

生活の中の物理学

Physics in Everyday Phenomena

第12回 2025/12/8

第6章 電気と磁気

真貝 寿明

Hisaaki Shinkai



真貝の武庫川講義ページtop



<https://www.oit.ac.jp/labs/is/system/shinkai/mukogawa/>

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、**2025年12月28日（日） 22:59**
- 提出ファイルの名前は、「P 学科 XXXXXXXX ○○○○」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、このファイル名をお願いします。
- 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。

2026年1月30日（金） 22:59

- レポート課題（第3回）の提出期限は1月30日（金）22:59です。2つの問題と1つの課題とします。課題は「講義で紹介した話に関連して（あるいは発展して）、自分で興味をもって調べたことを説明せよ。」

【話題】 12月20日/21日に, 天文文化研究会, 「天文と文化」企画展, フォーラム

20日(土)午前 天文文化研究会
20日(土)午後 フォーラム
21日(日) 天文文化研究会
20-21日 「天文と文化」企画展

@大阪工業大学梅田キャンパス(大阪駅5分)



天文文化研究会と日本天文考古学会
合同企画フォーラム

天文から文化を読む、天文で遺跡を解く
～天文文化研究会と日本天文考古学会の試み～

天文文化研究会と日本天文考古学会は、研究成果を共有し、両者の今後の研究に活用するための
上記フォーラムを企画します。ご興味ある方の参加を歓迎いたします。

●プログラム

第一部 講演 天文文化研究会
「設立趣旨と活動概要」 松浦清 (大阪工業大学)
「天文学と文化」 玉澤春史 (東京大学/京都市立芸術大学)
「天文と文学」 横山恵理 (大阪工業大学)

第二部 講演 日本天文考古学会
「設立趣旨と活動概要」 柳原輝明 (学会常務理事)
「世界と日本の天文考古学遺跡」 平津豊 (学会常務理事)
「白石の鼻巨石群と石舞台の太陽観測」 篠澤邦彦 (学会常務理事)

第三部 パネルディスカッション
司会 真貝寿明 (大阪工業大学)

●日時：2025年12月20日 (土) 13:00--17:00

●場所：大阪工業大学 OIT梅田タワー
セミナー室204 (オンライン同時配信)



参加申し込み

天文文化研究会

日本天文考古学会

参加は無料です。会場参加・オンライン参加とも事前登録をお願いいたします。

参加登録は、12月17日 (水) 正午まで。右のQRコードよりお願いします。

会場参加は80名までとさせていただきます。

第30回天文文化研究会を同キャンパスで12月20日午前と21日に行います。

梅田キャンパス1階ギャラリーで、企画展「天文文化研究会30回の歩みと生活の中の天文学」(無料)を行います。

本企画は、科研費・挑戦的研究(開拓)「天文文化学の新展開：数理的手法の導入で文化史と科学論から自然観を捉える研究の加速」(2024-2028年)の活動の1つです。

天文文化研究会ページ

第2回「天文と文化」企画展
天文文化研究会30回の歩みと
生活の中の天文学

Exhibition Commemorating the 30 workshops of the Cultural Studies of Astronomy:
— Astronomy in Everyday Life —

2025年12月20日 (Sat.) 9:00-19:00
12月21日 (Sun.) 9:00-15:00

大阪工業大学 OIT梅田タワー 1階ギャラリー、入場無料
〒535-8585 大阪市北区茶屋町 1-45 | URL: <http://www.oit.ac.jp>

本企画は、科研費・挑戦的研究(開拓)「天文文化学の新展開：数理的手法の導入で文化史と科学論から自然観を捉える研究の加速」(2024-28年度、JP24K21170)の活動の1つとして開催するものです。
<https://www.oit.ac.jp/labs/is/system/shinkai/tenmonbunka/index.html>

<https://www.oit.ac.jp/labs/is/system/shinkai/tenmonbunka/index.html>

4

前回のミニッツペーパーから

熱いものに触れた時に熱いという感覚が後からくる理由。

教科書 p43

実験 1 神経の反応時間を測ろう

友達に鉛筆の上端を持ってもらい、自分はその鉛筆の下端を、人差し指と親指で挟めるように待つ状態にする。友達が鉛筆を落下させてから、何 cm のところで指を挟んで止められるだろうか。目でみてから指先までに命令が伝わる神経の反応時間 t を測る実験だ。

x [cm] でつかめたら、自由落下する長さは $x = \frac{1}{2}gt^2$ なのだから、 $t = \sqrt{2x/g}$ である。 $x = 10$ cm なら $t = \sqrt{2 \cdot 0.1/9.8} = 0.143$ s, $x = 15$ cm なら $t = \sqrt{2 \cdot 0.15/9.8} = 0.175$ s となる。

なぜ風船は手を離すと飛んでいくのか？

3. 流体 》 3.2 浮力

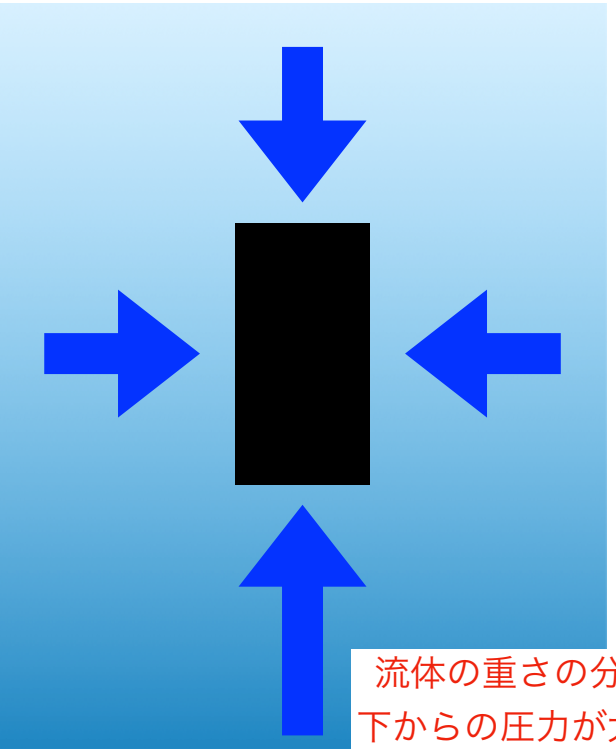
教科書

浮力 (buoyancy)

アルキメデスの原理 (Archimedes' principle)

流体中の物体が受ける浮力は、その物体が押しのけた流体の重さ（重力）と同じ大きさである。

物体は流体中であらゆる方向から圧力を受ける。上下方向では、重力も加わる。物体が流体中にあると、押し除けた分だけ液体の重力が減る。つまり下向きの圧力が小さくなる。その分が浮力となる。



流体の重さの分だけ
下からの圧力が大きい



Topic 冰山の一角

氷の密度は、水の密度 $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ の約 92% である。断面 S 、高さ h の氷柱があるとき、水中にある部分の高さを d とすると、つりあいの式は、

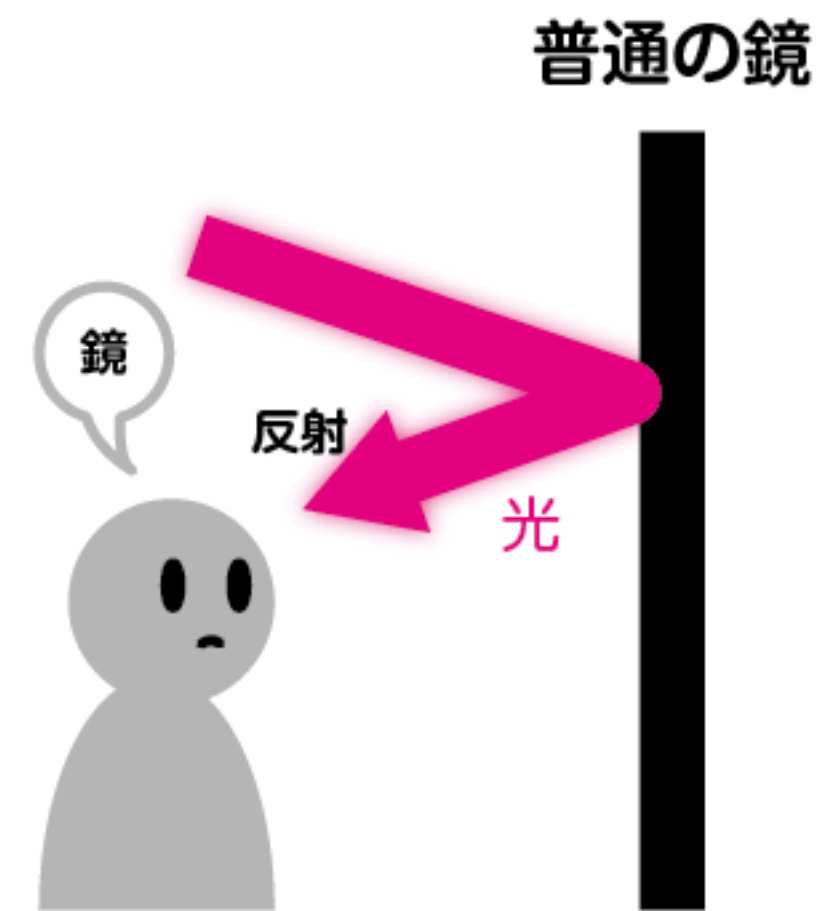
$$0.92\rho Shg = \rho Sdg$$

下向きの力 = 浮力

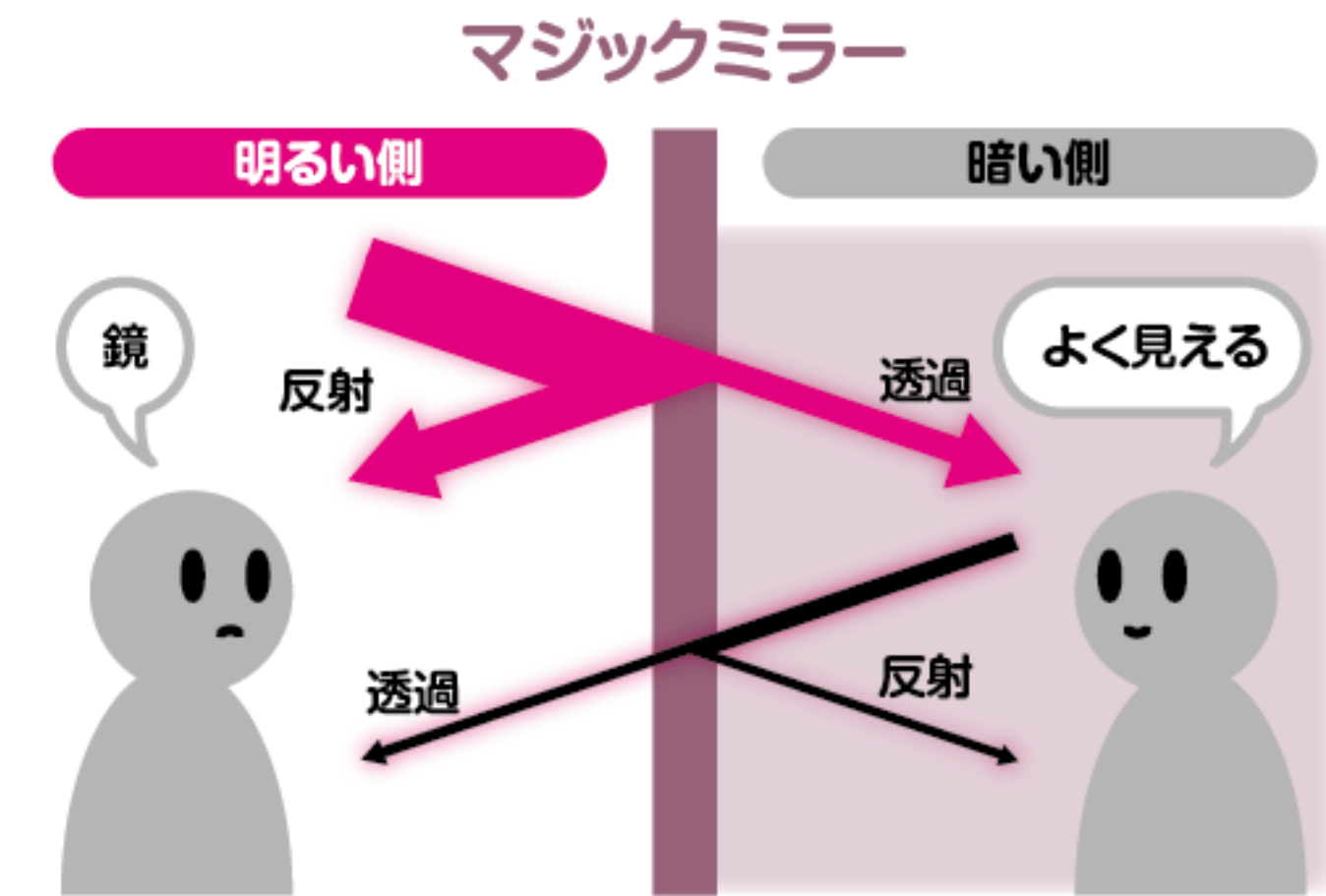
となるので、 $d = 0.92h$ となる。つまり、氷はわずか 8% だけ面から顔を出す。「冰山の一角」という言葉がよく使われるが、氷山がみえてもその大部分はみえていないということだ。

前回のミニッツペーパーから

○ スポーツ用のサングラスなどのように相手から目が見えないサングラスはどのような仕組みなのか。



水銀などで金属メッキを施した鏡は、
ほぼ100%光を反射する。

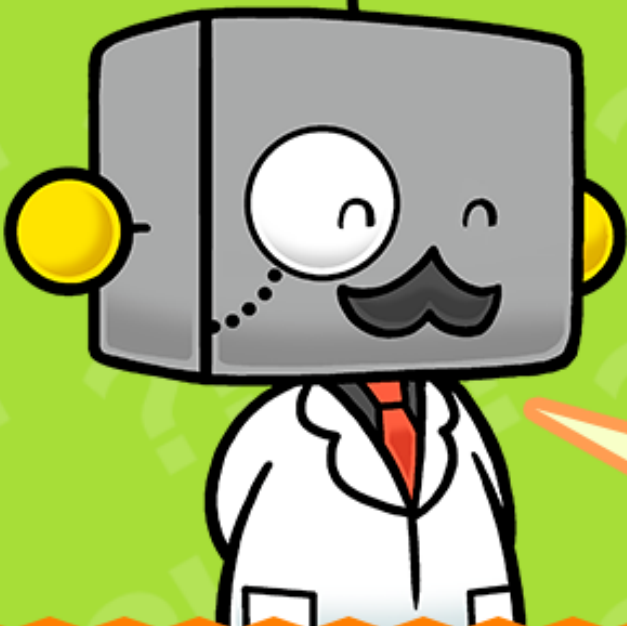


鏡より薄く水銀が塗られているため、
光の反射が少なめになり、一部は透過する。

光の仕組みが身近な技術に応用されていることが
面白かったです。

前回のミニッツペーパーから

。3DSや最近ではスマホにもついている3D機能は3D×ガネをかけなくても3Dに見えるのはどうしてか。



ニンテンドー3DSは
『視差バリア』
という方法を使っているんじゃ!

左目と右目に違う画像を見せる秘密
それは『視差バリア』

すきまの空いたうすい膜を液晶画面の前にはって、左目と右目にちがう映像を見せる方法を視差バリア (パララックスバリア) といいます。

少しだけ見え方のちがう、左目用と右目用の画像を縦に細かく切ります

左目用画像 右目用画像

左目用と右目用の画像を交互に並べて、1つの画像にします

すべてのブックマーク

電気のうすい膜、これが視差バリア!

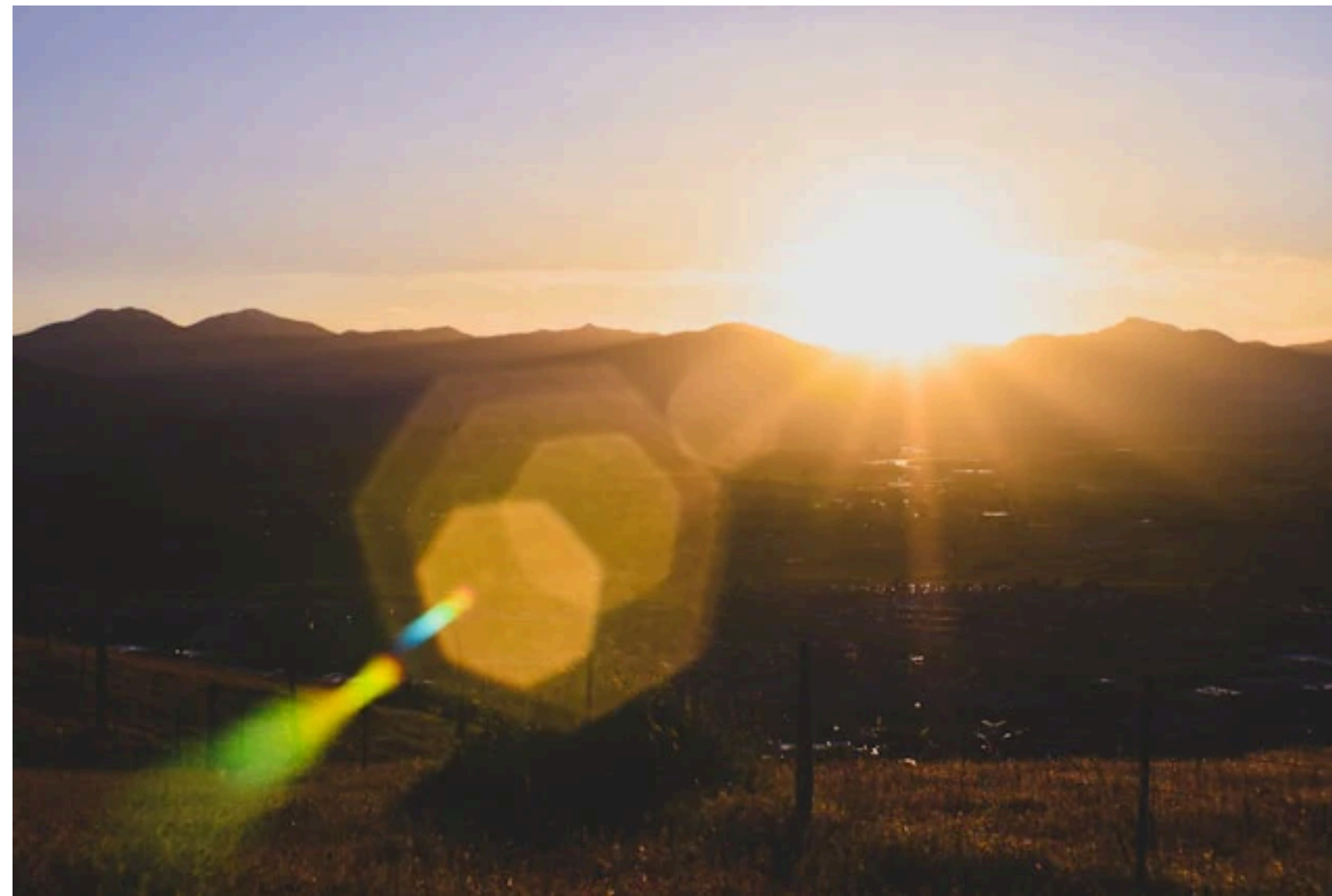
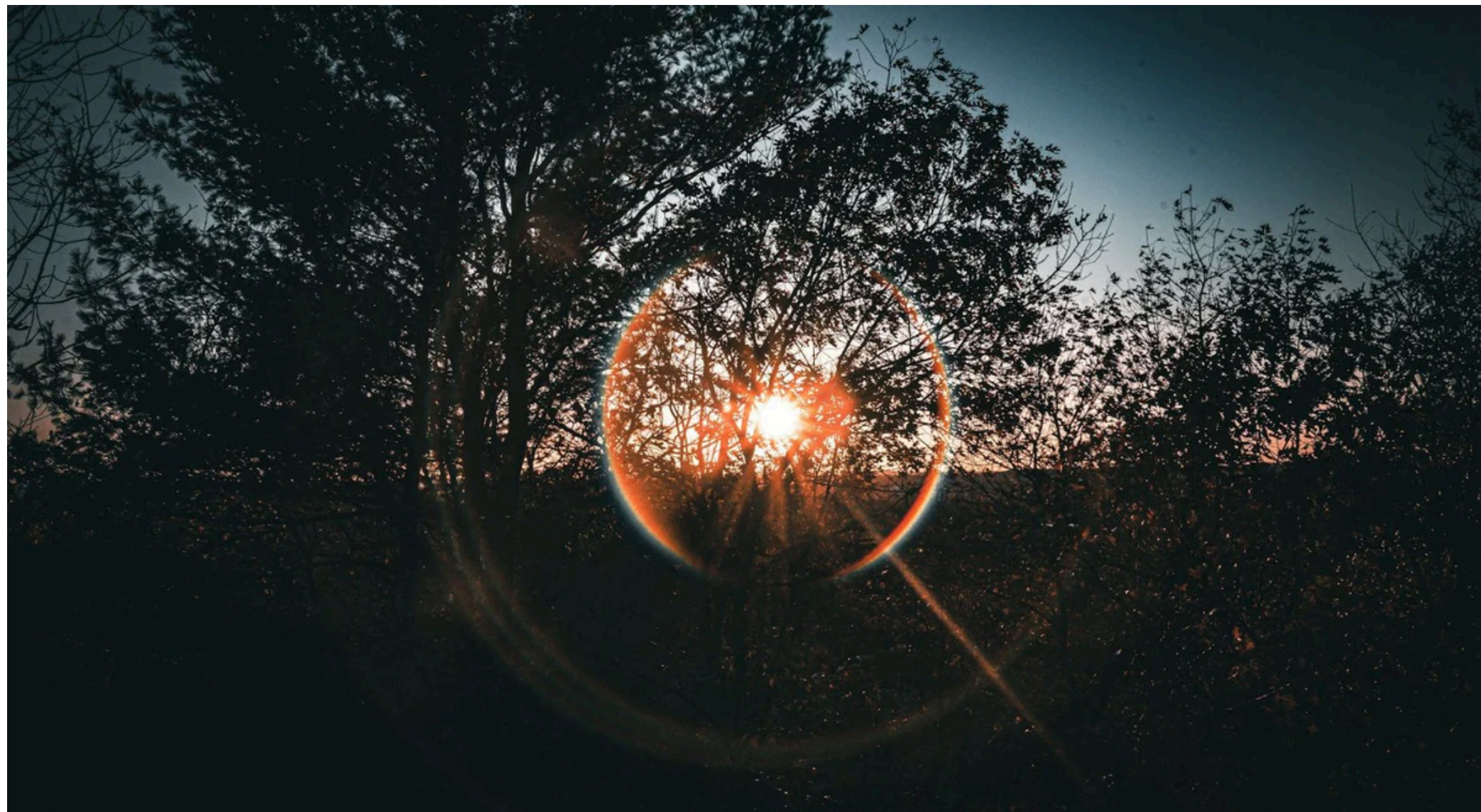
視差バリアが、右目用の画像を左目で見られないようブロック!
左目用の画像も同じように右目から見られないようブロック!

<https://www.nintendo.co.jp/kids/151216/about3d/index.html>

前回のミニッツペーパーから

[11-4] スライドをスマホで撮影しようとしたら、今がやラフレになるのは
スクリーン¹が光っているからなのではと分かりました。
スクリーン¹が光を防ぐ方法はありますか？

カメラ撮影におけるフレアとゴースト カメラレンズ内での光の反射が原因, 強い光の場合に発生

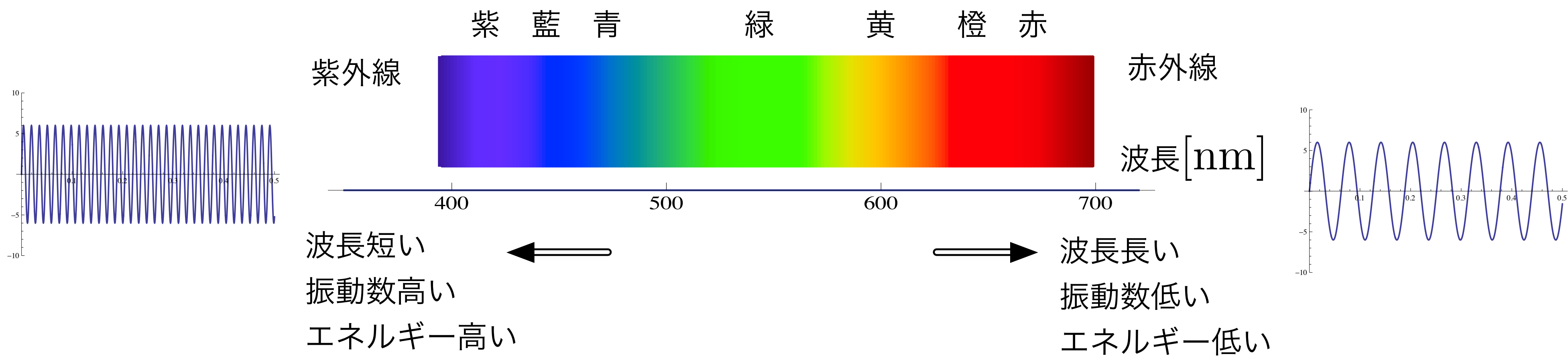


解決策は, 写す角度を変える, レンズにフードをつける, レンズに偏光フィルタをつけるなど.

自動車にカメラを向けると、カメラが「焼けてしまう」という動画を見たこと
があるのですが、どうして焼けてしまうのでしょうか。



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



物理学賞



James Peebles, Michel Mayor, Didier Queloz

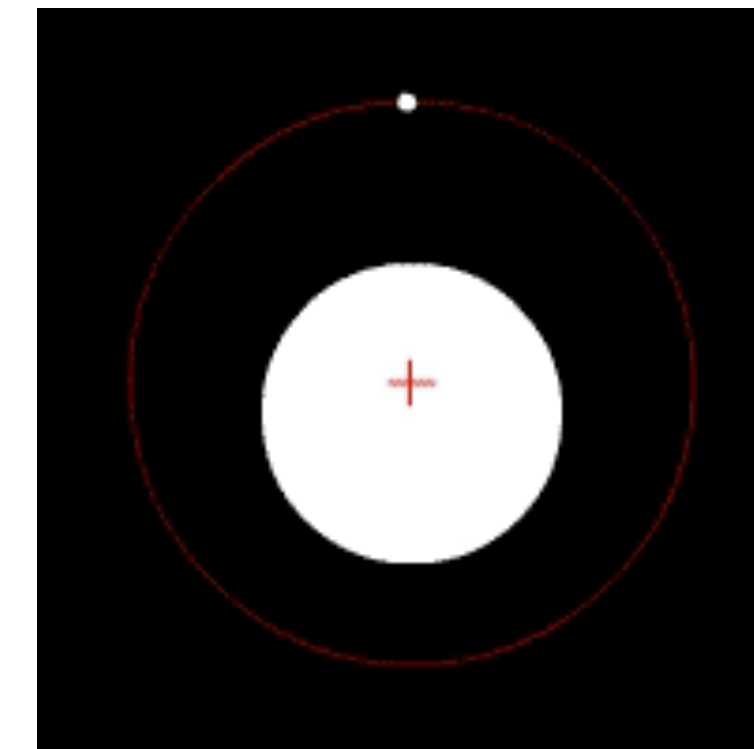
宇宙の進化, 宇宙における地球の位置づけについて
理解を改めた貢献

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

ピーブルズ

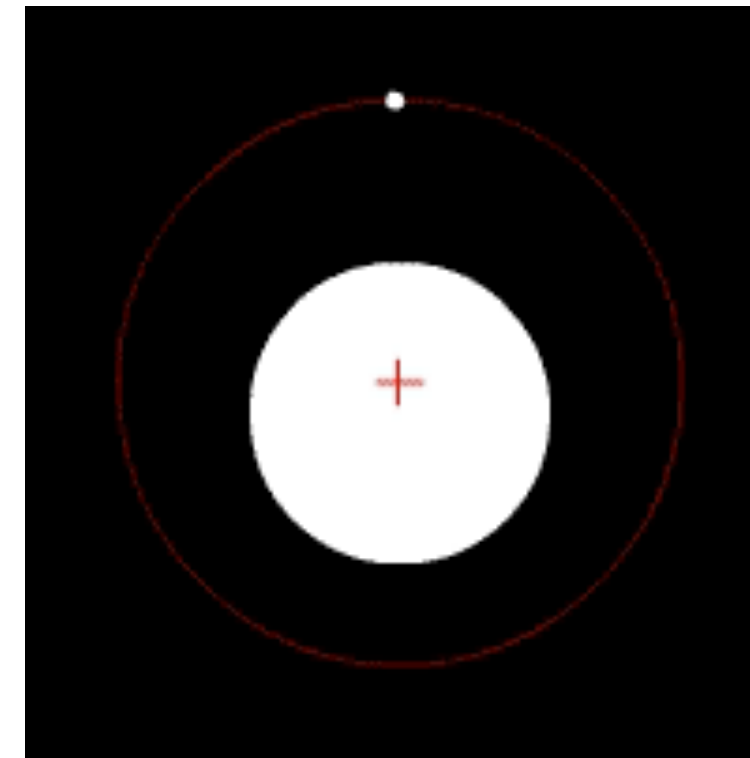
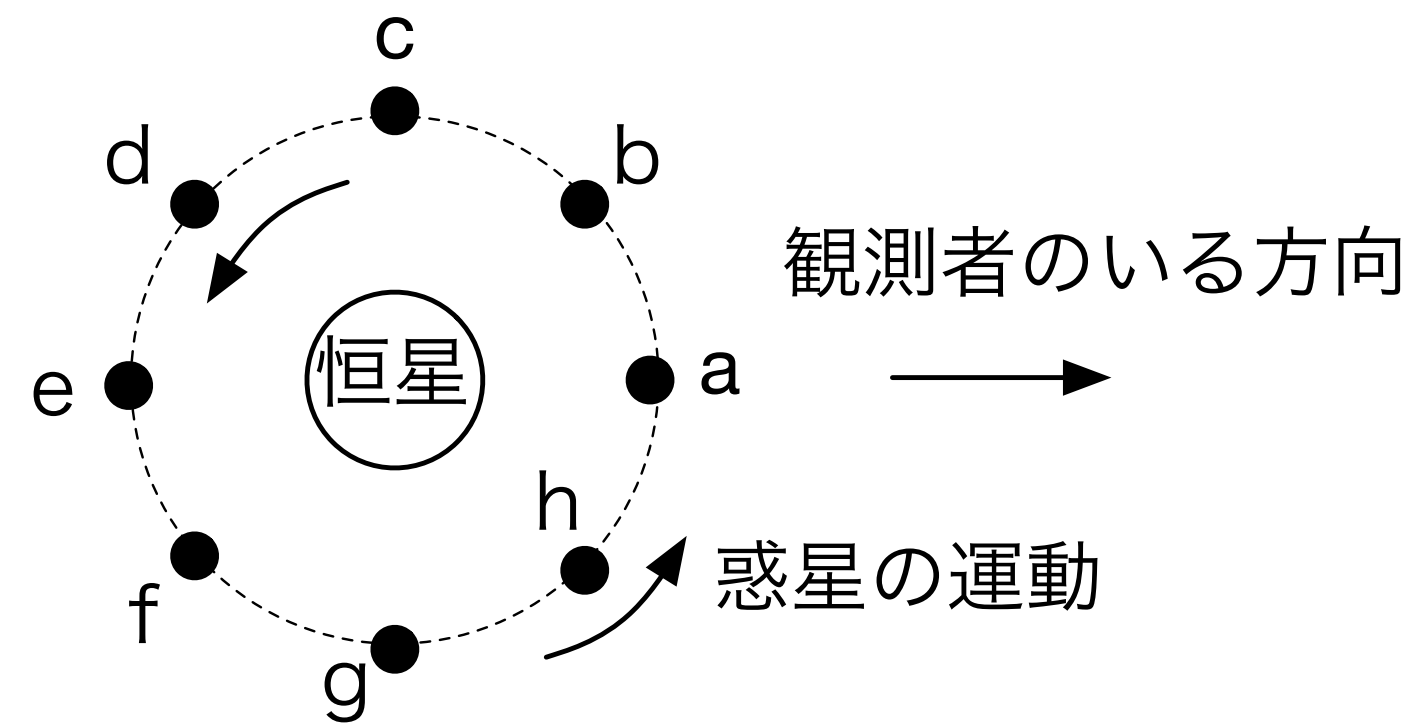
ビッグバン宇宙論の基礎理論の確立に大きな貢献をした。
宇宙マイクロ波背景輻射(CMB)の温度非等方性を定量的に計算する方法論、宇宙誕生約3分後に形成されたヘリウムの存在量、約38万年後に起こった宇宙の再結合(電離水素が中性化する過程)、膨張宇宙における密度揺らぎの線型成長とその後の非線形成長モデル、相関関数を用いた銀河分布の統計的記述などなど。

マイヨールとケロー, ペガサス座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。

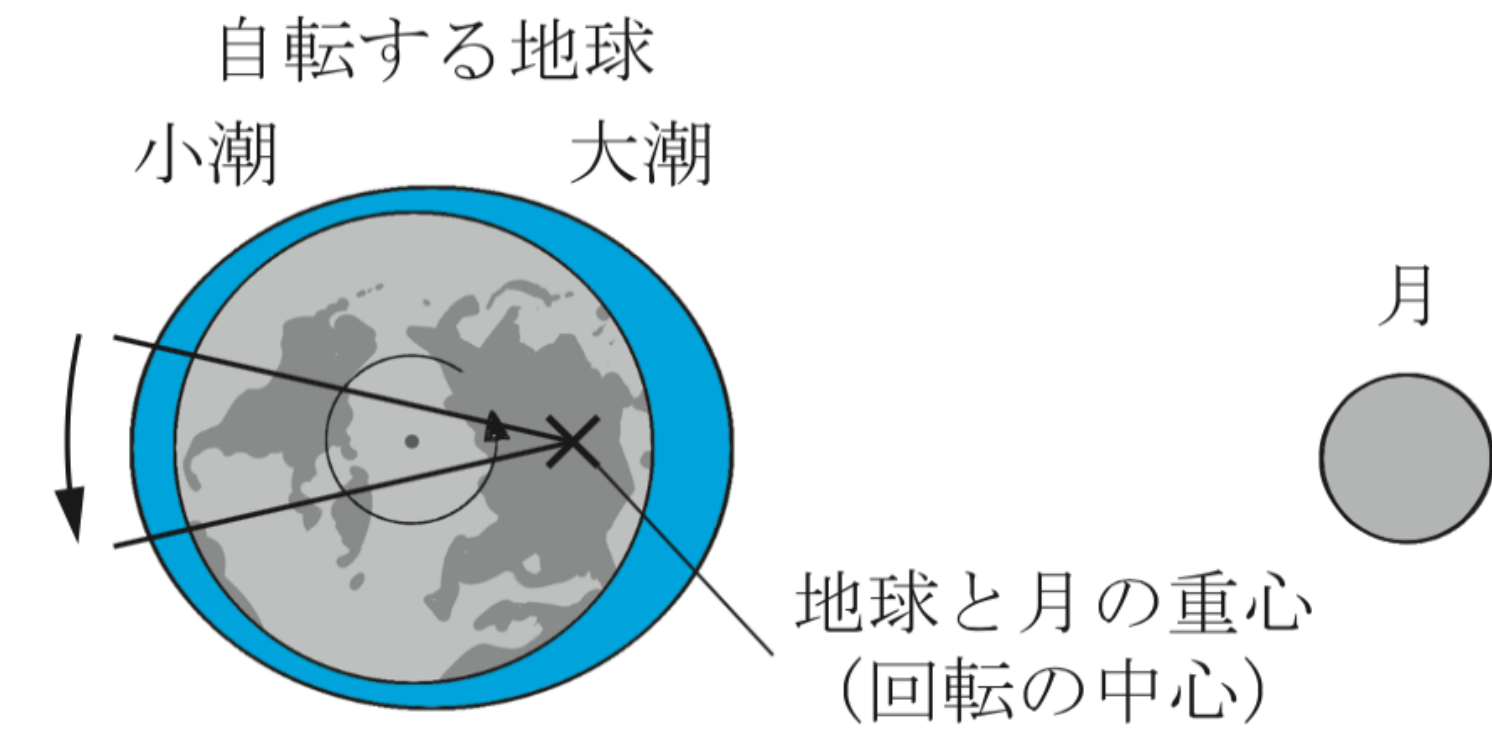


前回のミニッツペーパーから

[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, ペガサス座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7名 (24名中)

惑星と恒星は共通の重心を中心公転しており, このとき, 観測者から惑星が遠ざかるとき, 恒星は, その反対方向, 観測者に近づく. ドップラー効果より, 波長が短くなる時に一番青方になる. この位置にいるとき, 観測者から最も遠ざかっている瞬間を見れるから

恒星が惑星に引かれて重心のまわりを動くとき, 観測者に近づく方向に動く瞬間 かに, 最も青方偏移するから.

恒星と惑星は重心のまわりを回る. 惑星がCにあるとき, 恒星は重心のまわりで観測者方向への速度が最大になり, 光が最も青方偏移するから.

(11-1) C. 恒星の光がもっとも青方に偏移するのは, 恒星が観測者の方向へ最大速度で動いている瞬間のため. 恒星と惑星は, 互いの重力で共通のまわりを回っている. 図で惑星がCにあるとき, 惑星は重心のまわりを左向きに動いて, 恒星はその対向き(右向き)=(観測者方向)に動いている. つまり恒星が重心に対して観測者へ最も強く近づいている瞬間がCであり, このときがもっとも青方に偏移している.

惑星が最も手前に動いている位置, 重心の周りを公転しているから

最も青方偏移するのはC. 惑星の運動により恒星も重心の周りを動き, 観測者に近づく方向が最も大きい位置だから.

Cの位置. 惑星が恒星の重心に対して奥側に位置するから.

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。

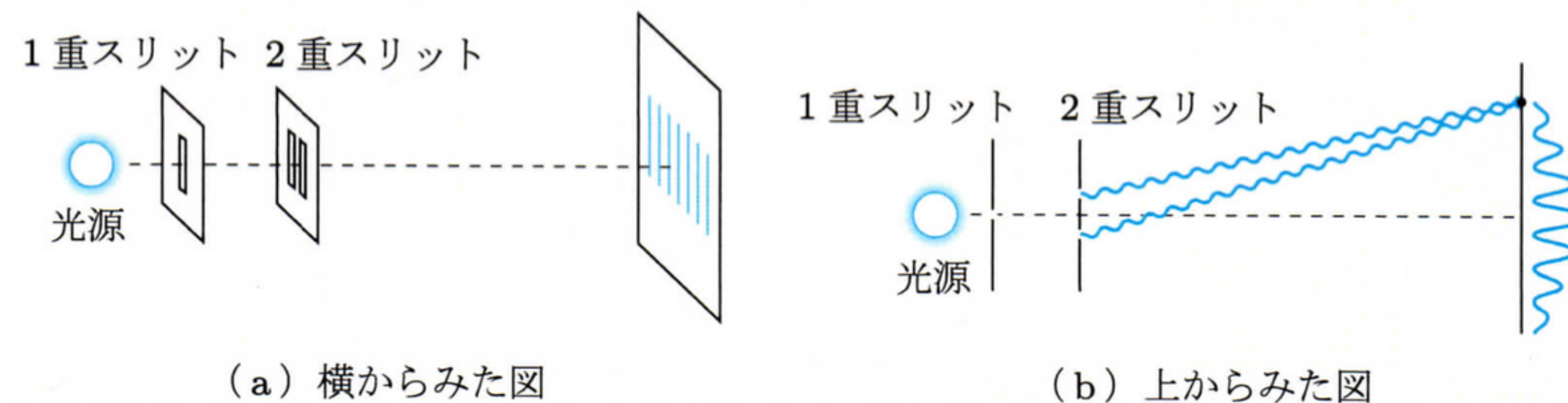


図 23: 光の2重スリット実験（ヤングの干渉実験）。

光の2重スリット実験

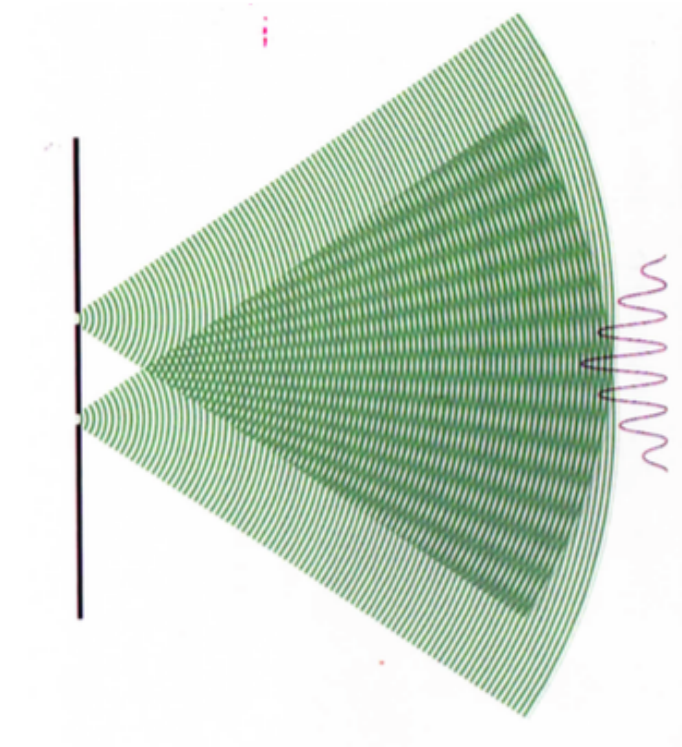


図 22: 2重スリットからの光の干渉。

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。

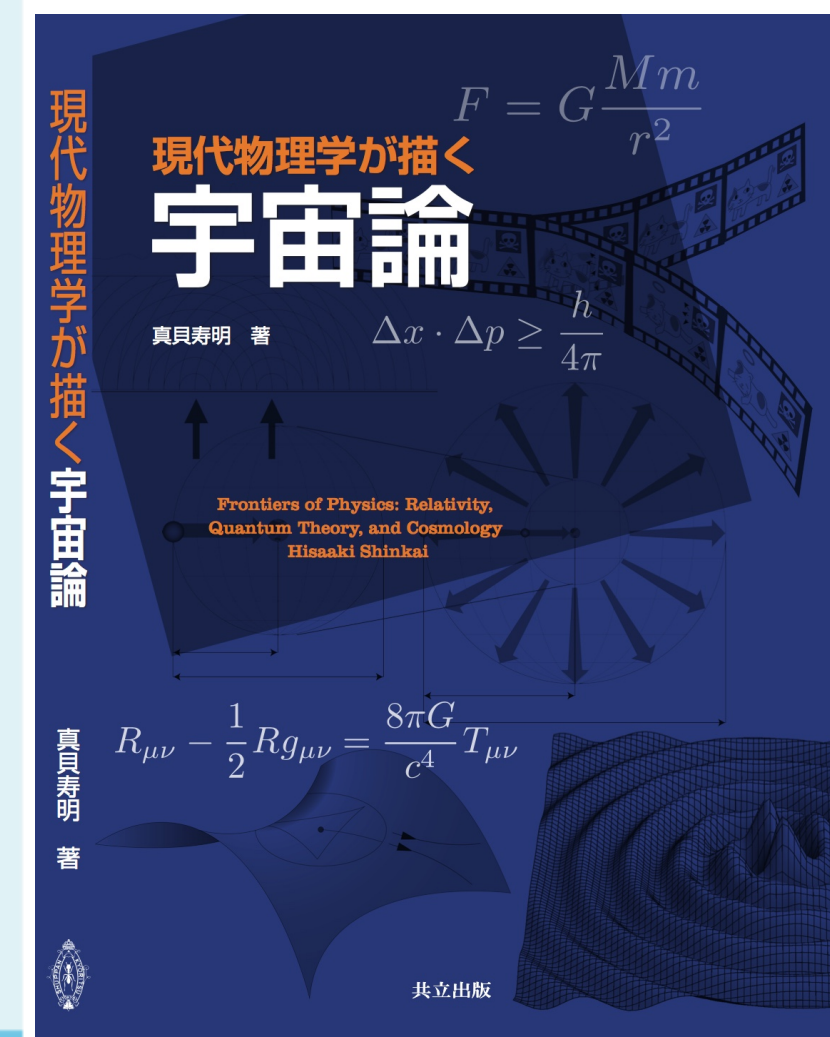
コラム 26 光は粒子である：星が見えるのは粒子的エネルギー

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 ($= 1.0 \times 10^{17} \text{ m}$) 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 $A = 4 \times 10^{-18} \text{ m}^2$ 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 $\nu = 5.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 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 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ であることから、 $3.3 \times 10^{-19} \text{ J}$ 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。



どの面から入射した光も、必ず一度は全反射する形

丸型で、クラウン面に33、パビリオン側に25、合計58のファセット（研磨された面）

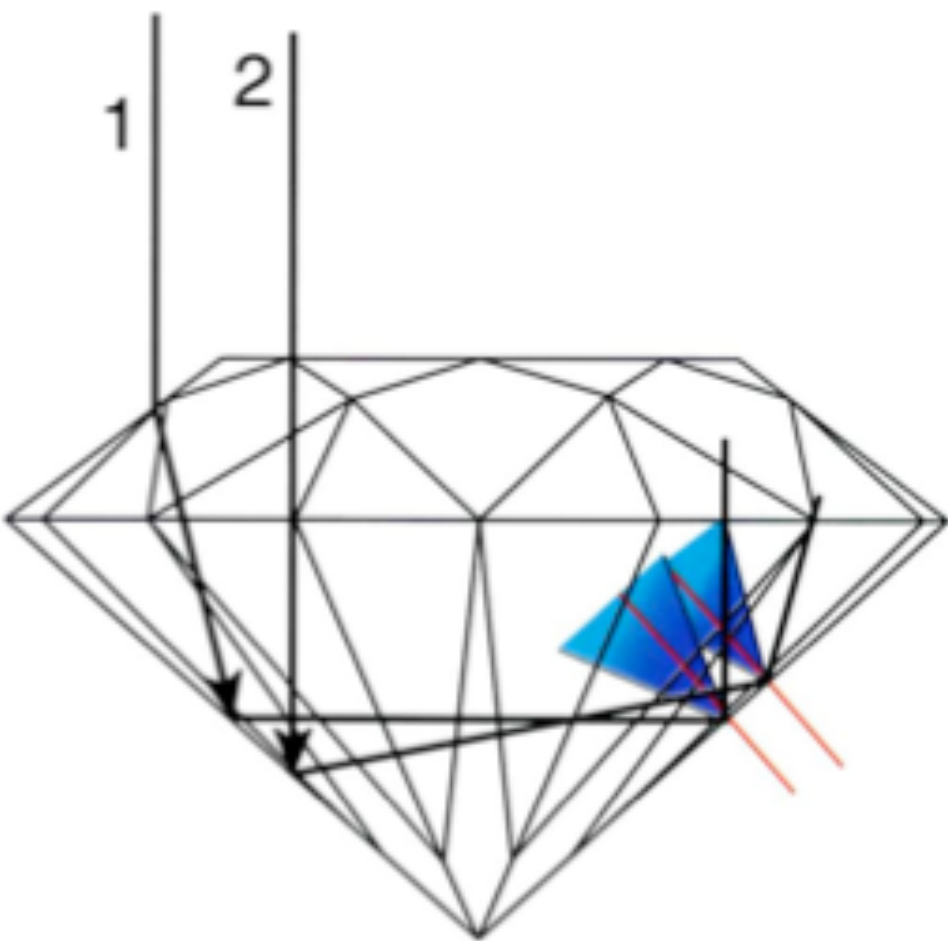


FIGURE 2.13 ▶ Rays 1 and 2 again.

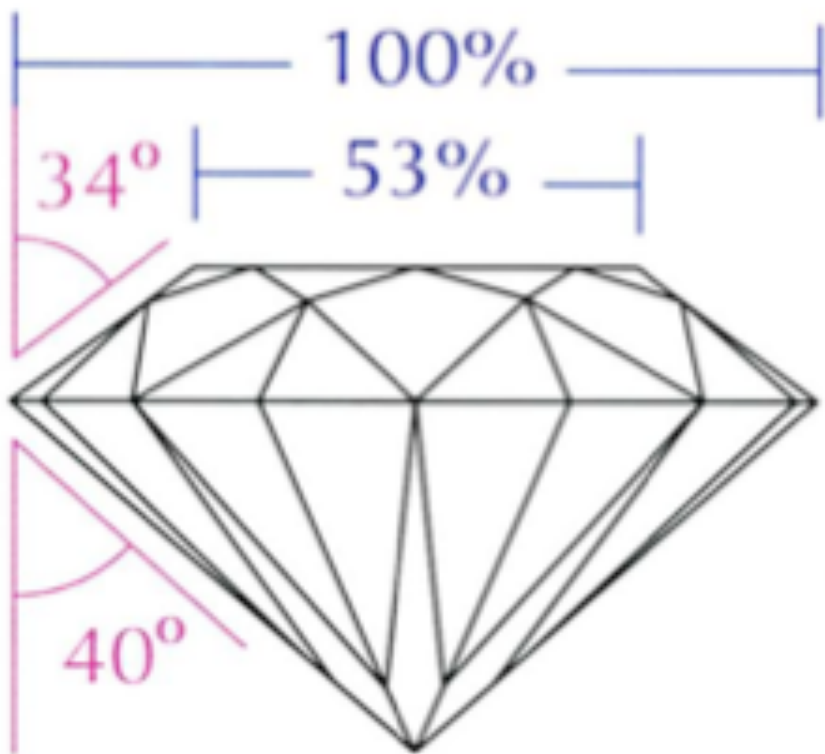
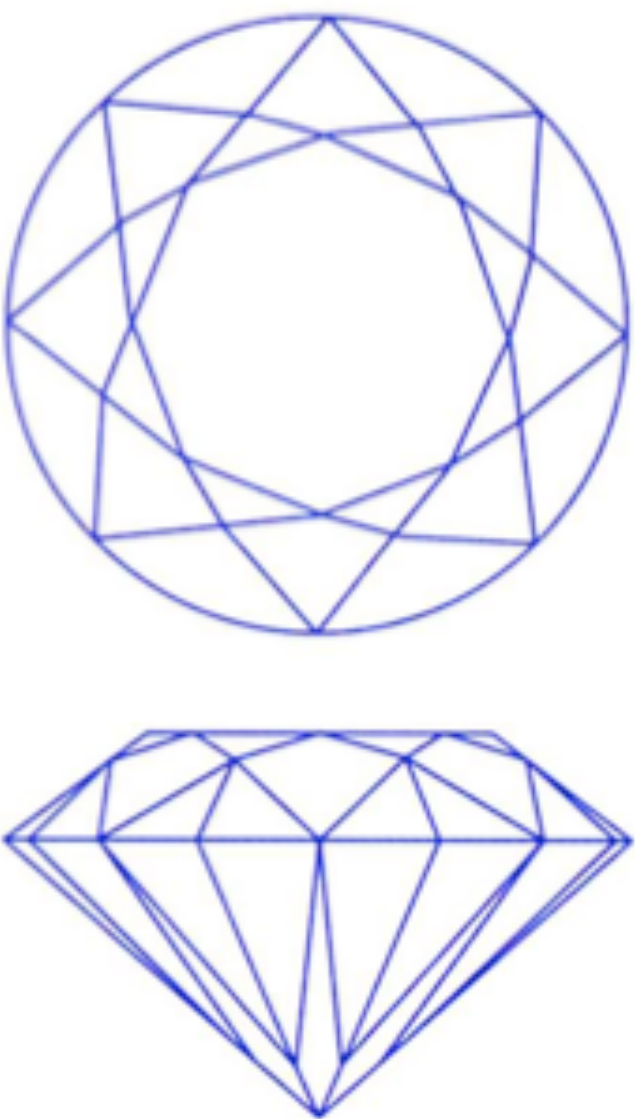


FIGURE 2.16 ▶ The precise proportions of the “brilliant cut” for diamonds.



ダイヤモンドの価値 = **4C**

- Color** カラー（色）
- Clarity** クラリティ（透明度）
- Cut** カット
- Carat** カラット（重さ）

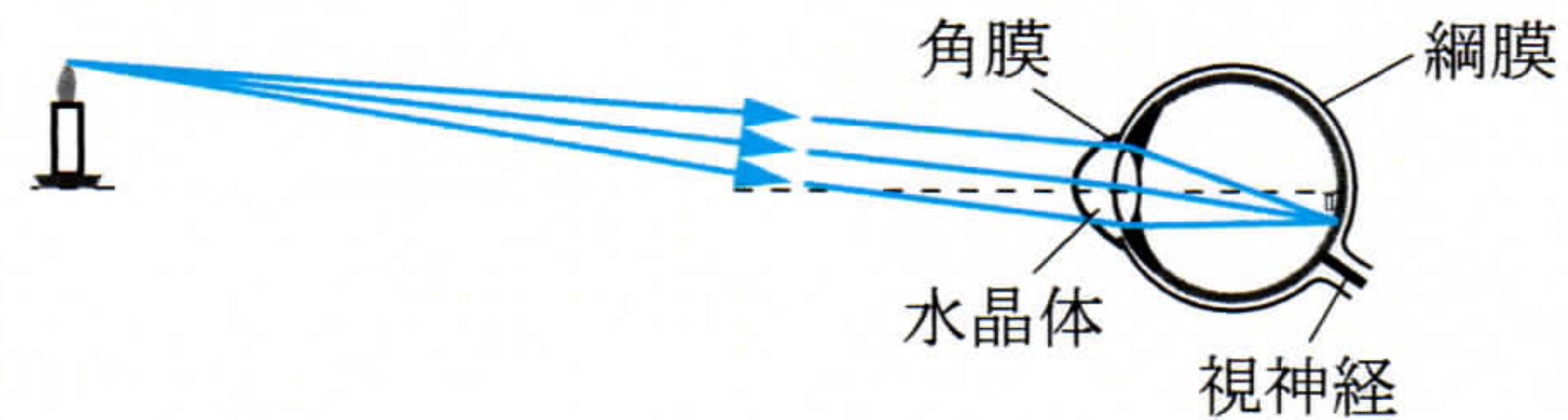
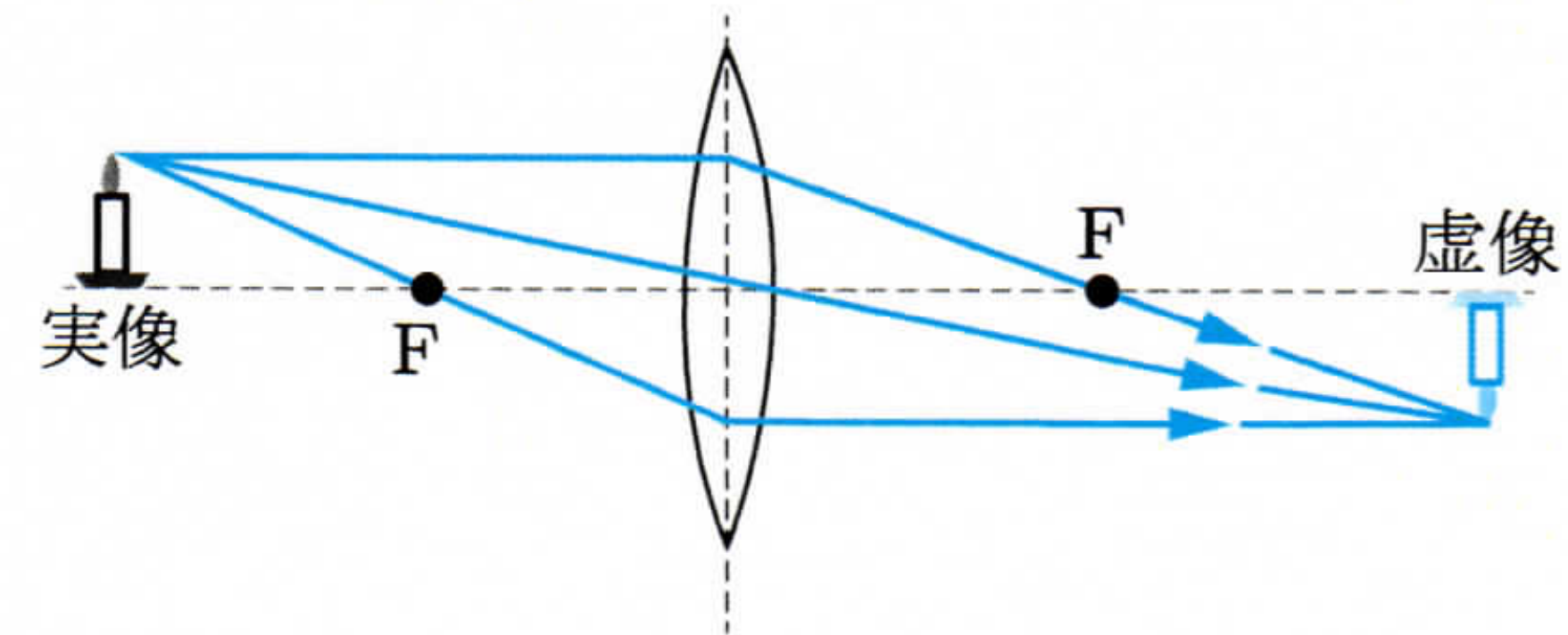
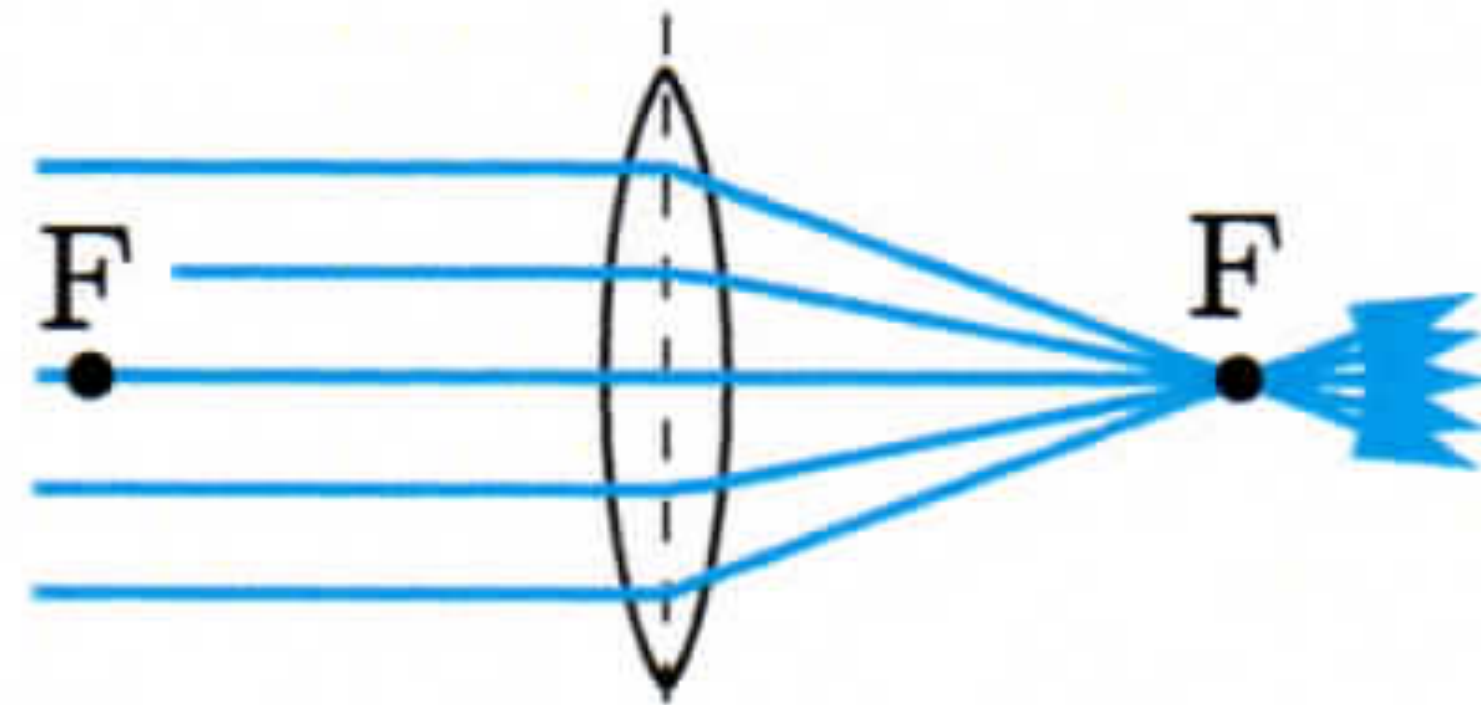
このカットがダイヤモンドの美しさを最大に引き出す形とされている。

1 ct = 0.2 g
インドの黒色いनाご豆の重さ

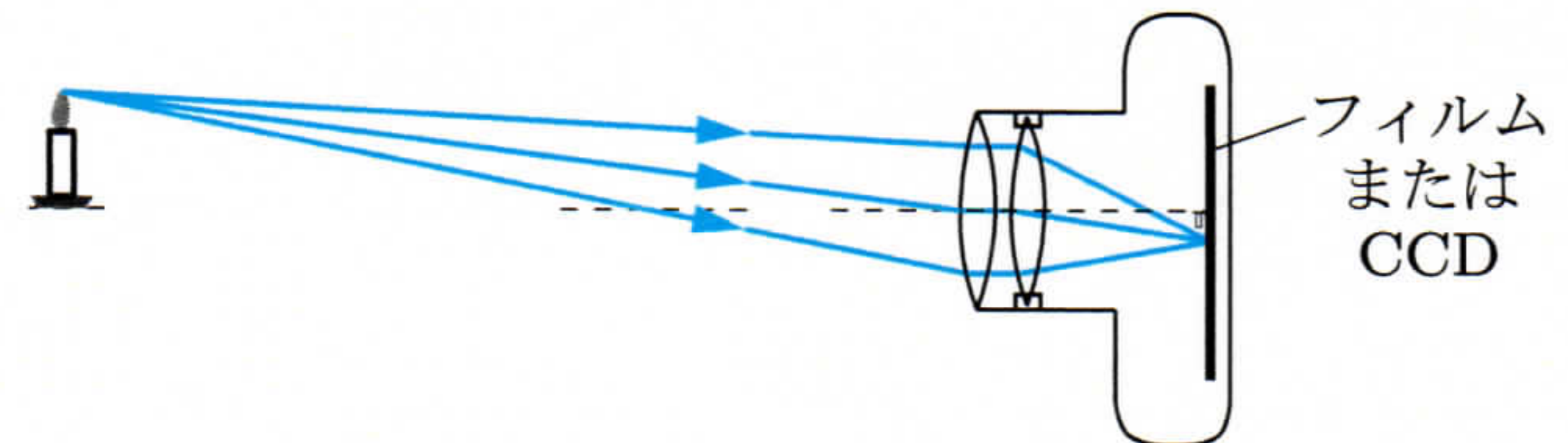
凸レンズによる像

positive lens

平行光線は焦点Fに集まる

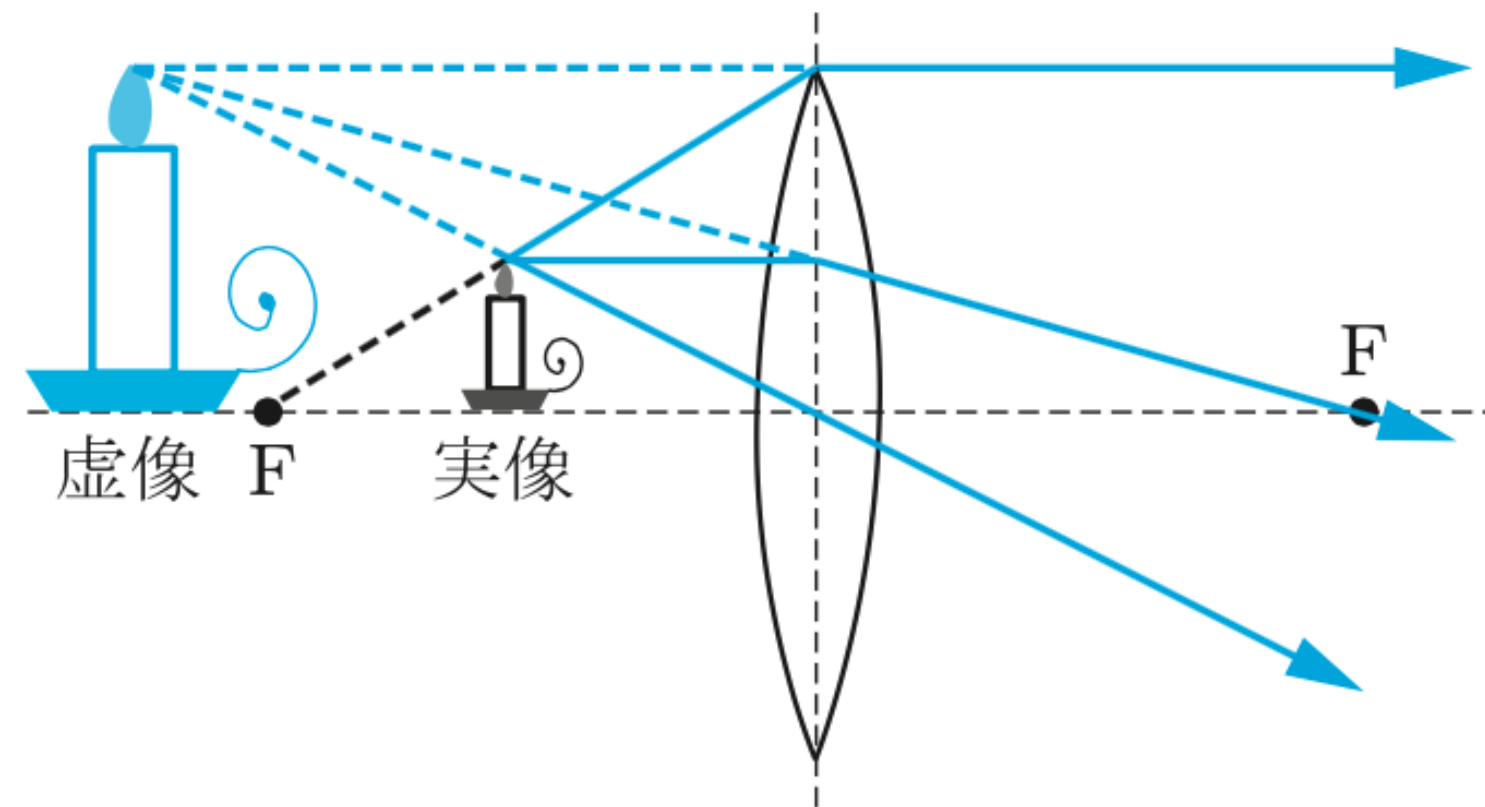


(b) 人間の目



凸レンズによる像 虫眼鏡・望遠鏡

図5.80 虫眼鏡



対物レンズ
object lens

接眼レンズ
eyepiece

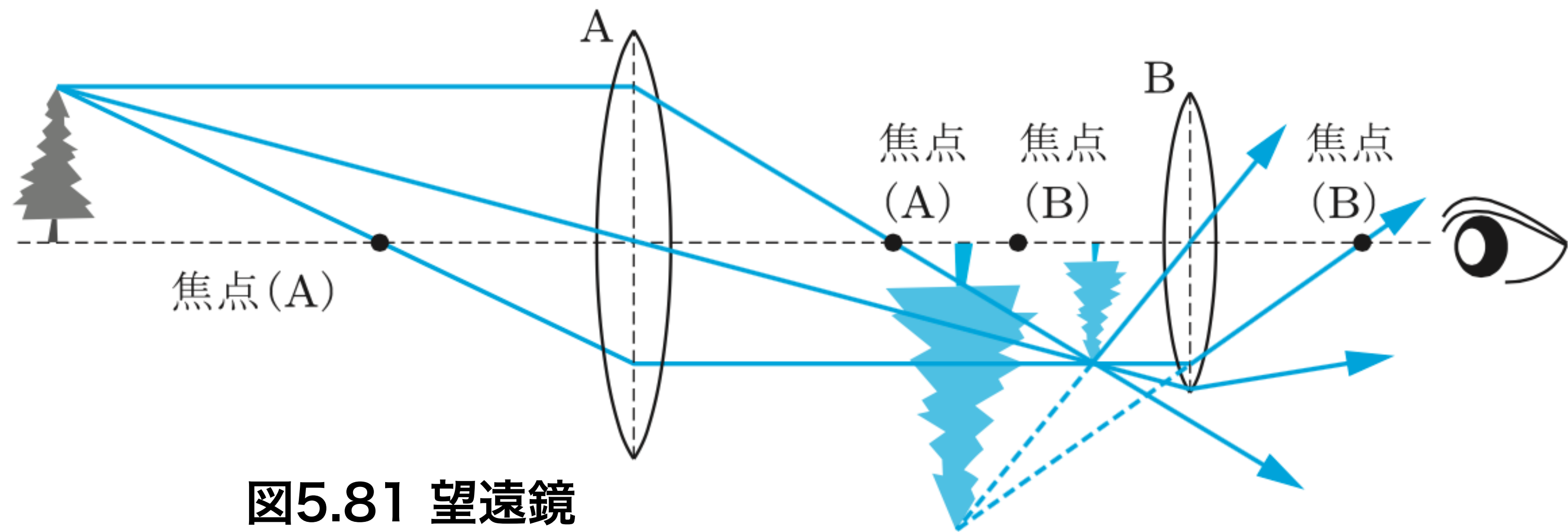


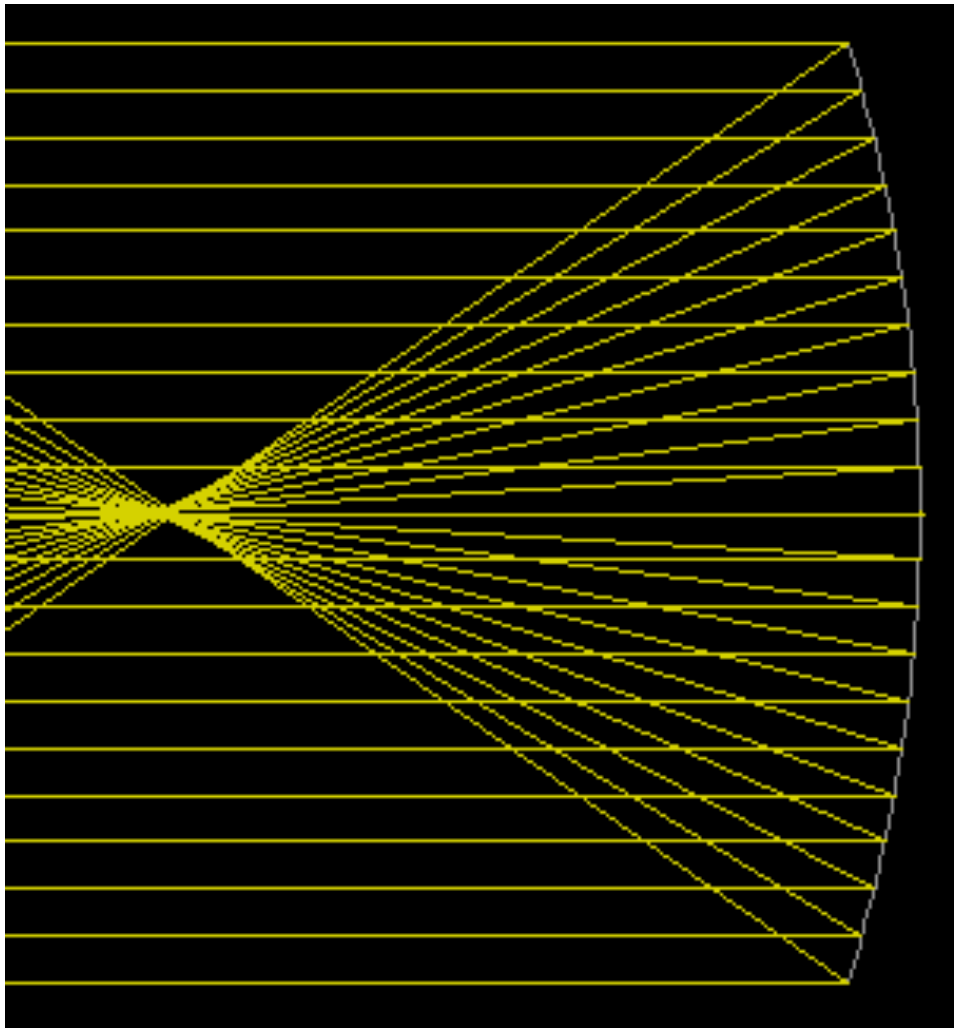
図5.81 望遠鏡

parabolic mirror

放物面鏡による像

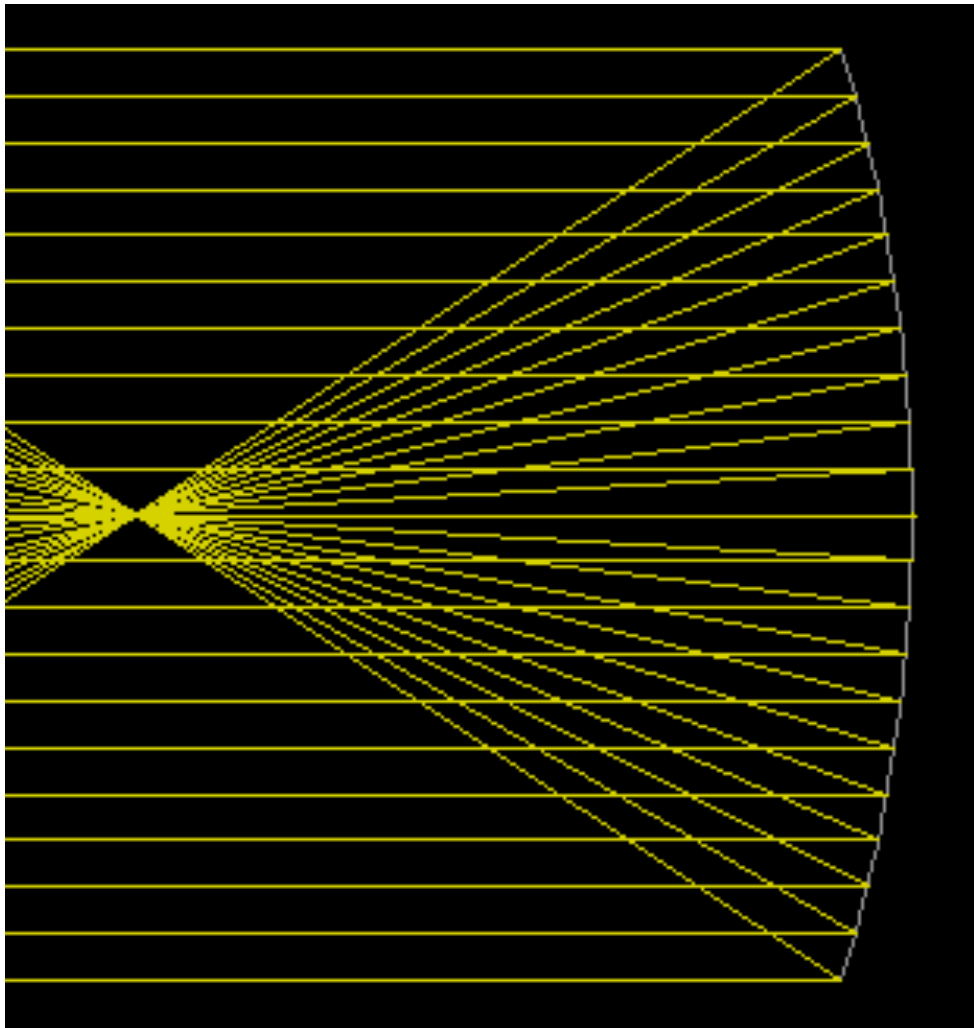
球面鏡

焦点でやや広がりをもって光が集まる

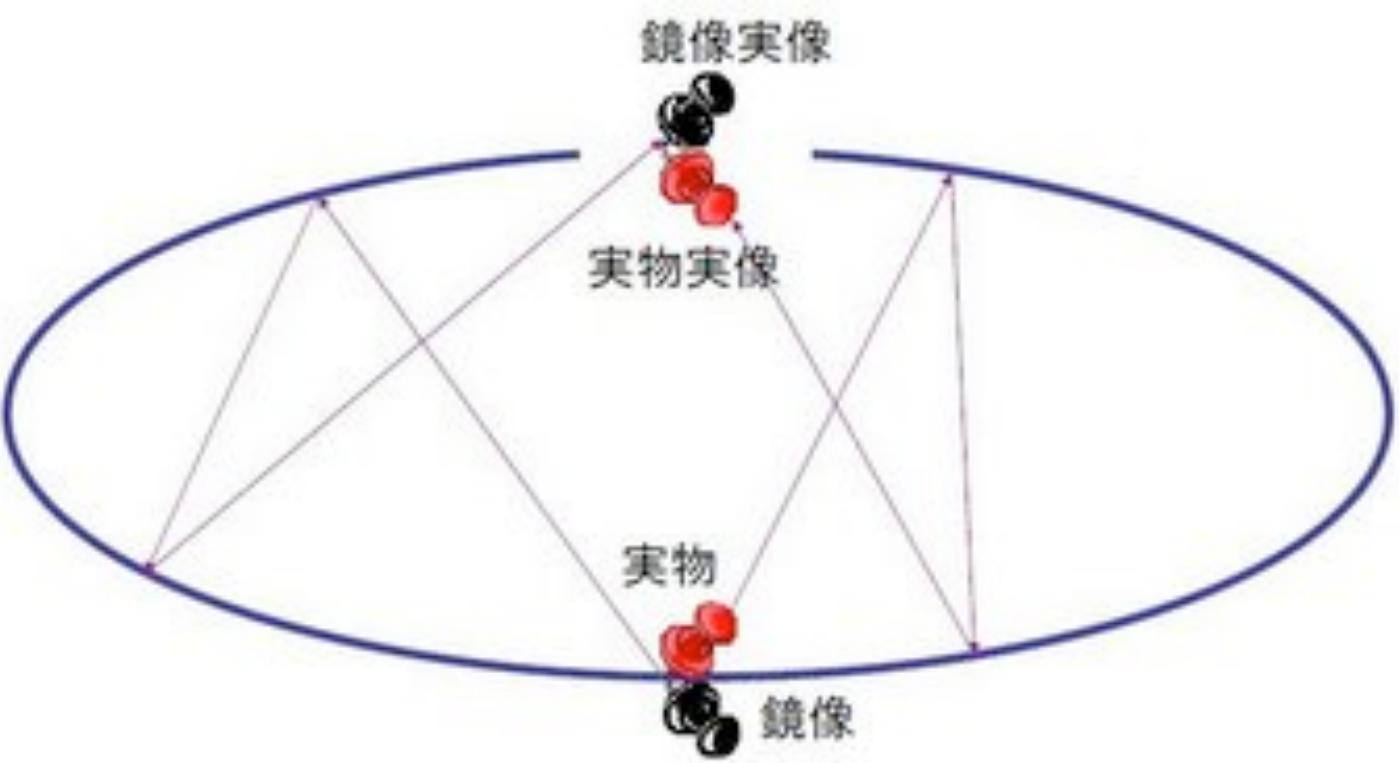


放物面鏡

完全に1点に光が集まる



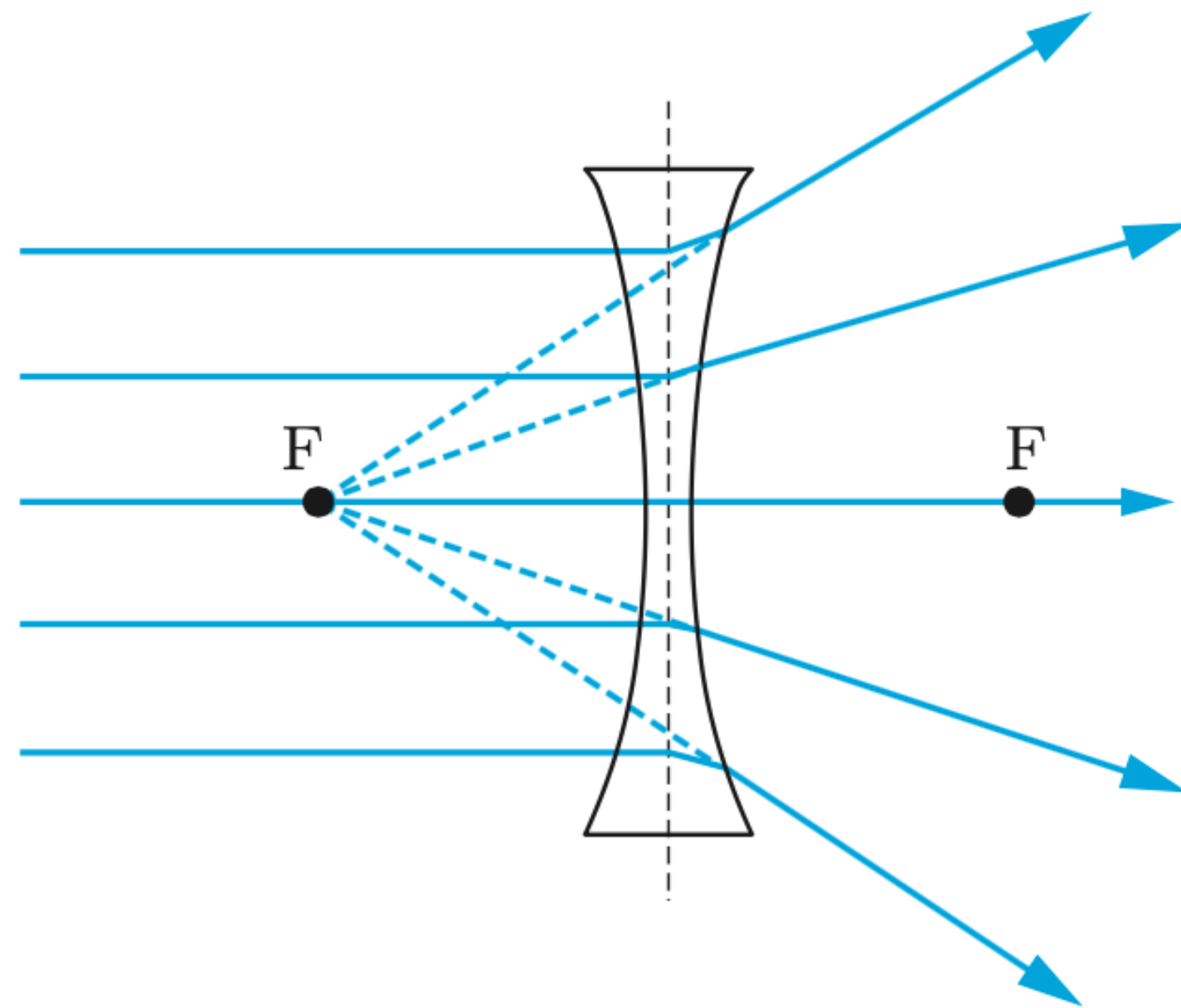
<http://www.astrophotoclub.com/hansya2.htm>



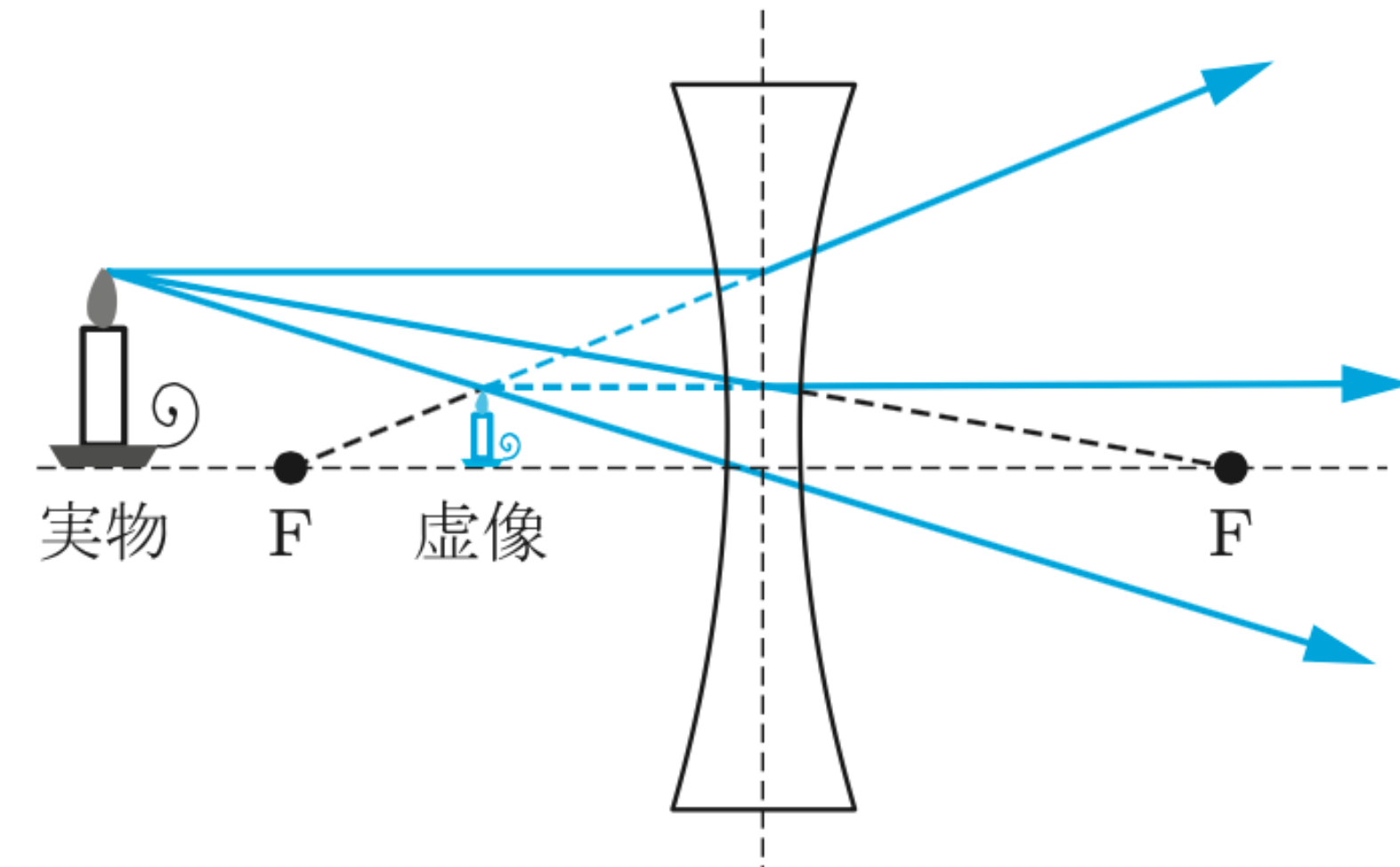
凹レンズによる像

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

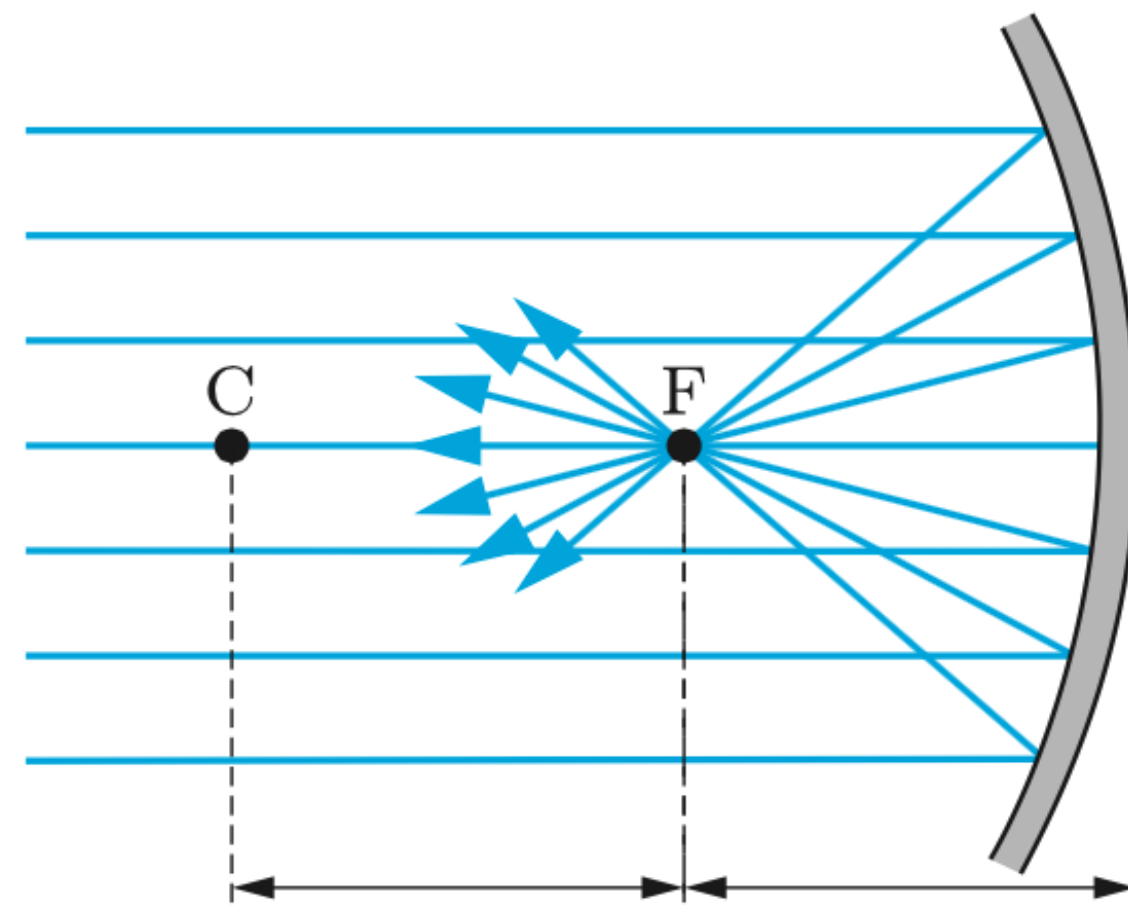


(b) 焦点より外側に置いた物体の像は縮小されて映る

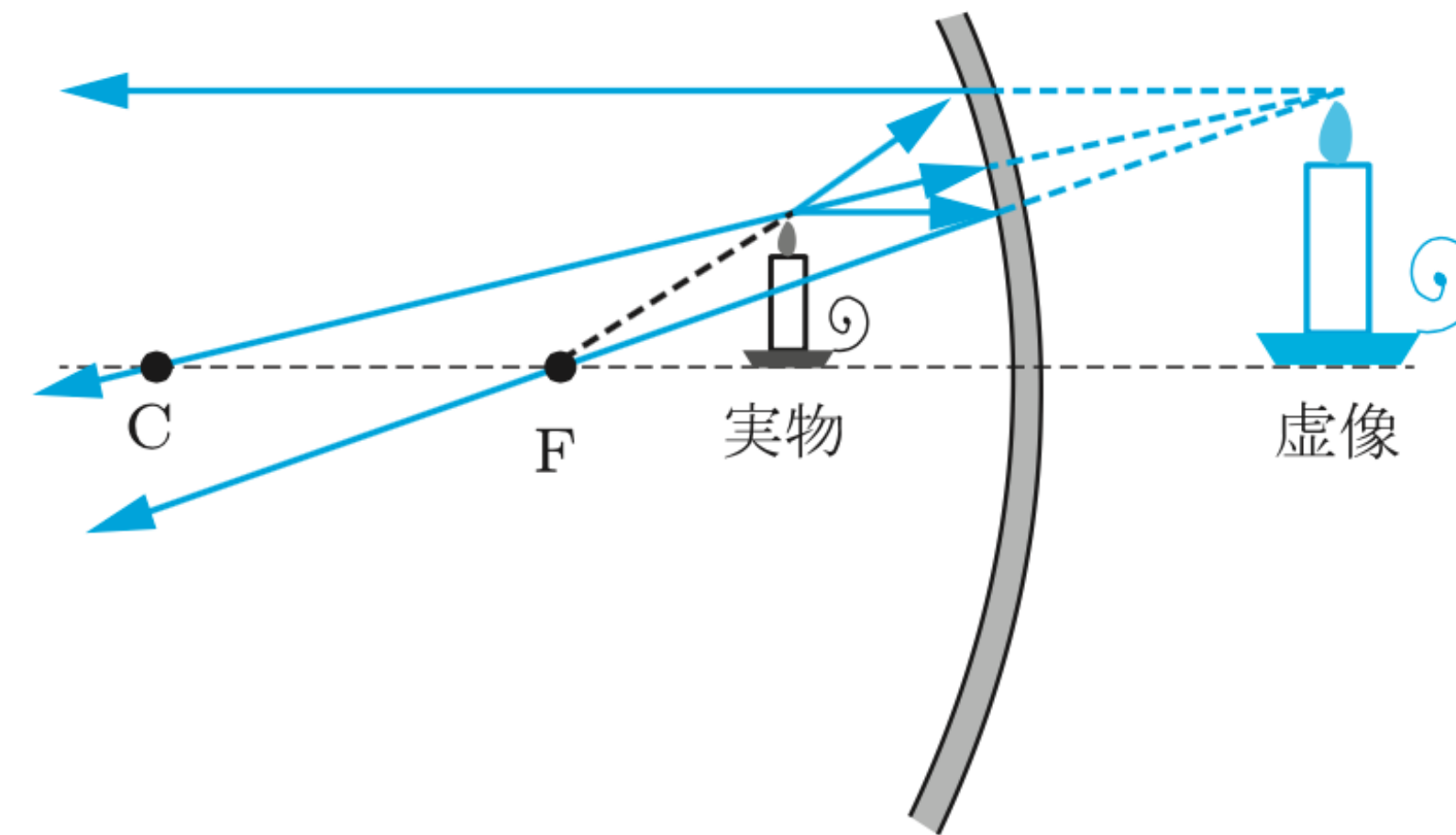
concave mirror

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



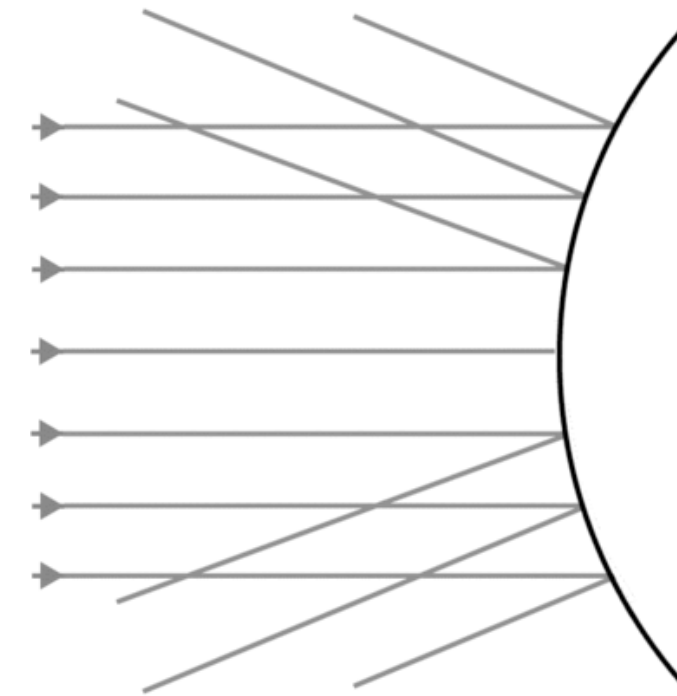
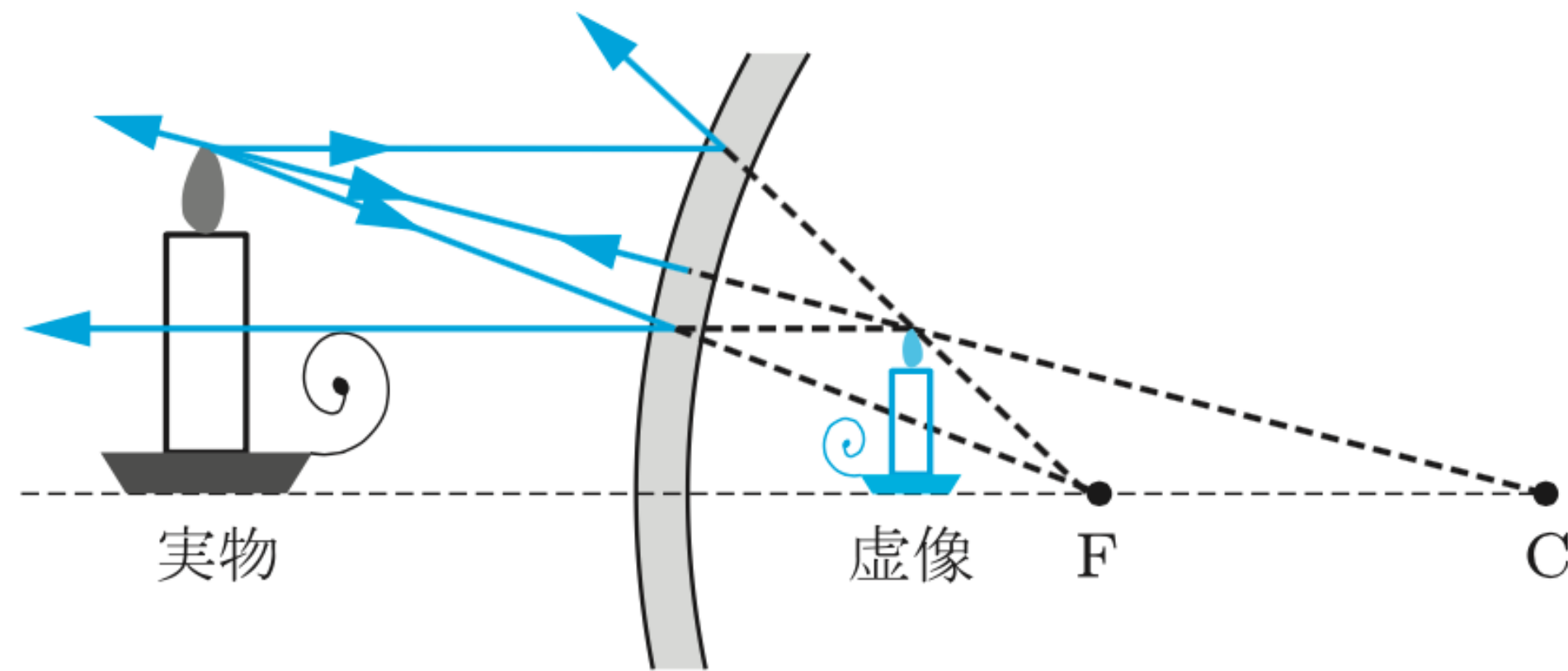
(b) 焦点より内側に置いた物体の像は拡大されて映る



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が」

6 電気と磁気

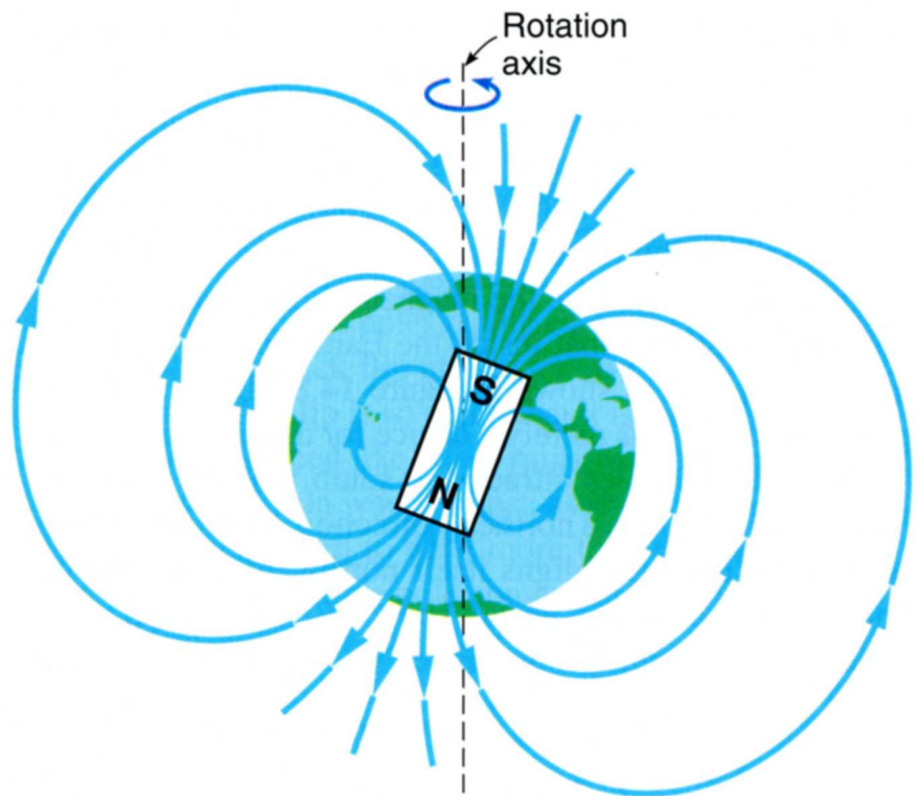
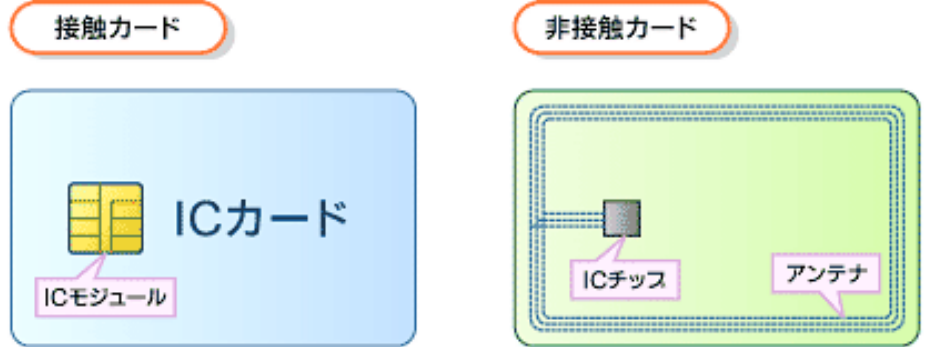


figure 14.8 The magnetic field of the Earth can be pictured by imagining a bar magnet inside the Earth (there is not one, of course), oriented as shown here.



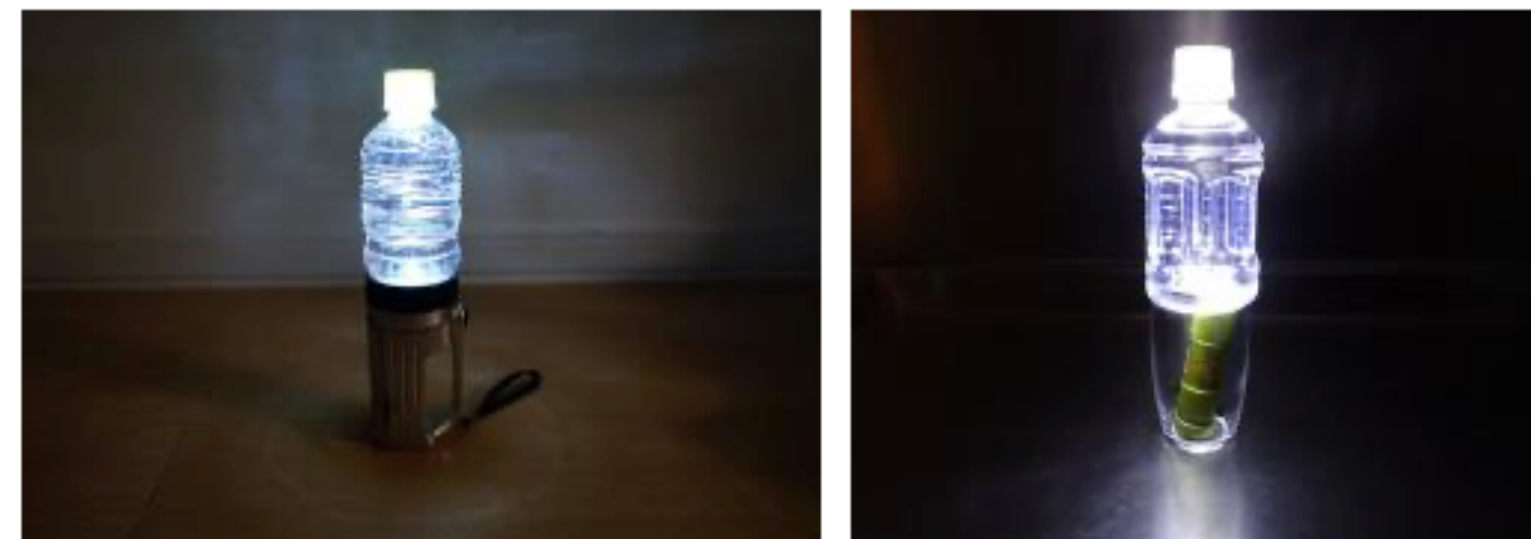
前回のミニッツペーパーから

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が入っていますよね？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）](#)

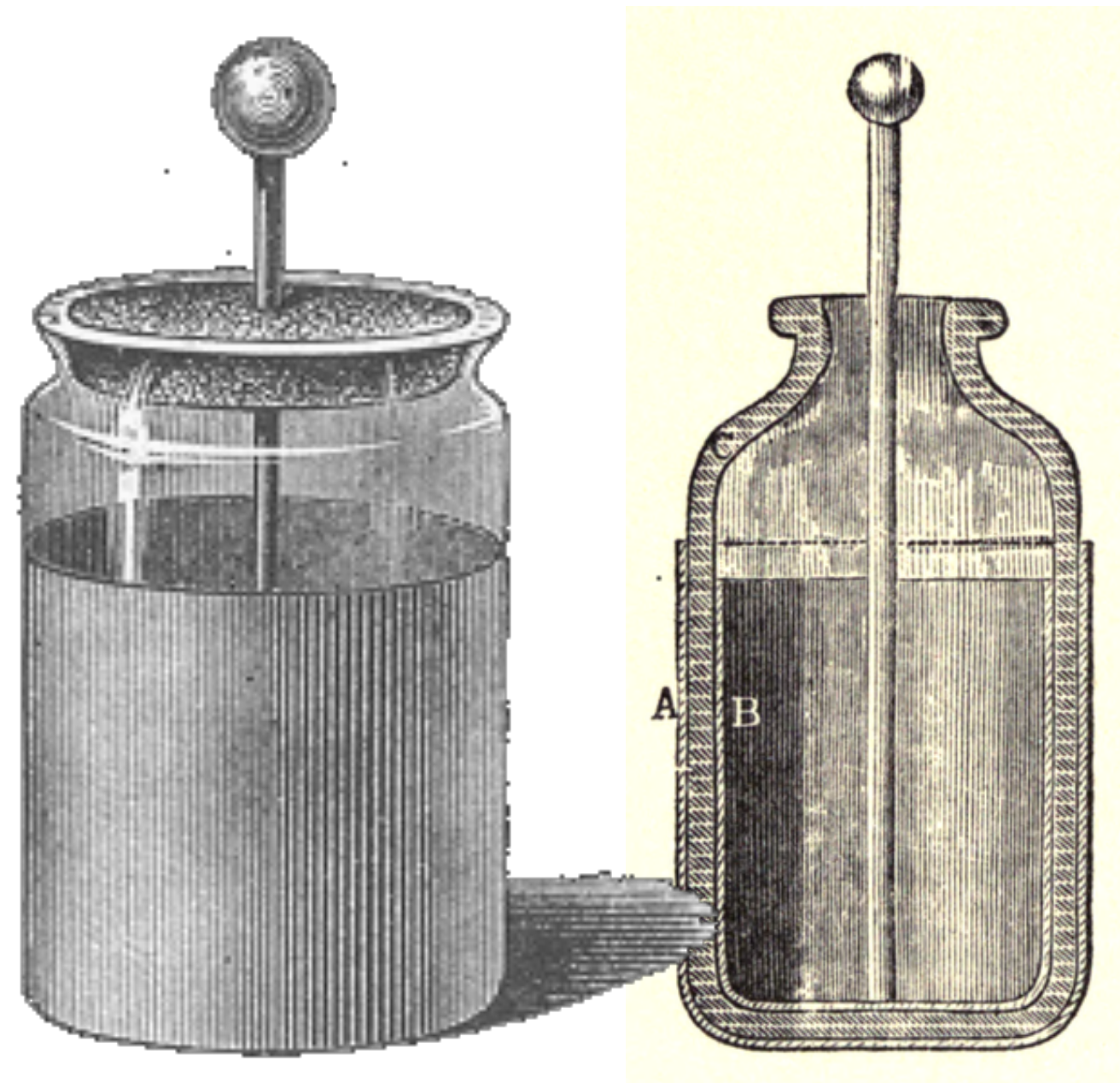
情報発信元

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）

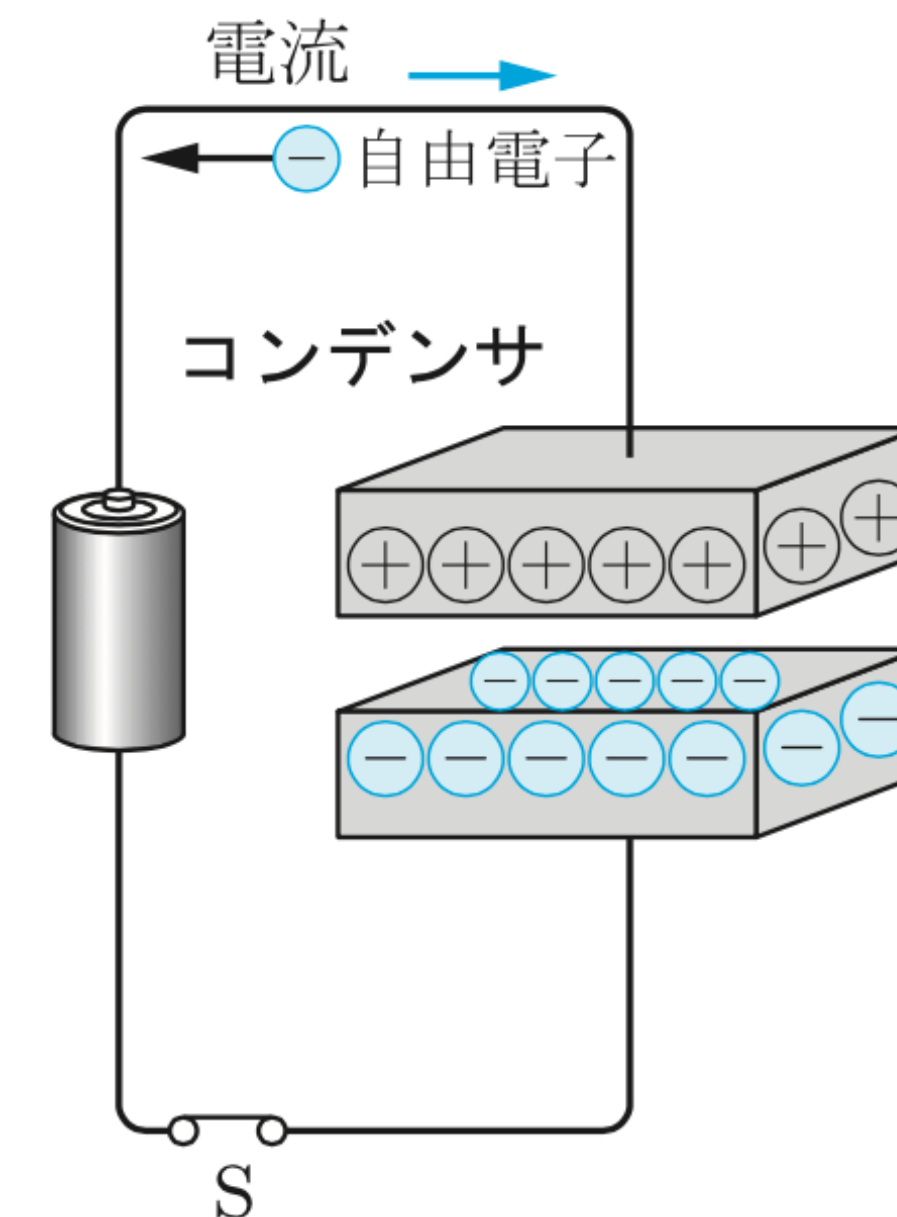
電気, 電荷

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。

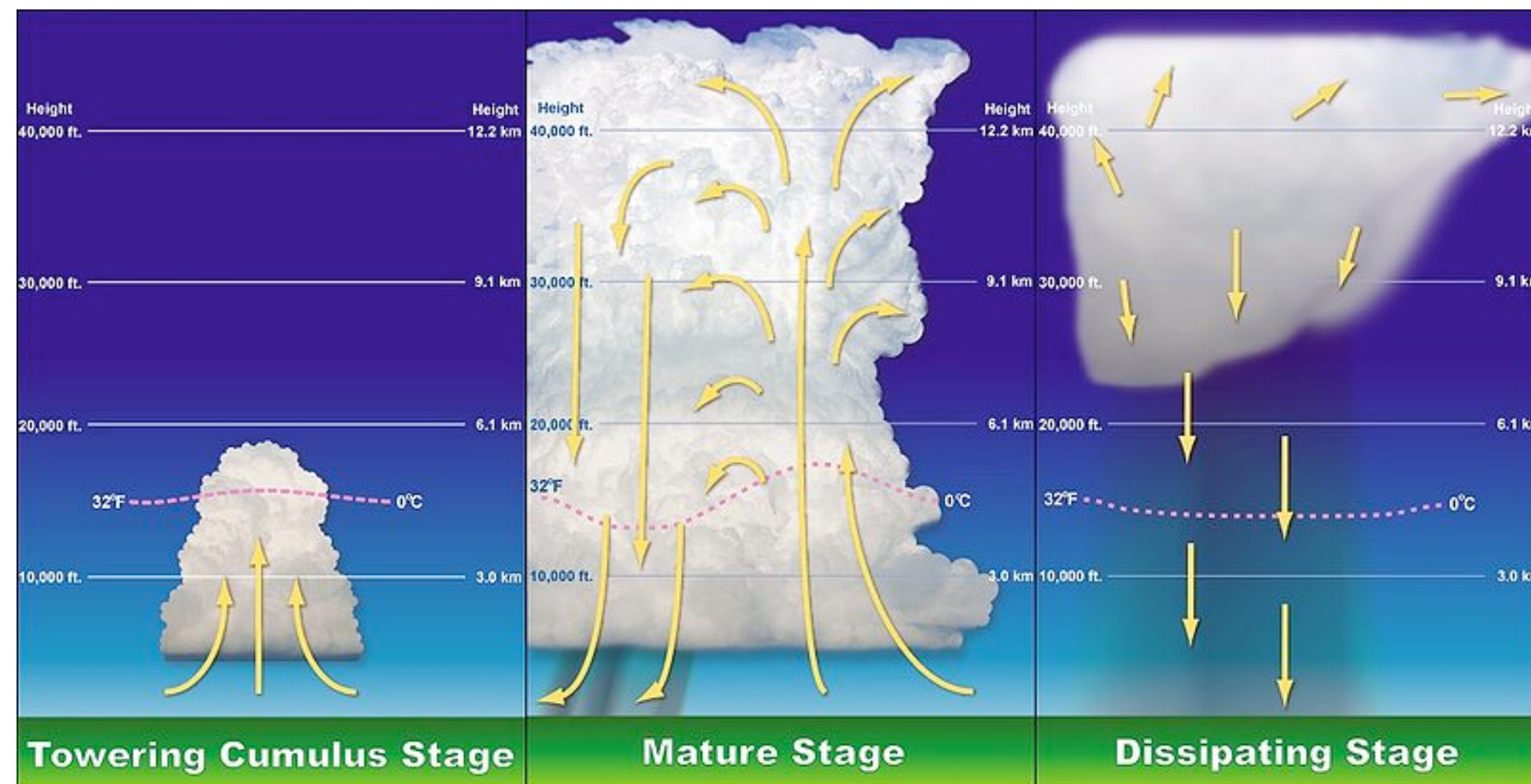


ライデン瓶
=コンデンサ
(キャパシタ)

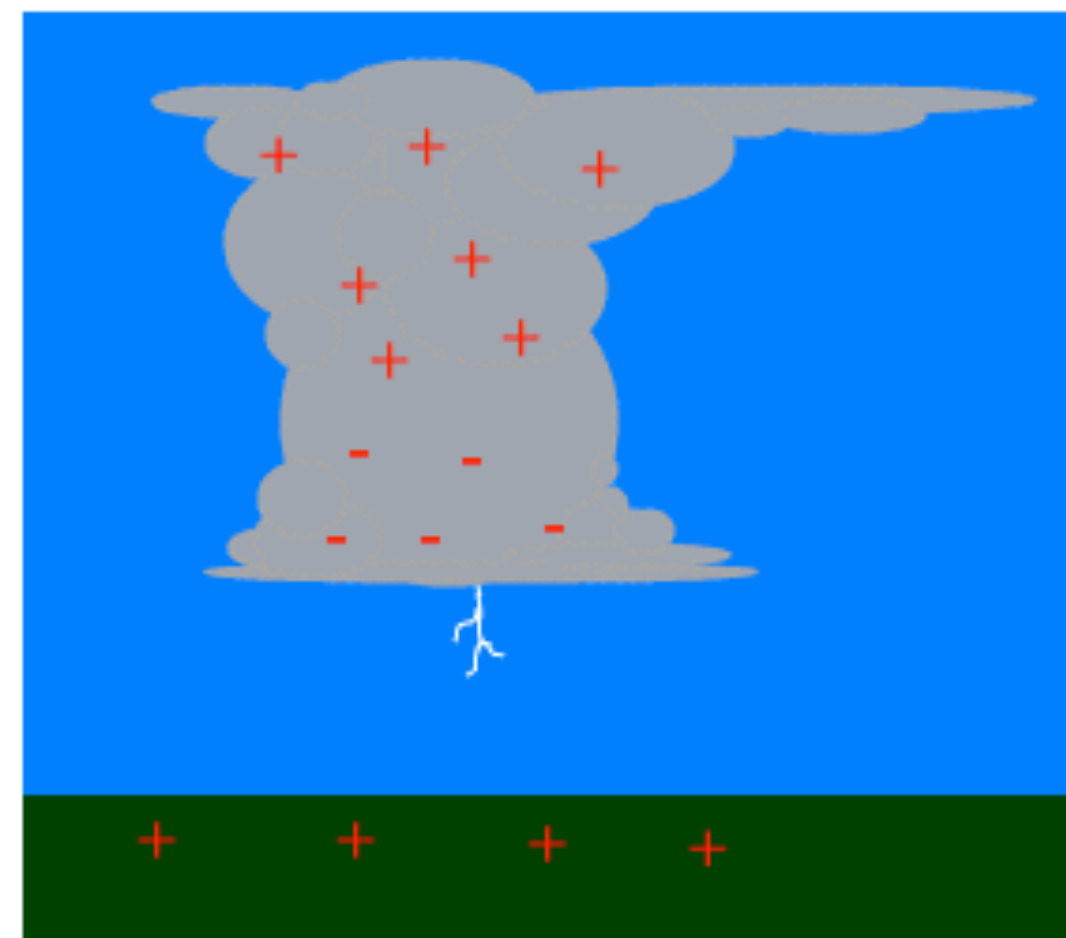
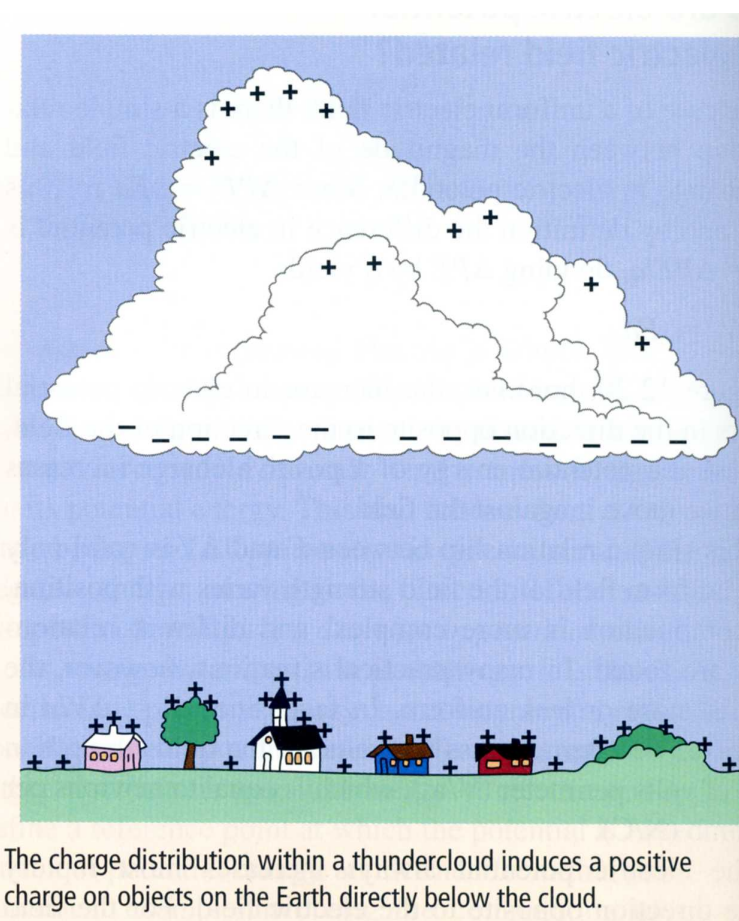


フランクリン 雷は電気であることを実証

雷はどのように発生しているのか??



Benjamin Franklin
(1706-90)



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.

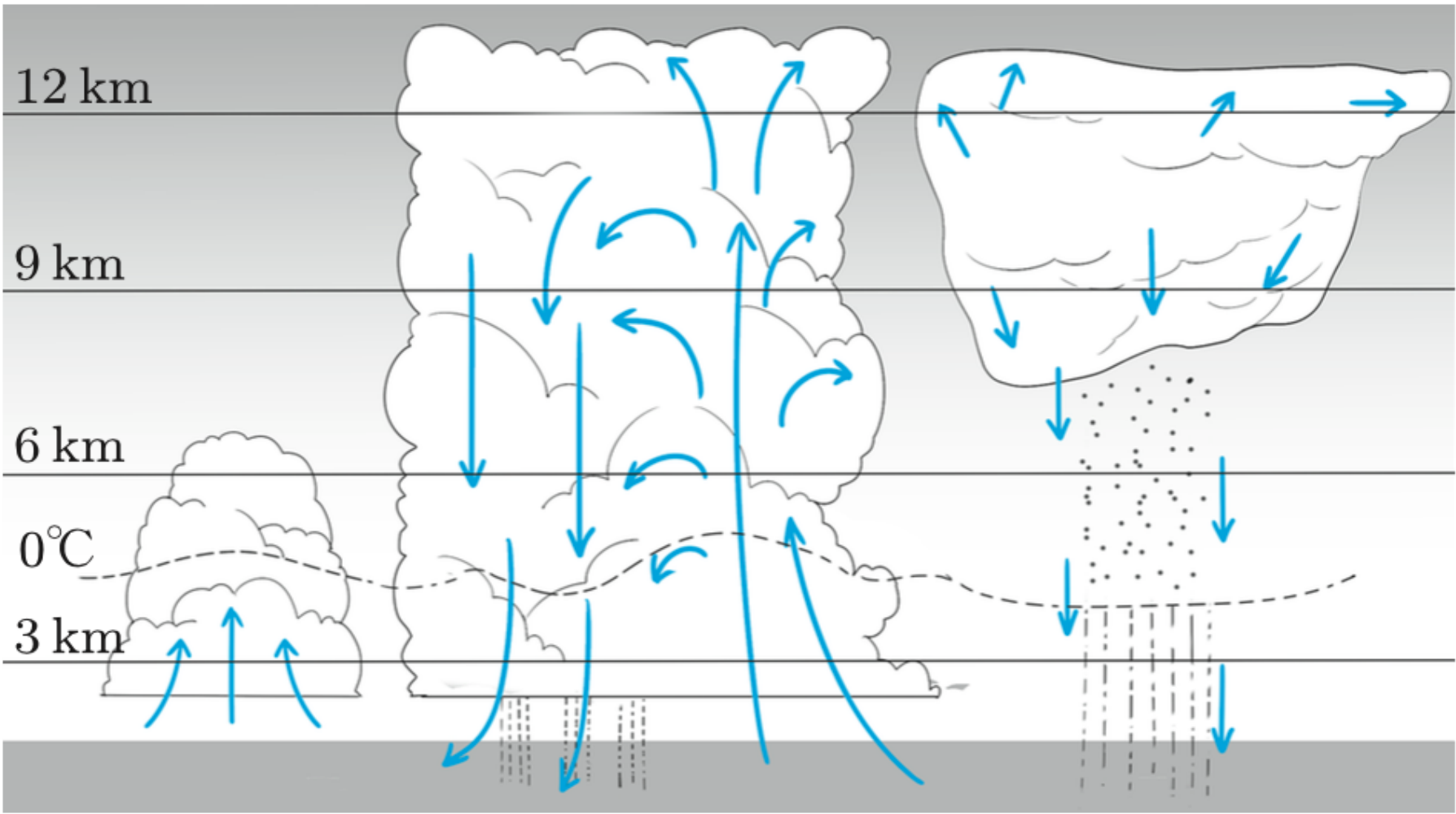
エネルギーに換算すると約900MJ, 家庭用エアコン(消費電力1kW)を240時間連続できる

雷の正体

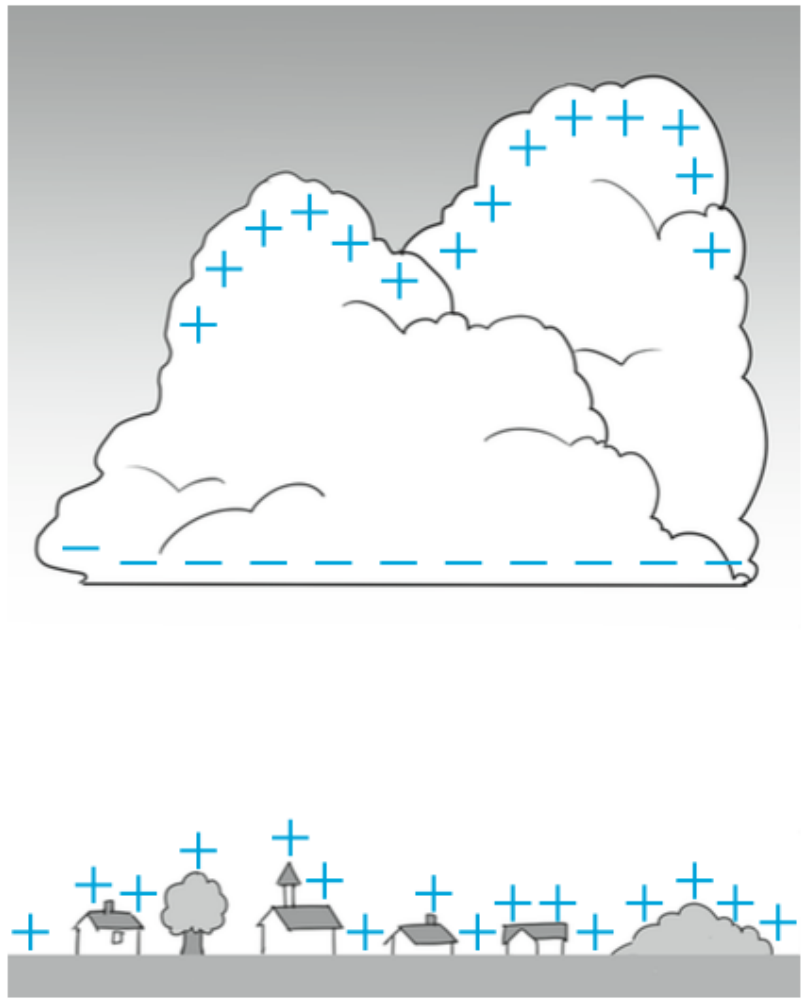
コラム 35 雷の正体

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

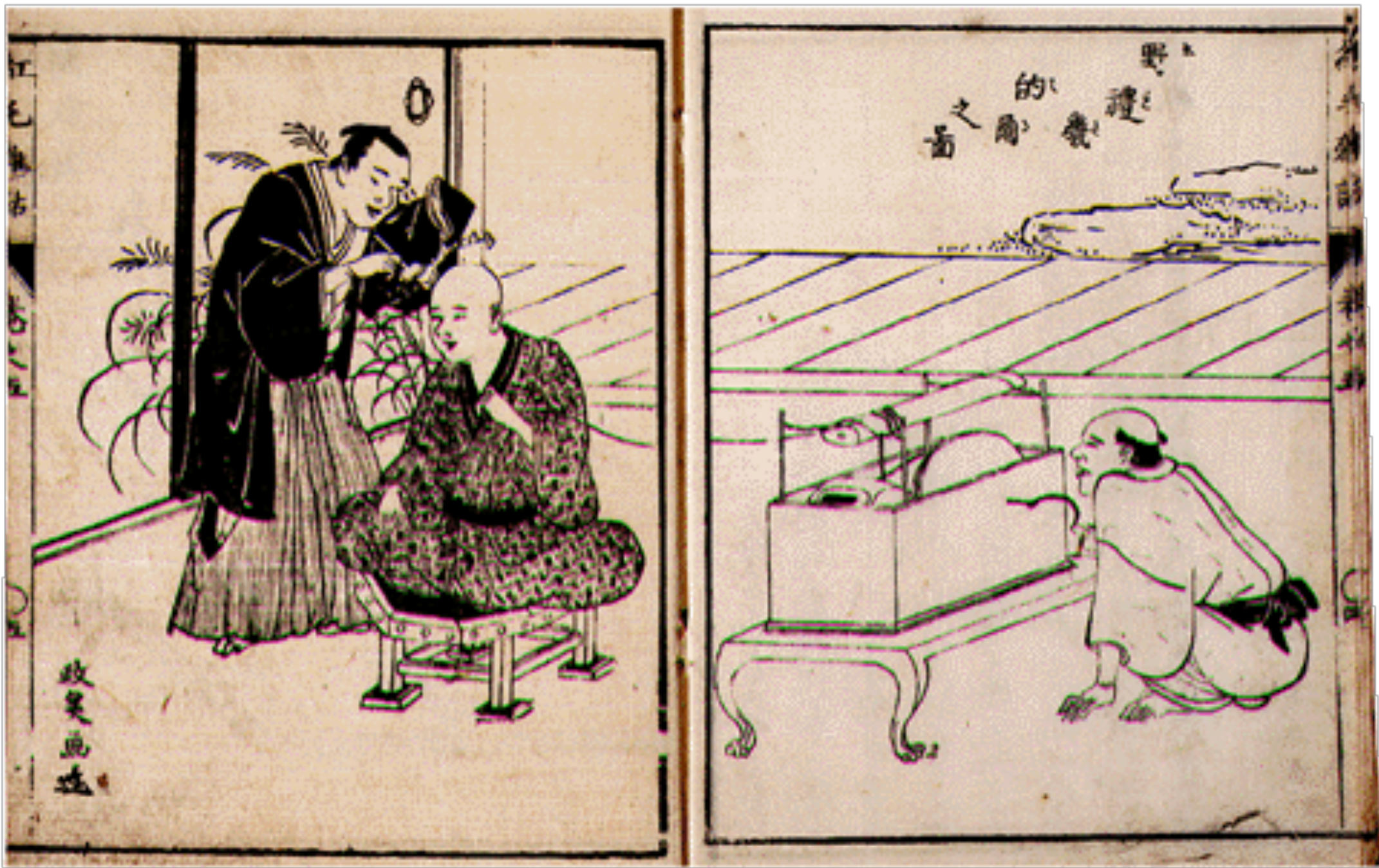


空気中では 3万[V/cm] で放電開始
人間の体は 4万[V]にいくことも.



【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）

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

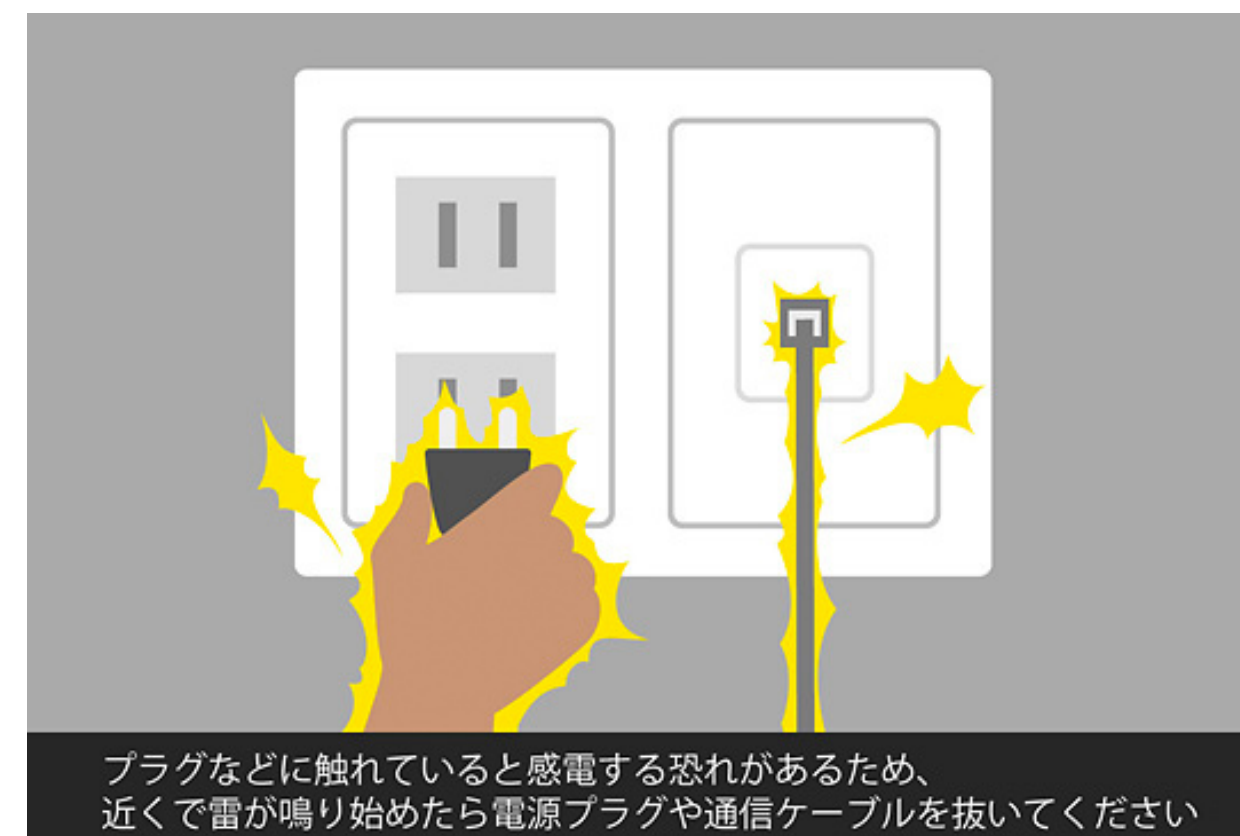
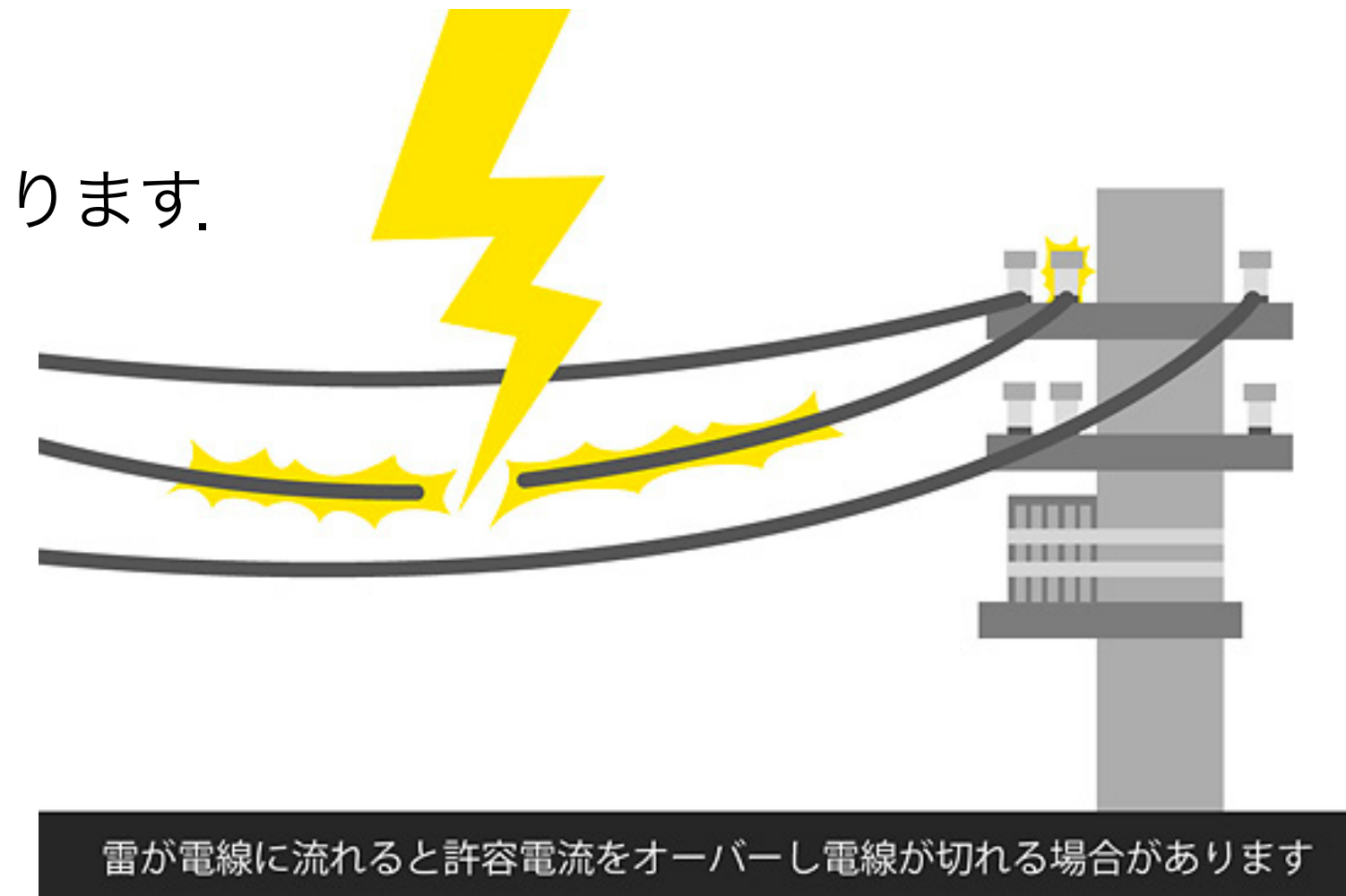
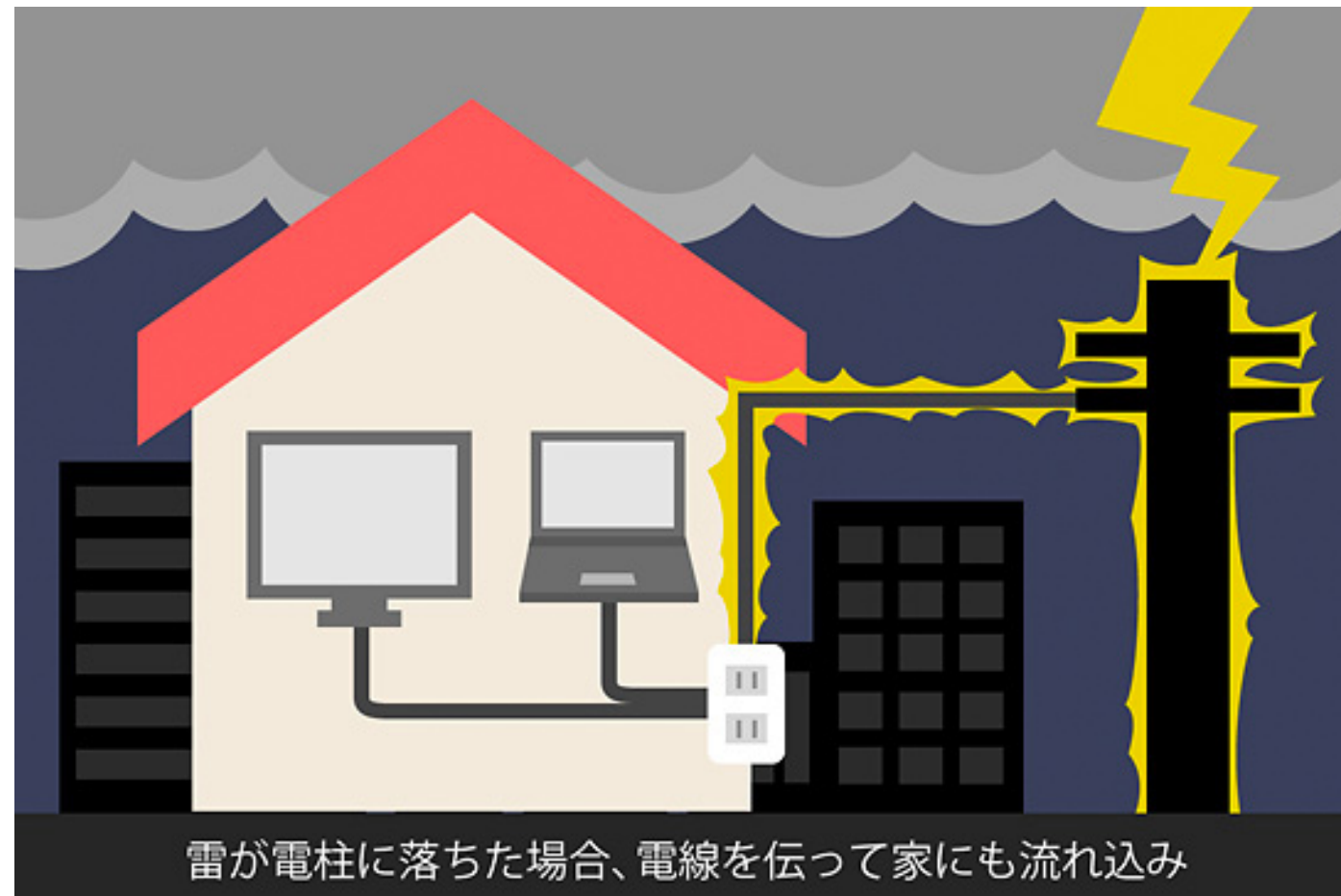


AED
自動体外式除細動器 Automated External Defibrillator
電気ショックで心臓の働きを戻す

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。

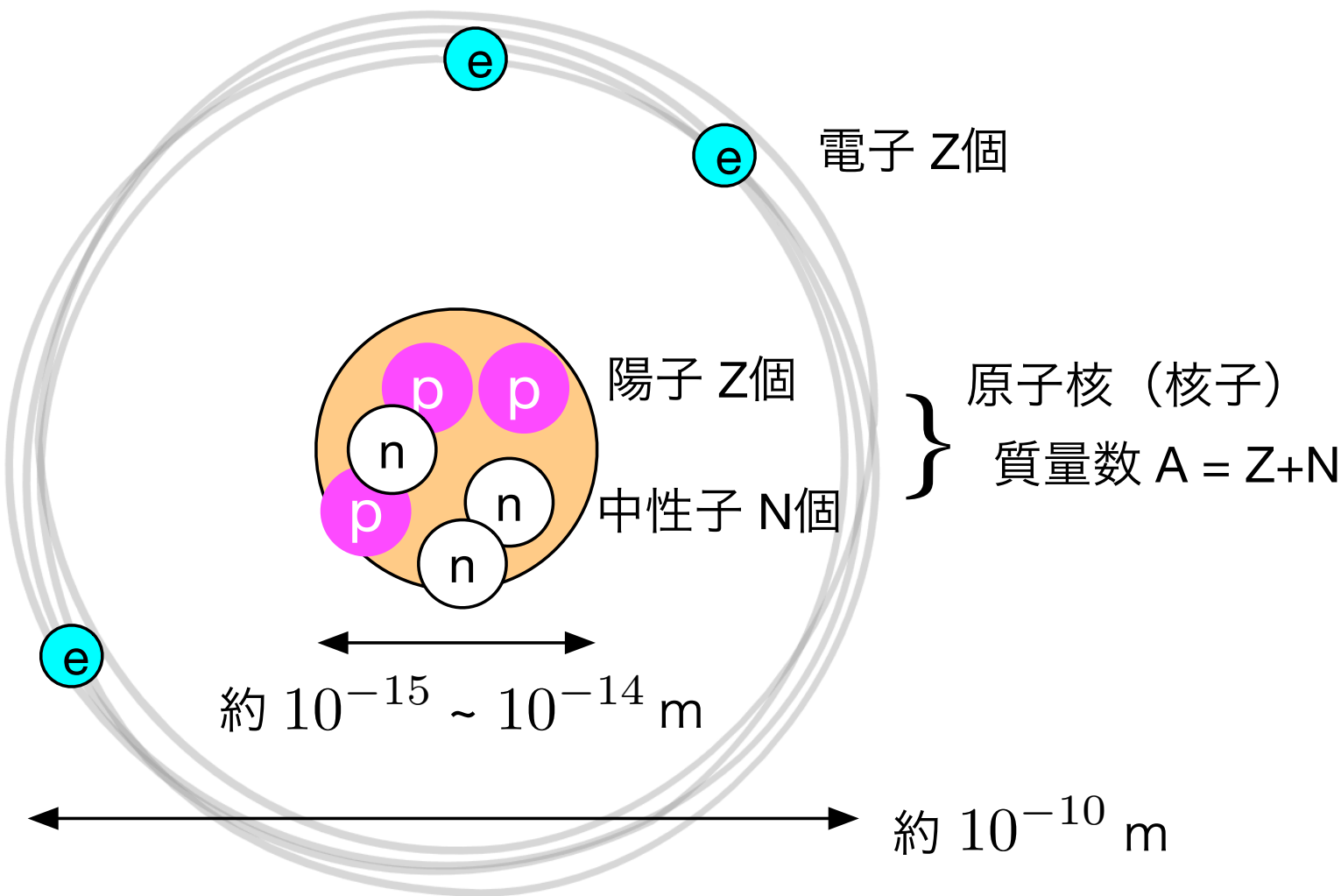


電気の正体

陽子，中性子，電子

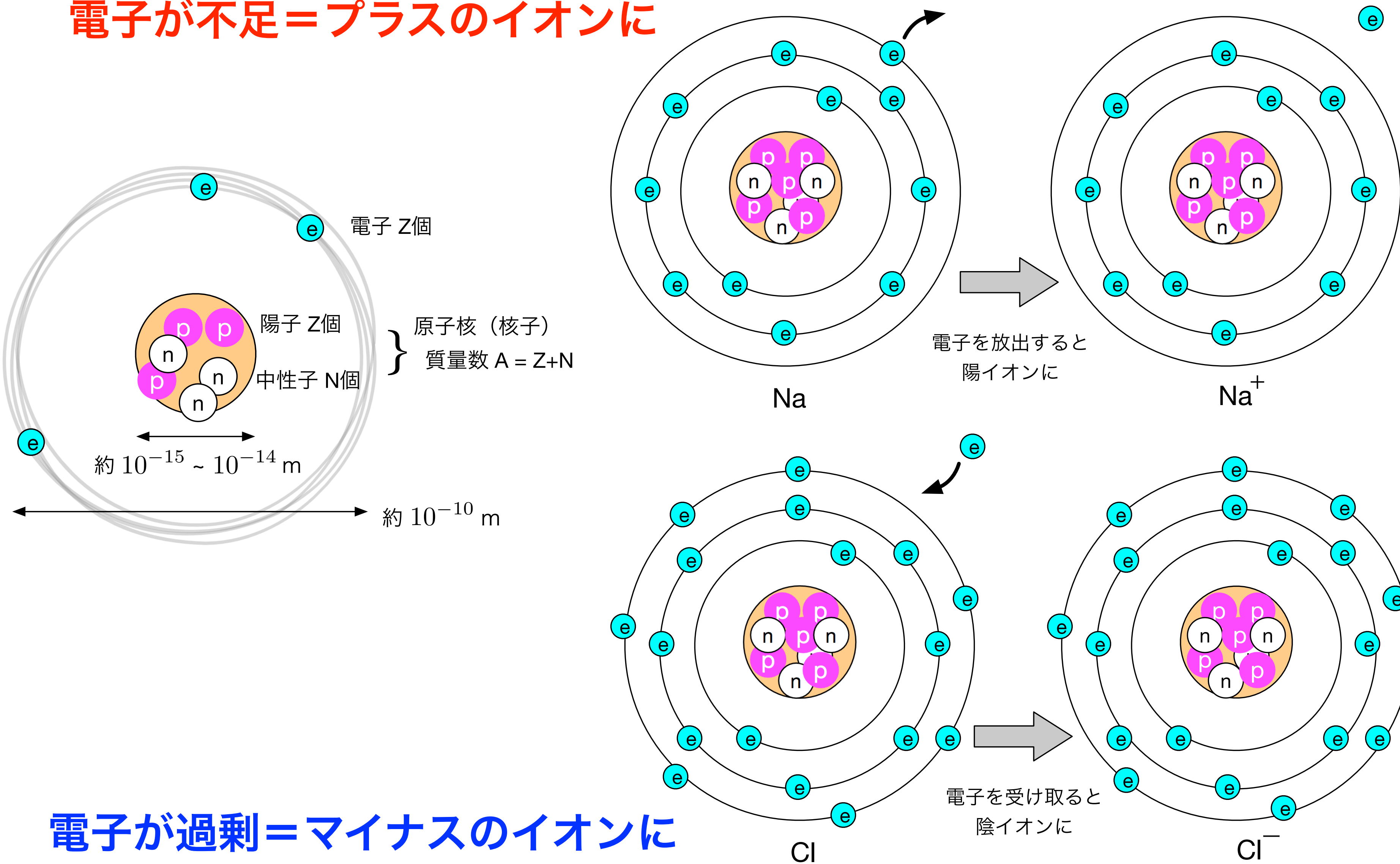
原子は**原子核**と**電子**からできていて，原子核は**陽子**と**中性子**から構成されている．電子は負の，陽子は正の電気をもっていて，中性子は電気をもたない．電子1つと陽子1つのもつ電気量は，符号が異なるが同じ大きさであり， $e = 1.6 \times 10^{-19}$ [C] である（この値を**電気素量**という）．

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



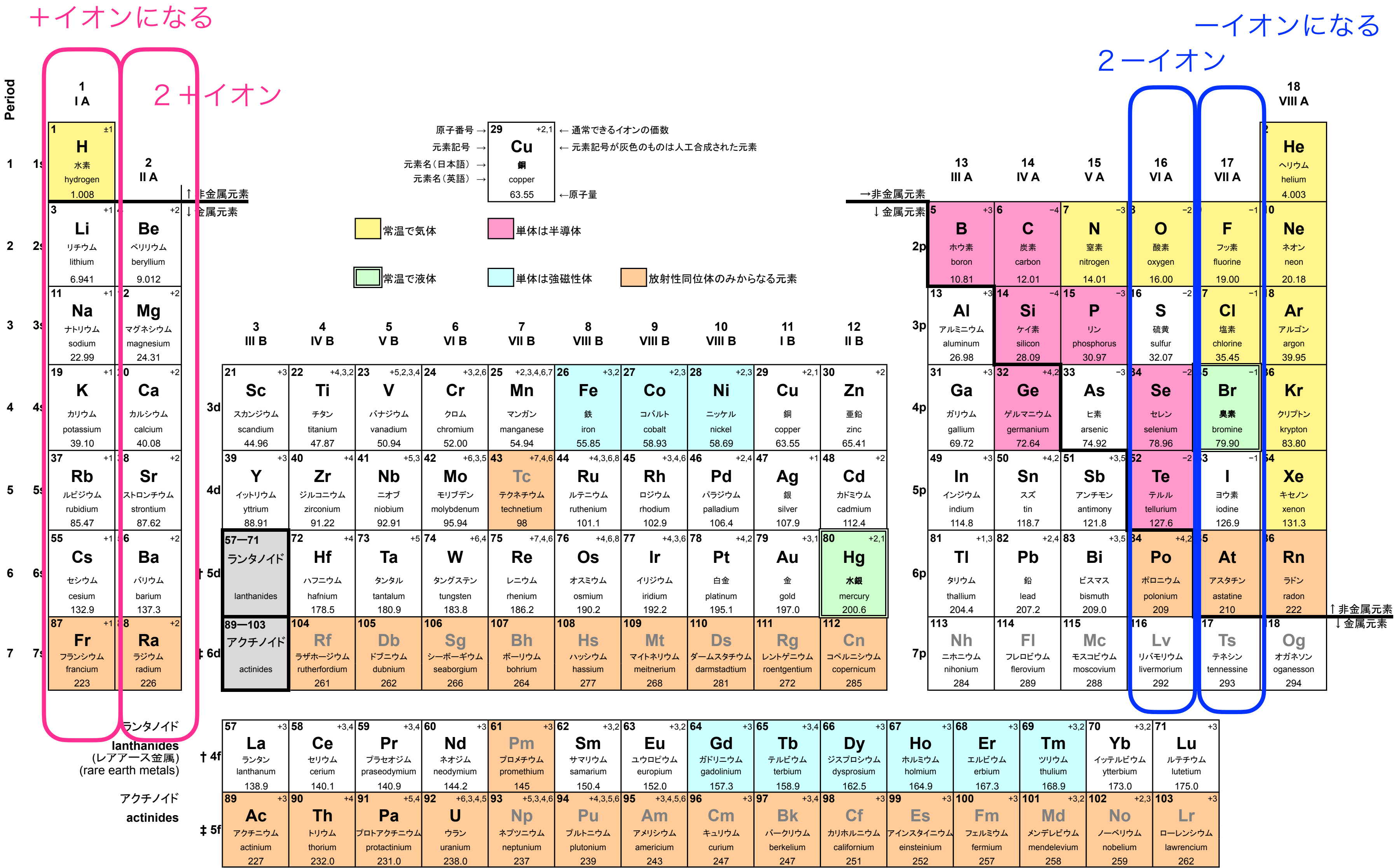
電気の正体

電子が不足＝プラスのイオンに



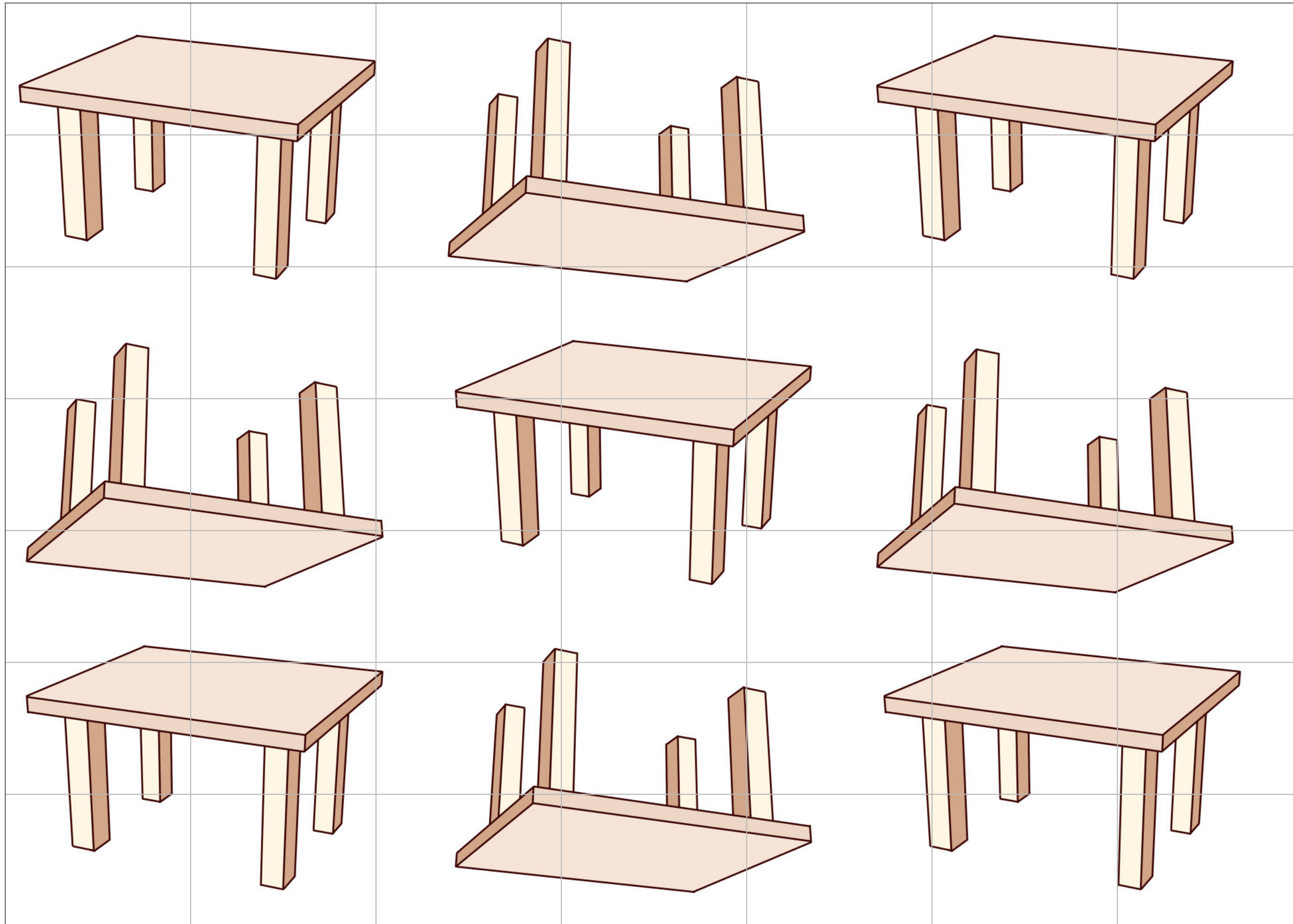
電子が過剰＝マイナスのイオンに

周期表 (periodic table)



9 3 番以降は, すべて人工合成されたもの

周期表 (periodic table)



イオン (ion), 自由電子

イオン

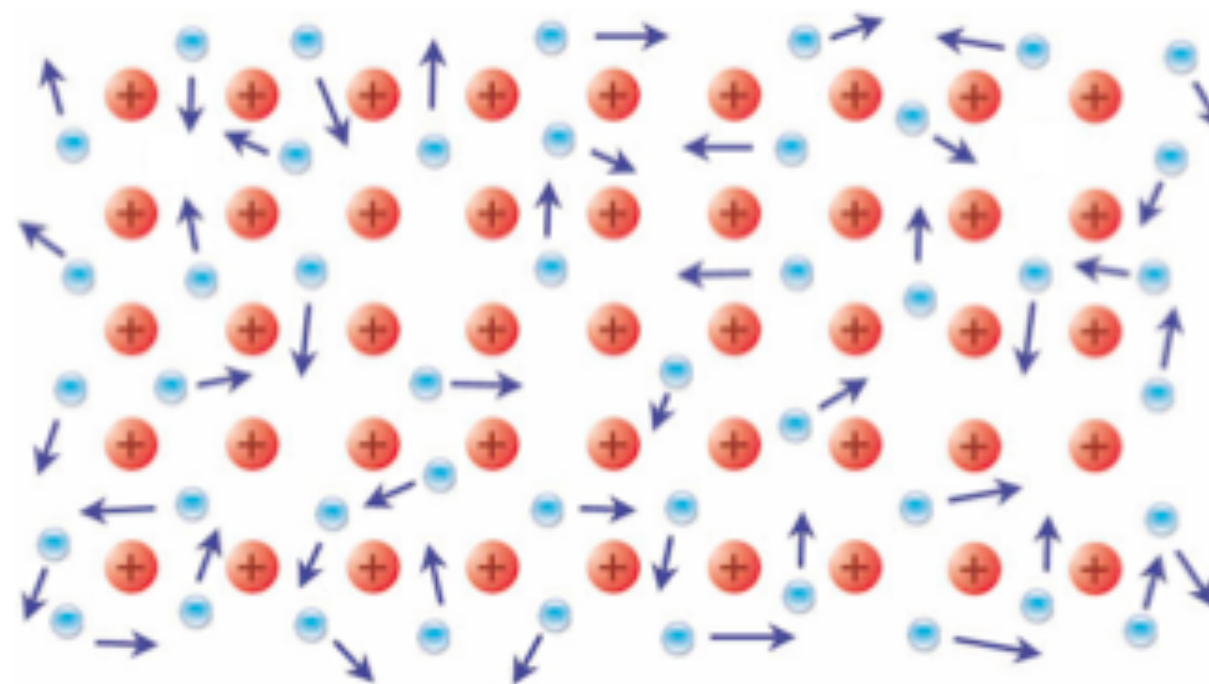
普通の原子は陽子と電子の数は等しく、電氣的に中性である。正負の電荷のバランスがくずれた原子・分子を**イオン**という。つまり、

電子が不足 \Rightarrow 正イオン

電子が過剰 \Rightarrow 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。



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。



帯電列

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



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

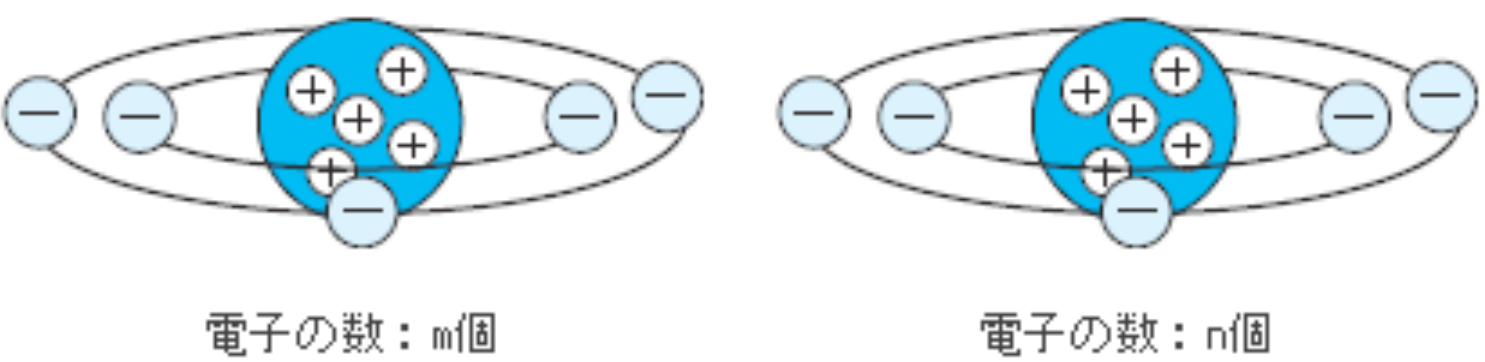
start on click, 1min

静電気 発生するのは、物体の接触や摩擦

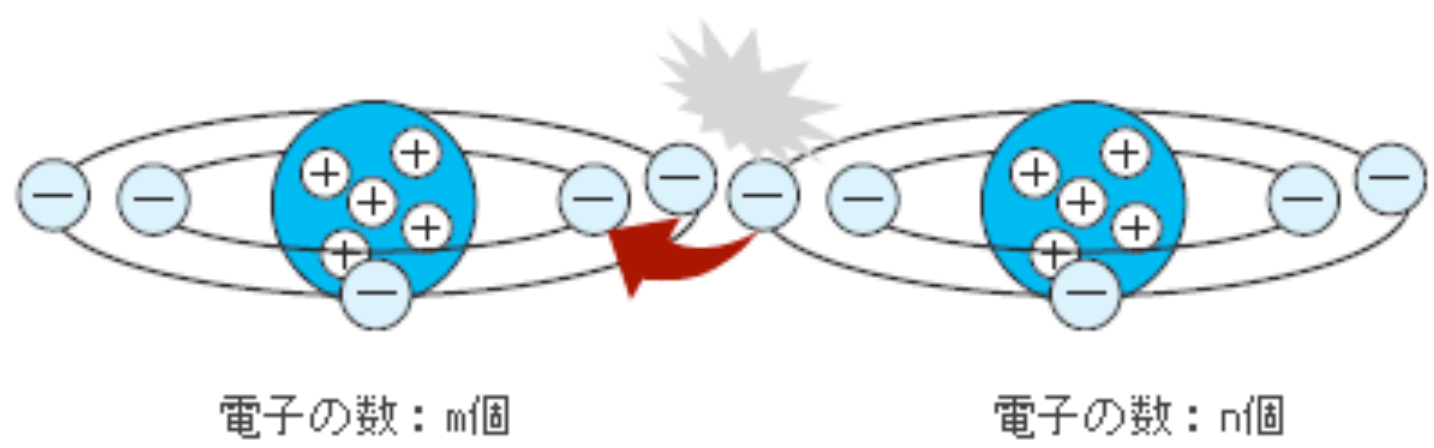
静電気はどのように発生するのでしょうか？

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？

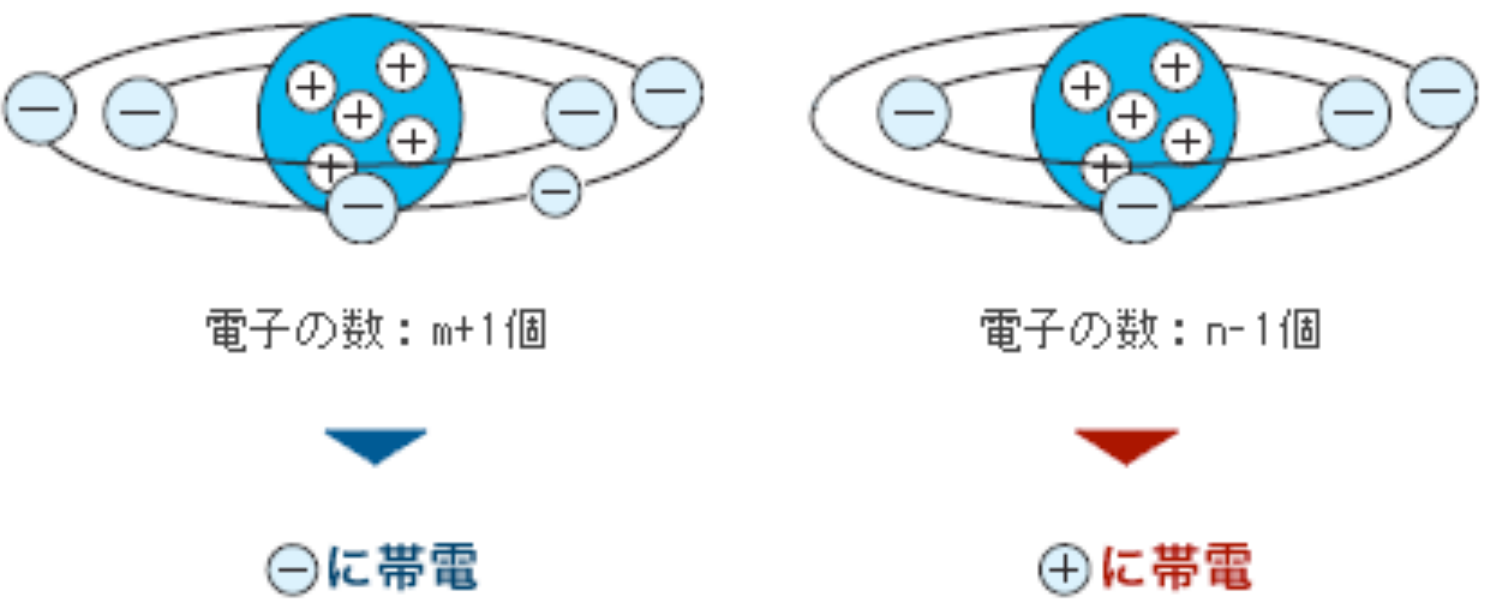
(1)原子は+の電荷を持つ陽子と-の電荷を持つ電子、および中性子から構成されています。通常は陽子と電子の数は同じであり、電気的に中性で安定な状態を保っています。



(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。

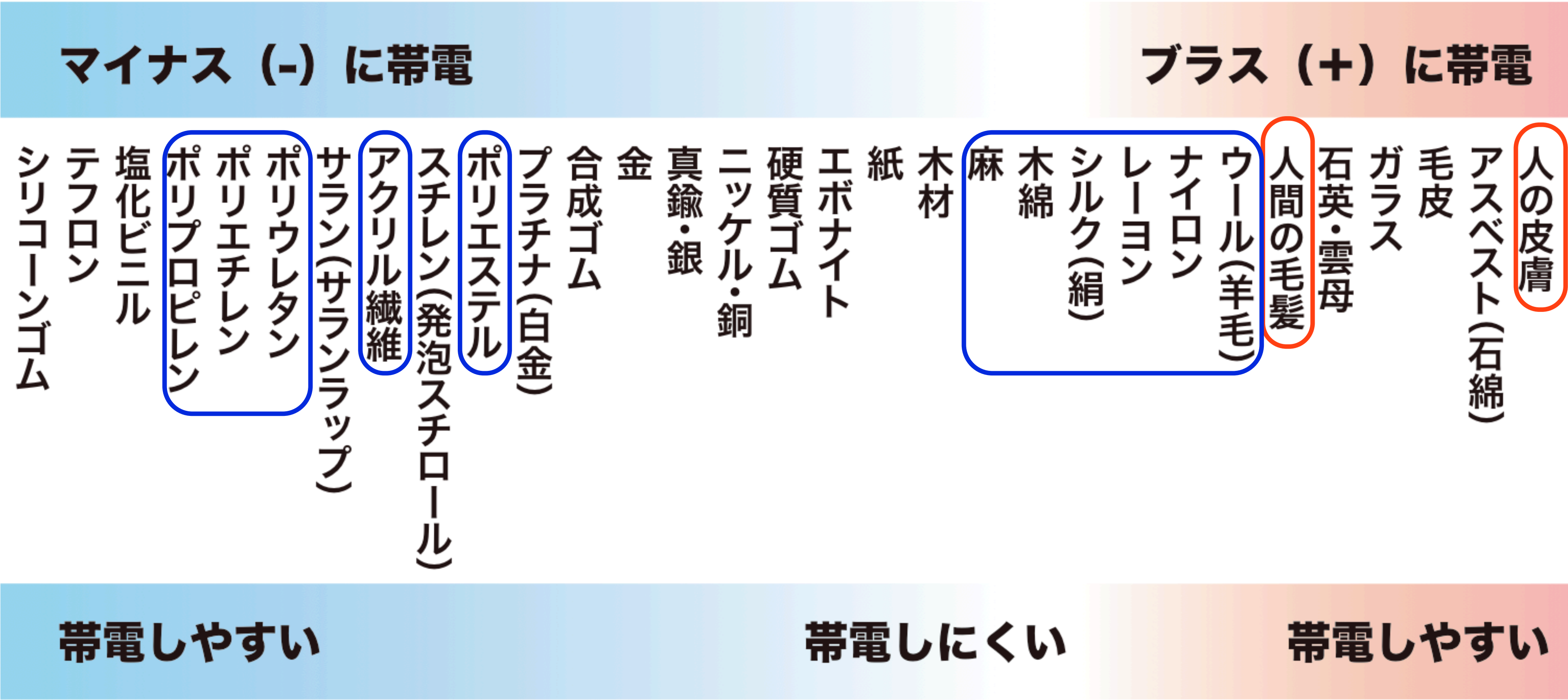


(3)電子の移動によって物質の電気的中性はなくなり、物質は静電気を帯びます。電子を奪った側の物質は-に帯電し、電子を奪われた側の物質は+に帯電します。これが静電気発生メカニズムです。



tiktok

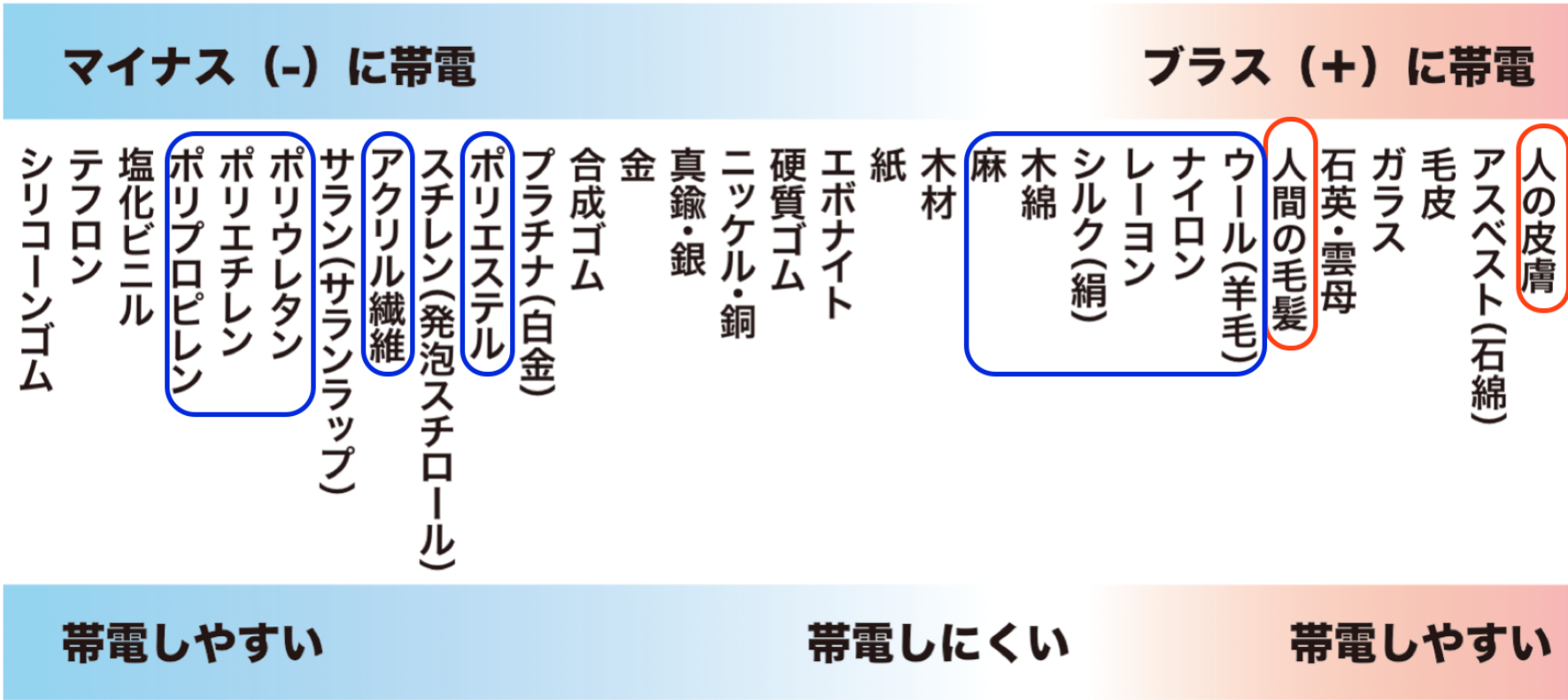
帯電列



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



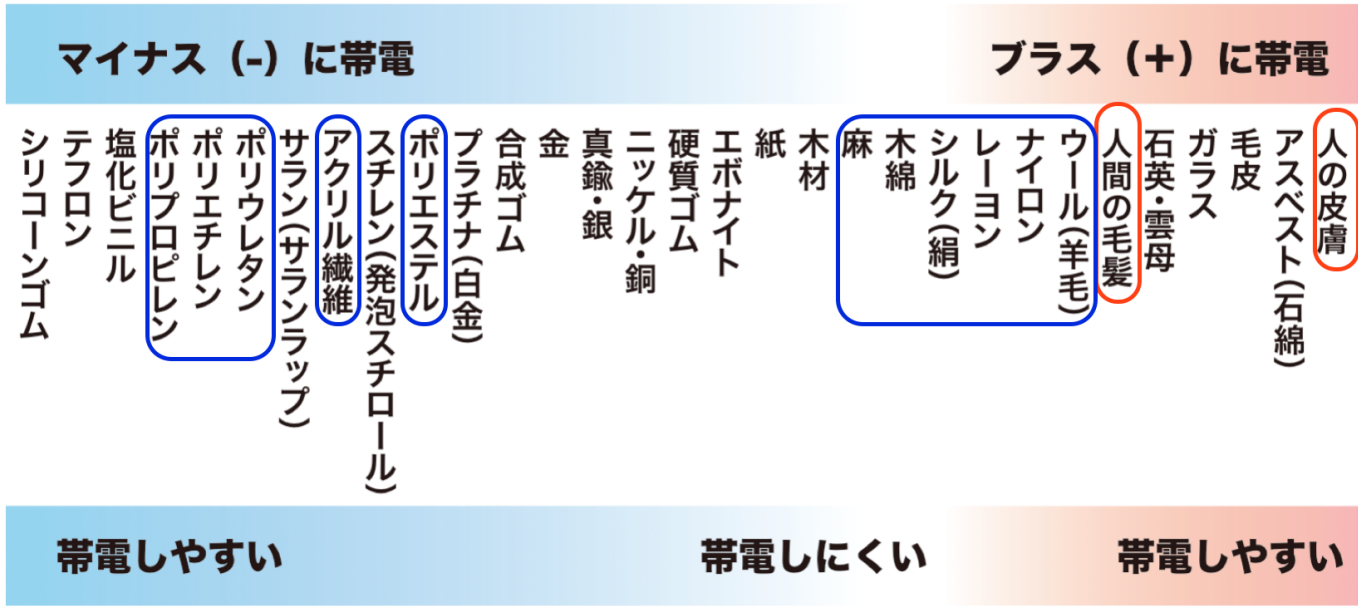
帯電列表の離れたものほど
静電気が発生しやすい

人間の肌は, +になりやすい

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

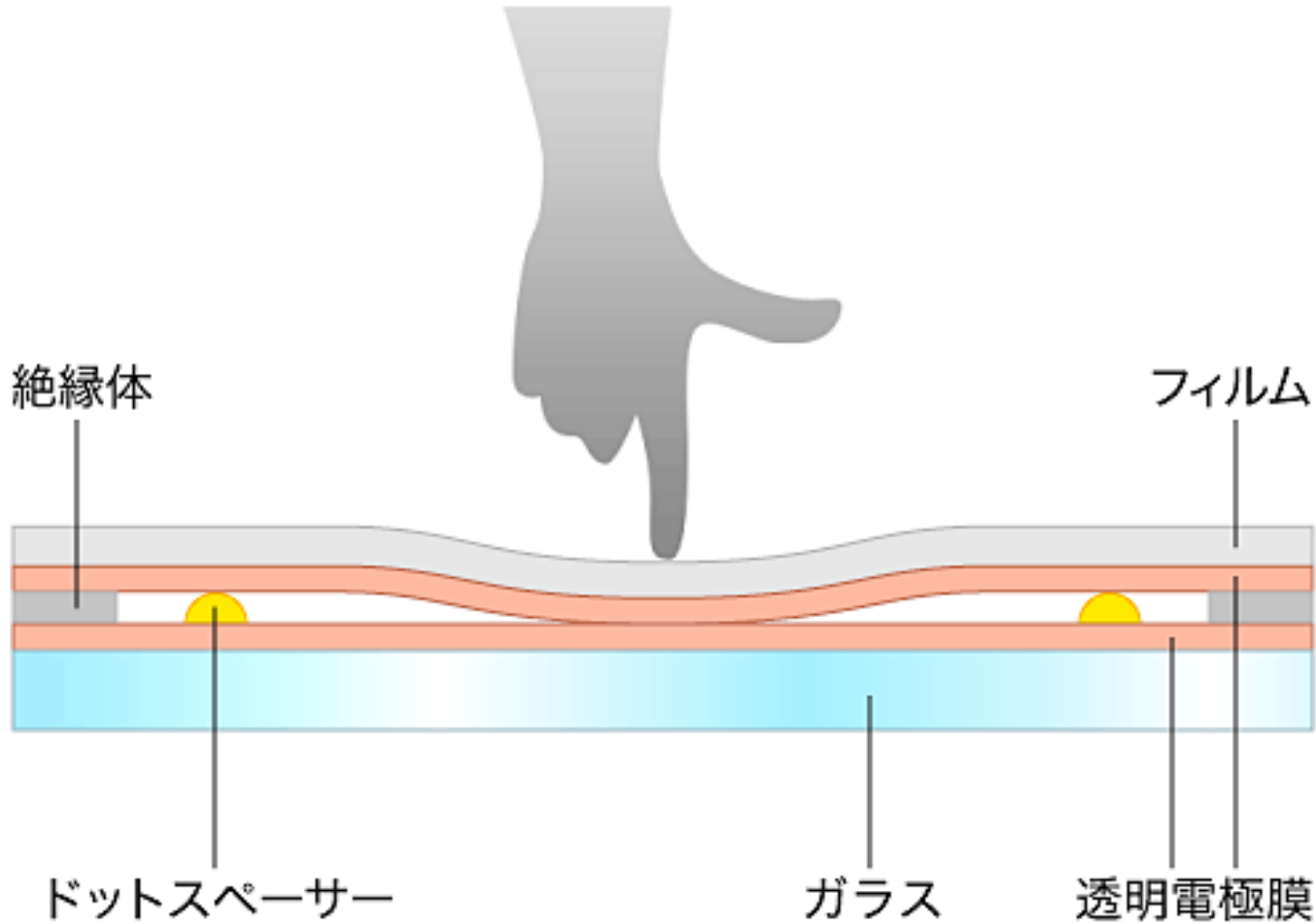
冬に静電気が起きやすいのは空気が乾燥しているから.
湿った空気は伝導度が高く, 電気が逃げやすい.

(4)柔軟剤や静電防止スプレーなどを利用する

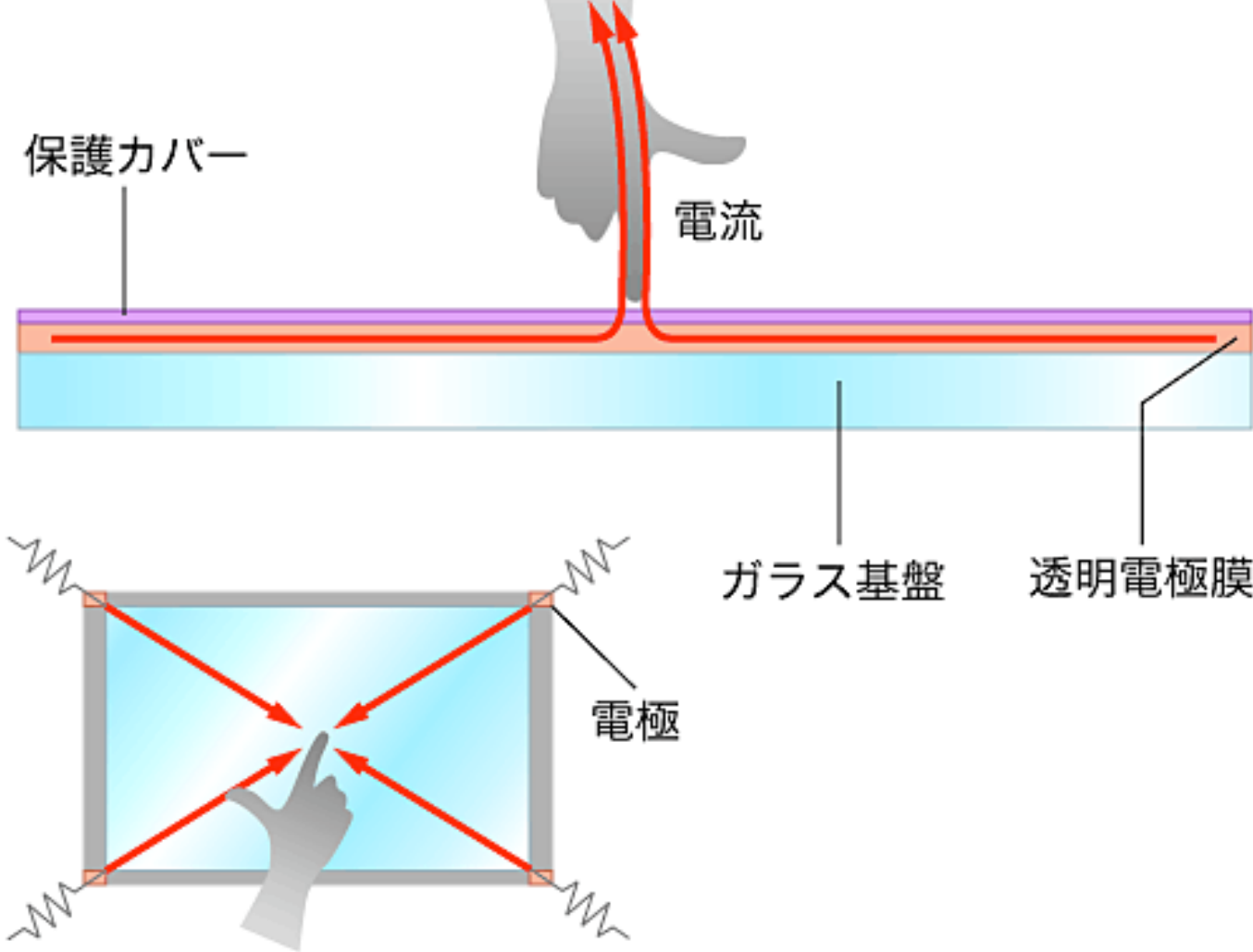
ーイオンをふりかける. 地面に触れる.

タッチパネルのしくみ

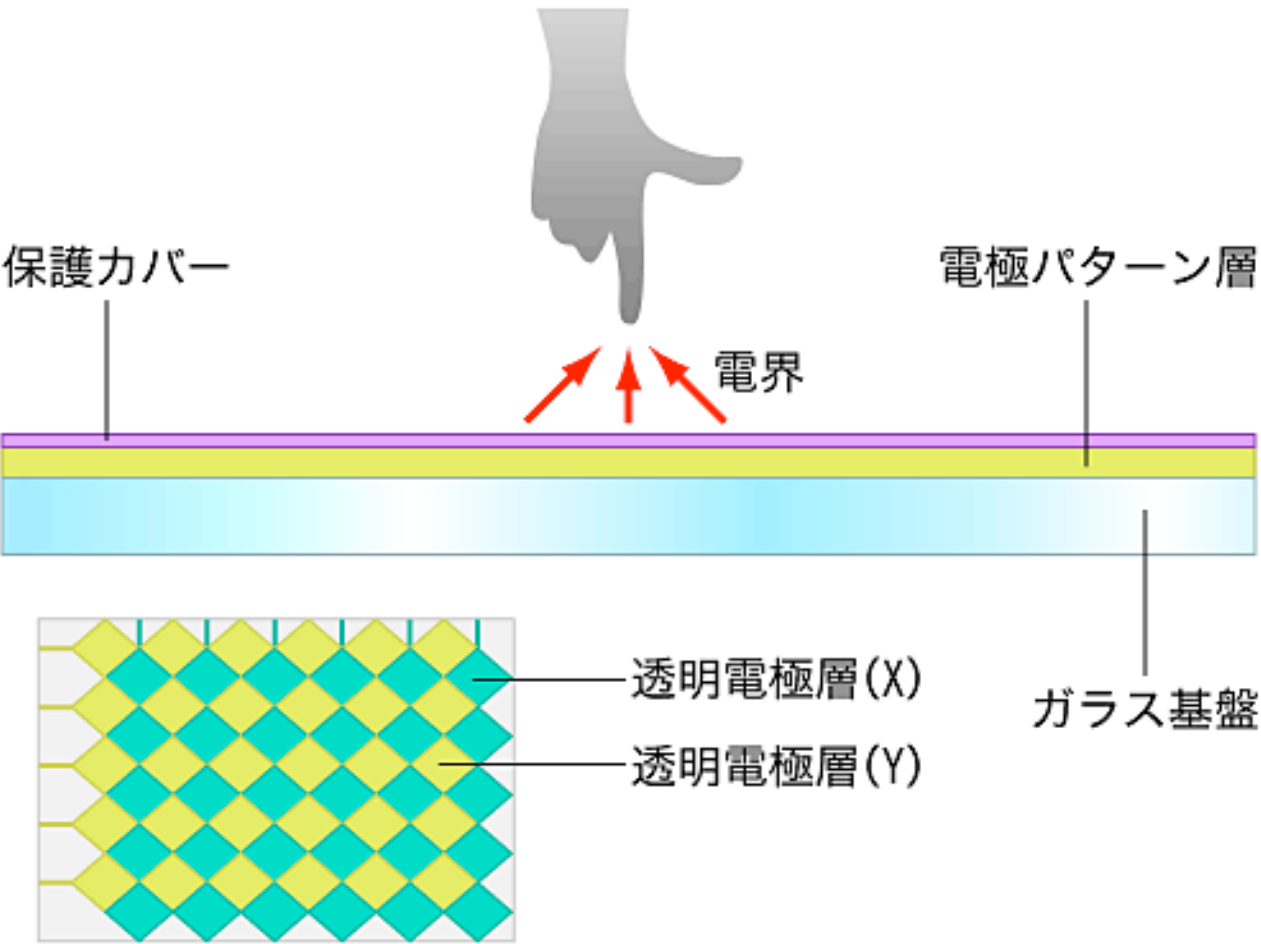
抵抗膜方式



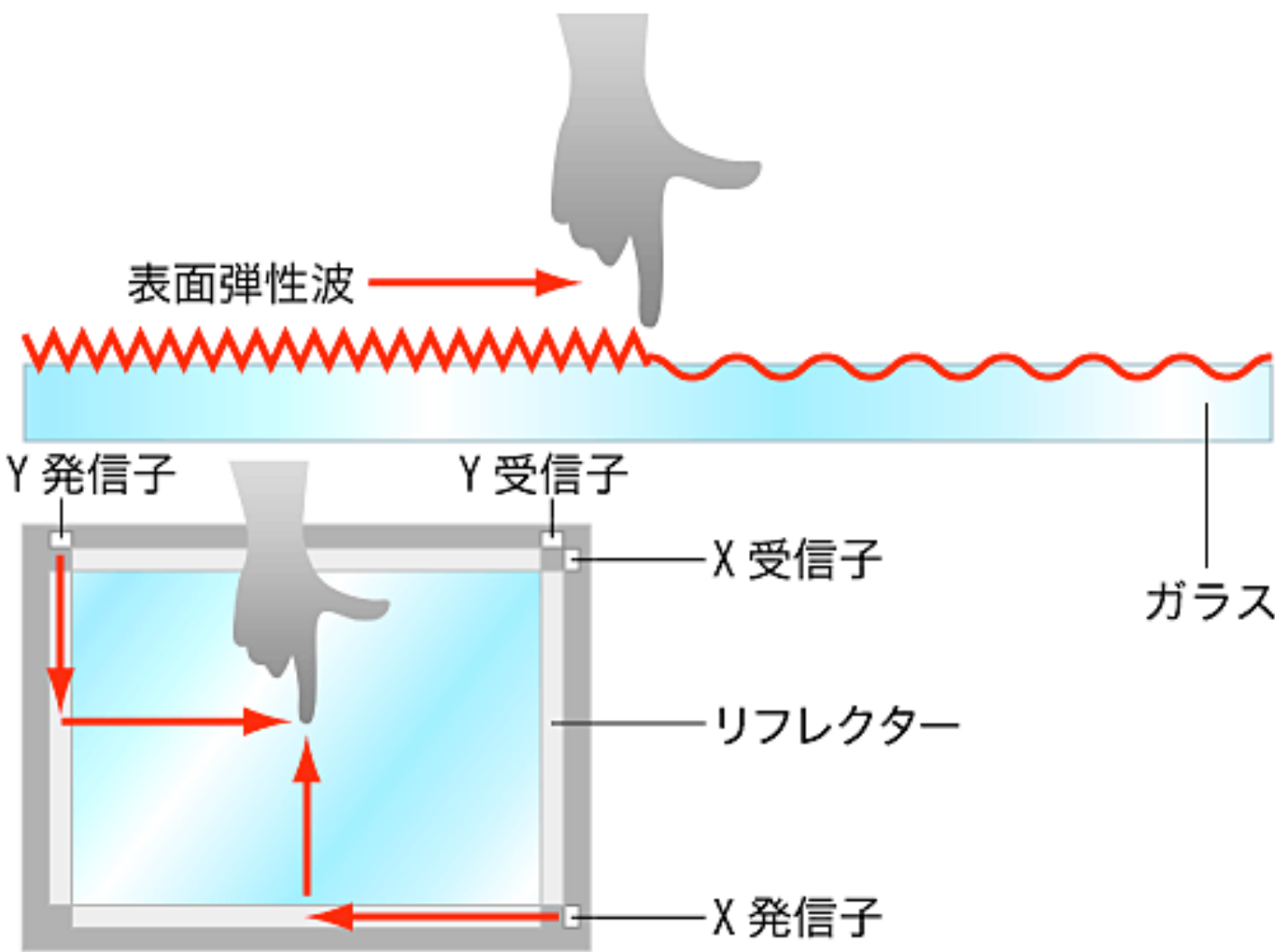
表面型静電容量方式



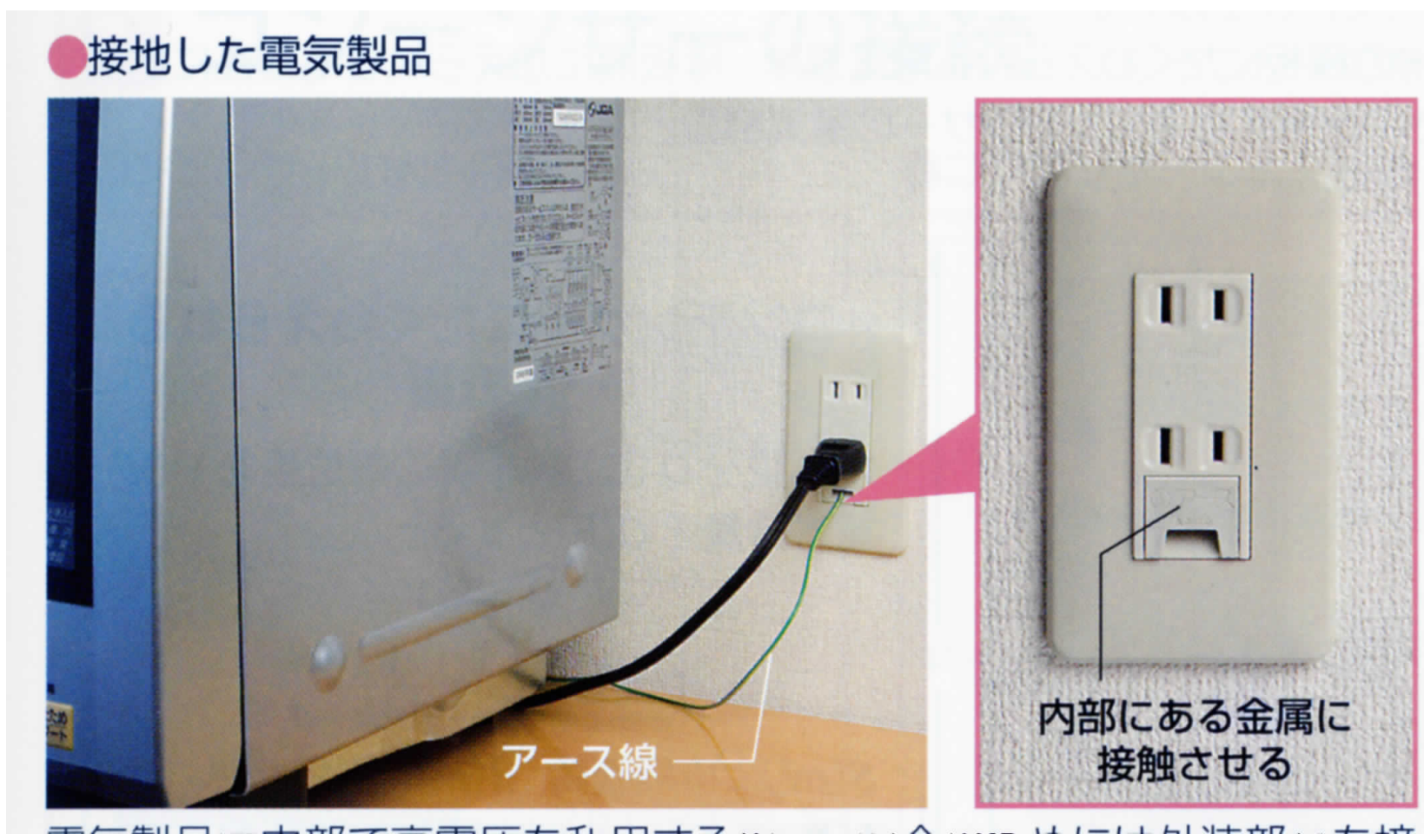
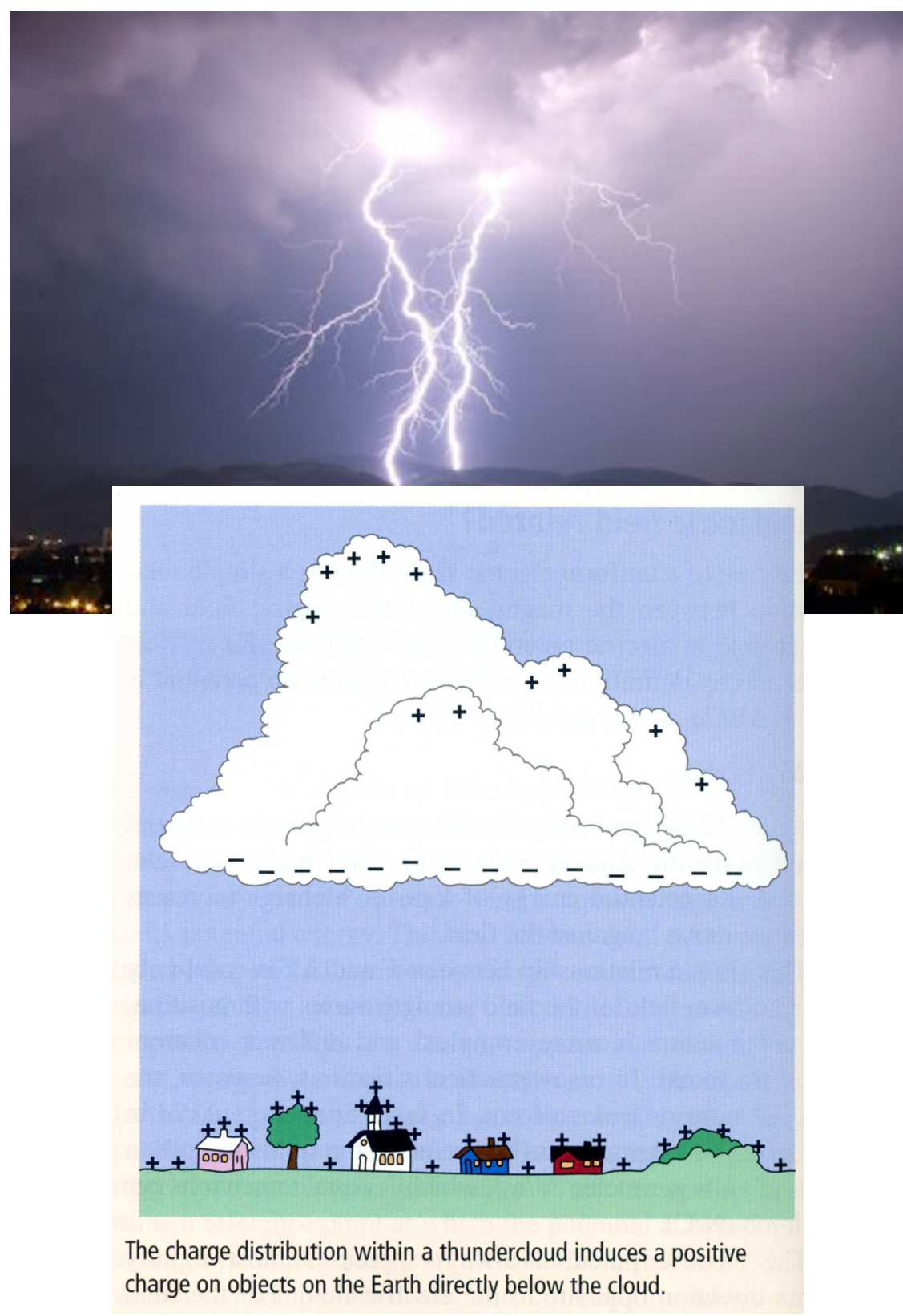
投影型静電容量方式



超音波表面弾性波(SAW)方式



接地（アース）



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 電源コードの抜き差しは右手で！

電源コードを抜き差しする場合、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。

万一来て、右手で電源コードを抜き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

C

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)の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。

光

↓ ↓ ↓

コピー

トナー

↓ ↓ ↓

コピー

コピー

図 6.11 コピー機のしくみ

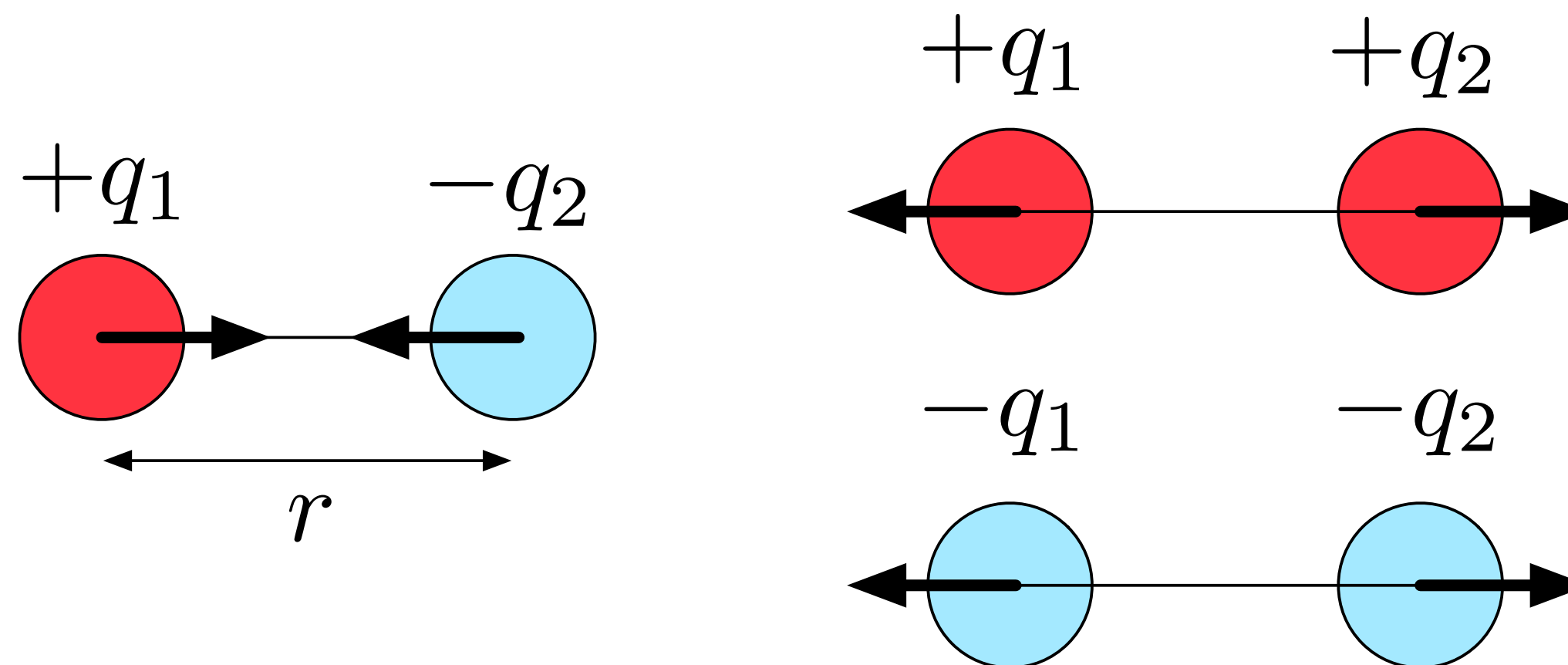
静電気力

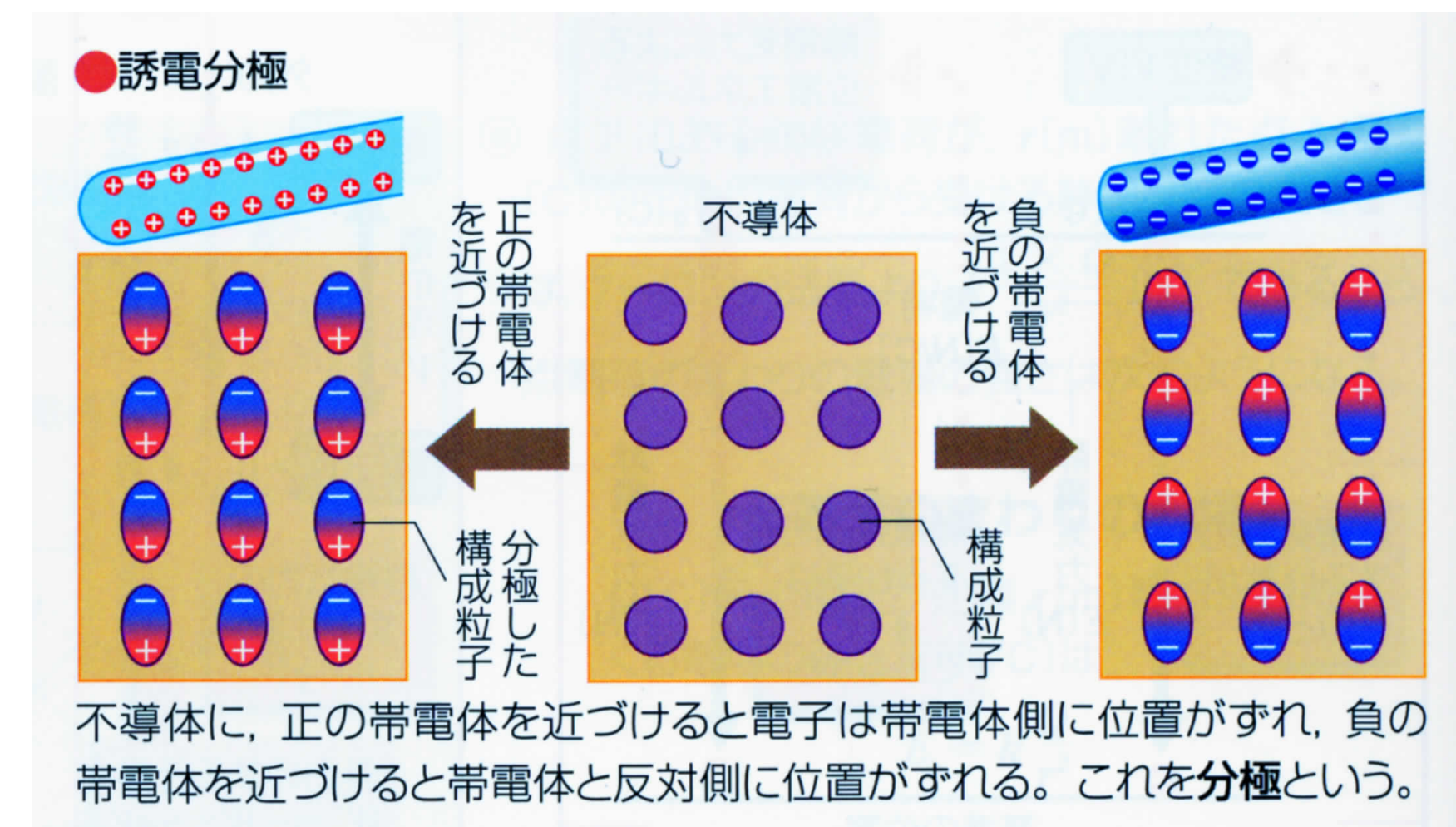
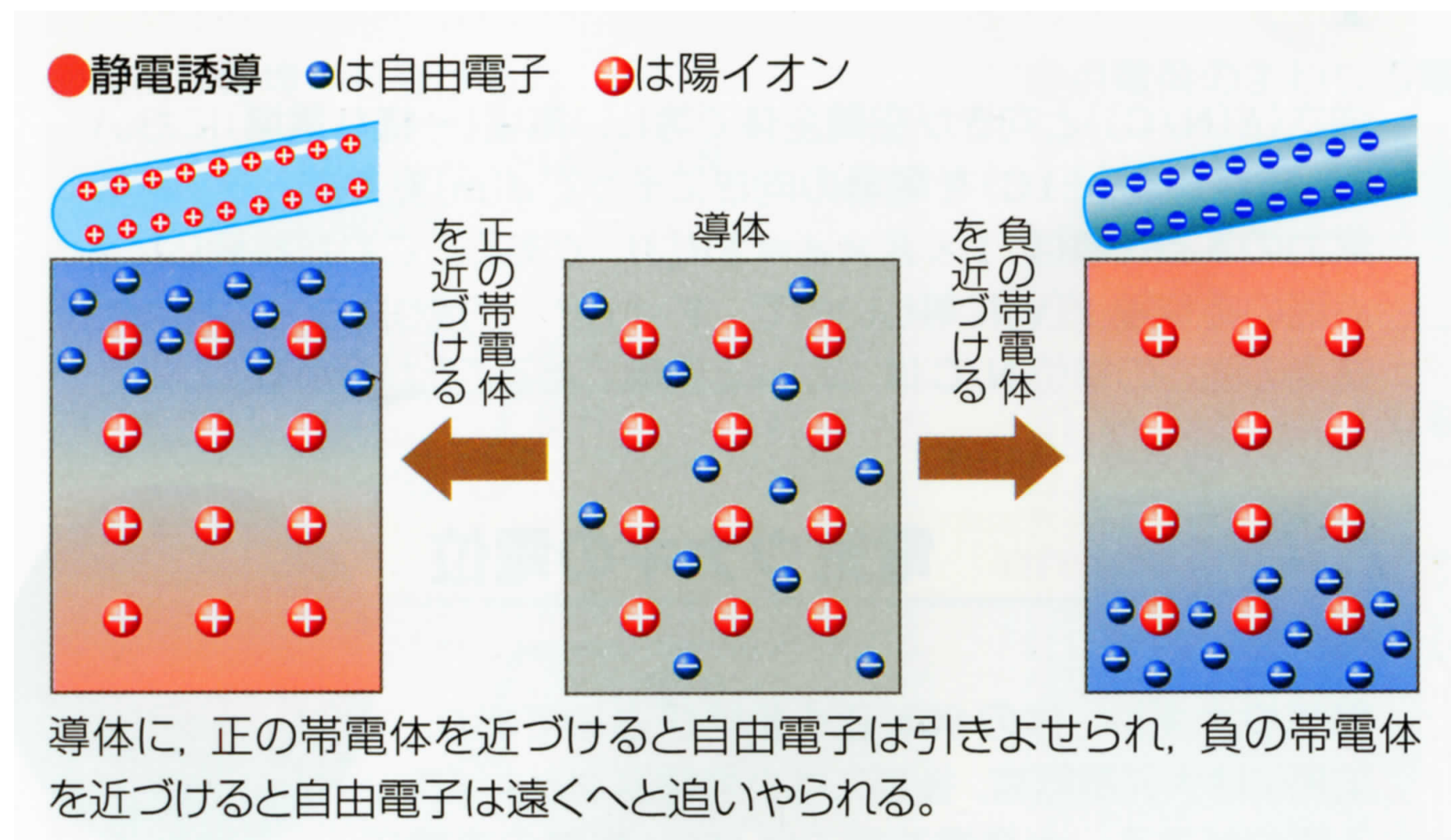
法則 クーロンの法則 (1785 年)

同種の電荷間では斥力が、異種の電荷間では引力がはたらく。
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、

$$F = k_0 \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (6.2)$$

である。 k_0 は定数で、 $k_0 = 9.0 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ である。





静電遮蔽(しゃへい)

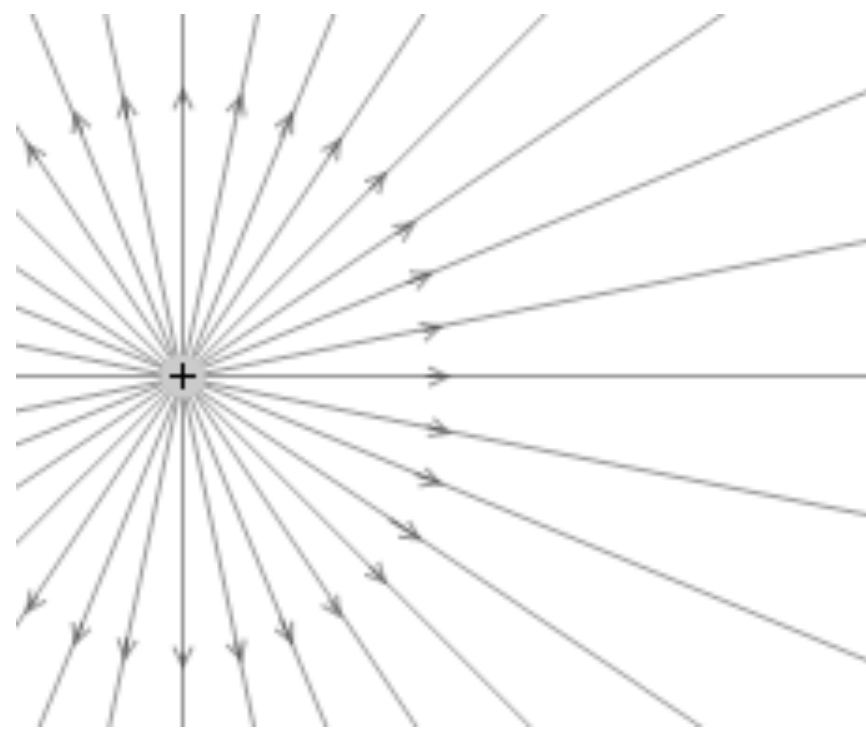
金属の箱の中には、電気は入り込めず、表面に分布する。

→→ 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。

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

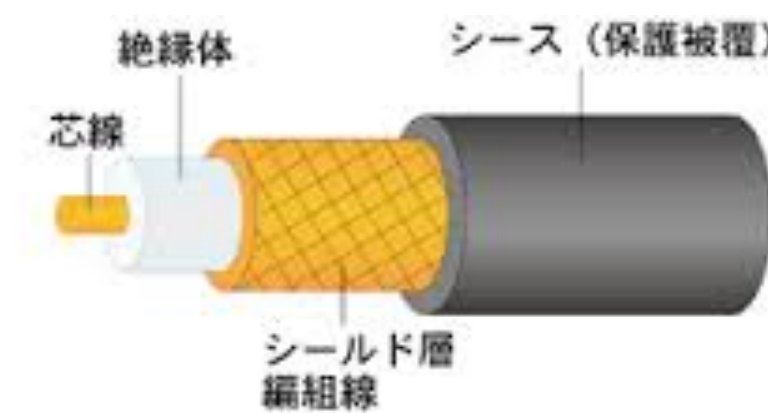
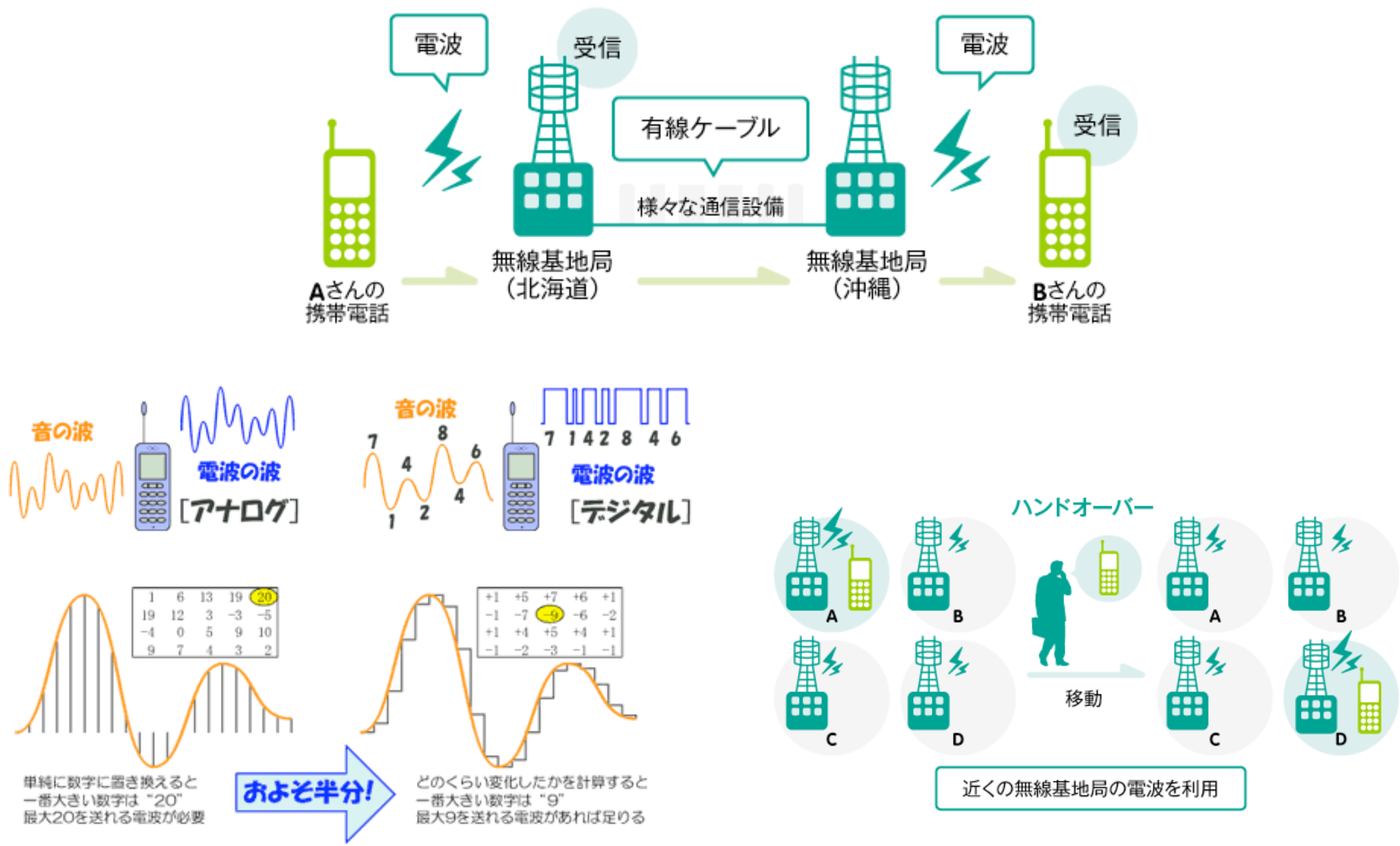


図: 同軸ケーブル

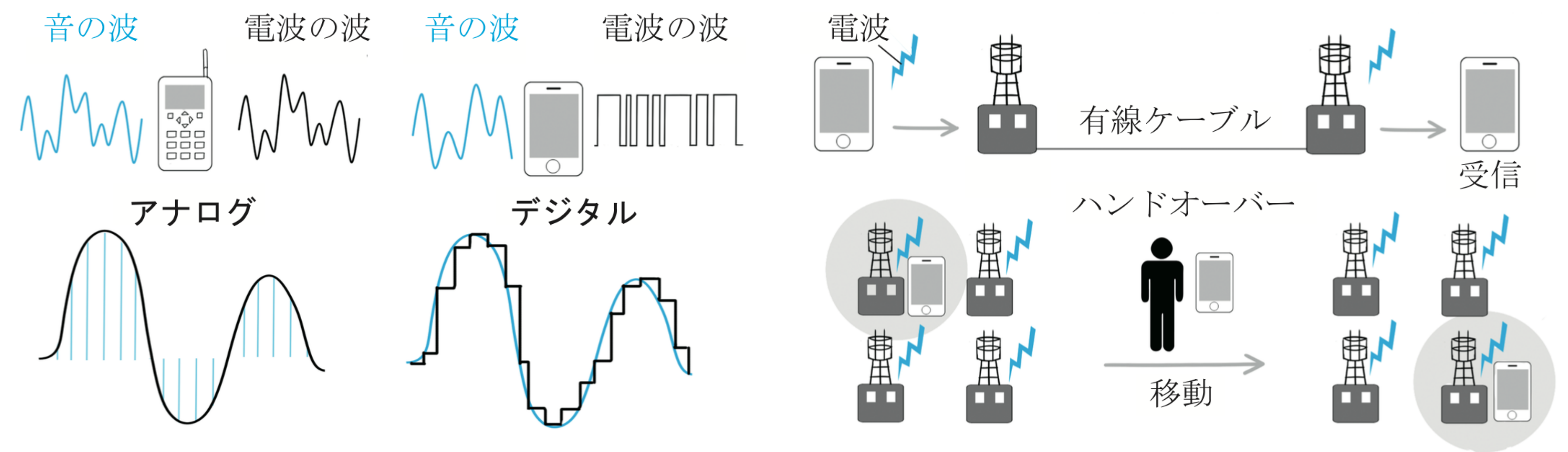
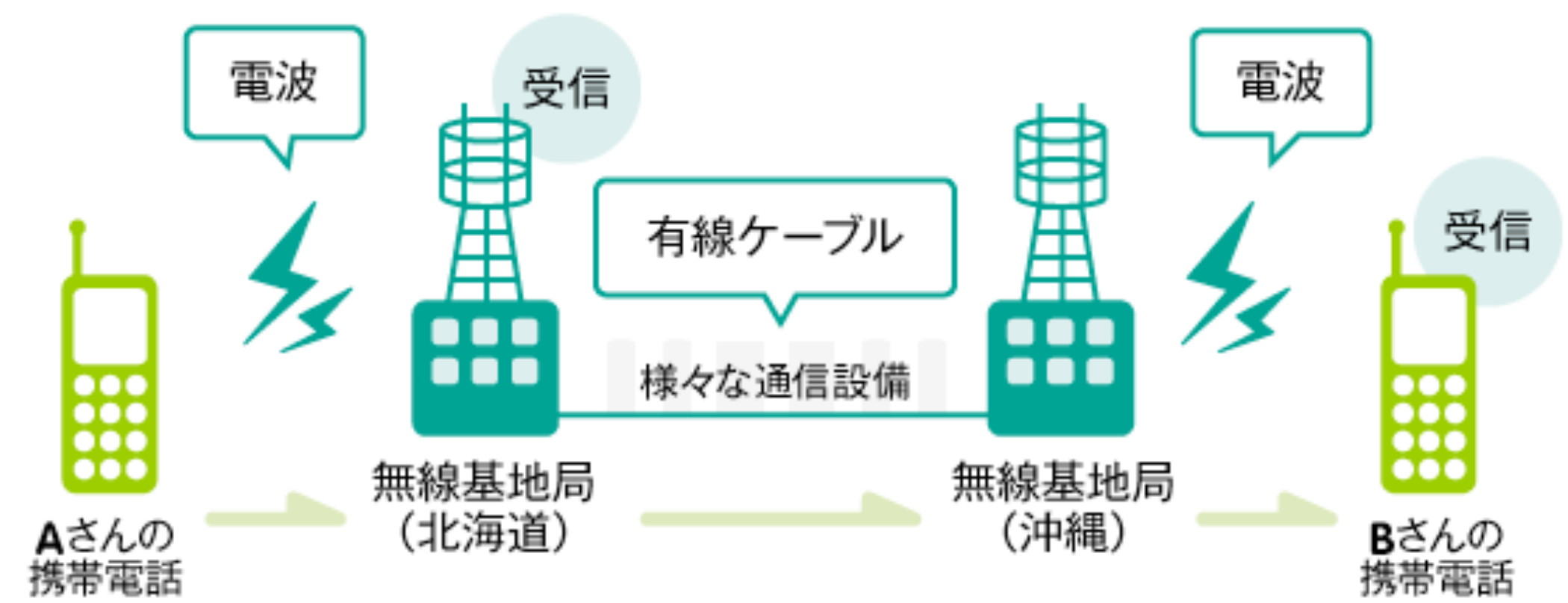
携帯電話のしくみ



http://www.ntt-east.co.jp/business/magazine/nw_system/index.html

<http://www.ieice.or.jp/jpn/kodomo/keitai/system/index.html>

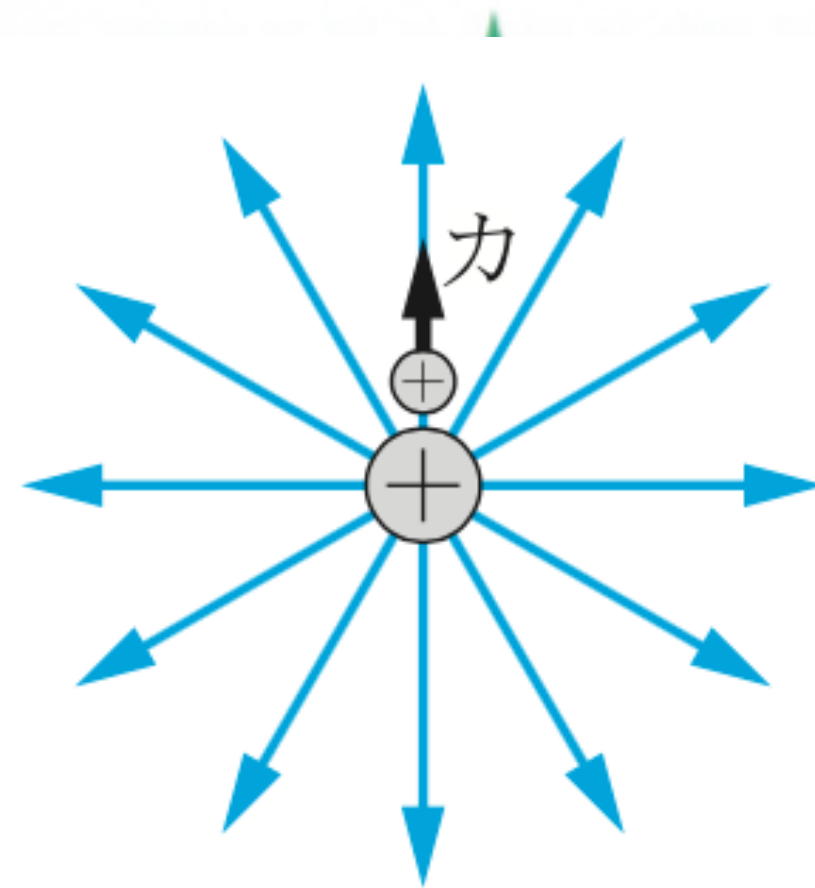
携帯電話のしくみ



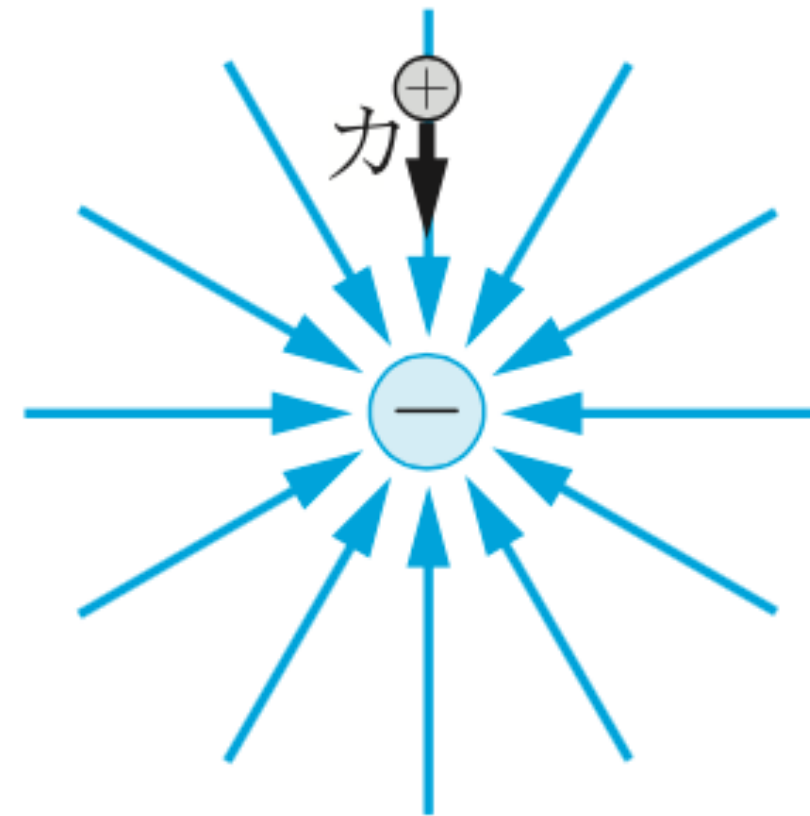
電気力線

電気の力がはたらく領域を**電界**という。

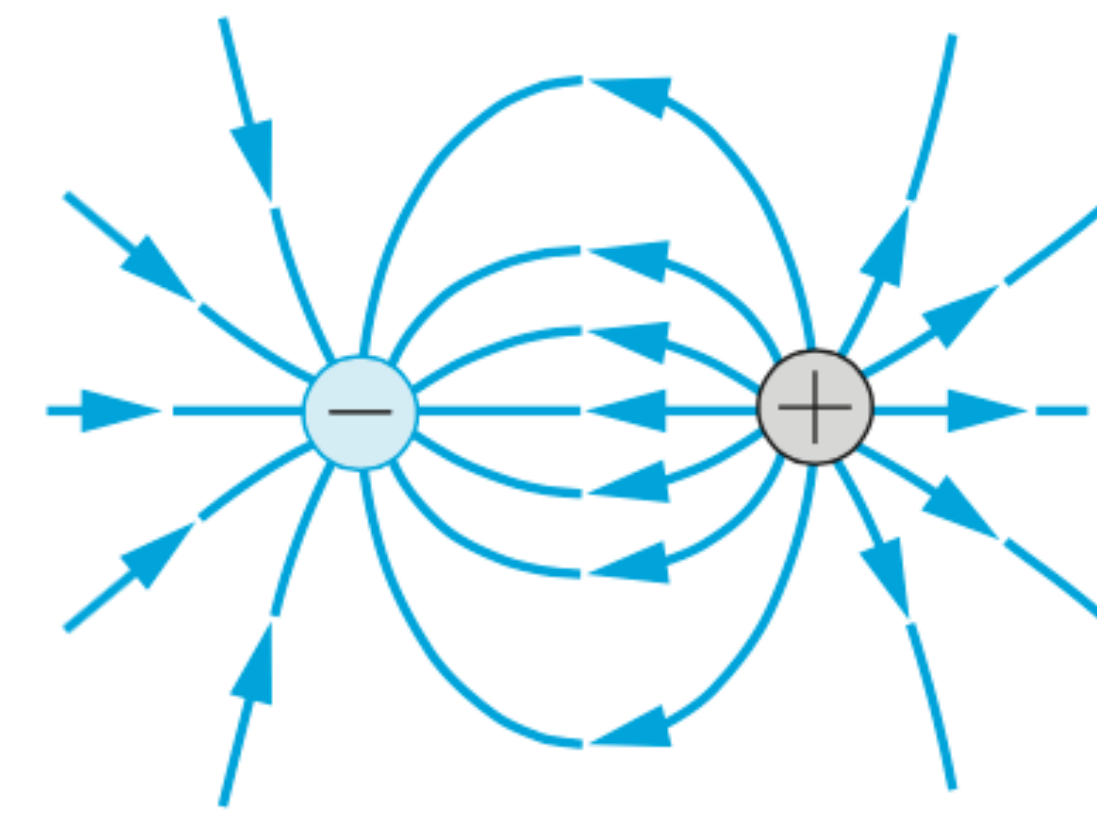
正の電荷（試験電荷）を置いたとき，その電荷が動いていく方向に線を引いたものを**電気力線**という。図 6.6 は電気力線を平面で書いているが，実際は立体的である。電気力線は交わったり，分岐したりしない。



(a) 正の電荷の周囲



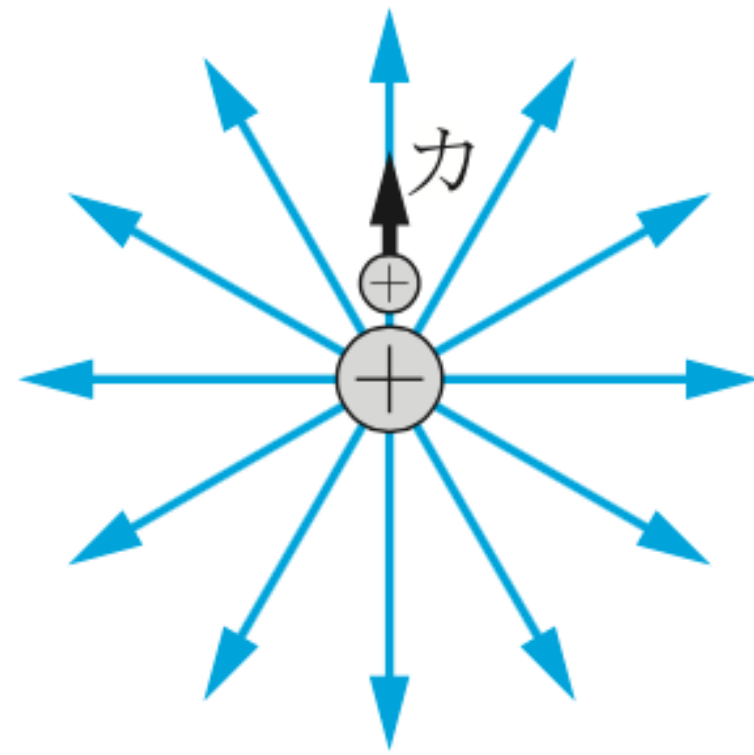
(b) 負の電荷の周囲



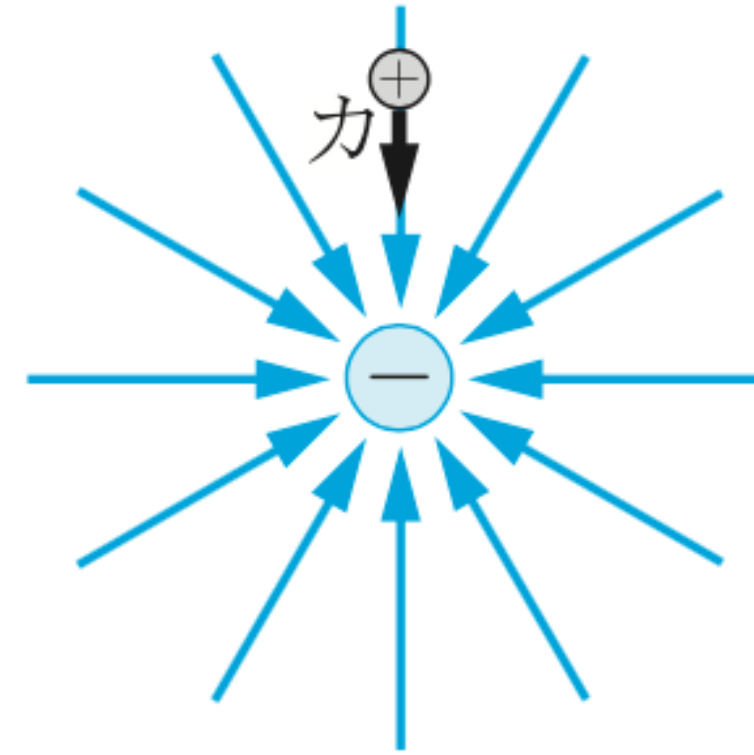
(c) 正の電荷と負の電荷がつくる電気力線

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。

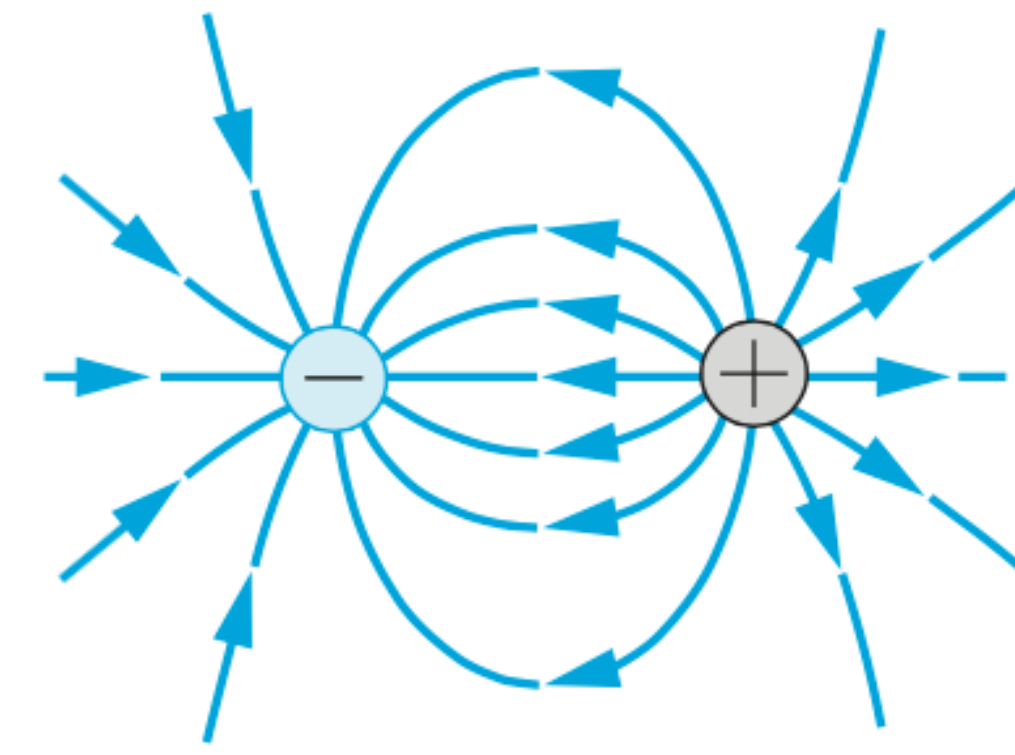
電気力線と等電位面は直交する



(a) 正の電荷の周囲

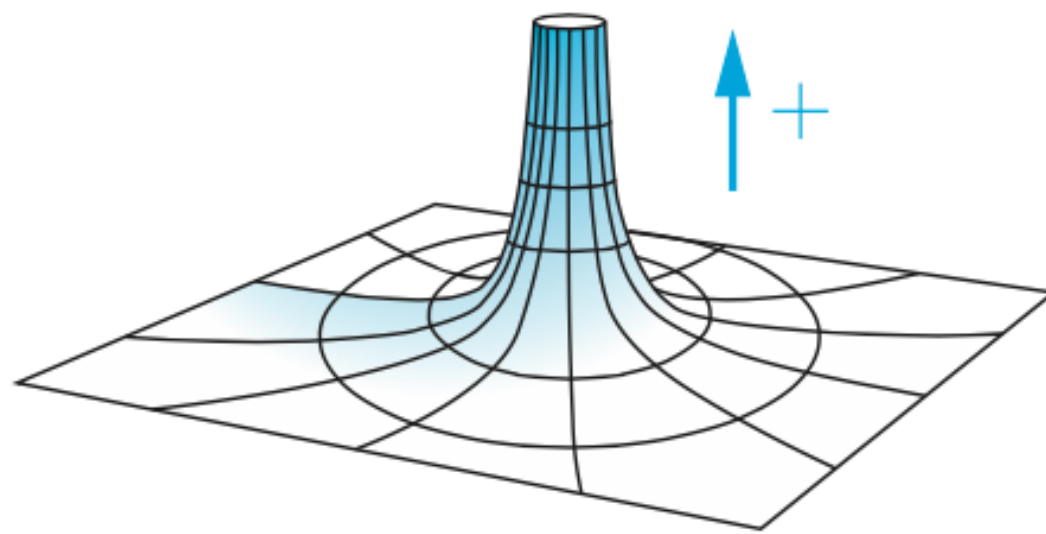


(b) 負の電荷の周囲

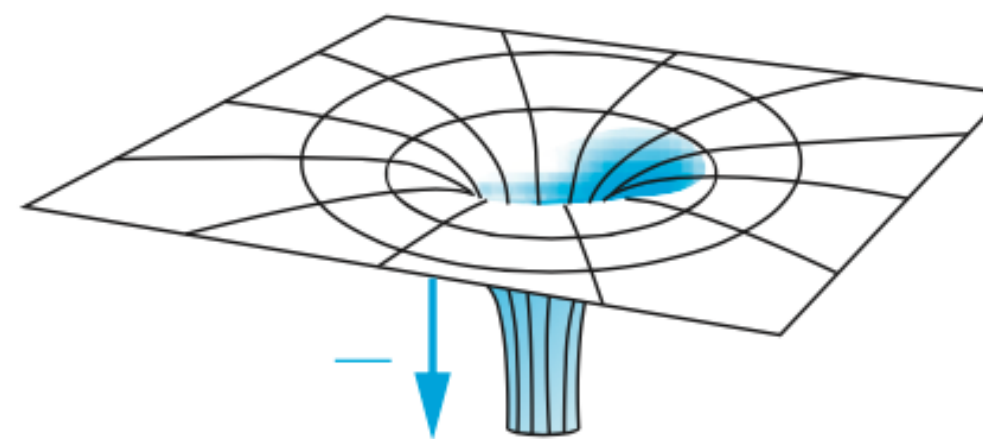


(c) 正の電荷と負の電荷がつくる電気力線

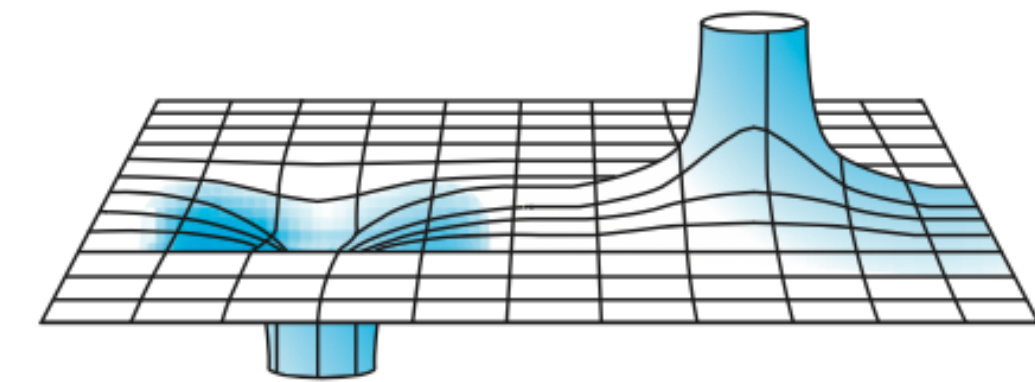
また、電荷をおいた時の位置エネルギーを**電位**という。図 6.7 に、図 6.6 に対応した電位面を示す。電位が等しい場所（**等電位面**）は、各点で電気力線に直交する。



(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

電流と電圧

電流の \oplus ・ \ominus と電子の移動は逆ですか？なぜですか。
 \oplus ・ \ominus を決めた人は電子の向きに気づけ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 \oplus ・ \ominus を使い続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 Ampère, 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。

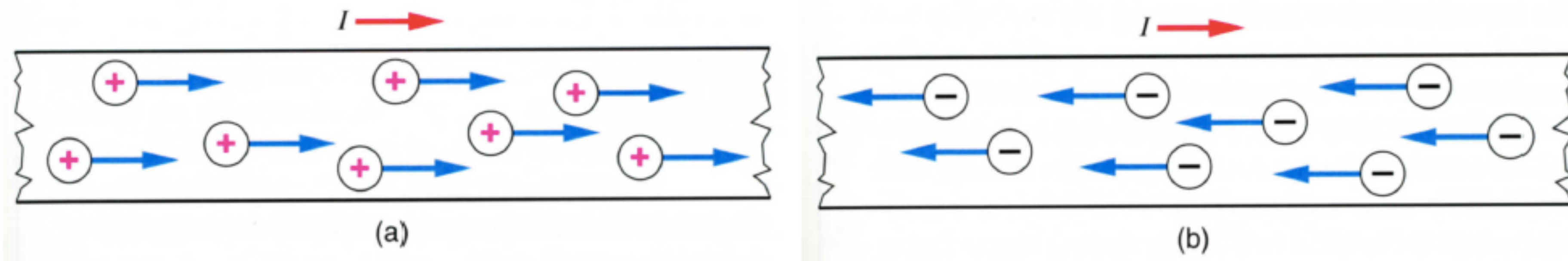
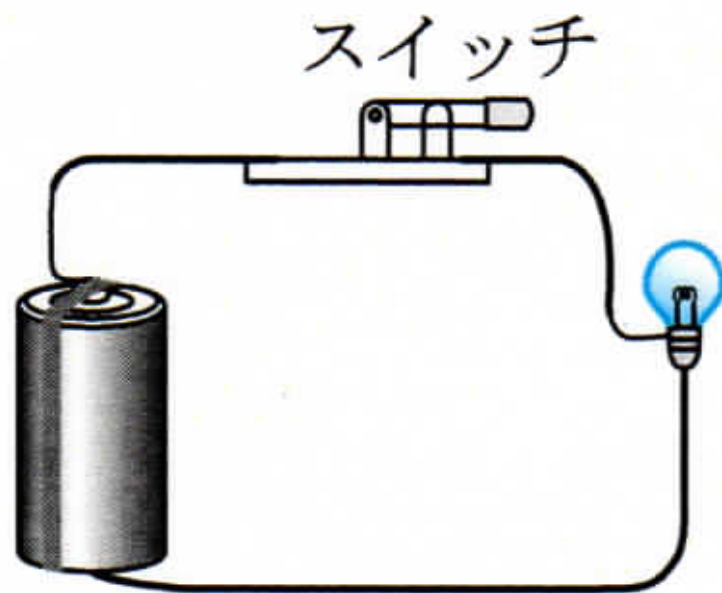


図 6.8 電流の向きは、正の電荷が動いていても負の電荷が動いていても実質同じ。

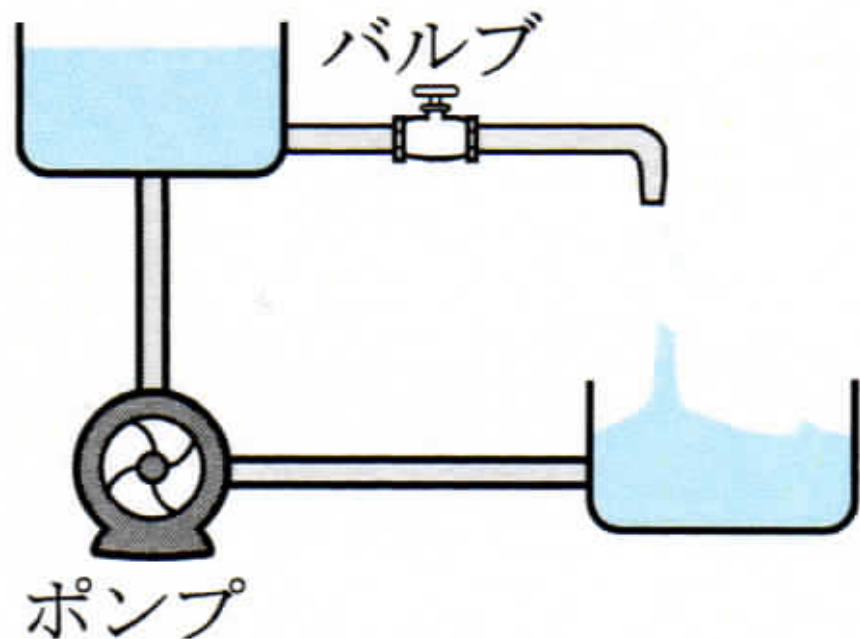
電気回路

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．



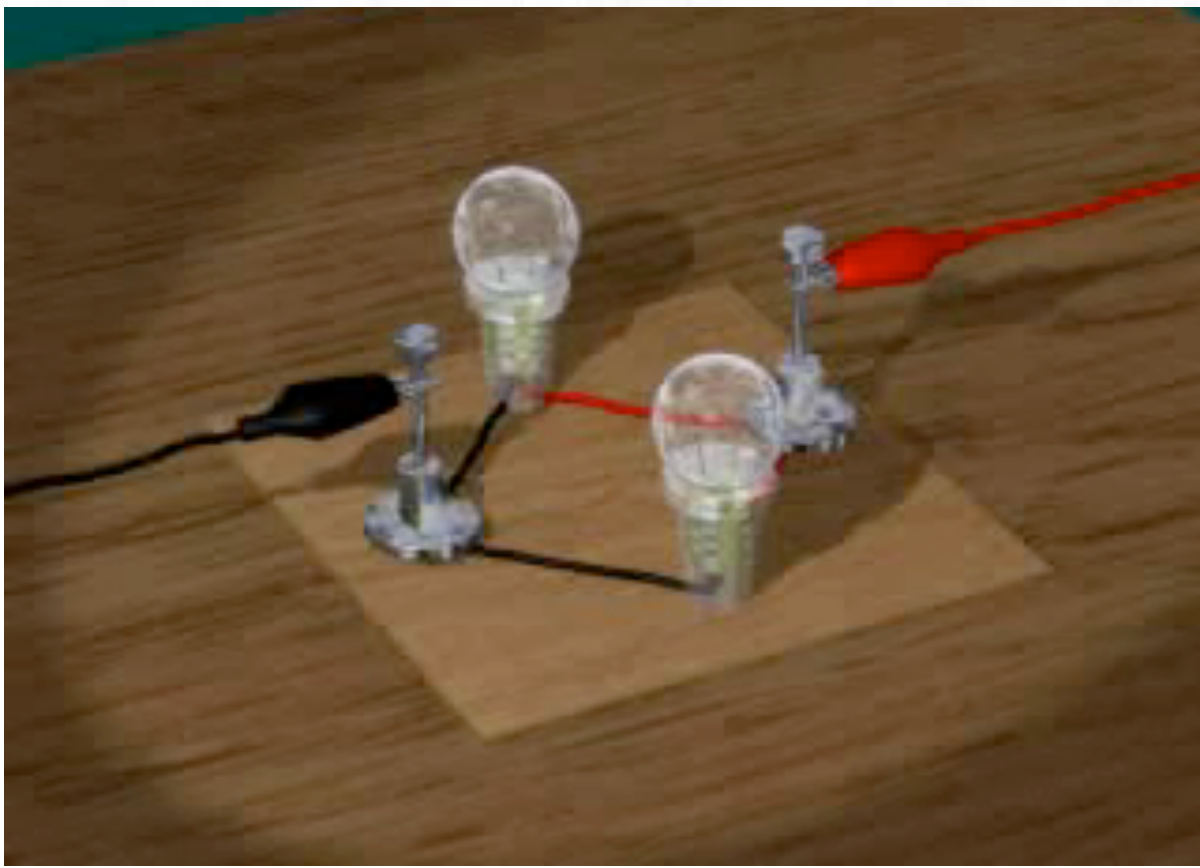
(a) 電気回路



(b) 水流回路

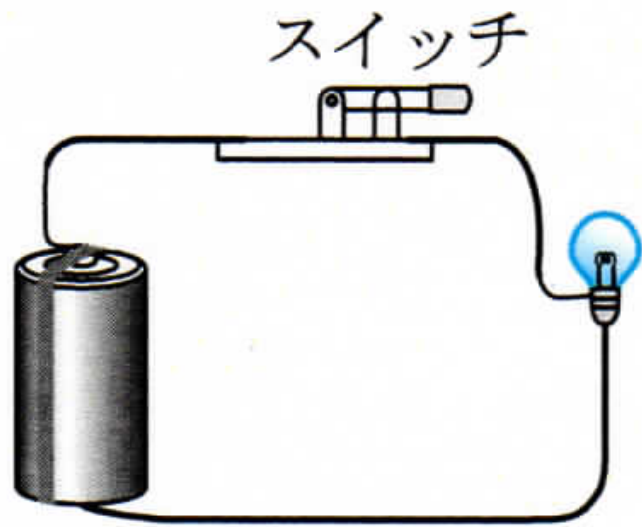
表 6.1 電気回路と水流回路の対応

	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

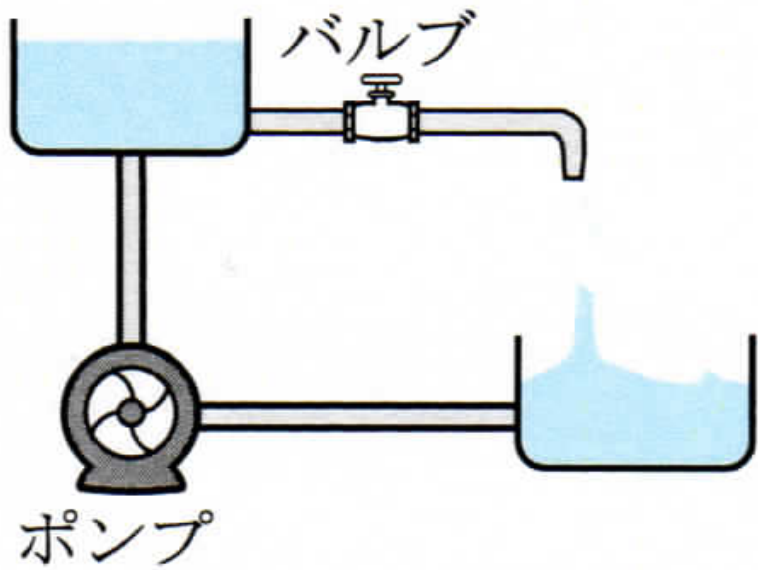


電気回路

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，

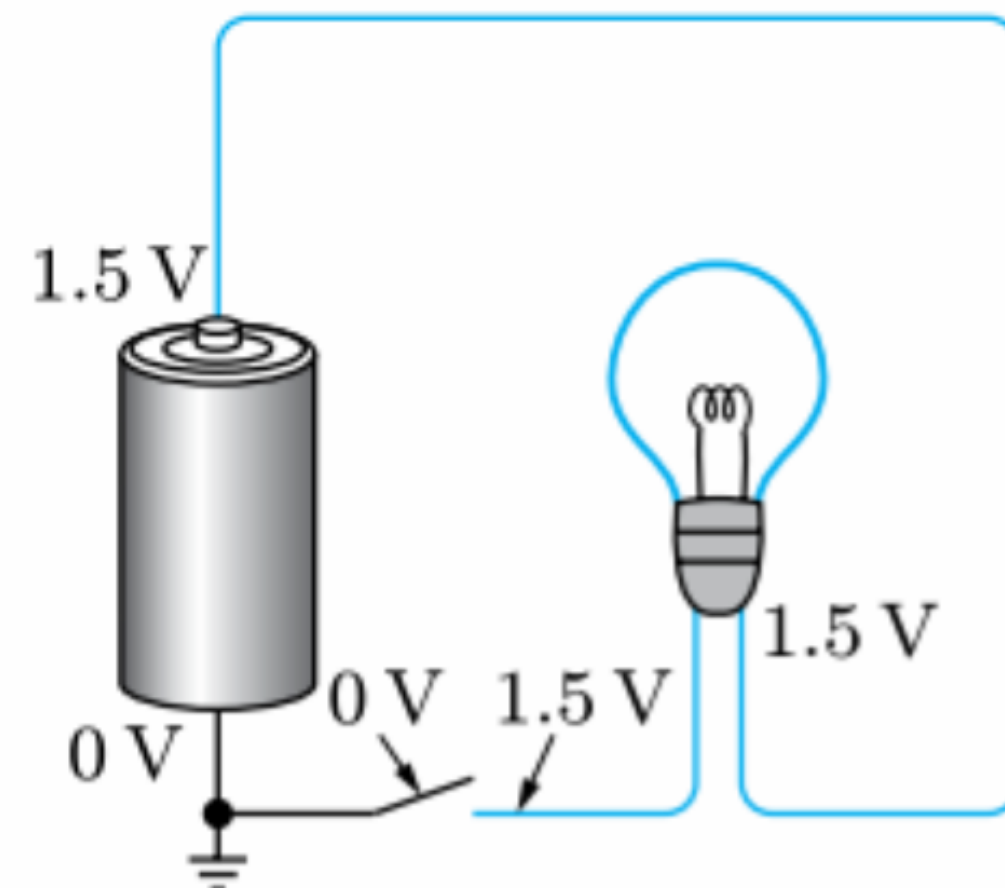
$$\Sigma(\text{回路内の起電力}) = \Sigma(\text{回路内の電圧降下}) \tag{6.2.2}$$

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，

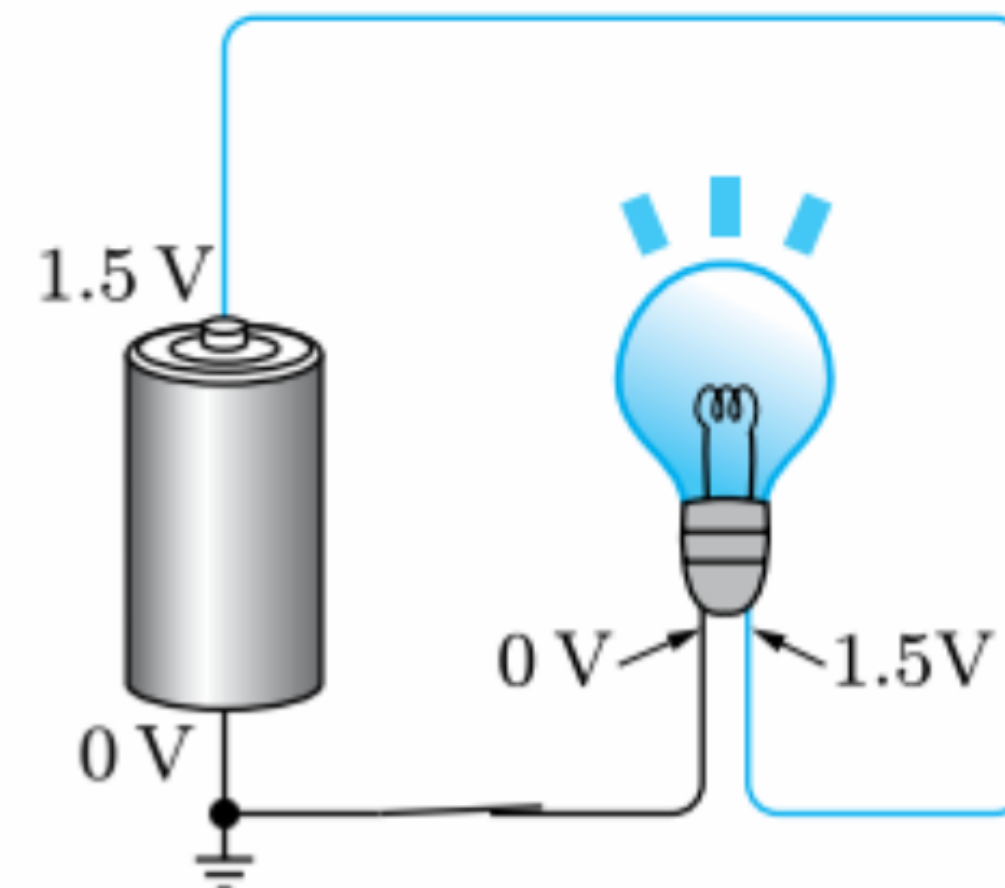
$$V = IR \quad \text{オームの法則} \tag{6.2.3}$$

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．

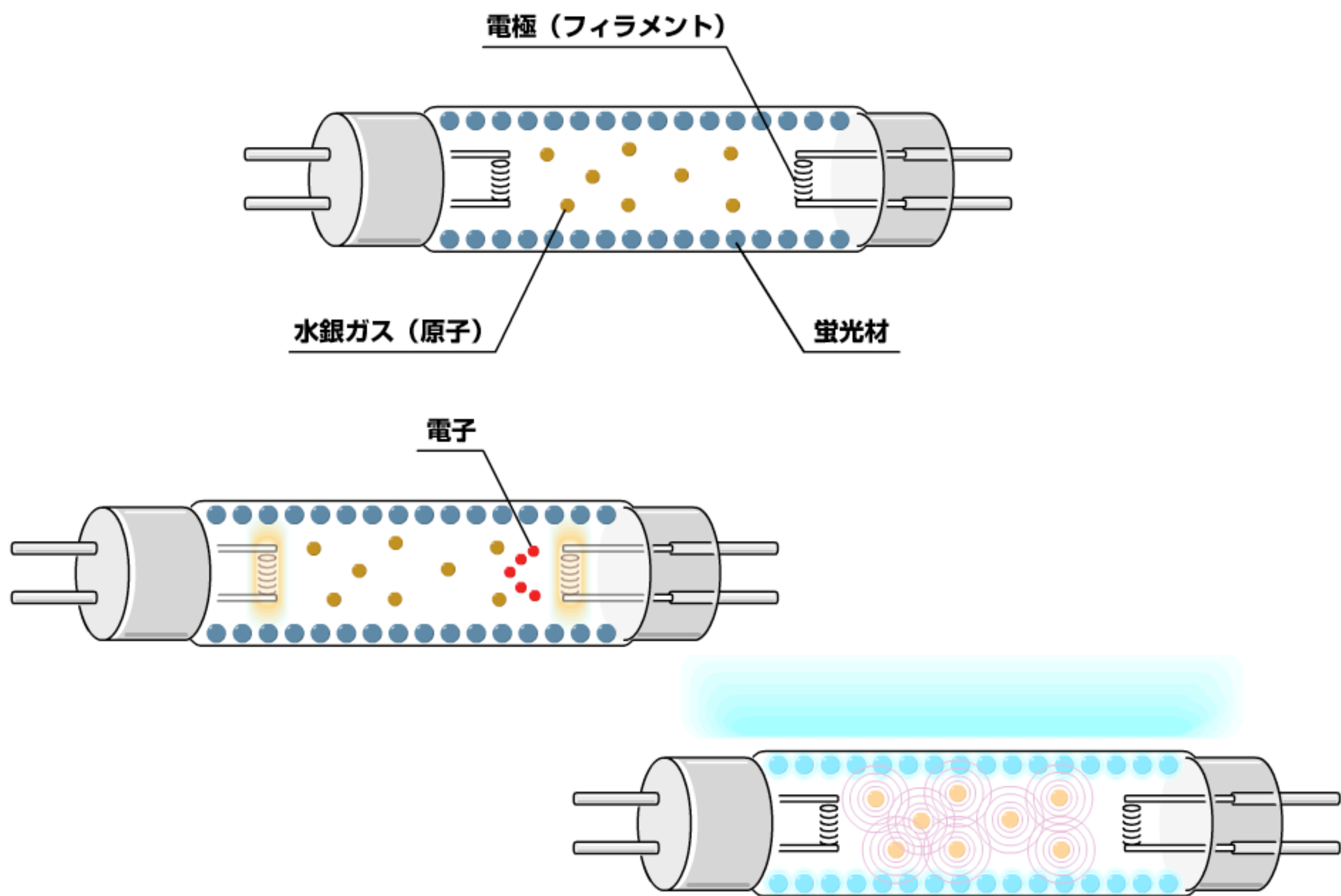


(a) スイッチを入れる前



(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？

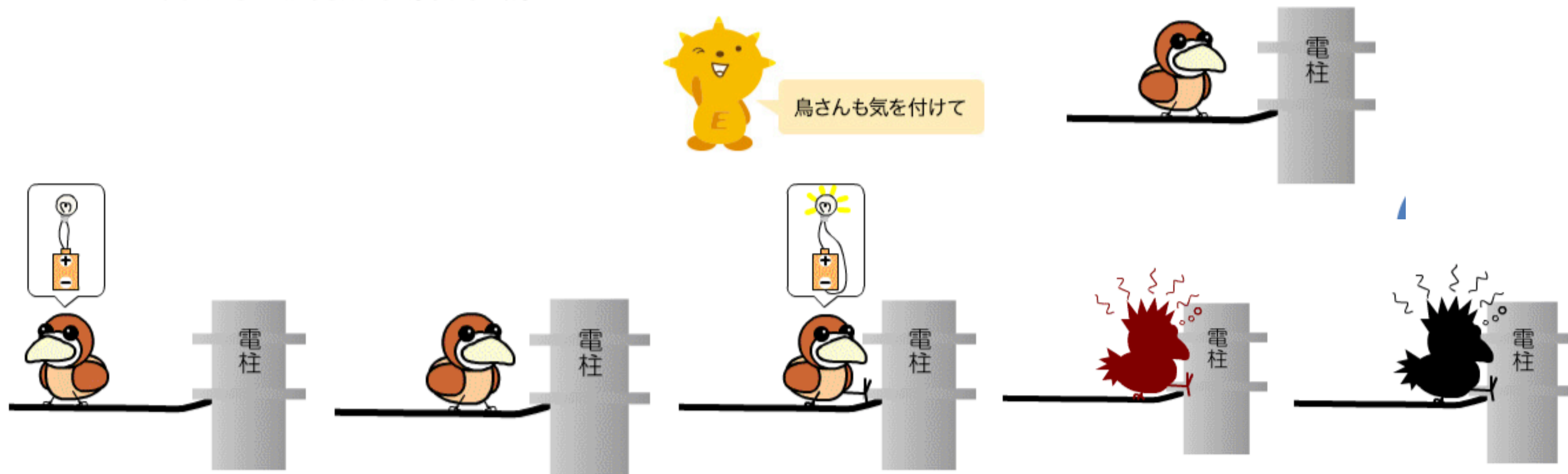
□ 電線に鳥がとまっても大丈夫なの？

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。

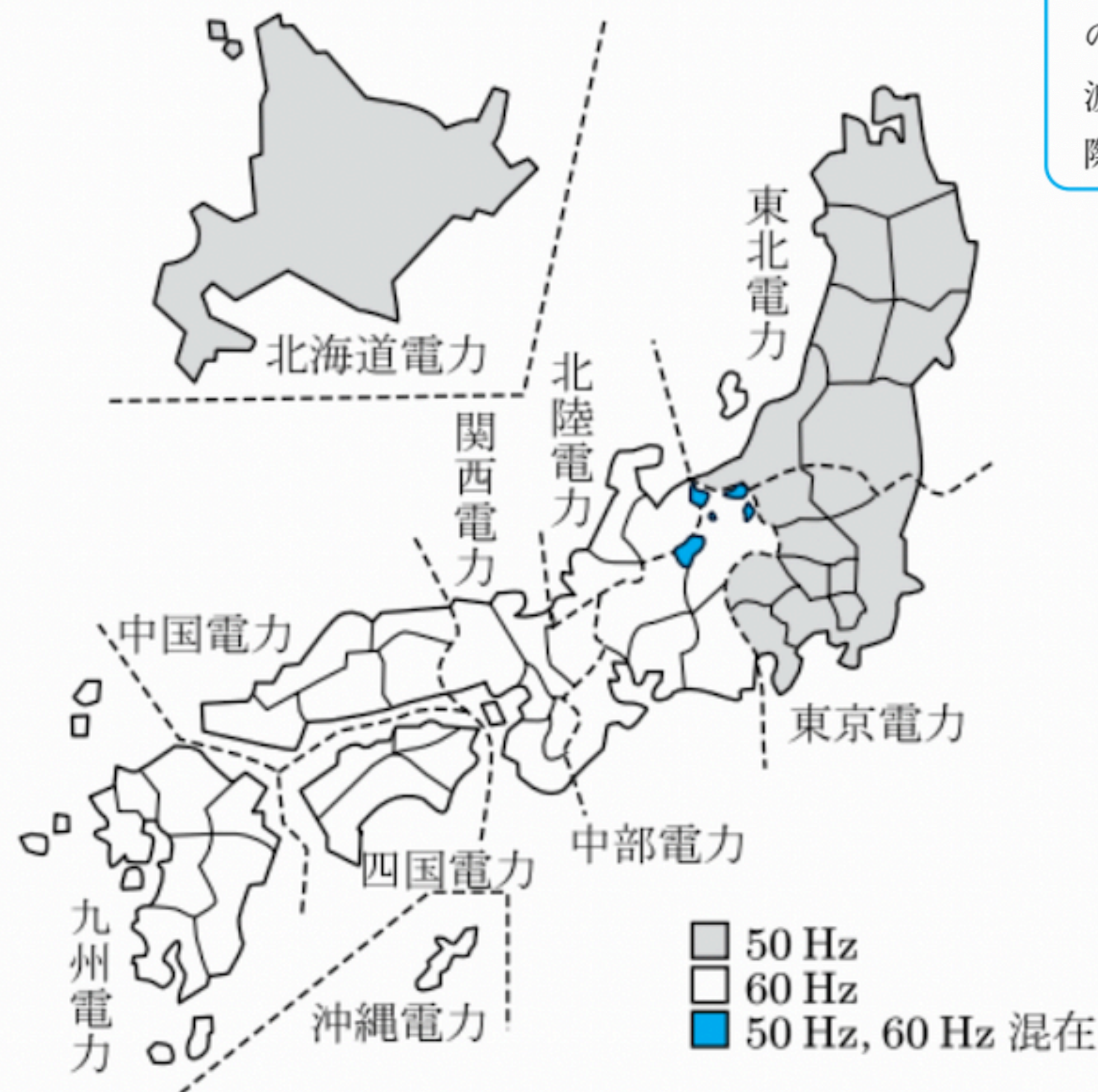
人間は「空を飛べない＝地面やどこかに触れている」ので**感電**してしまうんだ。鳥は電線にとまっても他とは何も接触していないから、鳥の体には電気が流れないんだ。

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。



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)

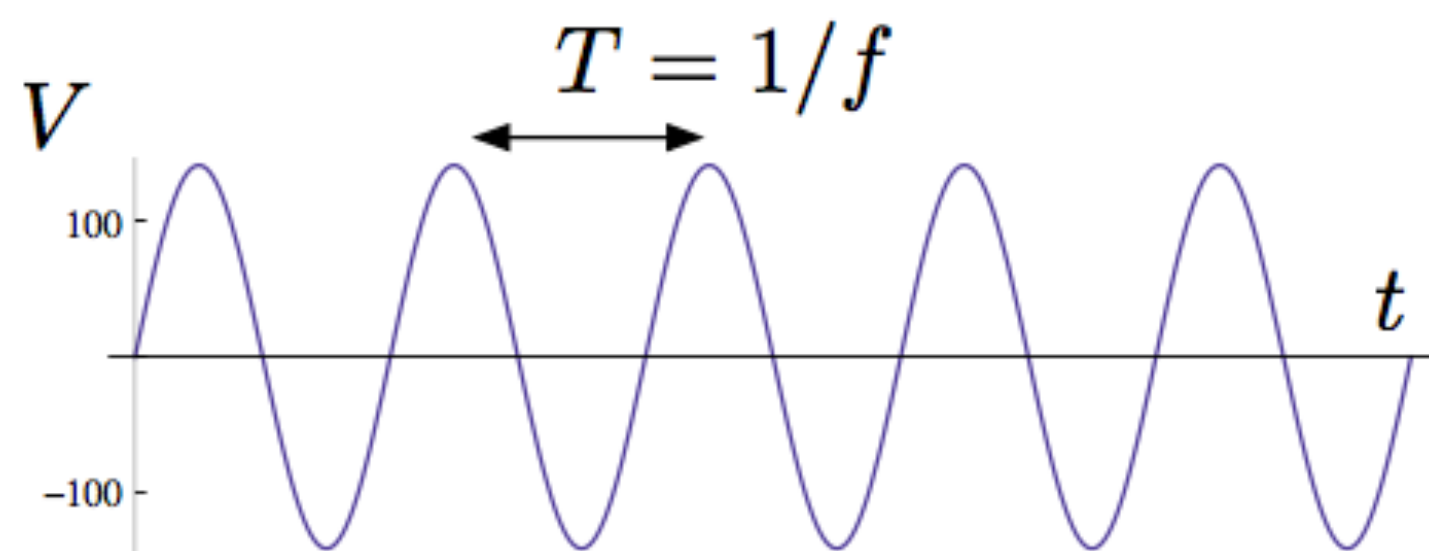
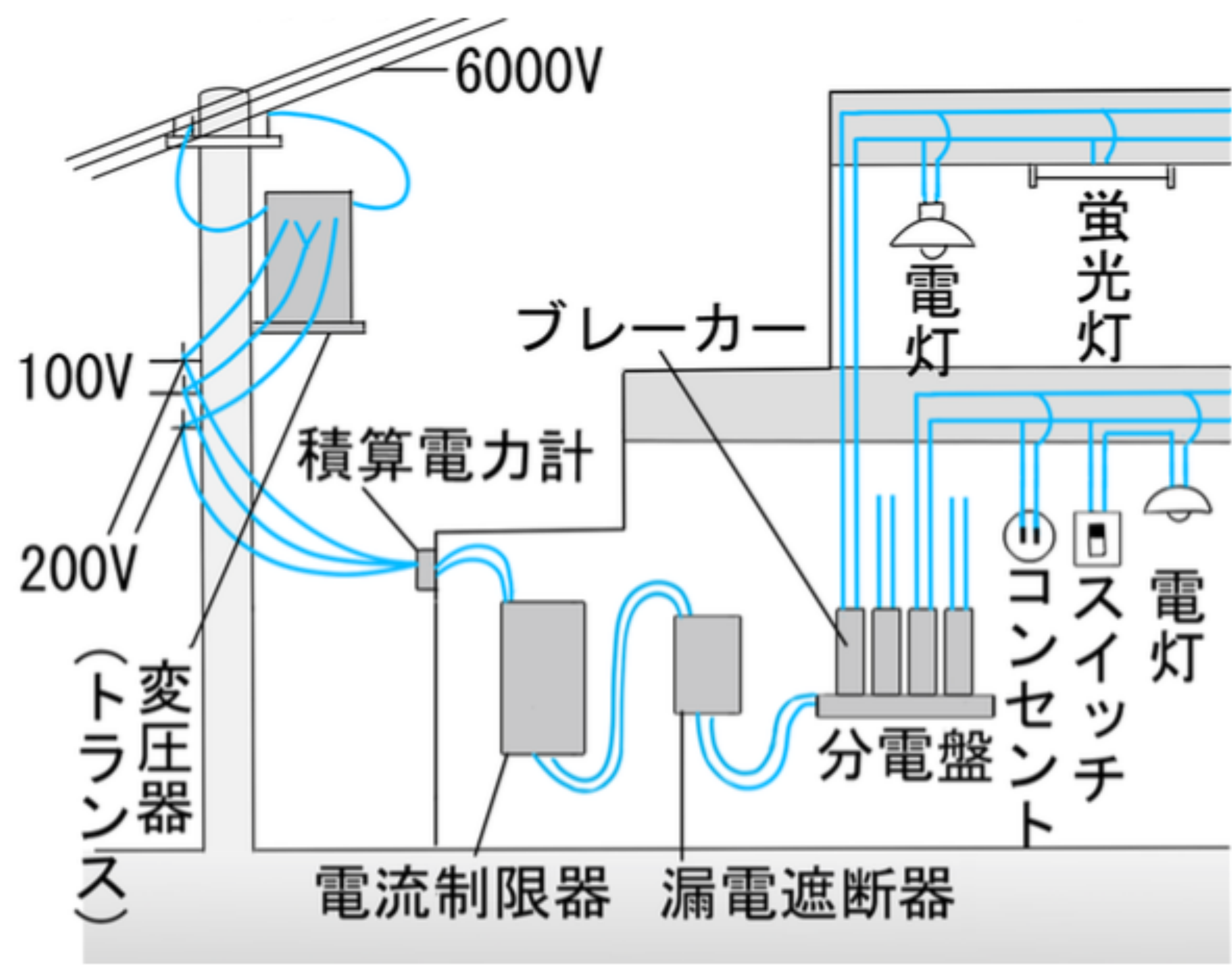


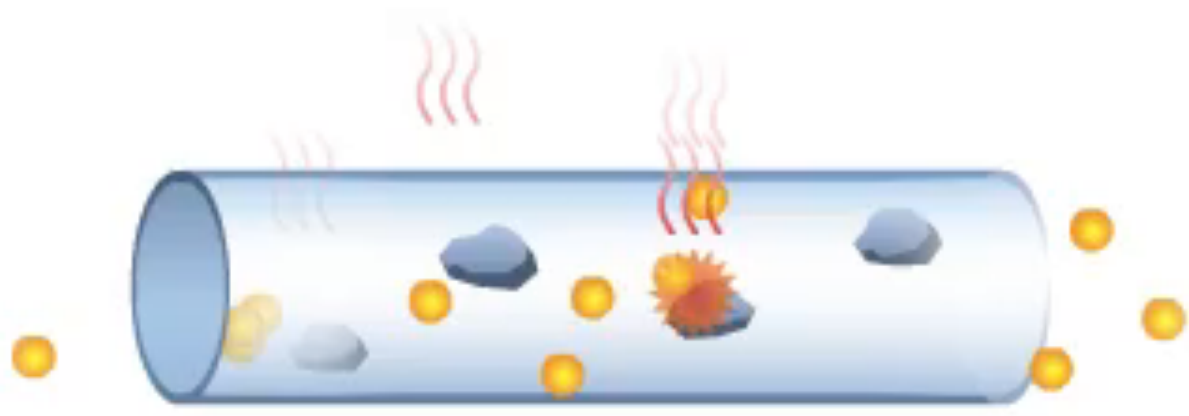
図 15: 〔左〕 直流電源からの起電力 $V(t)$ は常に一定. 〔右〕 交流電源からの起電力 $V(t) = V_0 \sin(2\pi ft)$. $\bar{V} = 100 \text{ V}$ の起電力は, 最大 $V_0 = 100\sqrt{2} = 141 \text{ V}$ になる. $f = 60 \text{ Hz}$ は, 1 秒間に 60 回振動することを表す.



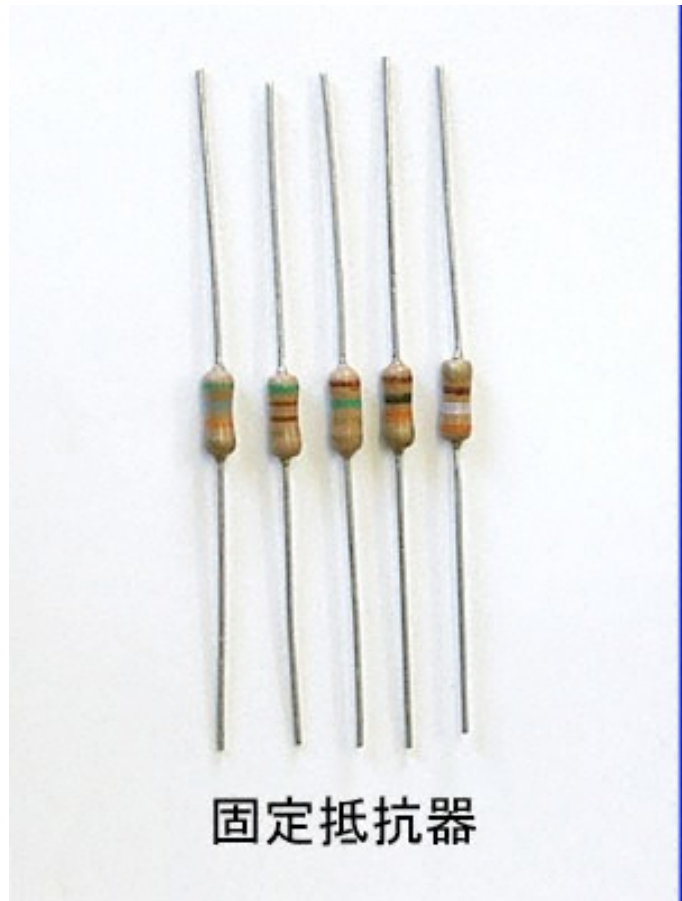
電気が熱になるしくみ。電化製品のしくみ。
(ポットや炊飯器などで、電気がどのように作用しているのか)



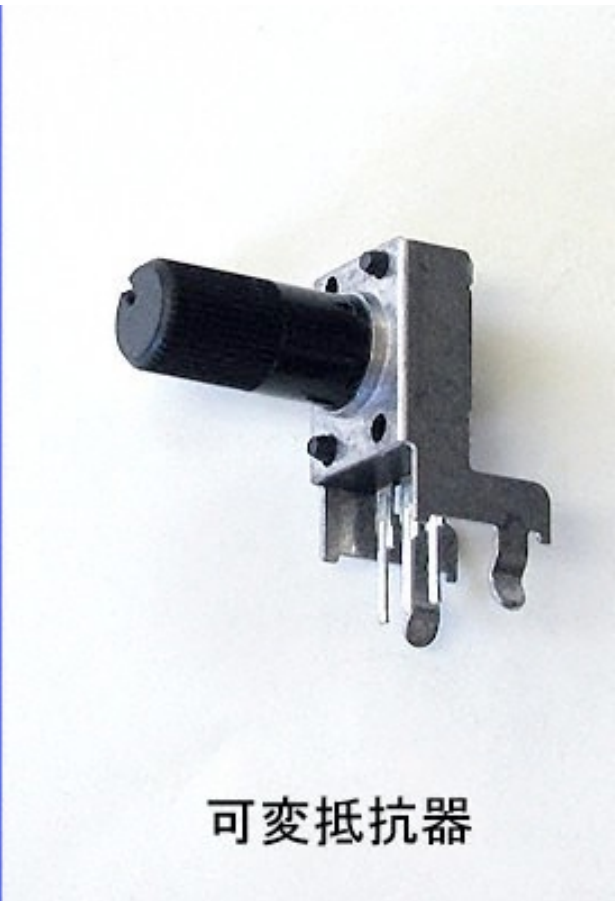
▶▶ 次に進む



▶▶ 次に進む



固定抵抗器



可変抵抗器

抵抗率		
低い 電気を通しやすい		高い 電気を通さない
導体	半導体	絶縁体
銀 銅 金 アルミ	ニッケルクロム合金 ゲルマニウム シリコン	ガラス ゴム プラスチック

知ってほしい！

抵抗器の記号と単位

記号: **R** 単位: **Ω(オーム)**

1MΩ=1,000kΩ=1,000,000Ω
1kΩ=1,000Ω

電子工作では、抵抗値の小さなものから大きなものまで、幅広く抵抗値を使うので、Ω(オーム)の1,000倍にあたるkΩ(キロオーム)や1,000,000倍にあたるMΩ(メガオーム)もよく出てきます。

抵抗器の抵抗値は、文字の代わりに色の帯で表示しています。

黒 0	青 6
茶 1	紫 7
赤 2	灰 8
橙 3	白 9
黄 4	金 5%
緑 5	銀 10%

- 第1・第2色帯・・・数値
- 第3色帯・・・10を掛け算する回数
- 第4色帯・・・誤差
- 単位はΩ

※色帯が5本の場合は、第3色帯までが数値で、第4色帯が10を掛け算する回数、第5色帯が誤差になります。

たとえば「茶緑赤金」であれば・・・



固定抵抗器

炭素皮膜抵抗器



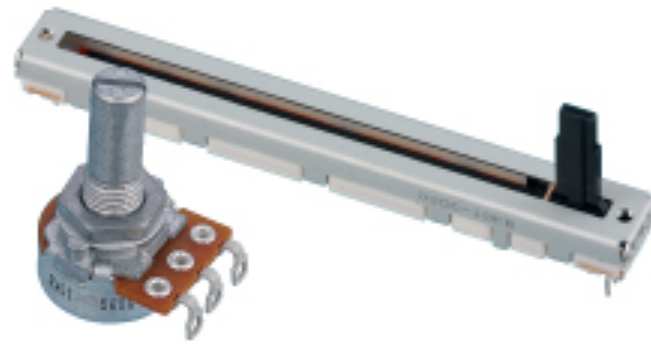
●安価

▶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

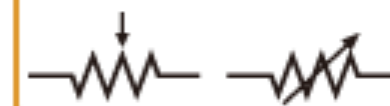


抵抗値を変えることができる抵抗器。つまみを動かすことで抵抗体の長さが変わるしくみです。

●抵抗値を自由に変えられる

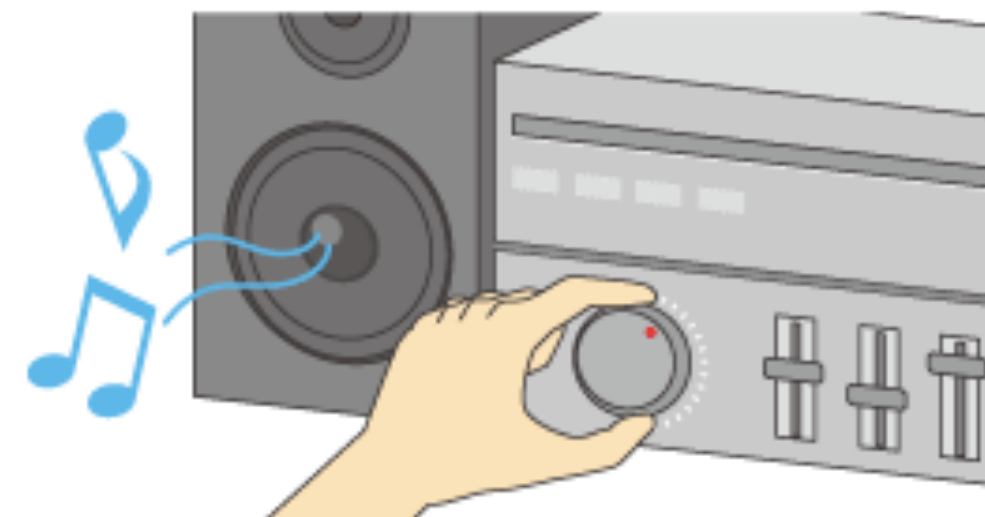
▶音量調整回路

回路記号

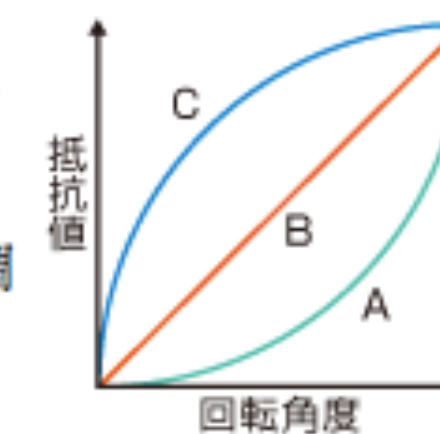


■これって抵抗器？

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。



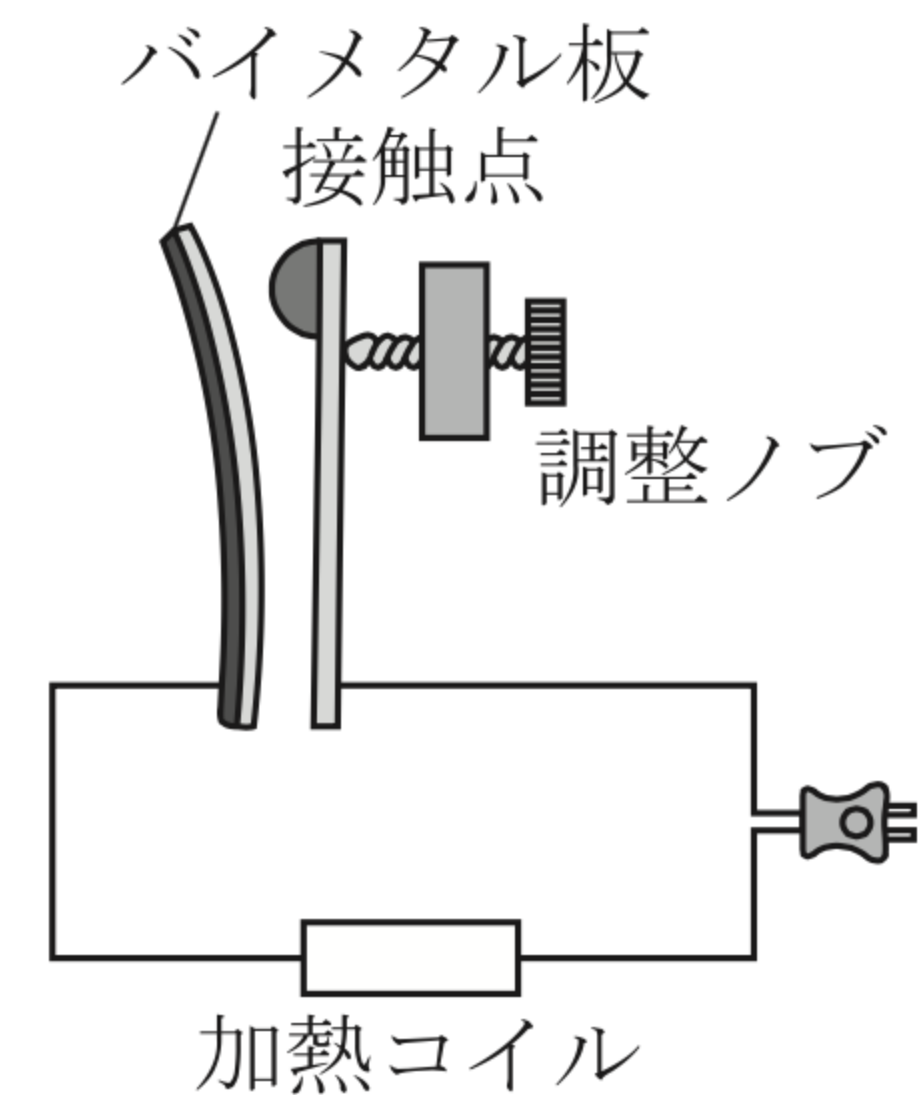
可変抵抗器における抵抗値の変化のカーブには、いくつかの種類があります。人間の耳は小さな音の変化に敏感なので、音量調整回路にはAカーブの抵抗器が使われます。



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)

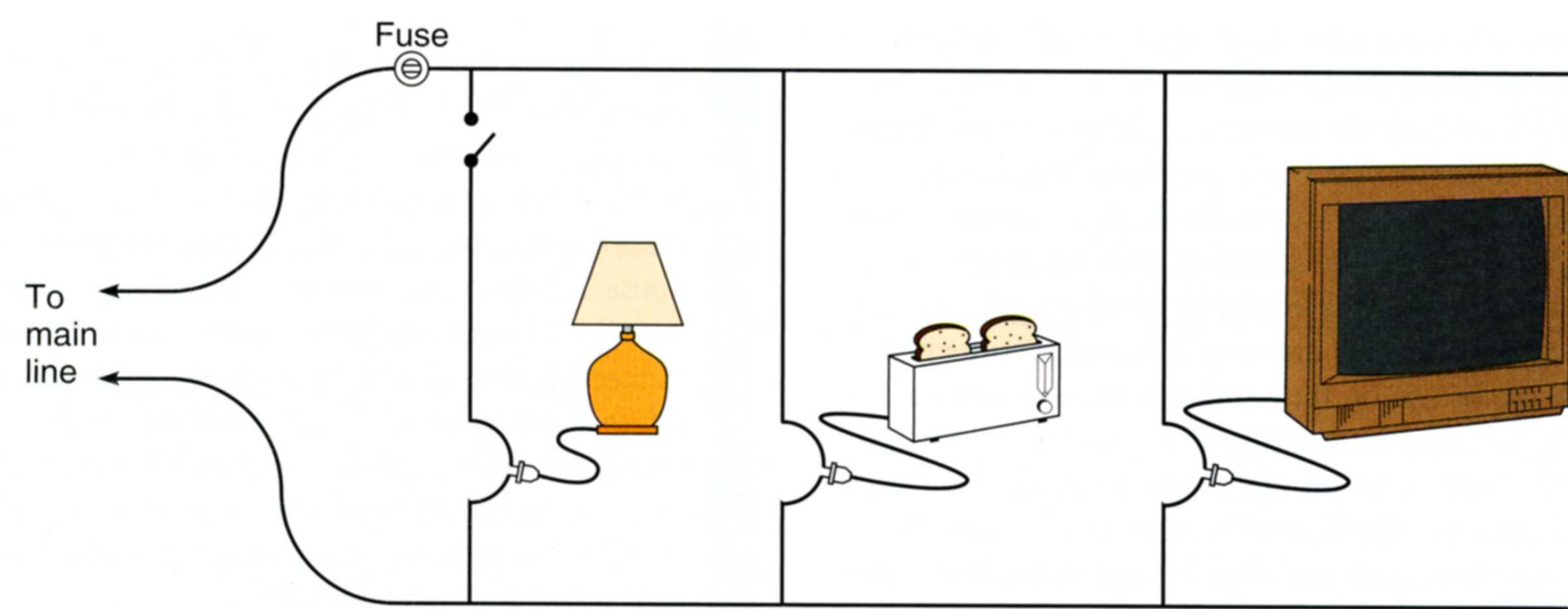
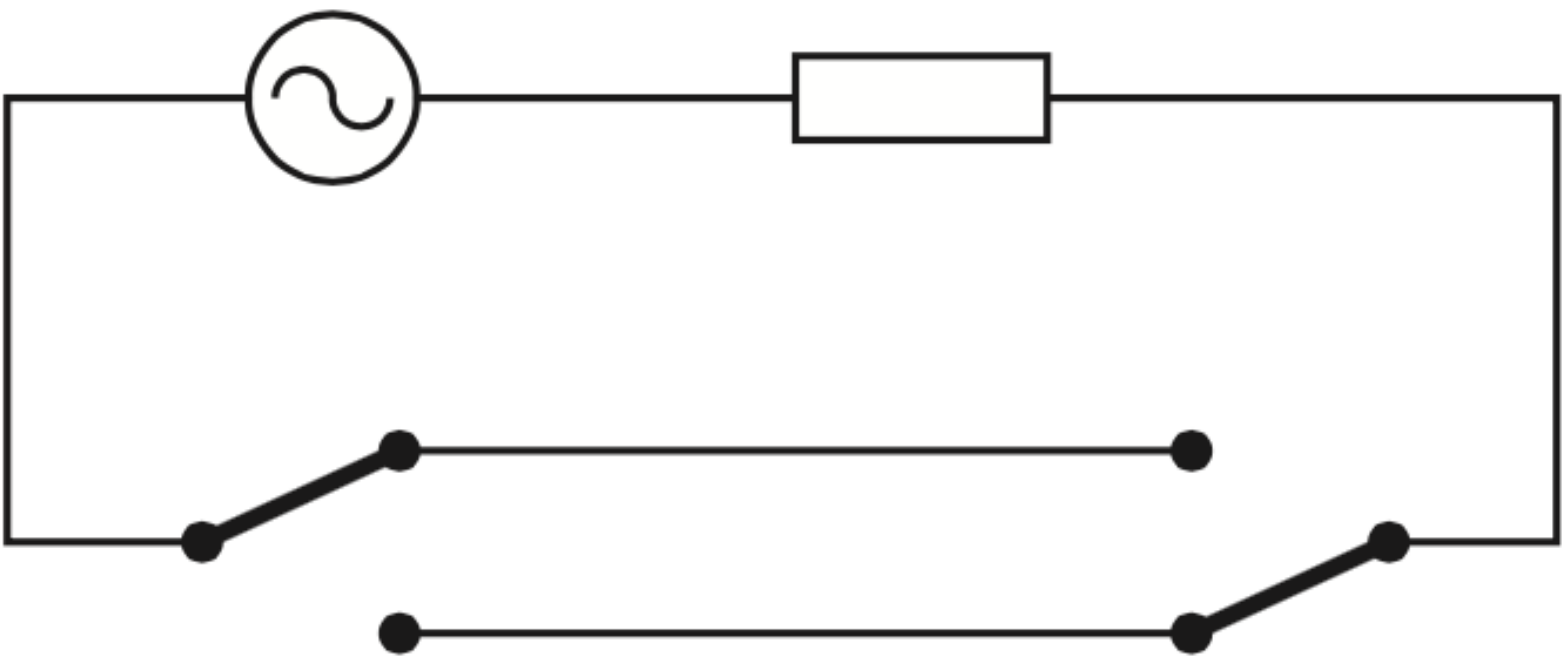
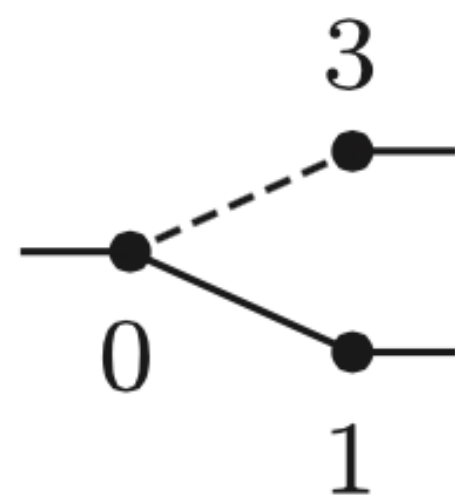
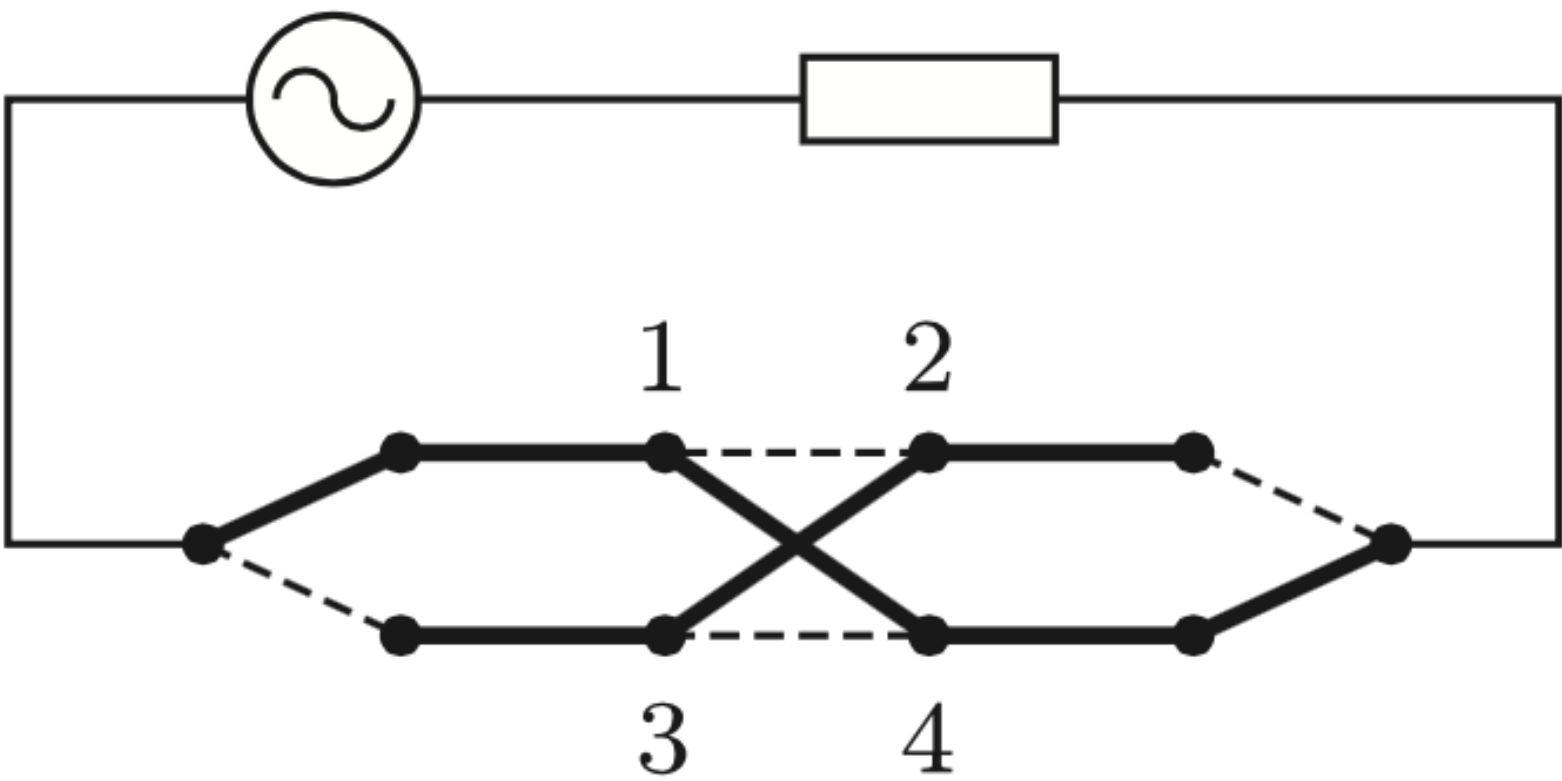
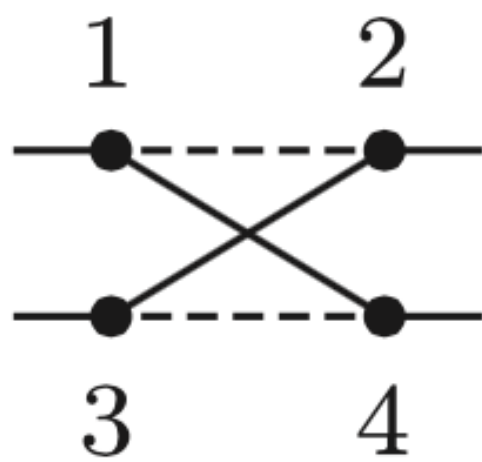


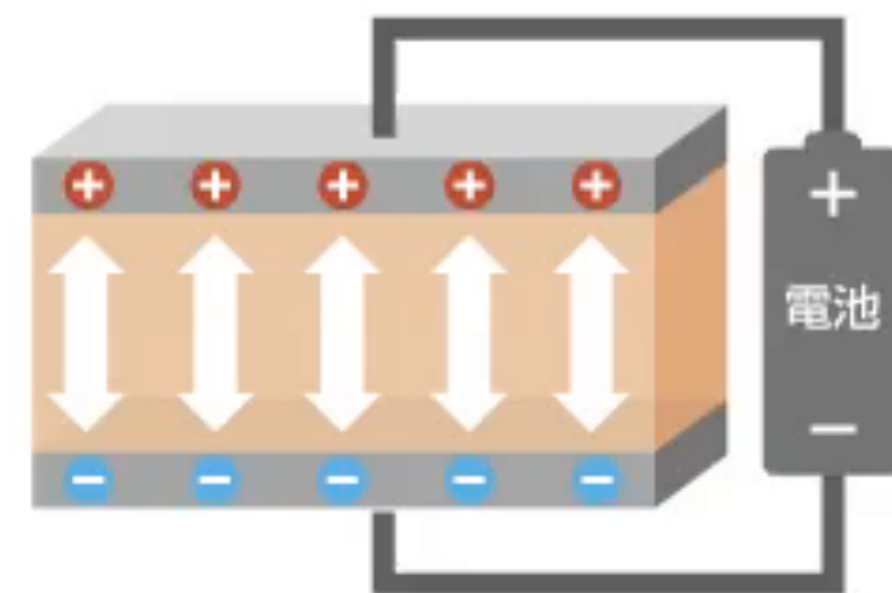
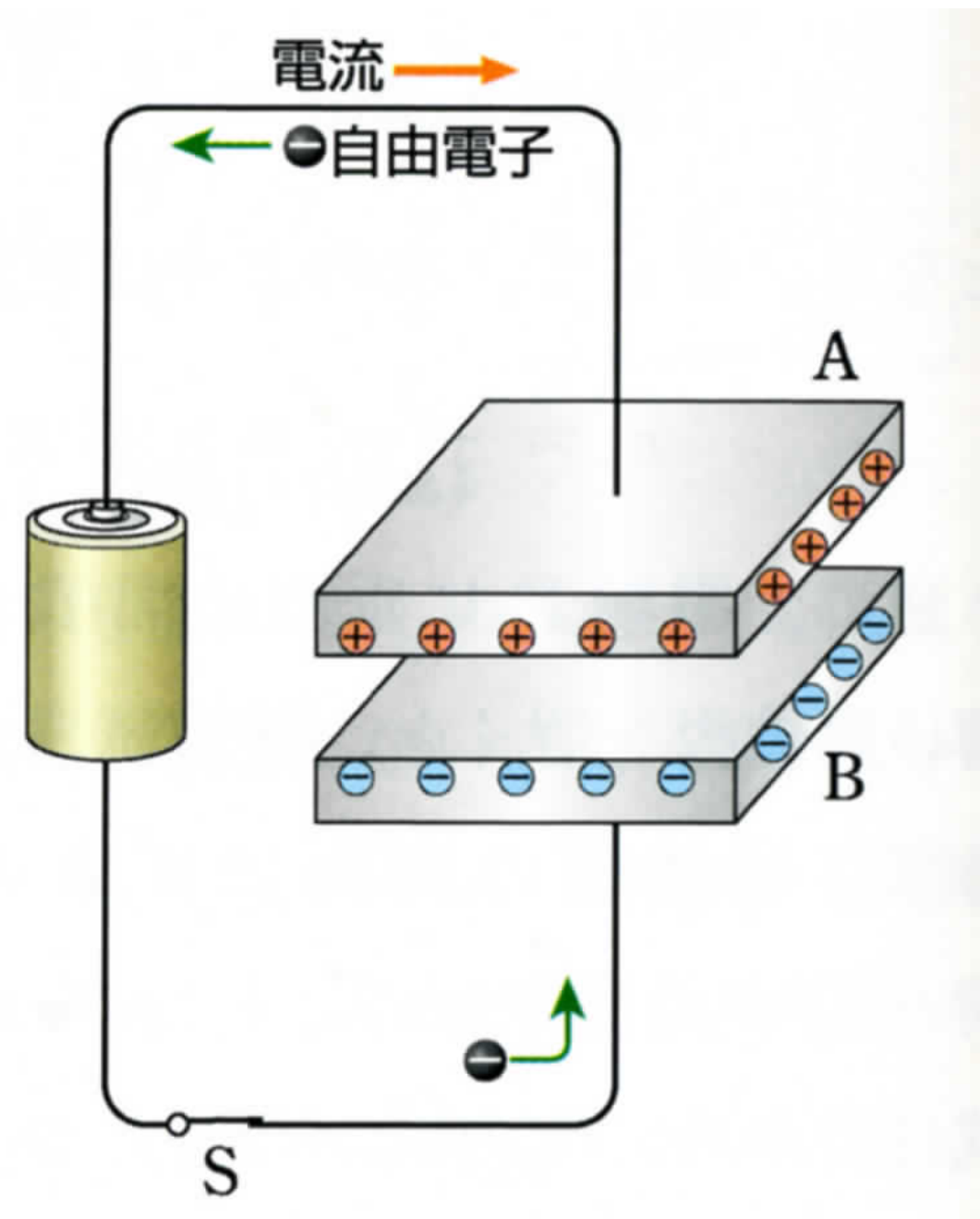
figure 13.19 A typical household circuit may have several appliances connected in parallel with one another. A fuse or circuit breaker is in series with one leg of the circuit.



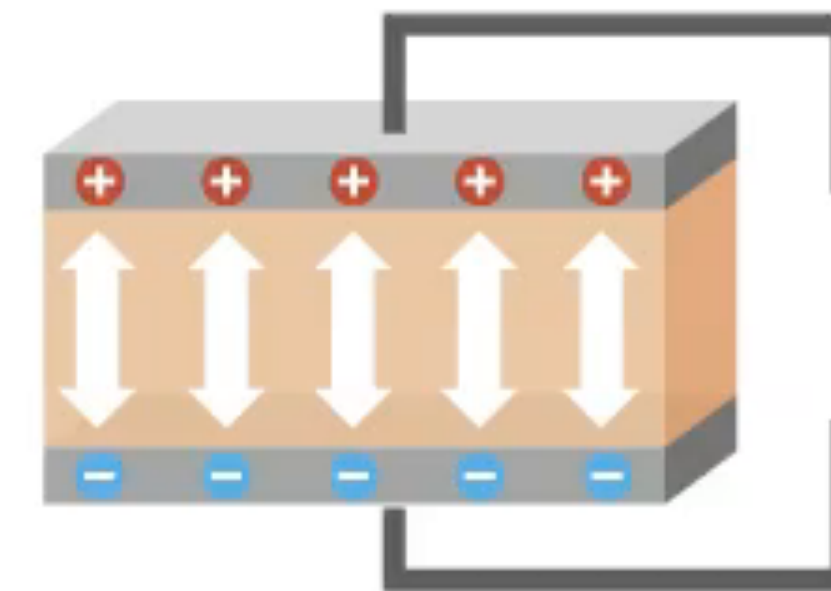
階段の電気のスイッチ(1階と2階と3階で両方切り替え)



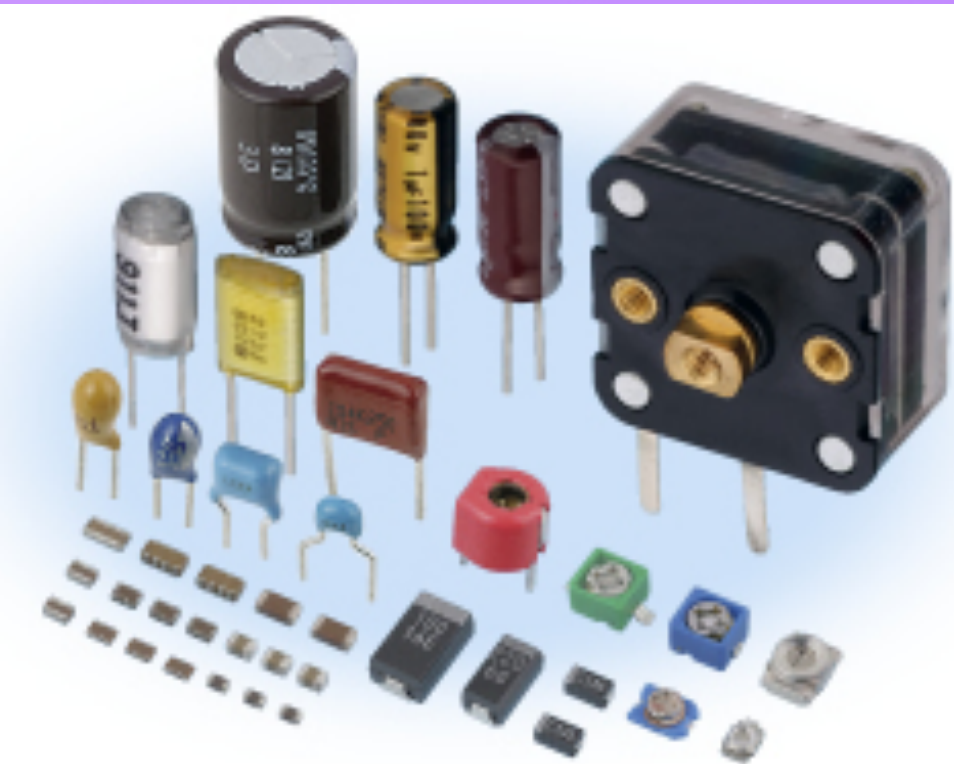
電気回路を構成する素子(2) コンデンサ capacitor



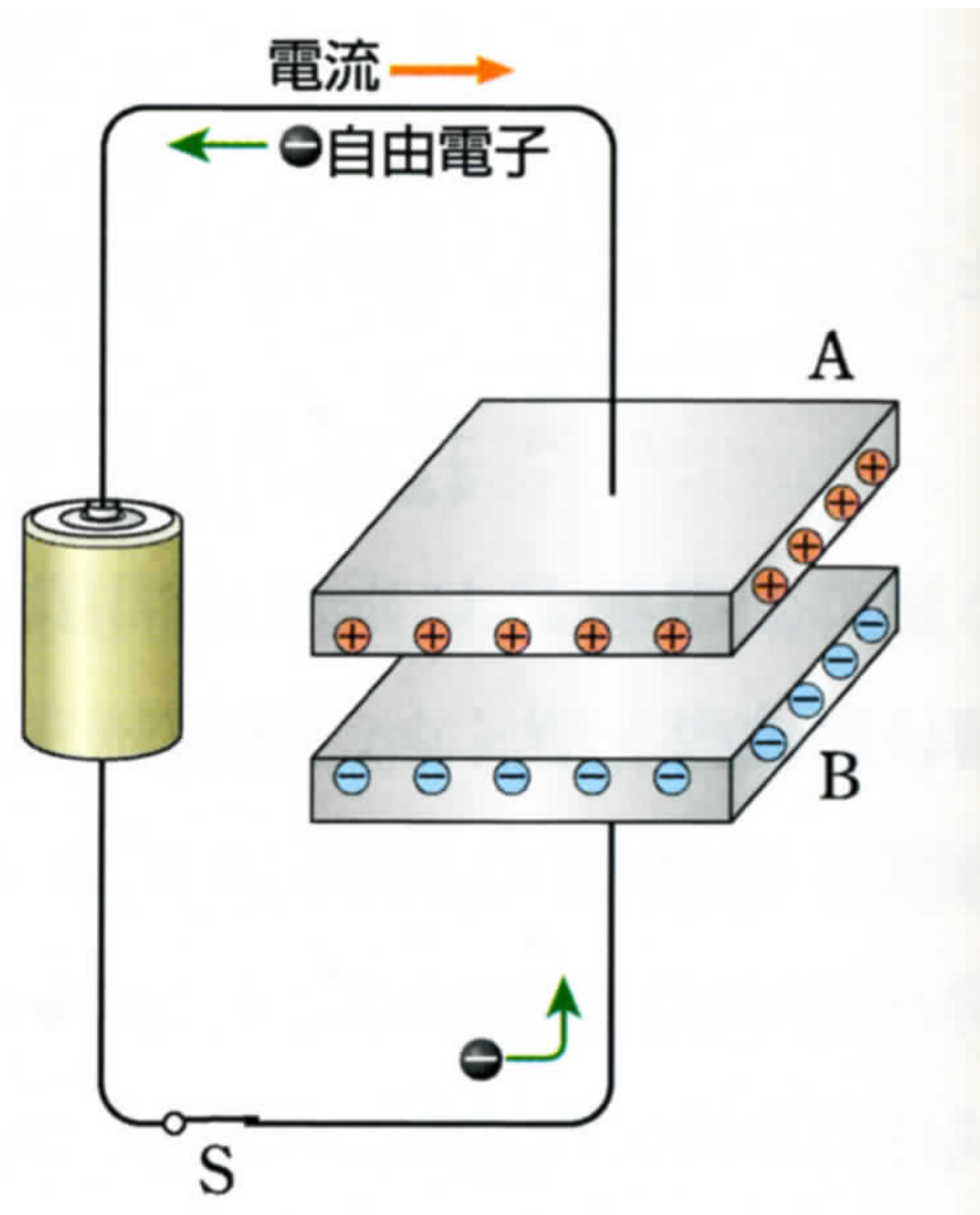
▶▶ 次に進む



▶▶ 次に進む



電気回路を構成する素子(2) コンデンサ capacitor



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

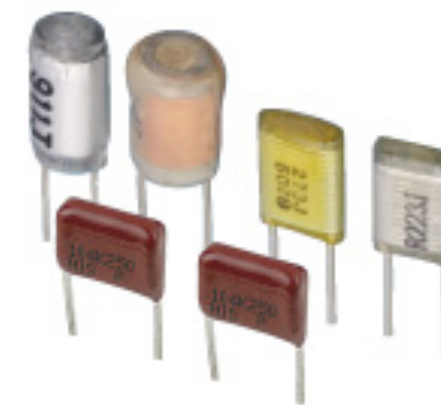


アルミニウムなどの金属と電解質を使っています。極性がありますが、大きな容量が得られます。

- 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



12月14日～15日

ふたご座流星群

★2025年は条件**最良**

★1時間に60個！

(昨年予報は, 30個/時間)



<https://www.astron.pref.gunma.jp/events/091213geminids.html>



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

〔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
ポリエステルのはりす
- (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
ポリエステルのはりす

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

〔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)