

投稿

イメージカラーピッカーを用いた月面の色探し

～ICT を駆使して教科書を超えた学びを探る～

星野菜穂子（鹿児島県立与論高等学校）、中野英之（桐蔭横浜大学）

1. はじめに

児童や生徒が「受けてよかった」と思ってくれる授業は、教員であれば誰でも常に目指す目標であると思う。そういう授業とは何か。私は児童や生徒が教科書レベルを超えた学びができる授業だと考えている。しかし、教科書の内容は到達レベルの最低ラインであるが、最高ラインだととらえている人がまだ多いという指摘も見られる[1]。また、理科離れの大きな要因の一つに、学習指導要領が「学習の基準の大綱」でありながら、実質は学習の到達目標として考えられてきたために、学習指導要領を超えた指導が行われなくなり、本質的で知的な刺激に富んだ内容が理科授業で扱われてこなかったからだという主張も見られる[2]。教科書を超えるネタはいくらでもあるし、それを授業で教えること自体は難しいことではないと思うが、児童や生徒の身の丈に合った主体的な活動を通して教科書を超える学びに到達できるような授業展開を工夫することが難しいのだと考える。

児童や生徒が当たり前だと考えている概念が、主体的な活動を通して覆される体験を児童や生徒が体験することは、教科書レベルを超えた学びの第一歩だ。このような立ち位置の教材開発は重要であると考え、そのためにも教員はいつまでも好奇心をもって自然事象に向き合う素直な心でありたい。

大学生時代に日本画を授業で履修していた著者は、色に非常に興味を持っていた。ある時、月を眺めていて、「月には色がないだろうか」という疑問を持った。教科書で見る月は常に白黒の世界であるし、どう考えても色がある世界には思えなかった。誰もが同じよう

に考えていると思った。しかし、最近はオンラインでデジタル写真から色情報を取り出すことが簡単にできるようになり、このようなICTをうまく使えば月に色があることを発見できるかもしれないと考えた。うまくいけば教材化までいけるかもしれない。そこでまずは自ら月の色探しを行うことにした。

2. 月面用反射望遠鏡の開発

今回は、色を扱う探究であるため、実際の月の色の再現を阻害する要素は可能な限り取り除きたい。光学系の色収差や、大気の減光、大気のプリズム効果など阻害する要因はいくつも考えられる。まず、光学系については反射望遠鏡を用いることで解決できるだろう。色収差の原因となるレンズを用いずに拡大率を得るために、長焦点の反射望遠鏡を作製することが必要だ。大気の問題は完全には影響を取り除けないが、気球を飛ばすこともできないので空の澄んだ秋～冬に月の高度が高い時に撮影する以外方法はなさそうだ。

反射望遠鏡は、直径 107 mm 厚さ 15 mm の青板ガラス 2 枚用いて作製する。直径 107 mm と中途半端な大きさになっている理由は、円形ガラスを安価に入手するために、ある規格のホールソーでガラス板をくり抜く手法で工場に作製してもらったためである。研磨方法はえびな[3]や中野[4]を参考にした。砂ズリは#80、#120、#220、#400、#800、#1500 の研磨剤を用いて進めた（図 1）。#400 までに時々鏡を水にぬらして太陽にかざして焦点距離をチェックし（図 2）、 $F=13$ 程度、焦点距離が 1400 mm 程度になるように調整した。 $F=13$ とした理由は、放物面化しなくても球

面鏡に近い状態で実用上問題のない解像力が得られることと、これ以上焦点距離が長くなると非常に使いにくくなると考えたためである。ピッチ盤研磨を行い、主鏡が完成した後、アルミナイザー[5]を用いて真空蒸着法によりアルミメッキを行い鏡面を完成させた。主鏡の焦点距離は最終的に 1480 mm となった。



図 1 砂ずり中の様子



図 2 太陽を用いて焦点距離を求めている様子

鏡筒は直径 150 mm のスパイラル管を使用した。内側を黒色のつや消しスプレーを塗布した。光軸調整機能のついた主鏡セルはアルミの L 字アングルや亚克力板を使用して作製した。アルミの L 字アングルや亚克力板にネジ山を切ってネジで光軸調整ができるようにした。斜鏡は自作せずに市販の短径 25

mm のものを使用した。塩ビキャップを加工して斜鏡固定装置と光軸調整装置を作製した。斜鏡のスパイダーは回折の影響を最小限に抑えるためにアルミ板を曲げて半円形にしたものを使用した(図 3)。接眼部とファインダーはそれぞれビクセン製とミザール製の中古を利用した。鏡筒はコの字型のアルミチャックを介してアリガタにボルトで固定した。天頂付近にある月を主に観測するため、鏡筒回転装置は不要と考えた。鏡筒はビクセン製の GDP 赤道儀に同架して使用する。駆動系はビクセンのマイコンスカイセンサー 2000 を使用した。途中、鏡が二重球面になっていることが判明して研磨をやり直したり、主鏡の焦点距離を測り間違えて鏡筒の穴あけをやり直したりするアクシデントがあったが、こうして望遠鏡が完成した(図 4)。



図 3 斜鏡固定具



図 4 完成した望遠鏡

3. 方法

開発した望遠鏡で撮影した月の写真をフリーソフトである Syncer の「イメージカラーピッカー」を用いて解析する。イメージカラーピッカーの以下の2つの機能を用いて解析を行う；1) 画像中の任意のポイントにおいて RGB 表色系での色の組成値を調べることができる。2) 任意の領域に含まれる色を多い順に「色」として表現することができる。

色のついた光（原色）を組み合わせることで他の色を作り出す方法を加法混合という。RGB は加法混合の一種であり、赤（Red）・緑（Green）・青（Blue）の3色の光を組み合わせることで液晶ディスプレイなどの画像再現を行っている。3つの光（R・G・B）それぞれに対して0から255までの256段階の数値があり、その3つの数値の組み合わせによって画像の色を表現している。数値の大きさそのものは明度を示している。RGB がすべて同じ値の場合は無彩色であり、数値が大きいほど白っぽく、小さいほど黒っぽい。また、R が大きい場合は赤みが、B が大きい場合は青みがあることを意味する。RGB 表色系は分かり易い表色系であり、教材として利用するのに適している。なお、表色系については芝田・福江（2008）による解説記事が分かりやすいので参照されたい[6]。

まず、イメージカラーピッカーの機能 1) を用いて特定の場所の RGB 表色系の色情報を測定する。解析する対象は海が8箇所、クレーター（高地）が5箇所である。RGB を測定するポイントをそれぞれの箇所についてランダムに7~9ポイント設定して測定を行った（図5、表1）。測定ポイントは海については比較的広範囲に及ぶが、クレーターについてはクレーター本体とそのごく近い部分のみを測定の対象とした。プラトーについてはクレーター内部のみを測定対象とした。次に、2) 任意の領域に含まれる色を多い順に「色」

として表現することができる機能を用いて、雨の海（虹の入江付近）とアリストルコスの色情報を抽出する。開発した天体望遠鏡を用いて、2017年1月12日21:23に撮影した月（月齢13.8）の写真を用いて解析を行った。カメラは Canon EOS KissX5 ボディを用いて直焦点撮影を行った。ISOは100に設定し、露光時間は約1/2秒（筒先開閉法）とした。

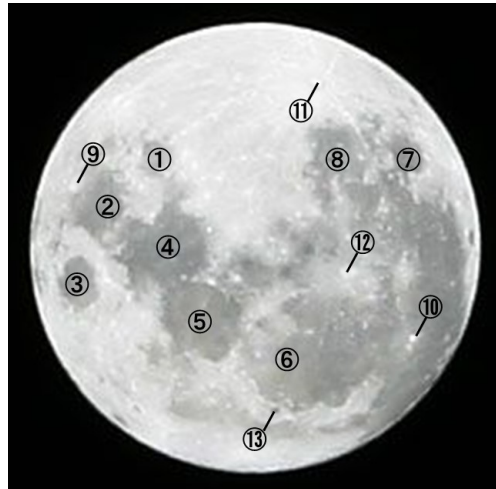


図5 月面における測定箇所

表1 測定箇所の名称

海	① 神酒の海
	② 豊穡の海
	③ 危機の海
	④ 静かの海
	⑤ 晴れの海
	⑥ 雨の海
	⑦ 湿りの海
	⑧ 雲の海
クレーター	⑨ ラングレヌス
	⑩ アリストルコス
	⑪ コペルニクス
	⑫ ティコ
	⑬ プラトー（内部）

4. 結果と考察

4.1 各測定地点における RGB 値の抽出

図 6 に海の、図 7 にクレーターの解析結果を示す。縦軸は明度である。破線はそれぞれの測定ポイントの結果を、実線は全ポイントの平均値を示している。

海については、測定ポイントごとに明度にかかなりの違いがあることが分かる。これは天体望遠鏡で観察してもすぐに気が付くことである。RGB 値はいくつかのパターンに分類できることが分かった。神酒の海、危機の海、雨の海、湿りの海は測定ポイントにより差は見られるものの全体としては RGB の値は同じであり、無彩色型に分類した。豊穡の海と静かの海は R よりも G, B の方が値が大きいため、GB 型と分類した。GB 型はやや青っぽい色を呈していることになる。晴れの海は G が大きいため G 型に、雲の海は G よりも R, B の方が値が大きいため、RB 型と分類した。このような違いが見られたものの、RGB の値そのものはそれぞれで大きな差はなく、無彩色に近いと言える。インターネット上では、月面写真を加工して色合いを強調した画像が散見される。それらの画像では豊穡の海と静かの海は青色に、また他の海は赤色となっている。それらの画像を比較すると、豊穡の海と静かの海が青っぽいという今回の結果は調和的であるが、赤色についての情報は得られなかった。このあたりが本方法の限界なのかもしれない。

クレーターも同様に、ラングレヌスは無彩色型に分類した。アリストアルコスでは B が R, G よりも大きく B 型に、コペルニクスとティコは G よりも R, B が大きいため RB 型に分類できる。プラトー内部は R と G が B よりも大きいため RG 型に分類した。アリストアルコスクレーターは青っぽく、プラトー内部は赤っぽいことが分かる。プラトーの内部は溶岩で埋められているが、内部は暗いことで知

られており、17 世紀のポーランドの天文学者ヘベリウスは大黒海と名付けたほどである [7]。この点は今回の測定結果でプラトー内部の明度が最も小さいことと調和的である。クレーターの解析ではアリストアルコスで B 値が他の地域に比べて大きいことが一見無彩色に見える月面の中でも際立った特徴である。アリストアルコス周辺は月面でも色彩が豊富であることで知られているようで、アリストアルコスが青味を帯びていることは古くから指摘されている [7]。

なお、アリストアルコス付近は一時的な輝き、ぼやけ、色彩の変化といった TLP (Transient Lunar phenomena : 月の一時的現象) が最もよく観測される場所とされている。アリストアルコスは月面で最も明るいクレーターとされている [7] が、明度を比較するとティコの方がアリストアルコスと同じかやや大きい。アリストアルコスが特に明るく見えるといわれるのは、周囲が暗い海で囲まれているために、アリストアルコスが際立って明るく見えるということなのかもしれない。

4.2 色情報の抽出

機能 1) の方法では、特定のスポットの RGB 値を求めるものであったが、機能 2) では、一定の領域全体の色情報を抽出できる。抽出された色情報はカラーコードで出力される。例えばカラーコードが #a0a488 は RGB (160, 164, 136) に対応する。雨の海 (虹の入江) とアリストアルコスの抽出結果をそれぞれ図 8、図 9 に示す。

雨の海 (虹の入江) は大部分が濃灰色を占めているが、くすんだ緑色や青色も見られ、想像以上に多様性があることが分かった。アリストアルコスは淡灰色の他に薄い紫色や水色も多数抽出され、機能 1) で得られた結果と同様にアリストアルコスが青味を帯びていることを示す結果となった。

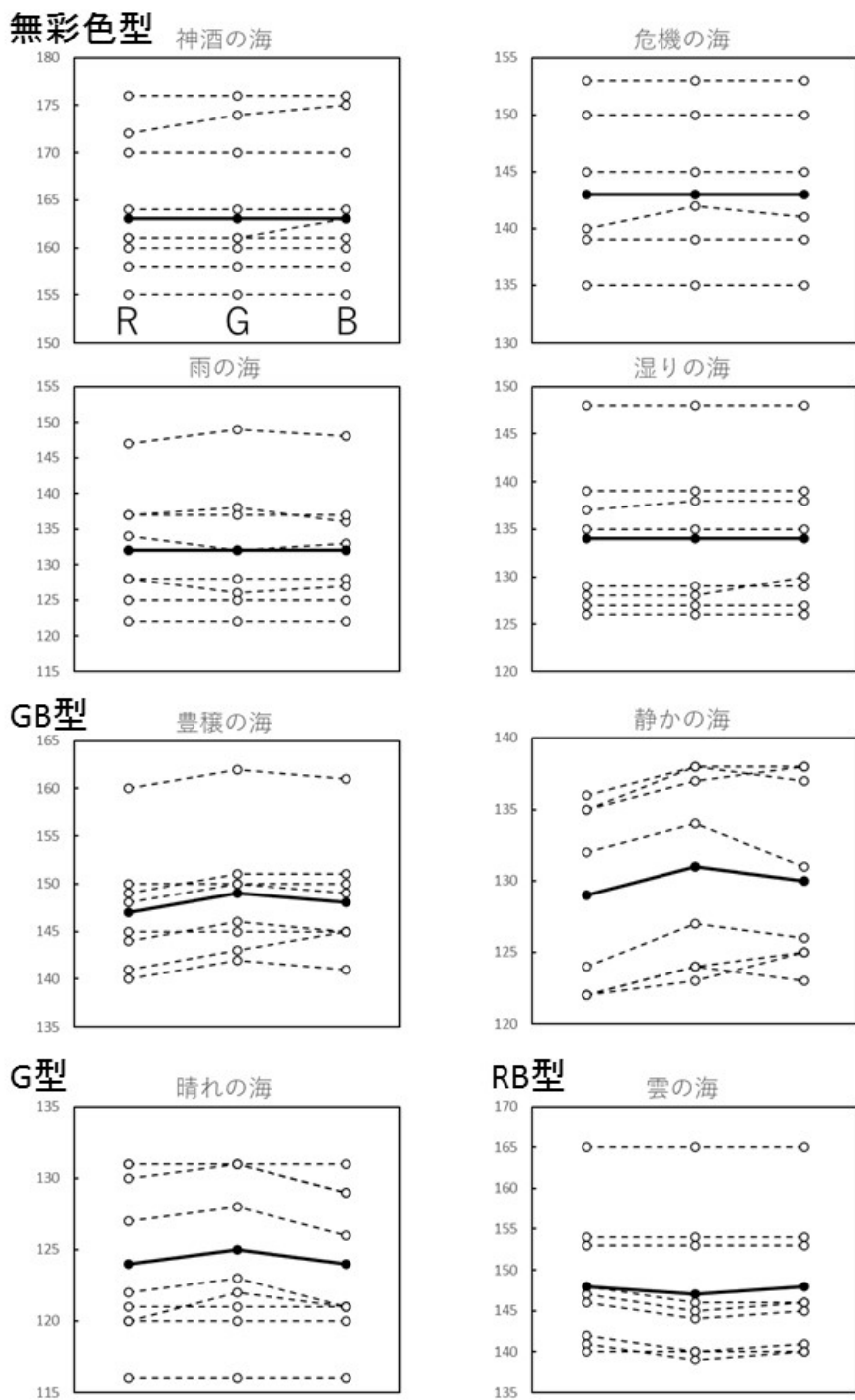


図 6 海における RGB の解析結果

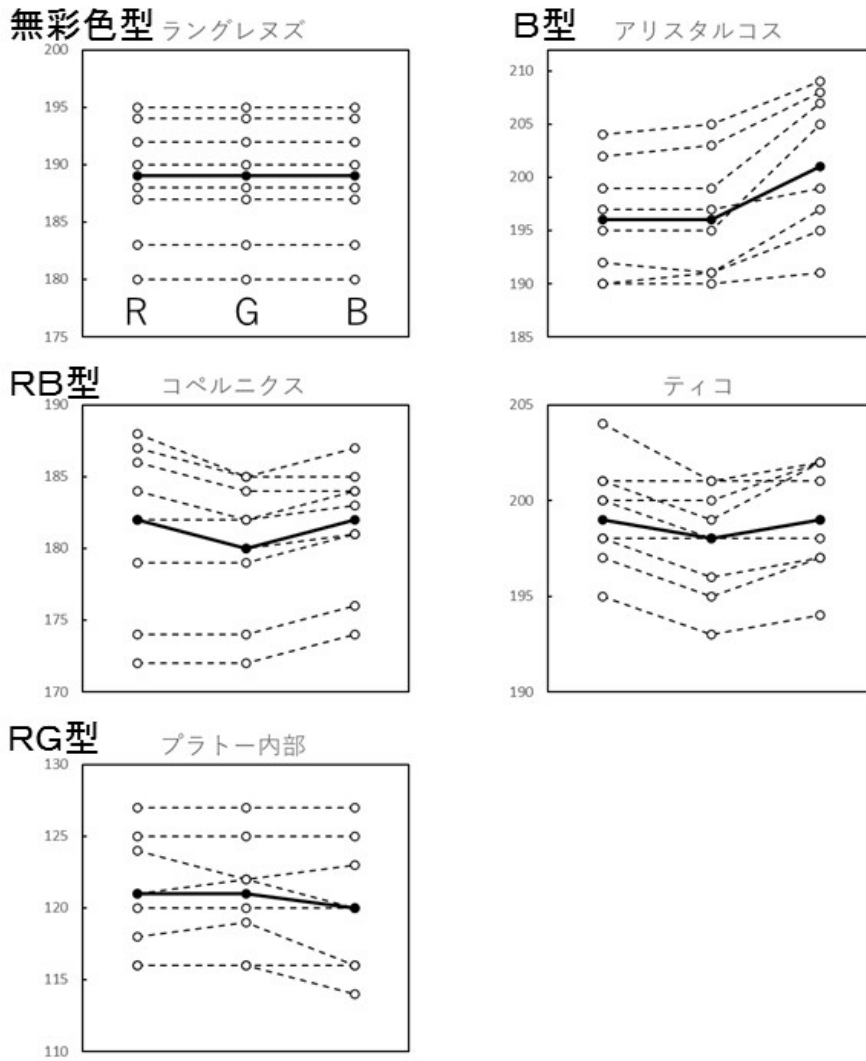


図7 クレーターにおけるRGBの解析結果

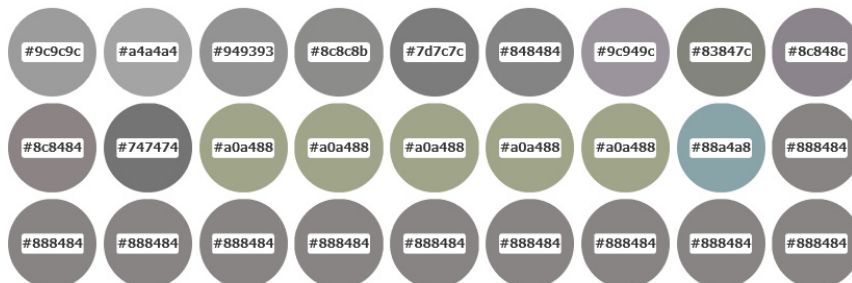


図8 雨の海（虹の入江）における色の抽出結果

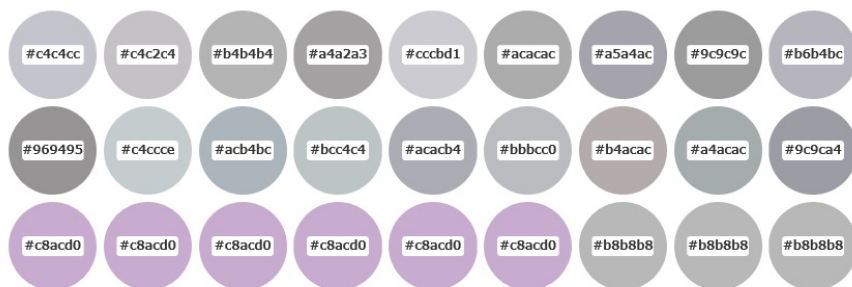


図9 雨の海（虹の入江）における色の抽出結果

アリストアルコスクレーターの周囲に広がるアリストアルコス台地は赤みを帯びていることが知られている[7]が、実際に調べてみるとピンク色も抽出され、アリストアルコス周辺は非常に色彩に富んでいることがよく分かる。

5. おわりに

「月に色はあるのだろうか」という素朴な疑問から出発した本探究であったが、白黒の世界に見える月面が、実際には様々な色を帯びていることが分かり非常に興味深かった。同時に、この方法で行える限界も知ることができた。実験がある程度うまくいったのは、色収差のない長焦点反射望遠鏡を用いて、透明度の高い冬に大気による減光や分散を受けにくい高い高度にある月の写真を使用したことが大きいと考える。また、身の丈に合った手軽な活動であったことも大きい。屈折望遠鏡を用いたり、透明度や月の高度が低い条件下で撮影した月の写真を使用したりした場合は全く異なる結果が得られた可能性もある。

次の疑問はこの色の違いが何によるのかということである。月面は海が玄武岩質溶岩で覆われており、クレーターが分布する高地は斜長石で構成されている[7]。玄武岩は黒っぽく、斜長石は白っぽいことは知っているが、色の原因が元素組成の違いによるものなのか、

あるいは月に衝突した隕石の種類の違いによるものなのか、その理由を考えるだけでも楽しい。宇宙風化を受けた時間を反映しているのかもしれない。

著者が最も関心があるのはアリストアルコス付近がなぜ青いのかということである。著者らは、ある特定の鉱物組成を持った母天体由来の隕石が衝突してその構成物質が撒き散らされたのではないかと考えている。現在、手元にある100種類の鉱物標本と比較してアリストアルコスを構成する鉱物を探る研究を進めようとしている。具体的には、よく晴れた太陽高度の高い日に、太陽光で照らされた鉱物を反射望遠鏡で撮影して今回と同様の手法を用いて色を比較することにより鉱物種を絞り込む研究を進めている。実際にはこの方法でたどり着ける到達点は高くはないかもしれないが、楽しみながら探究を続けていきたい。

オンライン上で使用できるイメージカラーピッカーは非常に扱いやすく、写真をアップロードすればカーソル操作だけで解析できるので小学生でも十分に行うことができと思う。RGBの説明も液晶画面の説明や身近な例を挙げながら丁寧に説明を行えばある程度理解できると思う。いずれ、今回の探究を発展させて、児童や生徒を対象に月の色探しを行う授業実践を行ってみたいと考えてい

る。ICT を使って子どもたちが教科書を超えたどんな発見をするのか、今から楽しみにしている。

文 献

- [1] 鎌木良夫 (2014) 『わかる授業のための予習から入る「先行学習」のススメと授業スキル』, 先行学習教育開発研究所
- [2] 川上昭吾 (2013) 『教えの復権をめざす理科授業』, 東洋館出版社
- [3] えびなみつる (2002) 『えびなみつるの完全図解天体望遠鏡を作ろう』, 誠文堂新光社
- [4] 中野英之 (2011) 教員養成系大学における反射望遠鏡作製実習, 地学教育, **64(3)** : 71-81
- [5] 中野英之 (2015) 小中学生を対象とした反射望遠鏡作製実習, **15** : 91-94
- [6] 芝田たける・福江純 (2008) 天体色彩学入門 [1] 色彩学を用いたサイエンスデザイン その 1-表色系と xy 色度図と sRGB 規格-, 天文教育, **20(1)** : 25
- [7] 白尾元理・佐藤昌三 (1987) 『図説・月面ガイド』, 立風書房



星野 菜穂子

* * * * *