

自動発射装置を用いた和弓構造の解明

徳島県立城南高等学校応用数理科 3年 30715 堀岡廉 30702 一宮亨伍 30707 小原圭祐 30714 福田幸大

研究概要

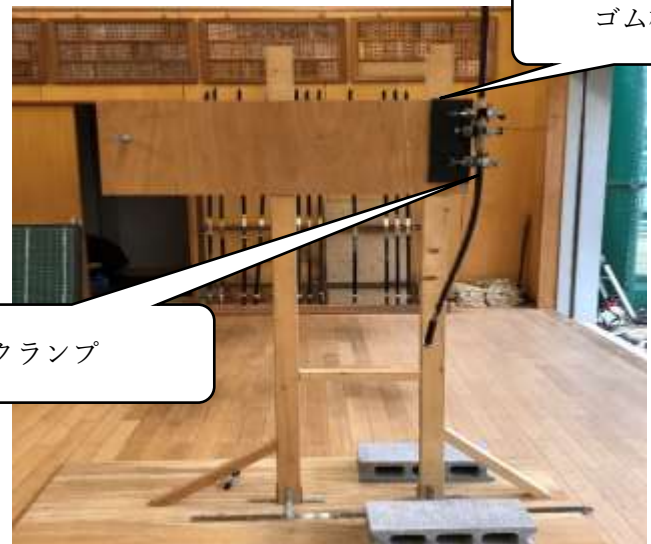
弓道の練習をしている時に、和弓は上部と下部の長さが違うことや他国の弓と比べよくしなることを知り、他にもどのような特徴があるのだろうと思った。また、和弓を物理的観点から解析することによってわが班の弓道部員の練習のクオリティを高めたいと考えた。そこで物理的観点から和弓を考察した。弦を引く距離と弦にかかる負荷の関係の実験や矢の初速と弦の引く距離の関係の実験をすると、比例関係を示した。それらの結果から弓のエネルギー変換効率を求めたら、70%から90%程度であった。そしてスリングショットとの比較を行うため、上記と同様に実験を行った。スリングショットのゴムの伸びと引く力の関係の実験の結果のグラフは、対数関数のようになった。ビー玉の初速とゴムを引く距離の関係の実験の結果のグラフには、直線の関数関係はみられなかった。それらの結果からスリングショットの変換効率を算出すると、空気抵抗が原因で結果のデータがまばらになった。

Considering a Japanese bow in terms of physics, we measured relationship between drawing distance and pulling force and relationship between initial speed and distance to draw arrow and comparing Japanese bow with slingshot.

While practicing Kyudo, we learned the difference between the upper and lower lengths of the Japanese bow. And we want to know other characteristics it has, which weapons of other countries don't have. Others, we want to improve our Kyudo skill by our experiment.

実験器具

自動発射装置・ハイスピードカメラ
(240fps, 480fpsの両方を使用した)・弓矢(99cm, 30g)・弓(218cm)・定規(100cm)・スリングショット・ビー玉(5.7g)・バケツを使用した。



実験装置

実験

実験①弓を固定し、弦にフックを使ってバケツを引っ掛け、バケツに 500 g ずつ水を入れて、弦にかかる負荷と弦の下がり幅との関係性を実験した。

実験②自動発射装置を用いて弦を引く距離を変え、ハイスピードカメラで矢の初速を測る。

① ②の結果から変換効率を算出する。

実験③固定したスリングショットのゴムをフックで、バケツに引っ掛ける。バケツに 500 g ずつ水を入れて、ゴムにかかる負荷とゴムの下がり幅との関係性を実験しグラフにまとめる。

結果

実験④スリングショットを用いてゴムを引く距離を変え、ハイスピードカメラでビー玉の初速を測る。

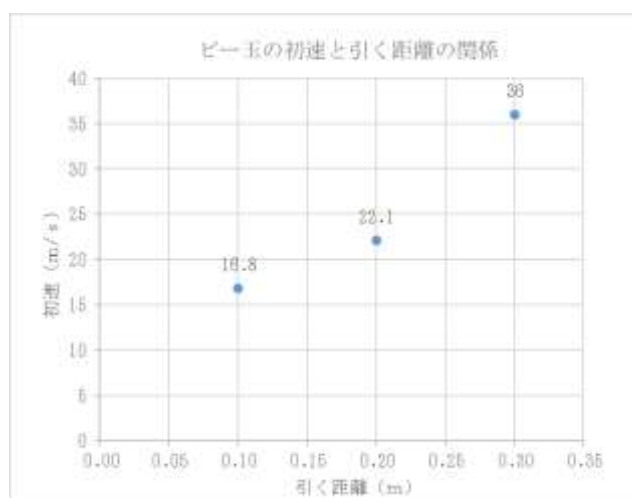
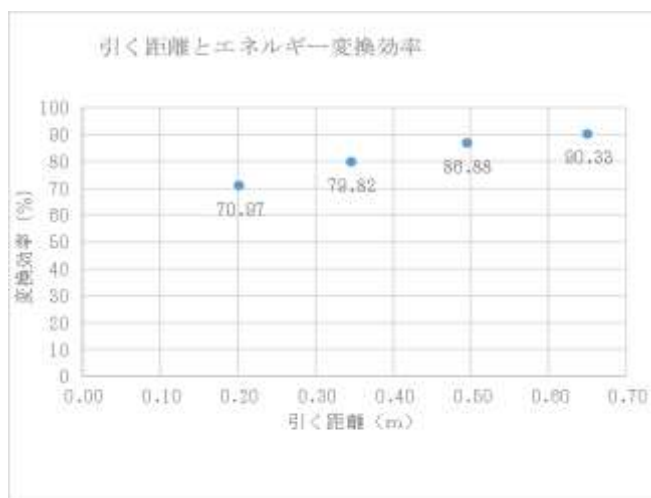
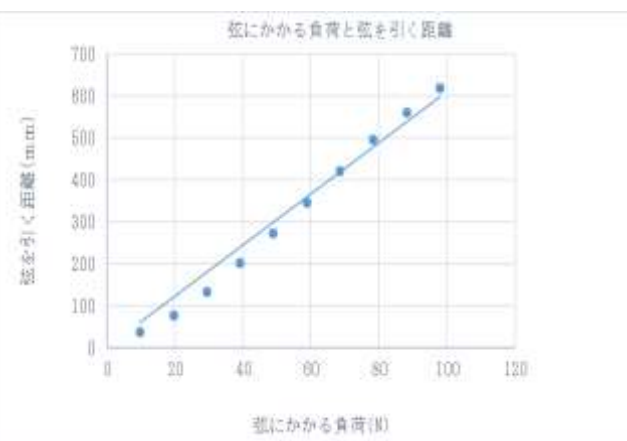
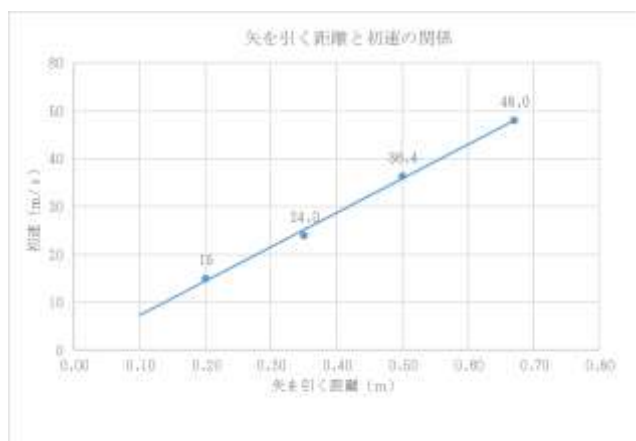
仮説

実験①弓はしなりやすくばねの弾性力のように思ったので、弦を引く距離と弦にかかる負荷や矢の初速は比例すると考えた。

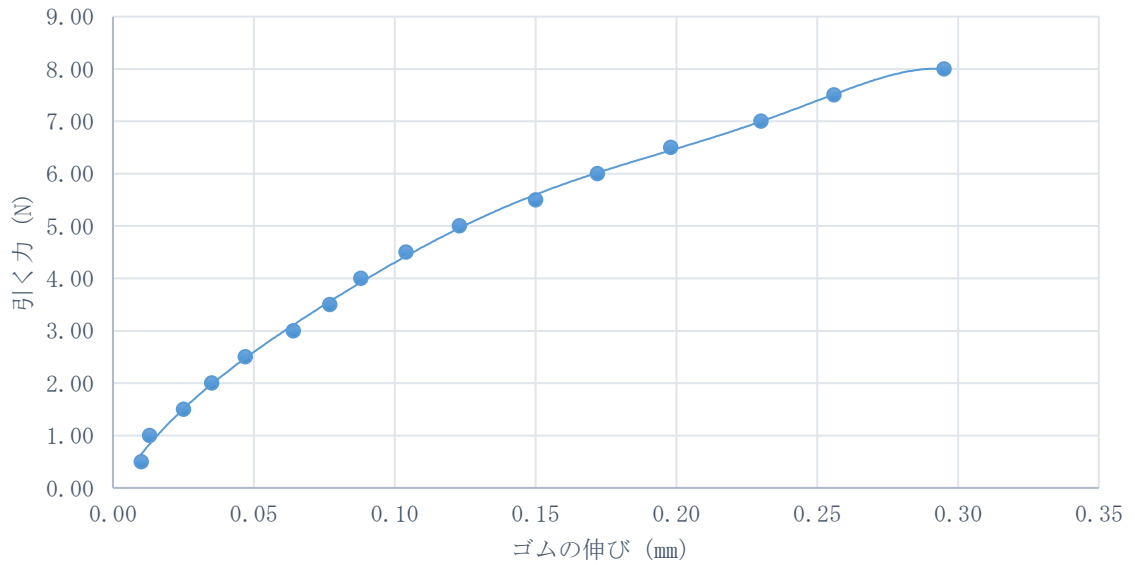
実験②弦を引く距離と初速は比例する。

実験③二次関数のグラフになる。

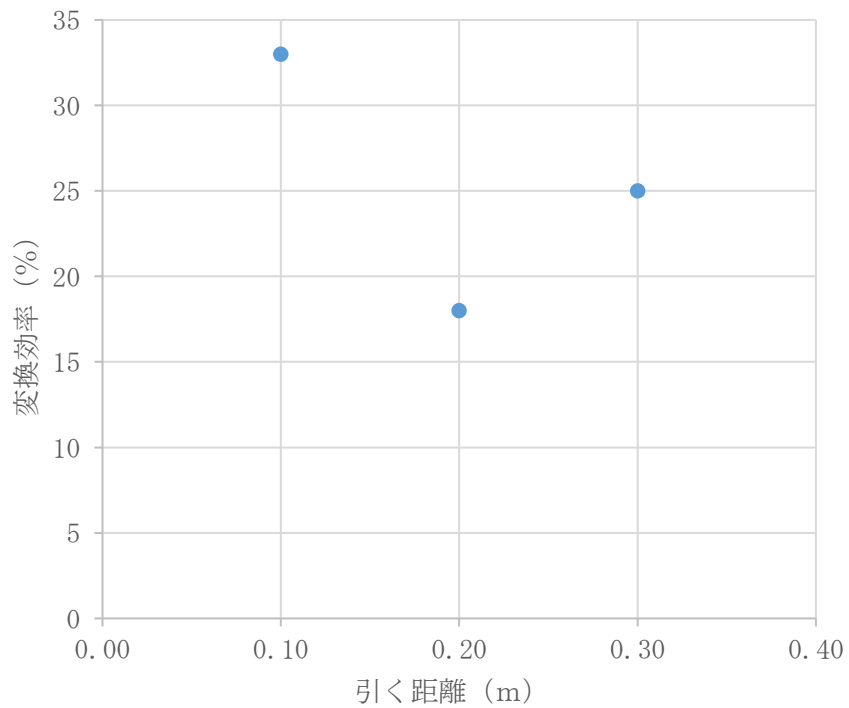
実験④スリングショットを用いてゴムを引く距離を変え、ハイスピードカメラでビー玉の初速を測る。



スリングショットの伸びと引く力の関係



スリングショットの変換効率と引く距離



考察

実験①グラフを見ればわかるように、弦を引く距離と弦にかかる負荷は比例した。

実験②予想通り弦を引く距離と弦にかかる負荷と弦を引く距離と矢の初速は比例しているように見える。

①②の変換効率エネルギー変換効率は約 70%～90%程度になった。参考研究によると、高くても60% で収まっていることから何らかの差異があるかもしれない。考えられる原因としてはハイスピードカメラを用いた測定の誤差、自動発射装置を用いたことによる効率の上昇（参考研究では人が普通に引いていた。）

実験③ゴムを伸ばせば伸ばすほど伸びにくくなるため、二次関数のグラフのようになると考えていたが、結果は対数関数的なグラフとなった。

実験④スリングショットのゴムの伸びと引く力の結果のグラフが対数関数のようになったため、ビー玉の初速と引く距離の関係の結果のグラフも直線にならなかったのだと考えられる。またサンプル数が少ないため、値がばらばらになったと考えられる。

③④の変換効率

予想は結果と大きく差があった。スリングショットのエネルギー変換効率は弓のそれに大きく劣るものであり、規則性も見られなかった。理由は空気抵抗であると考え。和弓は矢をねじって発射するため、矢が回転し空気抵抗の影響はあまり受けない。このことは羽がない矢が回転せず、ほとんど飛ばないことからわかる。一方、スリングショットはビー玉に回転を加えないため、運動エネルギーの変化量に差が生まれ、変換効率に大きな差が生まれたのだと考えられる。

今後の展望

スリングショットは、ビー玉よりも小さい金属球を飛ばすように設計されているので、発射された金属球を使用したハイスピードカメラではうまく捉えることができない。よって

- ・より高性能なスリングショットを使用し再計測
 - ・速度計測方法の改良
 - ・金属球を矢のように回転させる方法を考え、計測し、矢と金属球の回転の有無による変換効率の差を比較する。
- これらのことをすべきだと考える。

参考文献

「和弓のエネルギー伝達効率に関する研究」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/budo1968/26/3/26_25/_pdf

「0リングの物性」
<http://www.sakura-seal.co.jp/category/2007888.html>