型を触る前に、チョコレートが半分ついたドーナツとブラックホールの写真を見せると、弱視児童生徒 2 名は、区別できず考えていた。二人で話をしながら、区別がついたあと全盲生徒に「チョコレートのドーナツに似てる。」と弱視生徒が伝えると、「へー、そうなんだ。」と面白がっていた。
 - ・3 名とも地球と反対側から見ると、「上が明るく、下が暗くみえる。」と答えることができた。
 - ・横からみたものについては、高校 2 年全盲生徒、小学 6 年弱視児童は「全部明るい。」、中学 1 年弱視生徒は「全部暗い。」と答えた。

(2) 寄宿舎朝の点呼での話題提供

- a) 対象者：中学 3 年全盲、中学 2 年弱視、中学 1 年弱視
- b) 生徒の様子
- 本校寄宿舎の朝の点呼で、舎監がニュースや学校行事などについて話をする。著者が舎監の際に、iPad で弱視生徒 2 名に M87 ブラックホールとドーナツ写真を並べたものを「どちらがブラックホールの写真でしょうか。」と提示した。すると、弱視生徒 2 名とも「どっちも同じに見える。」「周囲がオレンジ色に光っている。」「ドーナツに見える。」「ドーナツと聞いたら、どっちもドーナツに見える。」などと、しばらく区別がつかなかった。1 分ほど 2 名で話をしながら見ていると、「左側の写真はチョコレートがついたドーナツだ。」と、M87 ブラックホールとの違いに気づくことができた。その後、2 名の弱視生徒は、全盲生徒に「半

分だけチョコレートがついているドーナツのチョコレート部分を上にして見たものが、ブラックホールの写真とすごく似ているんだよ。」と伝え、全盲生徒が「へえ、そうなんだ。今度ドーナツ買ったらやってみる。」と答えた。弱視には、チョコレート付きドーナツと M87 ブラックホールの写真が非常によく似て見える。これは、近視の人が眼鏡やコンタクトレンズを外してみたときにも、同様である。M87 ブラックホールについて、興味をもたせるのに有効であった。

(3) 本校中学部 3 年全盲生徒の様子

- ・ブラックホールの回転を確認した後、ブラックホールの上部と下部で、自分から見ると遠ざかっているか、近づいているかを考える際、答えることができなかった。そのため、ブラックホールに見立てたピンポン玉の上部や下部においた生徒の指をとり、手前から奥に動いているのか、奥から手前に動いているのかを一緒に確認したところ、理解できた。
- ・ドップラー効果については、1 年時に学習した音の振動数と、救急車の音の高低の変化を結び付けて考えることができ、光の場合波長が長くなると赤色（暗く）になり、波長が短くなると黄色や青色（明るく）になることを関連付けることができ、ビーチボールを使った波長の違いから、上部と下部の色の違いを答えることができた。
- ・地球と反対側から見た場合、「上が明るく、下が暗く見える。」と答えることができた。
- ・横から見た場合について、自分から見て距離が変化するかどうかというヒントを与えた後、よく考えてから「全部暗い。」と答えた。

(4) 本校中学部 1 年弱視 2 名、2 年弱視 1 名

- ・地球と反対側から見た場合まで、模型を操

作しながら答えることができた。

- ・地球から見て 90 度の位置から見た場合は、「全部暗い。」と答える生徒がいた。その際、ブラックホールの周囲のガスは常に光っているが、ブラックホールの回転で自分から見て距離が変わるときに明るさが変わることができたと伝えると、「全部が明るい。」と答えることができた。

(5) ブラックホール模型に関するまとめ

- ・手の中におさまるサイズのブラックホールを回転させることができる模型により、ブラックホールと光っているガスの関係について理解できた。
- ・リングの明るい部分に、点字シールをはることで、全盲生徒がリングの明暗を知ることができた。
- ・スリンキーを使い、ばねののびで波長の変化を確認し、ドップラー効果とリングの見え方について関連付けて考えることができた。
- ・地球から 90 度の位置から見た場合の見え方について、「全部暗く見える。」と答える生徒が多かった。そのため、ガスの部分は常に光っており、距離の変化(波長の変化)がある場合に、場所によって明るさに差が出るということ、説明する必要があったと考える。

5. おわりに

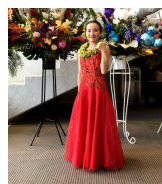
天文分野は、スケールが大きく、写真や図など平面で提示されることが多い。今回、ダジック・アースの 2 m バルーンや 2 cm ビーズ、M87 ブラックホール模型、スリンキーとビーチボールを使ったドップラー効果確認用模型などを使うことで、児童生徒たちは、構造や原理を立体的に捉え、それにより理解につながったと考える。また、夜空に輝く恒星や流星を見たことがない視覚に障害のある児

童生徒は、流星電波観測のエコー音により、目で見えなくても流星を観測することができた。流星エコーをリアルタイムで観測することはできなかったが、日中は晴眼者でも太陽光により流星を目視観測できない中、電波により日中も観測でき、日中でも流星が流れていることも知ることができた。

天文分野は、遠大なスケールのため、誰しも直接見たり触ったりできないものが大半である。それを考えると、視覚障害の有無にかかわらず、同じ立ち位置で学習できるものであると考える。立体のものを立体的にとらえて考えることができる教材の工夫や、聴覚など視覚以外の間隔を活用した教材の工夫などにより、天文分野の理解につながると考える。

文 献

- [1] Dagik Earth ダジック・アース デジタル地球儀, <https://www.dagik.net/>
- [2] 佐久間理江 (2019) 弱視生徒の見え方に配慮したダジック・アースの投影と授業実践, ダジック・アース・ニュース 2019 年 3 月 p10-11
- [3] 佐藤昌也 (2019) 電波を用いた流星の観測(流星電波観測)の紹介, 2019 年度日本天文教育普及研究会東北支部研究会
- [4] 亀谷收 (2019) 国立天文台水沢での創立 120 周年の取組み, 2019 年度日本天文教育普及研究会東北支部研究会



佐久間 理江