生活の中の物理学
Physics in Everyday Phenomena

第13回　2025/12/15

第6章　電気と磁気(2)

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/

レポート２　12/29(日) 22:59；残りの講義　12/22，1/19；レポート３　1/30

「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，**2025年12月28日（日）22:59**　　**成績20点分**
- 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．

最終　まとめ確認レポート

課題

1 以下の問題 (1)-(6) より，2 つ選んで解答せよ．(A4 1〜1.5 枚程度)

2 以下の問題 (7)-(12) より，2 つ選んで解答せよ．(A4 1〜1.5 枚程度)

3 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．(枚数自由)

問題

(1) 普段の生活では摩擦がはたらくために，「力がはたらかなければ等速運動を続ける」という慣性の法則に気づかない．ガリレオはどのようにしてこの法則を説明したか．

(2) 運動方程式で力をゼロとすれば加速度はゼロになる．つまり，慣性の法則を再現するが，ニュートンの運動法則として，慣性の法則が独立している理由は何か．

(3) (a) 力学的エネルギー保存則，(b) 運動量保存則，(c) 角運動量保存則．それぞれを例を挙げて説明せよ．

(4) 地球を周回する宇宙ステーション内は無重量状態になっている．地球を周回する飛行機内では無重量状態にならない．これらの理由は何か．

(5) 湿った空気が高圧で詰め込まれたペットボトルのふたを開けると，一瞬にして霧ができた．理由を説明せよ．

(6) 空気抵抗，水流の抵抗に対する身の回りに見られる工夫を挙げよ．

(7) 同じ長さで，両端が開放された筒と片方をふさいだ筒がある．生じる基本振動について説明し，どちらが高音になるか結論せよ．

(8) 共振とは何か．原理と例を説明せよ．

(9) オーロラができるしくみを説明せよ．また，日本のような低緯度地域でもオーロラが見られる条件は何か．

(10) 交通系 IC カードのしくみについて説明せよ．

(11) 電流の正体が電子であることはどのようにしてわかったか，実験の原理を説明せよ．

(12) 放射性物質の半減期とは何か．また，炭素を用いた年代測定について説明せよ．

成績30点分

作成要領

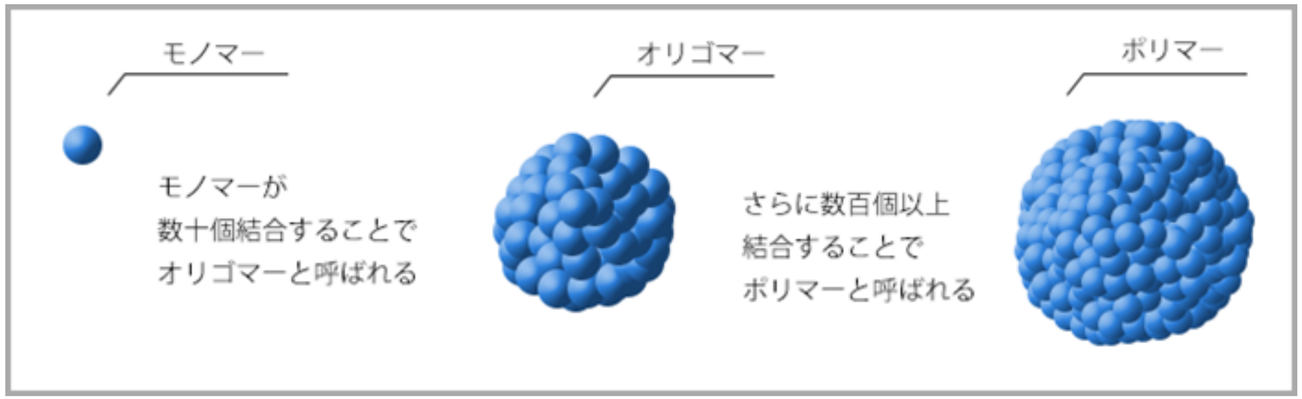
- 参考とした文献 (web ページ含む) などがあれば，**必ず**記すこと．剽窃行為が認められる場合は評価を下げます．（参考文献から引用するのは構いませんが，引用範囲は必ずそう明記すること．）
- インターネット上の文献を引用するときは，書き手が不明な個人のものは避けること．
- 表紙は不要．必要であれば，図や表を添付してよい（ページ枚数に含める）．

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，**2026年1月30日（金）22:59**
- 提出ファイルの名前は，「大日 XXXXXXX ○○○○」の形式とすること．（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．
- 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．

前回のミニッツペーパーから

UVレジンはなぜ光をあてると固まるのでしょうか.



https://www.klv.co.jp/university/light-source/column/uv-curing-mechanism.html

紫外線を照射すると, そのエネルギーを吸収して, 重合反応が生じて, ポリマーと呼ばれる高分子体が作られる構造とのことです.

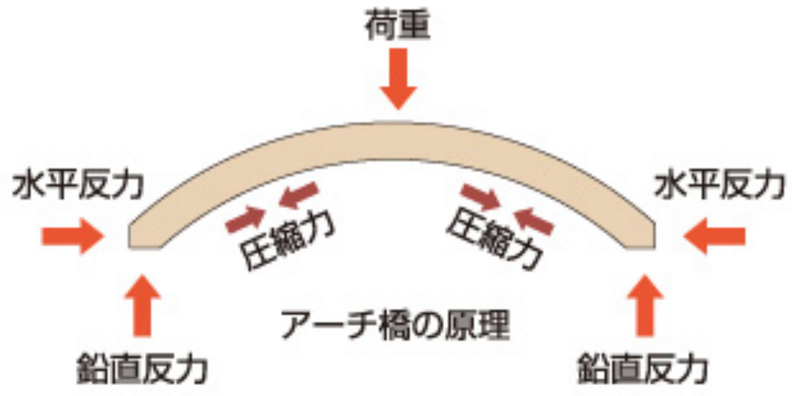
コーラをふるとあふれるのはなぜか

加圧して強引に炭酸ガス(二酸化炭素)を溶け込ませているので, 振ることで刺激され, 炭酸ガスがよけいに気体として出ようとするからです.

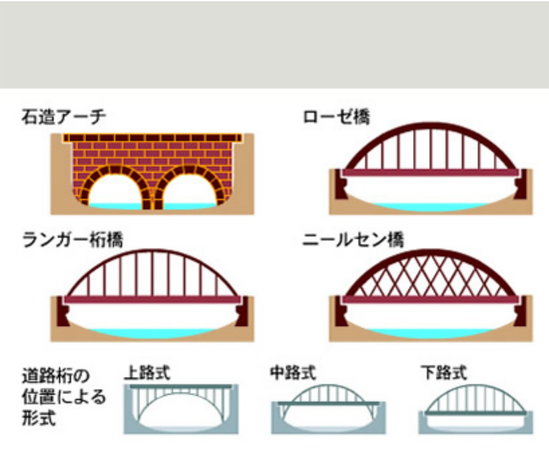
ちなみに, コーラにメントスを入れると, メントスには多数の穴が空いているため, 二酸化炭素の泡の発生源となり, コーラに含まれる成分がさらに表面張力を弱くするので, 爆発的に炭酸ガスが吹き出します. これは, 化学反応ではなく, 物理反応です.

前回のミニッツペーパーから

なぜアーチ橋は重いものを支えられるのか？



https://www.jasbc.or.jp/routepress21st/rp21st-09-01.php



アメリカ・セントルイスの
ゲートウェイ・アーチ
（高さ192m）

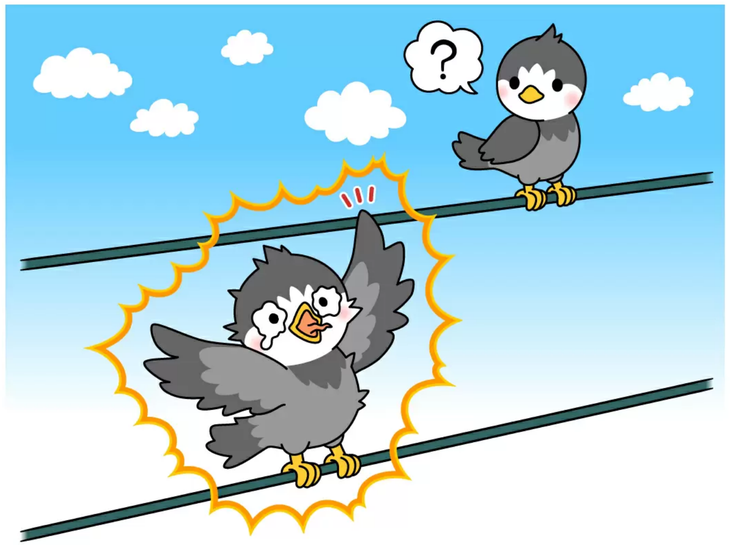
https://www.kajima.co.jp/gallery/const_museum/hashi/gijutsu/article/hashi_g_01.html

前回のミニッツペーパーから

SNSで静電気が好きで布にすりすりしたあと
かいぬしに近づく犬がいるのでまた調べてみてほしいです。

https://www.youtube.com/watch?v=AjV3gbl2GPU

電線に止まっている鳥は、なぜ感電しないのですか。
人間が触れても大丈夫ですか。(素手で)



電線一本にだけ触れているから，回路になりません．
羽を広げて2本目の電線に触れると，感電します．
人間は足を地面につけているので，電気が流れて感電します．
切れている電線には近づかない．被覆があったら大丈夫ですが，
被覆に傷がついていると電気が流れます．

コンセントを差し込むときに、一瞬青い火花のようなものが見えるときがあるのですが、
どのような状態なのでしょうか。

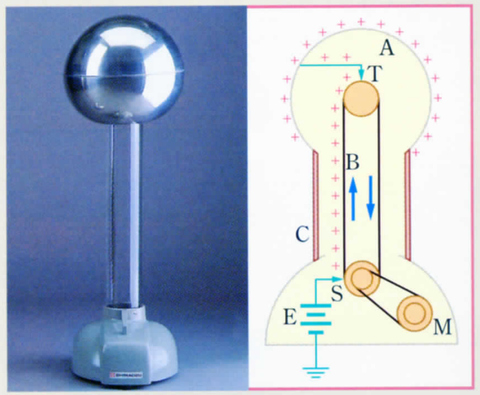
前回のミニッツペーパーから

髪の毛に静電気を発生させにくくするには、
髪はおろしている方がいいのか、結んでいる方がいいのかどちらですか。
結ぶのであれば、どのような結び方、どのようなゴムの素材を選べばよいですか。

手をかざすと、勝手に静電気が通ってる気分になって
おもしろかったです。

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。

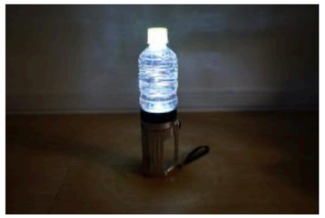


電源Eから針Sを通じて　回転しているベルトBに電荷を与える。ベ ルトによって運ばれた電荷は，針Tを通じて金属球（電極）Aにたくわえられるため，Aは強く帯電するようになる。

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。

電気は細く尖ったところに帯電したがるので，髪は束ねた方がよい．毛先がまとまって結ばれていれば，結ぶ素材によらないと思います．



ペットボトルを光らせるのは、シオかサトウか、どの粉が一番ひかるのか
実験してみたいです。

完全に解けていれば同じでは？炭酸と比較するとか．．

いつも車にふれると バチッとくるので，いちど他のところにふれて静電気を
逃がす工夫をしようと思いました。

6　電気と磁気

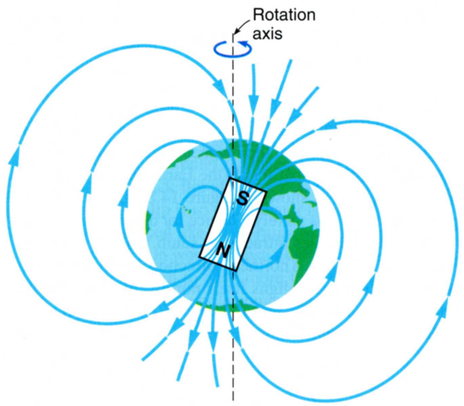
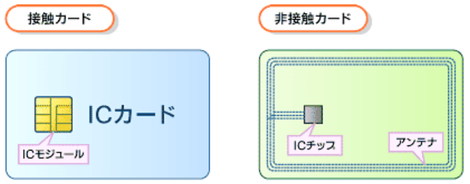


figure 14.8　The magnetic field of the Earth can be pictured by imagining a bar magnet inside the Earth (there is not one, of course), oriented as shown here.



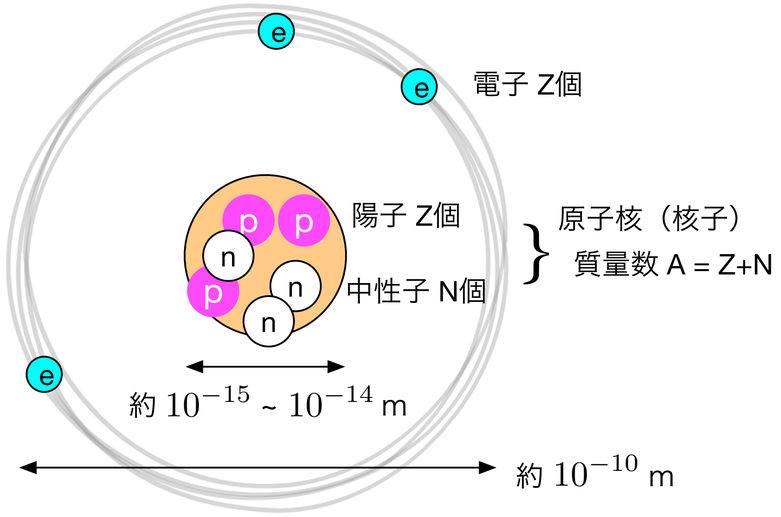
教科書 p230

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）．

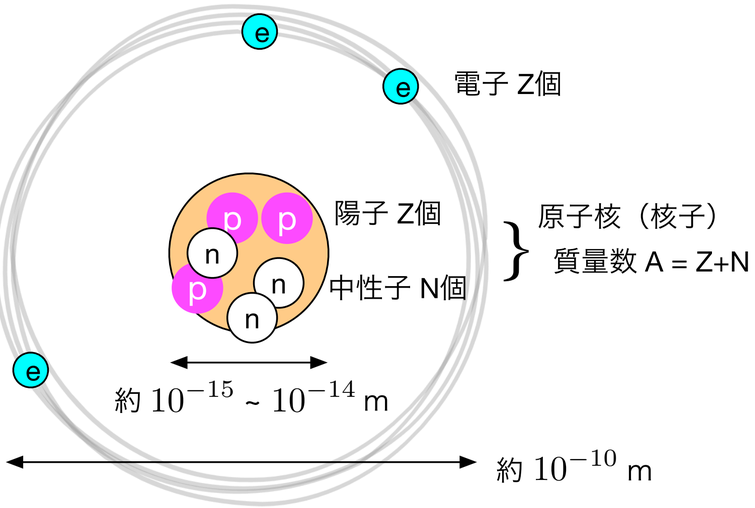
記号			電気量	質量	質量比
陽子	p	proton	$+e$	$1.67262158 \times 10^{-27}$ kg	1836.15
中性子	n	neutron	0	$1.67492735 \times 10^{-27}$ kg	1838.68
電子	e	electron	$-e$	$9.10938188 \times 10^{-31}$ kg	1

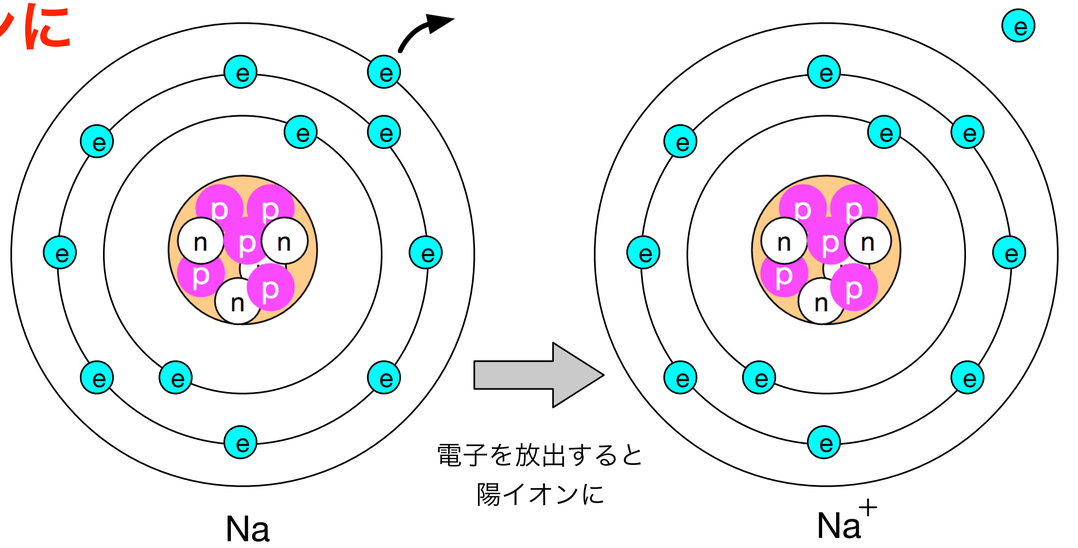


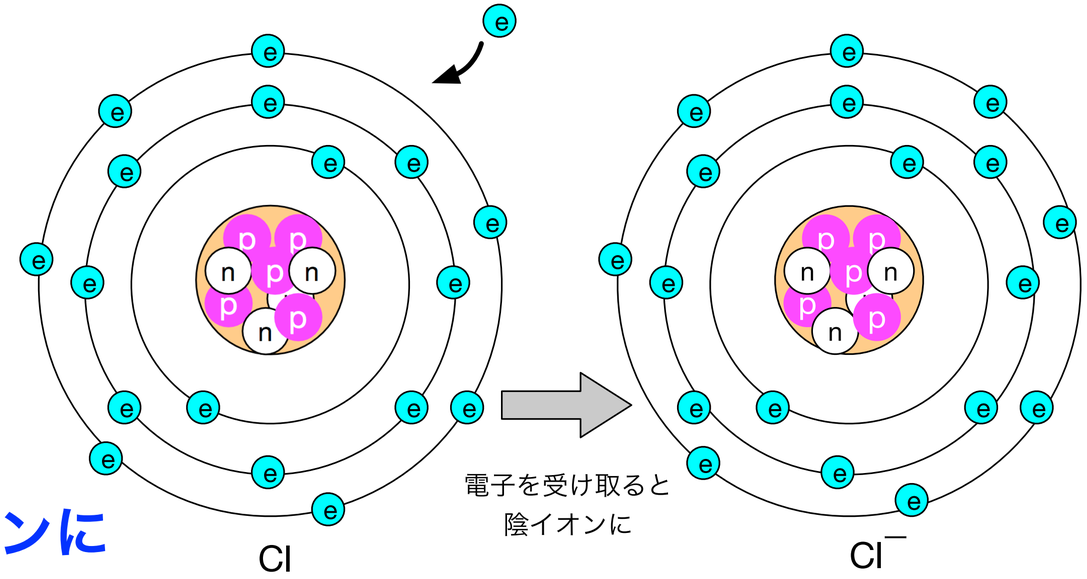
教科書 p187

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

↑非金属元素
↓金属元素

→非金属元素
↓金属元素

↑非
↓金

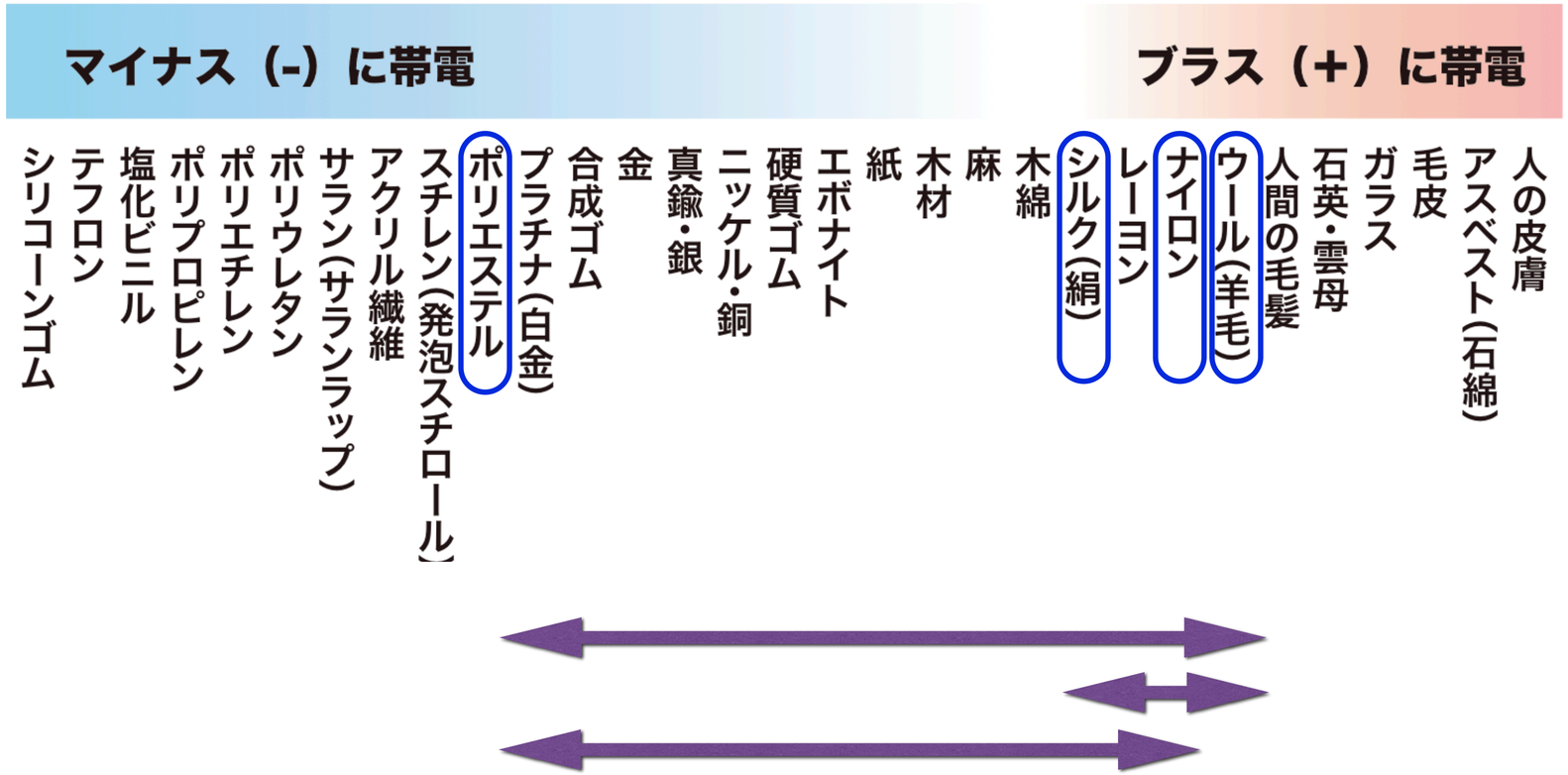
常温で気体
単体は半導体
常温で液体
単体は強磁性体
放射性同位体のみからなる元素

	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
1s	1 ± H 水素 hydrogen 1.008																	2 He ヘリウム helium 4.003
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	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
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	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
4s	19 +1 K カリウム potassium 39.10	20 +2 Ca カルシウム calcium 40.08	3d 21 +3 Sc スカンジウム scandium 44.96	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	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
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	4d 39 +3 Y イットリウム yttrium 88.91	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	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
6s	55 +1 Cs セシウム cesium 132.9	56 +2 Ba バリウム barium 137.3	† 5d 57—71 ランタノイド lanthanides	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	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
7s	87 +1 Fr フランシウム francium 223	88 +2 Ra ラジウム radium 226	‡ 6d 89—103 アクチノイド actinides	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 copernicum 285	113 Nh ニホニウム nihonium 284	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

前回のミニッツペーパーから

〔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



16 a

（a） 2つが最も離れているため！

2 b

b、私の経験上一番静電気がおきる気がします。

6 c

C（ユニクロはぬくいが静電気がいやです）

静電気が身近で面白かった。服の素材の組み合わせをもっと知りたい。

「サイエンサー」という番組で、ポケットに入れていたハンカチで静電気を防いでいたが、あれは本当だったのか。

前回のミニッツペーパーから

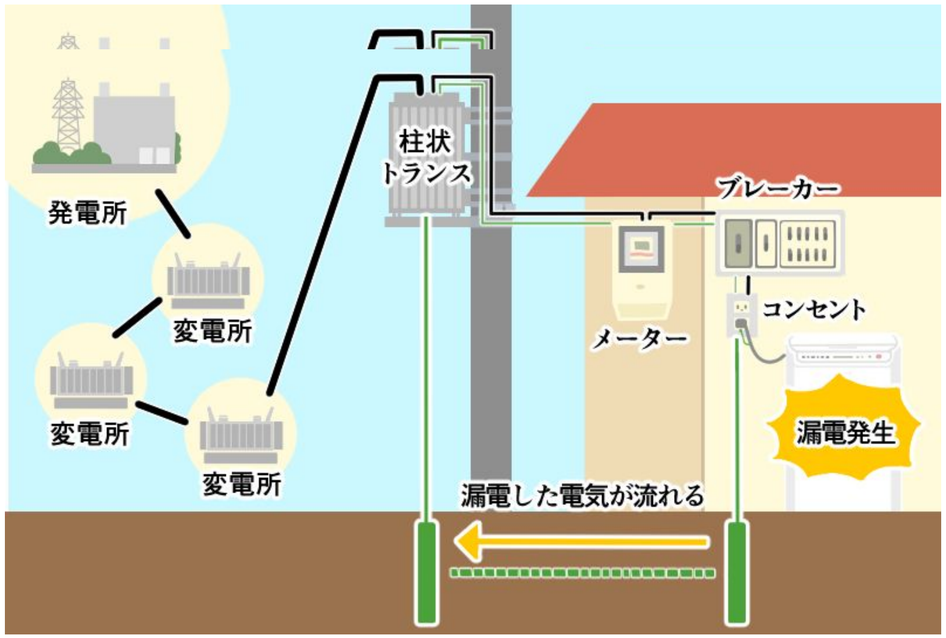
〔12-2〕家庭内のコンセントで，洗濯機をつなぐコンセントには，アースがついている（ことが多い）．その理由は何か．

洗濯機は回って摩擦が起こることで静電気が起こりやすく，水もつかうので感電しやすくなるから
アース線で電気を地面に放出するため。

洗濯機の動きの摩擦で静電気が発生しやすく
また水が近いため感電するのを防ぐため

機械が壊れていたり，落雷などで電気が外に出てしまったときに
触れた人が感電しないように，電気を地面に逃がすため。

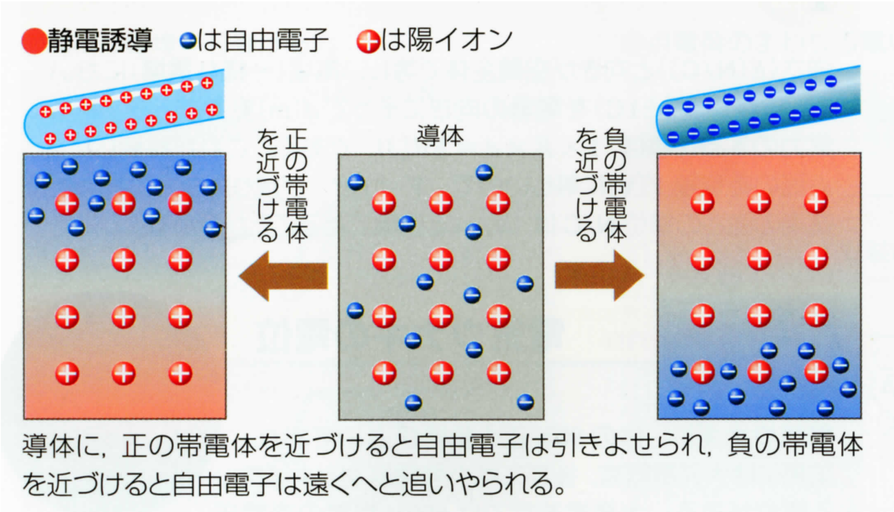
感電しないように電流を地面（アース）に逃がしているため．



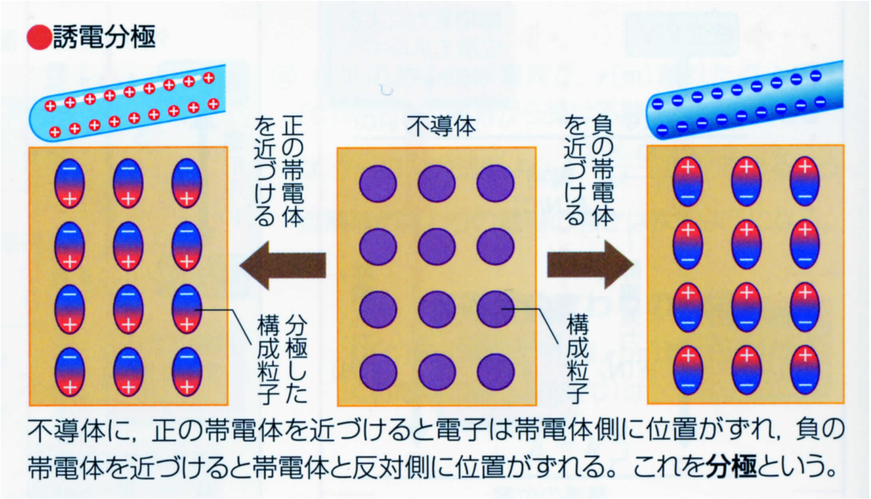
https://www.seikatsu110.jp/electrical/et_outlet/14500/

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．

前回のミニッツペーパーから

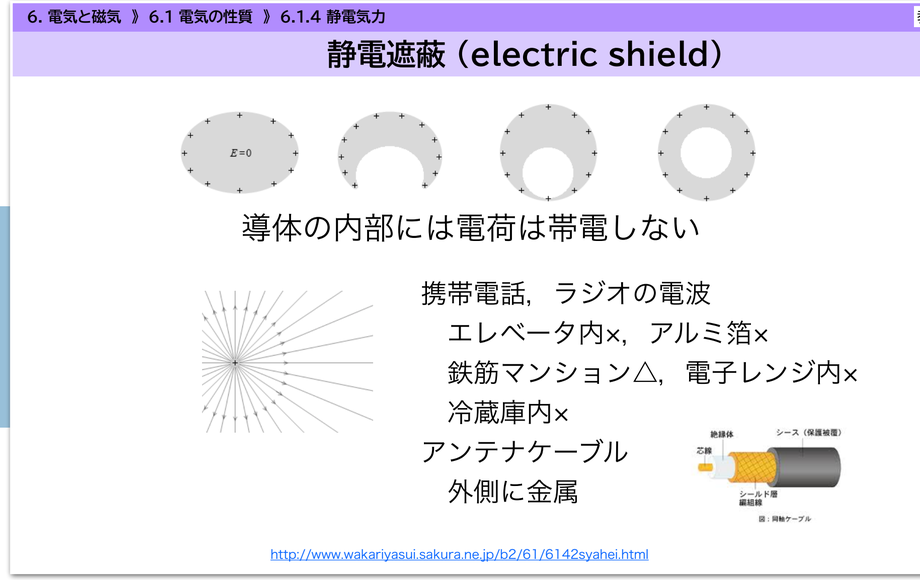
〔12-3〕携帯電話をアルミホイルで包むと，電話を受信しない．その理由は何か．

電波を遮断するから

(3) アルミホイルが電波を遮断する理由。
アルミホイルは金属製であり、電気を通しやすい導体。電波(携帯電話が使用する電磁波)は金属の表面に当たるとその金属内の自由電子が移動して電波をおおう強力な電場を生じます。このため アルミホイルの内側へ電波が侵入できなくなります。

金属の箱に入っている状態になり、電気が入りにくくなるため。

金属の箱の中には、電気は入り込めず、表面に分布する。
よって、アルミ箔に包まれた携帯電話の電波は、遮断され、電話を受信しない。



金属で囲まれた内部には電波が届かないから。

アルミの金属が電波を反射して通さないため。

反射ではない．

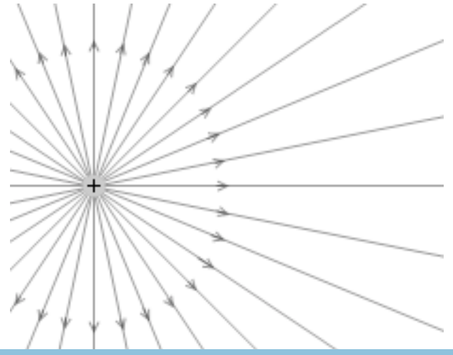
遮断．

YouTuberが全身アルミホイルにつつんだらケータイの電波が届かない みたいなのをやっていて、最新機種につながっていたけど！それは一部分アルミ むけていたから？

すしらーめん《リく》

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×

携帯電話をアルミホイルで包むと、つながらなくなるというのは、
福山雅治のガリレオシリーズの映画で見ました。
電車で電話をして怒られた子どもの携帯電話を
食べていたおにぎりを包んでいたアルミホイルで包んでしまう、といったものだったと思います。

教科書 p192

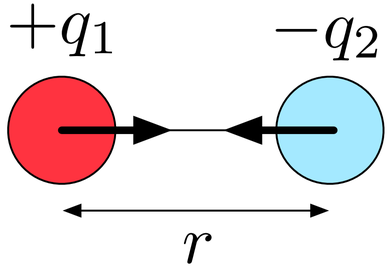
静電気力

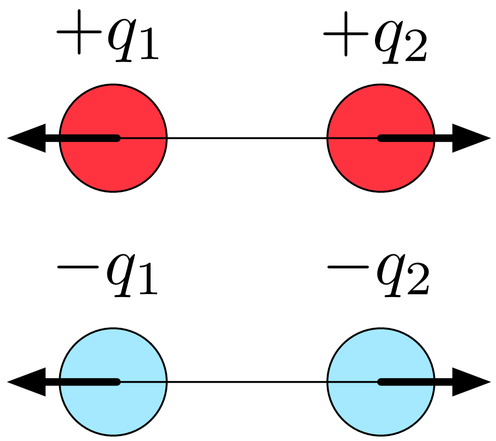
法則 **クーロンの法則（1785 年）**

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，

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

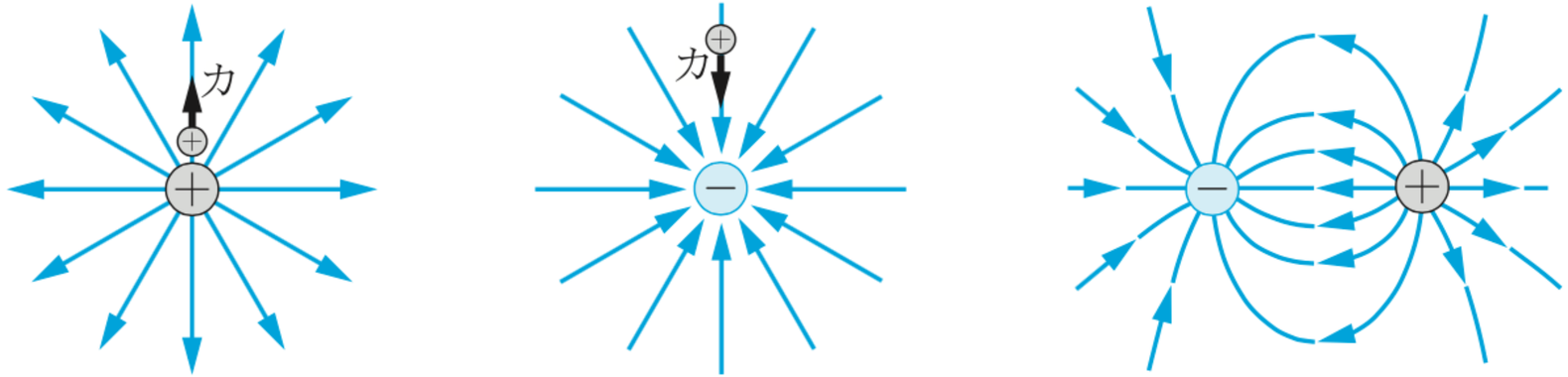
である．k_0 は定数で，$k_0 = 9.0 \times 10^9\ \mathrm{Nm^2/C^2}$ である．





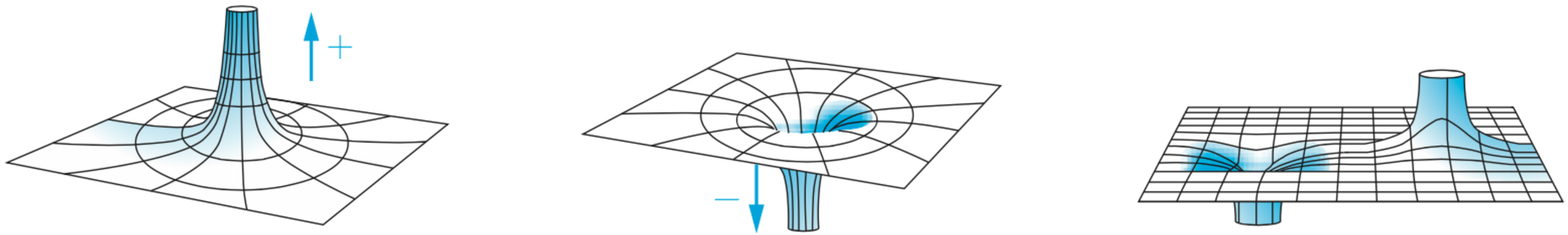
教科書 p193

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

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．

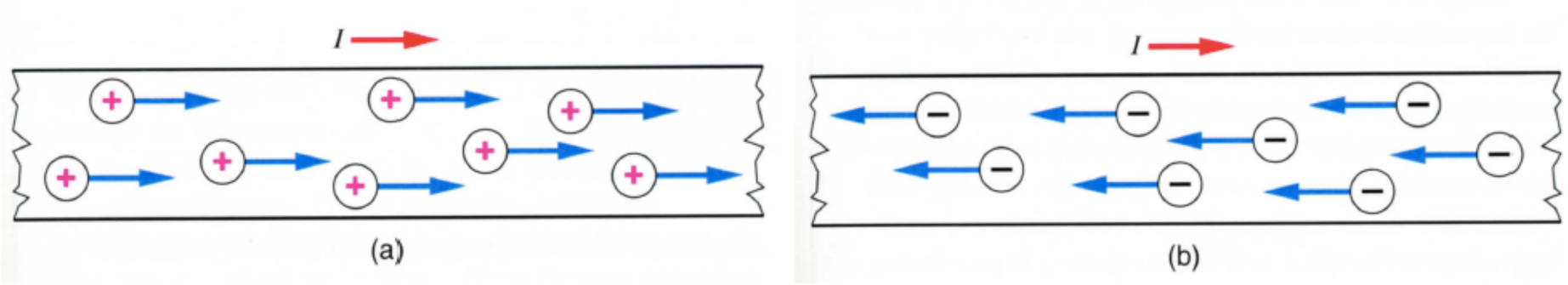


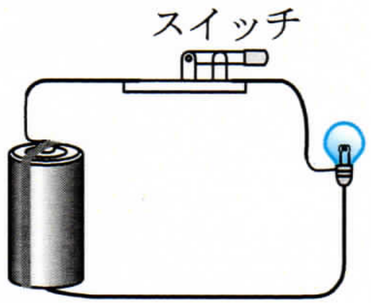
図 6.8　電流の向きは，正の電荷が動いていても負の電荷が動いていても実質同じ．

教科書 p197

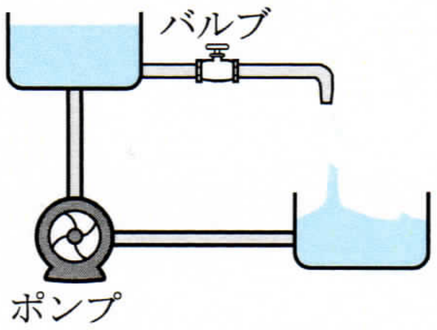
電気回路

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．



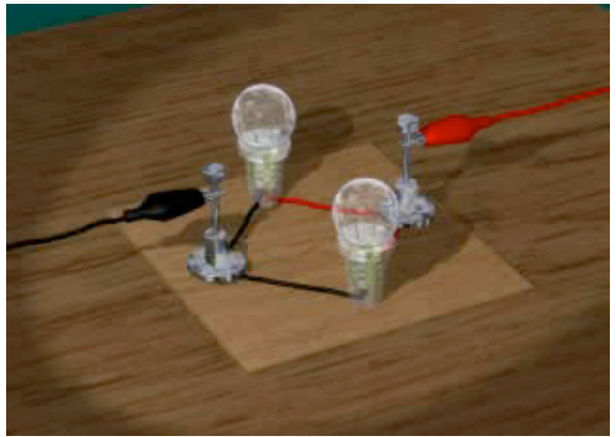
（a）電気回路



（b）水流回路

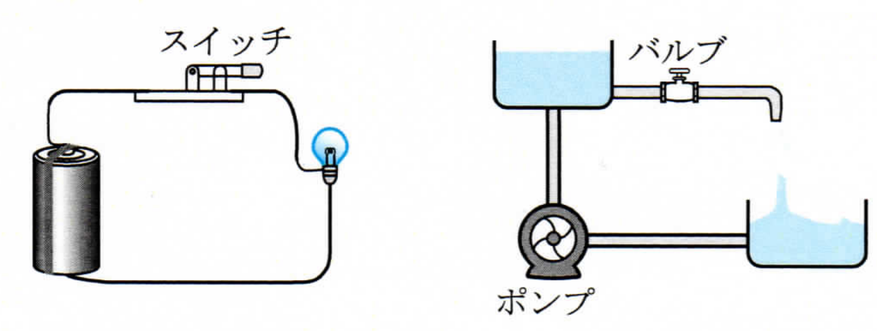
表 6.1　電気回路と水流回路の対応

	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，

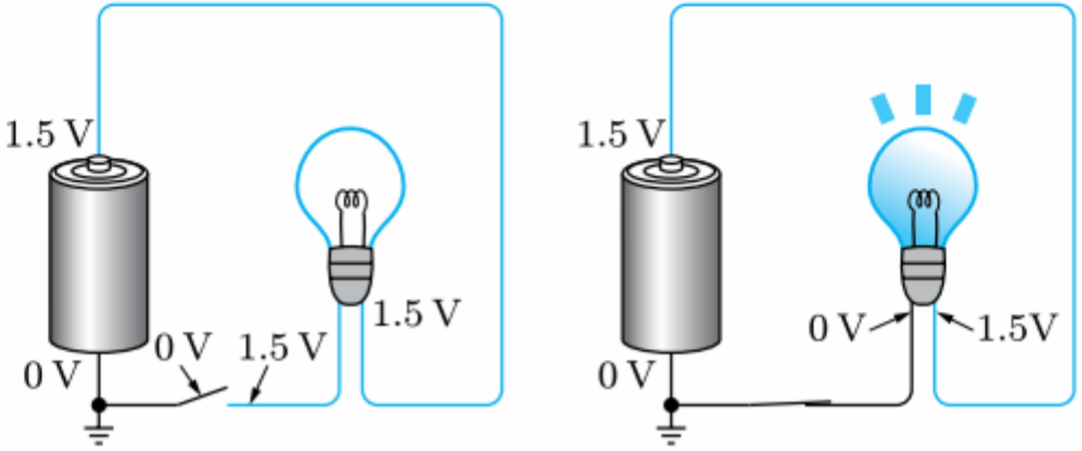
$$\Sigma(\text{回路内の起電力}) = \Sigma(\text{回路内の電圧降下}) \tag{6.2.2}$$

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．

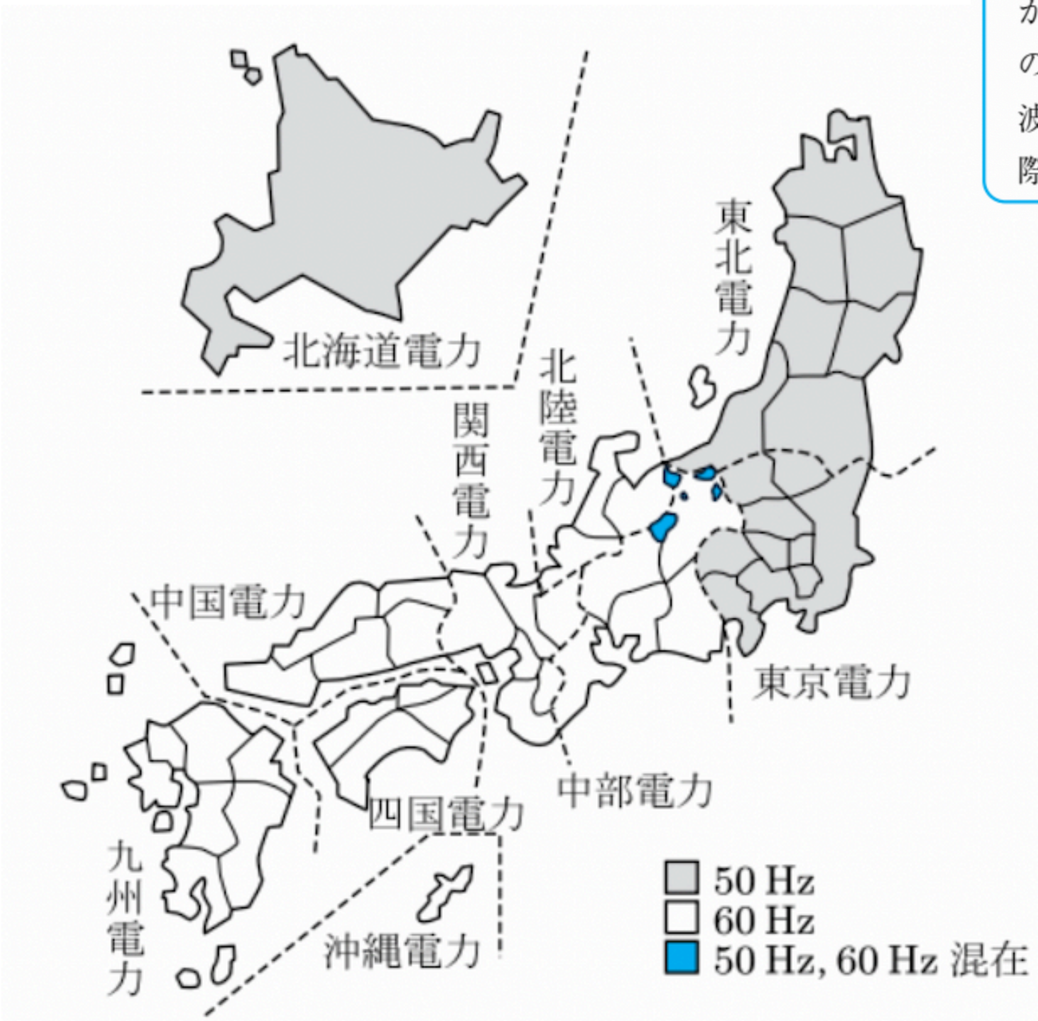


（a）スイッチを入れる前　（b）スイッチを入れた後

【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

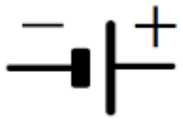


図 13: 直流電源
(DC; direct current)

図 14: 交流電源
(AC; alternating current)

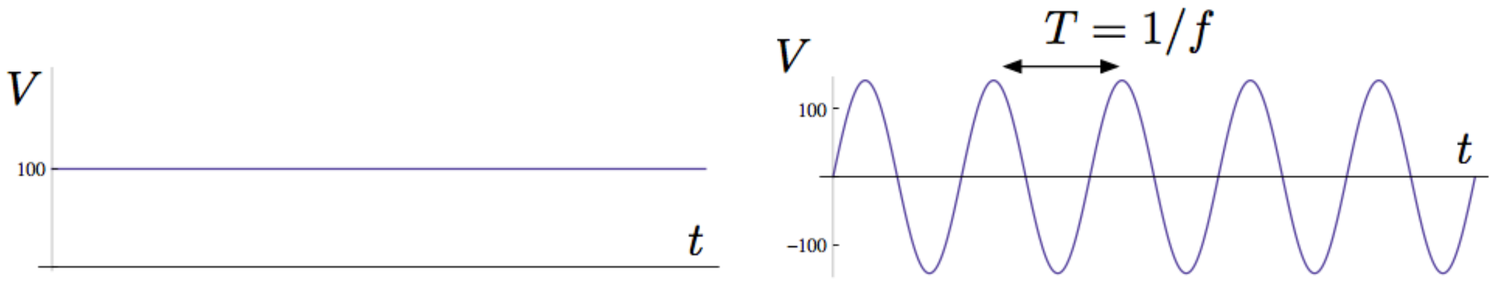
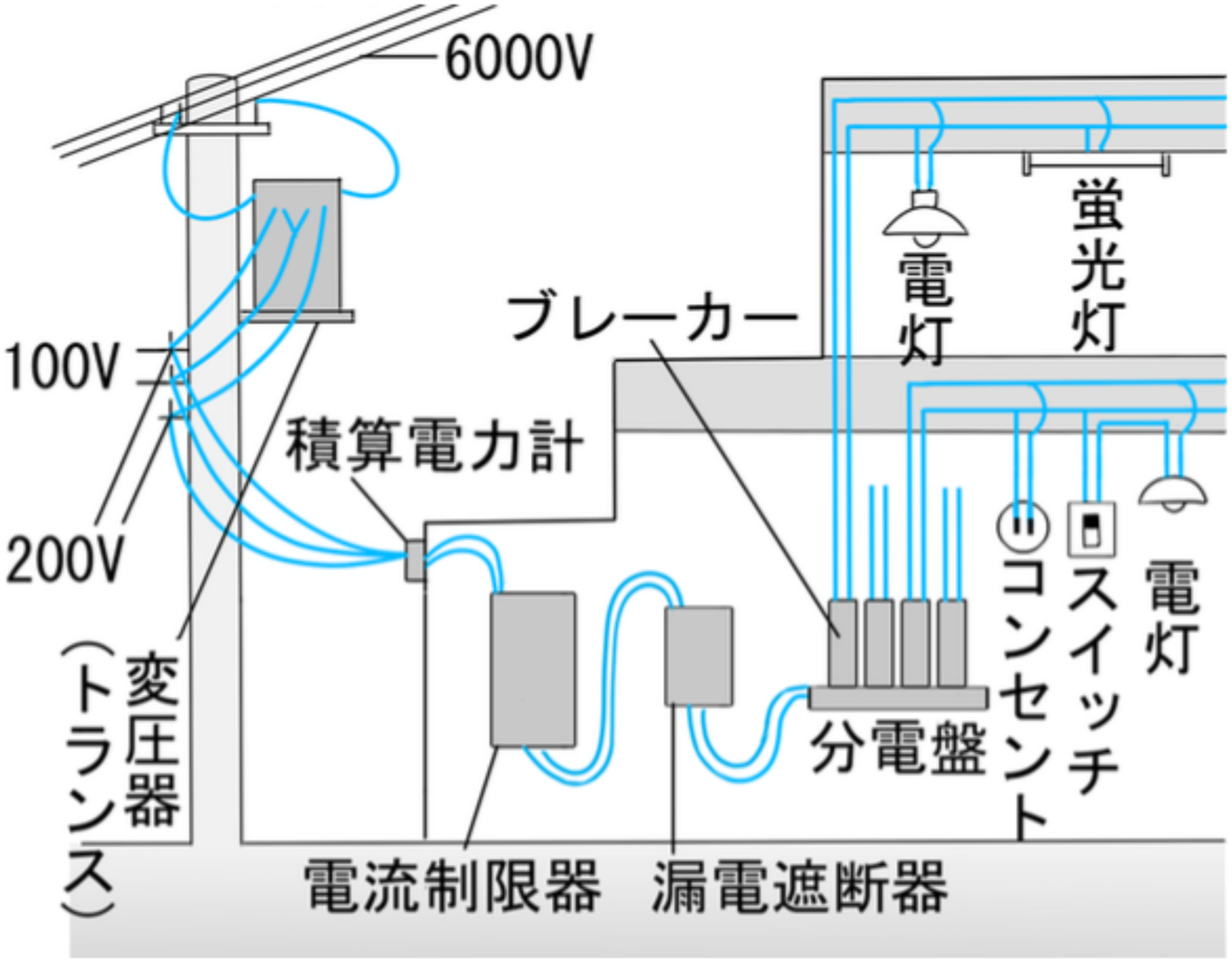


図 15: 〔左〕直流電源からの起電力 $V(t)$ は常に一定．〔右〕交流電源からの起電力 $V(t) = V_0 \sin(2\pi f t)$．$\overline{V} = 100$ V の起電力は，最大 $V_0 = 100\sqrt{2} = 141$ V になる．$f = 60$ Hz は，1 秒間に 60 回振動することを表す．

交流だと，変圧が簡単：ロスを少なく送電できる

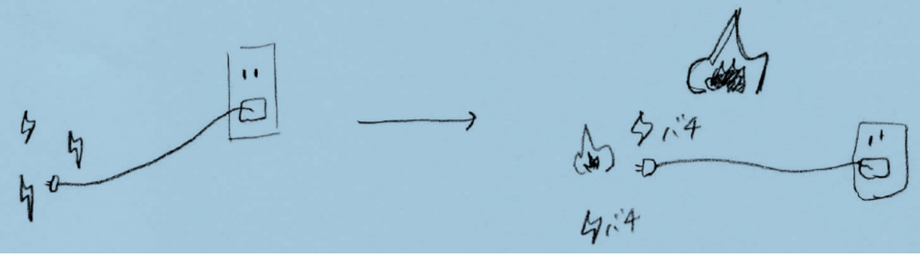
教科書 p204

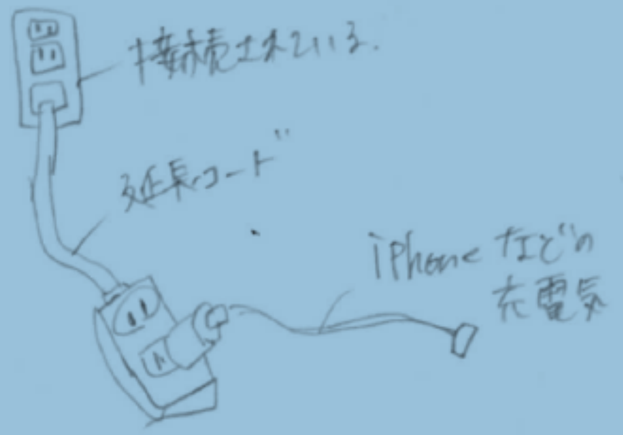


以前のミニッツペーパーから

家にあるコンセントが
ゴムの部分がはがれて中身が
飛びだしかけてるのがあるんですが、
やっぱり危ないですか？

ケータイの充電機を
コンセントにさしっぱなしにしてると ケータイはささってなくても
放電しますか？ ← 火事ってありえますか？





← このような状況（iPhoneなどのスマホはさしていない状態）
で待機電力等により電気代をとられることは
あるのでしょうか…？

電池は使わなくても消耗しますか？

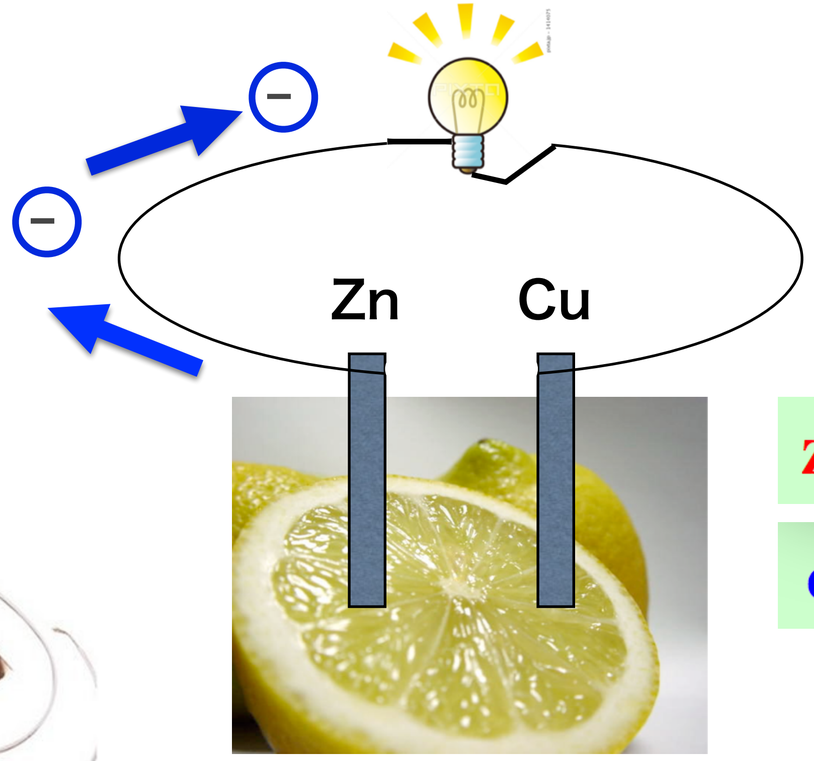
教科書 p199

電池　原理はイオン化傾向

イオン化傾向　大　←←←　　→→→　小

K　Ca　Na　Mg　Al　Zn　Fe　Ni　Sn　Pb　H　Cu　Hg　Ag　Pt　Au

（覚え方）貸そうかな、まああてにするな、ひどすぎる借金



$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

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

↑非金属元素
↓金属元素

→非金属元素
↓金属元素

↑非
↓金

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

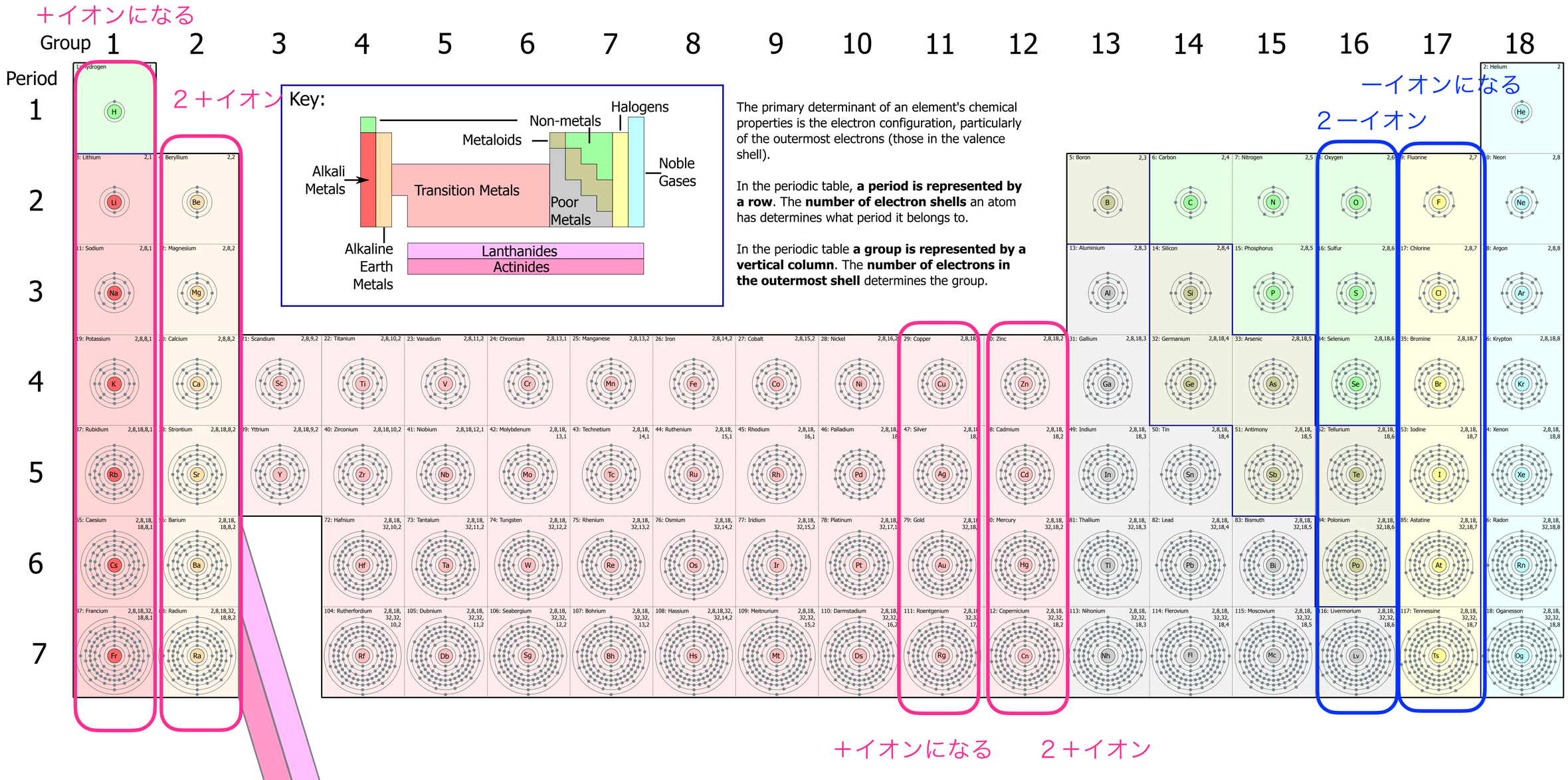
	1 I A	2 II A	3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII B	9 VIII B	10 VIII B	11 I B	12 II B	13 III A	14 IV A	15 V A	16 VI A	17 VII A	18 VIII A
1s	1 ± H 水素 hydrogen 1.008																	2 He ヘリウム helium 4.003
2s	3 +1 Li リチウム lithium 6.941	4 +2 Be ベリリウム beryllium 9.012											5 +3 B ホウ素 boron 10.81	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
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	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
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	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	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
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	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	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
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	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	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
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	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 copernicum 285	113 Nh ニホニウム nihonium 284	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

† 5d
‡ 6d

周期表（periodic table）

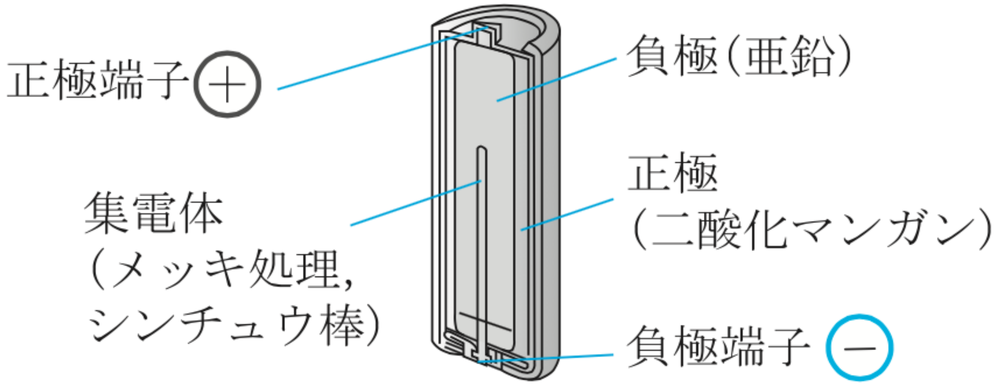
教科書 vi—vii

wikimedia にある周期表



教科書 p199

電池のしくみ



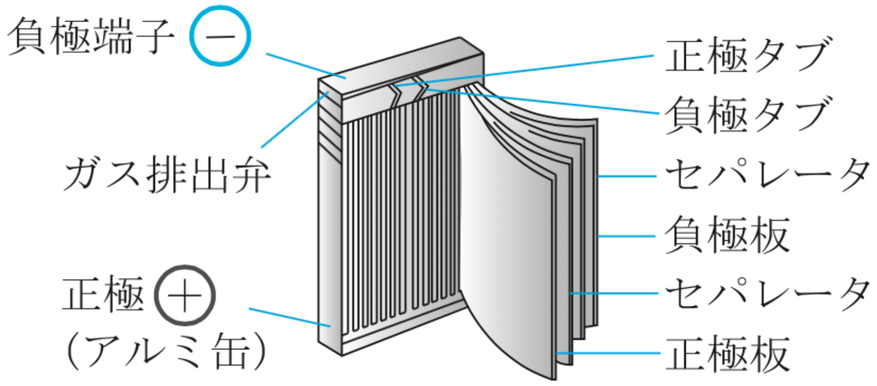
（a）アルカリ乾電池（一次電池）

一次電池

マンガン電池
アルカリ電池
オキシライド電池

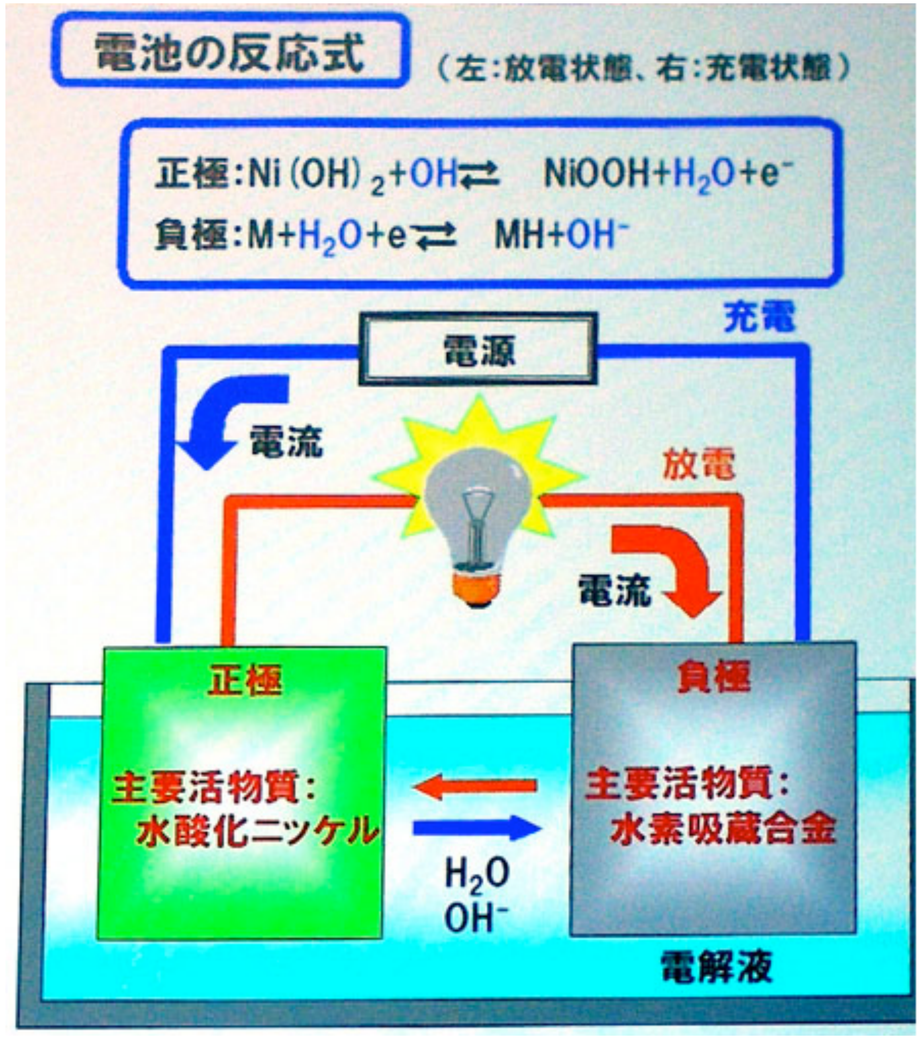
二次電池

ニッケル・カドミウム電池
リチウム・イオン電池



（b）リチウムイオン電池（二次電池）

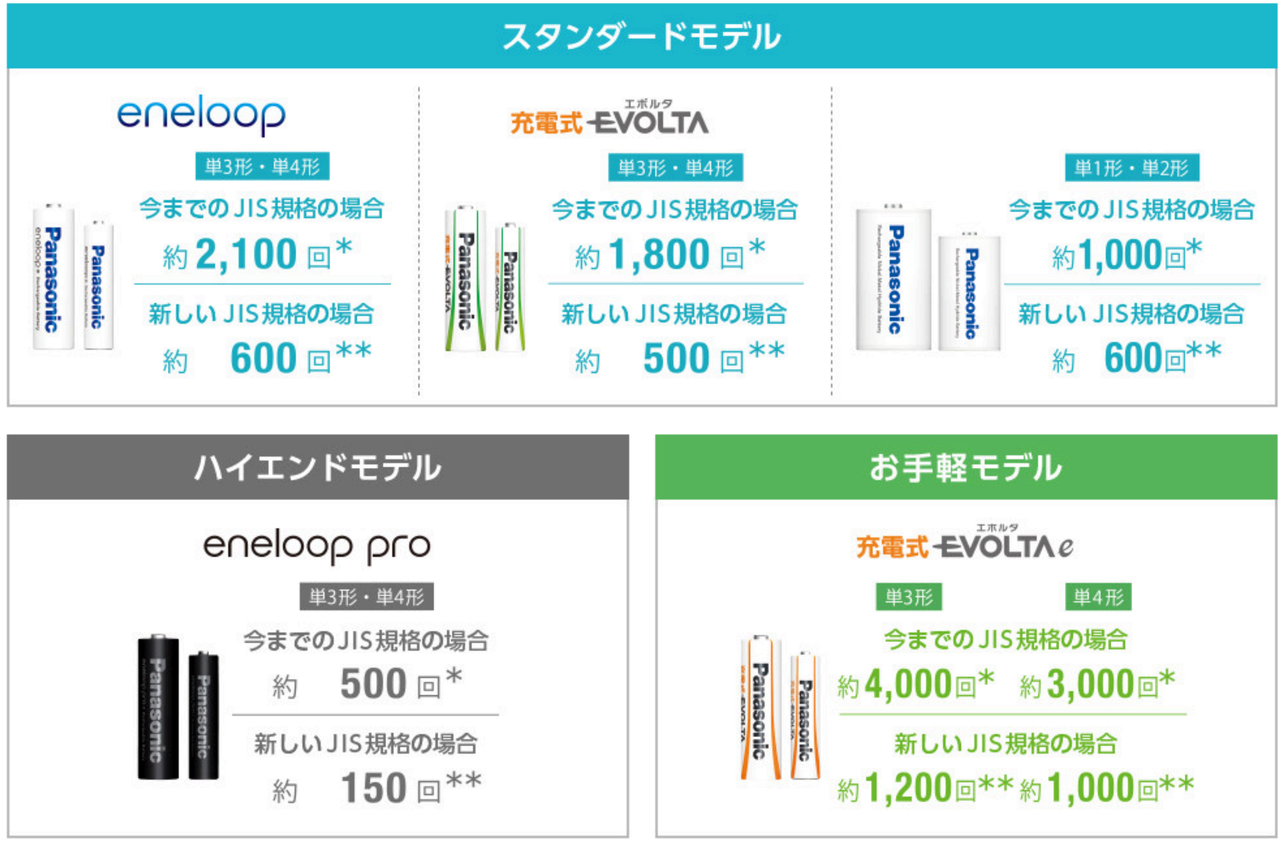
電池　充電ができるしくみ



放電時とは逆の電気を流すことで、内部が放電とは逆の化学反応を起こし、放電前の状態に戻せる。

http://kaden.watch.impress.co.jp/cda/word/2008/12/12/3283.html

http://panasonic.jp/battery/charge/eneloop/



充電池とのつきあい方

携帯電話, PCなどの**リチウム電池**とは, 次のようにつきあおう.

【その1】電池残量を20%～80%で保て
完全放電・完全充電状態であると劣化が激しい. iPhoneは, 充電器をさすと, 80%までは高速充電され, それ以降フル充電まではゆっくり充電されるように設定されている. 完全放電状態から80%までが約1時間.

【その2】冷暗所で保管せよ
リチウムイオン電池は熱に弱い. 車のダッシュボードなどは厳禁.
逆にあまり寒いのもだめ. バッテリー消費量に悪影響.

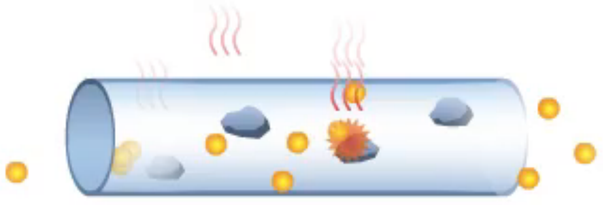
【その3】月一回は電池をリセットせよ
月に一度程度は, 完全放電したあと, フル充電. 電池内の電子を時々動かすとよい.

【その4】電池消耗を防げ
リチウムイオンの充電回数は400回.
400回を超えると本来の80%分しかフル充電できなくなる.

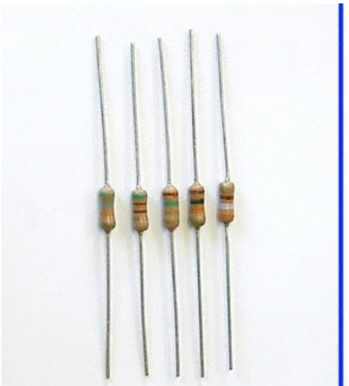
最近, 粗悪品のリチウム電池が発火する事故が相次いでいる.
＊衝撃を与えない
＊温度の異常なところに置かない
＊リコール情報に注意する.

電気回路を構成する素子(1)　抵抗　resistance

▶▶次に進む

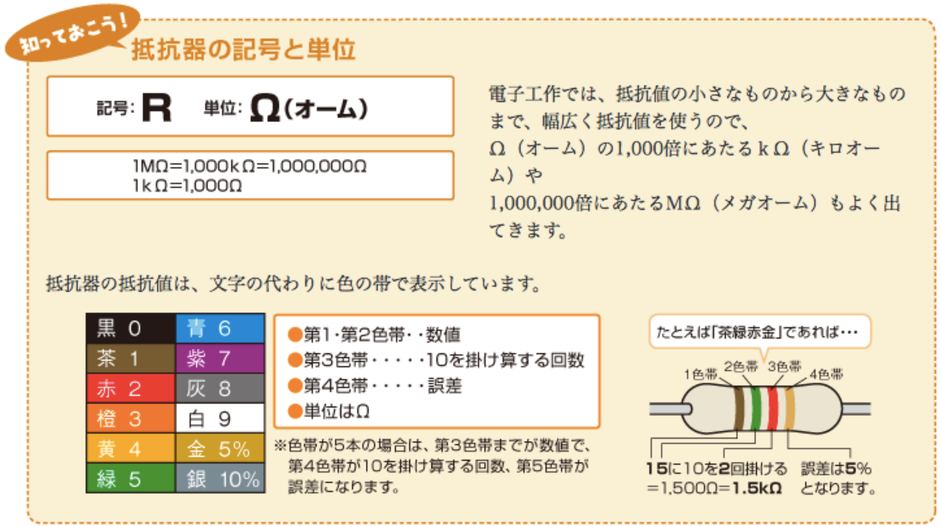


▶▶次に進む



固定抵抗器

可変抵抗器



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

電気回路を構成する素子(1)　抵抗　resistance

固定抵抗器

炭素皮膜抵抗器

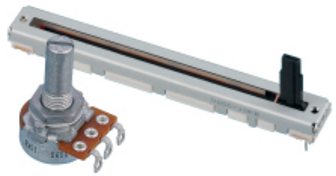
セラミックスの円筒の表面に焼き付けられた炭素の皮膜が抵抗体となり、らせん状の切り込みで抵抗値が調整されています。

●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。

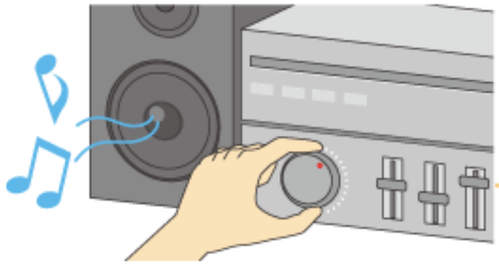
●抵抗値を自由に変えられる

▶音量調整回路

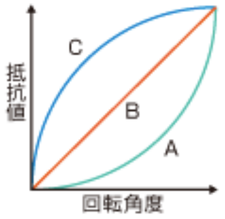
回路記号

■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。

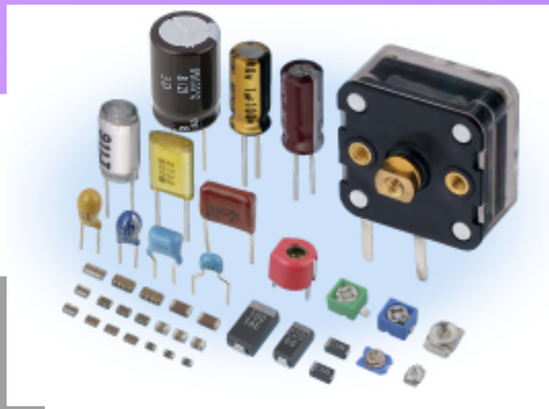


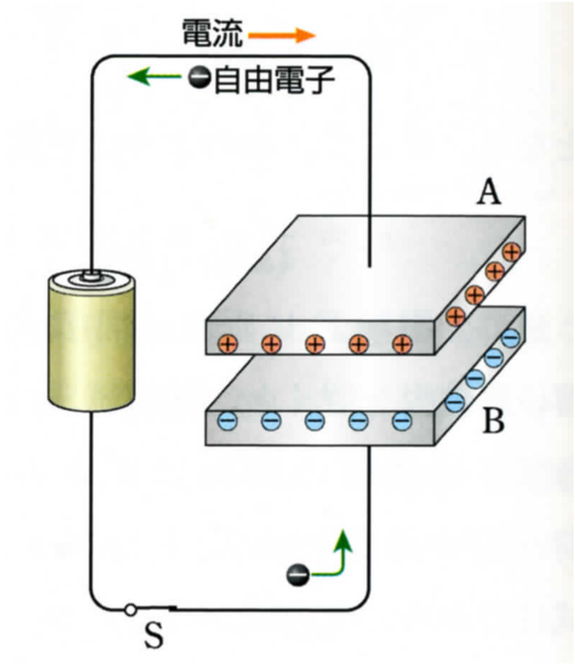
可変抵抗器における抵抗値の変化のカーブには、いくつかの種類があります。人間の耳 は小さな音の変化に敏感なので、音量調整 回路にはAカーブの抵抗器が使われます。

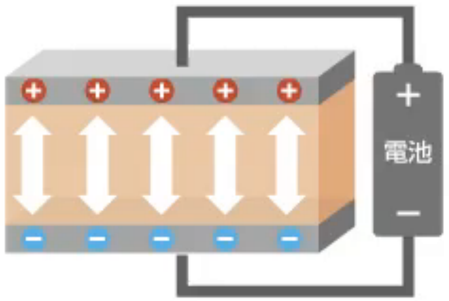


http://www.murata.co.jp/elekids/ele/compo/resistor/

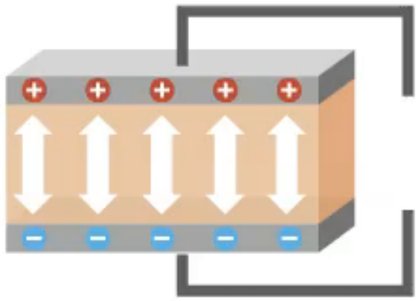
電気回路を構成する素子(2)　コンデンサ capaciter







▶▶ 次に進む

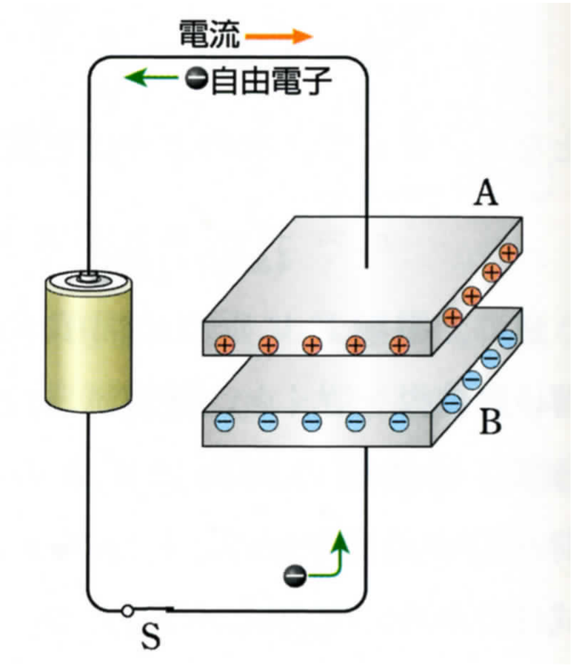


▶▶ 次に進む

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

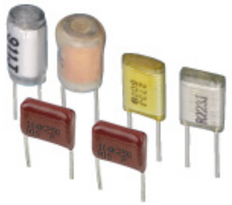
電解コンデンサ

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

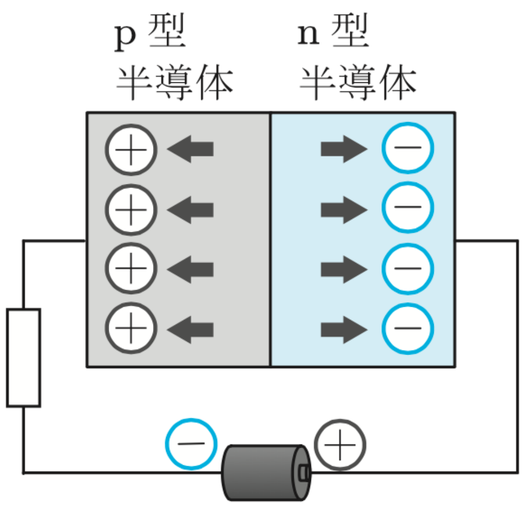
http://www.murata.co.jp/elekids/ele/compo/capacitor/

ダイオード　発光ダイオード(LED)

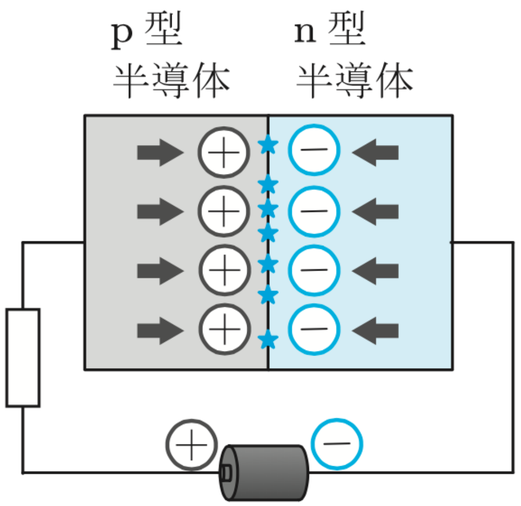
ダイオード

P 型半導体（電子数が欠けていて空孔状態になっている半導体）と N 型半導体（自由電子数が過剰な半導体）をつなぐ（**PN 接合**）と，電流を一方向にしか流さない**ダイオード**の素子ができる．この性質を**整流性**という．

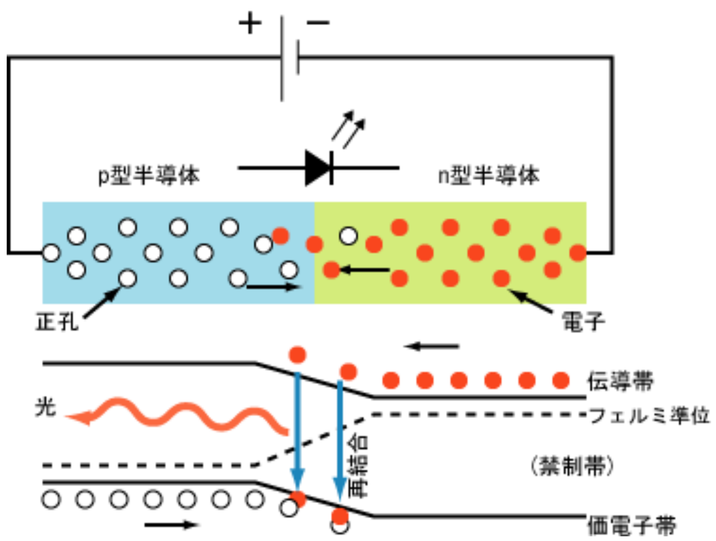
PN 接合部での電子のエネルギー遷移を利用して発光させるのが，**発光ダイオード (LED)** である．LED は電気を直接光に変換するので，白熱電球や蛍光灯に比べてエネルギー効率が良い．



（a）電流が流れない向き

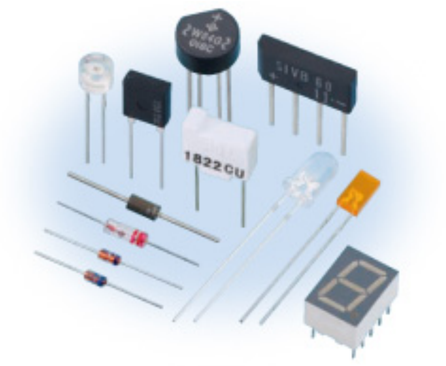


（b）電流が流れる向き



教科書 p206

ダイオードは電気を一方向にしか流さない



▶▶ 次に進む

▶▶ 次に進む

Start on Click, 3 movies automatic

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

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

↑非金属元素
↓金属元素

→非金属元素
↓金属元素

↑非
↓金

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

	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
1s	1 ± H 水素 hydrogen 1.008																	2 He ヘリウム helium 4.003
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	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
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	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
4s	19 +1 K カリウム potassium 39.10	20 +2 Ca カルシウム calcium 40.08	3d 21 +3 Sc スカンジウム scandium 44.96	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	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
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	4d 39 +3 Y イットリウム yttrium 88.91	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	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
6s	55 +1 Cs セシウム cesium 132.9	56 +2 Ba バリウム barium 137.3	† 5d 57—71 ランタノイド lanthanides	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	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
7s	87 +1 Fr フランシウム francium 223	88 +2 Ra ラジウム radium 226	‡ 6d 89—103 アクチノイド actinides	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 copernicum 285	113 Nh ニホニウム nihonium 284	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

直流　と　交流

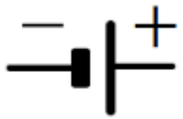


図 13: 直流電源
(DC; direct current)

図 14: 交流電源
(AC; alternating current)

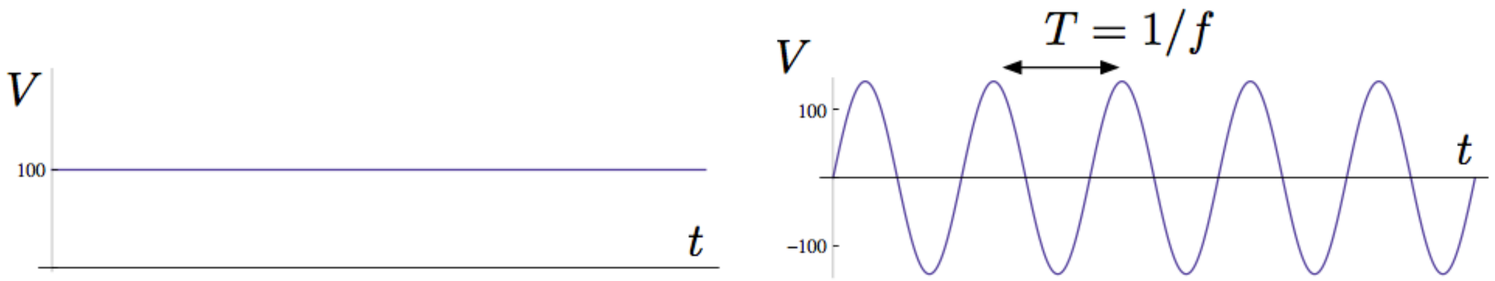
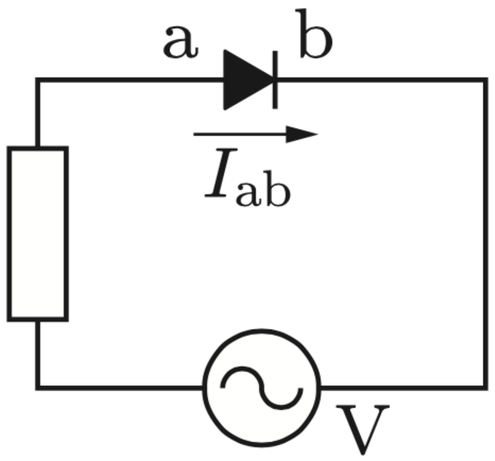
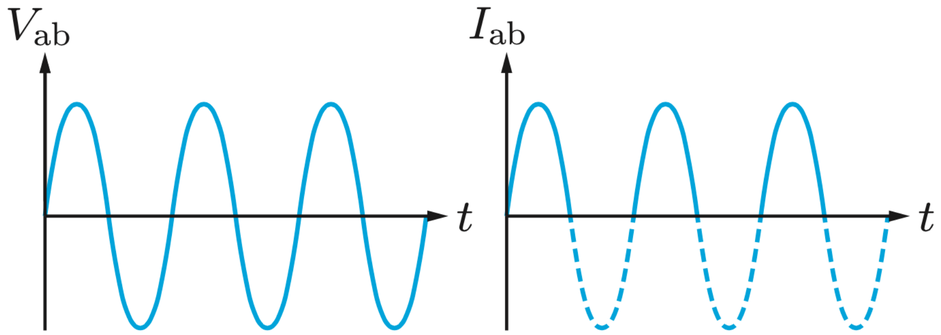
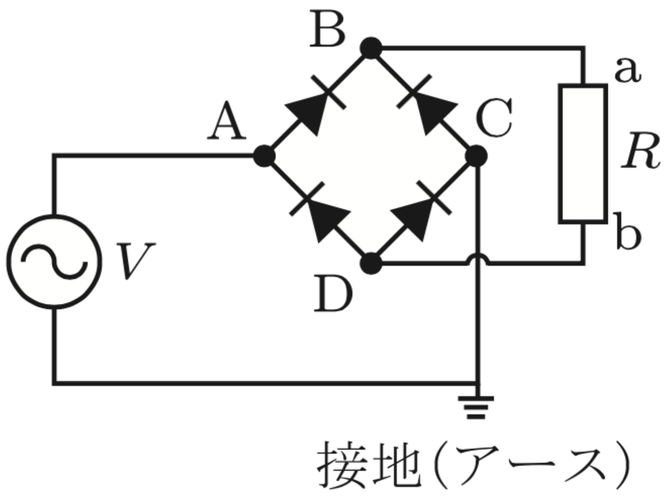


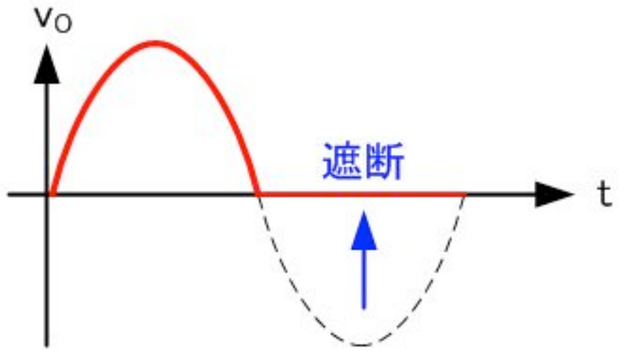
図 15: 〔左〕直流電源からの起電力 $V(t)$ は常に一定．〔右〕交流電源からの起電力 $V(t) = V_0 \sin(2\pi f t)$．$\overline{V} = 100$ V の起電力は，最大 $V_0 = 100\sqrt{2} = 141$ V になる．$f = 60$ Hz は，1 秒間に 60 回振動することを表す．

整流回路



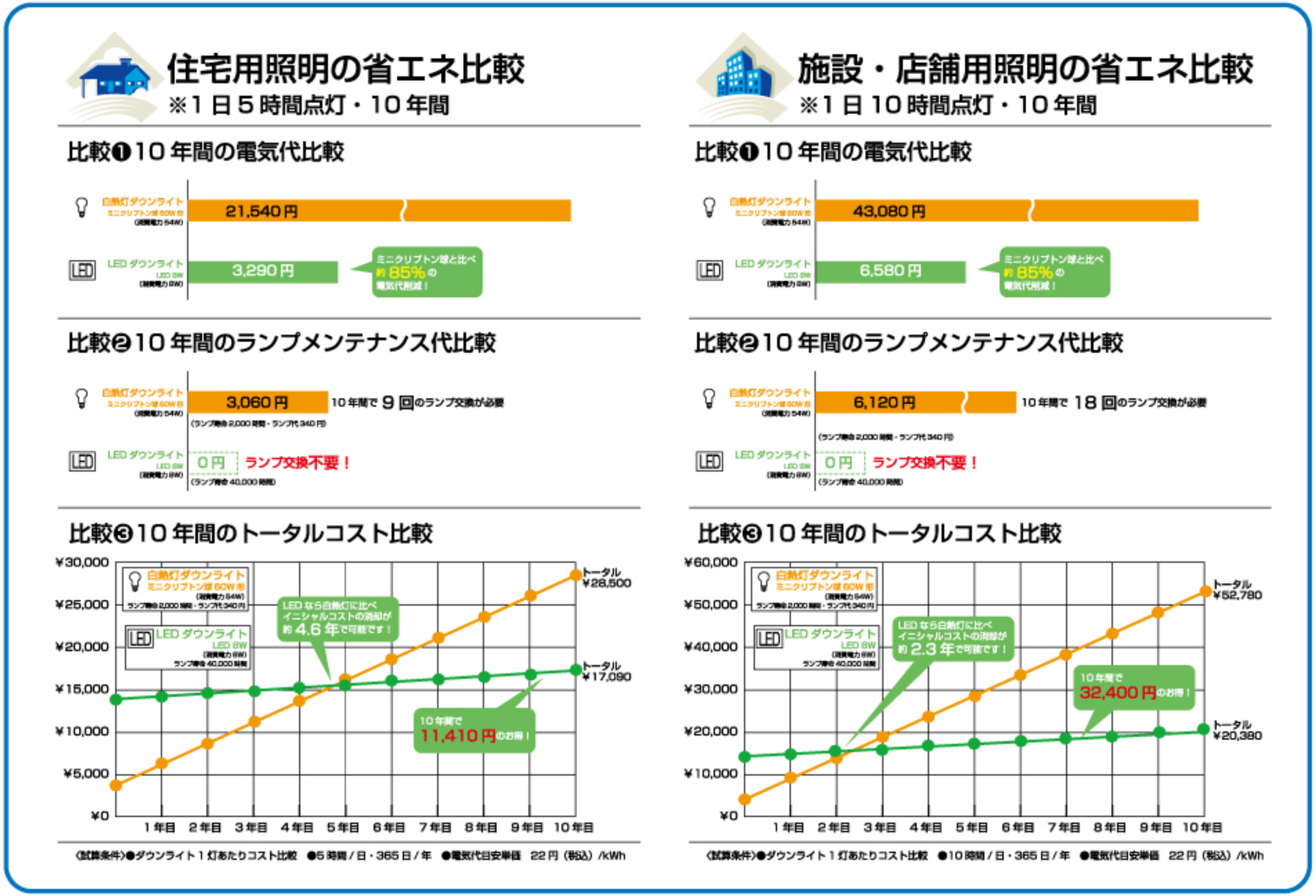






本日のミニッツペーパー問題

白熱電球 vs LED コスト比較



http://www.led.or.jp/led/led_cost.htm

※明るさ同等で比較

電球の明るさの単位　ワット　はもう古い

教科書 p208

コラム 39　電球の明るさの単位はワットからルーメンに

長らく，電球の明るさを示す単位は，白熱電球の消費電力（ワット [W]）が使われていた．だが，これはおかしな話で，熱放出が少ない蛍光灯や LED は，同じ明るさでも消費電力は小さい．そこで，最近では光束（光の放射量）を示すルーメン [lm] の単位を使うことが主流になってきた．

- 光源の強さ（**光度**）を表す単位はカンデラ [cd] である．カンデラはラテン語で獣脂蝋燭を表す言葉で，英語の蝋燭 (candle) と同じ語源である．単位面積あたり（1 m^2 あたり）の光度（**輝度**）の単位はカンデラ毎平方メートル [cd/m^2] である．
- 光は四方八方に広がる．光の放射量（**光束**）の単位をルーメン [lm] とする（1 cd = 4π lm とする）．ルーメンは昼光を意味するラテン語である．単位面積あたり（1 m^2 あたり）の光束（**照度**）の単位はルクス [lx] である．ルクスもラテン語で光を表す．照度は光源からの距離の 2 乗に反比例して小さくなる．2 m 離れると，1 m 離れたところの 1/4 倍の照度になる（図 1.10）．

いずれの単位も人名由来ではないので，小文字で書くのが普通である．

これまで使われていたワットとルーメンの換算は，緑色（波長 555 nm）の色を基準として 1 W = 683 lm にする．ほかの色の場合はこの値より小さな係数を乗じることになる．家庭用の電球だと，30 W は 325 lm，50 W は 600 lm，60 W は 800 lm 程度に相当する．

表 6.5　ワットとルーメンの対応

出力	青 (473 nm)	緑 (532 nm)	赤 (635 nm)
100 W	13600 lm	54600 lm	13600 lm
50 W	6800 lm	27300 lm	6800 lm
10 W	1360 lm	5460 lm	1360 lm
5 W	680 lm	2730 lm	680 lm
1 W	136 lm	546 lm	136 lm

電球の明るさ表示　ワットからルーメンに

一般電球タイプ E26口金

▼(口金については、下記のポイント2をご参照ください)

光の量(全光束※1) ルーメン(lm)とはランプから出る光量を示す単位で、数値が大きいほど明るくなります

必要ルーメン(以上)	170lm 以上	325lm 以上	485lm 以上	640lm 以上	810lm 以上	※2 1160lm 以上	※2 1520lm 以上
相当電球	電球 20W形相当	電球 30W形相当	電球 40W形相当	電球 50W形相当	電球 60W形相当	電球 80W形相当	電球 100W形相当

小形電球タイプ E17口金

▼(口金については、下記のポイント2をご参照ください)

光の量(全光束※1) ルーメン(lm)とはランプから出る光量を示す単位で、数値が大きいほど明るくなります

必要ルーメン(以上)	230lm 以上	440lm 以上	600lm 以上	※2 760lm 以上	※2 1000lm 以上	※2 1430lm 以上
相当電球	小形電球 25W 形相当	小形電球 40W 形相当	小形電球 50W 形相当	小形電球 60W 形相当	小形電球 75W 形相当	小形電球 100W形相当

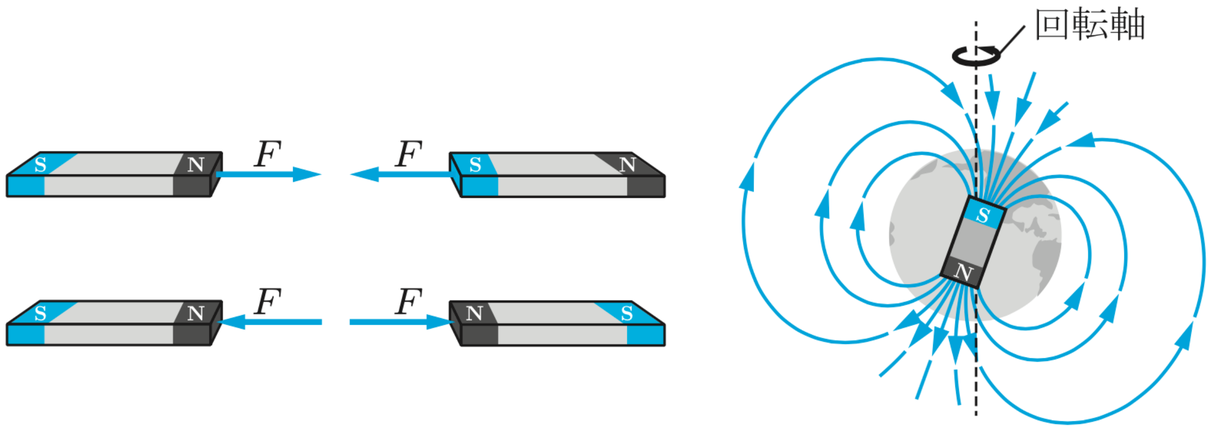
※1　すべての方向へ放射される光の量
※2　2011年11月15日現在、パナソニックは製品化しておりません

http://panasonic.jp/lamp/everleds/guide/

教科書 p209

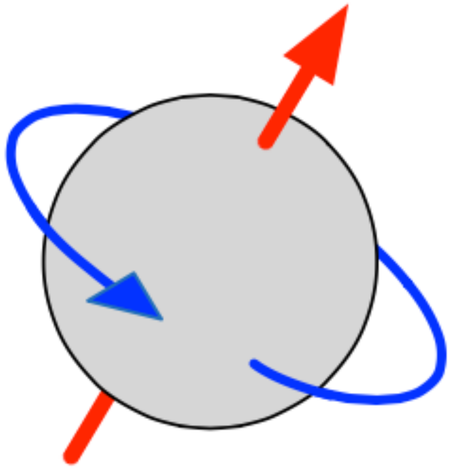
磁気の性質

- N と S の**磁極**が存在する．N 極だけ，あるいは S 極だけの単磁極は存在せず，必ず N と S のペアで存在する．
- N と N，S と S は反発し，N と S には引力が作用する．これらの力を**磁気力**といい，磁力がはたらく空間を**磁場（磁界）**という．
- 磁場中で力が作用する方向を**磁力線**として表し，向きは N 極から S 極への向きとする．**方位磁石の N 極が向く方向が磁場の向き**である．



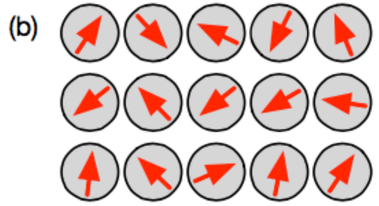
磁気の正体は電子の回転運動

教科書 p210

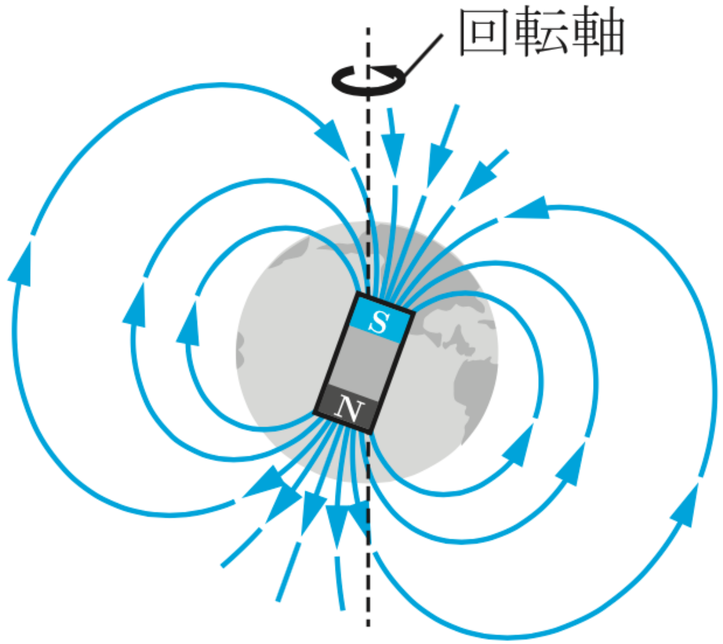


(a) 電子の回転運動

(b) スピンが揃った状態



(c) スピンがばらばらな状態



Topic　地球は大きな磁石

N と S が北と南を指すことから察せられるように，地球は一つの大きな磁石である．方位磁針の N 極が向く北極には S 極がある．地球の回転軸上にある北極と，磁場の北極（北磁極）は一致しておらず，しかも毎年数 10 km 移動しているという．

通帳とかで磁気がよわくなるのはなぜか。
(けいたいとかと一緒においておくと)

磁気カードは磁石に弱い.
磁気カードに記録された情報は乱されてしまい，使えなくなる.
預金通帳も，磁気回数券も，ビデオテープも注意.

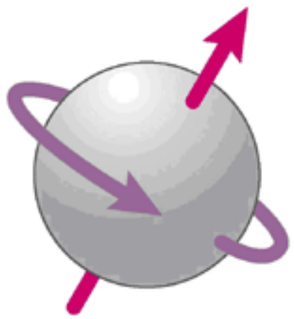
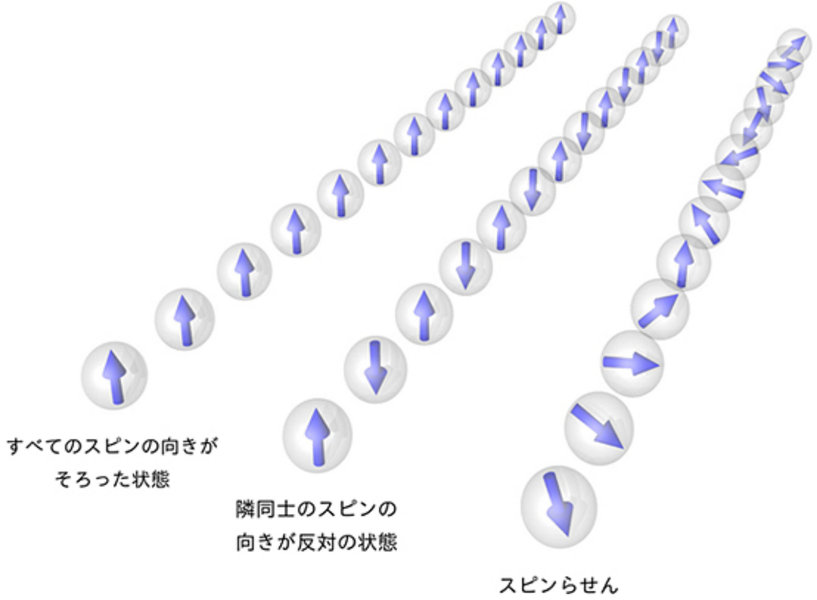


図4　電荷を持つ電子が回転すると、磁気が発生する



電子のスピンがそろう＝磁化する

効用に関する論争 [編集]

http://ja.wikipedia.org/wiki/ピップエレキバン

ピップは長年の基礎研究と臨床試験の結果より厚生労働省から「医療用具」の許可を得たものであり、効果は有るとしている。一方で磁気の効果に疑問を持ち、ピップエレキバン程度の磁気で生理作用の変化が起こることは、現在の科学では証明できないとする声もある。ピップの公開している臨床結果では、実際磁気の作用によるものかどうかはわからないが、被験者のサーモグラフィーによる体温上昇が見られたり、筋肉痛の緩和に明らかな効果を感じたと体感する使用者が多い反面、全く効果を感じないという人もおり、効果に疑問を持つ学者には「効果を得られた人は単にプラシーボ効果ではないか」という疑念の声も根強く存在している。

また近年、米医学専門誌「アメリカ苦痛管理ジャーナル」にて磁石による医学的効果が認められないことが発表された。[1]ただしこの記事は、磁気によって「神経」が電気的刺激を受けるという説を否定したものであって、それ以外の医学的効果まで否定したものではない。

なお、磁場が血中のヘモグロビン（鉄イオンを含んでいる）に作用するとの俗説があるが、鉄イオンは磁気に反応しないため、誤りである。

地球磁場とオーロラ

Topic　オーロラのみえる範囲

北極や南極の空では，音もなく色とりどりの幻想的なオーロラが出現する．これは，宇宙から地球へ飛び込む電子が大気中の原子や分子と衝突するときに発光する現象である．酸素原子と反応すれば緑や赤に，窒素原子と反応すればピンク色になる．

地球には磁場があるため，電子は簡単には入り込めないが，高緯度では磁力線に沿って侵入することができる．そのため，オーロラはおもに高緯度で観測される．太陽活動が活発になると，大量の電子が放出されるため，オーロラは低緯度でも観測されるようになる．ちなみに，北極と南極の両方で，同時刻に逆巻きのオーロラが発生していることが知られている．

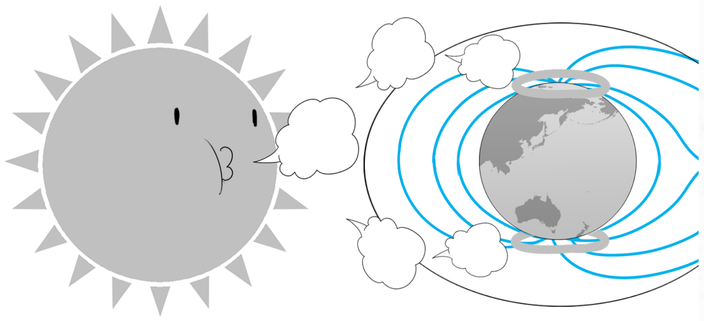
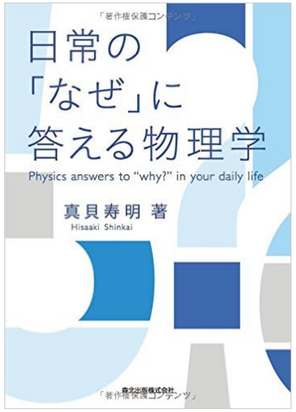
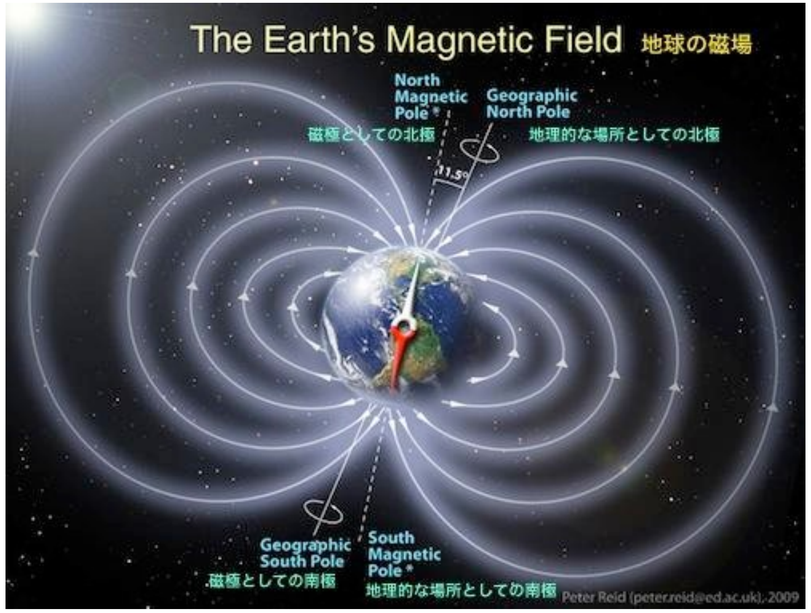


図 6.49　オーロラは太陽からの電子の風が地球の磁力線に沿って極地域に入り込むことで発生する

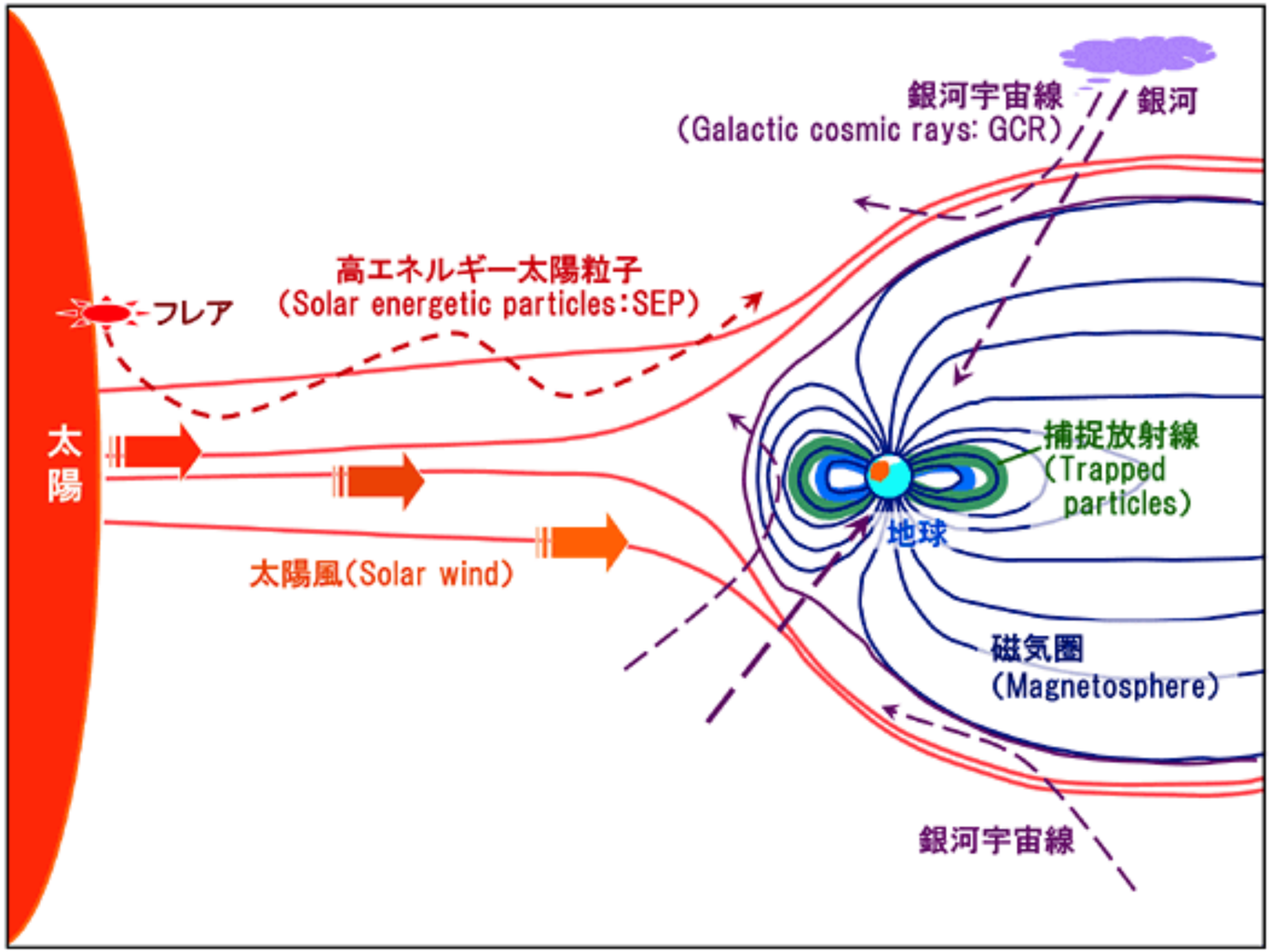


p211

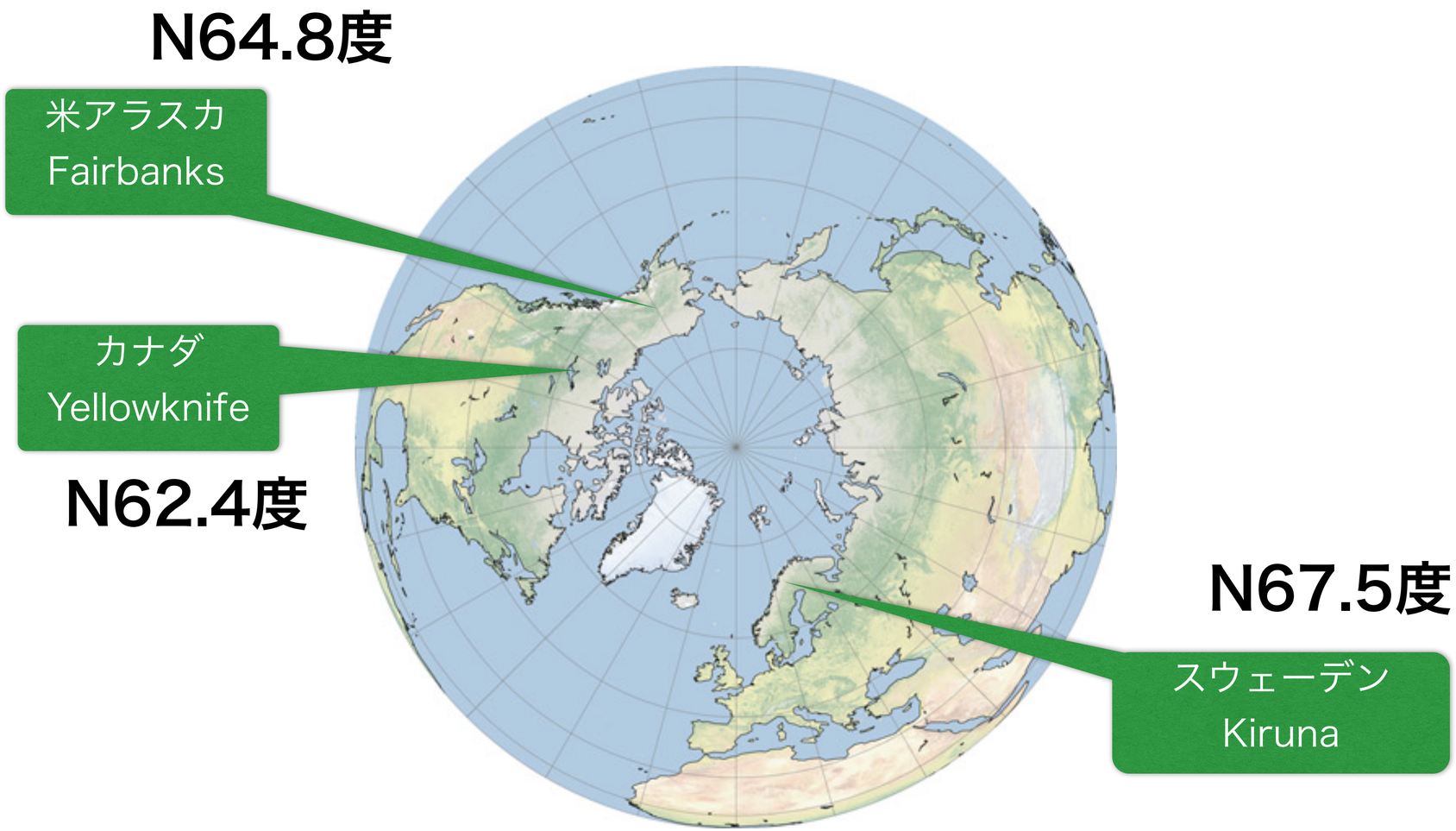


地球磁場とオーロラ

教科書 p211



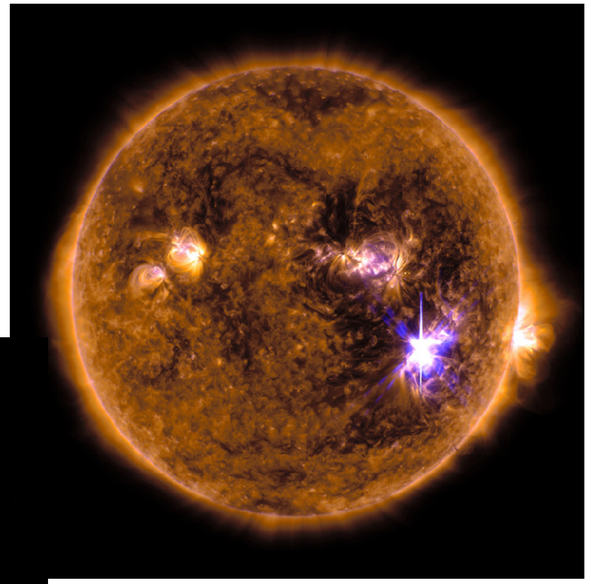
オーロラが見られることで有名な場所



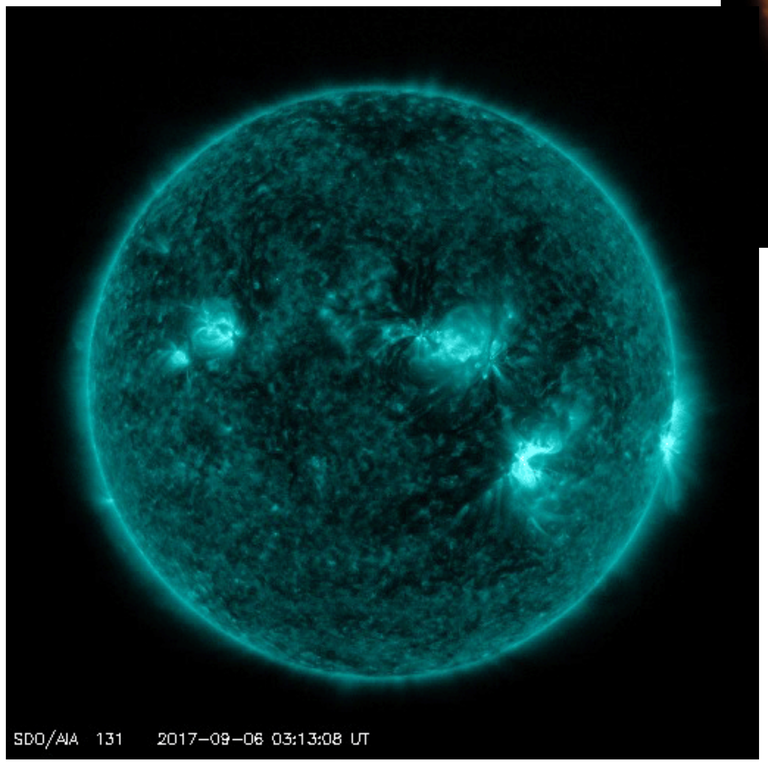
通常の1000倍の太陽フレアが発生

Sun Flare Class X9.3, the largest over 11 years

日本時間2017年9月6日に，2回の大型の太陽フレア現象の発生が確認された．最大X線強度は，通常の1000倍以上に及ぶ大型のもの．高温のコロナガスが地球方向に噴出し，高エネルギーのプロトン粒子の増加が確認された．



この影響で，地球周辺の宇宙環境や電離圏，地磁気が乱れる可能性があり，通信衛星，放送衛星などの人工衛星の障害やGPSを用いた高精度測位の誤差の増大，短波通信障害や急激な地磁気変動に伴う送電線への影響などが生じる恐れがあり，注意が必要，と報道された．



NASA SOD衛星撮影

http://swnews.jp/2017/swnews_1709071006.html

The Aurora

http://www.youtube.com/watch?v=sBWPCvdv8Bk

1:55

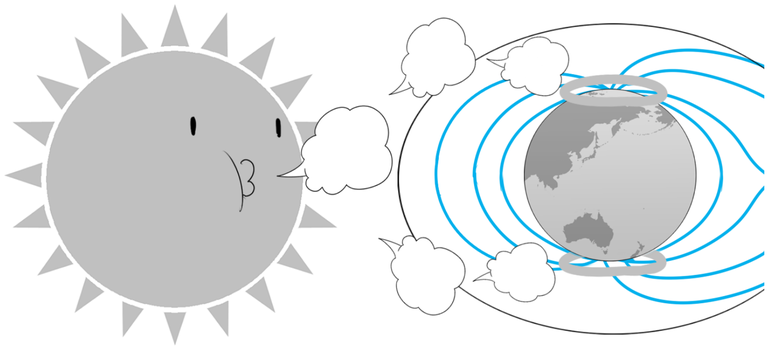
巨大な太陽フレアで各地にオーロラ発生

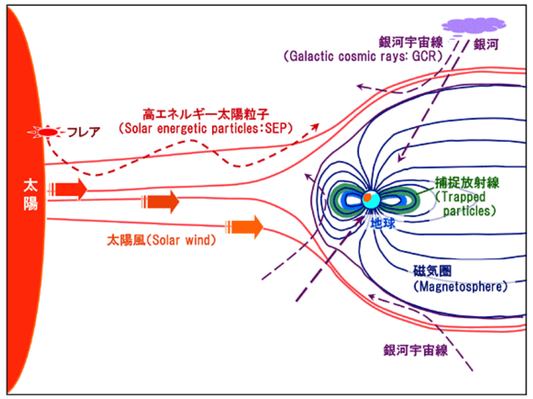
Sun Flare made Aurora

9月6日のX9.3クラスに続き，9月11日にはX8.2のフレアが発生した．巨大な太陽フレア由来と考えられるオーロラが，低緯度地帯でも観測された．

←南極　昭和基地　　↓ニュージーランド

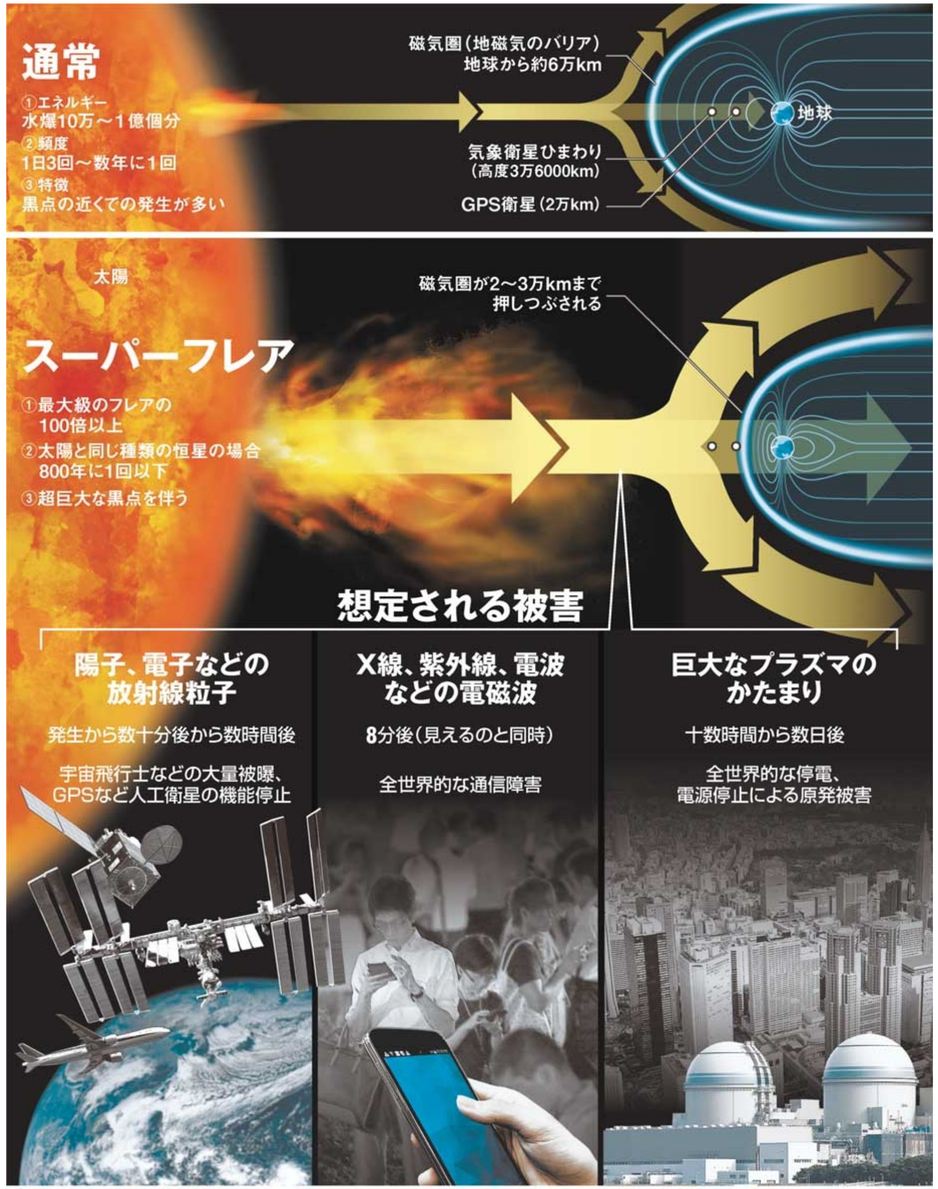
http://swnews.jp/2017/swnews_1709081100.html





スーパーフレア，「太陽は例外」ではなかった

Sun Flare Class X9.3, the largest over 11 years



グラフィック・山本 美雪

1859年の太陽フレアでは，欧米で電信機などの火花放電による火災が多発した．
1989年には，カナダのケベック州で９時間に及ぶ大停電が起き，600万人に影響した．

電気に頼る現在だと，１兆～２兆ドルの損害が生じ，修復に4～10年かかるとの試算もあるという．

朝日新聞 2017/9/8

1770年9月，三重県松阪市でオーロラが見える

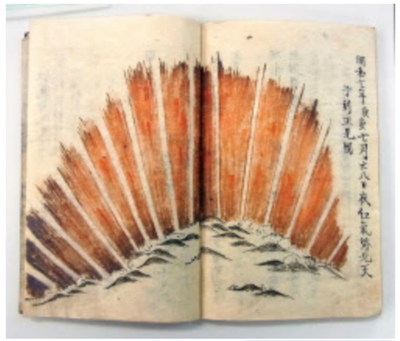
江戸時代に最大級の磁気嵐　京都でオーロラ、古文書記述と一致

2017/9/21 11:17

保存　共有　印刷　その他

江戸時代の1770年に、太陽の爆発現象によるとみられる史上最大級の磁気嵐が発生していたとする解析を、国立極地研究所などのチームが21日までにまとめた。京都市でオーロラが見えたという古文書に残る絵図が、計算で再現した見え方と一致した。

観測史上最大の磁気嵐は1859年のものとされているが、これと同程度か上回る規模という。片岡龍峰・極地研准教授は「現代に発生したら、ハワイでもオーロラが見えるだろう。停電事故も警戒する必要がある」と指摘している。



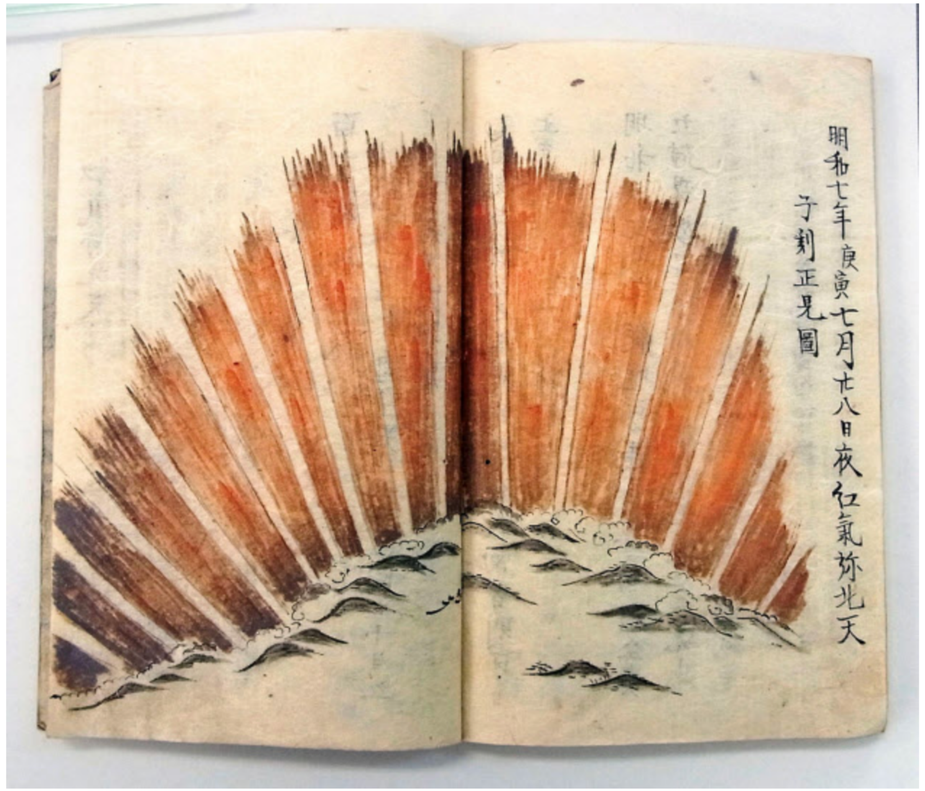
画像の拡大

江戸時代の書物「星解」に描かれたオーロラ=三重県松阪市提供・共同

太陽表面の爆発「フレア」が起き、放出された粒子が地球に届くと、磁気嵐となってオーロラが観測される。1770年9月17日には日本各地でオーロラが目撃され、三重県松阪市に保管されている書物「星解」の絵図は、京都から見たオーロラと考えられている。

チームは、京都市伏見区の東丸神社が所蔵する日記を調査。この日にオーロラが空の半分を覆い、天の川を貫いたとする詳しい記述を発見した。天の川の位置や磁場の形状などをもとに、オーロラの見え方を計算したところ、巨大な磁気嵐によってオーロラが天頂近くまで放射状に広がり、星解の絵図と同じ形になった。〔共同〕

https://www.nikkei.com/article/DGXLASDG21H2I_R20C17A9000000/

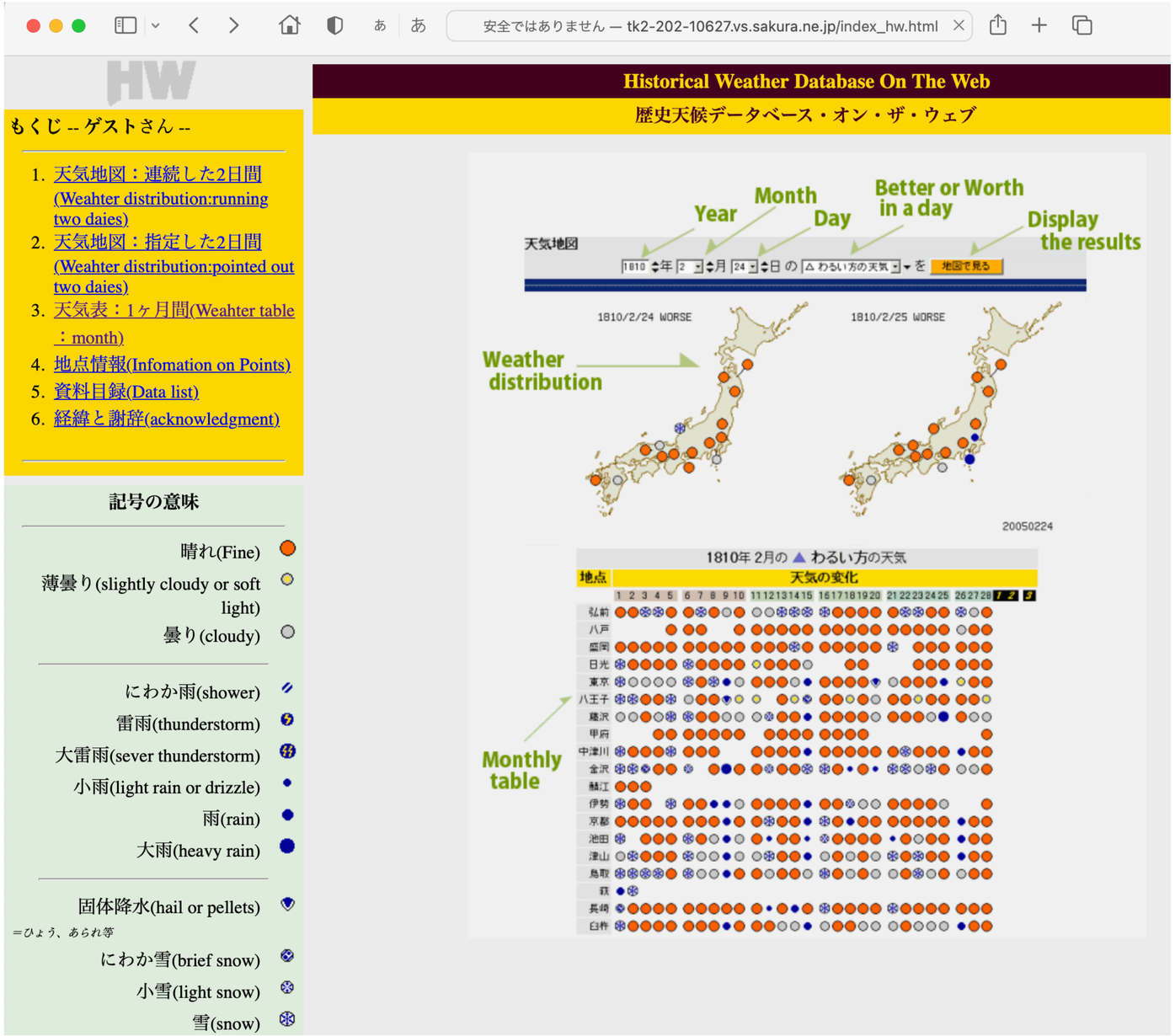


太陽活動が活発だと
低緯度地帯でもオーロラが見える

1770年9月17日　三重県松阪市

【話題】

「歴史天候データベース」Historical Weather Database on the Web



http://tk2-202-10627.vs.sakura.ne.jp/

文理融合研究
文理協働

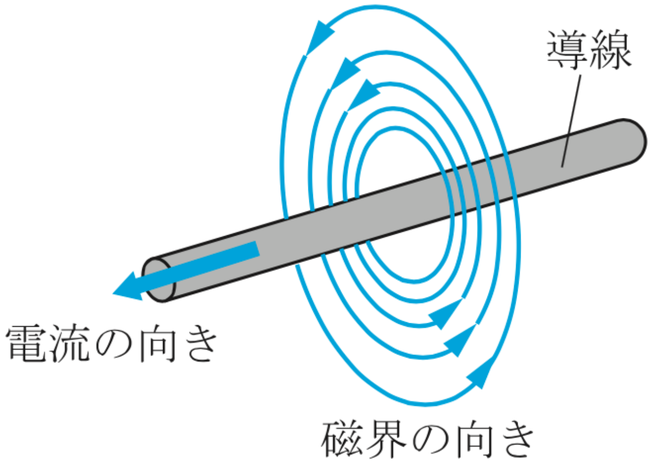
http://swc.nict.go.jp/contents/index.php

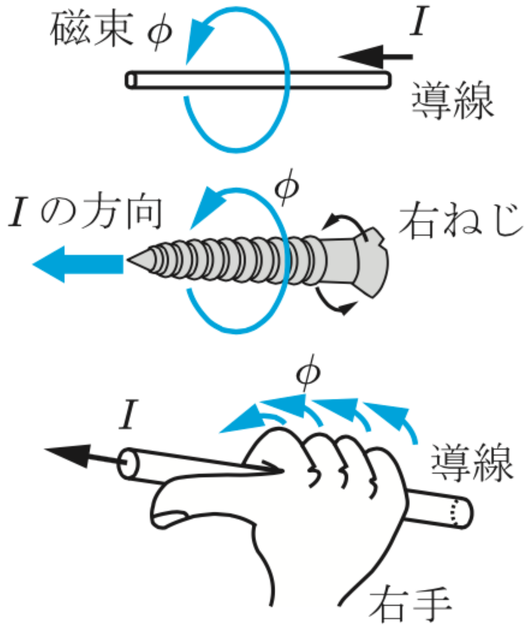
教科書 p212

右ねじの法則

法則 **1 電流のまわりに磁場が発生する**

直線状の導線に電流を流すと，そのまわりの空間に同心円状の磁場が生じる．磁場の向きは「電流の流れる方向に右ねじを進ませたときに，ねじの回転の向き」と同じになる（**右ねじの法則**，図 6.50）．



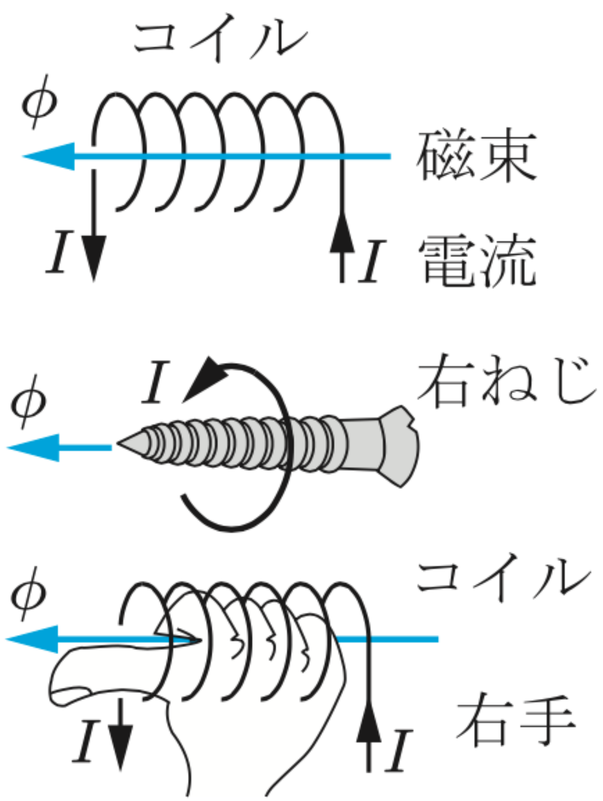


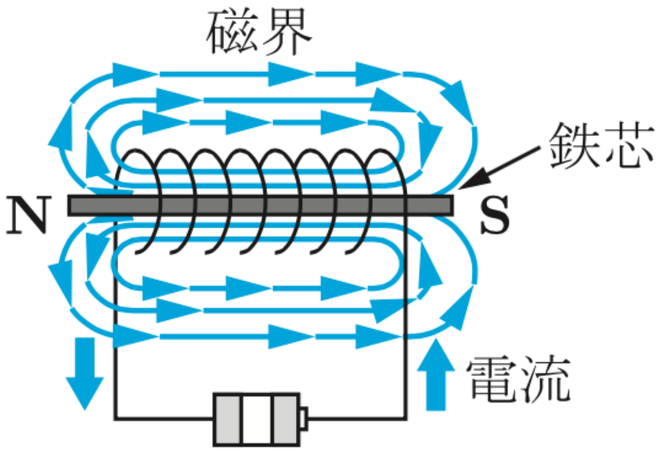
性質1：導線に電流が流れると，磁力線が生じる

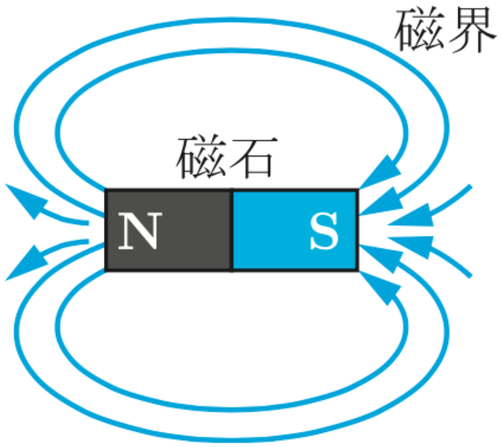
教科書 p212

電磁石

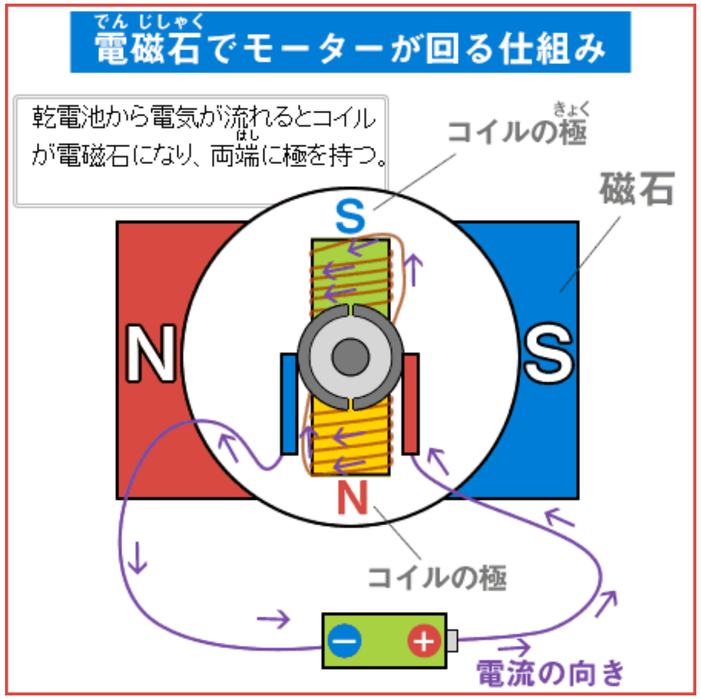
コイルに電流が流れると，電磁石ができる．
（磁石のNSも，右ねじの法則）

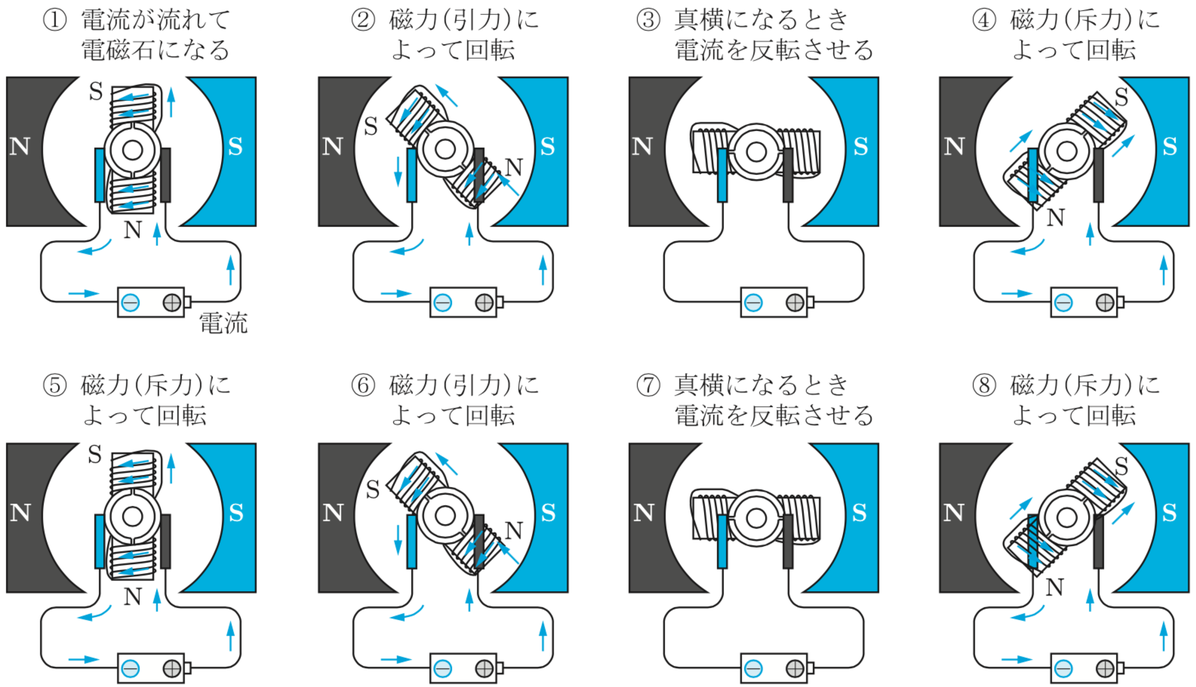






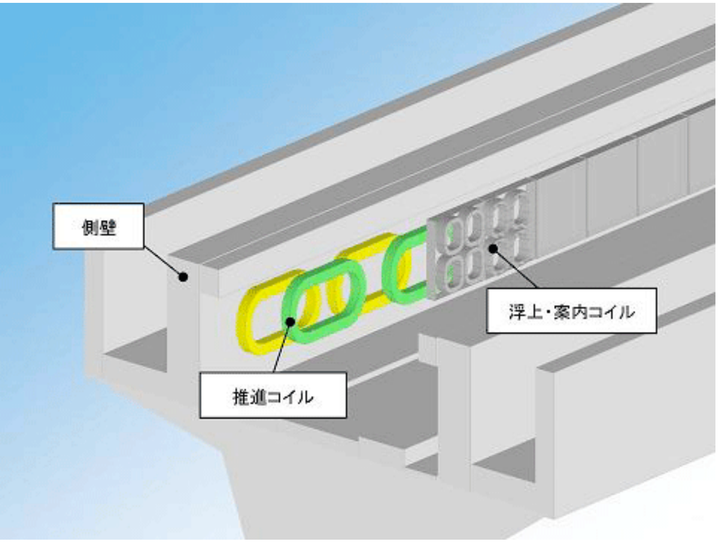
モーターのしくみ

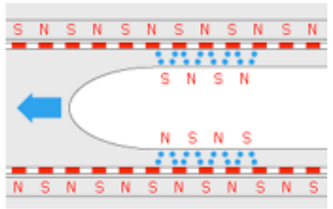

電磁石でモーターが回る仕組み
乾電池から電気が流れるとコイルが電磁石になり、両端に極を持つ。
コイルの極
磁石
S
N
S
N
コイルの極
電流の向き

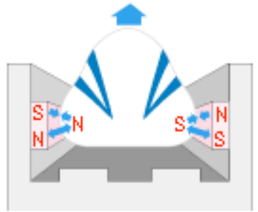

① 電流が流れて電磁石になる
② 磁力(引力)によって回転
③ 真横になるとき電流を反転させる
④ 磁力(斥力)によって回転
⑤ 磁力(斥力)によって回転
⑥ 磁力(引力)によって回転
⑦ 真横になるとき電流を反転させる
⑧ 磁力(斥力)によって回転
N
S
電流

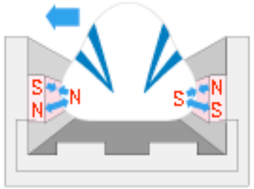
【話題】　リニアモーターカー　中央新幹線 2014年12月着工

最高時速505km
超電導磁気浮上方式





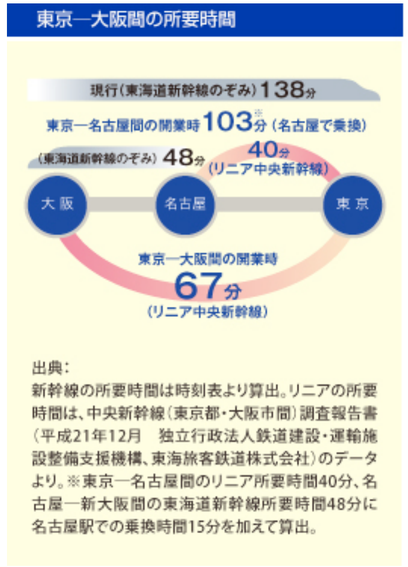


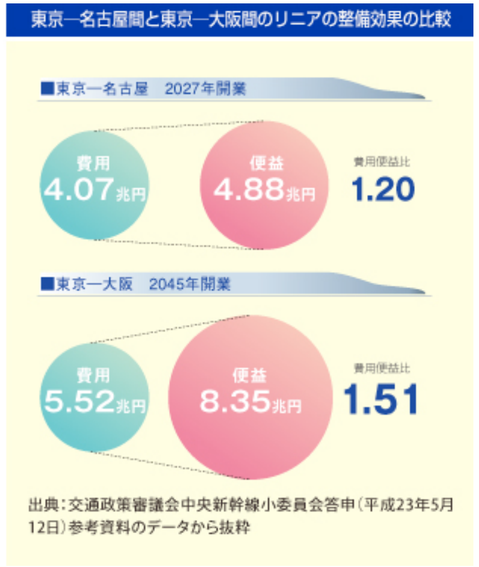


2027年開業予定

▼

2034年以降



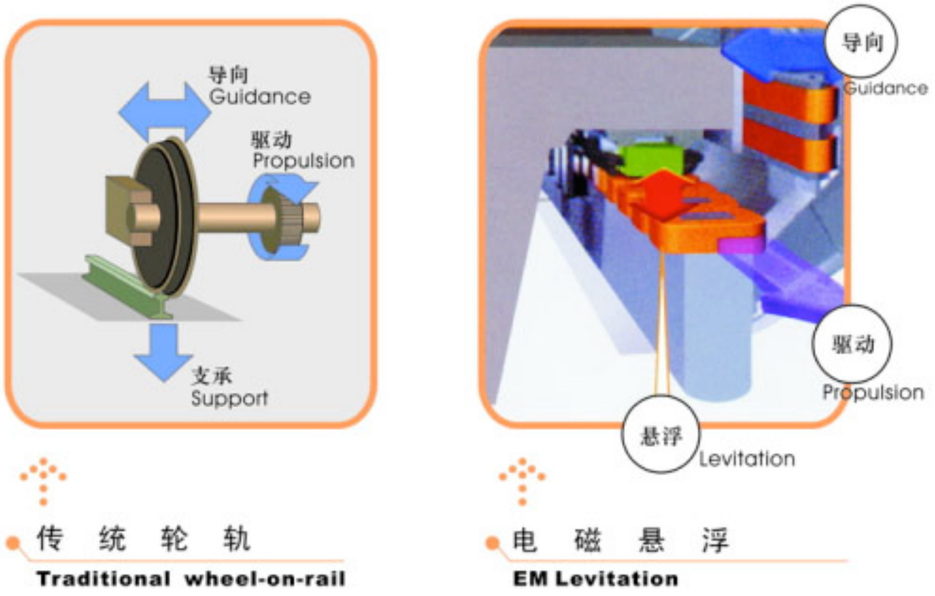


http://www.linear-chuo-shinkansen-cpf.gr.jp/sikumi.html

リニアモーターカー　上海磁浮快速列車 Maglev

上海磁浮交通发展有限公司
Shanghai Maglev Transportation Development Co.,Ltd.

最高時速430km，空港ー都心　30 km を 7 分で



http://www.smtdc.com/

磁力で浮いて走る世界初の鉄道玩具「リニアライナー」

“Linear Liner” will be released in September from TakaraTomy

タカラトミーが，磁力で浮いて走る世界初の鉄道玩具「リニアライナー」を９月に売り出す．ＪＲ東海が試験走行で使っているリニア新幹線「Ｌ０（エルゼロ）系」がモデル．模型は時速６～７キロだが，実物にあてはめた「スケールスピード」にすると時速500キロを超え，実物に近いという．

実物同様，磁力の反発で車両を２ミリ浮かせる．レールと車両の磁力の吸引力と反発力で走る実物と違って，模型は車両に流れる電気のオンオフによる調整により，磁力の反発力だけで進む．レールの外側は透明のプラスチック製で，浮いて走る様子を眺められる．

陸橋などを含めたセットの希望小売価格は税込み3万7800円．主に「大人向けを想定している」（広報）という．

車両

セット内容

ストレートレール 6本 ／ カーブレール 8本 ／ ハーフレール 2本 ／ ステーション 1個 ／タカラトミーACアダプターTYPE5U 1個 ／ 陸橋 1個 ／ ストレートトンネル 1個 ／ カーブトンネル 1個 ／ 橋脚 18個

http://www.asahi.com/articles/ASH5V5JPNH5VULFA01X.html

磁力で浮いて走る世界初の鉄道玩具「リニアライナー」

“Linear Liner” will be released in September from TakaraTomy

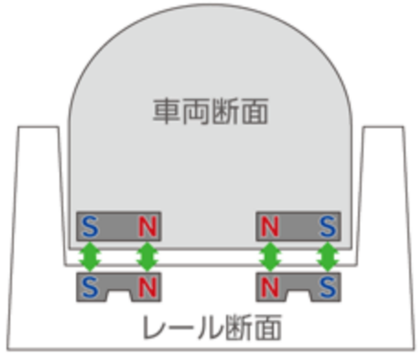
リニアライナー磁力浮上・磁力走行の仕組み

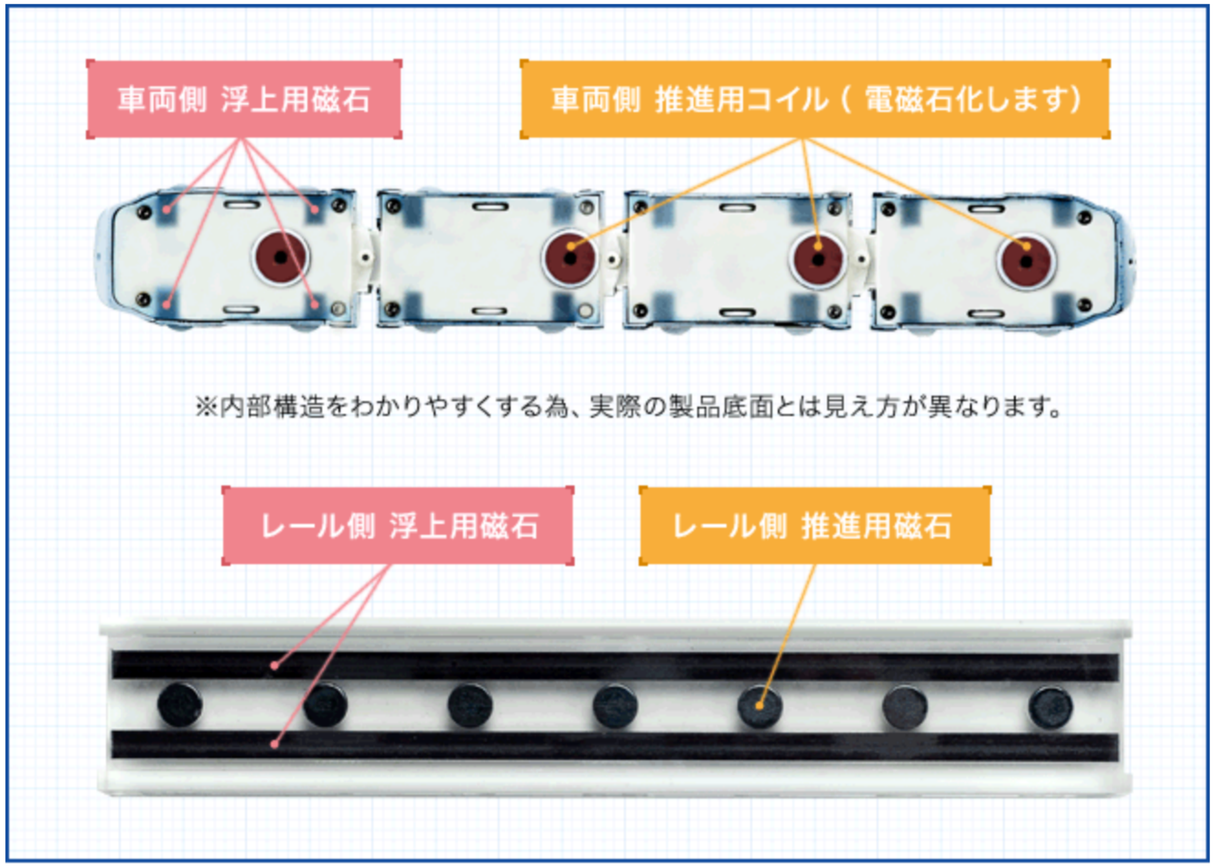
車両に搭載した磁石およびコイルと、レールに取り付けられた磁石との反発によって非接触で浮上・走行します。

浮上の仕組み解説

レールに取り付けられた帯状の磁石と、各車両底部の四隅に搭載した4つの磁石の反発力で約2mm 本体が浮上します。

浮上用磁石の磁極





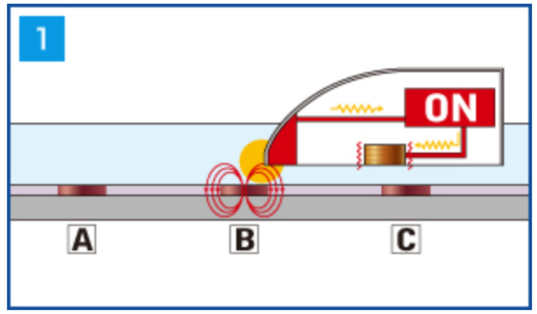
http://www.takaratomy.co.jp/products/linearliner/mechanism/index.html

磁力で浮いて走る世界初の鉄道玩具「リニアライナー」

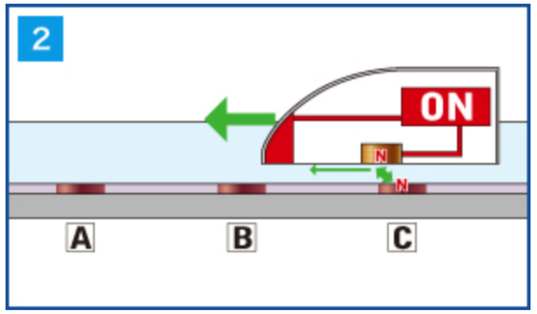
“Linear Liner” will be released in September from TakaraTomy

走行の仕組み解説

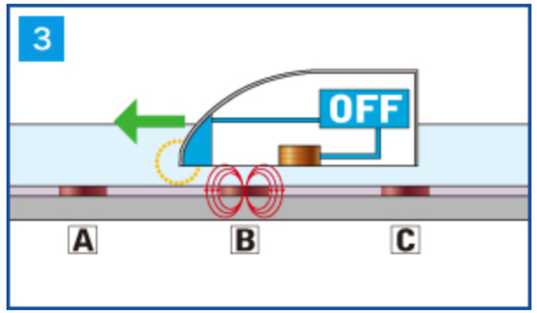
高速磁気センサーが前方の円形磁石の磁力を感知し、コイルに電流が流れ磁界を発生させます。レールと車両の磁石同士の反発で推進力が発生し、車両が前進します。



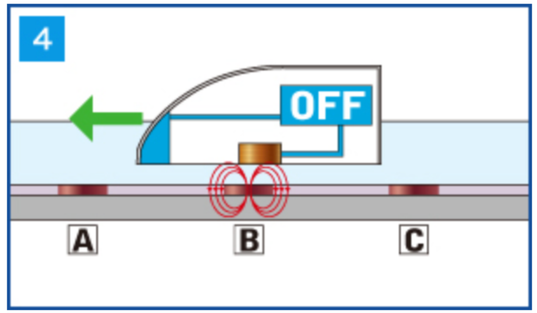
前方の磁石 B の磁界に反応してコイルに電流を流します。



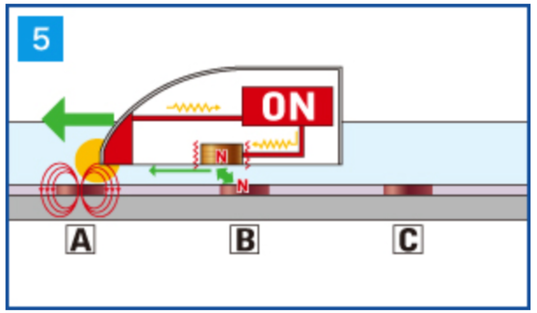
コイルが電磁石化。斜め後方の磁石 C と反発して推進力を得ます。



前方磁石 B の磁界を外れたらコイルへの電流供給をストップ。



前方磁石 B の反発を受けないところまで慣性で進みます。



再度前方の磁石 A の磁界に反応してコイルに電流を流し、磁石 B と反発させます。これを繰り返して走行します。

（コイルが電磁石化したままだと前方磁石 B と反発し逆力がかかるため）

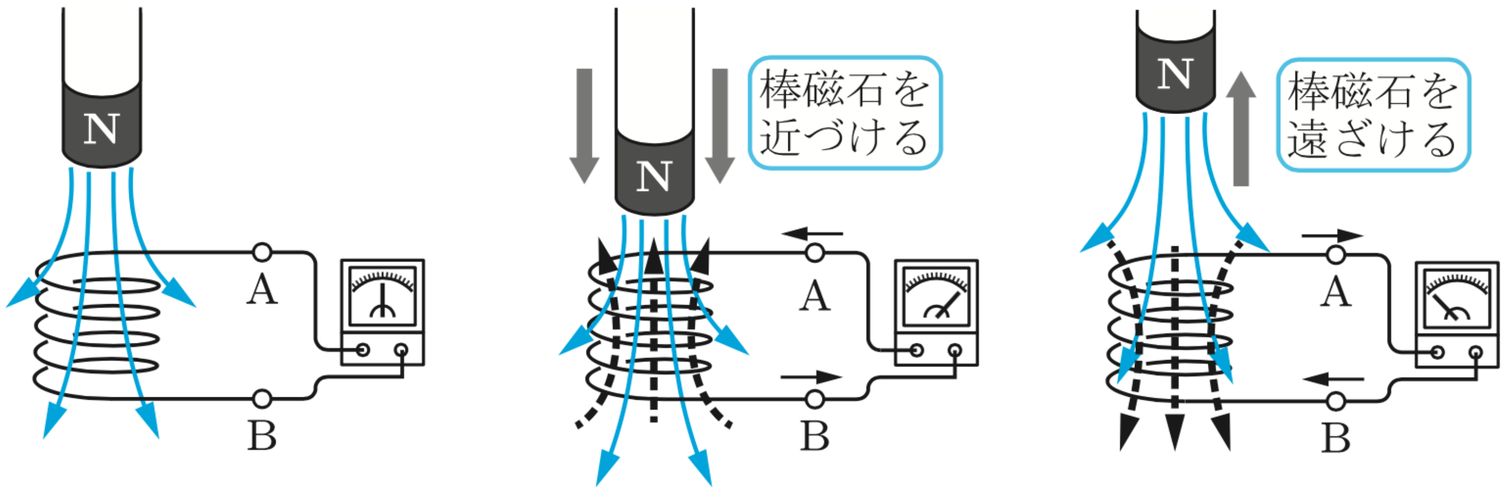
※磁石を浮上・走行に活用しているという共通点はありますが、仕組みは超電導リニアとは異なります。

http://www.takaratomy.co.jp/products/linearliner/mechanism/index.html

教科書 p216

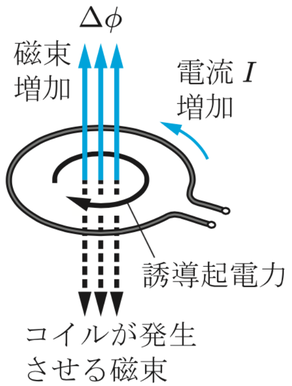
ファラデーの電磁誘導の法則

性質3：コイル内の磁力線の数を変化させると，誘導起電力が生じる.（電磁誘導の法則）



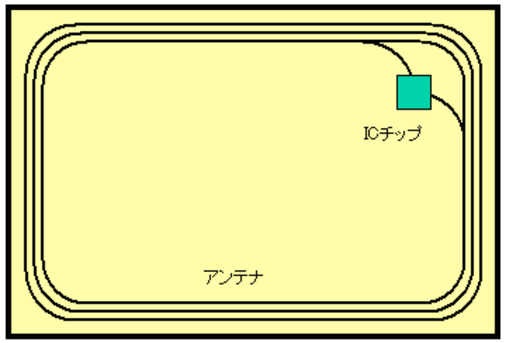
（a）棒磁石を動かさない　（b）棒磁石を近づける　（c）棒磁石を遠ざける

磁力線の数を保つように，
逆向きの誘導起電力が生じる



非接触型ICカード のしくみ

IC=Integrated Circuit 集積回路

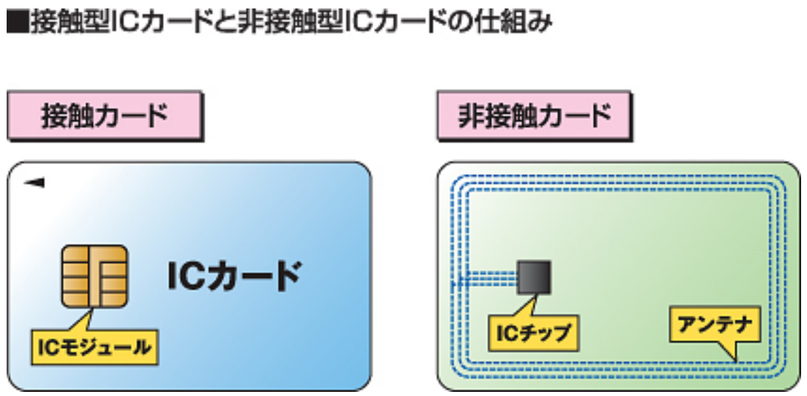


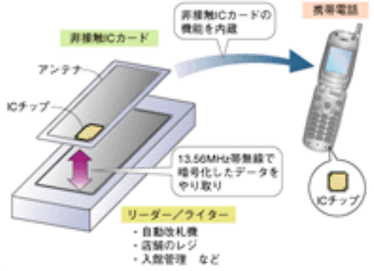
Felica

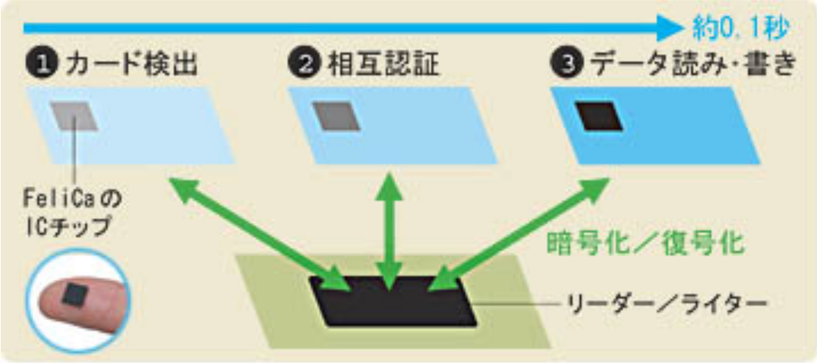
利用周波数： 13.56MHz

データ転送レート： 212Kbps

非接触型ICカード（近接型）







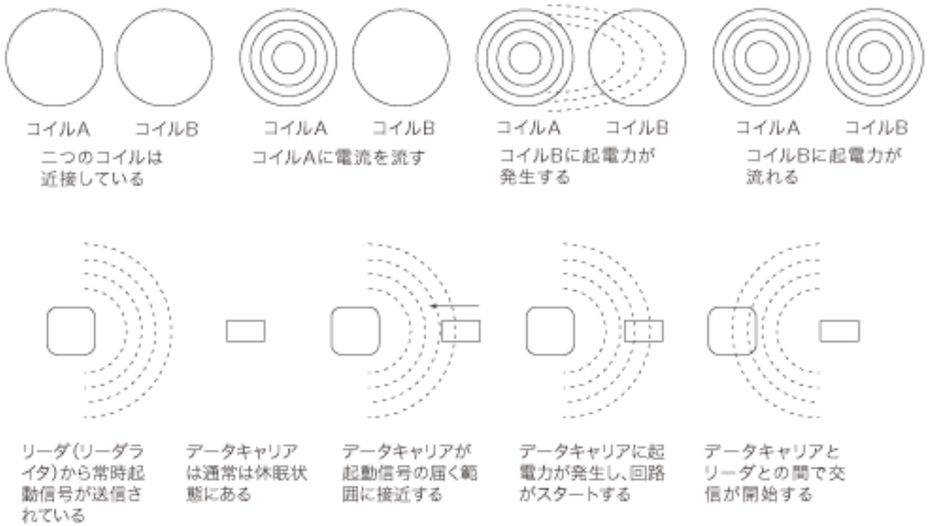
http://ascii.jp/elem/000/000/355/355921/

前回のミニッツペーパーから

Pitapaのしくみが気になります。
私のは5年ほど同じカード使ってますが
3回に1回は反応しません。寿命もあるのでしょうか

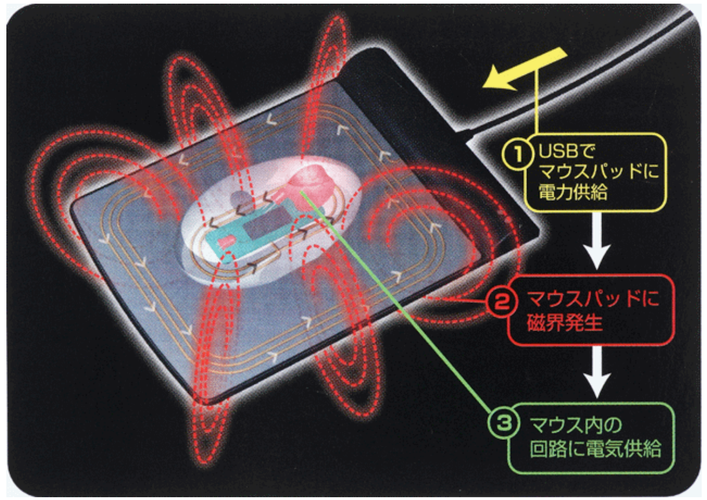
ICOCA

SMART ICOCA



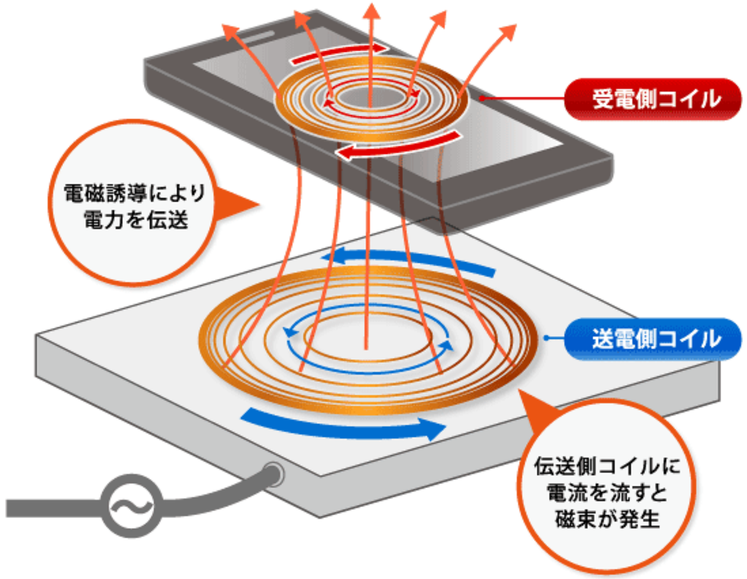
非接触型充電・ワイヤレス給電 のしくみ

http://www.tdk.co.jp/techmag/inductive/200906/index2.htm



http://ascii.jp/elem/000/000/355/355921/

https://car.watch.impress.co.jp/img/car/docs/558/803/html/P1120809.JPG.html



http://nurgle77.com/4109.html

【実験ですよ】

世界一簡単な構造の電車

AmazingScience 君

チャンネル登録 99,612

視聴回数 11,154,434 回

追加　共有　その他　54,466　1,007

2014/08/26 に公開

世界一簡単な構造の電車の誕生モデル(2014年8月26日投稿)です。各国からの多くの視聴ありがとうございます。

【コイルの上を走るタイプ】→ http://youtu.be/Y1MDOerruDU

https://www.youtube.com/watch?v=J9b0J29OzAU

4.10 銅線コイル中を動く乾電池電車

■乾電池電車　★★☆

講義のネタをさがしていると，Youtube で，「世界一簡単な電車」と題した動画を見つけた．市販されている銅線をコイル状に巻く．乾電池の両端に，市販されている強力なネオジウム磁石を取り付けて，銅線コイル内に置くと，乾電池と磁石の塊は地下鉄のようにコイル内をスルスルと動いていく．どのくらいの力が生じているのか計算してみよう．

用意する材料は表 4.10.1 のものである．

表 4.10.1

単 4 乾電池	起電力 1.5 V，内部抵抗 0.5 Ω，長さ 44.5 mm，直径 10.5 mm，質量 12 g
銅線	抵抗率 $\rho = 0.017\ \Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}$，半径 $r = 0.8$ mm
銅線コイル	半径 $R = 8$ mm のコイル，1 m 当たり $n = 200$ 巻
ネオジウム磁石	半径 $R_m = 7$ mm，1 つ当たりの厚さ 1 cm，質量 8 g，磁束密度 $B_m = 0.1$ T

問題 4.10.1

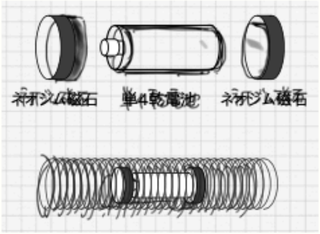


図 4.10.1

乾電池の両極にネオジウム磁石をつけたものを乾電池電車と呼ぶ．これを銅線コイルの中に入れる（図 4.10.1）．両極ともコイルの中に入り，磁石が銅線に接すると銅線の乾電池電車を取り囲む部分に電流が流れ，コイル内に磁場が発生する．その磁場と乾電池電車の両極の磁石が力を及ぼし合うと，乾電池電車は，あたかも地下鉄のようにコイル内を進んでいく．乾電池電車の両端の距離は $L = 50$ mm で，常に銅線コイルに接するとする．空気の透磁率を $\mu = 1.26 \times 10^{-6}$〔$\mathrm{Wb}^2/\mathrm{Nm}^2$〕とする．その他の諸量は，表 4.10.1 に記載した．

(1) コイルが 1 m 当たり n 巻であるとすると，長さ L のコイル部分はどのくらいの長さの銅線からできているか．コイルの半径を R として文字で答えよ．

(2) コイルを流れる電流の大きさ I〔A〕はいくらか．表 4.10.1 の数値を入れて答えよ．

(3) コイル内部の磁場の大きさ H〔A/m〕はいくらか．数値で答えよ．

(4) 磁石の表面の磁荷 Q_m〔Wb〕を求め，磁石 1 つがコイル内の磁場から受ける力 F_m〔N〕を数値で求めよ．

(5) コイルは乾電池の + 極側から見て時計回りに巻かれ，らせん状に − 極側へつながっている．乾電池電車を + 極側へ動かすためには磁石の取り付ける向きをどうすればよいか．図 4.10.2 の (a)〜(d) より選べ．

(6) 乾電池電車が動き始めた．接触面からの摩擦などでやがて電車は速度を上下させるが，動き始めるときに受ける力による加速度の大きさはどれだけか．数値で求めよ．

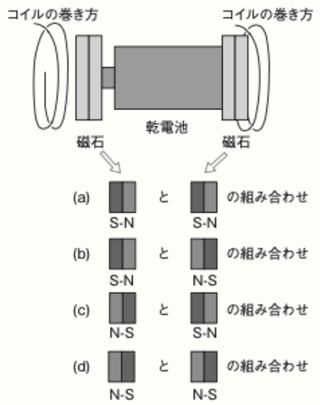


図 4.10.2

▶解

(1) コイルをほどいて直線にしたと考える．コイルの一巻きが $2\pi R$ なので，コイルの長さは横 $2\pi R \cdot n \cdot L$，縦 L の長方形の対角線の長さに等しく，$\sqrt{(2\pi RnL)^2 + L^2} = L\sqrt{(2\pi Rn)^2 + 1}$ となる．以下では，$nR \gg 1$ とし，長さを $2\pi RnL$ と近似する．

(2) 銅線部分の抵抗の大きさ R_1 は，

$$R_1 = \rho\,\frac{(\text{長さ})}{(\text{断面積})} = \rho\,\frac{2\pi R \cdot n \cdot L}{\pi r^2}$$

$$= 0.017\ \Omega\,\mathrm{mm}^2/\mathrm{m}\ \frac{2\pi\, 8 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 50 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}}{\pi (0.8)^2\ \mathrm{mm}^2} = 4.25 \times 10^{-3}\ \Omega$$

したがって，銅線部分の抵抗は，乾電池の内部抵抗よりはるかに小さいので無視できる．コイルに流れる電流 I は，$I = \dfrac{1.5\ \mathrm{V}}{0.5\ \Omega} = 3.0\ \mathrm{A}$.

(3) コイル内部の磁場の大きさ H は，

$$H = nI = 200\ 1/\mathrm{m} \times 3.0\ \mathrm{A} = 600\ \mathrm{A/m}$$

(4) 磁石の表面の磁荷 Q_m = (断面積) × (磁束密度) は

$$Q_m = \pi R_m^2 \cdot B_m = \pi (7 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 0.1 = 1.53 \times 10^{-5}\ \mathrm{Wb}$$

磁石 1 つがコイル内の磁場から受ける力 F_m は

$$F_m = Q_m H = 1.53 \times 10^{-5} \times 600 = 9.18 \times 10^{-3}\ \mathrm{N}$$

(5) コイルに電流が流れるとコイル部分は電磁石となる．乾電池の + 極側が S，− 極側が N となる．乾電池の両端の磁石によって + 極側は斥力，− 極側は引力を受けるようにすればよいので，図の (c) である．

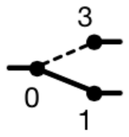
(6) (4) で求めた力 F の 2 倍の力で，質量 28 g を動かすとすれば，加速度は，

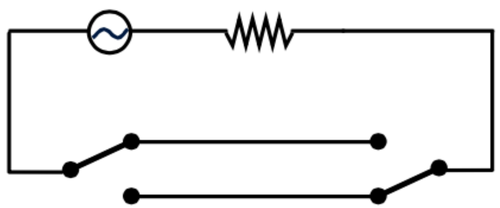
$$\frac{2 \times 9.18 \times 10^{-3}\ \mathrm{N}}{28 \times 10^{-3}\ \mathrm{kg}} = 0.66\ \mathrm{m/s}^2 \qquad \square$$

コイル全体に外部から電流を流しても乾電池電車は動かない．一様な磁場の中ではネオジム磁石の S 極と N 極が同じ大きさで逆向きの力を受けるからである．いまの場合は，コイルの乾電池電車を取り囲む部分だけに電流が流れて電磁石になる．乾電池の両極付近では磁力線が広がっていくため，磁場は一様ではなくなる．そのため，乾電池電車の両極にあるそれぞれのネオジウム磁石の S 極と N 極が磁場から受ける力の大きさに差が生じ，乾電池電車が動くのである．乾電池電車が動くとコイルに生じた電磁石も一緒に移動していくので，常に力がはたらき，乾電池電車は動き続ける．

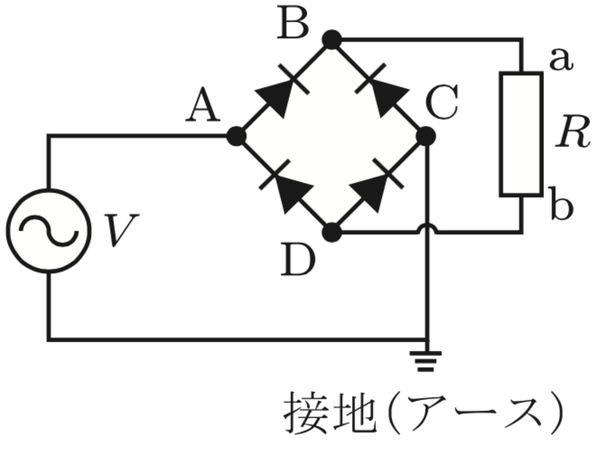
本日のミニッツペーパー記入項目　出席票を兼ねます.

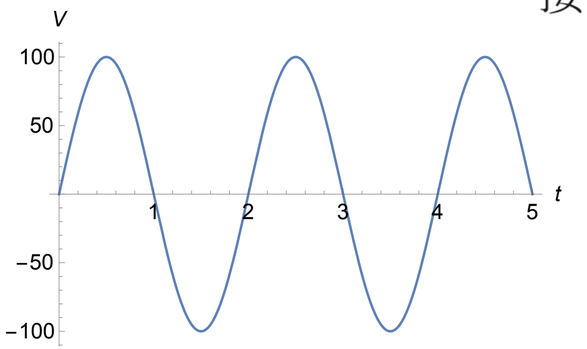
〔13-1〕
階段の電気スイッチ, 灯りが点いている状態で, 1階と2階の両方で同時にスイッチを押すとどうなるか？





〔13-2〕
交流電源から整流回路を通した, 抵抗に流れる電流の時間変化をグラフにせよ. aからbに流れる向きを＋として, 縦軸を電流, 横軸を時間としたグラフを描け. 添えたグラフは, 電源電圧の時間変化を表していて, aからbへ加わる電圧[V]がプラスである. 抵抗はR=10Ωである.





〔13-3〕
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　12/28(日) 22:59；残りの講義　12/22, 1/19；レポート３　1/30