

# 特集

## 全天球カメラを用いた太陽の日周運動の教材開発

鴫田有哉（仙台市立川平小学校）、高田淑子（宮城教育大学）

### 1. はじめに

義務教育において、太陽の日周運動の学習は、小学校第3学年「太陽と地面の様子」に始まり、中学校第3学年「天体の動きと地球の自転・公転」で帰結するまで、発達段階に伴い事象の捉え方や視点を変化させて学びを深める。小学校では、「かげ」の観察や遮光板を用いた太陽の観察から、太陽は東から昇り南を通り西に沈むと学び、中学校では、透明半球を用いた太陽の1日の動きの観察から、天球上の太陽の通り道が季節や地域（緯度）によって異なるのは、地球の自転や公転に起因することを理解する[1,2]。

この単元の教科書には、太陽の動きを表すために、撮影方位が太陽とともに移動する不連続の合成写真[例えば 3]や、映像資料[3,4]が使われている。しかし、例えば、日本の夏至の時期の太陽の動きは、北東から天頂付近の南天を通り北西までと1枚の平面画像で表すには視野が広く、撮像装置の選択が難しい。

私たちは様々な緯度地域で四季の太陽の日周運動を全天カメラで連続撮影した映像を公開している[5]が、雲量測定や星座早見でも使われる全天の円形フレームは、太陽の動きの空間認識が難しい。

近年、全天球 360° 撮像可能なカメラが普及し、全天球画像の撮像が容易になってきた。そこで、全天球カメラで、四季折々の太陽の日周運動を撮影し、太陽の通り道の映像教材を作成し、これらを用いた授業を実践した。

## 2. 太陽の日周運動の全天球映像

### 2.1 撮像装置

太陽の通り道の撮像には、全天球カメラ（RICOH THETA V（図 1、表 1））を用いた。

小型軽量で、表裏に配置する2つの超広角レンズ群で全方位を同時に撮像し、2枚の撮像画像を合成し全方位表示が可能である。ただし、太陽光が直接入射する向きのレンズ群で撮影した画像は、平均輝度値が大きくなる傾向がある。また、防水、防風で常に電源を供給し、安定して撮影ができるように、定点観測用のハウジングを製作した（図 1）。



図 1 全天球撮像装置とハウジング

表 1 撮像装置の仕様[6]

|             |            |
|-------------|------------|
| 外形・寸法 [mm]  | 45×130×23  |
| 静止画解像度 [画素] | 5376×2688  |
| 撮影距離 [cm]   | 約 10~∞     |
| 露出補正 [EV]   | -2.0~+2.0  |
| ISO 感度      | 64~3200    |
| 露出時間 [sec]  | 1/25000~60 |
| レンズ F 値     | F2.0       |
| 使用温度範囲 [°C] | 0~40       |
| 使用湿度範囲      | 90%以下      |
| 保存温度範囲 [°C] | -20~60     |

### 2.2 撮像

2018年12月から2020年3月の間、冬至、春分、夏至、秋分に近い晴天の日を選び、表2の撮像モードで、日の出から日の入りまで全天球のインターバル撮像を実施した（図3）。

### 2.3 画像合成・映像化と公開

撮像画像から、タイムラプス映像を作成、方位と時刻を画像処理ソフトウェア (Photoshop (Adobe 社)) で重ね合わせた。

さらに、映像に 360° 動画用メタデータを付加 (Spatial Media Metadata Injector、(Google 社)) し、動画公開サイト (YouTube (Google 社)) にアップロードして公開した (現在は、カメラ専用フリーソフトウェアで映像処理が可能) (図 4)。

### 3. 実践授業

全天球映像の使い方や子どもの理解度に関する試験的取り組みとして、全天球映像を観察し季節による太陽の通り道の違いを理解する実験授業を宇宙科学実験教室「スペースラボ in 仙台市天文台」で実施した (表 3)。全天球映像で夏と冬の太陽の通り道を 3 次元空間で観察し、地球儀を用いたモデル実験でそのしくみを理解する流れである。

全天球映像の観察場面では、タブレット端末と両眼立体視機器 (ヘッドマウントディスプレイ、以下、VR ゴーグル (Oculus Go (現 Meta 社))) を 2 人に 1 台ずつ配り、それぞれで、夏と冬の太陽の動きを疑似観察した (図 5)。全天球映像で太陽を追跡するためには、身体の向き (方位方向) や首の向き (高度方向) を動かす身体動作が伴うため、太陽の南中高度の違いなどを体感することができる。

地球の自転・公転のモデル実験では、地球儀上の仙台に設置した WiFi 小型カメラで、太陽を模した発泡スチロール球を撮影し、夏至と冬至の位置に配置した地球儀を自転させ、スクリーンに映し出される模擬太陽の動きを観察し、夏と冬の太陽の通り道の違いを確認した (図 6)。



図 3 全天球撮像展開画像例。2019 年冬至頃の仙台の南中時。



図 4 方位と時刻を合成し全天球映像に変換 (上)。YouTube で閲覧可能 (下)。

表 2 撮像モード

|           |          |
|-----------|----------|
| 露出補正 [EV] | -2.0     |
| ホワイトバランス  | オート      |
| 撮像間隔      | 5 分/フレーム |
| 枚数/日      | 約 200 枚  |

表 3 全天球映像を活用した観察授業

|       |   |
|-------|---|
| 活動名称  | スペースラボ in 仙台市天文台<br>「どうして季節によって暗くなる時間が違うのか」                                       |
| 日時    | 2019 年 12 月 7 日 15 時 - 17 時半  |
| 場所    | 仙台市天文台  |
| プログラム | ・太陽の動きの観察 (屋外・晴天のみ)<br>・夏と冬の太陽の動き (映像観察)<br>・夏と冬の太陽の動き (モデル実験)<br>・天体観察 (屋外・晴天のみ) |
| 参加者   | 小学生 15 名<br>(3 年生:6 人, 4 年生:2 人, 5 年生:7 人)  |
| 天候    | 曇天  |

#### 4. 全天球映像の観察方法の評価

実験教室終了後に実施した全天球映像の観察に関するアンケート調査（図 7）では、全体的には好意的な意見が多かった。1 人だけ「学校の授業で全天球映像を観察したいか」の問いに否定的な回答があったが、「映像は分かりやすい」と回答し自由記述もないことから、機器の使い勝手に関して問題があった可能性もある。

VR ゴーグルを使い慣れていないせいか、児童は、全天球画面内で太陽を探し出すのに時間がかかった。いったん太陽を見つけるとその後はスムーズに観察を継続できたため、最初に観察する方位等を児童に助言する場合もあった。VR ゴーグルを使用することで没入感が得られる一方、使い難さもあり、利用に関しては二極化した。一方、タブレット端末は、視野は狭いが、扱い易いように見受けられた。

#### 5. まとめ

今回、年間を通した全天球の実写から、四季の太陽の日周運動を 3D 映像化し、YouTube で公開した。

VR ゴーグルとタブレット端末による全天球映像の観察は、 $360^\circ$  の観察視野が広がり、身体全体を使い 3 次元空間内で観察し、2 次

元の平面映像では得られない空間認識や臨場感、没入感を味わえる。全天球視野という点では、プラネタリウムの活用も考えられるが、座席の向きにより視野が限られる場合もある。プラネタリムに行かずとも、タブレット端末や VR ゴーグルで、全方位の空を見渡せば、教室で全天の疑似観察が再現可能となる。特に、授業において、1 年を通した四季の太陽の通り道の観察は、時間的拘束もあり困難である。天候を気にせず、長時間の現象を短縮して授業時間内に教室で観察できるのも、実映像の疑似観察の一つの利点となりうる。

現在市販の VR ゴーグルは、本実験教室開催時と比較すると、高解像度、薄型軽量化が図られ、没入感や操作性は格段に向上している。

一般社団法人エンターテインメント XR 協会（旧ロケーションベース VR 協会）は、両眼立体視機器は、13 歳以上の利用を推奨している[7]。



図 5 太陽の動きを映像で観察する。左：タブレット端末使用。図 6 太陽の日周運動と地球の運動のモデル実験。右：VR ゴーグル使用。

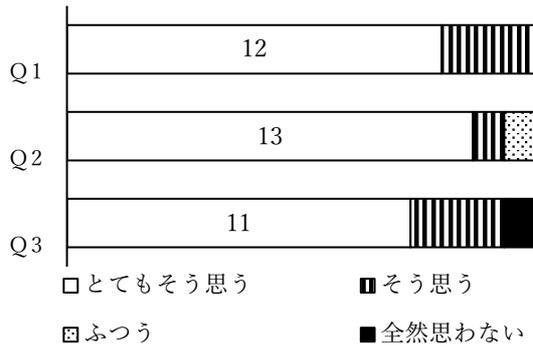


図 7 アンケート結果。Q1「季節により日没の時間が異なる理由が理解できた」、Q2「全天球映像の太陽の動きは分かりやすい」、Q3「学校の授業でも全天球映像を観察したい」、で5段階評価（回答数 15）。

さらに、7歳未満は利用させない、13歳未満が使用する場合は、保護者の責任のもと、①VRコンテンツの吟味、②連続20分以内の利用と10～15分の休憩、③視力異常時の眼科専門医への相談、等を注意事項として挙げている。

今回の実験教室では、タブレット端末との併用によりVRゴーグルでの観察は20分以内に収め、事前に保護者の許可を得ていたが、学校における全天球視野の映像観察では、小学生はタブレット端末等を用いることとし、VRゴーグルの利用は中学生以上が適当であろう。

それでも、現実的に授業中に観察が困難である現象を3Dのリアル映像で観察できれば、科学的探究による問題解決の過程においても求められる、「自然の事物・現象を観察し、時間的・空間的視点で捉える」ことの一助になりうると考える。

謝 辞

「スペースラボ in 仙台市天文台」は、東京応化科学技術振興財団第14回「科学教育の普及・啓発助成」の助成を受け、仙台市天文台と宮城教育大学が共催して開催しました。教

材開発にあたり、JSPS 科研費 JP19K03022 の助成を受けています。

文 献

[1] 文部科学省（2018）小学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編。  
 [2] 文部科学省（2018）中学校学習指導要領（平成29年告示）解説理科編。  
 [3] 大島まり 他（2024）新編新しい理科，東京書籍。  
 [4] NHK for school  
<https://www.nhk.or.jp/school/>  
 [5] 星空観察ネットの広場  
<https://staff.miyakyo-u.ac.jp/~toshiko/sun/index.html>  
 [6] RICOH THETA 主な仕様  
[https://support.theta360.com/ja/manual/v/content/add\\_info/add\\_info\\_01.html](https://support.theta360.com/ja/manual/v/content/add_info/add_info_01.html)  
 [7] エンターテインメントXR協会（2018）VRコンテンツのご利用年齢に関するガイドライン  
<https://exra.or.jp/pdf/guidelines.pdf>.



高田 淑子