

## ベクトル場のイメージ

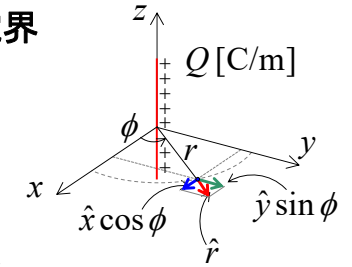
1st. 2016/04/17

Lst. 2021/09/28

## ベクトル場の計算例1

線状に一様帯電した電荷Qが作る電界ベクトル(円筒座標)

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



2次元一様電荷Qが作る電界ベクトル(デカルト座標)

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

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

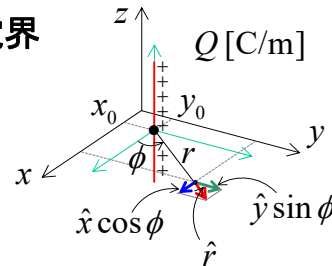
$$\phi = \tan^{-1}(y/x)$$

※ 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Qが作る電界ベクトル(円筒座標)

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



2次元一様電荷Qが作る電界ベクトル(デカルト座標)

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

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

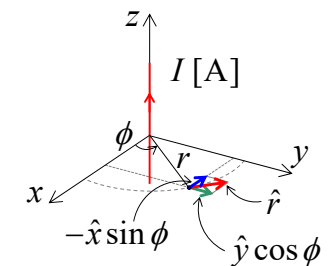
$$\phi = \tan^{-1}(y-y_0 / x-x_0)$$

※ 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)

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

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

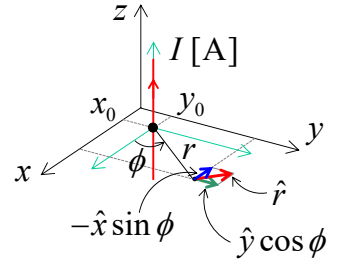
※ 軸対象問題の扱いにおいては、円筒座標なら一つの単位ベクトルで場を表現できるが、デカルト座標では二つの単位ベクトルが必要になる。

# 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

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

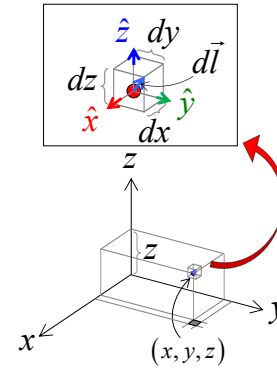
$$\phi = \tan^{-1}(y-y_0 / x-x_0)$$

※ 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

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

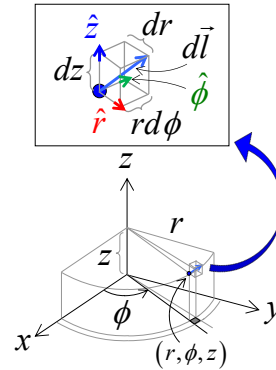
$$dv = dxdydz$$



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

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

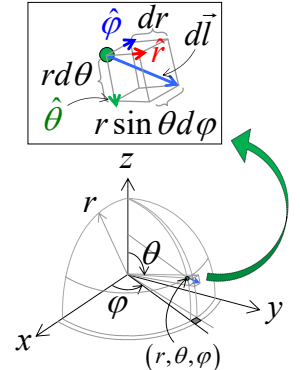
$$dv = r dr d\phi dz$$



円筒座標  
cylindrical coordinate

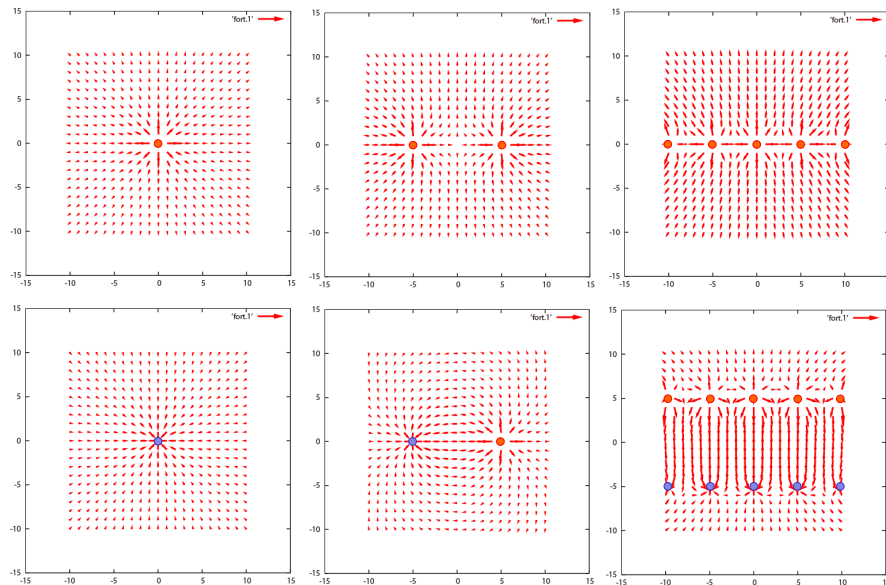
$$d\vec{l} = dr \hat{r} + rd\theta \hat{\theta} + r \sin \theta d\phi \hat{\phi}$$

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

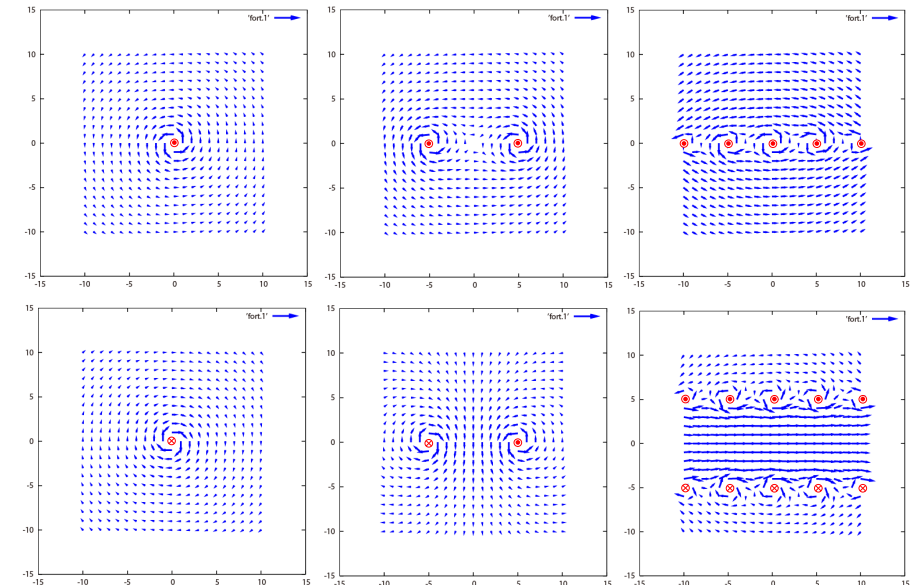


球座標  
spherical coordinate

# 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. 画像コピーと加工画像の解像度	PDF	

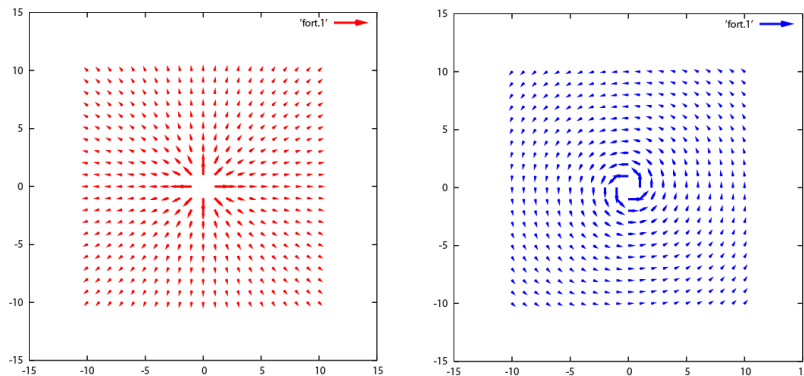
← gfortranとgnuplotのインストール方法

<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
```