

報告

# 地学基礎天文分野の実験報告

## ～天文台を利用した太陽黒点スケッチ～

石田光宏（横浜市立戸塚高等学校）

### 1. はじめに

筆者の勤務する横浜市立戸塚高等学校（全日制普通科）では、2年次の理科選択で地学基礎（2単位）が開講されている。物理基礎（2単位）との選択になるため、物理基礎を選択しない生徒は、必然的に地学基礎を選択することになる。履修者数は、毎年150-200名であるが、そのうち地学基礎を受験で使う生徒は毎年数名程度である。この状況や、2022年度からの新学習指導要領で掲げられている目標「観察、実験を通しての探究力育成[1]」を踏まえ、授業では受験対策に重きを置かず、各学期（本校は3学期制）に2-3回の全体実験を取り入れ、地学の楽しさを体感させている。表1に2023年度の全体実験一覧を、図1,2に実験の様子の一部を示す。

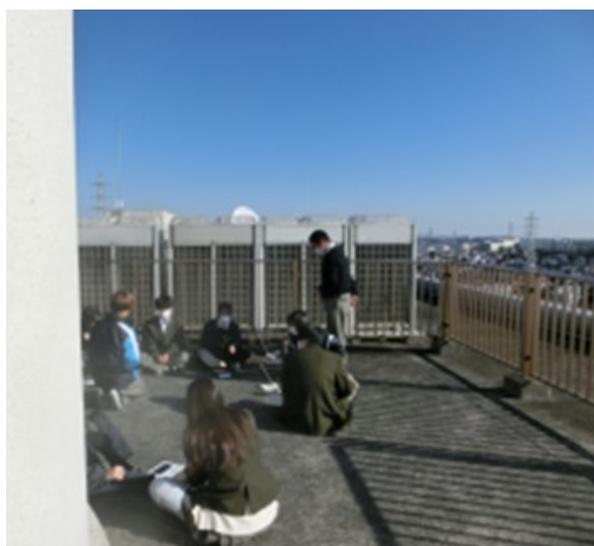


図1 屋上での日射量の測定



図2 天文台での太陽黒点スケッチ

表1 戸塚高校地学基礎実験一覧（2023年度）

地学基礎分野	実験名称	実験概要	実験場所
固体地球	地球の大きさ	校舎を歩いて歩数を数え、地球の大きさを算出する	教室+廊下
固体地球	地震の震源	3地点の地震計のデータより、震源の位置、深さを作図により求める	教室
地質	鉱物の観察	顕微鏡（光学+偏光）を用いて火山灰、火成岩の組織を観察・スケッチする	教室
気象	日射量	水温の上昇度から日射量を測定し、太陽定数と比較する	教室+屋上
気象	気温分布図	気温、湿度、天気などのデータから、色鉛筆で気温分布図を作成し、特徴を考察する	教室
天文	黒点	天文台にある望遠鏡で太陽を投影して黒点をスケッチし、黒点の大きさを算出する	教室+天文台
地質	火成岩の密度	空気中と水中での重さの差から、数種類の火成岩の密度を測定する。	教室

今回は、天文分野で行っている本校天文台の望遠鏡を利用した太陽黒点スケッチの概要を報告する。地学基礎天文分野において典型的なテーマではあるが、想像以上に生徒からの反応が大きかった。また、生徒アンケートによる他分野との比較なども報告する。

## 2. 太陽黒点スケッチ実験概要

この実験は、2021年度から現在に至るまで行われている。時期はおおむね12月～2月である。実験の目的は、太陽投影板に投影された太陽黒点のスケッチから、実際の黒点の大きさ（～直径）を求めるといったシンプルなものである。投影板につけるスケッチ用紙には、投影された太陽と同じ大きさの円が描かれている。この円の直径（～見かけの太陽の大きさ）を  $x$ 、スケッチした黒点の大きさを  $y$ 、実際の太陽、黒点の大きさをそれぞれ  $X$ （今回は  $1.4 \times 10^6 \text{ km}$ ）、 $Y$  として、以下の式より  $Y$  を求める。

$$x : y = X : Y$$

当日の流れは、教員の全体説明の後、2～3名のグループに分かれ、順番に天文台に上がって黒点をスケッチし、教室に戻り計算、というものである。表2に大まかなタイムテーブルを示す。また図3,4に天文台や望遠鏡（実験時は自動追尾 ON）の外観を示す。なお、実験に使用したプリント、黒点スケッチ用紙（いずれも生徒の記入例付き）を末尾に示したので、参照いただきたい。

## 3. 実験時の生徒の様子

生徒は、同じグループのメンバーと議論しながらスケッチ・計算ともに楽しそうに取り組んでいた。どの授業でも全生徒が時間内に計算まで終えており、50分間の授業でちょうどよい内容だと感じた。なお、この実験の前の授業で予告をするのだが、当日は天文台に行くのが楽しみだったのか、普段開始ギリギリに来る生徒が、かなり早めに教室に来るといった現象も見られた。

以下に実験プリントに書かれていた生徒の感想を抜粋する。

- ・黒点は小さいものだと思っていたが、それ

は太陽がすごく大きいから黒点が小さく見えるのであって、本当は地球の2・3倍もあることに驚いた。

・紙にスケッチした時は、黒点はとても小さく感じたけど、計算していくうちに、大きい黒点で地球よりも2倍ほど大きいものや、小さい黒点でも地球とほぼ同じ大きさという値が出たことから、黒点で地球より大きいということは、太陽は地球と比べものにならないほど大きいのだとあらためて実感した。

・初めて天文台に行ってみてとても楽しかったです。地球と何個分と計算したり、数字としてあらわれると結果との比較ができて理解を深めることができます。

表2 太陽黒点スケッチ実験

例として2023年12月22日の授業（50分）のタイムテーブル 生徒数：27名

時間	内容	備考
9:50	授業開始、実験の説明	
10:00	天文台へ教師とともに移動開始、黒点スケッチ。終了後、教室に戻り、黒点の大きさを計算する。	3人で1グループとし、グループ番号を1～9までつける。はじめ1～3グループが移動。1が終わったら、4を呼びに行く。以下同様。
10:20	全グループスケッチ終了。教師も教室へ戻る	教師は教室に戻ったら計算の指導
10:30	全グループ計算終了。考察課題の記入。	考察は授業時間内に終わらなくてもよい（プリント提出は一週間後）
10:40	授業終了	



図3 天文台の外観



図4 使用した望遠鏡+太陽投影板（右端の丸印）

MEADE 製望遠鏡、口径 12.7 cm、焦点距離 1000mm。投影板につけた接眼レンズの焦点距離は 30mm。

#### 4. 考察と今後の課題

##### 4.1 実験の内容について

3.より、多くの生徒にとって満足度の高い実験であったと解釈できる。しかし、天文台を利用する実験にしては物足りなさを感じる部分もある。今後は、もう一步進んだ内容（黒点相対数の計算など）を入れることも検討していく。また、もし授業が2コマ取れば（現状では難しい・・・）黒点の大きさや形状の変化の観察なども取り入れたい。なお、よく扱われる黒点の移動から太陽の自転周期の算出は、自転が新学習指導要領の地学基礎の内容から削られてしまったため、扱うのは難しい（本校では、「地学」は毎年選択者が少なく、開講されていない）。

##### 4.2 地学基礎実験アンケート結果の分析～

年度末には、実験に関するアンケートをとっている。質問項目は以下のとおりである。

- ・授業で行った実験の中で、楽しかったと感じたものを2つ選んでください。
- ・それらを選んだ理由を簡単に教えてください。

アンケート結果を図5、表3にそれぞれ示す。図5より、2022、2023年度とも上位にくる実験は変わらず、日射量と黒点が2トップ、続いて地球の大きさ、という結果である。また、全体実験でなく、雲作りやスペクトル観察など講義の合間に行う実験や、最後の単元「自然との共生」で見せる災害の動画に興味を持った生徒もいた。選択理由（表3）を分析すると、以下のように集約される。

- （ア）屋上・天文台に行ったり、（地球の大きさ実験で）廊下を歩いたり、分野を問わず非日常的な体験に楽しさを感じた生徒が多い
- （イ）実験の内容に楽しさを感じたというコメントもあるが、（ア）に比べると少ない印象

（ア）のような体験ができるのは、理科の中でも地学の強みと言えるのではないかな。

なお、黒点が上位にきてはいるが、これが天文分野の有意性に繋がる結果ではないことに留意する必要がある。筆者は、前任校の天文分野の実習において、データを与えて解析する授業と、自らデータを得る探究型の授業において、 $\chi^2$ 検定を用いて評価した[2]。その結果、後者の方が有意に楽しく感じ、理解度も高いという結果を得ている。今後、天文分野でデータを与えて解析する実験を入れての検証が必要（図5より、気象分野ではこの傾向が顕著に表れている）であるが、今回の報告で、天文分野では、実際の天体を見る実験が、生徒にとって最も良い形であるといえるのではないかな。

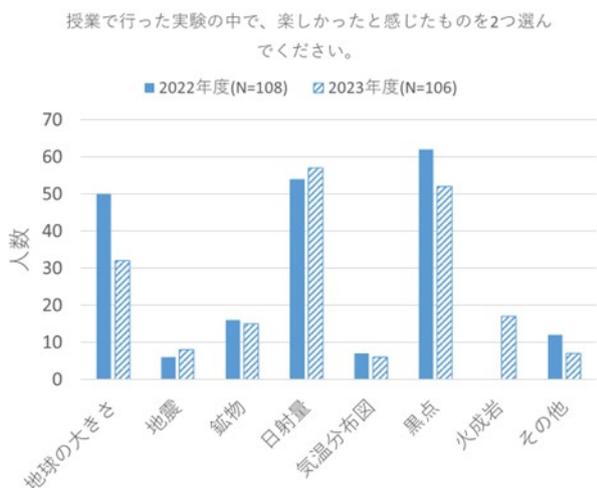


図5 2022, 2023年度地学基礎実験アンケート結果

Nは調査数を表す。火成岩の実験は2022年度は行わなかった。「その他」の内訳は、スペクトルの観察(2022年度のみ)、災害の動画視聴、ペットボトルによる雲作り体験など。

表3 図5の実験を選んだ主な理由

実験名称	生徒の回答例
地球の大きさ	・昔のやり方と同じようにやることで昔の人たちの頭の良さをわかることができたから ・歩くという簡単な動きで地球の大きさを求められるのが不思議で面白かったから!
地震	・コンパスを使って求めることができることに驚いた。 ・身近な地震について調べたことが面白かった
鉱物	・スケッチはほかの実験よりやりやすかったから ・顕微鏡で実際に見てとても綺麗だったから。
日射量	・影が入って、温度がなかなか上がらないなど、色々難しかったけど、知らない器具を知れたり、気温が上がっていくのを見れたりしたので、すごく面白かったから。 ・普段行かない屋上に行くことができたから。
気温分布図	・前線の影響などで全国の天気がどうなっているのかが分かりやすくて良かった。 ・計算が自分は上手くできたから。
黒点	・天文台に初めて入れて楽しかった ・実際に黒点がどのようにになっているのかスケッチできて楽しかったから。
火成岩	・実験中、やり方を間違えてなまそうな雰囲気が感じられるので。
その他 (演示実験、動画など)	・ペットボトルによる雲作り:大きな現象を手の上で再現したりすることが興味深く、楽しかった ・災害の動画:災害の動画を見ることで、学校の授業だけとそれ以上の意味があるように感じられました。 ・スペクトルの観察:スペクトルを見るのが初めてで見てみると色々な色が見ることができ印象に残っているから

## 5. おわりに

本校で行っている地学基礎実験の中でも、黒点スケッチ実験は多くの生徒に人気がある

ものだということが分かった。今後も継続していきたい。同時に、天文台を所持する学校として、天文台を使った教育の意義を改めて感じた。本校では、授業以外にも天文台を天文部の活動(天体撮影や研究観測、地域住民向け星空観察会、学校説明会や文化祭での案内)で使用している[3]。特に、外部向けのイベントでは好評を得ている。今後は更に範囲を広げ、近隣の小・中学校における理科の授業との連携、研究観測をしたい他校の高校生への場の提供など、天文台を使った教育・普及活動を推進していきたい。

## 文 献

- [1] 文部科学省(理科編 理数編)高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説,第2節 理科改訂の趣旨及び要点,6:14.
- [2] 石田 光宏(2022)「高等学校『課題探究型授業』における天文分野の調査結果」,天文教育,34(2),2:16.
- [3] 石田 光宏(2024)「高等学校理科の授業における観点別評価に向けて~天文部員の活動を数値化する取り組みより~」,天文教育,36(2),16:18.



石田 光宏

資料

生徒が記入した実験プリントと黒点スケッチ用紙の例

<考察課題>

- 今回のスケッチと、国立天文台 太陽観測科学プロジェクトで得られた黒点画像 <https://solarwww.niik.nao.ac.jp/solarobs.html> とを比較して考察せよ。ただし、今回は投影しているので、国立天文台の画像に対して裏返しになっている。

スケッチと黒点画像を比較してみても、私は黒く見えただけで1つの黒点しか書いていないけれど、画像の方には同じ所に何個か黒点があるというところがあります。また、黒点の時に濃い所に濃い黒点があるところがありました。  
 ① 黒点の時に、写真と反対の方向でスケッチを写すようにしたので、スケッチが反転して見えています。

- 今回計算した黒点の実際の大きさと、インターネットなどで調べた黒点の実際の大きさを比較して考察せよ。

2000年5月18日15時のうちの大きな黒点の直径は65km、黒点の群れ全体は125km、今回計算した一番大きい黒点の直径は45km、計算したスケッチが何倍か大きいか、また考えられる理由、(印刷した黒点の大きさがスケッチの大きさと異なる理由)を考察せよ。

② 今回計算した黒点の実際の大きさは地球何個分に相当するか、計算せよ。

太陽は地球の直径の109倍  
 一番大きい黒点の直径は 114.2 km  
 114.2 km = 109 × 地球の直径  
 381.5 km = 地球の直径の3倍  
 1個分

③ 今回計算した黒点の実際の大きさは地球何個分に相当するか、計算せよ。  
 直径 12740 km  
 一番大きい黒点の直径は 114.2 km  
 114.2 km = 109 × 地球の直径  
 381.5 km = 地球の直径の3倍  
 1個分

(感想) 太陽は地球の直径の109倍、黒点の直径は45km、計算したスケッチが何倍か大きいか、また考えられる理由、(印刷した黒点の大きさがスケッチの大きさと異なる理由)を考察せよ。

今回計算した黒点の実際の大きさは地球何個分に相当するか、計算せよ。

太陽は地球の直径の109倍、黒点の直径は45km、計算したスケッチが何倍か大きいか、また考えられる理由、(印刷した黒点の大きさがスケッチの大きさと異なる理由)を考察せよ。

④ 今回計算した黒点の実際の大きさは地球何個分に相当するか、計算せよ。

太陽は地球の直径の109倍、黒点の直径は45km、計算したスケッチが何倍か大きいか、また考えられる理由、(印刷した黒点の大きさがスケッチの大きさと異なる理由)を考察せよ。

地学基礎 補助プリント

※一週間後の授業で提出

○太陽黒点の観測

<目的> 太陽黒点をスケッチし、黒点の大きさを求める。

<方法>

※天文台での注意  
 ・望遠鏡に頭などぶつけないよう、慎重に行動  
 ・接眼レンズ付近は高温なので触らない

- 天文台にある屈折式望遠鏡(口径: 125 mm、接眼レンズの焦点距離: 30 mm) に投影板をつけ、太陽を映し、黒点を観測する。
- 観測できる黒点全てを、スケッチ用紙にスケッチする。スケッチは鉛筆で、可能であれば暗部と半暗部がわかるようにスケッチする。写真を撮っておくとよい。
- スケッチ用紙の円の直径、スケッチした黒点の見かけの大きさを定規で測り、太陽の直径(1.4 × 10<sup>6</sup> km) を用いて黒点の実際の大きさを計算する。黒点が複数ある場合、番号を付ける(スケッチ用紙にも記入)。

<結果>

スケッチ用紙の円の直径: (114 mm) mm = 0.000114 = 1.14 × 10<sup>-4</sup> km

黒点1	黒点2	黒点3	黒点4	黒点5	
見かけの大きさ [mm]	3.0	2.8	2.5	3.5	2.0
実際の大きさ [km]	36842	34386	30702	42982.46	24561

計算スペース

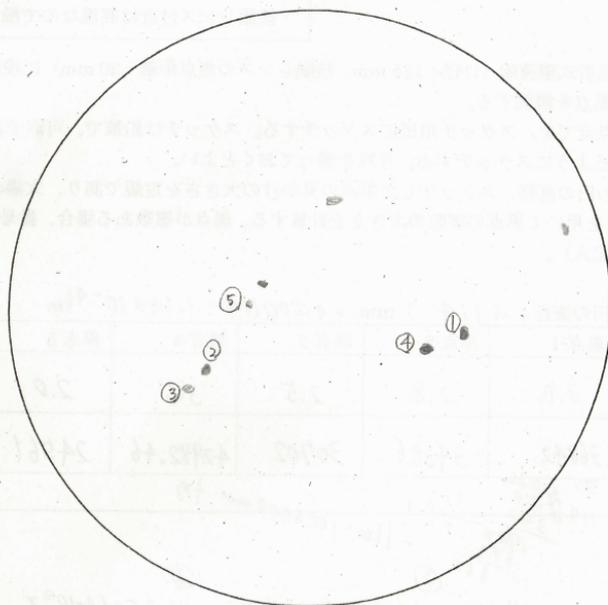
① 114 : 3.0 = 1.4 × 10<sup>6</sup> km : x  
 x = 3.0 × 10<sup>6</sup> / 114 = 26324.56 km

② 114 : 2.8 = 1.4 × 10<sup>6</sup> km : x  
 x = 2.8 × 10<sup>6</sup> / 114 = 24561.4 km

③ 114 : 2.5 = 1.4 × 10<sup>6</sup> km : x  
 x = 2.5 × 10<sup>6</sup> / 114 = 21929.82 km

④ 114 : 3.5 = 1.4 × 10<sup>6</sup> km : x  
 x = 3.5 × 10<sup>6</sup> / 114 = 30701.75 km

### 太陽黒点スケッチ用紙



観測日：2023年 12 月 21 日 金曜日 10時 20分  
天候： 晴れ  
地学基礎クラス：12a・12b・34a・34b・56a・56b・78a・78b  
共同実験者名：( )