

# ドングリの形状と質量が運動へ与える影響

浜松市立高 自然科学部  
代表 2年 西川瑠之介 他3名

## 1 はじめに

本校にはドングリの木があり、私達は種類ごとに形状や大きさが異なる事に気づいた。私達はこの違いが自然界でのドングリの分布や動植物に与える影響に興味を持った。特にドングリの跳ね返りが形状や質量によってどの程度影響を受けるのか知りたいと思った。そこで4種類のドングリを用いてドングリの運動について調べる実験をした。

## 2 仮説

高校の物理基礎で習った通り、力学的エネルギー保存の法則により、 $1/2mv^2=mgh$  なので、ドングリの跳ねる高さは理論上、質量の影響は受けない。しかし空気抵抗や摩擦力の関係によって大きく変わる可能性もある。横への移動距離は  $F=\mu mg$  ( $\mu$  は動摩擦係) により質量が大きいほど移動しないと考えた。これらを考慮し、ドングリの跳ねる高さは質量に関係なく一定数値を示し、横への移動距離は質量が小さいほど大きくなると考えた。散らばりに関しては「丸い」ものほど横への移動距離は大きいと予想した。

## 3 実験で使ったもの

### (1) ドングリ (A イチイガシ、B ウラジロガシ、C マテバシイ、D コナラ)

実際は途中でドングリが割れて替えのドングリが多く必要になるため、約50個ずつを採取した。それぞれ11個ずつを実験に用いた。

表1 ドングリの詳細





A イチイガシ	B ウラジロガシ	C マテバシイ	D コナラ
			



写真1 ドングリの大きさを比べたもの

## (2) 用語の定義

跳ね返りの高さ：地面から跳ね上がった高さの最高点

散らばりの距離：落下点から静止点までの直線距離

転がり：跳ね返り後に地面を移動する運動

中間的：4つのドングリと比べて中間に位置するもの

## (3) ドングリの形状・質量の特徴

### Aの特徴

縦が16.57～21.18mm 平均が18.28mm、横が8.83mm～10.84mm 平均が9.74mm、質量が0.71g～1.34g 平均が0.93g となっている。形状は縦/横の平均が1.88 となり「中間的な形」となっている。

### Bの特徴

縦が12.36～14.58mm 平均が13.36mm、横が9.07～10.64mm 平均が9.96mm、質量が0.47～0.73g 平均が0.60g となっている。形状は縦/横が1.34 となり「丸い形」となっている。

### Cの特徴

縦が21.46～25.63mm、平均が23.82mm、横が9.55～11.25mm、平均が10.55mm、質量が0.93～1.69g 平均が1.28g となっている。形状は縦/横の平均が2.26 となり「細長い形」となっている。

### Dの特徴

縦が15.93～18.26mm、平均が17.48mm、横が9.61～11.63mm、平均が10.75mm、質量が0.71～1.17g、平均が1.01g となっている。形状は縦/横の平均が1.63 となり「中間的な形」となっている。

## 4 実験

### (1) 実験1 50cmからドングリを落とした際の跳ね返りの高さを調べる実験

#### ア 方法

- 1 実験装置A(写真2)の高さ50cmからドングリを落下させて学校の床に落とす。
  - 2 ドングリが床から跳ね返った際の高さをスマートフォンのビデオ機能で撮影し測定する。
- 1つのドングリを3回、11個4種類、合計44個ドングリを落とした。跳ね返りの高さが5cm未満のものは跳ねなかったものとし失敗とした。実験は実験装置Aを用いて行った。

#### イ 実験装置A

材料 段ボール、ペン、ガムテープ、紙(段ボールを覆えるサイズのもの)、150cm以上の定規(ない場合は合計で150cmを超えるように定規を何本かつなげたものを用意する)

#### ウ 製作方法

土台となる段ボールを箱状に組み立て、1cm刻みの目盛を記入した紙を貼り付ける。その目盛りに合わせて床に対し垂直にガムテープで定規を貼り付ける。用途 実験1、実験2で使用

#### エ 実験1の結果

以下は実験結果であり、相関係数もグループ別で表にまとめたものである。

- ・相関係数 2種類のデータの関係性の強さを示す指標である。±1に近いほど関係性が強い。
- ・標準偏差 平均値からの差が求められ、データの散らばり具合がわかる。標準偏差が大きいほどデータの散らばりが大きい。



写真2 実験装置A

表2 実験1の跳ね返りの結果と平均の高さ、標準偏差

実験1の結果	A	B	C	D
跳ね返りの高さの平均 (50cm)	11.78	8.51	10.77	10.35
跳ね返りの高さの標準偏差	4.40	3.33	4.64	4.53

実験1において、ドングリの縦、横、質量、縦/横と跳ね返りの高さとの相関を求めた。

表3はP39-43 2-6 相関分析・回帰分析 - 新潟県ホームページより引用した。

表3 相関係数の区別

強い相関あり	±0.7~1.0◎
かなり相関あり	±0.4~0.7○
やや相関あり	±0.2~0.4△
相関ほぼなし	±0~0.2 ×

表4 実験1の相関係数と標準偏差

	A	B	C	D
縦と高さの相関係数	-0.0053 ×	0.36 △	0.15 ×	0.23 △
横と高さの相関係数	-0.056 ×	0.38 △	0.31 △	0.19 ×
質量と高さの相関係数	-0.035 ×	0.60 ○	0.11 ×	0.30 △
縦/横と高さの相関係数	0.043 ×	-0.040 ×	-0.15 ×	-0.018 ×
跳ね返りの高さの標準偏差	4.40	3.33	4.64	4.53

◎は強い相関あり、○はかなり相関あり、△はやや相関あり、×は相関がほぼないことを示している。

\*表4における標準偏差はそれぞれの個体の1回目、2回目、3回目の結果を利用して求めたものである。

実験1の結果より、グループAのドングリは跳ね返りの高さの平均が11.78cmとなった。表4より、縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さの相関係数はそれぞれ-0.005、3、-0.056、-0.035、0.043となった。標準偏差は4.40となった。

実験1の結果より、グループBのドングリは跳ね返りの高さの平均が8.51cmとなった。表4より、縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さの相関係数はそれぞれ0.36、0.38、0.60、-0.040となった。標準偏差は3.33となった。

実験1の結果より、グループCのドングリは跳ね返りの高さの平均が10.77cmとなった。表4より、縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さの相関係数はそれぞれ0.15、0.31、0.11、-0.15となった。標準偏差は4.64となった。

実験1の結果より、グループDのドングリは跳ね返りの高さの平均が10.35cmとなった。表4より、縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さの相関係数はそれぞれ0.23、0.19、0.30、-0.018となった。標準偏差は4.53となった。

50cmから落とした場合では所々に相関があったが、その中で強い相関を持つものはなく、またかなり相関を持つものも1つしかなかった。そのため私達はこれらの結果から落とした高さが足りなかったため、十分な結果が表れなかったと考察した。そのため落とす高さを150cmに変更し50cmの時と同様の測定方法で実験を行った。

(2) 実験2 150cmからのドングリを落とした際の跳ね返りの高さを調べる実験

ア 方法

実験1と同様に実験装置Aを用いる。ただし、ドングリを落とす高さは150cmとする。また、跳ね返った高さが10.00cm未満は跳ねなかったものとし、失敗とした。

イ 実験2 結果

以下は実験結果であり、相関係数もグループ別で表にまとめたものである。

表5 実験2の跳ね返りの結果と平均、標準偏差

実験2の結果	A	B	C	D
跳ね返りの高さの平均 (150cm)	23.69	23.17	26.62	24.54
跳ね返りの高さの標準偏差	10.25	9.58	5.5	9.87

表6 実験2の相関係数と標準偏差

	A	B	C	D
縦と跳ね返りの高さの相関係数	0.024 ×	0.15 ×	0.048 ×	-0.21 △
横と跳ね返りの高さの相関係数	-0.037 ×	0.10 ×	-0.21 △	-0.32 △
質量と跳ね返りの高さの相関係数	-0.0026 ×	0.13 ×	-0.048 ×	-0.29 △
縦/横と跳ね返りの高さの相関係数	0.077 ×	-0.43 ○	-0.35 △	0.20 △
跳ね返りの高さの標準偏差	10.25	9.58	5.50	9.87

◎は強い相関あり、○はかなり相関あり、△はやや相関あり、×は相関がほぼないことを示している。  
\*表6における標準偏差はそれぞれの個体の1回目、2回目、3回目の結果を利用して求めたものである。

実験2の結果より、グループAのドングリは跳ね返りの高さの平均が23.69cmとなった。表6より、縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さの相関係数はそれぞれ0.024、-0.037、-0.0026、0.077となった。標準偏差は10.25となった。

実験2の結果より、グループBのドングリは跳ね返りの高さの平均が23.17cmとなった。表6より、縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さの相関係数はそれぞれ0.15、0.10、0.13、-0.43となった。標準偏差は9.58となった。

実験2の結果より、グループCのドングリは跳ね返りの高さの平均が26.62cmとなった。表6より、縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さの相関係数はそれぞれ0.048、-0.21、-0.048、-0.35となった。標準偏差は5.50となった。

実験2の結果より、グループDのドングリは跳ね返りの高さの平均が24.54cmとなった。表6より、縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さの相関係数はそれぞれ-0.21、-0.32、-0.29、0.20となった。標準偏差は9.87となった。

### (3) 実験3 ドングリの落下と散らばりの関係を調べる実験

ドングリが落下したときの散らばりの様子とそれがドングリの形状とどのような関係があるかを調べるために実験3を行う。

#### ア 方法

実験は実験装置B(写真8)を用いて行った。

ドングリを落下させたときの跳ね返りとドングリの散らばりの間に関係があるのかを検証することができるよう、高さを150cmに合わせて行う。

- 1 高さ150cmからドングリを落下させる。
- 2 落下点からドングリまでの距離を測定する。なお、ドングリは落下してから転がり静止したところ(以下散らばり)を測定する。

#### イ 実験装置B

材料 タコ糸、テープ

製作方法 タコ糸の片端を天井にテープで貼り付け、タコ糸のもう片端が床から高さ150cmになるよう調節する。なお、この装置は装置の周辺にものがない場所に設置する



写真8 実験装置B

#### ウ 実験3の結果

以下は実験結果であり、相関係数もグループ別で表にまとめたものである。

表7 実験3の跳ね返りの結果と平均、標準偏差

実験3の結果	A	B	C	D
散らばりの平均(cm)	58.25	59.74	51.9	53.89
散らばりの標準偏差	27.14	33.64	26.16	29.8

表8 実験3の相関係数と標準偏差

散らばりの相関	A	B	C	D
縦と散らばりの相関係数	0.27 △	-0.14 ×	-0.19 ×	0.28 △
横と散らばりの相関係数	-0.013 ×	-0.16 ×	0.047 ×	0.33 △
質量と散らばりの相関係数	0.26 △	0.083 ×	-0.52 ○	0.31 △
散らばりと高さの相関係数	-0.040 ×	0.29 △	0.090 ×	-0.32 △
縦/横と散らばりの相関係数	0.45 ○	0.027 ×	-0.23 △	-0.14 ×
散らばりの標準偏差	27.14	33.64	26.16	29.80

◎は強い相関あり、○はかなり相関あり、△はやや相関あり、×は相関がほぼないことを示している。  
\*表8における標準偏差はそれぞれの個体の1回目、2回目、3回目の結果を利用して求めたものである。

実験3の結果より、グループAのドングリは散らばりの平均が58.25cmとなった。表8より縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さ、150cmから落とした際の跳ね返りの高さで散らばりの相関係数はそれぞれ0.27、-0.013、0.26、-0.040、0.45となった。標準偏差は27.14となった。

実験3の結果より、グループBのドングリは散らばりの平均が59.74cmとなった。表8より縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さ、150cmから落とした際の跳ね返りの高さで散らばりの相関係数はそれぞれ-0.14、-0.16、0.083、0.29、0.027となった。標準偏差は33.64となった。

実験3の結果より、グループCのドングリは散らばりの平均が51.90cmとなった。表8より縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さ、150cmから落とした際の跳ね返りの高さで散らばりの相関係数はそれぞれ-0.19、0.047、-0.52、0.090、0.027となった。標準偏差は26.16となった。

実験3の結果より、グループDのドングリは散らばりの平均が53.89cmとなった。表8より縦と跳ね返りの高さ、横と跳ね返りの高さ、質量と跳ね返りの高さ、150cmから落とした際の跳ね返りの高さで散らばりの相関係数はそれぞれ0.28、0.33、0.31、0.32、-0.14となった。標準偏差は29.80となった。

## 5 考察

ドングリ A~D の形状や質量と跳ね返りの高さや散らばりとの関係を示すために4種の全体の形状や実験結果を集計した。これをそれぞれ〇〇の4種の平均とした。

縦の4種の平均：18.23mm

横の4種の平均：10.25mm

縦/横の4種の平均：1.77

質量の4種の平均：0.96g

50cmから落とした際の跳ね返りの高さの4種の平均：10.35cm

150cmから落とした際の跳ね返りの高さの4種の平均：24.51cm

150cmから落とした際の散らばりの4種の平均：55.95cm

表9 A, B, C, D のデータの跳ね返りの高さで散らばりの平均と標準偏差一覧

	A	B	C	D
跳ね返りの高さの平均(50cm)	11.78	8.51	10.77	10.35
標準偏差	4.40	3.33	4.64	4.53
跳ね返りの高さの平均(150cm)	23.69	23.17	26.62	24.54
標準偏差	10.25	9.58	5.50	9.87
散らばりの平均	58.25	59.74	51.90	53.89
標準偏差	27.14	33.64	26.16	29.80

### <実験1, 2, 3>

表9より、グループAの跳ね返りの高さの平均は50cmが11.78cm、150cmが23.69cm、散らばりが58.25cmとなっており、それぞれ4種の平均に近い値になっている。これは、Aは縦平均18.28mm、横平均9.74mm、縦/横平均1.88、質量平均0.93gで、縦、横、縦/横、質量の4種の平均に近い値となっているためであると考えられる。

表9より、グループBは跳ね返りの高さは50cmが8.51cm、150cmが23.17cm、散らばりが59.74cmとなっており、それぞれ4種の平均を下回っているが、散らばりにおいては150cmから落とした際の散らば

りの4種の平均を上回っている。これはBの縦13.36mm、横9.96mm、質量0.61gでそれぞれ4種の平均を下回っているが、形が縦/横は1.34となっており「丸い形」なためであると考えられる。

表9より、グループCは跳ね返りの高さは50cmが10.77cm、150cmが26.62cm、散らばりが51.90cmとなっており、50cmと150cmのそれぞれ4種の平均を上回っているが、散らばりにおいては4種の平均を下回っている。跳ね返りの高さがこのようになったのは、Cの縦23.82mm、横10.55mm、縦/横2.26、質量1.28g等の値全てにおいて縦、横、縦/横、質量の4種の平均を上回っていることが原因だと考えられる。特に縦、縦/横、質量は4種の中で最大の値となっている。跳ね返りの高さは150cmでは4種の中で最も大きな値となっているが、散らばりに関しては4種の中で最も小さかった。これにより跳ねた高さや散らばりに関しては関係性が薄いと言える。

表9より、グループDは跳ね返りの高さは50cmが10.35cm、150cmが24.54cm、散らばりが53.89cmとなっており、それぞれ4種の平均に近い値となっている。Dの縦17.48mm、横10.75mm、縦/横が1.63、質量が1.01g等においてこれらの値は4種の平均に近い値となっている。跳ね返りの高さや散らばりの値が中間的なのは、グループAと同様に形状、質量が平均に近いからだと言える。

## 6 結論

落とす際の跳ね返りの高さは質量が大きいほど高くなる。そして散らばりは「丸い形」のものほど遠くに散らばる。これは次のグループの結果からわかる。最も「丸い形」であるグループBは、跳ねた高さや質量が小さい。散らばりは4種の中で最も大きかった。「細長い形」であるグループCは跳ねた高さや質量が大きい。だが散らばりは4種類の中で最も小さかった。これらから形状が散らばりにとって重要であると言える。跳ねた高さに関しては、グループCの結果から質量が大きいものは高く跳ねており、グループBのように質量が小さいものは低く跳ねた。このことから跳ね返りの高さは質量が大きく関わっている。

仮説では跳ねた高さは質量に関係ないと考えた。しかし実際には質量が大きく関わっている。これは空気抵抗が原因であり、空気抵抗の影響を受ける場合において、質量の大きなものほど下向きの力がより大きく加わり速度がより大きくなる。そのため同じ床を用いているこの実験では、質量が大きいものほどより高く跳ねるようになる。

またこれらの結果はドングリの樹種の分布に関係していると考えられる。よく散らばるドングリほどより早く分布を広げることができることが想定され、逆にあまり散らばらないドングリほどその木の近くに散らばるため、密集すると考える。これは人工林の育成の際に役に立つ可能性がある。具体的には散らばりが小さい種類のもは洪水や土砂災害を防ぐ水害防備林となると考える。散らばりの大きな種類は森の再生促進に役に立つと考える。

## 7 反省

学校の床の上でなく摩擦が少ない場所である合金の上や摩擦の大きい土、草の上で落とすとより良い結果を得ることができただろうと考える。実際にドングリが落ちる場所は土の上であり「細長い形」は土にささったり、「丸い形」はより遠くに転がったりすると考える。他にもデータが各種類10個程度で少なかつたため、もっと落とす数を増やしたり、また丸く質量の大きなドングリの種類であるクヌギやアラマキを落としたりする。結論に基づけばクヌギやアラマキは最も高く跳ね、最も遠くに散らばると予想する。よって、より良い実験にするために考えられる改善案は、落とす環境を多様にする、データの数を増やす、ドングリの種類を増やすことである。(クヌギ、アラマキ)

## 参考文献

P39-43 2-6 相関分析・回帰分析 - 新潟県ホームページ

[https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/life/268015\\_388007\\_misc.pdf](https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/life/268015_388007_misc.pdf) (2024年12月18日閲覧)

山口右城・宇都宮千尋・松根葵, あら檜の実(どんぐり)の転がり方についての研究愛媛県立吉田高等学校

[https://www.musashino-u.ac.jp/academics/pdf/5th\\_MathContest\\_EhimeYoshidaHS.pdf](https://www.musashino-u.ac.jp/academics/pdf/5th_MathContest_EhimeYoshidaHS.pdf)

(2024年12月18日閲覧)

吉野・大峰フィールドノート

<http://www.enyatotto.com/donguri/acorn/acorn.htm>

(2024年12月18日閲覧)

標準偏差とは? 初学者向けに意味から求め方までわかりやすく解説

<https://data-viz-lab.com/standarddeviation>

(2024年12月18日閲覧)

楽しい流れの実験教室: 大きい球と小さい球2 (同密度) - 流体工学部門

[https://www.jsme-fed.org/experiment/2012\\_10/001.html](https://www.jsme-fed.org/experiment/2012_10/001.html)

(2024年12月18日閲覧)