

## 観測体験と天文学の学習を繋げる授業展開

松本 直記

## 1. はじめに

地球の質量や月の距離、太陽の平均密度や自転周期、1天文単位など、教科書や参考書に書いてあるような値はどのように求められたのだろうか。高等学校地学において、なんとか実感を伴った演習ができないものか考えながら実践を行っている。過去の実践を踏まえ、観測体験とそこから導かれる科学的な結果がうまく繋がったと感じた題材をいくつか紹介する。

授業において、天文学の分野で観測に最も適しているのは、昼間に見ることのできる太陽である。しかし、多大なエネルギーを放射しているため望遠鏡で直接見てはいけなく、裸眼ですら直視すると健康被害の可能性がある。そういった危険性があるということを学習した上で望遠鏡を用いた太陽観測を行っている。今年の世界天文年であると同時に7月22日に皆既日食が日本国内で見られることもあり、安全な太陽観測の方法について情報が集約されている\*<sup>1</sup>。しかし、一方で太陽を見る方法として誤った危険な方法が世の中に流布している。ロウソクの煤を付けたガラスや感光した白黒フィルムなどでは眼を痛める危険性がある。この機会に理科教育関係者の諸氏には資料を一読していただき認識を新たにしていきたい。

## 2. 黒点の観察から太陽自転周期を求める

望遠鏡を用いた太陽観測で、黒点のスケッチを例年行っている。生徒用望遠鏡は五藤光学ST-6(6cm屈折経緯台)である。まず生徒は2人

ペアとなり、一人は経緯台の操作をして太陽を追尾し、もう一人が投影法で太陽面上の黒点の位置をスケッチする。追尾を止めて、黒点の位置の変化から東西決定を行い、太陽面上の方位を決定する。その後、接眼レンズにサングラスを装着して、直視法で黒点の詳細をスケッチする。黒点の暗部、半暗部、群の数を調べ、相対黒点数を求める。



図1 太陽黒点スケッチの様子

ここ1~2年は残念ながら黒点の出現が少なく、実施できないクラスもあるが極力行うようにしている。しかし、少なくとも望遠鏡で天体を観察した経験だけはして欲しいと考え、黒点スケッチができない場合はコロナ社製のH $\alpha$ フィルター望遠鏡で太陽の観察をさせている。

スケッチした結果から、黒点の太陽面上での緯度、経度を計算させる(図2参照)。スケッチ用紙に天体観測野帖にあるような太陽面経緯度線付きのスケッチ用紙を用いれば、目盛りを読むだけで求められる。

時間に余裕があれば、もう一度観察を行う。もしくは、他クラスの結果を用いたり、データ

ベース画像\*<sup>2</sup>を用いて、同一の黒点が時間によって場所を変えたことを確認させる。2枚のスケッチの時間と黒点の緯度・経度から、太陽の自転周期が求められる。

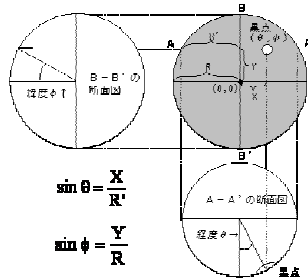


図2 スケッチから黒点の緯度経度を求める

選択科目において、発展的な内容としてハワイ大の太陽データベース\*<sup>3</sup>の画像を用いた演習を行った。画像には太陽面経緯度線と黒点群に順次付けられる NOAA 番号が付与されており、黒点の同定と緯度・経度の決定が容易に行える。履修者で手分けをして黒点の出現緯度と自転周期を求め、両者の関係をグラフにした。その結果、低緯度で自転周期が短く、高緯度で長いことが確認できた。

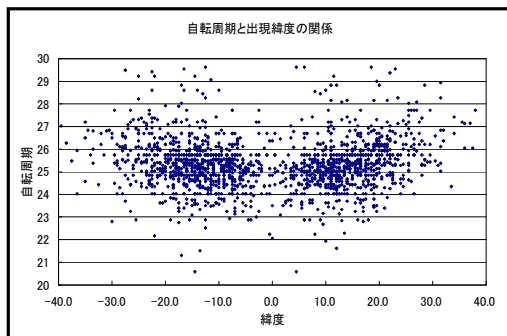


図3 黒点の自転周期と出現緯度の関係

また、出現緯度を縦軸、出現時間を横軸に取ったグラフからは極小になるに従って出現緯度が低くなっていき、次の極大に向けて高緯度から黒点が現れ始める様子を確認することができた。これは蝶形図と呼ばれるものである。本来なら作成には多大な時間と労力を必要とする図だが、実際の観測感覚を持たせながらもデータベースを利用し選択履修者の協力で、比較的短

時間で教科書に載っているような図を作成することができた。

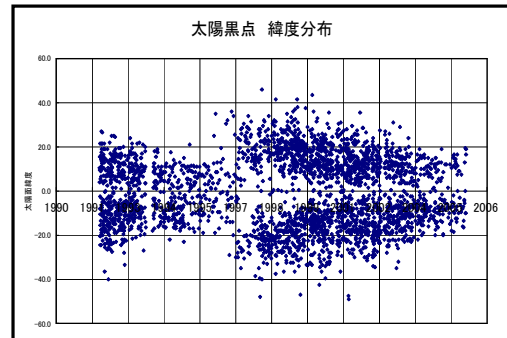


図4 太陽黒点の蝶形図

### 3. 1天文単位を求める

惑星の会合周期と地球の公転周期より惑星の公転周期を求めることができる。公転周期がわかればケプラーの第3法則を用いて、惑星の軌道半径が求まる。この題材も、実際の観測感覚とそこから求められる結果のつながりを感じてもらうために以下のような展開を行っている。天体の位置の表し方を学んだ後、惑星(例えば水星)の座標情報から視運動図を作成させて、外合や内合の日付を読み取らせて会合周期、そして軌道半径を求める演習を行う。

この結果から、惑星の軌道半径は天文単位では比較的容易に求まることがわかる。そこで1天文単位さえ具体的な値がわかれば、太陽系の規模を知ることができると気づかせる。

1天文単位を求めるには、エドモンド・ハレーが提唱した金星の太陽面通過を用いる。場所のわかっている地球上の2地点から同時刻に太陽面上の金星の位置を観測し、そのわずかなズレと2地点の距離から金星までの距離を求める。つまり、地球規模の巨大な三角測量を行うわけである。2004年6月8日、122年ぶりにこの現象が起こり本校でも生徒とともに観測を行った。観測結果を用いて観測した生徒とともに1天文単位の決定を選択科目の探究活動として行った。本校での観測は雲の切れ間からときおり顔を出す太陽をなんとか撮影することができたよ

うな状況で、探求活動に利用可能な画像は非常に限られたものとなってしまった。そのため同じ時間に撮影された三角測量の相方となる遠方地の観測画像を探すのは非常に難渋したが、ノルウェーのインターネットサイト\*4にはほぼ同時刻の画像を見いだした。その結果、本校の選択履修者 11 チームの求めた 1 天文単位の平均は  $1.52 \times 10^8 \text{ km}$  となり、実際の値 ( $1.496 \times 10^8 \text{ km}$ ) にかなり近いものとなった。

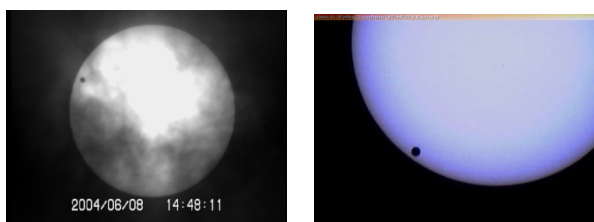


図 5 金星の太陽面通過画像

左：本校撮影 右：ノルウェーでの同時刻画像

Astronomi.no より

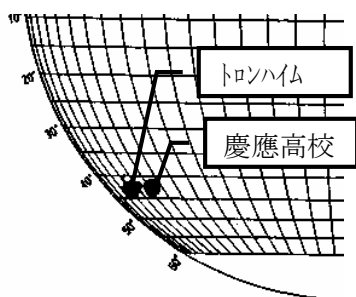


図 6 生徒の解析結果

生徒の探求活動の結果を活用し、この 1 天文単位をを求める演習を平易に行える生徒実習として構築した。観測した生徒たちは手作業で太陽面経緯度図に金星の位置を書き込んで金星の視差を求めたが、実習では画像処理ソフト「マカリ」\*5を使うことで短時間に精度良く結果が求められる。この先輩の撮影した画像を使った実習は現在も授業で活用している。

#### 4. 木星の質量を求める

木星は望遠鏡で観望するのに適した対象である。明るく見つけやすい上に、小望遠鏡でも木星が従える 4 つの衛星を簡単に見ることができ

る。観測好機には極力、生徒に望遠鏡で木星を見せるようにしている。衛星の公転周期と軌道半径がわかればケプラーの第 3 法則（ニュートンによる発展形）を用いて木星の質量を正確に求めることができる。これも観測経験と結論が結びつく良い題材である。

過去、木星の衛星の動きを昼夜の別なく観測するため、国際観測プロジェクトに企画段階から参加した\*6。それによって得られた観測画像を利用して木星の質量を求める教材を作成した\*7。2 時間程度の作業で、かなり正確な木星質量を求めることができる。

#### 5. おわりに

本誌の読者には小学校の先生が多いと伺った。筆者の関わった活動に、小学校の星の学習に役に立つリソースがあるので紹介したい。JAXA（宇宙航空研究開発機構）の佐藤毅彦教授が主宰するプロジェクトで世界各地に置かれた「星座カメラ i-CAN」\*8は星座がまるごと見られる位の広い視野を持ったインターネットで遠隔操作可能な超高感度カメラである。これを用いれば、昼間の授業でリアルタイムの星座の動きを扱うことができる。ぜひ活用いただきたい。

#### 参照 URL

- \* 1 国立天文台皆既日食情報  
<http://www.nao.ac.jp/phenomena/20090722/obs.html>
- 日食の観測 B・ラルフ・チョウ  
<http://www.media-i.com/Eclipse2001/about/eye-safety-j.html>
- 目の安全と日食 B・ラルフ・チョウ  
<http://www.media-i.com/Eclipse2002/elements/eye-safety-j.html>
- \* 2 SOHO データベース <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>
- \* 3 ハワイ大学の太陽データベース <http://www.solar.ifa.hawaii.edu/>
- \* 4 Astronomi.no <http://www.astronomi.no/venus080604/webcast/trheim1.html>
- \* 5 <http://www.nao.ac.jp/others/Makalii/index.html>
- \* 6 The Jupiter Project - 教育のための国際木星観測の試み  
[matsu8086.hp.infoseek.co.jp/mat/tenkyo01.pdf](http://matsu8086.hp.infoseek.co.jp/mat/tenkyo01.pdf)
- \* 7 木星の質量を求める <http://www.hc.keio.ac.jp/earth/jupiter/>
- \* 8 星座カメラ i-CAN プロジェクト <http://melos.ted.isas.jaxa.jp/i-CAN/>

まつもと なおき  
慶應義塾高等学校 教諭