

# 塩コショウの粒の散らばり

3616 鈴木大翔 3525 林柚希 3608 大崎和人 3618 高山拓海

私たちは、塩コショウの粒の散らばりについて研究した。目的は、平面に塩コショウの粒が最も均一に散らばるような容器の穴の配置を見つけることである。実験1では、正円の配置、直線状の配置、等間隔の配置の3種類の中で、どの配置の分散が最も小さいかを調べた。結果は、正円の配置と等間隔の配置はよく散らばり、直線状の配置が最も散らばらなかった。実験2では粒の跳ね方を調べ、実験3では穴の間隔が違う蓋を用いて、粒の落下の仕方や散らばりの様子を調べた。それらの結果から、実験1の結果が得られた要因を配置ごとに考察した。

## 1. 目的

塩コショウの容器を振った時に、平面に塩コショウの粒が最も均一に散らばる容器の穴の配置を見つける。

## 2. 仮説1

容器の穴の配置が正円の配置、直線状の配置、等間隔の配置の3つの配置の中で、等間隔の配置場合に塩コショウの粒が最も散らばる。理由は、等間隔の配置はそれぞれの穴の間隔が最も離れていて、粒が落ちる場所が集中しづらいと考えたため。

## 3. 使用した器具・装置など

塩コショウ (ハウス株式会社)  
 ピンポン玉(2.5g)  
 スタンド (2個)  
 容器の蓋(3Dプリンターで作成)  
 黒い画用紙  
 セロハンテープ  
 筒(直径4.5cm長さ58.8cm紙製)  
 水平器  
 アイビスペイント X (ibis inc.)

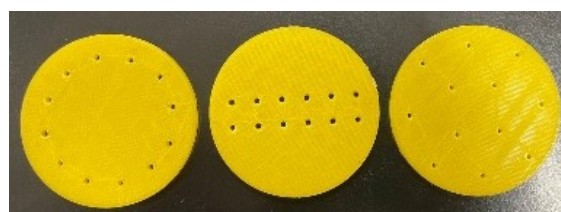


図1 3Dプリンターで作った容器の蓋



図2 実験装置

## 4. 実験1

### 4-1. 方法

- 塩コショウの容器の蓋を3Dプリンターで作成したものに変えた。
- 容器の底が地面から40cmの地点に、スタンドを使用して容器を固定し、実験装置を組み立てた。
- 容器の中心と画用紙の中心を合わせた。

- 筒の中を通して、容器にピンポン玉を5回落として容器に力を加え、塩コショウを落させた。
- 塩コショウを落とした後の画用紙の様子を写真に撮り、その写真をモザイク化して分散を求めた。
- 一つの配置につき10回実験を行った。

#### 4-2. 数値化の方法

- 容器の底の中心部分にカメラを合わせて、水平にして写真を撮り、その写真をモザイク化した。
- そのモザイク画像を16個のエリアに分け、白色のドットの数を数えて、その数値から分散を求めた。
- 白色のドットの判断基準として、PCCS 明度 7.5の色より明るい部分を白色のドットとした。

#### 4-3. 分散の求め方

以下の公式を用いた。

$$[\overline{D^2} - \bar{D}^2] = V$$

図3のように、白色のドット1つを1、白色のドットのうち一部がはみ出たものを0.5として、1エリアごとの白色のドットの数の合計をエリアごとの数値とした。

全16個の各エリアの数値を上のに代入して分散を求めた。3つの配置のうち、分散が最も小さい、即ち散らばりが最も均一な穴の配置を調べた。

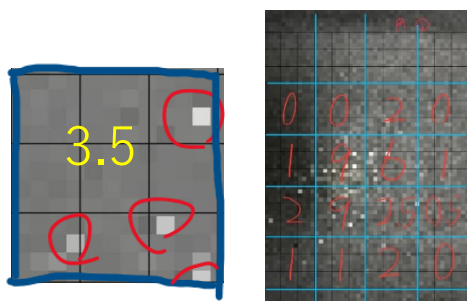


図3 白色のドットの数え方

#### 4-4. 結果1

以下、正円の配置、直線状の配置、等間隔の

配置を、それぞれ正円、直線、等間隔とする場合がある。

表1 実験1の結果

直線	円形	等間隔
1 52.2813	1 14.8037	1 12.494
2 47.1553	2 22.2568	2 14.9521
3 56.2881	3 10.125	3 10.4053
4 62.0068	4 5.8896	4 20.1836
5 36.0898	5 4.4521	5 11.4678
6 52.6396	6 5.3594	6 12.2773
7 35.2021	7 6.48438	7 16.9648
8 12.8594	8 2.33496	8 9.8818
9 38.9023	9 6.875	9 5.7461
10 67.6094	10 7.5781	10 12.3594
平均 46.10341	平均 8.61591	平均 12.67372

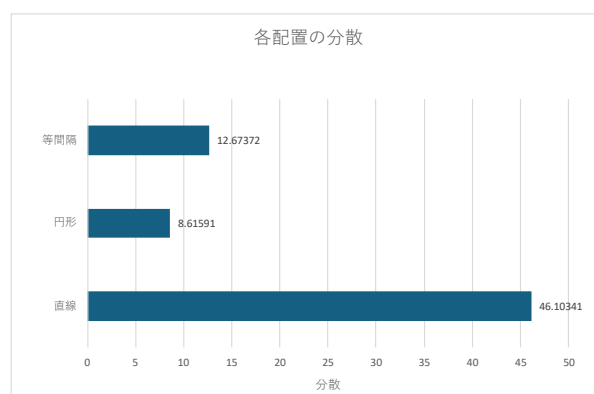


図4 各配置の分散の比較

上記の求め方で、正円の分散は8.62、直線の分散は46.10、等間隔の分散は12.67であることが分かった。分散を比較すると、直線状の配置の場合に最も分散が大きくなることが分かった。

#### 4-5. 考察1

実験結果から、塩コショウを真上から振りかけて均一に散らばらせる目的の場合には、正円または等間隔の配置を使うことが適していると考えた。

等間隔と正円の分散と、直線の分散に大きな差が生じたため、その配置の特徴に違いがあると考えた。

#### 5. 実験2

##### 5-1. 背景

実験1で直線の場合に最も粒が散らばらな

い結果が得られたのはなぜかと考え、粒一つの落下後の様子に着目した。粒が落下した後の面を比較したとき、粒が画用紙の部分（以下、画用紙の面）に落下した場合と、既に塩コショウがある部分（以下、塩コショウの面）に落下した場合で、粒の跳ね方が異なると考えた。

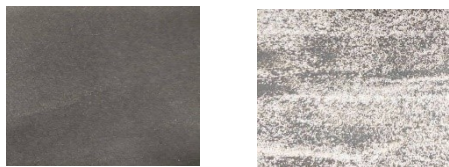


図5 画用紙の面(左)と塩コショウの面(右)

### 5-2. 仮説2

画用紙の面に落下した場合に粒が跳ねやすく、塩コショウの面で落下した場合に跳ねにくい。理由は、塩コショウの面は、塩コショウの存在によって粒の跳ねが妨げられるため。

### 5-3. 実験方法2

- ・ 塩コショウの面と画用紙の面を用意した。
- ・ 実験1と同じ実験道具を使い、同じ高さからピンポン玉を5回落として、その時の粒のはね方を調べた。
- ・ 2つの面でそれぞれ正円、直線、等間隔の配置を使って実験した。

### 5-4. 結果2

画用紙の面に落下した粒は、落下後に四方八方に跳ねた。一方、塩コショウの面に落下した粒は、ほとんど跳ねずに塩コショウに重なるように落ちた。

各配置で比較すると、正円と等間隔の場合は、画用紙の面で5回とも跳ねた。それに対して直線の場合は、2回目までは同様に跳ねたが、3回目以降からはほぼ跳ねなくなった。

表2 結果2

	正円	直線	等間隔
画用紙の面	5回とも跳ねた	3回目以降跳ねなかった	5回とも跳ねた
塩コショウの面	跳ねなかった	跳ねなかった	跳ねなかった

### 5-5. 考察2

これらの結果から、最初に一回容器を振った時の跳ね方は各配置で大きな違いがないのに対し、複数回振り続けた時に、直線とそれ以外の配置で跳ね方に違いが生じたため、それらの配置の間には違いがあることが明らかになった。

## 6. 実験3

### 6-1. 背景

粒が落下した後の跳ね方だけでなく、容器から粒が落下するときの落下の様子も粒の散らばり方に関係すると考え、実験3を行った。

### 6-2. 仮説3

容器の穴から出た粒は垂直に落下し、落下後に放射状に跳ねて散らばると考えた。その場合には、穴の真下には四方八方に散らばった粒が残ると考えた。その理由は、実験2より、落ちた粒が落下地点から跳ねるため、一点に落下した粒が外側に跳ねることがあると考えたから。

### 6-3. 方法3

- ・ 蓋の穴が1つの容器A, 1.4 cm離れた位置に穴が2つある容器B, 3.0 cm離れた位置に穴が2つある容器Cの3種類の蓋を用意した。
- ・ それぞれの蓋で、従来と同じ実験道具を使い、同じ高さからピンポン玉を複数回落とし、そのときの落下の様子と落下後の粒の散らばりを観察した



図6 右から配置A, 配置B, 配置C  
×の部分は穴をふさいでいる

#### 6-4. 結果3

容器の穴から出た粒は、どの場合も垂直に落下した。

容器Aの場合、穴の真下から直径3cm程の同心円状の部分に粒が集中して、その周りに広く粒が散らばった。

容器Bの場合、2つの穴の間の下に長軸4.5cmほどの楕円状に粒が集中し、その周りに同様に散らばった。

容器Cの場合、各穴の真下に直径3cmほどの円状にそれぞれ集中し、その周りに同様に散らばった。



図7 結果3 配置A

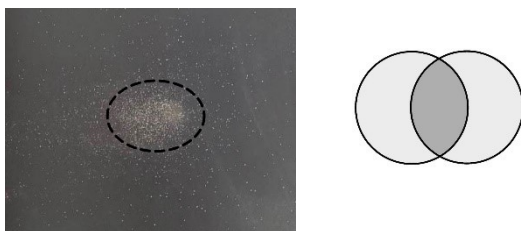


図8 結果3 配置B

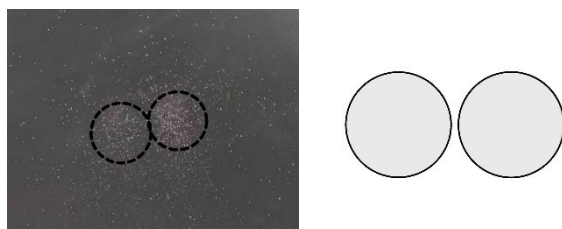


図9 結果3 配置C

#### 6-5. 考察3

これらの結果から、塩コショウの粒は垂直に落下した後、穴の真下に円状に粒が集中した部分を形成し、その周りに広く粒が散らばることが分かった。

容器Bのように穴同士の距離が近いときは、2つの円状の部分の一部が重なることで楕円

状に粒が集中することになり、それによって容器Cよりも粒が集中すると考えた(図9)。

#### 7. 穴の配置の考察

実験2と実験3の結果を踏まえて、実験1の結果が得られた要因を考察する。

まず、直線の配置は蓋の穴同士の距離が近いいため、粒が集中した円状の部分が増えることが分かる。また、直線の場合は粒が集中するため、粒が落下する面の上にもまだ塩コショウが積もっていない部分、即ち画用紙の面が残りが少なくなる。実験2から、既に粒がある面に落下すると粒が跳ねずに重なることが分かっているため、そのような理由により、直線の配置は粒が最も集中すると考えた。

一方で、実験1では等間隔の配置より正円の配置の方が、粒が散らばりやすい結果となった。等間隔の配置は蓋の中央にも穴があることで、その穴からも粒が円状に集中する。そして、蓋の中央の穴から出た粒が円状に集中する部分が、実験1の計測時の中心4マスに収まってしまったために、分散が比較的大きくなったと考えた。つまり、正円の配置も等間隔の配置も粒が均一に散らばりやすいのだが、等間隔の配置の方が中心部分に集中しやすいため、正円の配置の方が僅差で粒が散らばりやすいという結果になったと考えた。

#### 8. 展望

この実験では容器の全面に穴がある場合を考えたが、日常生活では半面の蓋などの別の種類の蓋を使う場合もあるので、今後はそれに応じた実験も行っていきたい。

#### 9. 謝辞

助言、ご指導いただきました物理科佐々木先生に感謝致します。

#### 10. 参考文献

<https://www.dic-color.com/knowledge/pccs.html>