

1

なぜブーメランは戻ってくるのか



○用意するもの

- ・ 厚紙
- ・ ホッチキス

名古屋大学 理学部 物理学科 4年

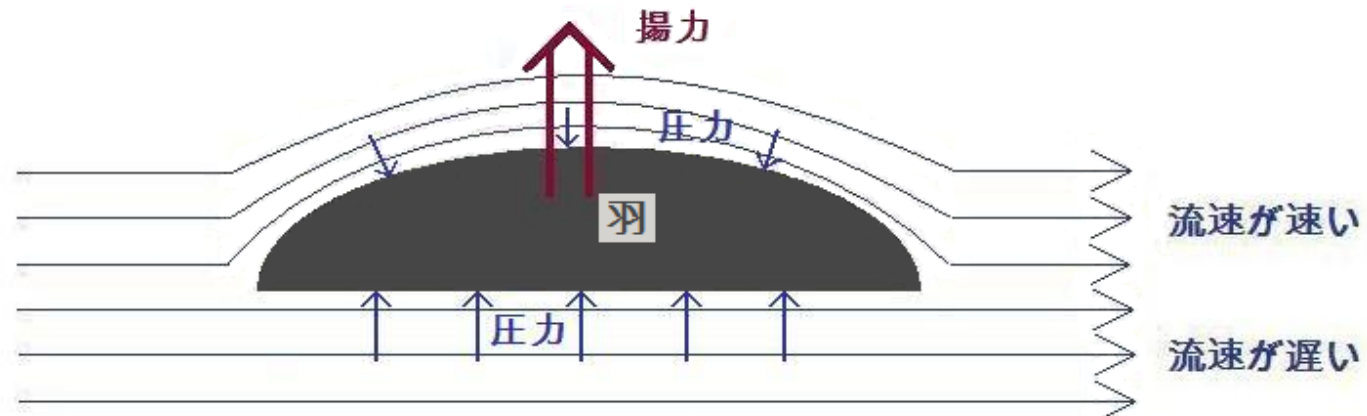
前川浩隆

2

ブーメランの飛ぶ仕組み

① ベルヌーイの定理

ブーメランを飛ばすためには、羽を山形に折り曲げる必要がある。すると、ベルヌーイの定理より、流速の速さが大きくなるほど、圧力が小さくなる。ここで、羽の上を通る空気の流速は、下を通る空気の流速に比べて速い。そのため、羽の上の圧力よりも下の圧力が大きい。よって、羽全体を考えたときに羽に上方向の力が働く。この力を揚力という。



3

② 角運動量

角運動量 \vec{L} の定義は

$$\vec{L} \equiv \vec{r} \times \vec{p}$$

\vec{r} : \vec{L} の始点を原点としたときの質点の位置ベクトル

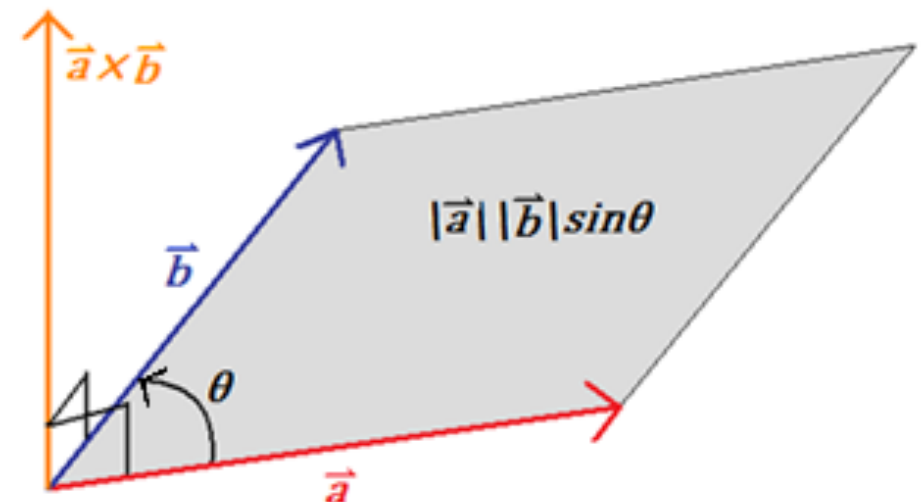
\vec{p} : 質点の運動量ベクトル

\times : 外積の記号

3次元ベクトル \vec{a} 、 \vec{b} の外積は3次元ベクトル $\vec{a} \times \vec{b}$ と表記され、 \vec{a} と \vec{b} のなす角が $0 \leq \theta \leq \pi$ であるとき $\vec{a} \times \vec{b}$ の大きさと向きは次に通りである。

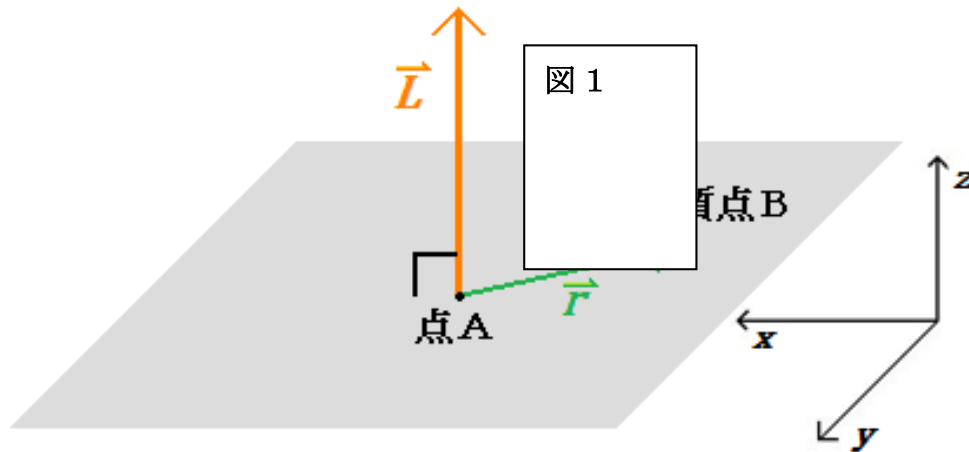
大きさ: $|\vec{a} \times \vec{b}| = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin \theta$ (\vec{a} と \vec{b} が作る平行四辺形の面積)

向き: 右手系の場合、 \vec{a} 、 \vec{b} を含む平面で $\vec{a} \times \vec{b}$ をその始点の周りに θ だけ回転させて \vec{a} に重ねるとき、右ねじの進む向き



4

以上で角運動量は定義される。では、例で考えてみよう。



点 A に対する位置ベクトルは \vec{r} 、運動量ベクトルは \vec{p} である質点 B を考える。このとき、質点 B の運動に対する点 A のまわりの角運動量 \vec{L} は図 1 のようになる。

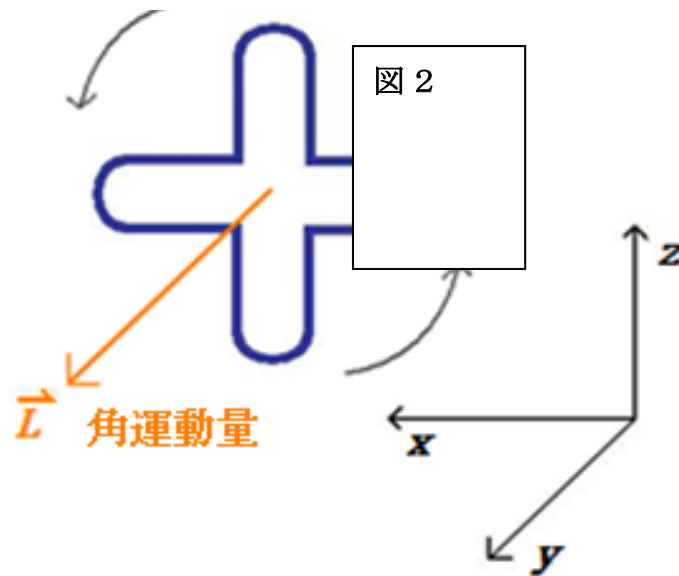
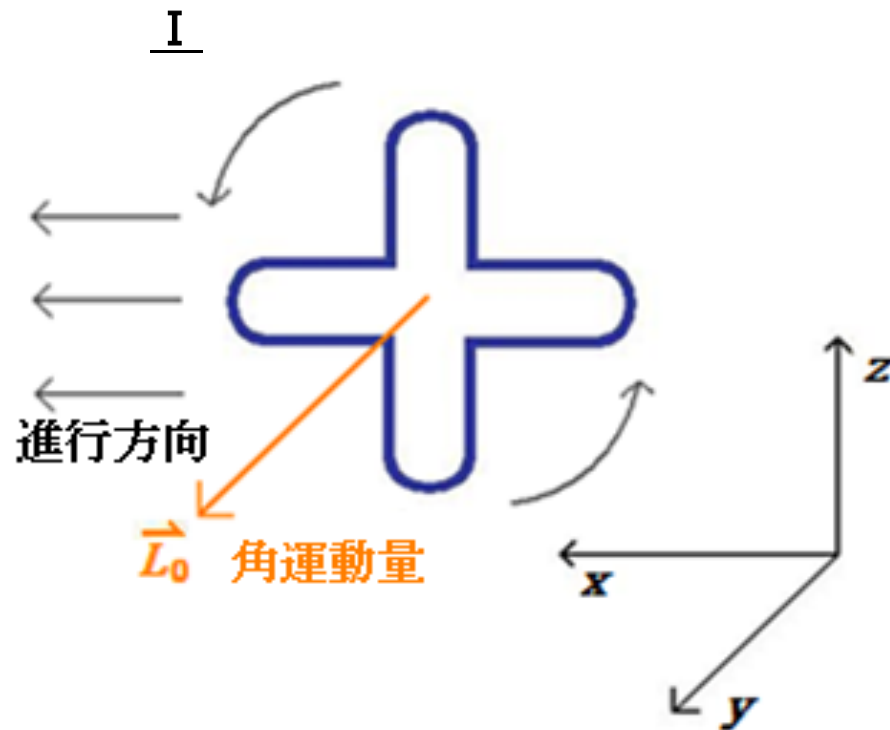


図 2 はブーメランの重心のまわりの角運動量を表している。

5

③ ブーメランが戻ってくる仕組み

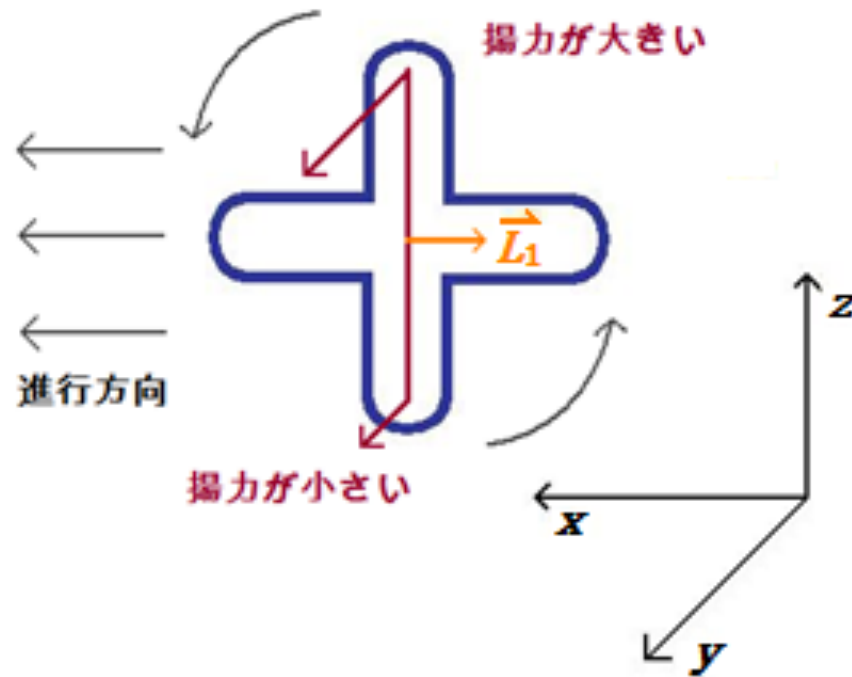
簡単のために 4 枚の羽で右利き用の理想的なブーメランについて考える。



I : ブーメランが図のように回転しているとき、その回転に対する角運動量 \vec{L} の方向は y 軸正方向を向いている。

6

II

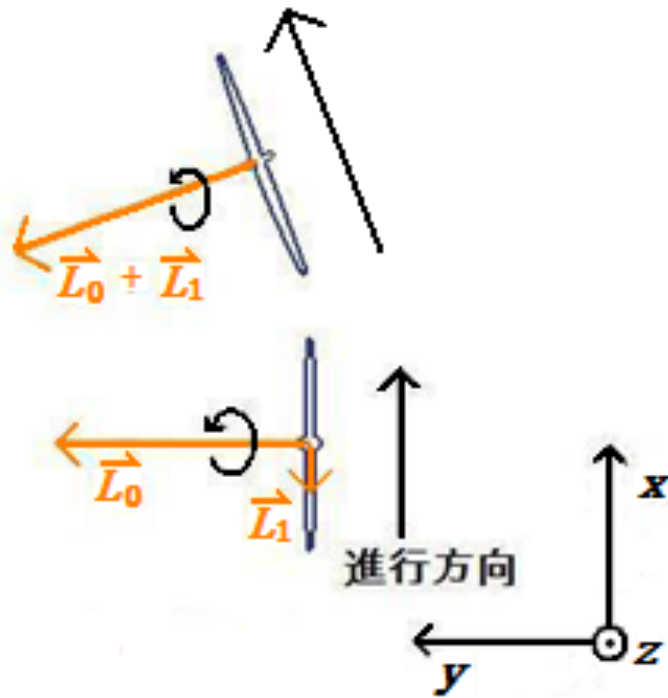


II : 進行方向と回転方向が、上の羽では同じ方向、下の羽では異なる方向なので、揚力の大きさに違いができる。そのため、 x 軸負方向に角運動量 \vec{L} が生じる。

7

Ⅲ

上から見た図



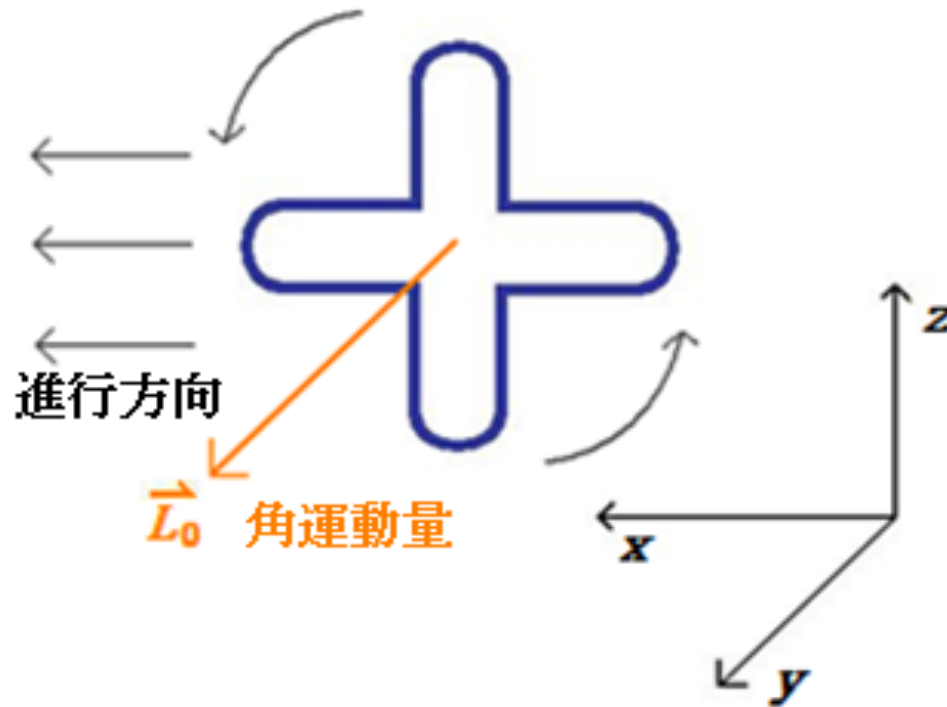
Ⅲ：ⅠとⅡのように角運動量 \vec{L}_0 、 \vec{L}_1 が生じるので、角運動量の方向が、 $\vec{L}_0 + \vec{L}_1$ の方向に傾いていく。このように角運動量が傾き続けることで、揚力の働く方向も変わっていきブーメランは反時計回りに曲がる。

8

④ ブーメランが落ちない仕組み

③と同様に、4枚の羽をもつ、右利き用の理想的なブーメランについて考える。

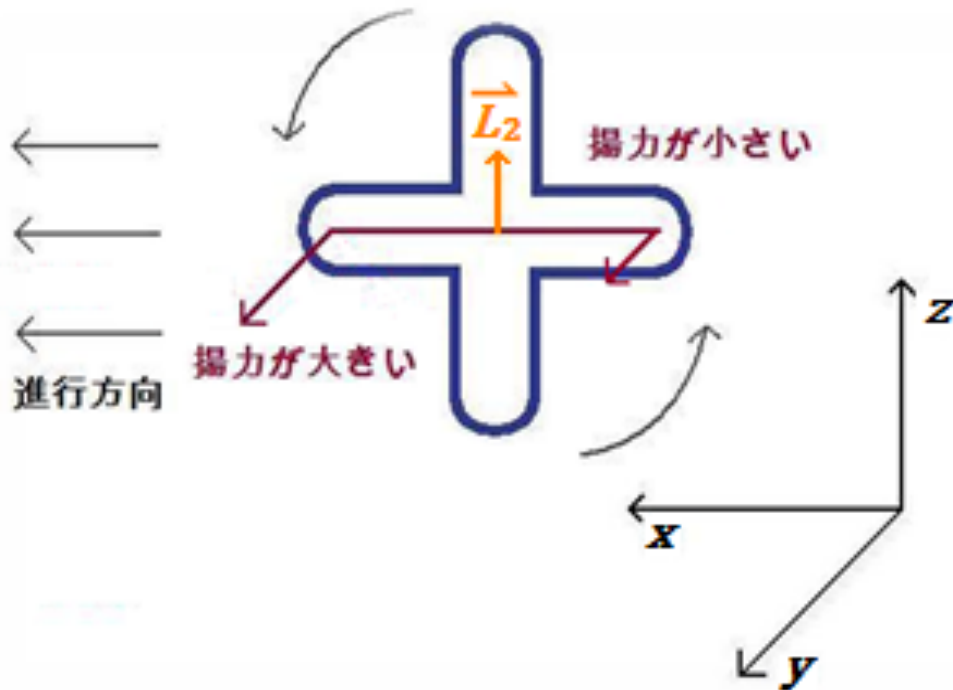
I



I : ブーメランが図のように回転しているとき、その回転に対する角運動量 \vec{L} の方向は y 軸正方向を向いている。

9

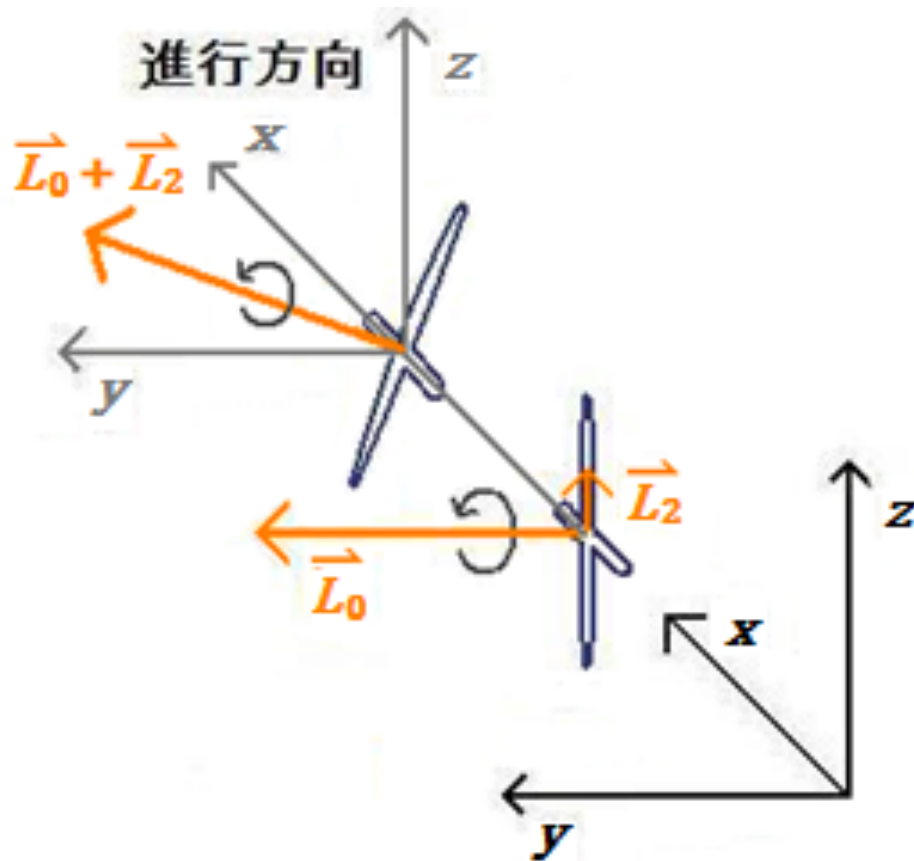
II



II : 前の羽により、後ろの羽の周りの気流が乱れる。このため、後ろの羽によって生じる揚力は、前の羽によって生じる揚力に比べて小さい。よって、 z 軸正方向に角運動量 \mathcal{M} が生じる。

10

Ⅲ



Ⅲ：ⅠとⅡのように角運動量 \vec{L}_0 、 \vec{L}_2 が生じるので、角運動量の方
向が、 $\vec{L}_0 + \vec{L}_2$ の方向が傾いていく。
このように角運動量が傾き続ける
ことで、ブーメランの羽の膨らんで
いる面が上を向く。そして、羽によ
って生じる揚力が上に働き、浮き続

11

ける。

⇒③と④が同時に起こることによって、ブーメランは反時計回りに曲がりながら、羽の膨らんでいる面を上に向けるように動いていく。

（注）：これは、右利き用のブーメランについて考えたものである。左利き用の場合は時計回りに曲がる軌道を描く。

参考： <http://ichiya.com/iruka/boomerang>

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%AF%E3%83%AD%E3%82%B9%E7%A9%8D>