

ブラジルナッツ効果が起こりやすい要因について

班員 川端 章嗣、佐藤 優希、福井 雄太、水内 陽太
担当教員 井上 翔吾

キーワード：ブラジルナッツ効果、密度比

Brazil nut effect is: if you put balls of different sizes in a cup and vibrate them, the big balls move to the top of the cup. We thought density ratio (the density of the large ball / the density of the small ball) relate time of rising the big ball and we experimented. We discovered there is the relationship. However we couldn't discover the relationship in detail.

1 はじめに

異なる大きさの集合体に振動を与えると、大きい方の物体が表面に上がってくる現象をブラジルナッツ効果という。ブラジルナッツ効果において、容器内にある物体を異なる大きさの2種類にした時、小さい物体と大きい物体の密度比（大きい球の密度／小さい球の密度）が大きい物体の上昇する時間に関係していると考え、実験を行った。

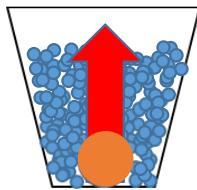


図1 模式図
(上昇の様子)

2 目的

どのような条件においてブラジルナッツ効果が起こりやすいのかを明らかにする。大きな物体の上昇時間が早いことを、「ブラジルナッツ効果が起こりやすい」とする。

3 実験1

予想

ブラジルナッツ効果が起こりやすい要因は容器内の密度に関係がある。容器内の密度が小さいほど上昇時間は短くなる。

実験方法

大きい球を1つ入れたプラスチックカップをBB段で満たし、肩たたき用のマッサージ機を使用した実験装置で下から振動を与え、大きい

球が表面に上がってくるまでの時間を計測した。このとき班員の2人が計測を行い。それを1つの組み合わせにつき10回繰り返した。

実験道具

1. 大きい球 (φ 25mm)

球	質量	密度 (g/cm ³)
木球	4.07	0.58
スーパーボール	7.07	0.86
プラスチックボール	9.46	1.15
紙粘土球	15.56	1.90
ガラス球	19.56	2.38
鋼鉄球	65.88	8.06

2. BB弾 (φ 6mm)

質量 (g)	密度 (g/cm ³)
0.12	1.06
0.20	1.77
0.25	2.21

3. プラスチックカップ

4. ストップウォッチ

5. 実験装置

振動を一定にするために肩たたき用のマッサージ機を使用して、下から振動を与える。



図2 実験装置

結果

平均値の取り方：それぞれの最高値、最低値2つずつを除外し、平均値をとった。

表1 密度比と上昇時間

球の種類	0.12g	0.20g	0.25g
木球	10.0	10.0	26.3
スーパーボール	10.2	10.7	65.3
プラスチック球	11.2	20.5	27.9
紙粘土球	9.1	26.6	20.0
ガラス球	17.2	35.4	27.8
鉄球	—	—	—

鉄球は一度も上がる事がなかった。

※以下、鉄球の記録は除く

容器内の物体の密度比が関係していると考えた。

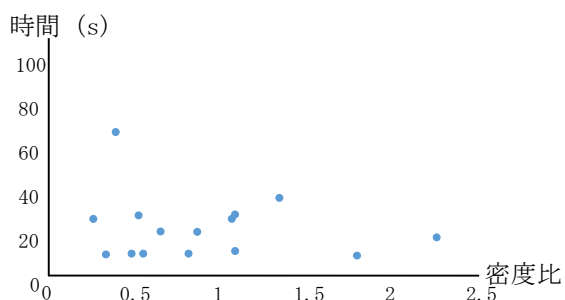


図3 密度比と上昇時間の関係

このグラフからは関係性がわからないので、大きい球の種類ごとに色分けしたグラフを作った。

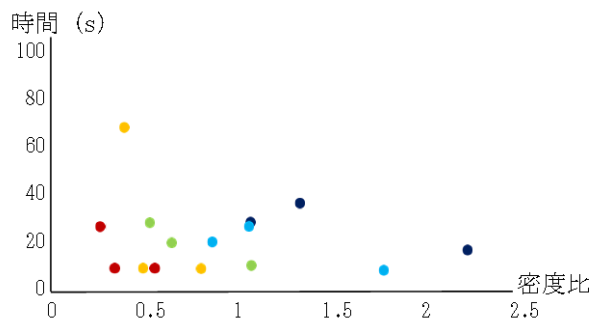


図4 大きい球ごとに色分けした密度比と上昇時間の関係

関係性がわからなかった。

考察

鉄球の結果から、ブラジルナッツ効果は密度比が大きすぎると起こらない。

大きい球の材質の違いにより、摩擦係数、反発係数が変わることが実験に影響し、詳しい関係性がわからなかったと考えた。

4 実験2

実験1の考察より、摩擦係数、反発係数をできるだけ揃える実験を行った。それによりブラジルナッツ効果が起こりやすい要因と密度比との関係をより明確にすることができる。

予想

実験1の予想と同様に、ブラジルナッツ効果が起こりやすい要因は容器内の密度に関係がある。容器内の密度が小さいほど上昇時間は短くなる。

実験方法

実験①と同様に行った。

実験道具

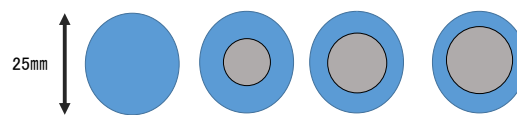


図5 模式図（紙粘土球に発泡スチロール球を入れた様子）

違う大きさの発泡スチロール球（φ12mm、φ15mm、φ17mm）を中に入れ、紙粘土でφ25mmの球になるように包むように丸めた。なお、中に発泡スチロールを入れないものも使用した。

1. 大きい球 (φ 25mm)

球	質量	密度 (g/cm ³)
なし	15.81	1.93
12	13.88	1.70
15	12.21	1.49
17	10.78	1.32

2. 実験1と同じ3種類BB弾

(φ 6mm)

3. プラスチックカップ

4. ストップウォッチ

5. 実験装置

結果

表 2 密度比と上昇時間

球の種類	0.12g	0.20g	0.25g
なし	5.9	7.4	15
12mm	6.1	7.8	14.2
15mm	5.1	9.0	10.1
17mm	5.1	8.4	9.2

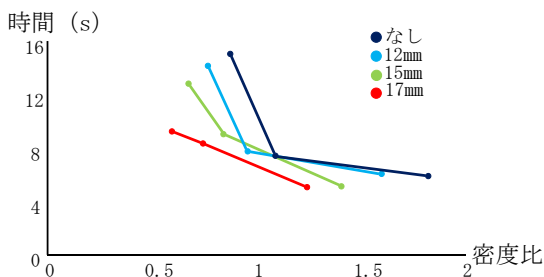


図 6 同じ球ごとに結んだ
密度比と上昇時間の関係

大きい球に着目すると、密度比が大きくなると上昇時間が短くなるのがわかる。

考察

実験 1、2 の結果より、密度比が大きくなるにつれて上昇時間は短くなるが、鉄球の結果から密度比が一定以上の値になるとブラジルナッツ効果は起こらない。

5 実験 3

ブラジルナッツ効果によって小さい球がどのような動きをするのか調べるために実験を行った。

予想

対流が起きている。

実験方法

実験①と同様に行った。

実験道具

1. 実験 1 で使用した大きい球
2. 黒、青、緑、黄、赤の色別に分けた 3 種類の BB 弾
3. プラスチックカップ
4. ストップウォッチ
5. 実験装置

結果

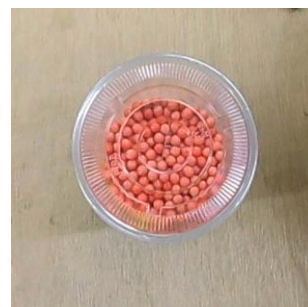


図 7 上から見た写真 (前)



図 8 上から見た写真 (後)

最初は表面に赤の BB 弾しかなかったが、実験後は大部分が下の層にあった黒、青の BB 弾がしめれた。

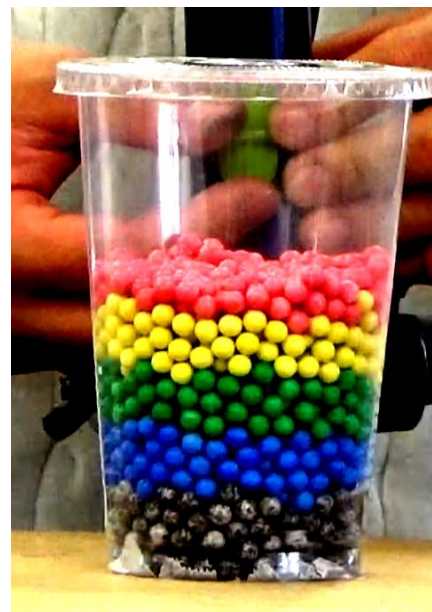


図 9 横から見た写真 (前)



図9 横から見た写真（後）

上の赤と黄のBB弾が全体的に下に移動しており、上の層が下に移動していることが分かる。

考察

下の層の球が上にきている事から、対流が起きていると考えた

6 今後の展望

ブラジルナッツ効果が起こらなくなる密度比の値の調査

液状化現象との関係性を調べる。

※液状化現象とは、地盤中の比較的飽和砂が地震動による繰返しせん断応力を受け、この時に生ずるダイラタンシー効果によって、粒子間の間隙水圧が上昇し、最終的に粒子間の有効応力が0となる現象

7 参考文献

(1) 正岡直起, 松井淳.

日本物理学会第72回年次大会(2017年)概要集.
楯円体のブラジルナッツ効果.

Web版 一般社団法人日本物理学会 2017年出版
72.1巻. 3076頁

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/72.1/0/72.1_3076/_pdf/-char/ja

2018年8月閲覧

(2) ジーテンファイ・関口輝世・奥村剛

日本物理学会 第71回年次大会(2016年)概要集.

二次元における粉粒体のブラジルナッツ効果について.

Web版 一般社団法人日本物理学会 2017年出版
71.1巻. 2834頁

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jpsgaiyo/71.1/0/71.1_2834/_pdf/-char/ja

2018年9月閲覧