

ブラジルナッツ効果の仕組みを探る

2634 松浦巧実 2532 原琉星 2506 大坪夏月 2501 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、粉粒体のふるまい、特に粒の大きさに差があるまとまり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ことを目的にモデル実験を行った。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、体積差に注目したモデル実験を新たに行ったところ、粉粒体同士の体積の差、粉粒体による圧力、容器の形状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
----	------

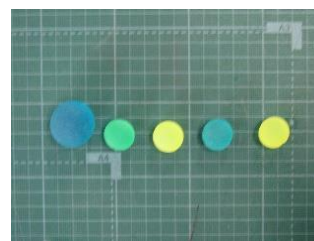


図2 物体(スーパーボール)

左から順番に a, b, c, d, e

表1 物体(スーパーボール)のデータ

	a	b	c	d	e
質量	2.5 g	3.7 g	7.3 g	11.7 g	12.7 g
直径	173 mm	194 mm	295 mm	295 mm	299 mm
体積	0.094 m ³	0.118 m ³	0.273 m ³	0.273 m ³	0.280 m ³
密度	26 g/m ³	308 g/m ³	263 g/m ³	422 g/m ³	446 g/m ³

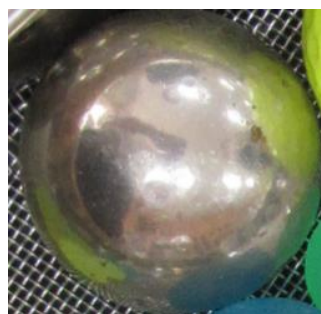


図3 物体(鉄球)

	質量	直径
鉄球	280g	40mm



図4 容器の種類

表2 各容器の底面積

容器名	容器1	容器2	容器3
底面積	32 cm ²	41 cm ²	96 cm ²

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5左から)を、容器3に均一に充填し、手で振る。



図5 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大きさ(体積)の差が現象に関わることを確認する。

仮説 より体積の大きい物体の方が、粉粒体の中で上昇する傾向が大きい。

方法 (1) BB弾を充填した容器3の底にスーパーボールを一個入れる。
 (2) 容器を振り底面から上昇した距離を測定。
 (3) 5種類のスーパーボール(a, b, c, d, e)で同様の操作を行う。

表3 各スーパーボールの上昇距離

	a	b	c	d	e
上昇距離	60 mm	40 mm	55 mm	50 mm	53 mm

結果 どのスーパーボールもすぐに上昇した。体積が大きいほど上昇しやすいことがわかった。

考察 粉粒体と物体の大きさ(=体積)に差があると現象が起きる。

また、体積(大きさ)の差が大きくなると上昇しやすくなる。ただし、体積を大きくすると質量も大きくなってしまふ。

このため、質量が大きくなった時のふるまいを調べる必要があると考えた。

6. 【実験3】

目的 実験2から生じた疑問より、物体の体積と質量と現象の関係を調べる。

仮説 物体は浮かない。

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、物体は上昇しない。

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たから。

方法 物体を鉄球に変更して実験2と同様の操作を行った。

評価基準として、以下の上昇率を用いた。

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

結果 底面積が小さい容器の方がより上昇率が高かった。

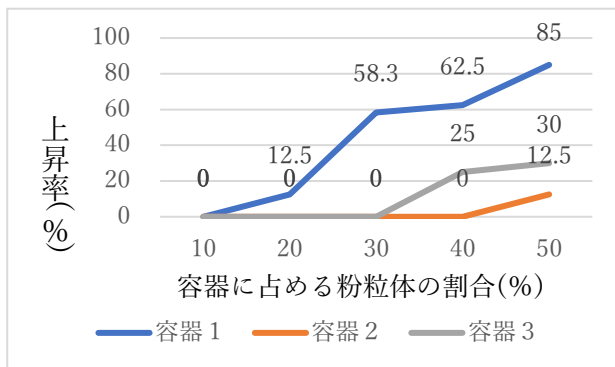


図6 鉄球の上昇率

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。

7. 【実験4】

目的 実験3の疑問より、上昇距離と粉粒体の体積の関係を調べる。

仮説 実験3の観察から、鉄球は粉粒体の量に無関係に、上昇率が90%になる。

方法 (1) 鉄球と粉粒体を入れた容器1を振り、鉄球の上昇率を求める。
(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、上昇率が少なくなる。

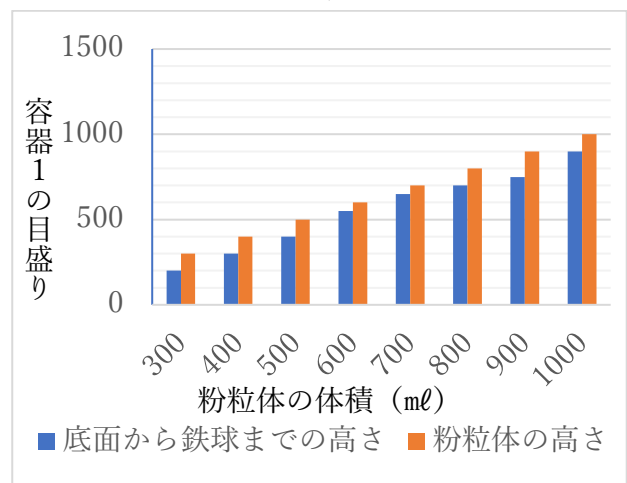


図7 粉粒体の体積と鉄球及び粉粒体の底面からの高さ

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同様に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 ρ 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。

8. 結論

実験より、ブラジルナッツ効果に関わる条件は実験1, 2より

粉粒体の粒の体積と物体の体積の差

実験3より

容器の底面積

実験4より

粉粒体の圧力

と考えられる。

また、実験3と実験4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。

9. 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
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。

以上の実験の他に、これまでの実験をもう一度行い、実験結果の精度を上げ、ブラジルナッツ効果に関わる条件を明らかにしていきたい。