

# ブラジルナッツ効果の仕組みを探る

3632 松浦巧実 3529 原琉星 3605 大坪夏月 3601 安達立悟

## 要旨

ポテトチップスで生じる現象に疑問を持ち、特殊な粉粒体の系で起こる偏析である『ブラジルナッツ効果』について、効果に関わる条件を見出すために実験を行った。市販のミックスナッツによる実験では現象は起こらなかったため、ナッツのモデルとしてBB弾とスーパーボール、鉄球を用い、体積差に注目した実験を新たに行ったところ、粉粒体同士の体積差、粉粒体による圧力、容器の形が現象に関わる条件であることが分かった。

## 1. 目的

粉粒体のふるまいから、ブラジルナッツ効果の仕組みを解き明かす。

## 2. 仮説

ブラジルナッツ効果には

- (1) 物体と粉粒体の粒の体積の差
  - (2) 粉粒体の圧力
- が関係している。

## 3. 使用した器具・装置

- ・BB弾
- ・スーパーボール
- ・鉄球
- ・メスシリンダー
- ・プラスチック製容器



図1 粉粒体(BB弾)

直径	5 mm
----	------



図2 物体(鉄球)

	質量	直径
鉄球	280g	40mm

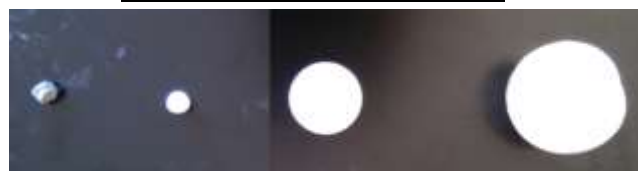


図3 同質量の物体

(左から、小石、紙粘土球、ピンポン玉、発泡スチロール球)

表1 同質量の物体の体積と質量

	小石	紙粘土球	ピンポン玉	発泡スチロール球
体積 (cm <sup>3</sup> )	0.7	0.9	31	78
質量 (g)	1.8	1.8	1.8	1.8



図4 同体積の物体

表2 同体積の物体の質量と体積

	ピンポン玉	木球	鉄球
質量 (g)	1.9	36.9	280
体積 (cm <sup>3</sup> )	31	31	31



図5 容器の種類

表3 各容器の底面積

容器名	容器1	容器2	容器3
底面積	32 cm <sup>2</sup>	41 cm <sup>2</sup>	96 cm <sup>2</sup>

#### 4. 【実験1】

##### 目的

ブラジルナッツが含まれていない市販のミックスナッツで実際の現象を観察する。

##### 仮説

形状が球状に近く、大きな粒子が上昇する。

##### 方法

ドライバナナ、ジャイアントコーン、アーモンド、落花生、レーズン (図6左から) を、容器3に均一に充填し、手で振る。



図6 ナッツ5種

##### 結果

現象は生じなかった。

##### 考察

ブラジルナッツの粒は実験1で使ったミックスナッツに含まれるどのナッツ類の粒よりも大きい。ブラジルナッツが含まれないミックスナッツで効果が確認できなかったのは、ミックスナッツを構成する粒子同士の大きさ (体積) の差が小さかったためだと考えた。

#### 5. 【実験2】

##### 目的

実験1より粉粒体と物体の体積差が重要と考えたので、質量を変えずに体積のみ変えて、5回ずつ実験した。

##### 仮説

体積が大きいほど上昇しやすい。

##### 方法

- (1) 体積が異なる物体を入れた容器3を振り、上昇しきった回数を記録する。
- (2) (1)を5種類の物体で行う。



図7 同質量の物体

(左から小石、紙粘土球、ピンポン玉、発泡スチロール球)

表4 同質量の物体の体積と質量

	小石	紙粘土球	ピンポン玉	発泡スチロール球
体積 (cm <sup>3</sup> )	0.7	0.9	31	78
質量 (g)	1.8	1.8	1.8	1.8

結果

体積が大きいほど振った回数が少ないことから上昇しやすい。(図8)

よって、仮説通り粉粒体に対する体積が大きい物体ほど現象が起こりやすい。

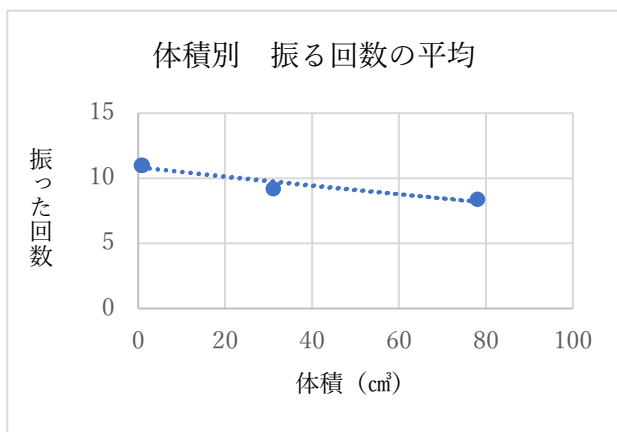


図8 体積と上昇までに容器を振った回数

考察

体積の大きさによって上昇のしやすさが異なると考えられる。

6. 【実験3】

目的

実験2に続いて、体積が重要であることの裏付けとして体積をそろえて質量を変えた物体で実験を行った。

仮説

すべて振る回数は同じ。

方法

- (1) 質量が異なる物体を入れた容器3を振り、上昇しきって止まった回数を記録する。
- (2) (1)を3種類の物体で行う。



図9 同体積の物体

表5 同体積の物体の体積と質量

	ピンポン玉	木球	鉄球
質量 (g)	1.9	36.9	280
体積 (cm <sup>3</sup> )	31	31	31

結果

質量を変えても振る回数はあまり変化しなかった。(図10)

よって、仮説通りであったが、鉄球のように質量が大きすぎると上昇しきることはなかった。

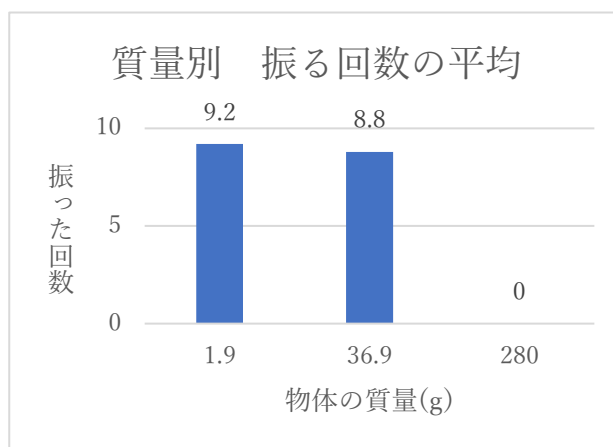


図10 質量と上昇までに容器を振った回数

## 考察

物体の質量を大きくしていくにつれて、上昇しきらなくなる。

実験 2, 実験 3 から、物体の体積が上昇しやすさと、質量が上昇しきった時の位置と関係していることがわかった。

物体と粉粒体の粒子の体積差があるほど上昇しやすく、上昇する距離は質量に依存することが分かった。

## 8. 【実験 4】

### 目的

実験 3 から生じた疑問より、物体の質量を大きくしたときに上昇する距離が大きくなる条件を調べる。

### 仮説

物体は上昇しにくい。

水に物体を浮かべる場合、物体の重さが浮力を上回ったとき、物体は浮上しない。

粉粒体の場合も同じように、ある量の粉粒体が持つ浮力は一定であり、粉粒体の持つ浮力を物体の重さが上回ったとき、物体は上昇しないと考える。

### 方法

物体を鉄球に変更して実験 2, 実験 3 と同様の操作を行った。

以下のように上昇率を定義し、評価に用いた。

$$\text{上昇率} = \frac{\text{(底面からの鉄球の位置)}}{\text{(粉粒体の深さ)}} \times 100 [\%]$$

### 結果

底面積が小さい容器の方がより上昇率が高かった。(図 11)

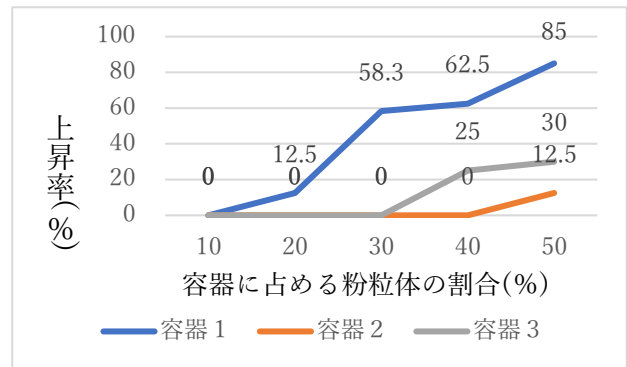


図 11 鉄球の上昇率

図 11 から、底面積が最も小さい容器 1 の上昇率が一番高いことが分かる。

容器に占める粉粒体の割合が 2～3 割のあたりで上昇率が変化している。

## 考察

粉粒体の粒と物体の体積の差が大きいことに加え、容器の底面積が現象に関係しているといえる。物体の質量が大きくなったとしても、底面積を小さくすることで物体を上昇させることが可能なため、粉粒体が物体を持ち上げる力は、容器の底面積に影響されるといえる。

また、粉粒体の量を増やして実験を続けたが、容器 1 でも鉄球の上昇率が 100%に達することはなかったことから、上昇距離と粉粒体の体積の関係について調べる必要があると考えた。

## 9. 【実験 5】

### 目的

実験 4 の疑問より、粉粒体の量を変えたときの上昇率の変化を調べる。

### 仮説

実験 4 の観察から、鉄球は粉粒体の量に無関係に、上昇率が約 90%になる。

### 方法

- (1) 鉄球と粉粒体を入れた容器 1 を振り、鉄の上昇率を求める。
- (2) 粉粒体の量を 300～1000ml と変え(1)と同じ操作を繰り返す。

## 結果

仮説と異なり、鉄球の上昇率が90%で一致することはなかった。粉粒体の容器に占める割合が小さくなると、上昇率が小さくなる。(図12)

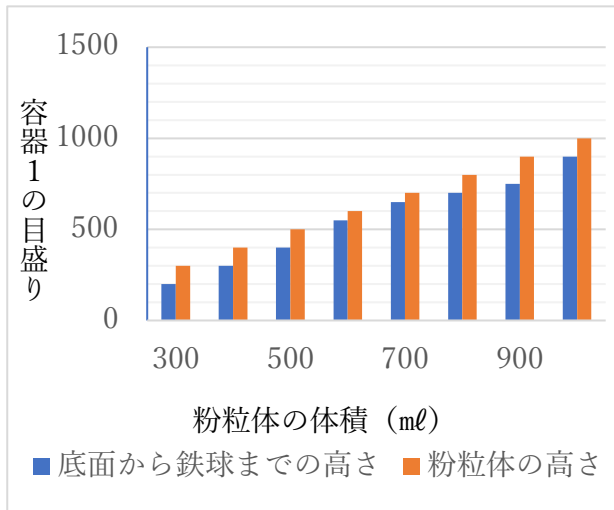


図12 底面から鉄球までの高さ と粉粒体の高さ

また、粉粒体の上面から、上昇しきった鉄球の位置までの深さが一定となっている。粉粒体の底からの高さ と鉄球の上昇しきった位置の底からの高さの差が3cmで一定である。

## 考察

鉄球の上部にある粉粒体の量が一定なことから、物体を上昇させるためには粉粒体の圧力が関係していると考えられる。

鉄球の上部に残った粉粒体の量が一定であることから、物体を上昇させるための条件に粉粒体の量が関係していると考えた。物体の下に粉粒体が入り込むことで物体が上昇すると仮定すると、物体が上昇するための条件は、粉粒体が物体の下に潜り込むための条件と等しいと考えられる。粉粒体の量によって変化する条件として、粉粒体が物体の下に潜り込むために必要な圧力があげられる。

例えば水圧の場合  $p = \rho hg$  の  $\rho$  は水の密度だが、これを粉粒体の密度として考えると、水面からの深さ  $h$  に比例しているからである。

## 10. 結論

実験より、ブラジルナッツ効果に関わる条件は実験2, 3より

粉粒体の体積と物体の体積の差

実験4より

容器の底面積

実験5より

粉粒体の圧力

また、実験4と実験5から、上昇率が他と異なる条件が存在していることが分かった。

なぜなら、実験4で容器の底面積を変えたときに、上昇率が変化し、実験5で粉粒体の体積を変えたときに、上昇率が変化したためである。

## 考察

全体の結果から、粉粒体と物体の体積の差が大きいほど上昇しやすいが、質量は依存している。

物体の上部に残った粉粒体の量が一定であることから、圧力が関係している。また、圧力が関係しているのならば、密度が関係しているため、実験2, 3の結果と実験4, 5の結果が結びついていると考えられる。

## 11. 展望

結論を受け、以下の実験を行う。

- ・粉粒体の粒に対する物体の体積の差について物体と粉粒体の密度を揃え、相関の出る体積比を正確に求める。
- ・容器の底面積について容器の条件を正確に揃え、上昇率を比較し、底面積との相関を求める。
- ・粉粒体の圧力粉粒体の圧力を測定し、物体の質量との相関を見る。
- ・これまでの実験をもう一度行い、実験結果の精度を上げる。

以上からさらに、ブラジルナッツ効果に関わる条件の詳細を明らかにしたい。

## 12. 謝辞

私たちの班を主に担当して下さった  
佐々木先生には、研究の進め方や枠組みに  
ついて有益な助言を頂きました。ありがと  
うございました。