

連載

天体色彩学入門【6】

色彩学を用いたサイエンスデザイン その5

～天体をサイエンスデザインする授業～

芝田 たける・福江 純（大阪教育大学大学院）

1. サイエンスデザインと天体色彩学

本連載においては、天体の色について色彩学を用いてサイエンスデザインする天体色彩学を、この数年構築してきたことを紹介してきた。この「サイエンスデザイン」や「天体色彩学」という用語について、再確認と普及を兼ねてここで紹介したい。

まず「サイエンスデザイン（Science Design）」とは、「科学的な研究成果を視覚的な画像として伝えるときには、その事象の色や形が実際に人間の目にどう見えるかを、できるだけ本来の姿に合わせて科学的に再現すること」である。そして、このようなサイエンスデザインの考えに基づき、「天体の色について科学的に再現する手法」が「天体色彩学（Astrophysical Color Science）」である。これまでの連載では、色彩科学と天文学の物理量や観測値を用いて天体色彩学を構築し、さまざまな天体の色について紹介した[1]-[5]。

サイエンスデザインという概念は、これまで一般的ではなかったので、天文学以外の分野でもほとんど扱われてきていないように感じている。その理由として、現存の植物や動物、目で確認できる物の色や現象といったものは、ほぼ正確に写真や映像などで色を再現することができること、また、多くの人と同じ物を見て確認することができたので、そこまでサイエンスデザインを意識しなくてもよかったことがある。もちろん、色を再現する側のテレビやパソコンのモニター、もしくは印刷物の色再現域には限界があるので、完璧に色を再現はできていないが、実物と再現されたものの色彩が全く違うということは少な

かった。

しかし、科学技術が進歩して、遠い星雲や銀河といった肉眼では見ることができない遠くのもの、大型望遠鏡などを駆使して見ることができるようになった。また、DNA など小さすぎて肉眼では見ることができなかったものも、電子顕微鏡といった機器でその姿を見ることができるようになった。さらには、恐竜を代表とする大昔の動植物といった現存しないものは、化石などからその色や形を想像し再現されている。しかしこれらのものは、それぞれの色を再現する科学者やデザイナーがどう着色するのかによって、一般の人が受け取るそのものに対しての印象が大きく変わってくる。

よってサイエンスデザインでは、天文分野以外にも必要な概念であり、天体色彩学の他にも細胞色彩学、恐竜色彩学といった様々な色彩学があるといえる（図1）。

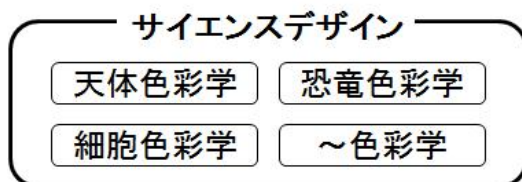


図1 サイエンスデザインの中の～色彩学

2. 太陽の色は何色？

天体色彩学を構築することで、サイエンスデザインに基づいた天体の色を知ることができた。そして、現在使用されている学校の教科書を解析してみると、他分野に比べて天文分野だけが色についての説明がほとんどない

ことがわかった[4]。これらから、多くの人が天体の色について誤解を生じているのではないだろうか?と思うようになった。

可視光で撮像された太陽は白っぽく、天体色彩学によって作成した太陽画像も白っぽいものとなった[3]。人間の目は 6500K 程度の黒体放射を白と感じ、これはパソコンなどのディスプレイに映し出す白の基準となっていることも多い。しかし、太陽の画像といって思い浮かべるのは、X 線や紫外線で撮像され赤く着色された画像や、H α フィルターで撮像された赤い画像ではないだろうか。太陽の画像について知識がある人にとっては、その太陽がなぜ赤い色をしているのかすぐにわかるが、一般の人は太陽の色をどう思っているのだろうか?と疑問に思った。

そこで、2008 年 10 月～12 月に、小学生から大学生を対象に「地上から見た太陽の色は何色か?」「宇宙から見た太陽は何色か?」という問いを投げかけてみた。太陽を地上から見たときについては、昼間の快晴時という特別な条件のもとではないことを説明し回答してもらった。集計し分析した結果、小学生から大学性では割合に多少の違いがあるが、ほぼ同じ傾向が得られた。得られた結果のうち、今回は中学生と小学生の分を紹介する。

2.1. 中学生

調査に協力してくれたのは、大阪教育大学附属平野中学校 3 年生 115 名で、中学校理科第 2 分野の天文分野を学習し終える時期に実施した。本中学校で使用している東京書籍の第 2 分野の教科書には、先に紹介したとおりの赤や橙に着色された太陽画像が使用されているが、その着色したという説明は書かれていない。アンケート結果は、図 2 および図 3 のとおりである。

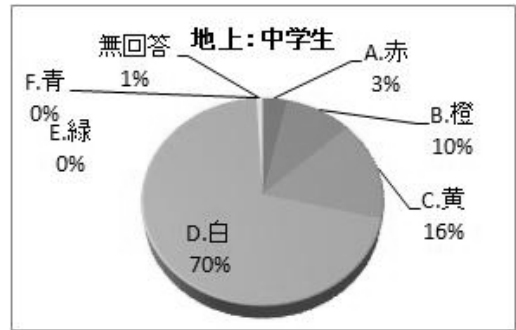


図 2 「地上から太陽を見たとき何色に見えるか。ただし昼間で快晴のとき。」に対する回答

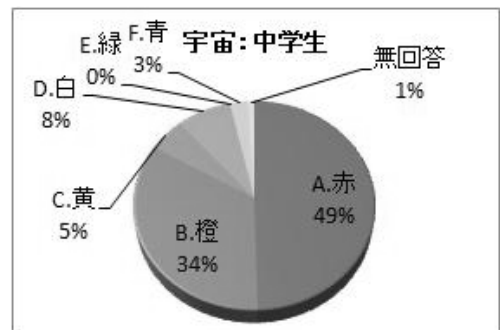


図 3 「宇宙から太陽を見たとき何色に見えるか」に対する回答

さらに、なぜその色を選択したのか理由を尋ねると、図 4 および図 5 のような結果になった。

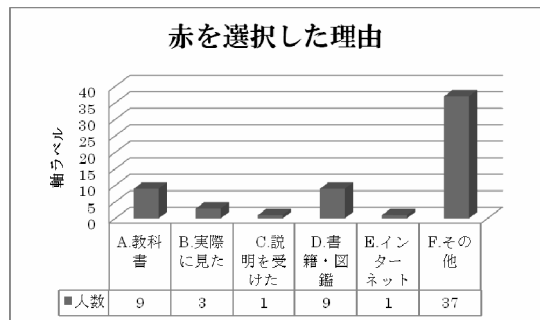


図 4 「なぜ宇宙から太陽を見たとき赤色に見えると思ったのか」に対する回答

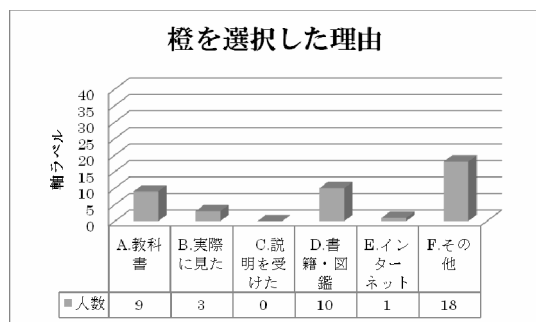


図 5 「なぜ宇宙から太陽を見たとき橙色に見えると思ったのか」に対する回答

「その他」を選択した生徒にはその理由を記述してもらったら、「なんとなく」「TV・映画で見た」が最も多かった。また中には、「女の勘」と答える生徒もいた。

2.2. 小学生

調査に協力してくれたのは、大阪教育大学附属池田小学校 5 年生の 111 名で、4 年生時に小学校の内容の天文分野を学習済みである。しかし、恒星には色の違いがあることは知っているが、それが温度によって違うことはまだ知らない段階である。アンケート結果は、図 6 から図 9 のとおりである。

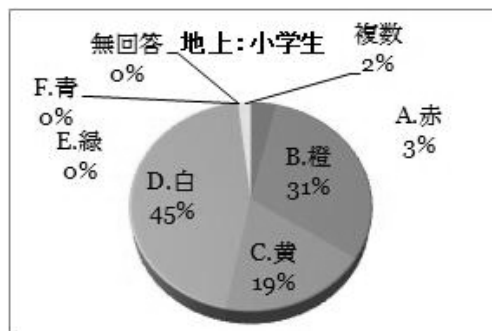


図 6 「太陽を地上から見ると何色に見えるか。ただし昼間で快晴のとき。」に対する回答

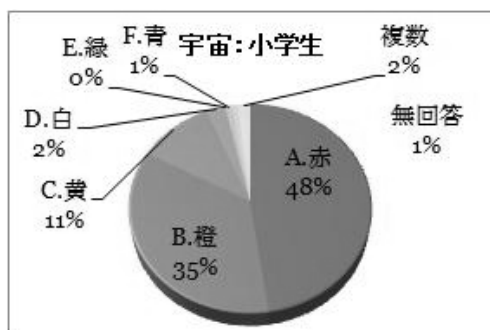


図 7 「宇宙から太陽を見たとき何色に見えるか。」に対する回答

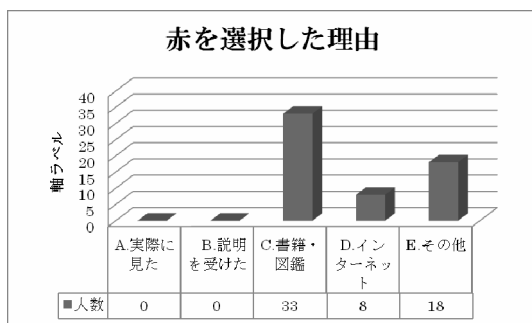


図 8 「なぜ宇宙から太陽を見たとき赤色に見えると思ったのか」に対する回答

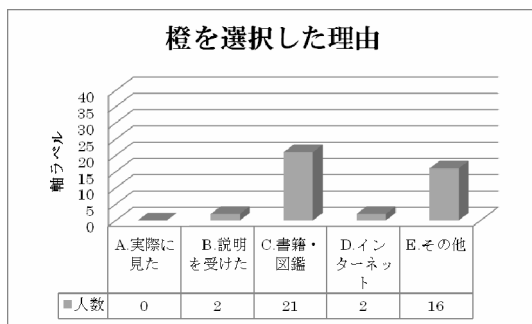


図 9 「なぜ宇宙から太陽を見たとき橙色に見えると思ったのか」に対する回答

「その他」を選択した児童にはその理由を記述してもらったら、「TV で見た」が最も多かった。ちょうどこの調査をした時期に、ある企業の TV コマーシャルで赤い太陽の映像が使っていて、頻繁にその映像を見る機会が多かったからではないかと考えている。

中には、太陽を宇宙から見たら「青い」と答えた児童もいた。この理由を尋ねると「高温の炎は青いから」と記述しており、今回の調査の趣旨からは外れるが、よく考えているなど感心した。

中学生、小学生はともに、地上から太陽を見たときは「白色に見える」と答える生徒・児童が最も多かったのに対し、宇宙から太陽を見たときは赤と答える生徒・児童が最も多かった。この傾向は大学生、高校生にも同じであった。

3. 天体色彩学入門の授業実践

さて、この調査をした小学生から大学生に対して、宇宙から見たときの太陽の色は何色かという説明を行いたいと考え、授業実践を実施することにした。

3.1. 授業の流れ

太陽の色について、天体色彩学に基づいた授業を考えると、大学生と高校生については黒体放射と色温度の話をするれば、すぐに理解できるのではないだろうか。しかし、中学生と小学生には黒体放射の話は難しすぎるため説明を省くこと、生徒・児童が話ばかりで飽きないように活動を取り入れることが必要と考えた。

そこで、簡単に電磁波とスペクトルの説明を行い、簡易分光器（ペーパー分光器）[6]を製作して、太陽のスペクトルを観察してもらった。そして、太陽のスペクトルの他に恒星のスペクトルを紹介し、スペクトルで赤の波長が強く青の波長が弱い星は赤っぽい星、逆に赤の波長が弱く青の波長が強い星は青っぽい星になる説明を行った。そして、スペクトルはだいたい温度から決まっており、太陽はおおよそ 6000°C で、その温度から計算できる太陽画像を紹介した。小学生に対して行った授業の「児童の学習活動・学習内容」につい

ての部分の指導案から抜粋する（表 1）。

表 1 児童の学習活動・学習内容

児童の学習活動・学習内容

太陽の色って何色だろう？

- ・太陽の色は何色かという問いを思い出す。
「地上から見た太陽の色は？」
「宇宙から見た太陽の色は？？」
- ・様々な色で着色された太陽画像があり、それらから、太陽は色んな光を出していることを知る。

分光器を使って太陽が出す光を調べよう！

- ・実験装置である分光器を作る。
- ・太陽が可視光でどのような色を出しているのかを観察する。
- ・蛍光灯のスペクトルを観察し、太陽のスペクトルとは見え方が違うことを観察によって気づく。

宇宙から見た太陽の色は何色？

- ・光源のスペクトルの見え方について発表し、光源によってスペクトルの違いがあることを共有する。
- ・実際の観測でも分光器と同じ原理でスペクトル研究が行われていることを知る。
- ・星も星の温度によって異なるスペクトルがあることを知り、それは温度によって決まることを知る。
- ・宇宙から太陽を見たときは白っぽい色をしていることを知る。

3.2. 授業実践

2009 年 1 月 31 日に、大阪教育大学附属平野中学校の 3 年生 3 学級で、各 50 分間の授業を行った。中学生はこちらが準備をある程度しておけば、分光器の製作を 30 分ほどで終わらせることができた。中学生対象の授業では、上記 小学生を対象にした学習内容に加えて、最後に教科書の太陽画像のスライドを



図 10 児童が作った分光器



図 11 みんなで観察している様子

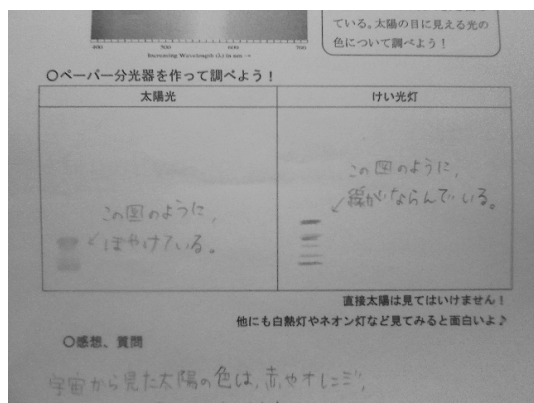


図 12 児童がワークシートに記入した観察結果

見せ、それらが着色してあることを説明した。

また、2009年2月27日に、大阪教育大学附属池田小学校の5年生1学級で、90分間の授業を行った。分光器製作の途中でカッターを使用し型紙に穴をあける段階があるのだが、小学生は製作に時間がかかること、また危険を減らす意味でも、今回はあらかじめこちらが穴をあけた型紙を用意した(図10～図12)。

3.3. 授業実践による効果

授業の終わりには、生徒・児童に授業を受けた感想や意見をワークシートに記述してもらった。それらの一部を紹介する。

<中学生、小学生共通>

- ・宇宙から見ると太陽が赤色ではないことに驚いた
- ・スペクトルがきれいだった
- ・同じ白い光でも光源によってスペクトルが違うことに驚いた
- ・分光器を作るのが楽しかった

<中学生>

- ・教科書や今までの太陽画像が着色されていたのを知ってショック
- ・イメージだけでものを考えてはいけなかったことがわかった

<小学生>

- ・太陽は赤い光だけを出していると思っていたが、青緑や色んな色の光も出していることに驚いた
- ・次に虹を見かけたら「太陽のスペクトルや!」と言ってみよう

3.4. 反省点

授業で実践したことから、いくつかの反省点がある。

今回、授業を進めるにあたり、光の3原色の説明はしなかった。そのため、中学生・小

学生ともに、なぜ多数の光の色を同時に見ると白いのか、という質問を投げかけてくる生徒・児童がいた。もう少し多くの時間を取り、色彩科学の土台づくりを行ってから本実践を行うと、より効果的になったのではないだろうか。

また、電磁波や分光の説明を簡単に行ったのだが、中学生にもなると出てくる用語や現象一つ一つについて、もっと詳しく知りたいと思う生徒が多かったようだ。

4. これからの天体画像の使い方

アンケート調査を行い、その後に天体の色についての授業実践を行うことで、中学生・小学生のほとんどが、「赤い太陽画像のほとんどが着色されているから赤い」ということを知らない事実を再確認することができた。

先日、日本天文学会（2009年春年会）で太陽のセッションに参加したのだが、太陽の研究者はさまざまな色に着色した太陽画像を使っていた。そこに参加している研究者にとっては、その太陽の色が擬似カラーであることは暗黙の了解なのでわざわざ説明する必要がない。

しかし、教育・普及の場で天体画像を使用するときには注意が必要である。天文学の研究者や天文学を実際に学んだ人以外は、一般的には天体画像が着色されている事実を知らない。それどころか、可視光が電磁波の一部分であることや、可視光でも波長によって色が分かれることすら知らない人が多い。現に私も高校生の頃は文系クラスだったので、大学で物理を学ぶまでは電磁波や可視光の意味を理解していなかった。そういった人にとっては、詳しくはなくてもこの天体画像は着色されていることや、特定の波長で撮像したものであることを説明する必要があると考えている。

現在、中学校理科の検定教科書は5社が出版しているが、5社ともが太陽画像は赤や黄に着色されたものが掲載されていた。われわれはこれに対して、画像が着色されていることを説明する文章をつけるべきだ、という旨の手紙を出した。教科書会社の反応がいくらかあったので、今後は着色されている説明がなされることを期待している。

参考文献

- [1] 芝田たける・福江 純（2008）天文教育，20，No 1，25
- [2] 芝田たける・福江 純（2008）天文教育，20，No 2，15
- [3] 芝田たける・福江 純（2008）天文教育，20，No 3，38
- [4] 芝田たける・福江 純（2009）天文教育，21，No 1，31
- [5] 芝田たける・福江 純（2009）天文教育，21，No 3（本誌掲載）
- [6] 大阪教育大学天文学研究室ホームページ「手作りの宇宙 2004」
<http://quasar.cc.osaka-kyoiku.ac.jp/handmade2004/univ.htm>
- [7] 栗野諭美ほか（2001）『宇宙スペクトル博物館＜可視光編＞ 天空からの虹色の便り』，裳華房

芝田 たける

福江 純