

## 1 - 5 回転運動

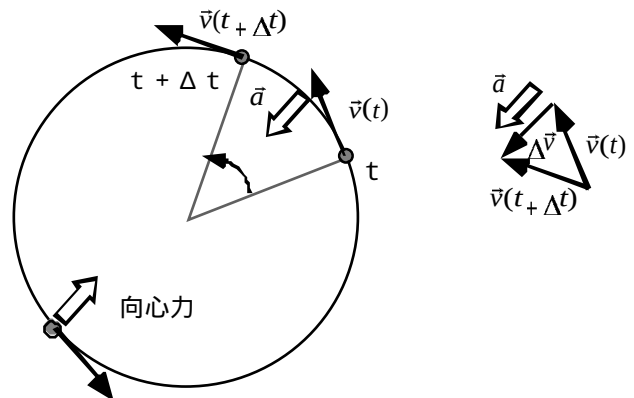
### ・等速円運動

円軌道上を一定の速さで動く運動

加速度の向き  $\Rightarrow$  中心へ

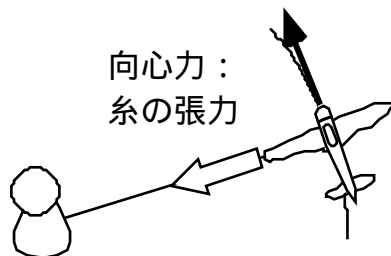
\* ) 進行方向に常に直角な一定の力

( 向心力 )  $\Rightarrow$  等速円運動



### ・円運動の例

ヨーコン飛行機 ( 一般には非等速 )



人工衛星 ( 一般には楕円 )



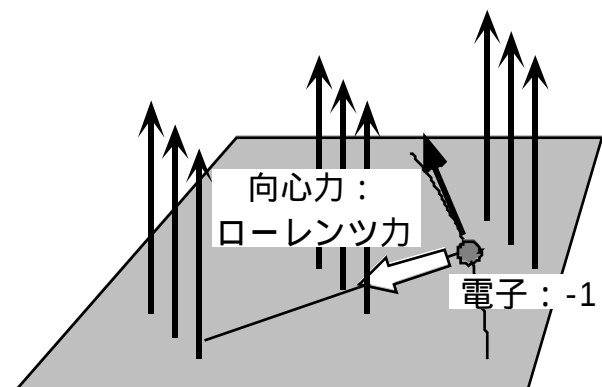
磁場の中の荷電粒子 ( 一般には螺旋 )

ローレンツ力

$\Rightarrow$  速度に応じて  
磁場から受ける

\* ) ローレンツ力の発生

$\Rightarrow$  電磁誘導



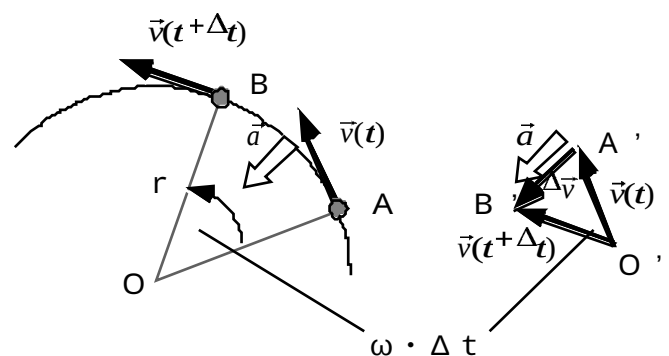
### ・等速円運動と向心力の関係

等速円運動を決める要素

$\Rightarrow$  速さ  $v$  , 半径  $r$

加速度も速さと半径で表現できる

加速度  $a = v^2 / r$



\* ) 加速度  $a$  を速さ  $v$  と半径  $r$  で表す

角速度  $\omega$  : 中心から見て物体の方向が変化する速度 ( 度 / 秒 , ラジアン / 秒 )

例 ) 時計の秒針の角速度は ?

$$=> 360 \text{ (度)} / 60 \text{ (秒)} = 6 \text{ [ 度 / 秒 ]}$$

$$=> 2\pi \text{ (ラジアン)} / 60 \text{ (秒)} = 0.052 \text{ [ ラジアン / 秒 ]}$$

$\Delta t$  が小さければ、その間に変化する角度  $\omega \cdot \Delta t$  も小さい

$=>$  3 角形  $OAB$  と 3 角形  $O'A'B'$  は相似

$$AB / OA = A'B' / O'A'$$

$$<=> v \cdot \Delta t / r = \Delta v / v$$

$$<=> \Delta v = v^2 \cdot \Delta t / r$$

$$\text{加速度 } a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$$

\* ) ちなみに角速度  $\omega$  を  $v$  と  $r$  で表すと

円運動の周期 = ( 円周 ) / ( 速さ ) =  $2\pi r / v$  より

$$\omega = 2\pi \text{ (ラジアン)} / (2\pi r / v) \text{ (秒)}$$

$$= v / r$$

$$v = r \omega \quad \text{と覚えよう}$$

加速度と力の関係式  $=> ma = F$  : 運動方程式

$$\boxed{m(v^2 / r) = F_c}$$

向心力 :  $F_c$

向心力  $F_c$  に円運動を生じさせる力の式を当てはめれば、どんな円運動が可能かわかる

### 例 1 ) ユーコン飛行機

半径  $r$  = > 糸の長さ  $L$  に固定

速さ  $v$  = > コントロールできる

向心力 = > 糸の張力  $T$  (糸が切れるまで強くできる :  $< T_b$ )

$$m ( v^2 / L ) = T$$

$m$  : 飛行機の質量

$$v < \sqrt{\frac{T_c L}{m}}$$

糸が切れるので、速さの上限がある

### 例 2 ) 人工衛星

半径  $r$  = > 自由

速さ  $v$  = > 自由

向心力 = > 地球の引力 (万有引力)  $= G \frac{mM}{r^2}$

$m$  : 人工衛星の質量 ,  $M$  : 地球の質量 ,

$G$  : 重力定数 (  $= 6.672 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$  )

$$m ( v^2 / r ) = G \frac{mM}{r^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad \text{または} \quad r = GM / v^2$$

軌道の半径と速さは一つの組み合わせになっている

軌道を決める = > 速さが決まる

速さを決める = > 軌道が決まる

軌道が大きくなると速さはゆっくりになる