生活の中の物理学
Physics in Everyday Phenomena

第12回　2024/12/9

第6章　電気と磁気

真貝　寿明
Hisaaki Shinkai

https://www.oit.ac.jp/is/shinkai/mukogawa

レポート課題（第2回）締切：12/27

「科学と疑似科学」

「疑似科学にだまされないためにはどうしたらよいか」をテーマにして，レポートを提出してください.

1．　疑似科学（あるいはニセ科学・トンデモ科学）について調べ，印象に残った1-2の事例について説明せよ.
2．そして，疑似科学に騙されないためには，どのような注意をしたらよいか，考察せよ.

プリントにつけた雑誌記事を読み，さらに，きちんとした本や記事をもとにレポートすること.

「科学と疑似科学」

課題

- 疑似科学（あるいはニセ科学・トンデモ科学）について調べ，印象に残った１–２の事例について説明せよ．
- そして,「**疑似科学にだまされないためにはどうしたらよいか**」について考察せよ．

作成要領

- **きちんとした本や記事をもとにレポートすること**.
- 参考とした文献 (web ページ含む) などがあれば，**必ず**記すこと．剽窃行為が認められる場合は評価を下げます.（参考文献から引用するのは構いませんが，引用範囲は必ずそう明記すること.）
- インターネット上の文献を引用するときは，書き手が不明な個人のものは避けること．
- A4 用紙 3-5 枚程度．表紙は不要．必要であれば，図や表を添付してよい（ページ枚数に含める）．

提出手順

- Google Classroom の課題として提出．手書きの場合は写真撮影したものを提出
- 提出〆切は，**2024年12月29日（日）22:59**
- 提出ファイルの名前は,「P 学科 XXXXXXX ○○○○」の形式とすること.（P は Physics の頭文字でレポート区別するためのもの，学科は大日/短生など２文字で，XXXXXXX は学籍番号，○○○○は氏名）とすること．ファイル名には空白を入れず，学籍番号は半角で．一括ダウンロードして読むため，このファイル名でお願いします.
- ファイル内の初めにも，タイトル・学部学科学年・学籍番号・氏名を記載すること．

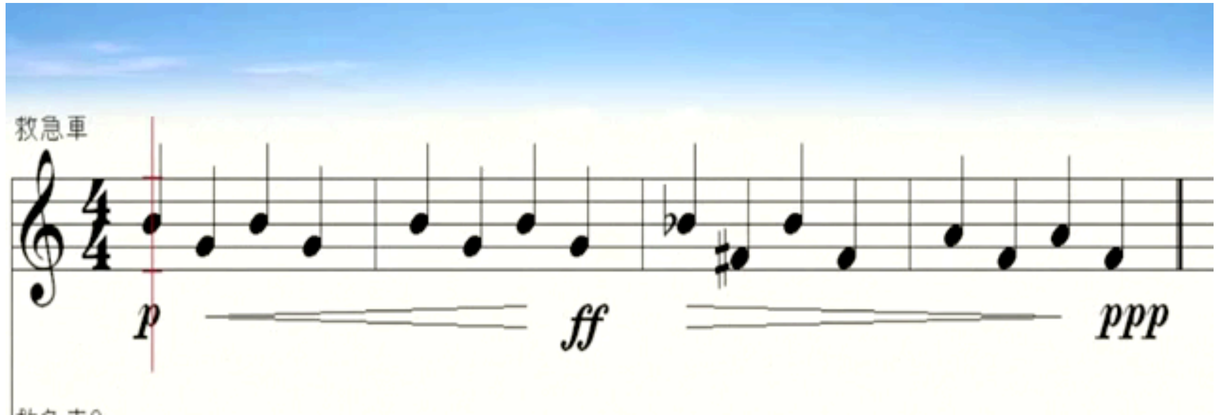
教科書 p162

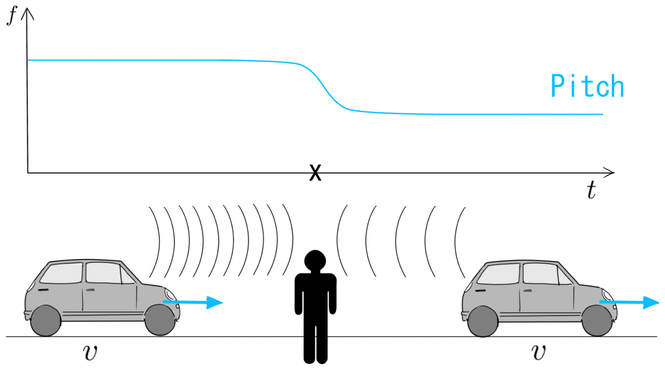
ドップラー効果

ドップラー効果について、
前後の音に違うように聞こえますが、実際の音程は一緒なのですか？

近づくとき
高い音
大きい音に

遠ざかるとき
低い音
小さい音に

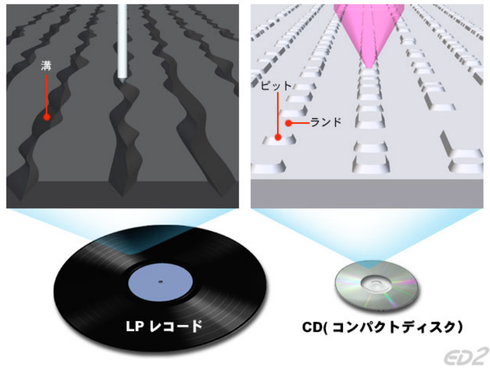




前回のミニッツペーパーから

昨日HMVに行ったらレコードが売られていてびっくりしました。ジブリ映画のサントラや懐メロが主でしたが、割と最新のK-PopのCDもあり、その曲のCD ver. YouTube ver. とはどのくらい違って聴こえるのかが気になりました。

【身近な技術】 サウンド技術(3) レコードから CDへ 教科書 p160



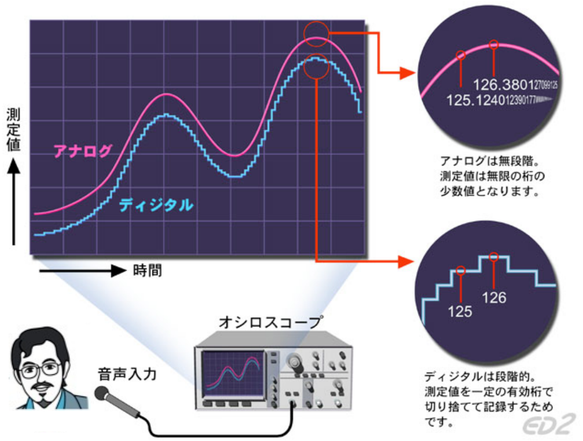
アナログ　　デジタル

http://www.sugilab.net/jk/joho-kiki/index.html

30

小学校の理科の時間に、実際にレコードとCDを聞き比べたことがあります。当時はハッキリと音質の違いが分かりましたが、今でも区別できるかは自信がないなと思いました。

【身近な技術】 サウンド技術(6) アナログからデジタルへ



http://www.sugilab.net/jk/joho-kiki/index.html

34

前回のミニッツペーパーから

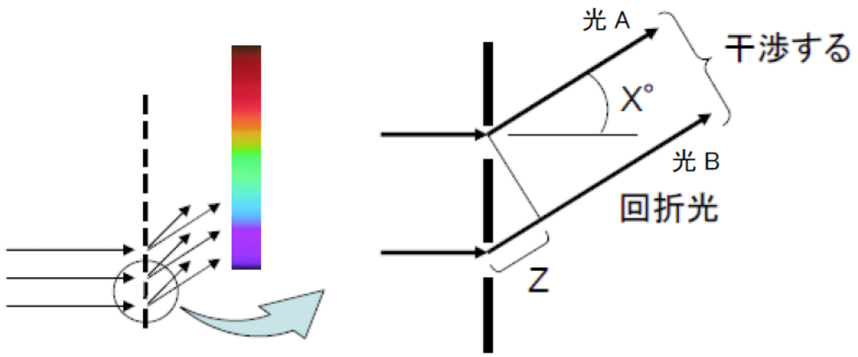
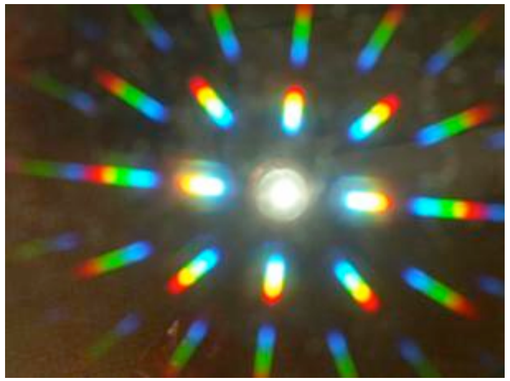


図 5　回折格子による分光の原理

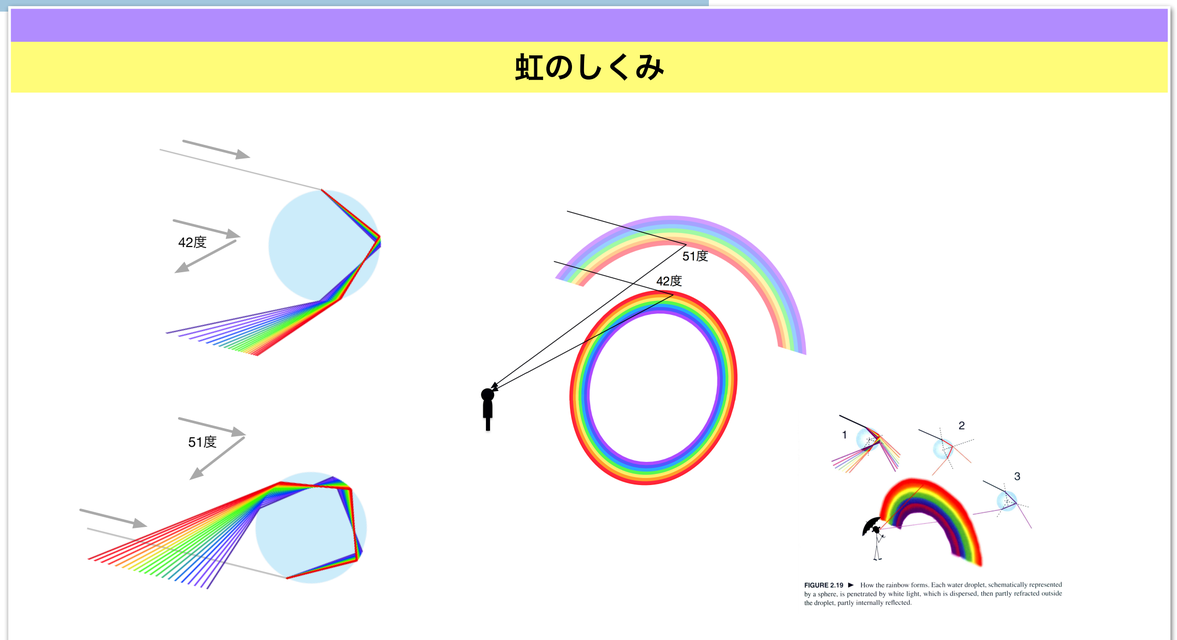


工作が楽しかったです。

工作楽しかったです。

分光の実験がきれいで楽しかったです。

虹は本来は円になっていることが分かった。



前回のミニッツペーパーから

血液が赤く見えるのは、人間の目には赤色の光を吸いこまないからですか？

光の３原色　＝ RGB

色彩の３原色　＝ CMY

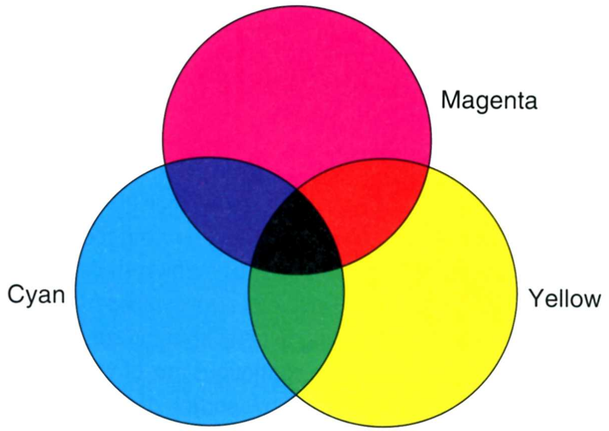
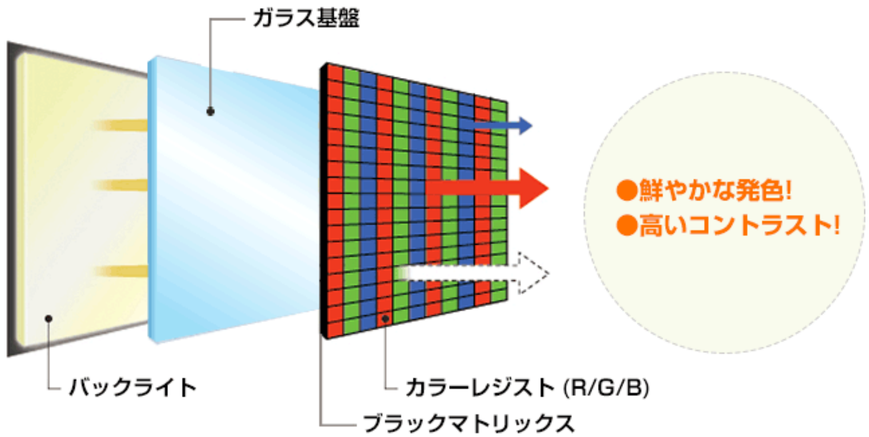


figure 16.11　Subtractive color mixing is demonstrated by overlaying yellow, magenta, and cyan pigments used in color printing.

電気のそのものの色は変えることができるか知りたいです。（電球のガラスの色を変えるのではなく電気そのものの色のことです）

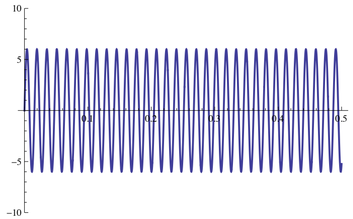
発光ダイオード（LED, Light Emitting Diode）

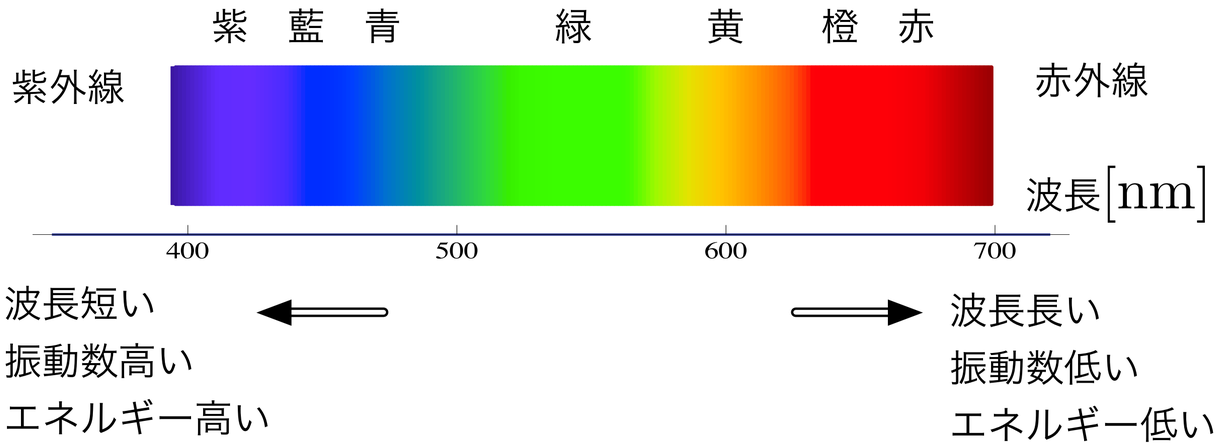
液晶

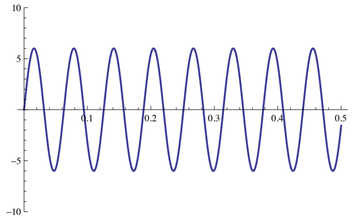


https://www.mikuni-color.co.jp/category/business/business01.html

光のドップラー効果







音源と観測者が相対的に近づく

＝音が高くなる　＝色が青くなる

音源と観測者が相対的に遠ざかる

＝音が低くなる　＝色が赤くなる

ノーベル物理学賞受賞者 2019年

Nobel Laureates in Physics 2019

http://www.nobelprize.org/

物理学賞

James Peebles, Michel Mayor, Didier Queloz

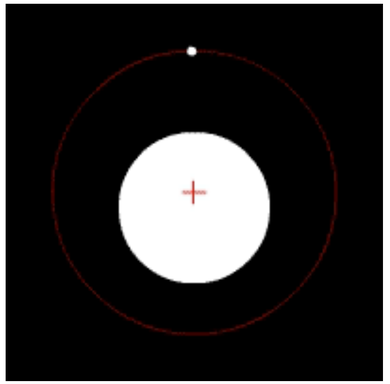
宇宙の進化，宇宙における地球の位置づけについて理解を改めた貢献

"for contributions to our understanding of the evolution of the universe and Earth's place in the cosmos."

ピーブルズ

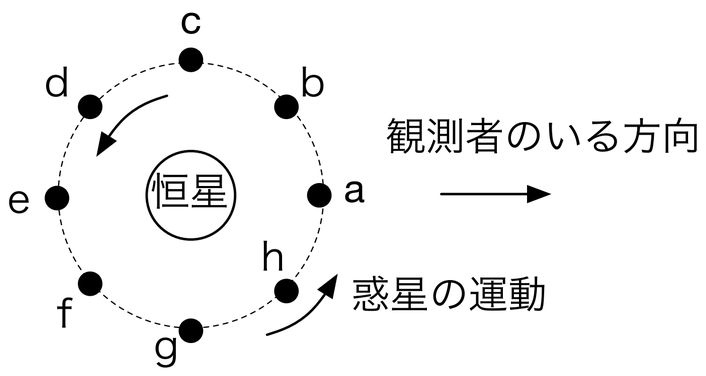
ビッグバン宇宙論の基礎理論の確立に大きな貢献をした.
宇宙マイクロ波背景輻射(CMB)の温度非等方性を定量的に計算する方法論、宇宙誕生約3分後に形成されたヘリウムの存在量、約38万年後に起こった宇宙の再結合(電離水素が中性化する過程)、膨張宇宙における密度揺らぎの線型成長とその後の非線形成長モデル、相関関数を用いた銀河分布の統計的記述などなど.

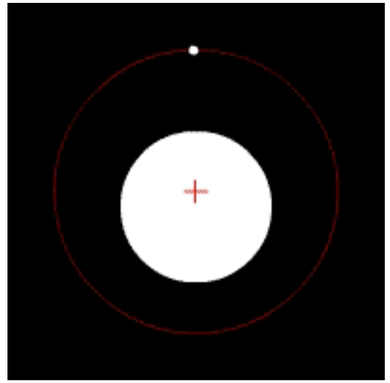
マイヨールとケロー, ペガスス座51番星のドップラー効果から,
太陽系外惑星を初めて発見.



前回のミニッツペーパーから

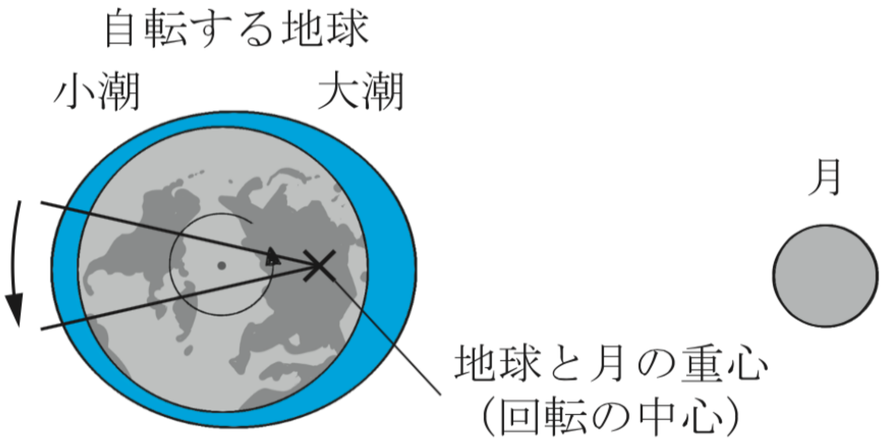
〔11-1〕惑星1つを持つ恒星の光がもっとも青方に偏移している瞬間，その惑星はどこにあるか．図の中から記号を1つ選び，その理由を記せ．「重心」という言葉を必ず用いること．



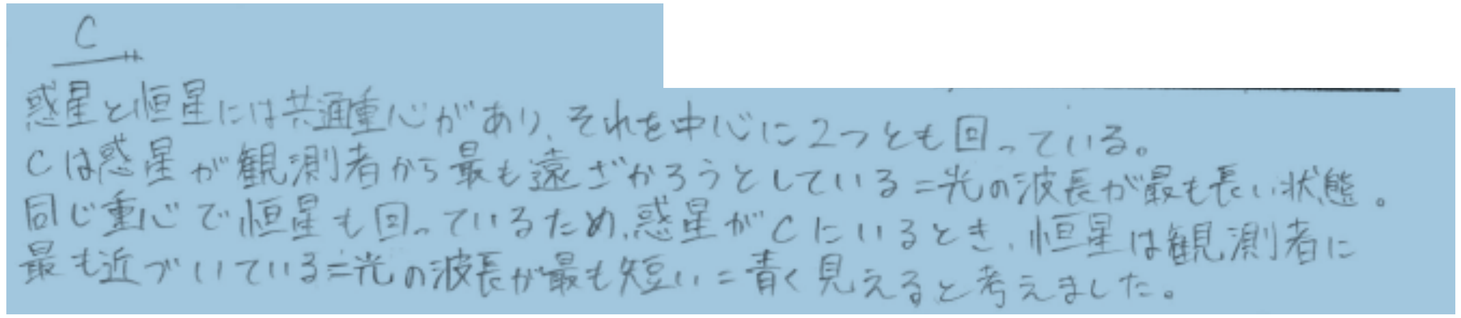


マイヨールとケロー，ペガスス座51番星の
ドップラー効果から，太陽系外惑星を初めて発見．

- 青方に偏移　→　観測者に近づいている
- ２つの星は，共通重心の周りを回る．
  → 惑星が遠ざかるなら，中心星は近づく．



正解1名（22名中）



C

惑星と恒星には共通重心があり，それを中心に2つとも回っている。
Cは惑星が観測者から最も遠ざかろうとしている＝光の波長が最も長い状態。
同じ重心で恒星も回っているため，惑星がCにいるとき，恒星は観測者に
最も近づいている＝光の波長が最も短い＝青く見えると考えました。

教科書 p174

光の2重スリット実験

■光の干渉（２重スリット）

光は波であるので，音や水の波と同様，干渉して，強め合ったり弱め合ったりする．２つのスリットを通った光は回折し，スリットから同心円状に広がっていく．２つのスリットからの距離に応じて，光の波の山と山が重ね合うときは強め合い（光り），山と谷が重なるところでは弱め合う（暗くなる）．結果として暗線がみえることになる．干渉条件は 75 ページで説明したことがそのまま成立する．

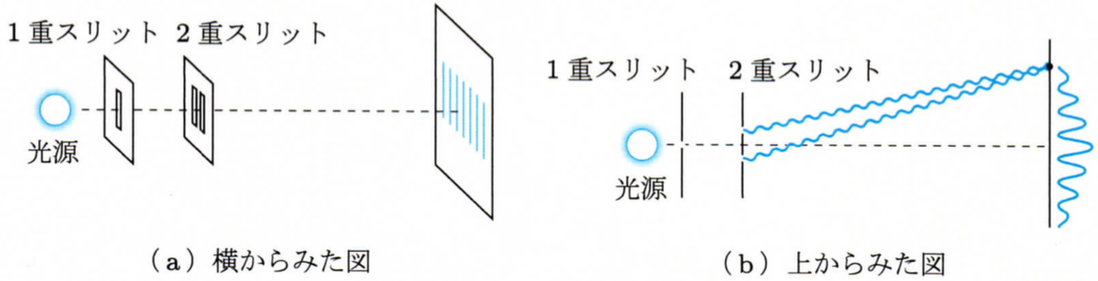


図 23: 光の２重スリット実験（ヤングの干渉実験）．

光の２重スリット実験

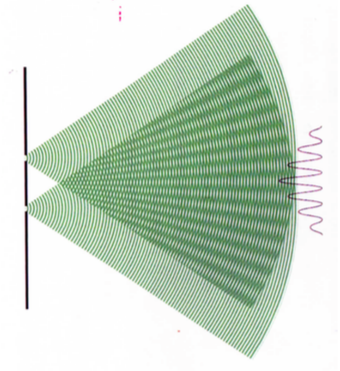


図 22: ２重スリットからの光の干渉．

以前 のミニッツペーパーから

遠い星の光が地球にいる私たちの目に届いたり、光の波は反射したりしますが、消滅しないのですか？

光を波だと考えると，天文学的な距離に広がると消滅してしまいます．
しかし，光は粒子的な性質も持つため，粒子としてエネルギーを運びます．
光子（photon）と呼ばれています．

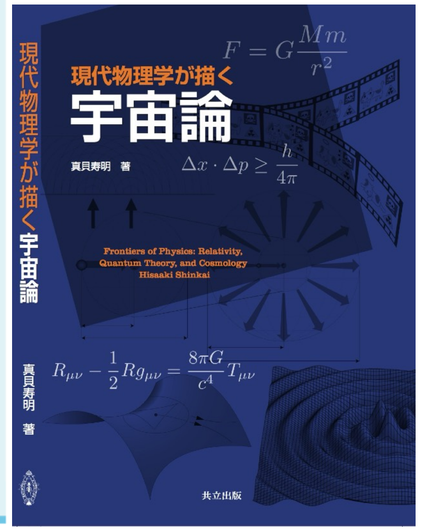
コラム 26　光は粒子である：星が見えるのは粒子的エネルギー

光が波であると考えて，周囲に広がるにつれて単位面積あたりのエネルギーが小さくなると考えると，実は私たちは星の光を認識することができない．少し計算してみよう．

太陽は 1 秒間に $W = 3.8 \times 10^{26}$ J のエネルギーを周囲に放出している．太陽から距離 r [m] にある場所で，太陽に向いた 1 m^2 の面に降り注ぐエネルギーは，1 秒間あたり，$W/4\pi r^2$ となる．太陽が約 10 光年（$= 1.0 \times 10^{17}$ m）先にあれば，2 等星ほどの明るさになる．以下では，太陽と同じ星 S が 10 光年先にあった，としよう．

人間の視細胞のなかで光を感じる部分の面積 A は，およそ $A = 4 \times 10^{-18}$ m^2 であり，10^{-20} J ほどのエネルギーで分子が反応を起こして光を感じることになるという．

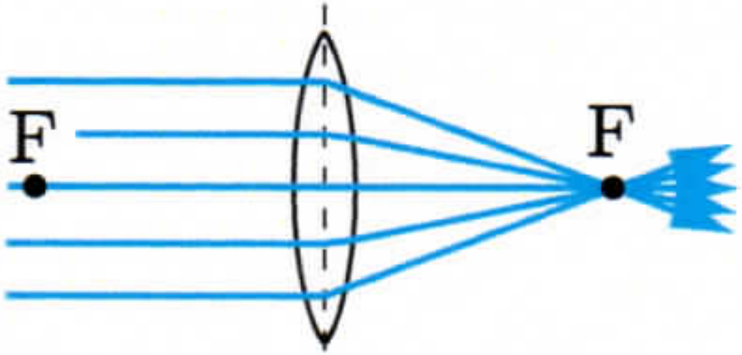
光が波であると考えれば，星 S からの光のエネルギーは，面積 A あたり，1 秒間に 10^{-26} J となり，反応が起きるまでには長い時間を要することになって，星の光が見える説明ができない．ところが，光が粒子（光子）であるとすれば，1 つ 1 つの光子がエネルギーを運んでくると考えることができる．振動数 $\nu = 5.0 \times 10^{14}$ Hz の可視光に対応する光子のもつエネルギーは，プランク定数が $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J·s であることから，3.3×10^{-19} J となり，このエネルギーが視細胞を瞬時に刺激することが可能になる．1 つ 1 つの視細胞に光子が飛び込む頻度は少ないが，私たちは光を認識できるようになるのだ．

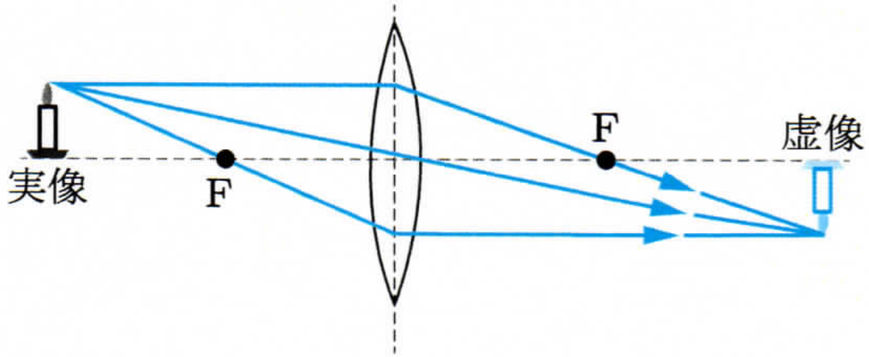


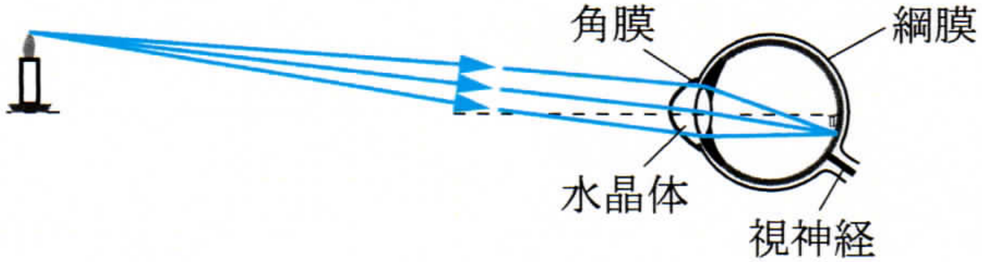
凸レンズによる像

positive lens

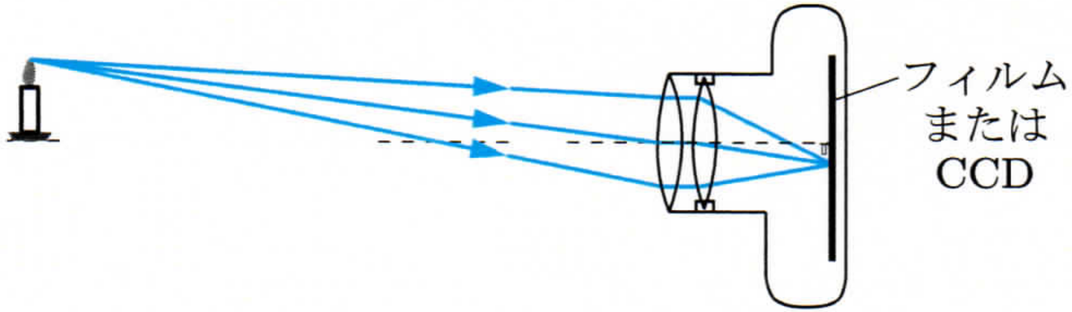
平行光線は焦点Fに集まる







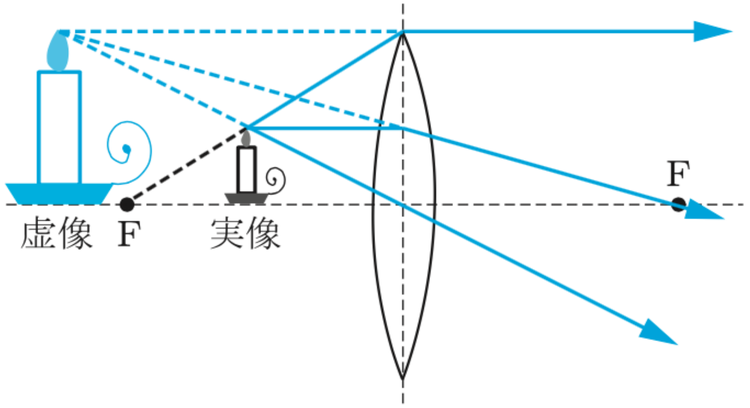
（b）人間の目



教科書 p178

凸レンズによる像　虫眼鏡・望遠鏡

図5.80 虫眼鏡



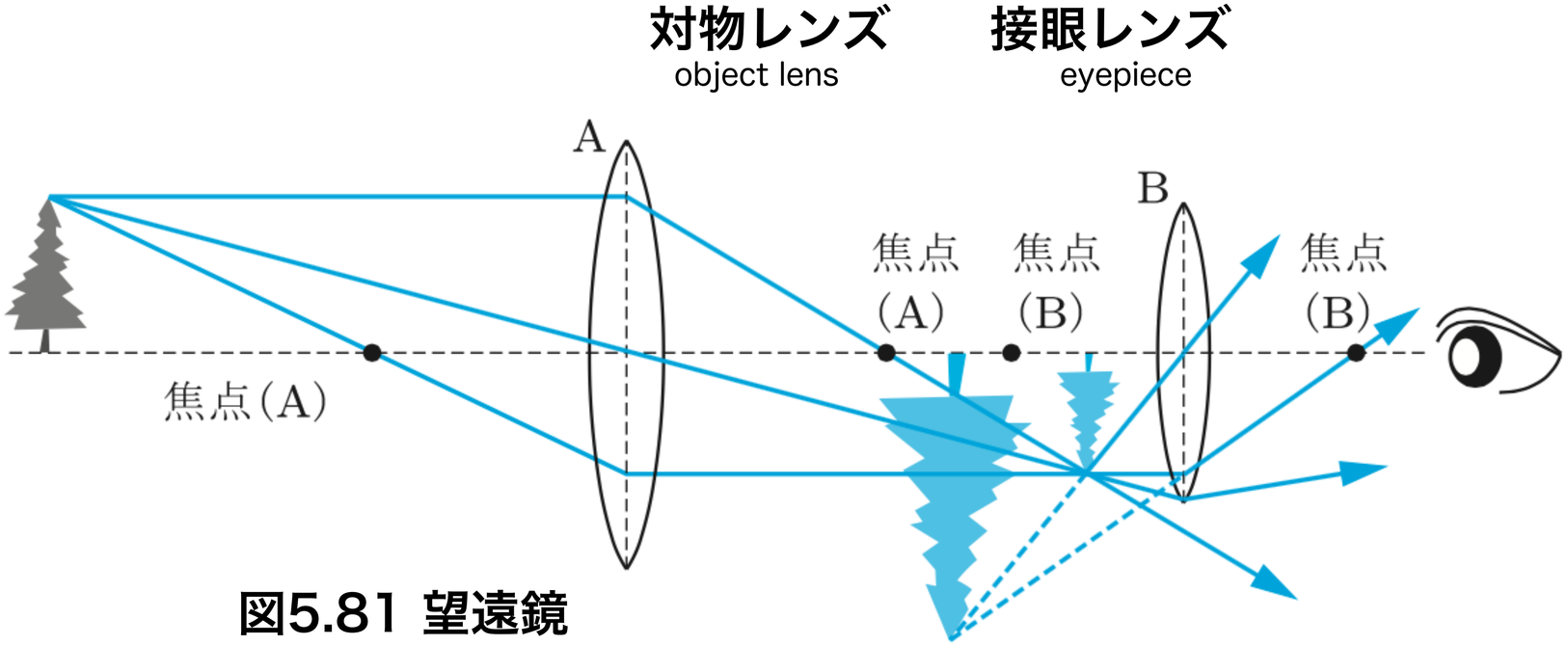


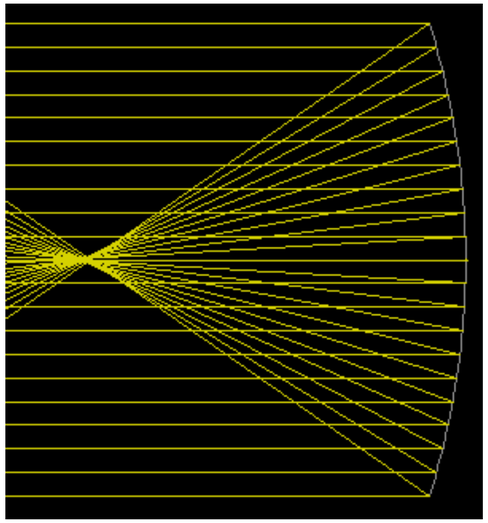
図5.81 望遠鏡

parabolic mirror

放物面鏡による像

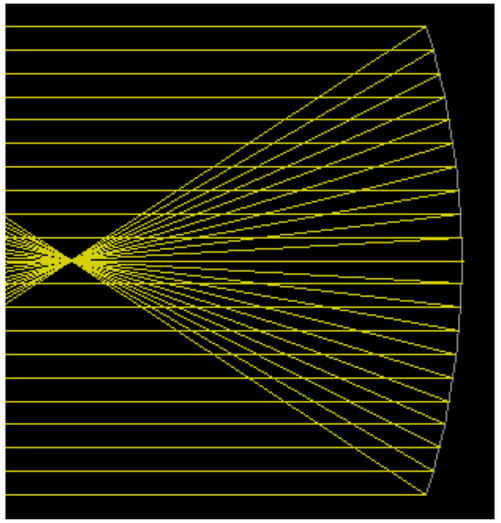
球面鏡

焦点でやや広がりをもって光が集まる

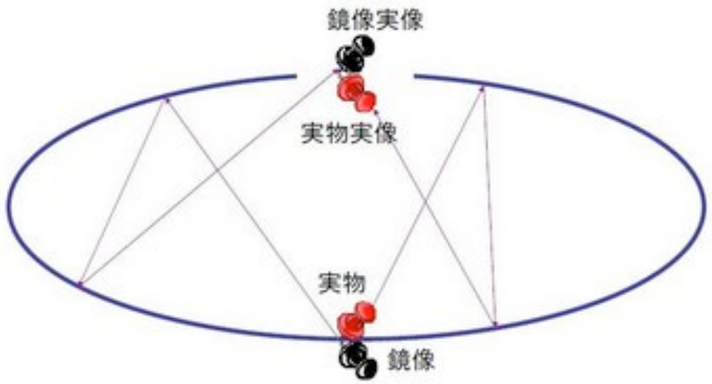


放物面鏡

完全に１点に光が集まる



http://www.astrophotoclub.com/hansya2.htm

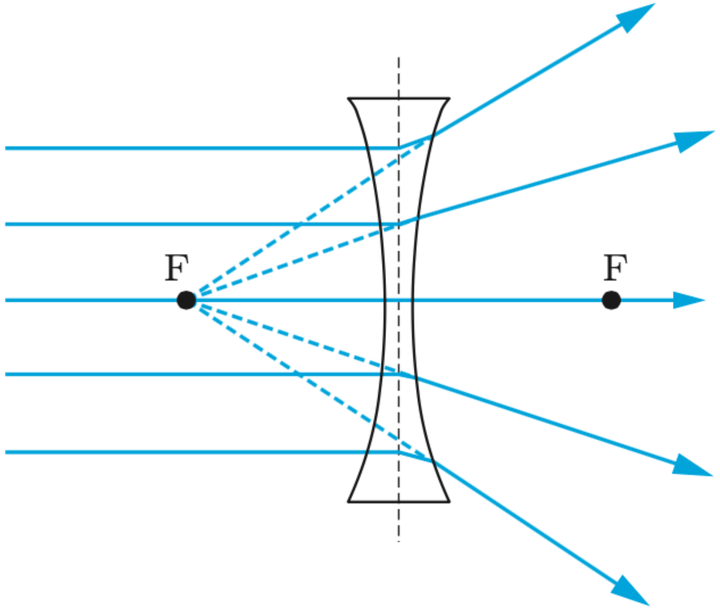


教科書 p179

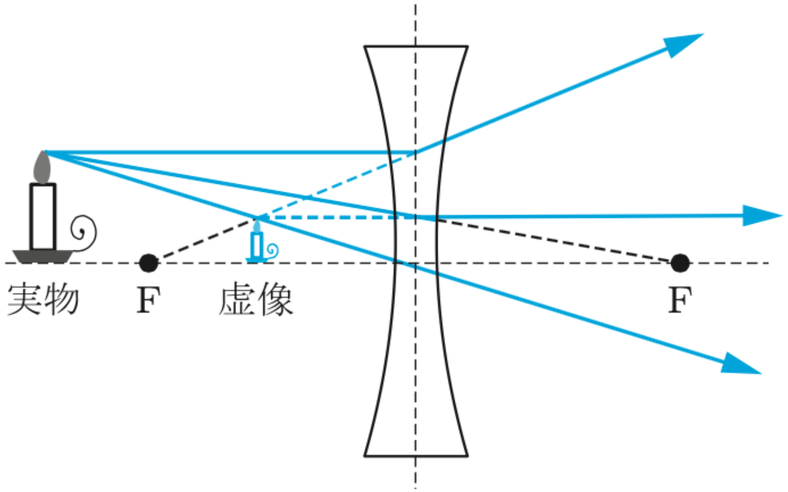
凹レンズによる像

negative lens

平行光線は焦点Fに光源があるかのように広がる



（a）光軸に平行な光線は，凹レンズを通過すると焦点 F から出発したように進む

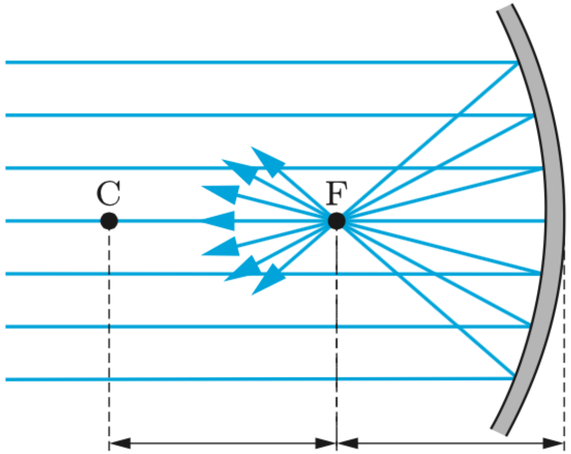


（b）焦点より外側に置いた物体の像は縮小されて映る

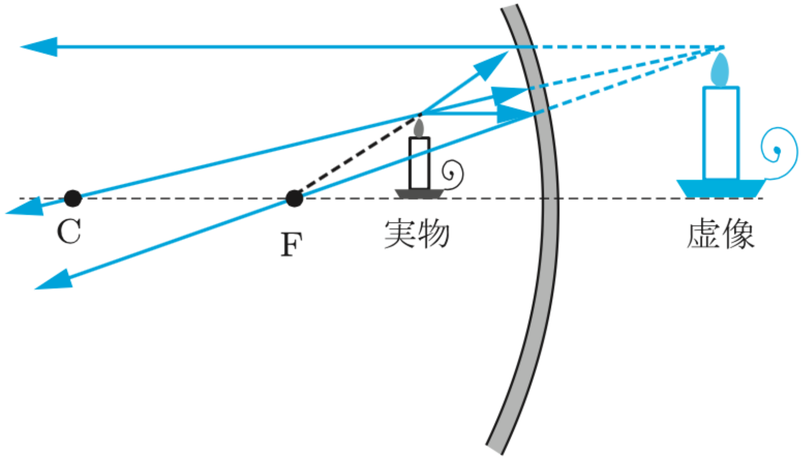
concave mirror

凹面鏡による像

平行光線は焦点Fに集まる



（a）平行光線を当てると焦点に集光する



（b）焦点より内側に置いた物体の像は拡大されて映る

NHK　大科学実験　みんなここに集まってくる

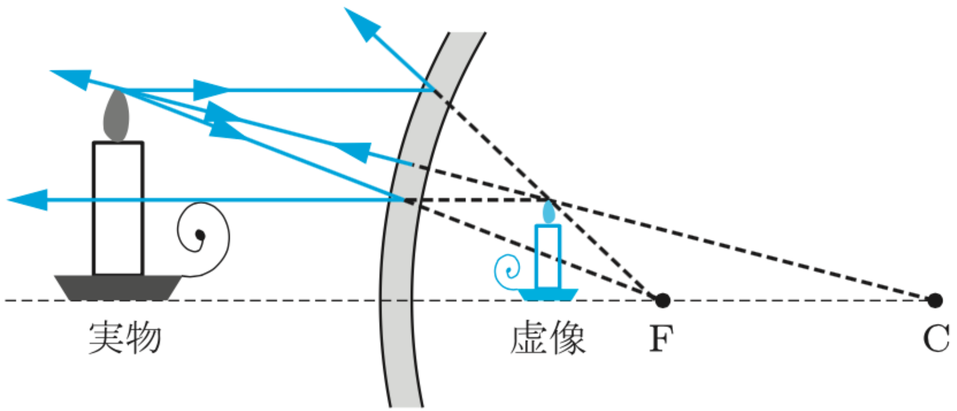
start on click 3:00

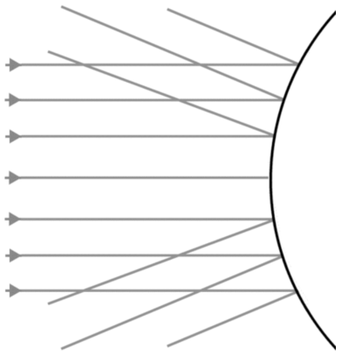
教科書 p180

convex mirror

凸面鏡による像

広い視野が見られる





“Objects in the mirror are closer than they appear”

「実際の物は鏡に映っているより近くにあります」

6　電気と磁気

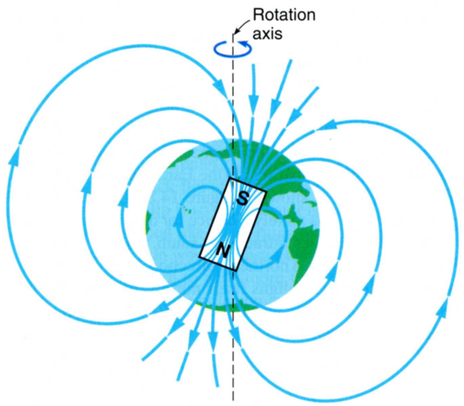
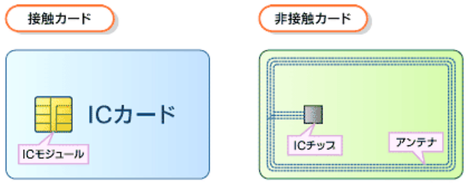


figure 14.8　The magnetic field of the Earth can be pictured by imagining a bar magnet inside the Earth (there is not one, of course), oriented as shown here.



前回のミニッツペーパーから

災害時にライトの上に水の入ったペットボトルを置くとより明るく広い範囲を照らせると聞いたのですが、ライト単体と比べたとき明るさは変化しますか？

ペットボトルで簡単ランタン

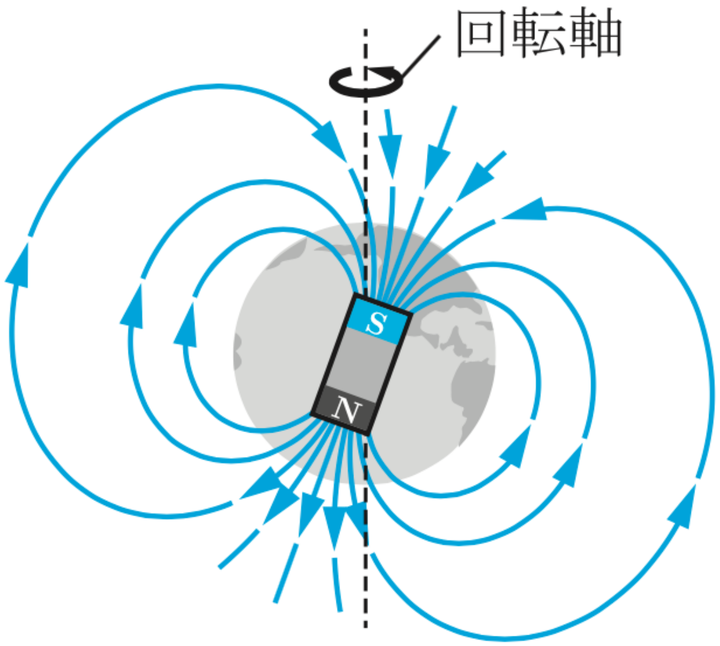
更新日：2023年8月14日

皆さん、お持ちの非常持ち出し袋に懐中電灯は入っていますよね？一工夫してランタンに替える活用術。懐中電灯の上に水を入れたペットボトルを乗せるだけで、光が乱反射して周りを照らすことができますよ。懐中電灯が小さい場合は
コップに入れてやってみてください。火を使わないので安全です。


該当ツイートへ（外部サイト）

情報発信元	警視庁　災害対策課　災害警備情報係 電話：03-3581-4321（警視庁代表）

どうして磁石でNとSのアルファベットが用いられているのか

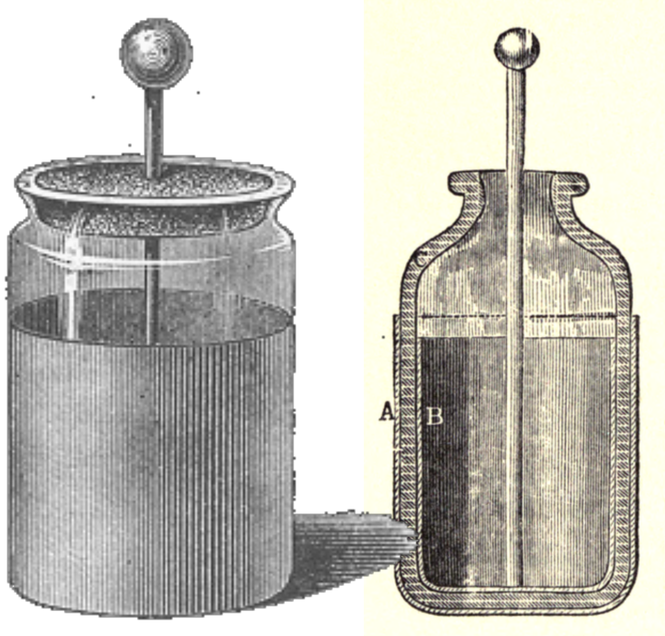


教科書 p184

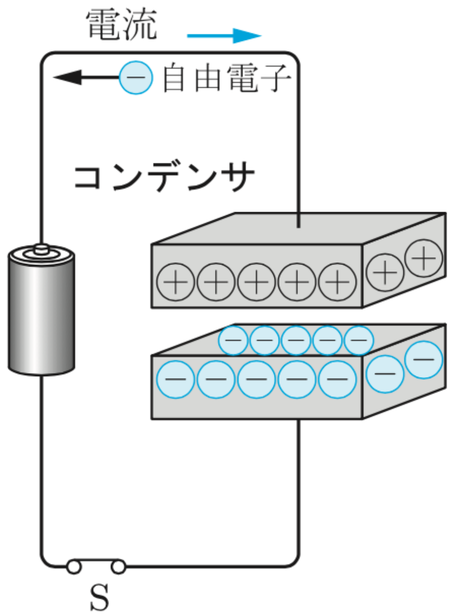
電気, 電荷

電荷，帯電，静電気

- 電気現象を生じさせるものを**電荷**という.「正の電荷」「負の電荷」がある.
  電荷（よく，q で表す）の単位は [C] クーロン．由来は Charles-Augustin de Coulomb (1736–1806)
- 物体が電気を帯びることを**帯電**，帯電したまま移動しない電気を**静電気**という.

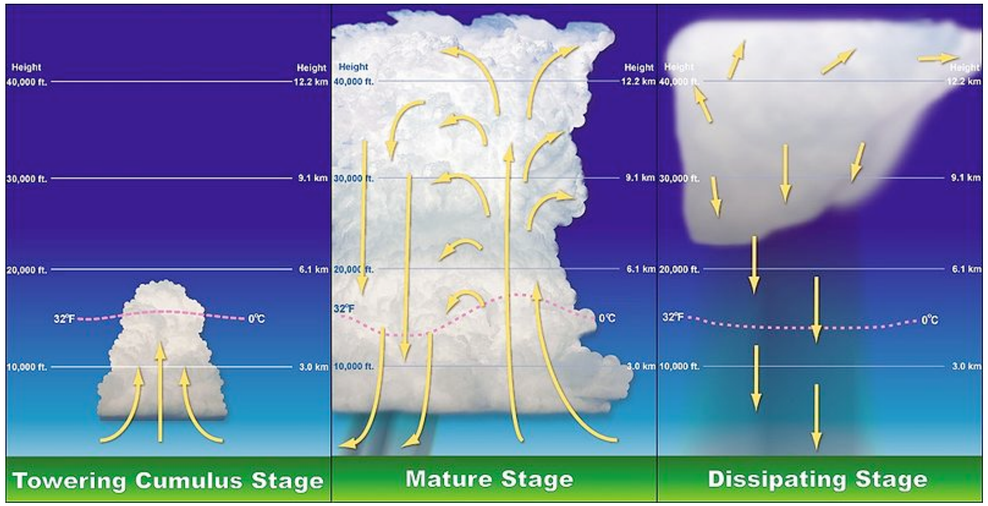


ライデン瓶
=コンデンサ
（キャパシタ）

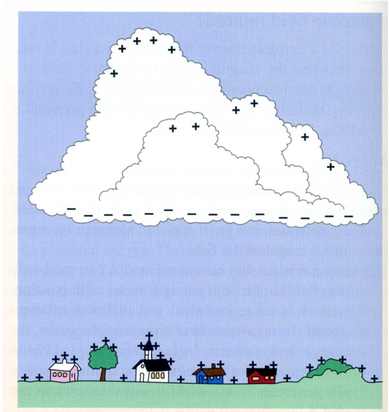


フランクリン　雷は電気であることを実証

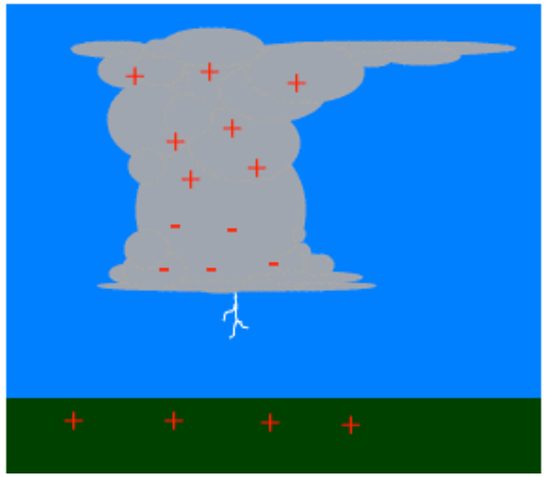
雷はどうやって発生しているのか??



Benjamin Franklin
(1706-90)



The charge distribution within a thundercloud induces a positive charge on objects on the Earth directly below the cloud.



1回の放電量は数万～数十万A, 電圧は1～10億V, 電力換算で平均約900GW(=100W電球90億個分相当)に及ぶが時間にすると1/1000秒程度.

エネルギーに換算すると約900MJ, 家庭用エアコン(消費電力1kW)を240時間連続できる

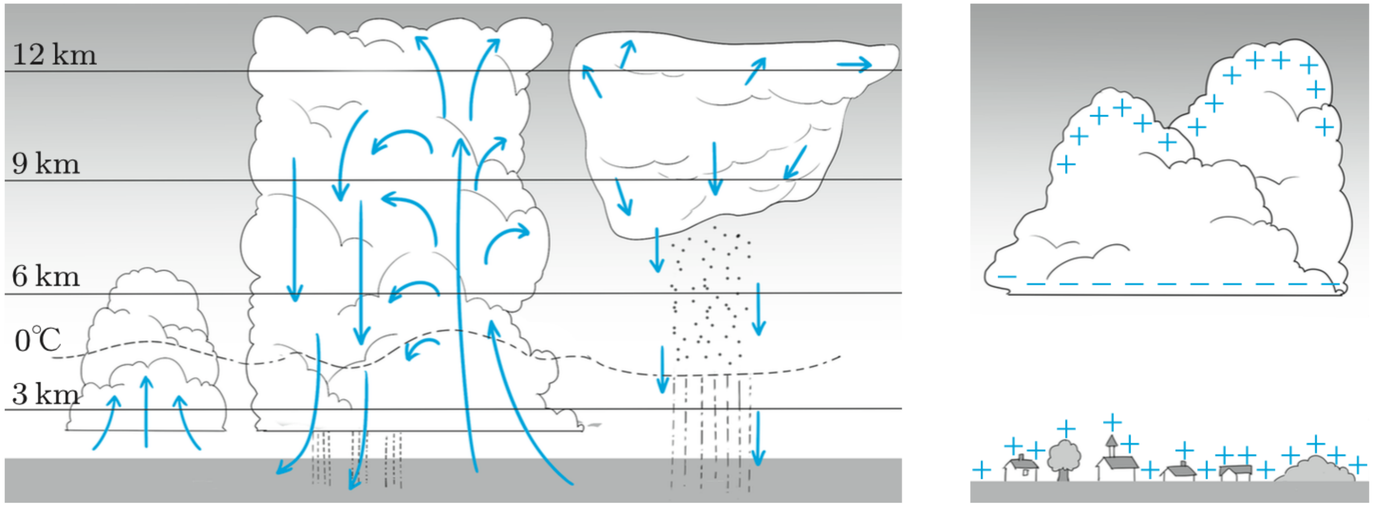
教科書 p186

雷の正体

コラム 35　雷の正体

急激な上昇気流で発生した積乱雲の中では，水蒸気どうしがこすれあって，電気が発生する．正に帯電した小さい氷の粒が雲の上部に移動するので，雲の下は負に帯電する．雷は，雲と地表との間で放電する現象である．空気中では 3 万 V/cm で放電が開始する．

1 回の落雷で，放電量は数万～数十万 A（アンペア），電圧は 1～10 億 V（ボルト），電力換算で平均約 900 GW（ギガワット）（=100 W 電球 90 億個分相当）に及ぶ．エネルギーに換算すると約 900 MJ，家庭用エアコン（消費電力 1 kW）を 240 時間連続運転できるが，落雷の発生時間は 1/1000 秒程度でしかない．



（a）雷の発生　　（b）雷は空中放電

図 6.5　雷のしくみ　(a) 激しい上昇気流で積乱雲が発生し，上空で冷却されて強い雨が降る．(b) 雲の中で水分子がぶつかりあう摩擦で雲は帯電する．たまった電荷を空中放電するのが雷である．

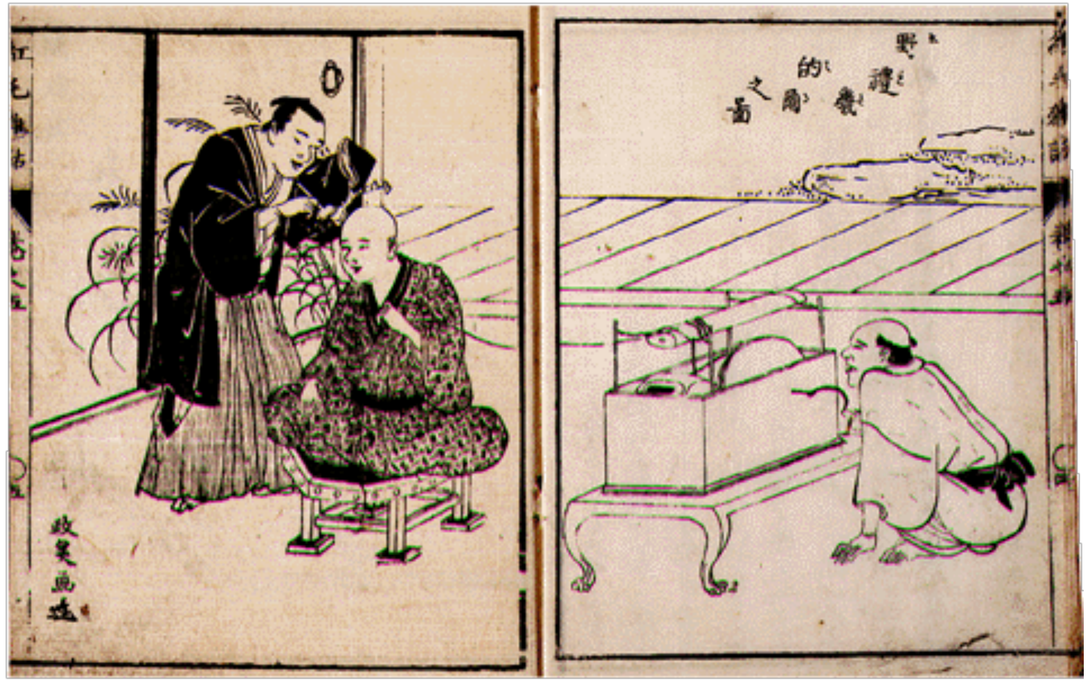
放電

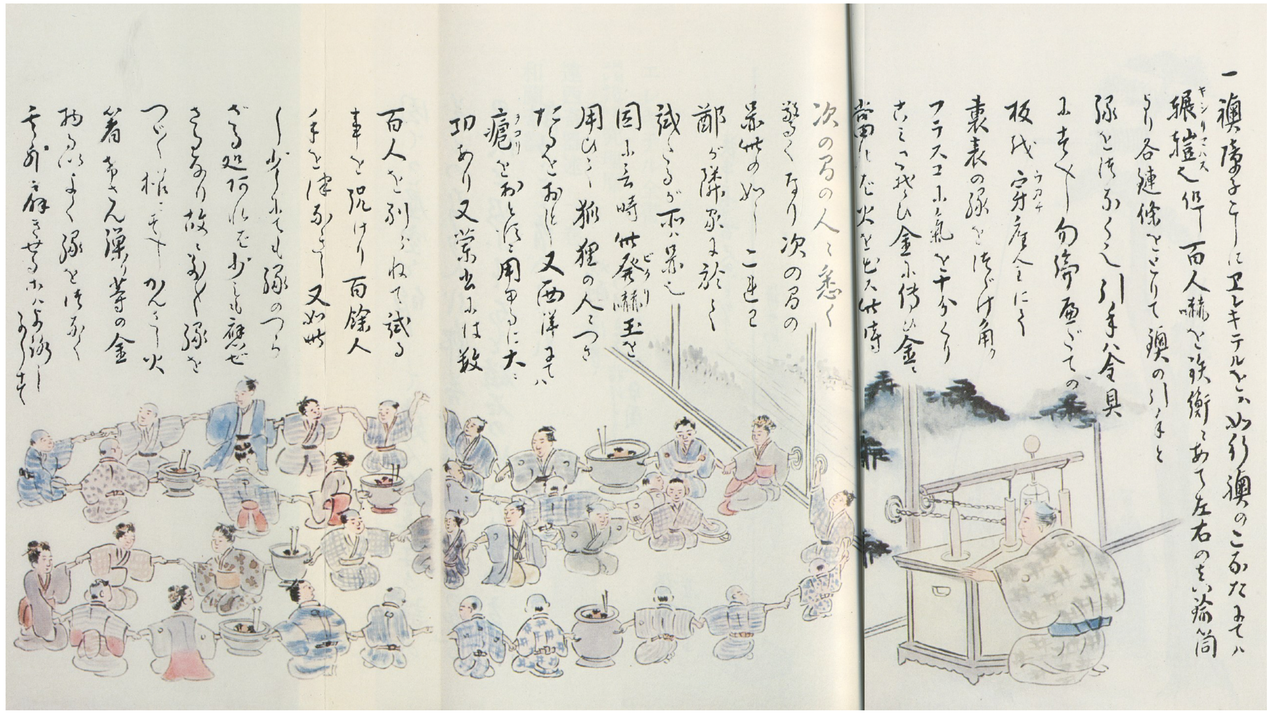
空気中では 3万[V/cm] で放電開始
人間の体は 4万[V]にいくことも.

【プラズマボール】
アルゴンガス　1/100 気圧
中心はプラス極（高電圧）

教科書 p185

平賀源内 「エレキテル」





平賀源内
(1728-80)

前回のミニッツペーパーから

電気はなぜビリビリするのか

https://www.chuden.co.jp/kids/kids_study/hatena/
https://www.chuden.co.jp/kids/kids_study/manabu/what/

人間の体には、もともと弱い電気が流れています。しかし、体には許容以上の電気が流れると「痛い」とか「ビリビリする」などの防御反応が起こり感覚に訴えるのです。
普通の状態では人体にはおよそ5,000オームの抵抗があるといわれています。このとき100ボルトの電線にふれると20ミリアンペアの電流が流れます。20ミリアンペア程度の電流では強い痛みを感じるくらいですが30ミリになると呼吸が乱れ、50ミリになると心臓がケイレンして死に至る可能性があります。

感電とは、生体に電気が流れることによって衝撃を受けること。
人間の体に許容量以上の電気が流れると、「痛い」「ビリビリする」などの防御反応が起こり、人間の感覚に訴えます。

障害	症状
神経障害	脳からの制御信号が断たれ自ら動くことができない。 （手・足のしびれ、行動不能、発声不能、失神、呼吸困難、心臓麻痺）
発熱障害	発熱器と同じように体が発熱し細胞が破壊される。 （体内細胞破壊による死亡または腐り）

電流レベル	感電の反応
1mA	少しビリッと感じる、少しチクチクする。
5mA	痛いと感じる。
10mA	ショックで苦しい、耐えられないほどの苦痛を感じる。
20mA	手、足の筋肉が萎縮し、体の自由がきかない。
50mA～100mA	呼吸ができずに死ぬ。

AED 自動体外式除細動器

Automated External Defibrillator

電流名称	電流値	影響・被害
最小感知電流	交流　約０．５ｍＡ 直流　約２ｍＡ	電撃を知覚する最小の電流。 ビリッとする。
苦痛電流	交流で約７～８ｍＡ	命に別状はないが、痛みを感じる。 筋肉がけいれんをしたように感じる。 耐えられる限界の苦痛。
離脱電流 （可随電流）	交流で約１０ｍＡ	筋肉はけいれんするが、運動は可能。 離脱可能の限界。 意識ははっきりしている。
不随電流	約２０ｍＡ	意識ははっきりしているが、運動の自由を失う。 自力での離脱はできなくなる。
心室細動電流	３～１０秒の間、約４０ｍＡが許容限界	心臓がけいれん（心室細動）を起こし、正常な脈が打てなくなる。 死亡に至る。

http://itetama.jp/blog-entry-223.html

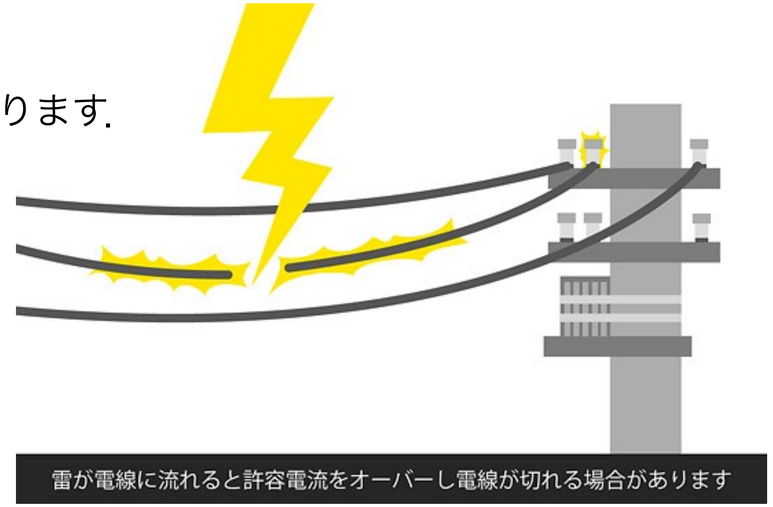
スタンガン
瞬間的に高電圧の電気を
与え，相手を動かなくさせる

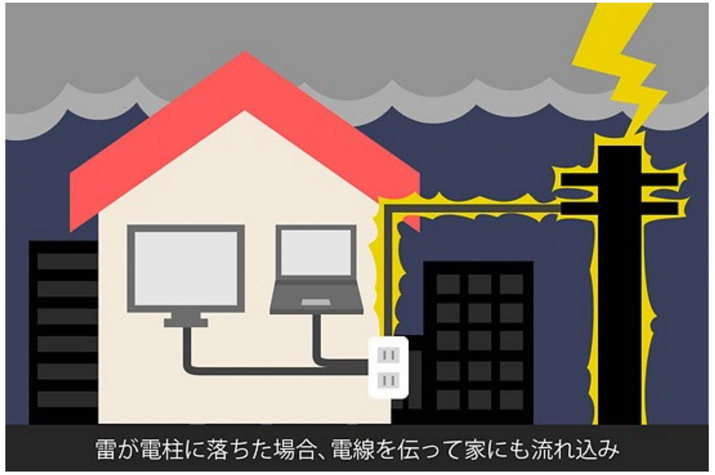
AED
自動体外式除細動器 Automated External Defibrillator
電気ショックで心臓の働きを戻す

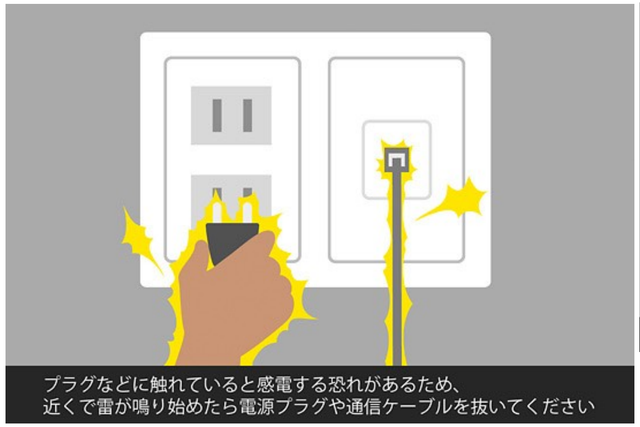
前回のミニッツペーパーから

雷が落ちると停電するのはどうしてですか。

雷が瞬間的に出す電圧は，200万～1億ボルトになります.







https://powergrid.chuden.co.jp/goannai/ippan/information/taishoho/fukkyuu/

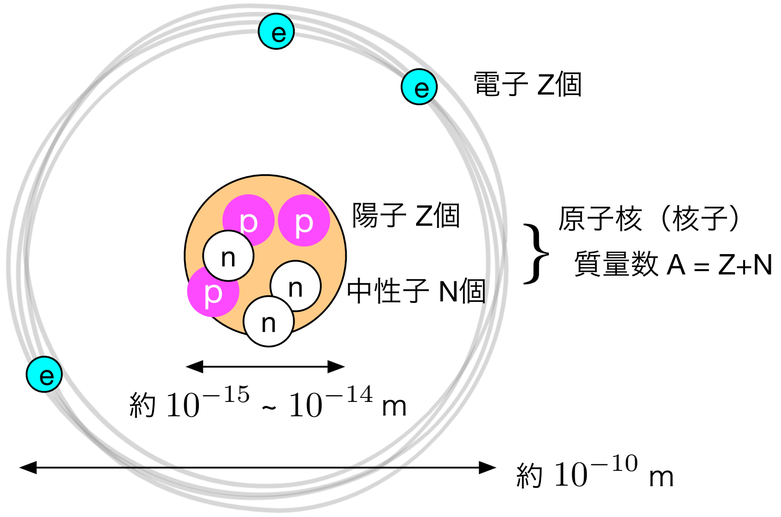
教科書 p230

電気の正体

陽子，中性子，電子

原子は**原子核**と**電子**からできていて，原子核は**陽子**と**中性子**から構成されている．電子は負の，陽子は正の電気をもっていて，中性子は電気をもたない．電子 1 つと陽子 1 つのもつ電気量は，符号が異なるが同じ大きさであり，$e = 1.6 \times 10^{-19}$ [C] である（この値を**電気素量**という）．

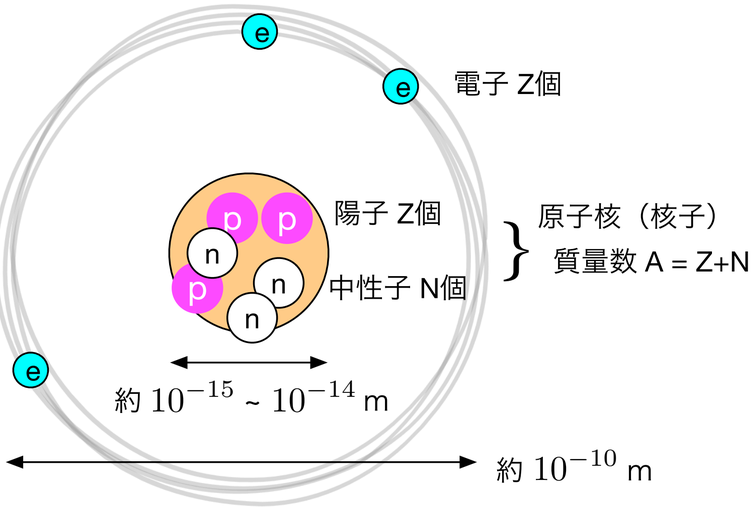
記号			電気量	質量	質量比
陽子	p	proton	$+e$	$1.67262158 \times 10^{-27}$ kg	1836.15
中性子	n	neutron	0	$1.67492735 \times 10^{-27}$ kg	1838.68
電子	e	electron	$-e$	$9.10938188 \times 10^{-31}$ kg	1

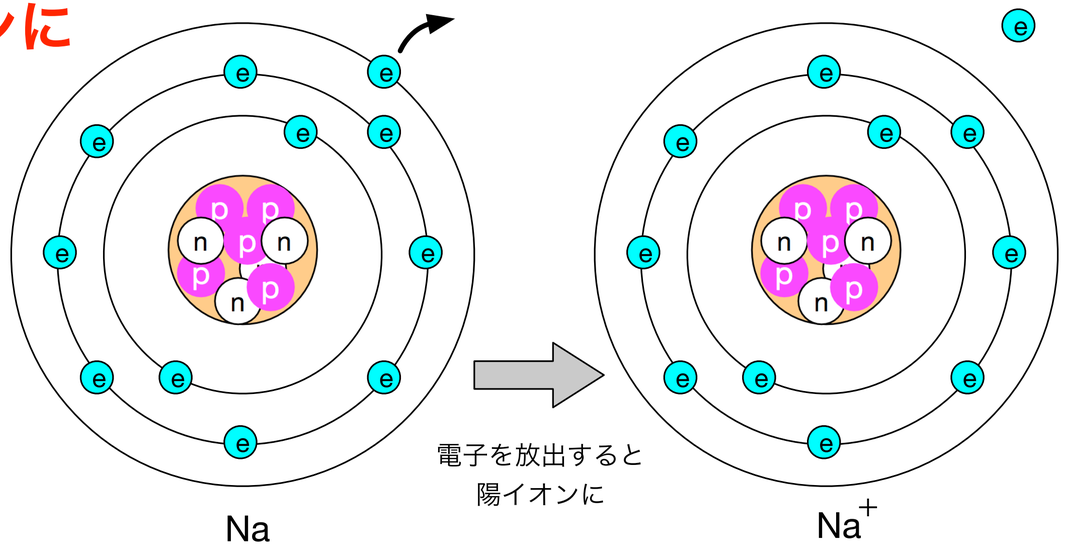


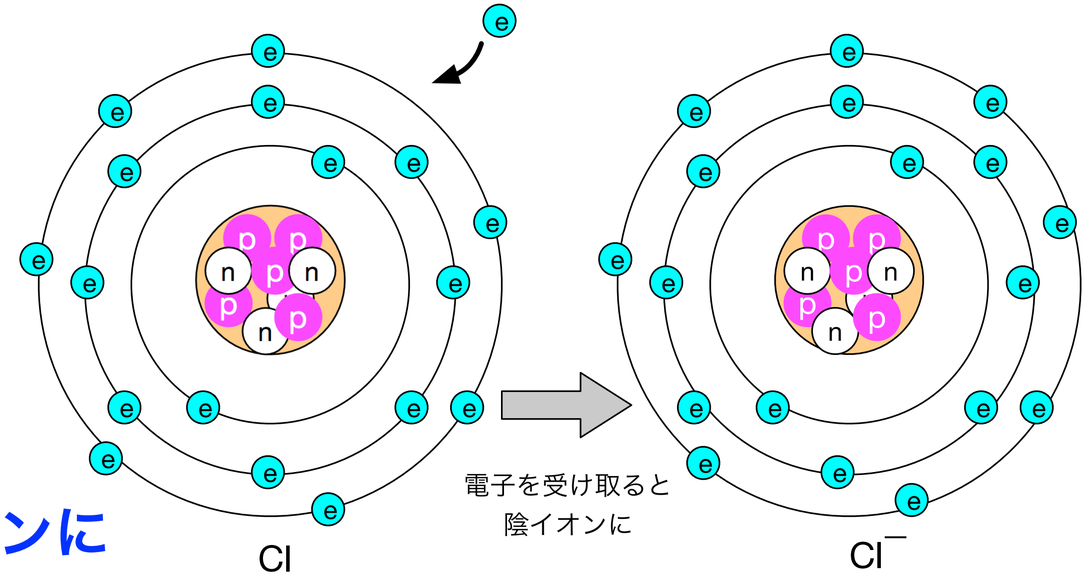
教科書 p187

電気の正体

電子が不足＝プラスのイオンに







電子が過剰＝マイナスのイオンに

周期表（periodic table）

教科書 vi—vii

＋イオンになる

２＋イオン

ーイオンになる

２ーイオン

原子番号 → 29 +2,1 ← 通常できるイオンの価数
元素記号 → Cu ← 元素記号が灰色のものは人工合成された元素
元素名（日本語） → 銅
元素名（英語） → copper
63.55 ←原子量

常温で気体　単体は半導体
常温で液体　単体は強磁性体　放射性同位体のみからなる元素

Period	1 I A	2 II A	3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII B	9 VIII B	10 VIII B	11 I B	12 II B	13 III A	14 IV A	15 V A	16 VI A	17 VII A	18 VIII A
1 (1s)	1 ±1 H 水素 hydrogen 1.008																	2 He ヘリウム helium 4.003
2 (2s)	3 +1 Li リチウム lithium 6.941	4 +2 Be ベリリウム beryllium 9.012											5 +3 B ホウ素 boron 10.81 (2p)	6 −4 C 炭素 carbon 12.01	7 −3 N 窒素 nitrogen 14.01	8 −2 O 酸素 oxygen 16.00	9 −1 F フッ素 fluorine 19.00	10 Ne ネオン neon 20.18
3 (3s)	11 +1 Na ナトリウム sodium 22.99	12 +2 Mg マグネシウム magnesium 24.31											13 +3 Al アルミニウム aluminum 26.98 (3p)	14 −4 Si ケイ素 silicon 28.09	15 −3 P リン phosphorus 30.97	16 −2 S 硫黄 sulfur 32.07	17 −1 Cl 塩素 chlorine 35.45	18 Ar アルゴン argon 39.95
4 (4s)	19 +1 K カリウム potassium 39.10	20 +2 Ca カルシウム calcium 40.08	21 +3 Sc スカンジウム scandium 44.96 (3d)	22 +4,3,2 Ti チタン titanium 47.87	23 +5,2,3,4 V バナジウム vanadium 50.94	24 +3,2,6 Cr クロム chromium 52.00	25 +2,3,4,6,7 Mn マンガン manganese 54.94	26 +3,2 Fe 鉄 iron 55.85	27 +2,3 Co コバルト cobalt 58.93	28 +2,3 Ni ニッケル nickel 58.69	29 +2,1 Cu 銅 copper 63.55	30 +2 Zn 亜鉛 zinc 65.41	31 +3 Ga ガリウム gallium 69.72 (4p)	32 +4,2 Ge ゲルマニウム germanium 72.64	33 −3 As ヒ素 arsenic 74.92	34 −2 Se セレン selenium 78.96	35 −1 Br 臭素 bromine 79.90	36 Kr クリプトン krypton 83.80
5 (5s)	37 +1 Rb ルビジウム rubidium 85.47	38 +2 Sr ストロンチウム strontium 87.62	39 +3 Y イットリウム yttrium 88.91 (4d)	40 +4 Zr ジルコニウム zirconium 91.22	41 +5,3 Nb ニオブ niobium 92.91	42 +6,3,5 Mo モリブデン molybdenum 95.94	43 +7,4,6 Tc テクネチウム technetium 98	44 +4,3,6,8 Ru ルテニウム ruthenium 101.1	45 +3,4,6 Rh ロジウム rhodium 102.9	46 +2,4 Pd パラジウム palladium 106.4	47 +1 Ag 銀 silver 107.9	48 +2 Cd カドミウム cadmium 112.4	49 +3 In インジウム indium 114.8 (5p)	50 +4,2 Sn スズ tin 118.7	51 +3,5 Sb アンチモン antimony 121.8	52 −2 Te テルル tellurium 127.6	53 −1 I ヨウ素 iodine 126.9	54 Xe キセノン xenon 131.3
6 (6s)	55 +1 Cs セシウム cesium 132.9	56 +2 Ba バリウム barium 137.3	57—71 ランタノイド lanthanides (†5d)	72 +4 Hf ハフニウム hafnium 178.5	73 +5 Ta タンタル tantalum 180.9	74 +6,4 W タングステン tungsten 183.8	75 +7,4,6 Re レニウム rhenium 186.2	76 +4,6,8 Os オスミウム osmium 190.2	77 +4,3,6 Ir イリジウム iridium 192.2	78 +4,2 Pt 白金 platinum 195.1	79 +3,1 Au 金 gold 197.0	80 +2,1 Hg 水銀 mercury 200.6	81 +1,3 Tl タリウム thallium 204.4 (6p)	82 +2,4 Pb 鉛 lead 207.2	83 +3,5 Bi ビスマス bismuth 209.0	84 +4,2 Po ポロニウム polonium 209	85 At アスタチン astatine 210	86 Rn ラドン radon 222
7 (7s)	87 +1 Fr フランシウム francium 223	88 +2 Ra ラジウム radium 226	89—103 アクチノイド actinides (‡6d)	104 Rf ラザホージウム rutherfordium 261	105 Db ドブニウム dubnium 262	106 Sg シーボーギウム seaborgium 266	107 Bh ボーリウム bohrium 264	108 Hs ハッシウム hassium 277	109 Mt マイトネリウム meitnerium 268	110 Ds ダームスタチウム darmstadtium 281	111 Rg レントゲニウム roentgentium 272	112 Cn コペルニシウム copernicium 285	113 Nh ニホニウム nihonium 284 (7p)	114 Fl フレロビウム flerovium 289	115 Mc モスコビウム moscovium 288	116 Lv リバモリウム livermorium 292	117 Ts テネシン tennessine 293	118 Og オガネソン oganesson 294

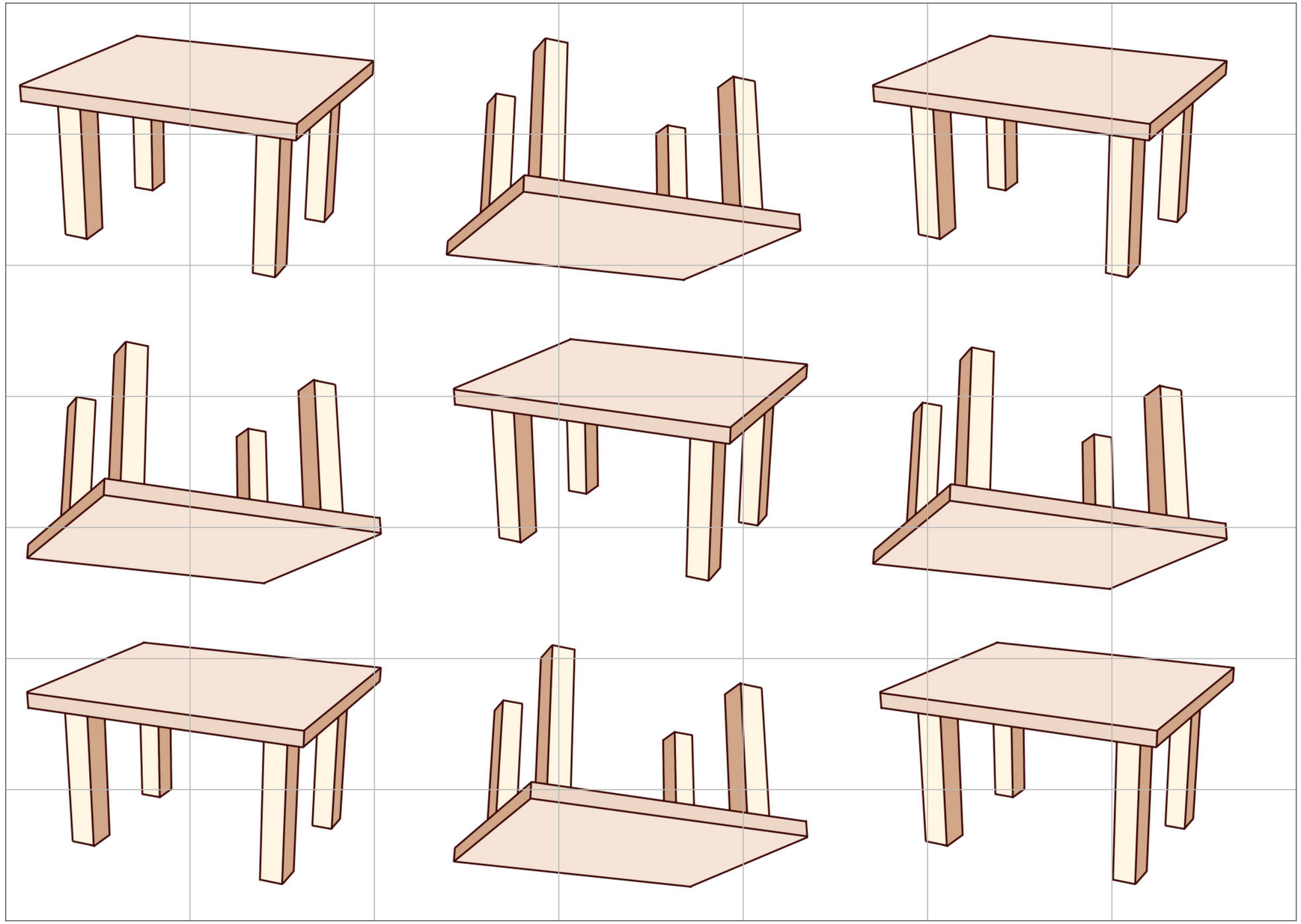
→非金属元素
↓金属元素

↑非金属元素
↓金属元素

ランタノイド lanthanides (レアアース金属) (rare earth metals) (†4f)	57 +3 La ランタン lanthanum 138.9	58 +3,4 Ce セリウム cerium 140.1	59 +3,4 Pr プラセオジム praseodymium 140.9	60 +3 Nd ネオジム neodymium 144.2	61 +3 Pm プロメチウム promethium 145	62 +3,2 Sm サマリウム samarium 150.4	63 +3,2 Eu ユウロピウム europium 152.0	64 +3 Gd ガドリニウム gadolinium 157.3	65 +3,4 Tb テルビウム terbium 158.9	66 +3 Dy ジスプロシウム dysprosium 162.5	67 +3 Ho ホルミウム holmium 164.9	68 +3 Er エルビウム erbium 167.3	69 +3,2 Tm ツリウム thulium 168.9	70 +3,2 Yb イッテルビウム ytterbium 173.0	71 +3 Lu ルテチウム lutetium 175.0
アクチノイド actinides (‡5f)	89 +3 Ac アクチニウム actinium 227	90 +4 Th トリウム thorium 232.0	91 +5,4 Pa プロトアクチニウム protactinium 231.0	92 +6,3,4,5 U ウラン uranium 238.0	93 +5,3,4,6 Np ネプツニウム neptunium 237	94 +4,3,5,6 Pu プルトニウム plutonium 239	95 +3,4,5,6 Am アメリシウム americium 243	96 +3 Cm キュリウム curium 247	97 +3,4 Bk バークリウム berkelium 247	98 +3 Cf カリホルニウム californium 251	99 +3 Es アインスタイニウム einsteinium 252	100 +3 Fm フェルミウム fermium 257	101 +3,2 Md メンデレビウム mendelevium 258	102 +2,3 No ノーベリウム nobelium 259	103 +3 Lr ローレンシウム lawrencium 262

９３番以降は，すべて人工合成されたもの

周期表（periodic table）



教科書 p187

イオン（ion），自由電子

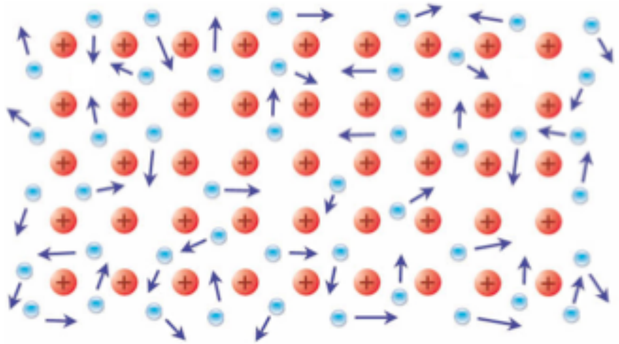
イオン

普通の原子は陽子と電子の数は等しく，電気的に中性である．正負の電荷のバランスがくずれた原子・分子を**イオン**という．つまり，

電子が不足 $\Longrightarrow$ 正イオン
電子が過剰 $\Longrightarrow$ 負イオン

自由電子

金属は，規則的に並んだ原子が互いに電子を共有していて，電子が自由に動くことができる（**自由電子**）ので，電気を伝えることができる．よく電気を伝えるものを**良導体**，伝えにくいものを**不導体（絶縁体）**，Si（シリコン，ケイ素）など両者の中間的な性質をもつものを**半導体**という．



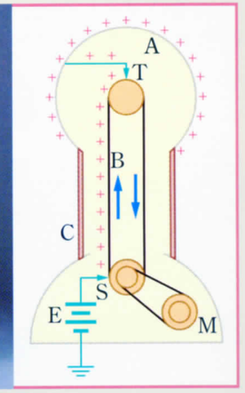
教科書 p188

静電気

Column バンデグラーフ起電機

バンデグラーフ起電機は，静電気を利用して大きな電圧（→*p*.87）を発生させることのできる装置である。

電源 E から針 S を通じて　回転しているベルト B に電荷を与える。ベ ルトによって運ばれた電荷は，針 T を通じて金属球（電極）A にたくわえられるため，A は強く帯電するようになる。



右の写真は，帯電したバンデグラーフ起電機の金属球 A に触れている人間のようすである。金属球にたくわえられた電荷は，手のひらを通じて人間の体内にも入りこむため，人間も帯電する。

帯電した髪の毛どうしが，静電気力によって反発しあうため，髪の毛が逆立っているように見える。

教科書 p188

帯電列

マイナス（-）に帯電	ブラス（+）に帯電
塩化ビニル	人の皮膚
テフロン	アスベスト（石綿）
シリコーンゴム	毛皮
ポリプロピレン	ガラス
ポリエチレン	石英・雲母
ポリウレタン	人間の毛髪
サラン（サランラップ）	ウール（羊毛）
アクリル繊維	ナイロン
スチレン（発泡スチロール）	レーヨン
ポリエステル	シルク（絹）
プラチナ（白金）	木綿
合成ゴム	麻
金	木材
真鍮・銀	紙
ニッケル・銅	エボナイト
硬質ゴム	

帯電しやすい　帯電しにくい　帯電しやすい

静電気

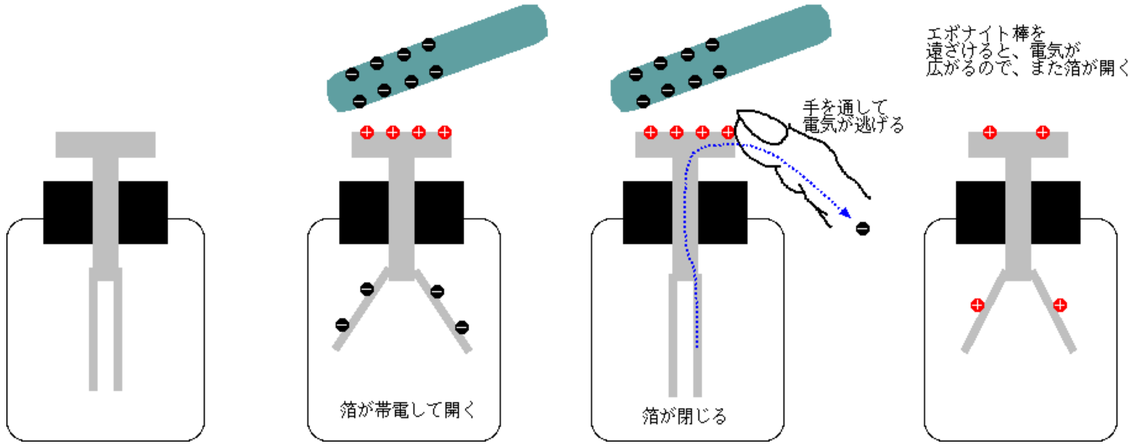
https://www.youtube.com/watch?v=TE2r0vjkXK0

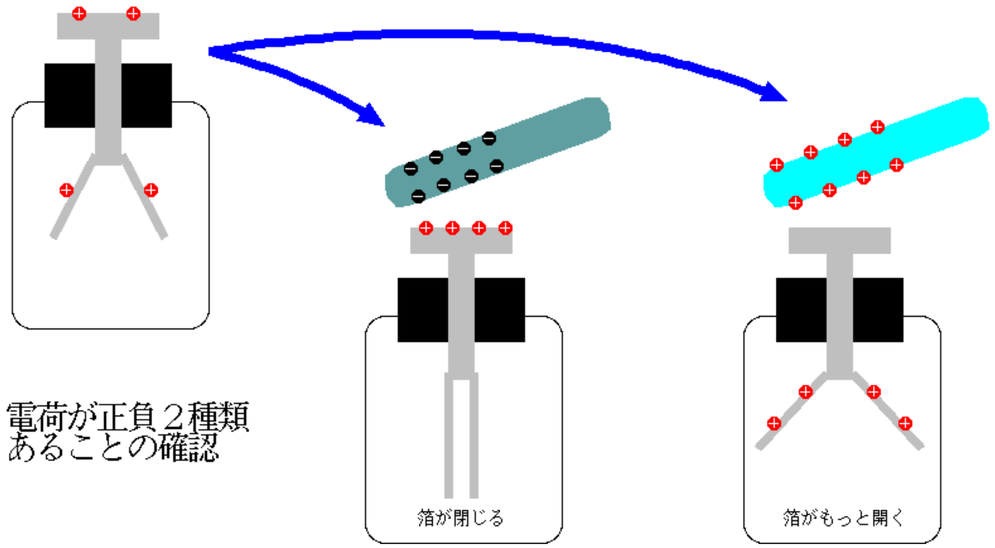
start on click, 1min

【実験ですよ】

箔検電器　⟹ 電荷には2種類あることがわかる

(+)毛皮　＞　ガラス　＞　エボナイト　＞　塩ビ(-)





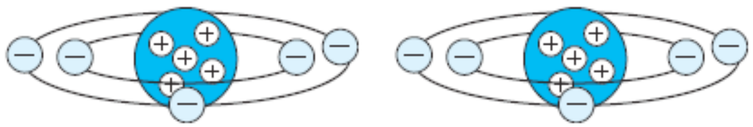
http://www.phys.u-ryukyu.ac.jp/~maeno/cgi-bin/pukiwiki/index.php

静電気　発生するのは，物体の接触や摩擦

静電気はどのように発生するのでしょうか？

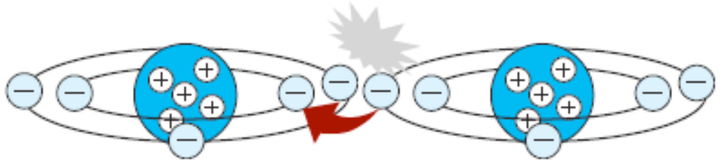
静電気とは、物体同士の接触や摩擦によって電荷の移動が発生し、空間的に電荷の移動がほとんど無い電気のことをいいます。それでは静電気はどのように発生するのでしょうか？

(1)原子は＋の電荷を持つ陽子と－の電荷を持つ電子、および中性子から構成されています。通常は陽子と電子の数は同じであり、電気的に中性で安定な状態を保っています。



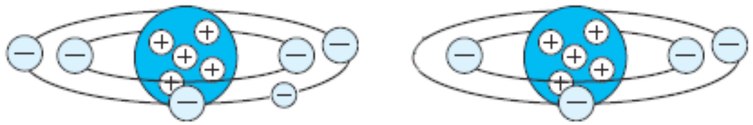
電子の数：m個　　電子の数：n個

(2)ところが2つの物体が接触や摩擦をすることによって、一方の原子から電子が飛び出し、もう一方の原子に電子が移動します。このとき、電子は結びつきが弱い物質から強い物質へ移動します。



電子の数：m個　　電子の数：n個

(3)電子の移動によって物質の電気的中性はなくなり、物質は静電気を帯びます。電子を奪った側の物質は－に帯電し、電子を奪われた側の物質は＋に帯電します。これが静電気発生のメカニズムです。



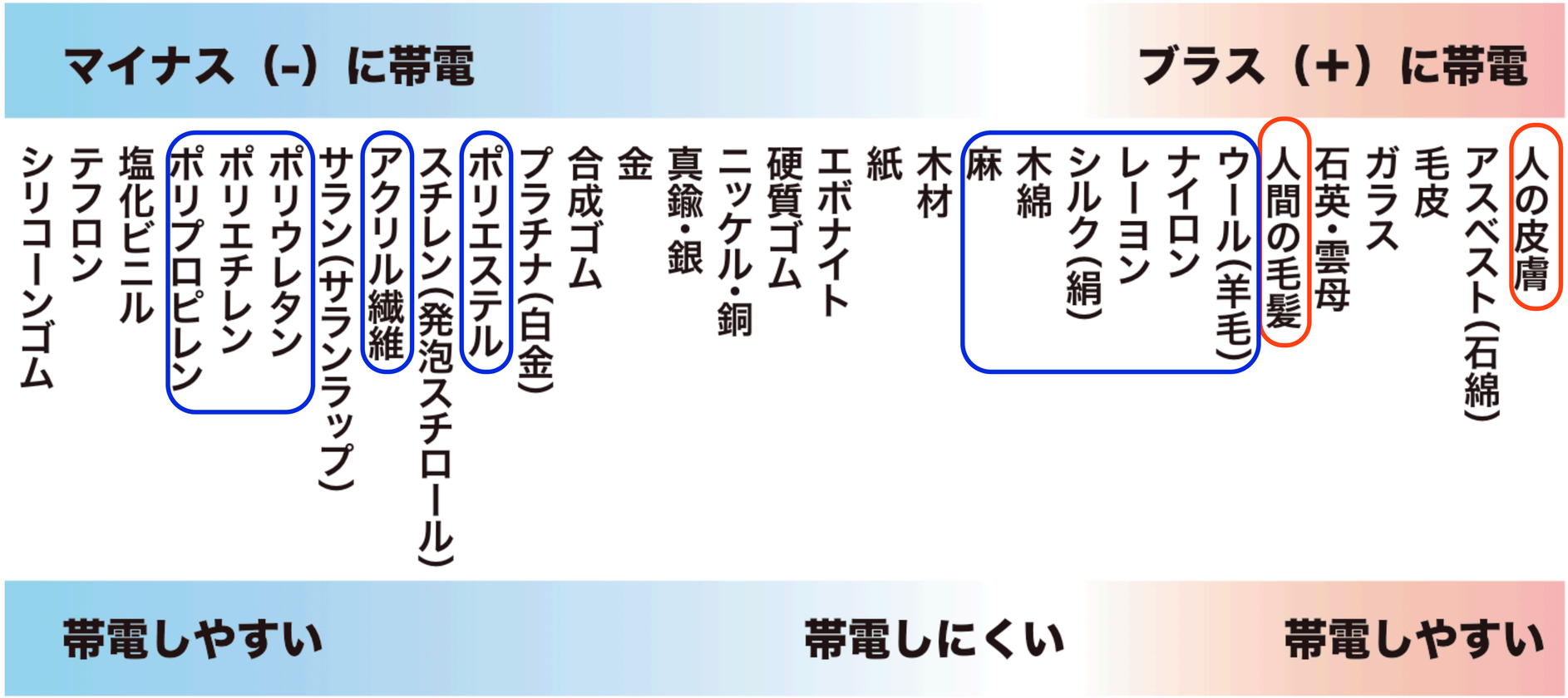
電子の数：m+1個　　電子の数：n-1個

⊖に帯電　　⊕に帯電

http://www.keyence.co.jp/seidenki/special/master/seidenki/features01.jsp

教科書 p188

帯電列

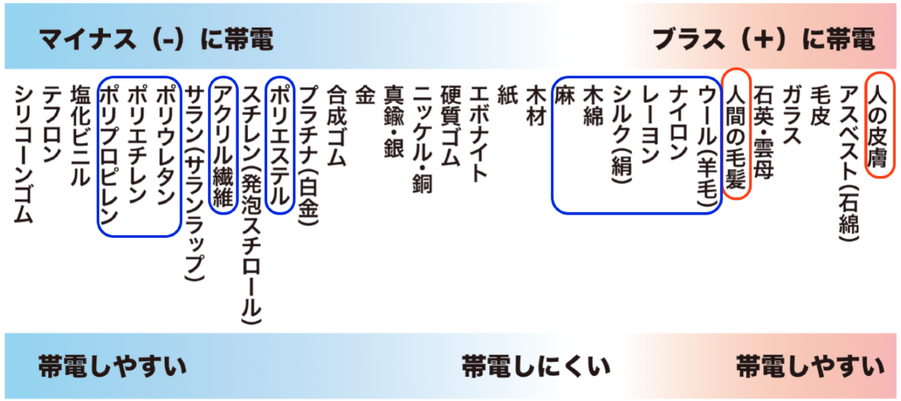

マイナス（-）に帯電
ブラス（+）に帯電
人の皮膚
アスベスト(石綿)
毛皮
ガラス
石英・雲母
人間の毛髪
ウール(羊毛)
ナイロン
レーヨン
シルク(絹)
木綿
麻
木材
紙
エボナイト
硬質ゴム
ニッケル・銅
真鍮・銀
金
合成ゴム
プラチナ(白金)
ポリエステル
スチレン(発泡スチロール)
アクリル繊維
サラン(サランラップ)
ポリウレタン
ポリエチレン
ポリプロピレン
塩化ビニル
テフロン
シリコーンゴム
帯電しやすい
帯電しにくい
帯電しやすい

静電気　軽減する方法

起こさないようにすることはできない．なんとか軽減

(1)組合わせる衣服の素材に注目する

天然繊維	植物繊維		綿など 麻 ― 亜麻<あま>(リネン) 、苧麻<ちょま>(ラミー) など
	動物繊維		羊毛、モヘヤ、カシミヤ、アルパカ、アンゴラ、キャメルなどの獣毛 絹
化学繊維	再生繊維		レーヨン 、キュプラ、ポリノジック、リヨセルなど
	半合成繊維		アセテート、トリアセテート
	合成繊維	ポリアミド系	ナイロン6、ナイロン66、アラミドなど
		ポリエステル系	ポリエステル
		ポリアクリロニトリル系	アクリル、アクリル系
		ポリオレフィン系	ポリエチレン、ポリプロピレン
		ポリウレタン系	ポリウレタン



帯電列表の離れたものほど
静電気が発生しやすい

人間の肌は，+になりやすい

http://www.kaken.or.jp/mame/0112/

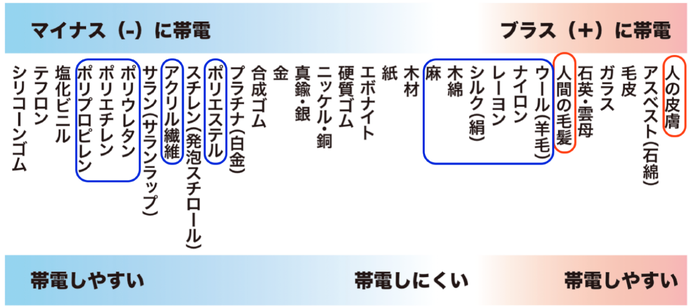
静電気　軽減する方法

教科書 p189

起こさないようにすることはできない．なんとか軽減

(1)組合わせる衣服の素材に注目する

人間の肌は，+になりやすい



(2)静電防止加工を施した製品を利用する

発生した静電気を逃げやすくした製品．導電糸

(3)湿度を高くする

冬に静電気が起きやすいのは空気が乾燥しているから．

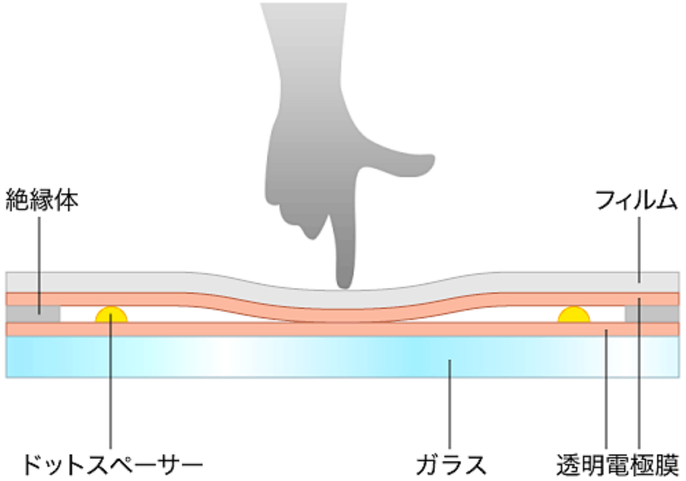
湿った空気は伝導度が高く，電気が逃げやすい．

(4)柔軟剤や静電防止スプレーなどを利用する

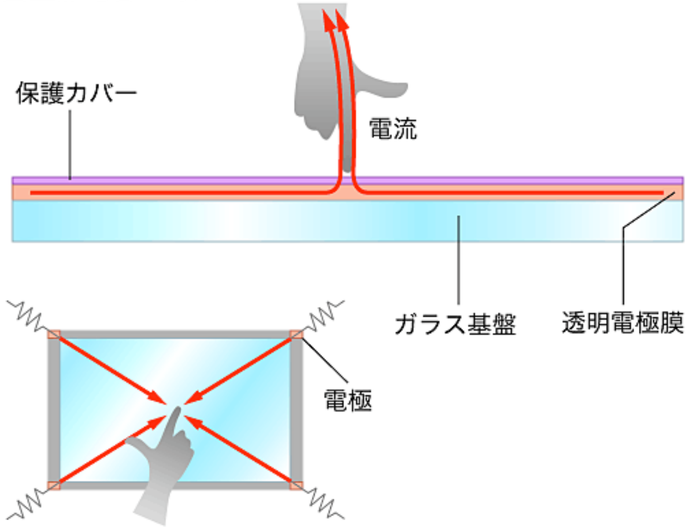
ーイオンをふりかける．地面に触れる．

タッチパネルのしくみ

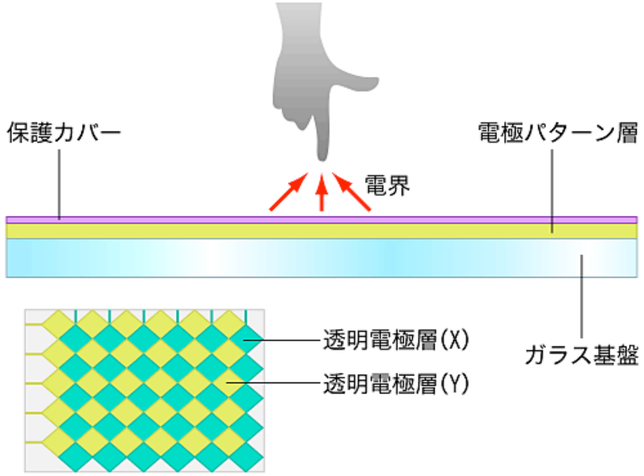
抵抗膜方式



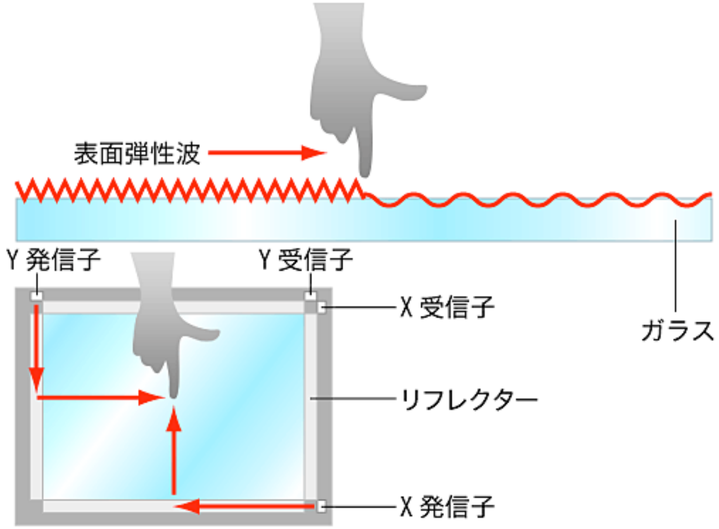
表面型静電容量方式



投影型静電容量方式

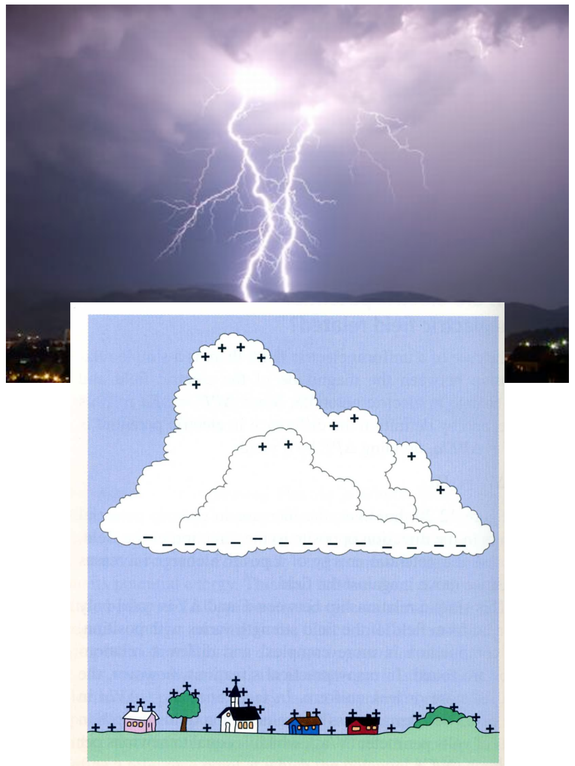


超音波表面弾性波(SAW)方式

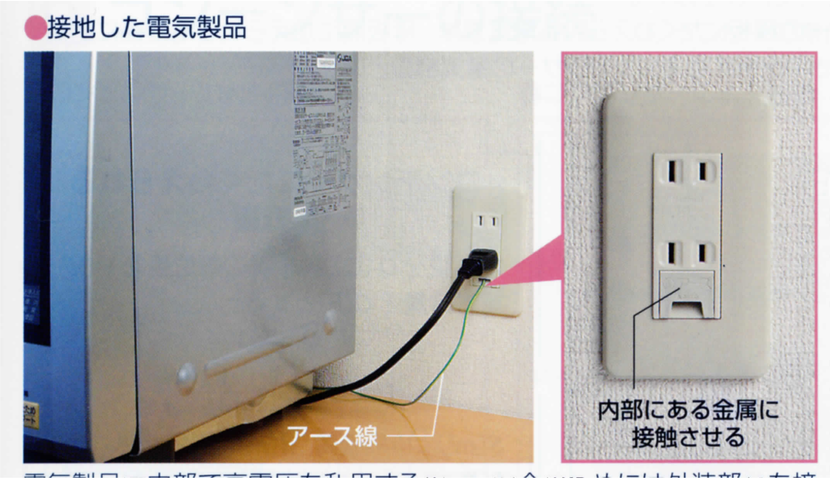


http://www.itmedia.co.jp/pcuser/articles/1009/27/n

接地（アース）



The charge distribution within a thundercloud induces a positive charge on objects on the Earth directly below the cloud.



以前 のミニッツペーパーから

私のお父さんがよくログセで「コンセントを差す時，抜く時は右手でしないと，左手だと心臓に近いから感電する」とか変なこと言うのですが，これは本当ですか？
私はそんなこと信じてませんが（笑）

あと携帯をPCなどの近くに置くのはダメってどういうことですか？

第３９回　電源コードの抜差しは右手で！

電源コードを抜差しする場合、左手は心臓に近い為、万一感電した場合に非常に危険です。
左手から感電した際、左手→心臓→右手、足等に抜けると危険です。
感電死の80%以上が体の左手、特に左手からの感電で、原因は心臓障害だそうです。
電圧は50～100Vの死亡例もありますが、200Vを越えると急激に危険度が増します。

また、手足が濡れた状態であれば、低電圧の場合でも死に至る場合があります。
万一に備えて、右手で電源コードを抜差しする習慣を身につけましょう。

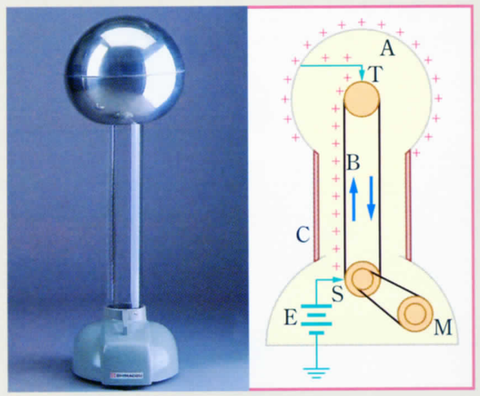
http://www.yamagatadenki.com/mame4.html#第３９回

長い方がアース

静電気の応用

Column　バンデグラーフ起電機

バンデグラーフ起電機は，静電気を利用して大きな電圧（→*p*.87）を発生させることのできる装置である。



電源Eから針Sを通じて　回転しているベルトBに電荷を与える。ベ ルトによって運ばれた電荷は，針Tを通じて金属球（電極）Aにたくわえられるため，Aは強く帯電するようになる。

右の写真は，帯電したバンデグラーフ起電機の金属球Aに触れている人間のようすである。金属球にたくわえられた電荷は，手のひらを通じて人間の体内にも入りこむため，人間も帯電する。

帯電した髪の毛どうしが，静電気力によって反発しあうため，髪の毛が逆立っているように見える。

Topic　コピー機

コピー機やレーザープリンタの原理は静電気である．次のようなしくみである．

1. 内部には感光体（光が当たると電気を通しやすくなる物質）でできた金属製のドラムがあり，ドラムを正に帯電させる．
2. 原稿の明暗に応じて感光体に光を当てると，暗い部分だけ電荷が残る．
3. 負に帯電させたトナーの粉末をふりかけると電荷の残った部分に付着する．
4. 付着したトナーを紙に転写し，熱を加えて定着させる．

コピー機から出てくる紙が熱いのは，トナーを熱定着させるからである．

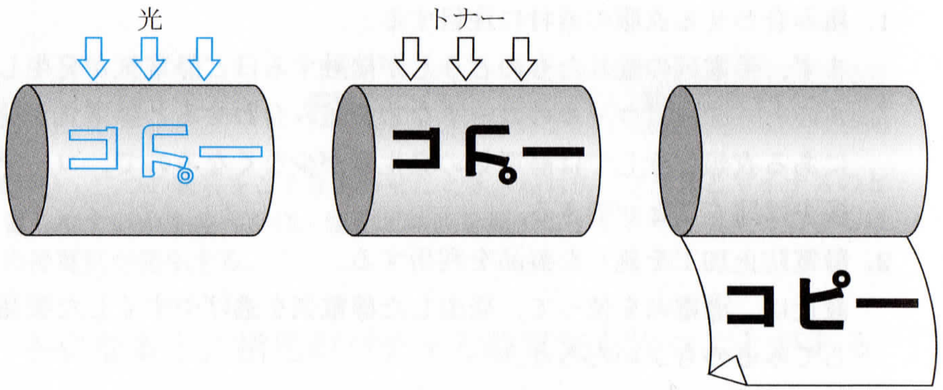


図 6.11　コピー機のしくみ

教科書 p192

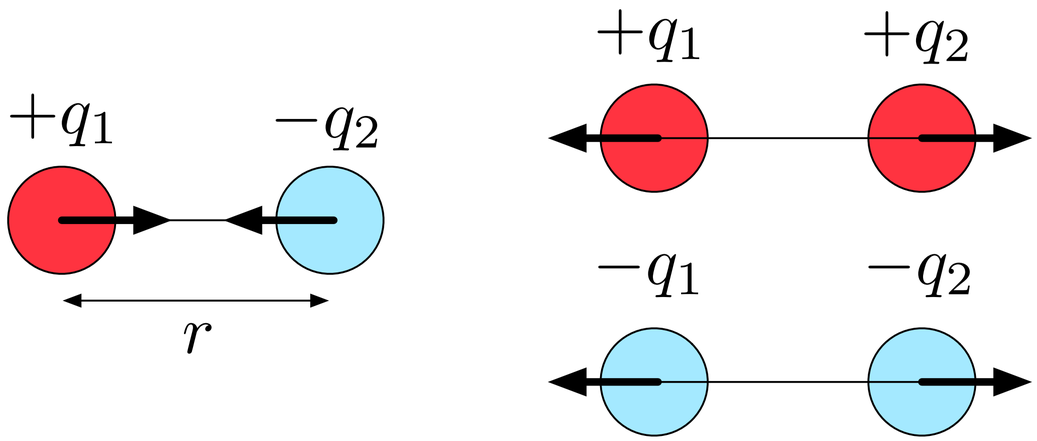
静電気力

法則 **クーロンの法則（1785 年）**

同種の電荷間では斥力が，異種の電荷間は引力がはたらく．この静電気力の大きさ F [N] は，電気量 q_1 [C] と q_2 [C] を帯びた二つの電荷が距離 r [m] だけ離れているとき，

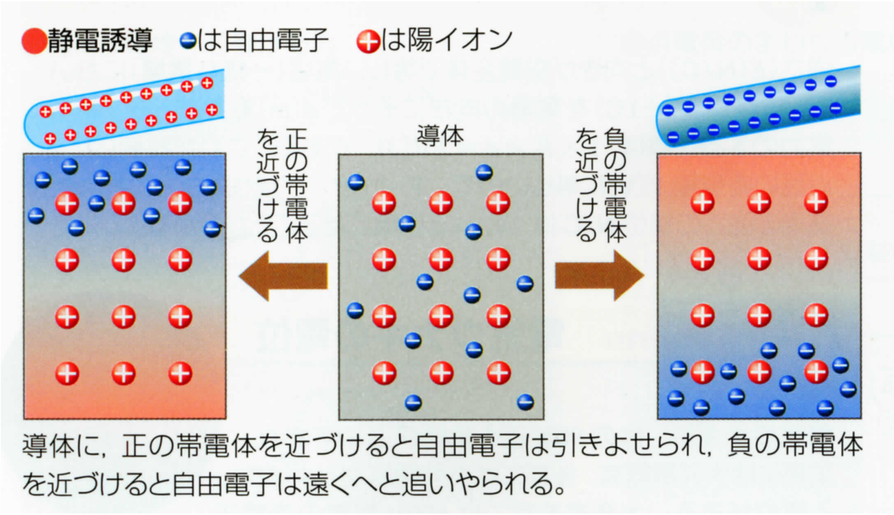
$$F = k_0 \frac{q_1 q_2}{r^2} \tag{6.2}$$

である．k_0 は定数で，$k_0 = 9.0 \times 10^9\ \mathrm{Nm^2/C^2}$ である．

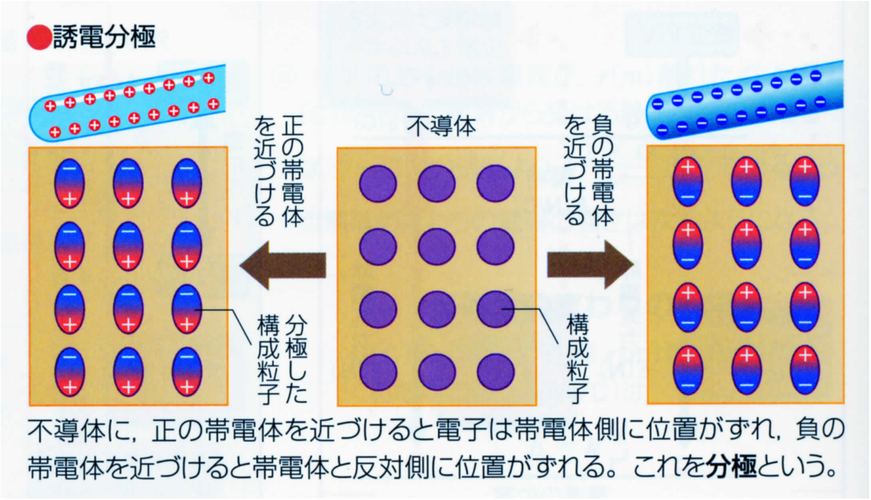


静電誘導・誘電分極

教科書 p195



導体に，正の帯電体を近づけると自由電子は引きよせられ，負の帯電体を近づけると自由電子は遠くへと追いやられる。



不導体に，正の帯電体を近づけると電子は帯電体側に位置がずれ，負の帯電体を近づけると帯電体と反対側に位置がずれる。これを**分極**という。

静電遮蔽(しゃへい)

教科書 p195

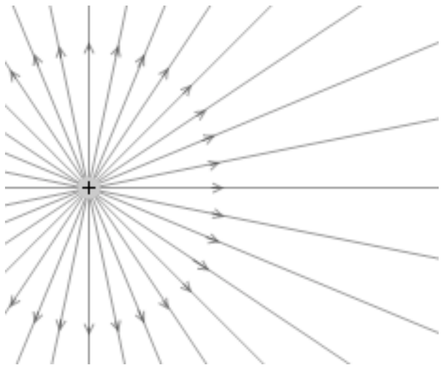
金属の箱の中には，電気は入り込めず，表面に分布する．

→→　エレベータの中，鉄筋コンクリートのビルの中では，携帯電話はつながらない．

教科書 p195

静電遮蔽（electric shield）

導体の内部には電荷は帯電しない



携帯電話，ラジオの電波

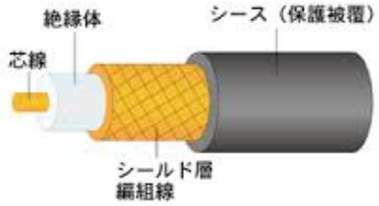
エレベータ内×，アルミ箔×

鉄筋マンション△，電子レンジ内×

冷蔵庫内×

アンテナケーブル

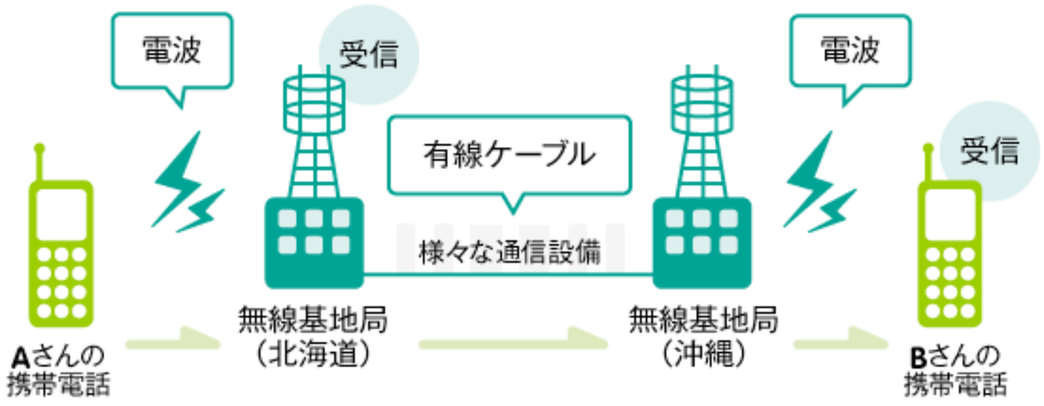
外側に金属

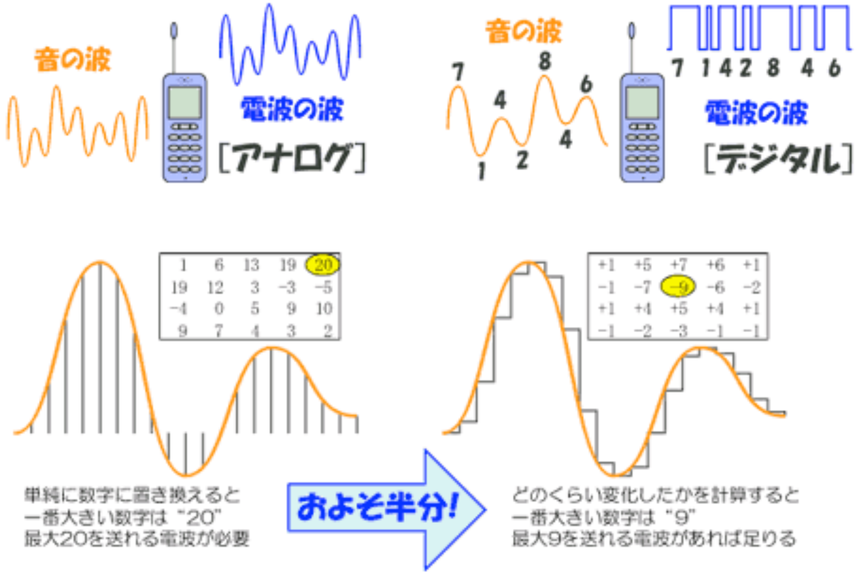


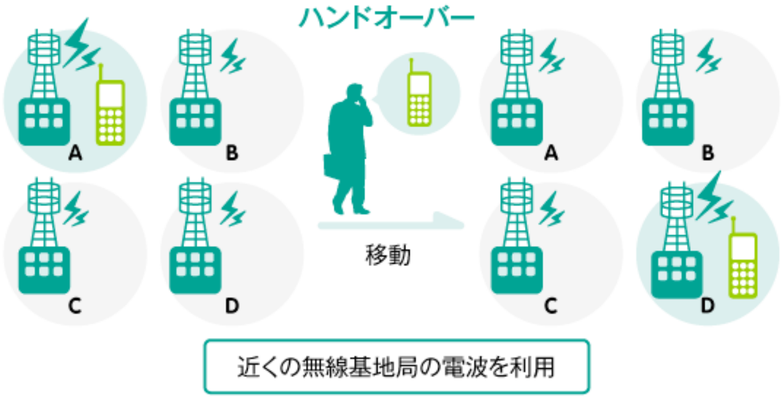
図：同軸ケーブル

http://www.wakariyasui.sakura.ne.jp/b2/61/6142syahei.html

携帯電話のしくみ

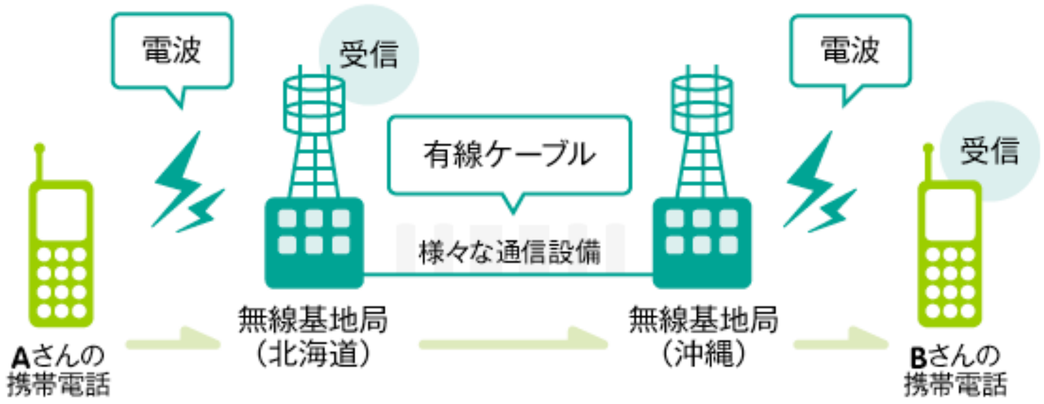


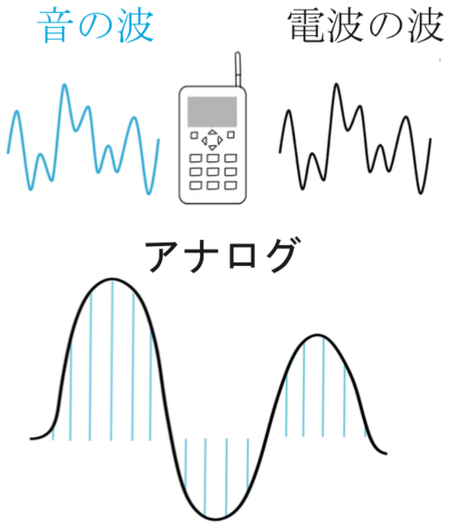


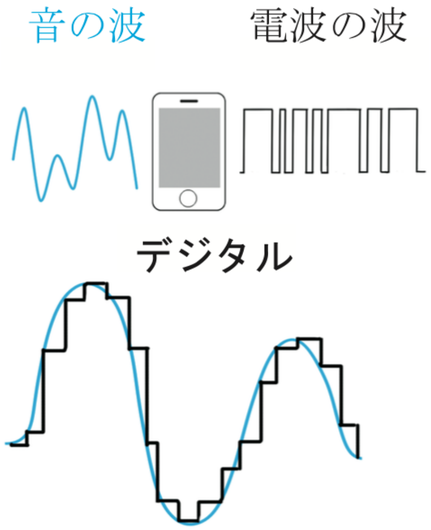


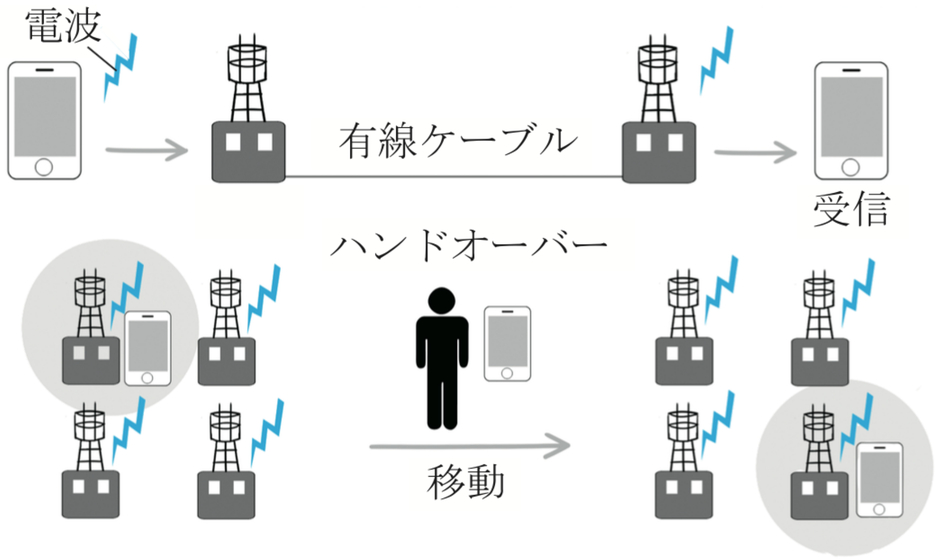
http://www.ntt-east.co.jp/business/magazine/nw_system/index.html
http://www.ieice.or.jp/jpn/kodomo/keitai/system/index.html

携帯電話のしくみ


電波
受信
有線ケーブル
様々な通信設備
電波
受信
Aさんの
携帯電話
無線基地局
（北海道）
無線基地局
（沖縄）
Bさんの
携帯電話


音の波
電波の波
アナログ


音の波
電波の波
デジタル

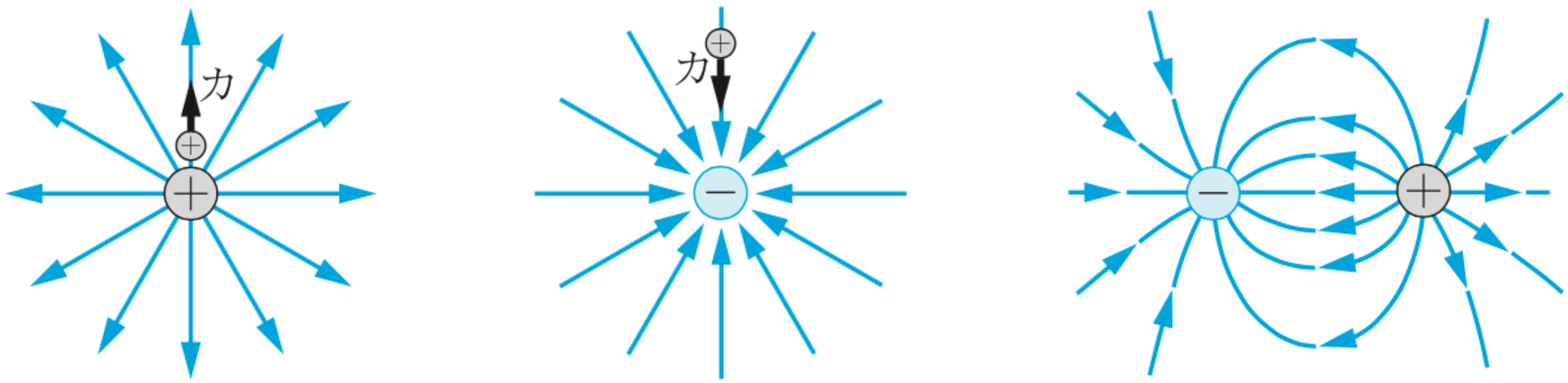

電波
有線ケーブル
受信
ハンドオーバー
移動

教科書 p193

電気力線

電気の力がはたらく領域を**電界**という．

正の電荷（試験電荷）を置いたとき，その電荷が動いていく方向に線を引いたものを**電気力線**という．図 6.6 は電気力線を平面で書いているが，実際は立体的である．電気力線は交わったり，分岐したりしない．

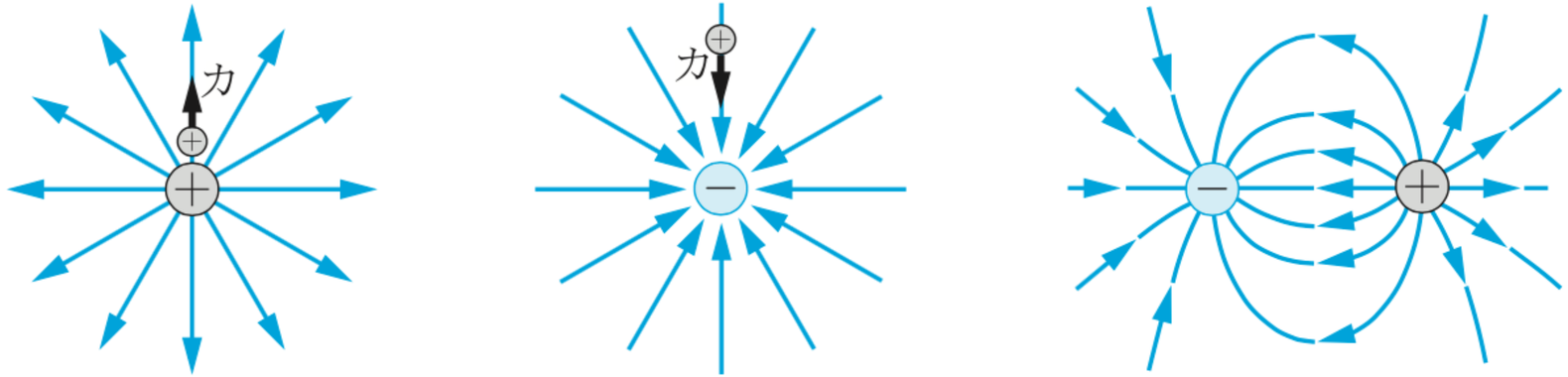


（a）正の電荷の周囲　（b）負の電荷の周囲　（c）正の電荷と負の電荷がつくる電気力線

図 6.6　電気力線の例．正の電荷を置いたとき，その電荷が移動していく方法を示す．

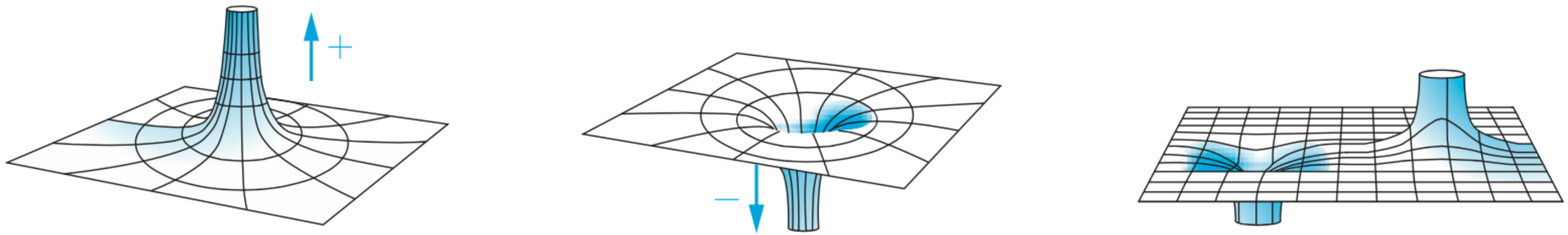
教科書 p193

電気力線と等電位面は直交する



（a）正の電荷の周囲　（b）負の電荷の周囲　（c）正の電荷と負の電荷がつくる電気力線

また，電荷をおいた時の位置エネルギーを**電位**という．図 6.7 に，図 6.6 に対応した電位面を示す．電位が等しい場所（**等電位面**）は，各点で電気力線に直交する．



（a）正の電荷が中心にあるときの電位　（b）負の電荷が中心にあるときの電位　（c）正と負の電荷があるときの電位

教科書 p191

電流と電圧

電流の⊕・⊖と電子の移動は逆らしいですがなぜですか。
⊕.⊖を決めた人は電子の向きに気づかなかったのでしょうか。
電子の移動が逆だと分かったのに⊕⊖を使いつづけているのはなぜですか。

移動する電気を**電流**といい，電気を流そうとする力を**電圧**という．

- 電流 I の単位は [A] アンペア．物理学者アンペール（André-Marie Ampére, 1775–1836）に由来する．
- 電圧 V の単位は [V] ボルト．物理学者ボルタ（Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta, 1745–1827）に由来する．

歴史的に電流の向きは「正から負」とされるが，実際には「負から正」の向きに負に帯電した電子が移動する．

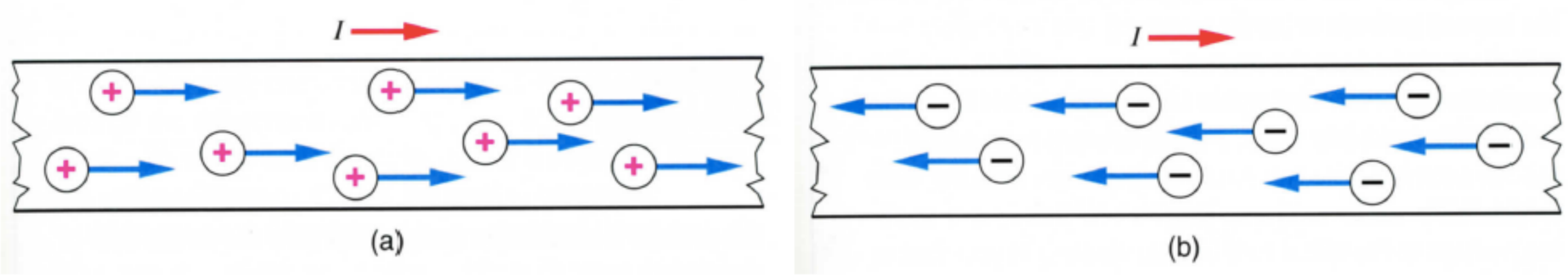


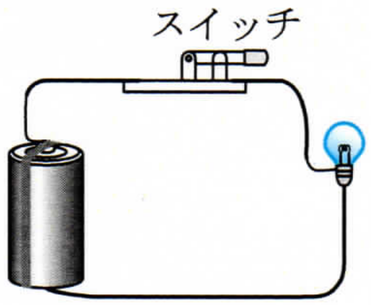
図 6.8　電流の向きは，正の電荷が動いていても負の電荷が動いていても実質同じ．

教科書 p197

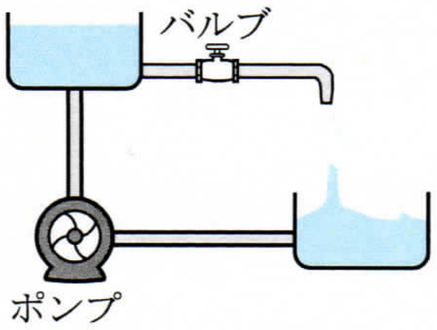
電気回路

電気回路

電球を電源につなげた回路を作り，スイッチを入れると電気が流れる．電流は流れにくい電球の部分（**抵抗**）で発熱して光を出す．エネルギーを失った電流は電源に流れ着くが，電源で再びエネルギーを供給されて流れ出す．



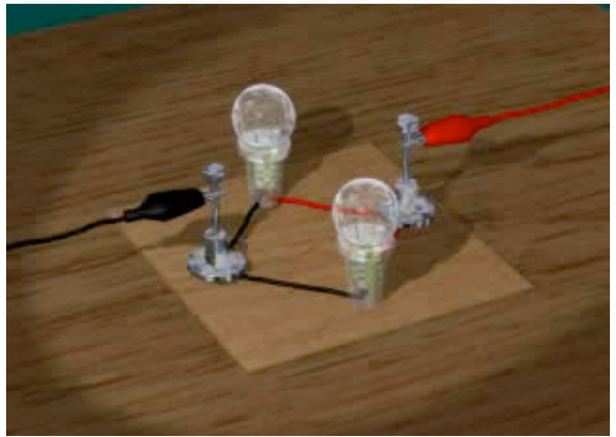
（a）電気回路



（b）水流回路

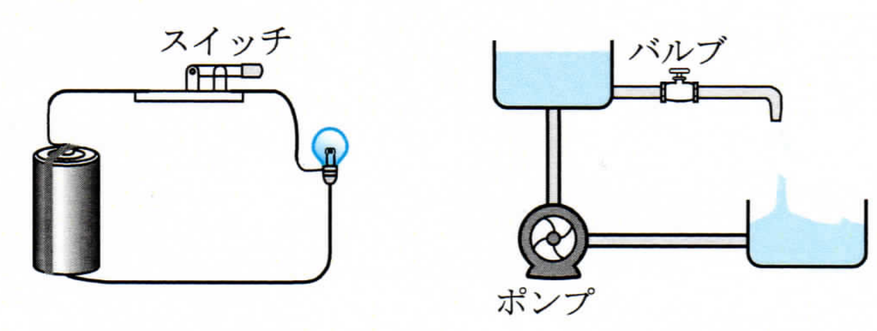
表 6.1　電気回路と水流回路の対応

	電気回路	水流回路
動くもの	電荷	水
動力源	電源	ポンプ
道	導線	パイプ
抵抗	フィラメント	狭いパイプ
切り替え器	スイッチ	バルブ
動かす力	電位差	圧力の差



電気回路

電球を電源につなげた回路を作り，スイッチを入れると電気が流れる．電流は流れにくい電球の部分（**抵抗**）で発熱して光を出す．エネルギーを失った電流は電源に流れ着くが，電源で再びエネルギーを供給されて流れ出す．



（a）電気回路　（b）水流回路

表 6.1　電気回路と水流回路の対応

	電気回路	水流回路
動くもの	電荷	水
動力源	電源	ポンプ
道	導線	パイプ
抵抗	フィラメント	狭いパイプ
切り替え器	スイッチ	バルブ
動かす力	電位差	圧力の差

電気回路の基礎方程式（キルヒホッフの法則）は，

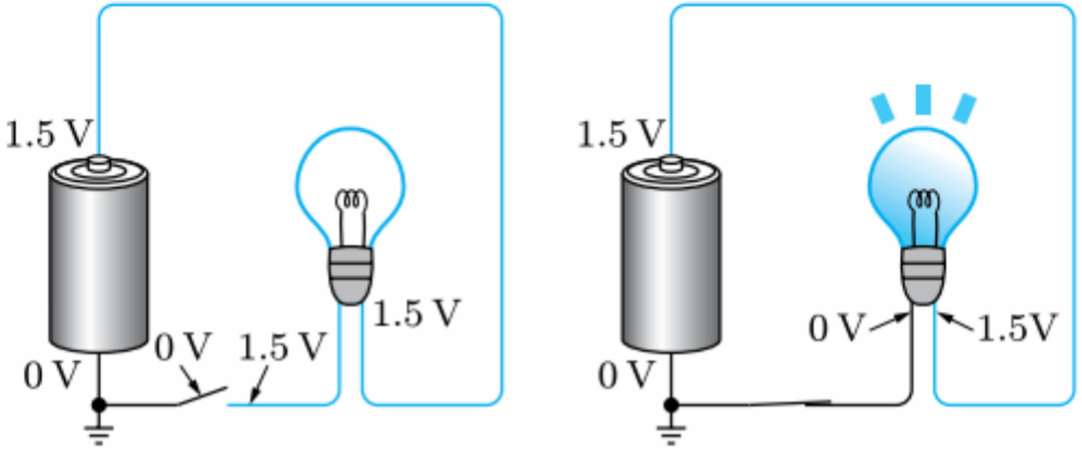
$$\Sigma(\text{回路内の起電力}) = \Sigma(\text{回路内の電圧降下}) \tag{6.2.2}$$

で，乾電池（起電力 V [V]）に抵抗 R [Ω] をつないだ回路では，流れる電流 I [A] は，

$$V = IR \quad \text{オームの法則} \tag{6.2.3}$$

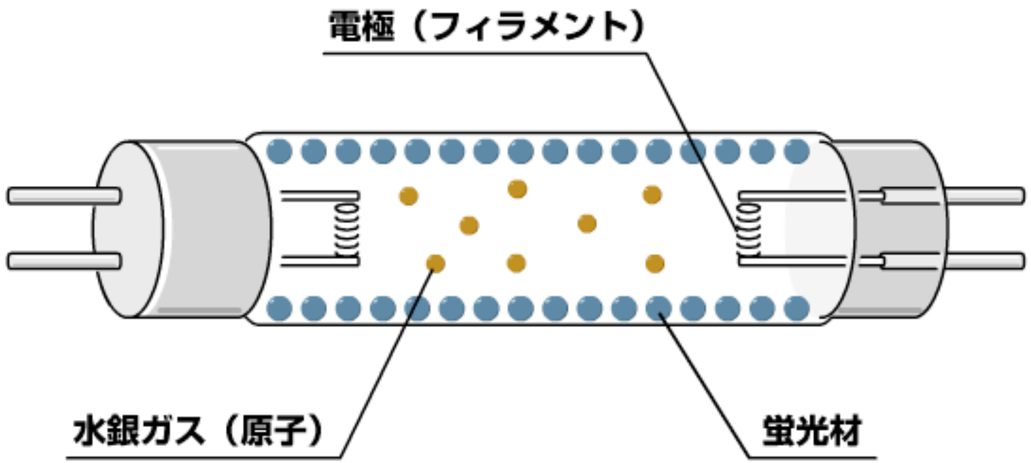
Topic　スイッチを入れると電位が瞬間的に変化する

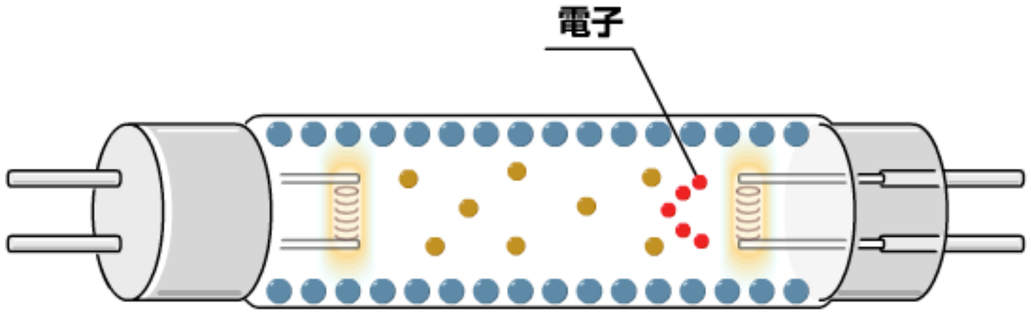
次節から電気回路の説明になるが，回路で接地（アース）した場合は，その点が 0 V の電位の基準になる．図 6.26 のように，乾電池と豆電球を結んだ回路では，スイッチを入れる前は，スイッチで断線しているところで，0 V と 1.5 V の領域に分かれているが，スイッチを入れた直後には，電流の流れにくい豆電球の両端で電位差が生じることになる．

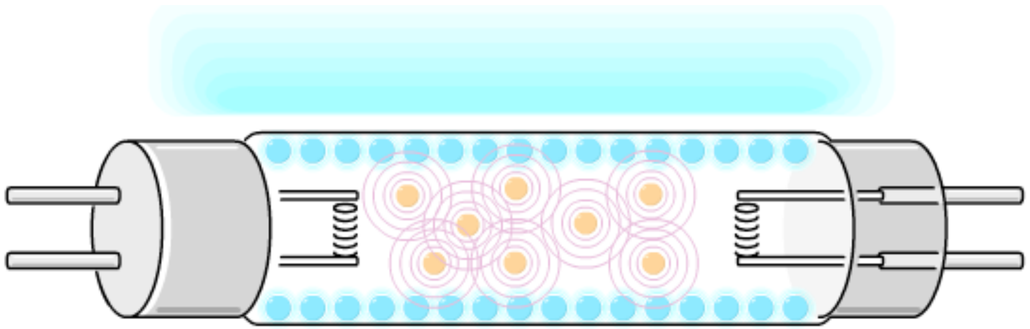


（a）スイッチを入れる前　（b）スイッチを入れた後

蛍光灯







以前 のミニッツペーパーから

鳥が電線に並んでいても感電しないのはなぜですか？

https://www.energia.co.jp/kids/kids-ene/chosatai/wire.html

鳥が電線に止まれるのはなんでだろう？

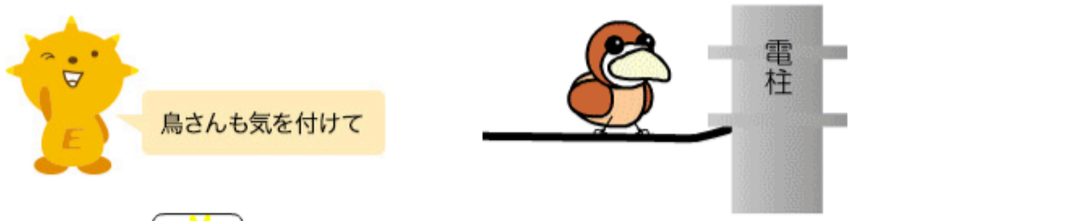
電線に鳥がとまっても大丈夫なの？

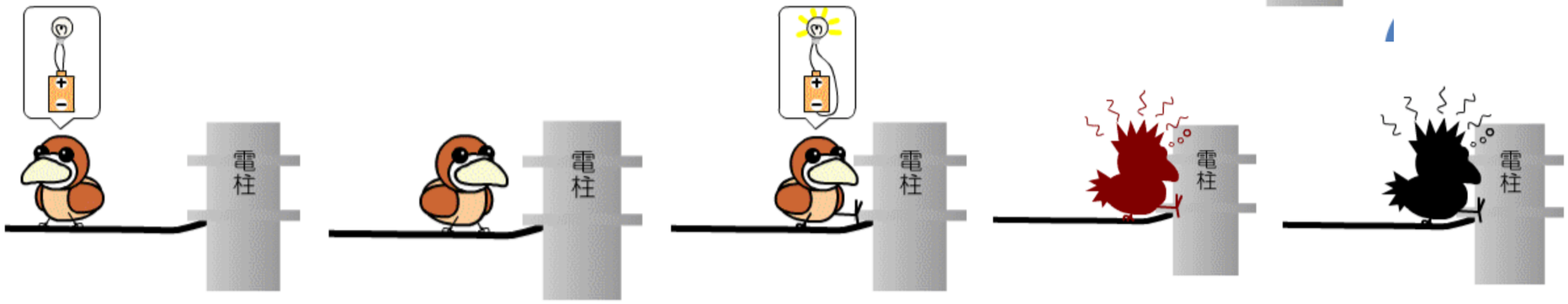
同じ電線を掴んでいるから大丈夫

電気が通っている電線に接触している鳥はどうして平気なんだろう？電線に鳥がとまっても感電しないのは，「豆電球と乾電池」と同じで，電気はどこか逃げ口がないと流れてくれない性質を持っているからなんだ。

人間は「空を飛べない＝地面やどこかに触れている」ので感電してしまうんだ。鳥は電線にとまっていても他とは何も接触していないから，鳥の体には電気が流れないんだ。

鳥でも，右足に電線，左足に電柱などという，違う所と接触しているとすれば，豆電球がつくのと同じように電気が流れてしまう。電柱や鉄塔に鳥が巣をかけていることもあるけれど，巣がショートしていることがあるんだって。あぶないね。

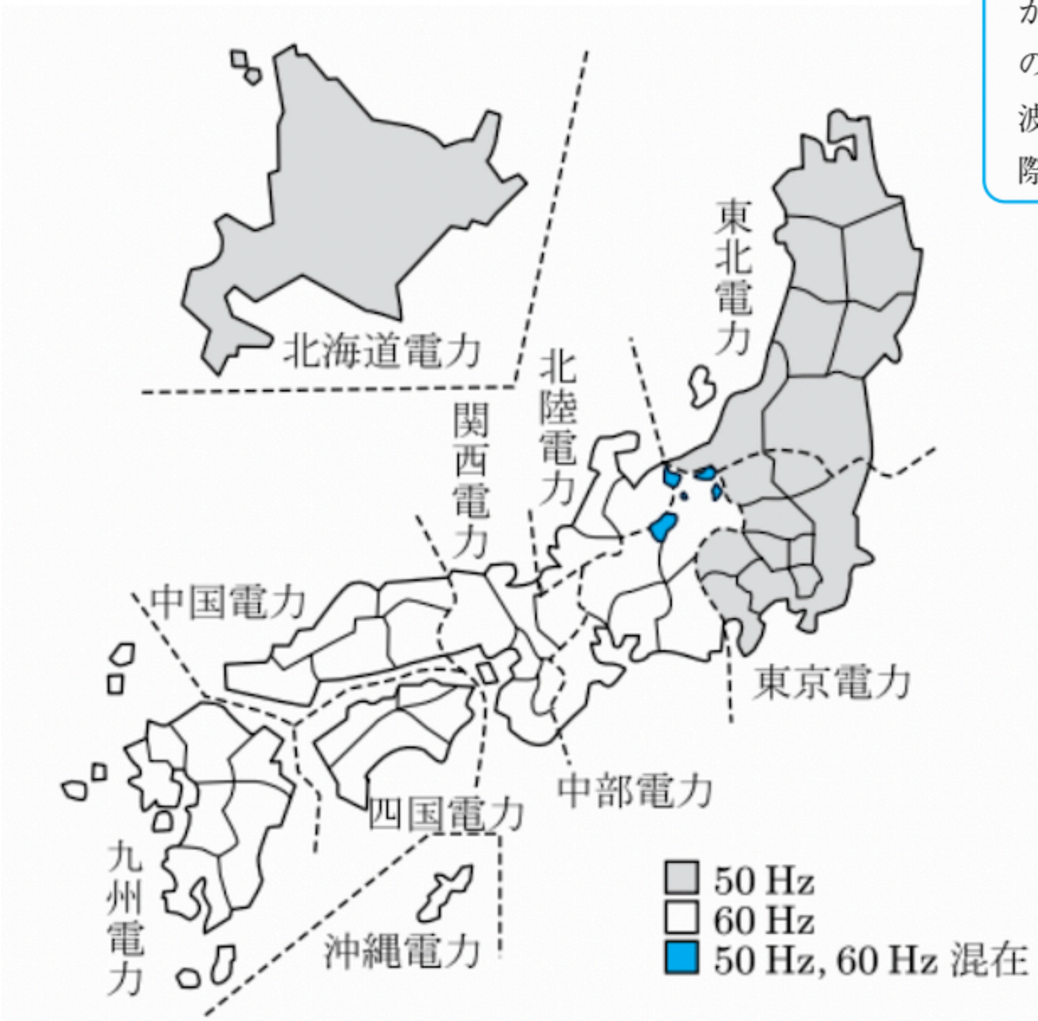




【身近な技術】

東日本は50Hz, 西日本は60Hz

教科書 p198



Topic　東日本は 50 Hz，西日本は 60 Hz

日本は静岡県の富士川と新潟県の糸魚川あたりを境にして，東側は 50 Hz（1 秒間に 50 回振動する），西側は 60 Hz の電気が発電所から送られている（図 6.29）．明治時代，関東にはドイツから 50 Hz の発電機が輸入され，関西にはアメリカから 60 Hz の発電機が輸入されたのが発端である．電気器具の中には，周波数が変わると正常に作動しなくなるものがあるので，引越の際には注意する必要がある．

周波数が違う場所にいくと，…

そのまま使えるもの

電気こたつ，電気ポット，電気毛布，電気コンロ，電気ストーブ，トースター，アイロン，テレビ，ラジオ，パソコン

そのまま使えるが能力が変わるもの

扇風機，ヘアドライヤー，換気扇，掃除機，温風暖房機，ジューサー・ミキサー

そのままでは使えないもの

洗濯機，タイマー，電気時計，電子レンジ，衣類乾燥機，蛍光灯（インバータ式以外），ステレオ

直流　と　交流

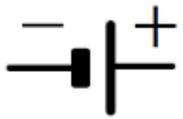


図 13: 直流電源
(DC; direct current)

図 14: 交流電源
(AC; alternating current)

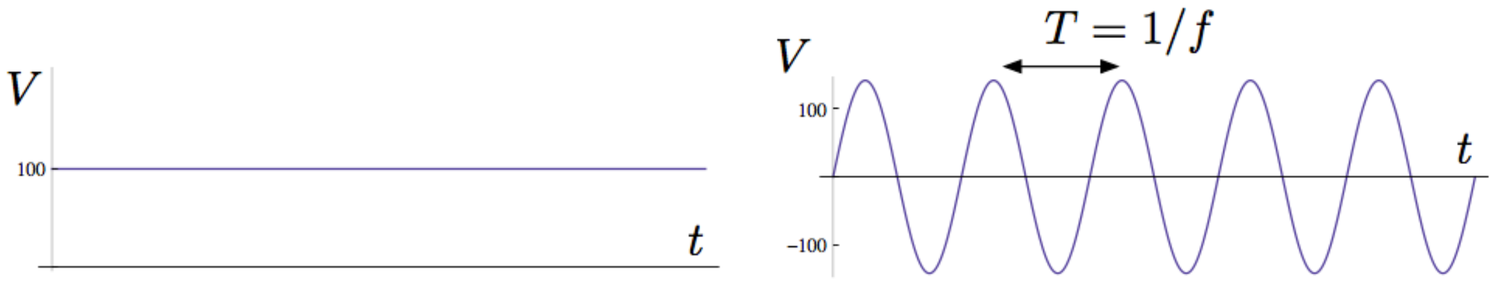
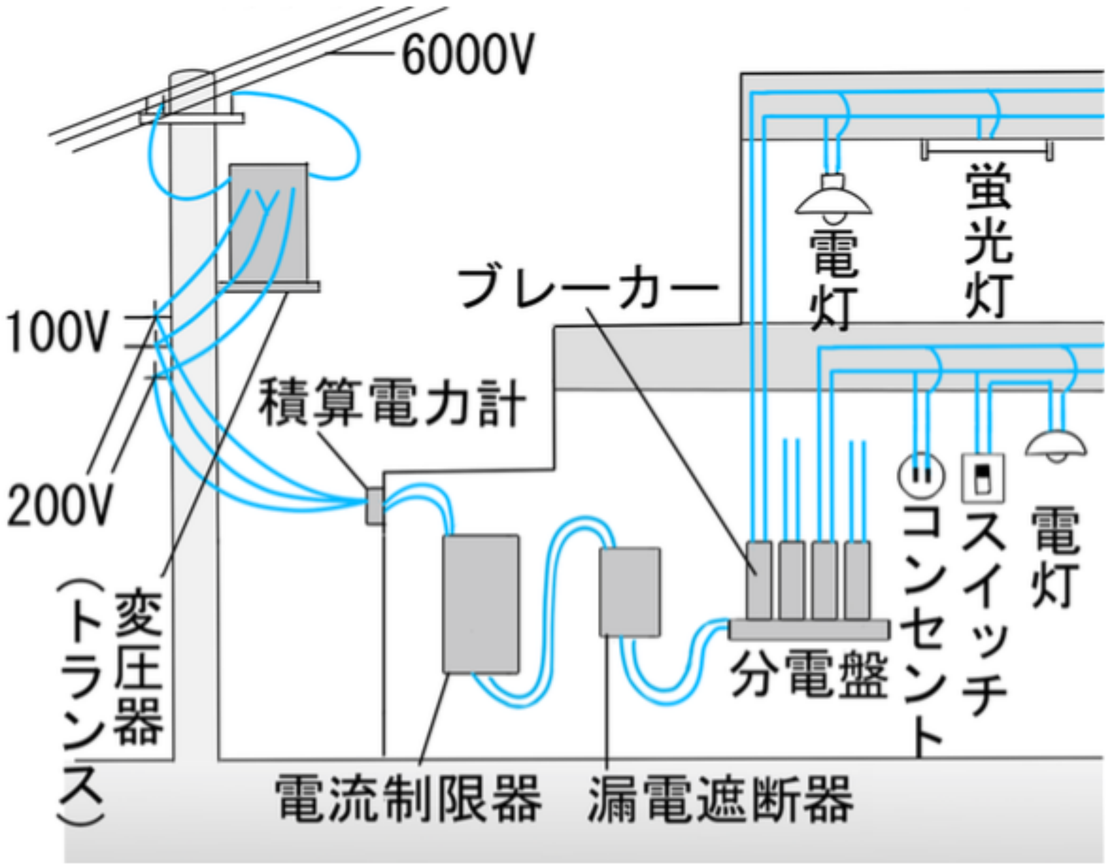


図 15: 〔左〕直流電源からの起電力 $V(t)$ は常に一定．〔右〕交流電源からの起電力 $V(t) = V_0 \sin(2\pi f t)$．$\overline{V} = 100$ V の起電力は，最大 $V_0 = 100\sqrt{2} = 141$ V になる．$f = 60$ Hz は，1 秒間に 60 回振動することを表す．

交流だと，変圧が簡単：ロスを少なく送電できる

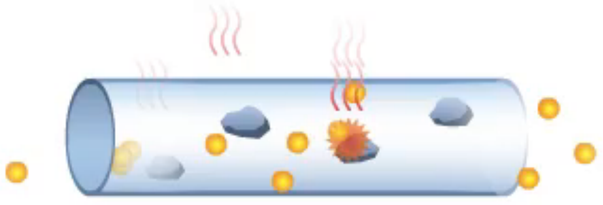
教科書 p204



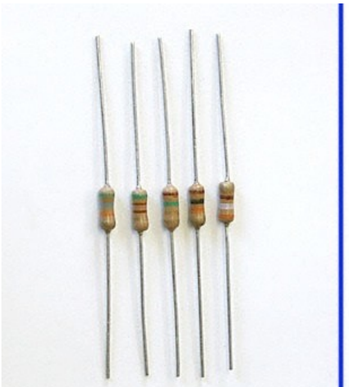
電気回路を構成する素子(1)　抵抗 resistance

1 電気が熱になるしくみ。電化製品のしくみ。
(ポットや炊飯器などで、電気がどのように作用しているのか)

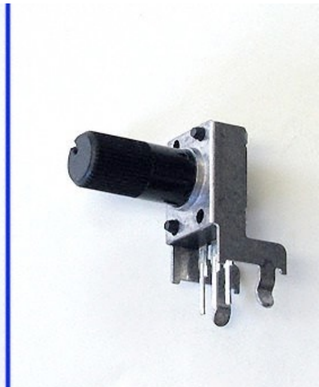
▶▶ 次に進む



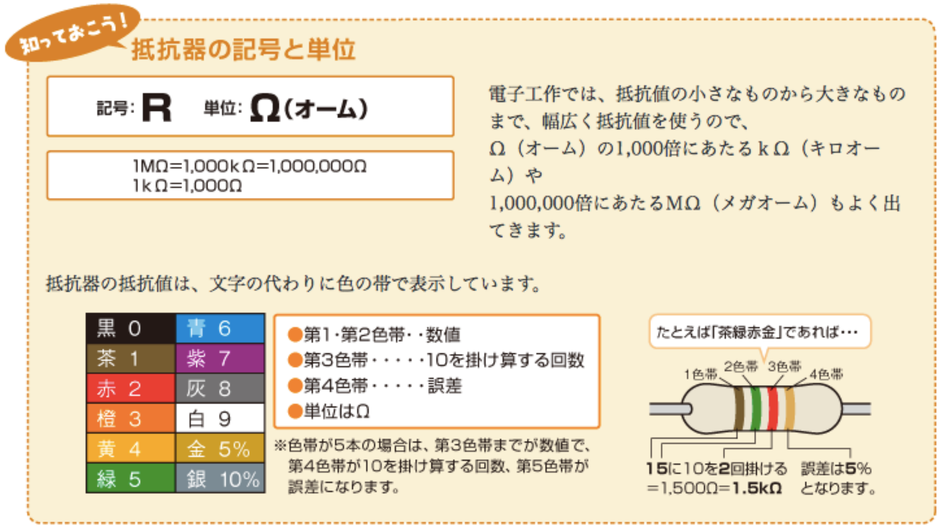
▶▶ 次に進む



固定抵抗器



可変抵抗器



http://www.murata.co.jp/elekids/ele/compo/resistor/

抵抗 resistance

固定抵抗器

炭素皮膜抵抗器

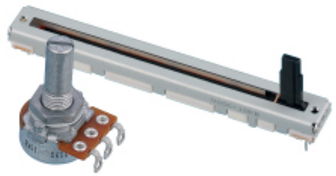
セラミックスの円筒の表面に焼き付けられた炭素の皮膜が抵抗体となり、らせん状の切り込みで抵抗値が調整されています。

●安価

▶一般電子工作
(電池で動作するような回路)

回路記号

可変抵抗器



抵抗値を変えることができる抵抗器。つまみを動かすことで抵抗体の長さが変わるしくみです。

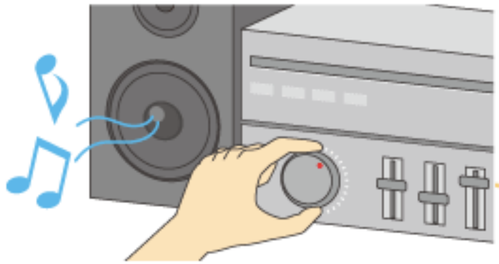
●抵抗値を自由に変えられる

▶音量調整回路

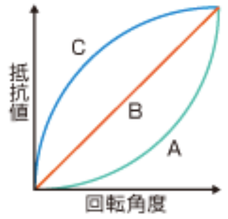
回路記号

■これって抵抗器？

普段、電子部品を目にしたり、触ったりすることは少ない気がしますが、
オーディオ装置の音量調整つまみには可変抵抗器が使われています。



可変抵抗器における抵抗値の変化のカーブには、いくつかの種類があります。人間の耳 は小さな音の変化に敏感なので、音量調整 回路にはAカーブの抵抗器が使われます。

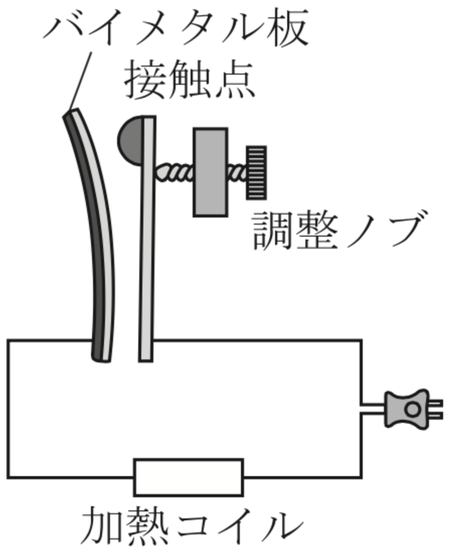


http://www.murata.co.jp/elekids/ele/compo/resistor/

【身近な技術】

温度センサーを含んだスイッチ

Toasters, electric heaters, and coffeemakers are among the appliances that contain thermostats. How do their thermostats work?



ヒューズ（ブレーカー）

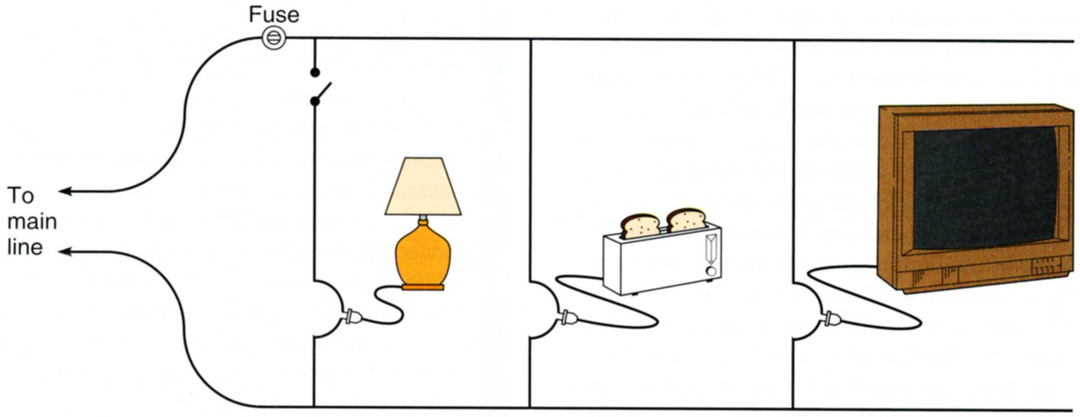
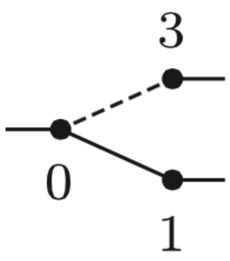
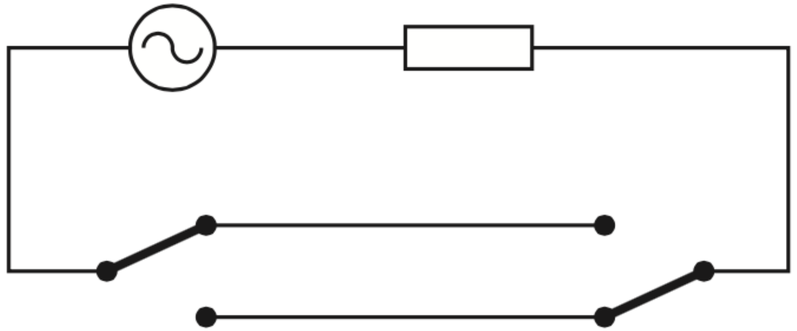


figure 13.19 A typical household circuit may have several appliances connected in parallel with one another. A fuse or circuit breaker is in series with one leg of the circuit.

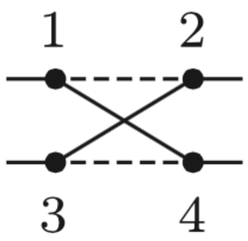
階段の電気のスイッチ（1階と2階で両方切り替え）

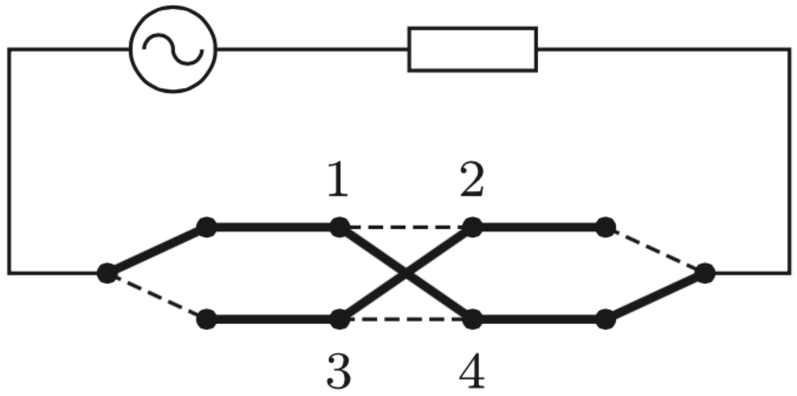
教科書 p205



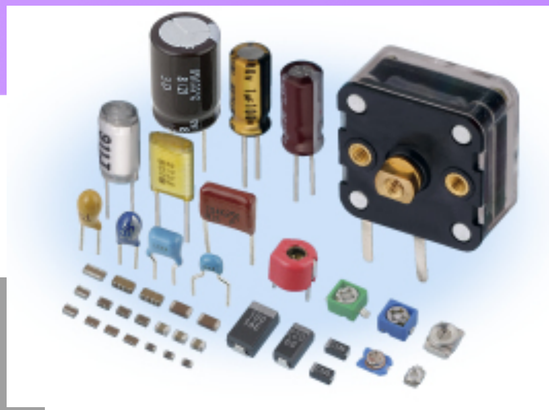


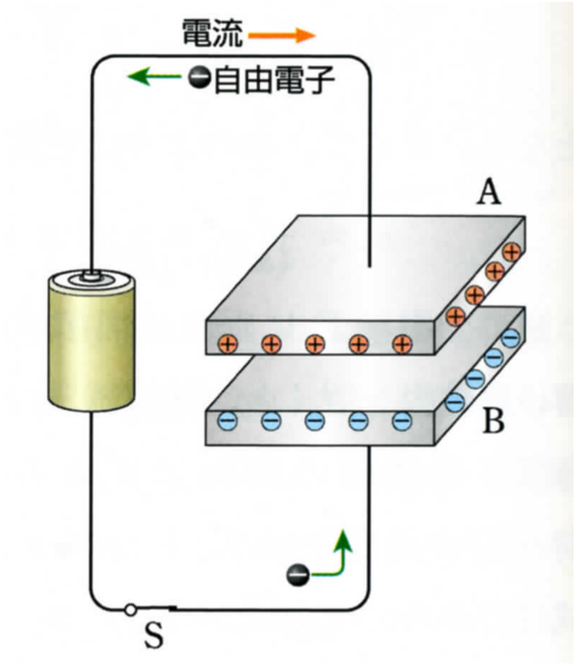
階段の電気のスイッチ（1階と2階と3階で両方切り替え）

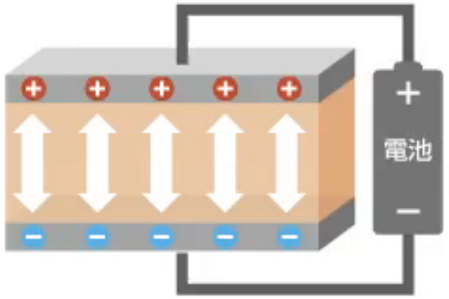




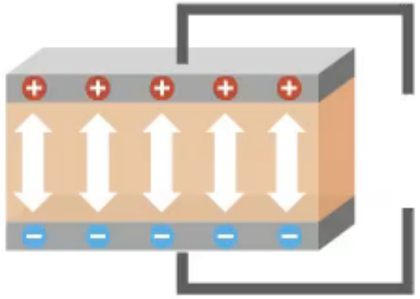
電気回路を構成する素子(2)　コンデンサ capaciter







▶▶ 次に進む

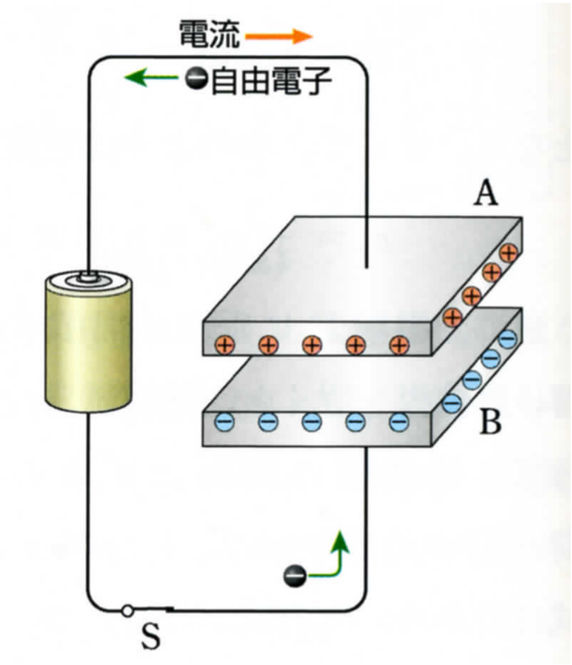


▶▶ 次に進む

Start on Click, automatic 3 movies

http://www.murata.co.jp/elekids/ele/compo/capacitor/

電気回路を構成する素子(2)　コンデンサ capaciter



セラミックコンデンサ

誘電率の高いセラミックスを使っています。小型で熱に強く、高周波の回路でも使えます。

●周波数特性が良い

▶無線回路、デジタル回路

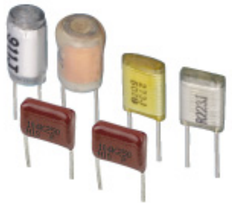
電解コンデンサ

アルミニウムなどの金属と電解質を使っています。極性がありますが、大きな容量が得られます。

●容量が大きい

▶電源回路

フィルムコンデンサ



誘電体にプラスチックフィルムを使っています。温度による容量の変化が小さく、高精度です。

●温度特性が良い

▶オーディオ回路

http://www.murata.co.jp/elekids/ele/compo/capacitor/

本日のミニッツペーパー記入項目

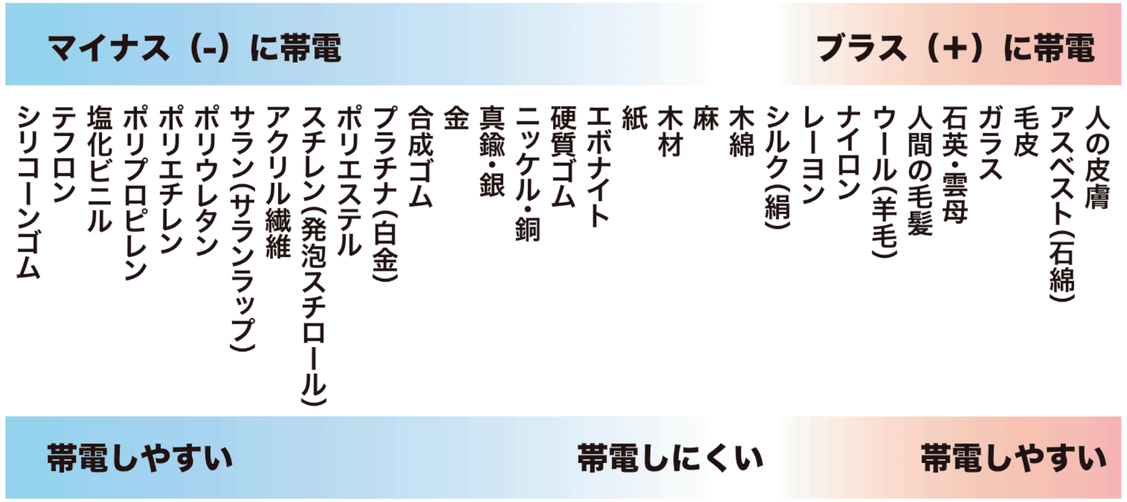
出席票を兼ねます.

〔12-1〕次のうち, 最も静電気を起こしやすい衣服の組み合わせはどれか

(a) ウールのニットと
　　ポリエステルのフリース

(b) ウールのニットと
　　シルクのシャツ

(c) ナイロンのストッキングと
　　ポリエステルのフリース



〔12-2〕家庭内のコンセントで, 洗濯機をつなぐコンセントには, アースが
　　ついている(ことが多い). その理由は何か.

〔12-3〕携帯電話をアルミホイルで包むと, 電話を受信しない. その理由は何か.

〔12-4〕通信欄. (感想・講義で取り上げて欲しい疑問・要望・連絡事項など、何かあれば)

レポート２　12/29; レポート３　1/27 ；残りの講義　12/16, 12/23, 1/20

【天文観望】

12月13日(金)ー14日(土) ふたご座流星群 極大

今年は満月と重なって, 条件が悪い, しし座流星群.

しし座流星群は、母天体であるテンペル・タットル彗星の公転軌道と地球の軌道が近づいている辺りを毎年この時期に地球が通過する際に、彗星が残した塵が地球の大気と衝突し、上空100km前後で発光して見える現象である。1999年や2001年の大出現が有名だが例年の出現数は少ない。次に大規模な出現が見られるのは2030年代と予想されている。

https://mirahouse.jp/begin/constellation/Gemini.html

天文年鑑による予想では1時間15個