

テイラー柱の実験

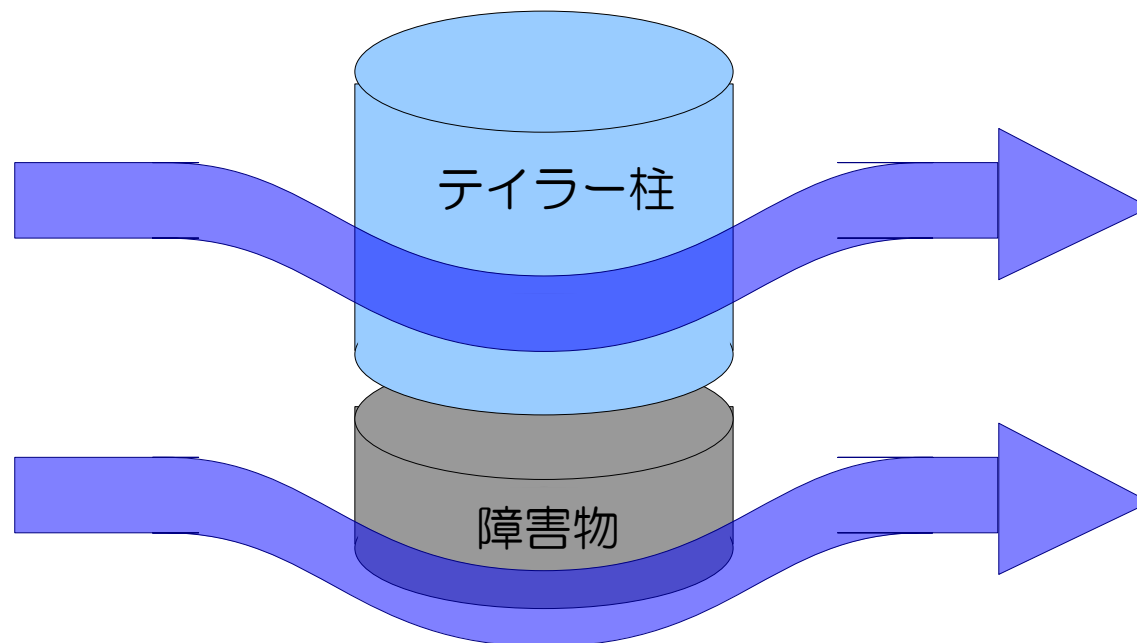
東京大学オープンキャンパス2006
(理学部)

大学院理学系研究科
地球惑星科学専攻
大気海洋科学講座

2006/8/1

テイラー柱とは？

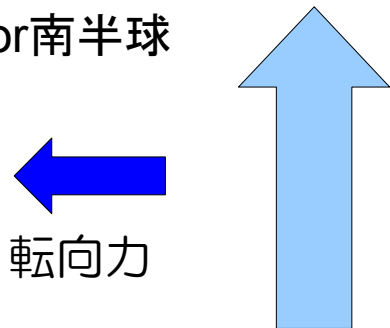
- 水が回転する水槽中の底にある障害物を避けて流れるとき、障害物の上でもあたかもそこに障害物があるように水が流れる現象



転向力（コリオリ力^{りよく}）

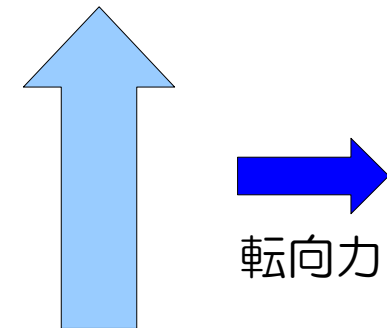
- テイラー柱は転向力のため生ずる。
- 転向力
 - 回転系上に生ずる見掛けの力。
 - 今回の実験のレコード盤上では進む向きに対して左向き。
 - 北半球では反対で進む向きに対して右向き。南半球では左向き。

レコード盤上or南半球



運動方向

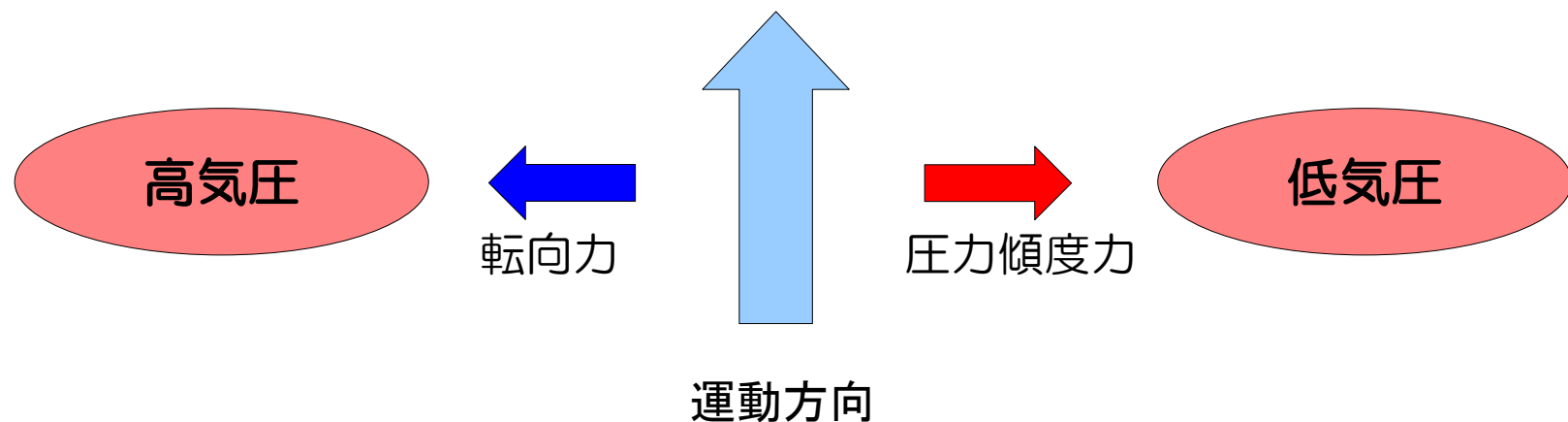
北半球



運動方向

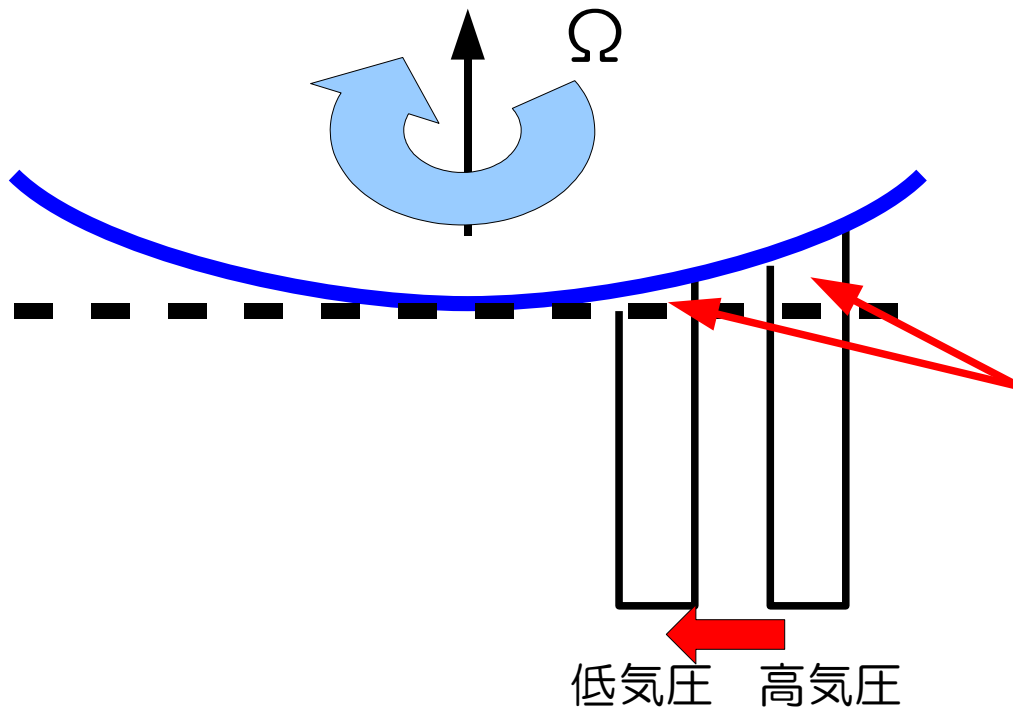
地衡流平衡

- 系の角速度を Ω とし、代表的な速度、水平スケールをそれぞれ U 、 L とするときロスビー数と呼ばれる無次元数 ($R_o=U/\Omega L$) が定まる。
- ロスビー数が十分1より小さいとき、流れはほぼ”地衡流平衡”になる。
- この時、転向力と圧力傾度力が釣り合う。
- 圧力傾度力は水圧の違いから生じる。



圧力傾度力

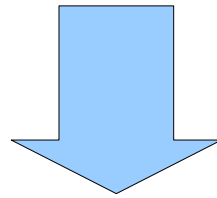
- 回転水槽の水面は放物線になっている。
- ある深さの水圧は、その上の水の重さに依存するので、水面の高さにのみ依存する。



水平方向の圧力傾度力は水面高さの違いによって生じるが、この違いはこの部分の差によって生じるので圧力傾度力は深さによらない。

テイラー柱

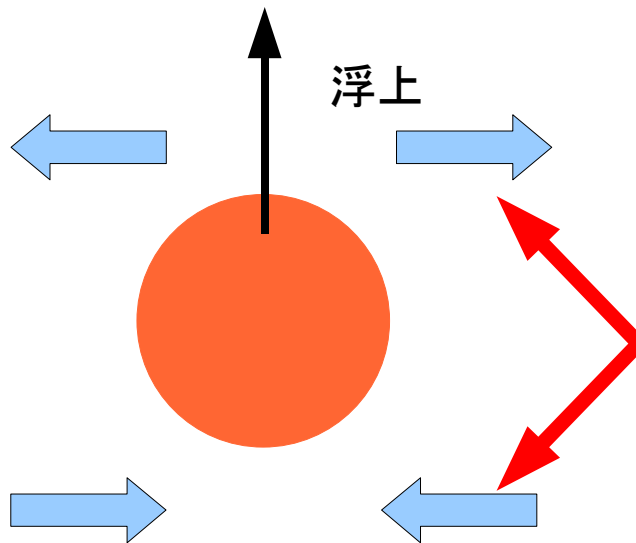
- 圧力傾度力は深さによらないので、それに釣り合う流れ（地衡流）も深さによらない。
- 深さによって違う地衡流は許されない。



- 障害物を避ける流れができるると他の深さでも同じ様な流れが生じるために、テイラー柱が観察される。
- 流れが速すぎると、ロスビー数が大きくなるため地衡流平衡が崩れ、テイラー柱が現れない。

ピンポン玉の浮上

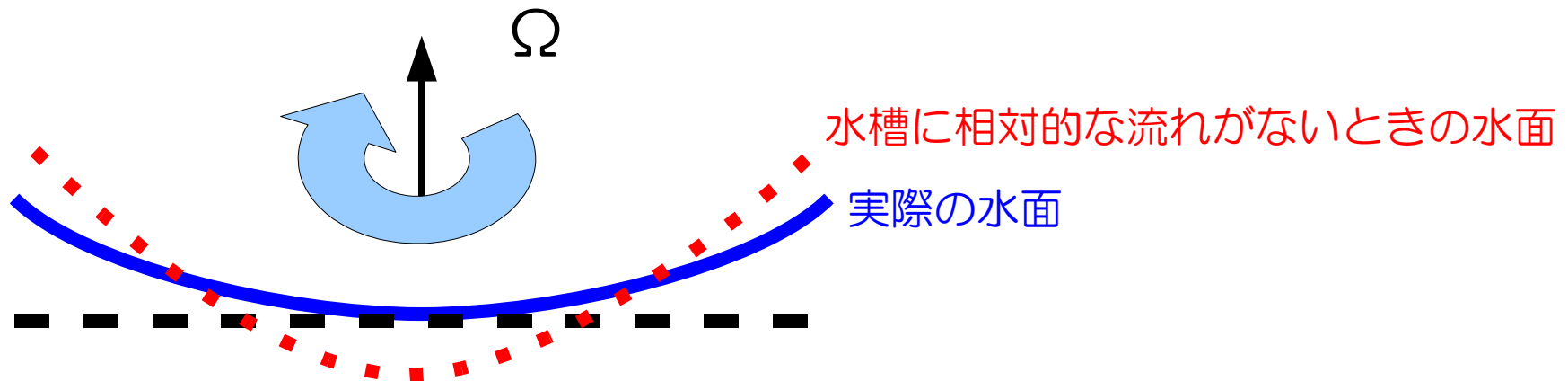
- ピンポン玉が浮かび上がる時、その上では水を押し下げ、下では水を集めてくる流れができる。このような深さによって違う水の流れは回転水槽中では生じにくい。
- この効果のため、ピンポン玉は回転しない水槽内に比べてゆっくり浮上する。



ピンポン玉の上と下で
流れが違う。

補遺 1

- 実際には流速があるとき、圧力傾度力は遠心力と転向力の和と釣り合っている。
- 回転水槽に相対的な流速がないときの水面の位置は図の点線で遠心力とのみ釣り合っている。
- 実験では流体速度をわずかに落とすので、流体は回転中心方向に転向力が生じる。この転向力に釣り合うようにして水面が変化するため、回転中心で水面が上がり、端で下がる。



補遺2

- 回転系流体の運動方程式（x-y平面）

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$$
$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + fU = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}$$

(U,V);水平流速、(x、y);座標軸、 $f=2\Omega$;コリオリパラメーター、 ρ ;密度、 p ;圧力。6の反対称のような記号は偏微分とよばれる操作で、例えばxの偏微分ではtとyを変化させずにx方向にのみ微分することを表す。

- 左辺第1項が時間変化項、第2, 3項は移流項、第4項が転向力。右辺が圧力傾度力。小さいロスビー数は移流項が転向力と圧力傾度力に比べて小さいことを表す。
- 流れの変化がなく（左辺第1項無視）、ロスビー数が小さい場合（第2, 3項無視）、左辺第4項と右辺が釣り合う。これが地衡流平衡。