

電磁気学基礎論



<http://www.scimuseum.kita.osaka.jp/~saito/job/writing/rep/2001/seidenki.htm>

から画像をコピーしました。

ファラデーから、マクスウェルへの手紙

数学者が物理的な作用の研究にたずさわり、ある結論に到達したとき、それは

普通の言葉を使っても、数式に劣らず不足なく、表現できないものでしょうか。

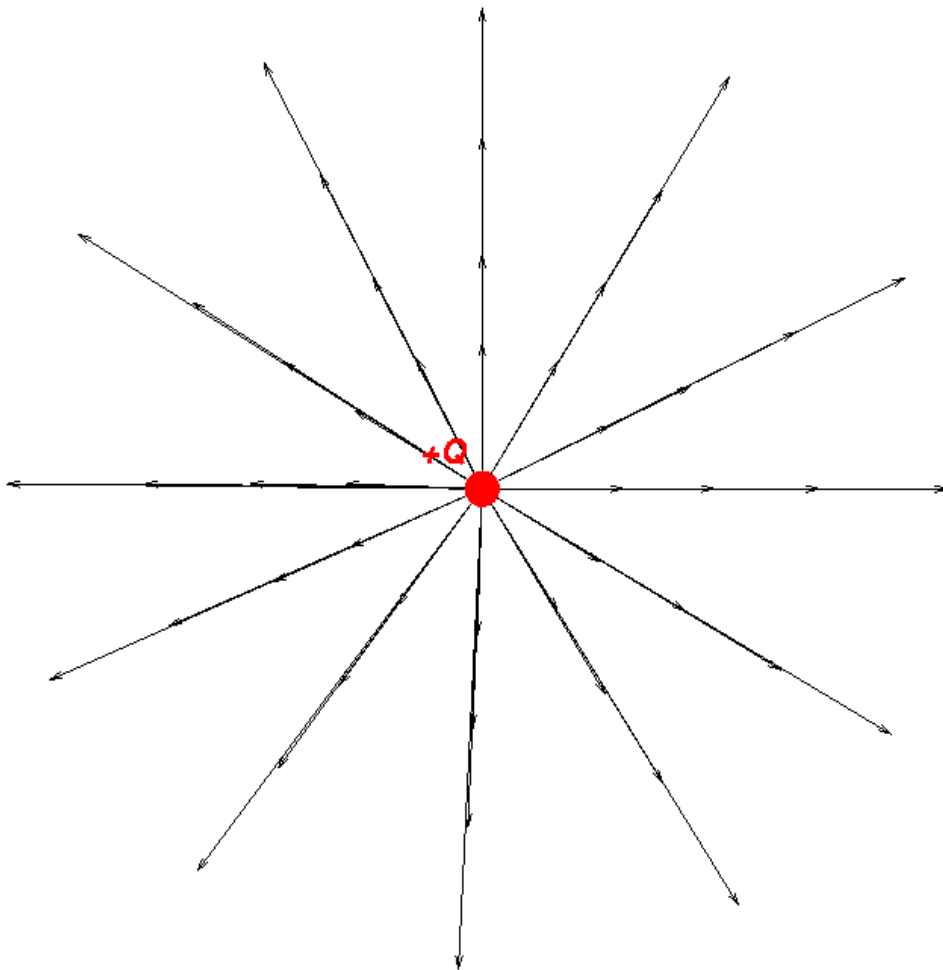
もし、そういう表現つまり私たちも実験を通してその研究に参画できるように、

秘密の記号を翻訳した表現ができれば、私などには大変ありがたいのですが。

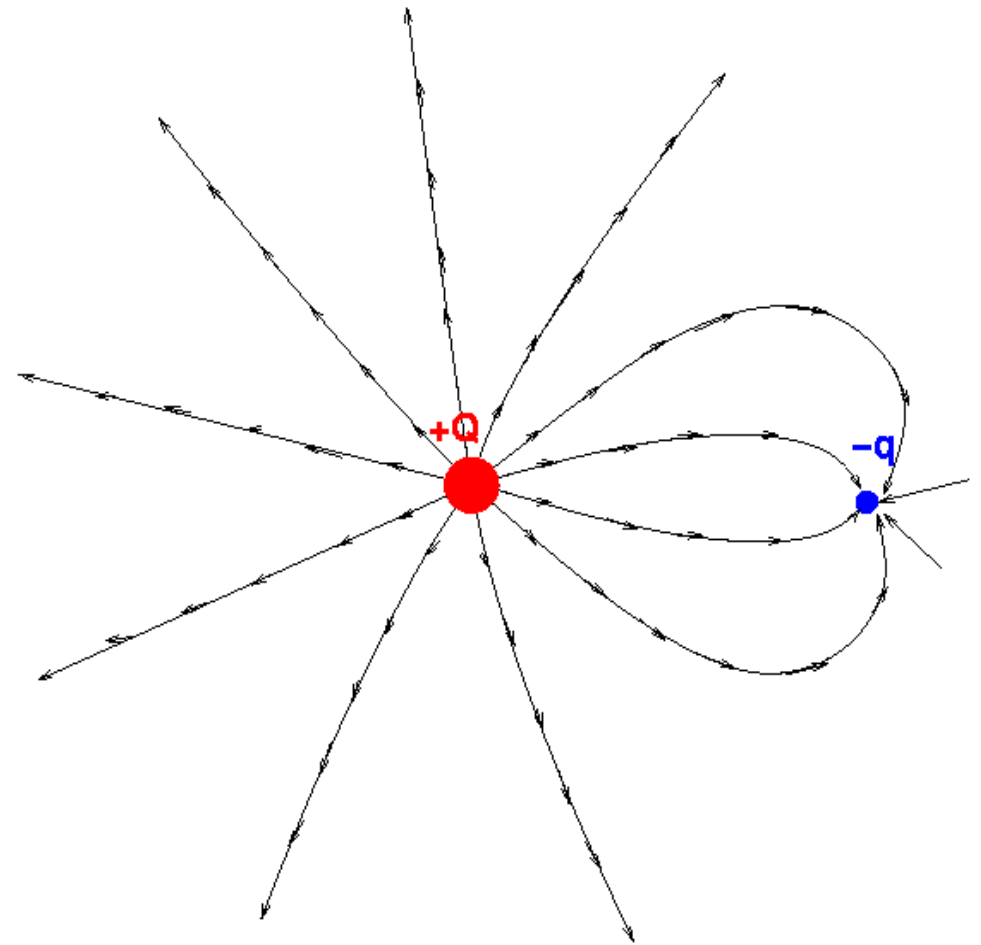
マクスウェルの答え = 電気力線と磁力線

この授業の出発点

電荷からは、電気力線が伸びている



単独の電荷の場合放射状に



複数の電場では配置によって曲線を描く

電気力線を用いて、**電場**を電気力線で表現する。

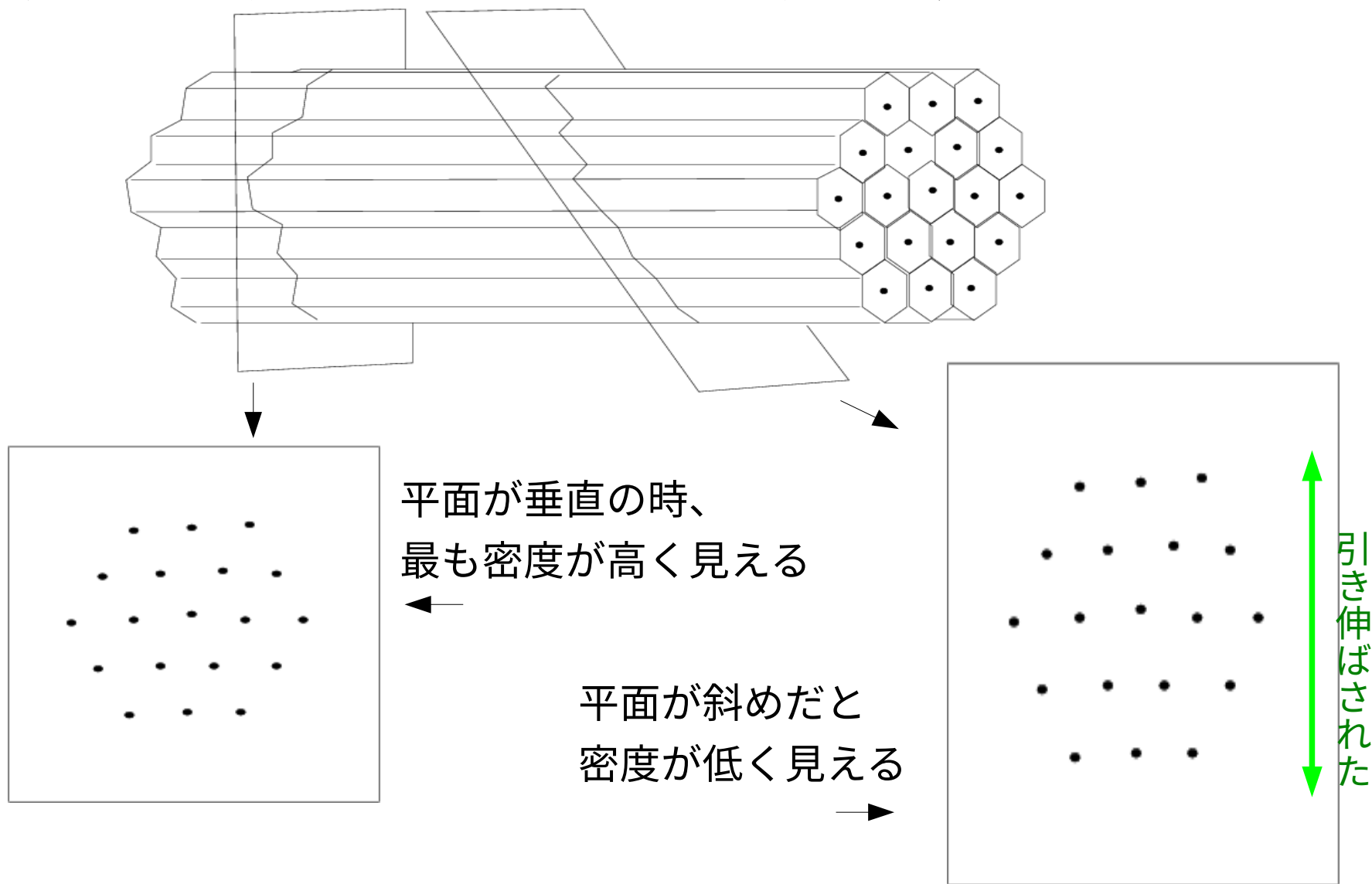
- 電気力線の**密度**は**電場の強さ**に比例して、その比例定数は ϵ_0
電気力線の密度 = $\epsilon_0 \times$ 電場の強さ
- 電気力線の伸びる方向は、電場ベクトルの方向と一致する。
- 電気力線は**+**の電荷から**-**の電荷まで、または**無限遠まで**伸びる。
(言い換えると電気力線は、+の電荷と-の電荷をつなぐ。)

定量化のため

- 大きさ $+Q$ の電荷からは Q 本の**電気力線**が伸びている。
(線の数だから、整数のはずだが、実数で考える。その理由は、授業で)

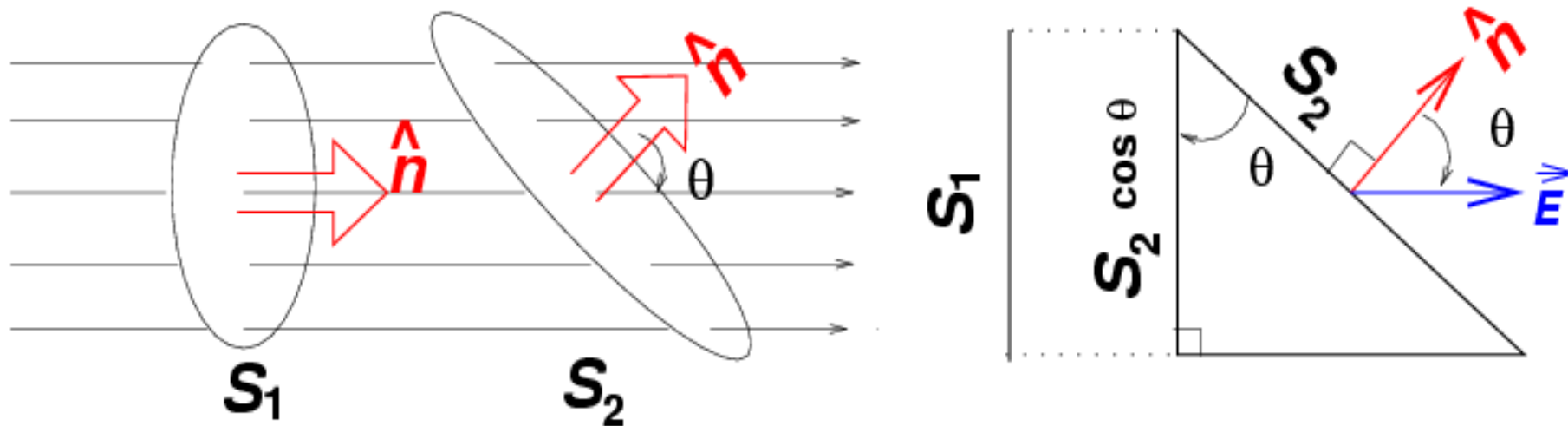
を用いて、電（磁）気学を始めよう。

電気力線の数 $\langle == \rangle$ 電場の強さ



「電場の強さ」は切断面を通る本数と角度による補正で決まる

切る角度による補正 \Leftarrow 面積に $\cos\theta$ を掛ける

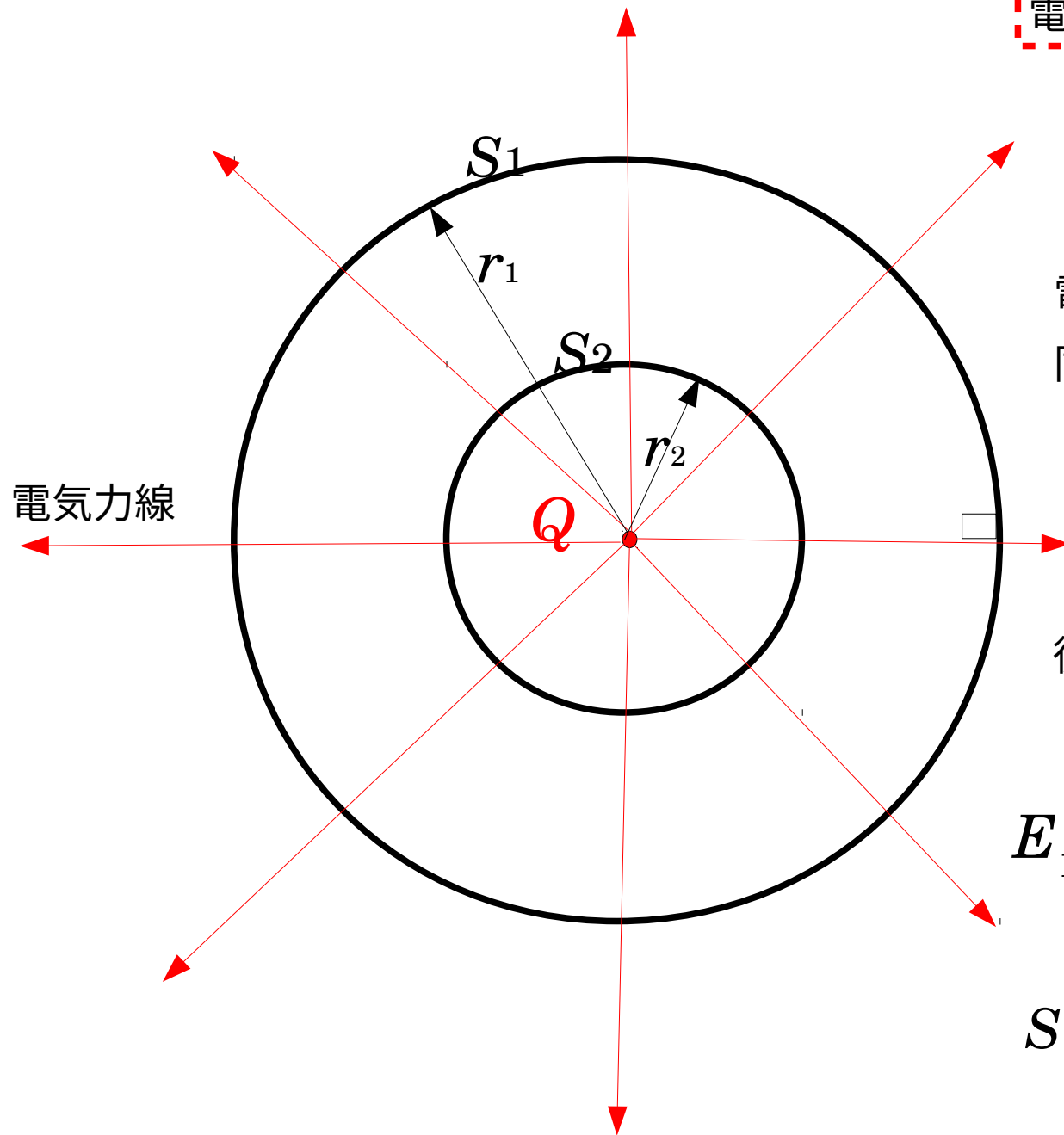


$$\frac{N}{S_1} = \frac{N}{S_2 \cos \theta} = \frac{N}{S_2 \hat{n} \cdot \frac{\vec{E}}{E}} = \epsilon_0 E \quad (\text{電場の強さ})$$

内積で $\cos\theta$ を作る

$$N = \epsilon_0 (\vec{E} \cdot \hat{n}) S \quad \text{電場から、電気力線の数を求める方法}$$

(点)電荷 Q がつくる電場と電気力線



電荷を中心とする球面と電気力線は垂直

$$N = \epsilon_0 S \cdot E$$

電荷を中心とする二つの球面があると、
同じ数(N)の電気力線が通る。つまり、

$$N = \epsilon_0 E_1 \cdot S_1 = \epsilon_0 E_2 \cdot S_2$$

従って、

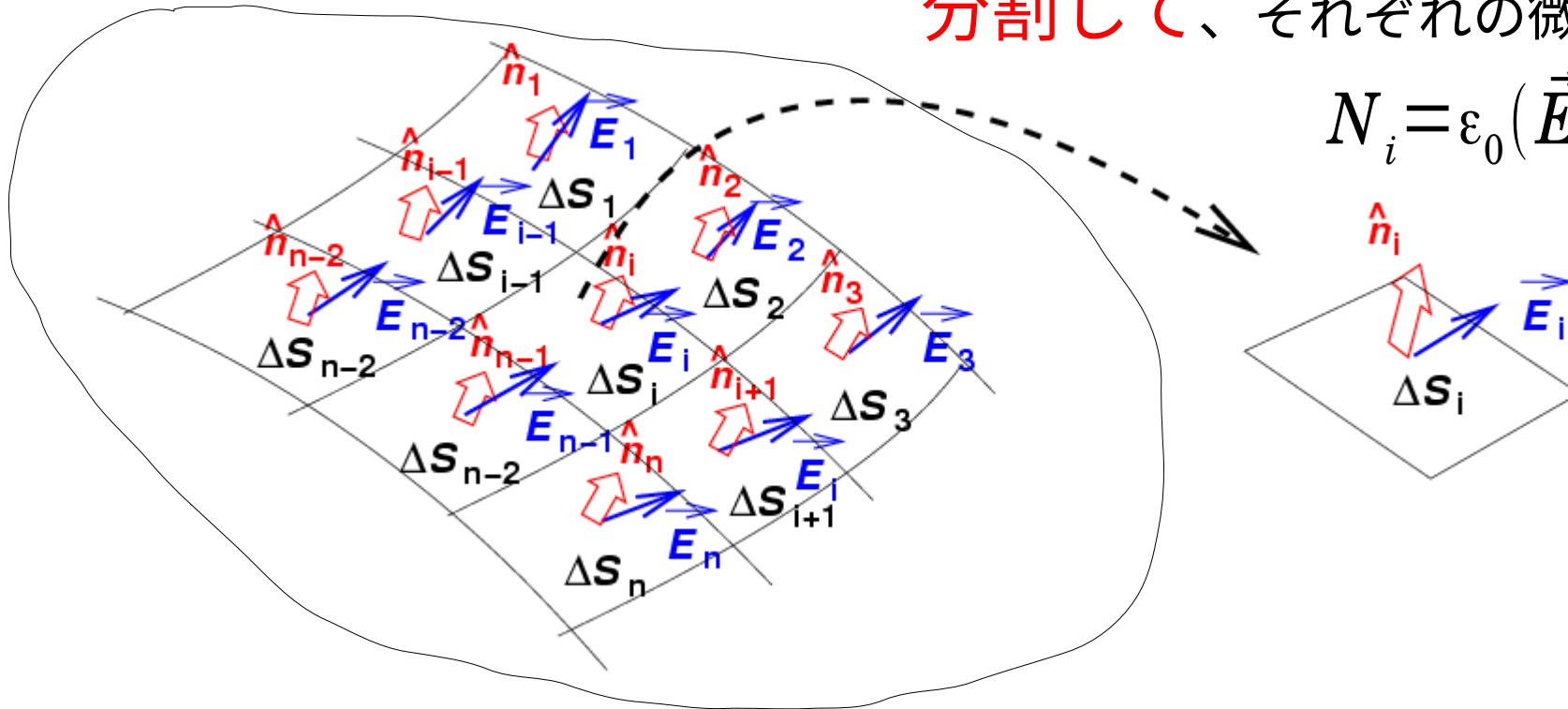
$$E_1 : E_2 = \frac{1}{S_1} : \frac{1}{S_2} = \frac{1}{4\pi r_1^2} : \frac{1}{4\pi r_2^2}$$

$$S = 4\pi r^2 \quad (\text{球の表面積}) \text{ に注意。}$$

一般的な曲面を通る電気力線を数える方法

分割して、それぞれの微小面積の上で

$$N_i = \epsilon_0 (\vec{E}_i \cdot \hat{n}_i) \Delta S_i \text{ (本)}$$



全体の和を取る

$$N = N_1 + \dots + N_i + \dots = \sum_i N_i = \epsilon_0 \sum_i (\vec{E}_i \cdot \hat{n}_i) \Delta S_i$$

形式的な積分の形に

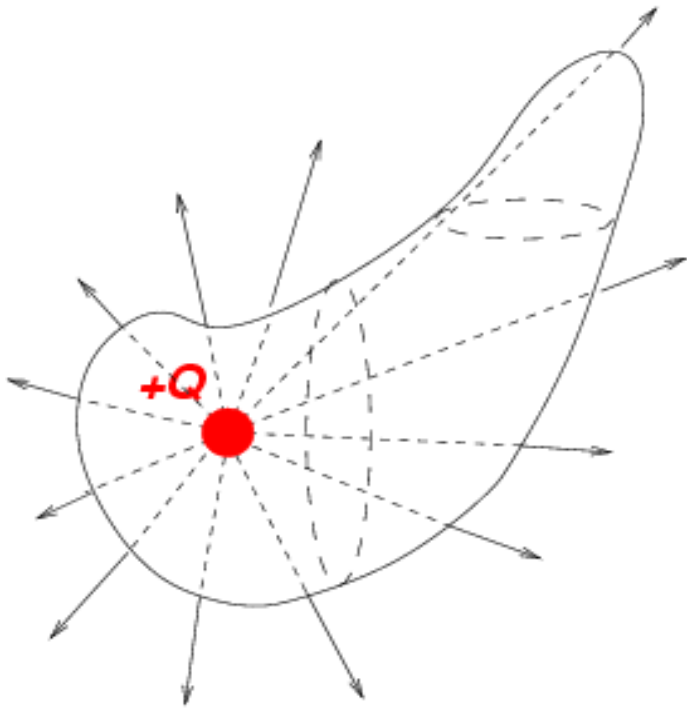
$$N = \epsilon_0 \int_S (\vec{E} \cdot \hat{n}) dS$$

面でこの操作=>面積分

電荷を中心とする球面を、任意の閉曲面に変えたら、

→ ガウスの法則

電荷が閉曲面の内側の場合、



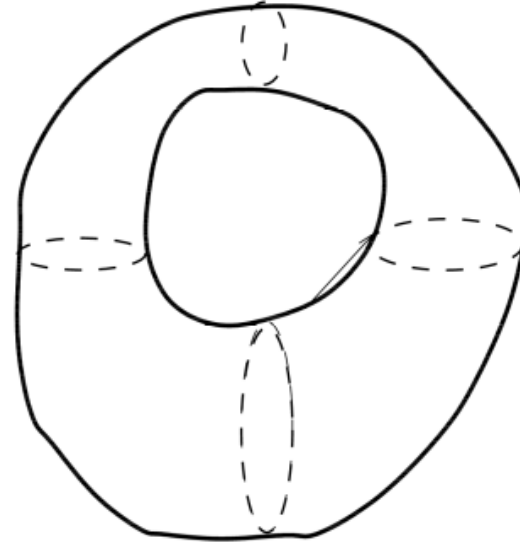
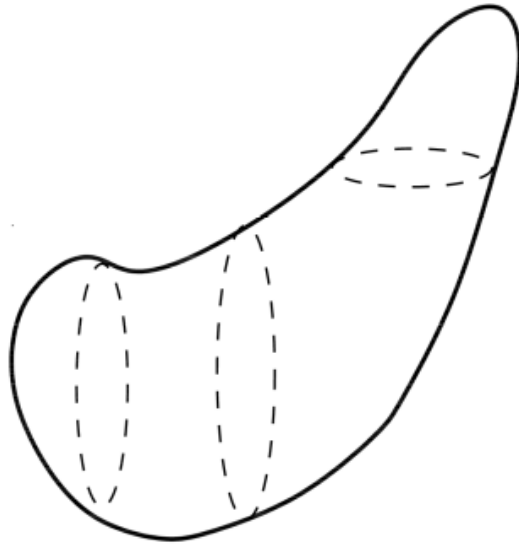
$$\epsilon_0 \int_S (\vec{E} \cdot \hat{n}) dS = Q \quad (=N)$$

電荷から伸びる
電気力線の総数

注1、閉曲面とは、縁の無い閉じた曲面の事。

注2、 \hat{n} は通常外向き、つまり、内から外の方

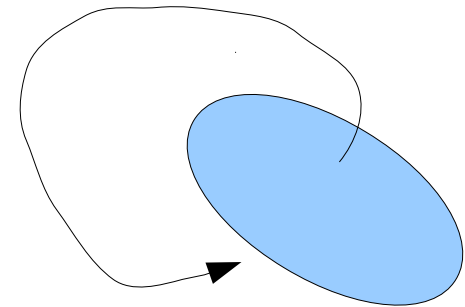
もう少し、閉曲面について



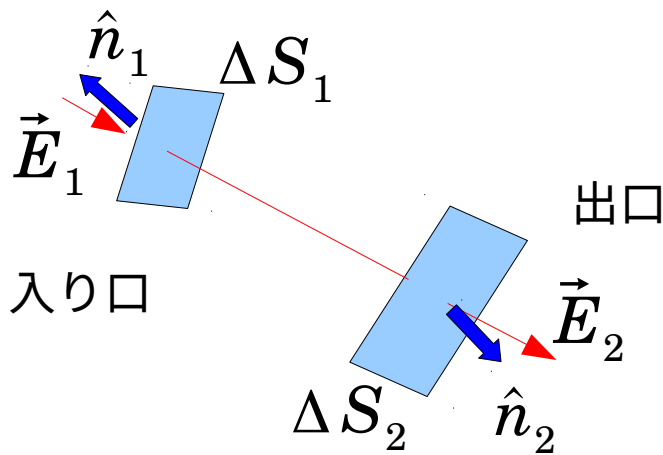
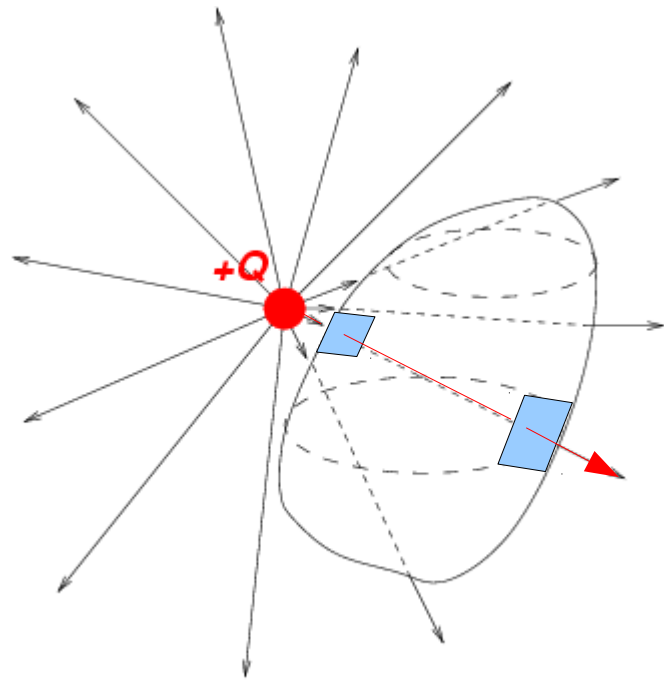
1. この面には、縁(へり)が無い。
2. この面は、内側と外側を区別する。
3. 物体(3次元の)の表面は閉曲面である。

反対語は、開曲面

1. 縁のある曲面。
2. 曲面を通らず、曲面の両側を結ぶことができる。
3. 閉曲面の一部を取り出すと、開曲面。



電荷が閉曲面の外側の場合



一本の電気力線が、閉曲面に入る点と出る点に注目。
それぞれ大きさは1(本)だが、計算するときは、

$$(\vec{E}_1 \cdot \hat{n}_1) \Delta S_1, (\vec{E}_2 \cdot \hat{n}_2) \Delta S_2 \dots (1)$$

しかし、 \hat{n} の向きを考えると

$$\vec{E}_1 \cdot \hat{n}_1 < 0, \vec{E}_2 \cdot \hat{n}_2 > 0$$

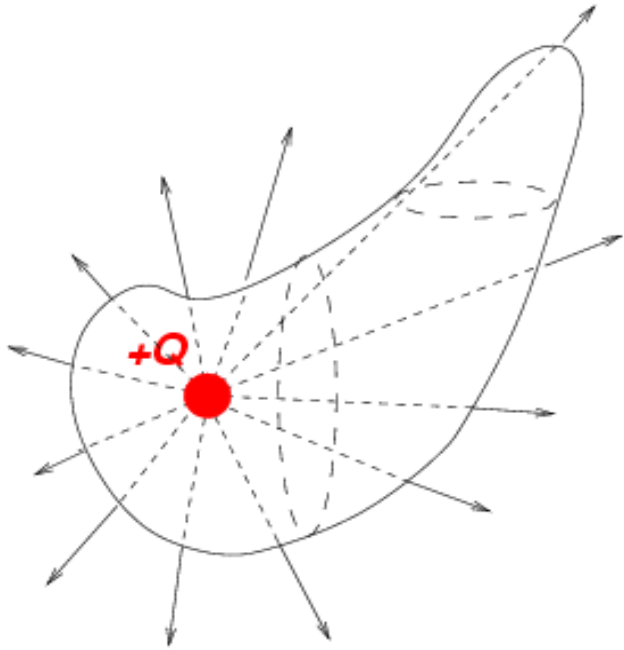
なお、 ΔS は面積なので、負にはならない。

つまり、計算式 (1) のそれぞれの**大きさは1**だが、**負と正**であり、**電気力線が面を通過する方向により、+、-の符号がつく**。加えれば、

つまり、 $(\vec{E}_1 \cdot \hat{n}_1) \Delta S_1 + (\vec{E}_2 \cdot \hat{n}_2) \Delta S_2 = 0$ (閉曲面全体の合計は)

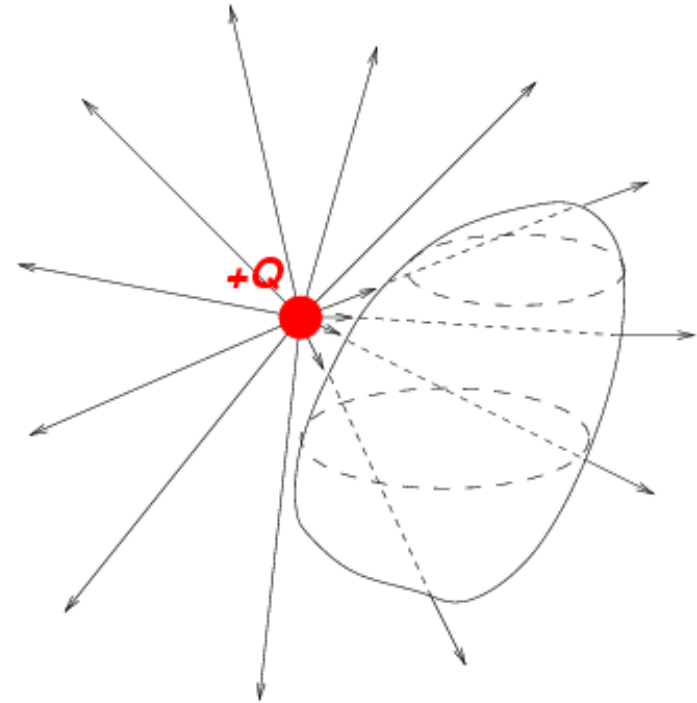
$$\text{となる。} \int_S (\vec{E} \cdot \hat{n}) dS = 0$$

ガウスの法則まとめ



電荷が閉曲面の内側の場合、

$$\epsilon_0 \int_S (\vec{E} \cdot \hat{n}) dS = Q$$



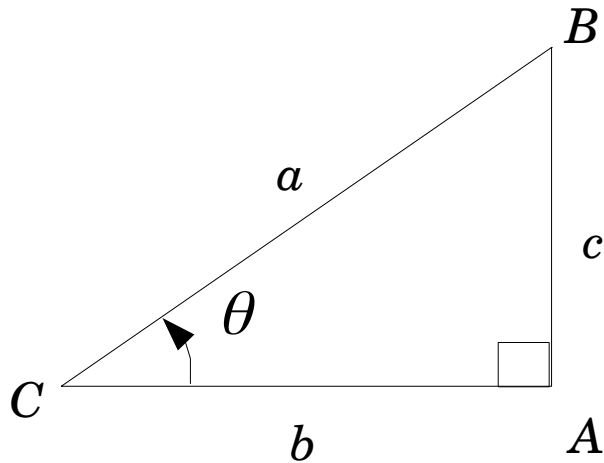
電荷が閉曲面の外側の場合

$$\epsilon_0 \int_S (\vec{E} \cdot \hat{n}) dS = 0$$

必要になる、高校で学んだ**数学的基礎**。とにかく覚えて使ってしまおう。

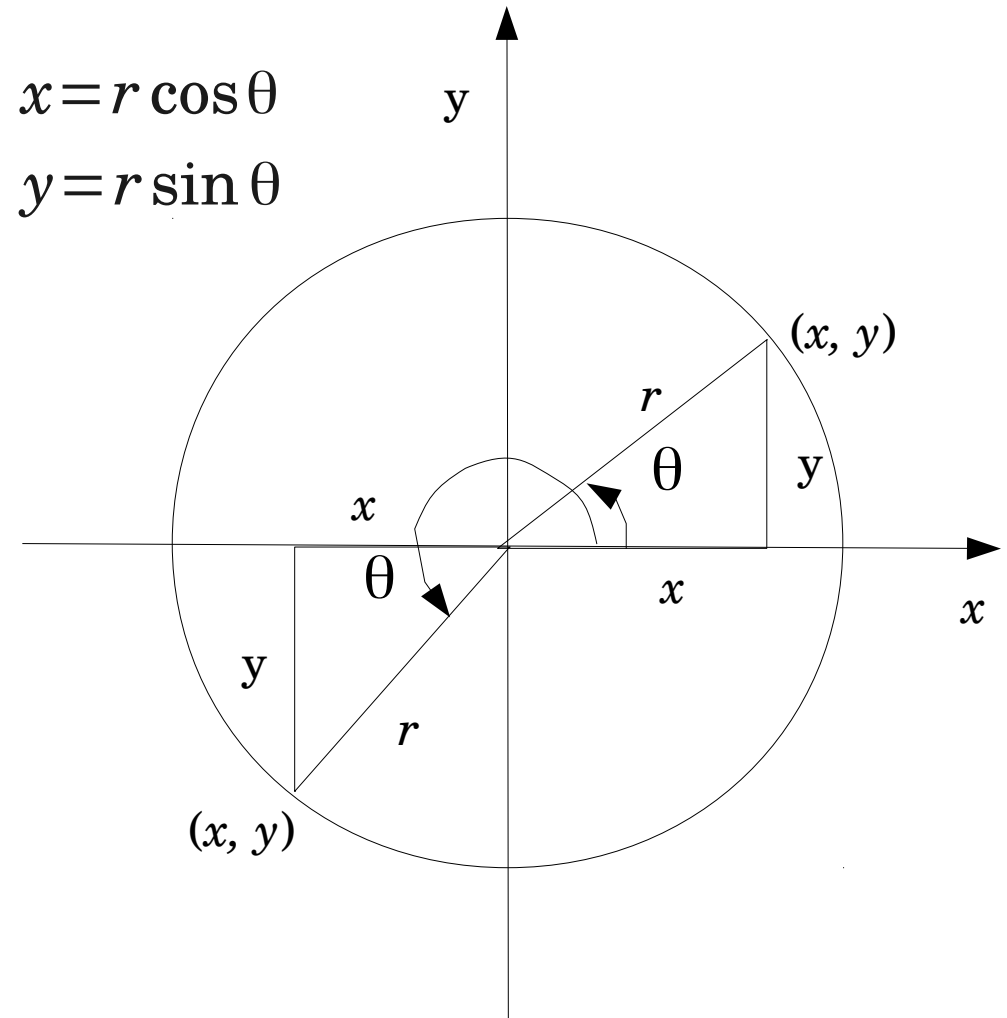
三角関数

半径 r の円を考え、座標軸と関連させると便利



$$\sin \theta = \frac{c}{a} \quad \cos \theta = \frac{b}{a}$$

$$\tan \theta = \frac{c}{b} = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

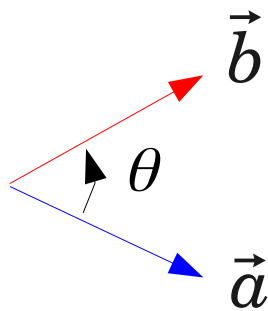


つまり、下のよう書ける。

$$(x, y) = (r \cos \theta, r \sin \theta)$$

ベクトル：方向と大きさを持った**概念**。

i、角度と長さで表す。ベクトルが2つある時、両者の成す角は内積と関係する。



$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cdot \cos \theta$$

($a = |\vec{a}|, b = |\vec{b}|$ を、暗黙の了解とする。)

特に、 $a \neq 0, b \neq 0$ の時、

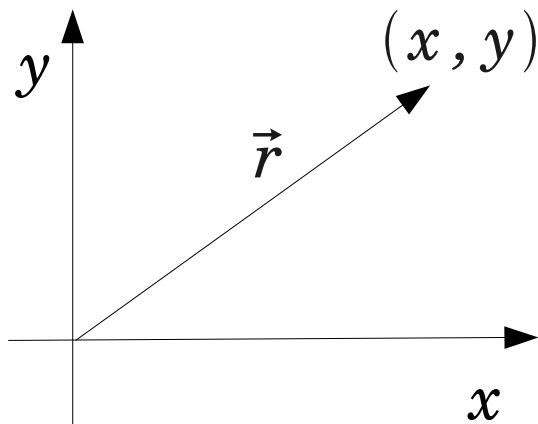
\vec{a} と \vec{b} が垂直であれば、
平行であれば、

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = 0 \quad (\theta = \pm \frac{\pi}{2})$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \quad (\theta = 0)$$

ii、座標軸を仮定し、成分で $\vec{r} = (x, y)$ のように表すこともある。(例：位置ベクトル)

$$\vec{a} = (a_x, a_y) \quad \vec{b} = (b_x, b_y) \text{ とすると、}$$



内積は、

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x \cdot b_x + a_y \cdot b_y$$

と計算できる。

物理でつかう微分と積分

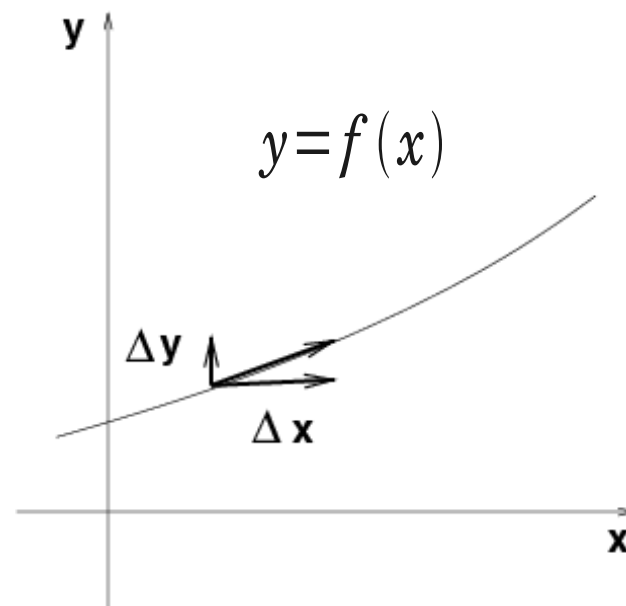
微分

数学的には極限操作

$$f'(x) = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (\Delta x \rightarrow 0)$$

$$\frac{dy}{dx} \simeq \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

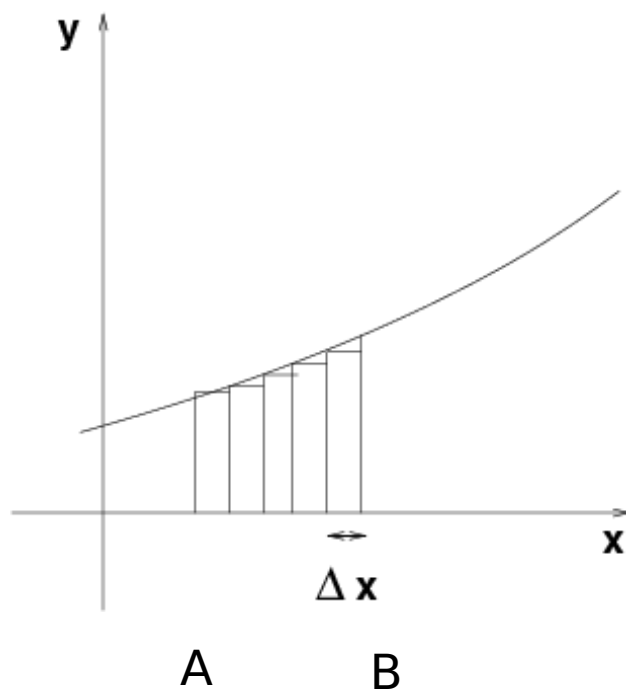
物理では、**小さい量の比(割り算)**



積分

$$\int_A^B f(x) dx \simeq \sum_i f(x_i) \Delta x_i$$

物理では、**小さく分割した上で、足し合わせ**



簡単な例で、分割した和と積分の比較

関数 $y = a \cdot x$ と、 x 軸、 $x = X$ で囲まれた面積を求める。

分割で、

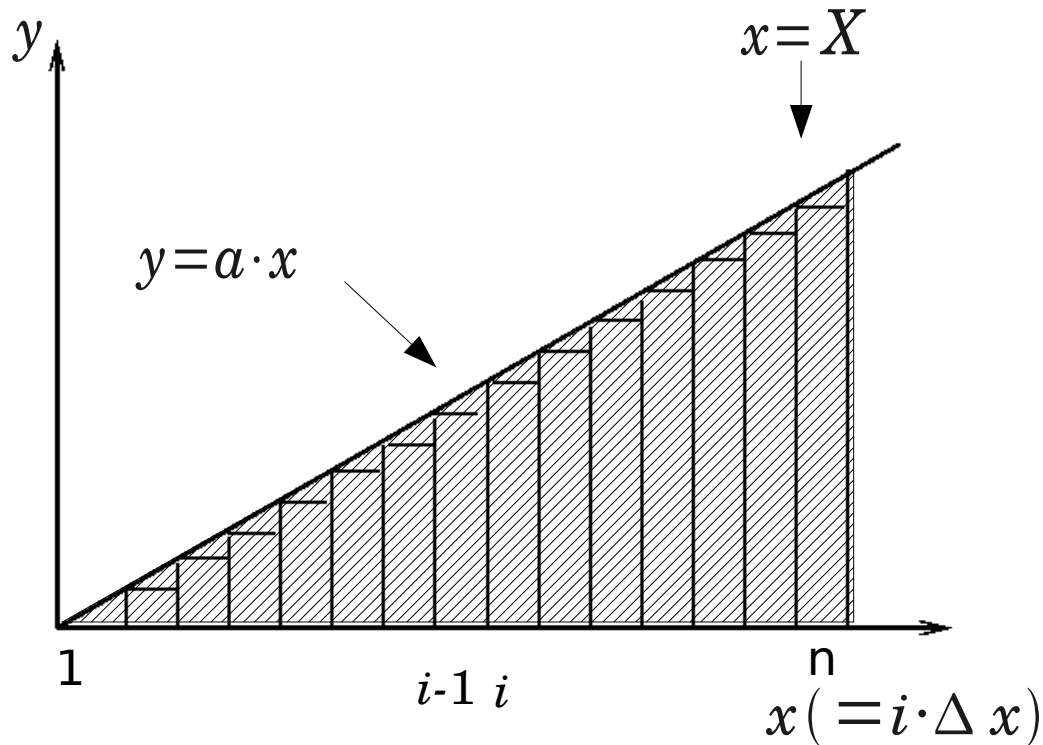
$$I_n = \sum_{i=1}^n y_i \cdot \Delta x = \sum_{i=1}^n (i-1) \Delta x^2$$
$$= \frac{n(n-1)}{2} \Delta x^2 = \frac{1}{2} \left(x^2 - \frac{X}{n} \right)$$

ただし、 $\Delta x = \frac{X}{n}$ とおいた。

積分では、

$$I = \int_0^X x dx = \frac{1}{2} x^2$$

両者の差は、 $\frac{X}{n}$ であり、 n を大きくとると **いくらでも** その差を小さくできる。
(これが数学の極限の意味)



初等関数の、微分、不定積分の例

$$\frac{d x^n}{d x} = n x^{n-1}$$

$$\int x^n dx = \frac{1}{n+1} x^{n+1} + C \quad (n \neq -1)$$

$$\frac{d \sin(ax)}{d x} = a \cos(ax)$$

$$\int \sin(ax) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + c$$

$$\frac{d \cos(ax)}{d x} = -a \sin(ax)$$

$$\int \cos(ax) dx = \frac{1}{a} \sin(ax) + c$$

$$\frac{d e^{ax}}{d x} = a e^{ax}$$

$$\int e^{ax} dx = \frac{1}{a} e^{ax} + C$$

$$\frac{d \log_e(x)}{d x} = \frac{1}{x}$$

$$\int \frac{1}{x} dx = \log_e |x| + C$$

以上が基礎となる微分、積分の公式であり、このぐらい知っていれば十分

http://
www.scat120.com/

Marine optics Lab.(Oishi Lab.)海洋光学 大石研究室 大石友彦Ph.D. 東海大学海洋学部 - Iceweasel

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 履歴(S) ブックマーク(B) ツール(T) ヘルプ(H)

http://www.scat120.com/

よく見るページ Latest Headlines

Marine optics Lab.(Oishi Lab... +

marine optics laboratory (Oishi Lab., Tokai Univ., JAPAN).
東海大学 海洋学部 清水教養教育センター 物理教室 えせ教授 大石友彦

Total 14726 Today8 Yesterday9

海洋光学

海洋光学
基礎海洋学 (物理分野)

第一回目講義(mhtml)
第一回目講義(パワーポイント)
第1回目講義(PDF)

第二回目講義(mhtml)
第二回目講義(パワーポイント)
第2回目講義(PDF)

第三回目講義(mhtml)
第三回目講義(パワーポイント)
第3回目講義(PDF)

基礎電磁気学 (本田)

基礎電磁気学資料

Coriolis実験ビデオ1
Coriolis実験ビデオ2

リンク集
うみガエルWEB-海洋物理学-

PowerPoint Viewer 2007
Adobe Reader

Keyword: 海洋光学, レーザー自己混合, 前方散乱, 後方散乱, 微小角散乱, 大石友彦
keyword: marine optics, forward scattering, backward scattering, backscattering
favicon.icoを設定しました (2009年6月6日)