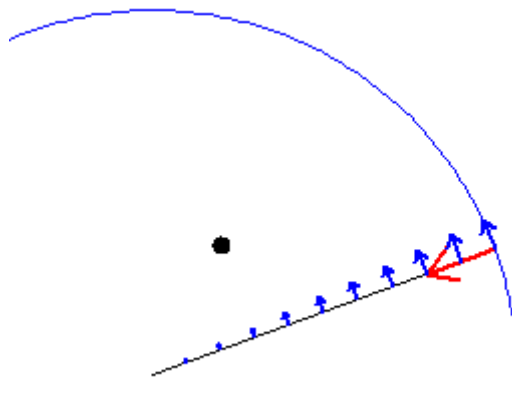


## 回転座標

### 回転座標のアニメーション

半径 1000m の円板が毎時 25 回転で回転しているのを仮想する。円板のへりに乗った自分が回転中心を狙って秒速 100m/s でボールを発射するものとする。ボールの軌跡をシミュレートしてアニメーションを作ろう。



```
!rot01b.bas
!animation  rotating disk
!a thrown ball aimed at the center

set window -1100,1100,-1100,1100
let r=1000
let vx=-100
let dt=0.05
let w=25*2*pi/60/60
let vy=r*w*cos(0)
let xx=r*cos(0)
let yy=r*sin(0)

for t=0 to 17 step dt
  set draw mode hidden
  clear

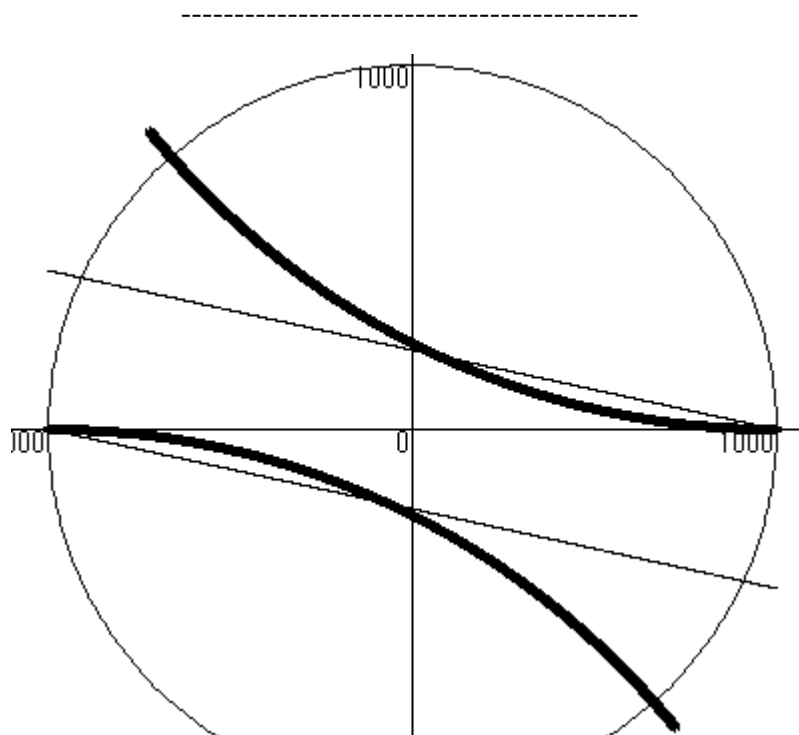
  let x=r*cos(w*t)
  let y=r*sin(w*t)
  let xx=xx+vx*dt
  let yy=yy+vy*dt
  set line color 1
  set line width 8
  draw circle with
    scale(3)*shift(xx,yy)
  plot points: xx,yy

  set line color 1
  set line width 1
  plot lines: 0,0;x,y
  set line color 4
  draw arrow with scale(vx)*rotate(angle(x,y))*shift(x,y)

  set line width 1
  set line color 2
  for kkk=1 to 0.1 step -0.1
    draw arrow with
      rotate(w*t+pi/2)*scale(kkk*vy)*shift(kkk*x,kkk*y)
  set line width 1
  draw circle with scale(r)
  next kkk
  set draw mode explicit
next t
END
!-----
external picture arrow
set line width 2
plot 2,0;0,0
plot 1.2,0.5;2,0;1.2,-0.5
end picture

let xxx=xx
let yyy=yy
```

例題 前のアニメーションと似た例で、ボールの運動を絶対座標から見た場合と、回転座標に乗っている自分から見た場合と軌跡にして見よう。

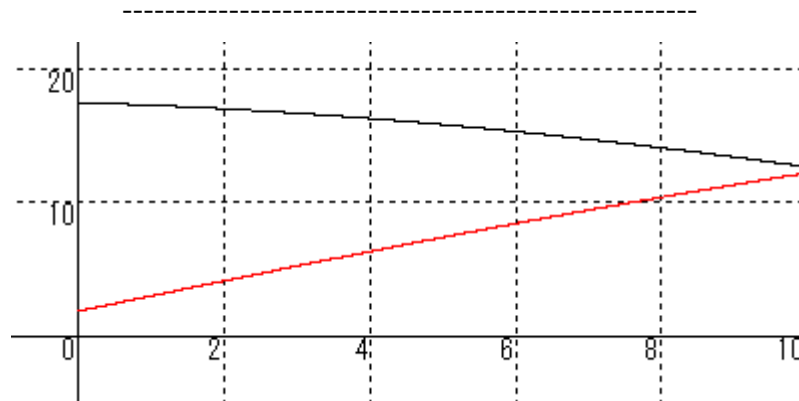


```

!rot01c.bas
!rotating disk
!a thrown ball aimed at the center
set axis color 1
set window -1100,1100,-1100,1100
draw axes(1000,1000)
draw circle with scale (1000)
let r=1000
let dt=0.0005
let w=25*2*pi/60/60
for i=0 to 1
  let vx=-200*(-1)^i
  let vy=r*w*cos(i*pi)
  let xx=r*cos(i*pi)
  let yy=r*sin(i*pi)
  for t=0 to 10 step dt
    let xx=xx+vx*dt
    let yy=yy+vy*dt
    plot lines: xx,yy
    let x=xx*cos(w*t)+yy*sin(w*t)
    let y=-xx*sin(w*t)+yy*cos(w*t)
    plot points:x,y
  next t
next i
END

```

例題 前の例の絶対座標から見たボールの直線運動を、回転座標に乗っている自分から見た場合の加速度をグラフにして見よう。



```
!rot01d.bas 06-3-17
!rotating disk
!a thrown ball aimed at the center
set axis color 1
set window -1,10,-30,30
draw grid(2,10)
!draw circle with scale (1000)
let r=1000
let dt=0.0005
let w=25*2*pi/60/60
let vx=-200
let vy=r*w*cos(0)
let xx=r*cos(0)
let yy=r*sin(0)

for t=0 to 10 step dt
  let xx=xx+vx*dt
  let yy=yy+vy*dt
  !plot lines: xx,yy
  let x=xx*cos(w*t)+yy*sin(w*t)
  let y=-xx*sin(w*t)+yy*cos(w*t)

  let vx1=(x-xprev)/dt
  let vy1=(y-yprev)/dt
  let ax1=(vx1-vx1prev)/dt
  let ay1=(vy1-vy1prev)/dt
  !plot points:x,y
  set line color 2
  !plot lines:t,vx1/10
  set line color 3
  !plot lines:t,vy1/10
  set line color 4
  plot lines:t,ax1
  set line color 1
  plot lines:t,ay1
  let xprev=x
  let yprev=y
  let vx1prev=vx1
  let vy1prev=vy1
next t
END
```

回転座標から見た振子あるいは振動子

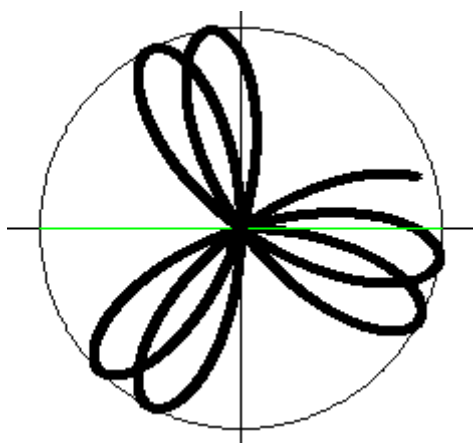
回転座標となる円板が 0.3rad/s で回転しているのを仮想する。 振動子の運動方程式は下の一般式であらわされるものとする。

$$\begin{cases} \ddot{x} = -kx \\ \ddot{y} = -ky \end{cases} \quad (\text{ただし } k = 1)$$

( 1 )円板の中心から右方向へ  $v_x = 1\text{m/s}$  で振動子をはじき出した場合の振動子の軌跡を静止座標から見た場合と回転座標から見た場合をもとめよ。

( 2 )回転座標の ( 1, 0 ) で振動子を手放した場合の振動子の軌跡を静止座標から見た場合と回転座標から見た場合をもとめよ。

( 1 )

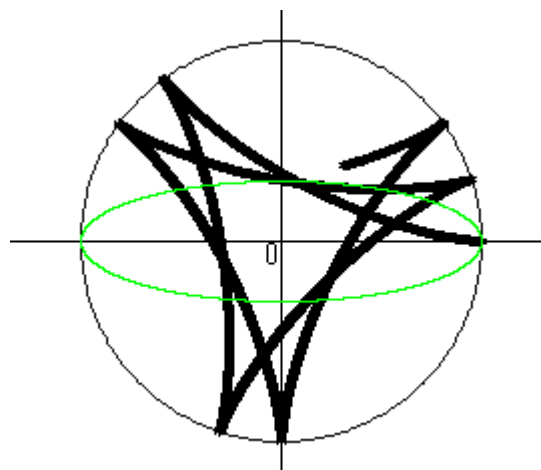


```
!rot03.bas
!rotating disk
!a vibrating object
set axis color 1
let kk=2
set window -kk,kk,-kk,kk
draw axes(1000,1000)
draw circle with scale (1)
let r=1
let dt=0.0005
let w=0.3

let k=1
let vyy=r*w
!let vxx=1
let xx=r

for t=0 to 20 step dt
    let axx=-k*xx
```

( 2 )



```
let ayy=-k*yy
let vxx=vxx+axx*dt
let vyy=vyy+ayy*dt
let xx=xx+vxx*dt
let yy=yy+vyy*dt
set line color 3
plot lines: xx,yy
let x=xx*cos(w*t)+yy*sin(w*t)
let y=-xx*sin(w*t)+yy*cos(w*t)
plot points:x,y

next t

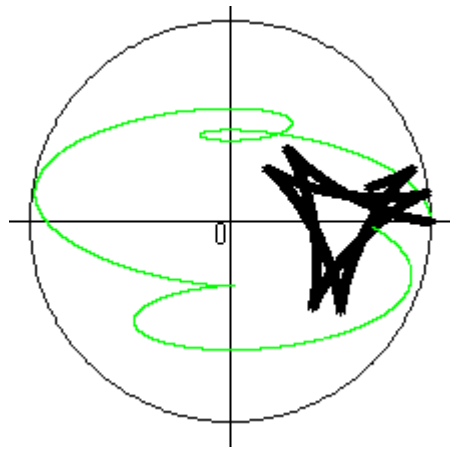
END
```

回転座標から見た振子あるいは振動子（その2）

回転座標となる円板が 0.3rad/s で回転しているのを仮想する。 振動子の運動方程式は下の一般式であらわされるものとする。

$$\begin{cases} \ddot{x} = -kx \\ \ddot{y} = -ky \end{cases} \quad (\text{ただし } k = 1)$$

振動子の中心の座標が回転座標上で( 0.5, 0 )にあるものとする。 回転座標の( 1, 0 ) で振動子を手放した場合の振動子の軌跡を静止座標から見た場合と回転座標から見た場合をもとめよ。



```
!rot03a.bas
!rotating disk
!a vibrating object
set axis color 1
let kk=2
set window -kk,kk,-kk,kk
draw axes(1000,1000)
draw circle with scale (1)
let r=1
let dt=0.0005
let w=0.3

let k=1
let vyy=r*w
!let vxx=1
let xx=r

let vxx=vxx+axx*dt
let vyy=vyy+ayy*dt
let xx=xx+vxx*dt
let yy=yy+vyy*dt
set line color 3
plot lines: xx,yy
let x=xx*cos(w*t)+yy*sin(w*t)
let y=-xx*sin(w*t)+yy*cos(w*t)
plot points:x,y

next t

END

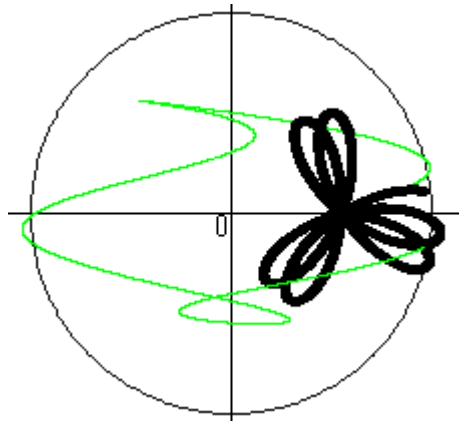
for t=0 to 20 step dt
  let x0=0.5*cos(w*t)
  let y0=0.5*sin(w*t)
  let axx=-k*(xx-x0)
  let ayy=-k*(yy-y0)
```

回転座標から見た振子あるいは振動子（その3）

回転座標となる円板が 0.3rad/s で回転しているのを仮想する。 振動子の運動方程式は下の一般式であらわされるものとする。

$$\begin{cases} \ddot{x} = -kx \\ \ddot{y} = -ky \end{cases} \quad (\text{ただし } k = 1)$$

振動子の中心の座標が回転座標上で( 0.5, 0)にあるものとする。 回転座標上で ( 0.5, 0 )から右方向へ  $v_x = 0.5\text{m/s}$  で振動子をはじき出した場合の振動子の軌跡を静止座標から見た場合と回転座標から見た場合をもとめよ。



```
!rot03b.bas
!rotating disk
!a vibrating object
set axis color 1
let kk=2
set window -kk,kk,-kk,kk
draw axes(1000,1000)
draw circle with scale (1)
let r=1
let dt=0.0005
let w=0.3

let k=1
let vyy=0.5*w
let vxx=0.5
let xx=0.5

for t=0 to 20 step dt
  let x0=0.5*cos(w*t)
  let y0=0.5*sin(w*t)
  let axx=-k*(xx-x0)
  let ayy=-k*(yy-y0)
  let vxx=vxx+axx*dt
  let vyy=vyy+ayy*dt
  let xx=xx+vxx*dt
  let yy=yy+vyy*dt
  set line color 3
  plot lines: xx,yy
  let x=xx*cos(w*t)+yy*sin(w*t)
  let y=-xx*sin(w*t)+yy*cos(w*t)
  plot points:x,y
next t
END
```