

## ベクトル場のイメージ

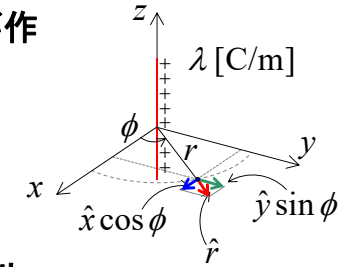
1st. 2016/04/17

Lst. 2022/09/28

## ベクトル場の計算例1

線状に一様帯電した電荷  $\lambda$  [C/m] が作る電界ベクトル (円筒座標)

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \hat{r} \quad \text{円筒座標で表示するときの単位ベクトル}$$



一様電荷  $\lambda$  [C/m] が作る電界ベクトル (デカルト座標)

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 \sqrt{x^2 + y^2}} (\hat{x} \cos \phi + \hat{y} \sin \phi) \quad \text{デカルト座標で表示するときの単位ベクトル}$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

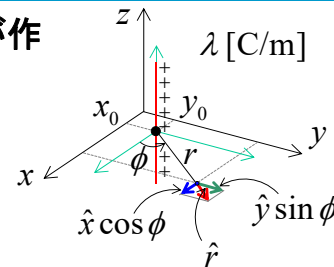
$$\phi = \tan^{-1}(y/x)$$

※ 軸対象問題の扱いにおいては、円筒座標なら一つの単位ベクトルで場を表現できるが、デカルト座標では二つの単位ベクトルが必要になる。

## ベクトル場の計算例2 (源泉が原点外の場合)

線状に一様帯電した電荷  $\lambda$  [C/m] が作る電界ベクトル (円筒座標)

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r} \hat{r} \quad \text{円筒座標で表示するときの単位ベクトル}$$



一様電荷  $\lambda$  [C/m] が作る電界ベクトル (デカルト座標)

$$\vec{E} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}} (\hat{x} \cos \phi + \hat{y} \sin \phi) \quad \text{デカルト座標で表示するときの単位ベクトル}$$

$$r = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}$$

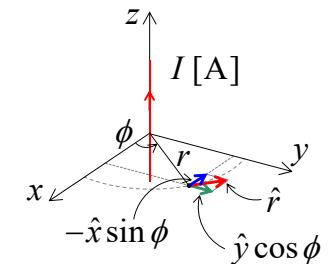
$$\phi = \tan^{-1}(y-y_0 / x-x_0)$$

※ 軸対象問題の扱いにおいては、円筒座標なら一つの単位ベクトルで場を表現できるが、デカルト座標では二つの単位ベクトルが必要になる。

## ベクトル場の計算例3

z軸上無限直線電流  $I$  が作る磁場ベクトル (円筒座標)

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \hat{\phi} \quad \text{円筒座標で表示するときの単位ベクトル}$$



z軸上無限直線電流  $I$  が作る磁場ベクトル (デカルト座標)

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{x^2 + y^2}} ((-\hat{x}) \sin \phi + \hat{y} \cos \phi) \quad \text{デカルト座標で表示するときの単位ベクトル}$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

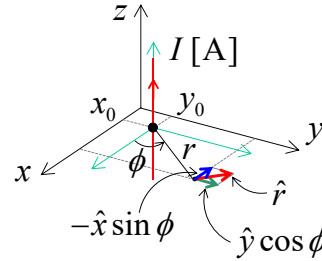
※ 軸対象問題の扱いにおいては、円筒座標なら一つの単位ベクトルで場を表現できるが、デカルト座標では二つの単位ベクトルが必要になる。

# ベクトル場の計算例4 (源泉が原点外の場合)

z軸上無限直線電流Iが作る  
磁場ベクトル(円筒座標)

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \hat{\phi}$$

円筒座標で表示する  
ときの単位ベクトル



z軸上無限直線電流Iが作る  
磁場ベクトル(デカルト座標)

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}} \left( (-\hat{x}) \sin \phi + \hat{y} \cos \phi \right)$$

デカルト座標で表示する  
ときの単位ベクトル

$$r = \sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2}$$

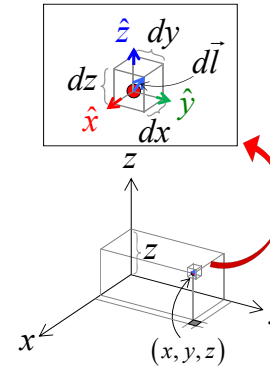
$$\phi = \tan^{-1}(y-y_0 / x-x_0)$$

※ 軸対象問題の扱いにおいては、円筒座標なら一つの単位ベクトルで場を表現できるが、デカルト座標では二つの単位ベクトルが必要になる。

# 直交座標系

$$d\vec{l} = dx \hat{x} + dy \hat{y} + dz \hat{z}$$

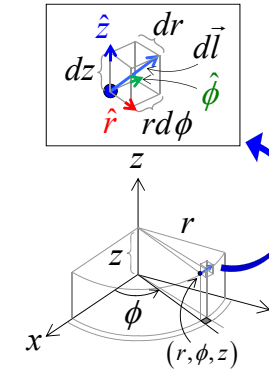
$$dv = dx dy dz$$



デカルト座標  
Cartesian coordinate  
または、直角座標  
rectangular coordinate

$$d\vec{l} = dr \hat{r} + r d\phi \hat{\phi} + dz \hat{z}$$

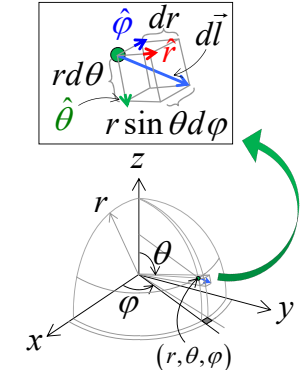
$$dv = r dr d\phi dz$$



円筒座標  
cylindrical coordinate

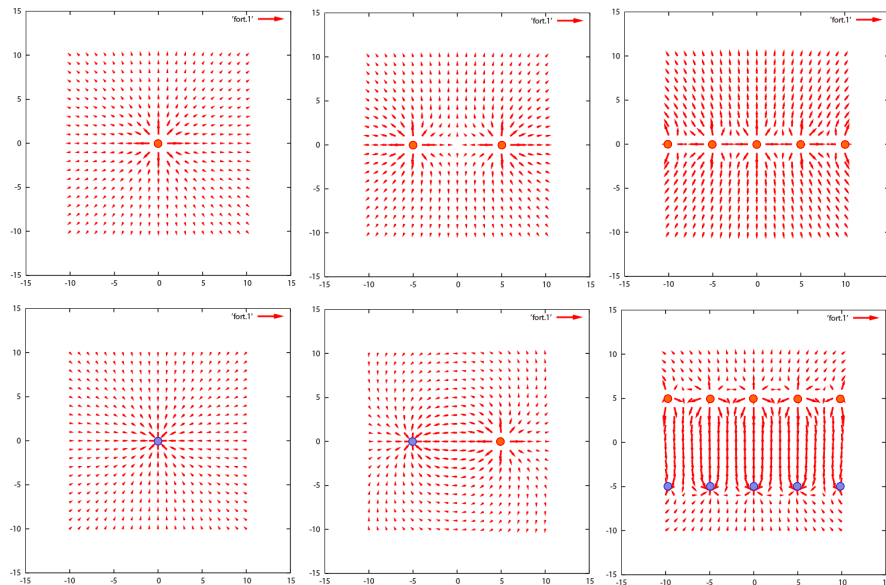
$$d\vec{l} = dr \hat{r} + r d\theta \hat{\theta} + r \sin \theta d\phi \hat{\phi}$$

$$dv = r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi$$

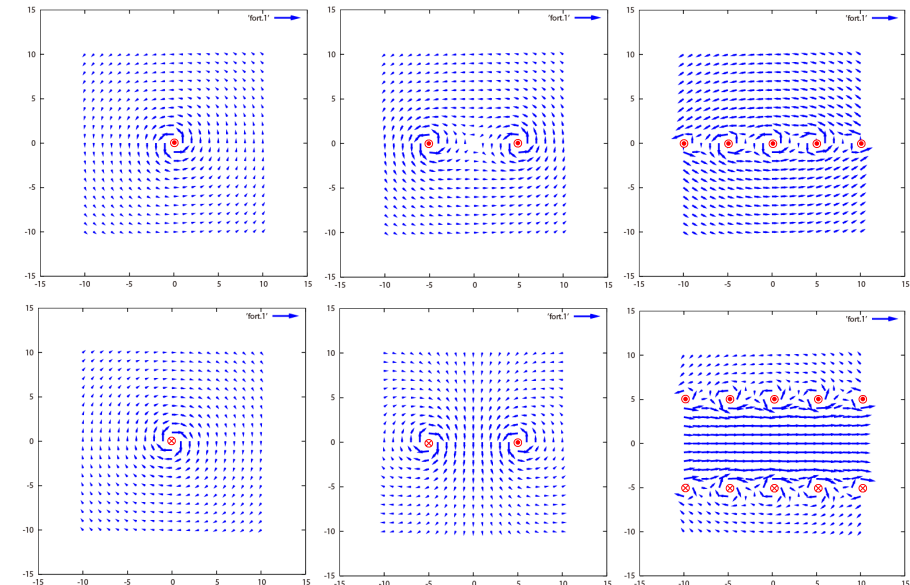


球座標  
spherical coordinate

# 点電荷が作る電場Eのイメージ



# 直線電流が作る磁場Bのイメージ



# ベクトル場の計算

【演習】 次の資料を参考に、電荷が作るベクトル場および、電流が作るベクトル場を計算して表示せよ。

♪ Electromagnetics Laboratory ♪  
- For Education of Electromagnetic Engineers -

Linux

Linuxに関連するマニュアル類です。

Linux 使い方

|                        |     |        |         |
|------------------------|-----|--------|---------|
| 1. 端末操作, emacs の使い方    | PDF |        |         |
| 2. Gnuplot と tgif の使い方 | PDF |        |         |
| 3. プログラミングと数値計算        | PDF | charge | current |
| 4. Gnuplotアニメーション作成方法  | PDF |        |         |
| 5. Gimp Gifアニメーション作成方法 | PDF |        |         |
| 6. OpenGL の使い方         | PDF |        |         |
| 7. Samba の設定           | PDF | PDF    | .conf   |

← Fortran90ソースコード

<https://www.kusamalab.org/standards/linux/linux.html>

# ベクトル場の計算表示1

## 3. コンパイルと実行

- (1) gfortran xx.f90 (コンパイル)  
(注1)xxには該当ファイル名を入力する
- (2) ./a.out (実行)
- (3) Ctrl^c (計算を中断する場合)

♪ Electromagnetics Laboratory ♪  
- For Education of Electromagnetic Engineers -

Windows

Windowsに関連するマニュアル類です。

Windows 使い方

|                     |     |     |  |
|---------------------|-----|-----|--|
| 1. A4-B1拡大印刷の手順     | PDF |     |  |
| 2. 新し読み印刷の方法        | PDF |     |  |
| 3. HTTP公開手順         | PDF |     |  |
| 4. IPアドレスとサブネット     | PDF |     |  |
| 5. プリントサーバ設定        | PDF |     |  |
| 6. プリント共有設定         | PDF |     |  |
| 7. HFSSインストール設定     | PDF |     |  |
| 8. HFSSサーバ設定        | PDF |     |  |
| 9. gfortranインストール設定 | PDF | PDF |  |
| 10. gnuplotインストール設定 | PDF |     |  |
| 11. 商業コピーと加工画像の権利付  | PDF |     |  |

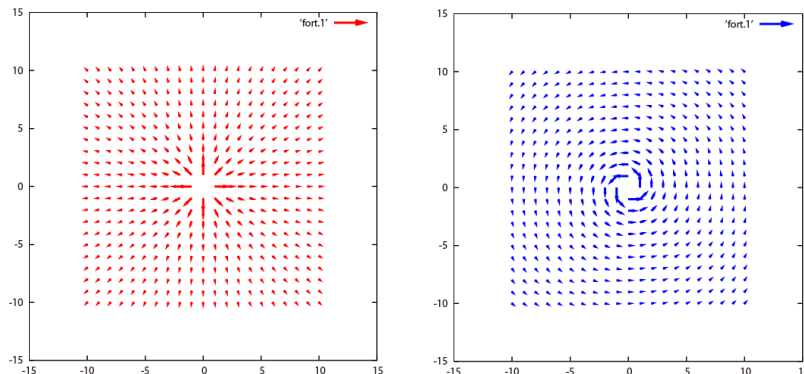
← gfortranとgnuplotのインストール方法

<https://www.kusamalab.org/standards/windows/windows.html>

# ベクトル場の計算表示2

## 4. ベクトル場の表示

- (1) 別のターミナルを開いてGnuplotを立ち上げる。
- (2) Gnuplotのマニュアルやヘルプを見ながらベクトル場のイメージと同じ図を出力する。一例として、左下図は点電荷が作る電界を示し、右下図は線電流が作る磁場の様子を示す。



# ベクトル場の計算表示3

(3) gnuplotにおけるベクトル出力のコマンドは

gnuplot> plot "output.dat" with vector

である。ここで、データファイルを表すoutput.dat のフォーマットは4列のデータ並びとなっており、下テーブルに示すように、左からx, y, Ax, Ay (x座標, y座標, ベクトルAのx成分, ベクトルAのy成分)という順番になっている必要がある。

|     | 1列目  | 2列目  | 3列目   | 4列目   |
|-----|------|------|-------|-------|
| 1行目 | x(1) | y(1) | Ax(1) | Ay(1) |
| 2行目 | x(2) | y(2) | Ax(2) | Ay(2) |
| ... | ...  | ...  | ...   | ...   |
| n行目 | x(n) | y(n) | Ax(n) | Ay(n) |

# ベクトル場の計算(電場)

13

```
module static_lib
!=====
!***** physical constant ****
real(8),parameter :: mu0=12.5663706d-7 ! permeability in vacume
real(8),parameter :: eps0=8.8541878d-12 ! permittivity in vacume
real(8),parameter :: vc=2.9979000000d8 ! light velocity
real(8),parameter :: pi=3.1415927d0 ! circular constant
!=====
end module static_lib

program main
use static_lib
implicit none
integer :: i,j
real(8) :: x,y
real(8) :: ex,ey
real(8) :: dx,dy

!***** output file ****
dx=0.5d0
dy=0.5d0

do i=-20,20,1
do j=-20,20,1
x=i*dx
y=j*dy
write(1,*) x,y,ex(x,y),ey(x,y)
end do
end do

end program main
```

関数ex(x,y)とey(x,y)の引数x,yを変えて  
ex(x-x<sub>0</sub>, y-y<sub>0</sub>)とey(x-x<sub>0</sub>, y-y<sub>0</sub>)とすれば、  
源泉の位置を(x<sub>0</sub>,y<sub>0</sub>)にできる。

# ベクトル場の計算(電場関数)

14

```
real(8) function ex(x,y)
!*****
! function electric field Ex
!*****
use static_lib
implicit none
real(8) :: x,y
real(8) :: q,phi

q=2*pi*eps0
! phi=atan(y/x)
phi=atan2(y,x)

if(x/=0.and.y/=0) then
ex=0.0d0
else
ex=q/(2*pi*eps0)/sqrt(x**2+y**2)*cos(phi)
endif
write(6,*) x,y,phi,ex

end function ex

real(8) function ey(x,y)
!*****
! function electric field Ey
!*****
use static_lib
implicit none
real(8) :: x,y
real(8) :: q,phi

q=2*pi*eps0
! phi=atan(y/x)
phi=atan2(y,x)

if(x/=0.and.y/=0) then
ey=0.0d0
else
ey=q/(2*pi*eps0)/sqrt(x**2+y**2)*sin(phi)
endif

end function ey
```

# ベクトル場の計算(磁場)

15

```
module static_lib
!=====
!***** physical constant ****
real(8),parameter :: mu0=12.5663706d-7 ! permeability in vacume
real(8),parameter :: eps0=8.8541878d-12 ! permittivity in vacume
real(8),parameter :: vc=2.9979000000d8 ! light velocity
real(8),parameter :: pi=3.1415927d0 ! circular constant
!=====
end module static_lib

program infinite_current
use static_lib
implicit none
integer :: i,j
real(8) :: x,y
real(8) :: bx,by
real(8) :: dx,dy

!***** output file ****
dx=1.0d0
dy=1.0d0

do i=-10,10,1
do j=-10,10,1
x=i*dx
y=j*dy
write(1,*) x,y,bx(x,y),by(x,y)
end do
end do

end program infinite_current
```

関数bx(x,y)とby(x,y)の引数x,yを変えて  
bx(x-x<sub>0</sub>, y-y<sub>0</sub>)とby(x-x<sub>0</sub>, y-y<sub>0</sub>)とすれば、  
源泉の位置を(x<sub>0</sub>,y<sub>0</sub>)にできる。

# ベクトル場の計算(磁場関数)

16

```
real(8) function bx(x,y)
!*****
! function magnetic flux density Bx
!*****
use static_lib
implicit none
real(8) :: x,y
real(8) :: ic,phi

ic=2.0d0*pi/mu0
! phi=atan(y/x)
phi=atan2(y,x)

if(x/=0.and.y/=0) then
bx=0.0d0
else
bx=-mu0*ic/(2.0d0*pi*sqrt(x**2+y**2))*sin(phi)
endif
write(6,*) x,y,phi,bx

end function bx

real(8) function by(x,y)
!*****
! function magnetic flux density By
!*****
use static_lib
implicit none
real(8) :: x,y
real(8) :: ic,phi

ic=2.0d0*pi/mu0
! phi=atan(y/x)
phi=atan2(y,x)

if(x/=0.and.y/=0) then
by=0.0d0
else
by=+mu0*ic/(2.0d0*pi*sqrt(x**2+y**2))*cos(phi)
endif

end function by
```