

ナッツを振って小惑星イトカワのなぞにせまる

今治明德中学校 第1学年 川島 聡 真
指導教諭 近藤 紋 生

1 研究のきっかけ

今年の6月27日はやぶさ2のリュウグウ到着にあわせ、NHKが初代はやぶさの特集番組を放送していた。その中で、イトカワの地形のなぞにせまる研究の紹介があった。岩だらけの地域と滑らかな地域の2種類に2分されたのは、隕石の衝突による震動で、ブラジルナッツ効果により、大きな岩が移動したためという説明であった。

この不思議なブラジルナッツ効果について興味をもち、研究することにした。

2 ブラジルナッツ効果とは

大きさの違う粉や粒の入った容器を振ると大きな粒が上側に浮き上がってくることである。ミックスナッツに輸送中の振動が加わると、粒の大きなブラジルナッツが上側に浮いてくることから、このように呼ばれている(図1)。

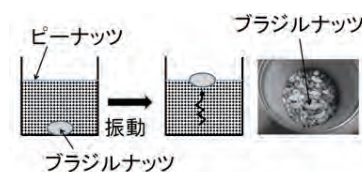


図1 ブラジルナッツ効果

3 実験方法

実験は、ブラジルナッツを模擬した球体、模擬ナッツを、ピーナッツの代わりに周りの粉の中に沈めて、容器を振動させ、浮上速度を調べた(図2)。

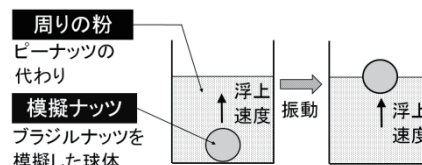


図2 実験方法

4 実験装置

容器の振動方法でブラジルナッツ効果は変わるはずだが、この研究では、その条件は一定とし、容器を一定の振幅と周期で上下に振動させる装置を自作した。容器を載せた板の片側には蝶番が、反対側には、模型用のモーターとギヤで回転するクランクがつないである。クランクを回転させると、板が上下に動いて、容器が振動する(図3)。

模擬ナッツと周りの粉の性質によっても、ブラジルナッツ効果は変わるはずだ。この研究では、それぞれの大きさ、形、密度を変えて、浮上速度の違いを調べた(表1、表2)。

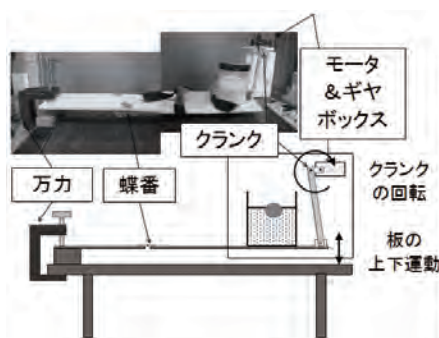


図3 実験装置

表1 模擬ナッツ

名称	外観	材質	密度 (g/cm ³)	直径 (mm)
スチロールボール		発泡スチロール	0.04	40,35,25 20,15,12 10,8
デコレーションボール		毛糸	0.10	22,16,11
スーパーボール		ゴム	0.92	31,25 20,17
ビー玉		ガラス	2.4	25,17,13
なまり玉		なまり	11.4	24 (厚み18)

表2 周りの粉

名称	外観	かさ密度 (g/cm ³)	粒の大きさ
米		0.87	約5×3mm 厚み:約2mm
人形の詰め物		0.63	直径:約3.5mm 厚み:約2mm
エアガンの玉		0.60	直径:約6mm
砂(粒が細かい)		1.45	直径:約1mm
砂(粒が大きい)		1.47	直径:約5mm
スノービーズ		0.02	直径:約1mm

5 実験結果（模擬ナッツが球体の場合）

(1) 周りの粉の種類と浮上速度の関係を調べるために、浮上速度を比較するグラフを模擬ナッツの種類ごとに作成した（図4）。

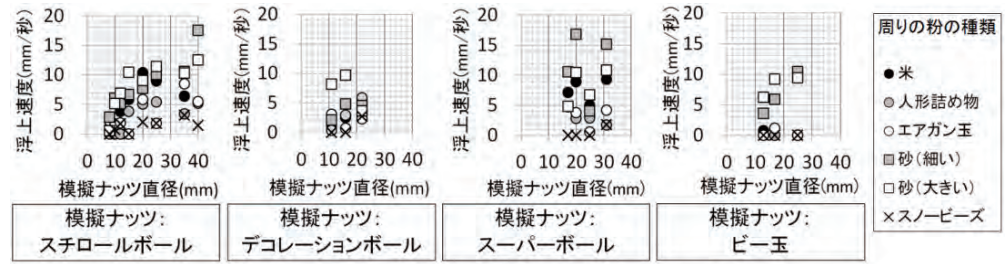


図4 周りの粉の種類と浮上速度の関係

グラフから浮上速度の順番を読み取り、大きい順に周りの粉をならべた表を作成した。周りの粉は、かさ密度の大きさによって、大、中、小の三つのグループに分けることができる。

浮上速度の順番は、かさ密度のグループの順“大、中、小”と一致することが確認できた（表3）。

周りの粉のかさ密度が大きいほど、浮上速度が大きいことが分かった。

(2) 模擬ナッツの大きさと浮上速度の関係を記号で分類して、模擬ナッツと周りの粉の組み合わせについて整理した表を作成した（表4）。

模擬ナッツの密度が小さい場合は、模擬ナッツが大きいほど、浮上速度は、大きくなることが分かった。

(3) 模擬ナッツの種類と浮上速度の関係を調べるために、浮上速度を比較するグラフを周りの粉の種類ごとに作成した（図5）。

表3 浮上速度の順位と周りの粉のかさ密度

模擬ナッツの種類	浮上速度の順位 (<>内は、かさ密度(g/cm ³))					
	1位	2位	3位	4位	5位	6位
スチロールボール	砂（粒が大きい） <1.47>	砂（粒が細かい） <1.45>	米 <0.87>	エアガンの玉 <0.60>	人形の詰め物 <0.63>	スノービーズ <0.02>
デコレーションボール	砂（粒が大きい） <1.47>	砂（粒が細かい） <1.45>	人形の詰め物 <0.63>	米 <0.87>	エアガンの玉 <0.60>	スノービーズ <0.02>
スーパーボール	砂（粒が細かい） <1.45>	砂（粒が大きい） <1.47>	エアガンの玉 <0.60>	人形の詰め物 <0.63>	米 <0.87>	スノービーズ <0.02>
ビー玉	砂（粒が大きい） <1.47>	砂（粒が細かい） <1.45>	エアガンの玉 <0.60>	米 <0.87>	人形の詰め物 <0.63>	スノービーズ <0.02>
	かさ密度 大		かさ密度 中		かさ密度 小	

表4 模擬ナッツの大きさと浮上速度の関係

模擬ナッツの種類	模擬ナッツの大きさ				密度:小 → 密度:大			
	大	中	小	最小	大	中	小	最小
	スチロールボール	デコレーションボール	スーパーボール	ビー玉	スチロールボール	デコレーションボール	スーパーボール	ビー玉
スチロールボール	大	中	小	最小	大	中	小	最小
デコレーションボール	大	中	小	最小	大	中	小	最小
スーパーボール	大	中	小	最小	大	中	小	最小
ビー玉	大	中	小	最小	大	中	小	最小
周りの粉の種類								
スノービーズ	大	中	小	最小	大	中	小	最小
エアガンの玉	大	中	小	最小	大	中	小	最小
人形の詰め物	大	中	小	最小	大	中	小	最小
米	大	中	小	最小	大	中	小	最小
砂（粒が細かい）	大	中	小	最小	大	中	小	最小
砂（粒が大きい）	大	中	小	最小	大	中	小	最小

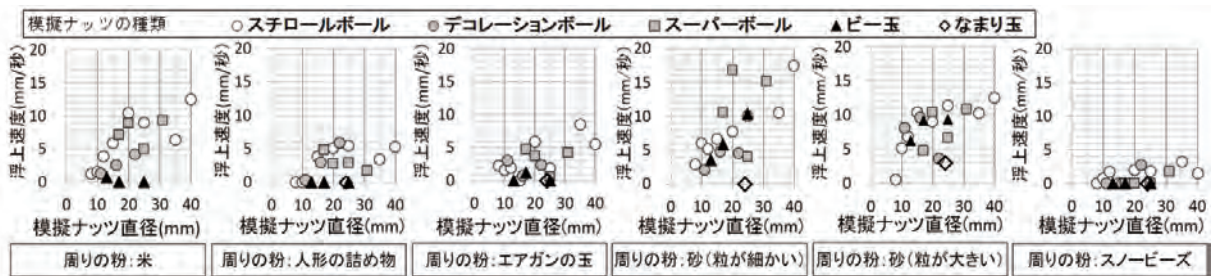


図5 模擬ナッツの種類と浮上速度の関係

グラフから浮上速度の順番を読み取り、模擬ナッツを浮上速度の大きい順に、ならべた表を作成した。表に模擬ナッツの密度の順位を小さい順に記入した（表5）。

模擬ナッツの密度が小さいほど、浮上速度は大きいと予想したが、密度以外の条件が違うためか、浮上速度の順位と密度の順位は一致しない。密度以外の条件をそろえて実験する必要があると考えた。

- (4) 模擬ナッツの密度と浮上速度の関係を詳しく調べるために、密度以外の条件をそろえて実験する事にした。釣りに使う浮きを半分に割り、座金を中に入れて重さを調整し、同じ大きさで重さが違う模擬ナッツを5種類製作して実験した(図6、図7)。

密度が大きいほど、浮上速度は小さくなっているが、密度がある程度大きくなると、浮上速度は変わらなくなっている。

- (5) 模擬ナッツの密度と大きさが同じなら、浮上速度は同じになるのかを調べるために、今回作った浮きの浮上速度を同じ大きさ(直径25mm)の他の模擬ナッツと比べてみた(図8)。

模擬ナッツの種類が違っていると、大きさと密度が同じでも浮上速度が違うことが分かった。

特に、周りの粉が米の場合は、大きさと密度が同じでも、浮きは1分以内に浮き上がり、ビー玉は浮き上がっていない。その理由は、表面の粗さが違うからではないかと考えた(図9)。

表5 浮上速度と模擬ナッツ密度の順位

周りの粉の種類	浮上速度の順位									
	1位		2位		3位		4位		5位	
米	スチロールボール 密度1位 <0.04>	スーパーボール 密度3位 <0.92>	デコレーションボール 密度2位 <0.10>	ビー玉 密度4位 <2.4>						
人形の詰め物	スチロールボール 密度1位 <0.04>	デコレーションボール 密度2位 <0.10>	スーパーボール 密度3位 <0.92>	ビー玉 密度4位 <2.4>	なまり玉 密度5位 <11.4>					
エアガンの玉	スチロールボール 密度1位 <0.04>	スーパーボール 密度3位 <0.92>	デコレーションボール 密度2位 <0.10>	ビー玉 密度4位 <2.4>	なまり玉 密度5位 <11.4>					
スノービーズ	スチロールボール 密度1位 <0.04>	デコレーションボール 密度2位 <0.10>	スーパーボール 密度3位 <0.92>	ビー玉 密度4位 <2.4>	なまり玉 密度5位 <11.4>					
砂(粒が細かい)	スーパーボール 密度3位 <0.92>	スチロールボール 密度1位 <0.04>	ビー玉 密度4位 <2.4>	デコレーションボール 密度2位 <0.10>	なまり玉 密度5位 <11.4>					
砂(粒が大きい)	スチロールボール 密度1位 <0.04>	スーパーボール 密度3位 <0.92>	デコレーションボール 密度2位 <0.10>	ビー玉 密度4位 <2.4>	なまり玉 密度5位 <11.4>					

<>内は、密度(g/cm3)

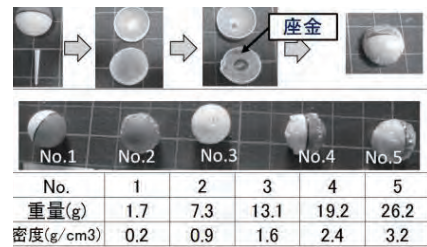


図6 重さの異なる模擬ナッツ(浮き)

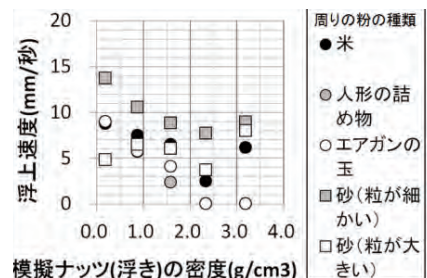


図7 模擬ナッツ(浮き)の密度と浮上速度の関係

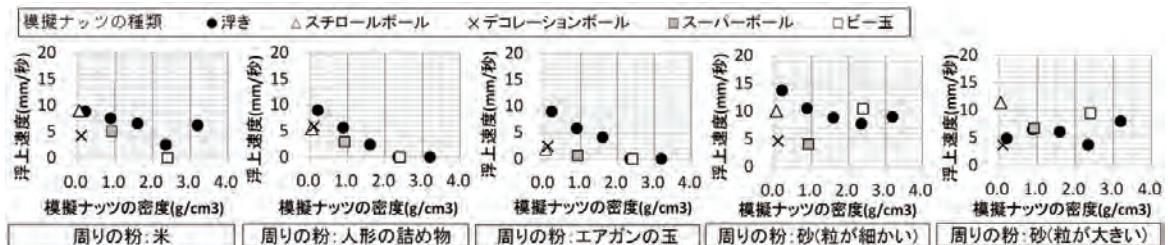


図8 大きさが同じ模擬ナッツとの比較

そこで、麻ひもを巻いて表面を粗くしたビー玉とスーパーボールを作り、麻ひもが無い場合と比較した(図10)。

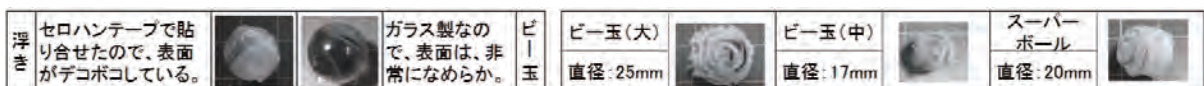


図9 浮きとビー玉の外観比較

図10 麻ひもを巻いた模擬ナッツ

麻ひもを巻いて表面を粗くすると浮上速度が大きくなること分かった (図11)。

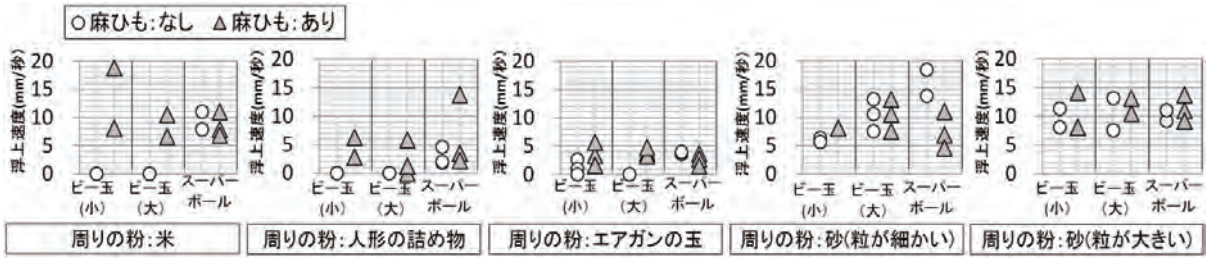


図11 模擬ナッツの粗さの違いと浮上速度の関係

6 実験結果 (模擬ナッツが円盤の場合)

模擬ナッツに球体を使った実験の次は、模擬ナッツが円盤の場合はどうなるかを調べることにした。

(1) 身近にある品物の中から円盤を探し、直径が異なる5種類の座金を準備した (表6)。

球体の時と同じ6種類の周りの粉を使って実験した。座金が大きくなると浮上速度も大きくなっている。周りの粉によっては、1分を経過しても、浮いてこない場合もある (図12)。

(2) 模擬ナッツが球体の時は、麻ひもを巻いて表面を粗くすると、浮上速度は大きくなった。円盤の場合は、どうなるかを調べるために、麻ひもを巻き、表面を粗くした座金を準備した。(図13)。

麻ひもを巻いていない座金と浮上速度を比較した。座金の場合でも、麻ひもを巻くと浮上速度が大きくなること分かった (図14)。

表6 模擬ナッツ(座金)

外観					
直径 (mm)	13	20	25	30	40
穴の直径 (mm)	6.5	8	11.5	15	22
厚み (mm)	1	1.5	2.5	3.5	3
重量 (g)	0.8	2.9	6.8	15.2	21
密度 (g/cm ³)	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9

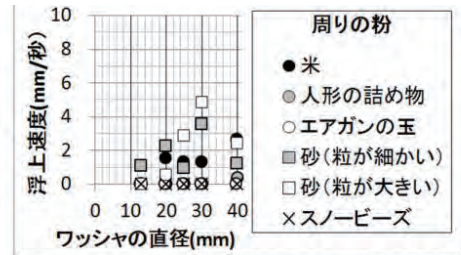


図12 模擬ナッツ(座金)の浮上速度

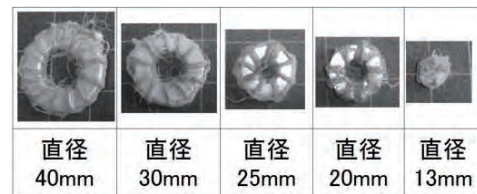


図13 麻ひもを巻いた座金

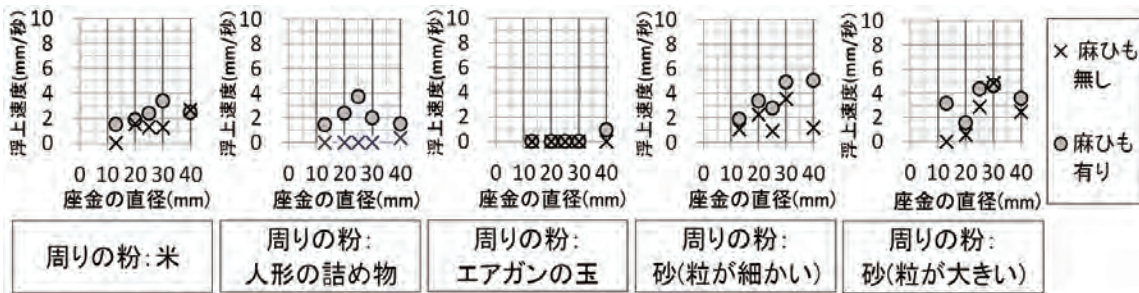


図14 模擬ナッツ(座金)の麻ひもありなしによる浮上速度の違い

7 研究を終えて

この研究では、途中で振動装置の調子が悪くなるなどの問題も起こった。しかし、その都度、原因を見つけ、解決し、9種類の実験で1004回データを取った。非常に大変だったが、ブラジルナッツ現象という不思議な現象の研究ができて、うれしかった。これからは不思議に思う現象に出会ったら、根性でその解明に取り組みたい。