

紙飛行機に空力翼艇をつけて飛ばしたい！

磐田市立磐田北小学校

5 年 小林 英治

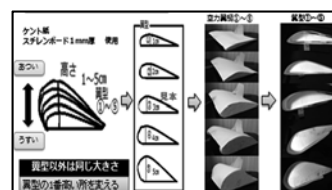
1 動機

空力翼艇の工作をして、「これだけ！航空工学」を読んだら、周りの流れや形によるカルマン渦を詳しく見たくなった。前年の研究の『パイプオルガンの仕組みについて』でホイッスル実験をした時に「カルマン渦ができて空気が振動し音が鳴る」ということを知ったが、実際の渦がどんなものか調べたい。渦を観察して、翼型の高さを変えた空力翼艇がどう飛ぶか、それらが揚力はどう影響するのかを考え、よく飛ぶ空力翼艇を紙飛行機につけて飛ばしたい。

2 研究

(1) 5 種類ずつ空力翼艇①～⑤・翼型①～⑤の工作をする。

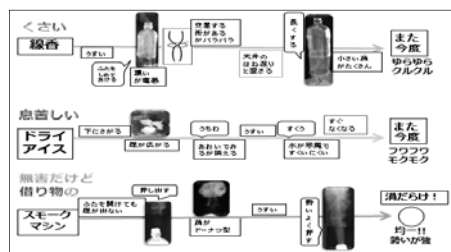
方法 『薄く軽い方が飛ぶ』と本に書いてあるのに、工作本の見本はなぜ 3 cm もあるのか？と疑問に思い、翼型の 1 番高い所の高さを 1・2・3・4・5 cm と変えた空力翼艇と翼型を工作した。



(2) 煙選びと観察方法。

方法 整流装置を使うか迷ったが、本に『抗力はすべての部分から発生する』とあったので、板やストローなどに煙がぶつかった時、筒の中も実は渦だらけなのではないかと考え、まずは渦を見ようとペットボトルを使った。線香の煙の上昇気流で見れるか？など、煙を分けるのとは別の方法で当てる所を変えたりして、もっと手軽に見えないかな？と考えた。

～ 3 つの煙の問題点～

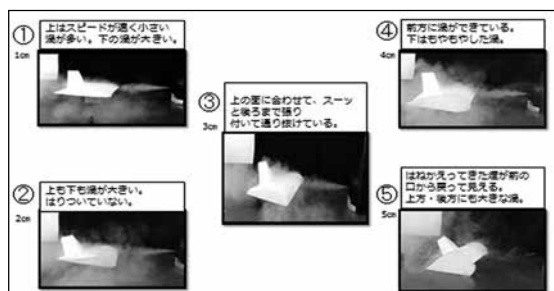


結果と考察 線香は筒の中も煙の乱れが大きく、ドライアイスでは煙が薄くて下に降りて無くなってしまいうので、2 つとも整流装置がいると考える。どの煙も渦だらけだったので、煙が濃くて、均一に吹きつけられるスモークマシンに決め、煙の勢いが強いのでスマホのスロー画像で渦を撮り、スクリーンショットで静止画にして、渦を観察した。

(3) 色々な形に煙を吹きつけて、空気の流れや渦を見る。

方法 積み木 (三角柱・円柱・角柱・家型・プロペラ)、おもちゃのプロペラ (竹とんぼ、ひねりのある 2 枚羽・3 枚羽)、翼型①～⑤、空力翼艇①～⑤など、煙を吹きつけて観察する。

結果と考察 積み木の渦は、面積と角度が大きくなるとはね返りや渦が大きくなることが分かった。煙が途中で分かれたり、煙が離れる点 (はく離点) が見えた。煙を当てる位置によっても、はね返りやはりつき方が違い、矢印に見えたりと意外な煙の形が見ることができた。



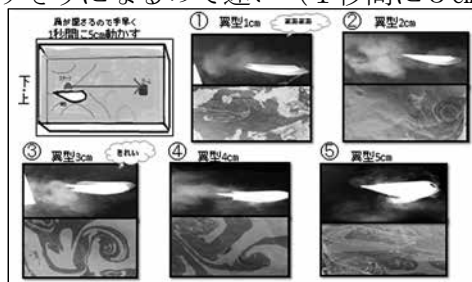
空力翼艇の場合では、渦や煙が周りにはりついていて、上の流れが速く、下の流れがおそい、というきれいな流れが見えたのは翼艇①と③だった。5 種類の空力翼艇を比べてみると、まわりの空気の流れの違いを見ることができた。翼艇②・④・⑤は渦がたくさんできていて、はがれてしまっていた。

(4) マーブリングで、渦を確かめる。

方法 角柱ミニ（割り箸 1 本・2 本）、円柱ミニ（丸い割り箸・竹ひご）、翼型ミニ（上下で違う形の消しゴム）で、渦のでき方を観察する。テープに cm を書いてはり、おそい（1 秒に 1 cm）ふつう（1 秒に 2 cm）速い（1 秒に 5 cm）と速さを変えて動かし、マーブリングして観察した。

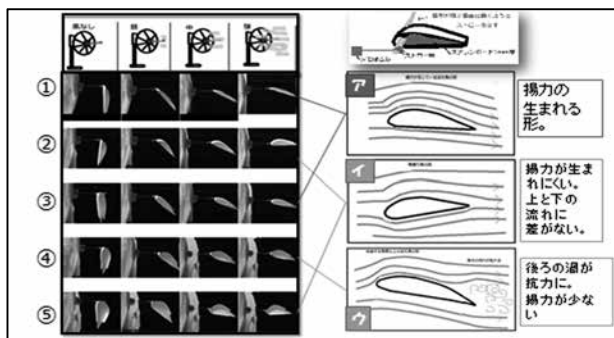
結果と考察 少し遅いスピードの時と上下バランスの良くない型は渦が崩れがちになる。同じ物で速く動かすと渦と渦の間隔があくことが分かった。丸い物の方が流れがきれい。面積が大きい・角のある物・速く動かした物は渦が大きかったから、抵抗が大きければ渦も大きくなると考える。マーブリングは、トレイの壁にはね返ると渦が混ざりそうになるので速い（1 秒間に 5 cm 動かす）で翼型の渦をマーブリングすることにした。

翼型のマーブリングと煙を比べてみたら、後ろにできた渦の形が似ていたの、渦を確かめることができた。この結果から、渦の形はきれいな方が良く、後方まではがれていない物が良いと考えた。



(5) 翼型①～⑤に扇風機の弱・中・強で風を当て、揚力を見る。

結果と考察 翼型の揚力は風力が上がれば揚力も大きくなった。違いは強の時によく見えた。1 つの翼でも迎え角の起き上がり方で変わるといふ図と比べて、翼型①・③はアの形に似て、わりと飛ぶかもしれないと考え、翼型②・⑤はイの形に似て、あまり飛ばないと考えた。翼型④はブレて、よくストローから外れて飛んで行ったので、ウのように流れが良くないかと考えた。

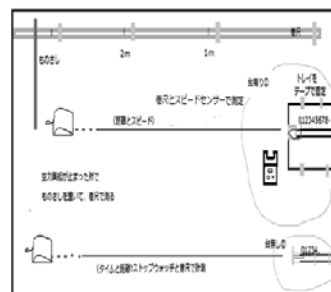


実験(ア) 台有り

方法 少し高くした台から、軽く 4 cm 引っ張りスピードセンサーに通るように飛ばし、飛び出す速度と、巻尺で距離を測定する。

結果 飛び出すスピードは翼艇①が良い。距離は 0～1m くらい飛び翼艇③が良い。翼艇④・⑤は前転したりして飛ばなかった。

考察 平らな方がよく飛ぶから、空気抵抗や床との摩擦があるのかもしれない。そこで、つるつるの床で飛ばしてみる。



実験(イ) 台無し

方法 床上を飛んだ時間をストップウォッチで・距離を巻尺で測定する。計算で速度を出す。

結果 ① 高さ 1 cm ② 高さ 2 cm ③ 高さ 3 cm

	輪ゴムを引っ張る距離				
	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
1 回目	118.39 cm 秒 0.82 秒	230.12 cm 秒 1.66 秒	222.67 cm 秒 0.75 秒	196.43 cm 秒 0.84 秒	252.75 cm 秒 0.19 秒
2 回目	271.20 cm 秒 1.25 秒	98.17 cm 秒 1.09 秒	164.77 cm 秒 0.88 秒	224.39 cm 秒 0.82 秒	250 cm 秒 0.84 秒
3 回目	139.33 cm 秒 0.75 秒	154.92 cm 秒 0.81 秒	210.29 cm 秒 0.68 秒	277.78 cm 秒 0.72 秒	230.86 cm 秒 0.61 秒
4 回目	160 cm 秒 0.75 秒	146.34 cm 秒 0.82 秒	171.43 cm 秒 0.91 秒	206.67 cm 秒 0.90 秒	290.12 cm 秒 0.81 秒
5 回目	278.4 cm 秒 0.75 秒	166.87 cm 秒 0.72 秒	185.79 cm 秒 0.72 秒	227.69 cm 秒 0.62 秒	275.36 cm 秒 0.65 秒
平均	156.3 cm 0.864 秒	168.2 cm 1.008 秒	146.4 cm 0.778 秒	177.6 cm 0.78 秒	232.4 cm 0.844 秒
様子					

	輪ゴムを引っ張る距離				
	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
1 回目	177.42 cm 秒 0.82 秒	149.58 cm 秒 0.81 秒	200 cm 秒 0.94 秒	348.23 cm 秒 1.41 秒	585.03 cm 秒 1.47 秒
2 回目	187.5 cm 秒 0.72 秒	227.94 cm 秒 0.68 秒	272.22 cm 秒 0.90 秒	244.8 cm 秒 1.25 秒	196.95 cm 秒 1.97 秒
3 回目	362.5 cm 秒 0.80 秒	247.87 cm 秒 0.94 秒	292.55 cm 秒 0.94 秒	310.17 cm 秒 1.18 秒	261.07 cm 秒 1.31 秒
4 回目	207 cm 秒 1.00 秒	186.67 cm 秒 1.44 秒	273.11 cm 秒 1.19 秒	285.93 cm 秒 1.35 秒	303.57 cm 秒 1.12 秒
5 回目	222.22 cm 秒 0.72 秒	246.90 cm 秒 1.13 秒	264.29 cm 秒 1.38 秒	285.28 cm 秒 1.56 秒	293.97 cm 秒 1.16 秒
平均	233.68 cm 秒 0.772 秒	205.6 cm 秒 1.00 秒	261.31 cm 秒 1.07 秒	274.52 cm 秒 1.35 秒	260.31 cm 秒 1.406 秒
様子					

	輪ゴムを引っ張る距離				
	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
1 回目	180.33 cm 秒 0.75 秒	178 cm 秒 1.00 秒	240 cm 秒 1.00 秒	282.88 cm 秒 1.00 秒	200 cm 秒 1.29 秒
2 回目	181.40 cm 秒 0.65 秒	329.04 cm 秒 0.90 秒	187.5 cm 秒 0.72 秒	320 cm 秒 1.25 秒	279.86 cm 秒 1.44 秒
3 回目	180.49 cm 秒 0.61 秒	194.27 cm 秒 1.54 秒	319.15 cm 秒 0.54 秒	363.92 cm 秒 0.97 秒	267.44 cm 秒 1.72 秒
4 回目	130 cm 秒 1.00 秒	268 cm 秒 1.25 秒	800 cm 秒 1.25 秒	848 cm 秒 1.51 秒	490 cm 秒 2.10 秒
5 回目	220.83 cm 秒 0.72 秒	251.56 cm 秒 1.25 秒	302.88 cm 秒 1.04 秒	302.44 cm 秒 0.82 秒	267.86 cm 秒 1.12 秒
平均	170.6 cm 秒 0.828 秒	241.00 cm 秒 1.166 秒	244.44 cm 秒 0.99 秒	305.44 cm 秒 0.978 秒	273.89 cm 秒 1.523 秒
様子					

▲ : バック宙して元に戻る

▲ : ひっくり返る

④ 高さ 4 cm

	輪ゴムを引っ張る距離				
	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
1回目	139.77 cm 0.57 秒	4.6 cm 0.50 秒	—	242.31 cm 0.75 秒	233.26 cm 0.62 秒
2回目	—	132 cm 0.63 秒	100.86 cm 1.16 秒	369.49 cm 0.59 秒	298.61 cm 0.72 秒
3回目	—	215.87 cm 0.63 秒	137.65 cm 0.85 秒	235.59 cm 0.59 秒	358.33 cm 0.46 秒
4回目	86.84 cm 0.38 秒	276.27 cm 0.59 秒	138.71 cm 0.52 秒	118.09 cm 0.94 秒	283.33 cm 0.60 秒
5回目	35.71 cm 0.36 秒	163 cm 1.71 秒	86 cm 0.68 秒	111 cm 0.44 秒	170 cm 0.50 秒
平均	106.66 cm 0.60 秒	155.12 cm 0.786 秒	141.09 cm 0.8275 秒	221.26 cm 0.668 秒	381.16 cm 0.584 秒
様子					

⑤ 高さ 5 cm

	輪ゴムを引っ張る距離				
	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
1回目	148.43 cm 0.47 秒	231.71 cm 0.41 秒	174.47 cm 0.47 秒	—	228.37 cm 0.7 秒
2回目	—	—	191.49 cm 0.47 秒	140 cm 0.9 秒	140 cm 0.9 秒
3回目	181.82 cm 0.44 秒	290.91 cm 0.44 秒	205.26 cm 0.57 秒	140 cm 0.47 秒	—
4回目	—	209.30 cm 0.40 秒	250 cm 0.44 秒	268.29 cm 0.41 秒	391.69 cm 0.67 秒
5回目	258.92 cm 0.36 秒	—	185 cm 0.78 秒	219.51 cm 0.41 秒	358.54 cm 0.41 秒
平均	200.67 cm 0.40 秒	244.33 cm 0.427 秒	213.92 cm 0.546 秒	243.40 cm 0.41 秒	242.86 cm 0.505 秒
様子					

輪ゴムを 15 cm 引っ張った時	翼幅 ①	翼幅 ②	翼幅 ③
1回目	298.55 cm 0.60 秒	236.67 cm 1.80 秒	257 cm 1.34 秒
2回目	333.33 cm 1.17 秒	375 cm 1.46 秒	470.4 cm 1.25 秒
3回目	244 cm 0.88 秒	270 cm 2.06 秒	379.72 cm 1.43 秒

輪ゴムを 22 cm 引っ張った時	翼幅 ①	翼幅 ②	翼幅 ③
1回目	423.27 cm 0.73 秒	316 cm 1.57 秒	337.21 cm 1.72 秒
2回目	445.56 cm 1.47 秒	337.87 cm 1.69 秒	375 cm 1.73 秒
3回目	484 cm 1.53 秒	254 cm 1.57 秒	351.85 cm 1.65 秒

: バク宙して元に戻る
 : ひっくり返る
 : 前転する
 : 前転で二回転した
 : 後転しそうになって立った！
 : 前転して輪ゴムから離れない

考察 空力翼艇を飛ばすと、高さ 1cm の空力翼艇①はスピードが速く、最後に後転した。2 cm の②は①より距離は長いスピードは速くなく、最後にふわっと前が浮くか、ひっくり返った。3 cm の③は安定して良い。4 cm の④は前転か後転でアンバランスだった。5 cm の⑤はほぼ前転で床にささったり、輪ゴムから離れないこともあった。やはり 3 cm の③がスピードも距離も良かった。10 cm より少し多めの 15 cm で引くと距離もスピードも翼艇③・②・①の順だったが、輪ゴムの限界 22 cm で引くと、6～7 m 飛び、軽いからか距離もスピードも①・③・②の順になり、翼艇①が逆転した。しかし①は失速すると最後に、前が浮きバク宙してしまうのが難点だ。輪ゴムを何cm引っ張るかでも、調子の良い悪いがあると考え。スピードや、重さや抵抗、空力翼艇を離す角度で、バランスが変わってしまうのかと考えた。

(7) どの翼型、空力翼艇を紙飛行機に使うか、翼選びをする。

考察 まわりに色々つけて、重心と飛行機のバランスをとってみようと考えた。翼はさすがに見本③の 3 cm が良かったが、22 cm 引くと①の高さ 1 cm の空力翼艇①が逆転したということで、空力翼艇①・③と翼型①・③を使い、工作して紙飛行機の試作をしたい。

(8) サイテク式紙飛行機に空力翼艇をつけて飛ばす。

結果と考察 まずは水平に両側に同じ翼を取り付ける。試作 1 号は 5 m 位で落ちた。翼のバランスと角度が悪かったからだと考える。両側に高さ 1 cm の空力翼艇①をつけた試作 2 号は、床で飛ばした空力翼艇①と同じで後転した後、急に落ちた。両側に高さ 3 cm の空力翼艇③をつけた試作 3 号は、すぐ横揺れて落ちて、工作の時の作りに差が出たためと考え、迎え角と左右のバランスが大事だなと考えた。高さ 3 cm の空力翼艇③+両端に③の 50% コピーした物をつけて横をのばし、下を閉じた試作 4 号は、勢いをつけないとまっすぐ飛ばず、下降しながら飛び、左右にかたむいた途端急に墜落した。機体が重くなり、揚力と重力が釣り合わなかったと考える。ここで夏休みが終わってしまったが、次回は引き続き、傾きを変えたり、翼の大きさや形を変えたりして、色々とりつけて作ってみたい。

3 まとめ

翼は薄い方がいいが、単に薄ければいいわけではないことが分かった。工作本の見本はうまくできている。飛行機はまわりの色々な物でつり合いを調整していること・空力翼艇は高さのある所から飛ばしても下降したように、床スレスレの方が床面との効果が活躍しているのが学べた。翼の形で空気の流れや渦が変わり、近い似ているように思える形でも特徴が変わることが分かり、「空中では翼だけだと不安定」というのが、実感できた。軽さと揚力、抗力、重力、推力のバランスが大事なことが分かったので、工作に生かして、翼や飛行機や空力翼艇のことを調べたい。