水切り装置の作成と諸条件が石の跳躍に与える影響

３年８組　梅原志和　小川慶太　栗木駿　髙木史乃　永田瑛治　中村拓人

動機

幼いころに水切りを行っていたが、上手く跳ばすことが難しかった。そこで、より石を跳ばすためにどのような条件が跳躍回数に影響を与えるのか気になり、研究を通して水切りのコツを知りたいと思った。

目的

石の形状、速さなどの様々な条件が石の跳躍に与える影響を調べ、実際に水切りをするときに重視すべきポイントを発見する。

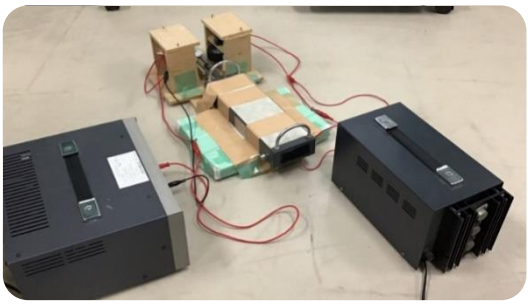


写真１　装置全図

計画

① 再現性のある水切り装置を作成した。

② 水切り装置を用いて諸条件が石に与える跳躍回数、跳躍確率への影響を調べ、コツを発見した。

③ 実際に水切りをして水切りのコツを実証した。

石の製作

３Ｄプリンターを活用し作ったモデルを粘土型に押し込むことで型を作り、そこに流し込んだセメントで石を作った。

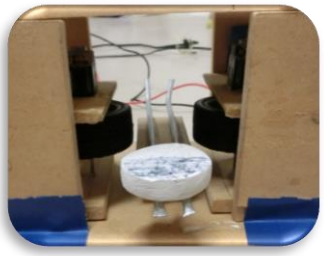


写真２　射出部

装置作成

石を約 8m/s、約 1,000rpm で発射できる再現性のある装置が完成した（写真１、２参照）。

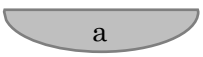
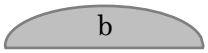
工夫①　力学台車を使い、石の発射の初速を大きくした。

工夫②　タイヤを回す２つのモーターにかかる電圧に差をつけることで、石に回転をかけた。

実験の説明

実験①で上面のみに局面半径４cm の丸みを持つ石(石 a)、下面のみに同様の丸みを持つ石(石 b)、両面に同様の丸みを持つ石(石 c)の三種類で実際に水切りを行い、丸みが跳躍回数・跳躍確率に与える影響を調べた。実験②では厚みの異なる平らな石を用いて同様に厚さが跳躍回数・跳躍確率に与える影響を調べた。

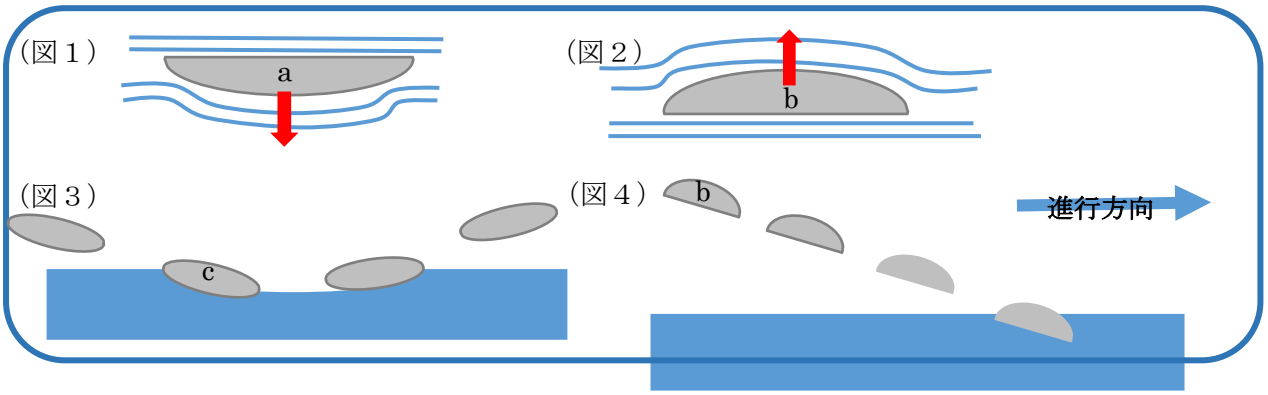
実験結果①

	下面のみに丸みを持つ(石 a)  	上面のみに丸みを持つ(石 b)  	両面に丸みを持つ(石 c)
確率	90%	55%	87%
回数	1.05 回	1.92 回	1.62 回

石ａと石ｃの跳躍確率は高く、石ｂの確率は低い。また、跳躍回数は石ｂが最も多く石ａが最も少なくなった。

考察①

石ａでは、空気の経路差により、空気の密度に差が生まれ、下向きの力が発生したため、跳躍回数が減ったと考えられる（図１）。石ｂでは、底面のみ丸みのある石と同様、空気の経路差ができたが、力は上向きに発生したため、跳躍回数が増えたと考えられる（図２）。石ｃは空気の経路の差による力は受けないので、跳躍回数は石ａと石ｂの中間となる。また水に着水する際に、石ａと石ｃは、石の前方が多少上下に傾いていても、水面をすべるように着水するため、跳躍回数はある程度高くなる（図３）。石ｂでは前方が少し傾いているだけで、上手く着水できない（図４）。したがって、石ａと石ｃでは跳躍確率は高く、石ｂでは、跳躍確率が低くなったと考えられる。



追加実験

上面の曲面半径 3cm 下面の曲面半径 4cm の石(石 d)を用いて、同様に実験を行った。

追加実験の結果

	両面に丸みを持つ(石 c) c	石 d d
確率	87%	90%
回数	1.62 回	1.78 回

石 d は石 c よりも跳躍確率は高くなり、跳躍回数は多くなった。よって考察①は正しいことが立証された。

実験結果②

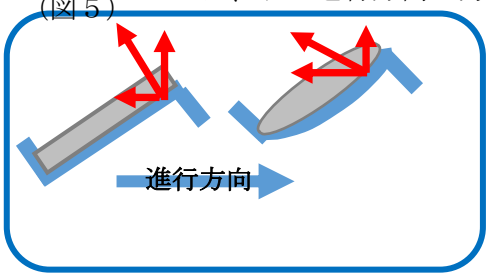
	厚さ 2.5mm	厚さ 4.5mm	厚さ 9.0mm
確率	90%	90%	80%
回数	4.78 回	4.00 回	1.94 回

底面が平らな石では、丸みのある石よりも跳躍確率は高くなり、厚みが薄いほど跳躍回数は多くなった。

考察②

どの厚みにおいても丸みのある石に比べて跳躍回数が増えた理由は、石が跳ねる（水面から出る）際の波面に注目すると、水面から受ける力の鉛直方向から受ける力が増えると共に、石の進行方向の力の成分が減ったためと考えられる（図５）。

（図５）



また、薄い石のほうがより回数数が増えた理由は、これは水面からの抵抗力は、速さが一定であるため、質量によらず一定であるが薄い石の方がはたらく重力が小さいことから、薄い石のほうが水面から受ける上向きの合力が大きくなるためだと考えられる水面から受ける上向きの力を弱めるためと考えられる。

検証

これらの実験を踏まえ、しゃがむ、石選び、水平に投げることを意識して実際に人の手で投げると、意識する前と比べて、跳躍回数が３倍に増加した。

結論

先端を少し（5°~30°）上げて投げられるなら平らな形状の石、できない場合丸みを帯びた形状の石（上面の方がより丸みを帯びているもの）を選び、速さや回転数よりも、水平に投げるイメージを重視して投げるとよい。