

# 身近なものを使用した光環の作成とその記録

野崎 花央

## 要旨

気象光学現象の一つである光環は、直進した光が空気中の粒子に回折を起こすことで発生する。この回折を起こす粒子を用意し、光環を作成した。本実験では片栗粉とガラス板に発生させた結露を粒子として、それぞれ光環を作成し、どちらがより明瞭な光環を作成できるかを比較した。結果として、結露を粒子として使用した光環の方が明瞭であった。また作成した光環の撮影を行う際に障害となる白飛びの対策として、光源を覆う方法と光環を作る光源とは別の光源を用意し、その光源を撮影機器に近づけることで光環の光度を落とすという方法の2つを行った。後者の方法を行った結果、光環が撮影できた。

**キーワード：**光環，粒子，白飛び

## 1. はじめに

### 1) 光環現象の概要

夜間に満月や街灯を見ると、光源の周りが七色に色付いているように見えることがある。この現象は光環と呼ばれ、気象光学現象の一種である。光は波の一種であるため、光環の発生には物体の裏に波が回り込む波の回折という性質が関係している。竹内(投稿中)によると波長が長いほど回折角は大きくなり、短いほど回折角は小さくなる。そのため大気中に浮遊する粒子に当たった白色光が波長ごと、つまり色ごとに異なる角度で回折することで光の色が分かれ、光環が作られる。

### 2) 光環作成の可能性について

竹内(投稿中)によると、光環の発生において、月光環や花粉光環といった現象が見られることから分かるように光源、粒子、観測者の距離関係そして、光源の種類に制約はない。しかし寺嶋・横倉(2018)、CCS 株式会社(投稿中)によると粒子が微粒子ほど十分に小さく、その大きさが均一であり、かつ光源に対して一様に広がっている必要がある。ここで指す微粒子とは田中・太田(2016)によると、直径がナノメートルから数百ナノメートルの粒子のことである。

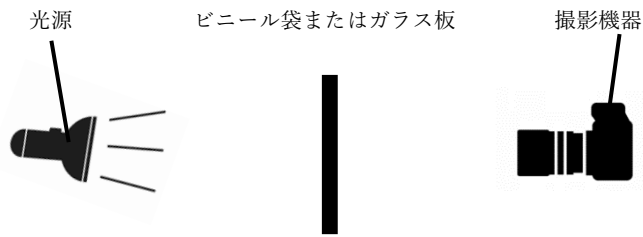
寺嶋・横倉(2018)は身近にある粉を粒子として光環を作成する方法を立案した。加えて他の粉と比較して特に片栗粉を用いると、より光環を観察しやすいことも示した。しかし寺嶋・横倉(2018)に

よると片栗粉を用いて作成した光環は、縁がかろうじて赤らんでいるのが確認できたのみであり、その他の色の観察は見受けられなかった。実際に観測されている光環は赤色のみでなく、七色に色づいており、中には何重にも虹が出来ているものも存在するため、その再現性に関しては、まだまだ改善の余地があると言える。身近にあるものを利用して、実際に発生している光環により近い、複数の色を観測できる光環の作成方法を考案すれば、その再現性はさらに確かなものになるだろう。

またこの方法で作成した光環はその場で観察するものであり、写真などの記録に残すことは考えられていなかった。光環を観察するには光源を見る必要があり、撮影を行うと光源による白飛びが影響し、光環特有の色の分離が見えなくなってしまいうためである。よって色の分離が分かるように光環を撮影する方法の確立も作成を行う上で重要である。

### 3-1) より明瞭な光環の作成

上記の通り光源、粒子、観測者間の距離は光環発生に影響を与えない。重要なのは粒子である。そこで色の分離がより分かるように、実際に月光環を作り出している小さな水の粒を粒子として、下記の手順で実験を行った。



(図 1) 演示実験

i) スマートフォンのライトを光源として、本実験では光源から 1m 離れたところに撮影機器を光源が画像の中心に位置するようにおいた。また使用した光源は Android9 のバックライト、撮影機器は iPad9 のカメラを使用した。上記に示した通り、光源の種類に制約はないため使用したバックライトは同じ光源を用意する必要はない。

ii) 予め光源から直進する光が全て当たる大きさのガラス板を用意し、冷蔵庫に入れ、冷やした。この操作によって発生した結露を、水の粒として用いた。比較のため、直進する光源の光が十分に入る大きさのビニール袋に片栗粉を適量入れ、袋全体に薄く広がるように擦りつけた。内藤・野田・牧野(2014)によるとファンデルワールス力、静電気力などの付着力が粒子には働き、この力は粒子の半径が十分に小さい時、重力よりも大きく作用する。つまり擦り付けることによって、片栗粉は多少の衝撃を与えても薄く広がった状態を維持すると考えられる。また三和澱粉工業株式会社(投稿中)より、片栗粉の半径を平均  $50\mu\text{m}$  とし、ビニール袋は、本実験ではポリプロレンを原料としたものを用いた。

iii) 本実験では光源からの距離が 0.4m となるようにガラス板をスタンドで固定し、ガラス板を通して光源を撮影できるようにした(図 1)。0.4m としたのは、本実験において撮影する際に撮影機器から見て、光源が最も広い範囲でガラス、そしてビニール袋を直進したためである。ビニール袋も同様に固定し、それぞれの光源の様子を撮影した。ガラス板を固定するときには手からの熱で結露が消えないように軍手を使用した。また使用したビニール袋はガラス板よりも柔い素材のためスタンドで上下 2 箇所を固定した。

### 3-2) 作成した光環の比較とその考察

結露と片栗粉、どちらの粒子がより明瞭な光環を作るのかを、本実験では粒子によって当たった光がどれほど回折をしたのか、つまりどれほど光が広がったのかによって比較した。



写真 1 結露を用いた光環の作成



写真 2 片栗粉を用いた光環の作成

写真 1, 2 より結露を用いて作成した光環の方がより大きく回折していることが分かる。つまり片栗粉と比較して、結露を粒子として使用した方が明瞭な光環の作成に向いていると言える。

結露は均一にガラス板に広がり、回折が起こりやすくなっていたため、明瞭な光環が観測できたと考えられる。それに対し、片栗粉はビニール袋に入れる際に粉同士が重なりムラができてしまったため、回折が起こりづらく、あまり光が広がらなかったのだと考えられる。

### 3-3) 撮影方法考案のための仮説

予備実験において写真 1, 2 のように光環の色は写真に記録できなかった。上述の通り、その原因は

白飛びである。演示実験を通して、光環における白飛びに関して下記の2つの仮説が立てられた。

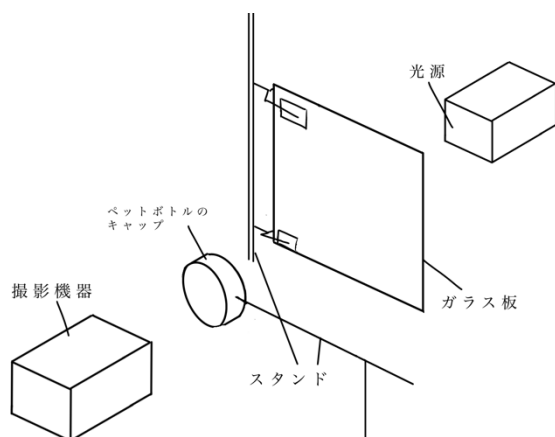
- (1) 光源から出る光が光環を作る回折した光より明るく、光源からの光が白飛びを起こしている。
- (2) 光源からの光はもちろん、回折した光自体も十分に明るく、両方の光が白飛びを起こしている。

この2つの仮説それぞれを元に白飛びを対策する方法を考案すれば、光環の撮影が可能になると考えられる。

## II. 手法

### 1) 仮説(1)を元にした光環の撮影

光源の光のみが白飛びを起こしている場合、光源の光を覆うことで回折を残した光のみを撮影できる。手順は下記の通りである。



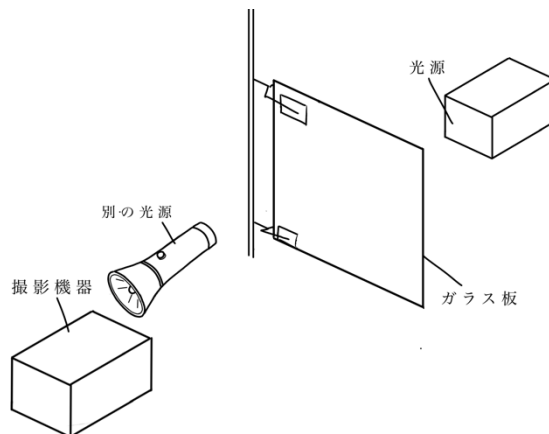
(図2) 仮説(1)を元にした対策

i) 演示実験と同様の道具を用いて、光源、ガラス板と撮影機器を設置した。また3点間の距離も3-1で行った実験同様である。

ii) 直径2.5cmのペットボトルキャップに竹串を刺し、キャップの円形の部分が撮影機器の方に向くように固定したものを用意した。それガラス板と間に光源の部分のみを覆うよう位置を調節し、光環を撮影した。(図2)

### 2) 仮説(2)を元にした光環の撮影

平賀・三浦・猪俣(2013)によると、昨今の撮影機器には最も明るい部分に明るさを合わせる機能が備わっている。この機能を利用して光源の光、回折した光が共に白飛びを起こしている時、光環を作るものとは別のより明るい光源を設置することで撮影機器が別の光源に明るさを合わせ、相対的に光環の光度を落とすことができる。その結果、光環



がより観測しやすくなると考えた。その手順は下記に記す。

(図3) 仮説(2)を元にした対策

i) 演示実験と同様の道具を用いて、光源、ガラス板と撮影機器を設置した。また3点間の距離も3-1で行った実験同様である。

ii) 発生した光環に被らないように撮影機器の正面に別の光源を近づけ、光源の光よりも照度が高くなるように調節した。またこの時上手く光源の光が暗くならなければ、別の光源にピントを合わせると良い。(図3)

## III. 結果

### 1) 仮説(1)を元にした光環の作成



### 写真3 光源を覆った光環

#### 2) 仮説(2)を元にした光環の作成



写真4 撮影した光環

### IV. 考察

#### 1) 立てた仮説の比較

結果より仮説(2)を元にした対策を行うと光環を撮影できた。少し見えづらいが、赤く縁取られた部分の内側に青や黄緑色の光が確認できる。つまり仮説(2)は正しかったと言える。仮説(1)を元にした手法で光環が撮影できなかったのは、光環自体の光が十分に明るく、光源の光を覆っていたとしても白飛びが発生してしまったためと考えられる。

#### 2) 考案した対策の評価

仮説(2)を元にした対策は光環を撮影出来たものの、別の光源に明るさを合わせる際、ピントを合わせるため、その結果撮影した光環のピントがずれてしまう。色の分離が確認できるとはいえピントがブレていては光環の撮影にはまだまだ改善の余地があると言わざるを得ない。

### V. 結論

光環の作成において、回折を起こす粒子を結露として用いた方が片栗粉を用いた時よりも、より明瞭な光環を作成できる。

光環は光環を作る光源とは別の光源を撮影機器に近づけ、光環の光度を下げることによって撮影ができる。

今後の展望としては上記の方法で光環を撮影すると光環のピントがずれてしまうことがあるため、

このピンぼけを解消する方法の考案を目指していく。

### 謝辞

研究の指導をしてくださった米谷教諭、野原教諭、中川教諭をはじめとする物理科の先生方に感謝いたします。

### 文献

竹内延夫(投稿中):ミクロからグローバルな大気光学について. 大気を探る:ミクロからグローバルな大気光学, 1, 1-9

CCS 株式会社(投稿中):光と色の話. 第一部, 第20回

寺嶋容明・横倉直輝(2018):片栗粉を用いた光環の観察. 物理教育, 66, 175-178

田中陽・太田亘俊(2016):ガラス湾曲を利用した微粒子分離-ナノメートルの隙間を制御して高精度な分離を実現-. 研究成果 2016

内藤牧男・野田直希・牧野尚夫:粉体の化学. 日刊新聞社, 151, 38

三和澱粉工業株式会社(投稿中):でん粉の顕微鏡写真

平賀督基・三浦健・猪俣哲平(2013):デジタルカメラおよびスマートフォンにおける画像処理技術の最新動向と今後の展望. 情報メディア学会誌, 67, 8, 6