

# ファラデーと科学史上のパラダイムシフト

エレクトロニクス科学の神髄を生み出した  
ファラデーの卓越した発想とは

2024. 9.7

那須科学歴史館

田澤 勇夫(館長)

# 静電気の発見(紀元前600年)

静電気は、琥珀を擦ることにより生じる不思議な現象としてギリシャの哲学者タレスが発見。

琥珀はギリシア語でエレクトルムで英語の電気(electricity)の語源となる。



琥珀(装飾品)

二つの物をこすり合わせると摩擦によって静電気が生まれ、摩擦によって正の電気が生ずるか負の電気が生ずるかは、摩擦電気系列によって決まる。

+

摩擦電気系列

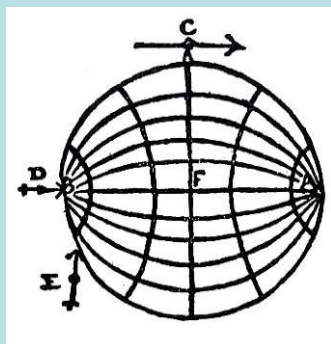
-

毛皮 ガラス 雲母 絹 絹綿 木材 **琥珀** 樹脂 金属 いおう

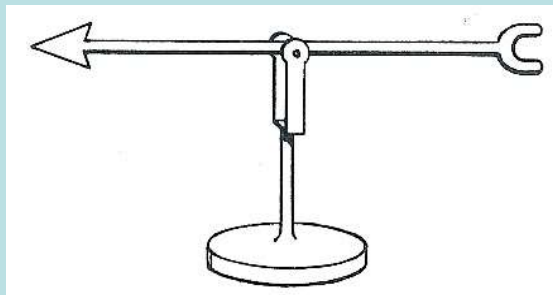
# 羅針盤の実用化(16世紀)、磁気の本格的な研究(1600年)

ギルバート(イギリス人、エリザベス1世女王の侍医)が1600年に著書「磁気について」において磁気を体系的に取り上げ、磁気の本格的な研究が始まる。

また、地磁気を発見し鉄を気化させる方法を発明。



磁鉄鉱による地球模型



磁鉄鉱の周囲を観測



ギルバート、エリザベス女王に磁気を説明

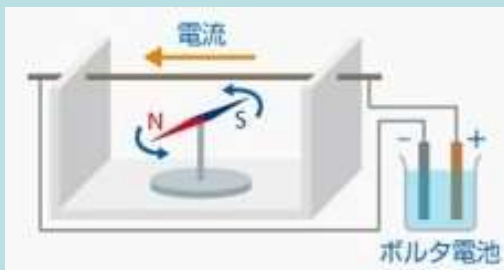
電気と磁気全くの別物の物質で影響し合わないと思われていた



## エルステッドの電流の磁気作用の発見(1820年)



Hans Christian Oersted  
1777-1851



1820年、エルステッドが学生にボルタの電池を使った実験を行っている時偶然に電線近くに置いてあった磁石の針金が動いた。



電気と磁気の相互作用を発見したエルステッドの論文は欧州の学会に大きな反響を呼ぶ。



**電気により磁気が発生し、全く別の物理現象と思われていた電気と磁気が結びついた**



多くの研究者は電気により磁気が発生したのであれば、磁気により電気が発生すると考えた

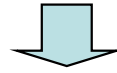


無通電時、コンパスのN極は北を指す。

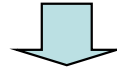


通電(電流3A)時、コンパスのN極は北から大きくずれる

多くの研究者の努力にも拘わらず、電気から磁気が生まれる現象を発見できず



ファラデーも色々な角度から多くの実験をおこない、一步一步、新発見に近づく



## 最終的なファラデーの電磁誘導実験(1831年10月)



コイルの中に磁石を差し込むと検流計の針が振れた

磁石の動きを止めると針は振れなくなった。

磁石を逆に動かすと針も逆に触れた。

磁石が動いている瞬時だけ電流が流れる現象(電磁誘導)を電氣的緊張状態にあると推論

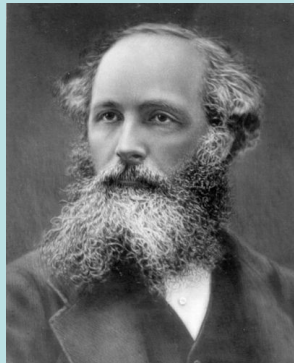
# ファラデーの場の概念からマクスウェルの電磁波の予言へ

## ファラデーのすばらしさ

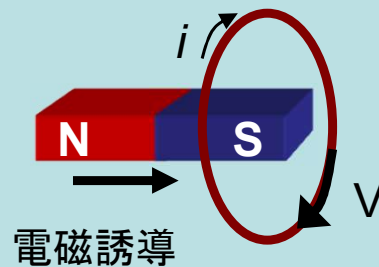


Michael Faraday  
1791 - 1867

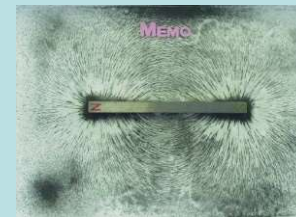
- ファラデーは“実験から物事の真理を追究する”という立場をとった。
- 電磁誘導を発見し、磁気の時間的変化により電氣的緊張状態が存在すると推論。
- 力線により空間中を次から次へと力が伝わる電磁場の概念に到達し、電気と磁気の現象において対称性が成立すると推論した。
- 電磁場の概念(近接作用)はニュートンの万有引力(遠隔作用)の概念と異なるため、周囲の理解を得ることが出来なかった。



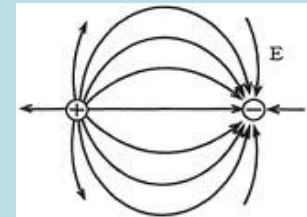
James Clerk Maxwell  
1831 - 1879



電磁誘導



磁力線



電気力線

## ファラデーとマクスウェルの交友

ファラデーとマクスウェルは親交があり、ファラデー65歳、マクスウェル25歳から文通が始まり、マクスウェルはファラデーの(電磁)場の概念を学ぶことができた。文通はファラデーが亡くなる(76歳)6年前まで続いた。



マクスウェルは、ファラデーの場の概念を数学を用いて電磁理論を確立(1864年)



**電磁波の存在を予言**

# 将来の科学者のために ①

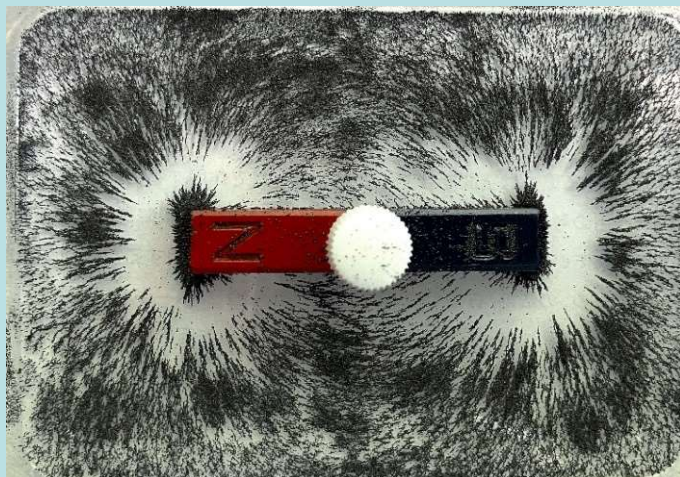
多くの人が小学生の時に学ぶ磁石と砂鉄を用いた磁力線の実験から話を始めましょう。

磁石を動かすと砂鉄が次から次へと動くことを観測し、多くの小学生はファラデーが考え出した磁力線の存在を何となく理解することでしょう。

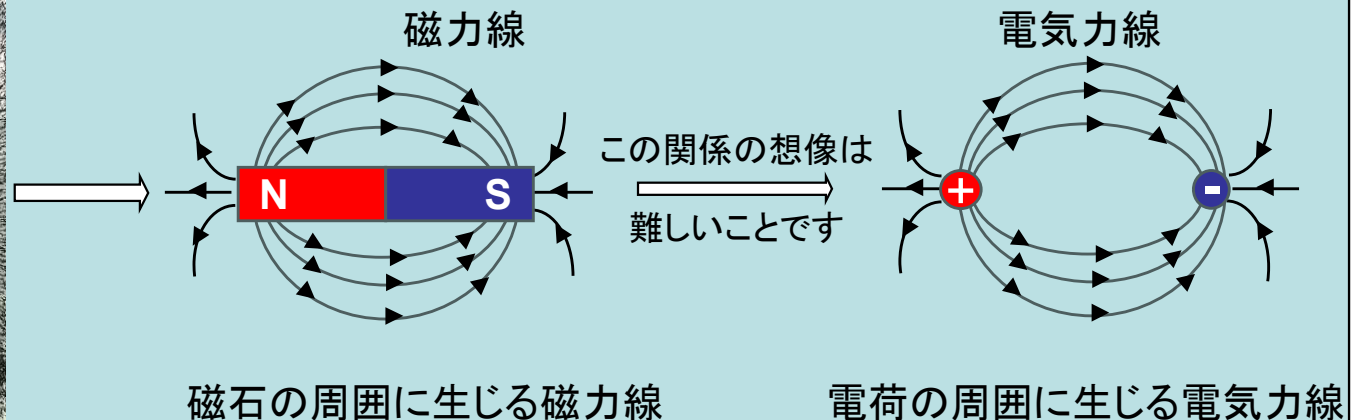
しかし、ファラデーの時代では優秀な研究者でさえ磁力線の存在を受入れることが出来ませんでした。その理由は、現代の科学において磁力線の存在は常識と言う知識となり、その知識を疑問なく受入れているからです。

次に、ファラデーは磁石同様にプラスの電荷とマイナスの電荷が存在した場合、磁力線と同様に電気による力線、つまり電気力線が存在すると考えました。

磁力線は砂鉄によりその存在を想像することが可能ですが、電気力線は可視化することが出来ません。何故、ファラデーは磁力線から電気力線、磁場から電場の存在を想像することが出来たのかが、科学の発展において非常に重要な事です。



磁石と砂鉄による磁力線の実験



# 将来の科学者のために ②

電磁波の予言には電氣的緊張状態と電磁現象の対称性の概念が必要



電磁波を発生するには、  
電線に流れる電流を激しく時間的に変化させる



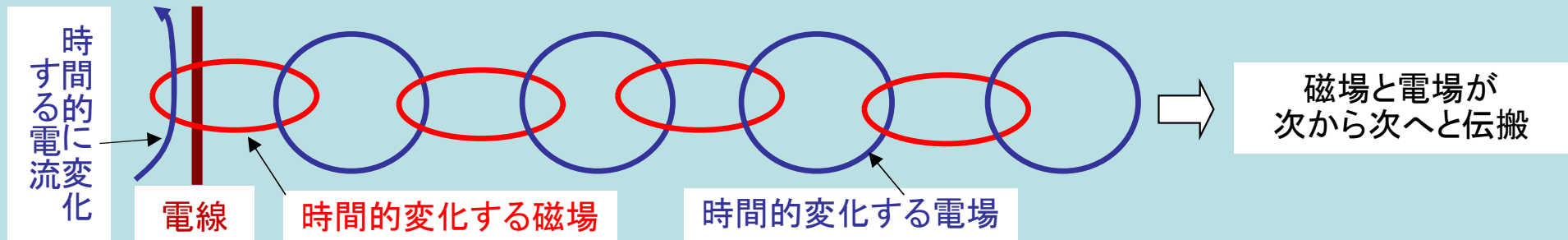
時間的に変化する磁場が発生し、電氣的緊張状態となる



磁場と電場の対称性により、時間的に変化する磁場により時間的に変化する電場が生まれる



空間中で時間的に変化する磁場と電場が連鎖することにより電磁波が発生する



電磁波の波長とは電場と磁場が切り替わる空間的間隔であり、  
周波数とは一秒間に切り替わる回数のこと