

# デジタル画像解析を利用した教育実践

八木 徹\*・神部 順子\*\*

## 要 約

本研究では、デジタル画像解析の技術を活用した教材の開発と実践を行った。具体的には、日中は青く、夕方に赤く変化する空の色を理解することをテーマとした。ワックスの懸濁液を用いて空の色の変化を示すモデルを作成し、これを撮影したデジタル画像を解析することにより、散乱光の変化の様子を定量的に示すことができた。これにより、空の色についての理解を深めるとともに、コンピュータの幅広い応用を示す教材を作成した。さらに、作成した教材を用い、サイエンスコミュニケーションや出張授業の場における実践を行った。

**キーワード：**光の散乱，デジタル画像解析，空の色，サイエンスコミュニケーション，理科教育

## 1. はじめに

近年、日本において様々な形でのサイエンスコミュニケーションが実施されている。サイエンスコミュニケーションは、単なる科学の啓蒙活動ではなく、社会と専門家との間での双方向の対話を通じたコミュニケーションという側面を持つ。このようなサイエンスコミュニケーションは、様々な人に対する幅広い科学教育の場として注目度が増している。

「サイエンスアゴラ」は、独立行政法人科学技術振興機構が主催して、2006年より毎年実施されているサイエンスコミュニケーションの具体的な実践の場である。「科学技術を活用してよりよい社会を実現するための方策を多角的に論じ合う複合型イベント」という開催趣旨のもと、2011年は開催期間3日間で参加者数がのべ7,057人、出展団体数が183団体であり、参加人数、出展団体数とも年々増加を続けている[1]。

我々はこれまでに、デジタルカメラを用いた大気構造の観測手法を開発してきた[2-5]。これは、デジタルカメラで撮影した空の映像を画像解析することにより、大気中に含まれる浮遊粒子状物質(SPM)の観測や、様々な大気構造の測定を可能にする技術である。この技術を応用して空の色を理解することをテーマにした教材の開発を行った。具体的には、日中の空の青さと夕焼け空の赤色を説明するモデルを作成し、デジタル画像解析技術により赤色(R)、緑色(G)、青色(B)の各成分の散乱度合いがどのように変化しているかを示した。

また、大気汚染などの身近な問題を、日常の道具で観測できる具体例を示し、様々な人に科学技術や環境への興味を喚起するきっかけとなる内容とした。

本論文ではサイエンスアゴラに出展するために開発した教材資料とその展示について述べる。また本教材を出前授業などのアウトリーチ活動においても活用した、その実践の一例についても述べる。

2012年11月30日受付

\* 江戸川大学 情報文化学科専任講師 情報化学

\*\* 江戸川大学 情報文化学科准教授 情報科学

## 2. 教材の作成

デジタルカメラを用いた大気構造の観測技術を応用し、光の散乱を視覚的にとらえる教材の開発を行った。

様々な人を対象としたサイエンスコミュニケーションの場において利用することを想定し、教材を作成するにあたっては以下の点に留意した。

- ・科学の専門知識を前提としない
- ・子供から大人まで興味が持てるようにする
- ・手で触り、目の前で確認できるモデルを示す
- ・科学的、論理的思考をやしなうきっかけとする
- ・コンピュータ活用の幅広さを示す例として興味が持てるようにすること

以上をふまえ、テーマとしては空の色に注目し、「なぜ昼間の空は青く、夕焼けは赤いのか」という点を理解するための教材を作成した。教材は、スライド資料と実験資料の二つで構成した。

### 2-1. スライド資料

スライド資料の導入には、まず地球の空に色があることに対して「なぜだろう」という疑問を持つために、月面や宇宙から見た地球の画像を示した。月からは宇宙が直接見えていることを示し、地球の空に色があることが当たり前ではなく、何らかの原因があることを確認した。

地球大気の色は、大気分子による光の散乱が主要な原因となる。空の色を説明するために必要となる知識は以下の通りである。

- ・太陽光には様々な色（波長）が含まれている
- ・光は散乱する
  - ― 目に届いた光が見える
  - ― 散乱の度合いが、色（波長）に依存する
  - ― 大気中に光を散乱させる物質がある
- ・日中と朝夕における、太陽光が地球大気を進む経路の違い

上記について、写真や図解を中心に解説する資料を作成した。また、日中の空の色が青く、朝夕では空が赤くなる理屈を、これらの情報を組み合

わせることにより説明できることを示した。

さらに深く追求すると、光が散乱する原因や、なぜ散乱が波長依存するのかという疑問も生じることとなるが、その点については、次に示す実験資料で実物を観察して確認することとし、それ以上深く原因を追及することはしなかった。それよりも、空の色は、上記の情報を論理的に組み合わせることで理解できるという点を強調した。

また、デジタル画像解析の結果を示したスライドを用い、より理解を深める試みを行った。これについては、2-3節にて詳細を示す。

### 2-2. 空のモデル作成

空のモデルとして利用する実験資料は、水にワックスを混ぜた懸濁液を用いた。これは、散乱のモデルとして広く利用されている実験である [6, 7]。ペットボトルや傘袋などに懸濁液を入れ、白色光を当てることにより、光源に近いところが青白く、光源から離れるにしたがってオレンジから赤く光る様子が観察できる。また、赤色 LED と青色 LED の単色の光源を用意し、青い光は急速に減衰し、赤い光は遠方まで届く様子が観測出来るようにした。これらの実験により、光の散乱が色（波長）に大きく依存することを確認することが出来た。

この懸濁液は、適量のワックスや牛乳などを水に混ぜることで容易に作成することが出来る。ここで示した実験資料は、通常のスーパーや量販店などで入手できる材料のみを用いているため、一般の家庭でも簡単に実験を再現できる。このため、説明を聞いた人はいつでも自分で実験を行うことが可能であり、問題をより身近に感じることが出来る。

### 2-3. 太陽光散乱モデルのデジタル画像解析

実験資料による光の散乱度合いをより定量的に示すために、実験資料をデジタルカメラで撮影した画像の解析を行った。

画像解析結果の詳細は文献 [8] に示している。ここでは、デジタル画像解析からどのような情報が得られたかという点について示す。

2リットルのペットボトルにワックスの懸濁液を入れ、右側から白色のLEDランプを当てた散乱の様子を、Figure 1に示した。図中の破線はRGBの解析位置である。光源の近傍では、青色光がすぐに散乱され、左に行くにつれ、黄色色→橙色に変化している。

Figure 2に、Figure 1の破線上のRGB成分の変化を示した。縦軸は相対強度で、横軸はピクセル数である。左端はキャップ部、右端はボトル底部である。光源はボトル底部に置かれている。

Figure 2では、1,850 pixel以上の領域ではRGBが重なり、白くなっている。グラフの左に進むにつれて、始めにRが、次いでG、最後にBが減少し始める。1,220 pixel近辺でRGB三成分は交差し、左に進むにつれて減衰を続ける。1,900から1,340 pixel付近がB成分の強度が強くなり全体に青く見える領域である。G成分が強調され

る領域は少なく、1,000 pixelより左は徐々にR成分が強くなり、黄色から橙色に変化する領域である。

この実験により、青が急速に減衰すること、赤が穏やかに減衰するために速くまで到達すること、緑がその中間であることが示せる。

次に、より散乱経路の長いナイロン製の傘袋にワックスの懸濁液を入れ、右側から白色のLEDランプを当てたものをFigure 3に示す。Figure 3ではLEDランプを当てた右端が青く、その後、黄→橙と変化し、左端が赤色になっている。経路を十分に長くすることで赤い領域を作ることが出来ている。

Figure 4にFigure 3の破線上のRGB成分の変化を示した。縦軸は相対強度で、横軸はピクセル数である。Figure 4を見ると光源近傍の白色の領域で少しRが強い事がわかる。この領域で

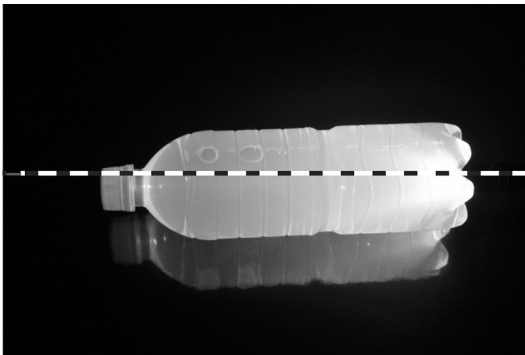


Figure 1. ペットボトル内のワックス懸濁液による白色光の散乱（太陽光の散乱モデル）

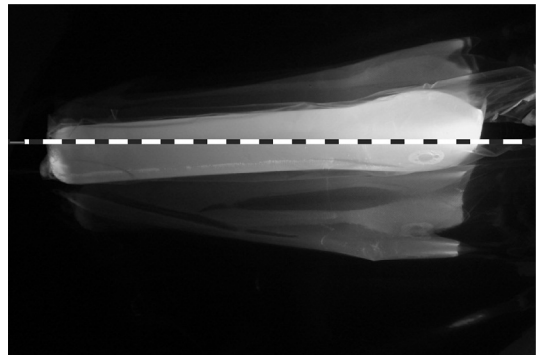


Figure 3. 傘袋内のワックス懸濁液による白色光の散乱（太陽光の散乱モデル）

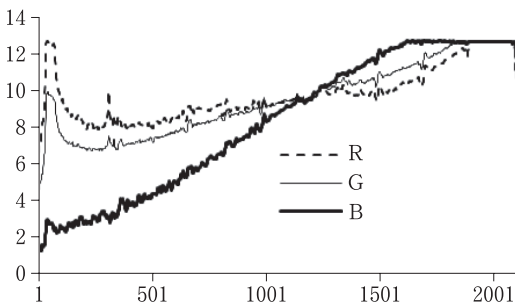


Figure 2. ペットボトル散乱光のRGB解析 (Figure 1の破線上の解析：右端がボトルの底、左端がキャップ方向)

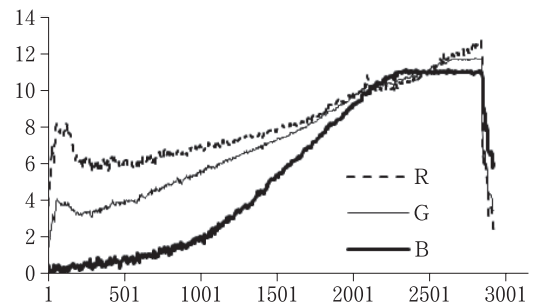


Figure 4. 傘袋散乱光のRGB解析 (Figure 2の破線上の解析：右端が光源側)

はG、Bとも飽和している。左に行くにつれBの領域が見られる。Gが支配的となる領域が無く、青の領域の左側は直ちに黄色の領域になり、橙から赤へ変化している。左端ではRGBの分離が大きくなりはっきりと赤くなる様子が観測出来る。この例では、青色光が急速に減衰し、赤色光は穏やかに減衰するために遠くまで到達することが可能で、緑色光がその中間であることが一層明確に示されている

本節で示したように、ワックスの懸濁液による白色光の散乱を用いることにより、夜明けの空は赤く、日中の空は青く、夕方にはまた赤く変化するという空の様子がデモンストレーションされている。さらに、デジタル画像解析を行うことにより、RGBの各成分の減衰の様子を図示することが可能となった。これにより、実験モデルを手にとって観察するだけでなく、光の散乱度合いを定量的に確認することが出来る。この結果をスライドに記載して理解を深める資料とした。

#### 2-4. デジタル画像解析による大気構造の解析

スライド資料では、さらにデジタル画像解析を用いた大気構造の観測の様子を記載した。

大気中の太陽光の散乱を正しく理解した後は、空の色だけでなく、大気中のSPMによる散乱状態の変化についても正しく理解することが可能である。これにより、大気汚染という日常生活で重要な問題を題材とし、デジタルカメラという身近な道具を用いて環境問題にアプローチできるという実例を示した。

これは、サイエンスコミュニケーションの場において、様々な人が生活と科学技術に対して興味を持ち、意見を交換するためのきっかけを与える素材となる。

### 3. 実践

#### 3-1. サイエンスアゴラ

サイエンスアゴラでは、日本コンピュータ化学会の展示ブース「あざやかなカガクの世界」の中の1コーナーとして展示を行った。スライド資料

をポスターとして印刷し、実験資料と複数の光源ライトを用意した。来場者に実際にライトを動かしながら散乱の様子を確認してもらい、資料を元に解説を行った。

このサイエンスアゴラでの空の色に関する展示解説は、江戸川大学情報文化学科の学生数名が中心となって実施した。彼らは事前の説明で現象の基本を理解し、その上で一般の人に向けての解説をおこなった。

実際の展示解説を行った結果、「展示内容について」「人との対話について」及び「その他」についての学生の意見として以下のような点が挙げられた。

#### ◎展示内容について

- ・入手しやすい物で作られているため、誰でも手軽に実験できる点が良い。
- ・手にとって実演できるため仕組みがわかりやすかった。
- ・人の目に見えない物がデジタルカメラを通じて見えることに驚いた。
- ・排気ガスが空に大きな影響を与えていることを実感した。
- ・小さい子供にはもっとわかりやすい物にする工夫がしたかった。
- ・身近なものにも科学がつまっていると感じ、科学に面白さを感じた。

#### ◎人との対話について

- ・老若男女様々な人に合わせて解説をすることが難しくもあり楽しくもあった。
- ・この経験で、人とのコミュニケーションに対する苦手意識が薄れた。
- ・自分の理解が曖昧な時は、きちんと説明が出来ず、指摘を受けて窮する場面もあった。

#### ◎その他

- ・様々な展示を見て、身の回りに科学があふれていることを強く感じた。
- ・科学＝難しいという印象から、その面白さを感じる事が出来た。

- ・大人と話すことの大切さを知った。
- ・科学をより身近に感じることができた。

#### 4. まとめ

このサイエンスアゴラにおいて、学生達は、知識のバックグラウンドが異なる様々な人たちと対話するという経験が出来た。時には自分たちよりも詳しい専門家に説明する場面もあり、その対話から理解を深めることもあった。また、他大学の教授や大学院生など、普段接する機会のない人たちとも「出展者」側の立場に立って交流することが良い刺激となった。展示自体は2日間の限定された物であったが、科学に対する理解だけで無く、様々な刺激を受けたことが学生の成長を促し、良い学びの場となった。

#### 3-2. 出張講座

本研究で作成した教材を用いて、高校生に対する模擬授業を実施した。生徒の興味が持続するように、授業用に内容を絞るなどの工夫をした。

授業では特に、乳白色のワックス懸濁液に白い光を当てた際に、元々色の無いものであるにもかかわらず、青から赤に光の色が変化する様子を目の当たりにすることで、強い関心が見られた。

受講後の生徒達の感想として、主な物を以下の3つの点にまとめることが出来る。

- 1) これまでは、空に色があることに疑問を持ったことがなく、当たり前のことと考えていた。
- 2) 空の色の原因が光の散乱にあることを知った。(正しい理解を示した)
- 3) デジタルカメラとコンピュータを用いた解析で、色々なことが分かる点に驚いた。コンピュータの応用に興味を持った。

また、なぜだろうと考える「好奇心」が大切だと感じ、身近なことでも疑問を持ちその原因を探求することに興味を持ったという意見が見られた。

さらに、普段接するコンピュータの利用方法はごく一面的なものであり、専門的なデータ解析の結果やコンピュータの応用を実際に見ることで、コンピュータの可能性の広さを感じ、情報を学ぶことへの関心が高まった。

デジタル画像解析の技術を応用して、空の色を理解するための教材を作成した。ワックス懸濁液における光の散乱の様子を撮影したデジタル画像を解析することで、RGBの成分の変化を定量的に把握することが出来た。これにより一段と深い理解を促す教材を作成した。さらに、サイエンスアゴラや出張授業において本教材を利用した実践を行った。

デジタル画像解析の技術は、光の性質や変化を数値的に捉え、グラフとして視覚化することに適用することが出来る。今後は光の散乱、吸収、屈折といった基本的な光の性質を理解するための手段として活用して教材の開発を行う。

#### 参考文献

- [1] サイエンスアゴラ 2011開催報告書, (独) 科学技術振興機構, 2008
- [2] T. Yagi, J. Kambe, U. Nagashima, T. Aoyama, *J. Comput. Chem. Jpn.*, **11**, 93 (2012)
- [3] J. Kambe, U. Nagashima, T. Kohzuma, E. Nakayama, T. Aoyama, *J. Comput. Chem. Jpn.*, **9**, 231 (2010)
- [4] J. Kambe, U. Nagashima, T. Kohzuma, E. Nakayama, T. Aoyama, *J. Comput. Chem. Jpn.*, **8**, 127 (2009)
- [5] T. Aoyama, J. Kambe, U. Nagashima, E. Nakayama, *J. Comput. Chem. Jpn.*, **8**, 13 (2009)
- [6] N. Kato, K. Shintani, S. Yoshida, Y. Yamaguchi, K. Honda, K. Yamada, M. Hasegawa, K. Ishida, *Physics Edu. Soc. Jpn.*, **22**, 132 (2005)
- [7] 科学の祭典「科学実験 Web 2002」運営委員会, <http://ppd.jsf.or.jp/jikken/jikken/15/diy01.html>, (2012/12/01)
- [8] T. Yagi, J. Kambe, T. Aoyama, U. Nagashima, *J. Comput. Chem. Jpn.*, **11**, 78 (2012)