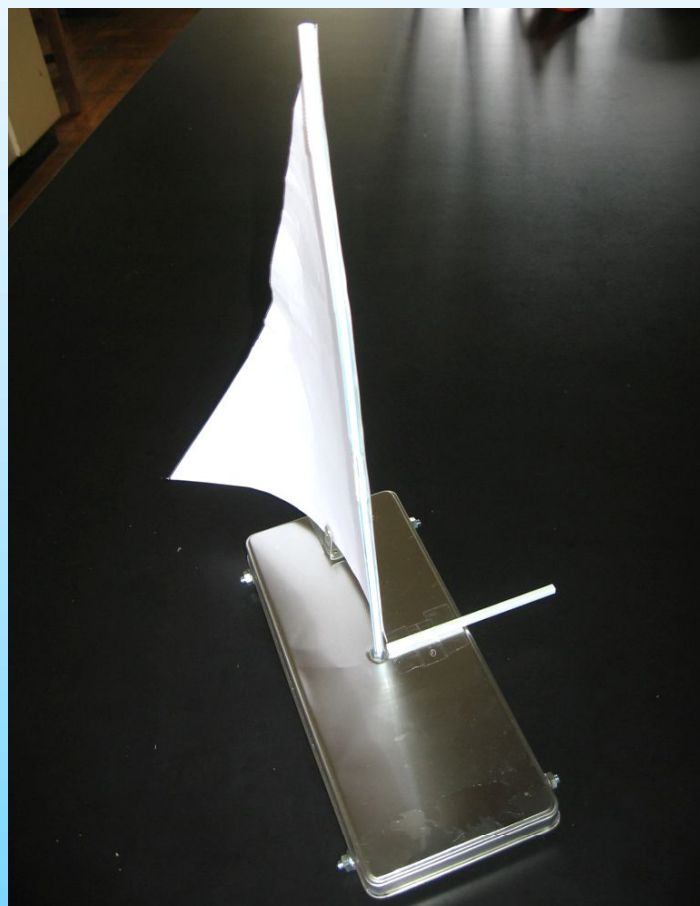


ヨットが風上に向かって走る理由



碧南市立西端中学校

3年

神谷卓磨

目 次

1	研究の動機	1
2	研究を始める前に	1
	(1) 本で調べる	
	(2) インターネットで調べる	
3	研究の目的	2
4	研究の内容	2
	実験器具の製作	2
	追究1「ヨットは、風に向かって走ることができるのか？」	3
	追究2「紙で作った帆で、台車は前に進むか」	5
	追究3「紙の帆の形にふくらみをもたせたら、ビニールの帆と同じように台車は前に進むのか。」	6
	追究4「帆がふくらむと、なぜ台車は前に進むのか。」	8
	追究5「ふくらみのある帆では、どのような力が生まれているのか。」	10
5	追究のまとめ	13
6	終わりに	13

1. 研究の動機

パソコンのインターネットで、ヨットの世界一周レースの記事を見ました。

(2007年白石康次郎さんのホームページ)

ヨットといえば、エンジンも電気も使わない、今の時代に合った「究極のエコ船」とも言えますが、なぜヨットで世界一周ができるのか？

世界の海には、当然風のない日もあるし、一番不思議なのはなぜ風上の方に対して自分の思う通りにヨットを操作できるのか？

なぜ自分の思う通りの進路を進むことができるのか？また、どうすればもっと速く進めるのか？何か不思議なことが秘められていると思い、ヨットの原理について興味をもち、とことん調べてみたいと思いました。

2. 研究を始める前に

(1) 本で調べる

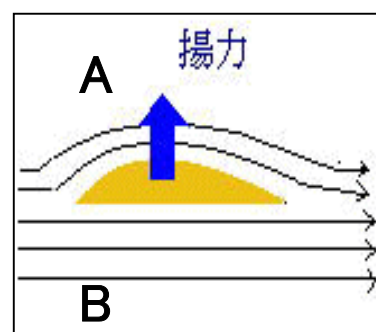
ヨットについてのほとんどの本はヨットの基本的な構造と揚力に関係していると書いてありました。



揚力とは・・・右の図のように翼のふくらんだAの側を流れる気流は、翼の形に沿って曲げられ、平らなBの側を流れる気流よりも、より長い距離を流れることになる。

すると、Aの側を流れる気流の流速は速くなり、その流速に比例してAの側の圧力が減少する。その結果、Bの側の圧力が高くなり、右の図の青い矢印の向きに力が発生する。

……………これは本当なのか？……………



(2) インターネットで調べる

やはり、インターネットのほとんどのホームページで上のような揚力が関係していると書いてありました。



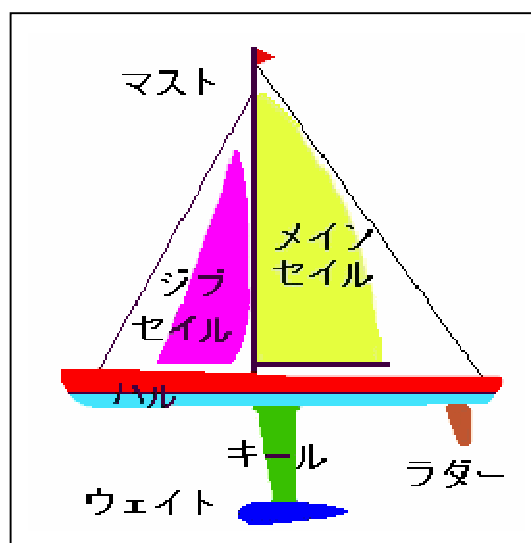
3. 研究の目的

本とインターネットで調べた結果、揚力がヨットを風に向かって進めることに深く関わっていることは分かった。しかし、ヨットの帆と揚力の関係や船体下のキールなどがどのように関係しているのかまでは分からなかった。そこで、テーマを「ヨットが風上に向かって走る理由」として、研究を行うことにした。

4. 研究の内容

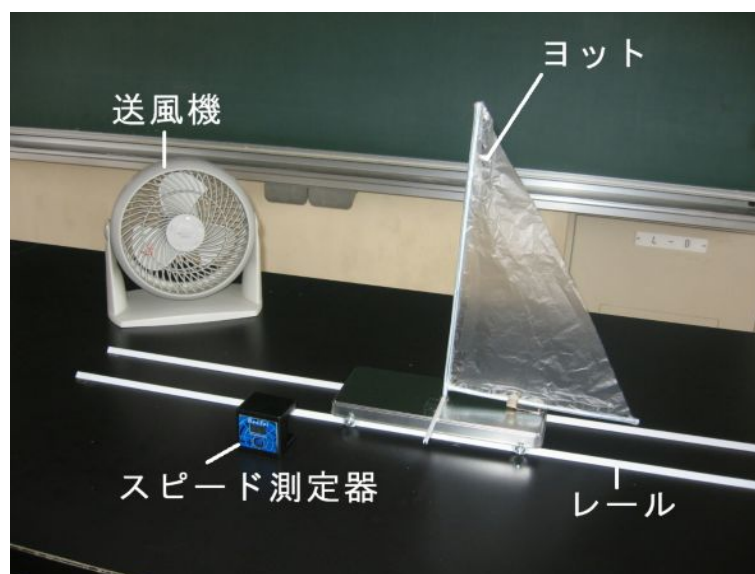
ー実験器具の製作ー

インターネットでヨットの作りを調べたら右の図のようになった。船体の下についたキールが船体を安定させ、横滑りを防ぐ役目をしていることが分かった。



引用アドレス・
http://www1.odn.ne.jp/~cbc98310/SAIL_POWER.html

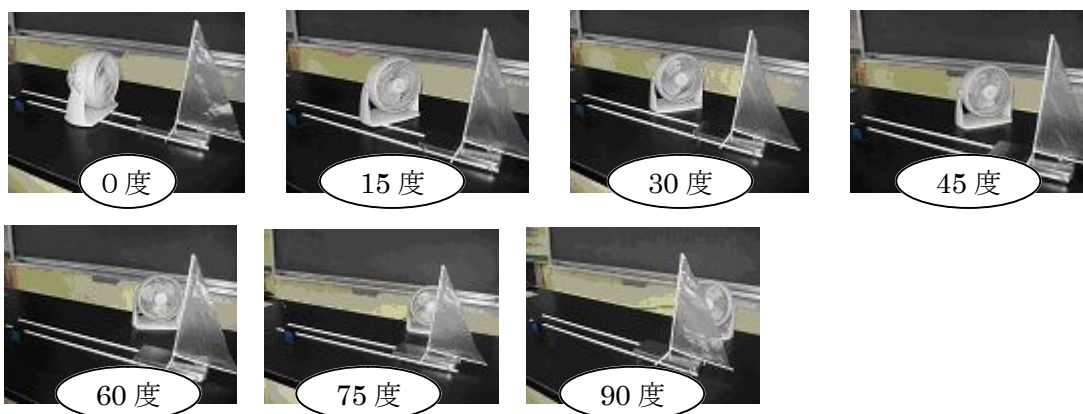
水上で実験を行うのは難しいと考え、横滑りしないで走ることが可能な台車を製作し、机の上を走らせることにした。（レールは、横滑り防止のためのもの）



追求 1 ヨットは、風に向かって走ることができるのか？

実験 1 台車に当てる風の角度を変え、どのように動くかを調べる。

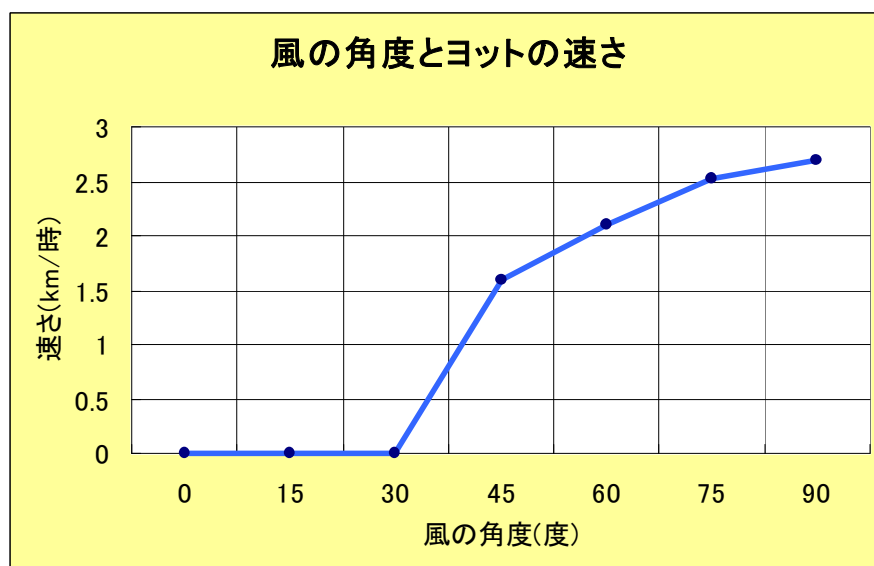
方法 1 扇風機で前方から風を当てる。風の角度を 15 度ずつ 90 度まで変えていき、台車の動く向きと速さを調べる。



結果 1

風の角度 (度)	0	15	30	45	60	75	90
動き	静止	静止	静止	前進	前進	前進	前進
速さ (km/時)	0	0	0	1.596	2.102	2.525	2.689

※ 速さは、10 回の平均値。



考察 1 風に対して、45 度より角度が大きいときに前に進み、風を当てる角度が大きくなるほど、速さも大きくなることが分かった。



では、帆の形で動きは変わるのか？ 実験 1 と同じようにして調べてみることにした。

実験 2 帆の形で、台車の動きに違いが出るのか調べる。

方法 2 方法 1 と同様。帆の形は四角形にした。帆の材質は、実験 1 と同様、ビニール、面積も実験 1 の三角形の帆とほぼ同じになるように設定する。



結果 2

四角形の帆

風の角度（度）	0	右 15	右 30	右 45	右 60	右 75	右 90
動き	後退	後退	後退	後退	後退	後退	後退
速さ（km/時）	—	—	—	—	—	—	—

考察 2 四角形の帆は、風に対して前には進まないことが分かった。

追求1のまとめ

- ・ 帆に対する風の角度が45度するとき、台車は前に進む。このとき台車には前向きの力が働いていることが分かる。
- ・ 帆が四角形の場合は、風に対し前に進まないことが分かった。
- ・ 45度から角度を大きくしていくと、ヨットの速さも大きくなる。



帆の形が異なると、台車の動きにちがいが出ることが分かった。では、ビニールのようにふくらまない紙で帆を作って実験したらどうなるだろうか？

追求2 紙で作った帆で、台車は前に進むか。

実験3 ふくらみの出ない、紙で作った帆で台車は前に進むのかを調べる。

方法3 方法1と同様。帆の形は下の2種類。帆の材質は「厚紙」。面積は2種類とも同じ面積とする。



結果 3

三角形の帆（ふくらみなし）

風の角度（度）	0	右 15	右 30	右 45	右 60	右 75	右 90
動き	静止	静止	静止	静止	静止	静止	静止
速さ（km/時）	0	0	0	0	0	0	0

四角形の帆（ふくらみなし）

風の角度（度）	0	右 15	右 30	右 45	右 60	右 75	右 90
動き	静止	静止	静止	静止	静止	静止	静止
速さ（km/時）	0	0	0	0	0	0	0

考察 3 板状の帆を使うと、台車は前に進まない。このことから、帆のふくらみが台車を前に動かす力を生み出すのに関係していることが分かる。

追求 2 のまとめ

- ・ 板状の帆では、台車は前に進まない。
- ・ 帆のふくらみが、台車を前に動かす力を生み出すのに関係している。



では、紙の帆でも、ビニールと同じようにふくらみをもたせた形にすれば、台車は前に進むのだろうか？

追求 3 紙の帆の形にふくらみをもたせたら、ビニールの帆と同じように台車は前に進むのか？

実験 4 ふくらみをもたせた紙の帆で台車は前に進むのかを調べる。

方法 4 方法 1 と同様。帆の形は下の 2 種類。帆の材質は「厚紙」。面積は 2 種類とも同じ面積とする。



三角形の帆（上から）



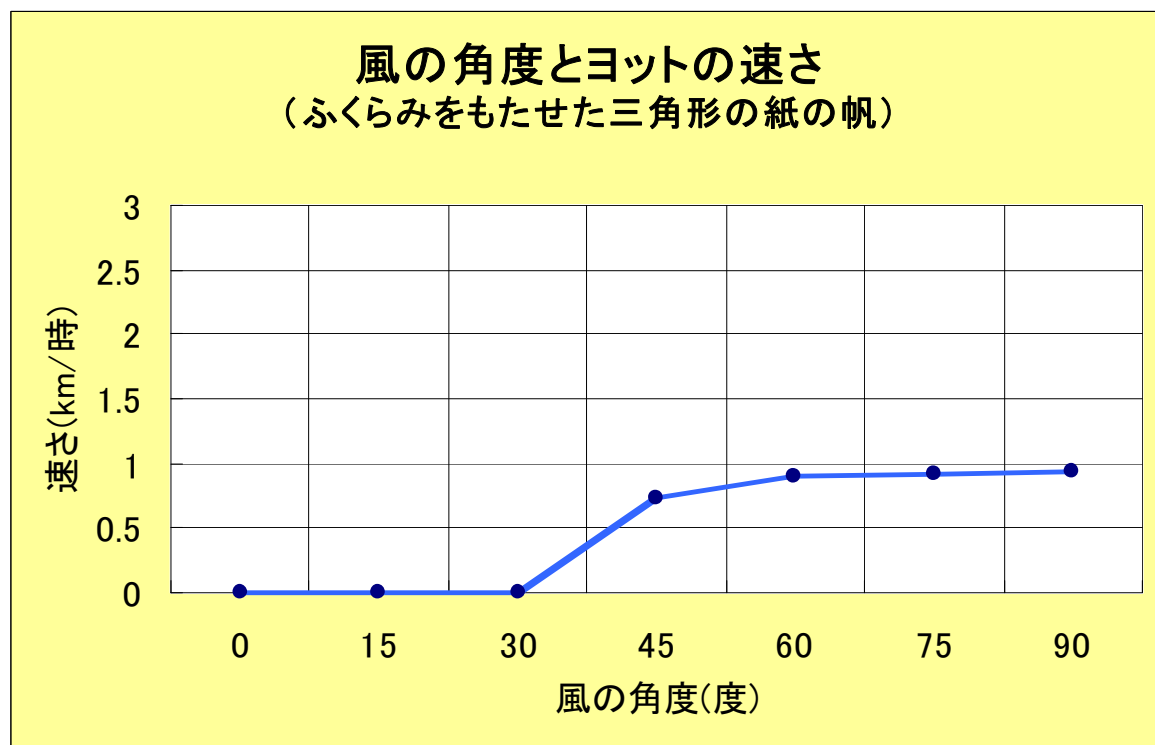
四角形の帆（上から）

結果 4

三角形の帆（ふくらみあり）

風の角度（度）	0	15	30	45	60	75	90
動き	静止	静止	静止	前進	前進	前進	前進
速さ（km/時）	0	0	0	0.726	0.908	0.912	0.932

※ 速さは、10 回の平均値。



四角形の帆（ふくらみあり）

風の角度（度）	0	右 15	右 30	右 45	右 60	右 75	右 90
動き	静止	静止	静止	静止	静止	静止	静止
速さ（km/時）	0	0	0	0	0	0	0

考察 4 板状の帆にふくらみをもたせたら、台車は前に進んだ。このことから、帆のふくらみが台車を前に動かす力を生み出していることが分かる。

追求 3 のまとめ

- ・ 板状の帆でも、ふくらみをもたせれば、台車は前に進む。
- ・ 帆のふくらみが、台車を前に動かす力を生み出している。
- ・ 45 度から角度を大きくしていくと、ヨットの速さも大きくなる。
- ・ 四角形の帆は、ふくらみをもたせても、前に進まない。

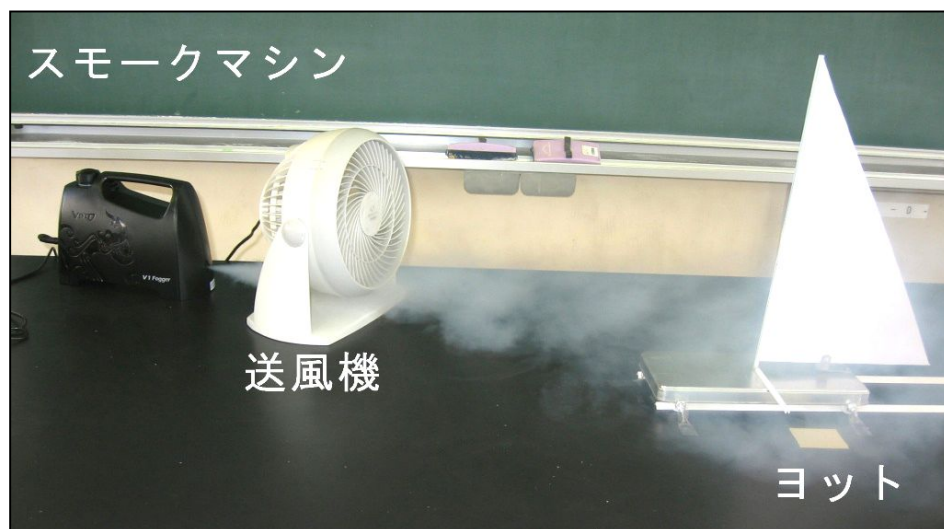
追求 4 帆がふくらむと、なぜ台車は前に進むのか？



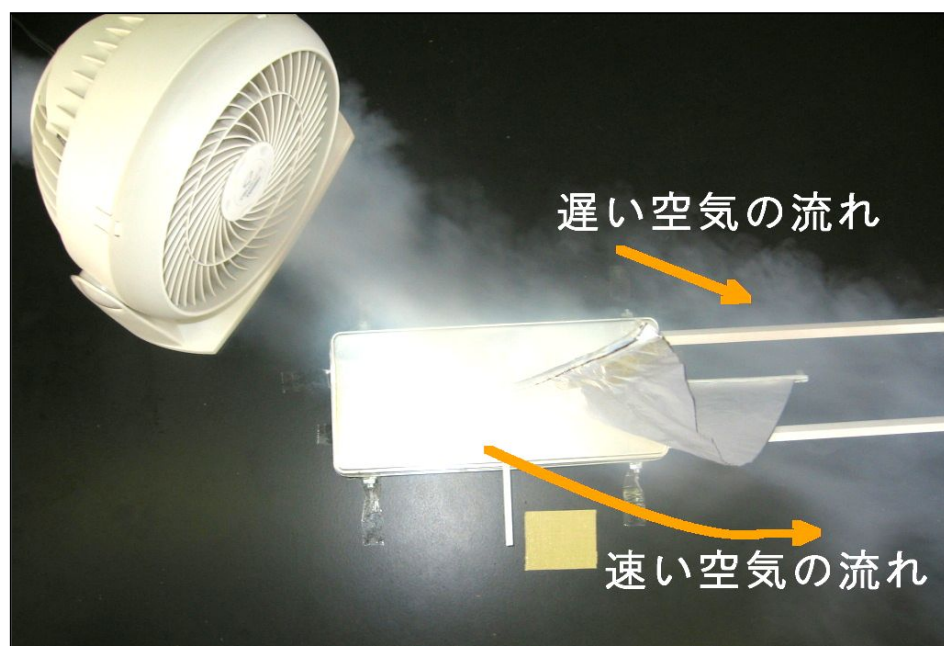
インターネットや本で調べたときに、キーワードになると考えた「揚力」が関係しているのではないだろうか？
そこで、帆のまわりの空気の流れを調べることにした。

実験 5 帆の周りの空気の流れを調べる。

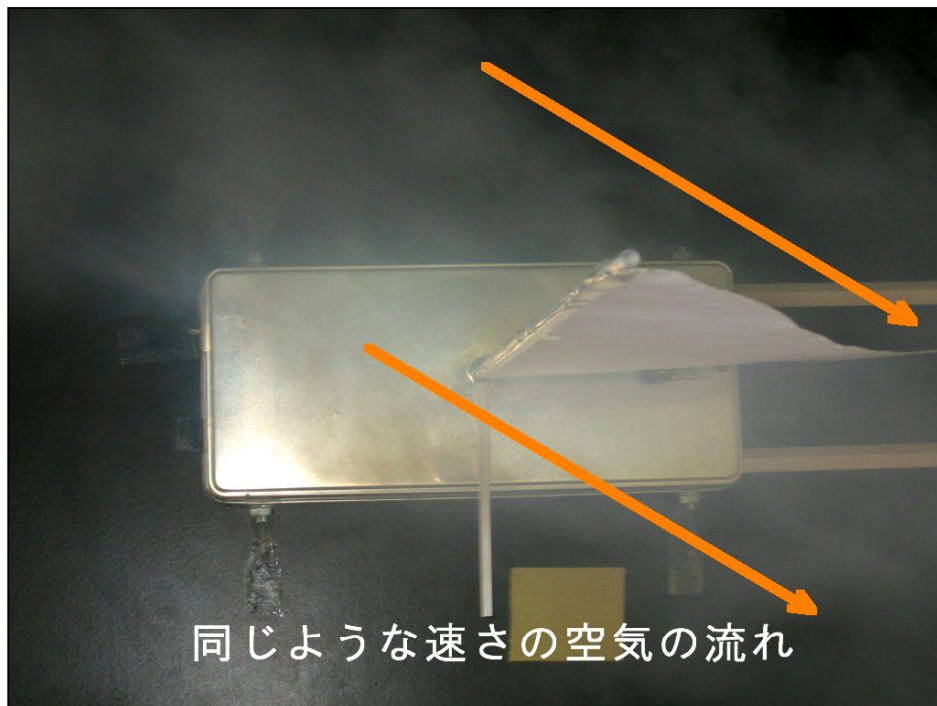
方法 5 ビニール製の帆と紙製の板状の帆に煙を当てて、流れを写真に撮って比較する。実験装置は、下の写真のようになります。



結果 5



ビニール製の帆（ふくらみあり）



紙製の帆（ふくらみなし）

考察5 ビニール製の帆では、ふくらんだ側の空気の流れが速いが、紙製の板状の帆ではそれが見られない。この空気の流れ方の違いが力を生み出しているのではないかと考えられる。

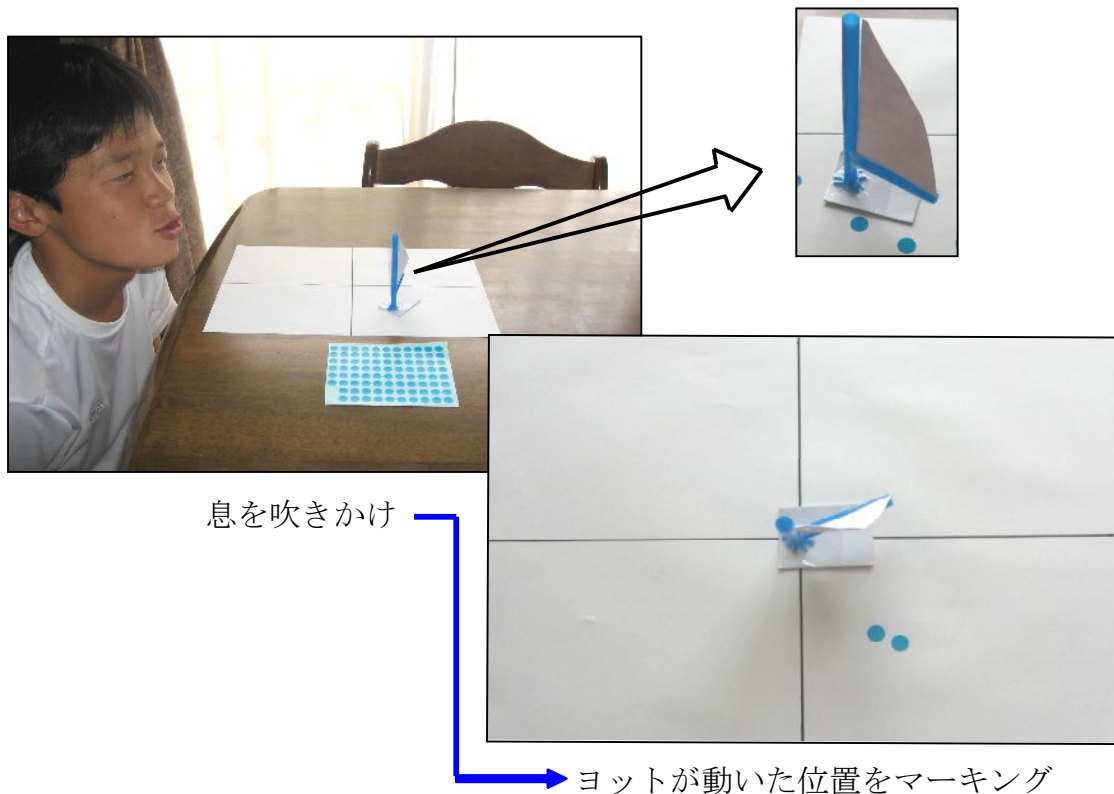
追求4のまとめ

帆のふくらんだ方の空気の流れが速くなり、反対側の空気の流れが遅くなる。

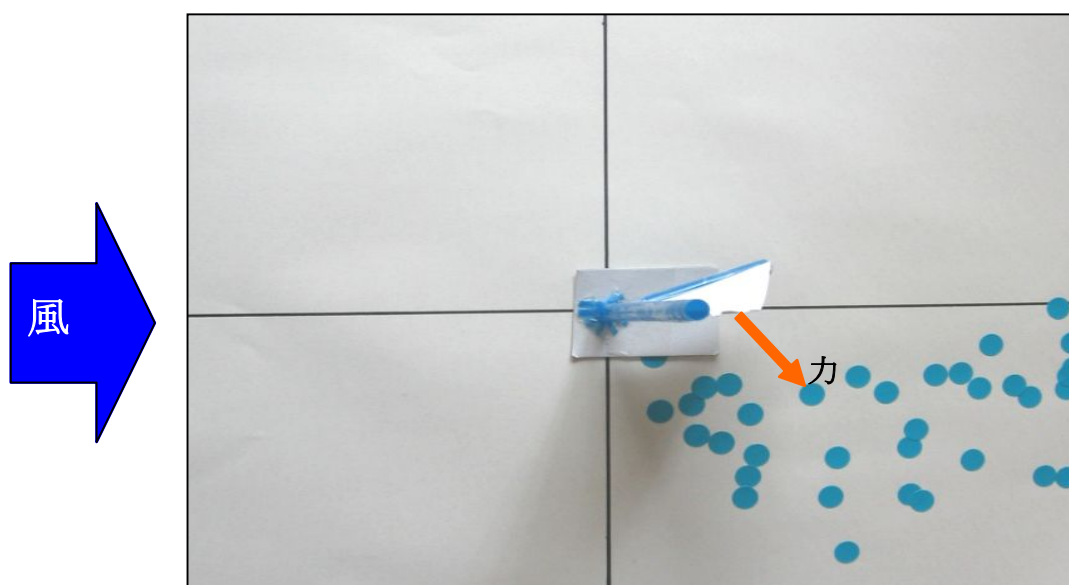
追求5 ふくらみのある帆では、どのような力が生まれているのか。

実験 6 ふくらみのある帆で生まれる力を調べる。

方法 6 自由に動ける小さなヨットをつくり、風（息）を当てて動かし、移動した位置にマークをつける。

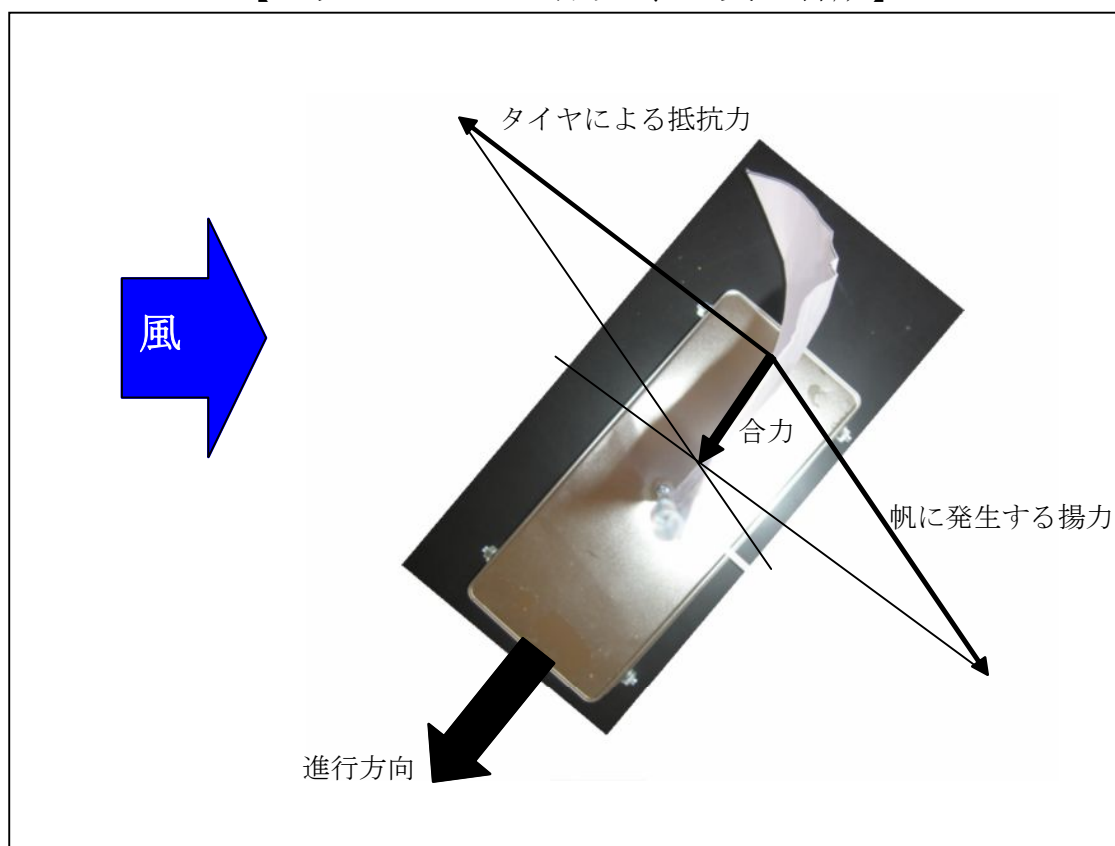


結果 6 小さなヨットは右下へ動く。



考察6 写真から帆のふくらんでいる下側に力が出ていることがわかる。
この力を、レールを使った台車につけた帆に当てはめて作図をして
みると台車が前に進む理由が分かるのではないだろうか。

【ヨットにはたらく力を、写真に合成】



追求5のまとめ

帆に発生する力とタイヤによる抵抗力の合力で、台車は風に向かって斜め前に進む。

5. 研究のまとめ

- ・ 帆に対する風の角度が45度より大きいときに、台車は前に進む。このとき、台車には前向きの力が働いている。
- ・ 帆に対する風の角度が大きくなるほど速さも大きくなる。
- ・ 板状の帆では、台車は前に進まないが、ふくらみを持たせれば、台車は前に進む。帆のふくらみが、台車を前に動かす力を生み出すのに関係しているといえる。
- ・ 帆のふくらんだ方の空気の流れが速くなり、反対側の空気の流れが遅くなる。すると、帆に揚力が発生し、揚力とタイヤによる抵抗力の合力で、台車は風に向かって斜め前に進む。

6. 終わりに

今の時代は昔とは違い、船で言えばエンジンで動くプロペラなどの便利なものがあり、エンジンを使わず風だけを頼りにするヨットを目にする機会が減ってきています。さらに、風はずっと一定方向に流れているわけではないので、ヨットを操作するのは極めて困難です。しかし、なぜヨットを操る人は自分の思った通りの方向へヨットを動かすことができるのか？ 「ヨットが風上に向かって走る理由」という題にして、追究を試みました。そこで、ヨットに関する実験をしましたが、今、まとめまで終えて、ヨットにはいろんな原理や構造があるんだなと思いました。

「ヨットは風で動く」ということは前から知っていましたが、今回の追究を通してそのまた一歩奥に科学の世界へ踏み出すことができて良かったです。これからの人生長いと思いますが、今回の追究を通して見つけることができた「探求心」をいつまでも忘れずにいたいと思います。