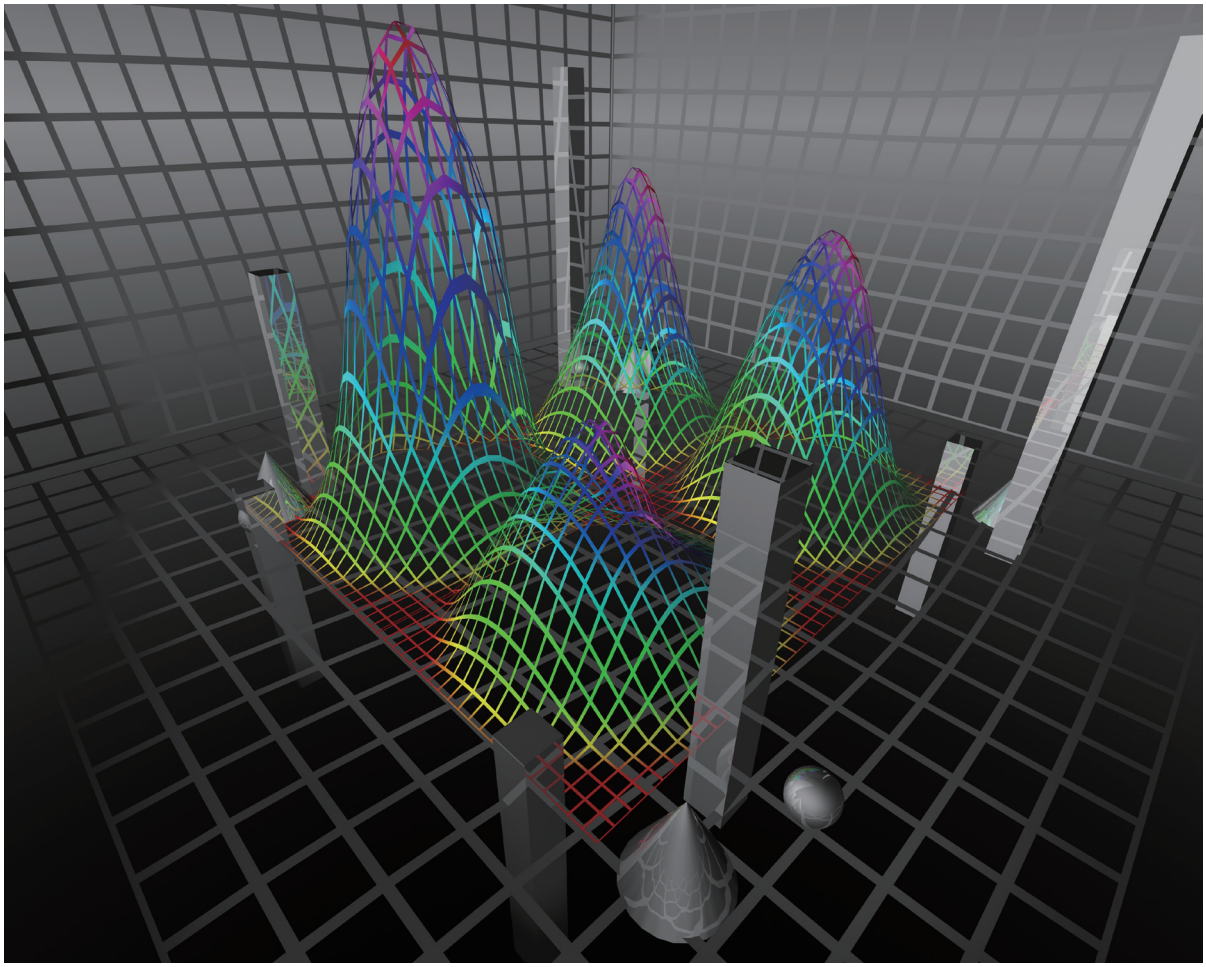
第７章　電気と磁気の融合そして電磁波

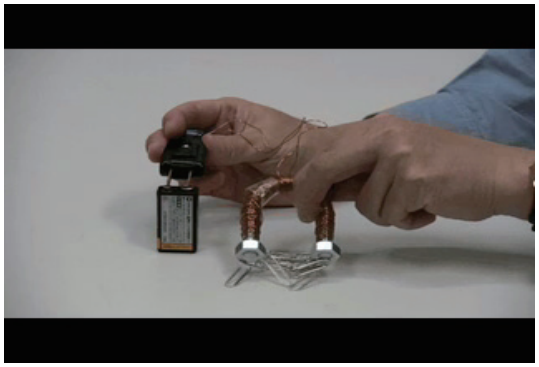
前回は、電気と磁気のそれぞれの性質を見てきました。一見この二つは全く別のものと思えますが、実はつながりがあります。電気で起こる磁石である電磁石や、磁気による発電などがその例です。電気と磁気とは同じものの違う側面を見ているだけなのです。

この電気と磁気の融合を理論的に突き詰めると、電磁波が予言されました。今回は、この電気と磁気のつながりについて学習していきましょう。



電流と磁場の関係は？

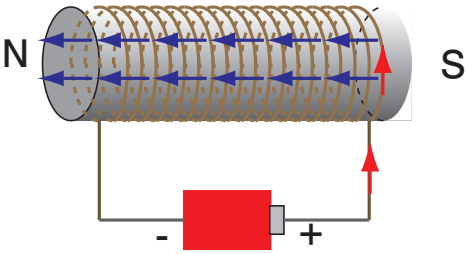
磁場を引き起こすのは、通常の磁石だけとは限りません。電流もまた磁石になります。
電流の周りにコンパスをおくと、コンパスの針の向きが変わります。これはどうしてでしょうか？電流は電荷を持った電子の移動です。そのため、これは電荷を持った粒子が運動すると、磁場を作ることを意味しています。



電磁石の実験

直線的な電流の場合、電流と同じ方向を向いたとき、時計回りの向きに磁場ができます。ミクロにみると、これは正の電荷をもった粒子が磁場を作る。それも、進行方向正面には磁場を作らず、真横に一番強い磁場を作ります。このため、前方、あるいは後方では比較的弱い磁場となります。電流は個々の電荷の移動全体なので、それら個々の電荷による磁場を足し合わせたものが電流全体による磁場となります。このように作られる磁場の強さは、電荷をもった粒子からの距離だけでなく、その進行方向にもよっているので電場のときよりもすこし面倒に感じます。でも最初は方向まで気にすることはそれほど重要ではありません。





鉄内部のスピンがそろい強力な磁石に

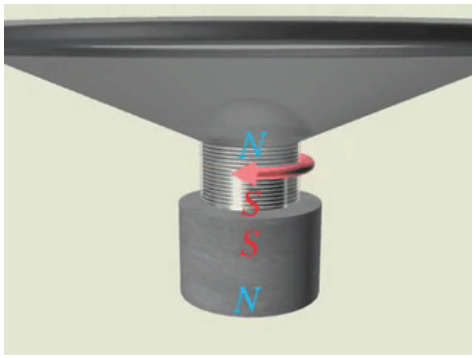
螺旋状に導線を巻くと、導線からの磁場が増幅されて内部の磁場は強くなります。またその内部に鉄などを入れておくと、鉄が磁石にかわり、磁場が大きくなります。電流による磁場を鉄などで増幅したことによって作られる磁石を**電磁石**と言います。鉄の結晶構造によっても異なるが、鉄は電流の作る磁場を数百倍から数万倍にしてくれます。

また、地球が磁場を持っているのも、地球内部の対流による電流が起源と言われています。

スピーカーの原理は？

電流に力が働くということは、電流により磁石に力が働くということです。電流により、磁石を動かすことができるわけです。これを利用したのがスピーカーです。電気的な信号を音に換えるものを**スピーカー**といいます。交流電流により、スピーカーにある振動板の後方の磁石を振動させ、電気信号を音に変えるのです。





スピーカーとその原理

ハンス・クリスティアン・エルステッド (1777-1851)



デンマークの科学者。家は薬局であり、父の影響で科学への興味に目覚めました。少年時代はほとんど家で勉強していて、1793 年にコペンハーゲンの大学の試験をうけ合格します。1801 年にヨーロッパを旅して、ドイツで物理学者のウイリアムリヒターに合います。リヒターは電気の現象と磁気の現象の統一を信じておりその影響を強く受けます。自然の統一性の信念はエルンステッドを物理学の道に進ませました。1804 年にデンマークのコペンハーゲンに戻り、コペンハーゲン大学で職を得たいと思いましたがかなえられません。その頃まだ電気に関する研究の職は亡かったのです。そこで、大衆向けの公開講義を開き、電気の現象を大衆にデモンストレーションします。これが非常に評判を呼び、1806 年にコペンハーゲン大学の教授に迎えられます。そして、電流や音響学の研究を行いました

1820 年に学生たちに公開実験をしていたときに驚くべきことが起こりました。それは、電流のスイッチを入れると、近くにあったコンパスがわずかにふれたのです。これには彼は非常に驚きましたがふれ方が少なく、学生たちな何で先生が驚くのかがわからなかったようです。その後研究を重ねて確認し、コイル状に巻いた電流がコンパスに反応するということを発表しました。この発見はアンペールの法則の発見につながっていきます。

アンドレ　マリ アンペール　(1775-1836)

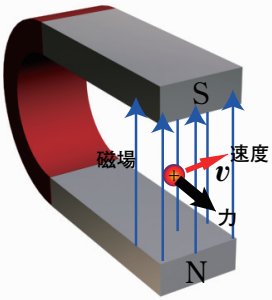
アンペールは電磁気学における基本法則の発見者の一人です。電流の単位アンペアは彼の名にちなんでつけられました。



フランスのリヨン近郊の町で生まれたが、数学において若い頃から卓越した才能をあらわします。まだ幼く、数字を知らない頃から川辺の石ころで計算が出来たという伝説があります。そして、１８才の頃にはその頃の数学のすべてを学び終えていました。興味の幅は数学のみに限らず、自然科学や詩作、令嗣など幅広いものです。一時期フランス革命のため父親が処刑されてしまうなどの苦難にあいましたが、パリのエコール・ポリテクニークで数学の教師の職を得ます。1820 年にエルステッドが電流によってコンパスがふれることを発見したことを聞いたアンペールは電磁気の現象に興味をもち、磁力線が電流に対して右ねじ方向に向くという右ねじの法則を発見します。また、電流同士に働く力の法則も発見したのです。

電流と電子に働く磁場による力

電子が移動し電流ができると周りに磁場ができ、電磁石になることをみました。磁石と磁石は力を与え合うので、電流が流れると、磁石から力を受け合うことになるわけです。つまり、作用反作用の法則により、電流が磁石に力を与えるなら、その反作用として磁石は電流に力を与えます。実際に磁石の近くでコードに電流を流すと、コードに力が加わるのです。ミクロに見ると、電流では移動する電子そのものに、磁石による磁場から力を受けているわけですから、その結果電流が磁場により力を受けると考えられますね。電流に力が働くということは、電流がなければ磁場による力は働かないことになります。このため、磁場による力は動いている電荷にのみ力を与えるということになるのです。電子には、その速度に比例した力が働きます。先の電磁石では、電流の方向に垂直な方向にＮ極とＳ極ができることからわかるように、電流に働く力は磁場の方向と垂直な向きで一番強くなります。このように、磁場中の電荷がうける力の方向は、電子の方向と磁場の方向に垂直です。



移動する電荷は磁場により力を受ける

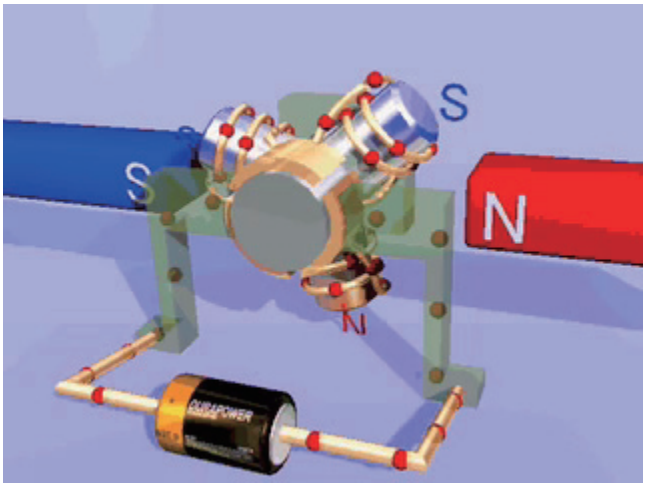

オーロラも磁場によって荷電粒子が集められた結果生じる現象

今見たように、磁場による力は、最初に勉強すると非常にややこしく感じるますね。しかし、実際普通の生活の中ではそれほど方向まで気にする必要はありませんので安心してください。

オーロラも地球の磁気によって起こる現象です。太陽から電荷を持った電子や陽子などの粒子が放出されています。これらの粒子は地磁気のため曲げられて北極や南極に集まり、大気中の酸素や窒素などのを励起して光を放出させます。このオーロラについては後の章でふれることがあるでしょう。

動力と言えばモーター

クーラーや冷蔵庫、洗濯機、掃除機、電車など電気の力でものを動かすのに使われるのが**モーター**です。自動車など、熱を利用した動力以外のほとんどがこのモーターを利用している。たとえば、パソコンにCDのトレイや、自動ドアなどもモーターを利用しています。モーターは、磁石の間に電流を作り電流に磁場からの力が働くことにより回転させます。

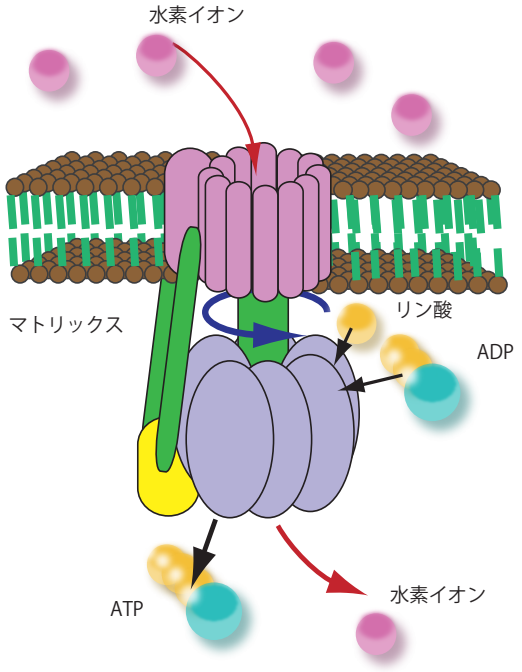


生体内のモーター　ATP 合成酵素

生体内には、モーターのように回転している**ATP 合成酵素**があります。

これは、電気を用いているというより水素イオンの濃度が高いところから低いところに移動しようとする力を利用します。これにより、部位が回転し、この回転でアデノシン三リン酸（ATP）を、ADP とリン酸から合成します。ATP は、細胞にとって使いやすいエネルギー源であり、代謝で ADP とリン酸に分解されるときのエネルギーを利用します。これが ATP 合成酵素で再び ATP に戻されるのです。

私たちの体にも分子サイズのモーターが実現されているのは驚異的ですね。



ATP 合成酵素　水素イオンの濃度勾配によって回転し、ATP を合成する

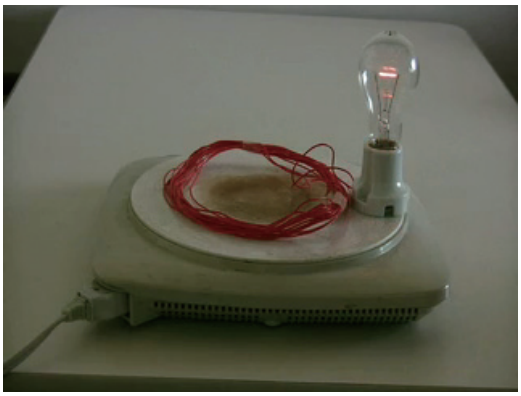
電磁誘導とは？

電流が磁場を作り出すことをみました。それでは、逆に磁場が電流を作り出せないのでしょうか？これが可能であることがわかったのは、1831 年のことです。ファラデーとヘンリーの二人が独立に見つけたのです。このことは科学技術の発展に重大な影響を与えました。この発見以前は電池による電流しかなかったので、大量にしかも持続的に電気を発生させることが困難でした。この日常生活では欠かせない電気の発生の仕組みを見てみましょう。

巻いた針金（コイル）の中に磁石を出したり入れたりすると、電流が流れることがわかります。この電流は、コイルと電流の間の速度にしかよりません。たとえば、磁石をコイルに近づけていっても電流は流れますが、静止させた磁石にコイルを近づけても電流は流れます。しかも、近づけ方や遠ざけ方を速くすればするほど多くの電流が流れるのです。

また、針金の巻き数を多くすればするほど、電流が多く流れるようになります。このようにして、発生された電流は、磁場の変化によってできた電場によるものです。磁石を移動させるとその周りには電場ができ、導体内部の電子を移動させます。

コイルの巻き数が多くなると、導線の部分的な電場は同じですが距離が長くなるので、電圧＝電界×距離の関係により電圧が大きくなります。つまり、電圧は巻き数に比例することになります。



電磁誘導の実験

ファラデーの法則とは？

磁場の変化がどのような電場を発生させるかについてはある法則があります。磁場が変化すると、電場が発生しそれにより、コイルに起電力ができます。これを**誘導起電力**と言います。この起電力は磁場の変化と次のような関係があります。

コイルの中の誘導起電力は巻き数の数と、コイル内部の磁場の時間的変化に比例する。

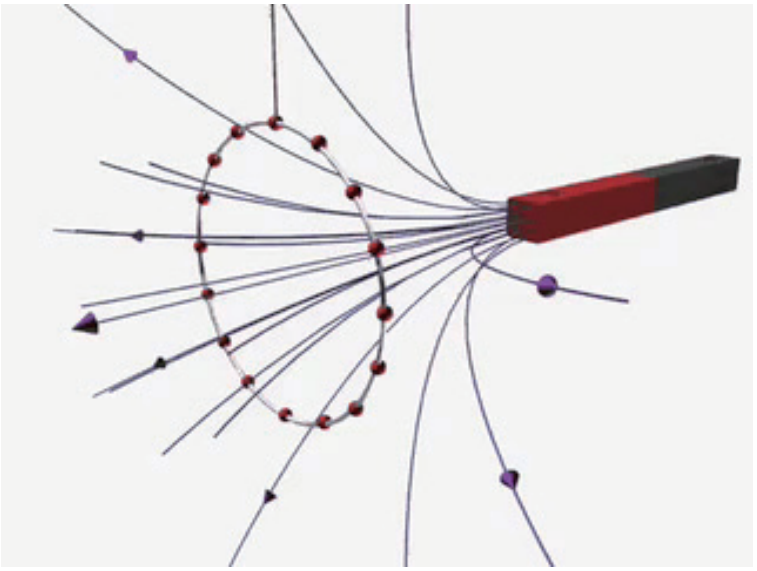
この法則を**ファラデーの電磁誘導の法則**と言います。

磁場が時間的変化すると電場が発生します。このためコイル一回巻きごとの電位差は、磁場の時間的変化によってきまります。コイルの巻き数が多いと、その分だけ全体で長くなるので起電力はコイルの巻き数に比例することになるわけです。

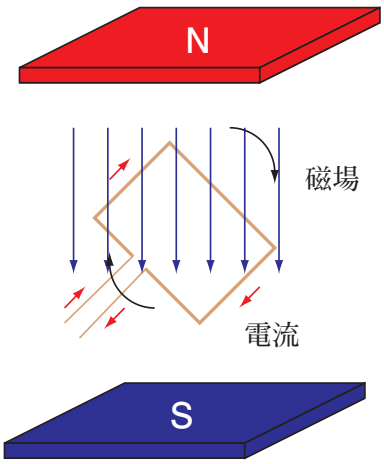
レンツの規則

起電力の方向については、次の法則があります。磁石を近づけて、磁場を増加させると、起電力により電流が流れます。そしてこの電流によってできた磁場は、その増加する磁場を弱めようとする方向に働くのです。これを**レンツの法則（規則）**と言います。電気の現象も電場があってそれによって電荷が動くと全体を中性とする方向に働きました。つまり、プラスの電荷があるとマイナスの電荷がよってきて、全体として中性になろうとします。磁場の場合も、磁場を増加させようとすると、電界によって電流を発生させて、磁場を弱めようとします。一般に電場と磁場は変化をいやがり打ち消す方向に働くのです。





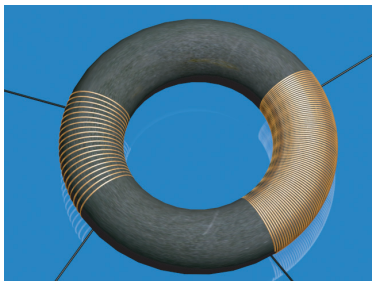
発電機の原理は？



発電機の原理

電気を発生させるものを**発電機**といいます。図のように磁石の間にコイルをおき回転させます。すると、コイルを貫く磁力線の数が変化するので、コイルに電流が流れます。磁力線の数は、回転により増加していったり減少したりするので、起電力の方向は逆転したりします。つまり、このような構造では、交流電流を発生させます。発電所では、水力や火力などでタービンをまわし、これによりコイルを回転させ、発電しています。この発電機の起電力は、電子が磁場中を移動させると発生する力によるものです。厳密に言えば、これは磁場の時間的変化による電磁誘導とは別なのですが、それほど厳密に考える必要はありません。

変圧器（トランス）とは？


変圧器（トランス）
巻き数の違いにより電圧を変える

図のように鉄心にコイルを２つ巻きます。一つにはある電圧の交流電流を流してみます。これを一次コイルと呼びましょう。このコイルには電流によりその巻き数に比例した磁場が発生します。交流によりこの磁場が変化しますので、もう一つのコイル（二次コイル）には、起電力が生じます。この起電力は巻き数に比例しますので、巻き数を変化させると、二次コイル側の電圧を調整することができます。このようにして、電圧を変化させるものを**変圧器（トランス）**と言います。

この変圧器では、誘導される電場により電圧が生じます。電圧は電場と距離をかけたものでした。コイル内の磁場は共通ですので、磁場の変化による電場の大きさは変わりません。そのため、コイル１巻きごとの起電力の大きさが同じになります。内部の磁場の大きさはどこも等しくなっていますので、これは２つのコイルで共通の性質になります。つまり

一次コイルの電圧÷一次コイルの巻き数＝２次コイルの電圧÷２次コイルの巻き数

という関係が成り立ちます。たとえば１０００回巻きの１００Ｖの電圧から１０Ｖに変換したいときには、２次コイル側は１０分の１の巻き数、つまり１００回巻きとすればよいわけです。

また、理想的な変圧器では、一次コイル側の電力と二次コイル側の電力は等しくなります。ただし、実際には、鉄心に誘導起電力による電流が流れ、ジュール熱が発生することなどにより、効率は落ちます。パソコンやゲーム機など電子機器では動作電圧が１０ボルト程度ですので、この変圧器により電圧を変換しています。ノートパソコンには電圧を変える黒いボックス、通称アダプターがついています。このアダプターが重く発熱しやすいのはトランスが入っているからです。また、電動歯ブラシの充電器にも同じ原理が使われています。

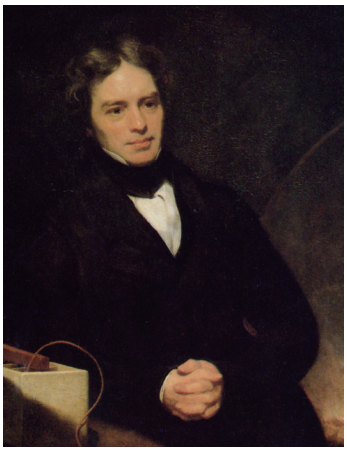
マックスウェル方程式とは？

さて、電気と磁気はそれぞれ独立のものではないことを見てきました。マックスウェルは、電気と磁気に関する法則を４つの方程式にまとめました。これは次の４つの方程式より成り立っています。

１．電場に関するガウスの法則（電荷の分布により、電場がどのように出来るかの方程式）
２．磁気に関するガウスの法則（磁気はＮ極とＳ極が互いに対になって出てくることを表す方程式）
３．電磁誘導の法則（磁場の時間的変化により電場が誘導されることを表す方程式）
４．アンペール・マックスウェルの法則（電流や、電場の時間的変化が磁場を誘導することを表す方程式）

これらを**マックスウェル方程式**と言います。この方程式により、たとえ電荷や電流が時間的に変化していたとしても、それによって空間に作られる電場と磁場を一意的に決定することができるのです。つまり、電磁気学を記述する完全な方程式となりました。その法則は、数式で表すと初心者にはとても複雑に感じるはずです。この難解さも手伝って 19 世紀にマックスウェルのこの方程式のすばらしさを解る人はいなかったようです。このため、マックスウェルの生存中には、マックスウェルをニュートンと並ぶ偉大な物理学者だと思った人はほとんどいなかったようです。

マイケル　ファラデー (1791-1867)

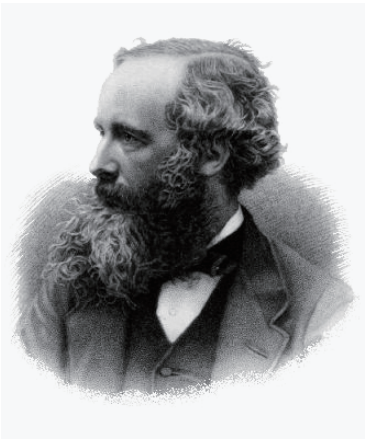


マイケルファラデーは、イギリスのロンドンで、貧しい鍛冶屋に生まれました。教育は最も程度の低いレベルしか受けられませんでした。そして 14 歳のときから 7 年間地元の製本屋に勤めます。この間に、たくさんの本を読んだようです。20 歳のときに、著名な化学者であり物理学者でもあるハンフリーデビーの講義に出て、膨大で緻密なノートをつけました。このノートを、デビーに送ったのがきっかけで、デビーの助手として採用されました。

ファラデーの名前が出てくる法則は様々な分野に上ります。特に化学の分野で様々な発見がありますが、電気の分野においても大きな発見をしました。電気や磁気の現象を、電気力線や磁力線といったものを通して起こるという新しい考え方を示したのです。それまで離れたところにある物体同士が力を受け合うということではなく、近くにある見えない場が力をその場所で直接伝えるという考え方です。また、電磁誘導の法則などを発見しました。一方、彼は数学的な知識には乏しく、三角関数や簡単な代数しか知らなかったとされます。しかし、現在までを通じて最大級の、たぐいまれなる実験科学者であったのです。また、一般大衆へのサイエンスの講義は大変優れた物であったと伝えられています。

イギリスの総理大臣が、ファラデーの研究室で発電機を視察したとき、ファラデーにこれは役に立つのかどうか聞きました。そのときファラデーは「それは知りません。でも課税できるでしょう。」と答えたそうです。二人とも現在のように電気が役立てられ、本当に課税されるとは思っていなかったでしょう。

ジェームス　クラーク　マックスウェル (1831-1879)



マックスウェルは、電磁気学の完成者であり、ニュートンやアインシュタインと並び称されます。しかし、生前は彼が偉大な物理学者の一人とは考えられていなかったようです。

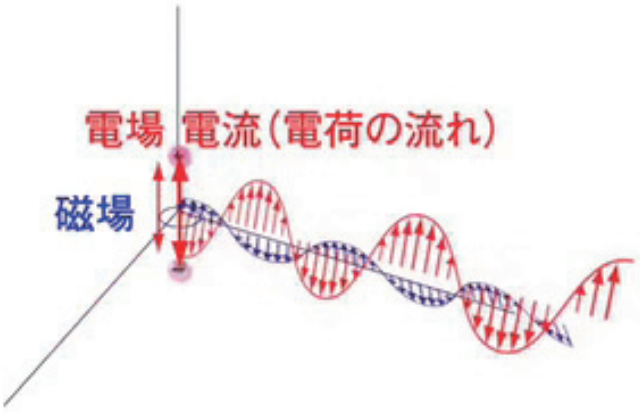
彼はファラデーの電場と磁場による考え方を推し進めて、電荷や電荷の動きを与えると、周りの電場と磁場を予言できる方程式を見つけたのです。これをマックスウェル方程式といいます。この方程式は微分方程式であり複雑ですが、物理の正確な記述には、当時としては高度な数学が必要とされたのです。おそらくその頃の人には物理になぜそんな数学が必要なのかもわかりにくかったのだろうと思います。そうした現象はいつの時代にもあり、現在でも状況は変わりません。

マックスウェル方程式の帰結として重要なのが、電磁波の予言が上げられます。そして、彼の理論において光も電磁波の一つであり、それまで別のものだと思われていた光の現象と電気の現象が融合されます。このような思いがけない融合がまさに科学の醍醐味と言えるでしょう。この電磁波の実在は、彼の死後、ヘルツによって実験により示されました。現在の通信手段として電波が用いられており、私たちは電磁気の現象の多大なる恩恵を受けていますね。

電磁波とは？

図のようにプラスとマイナスの電荷を振動させてみます。すると周りの電場と磁場の大きさは変化します。すると、その変化を打ち消そうとして電場と磁場が誘導され、その変化の方向は電場と磁界をもとに戻そうとする力のように働きます。ところで水面を振動させると水平な位置に戻そうとして波が立ちます。電場と磁場の場合もどうように、この振動が伝搬していき波となります。このように電場と磁場の変化が伝搬するものを電磁波と言います。マックスウェルの計算により、電磁波の伝わる速度は光の速度であることがわかりました。これにより、光も電磁波の一種であることが予言されました。現在では、目に見える光は、ある波長の領域の電磁波であることがわかっています。進行方向に対して振動する方向が垂直なものを横波と言います。水の波は主に横波です。電磁波も電場と磁場の振動は進行方向に垂直で横波です。

電磁波は磁界と電場が互いに垂直方向に振動しており、しかも進行方向に対して垂直です。この電磁波によって電荷を持った粒子は主に電磁波の電場により振動します。それは、振動によって動くがその速度は通常小さいので、磁界からの力は小さいためです。よって、電磁波による電場の力を考えるだけで、電荷を持った粒子への働きがわかります。このようにして、通常電磁波の揺れる方向としては、電場の方向で表すことになります。



電荷が加速されると電磁波が発生
クリックしてみよう

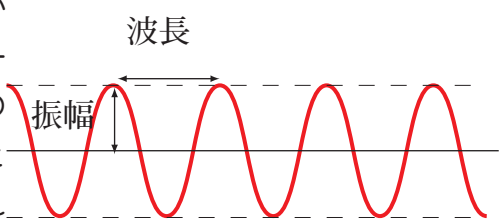
どのようなときに電磁波が放出される？

電磁波はどのようなときに放射されるのでしょうか？電荷を持った粒子が、等速で運動しているときには、電磁波は放射されません。実は電磁波の放射は、電荷を持った粒子が、加速すると、その加速度の大きさに比例した電場を持った電磁波を放射します。
つまり電磁波は、電荷が加速していると放出され、その発生する電場や磁場の大きさは加速度に比例するのです。

たとえば、交流電流での電子は行ったり来たりしているため、電子には加速度があります。したがって、交流電源からの導線からも電磁波は放出されています。しかし、６０Hz くらいの振動数では、電子の加速度は小さく、非常に小さな電磁波しか放出されていません。しかし、電気回路などで高い周波数の場合、電磁波の放射が比較的強く、それがノイズとしてほかの回路に影響を与えることがあります。

波と振動

電磁波は波であるので、まず波の一般的性質をしらべてみましょう。波の上にボールが浮いています。波が右側に移動していくと、このボールの運動は主に上下に振動します。このようにサインやコサインのような関数の形をした波を**正弦波**と言います。波の一番高い点を山といい、一番低いところを谷と言います。そして、山から山、あるいは谷から谷までの距離を**波長**と言います。まず山の位置が目立つので山の位置だけで見てみましょう。縦方向の振動で、中心からの縦方向の距離を**振幅**と言います。振幅とは決して山から谷までの縦方向の距離ではないことに注意しましょう。波によって乗っているボールがどのくらい速く振動するかを測るのが**周波数（振動数）**です。周波数の単位はヘルツ（Hz）と言います。大きな振動数だと kHz（キロヘルツ）MHz(メガヘルツ）,GHz（ギガヘルツ）となります。たとえば 1 秒間に 1000000000 回なら 1GHz(ギガヘルツ）です。ギガヘルツはパソコンの CPU のクロック周波数などでおなじみですね。



波の波長と振幅

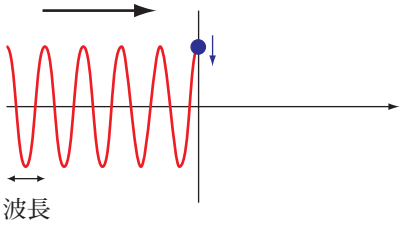
波を作り出すものの多くは振動と同様の復元力から起こっています。満員電車の中で電車が急ブレーキをかけて隣の人が倒れてきたら自分も倒れてその また隣の人を倒してしまいますね。あまり倒れると元に戻ろうとします。すると波ができます。たとえば、水の波では、水の一カ所が水面より高かった場合、その部分のは下に落下しようとして余った水を隣に吐き出します。すると隣り合ったところが余分な水で盛り上がってしまうのでそのつけをまた隣に移動させて行きます。このように嫌な状態を隣に移動させて行くのと波となるのです。このように、集団で振動をしている状態が波を作り出していくのです。

波の振動数と波長の関係は？

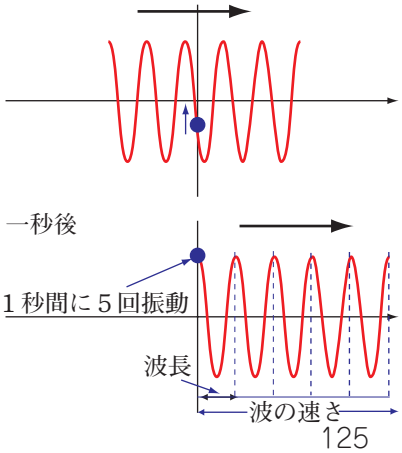
図のように、波が進んでいくと同じ点で一回振動するあいだに波長の分だけ波が進みます。よって 1 秒間には振動数だけ振動するため、この間に波長×振動数だけ波が進むことになります。よって

波の速さ＝波長×周波数

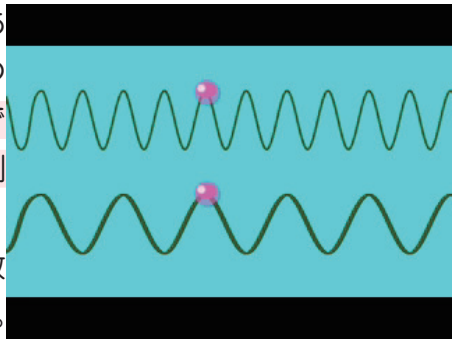
という関係があることがわかります。



電磁波では、波の速さは光速で一定ですので、波長と振動数は反比例の関係にあることがわかります。つまり、速さの一定の波では波長と周波数は反比例することになります。



波長の長いほど振動数が小さいことになります。また、このような性質は音などでも同様です。


静止画ではわかりにくいので動画をクリックしてみよう

干渉とは？



水面波の干渉

波の性質で特徴的なものの一つが干渉です。お風呂で水面の２つの点を指で揺らしてみると、お互いの波が交わるところでは縞模様になります。このような現象を**波の干渉**といいます。これは次のようにして説明されます。

２つの波が重なるとき、それらの波の大きさがそのまま足し合わせられるという性質があります。これを**波の重ね合わせ**と言います。２つの波の大きさがそろうところでは、大きさが増幅されます。また、一方の山ともう一方の波の谷が重なると、合わせて消えてしまいます。

もう一度、水面の２つの点で起こった波をみてみます。２つの点から起こった波が増幅されるところが大きな波模様になるのに対して、山と谷が重なるところでは、波が立たなくなります。これが縞模様の原因です。

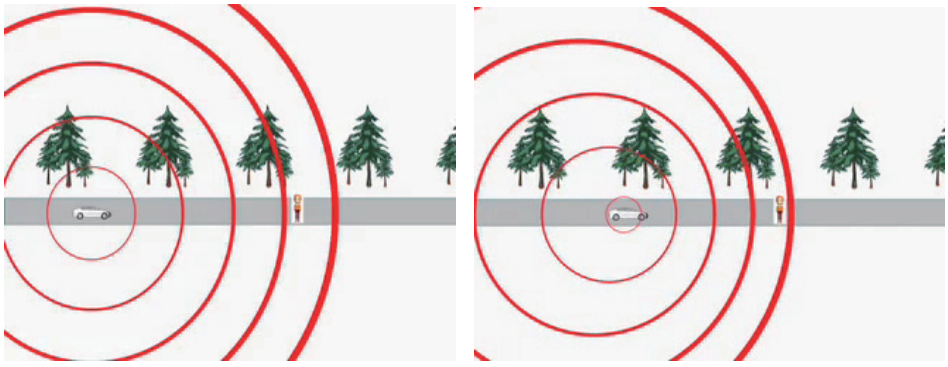
音の干渉

音は、ものの振動が空気に伝わって空気を振動させ、それが波となって伝わることによっておこります。そのため、音もまた干渉します。この性質を利用すると次のようなことができます。外部から音が入ってきたとき、スピーカーからその音と逆の音を発すると、音が重なり合い音が消えます。このように干渉により外部からの騒音を消すことができるのです。この原理を利用しているのがノイズキャンセリングヘッドフォンです。外で音楽を聴くときに、その音源の音質緯線に外部からの騒音により音質が悪くなります。そこで、先の原理により、外部からの音を少なくするのです。また、普通のヘッドフォンだと、外部からの音を消すために音の大きさを大きくして、外部に音が漏れますが、ノイズキャンセリングヘッドフォンだと、音を大きくする必要がないので、外部に音が漏れにくくなります。

ドップラー効果

救急車が近づいてくるときのサイレンの音は、遠ざかって行くときのサイレンの音よりも高い音に聞こえるのはだれもが経験していると思います。このように、波を発しているものや、観測する人が移動することにより観測する波の振動数が変化することを**ドップラー効果**と言います。それでは、救急車が移動していくとなぜ音の振動数が変わるのでしょうか？

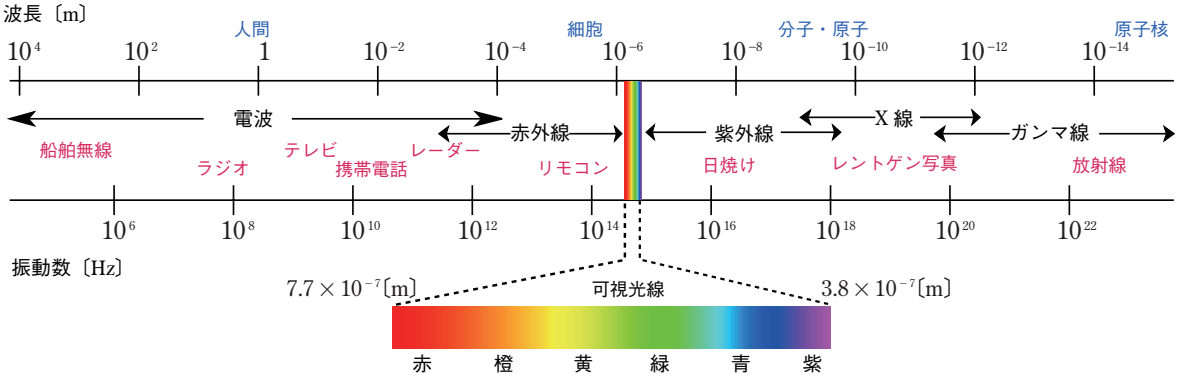
これは、救急車から音を発すると前方では音を追いかけるように音波を発するので、波面の間隔が小さくなります。波長と振動数は反比例するので振動数が大きくなり高い音になります。



電磁波は波長によって呼び方が変わる

19 世紀末に電磁波の存在がヘルツによって確かめられてから、電磁波は通信や医療など様々な分野に応用されてきました。それだけではなく、電磁気の理解により、光の反射などがどうして起こるのかその理由が明らかになったのです。

電磁波は周波数によって呼び方が変わることをみましたが、それぞれについて見ていきましょう。電磁波は波長や発生のさせ方などによって呼び方を区分しています。



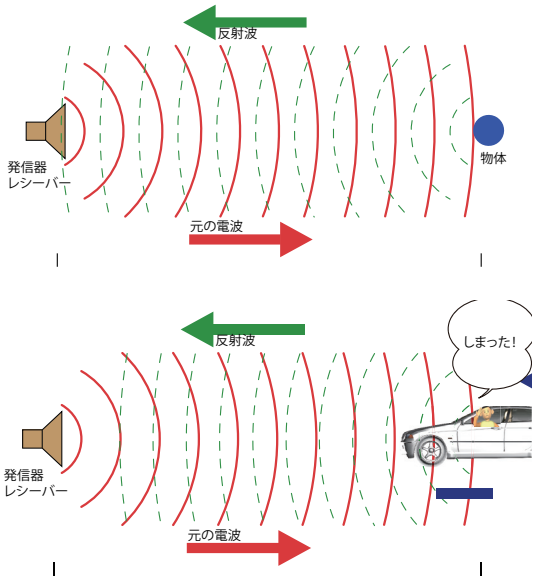
電磁波の種類

電波

電磁波の中で一番振動数の小さく、波長の長いものを**電波**と呼びます。

電波の最も大きな活用法は通信手段です。長い波長の電波は、成層圏などでも反射されるため、地球上の遠くまで届きます。ただし、情報は周波数に会わせて送られますので、周波数が高い方が短時間でより多くの情報が送られます。

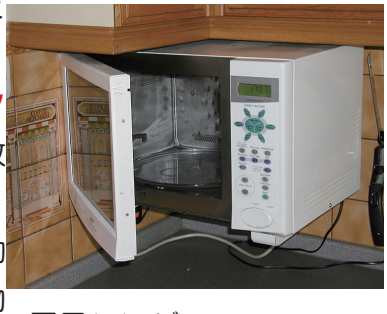
また、物体の位置をさぐるためのレーダーとしても用いられます。反射してきた電波によりその位置を測定するものです。最近のステルス戦闘機は、このような電波を吸収したり他の方向に反射したりすることにより電波では機体を見えにくくしています。また、自動車などのスピードを探知するのには、自動車で反射した電波の周波数のずれを測定します。これは救急車などが発する音が走っているときに異なるのと同じ原理です。



スピード探知機の仕組み

電波の中でも周波数がギガヘルツくらいの電磁波を**マイクロ波**と呼びます。マイクロ波は携帯電話の通信やデジタル放送のテレビ、また電子レンジなどに用いられています。

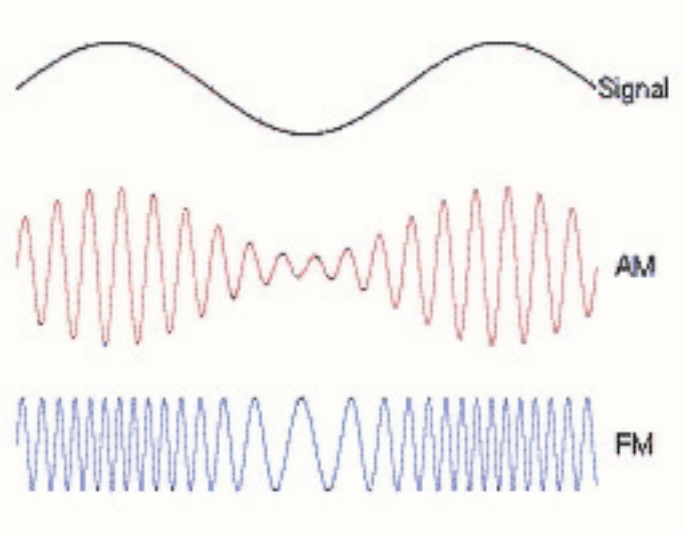
電子レンジでは、マイクロ波の振動により水の分子が振動します。ミクロな振動が熱ですので、このことにより食べ物が熱くなると言うわけです。



電子レンジ

FM と AM

電波は、基本的な振動数が決まった波です。しかし、それだけでは単調な波であるだけで情報を送ることはできません。一方、波長を様々に変えることによって情報を伝えると、様々な電波が飛び交う中でどの電波を受信したらよいのかがわからなくなってしまいます。それではどのようにして、情報を送っているのでしょうか？



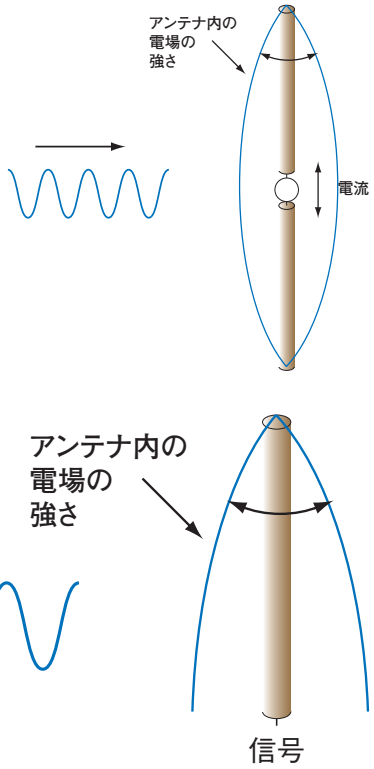
代表的な方法には主に二つの種類があります。まず、特定の波長の波を基準とします。受信側でこの波長の電波のみを受信します。そして、情報はこの波に次のようにして載せていきます。

一つは、電波の振幅（Amplitude）を変化させてこの変化により情報を伝達します。このような伝達方式を**振幅変調（Amplitude modulation,AM）**と言います。

もう一つは、伝達シグナルのサイクルは保ったまま、周波数を変えることです。これを**周波数変調（Frequency Modulation ,FM）**と言います。

電波の波長とアンテナの長さの関係は？

電波の波長とアンテナの長さには関係があります。受信アンテナでは、電磁波による電場を受けて電子が移動し、それを電気信号として取り出しています。導体内部では電子の移動により電場ができますが端では電子が移動できないため、端では電場はいつでもゼロとなります。このためたとえば、両端がある場合ではアンテナ内の電場はちょうど電磁波と同じような波となります。電磁波に連動して振動しますのでこの波の波長が電磁波と等しいときに最も良く電子が振動しやすくなるのです。山二つ分が１波長ですのでこの場合、アンテナの長さは、受信電波の半分のときに最も受信しやすくなります。



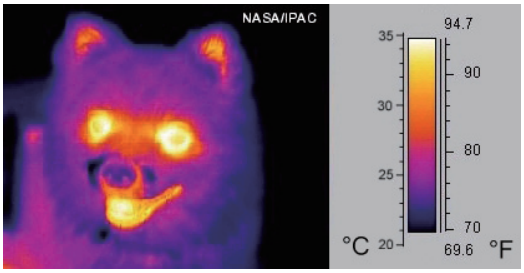
一方、片側から電流を取り出す場合には片側だけ固定した場合となりますので、アンテナの長さは受信波長の４分の一で最も良く受信できることになります。これでテレビのアンテナなどを見たら受信電波の波長も推定できますね。携帯電話では約４０ｃｍの波長の電波ですのでまた、携帯電話のアンテナはその４分の４の 10 センチ程度です。これはちょうど携帯電話の大きさですね。

赤外線

マイクロ波よりも波長が短く、可視光までの電磁波を**赤外線**と言います。赤外線は主に熱を伝えます。すべての物体はその温度に依存して熱輻射をしていますが、出てくる波長のほとんどはこの赤外線です。またこのことを利用して、夜間などでも人間が識別できる赤外線カメラなどもあります。写真のように、温度による放出される赤外線の波長を検出することにより、表面の温度を測定することができます。

テレビなどのリモコンの通信に使われているのも赤外線です。携帯電話同士でアドレスの交換に赤外線通信機能を利用している人も多いかと思います。赤外線は、伝搬する方向は、電波よりも限られるため他の電子機器に与える影響が少ないという利点がありますが、マイクロ波にくらべて障害物に弱いと言った欠点もあります。

また軍事目的では、ジェット機の追跡システムに使われています。これはジェット機の放つ熱による赤外線を、ミサイルが探知してジェット機が追跡して撃墜します。これは戦争映画ではおなじみですね。



熱放射による赤外線

グリエルモ・マルコーニ (1874-1937)

マルコーニはイタリアの裕福な地主の家に生まれました。ボローニャの学校に入りましたが、学校ではあまり成績は良くなかったようです。大学へは行きませんでした。また家は裕福なため行って手に職をつける必要もありません。彼は、1888 年のヘルツによって発見された電波に興味を持ちます。彼は、自宅の非常に広い部屋で実験をしました。彼の目的は電波によってワイヤレス通信をすることです。彼は新しい発見をしたわけではありませんが、その当時知られている学術結果を最大限に利用します。まず、スパークを発生させる装置を作り、それにより電波を発します。押すことで簡単に長いパルスと短いパルスを発することができます。またレシーバーは、垂直に立てたアンテナで、接地させて感度を良くします。通信距離を次第に長くしていき、1897 年には、14 キロ以上先まで通信することができるようになります。1902 年には ,152 メートルのたこのようなアンテナを用いてヨーロッパ大陸とアメリカをまたぐ、実に 3500km の通信に成功したのです。1907 年には商業的な通信会社をたてましたがその後も改良を続けていきました。1912 年のタイタニック号の沈没の際に発せられた SOS 信号は、彼の会社所属の乗組員によるものでした。



1909 年にノーベル物理学賞を受賞しています。

1837 年に亡くなりました。葬儀のとき、イタリアのラジオは追悼のため２分間葬式をやめ、ワイヤレス通信生みの親の冥福を祈りました。

キーワード

電磁石、スピーカー、モーター、ファラデーの電磁誘導の法則、発電機、変圧器（トランス）、マックスウェル方程式、電磁波、正弦波、波長、振幅、周波数（振動数）、波の干渉、ドップラー効果、電波、マイクロ波、赤外線、