

“金魚すくいの最適解”



	佐賀県立佐賀西高等学校 1年 山口颯仁	
--	------------------------	--

動機

私の住む佐賀県には、毎年、「栄の国祭り」という祭りが行われる。もちろん、そこで開かれる屋台の中には、全国各地で開かれる祭りと同じように「金魚すくい」がある。しかし、これまでいくら挑戦しても数匹しかすくえず、1匹も救えないことさえあった。そこで、今年こそは少なくとも **10 匹以上の金魚** をすくおうと思い、本研究では、**どのようなすくい方**ですくうのが1番金魚すくいに適しているのか考察した。

目的

ポイが最も破れにくい金魚のすくい方を研究し、実践して 10 匹以上の金魚をすくう。

研究の前提条件

- ポイの直径は 8cm とする。
- ポイを動かすスピードは毎秒 8cm とする。
- 入出水時でのポイと水面とのなす角は $\frac{\pi}{6}$ 以上とする。（泳いできた金魚がよけられずにポイを破ることを防ぐため）
- 実践する際のポイは 6 号（紙の薄さ 4～7 号がある）を用いる。（一般的なもの）

内容

研究 1 金魚すくいの分析

そもそも、金魚すくいの定義とは何か。Goo 辞書より引用始め「浅い水槽中の金魚を、ポイ（針金の枠に薄い紙を張った杓子）などですくい取る遊び。」終わり。このことから、次のことが分かる。

- 水槽の深さから、金魚はさほど深いところまで泳ぐことができない。
→ポイを水に沈める過程で1度も金魚と遭遇せずにポイが破れることは無い。
- ポイには簡単に折れることのないしっかりとした枠がある。
- もちろん紙は薄い。

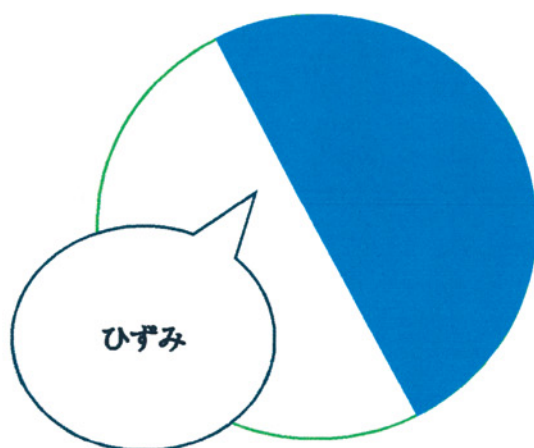
よって、本研究の趣旨は、「紙が破れにくいようなすくい方」を考えることであると言え換えられる。

研究 2 ポイと水

2-1 ポイの濡らし方

紙が濡れぬよう、少しずつポイに水を付けてすくおうとする人をよく見かけるが、それは金魚すくいに適しているのだろうか。

まず、濡れた紙の強度は濡らしていない紙に比べて劣る。つまり、1 部だけ濡らしたポイには、強度の弱い箇所と強い箇所の 2 つが存在することとなる。すると、その境目にはひずみが生じる。よって、そこからポイが破れる可能性がある。



実際にポイを購入し、38gの重りを乗せて紙の強度を調べてみた。

濡れていない紙 (参考となる：濡れることは必至であるため)		枠に乗りきることができなかったが、少なくとも12個(456g)の重りが乗った。
濡れた紙		6個(228g)の重りが乗った。7個(266g)目でポイが破れた。
濡れた部分と濡れていない部分のある紙		1個(38g)の重りが乗った。2個(76g)目で濡れていない部分との境目と平行に破れた。

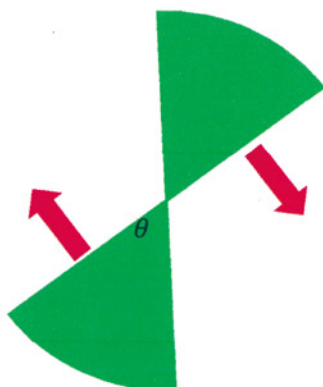
したがって、入水時、ためらわずにポイの全面を水に付けることが重要である。

2-2 入水方法

ポイを水に入れる際に気を付けねばならないことは、水の抵抗である。水の抵抗を減らすためには、水と触れ合う面積を減らす必要がある。では、どのようにして入水すればよいのか。入水する方法には、ポイをすでに傾けた状態で徐々に水につけていく方法(A)と、垂直に1度入水し、水中で傾ける方法(B)の2通りがある。では、どちらの方法がより水の抵抗を受けなくて済むのか。

(A)

入水時は棒にしか水が当たらないため、そのときの抵抗は考えない。よって、水中で回転させるときの抵抗のみを考えればよい。ポイを水中で θ° 回転させるとすると、($\frac{\pi}{6} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$.)

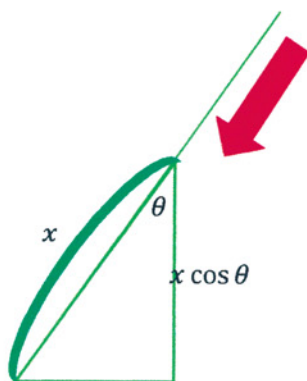


水の抵抗を受けるポイの面積は、

$$\frac{\theta}{2\pi} \times 8\pi \times \frac{1}{8} \times 4^2\pi = 8\pi\theta.$$

(B)

新しい部分が入水するたびに水中にあるポイが水の抵抗を受ける。ゆえに、これには場合分けが必要である。入水した長さを x cmとすると、 $0 \leq x \leq 4$ の場合、(A)と同様にポイを θ° 回転させた状態で入水させるとすると、($\frac{\pi}{6} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$.)



水の抵抗を受けるポイの面積は,

$$\int_0^{\cos \theta} \left\{ 16\pi \times \frac{\cos^{-1} \frac{x^2 - 8x + 8}{8}}{2\pi} - (4-x)\sqrt{8x-x^2} \right\} dx$$

となり, ポイの横幅を考えた場合, 非常に複雑になってしまう. そこで, ポイの横幅を最大の 8cm に固定して水の抵抗を受けるポイの面積を調べると, 次のようになる.

$$\int_0^{\cos \theta} 8x dx = 4 \cos^2 \theta.$$

それでは, (A) と (B) を比較する.

$$\frac{\pi}{6} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}, \text{ から, } 0 \leq \cos \theta \leq \frac{\sqrt{3}}{2}.$$

よって, (A) の場合の水の抵抗を受けるポイの面積の範囲は,

$$\frac{4}{3}\pi^2 \leq 8\pi\theta \leq 4\pi^2.$$

(B) の場合の水の抵抗を受けるポイの面積の範囲は,

$$0 \leq 4 \cos^2 \theta \leq 3.$$

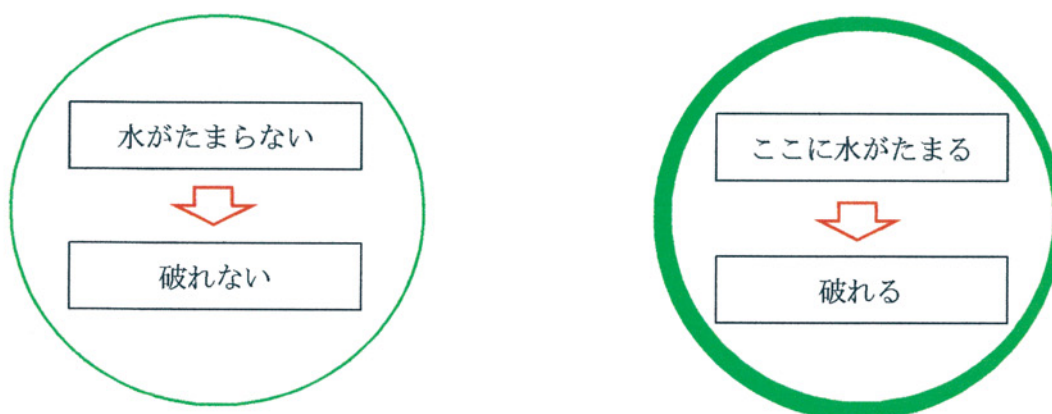
したがって,

$$4 \cos^2 \theta < 8\pi\theta,$$

であるから, 明らかに (B) の場合の方が水の抵抗を受けるポイの面積が小さい.

研究 3 ポイの上下

ポイには表裏がある. しかし, どちらですくえばよいのかは自明である. もちろん, **紙が貼られている表の方だ.**



紙が貼られていない下を使うと, 枠によって紙の上に水が溜まってしまい, 金魚をすくい上げるときに紙に溜まった水の重さが加わってしまう.

研究 4 金魚のすくい方

4-1 ポイへの乗せ方

金魚には習性がある。一般に、魚は壁に沿って泳ごうとする。(定置網漁では、この習性が用いられている。) また、当たり前のことだが、基本的に魚は後方に泳ぐことができない。したがって、金魚の前方からすくえば、金魚が逃げることは無い。

4-2 すくう金魚の位置

ポイが破れる大きな理由として金魚によるダメージがあげられる。では、金魚によるポイのダメージを最小限に抑えるにはどうすればよいか。金魚が地上で大きく動かすことのできる部位は尾びれだけなのだから、その尾びれをポイから外に出すようにすればよい。

研究 5 複数匹の金魚をすくう

多くの金魚を少ない回数ですくおうと思い、1 度に複数の金魚をすくうことはポイにとって悪い影響があるのだろうか。ここでは、金魚の体重を kg 、金魚がポイと触れ合う面積を lcm^2 1 度にすくう金魚の数を n 匹として考える。しかし、問題となるのはポイにかかる全体の重さではなく、単位面積当たりの重さ、つまり、ポイにかかる「圧力」である。したがって、ポイにかかる重さは、1 匹の場合と複数匹の場合でそれぞれ、

$$k(g), nk(g)$$

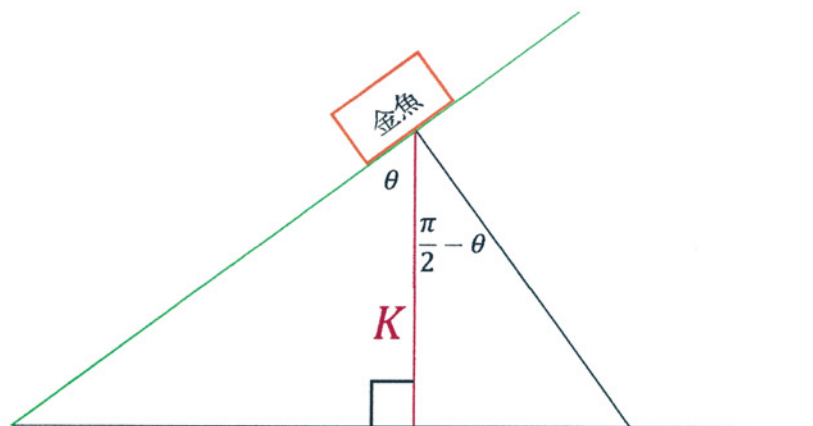
であるが、圧力は、それぞれ、

$$\frac{k}{l}, \frac{k}{l'}$$

となり、変化しない。つまり、何匹同時にすくおうと、ポイには影響しないと言える。

研究 6 ポイの角度

研究 2-2 で、ポイを傾けて入水すると良いことが分かったが、何度傾けると良いのだろうか。問題となるのはすくい上げるときにポイにかかる金魚の重さだから、研究 2-2 での角度 θ をもちいて考察すると、**金魚からの重力**があるため、ポイの受ける力は次のようになる。



金魚にかかる重力を K とすると、ポイにかかる力は、

$$K \cos\left(\frac{\pi}{2} - \theta\right) = K \sin \theta,$$

である。よって、 θ が0に近ければ近いほどポイにかかる力は小さくなる。したがって、

$$\frac{\pi}{6} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2},$$

より、 θ の最小値は $\frac{\pi}{6}$ だから、最適な θ の値は $\frac{\pi}{6}$ である。

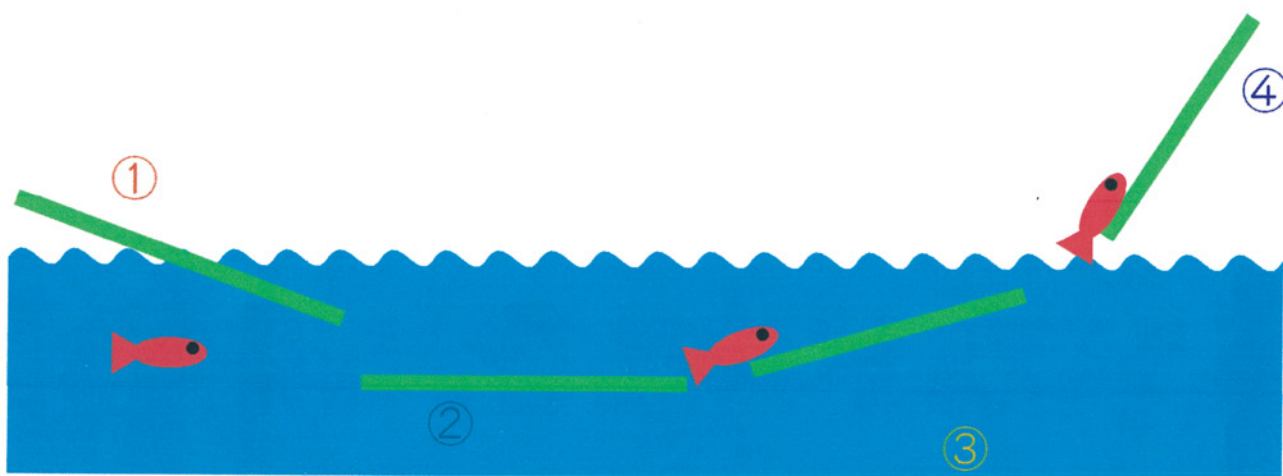
研究 7 水中でのポイの動かし方

研究 2-2 や研究 6 で、入出水時のポイの動かし方が分かったが、水中ではどのようにポイを動かせばよいのだろうか。もちろん、水の抵抗を少なくすればよいことには変わらない。したがって、水中では、**地面と平行（水平）**にしてポイを動かすべきである。

研究 8 ポイの動かし方（まとめ）

ポイの動かし方についての研究結果をまとめる。

可能な限り寝かせて入水した①ポイを金魚の前方に来るように水中で徐々に水平にして金魚を後方にとらえることができるまで地面と平行に移動させ、②水の抵抗を最大限に減らすためにポイを斜めに水から出しつつ③ θ が $\frac{\pi}{6}$ になるようになるまで傾け、金魚の尾びれと水を十分にポイから出すようにして④金魚をすくう。



実践

内容の研究 1 から研究 8 を踏まえ、動機にある「栄の国祭り」で行われる金魚すくいの屋台へ行き、実践した。ただし、水槽の水が揺らいでポイが破れるのを防ぐために花火などで混雑する時間帯を避けた。ここでは、その結果を報告する。



実践の結果、1 つのポイで 59 匹
もの金魚をすくうことができた。

結論

紙が貼ってある方を上にしたポイを水の抵抗を受けぬように斜めに入水させ、金魚の前方から水平に金魚を追い、尾びれをポイの外に出すようにして斜めに抜き取りつつすくえば、より多くの金魚をすくうことができる。また、1度に複数の金魚をすくっても問題は無い。これらを踏まえて実践してみると、目標の10匹を大幅に超える59匹もの金魚をすくうことができた。

感想

非常に難しい金魚すくいですが、しっかりと金魚の習性を考え、数学的な視点を持って取り組めば、たった1つのポイでも59匹もの金魚をすくえるのだと痛感しました。また、研究の過程でこれまで計算をするばかりであった積分法の本当の必要性など、数学の使い道について学ぶことができたと思います。今後も、「数学的な視点を持つ」ということを忘れずに身のまわりのものに気を配っていきたいです。

謝辞

頂ける金魚の上限の5匹を超え、59匹の金魚をすくい、ポイが破れるまで私を見守って頂いた金魚すくい店の方々に心から感謝いたします。