

吹き矢の精度に関する研究

井上 敬太 久保 歩 藤井 康晴

1. 要旨

吹き矢は古来から世界各地で狩猟具として利用され、今日ではスポーツとして幅広い年代に愛されている。私たちはそんな吹き矢に興味を持った。しかし吹き矢に関する文献は少なく、公式大会で使われている吹き矢にはまだ改善の余地が残されていると考えた。そこで吹き矢の重心や吹き矢後端部のスポンジの有無、矢を射出する際の吹き矢の向きを変化させ実験を行った。結果は重心率 0.40 程度での精度が最も高く、スポンジがあることで精度が向上し、矢詰まりが解消されることが分かった。また矢を射出する際の向きを統一することでも精度を向上できることが分かった。

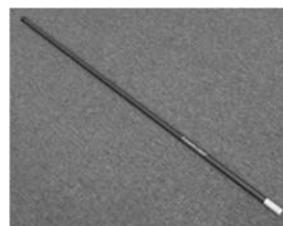
2. 序論

吹き矢は日本では江戸時代から娯楽として親しまれており、一部の民族では現在でも狩猟具として吹き矢を利用している*1。そして今日では健康によいスポーツとして幅広い年代に愛されている。公民館でも年配の方を中心に吹き矢を吹いている様子が散見できる。また、防犯目的として染料付きの吹き矢が長野県下諏訪町のコンビニエンスストアで訓練時に導入された*2。しかし、公式大会で使われている吹き矢にはまだ改善の余地が残されていると考えた。先行研究には「吹き矢の研究～狩猟民族の気持ちになって～」*3があり、この研究では竹串にコルクを刺した矢を用いて重心位置と精度に関する研究を行っていた。ここでは、長さ 8cm 重心率 0.26 が最適とされている。しかし、日本で主要な矢として挙げられるのはこのような矢ではなく、円錐形のものである。そこで私たちは円錐形の矢を用いて実験を行った。また「吹き矢について | 国際吹き矢道協会」*4 というホームページには「(円錐形矢の)長さは 21 cm くらいがよいと思います」という記述がある。私たちは先行研究やホームページでは研究されていない円錐形矢における重心位置と精度に関する研究を行うことにした。この研究で吹き矢の精度を上げ、スポーツ吹き矢のより一層の発展に貢献することを目標としている。

3. 吹き矢について

吹き矢とは、1-3m 程度の中空の筒と、これに使用する針が付いた矢からなる、狩猟や競技に用いる道具である*1。(写真 1)

私たちは吹き筒に内径 13 mm、長さ 123.2 cm の塩ビ管を用いた。矢については長さを 21 cm 程度とした。



【写真 1】吹き筒

4. 実験方法

実験器具は競技用吹き矢(写真 2)、吹き筒、的からの距離を測定するための巻き尺、的(写真 3)、的を固定するための椅子、速度測定器である BeespiV(写真 4)、吹き筒(写真 5)を固定するためのスタンドである。全体の配置は(図 1)に示した。

※今回の実験においてエアコンプレッサーで風量を一定にする予定でいたが、試射をする中で、矢後端部のスポンジが食い込み、矢が詰まってしまったため、同じ人が吹くということにした。



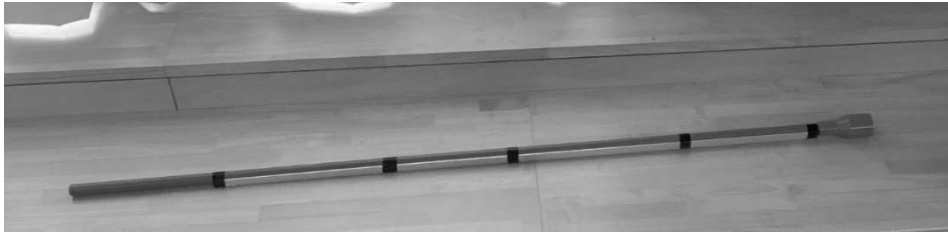
【写真 2】競技用吹き矢



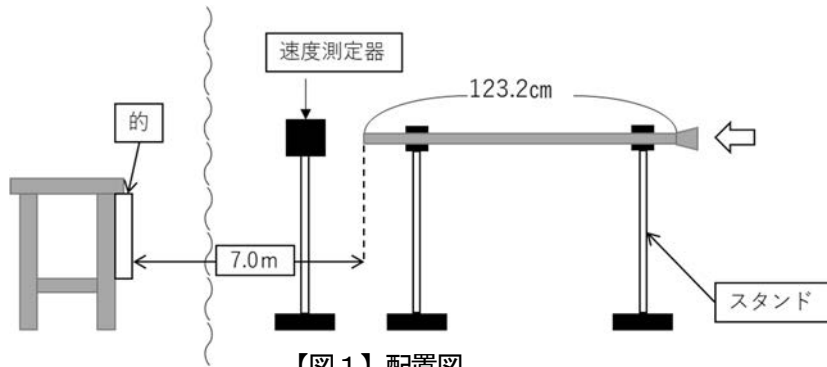
【写真 3】的 (250 mm×250 mm)



【写真 4】BeespiV



【写真5】吹き筒



【図1】配置図

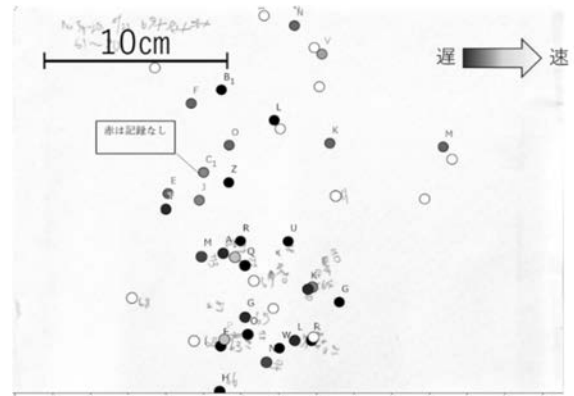
5. 分析方法

精度の分析方法について、先行研究では半径5 cmの円を中心に5 cmごとに大きくなる同心円を4重に書き、外側から1点、2点、...、5点とし、点数の平均で精度を評価していた。しかし、吹き筒をスタンドを用いて固定する都合上、吹き筒の向きを的の中心に向けることは難しい。私たちの研究では、幾何分析ソフト GeoGebra^{*5}を用いて矢の着弾点の座標を出し、x座標、y座標の標準偏差を算出した。

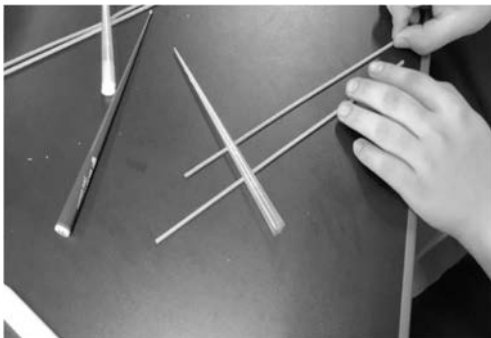
具体的な方法は、

- (1) iPadの「メモ」アプリで的をスキャンする
 - (2) 座標上での1の長さを1 cmとし、的を実際の大きさと一致させるため
 的の左下を(0,0)、右下を(29.7,0)に固定する
 - (3) 着弾点の位置をプロットしx座標、y座標の標準偏差を算出する
 - (4) 速度を8つに分け、速度域ごとの傾向を分析する
- 完成したものを図2に示した。

私たちの研究では、矢の重心位置を評価するために「重心率」を定義した。重心率とは、吹き矢の頂点から重心までの長さを a 、重心から後端部まで長さを b とし、 $\frac{a}{a+b}$ と定義される値である。



【図2】分析例



【写真6】大まかな重心の特定



【写真7】正確な重心の特定

重心の特定方法について、同じ材質で地面に水平な二本の棒を用いてそれらを近づけていく左の方法(写真6)でおおよその重心を特定し、右の方法(写真7)で、糸でつるすことによって正確な重心の位置を特定する。
 また、以降で矢の重心率と重さを(矢の重心率・重さ)と表記することにする。

6. 実験

【実験①】

目的：競技用矢の後端部のスポンジの役割について調べる。

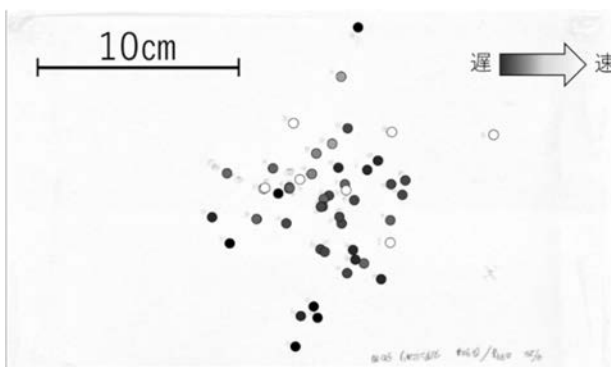
競技用矢にスポンジがついており、どんな効果があるのか疑問に思い実験を行った。

方法：スポンジありの競技用矢とスポンジなしの競技用矢で比較を行った。スポンジありの矢とスポンジなしの矢をそれぞれ50回ずつうち、標準偏差の違いを調べた。

使用した矢 スポンジあり(0.323・0.940)n=50 ※n=試行回数

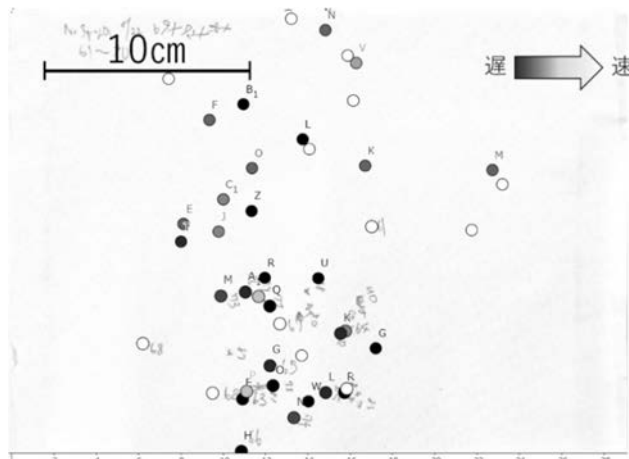
スポンジなし(0.348・0.940)n=50

結果



【図3】スポンジありの的

スポンジあり
 $n=50$ (図3)
 $Sx=2.539$
 $Sy=3.498$
 速度域
 28.99–39.25m/s



【図4】スポンジなしの的

スポンジなし
 $n=50$ (図4)
 $Sx=3.548$
 $Sy=4.710$
 速度域
 14.83–52.74m/s

考察：縦方向の分散 Sy は、吹くたびに変わる吹き矢の速度に大きく左右されると考えたので、横方向の分散 Sx の値を評価することにした。スポンジありの Sx は2.539、スポンジなしの Sx は3.548より、スポンジありのほうが標準偏差が小さくなり、ブレが少ないと考察できる。また、スポンジなしの矢では、実験中、何度か矢がつまることがあったが、スポンジありの矢ではそういったことがなかった。このことから、スポンジには矢詰まりを抑制する働きがあるといえる。

【矢の作り方】

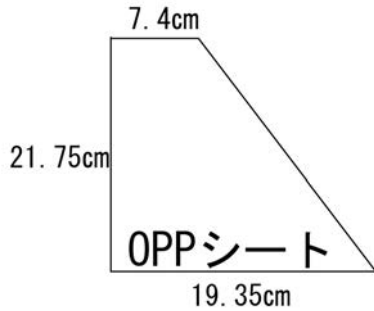
実験②以降では重心率や重さを調整するため、矢を自作した。

- (1)OPPシート (図5)
- (2)巻き終わりを接着剤(写真8)で固定する。
- (3)先端やスポンジにおもりをつけ重心を調整する。
- (4)完成(写真9)

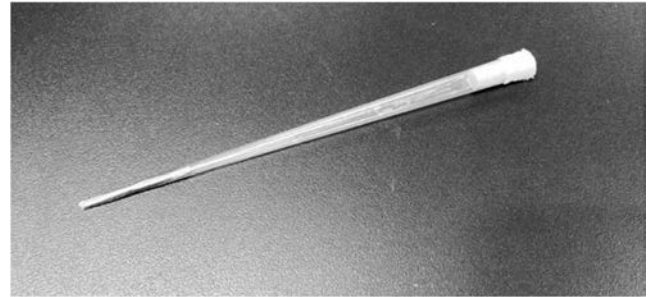
※本研究では、おもりとして粘土やアルミホイル、アルミテープを先端や後端部のスポンジにつけている。



【写真8】接着剤等



【図5】展開図



【写真9】完成型

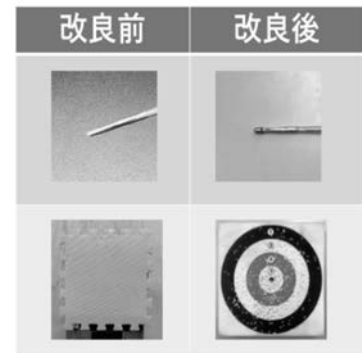
【実験②】

目的：矢の重心位置と精度の関係について調べる。

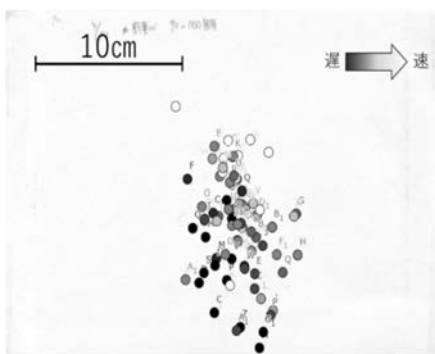
方法：前重心の矢について、矢の先端が的に当たる際の衝撃で潰れたり、曲がってしまったりしたため、一本の矢のみでの実験は難しい。よって、この実験では、前重心の矢として重さや重心率をなるべく揃えた矢(i)(ii)(iii)(iv)で実験を行った(表1)。これ以降、的や吹き矢の先端を実験方法で紹介したものに改良した

	(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)
重さ [g]	1.435	1.451	1.470	1.446	1.445
重心率	0.388	0.368	0.356	0.365	0.487

【表1】使用した矢

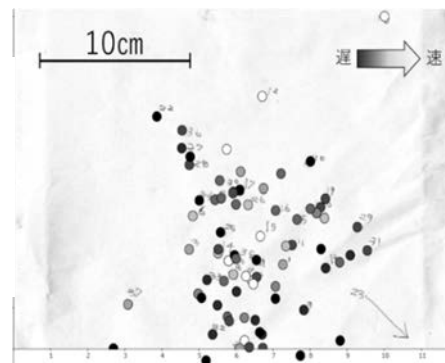


【写真10】的と矢の改良



【図6】前重心の的

前重心
 $n=100$ (図6)
 $Sx=1.440$
 $Sy=2.472$
 速度域
 29.30-36.89m/s



【図7】真ん中重心の的

真ん中重心
 $n=80$ (図7)
 $Sx=3.601$
 $Sy=4.017$
 速度域
 32.74-37.82m/s

(写真10)。以前まで使用していたものをそれに加えて、真ん中重心の矢として矢(v)を用いた。

考察：実験①と同様に S_x の値で精度を評価すると、前重心の S_x は 1.440、真ん中重心の S_x は 3.601 より、前重心のほうが標準偏差が小さく、ブレが少ないと考察できる。また、私たちの研究では重心率を変数として実験をおこなっているため、重さと精度の関係については深く言及できない。しかし、実験①と実験②の矢では重心率、スポンジの有無等の条件がある程度一致しているにも関わらず、 S_x が 2.539 重さに起因していると考察できる。(表 2) によって矢の重さと精度には相関関係があるのではないかと考えた。

	重心率	重さ (g)	S_x	S_y	速度域 (m/s)
実験①	0.323	0.940	2.539	3.498	29.30 - 36.89
実験②	0.369	1.451	1.440	2.472	32.74 - 37.82

【表 2】 実験①と②の比較

【実験③】

目的：横方向の重心と矢の軌道の関係を調べる。

先行研究では、前後方向の重心しか考慮していなかったが、矢の重心は実際には、立体であり横方向も存在するのではないかと考え、もしも矢全体を回転させることで飛ぶ方向に違いが生じるならば、私たちが制御しなければならぬ変数が存在することになることから、この実験を行った。

方法：矢の後端部に印をつけ、印を 90 度ずつ回転させ、矢の軌道の違いについて調べた。実験③では、前重心の矢(0.404・1.463)と後ろ重心(0.718・1.462)を使用した。前重心はそれぞれの方向について 20 回ずつ、後ろ重心はそれぞれの方向について 10 回ずつ調べた。なお、後ろ重心の矢の実験の左向き 7 回目を打った後、スポンジを紛失してしまったため、それ以降は実験できていない。

結果：前重心の結果で(表 3)の()の中の数字は、時計の文字盤の方向に対応している。(図 8)に前重心の実験的を示した。

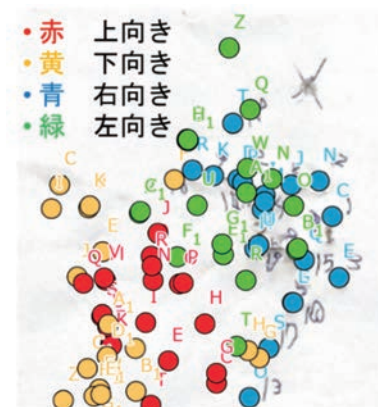
後ろ重心の結果について述べる。以前の研究で後ろ重心の矢が当たらないことが分かっていたため、今回は矢が空中でまがった方向を 8 方向に分類し、矢印で表現した(表 4)。

	S_x	S_y	n
上 (12)	1.204	0.7890	20
下 (6)	1.501	1.622	20
右 (3)	0.9991	1.808	20
左 (9)	1.258	1.813	20

【表 3】 前重心の結果

上	下	右	左
↓	↗	→	真っ直ぐ
↓	→	→	↗
↓	→	↑	↑
↓	↗	↗	↘
↓	↑	↗	↘
↓	→	↑	→
↓	→	↗	以降なし
↓	↗	↗	
↓	↗	←	

【表 4】 後ろ重心の結果

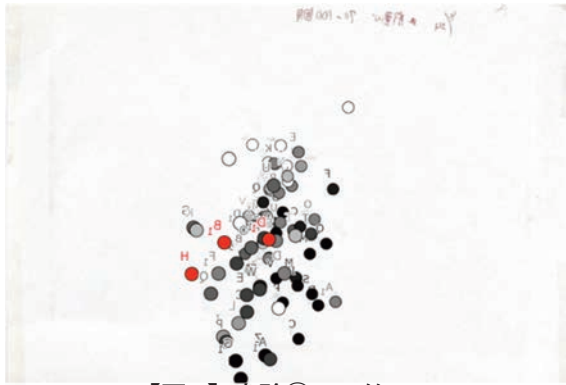


【図 8】 前重心的

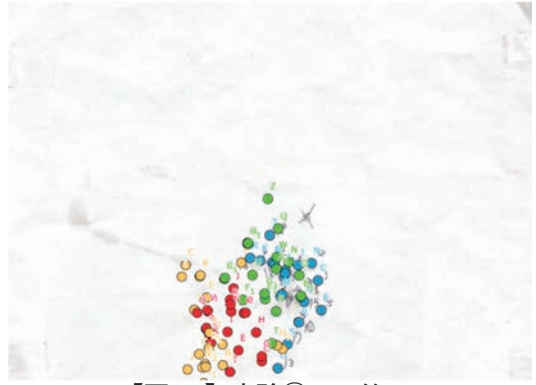
考察：(表 4)より、後ろ重心で印を上方向に向けたとき、矢がすべて下に向かっていることがわかる。しかし、それ以外の方向では法則性は見られない。よってこれらの関係がよりはっきりとなるような実験が必要だろう。また前重心では的の着弾点に注目すると回転を考慮した場合ある程度矢の着弾点が集まっていることがわかる。このことから、前重心では横方向の重心を考えることで矢のブレによるばらつきをある程度抑制できる。また、実験②と比較した(表 5)より重心率が 0.370 より 0.404 のほうが標準偏差が小さくなり、精度がよくなっていることが分かる。下の(図 9.10)を比較しても当たっている箇所が小さくなっていることが分かる。

	S_x	S_y	n	重心率
実験②	1.440	2.472	100	0.370程度
上 (12)	1.204	0.7890	20	0.404
下 (6)	1.501	1.622	20	
右 (3)	0.9991	1.808	20	
左 (9)	1.258	1.813	20	

【表 5】 実験②と実験③での前重心の比較



【図9】実験②での的



【図10】実験③での的

7. 結論

以上より円錐形矢は、重心率 0.40 程度が最適であり、同じ向きで吹くことによって制度を高めることができるということが分かった。

8. 今後の展望

実験ごとに矢の耐久度などの都合で、試行回数にばらつきが生まれてしまったため、すべての実験で 100 回まで試行回数を増やす必要がある。

重心率 0.40 程度が最適値としたが、矢の形状で重心率の最適値が変わったように重さや長さでも変わる可能性があるため、その部分を突き詰めていく必要がある。また、矢ごとの特徴を考慮できておらず、矢によっては、精度が悪くなることがあるかもしれない。

また、エアコンプレッサー等で風量を調整したかったが、矢が詰まることが多く断念し、同じひとが吹くこととしたため、個人での差が生まれてしまっている可能性がある。

実験③での考察の通り、何らかの要因がある可能性があるため再実験が必要である。

9. 参考文献

*¹Wikipedia. “吹き矢 - Wikipedia”. (参照 2024-07-31)

<https://ja.wikipedia.org/wiki/吹き矢>

*²朝日新聞デジタル. “吹き矢を吹いて防犯訓練 長野・下諏訪のコンビニ”. (参照 2024-07-31)

<https://www.asahi.com/articles/ASP5Y0J93P5XUO0B00B.html>

*³静岡県総合教育センター. “吹き矢の研究～狩猟民族の気持ちになって～”. (参照 2023-07-07).

<https://gakusyu.shizuokac.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/043031.pdf>

*⁴樋口 裕乗. “吹き矢について-国際吹矢道協会”. 吹き矢について | 国際吹矢道協会. 2023-05-14. (参照 2023-07-07).

<https://fukiyaman5.wordpress.com/吹き矢の団体など/>

*⁵幾何 - GeoGebra.

<https://www.geogebra.org/geometry?lang=ja>

10. 謝辞

担当の小谷先生、研究内容について多くのアドバイス、ご指導をしてくださった先生方に心から感謝申し上げます。