

射出水の螺旋運動と水平到達距離の伸長

2年3組 赤松 駿 2年3組 増田 陽海 2年3組 宮本 健斗
指導者 浦辻 規幸

1 課題設定の理由

普段私たちが水をホースなどで水を射出する際、同じ運動エネルギーを持つ個体と比べると遠くへ飛んでない。それは、水が持つ力学的エネルギーが振動や、複雑な水流に消費されているからだ。そこで先行研究（菊池ら、2017）では、ホース内に凹凸を作ることで、複雑な水流を作らず、余分なエネルギーを減らし水流を安定させた。しかし、安定した凹凸が作ることが難しく、さらに複雑な水流を作ることとなり、さらに余分なエネルギーを消費する結果となった。先行研究を踏まえ、他の方法で安定した水流を作り出すことを目的とし、本研究を行った。

2 仮説

本研究では以下の仮説を立て、実験を行った。

- (1) 螺旋が発生している水流は、通常的水流より複雑な水流が減少し、より高い並進の運動エネルギーが得られる。
- (2) 水流を合わせる条件を変えることで発生する水流に違いが生じる。

3 実験・研究の方法

ベルヌーイの定理より二つの水流を交差させると、螺旋が生じる。本研究では、重複率や交叉角度、水圧等の条件を変えることで、より水流が安定する条件を研究した。

(1) 水平到達距離の測定

- ・各条件について10回測定し、その平均値を記録とする
- ・各条件について同じ高さから射出する

(2) 条件設定

実験1 交叉角度、水圧を一定にし、水流の重複率を変える。

実験2 実験1で水平到達距離が最も伸びた重複率を用いる。交叉角度を15°から75°まで15°ずつ変え、水圧を5hPaから30hPaまで5hPaずつ変える。

実験3 実験2から20hPaの時、ピークが53°付近にあると考え、20hPaで交叉角度を50°から60°まで変える実験を行う。

4 実験装置

(1) 実験機材（図1、図2）

以下の器材を使用し、実験を行った。

- ・射出用円筒
内部直径 20mm 全長 1m 素材：塩化ビニル
- ・貯水容器
塩化ビニルのポリバケツ 2個
※ポリバケツに20mmの穴をあけ、その穴に円筒を10mm差し込む
- ・使用道具
 - 1m定規
 - 分度器
 - 木材製ベンチ二つ
 - 発泡スチロール
 - ガムテープ

(2) 定圧化方法

一定の高さに穴をあけ、常に水があふれ出るように水を入れることで、射出用の円筒において、水圧が変わることなく水を射出し続けることが可能となる。



図1 実験装置の写真1



図2 実験装置の写真2

5 結果と考察

(1) 実験1の結果

図3に実験1の結果を示す。50%の時最も水平到達距離が伸びた。よって、実験2・実験3では重複率は50%を用いる。25%を除き、交叉角度が鋭くなるほどに水平到達距離が伸びているため、鋭くなるほどより整った水流が発生していると考えられる。しかし、25%の場合のみ、他の値に反し水平到達距離が伸びていないため、25%より鋭くなると水流が乱れると考えられる。

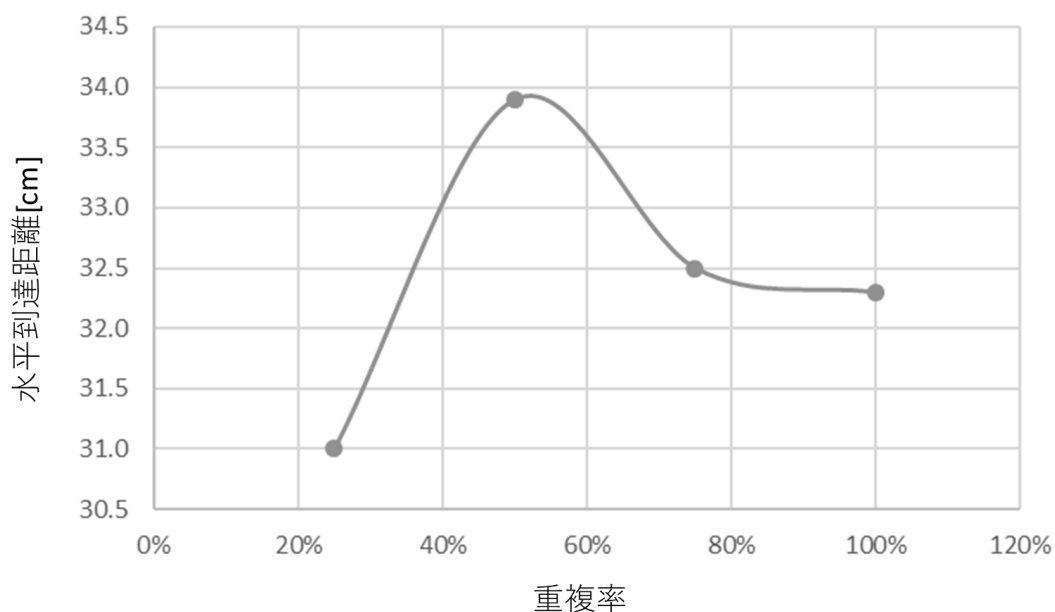


図3 実験1の結果のグラフ

(2) 実験 2 の結果

実験 2 の結果を **表 1** と **図 4** に示す。表 1 において丸印が付いているものは各水圧における最長距離である。45°で水を交わらせ、水圧 15hPa で水を射出した場合、水を交差させずに射出した時より水平到達距離がより伸びた。これにより、水流の螺旋運動を制御することで高い並進の運動エネルギーを取り出すことができたと考えられる。

またどの交叉角度においても、水圧が大きくなるほど、螺旋運動をさせた水流の水平到達距離が一本の水流のときの距離に近づく結果となった。水圧が高くなるほど、無駄な回転や振動といった運動が減り、水平到達距離が伸びたと考えられる。

交叉角度を 15°に水を交差させて射出した場合に、通常的水流との値の昇降が少なかった。このことから、水を交差させる角度が小さい場合、本研究の水圧の範囲と重複率では、一本の水流に水流になるのではないかと考えられる。

45°・15hPa、75°・30hPa の時、前後の水圧や前後の角度では高くないにもかかわらず、水平到達距離が大きくなった結果が得られた。そこで、**表 1** にある点線上に各水圧の水平到達距離のピークがあるのではないかと仮説を立て、その場合 20hPa の時のピークは 53°付近にあると予測して、実験 3 を行った。

表 1 水平到達距離の結果 [cm]

	15°	30°	45°	60°	75°
5hpa	18.8	14.9	15.9	16.7	15.9
10hpa	26.7	25.1	23.4	26.1	23.3
15hpa	31.8	31.8	33.9	30.2	28.1
20hpa	39.3	36.8	35.6	34.6	35.0
25hpa	45.2	42.1	41.6	40.6	43.2
30hpa	48.3	49.5	45.6	45.9	50.2

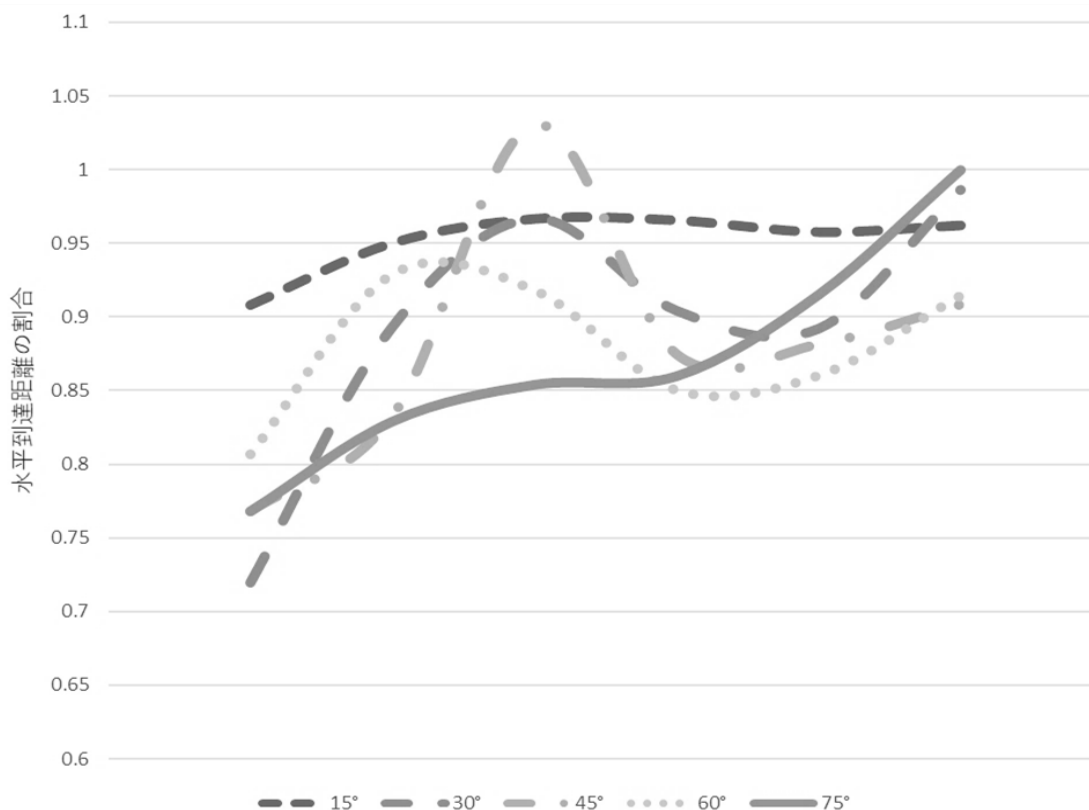


図 4 一本の時を基準として規格化した水平到達距離の割合のグラフ

(3) 実験3の結果

実験3の結果を図5に示す。55°においてピークが得られる結果となった。予想と二度ほどずれた結果だが、45°、75°もその付近を細かく調べることでより高い値が出る可能性を示唆する結果となった。このことより交叉角度-水圧平面においてピークは、直線ではなく、曲線に近い形で存在しているのではないかと考えることが出来る。角度依存性や水圧依存性を示唆する結果となったため、より連続した条件での測定する必要がある。

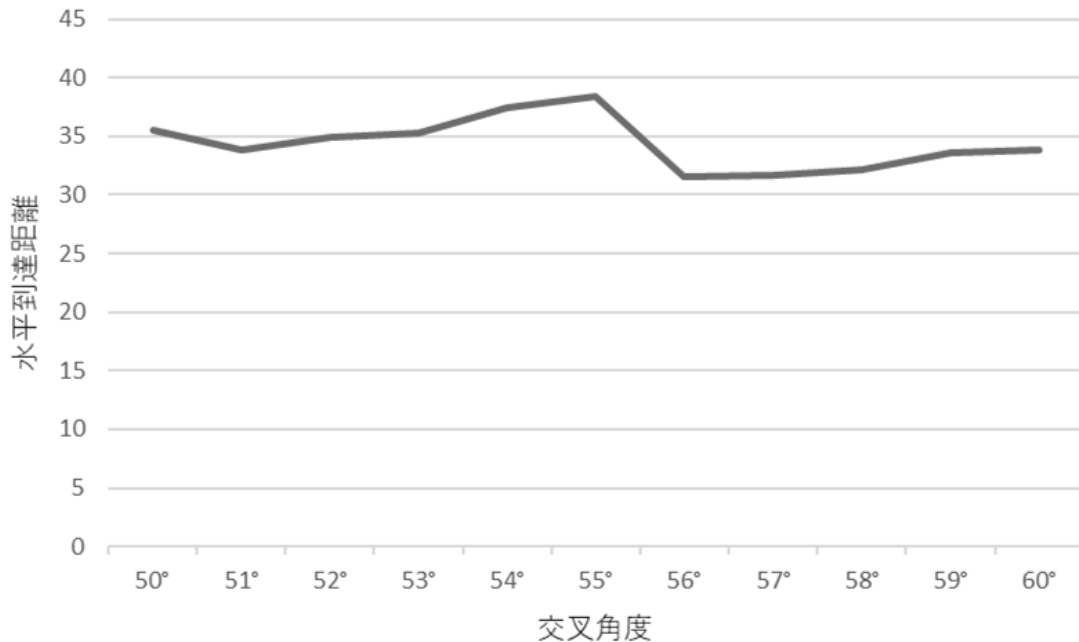


図5 25hPaで交叉角度50°~60°での水平到達距離のグラフ

6 まとめと今後の課題

細かく条件を変え、交叉角度45°・15hPaよりも並進の運動エネルギーも取り出せる場合を調査したい。また、交叉角度15°は水平到達距離が大きく変化しなかったため、交叉角度15°において水平到達距離が大きく伸長する水圧と角度条件を調査したい。本研究で用いた3要素である、交叉角度・水圧・重複率のうち、重複率を固定したので、重複率も変数とした実験も行いたい。また今回の実験は天候、気温、気圧、風量や風向といった環境要因を配慮せずに行ったため環境要因を考慮して研究したい。

参考文献

- ・菊池八大、清家滉生、東響光、山上太一、「ホースの内部構造による射出水の水平到達距離の伸長」『平成29年度愛媛県立宇和島東高等学校SSH生徒課題研究論文集』
- ・関眞佐子、「初心者のための流体力学」『日本バイオロジー学会誌1997』
- ・村上信太郎、浅古豊、「層流/乱流におけるマイクロチューブ圧縮性流れの局所管摩擦係数に関する研究」『日本機械学会文集2010』