

# 電場と電気力線 (電場 (界) とはなにか)

電気情報工学科\* 3年 基礎電気磁気学  
2015年5月19日(火)  
第6回

## 概要

電磁気学で重要となる場<sup>1</sup>の考え方について説明する。

## 1 今日のポイント

電磁気学で重要な概念となる場の考え方について学ぶ。  
以下が今日理解すべき重要なポイントである。

- 場の考え方が理解できる。
- 電荷が場を作り、その場が他の電荷に作用する力がクーロン力であることを理解できる。
- 簡単な例題が解ける。

## 2 電界 (場) とはなにか

### 2.1 遠隔作用と近接作用の考え方

音は空気を媒体として耳の鼓膜を振動させ、人間は音を認識する。同じように電気または磁気的な性質を持つ波である電磁波は、どのように伝搬するかを考える。つまり、時間ゼロで伝搬するのか (遠隔作用)、有限の時間をかけて伝搬するのか (近接作用) である。そこで、ファラデーは次のように考えた。

\*独立行政法人 国立高等専門学校機構 秋田工業高等専門学校

<sup>1</sup>教科書 [1] では、“場”ではなく“界”と表現している。これらは同じ意味 (field) であるが、分野によって使い分けがされている。僕の分野では“場”と呼ぶことが殆どだし、その方がイメージを掴みやすいと思うので、この講義では“場”と表現することにする。

電荷  $Q_1$  によるクーロン力が直接  $Q_2$  に作用するのではない。まず  $Q_1$  は、その近くの空間の物理的な状態を変化させ、それ変化が次々と伝わり、 $Q_2$  に達した時点で、それに影響を及ぼす。 $Q_1$  は空間(場)に作用を及ぼし、 $Q_2$  は空間からクーロン力を受けるのである。

これは、明らかに遠隔作用ではなく、近接作用と呼ばれる。何もない空間そのものが、力を伝搬する物理的性質を持っていると考えるのである。これが場の考え方である。

観測される結果が遠隔作用と同じであれば、ただの言い換えに過ぎない。遠隔作用と近接作用の決定的に異なることがある。それは、作用が伝わる時間である。遠隔作用では瞬時に影響が伝わるが、近接作用では有限の時間が必要である。実験による観測の結果、影響が伝わる速度は、光の速度である<sup>2</sup>。

## 2.2 静電力の式の分割

これまでの講義では、真空中に距離  $r$  だけ隔てて置かれた2つの点電荷  $q$  および  $Q$  の間に働くクーロン力は、以下の式で与えられる。

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2} \quad (1)$$

このクーロン力は、2通りの見方ができる。遠隔作用と近接作用である。二つの電荷、 $q$  と  $Q$  のみが存在する場合の一方の電荷  $q$  に働くクーロン力を考える。まずは、遠隔作用であるが、その概念を図 1 に示す。電荷  $Q$  が  $q$  を引っ張っているのであるが、何もない空間を通して力が作用しているのである。何もない空間を通して力が作用するということはなかなかイメージできず、非現実的である。

次に近接作用であるが、そのイメージは図 2 である。 $Q$  があることにより  $q$  が受ける力は遠隔作用の結果と同じである。しかし、力の伝わり方が異なる。近接作用の場合は2段階で、

- $Q$  がその周りの空間をゆがめる (場を変化させる)。
- 場が変化した結果、その場から  $q$  はクーロン力を受ける。

と考えているので、音波の例と同じように理解することができる。

では、これまでに学んだクーロンの法則の式 (1) を、近接作用の考え方に適した形に変形してみる。そのためには、

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \quad (2)$$

$$F = qE \quad (3)$$

とすればいい。この2つの式が意味するところは、

<sup>2</sup>電磁気学の最後に勉強する内容であるが、光とは電磁波という波であり、その波の進む速度が光の速度になる。

- 式(2): 電荷  $Q$  により  $r$  の位置の電場  $E$  が生じる.
- 式(3): その電場の作用により電荷  $q$  は  $F$  というクーロン力を受ける.

である. このように, 場を介して作用を受けるのである. まさに, 近接作用の考え方である.

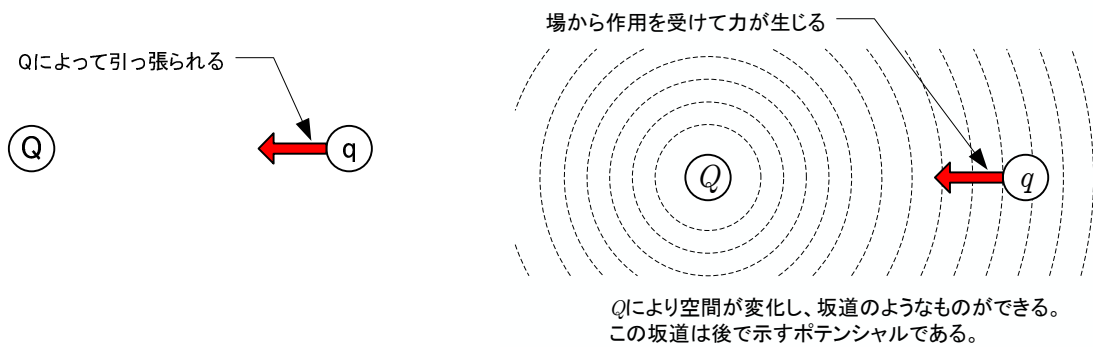


図 1: 電荷  $q$  に及ぼされる遠隔作用

図 2: 電荷  $q$  に及ぼされる近接作用

### 3 練習問題

- 教科書 [1]p.10 の例題 2.1
- 演習書 [2]p.5 の例題 2.1 および p.6 の基礎問題 2.1 と 2.3

### 参考文献

- [1] 安達三郎, 大貫繁雄 “電気磁気学【第2版・新装版】” 森北出版株式会社  
 [2] 大貫繁雄, 安達三郎 “演習電気磁気学【新装版】” 森北出版株式会社