

矢の重心と飛翔の関係

宮沢 健汰<科①ゼミ>

1. はじめに

弓道とは、長い時間、様々な人に親しまれた日本の伝統的な武道の一つであり、多くの技法や精神性が内包されている。その技法と同等の重要性を持つものに弓具があげられる。数ミリの道具の調整で的に当たるときには数センチのずれにつながる。その中でも更に重要なのが「矢」である。本実験ではその矢の重心の変化による矢の飛翔の安定性の変化を調べ、最適な重心の位置を見つけ、従来の位置で良いのか検証することを目的とした。

2. 方法

2.1. 事前準備

実験装置を作るにあたって、まずスケールの大きさを決めるために、矢の軌道を考えた。

地面に水平方向にはその時の速度に比例する空気抵抗力、鉛直方向には重力がかかるとして、運動方程式をたてると

$$ma_x = cv_x \quad \dots(1)$$

$$ma_y = -mg \quad \dots(2)$$

a : 矢の加速度 v : 矢の速度 g : 重力加速度

c : 矢の空気抵抗係数 $\approx 1.528 \times 10^{-4} \text{N}$

(1)の式から、ある時間 t における座標 (x, y) を

$$x = \frac{cv_0}{m} \left(1 - e^{-\frac{ct}{m}}\right) \quad \dots(3)$$

$$y = h - gt^2 \quad \dots(4)$$

t : 経過時間 v : 矢の初速 h : 初高と表した。また、用いる実験装置の初速を測定するために20回射出し、それぞれ速度計で測定し、その平均を実験装置の初速とした。 $(v = 11.75 \text{m/s})$

2.2. 実験装置

矢を飛ばす装置として、ゴムを用いたパチンコ方式の射出装置を用いた。木板に矢が射出中、射出時にずれないようにガイドとなる木棒を取り付け、その左右にゴムの支えとなる釘を打ち、ゴムをかけることで射出装置を作った。ゴムは矢の「筈」と呼ばれる窪みに引っ掛け、射出した瞬間に外れるようにした。



図1 実験器具



図2 筈



図3 おもり

2.3. 実験方法

矢にはおもりとして約10グラムの粘土を取り付け、計35グラムの矢として飛ばした。そして矢の重心を求め、そこから前方、後方にそれぞれ4分割し、そのそれぞれの位置に重心があるときで矢を10回ずつ射出した。

集計方法は半径18cmの的の中心からの距離を測り10回でのその平均をだし、その平均からの差をまとめた。

3. 実験結果

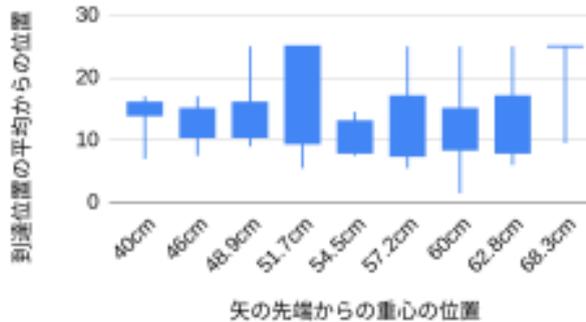


図4 重心の位置と矢の集まり方の関係
* 的の外側に行ってしまった矢はすべて25cmで表し、測定は0.5cm刻みにした結果

- 重心が前に行くほど(51.7cmを除く)、四分位範囲が狭くなっている。
- 重心が68.3cmのときはほとんど枠外にいてしまっていた。

4. 考察

重心が元の重心に対し前方に向かうほど、矢は一定の箇所が集まっていることから、重心が前方にあるほど矢はより安定した軌道で飛ぶと考えられる。その理由としては、飛行中の矢のたわみによるものだと考えられる。矢が非センターショット、すなわち上下、または左右非対称に力が加わる射出装置によって矢が放たれるとき、矢にはたわみが生じる。(弓道に用いられる弓は、左右非対称の非センターショットである。)また、このたわみは重心を固定点として、矢の先端と後端(羽の部分)とが同一方向に動き振動を繰り返しているものと仮定する。今回用いた射出装置は、左右に関しては対称だが、上下に関しては、矢をガイドに沿って飛ばすため、多少下方向へゴムが矢を抑えるようにして戻りつつ射出しなければいけない関係上、上下に関して非センターショットの発射装置であると考えられるため、今回の飛行中にもこのたわみは生じていると考えられる。このとき、矢の重

心を中心にあると、矢の先端と後端のたわみの幅は等しくなるが、矢の重心が矢の後方(羽の部分)にあると、矢の先でのたわみの幅が大きくなってしまふ。逆に、矢の重心が矢の前方にあると、矢の先端のたわみは小さくなる。矢の先端のたわみの幅が大きいと、そのときの矢の重心が、他の重心のときと同一の軌道を描いていても、的に当たる直前で矢の先端が大きく動いてしまい、ズレが生じてしまう。したがって矢を安定して飛ばす、すなわち、このたわみを最小限にするためには、矢の重心を矢の先の方にするのが良いと考えられ、この考察は、弓道で用いられる弓での左右でのたわみのときでも同様に考えられる。また重心が51.7cmのときに大きく外れてしまったのは、人的要因によるものが大きいと考えられる。

5. 今後の展望

今回の実験は装置を使ったものの、すべてが装置というわけではなく、細かいところは人力でやるしかなかったところがあった。そのため、その部分をすべて装置化して、人的要因を最大限まで取り除いた結果で再び適切な位置を探っていきたい。また、矢のたわみが、重心を固定端として振動しているとの仮定が正しいかどうかを次回の実験で検証したい。

6. 謝辞

本研究にあたり、様々なご指導、助言をしてくださった探Q指導員の木浦弘哲氏に感謝を申し上げます。

7. 参考文献

- [1]加賀勝(1987)「弓道における矢の飛行シュミレーション」群馬大学社会情報学部研究論集 第21巻 53-72頁
https://www.jstage.jst.go.jp/article/budo1968/20/2/20_181/_pdf/-char/ja(最終閲覧2024年2月7日)