

大気と夕日の色の関係性について

安田 悠 山下 莉央

【概要】

中国では、夕焼けが赤ではなくピンク色になる現象が見られることがある。この現象のメカニズムを解明し、夕日を再現する装置によるピンク色の空を再現することを目的として研究を進めた。

一般的な夕日の再現を行うために、レイリー散乱とミー散乱を起こす実験を行った。レイリー散乱とは、光の波長よりも小さいサイズの粒子による光の散乱のことである。夕方、大気を通過する光路が長くなり赤色の成分が強くなると夕焼けとなる。ミー散乱とは、光の波長程度以上のサイズの粒子による散乱のことである。今回はミー散乱を起こす物質として、生クリームを使用した。

最初に光源を LED として、硫黄によるレイリー散乱（光路1）、生クリームによるミー散乱（光路2）を起こした。次に夕方の太陽光と似た波形のハロゲンライトを光源とし、ミー散乱だけを起こした。そして、生クリームの濃度による光の変化をスペクトロメーターで計測した。

実験では生クリームの濃度を大きくすると光はピンク色になった。また光度の絶対値は大きくなり、割合はほとんど変化しなかった。ここからも、ミー散乱が正確に起こっていることがわかった。

これらの結果から、記事のピンク色の夕焼けは大気汚染物質によるミー散乱が関わっていると結論づけた。

We saw an article on the Internet saying, "The pink sky in China is due to the effects of air pollutants." We were interested in knowing that the phenomenon is related to scattering. In addition, we decided to conduct this research because we thought that if we could understand the causal relationship between the color of the sky and the atmosphere, we could easily visualize air pollution and reduce air pollutants.

【研究の動機】

インターネットで「中国の空がピンク色になっているのは大気汚染物質の影響である」という記事を見た。その現象と散乱が関係していることがわかり、興味を持った。また、空の色と大気の因果関係がわかると簡単に空気の汚れを可視化でき、大気汚染物質の削減につながるものが期待できると考え、この研究を行うことにした。

【研究の仮説】

夕方のレイリー散乱は赤色に見える散乱で、ミー散乱は雲が白く見える散乱であることから、レイリー散乱させた太陽光をミー散乱させると、散乱した光がピンク色に見えるという仮説を立てた。また、空気中の水蒸気でもミー散乱は起きるが、大気汚染物質は水蒸気より粒径が大きいことから、水蒸気よりも大きい物質で散乱を起こせば、それは大気汚染物質による空の色の変化の再現だといえると考えた。

【実験装置】

実験 1 LED を光源とする実験

- ・懐中電灯 (LED) ・硫黄・エタノール
- ・生クリーム・水槽・RGB 計測アプリ
- ・スマートフォンのカメラ

実験 2 ハロゲンライトを光源とする実験

- ・ハロゲンライト・生クリーム・水槽
- ・スペクトロメーター
- ・スマートフォンのカメラ

【実験方法 1】

LED を光源として実験を行った。

- (1) 光路 1 ではレイリー散乱を起こした。

まず、水槽 1 に水 40L を入れた。そこにエタノールに硫黄をできる限り溶かしたものを 900mL 分加えた。

- (2) 光路 2 ではミー散乱を起こした。まず、水槽 2 に水 20L に生クリームを 1.0mL ずつ、全部で 40mL 水槽に入れガラス棒で混ぜる。懐中電灯 (LED) で光を当て、スマートフォンで撮影する。RGB で数値をとり、グラフ化する。



図 1.夕日の再現 1

【結果 1】

生クリームの滴下量による光度の変化を図 2 に示す。生クリームの滴下量と光度に一定の変化が見られず、ミー散乱が起こっていないことがわかった。これは、光源が十分な光量でなかったことが原因だと考えた。

生クリームの滴下量と RGB それぞれの割合の変化を図 3 に示す。また、水槽を通過した散乱光を撮影したものを図 4 に示す。図 2 と図 3 から、R (Red) の割合が増加、B (Blue) の割合が減少し、オレンジ色の光になっていったことがわかる。これはミー散乱がうまく起こっていないことが原因だと考えた。

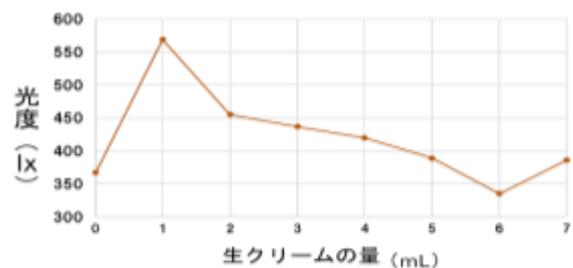


図 2.生クリームの量に対する光度の変化

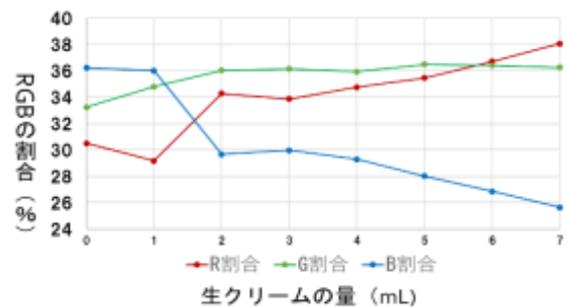


図 3.生クリームの量に対する RGB の割合の変化



0mL

7mL

図 4.水槽 2 を通過してきた散乱光

(図の下に示した体積は 1%生クリームを入れた体積)

【考察1】

使用した懐中電灯の波長が夕日のスペクトルと大きく異なっていたため、より夕日のスペクトルに似ている光源を探すことにした。太陽光、ハロゲンライト、懐中電灯の波長をそれぞれスペクトロメーターで計測したものが図5から図7である。この図から、ハロゲンライトの波長が夕日の波長とよく似ていることがわかったので、今後の実験ではハロゲンライトを使用することにした。

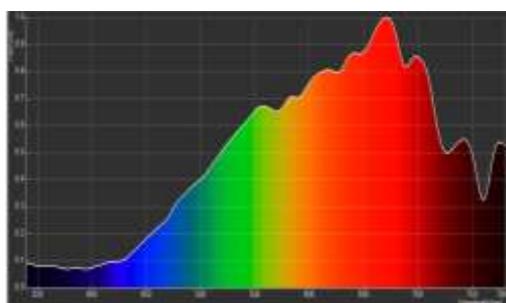


図5. 太陽光の波長

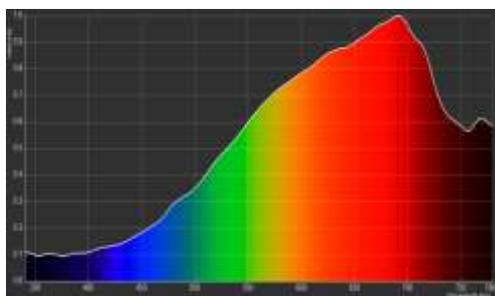


図6. ハロゲンライトの波長

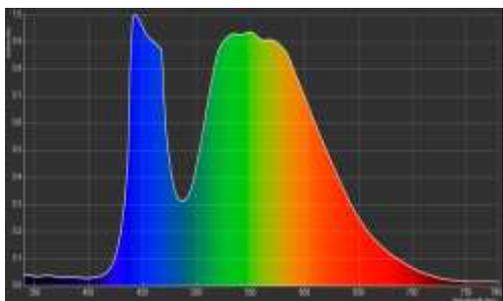


図7. 懐中電灯 (LED) の波長

【実験方法2】ハロゲンライトの実験

実験1の結果を踏まえ、光源をハロゲンライトに変更し、ミー散乱だけを起こすことにした。変更した光路を図8に記す。

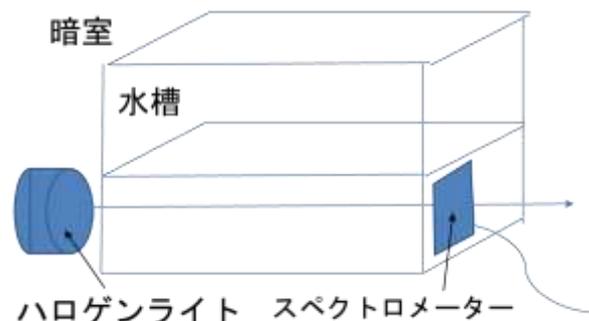


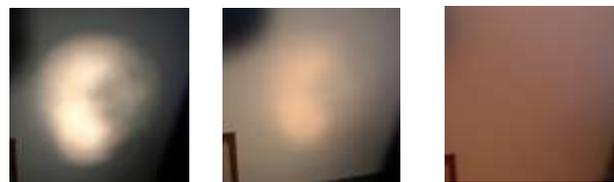
図8. 夕日の再現2

まず、水槽に水を20L入れ、凸レンズを用いて直線光にしたハロゲンライトを用いた。そして生クリームを1%の割合で水に溶かし5mLずつ水槽に入れた。散乱光を撮影しスペクトロメーターで計測した。散乱光だけを計測するため、スペクトロメーターを光源の正面に設置することは避けた。

【結果2】

(1) 散乱光の色

白い壁に映した散乱光を撮影したものを図9に表す。生クリームの量を増やすと、散乱光はピンク色に見えた。



10mL

30mL

50mL

図9. 壁に映った散乱光

(図の下に示した体積は1%生クリームを入れた体積)

(2) 生クリームによる光度の変化（絶対値）

スペクトロメーターで計測した散乱光の各波長の光度の絶対値を図 10 に示す。

図 10 から、40mL までは全波長の光度が増加した。また、それを超えると、緩やかに減少した。なお、赤の波長の割合が一番大きいのは、図 9 で散乱光がピンク色に見えたことと一致している。

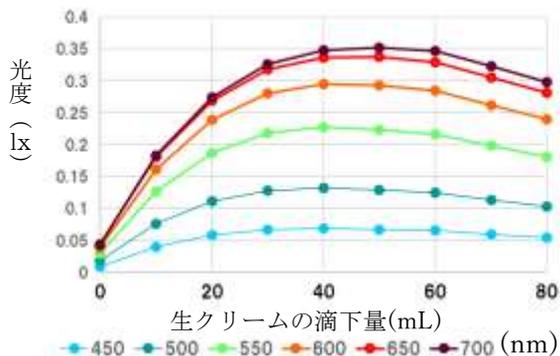


図 10. 生クリームによる各波長の光度の変化

(3) 生クリームによる光度の変化（割合）

スペクトロメーターで計測した散乱光の全波長における各波長の光度の割合を図 11 に示す。図 11 から、生クリームの量を増加しても波長の光度の割合はほとんど変化しないことがわかった。

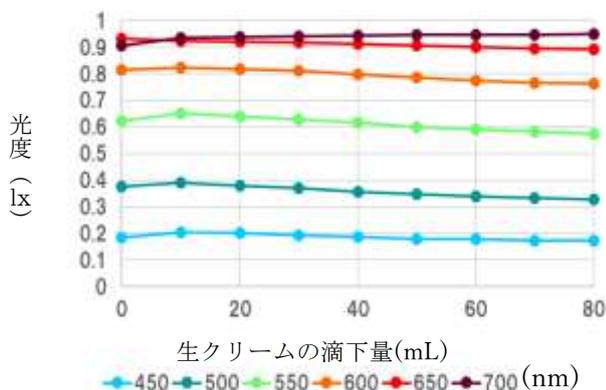


図 11. 生クリームによる光度の変化(割合)

【考察】

実験結果より、ハロゲンライトの光をミー散乱させると、50mL 程度の生クリームを入れたところで散乱光はピンク色に見えた。生クリームの脂肪球も大気汚染物質も、ミー散乱を起こす程度の大きさであるため、実際の夕方の方の空でも、大気汚染物質によって夕焼けがピンク色に見えることがあると考えた。

【まとめ】

中国の空で見たピンク色の夕焼けは、レイリー散乱した赤色の太陽光に、大気汚染物質によるミー散乱が起こったことが原因である。今回はミー散乱を起こす際、生クリームの脂肪球だけで実験を行ったため、他の物質を用いても同じ実験結果になるのか検証していきたい。

【参考文献】

- ・自然が魅せる美しい夕焼け 赤く見えるのはなぜ？

<https://weathernews.jp/s/topics/201712/190055/>

- ・矢吹, 正教 (2018) 「<総説>レーザーで照らし出す地球の大気環境」

『生存圏研究』14, pp. 16-22. 京都大学生存圏研究会

- ・大気が夕日の色に与える影響

https://www.chibac.ed.jp/funako/fttp_kousin/ssh/research/2017/2017_20g4.pdf