

今回のテーマロボットはアメンボの動きを真似たアメンロボです。  
X字型組まれたロッドがジョイント部を中心にハサミのように開閉することによって  
ロッドそれぞれの先端についた4個のタイヤを動かします。  
まるで水上に浮かぶアメンボのようにスイスイと地面を滑るように進んでくれます。

対してアメンボは足が6本ありそのうちの4本で体を支えながら、残りの右2本をボートのオールのように動かして前に進みます。このロボットとは推進原理は違いますね。

ちなみにこのアメンロボ水には浮きません！

1回目の授業ではロボットをテキストを参考に組み立ててもらいましたが、どうでしょう。  
うまくうごきましたか？  
2回目の授業までの宿題として、このロボットを前に進むように考えてもらうこととしましたが  
かなり苦戦したのではないのでしょうか。

このロボットの推進原理は、なかなか興味深く学ぶ事が多かったので補足説明を行います。

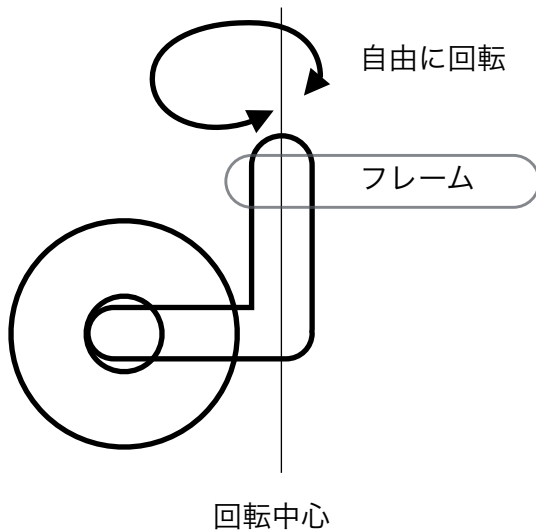
#### ・キャスター



アメンロボのこの足、どこかで見たことないですか？  
もしかしたら皆さんが使っている椅子や机の足にも  
こんなタイヤがついているのではないのでしょうか。

このタイヤはキャスターと呼ばれるもので、  
特徴はいろいろな向きにタイヤが向くということです。  
この特徴を利用すると360度どの向きにも進む事ができます。

## キャスターの性質



右に簡単なキャスターの図を書きました。

キャスタは回転中心を軸に360度自由に向きを変える事ができます。

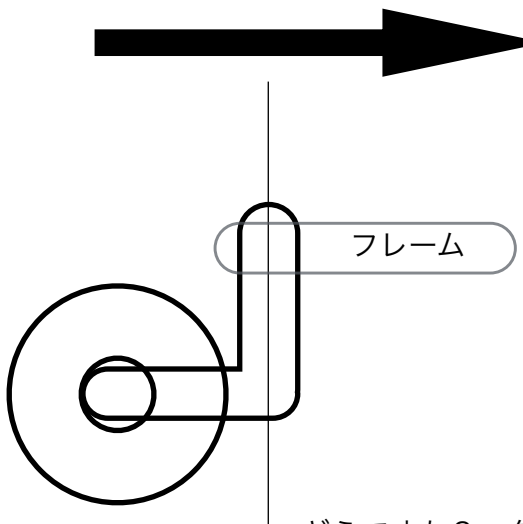
ここでキャスターのついたロボットを手で押してみましよう。(輪ゴムは外してください)  
地面の上でコロコロと動かしてください。タイヤの向きはどうかわかりましたか？

一斉に同じ方向を向いたと思います。  
では今動かした方向と違う方向(バック)に動かしてみてください。  
タイヤの向きはどう変わりましたか？先ほどとは違う向きに一斉にタイヤが向いたと思います。

ここにはどのような規則性があるのでしょうか。  
実験してみましよう。

下のずのようなキャスターを押す場合を考えまよう。

手で押す

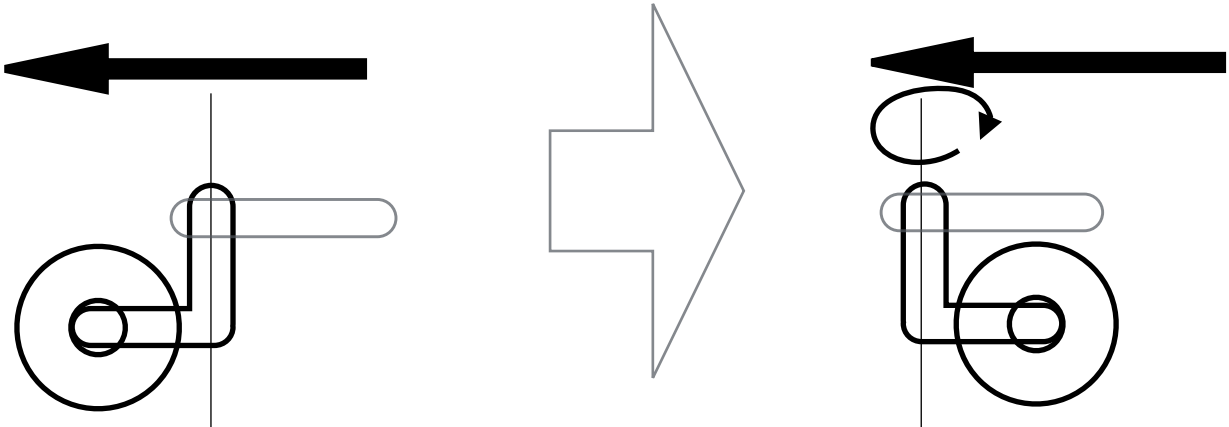


図のようにタイヤの向きとフレームの位置関係に注意してください。

どうですか？タイヤの向きはわかりましたか。ここでは変わらないと思

います。

次は逆向きに動かしてみましよう。

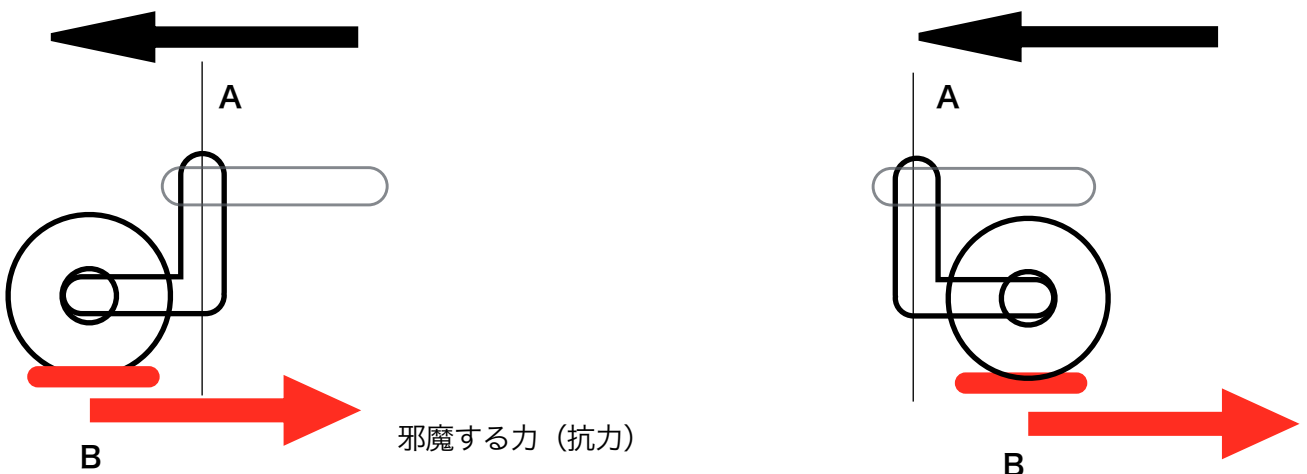


この場合はどうでしょうか。

タイヤは何かを嫌がるように回転したのではないのでしょうか。

上記の図の右側と左側では何が違うのでしょうか。

タイヤの接地面とキャストの回転中心と進行方向の位置関係に注意して観察してみてください。



タイヤは地面と接触しているのでロボットを動かそうとした時に必ず邪魔する力が働きます。

この邪魔する力はロボットを動かした向きとは逆向きになります。

この邪魔する力を**抗力**と呼びます。

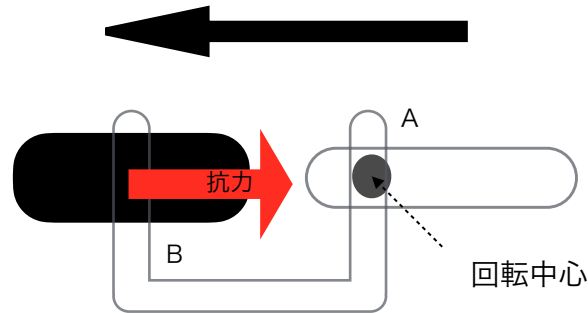
上の図に「キャストの回転中心軸A」と「タイヤの回転を邪魔する力が働く点B」を示しました。

左右を見比べた時に何か気づくことはありませんか？

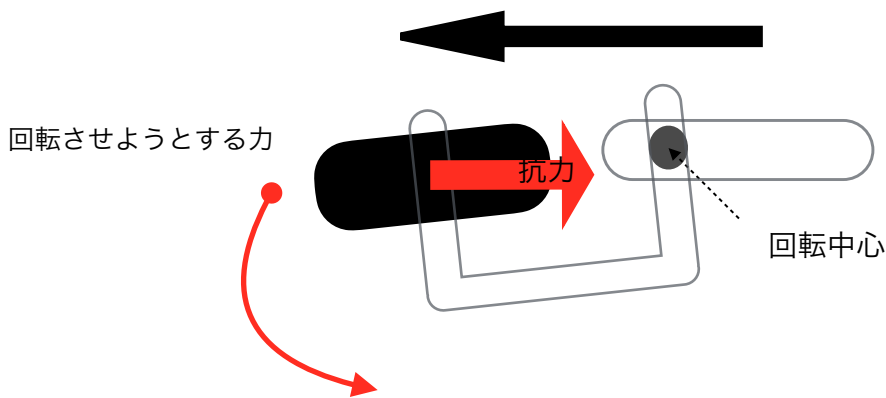
左の図では B点 A点の位置関係に対して、右の図では A点 B点の位置関係になっています。

A点とB点との位置関係に何か秘密がありそうですね。

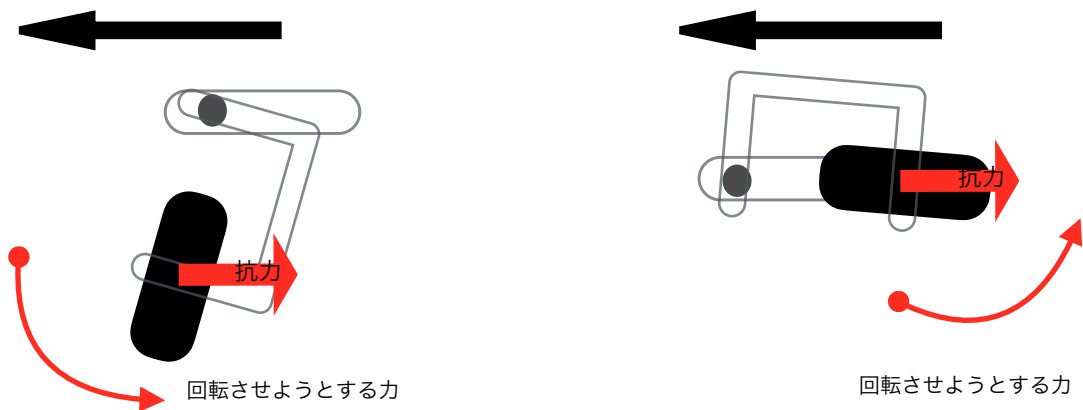
タイヤを横から眺めていても回転する様子がわかりにくいので、次はタイヤを上から見下ろしてみましょう。

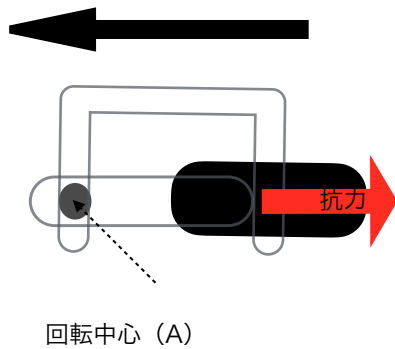


上の図では抵抗力と回転中心が一直線上に並んでいます。この時タイヤの向きを変えようとする力は働きません。 机の「でこぼこ」などのせいタイヤの向きが少しでも変化するとどうなるでしょうか。



反時計回りに少しだけタイヤが向きを変えた場合を考えます。 この時、抵抗力と回転中心は一直線上に並ばず、少しズレた形になりました。すると、どうでしょう。タイヤは抵抗力に引っ張られているので、どんどんタイヤの向きが変わっていきます。





キャストは180度回転してしまいました。  
抵抗力は常にロボットの進行方向と逆向きにかかるので、  
回転中心 (A) と抵抗力は一直線上に並ぼうとします。

つまりこの状態が一番安定する訳ですね。

キャストの動きが分かったので、次はロボットの推進原理を考えていきたいとおもいます。

2回めの授業でゴムをキャストの足に掛けキャストの動きを規制したら上手く前に進むようになったと思います。

このゴムがいったいどのような役割をはたしているのでしょうか。

その前にこのロボットの推進原理を理解する上で必要になる概念の紹介をしたいとおもいます。

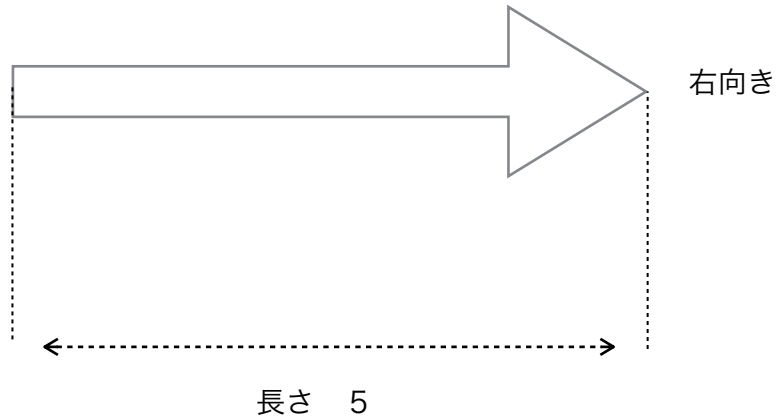
## ・ベクトル

あまり聞いたことがない言葉だとおもいます。

でも難しく考えなくても大丈夫。目に見えない「力」というものを目に見えるように紙に書いたものがこのベクトルなのです。

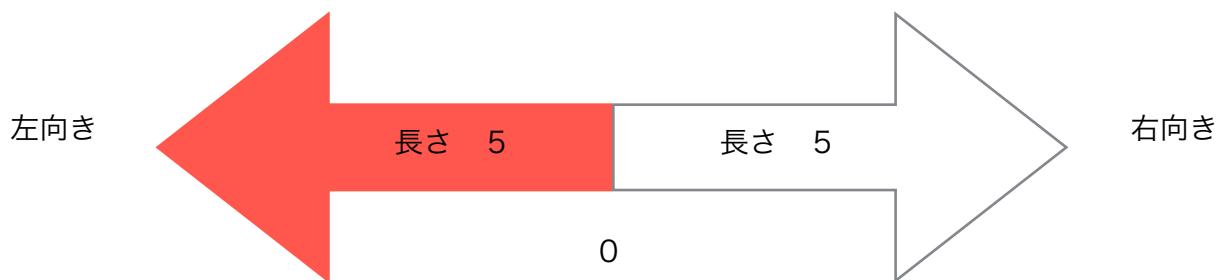


そして、少しだけ決まり事があります。 この矢印は2つの意味を持ちます。  
1つ目は矢印の長さで表す「力の大きさ」  
2つ目は矢印の向きで表す力のかかる向きを表します。

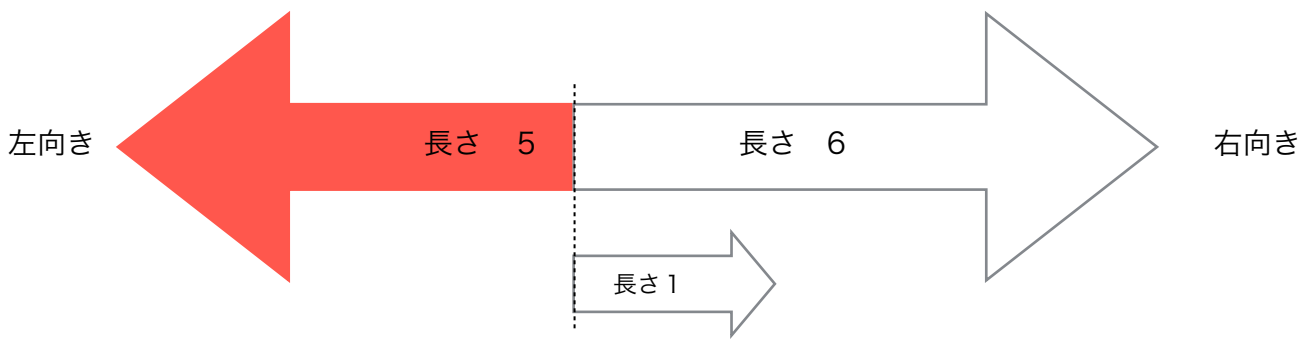


上の矢印は右向きで5の力を表したベクトルと言うことになります。

わざわざなんでこのベクトルを使うかというと、この矢印計算ができるのです。  
矢印を2個に増やして見ましょう。

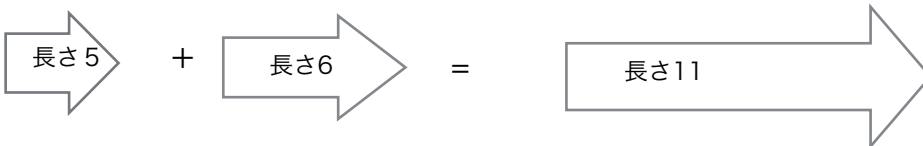


矢印で書くと少し戸惑うかもしれませんが、これは綱引きと一緒にですね。  
赤組が左向きに5の力で引っ張って、白組が5の力出右向きにひっばっている様子を  
紙に書いたままでです。



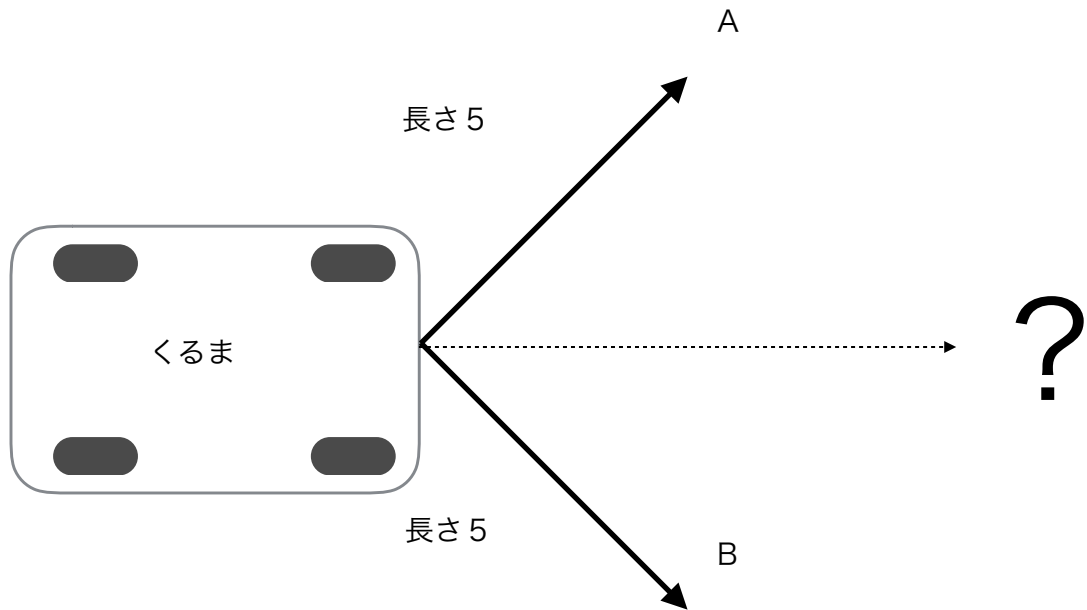
今度はどうでしょう。白組がちょっとだけ強くなりました。  
 これが綱引きなら白組のほうに綱がひっぱられますね。その時の力の大きさは  $6 - 5 = 1$  になるので右向きに 1 の力と同じことになります。

図にするともっと直感的にわかりますね。



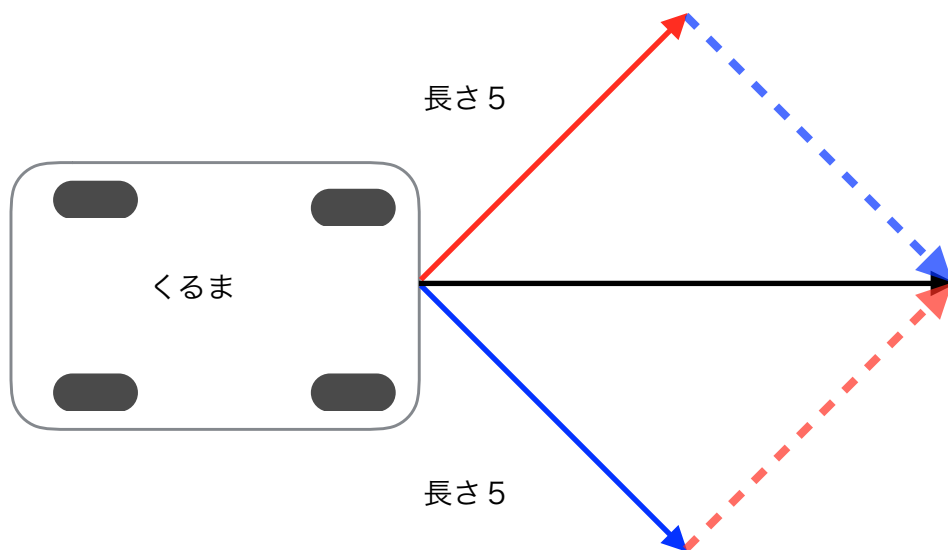
上の図のようにベクトルは計算できます。 矢印の向きさえ気をつければ  
 足し算と変わりませんね。

次はもう少しいろいろな向きの矢印を考えていきましょう。



「くるま」を、2人で別々の向き(Aの向きとBの向き)に引っ張ったとき  
 この「くるま」はどのようにうごくでしょうか。  
 反対方向に引っ張っている訳ではないので、全く動かない事はなさそうですね。

合成ベクトルと呼ばれる物ですが、これは**平行四辺形**を考える事で解決します。



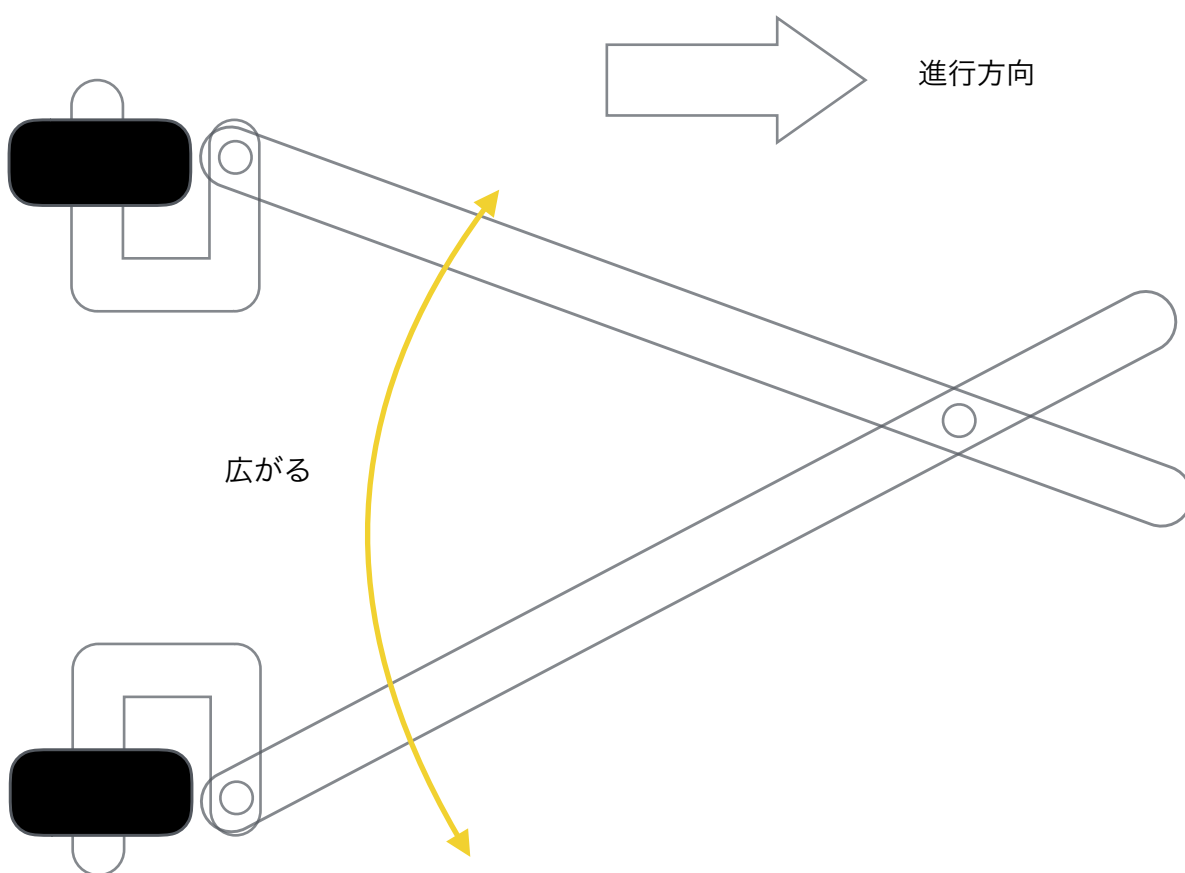


つまりこの車は黒矢印の向きに7の力で引っ張られる事になります。  
この合わせられた力を**合成ベクトル**と呼びます。

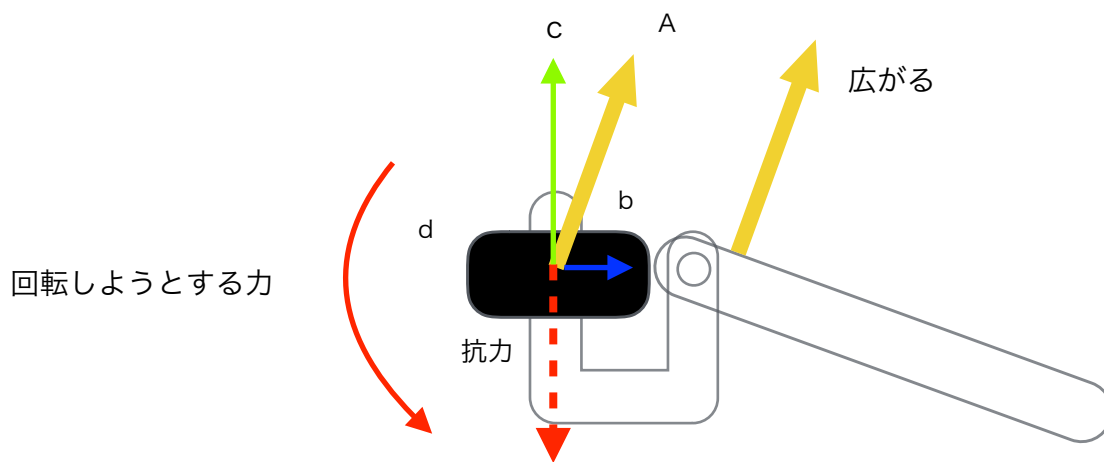
すこし脇道にそれましたが、このベクトルと言う考え方をを使ってロボットの推進原理を見ていきましょう。

赤い矢印と青い矢印を平行に移動（破線の矢印）して平行四辺形を作ってみました。

### ・アメンロボ推進原理



上の図にアメンロボの後ろ足の模式図を示しました。  
フレームが開くときどのような力が働くのかを見ていきましょう。

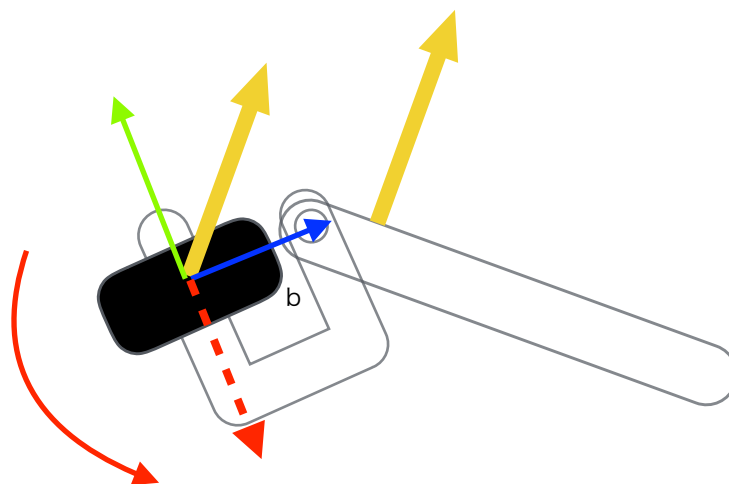


フレームが広がろうとするとき、タイヤの受ける力はタイヤの回転方向のb（青矢印）と回転方向に垂直な向きc（黄緑）に分解できます。

b（青矢印）は非常に小さい為ロボットはほとんど前には進めません。

c（黄緑）はタイヤの回転方向に対して垂直方向からの、抵抗力d（赤の破線矢印）を受けます。

タイヤはキャスターになっているので、抵抗力dを受けることにより反時計回りの回転しようとする力が発生します。



回転しようとする力を受けてタイヤの向きが変わった状態を見ていきましょう。

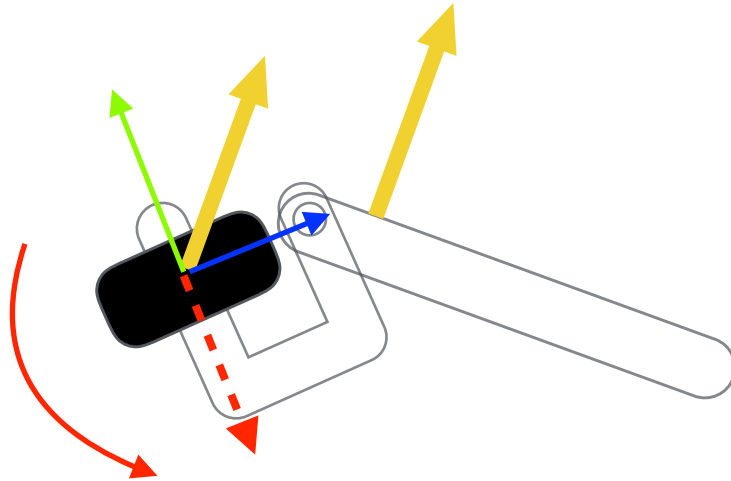
先ほどの向きが変わる前の状態と比べてタイヤの回転方向に加わる力 b（青矢印）は大きくなっている事がわかります。

この力が大きくなることで、ロボットは前に進む訳ですね。

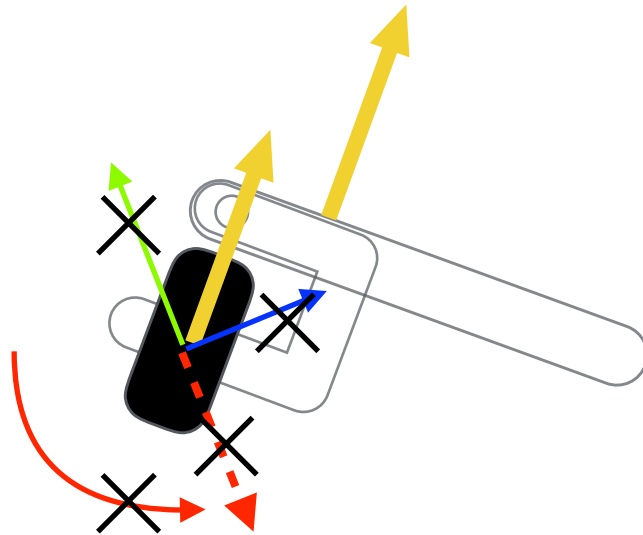
## ・タイヤにゴムを掛ける理由

さて、ロボットが前に進む理由がわかってきましたね。  
でもみなさんのロボットは初めからちゃんと前に進みましたか？  
ゴムを掛けるまで前には進まなかったのではないのでしょうか。  
なぜゴムが無いとロボットは前にすすめないのでしょうか。

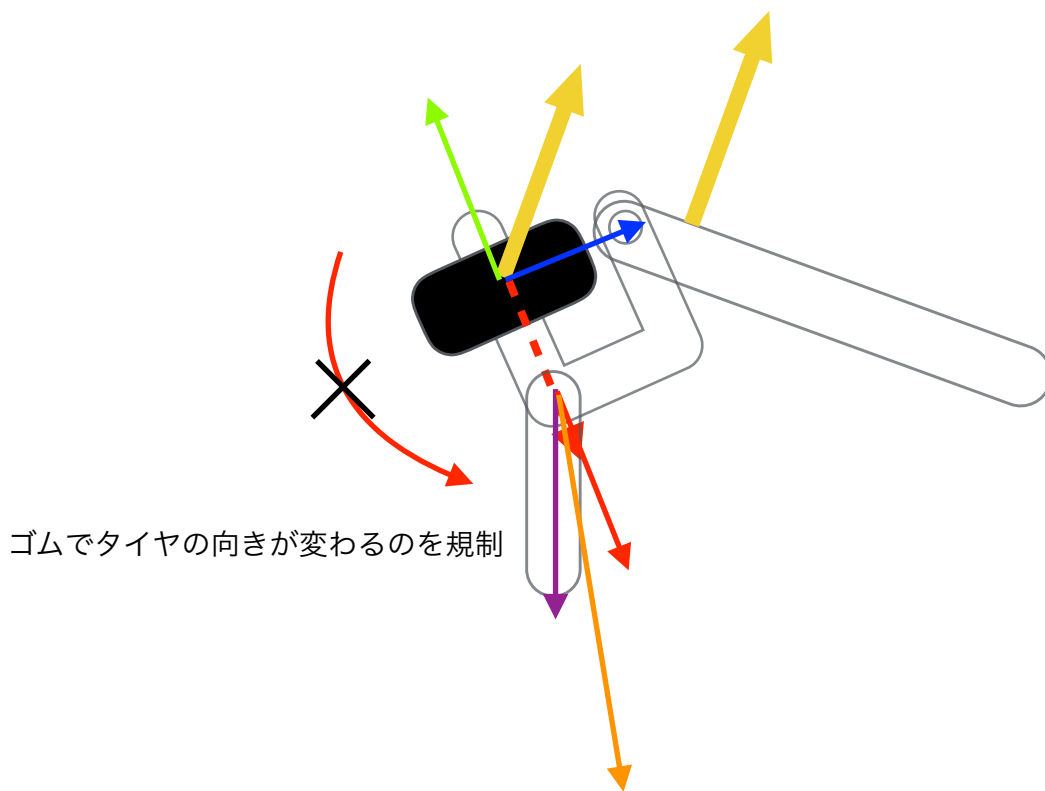
初めにゴム無しの状態をみていきましょう。



ここまでは先程と同じ。順調に前に進む力が発生していますね。  
ところがどうでしょう。前に進むと同時にタイヤの向きを変えようとする力もかかっています。  
このままではどんな事がおきるのでしょうか。次の状態をみていきましょう。



先ほどよりさらにタイヤが反時計回りに向きを変えた状態です。広がろうとする力と、タイヤの回転方向がそろってしまいました。こうなるとタイヤは素直に転がれるためにいろいろな力を、もはや考える必要がありません。こうなるとロボットは前には進めないわけです。



ゴムでタイヤの向きが変わるのを規制

タイヤの向きが変わるのをゴムで規制してみました。

するとどうでしょう。 抗力（赤）とゴムの張力（紫）が合わさって新しい矢印（オレンジ）になりました。 このオレンジの矢印は、ある程度反時計回りに、タイヤの方向が向きを変えたところで、タイヤの向きが変わるのを規制する働きをします。

タイヤの向きが変わるのを規制してあげると上の図の状態を維持できます。

そうすることで、タイヤの回転方向にかかる力（青矢印）を維持でき、その力をうけタイヤが回転し、ロボットは前に進めるわけですね。

・このようにタイヤにかかる力を詳しく見ていくと、ロボットの動作原理が見えてきますね。少し内容が高度になっていますが、目に見えない力が確かに働いていることを実感してもらえればとおもいます。

また今回は前足の説明やフレームが閉じるときの原理については省略しています。

もし疑問に思うことがあれば、考えてみてください。

疑問に思うこと、自分なりに考える事が一番大切なことだとおもいます。