

生活の中の物理学

Physics in Everyday Phenomena

第14回 2025/12/22

第6章 電気と磁気 (3) 電磁誘導, 電気製品

第7章 原子力 核エネルギー

真貝 寿明
Hisaaki Shinkai



Muses授業アンケート
お願いします。

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** **成績20点分**
- 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。

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 XXXXXXXX ○○○○」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。

2026年の惑星観望

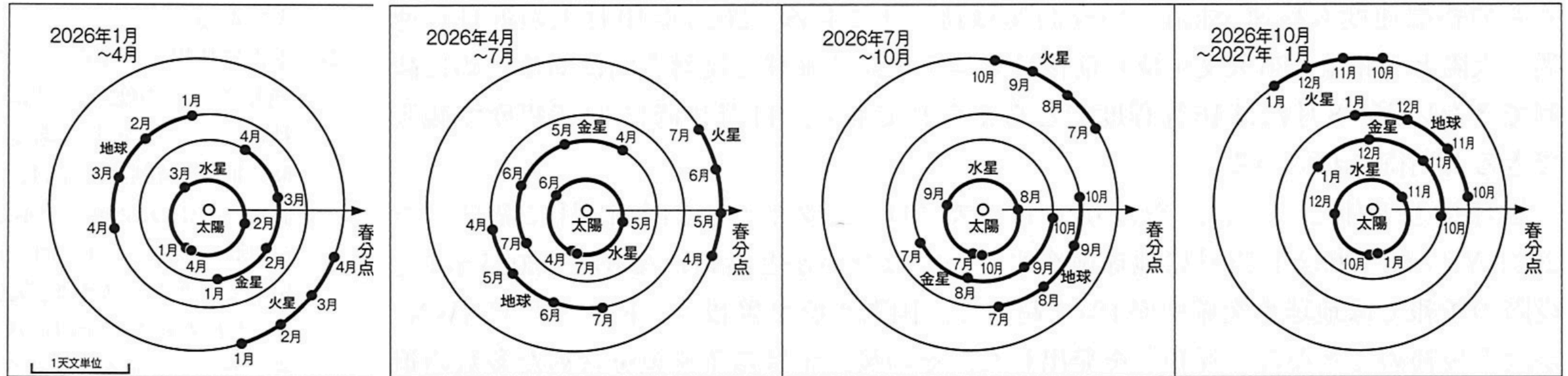


図2 3ヵ月ごとの内側惑星の動き ・印は毎月1日の位置

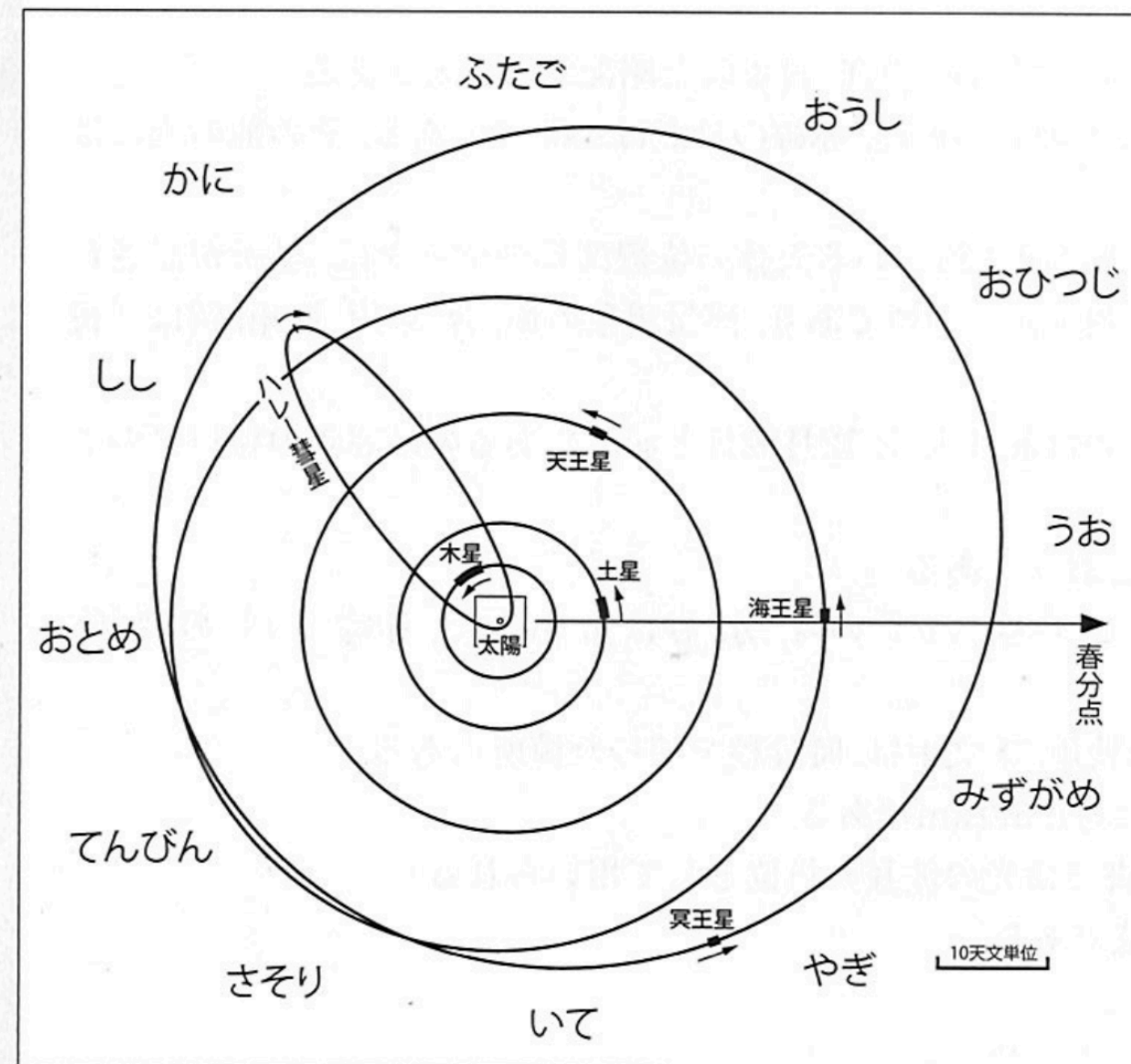
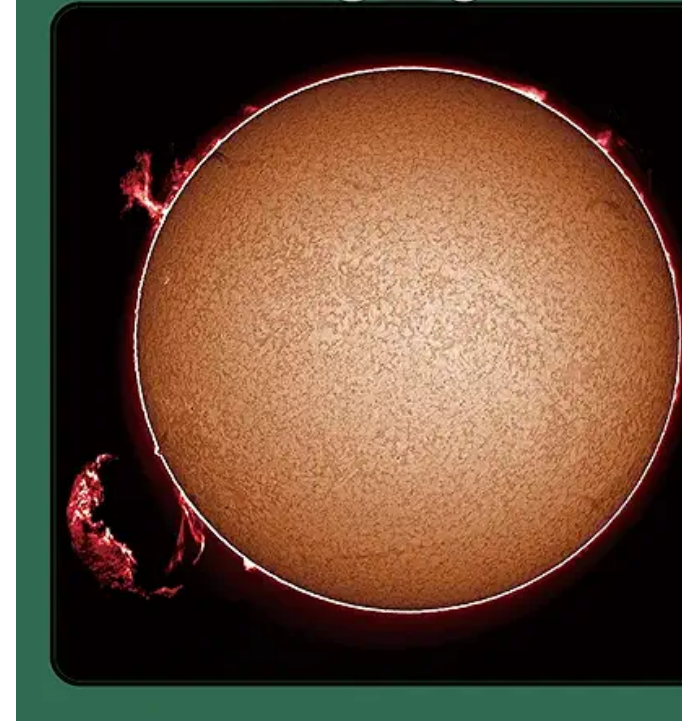


図1 2026年の太陽系 (太線は今年中に動く範囲)

創刊78年
天文年鑑
2026



2026年の火星

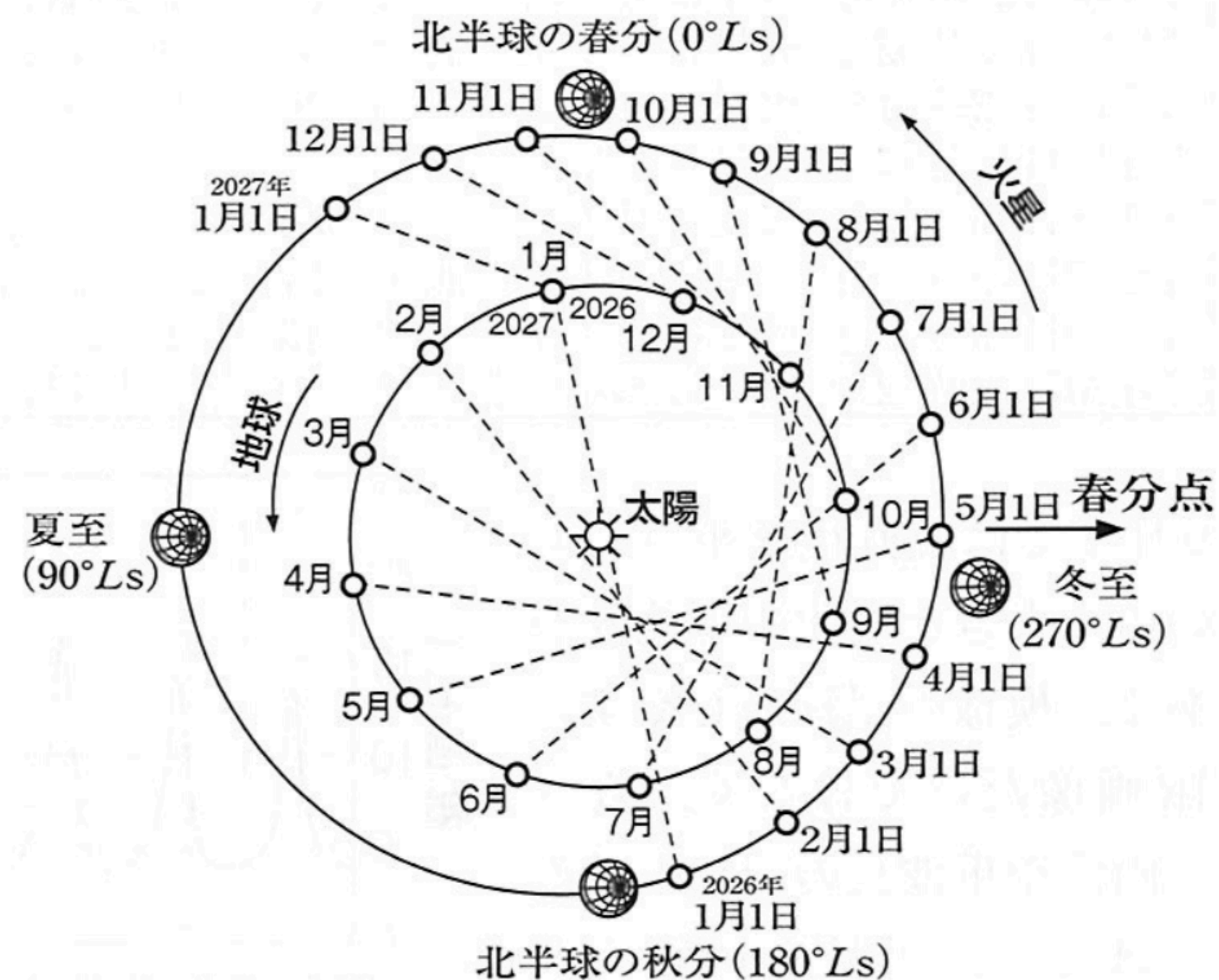


図1 2026年 地球と火星の位置

次に接近するのは2027年2月,
それまでしばらくはお預け

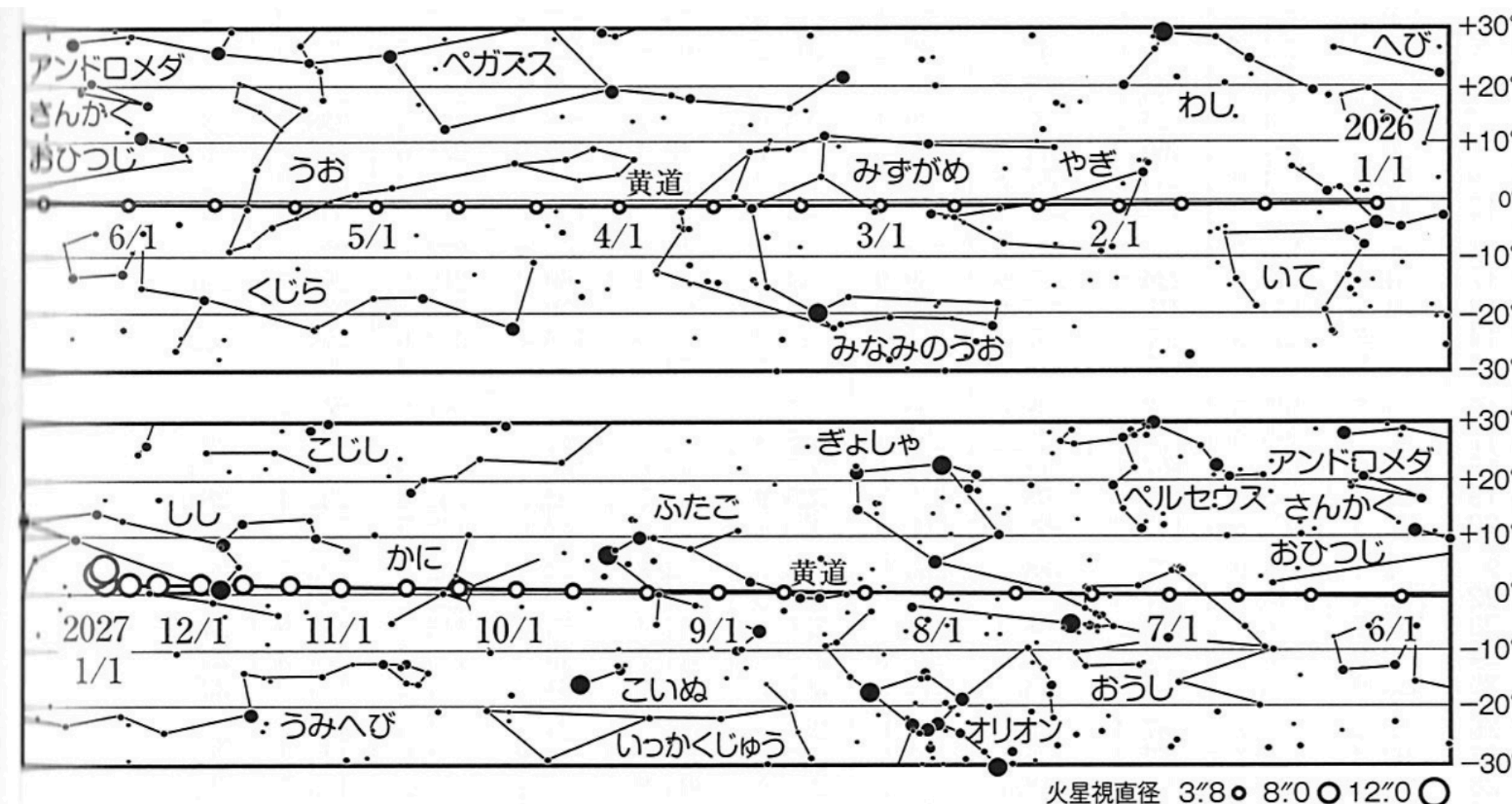


図2 2026年 星座間の火星の動き (黄道中心図, 毎月1・11・21日の位置)

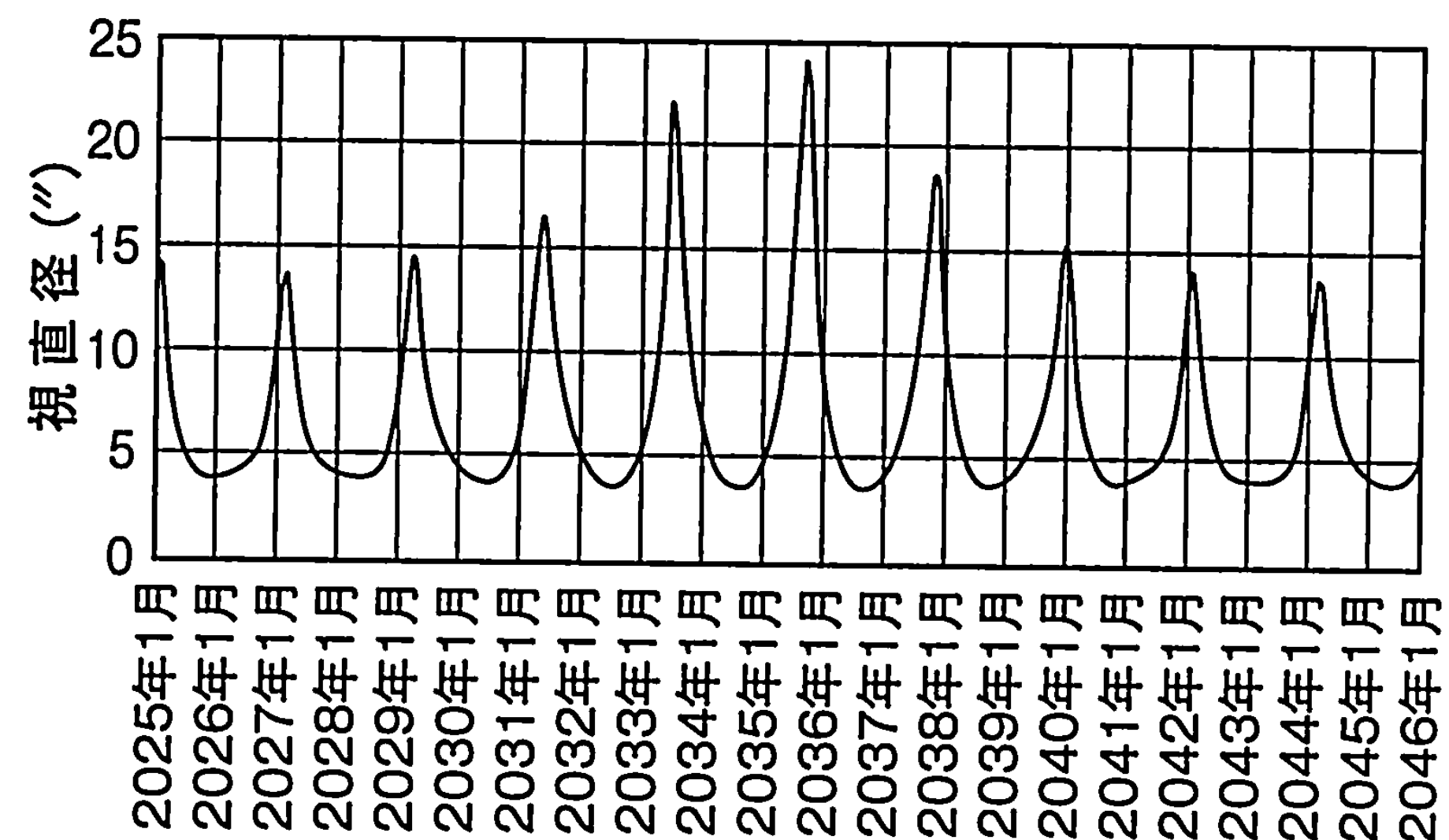


図3 火星の視直径の変化 (2025年～2045年)

2026年の水星・金星

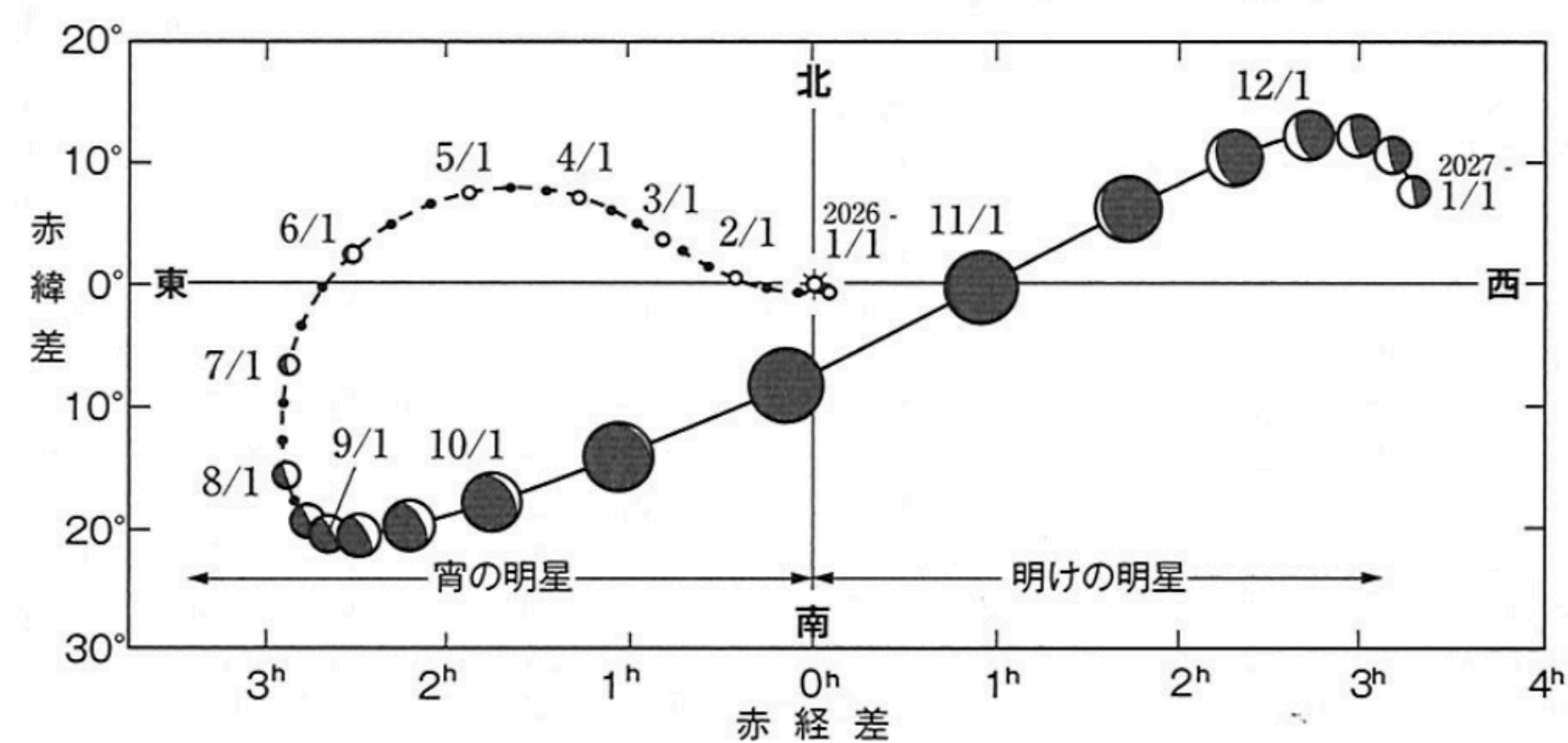
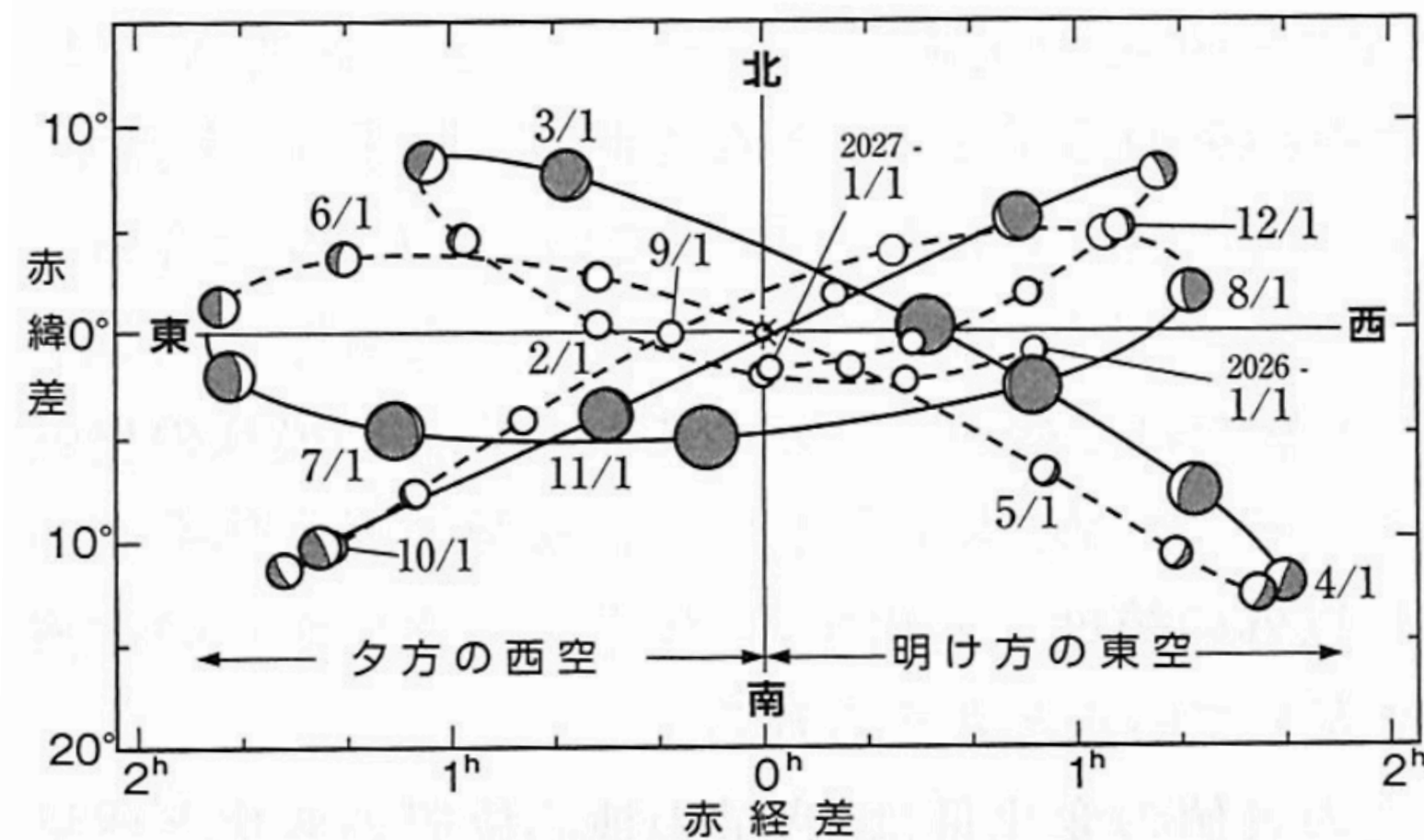


図1 太陽の周りの金星の動き (毎月1・11・21日の位置)

金星は10月までが宵の明星, 11月以降が明けの明星.

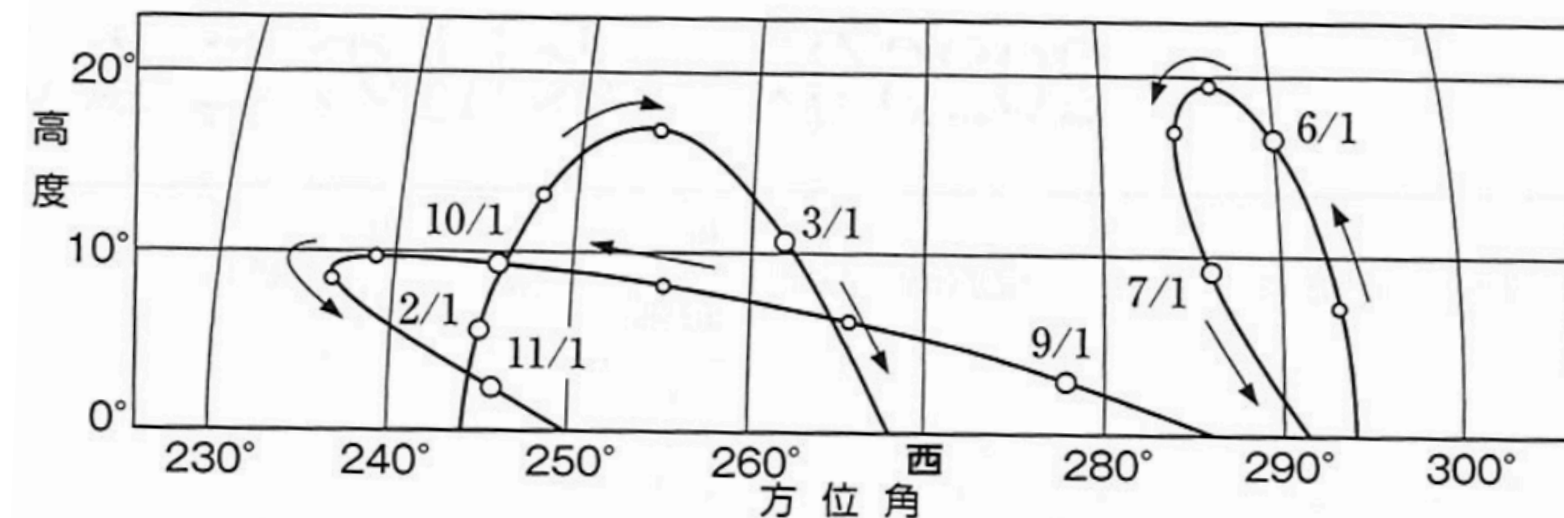


図3 日没時の金星の高度と方位角 (東京での値)

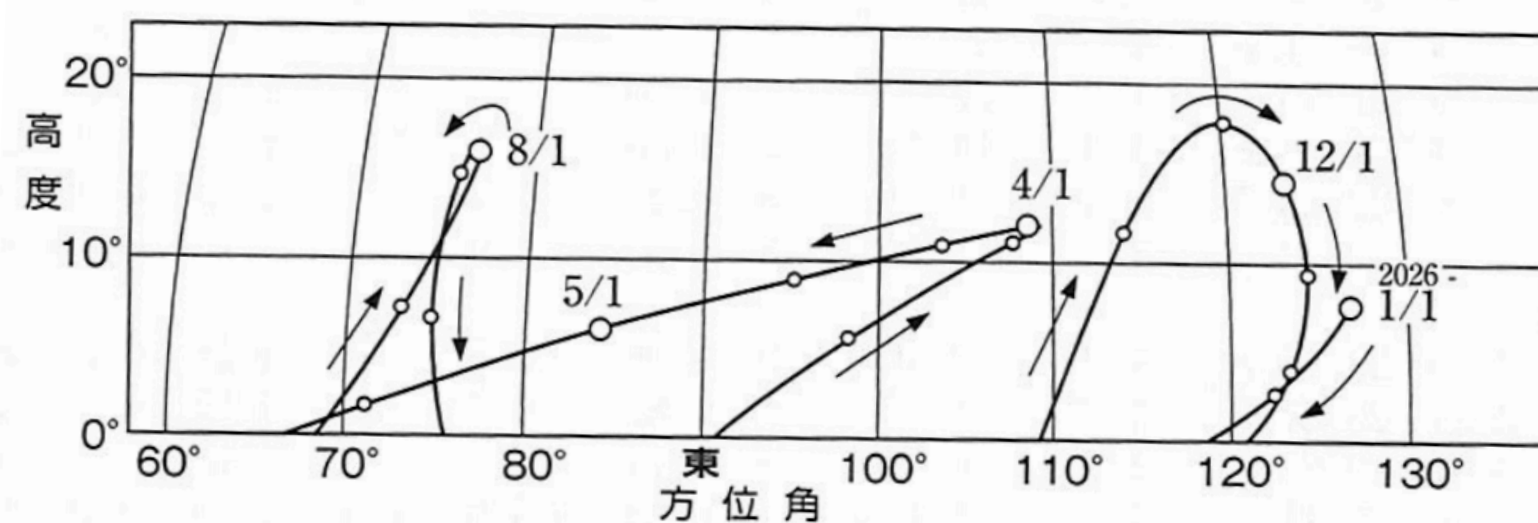


図4 日出時の金星の高度と方位角 (東京での値)

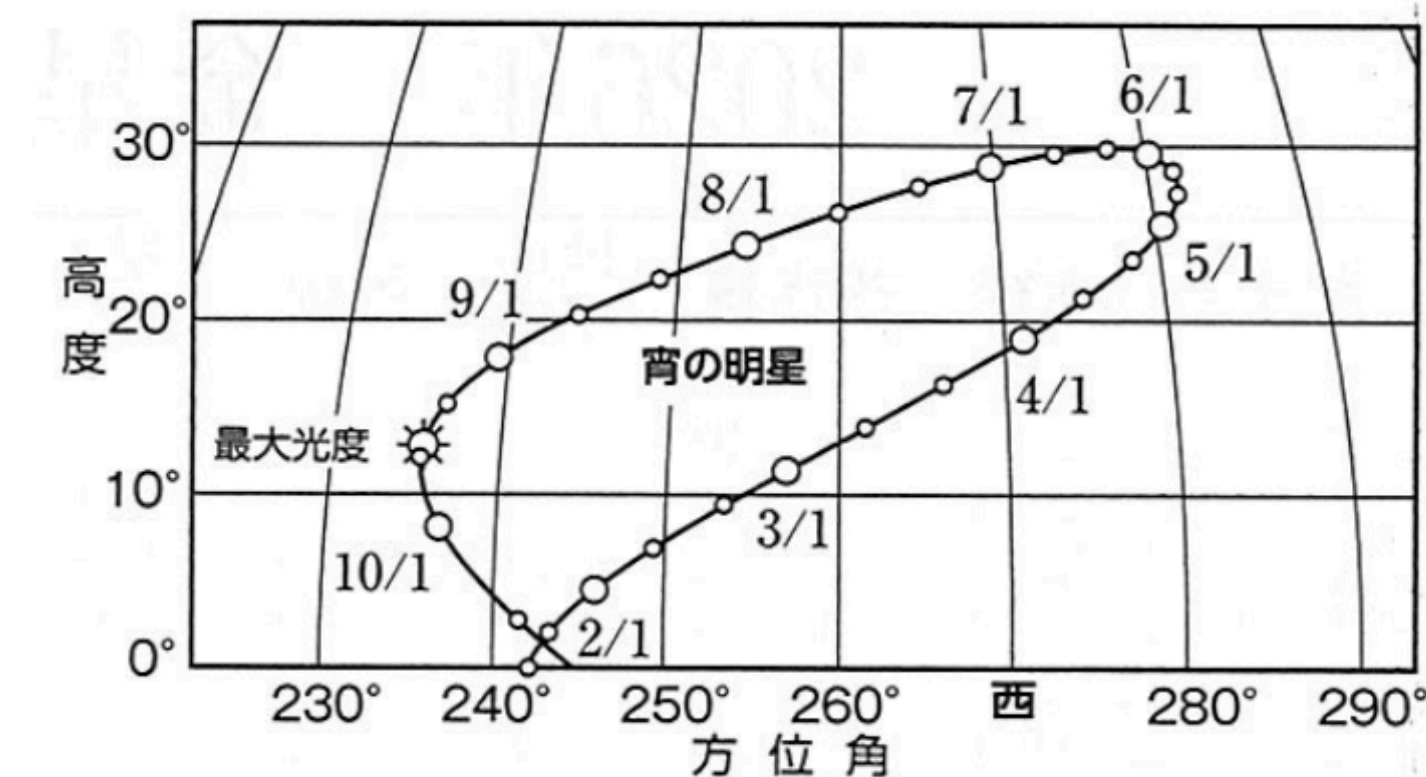


図3 日没時の金星の高度と方位角 (東京での値)

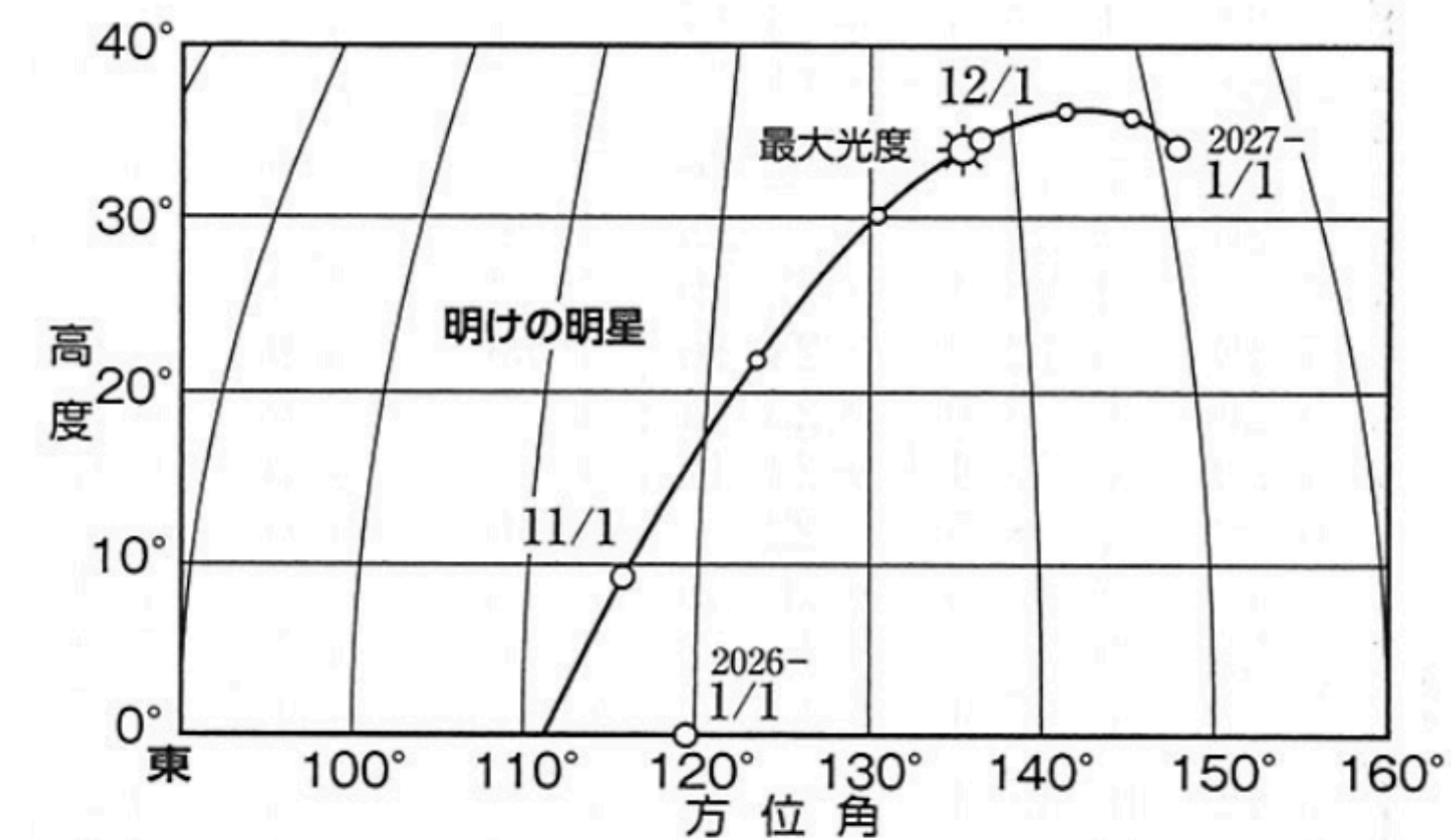


図4 日出時の金星の高度と方位角 (東京での値)

2026年の木星・土星

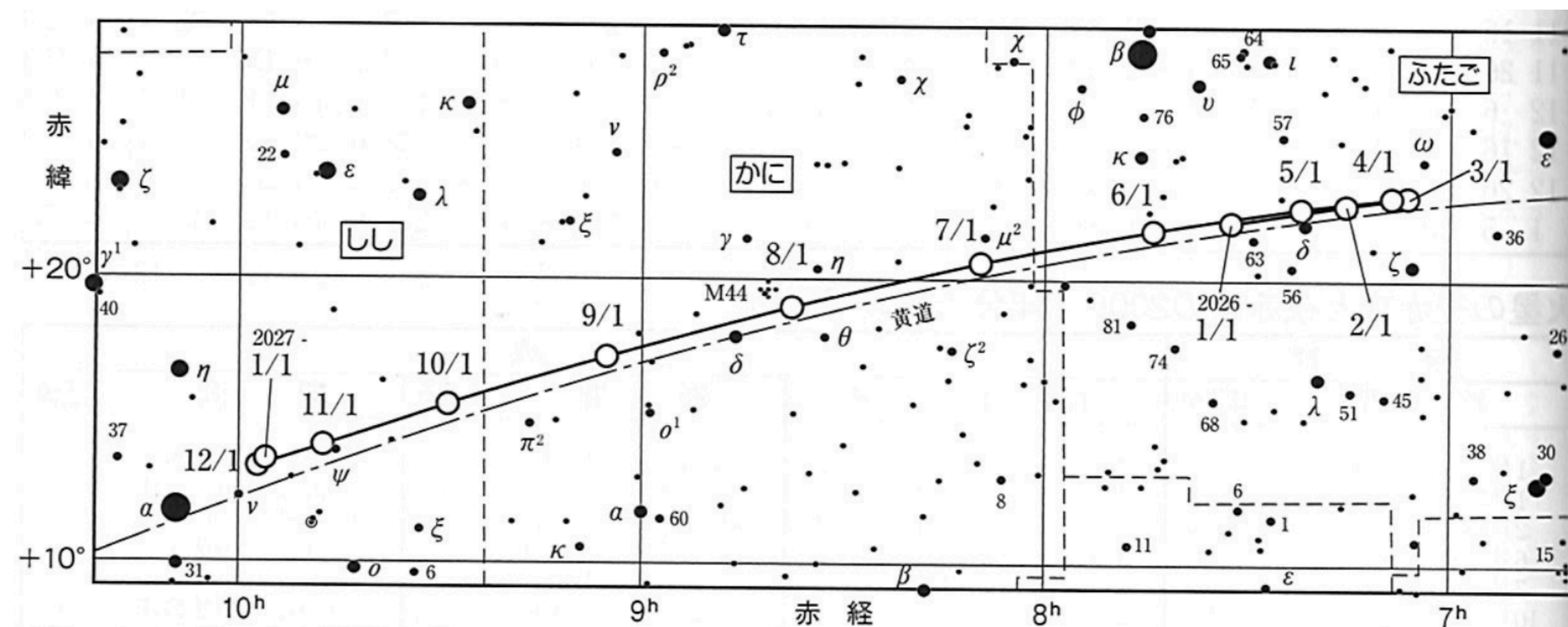
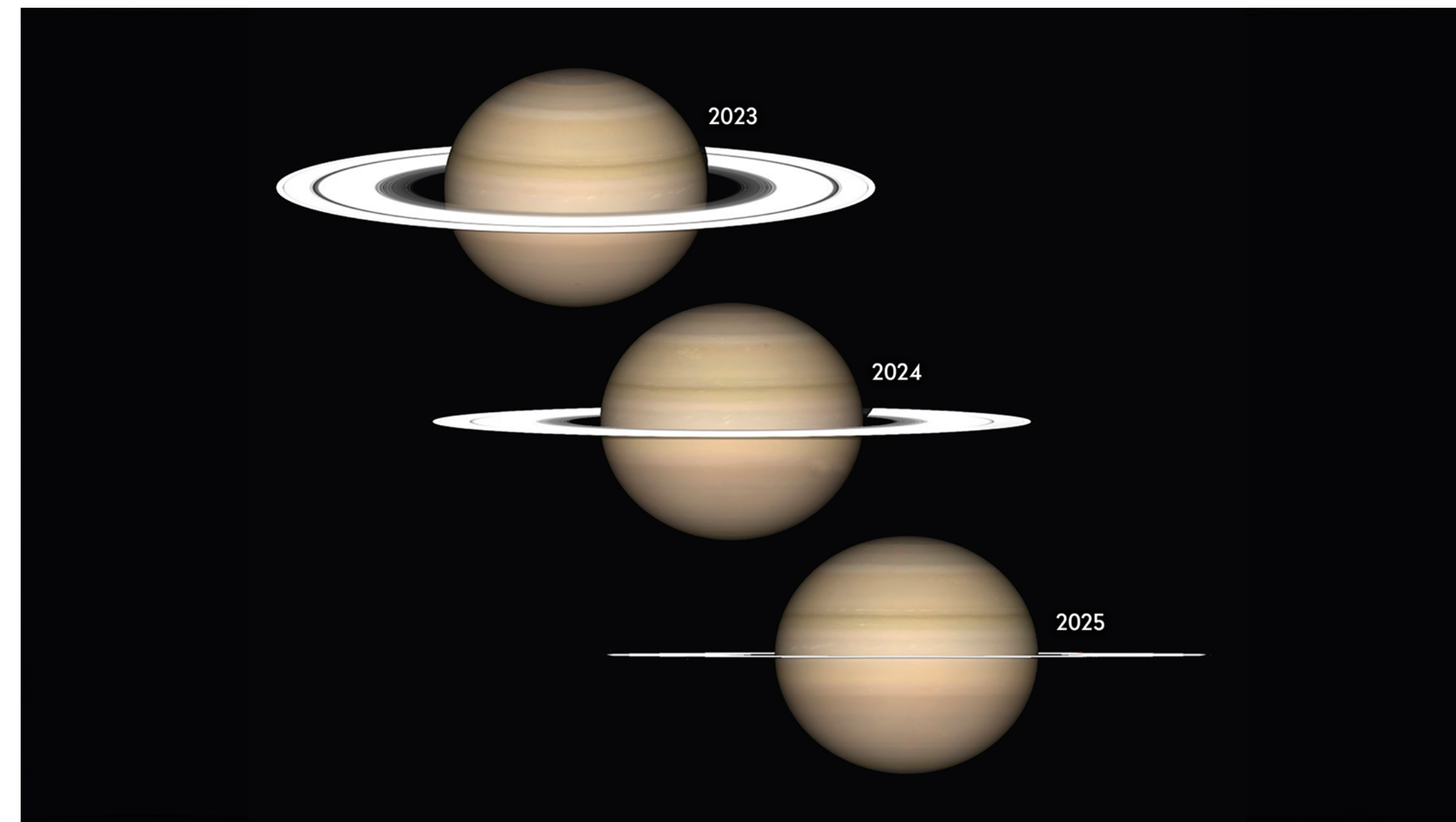
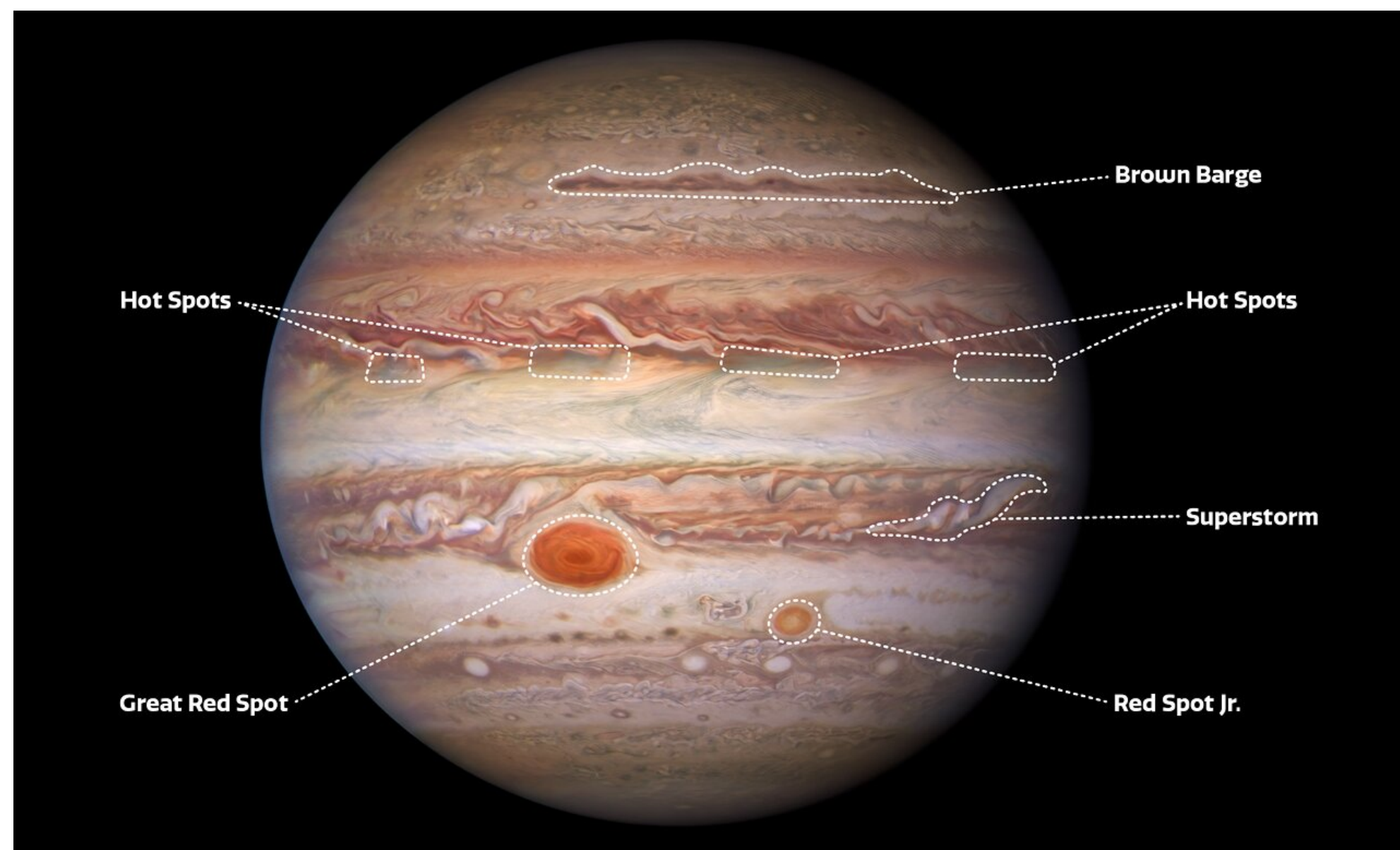


図2 2026年 星座間の木星の動き (毎月1日の位置)

現在よく見えている. 2026年は初夏まで.

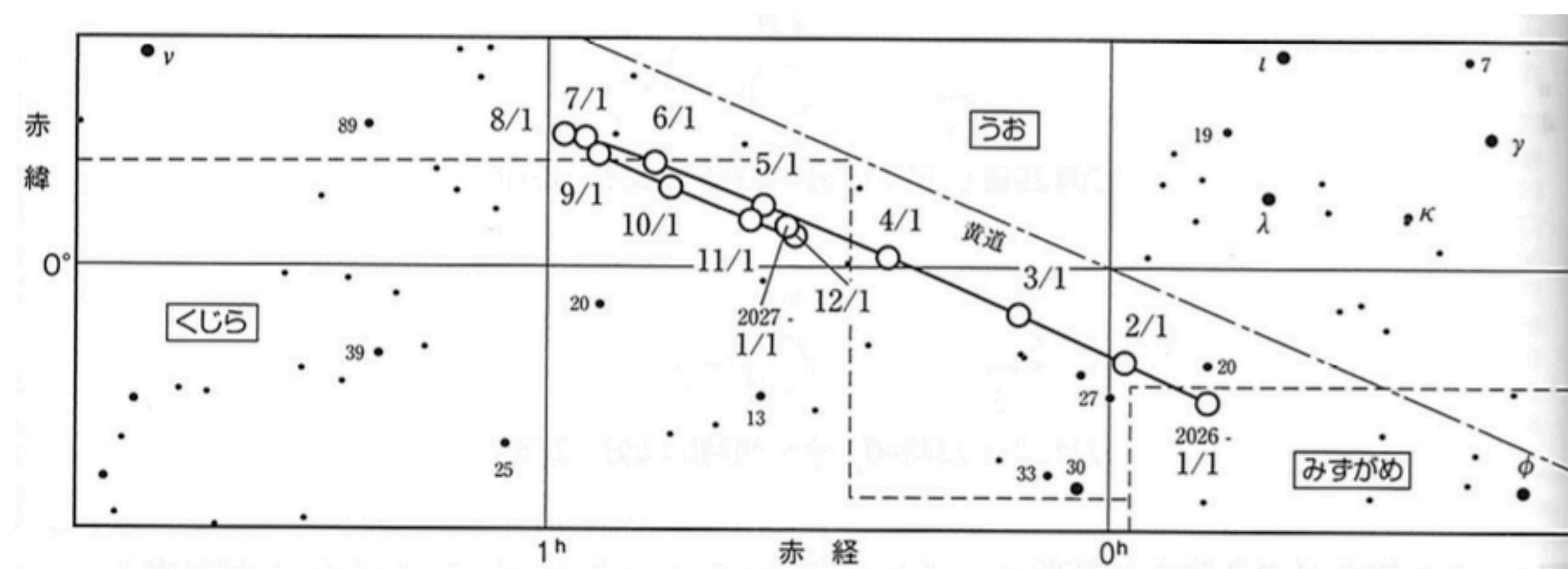


図2 2026年 星座間の土星の動き (毎月1日の位置)

2026年は夏以降に見える. 土星の輪は見えはじめる

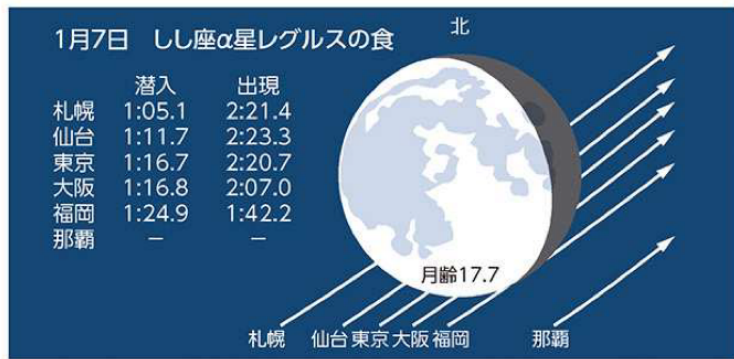
2026年の流星群

表 1 主要流星群

流星群名称	出現期間	極 大		輻射点		最大 HR	極大時 月 齡	速度	観測 条件
		日 時 (日本時)	太陽黄経 (J2000. 0)	赤 経	赤 緯				
1 しぶんぎ座	12月28日～ 1月12日	1月 4日06時	283. 15	230°	+49°	20	14. 8	中～速	最悪
2 4月こと座	4月14日～ 4月30日	4月23日05時	32. 32	271	+34	15	5. 3	中～速	最良
3 みずがめ座 η	4月19日～ 5月28日	5月 6日18時	45. 5	338	-01	5	18. 9	速	悪
4 やぎ座 α	7月 3日～ 8月15日	7月31日	128	307	-10	少	17	緩～中	最悪
5 みずがめ座 δ 南	7月12日～ 8月23日	7月31日	128	340	-16	少	17	中～速	最悪
6 ペルセウス座	7月17日～ 8月24日	8月13日11時	40. 0	48	+58	40	0. 3	速	良好
7 はくちょう座 κ	8月 3日～ 8月28日	8月17日	144	288	+52	少	5	緩～中	普通
8 9月ペルセウス座 ε	9月 5日～ 9月21日	9月10日03時	166. 7	48	+40	少	28. 0	速	良好
9 10月りゅう座	10月 6日～ 10月10日	10月 9日10時	195. 4	262	+54	少	27. 9	緩～中	普通
10 オリオン座	10月 2日～ 11月 7日	10月22日	208	95	+16	10	11	速	良好
11 おうし座南	9月20日～ 11月20日	11月 6日	223	52	+15	少	26	緩～中	良好
12 おうし座北	10月20日～ 12月10日	11月13日	230	58	+22	少	3	緩～中	良好
13 しし座	11月 6日～ 11月30日	11月18日09時	235. 27	152	+22	5	8. 7	速	良好
14 ふたご座	12月 4日～ 12月20日	12月14日23時	262. 2	112	+33	60	5. 5	中	最良
15 こぐま座	12月17日～ 12月26日	12月23日07時	270. 7	217	+76	少	13. 9	中	悪

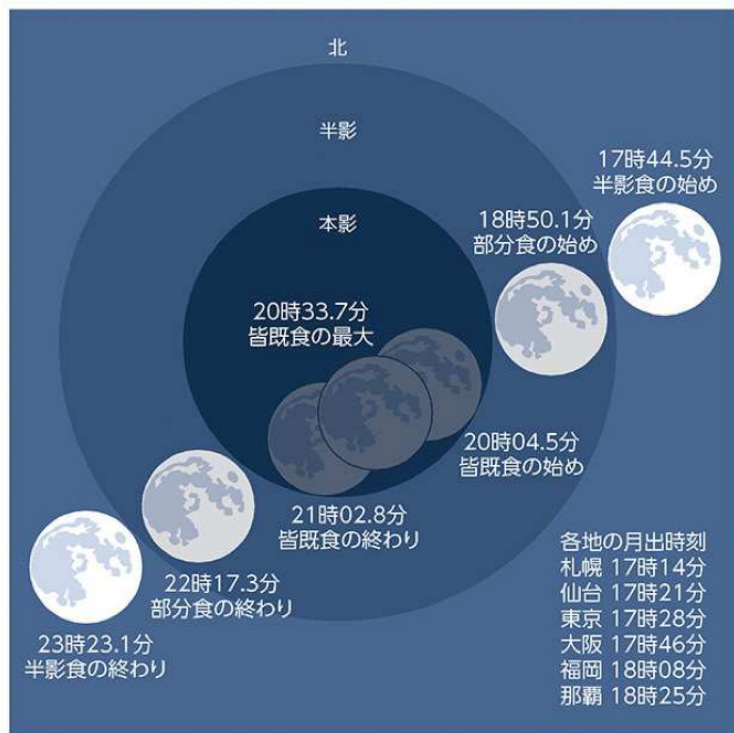
どちらも楽しみ

■1月7日／3月2日 レグルス食



2026年にはし座α星レグルスの食が頻繁に起こり、日本からは1月7日、3月2日、5月23日にレグルス食が見られる。1月7日の食は南中に近い月の暗縁からの出現が見やすい。3月2日の食は宵の東の空で起こるが、満月に近く、ごくわずかな暗縁に潜入することになる。5月23日の食は日中の現象だ。

■3月3日 全国で皆既月食



2025年9月8日の皆既月食から半年後の3月3日の宵、再び全国で皆既月食が起こる。月が昇って間もない18時50.1分に本影食が始まり、皆既食が最大となる20時33.7分の月の高度は30度前後で見やすい。最大食分は1.156で地球の影の南側を通る。皆既中にし座56番星（5.9等）の食が起こる。

2026年 注目の天文現象		
1月	1日	前夜から末明、プレアデス星団の食
	4日	明け方、しぶんぎ座流星群に注目
	7日	レグルスの食(02時21分出現)
	10日	ふたご座で木星が衝(−2.7等)
3月	2日	レグルスの食(20時31分潜入)
	3日	全国で皆既月食(20時34分食最大)
4月	24日	夕方、金星と天王星、プレアデス星団が接近
	24日	夕方〜宵、月とプレセペ星団が大接近
5月	6〜7日	明け方、みずがめ座η流星群に注目
6月	8〜10日	夕方、金星と木星が大接近
7月	4日	末明、火星と天王星が超接近
	9日	宵空、金星とレグルスが大接近
	11日	明け方、細い月とプレアデス星団が接近
8月	12〜13日	ペルセウス座流星群に注目
	13日	アイランド、スペインなどで皆既日食(日本からは見えない)
	15日	夕方、西の空で金星が東方最大離角
	19日	伝統的七夕(旧七夕)
9月	1〜3日	夕方、金星とスピカが大接近
	14日	夕方、月と金星が大接近
	25日	中秋の名月(十五夜)
10月	5日	くじら座で土星が衝(0.3等)
	12日	末明、火星とプレセペ星団が大接近
11月	1日	深夜から翌末明、プレセペ星団の食
	3日	末明〜明け方、月と木星・火星が接近
	15〜17日	末明、火星と木星が大接近
	24日	18〜19時、プレアデス星団の食
12月	1日	末明、木星・火星・レグルス・月が集合
	14〜15日	ふたご座流星群に注目
	24日	スーパームーン(本年最大の満月)
	27日	宵〜翌明け方、月と木星が大接近

2026 Highlight 天文現象ハイライト

■4月24日 M45と金星と天王星が接近



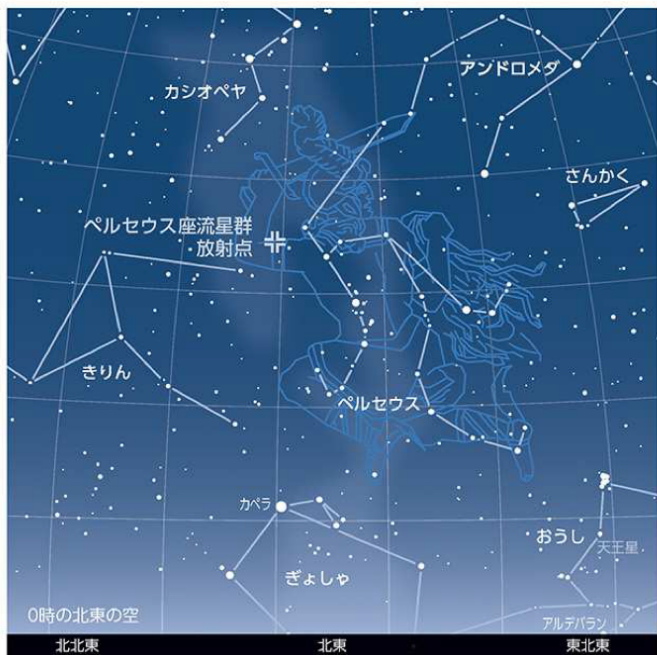
4月中旬から下旬にかけて、西西北の空で少しずつ高度を上げる宵の明星・金星が、プレアデス星団の近くを通過する。プレアデス星団の近くには5.8等の天王星もあり、4月24日には金星が天王星に1度弱まで接近する。高度は低いが、双眼鏡で散開星団の星々と明るい金星を眺めながら天王星を探してみよう。

■6月9日 ふたご座で金星と木星が接近



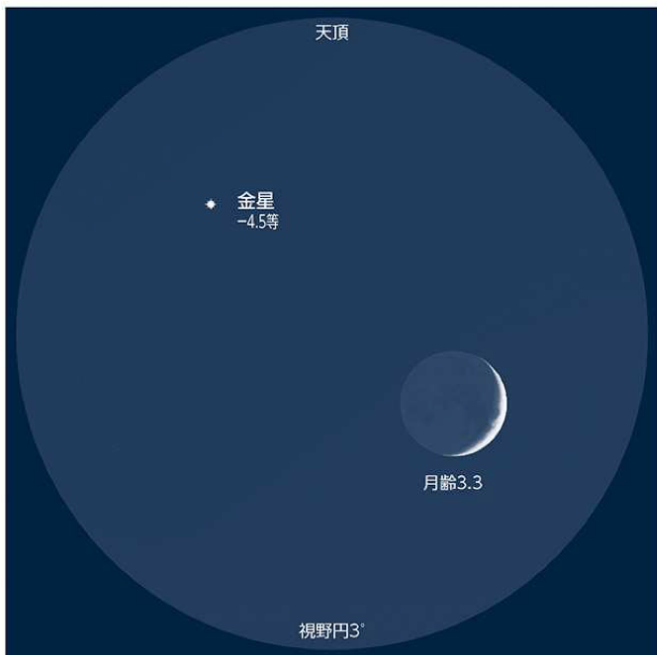
まだ薄明が残る6月上旬の宵の西の空で金星と木星が並んで輝いている。6月9日には金星と木星が1.6度まで大接近し、低倍率の望遠鏡でも同視野に見える。ふたご座のカストルとポルクスの下方には6月16日に東方最大離角となる水星も見える。夕方に見える水星としては最も条件が良いので探してみよう。

■8月13日 ペルセウス座流星群が極大



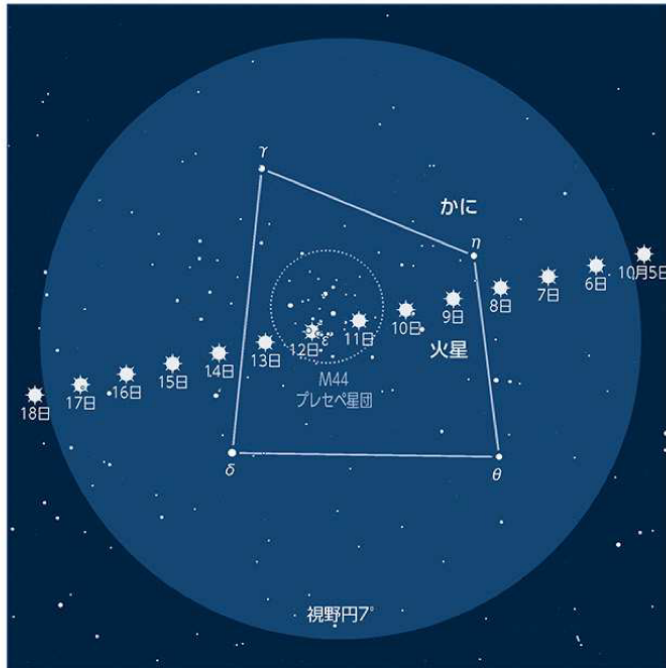
三大流星群のひとつであるペルセウス座流星群が8月13日に極大を迎える。13日が新月なので月明かりがまったくない好条件だが、予想される活動のピークが13日11時で日中なのが惜しい。13日の明け方だけでなく13日の宵にも注目したい。空の暗い場所なら、数分で1個程度の頻度で流星が見られるだろう。

■9月14日 月と金星が大接近



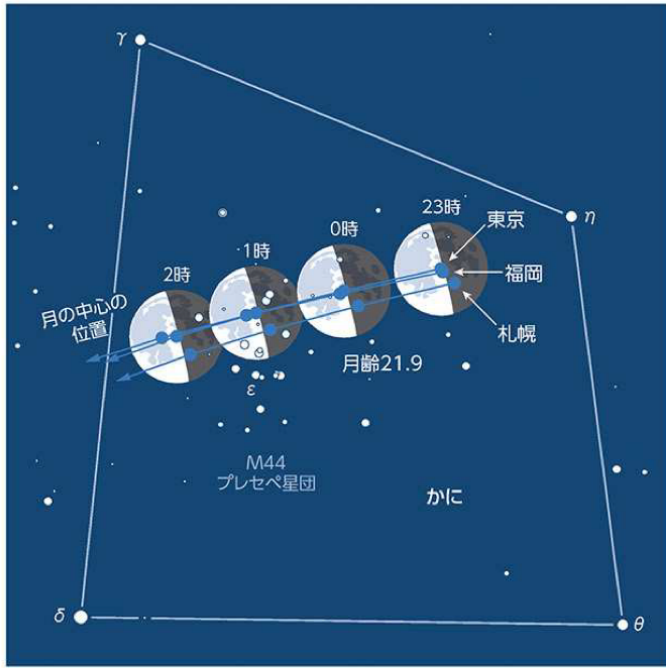
夕方、空で高度を下げている金星が、9月14日に月齢3.3の月と約1.5度まで大接近する。9月19日に最大光度となる金星は−4.5等と明るく、日没前から三日月と並んでいるようすが見えるだろう。なお、9月9日の明け方には月齢27.1の細い月と木星が大接近し、ガリレオ衛星を従えた木星と地球照を伴う月が楽しめる。

■10月12日 火星がプレセペ星団を通過



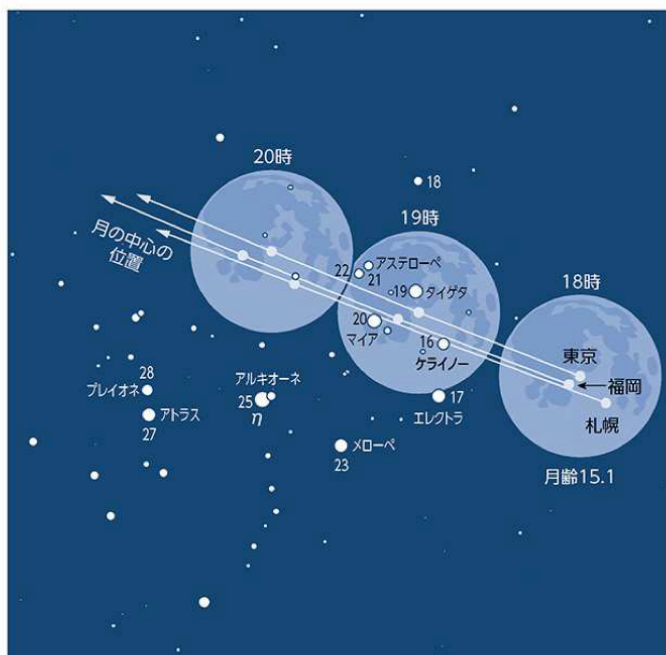
2027年2月20日に地球に最接近する火星が、末明の東の空で高度を上げてきている。10月上旬から中旬にかけて火星はかに座を横断し、10月12日前後には、かに座の散開星団プレセペ(M44)の中を通過する。6等以下の暗い星が集まる大きな散開星団と1等の明るさでオレンジ色に輝く火星の対比が美しい。

■11月1〜2日 プレセペ星団の食



11月1日深夜から2日の末明、かに座のプレセペ星団の中を下弦の月が通過して散開星団の星々を隠す現象が見られる。プレセペ星団の星は暗いので、月の暗縁からの出現が観望対象となる。望遠鏡の倍率を高めていて月の明るい部分をできるだけ視野の外に出せば、暗い星が次々と出現するようすがとらえられるはずだ。

■11月24日 プレアデス星団の食



2025年からプレアデス星団(すばる)の食のシーズンに入ったが、2026年に日本から条件よく見られるのは11月24日の現象しかない。満月で星団の星の潜入や出現の瞬間をとらえるのはむずかしいので、月と散開星団を同時に観望する感覚で楽しみたい。写真撮影なら多段階露光してHDR処理に挑戦してもいいだろう。

■12月14日 ふたご座流星群が極大



三大流星群のひとつであるふたご座流星群が12月14日に極大を迎える。極大日には月齢5の月があるが、宵のうちに沈んでしまうので月明かりの影響はほとんどない。14日23時と予想されるピーク時には放射点が高く昇り、最高の条件下で観望できる。ペルセウス座流星群を超える出現も期待できるだろう。

皆既月食が3月3日とに起こる. 20時34分に食が最大.

真貝は、ハルカス屋上で観望会イベント

秋には夜空に多くの惑星が集合する

Treegonometry creates perfect Christmas tree

Festive maths students from the University of Sheffield (UK) have created formulas for the perfect Christmas tree.



100cmのツリーならば,

Number of baubles = $\frac{\sqrt{17}}{20} \times (\text{tree height in cms})$

21個



The length of tinsel (cms) = $\frac{13 \times \pi}{8} \times (\text{tree height in cms})$

511cm



The length of lights (cms) = $\pi \times (\text{tree height in cms})$

314cm

The height of the star/fairy (cms) = $\frac{\text{height of tree (in cms)}}{10}$

10cm



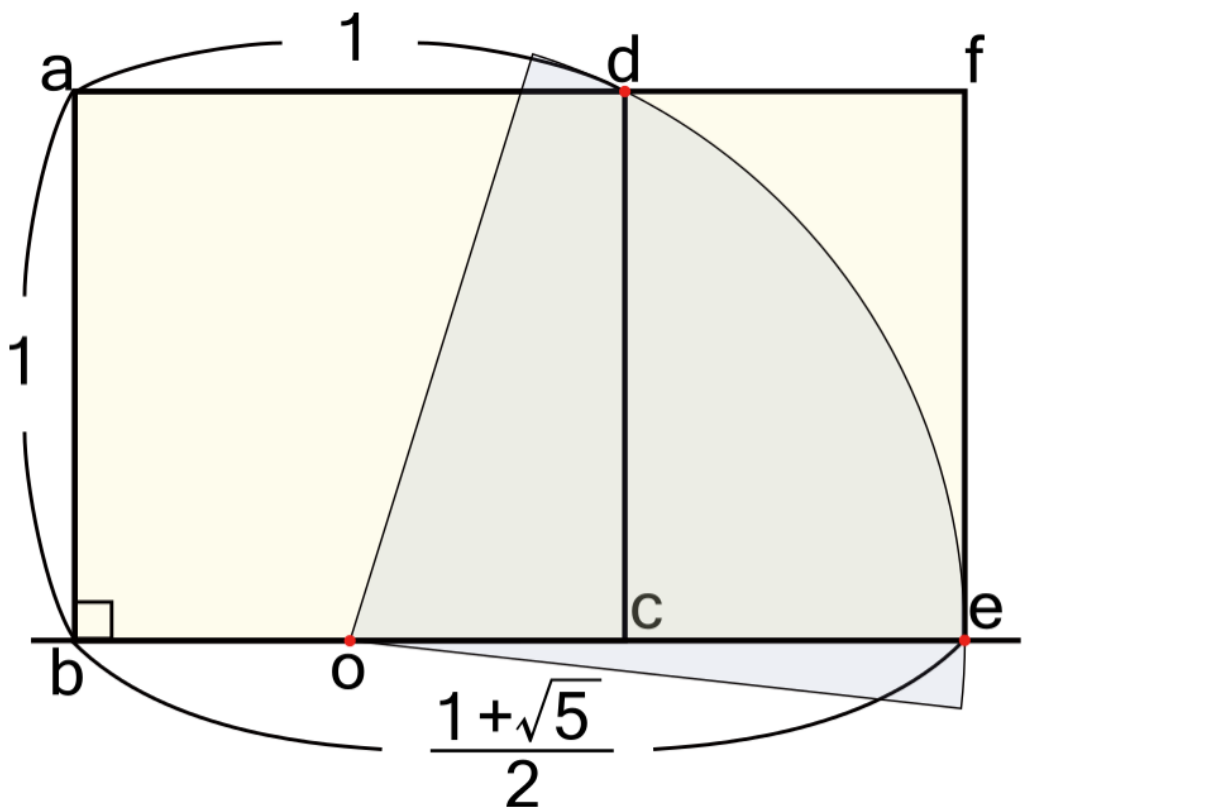
http://www.field-pr.net/news_bqLc5n6L38.html

<http://www.shef.ac.uk/news/nr/debenhams-christmas-tree-formula-1.227810>

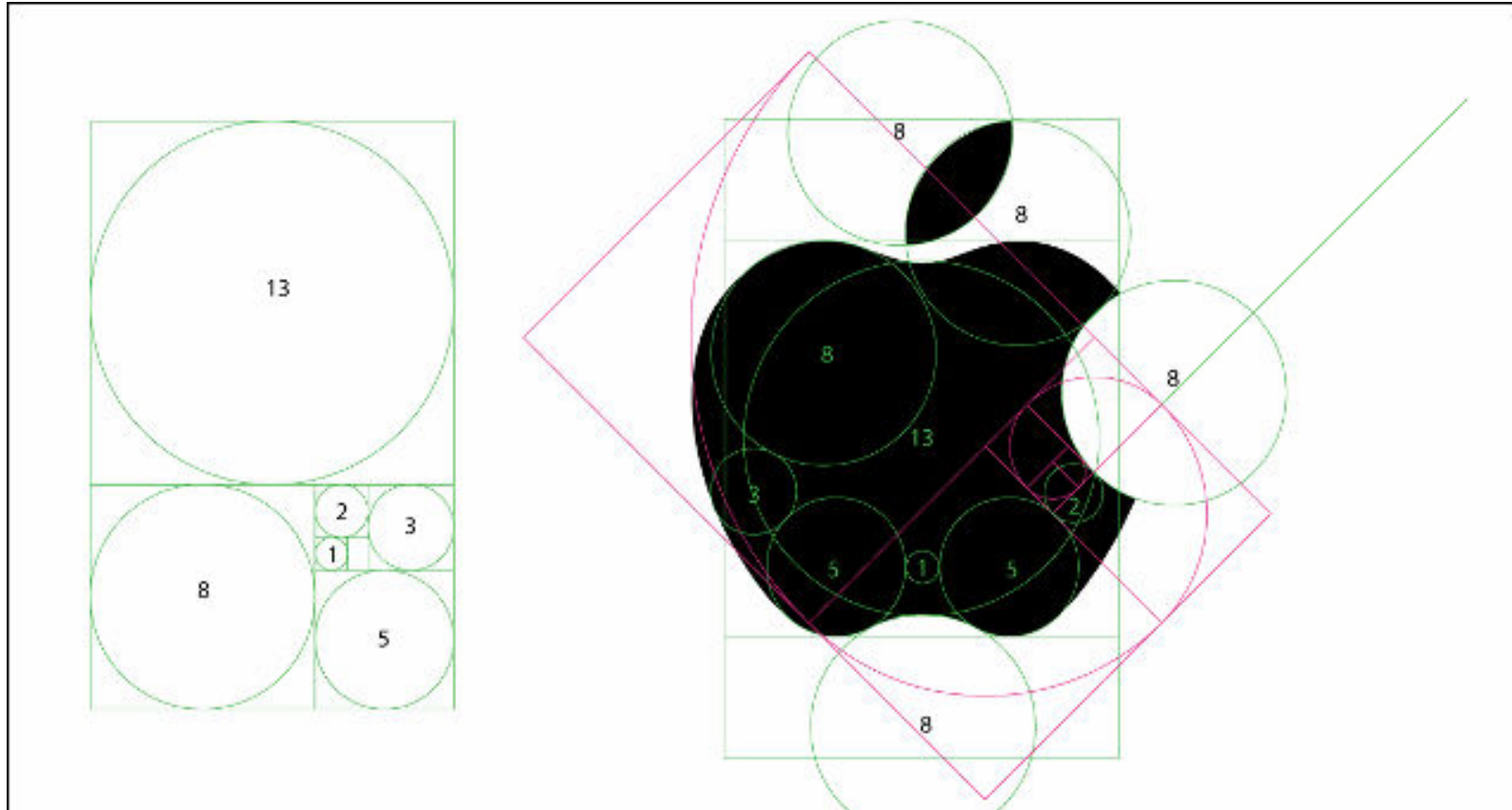
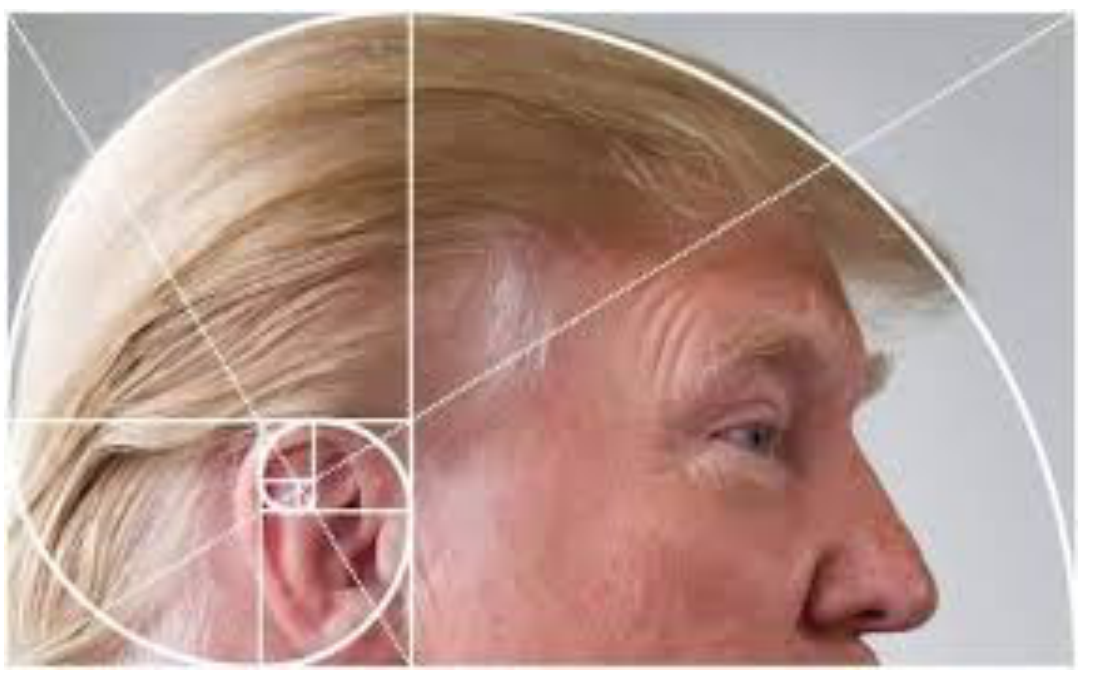
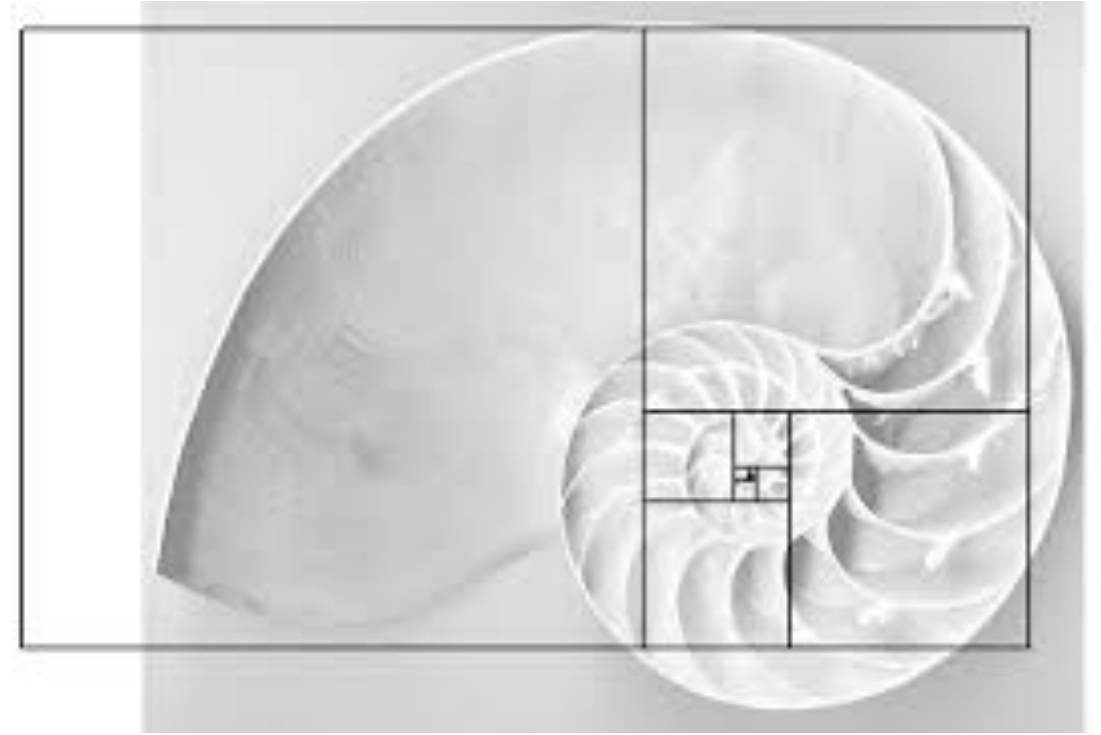
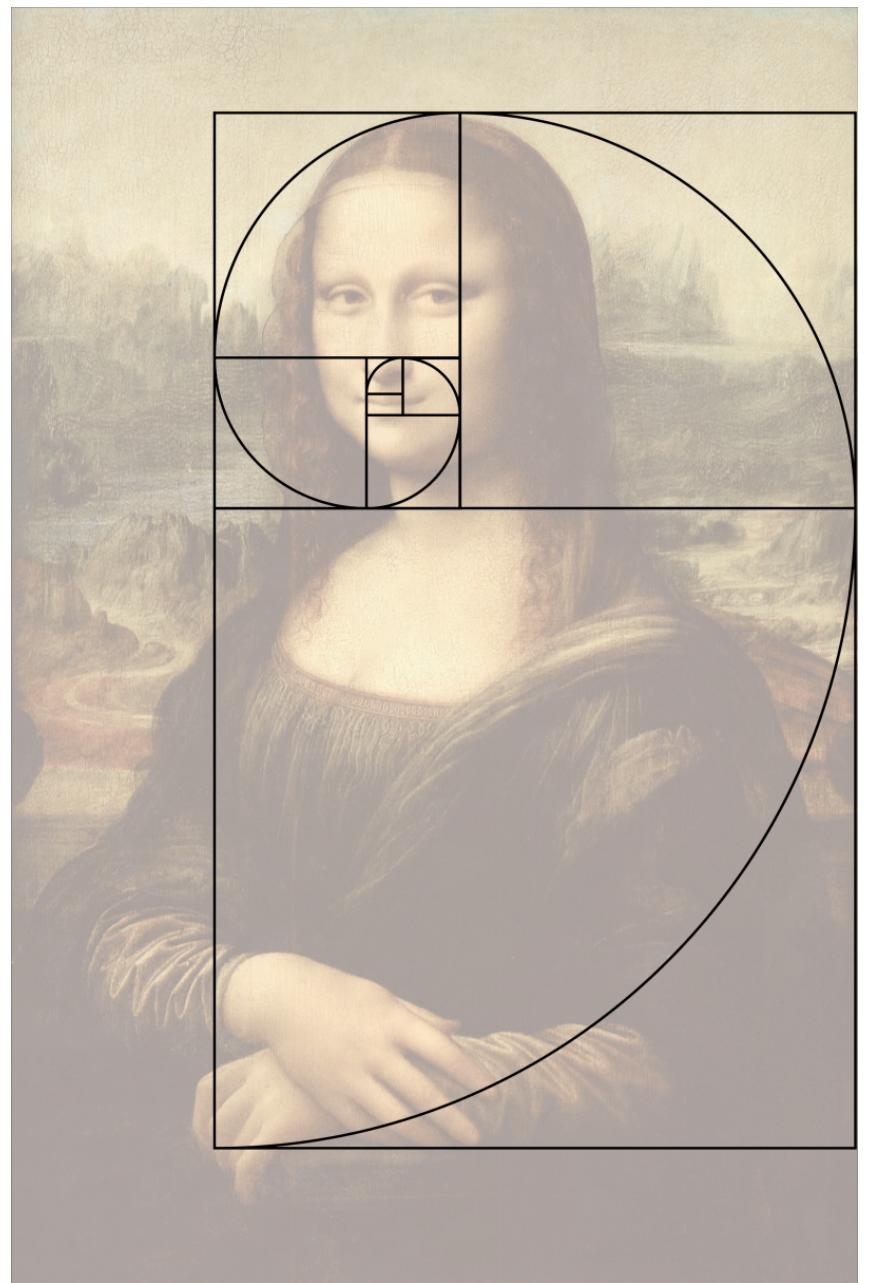
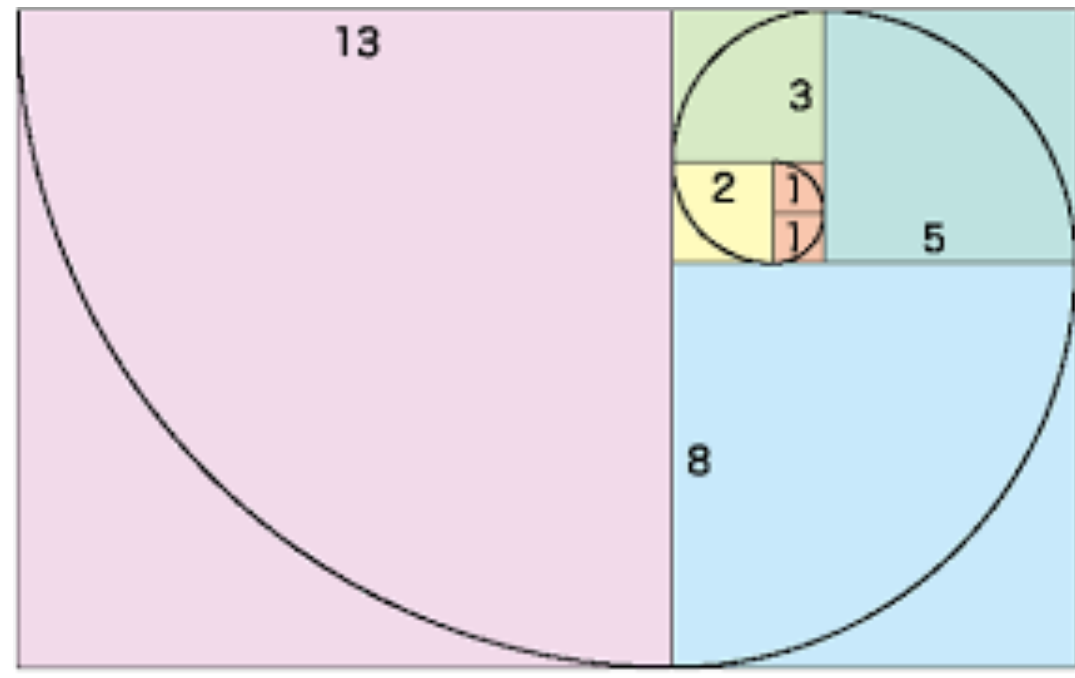
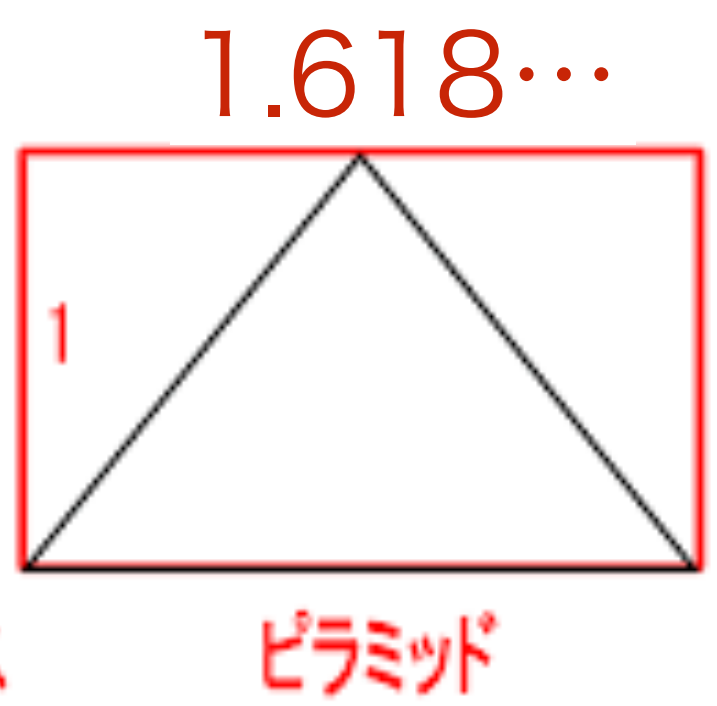
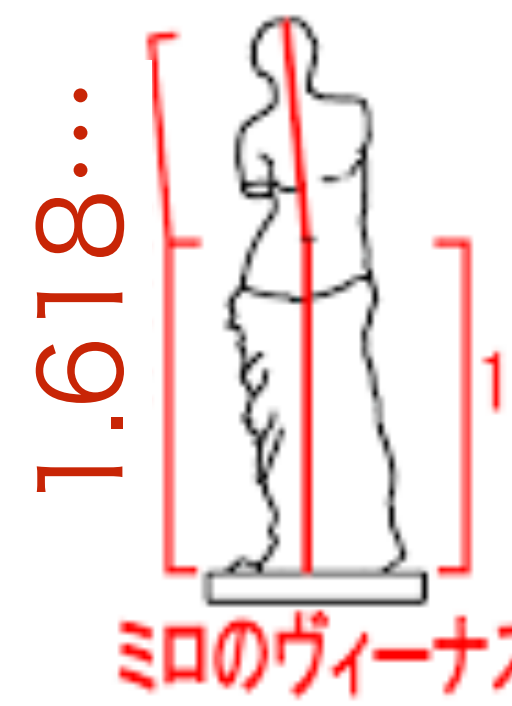
黄金比 Golden Ratio

$$\frac{1 + \sqrt{5}}{2} = 1.6180339887 \dots$$

作図 [編集]



正方形 $abcd$ を作り、辺 bc の中点 o を中心に、線分 oa または od を半径とした円を描き、それと辺 bc の延長線との交点を e とすると、 $ab : be$ が黄金比となる。



BMJ


BMJ 2012;345:e8311 doi: 10.1136/bmj.e8311 (Published 17 December 2012)

Page 1 of 6

RESEARCH

CHRISTMAS 2012: RESEARCH

Why Rudolph's nose is red: observational study

 OPEN ACCESS

Can Ince *professor*¹, Anne-Marije van Kuijen *PhD candidate*², Dan M J Milstein *postdoctoral research fellow*³, Koray Yürük *PhD candidate*³, Lars P Folkow *professor*⁴, Wytse J Fokkens *professor*², Arnoldus S Blix *professor*⁴

¹Department of Intensive Care Medicine, Erasmus Medical Center, Erasmus University Rotterdam, 's-Gravendijkwal 230, PO Box 2040, 3000 CA Rotterdam, Netherlands; ²Department of Otorhinolaryngology, Academic Medical Center, University of Amsterdam, Netherlands; ³Department of Translational Physiology, Academic Medical Center, University of Amsterdam; ⁴Department of Arctic and Marine Biology, University of Tromsø, Norway

Abstract

Objective To characterise the functional morphology of the nasal microcirculation in humans in comparison with reindeer as a means of testing the hypothesis that the luminous red nose of Rudolph, one of the most well known reindeer pulling Santa Claus's sleigh, is due to the presence of a highly dense and rich nasal microcirculation.

Design Observational study.

Setting Tromsø, Norway (near the North Pole), and Amsterdam, the Netherlands.

Participants Five healthy human volunteers, two adult reindeer, and a patient with grade 3 nasal polypsis.

Main outcome measures Architecture of the microvasculature of the nasal septal mucosa and head of the inferior turbinates, kinetics of red blood cells, and real time reactivity of the microcirculation to topical medicines.

Results Similarities between human and reindeer nasal microcirculation were uncovered. Hairpin-like capillaries in the reindeer's nasal septal mucosa were rich in red blood cells, with a perfused vessel density of 20 (SD 0.7) mm/mm². Scattered crypt or gland-like structures surrounded

by capillaries containing flowing red blood cells were found in human and reindeer noses. In a healthy volunteer, nasal microvascular reactivity was demonstrated by the application of a local anaesthetic with vasoconstrictor activity, which resulted in direct cessation of capillary blood flow. Abnormal microvasculature was observed in the patient with nasal polypsis.

Conclusions The nasal microcirculation of reindeer is richly vascularised, with a vascular density 25% higher than that in humans. These results highlight the intrinsic physiological properties of Rudolph's legendary luminous red nose, which help to protect it from freezing during sleigh rides and to regulate the temperature of the reindeer's brain, factors essential for flying reindeer pulling Santa Claus's sleigh under extreme temperatures.

Introduction

The nasal microcirculation has important physiological roles such as heating, filtering, and humidifying inhaled air, controlling inflammation, transporting fluid for mucous formation, and delivering oxygen to the nasal parenchymal cells. The pathophysiology of many nasal conditions, such as



トナカイの鼻が赤いのは、鼻の毛細血管がよく発達していて赤血球が十分供給されているためであることが、オランダとノルウェーの研究チームの研究でわかった。外気を取り入れる際に温め、脳を守る役目があるらしく、「寒空でサンタクロースのそりを引くために、赤鼻が必須の役割を果たしている」としている。

英医学誌「BMJ」クリスマス特別号

<http://www.bmj.com/content/345/bmj.e8311.pdf%2Bhtml>



サンタの追跡方法

NORAD はレーダー、人工衛星、サンタ・カメラ、ジェット戦闘機の 4 つの最新鋭システムでサンタを追跡します。

まず使用するのは北米警戒システムと呼ばれる NORAD レーダー・システムです。この強力レーダー・システムは、北米の北部国境に張り巡らされた 47 の施設で構成されています。NORAD はクリスマスにこのレーダーを絶えず監視してサンタクロースが北極を発する瞬間をキャッチします。

サンタが飛び立ったのをレーダーで確認したら、次の検知システムの出番です。地球の上空約 35,888 km の静止軌道上には赤外線センサーが搭載され熱を感知することのできる人工衛星が複数配置されています。なんと赤鼻のトナカイ、ルドルフの鼻からは赤外線信号が放出されているため、NORAD の人工衛星はルドルフとサンタの位置を検知できるのです。

3 番目の追跡システムはサンタ・カメラ・ネットワークです。サンタ追跡プログラムをインターネット上で展開し始めた 1998 年から使用しています。サンタ・カメラは超クールなハイテクの高速デジタル カメラで、世界中にあらかじめ設置されています。NORAD ではこれらのカメラをクリスマスイブの 1 日だけ使用します。これで世界中を飛び回るサンタとトナカイの画像と動画を捉えます。

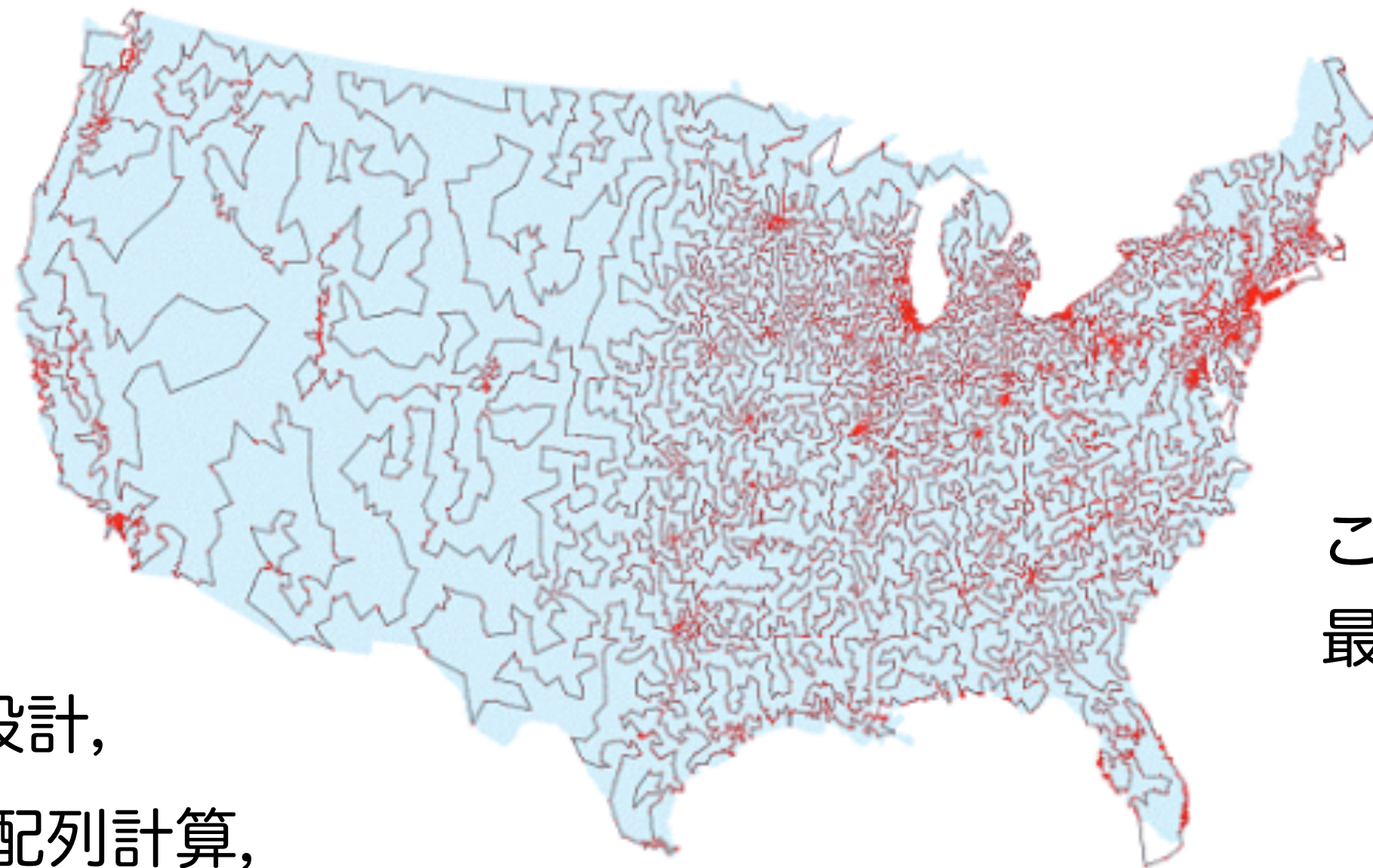


追跡システムの 4 番手はジェット戦闘機です。CF-18 戦闘機を操縦するカナダ NORAD のパイロットがサンタに接近し北米へと迎え入れます。米国内では F-15 や F-16、F-22 戦闘機を操縦する米国 NORAD のパイロットがサンタとその有名なトナカイ達、ダッシャー、ダンサー、プランサー、ヴィクゼン、コメット、キュービッド、ドナー、ブリッチェン、そして勿論、ルドルフとのスリル満点の共同飛行を実現します

<http://www.noradsanta.org/>

多くの都市を最短ルートで巡る方法は？

【原理的に解けるが、数が多いと難しい問題】



応用例：

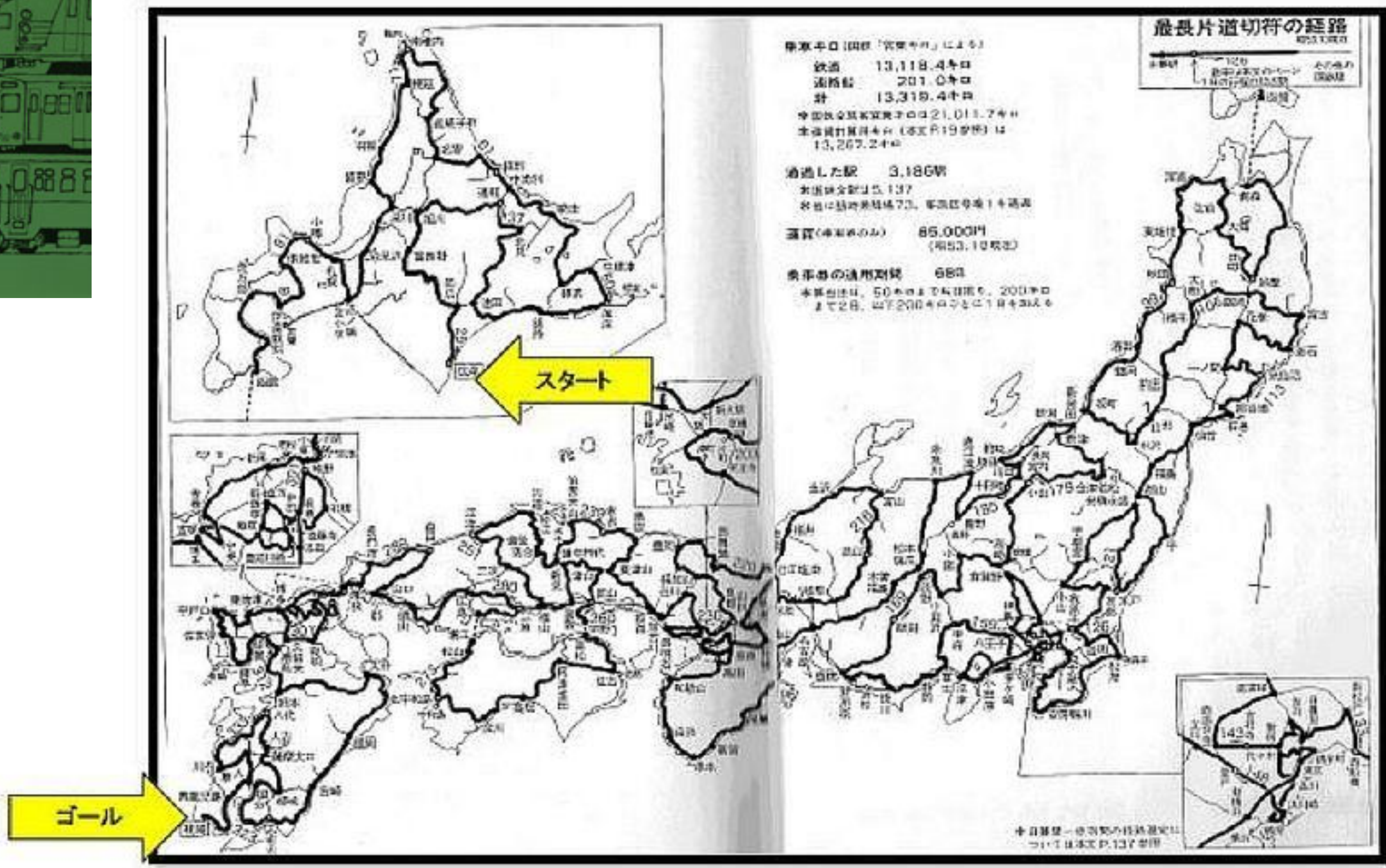
コンピュータ回路設計，
遺伝子技術のDNA配列計算，
航空機の路線設定，
光ファイバーケーブルのネットワーク形成，
チェーンストアの在庫管理システム．．．

これまで解かれた
最大数は85900都市



1978年

最短距離2,764.2キロのところを13,319.4キロかけ、
切符の値段は65,000円。有効期間は68日間



日本經濟新聞

大阪市営地下鉄 一筆書き最長ルート



Web刊 速報 ビジネスリーダー マーケット マネー テクノロジー ライフ スポーツ 映像 朝刊
 トップ 特集 コラム 読者アンケート 紙面連動 社説・春秋 アジアBiz 超サクッ！

[トップ](#) > [特集](#) > [関西発](#) > [サーチ](#) > [記事](#)

関西発

[+ フォローする](#)

新着	写真ルポ	サーチ	ひと	歴史	文化	軌跡	&エコノ
----	------	-----	----	----	----	----	------

大阪市営地下鉄 一筆書きで行く (とことんサーチ)
駅の旅乗り継ぎ4時間半

2015/10/17 6:00

小 中 大 保存 印刷 リプリント 共有

中心部が碁盤の目状になっているため、乗り換えが複雑な大阪市営地下鉄。巨大な路線網を眺めていてふと思いついた。「一筆書き」で乗り継いだらどのくらいの長さになるのか。市交通局の協力のもと一筆書きの最長ルートをはじき出し、乗車に挑戦した。

同地下鉄の場合、運賃は乗降駅の組み合わせで決まるため、初乗り運賃で一日中乗り続け、すべての路線を乗りつぶすことも可能。しかし、それではきりがないので、「同じ駅を2度通らない」というJRの片道切符の規則を当てはめてルートを選定した。市交通局の永沢良太さん（34）によると、最長ルートにするには湾岸方面と大阪府守口市方面で路線を乗り継ぎ、距離を稼ぐことがポイント。中心部の細かい乗り換えを加え、図に示した最長ルートができた。

10月上旬のある日、午後1時に江坂駅で永沢さんと合流。
「駆け込み乗車はしない」など乗車マナーを確認し、なかもず
駅までの370円切符を買った。

乗車約10分後、梅田駅で下車し、改札を出る。東梅田駅と西梅田駅を含めた3つの「梅田」は改札を出ても30分以内なら乗り換え可能。少し歩いて西梅田駅で四つ橋線に乗る。四ツ橋駅は改札内で心斎橋駅とつながっており、こちらは駅名が違っても改札を出ずに乗り換えできる。



関西JR 一筆書き最長ルート



日本経済新聞

朝刊・夕刊 ストーリー Myニュース 日

トップ 速報 経済・金融 政治 ビジネス マーケット テクノロジー 国際 オピニオン スポーツ

2019/8/20

<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO48720300Z10C19A8AA1P00/>

JR「大回り乗車」 切符200円で関西巡る748キロの旅

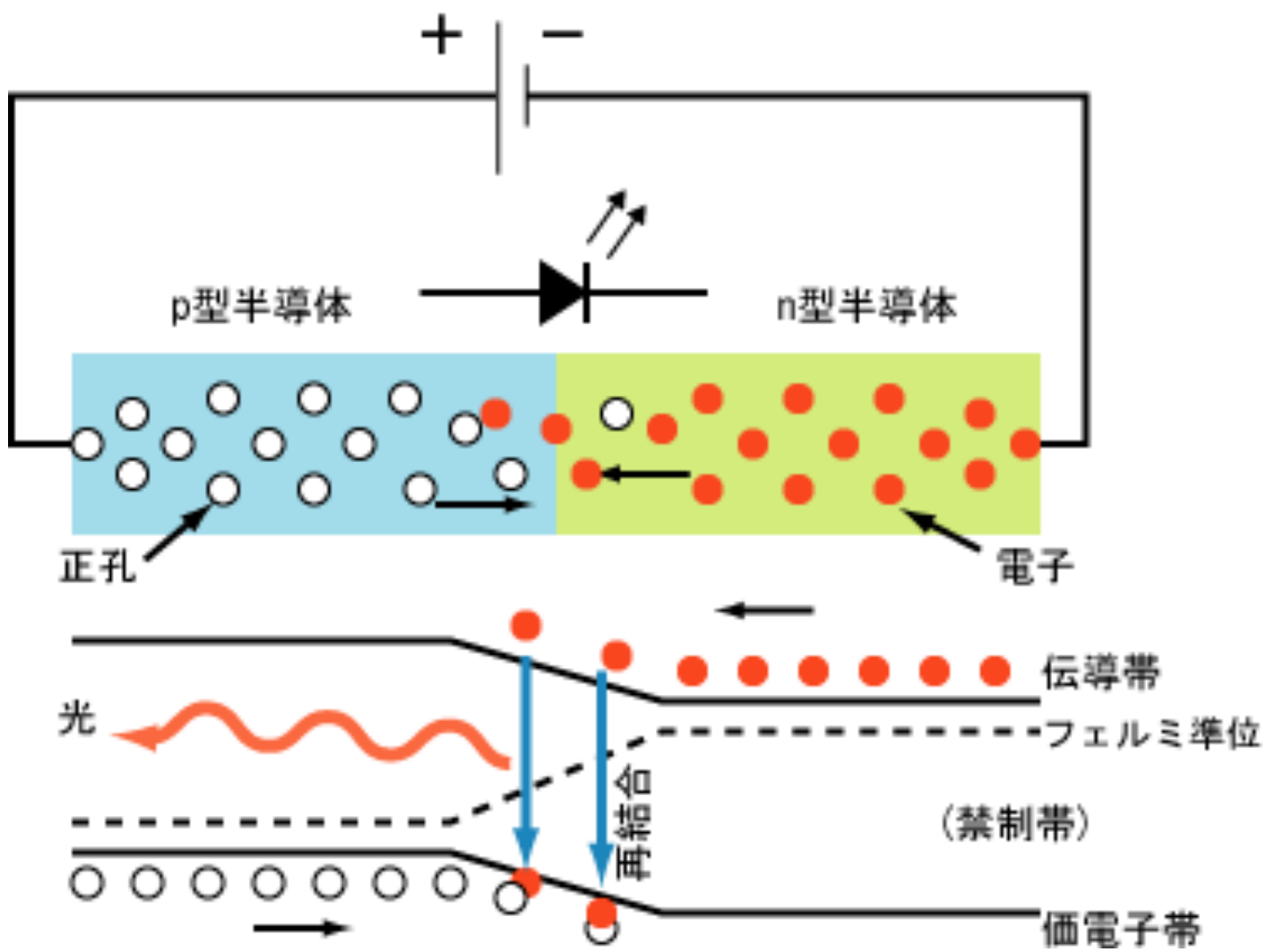
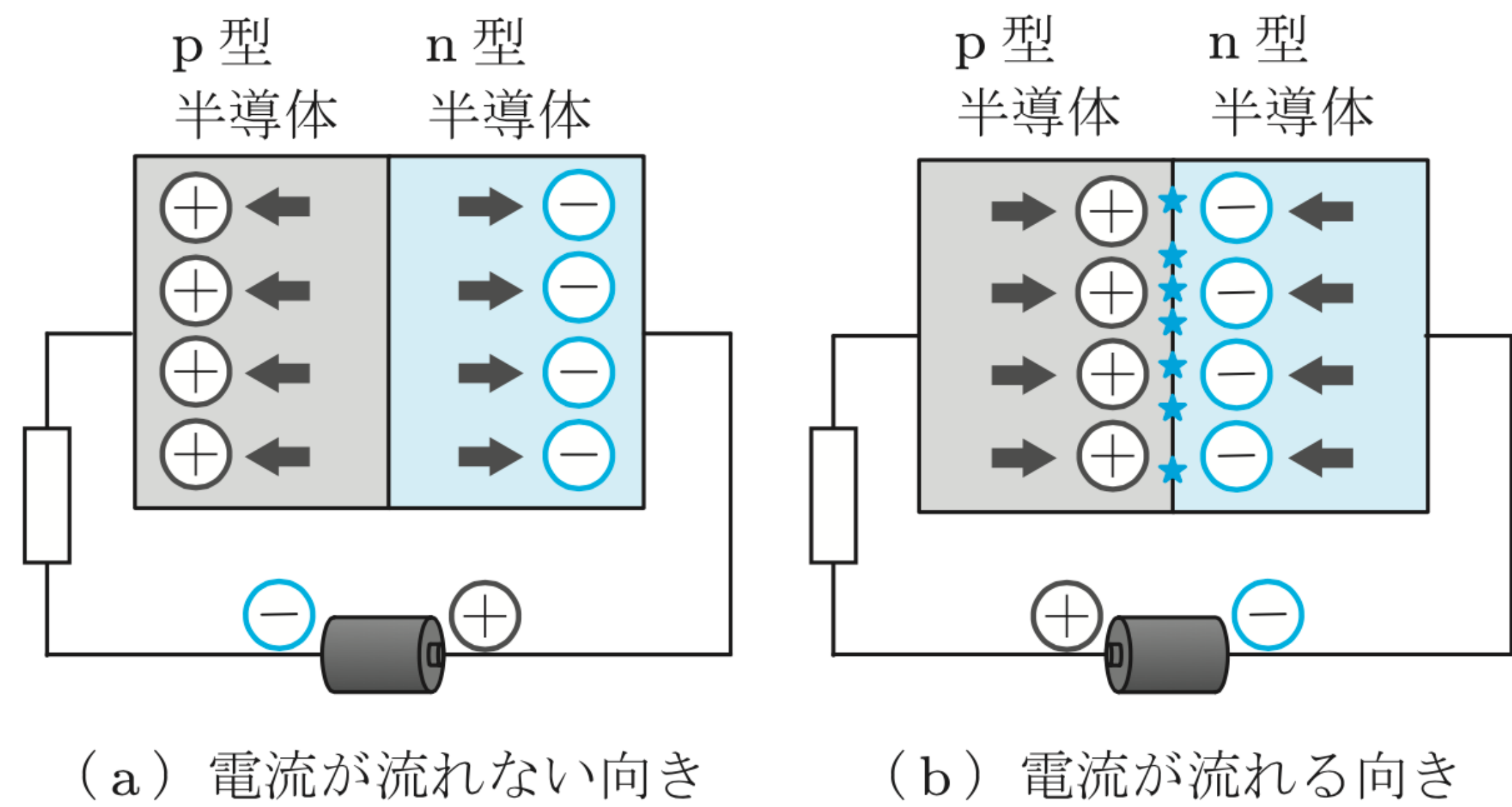
ダイオード Siの共有結合に不純物を入れた物質(P型, N型)を接合させる

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。

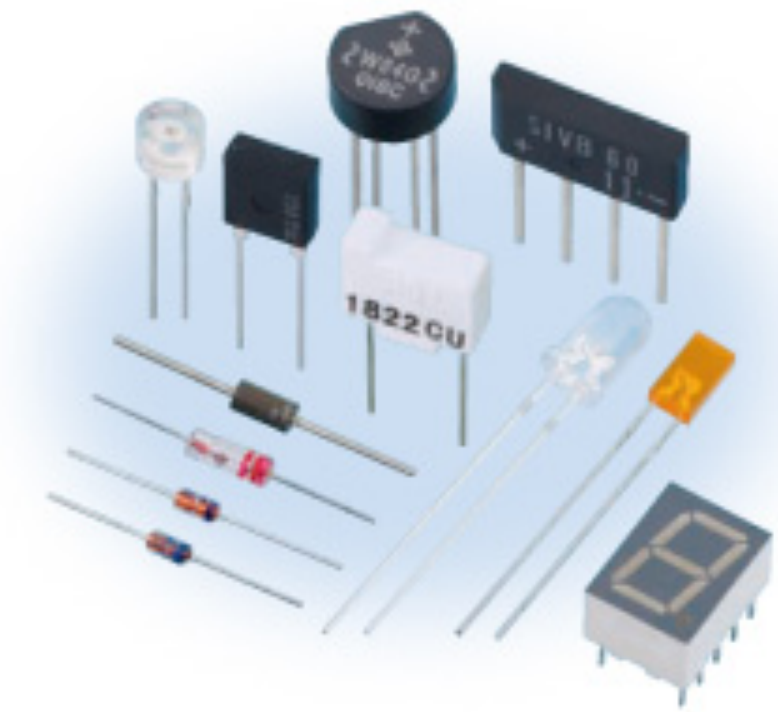
PN 接合部での電子のエネルギー遷移を利用して発光させるのが、**発光ダイオード (LED)** である。LED は電気を直接光に変換するので、白熱電球や蛍光灯に比べてエネルギー効率が良い。

電流の向きが一方向だけの素子(ダイオード)ができる

接合面で光るものができる(発光ダイオード)



ダイオードは電気を一方向にしか流さない



Siの共有結合に不純物を入れた物質(P型, N型)を接合させる



▶▶ 次に進む

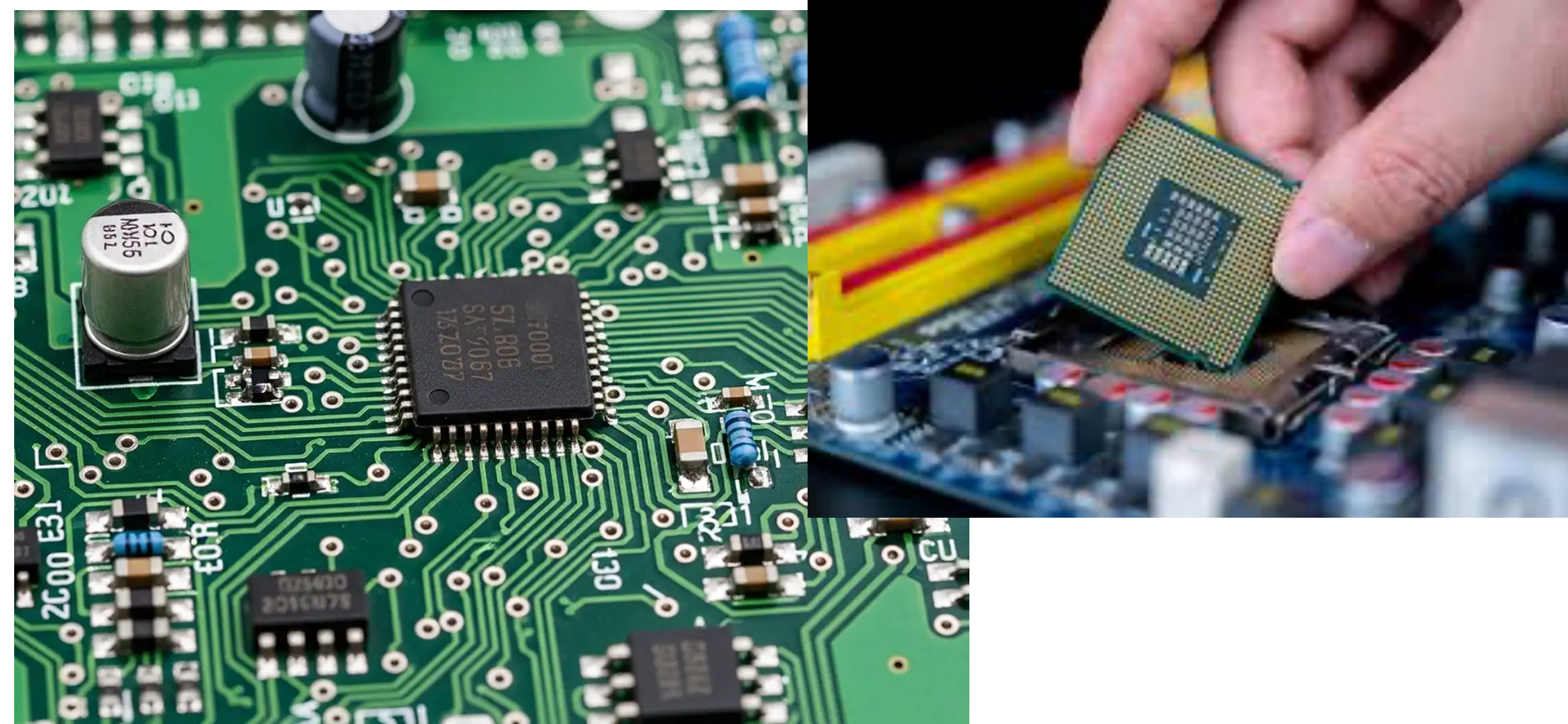


▶▶ 次に進む

電流の向きが一方向だけの素子(ダイオード)ができる

前回のミニッツペーパーから

[13-3]
関係ない話だと思おうのですが、最近パソコンが値上がりするというのは聞いて半導体が出回らなくなっているのかなと思いました。



- スマートフォン
 - タブレット
 - パソコン
 - デジタルカメラ
 - テレビ
 - ゲーム機
 - 炊飯器
 - 冷蔵庫
 - 洗濯機
 - エアコン
 - 照明器具
 - 給湯器
 - 温水洗浄便座
 - 自動車
- などなど

CPU (Central Processing Unit)

- **役割:** パソコン全体の制御、OSやアプリケーションの実行、複雑な分岐処理など、様々なタスクを統括・処理。
- **得意な処理:** 連続的な命令処理、多様なタスクの高速実行(順次処理)。
- **構造:** 少数の高性能なコアで低遅延処理を重視。

GPU (Graphics Processing Unit)

- **役割:** 3Dグラフィックス、高解像度動画、AI処理など、大量のデータに対する並列計算。
- **得意な処理:** 同種の計算を同時に大量に処理(並列処理)。
- **構造:** 数百～数千の単純なコアでスループット(処理量)を重視。

半導体の集積回路 (CPU/GPU) が多くの製品で使われるようになった。

生産能力の地域的な偏り, サプライチェーンの途切れ, AIブームによるGPU不足などで, 世界的な半導体不足が続いている。

前回のミニッツペーパーから

スマホやパソコンを使っていると熱くなるのはなぜ。
スマホ、パソコンが厚かったら熱さは感じない？

スマホが熱くなる原因は、負荷の高い使い方でCPUが苦勞している、充電しながらの使用でバッテリーがたいへん、高温環境下で従来の温度低下ができない、など。スマホが熱いまま使用を続けると不具合やバッテリーの劣化の原因になる。厚さが増しても結局同じ。

けがをした時にすぐに手でおさえると痛みが少し弱くなるのはなぜか。

神経は電氣的に情報を伝えている。
痛みの情報を脳に伝えることを若干遮断するのかな。 . . .

体に静電気がたまるとき、
できるだけ痛くないように電気をにがすには
どうすればいいか。

広げた手で地面や金属に触れる

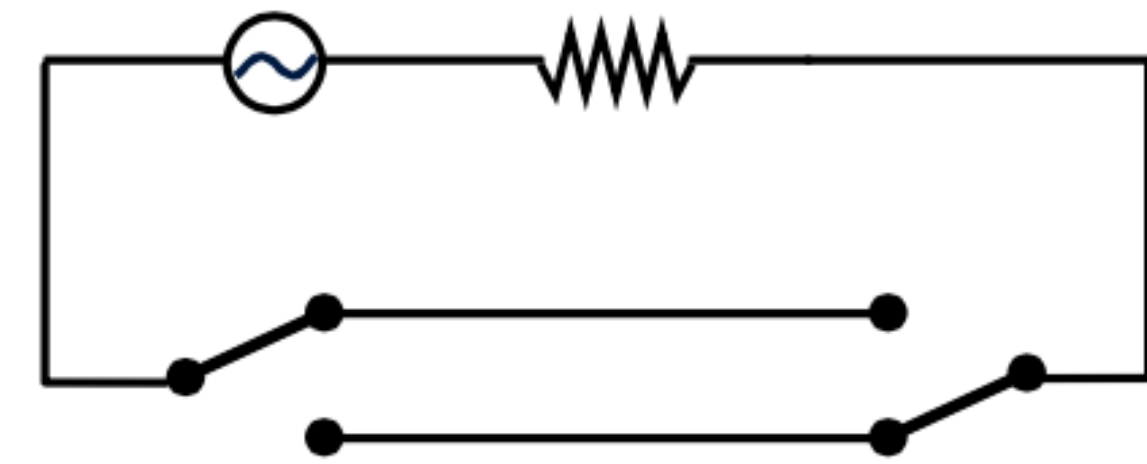
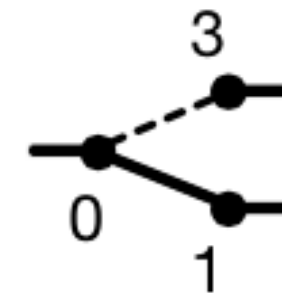
} 電流は色々な所に
存在しているとおもしろかった。

存在

前回のミニツツペーパーから

[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?



一瞬だけ消えて、またつく。

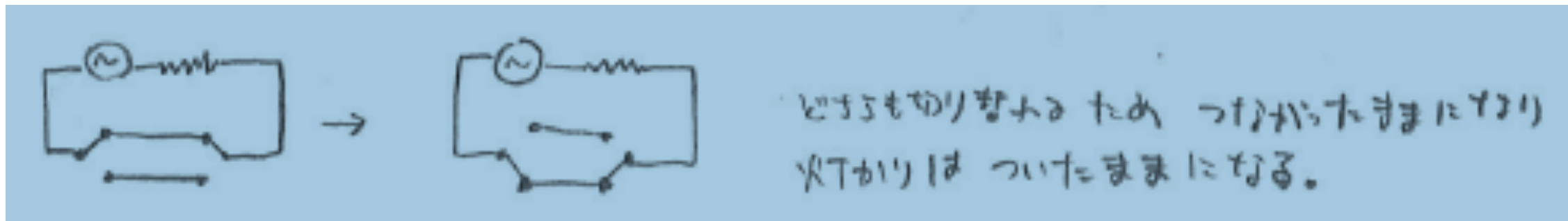
一瞬だけ消えて、また点く。

一瞬消えて、ちゃんとつく。

一度消灯した後、また灯りが点くと思う。

灯りは1回切れるが、お"また"つく。

同時だとどちらのスイッチも切り変わり、灯りはそのまま点いた状態になると思う。



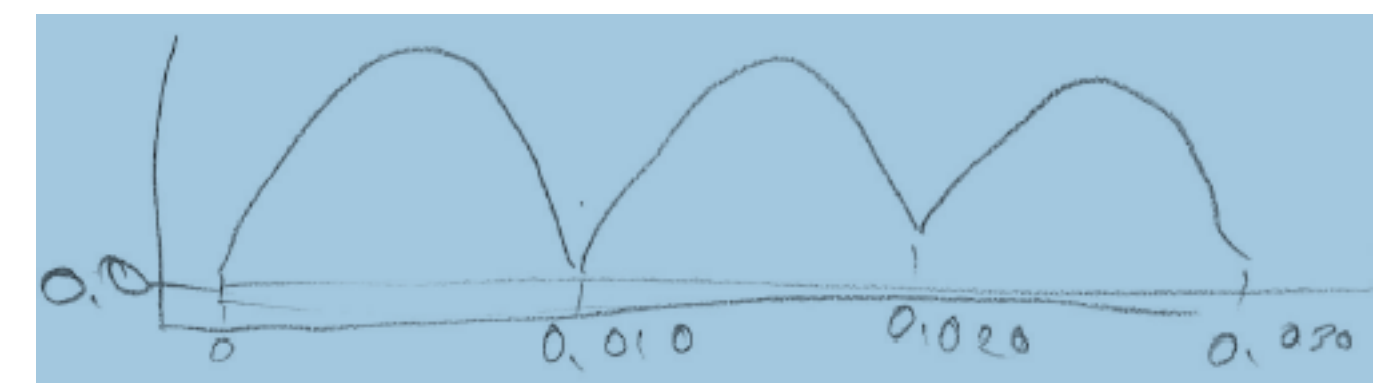
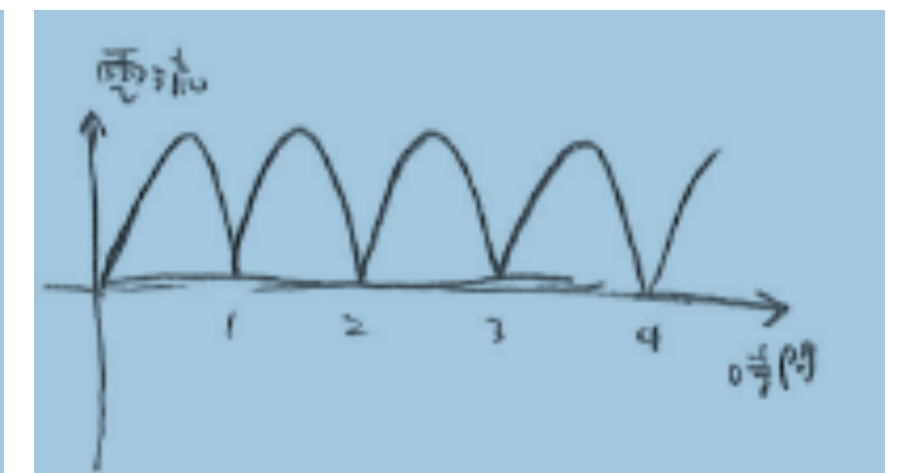
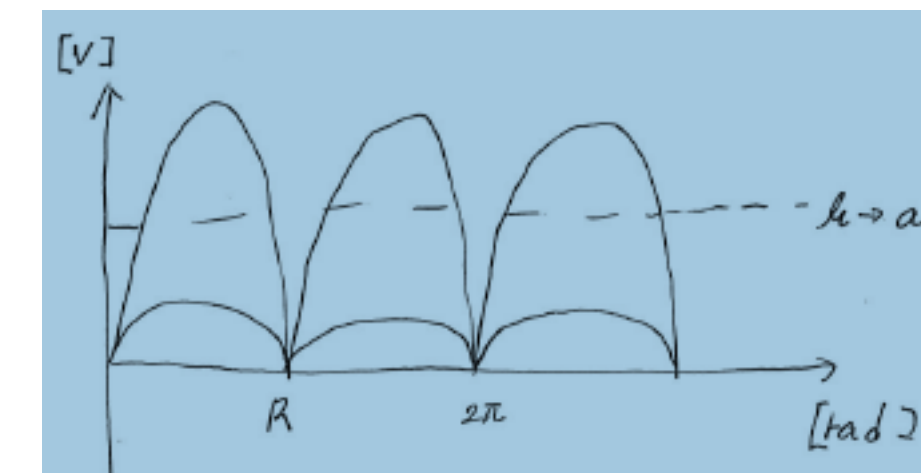
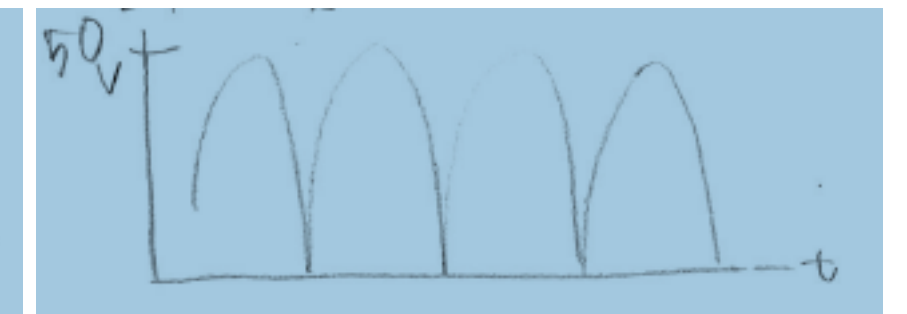
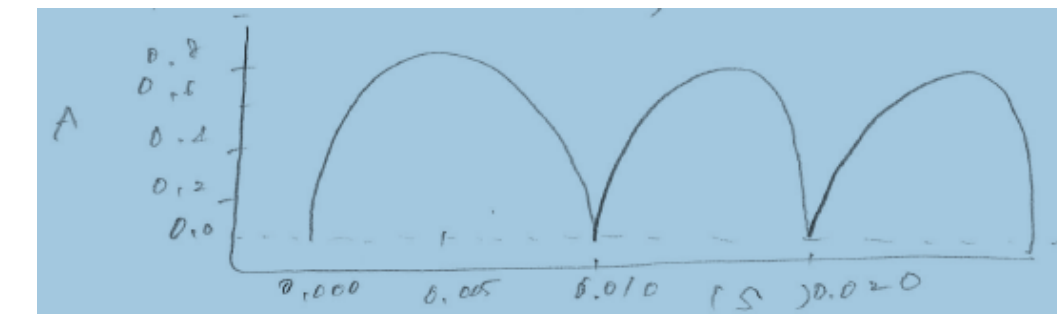
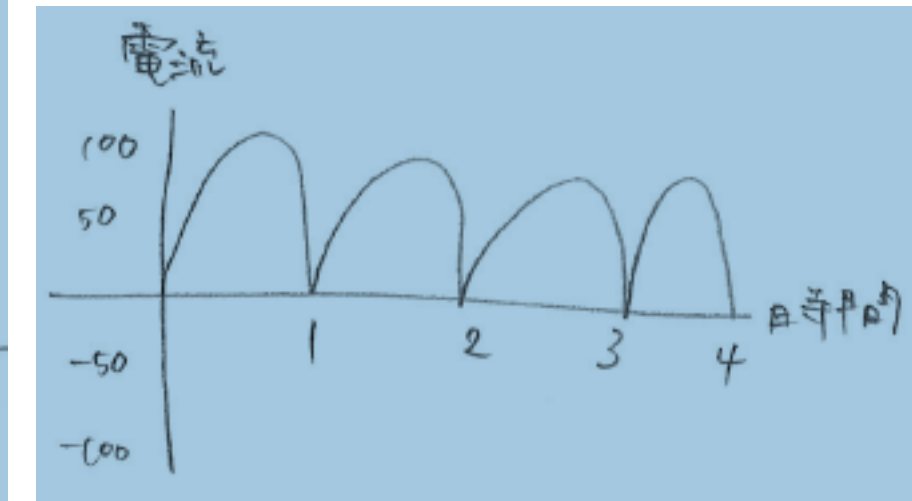
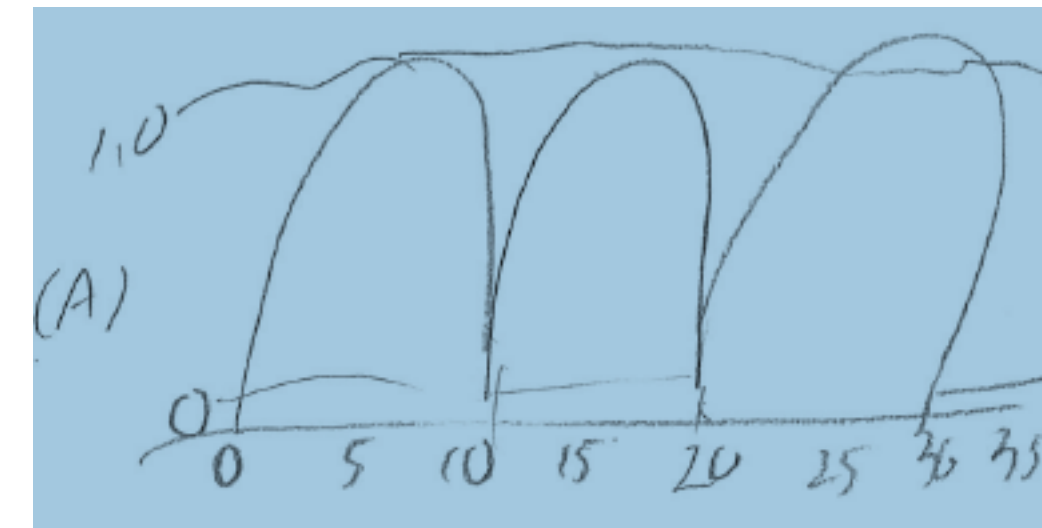
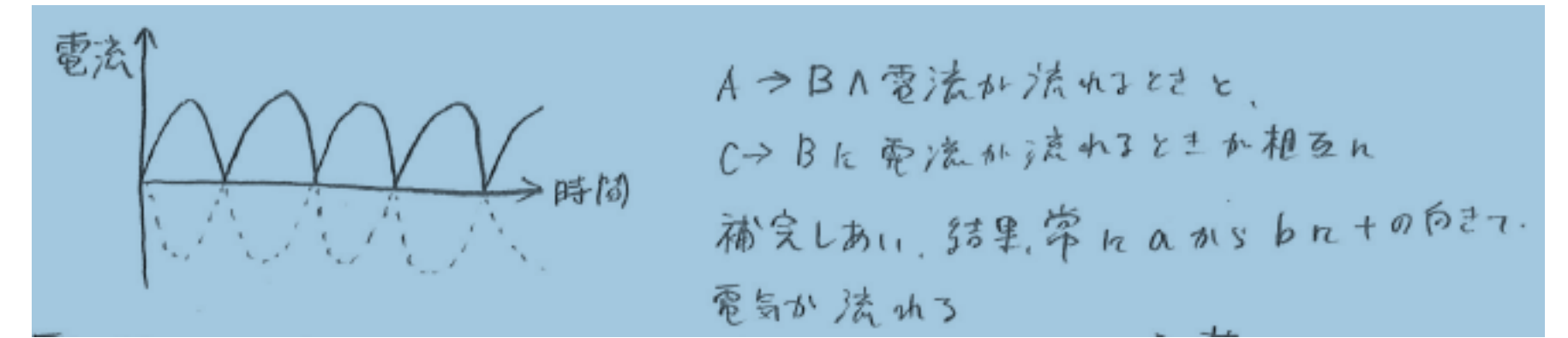
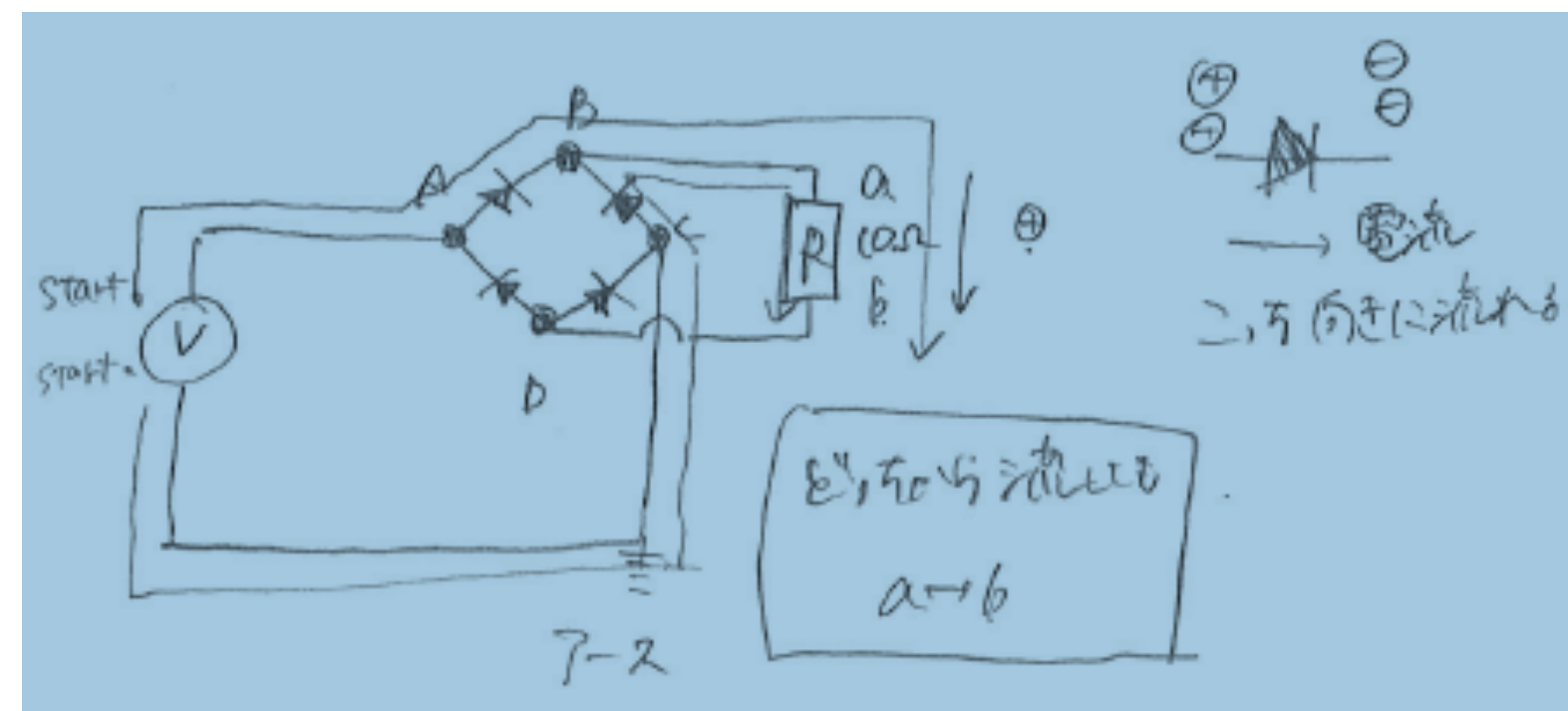
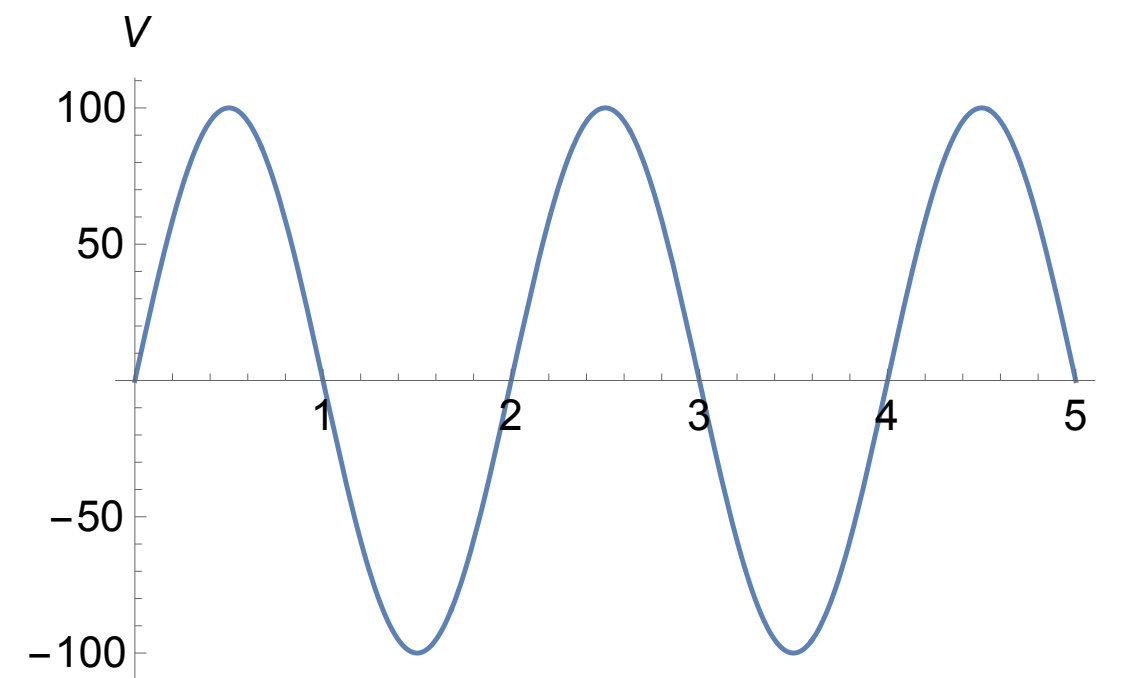
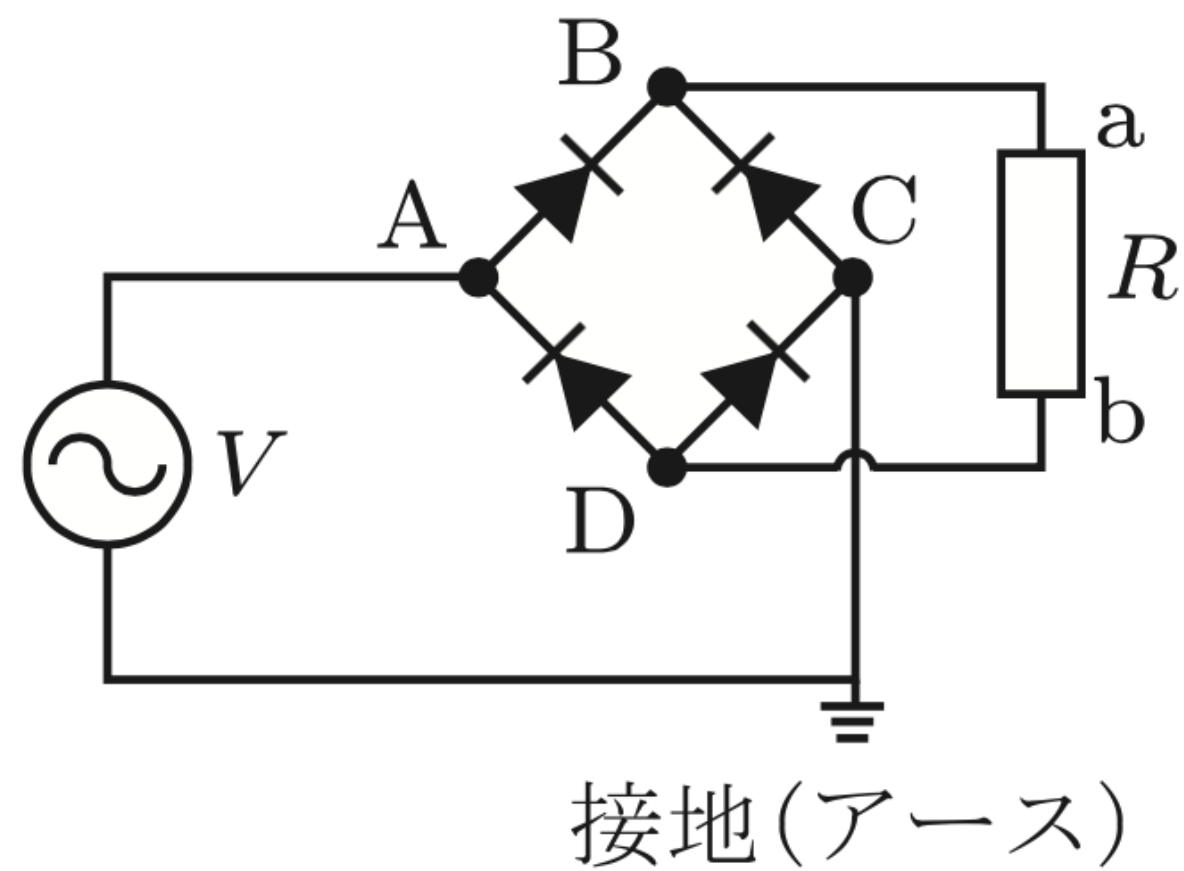
×

スイッチを同時に押すと、電気が消えるか、点灯するかどちらかだと思う
(どちらの結果になるかは、押す前のスイッチ状態による...?)

前回のミニツツペーパーから

[13-2]

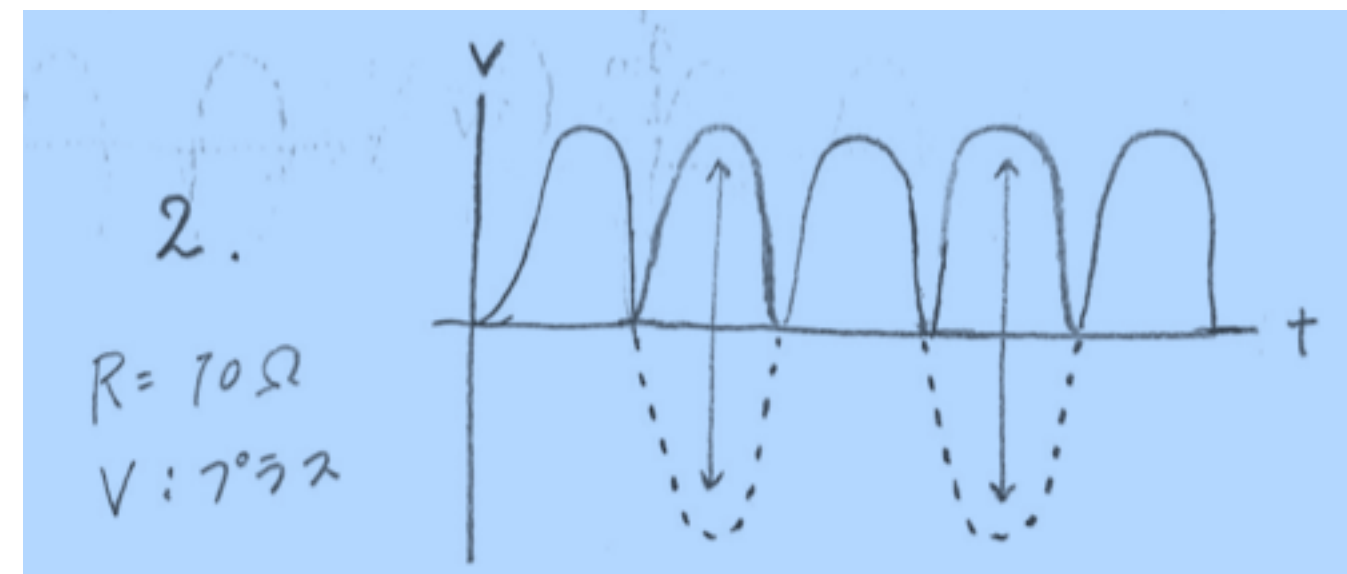
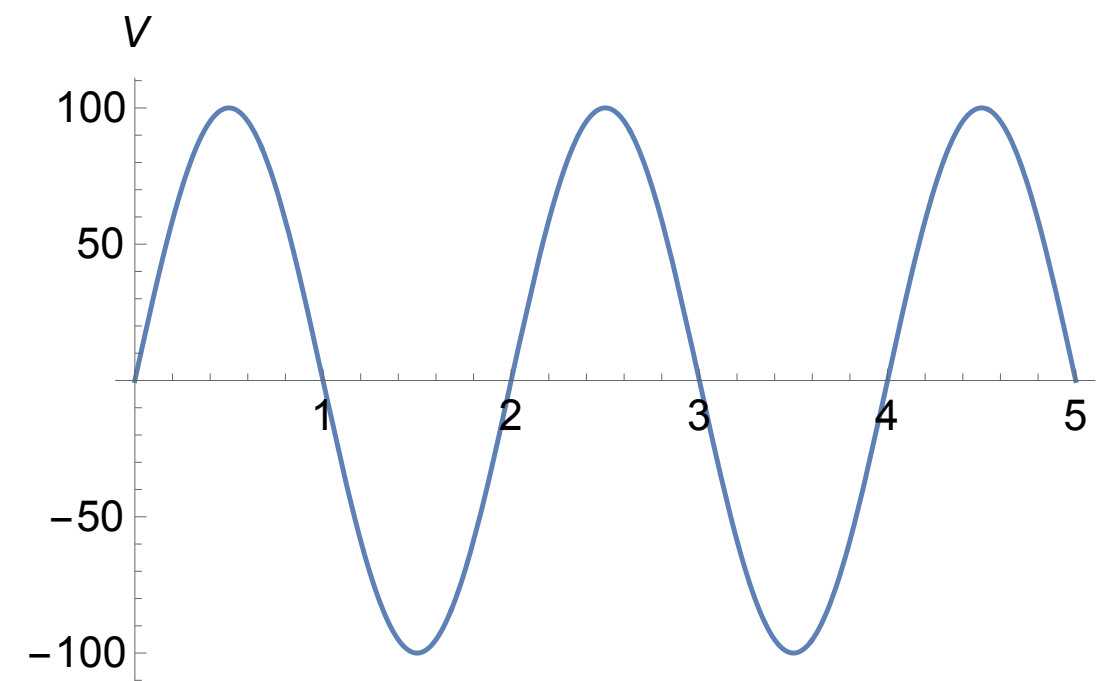
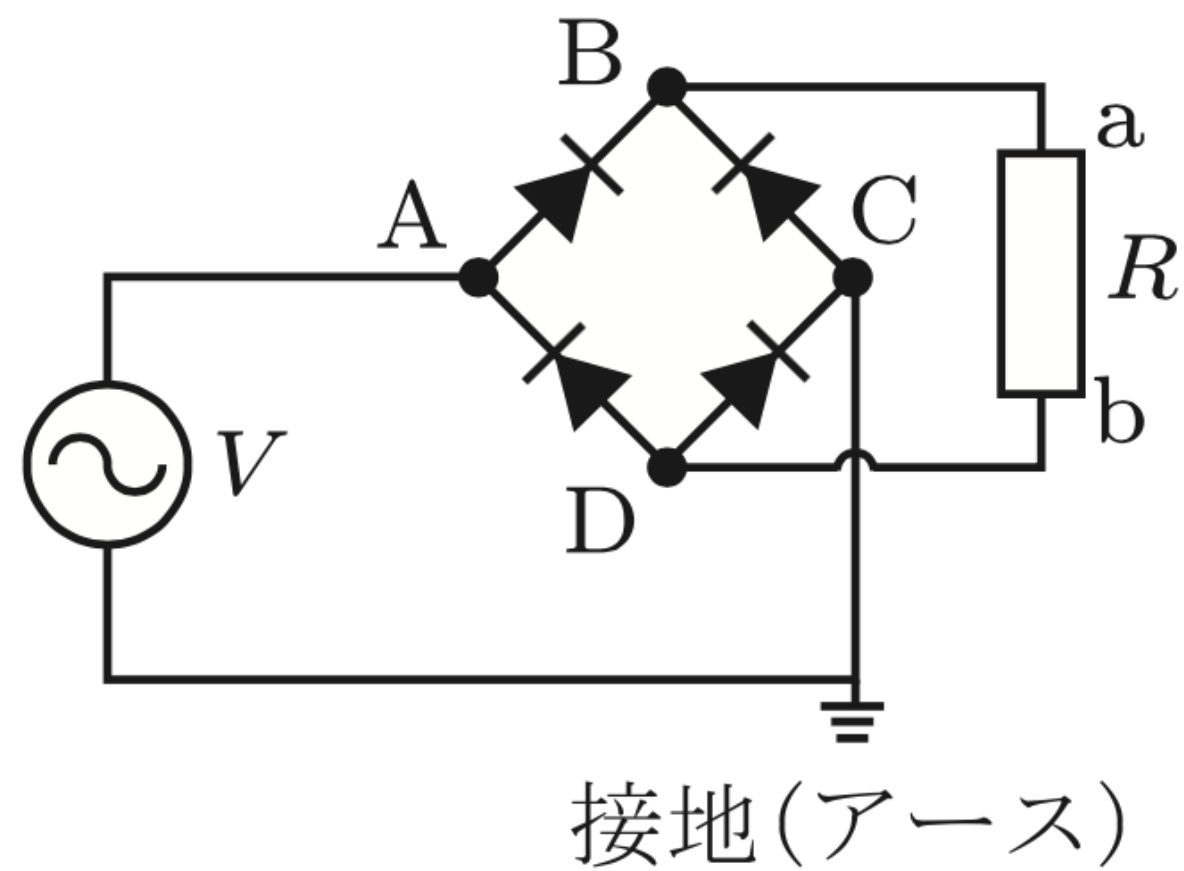
交流電源から整流回路を通した, 抵抗に流れる電流の時間変化をグラフにせよ. aからbに流れる向きを+として, 縦軸を電流, 横軸を時間としたグラフを描け. 添えたグラフは, 電源電圧の時間変化を表していて, aからbへ加わる電圧[V]がプラスである. 抵抗は $R=10\Omega$ である.



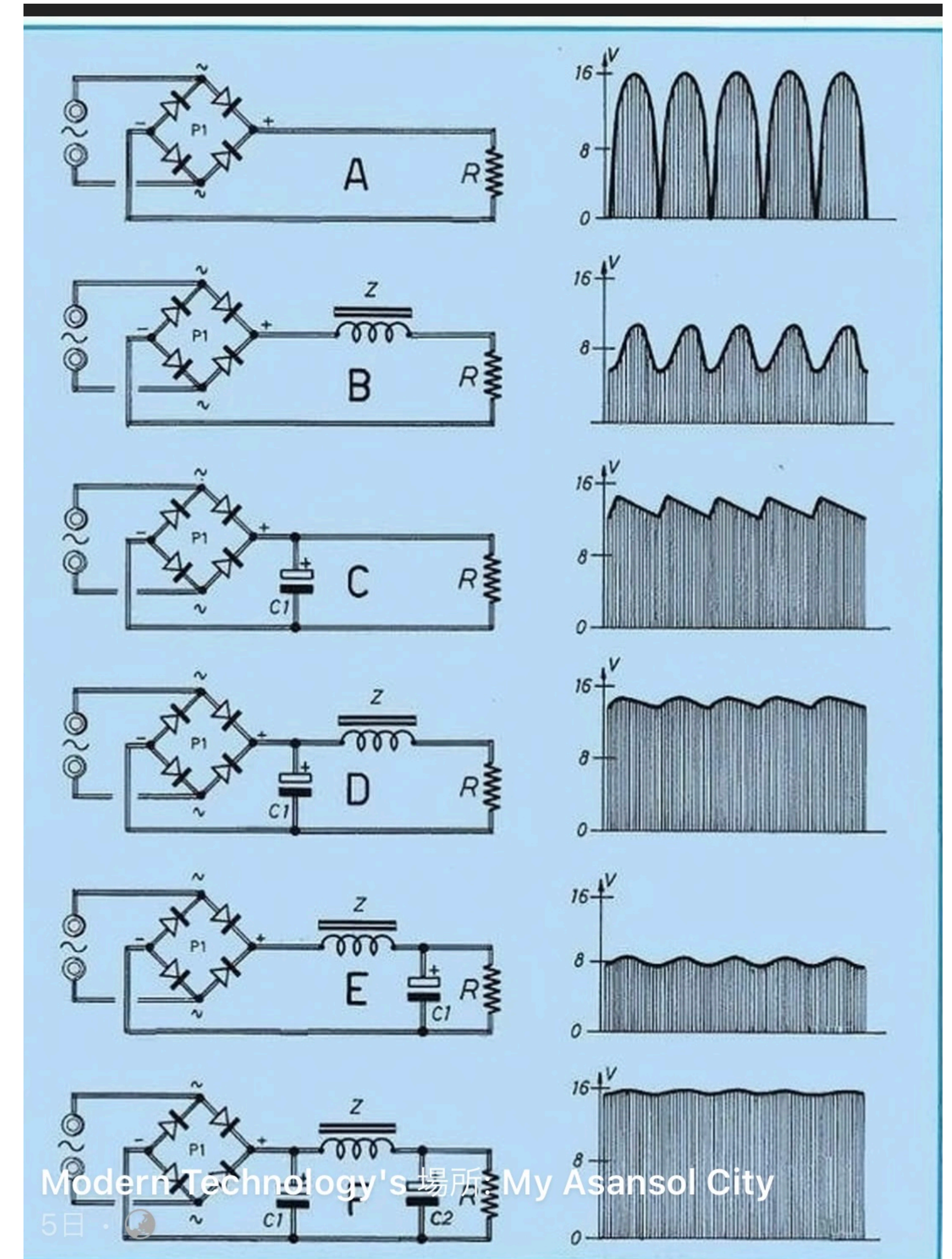
前回のミニッツペーパーから

[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 $R=10\Omega$ である.

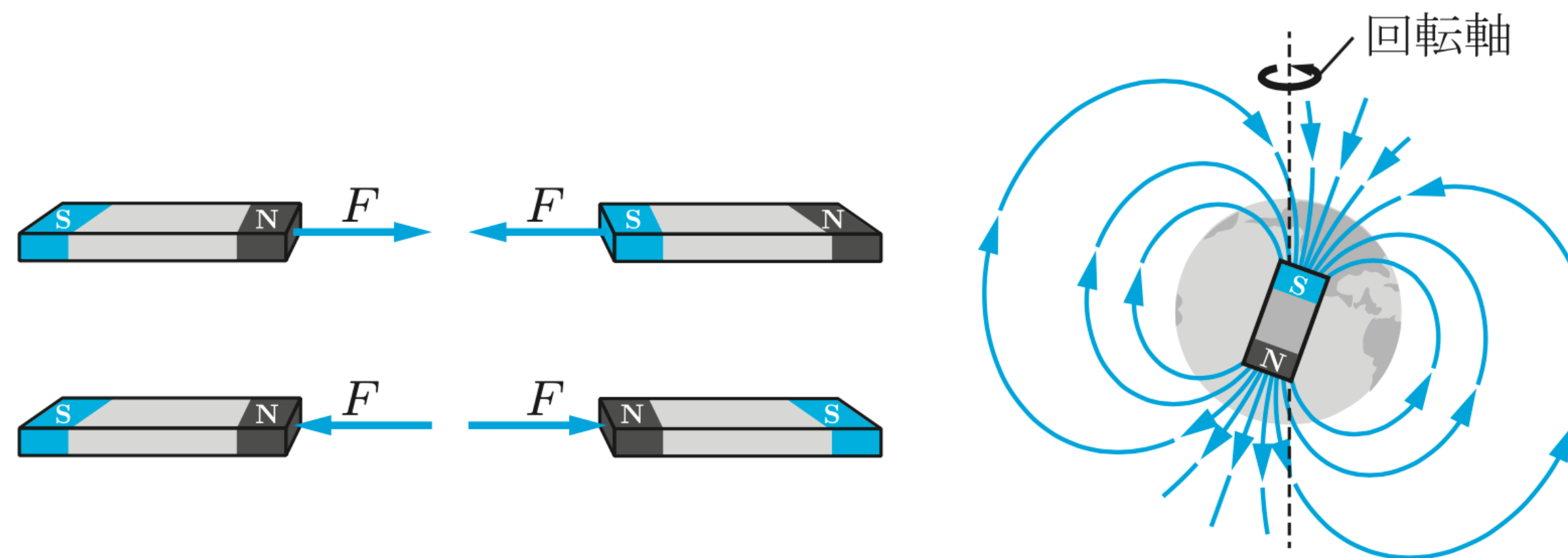


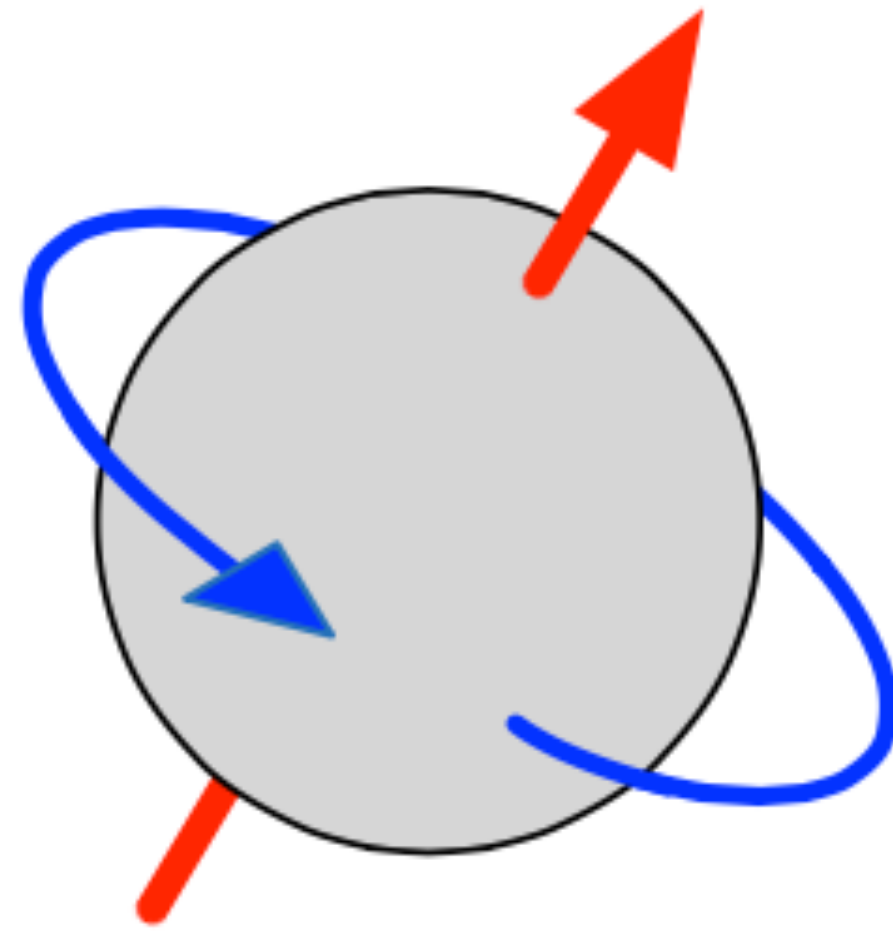
今回の二問目が難しかった。全然分かりませんでした...
中学生のときも電流がかけられず苦労したのを思い出しました。



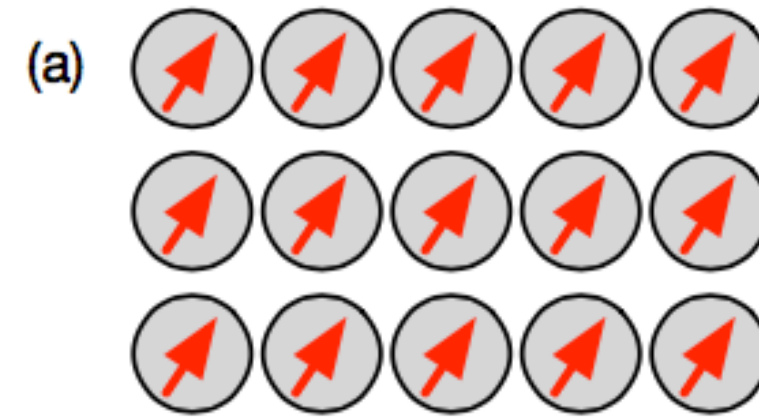
磁気の性質

- 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．

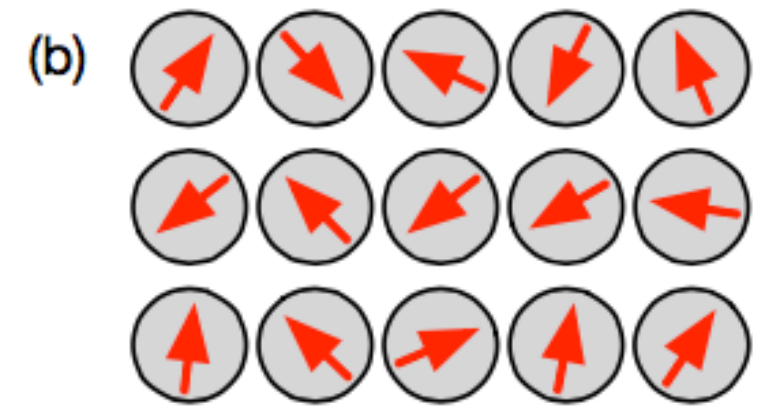




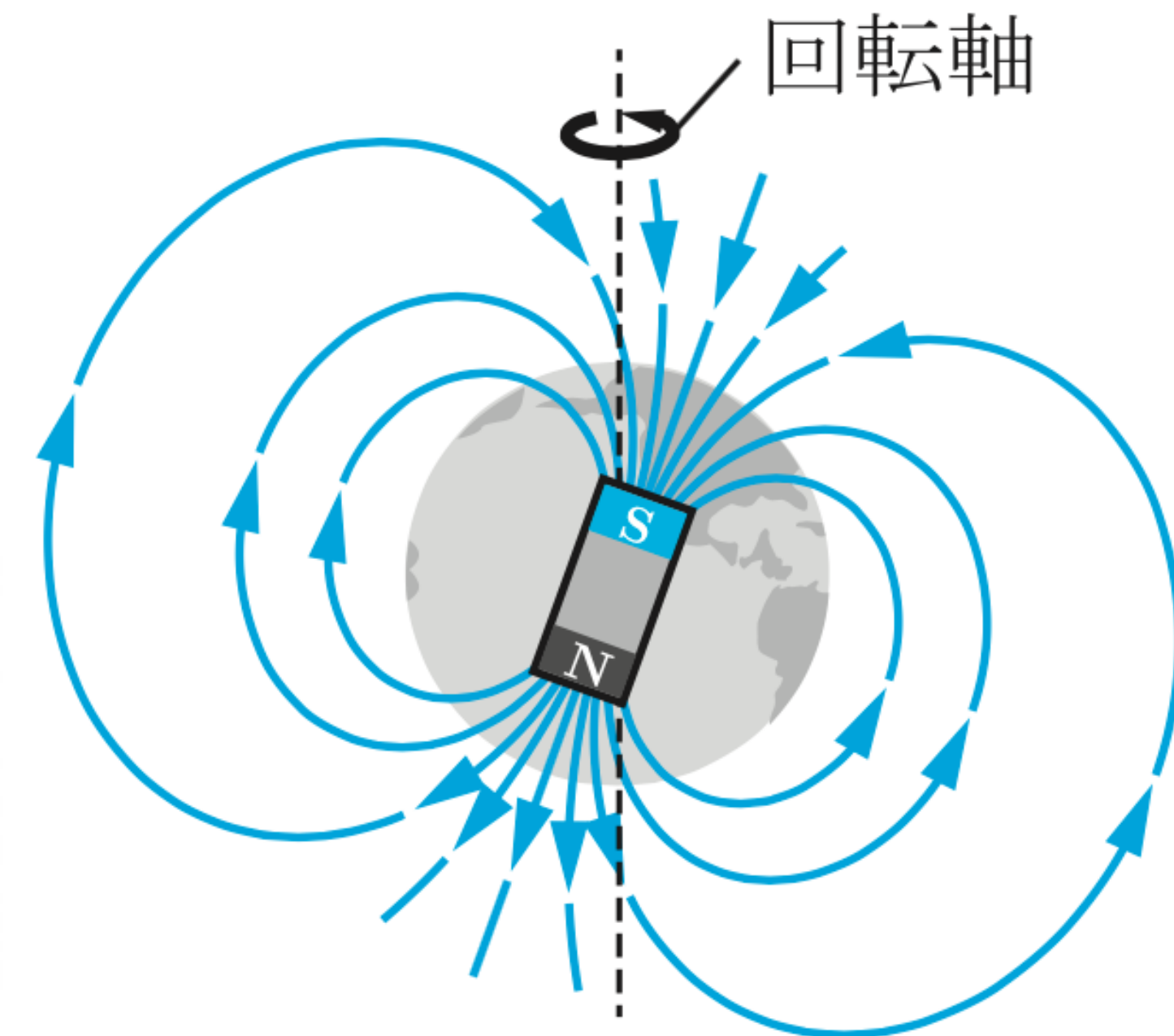
(a) 電子の回転運動



(b) スピンが揃った状態



(c) スピンがばらばらな状態



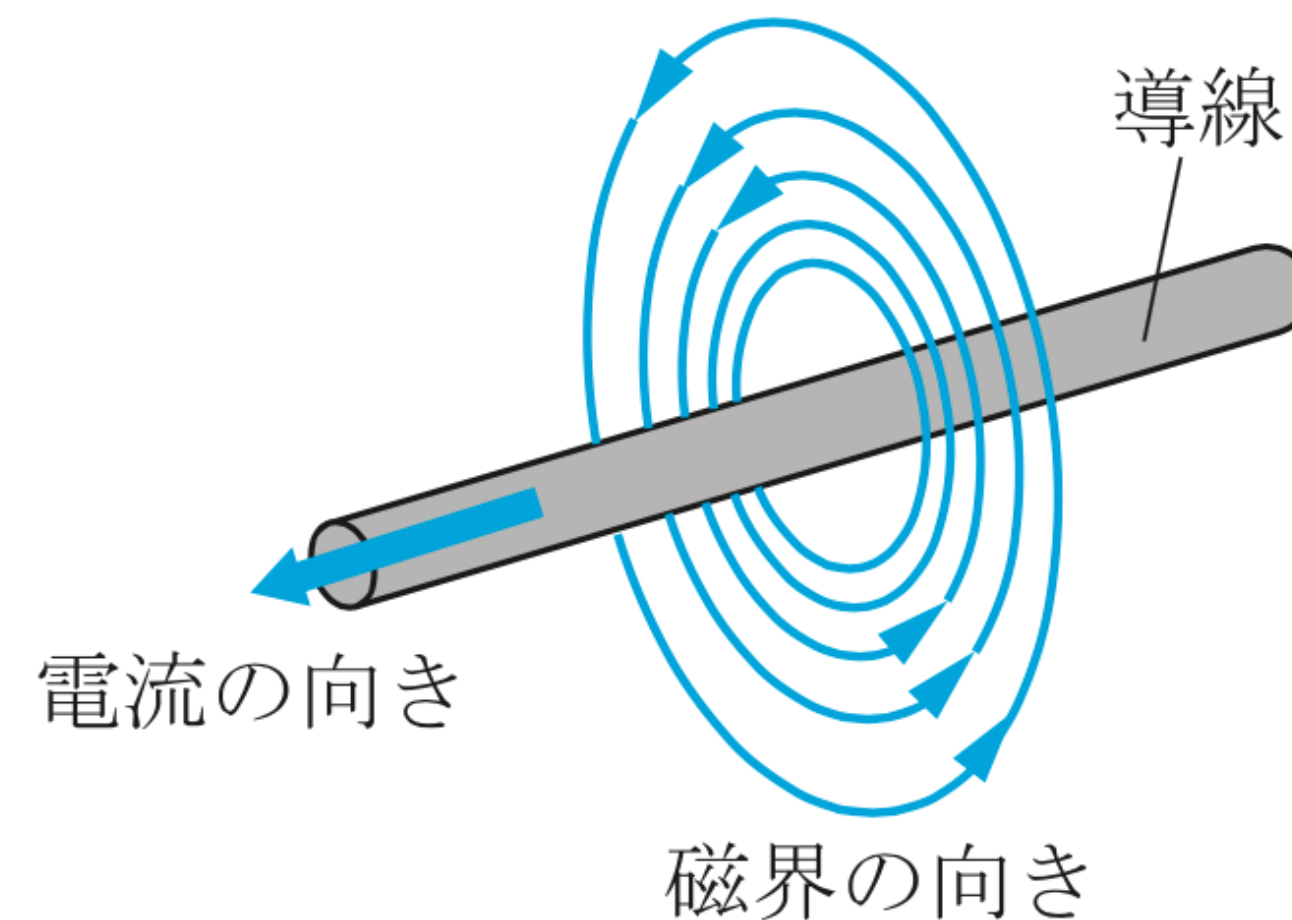
Topic 地球は大きな磁石

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。

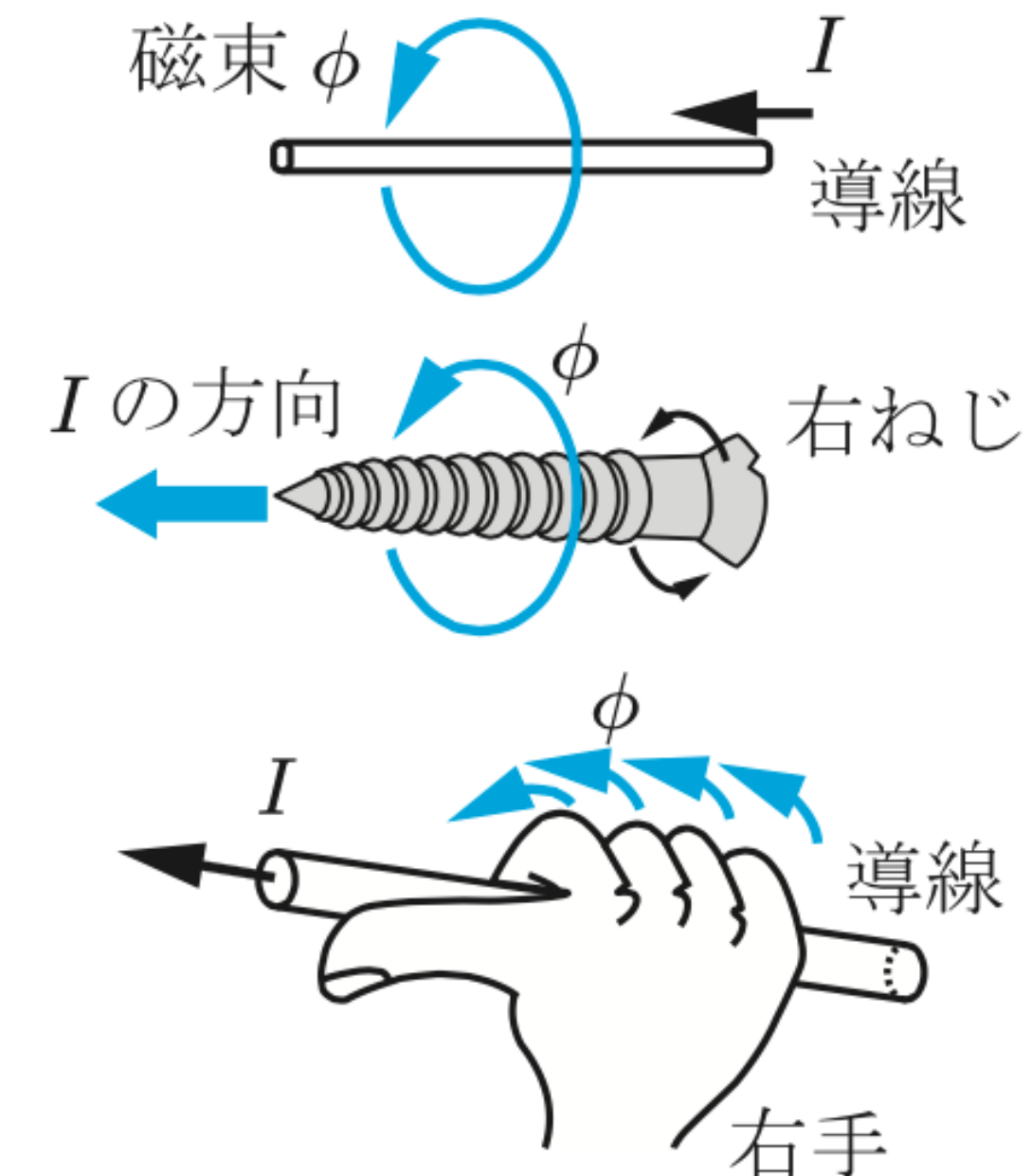
右ねじの法則

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）。



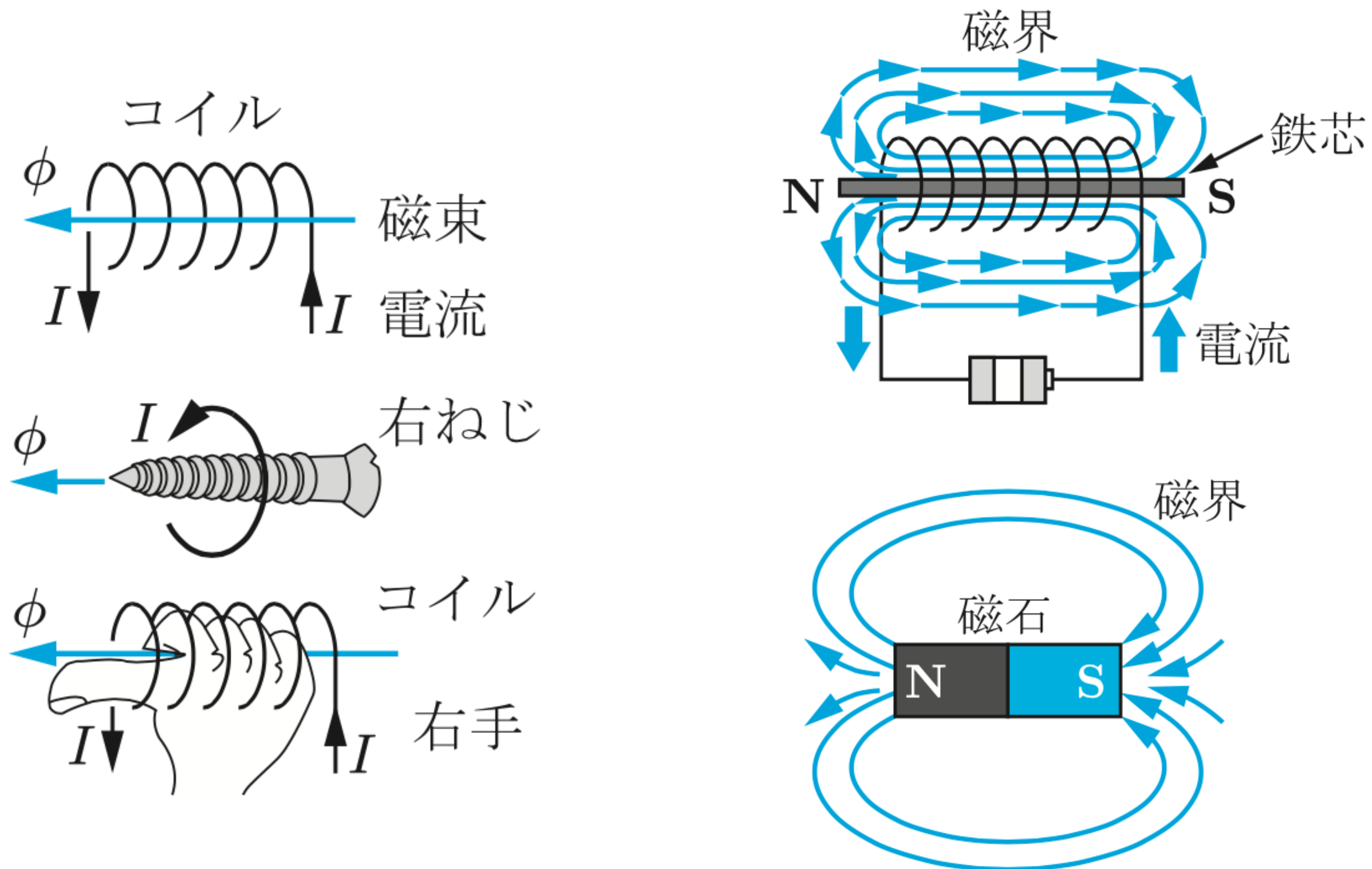
右ねじの法則 なつかしいと思った。



性質1：導線に電流が流れると，磁力線が生じる

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)





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/Y1MD0erruDU>

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

世界一簡単な構造の電車は なぜ動くのか？



「世界一簡単な構造の電車」



リクトの教室

チャンネル登録者数 737人

チャンネル登録

6955 回視聴 3 年前 #自由研究 #理科 #解説

「世界一簡単な構造の電車」の原理を解説してみました！！

実は、中学校で習う理科の知識で、簡単に理解できます。

電池と磁石と銅線で簡単に作ることができました。もっと見る

カータンは電車の軌道を見ても、コイルの中を絶対に前に進めよう
どうして進むかと思った。おもちゃだった。

4.10 銅線コイル中を動く乾電池電車

■乾電池電車

★★☆

講義のネタを探していると、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 $\rho = 0.017 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$, 半径 $r = 0.8 \text{ mm}$
銅線コイル	半径 $R = 8 \text{ mm}$ のコイル, 1 m 当たり $n = 200$ 巻き
ネオジム磁石	半径 $R_m = 7 \text{ mm}$, 1 つ当たりの厚さ 1 cm, 質量 8 g, 磁束密度 $B_m = 0.1 \text{ T}$

問題 4.10.1



図 4.10.1

乾電池の両極にネオジ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 $L = 50 \text{ mm}$ で、常に銅線コイルに接

するとする。空気の透磁率を $\mu = 1.26 \times 10^{-6} \text{ Wb}^2/\text{Nm}^2$ 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 巻きであるとする。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の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。

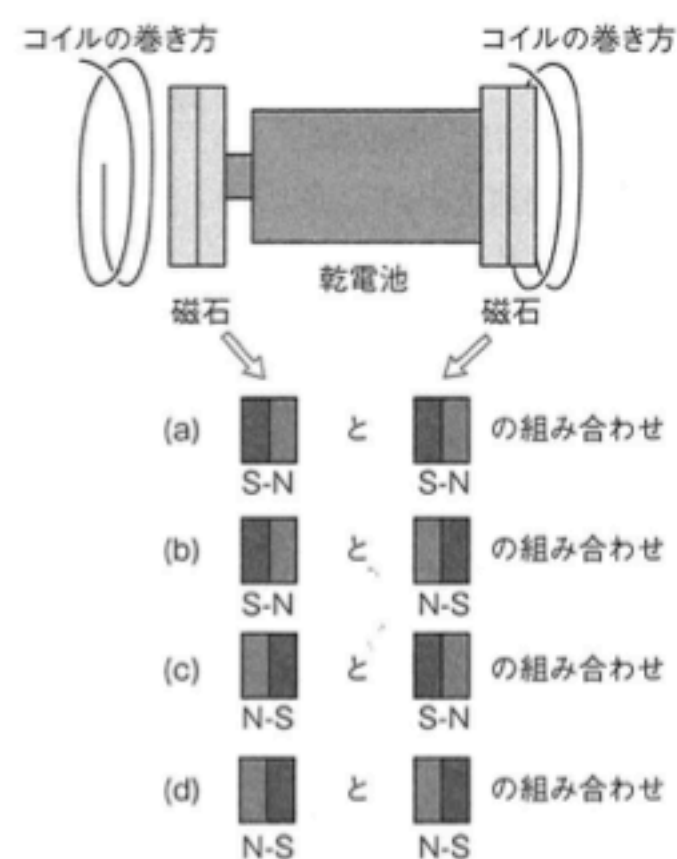


図 4.10.2

▶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、

$$R_1 = \rho \frac{(\text{長さ})}{(\text{断面積})} = \rho \frac{2\pi R \cdot n \cdot L}{\pi r^2} = 0.017 \Omega \text{mm}^2/\text{m} \cdot \frac{2\pi \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{\pi (0.8)^2 \text{ mm}^2} = 4.25 \times 10^{-3} \Omega$$

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、 $I = \frac{1.5 \text{ V}}{0.5 \Omega} = 3.0 \text{ A}$ 。

- (3) コイル内部の磁場の大きさ H は、

$$H = nI = 200 (1/\text{m}) \times 3.0 (\text{A}) = 600 \text{ A/m}$$

- (4) 磁石の表面の磁荷 $Q_m = (\text{断面積}) \times (\text{磁束密度})$ は

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

磁石 1 つがコイル内の磁場から受ける力 F_m は

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

- (5) 図 4.10.2 のコイルに電流が流れ、電池のまわりのコイルが電磁石となる。電池の - 極から出た磁力線が電池の + 極に集まってくるので、電池の + 極側にあるネオジム磁石のまわりの磁場は、左面側より右面側で強くなる (図 4.10.3)。したがって、右面側が S 極のとき、ネオジム磁石は左向きの力を受ける。同様に、電池の - 極側ではネオジム磁石の左面側の磁場が強く、こちらの面が S 極であれば、ネオジム磁石はやはり左向きの力を受ける (図 4.10.4)。よって (c) である。

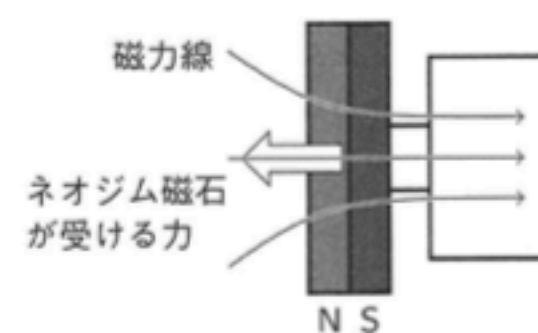


図 4.10.3 電池の + 極側付近の磁場の様子

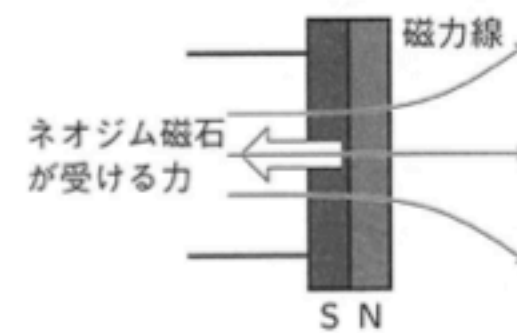


図 4.10.4 電池の - 極側付近の磁場の様子

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

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

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。

一步進んだ 物理 の 理解

2

電磁気学・発展問題

真貝 寿明・林 正人・鳥居 隆 著

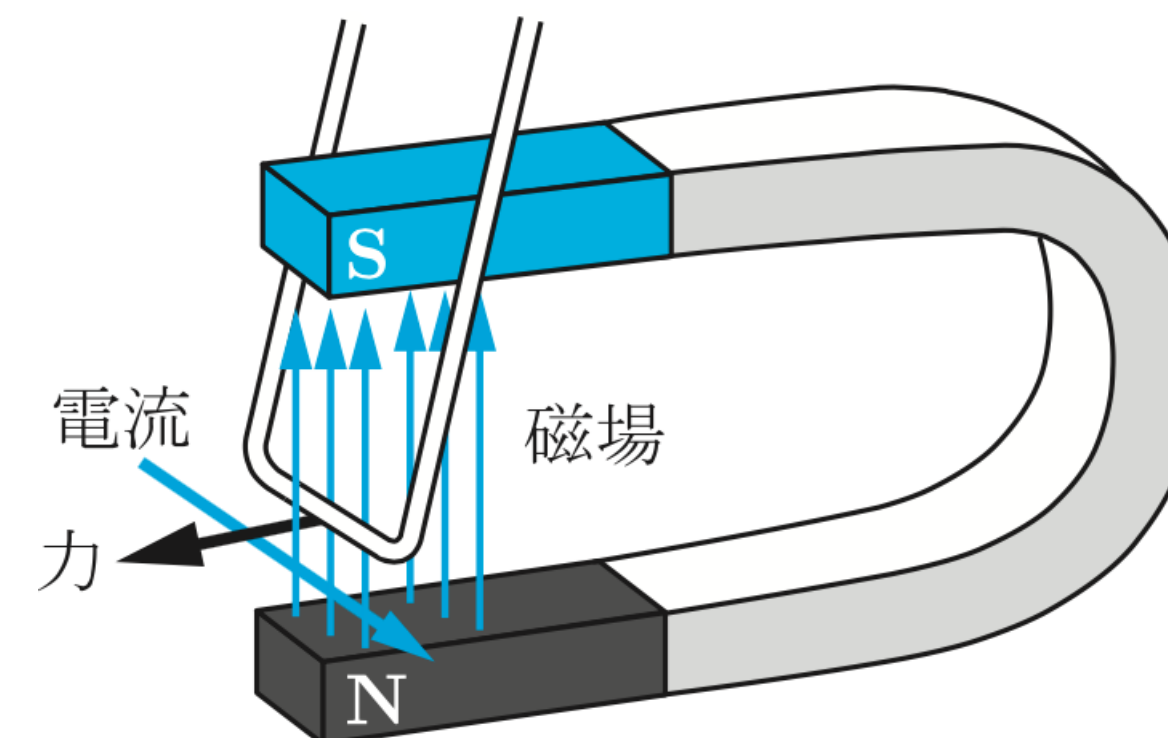
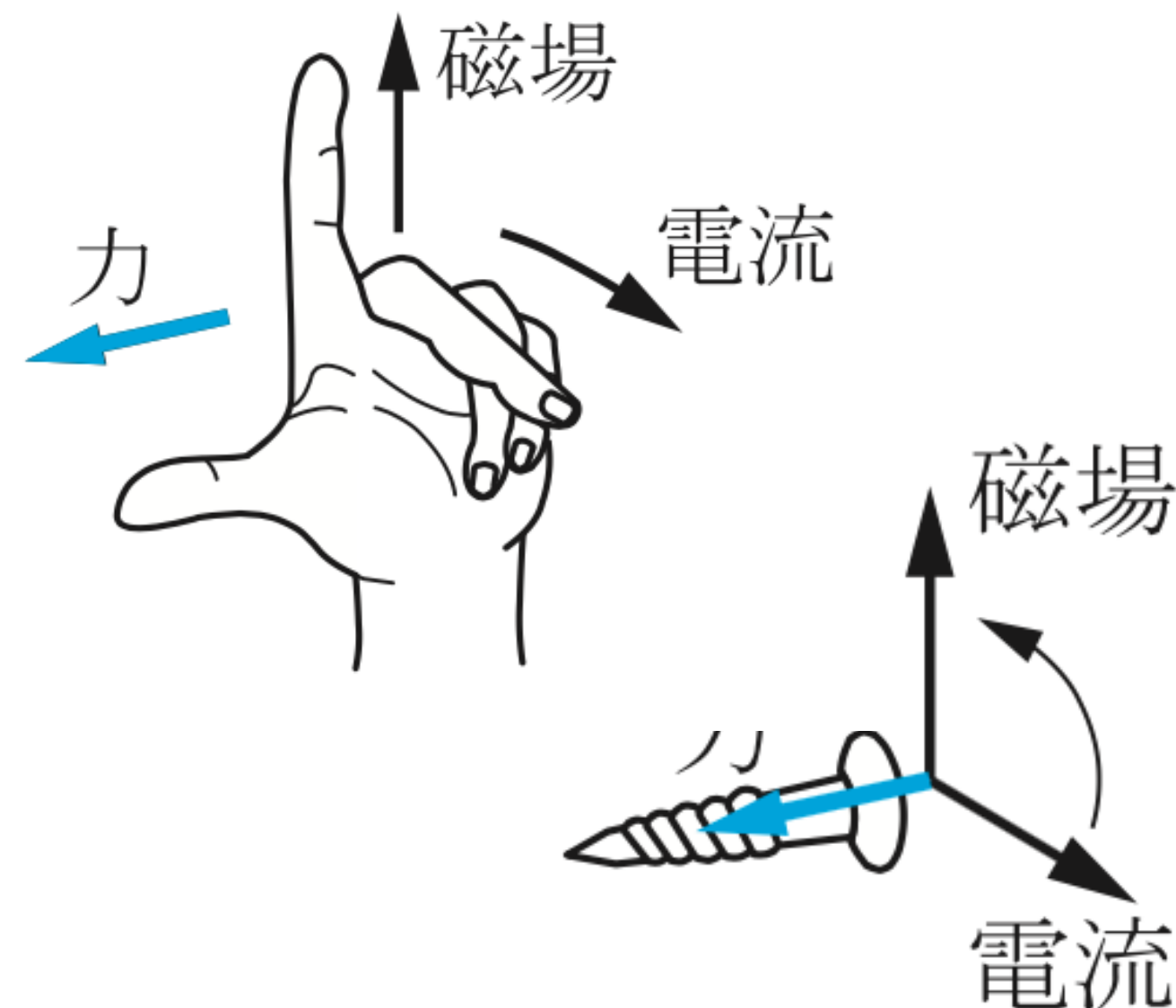
朝倉書店



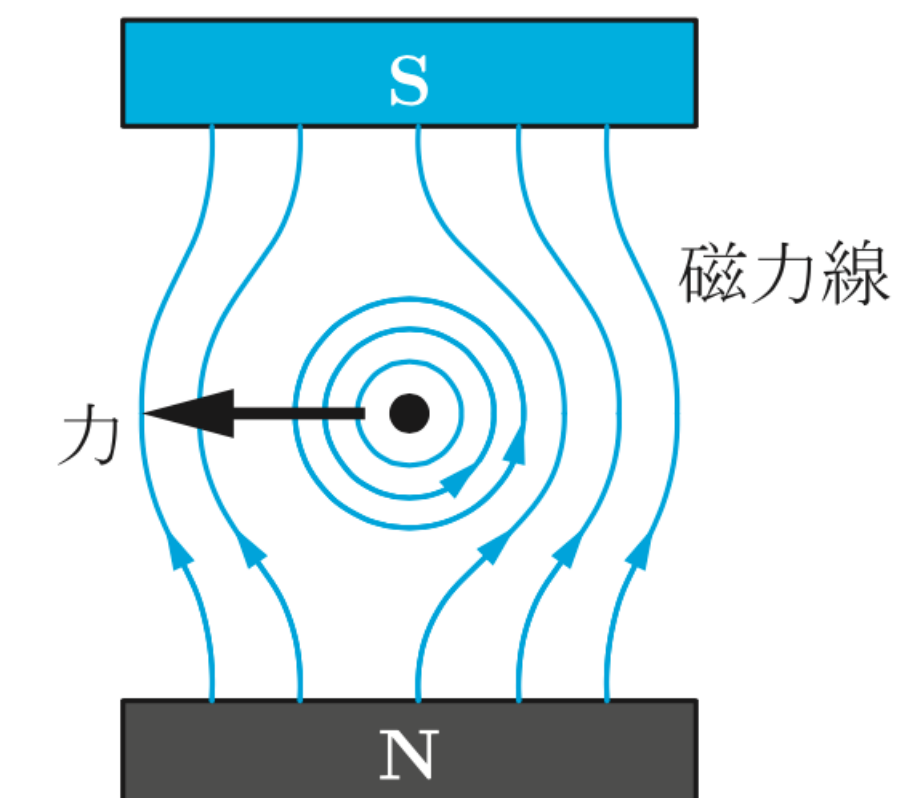
ローレンツ力とフレミングの左手則

法則 2 電流は、磁場から力を受ける

磁場の中に置かれた電流（導線または荷電粒子の動き）は、磁場から力を受ける。この力をローレンツ^{りょく}力という。ローレンツ力の向きはフレミングの左手則（図 6.56）で表される。



(a) 磁場中に電流と流すと、導線は力を受ける

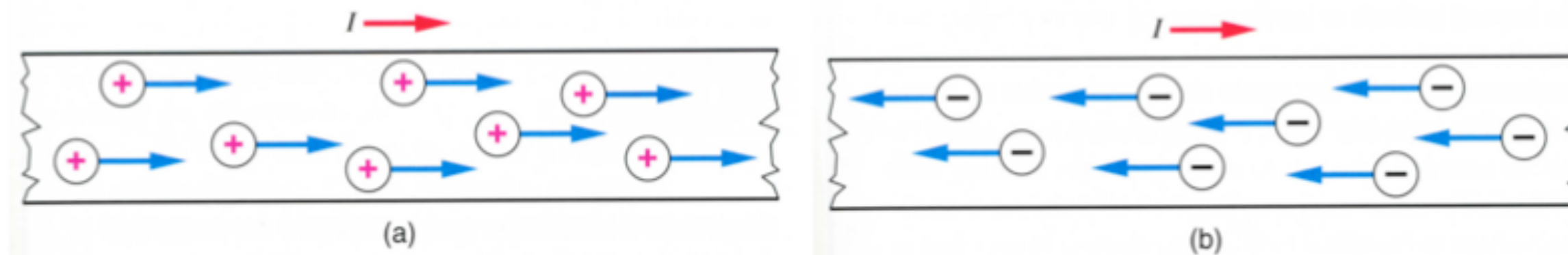


(b) 磁力線の様子

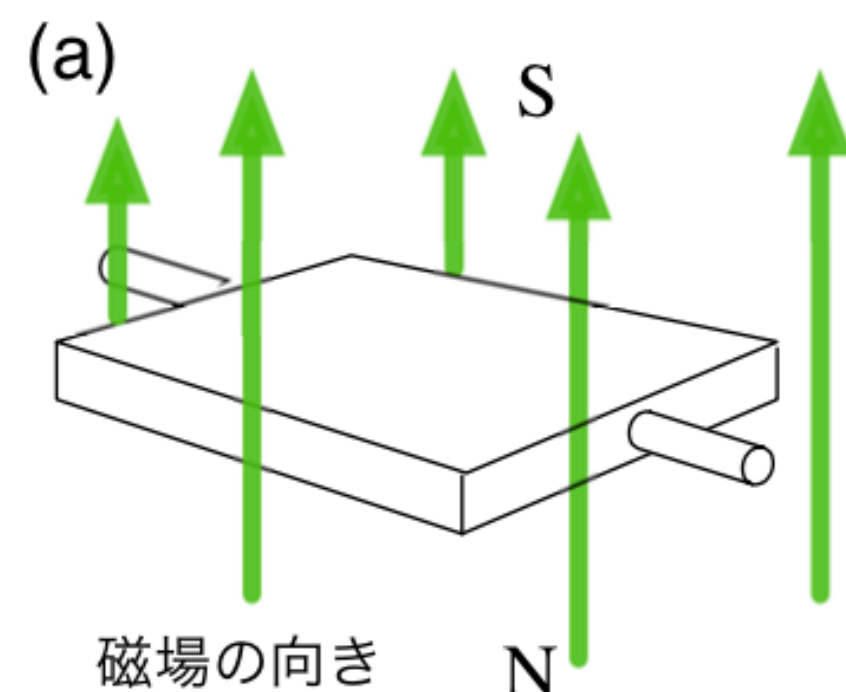
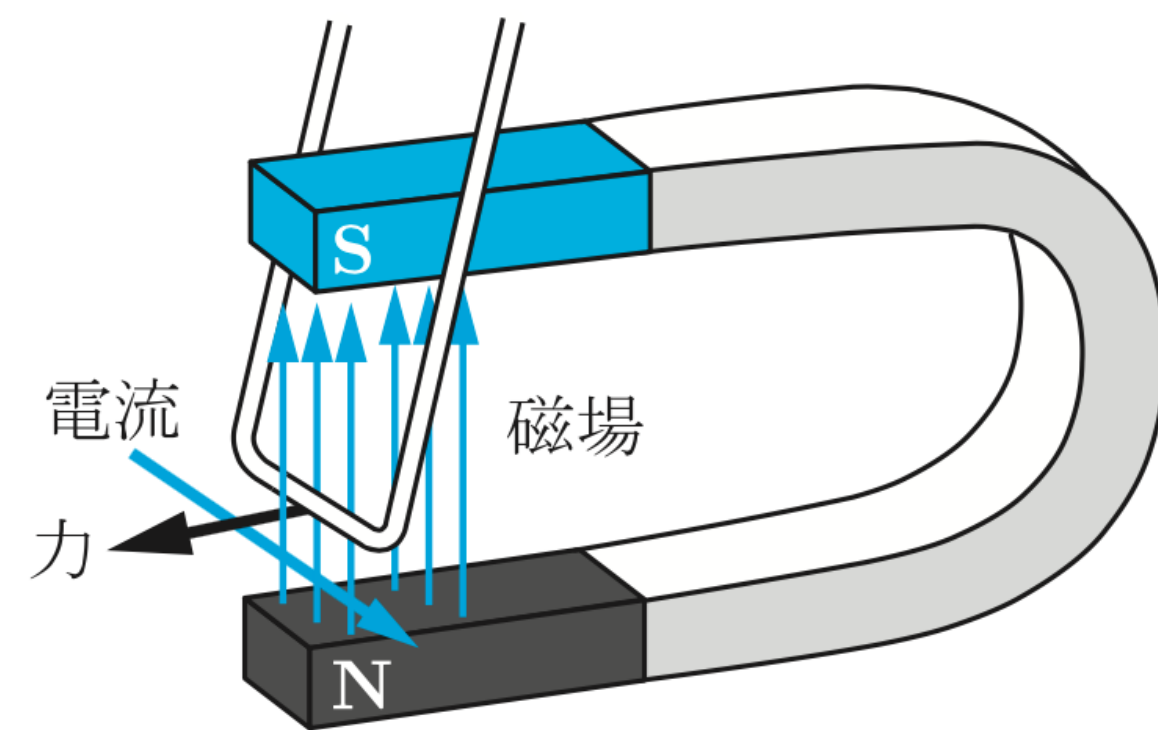
性質2: 磁力線のある空間に電流が流れると、電磁力がはたらく。(向きはフレミングの左手の法則)

電流

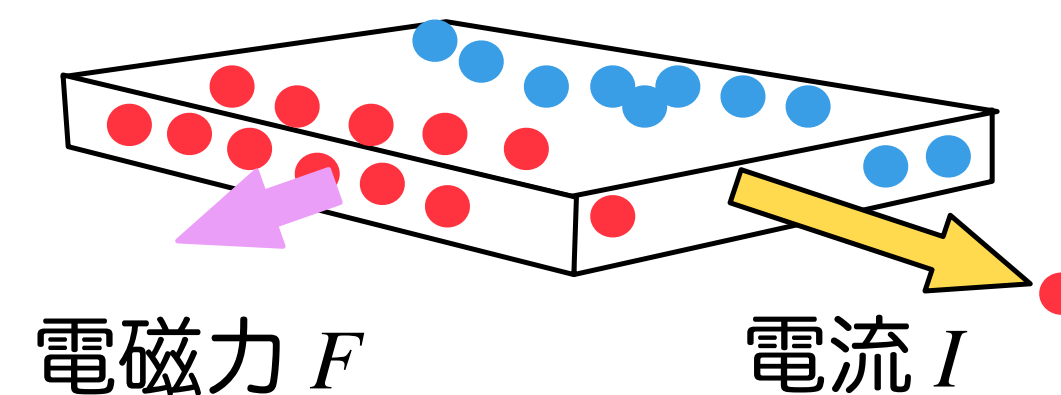
歴史的に電流の向きは「正から負」とされるが、実際には「負から正」の向きに負に帯電した電子が移動する。



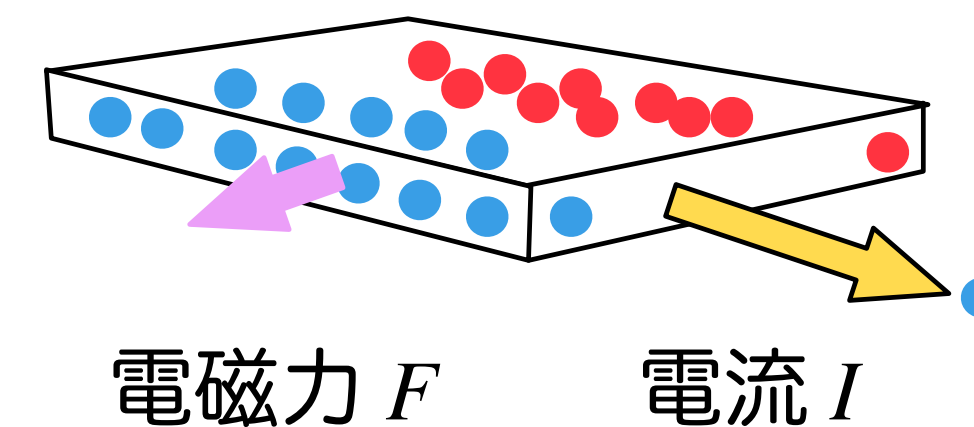
電流の向きは、正の電荷が動いていても負の電荷が動いていても実質同じ。



正の電荷が電流の正体だとすると

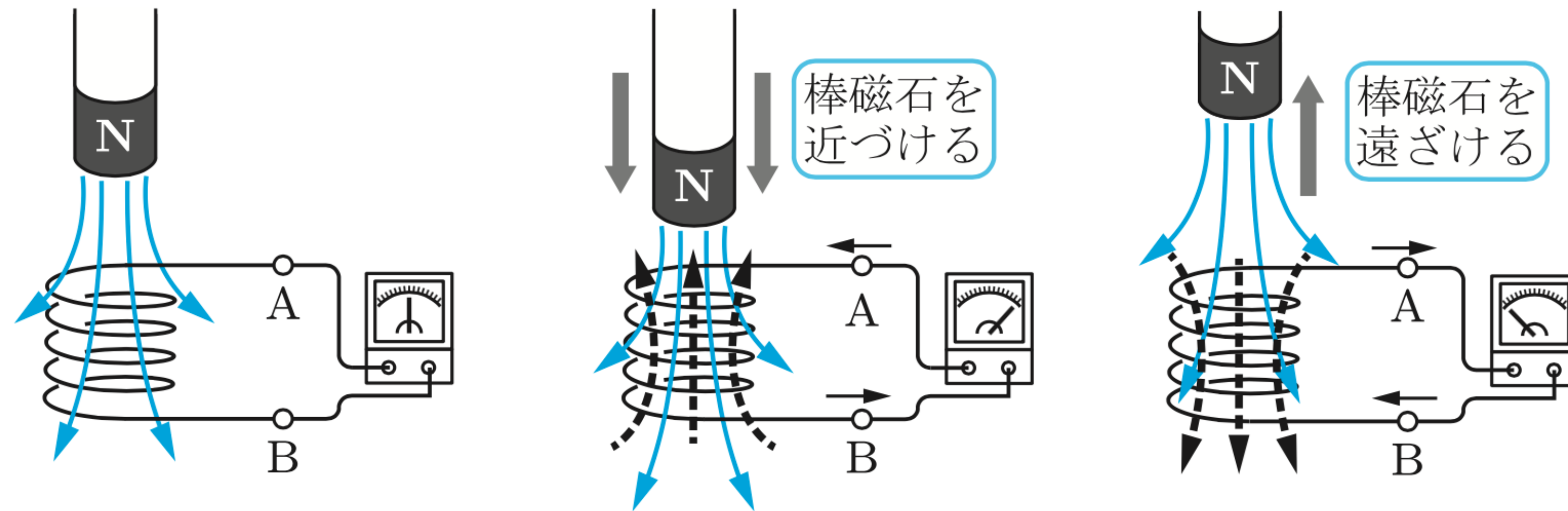


負の電荷が電流の正体だとすると



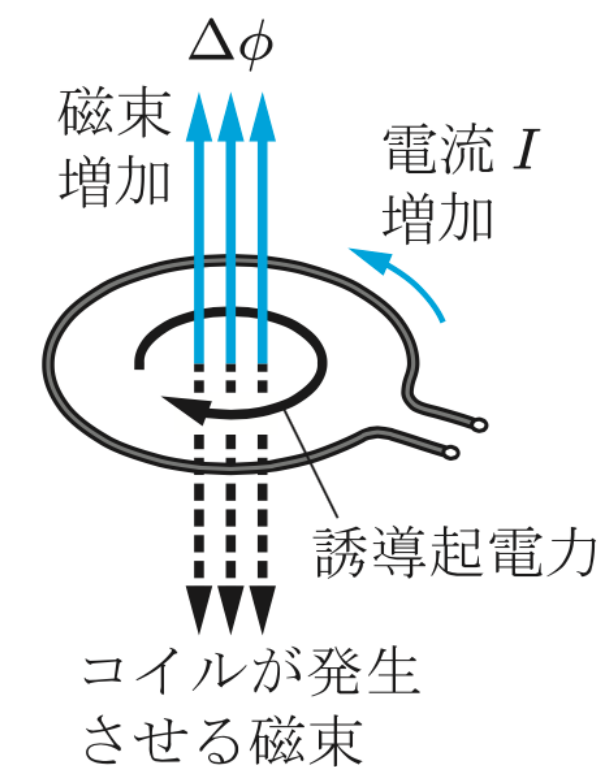
ファラデーの電磁誘導の法則

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)

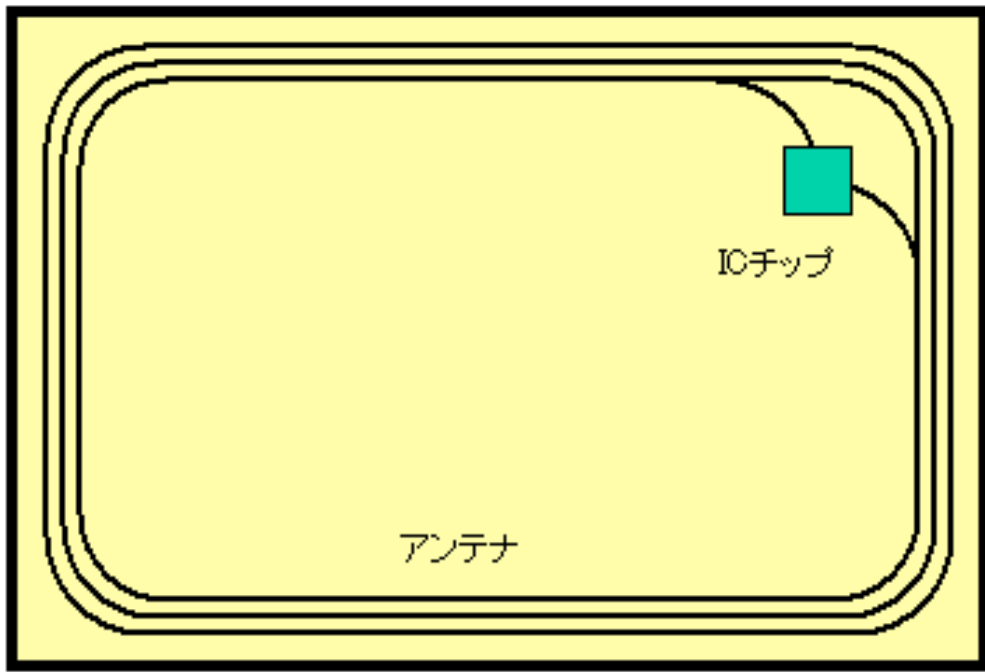


(a) 棒磁石を動かさない (b) 棒磁石を近づける (c) 棒磁石を遠ざける

磁力線の数を保つように,
逆向きの誘導起電力が生じる



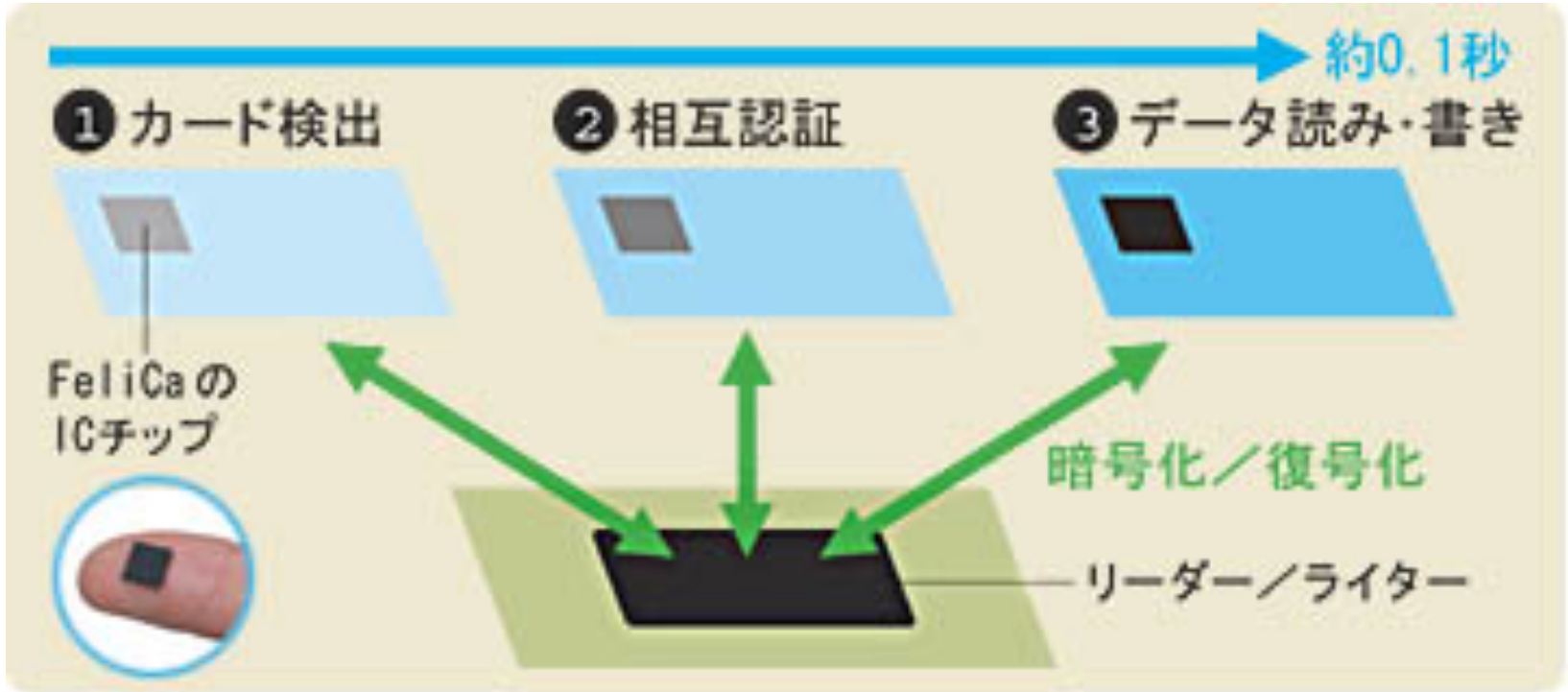
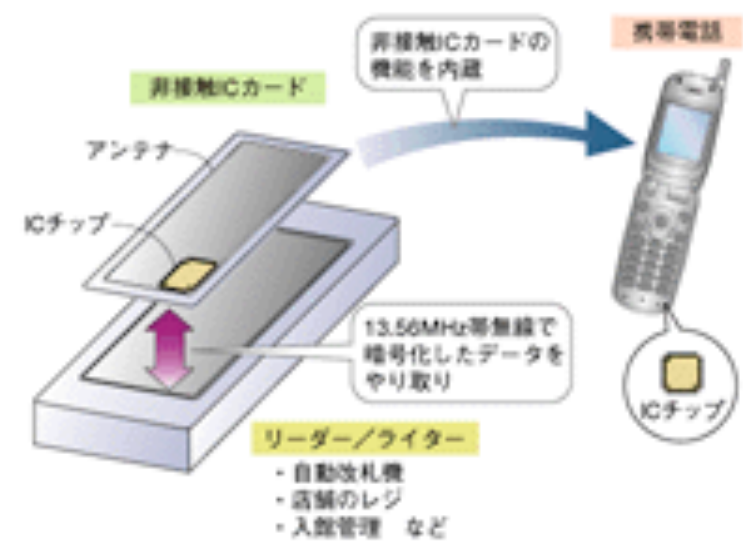
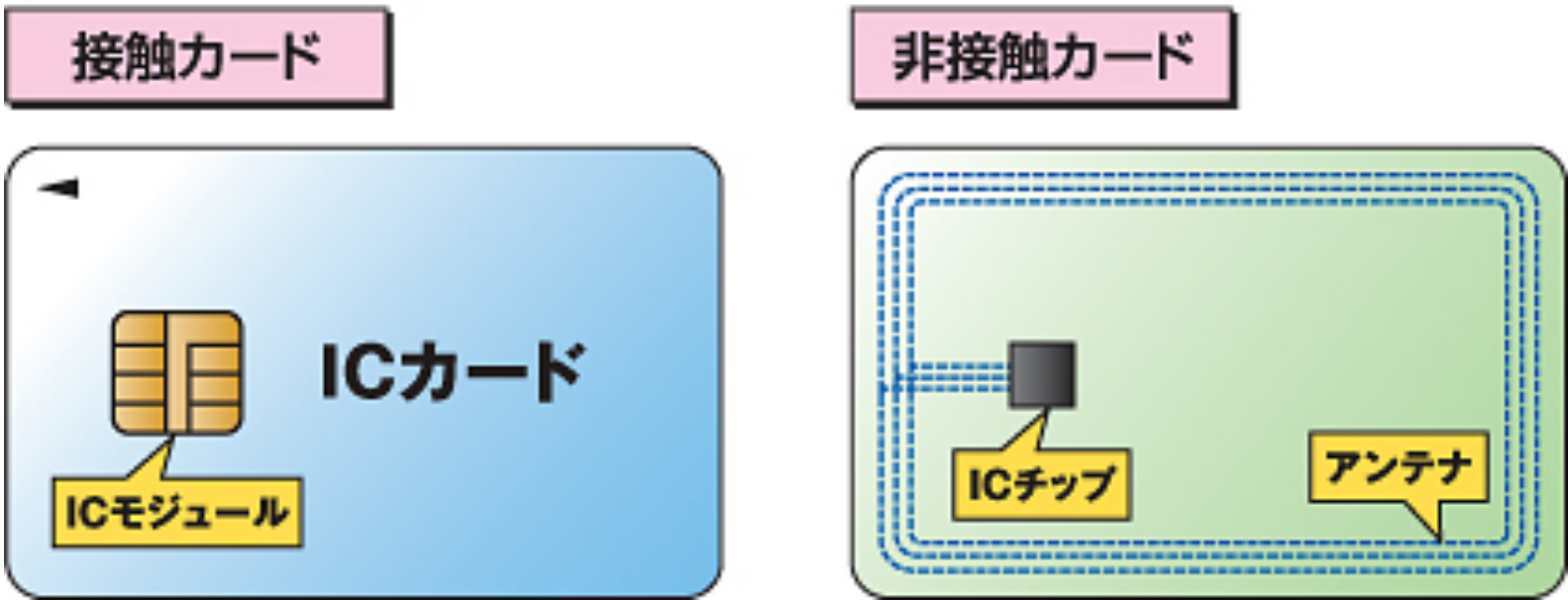
IC=Integrated Circuit 集積回路



Felica

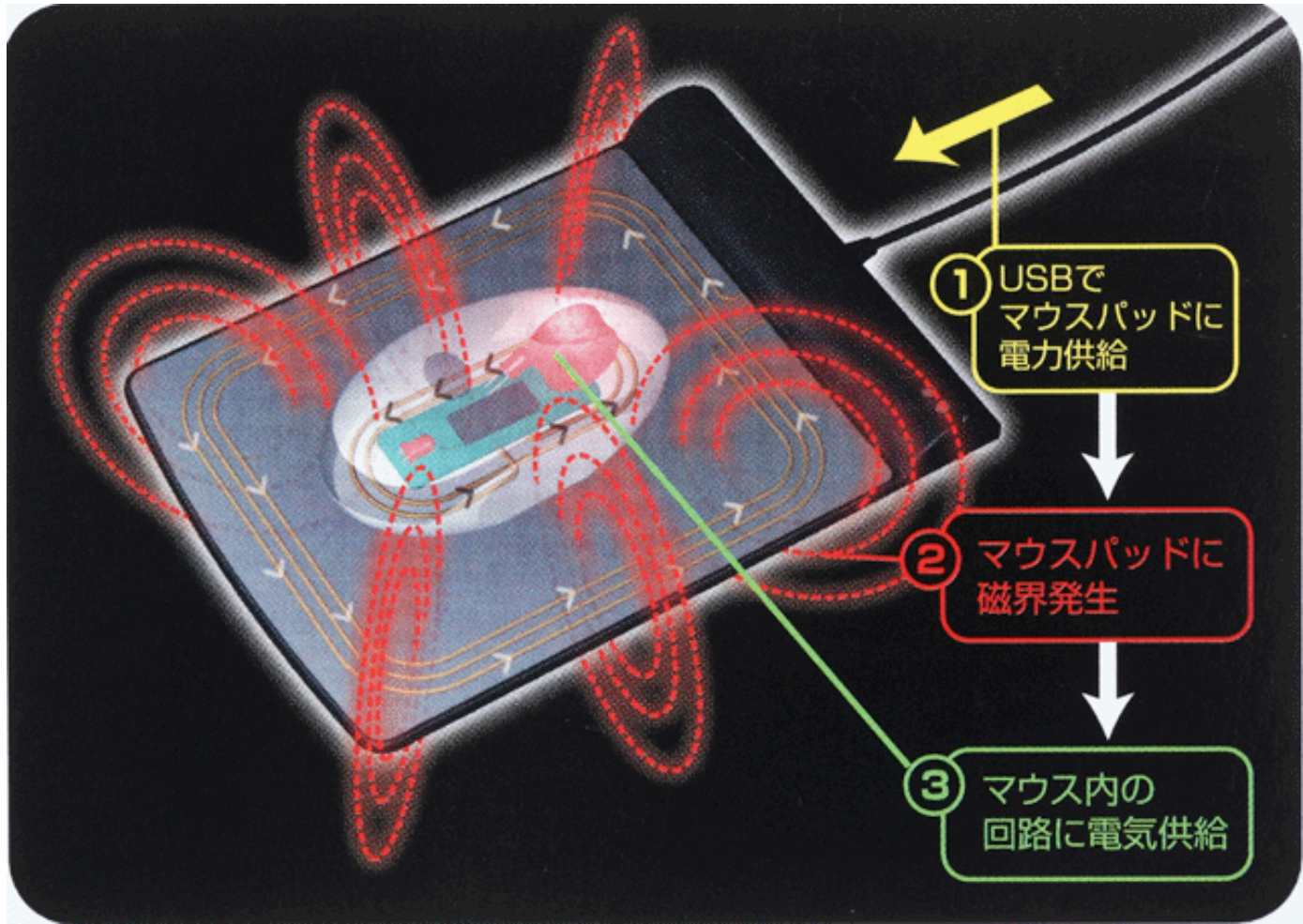
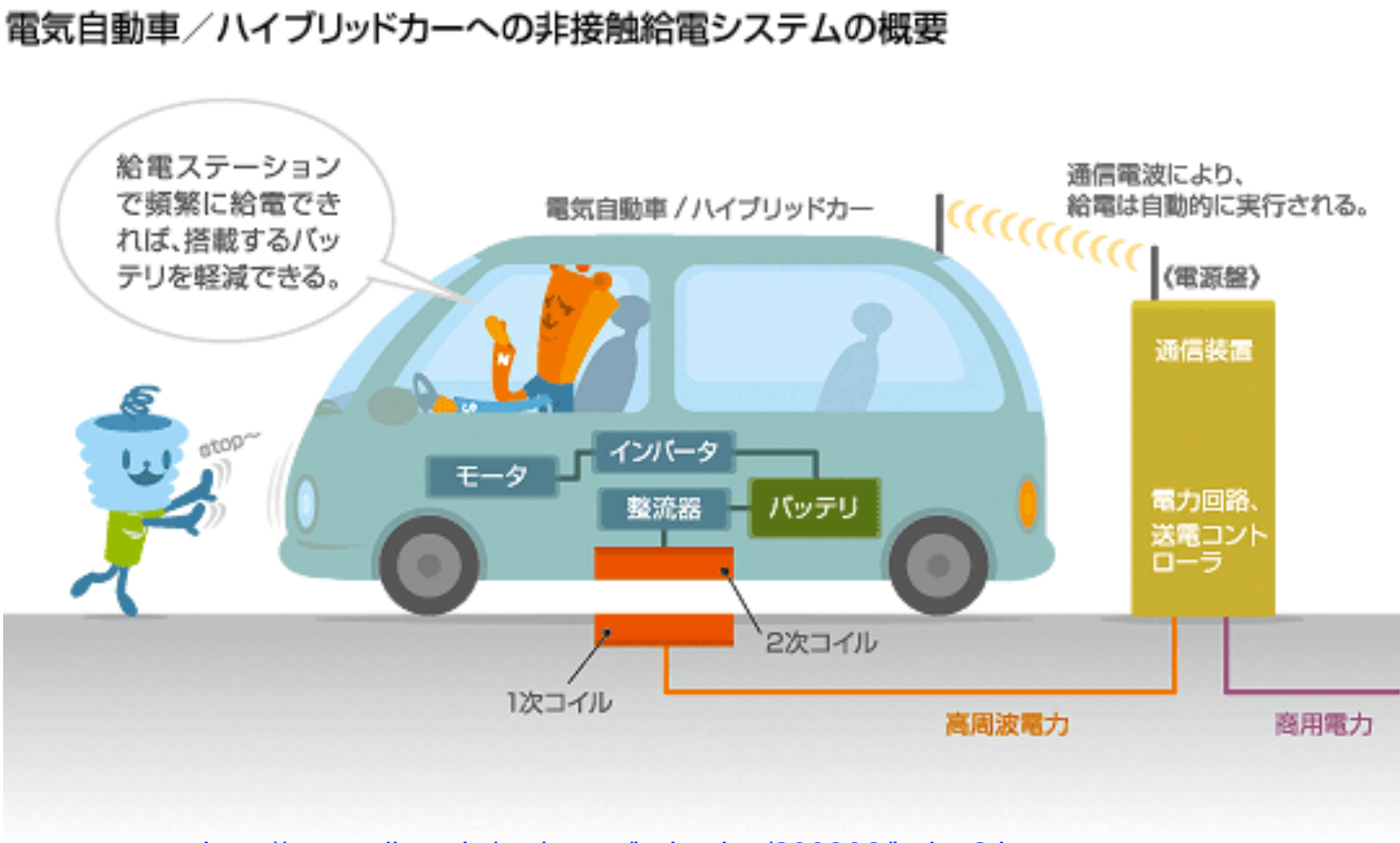
利用周波数： 13.56MHz
データ転送レート： 212Kbps
非接触型ICカード（近接型）

■接触型ICカードと非接触型ICカードの仕組み

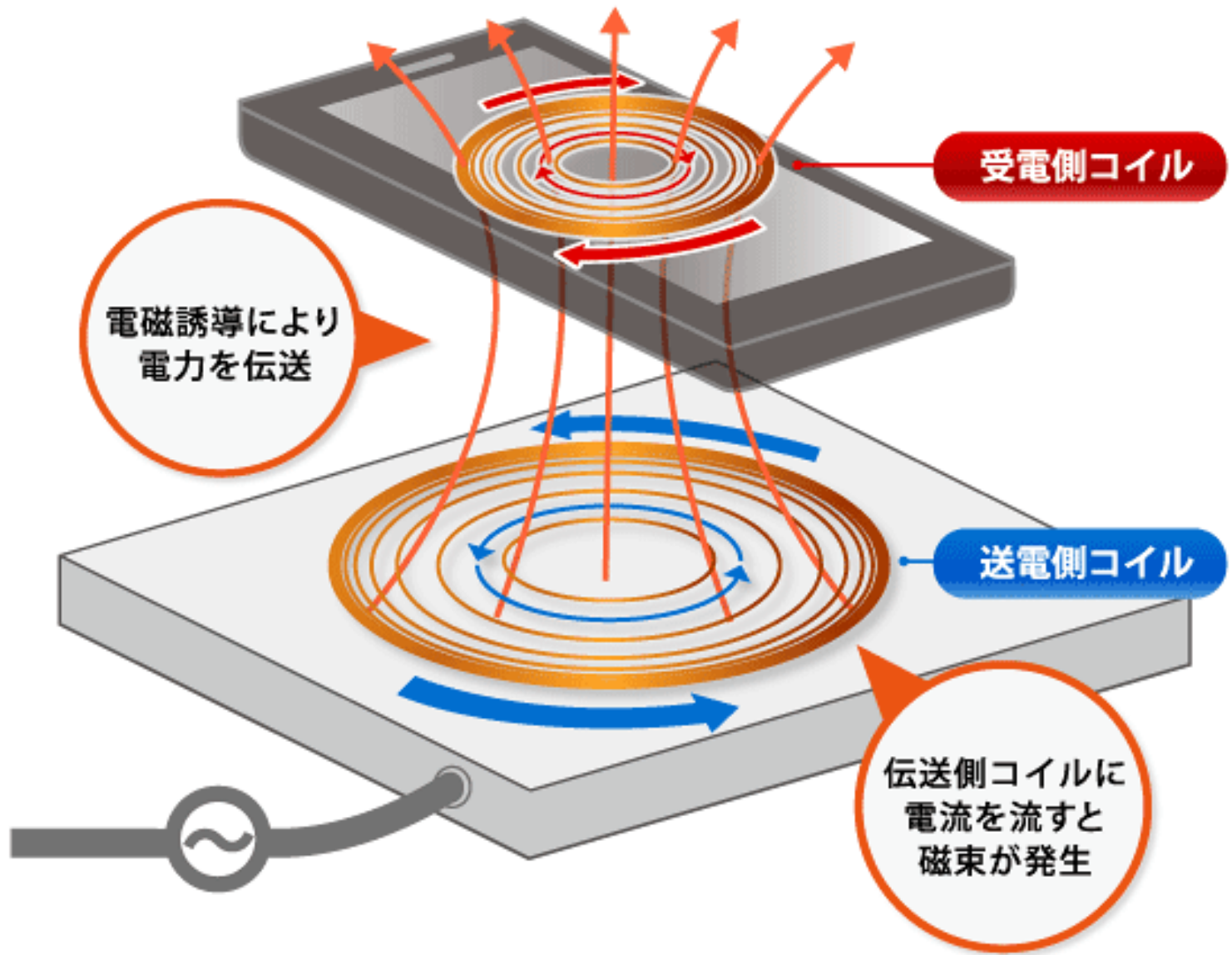


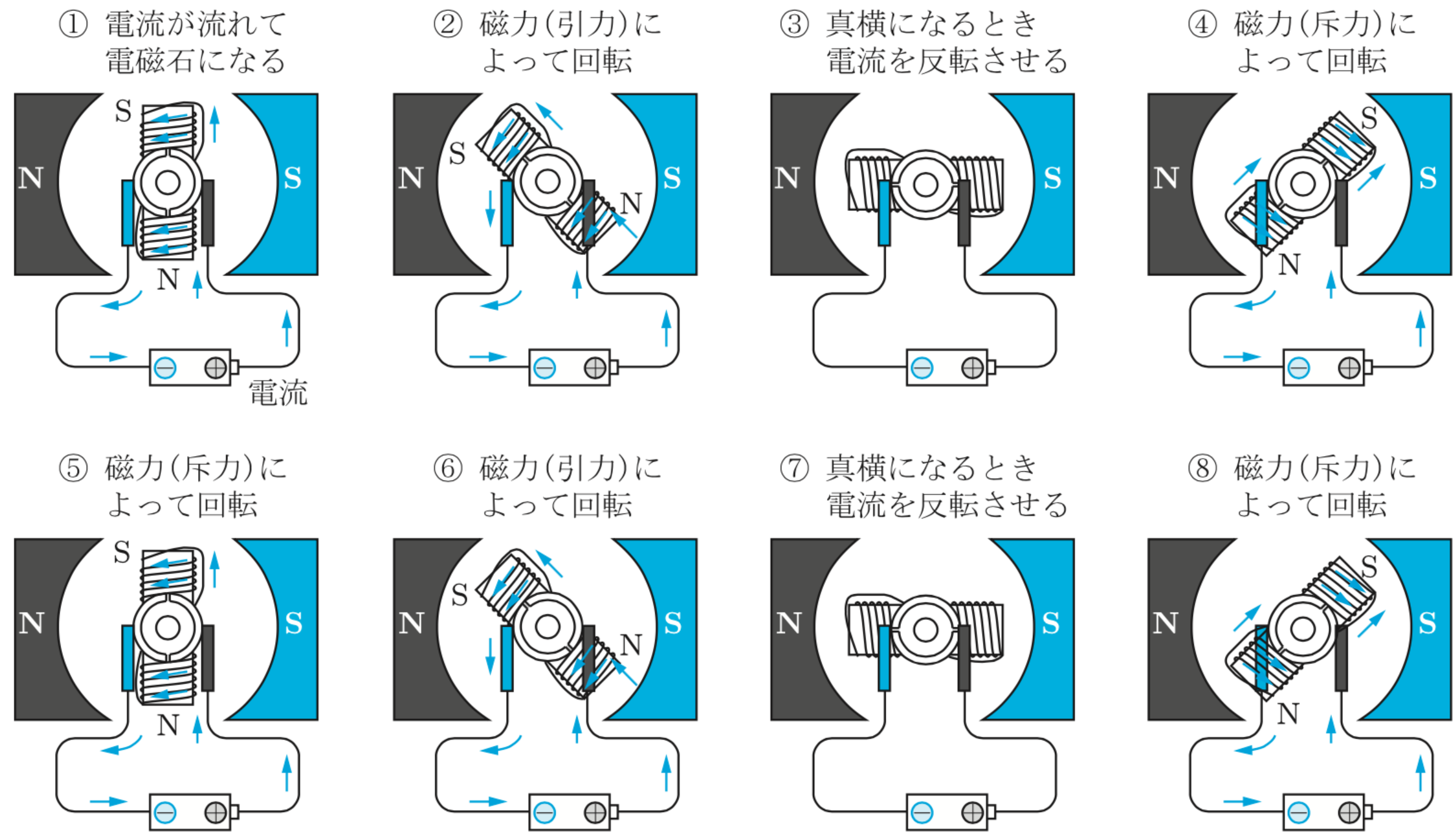
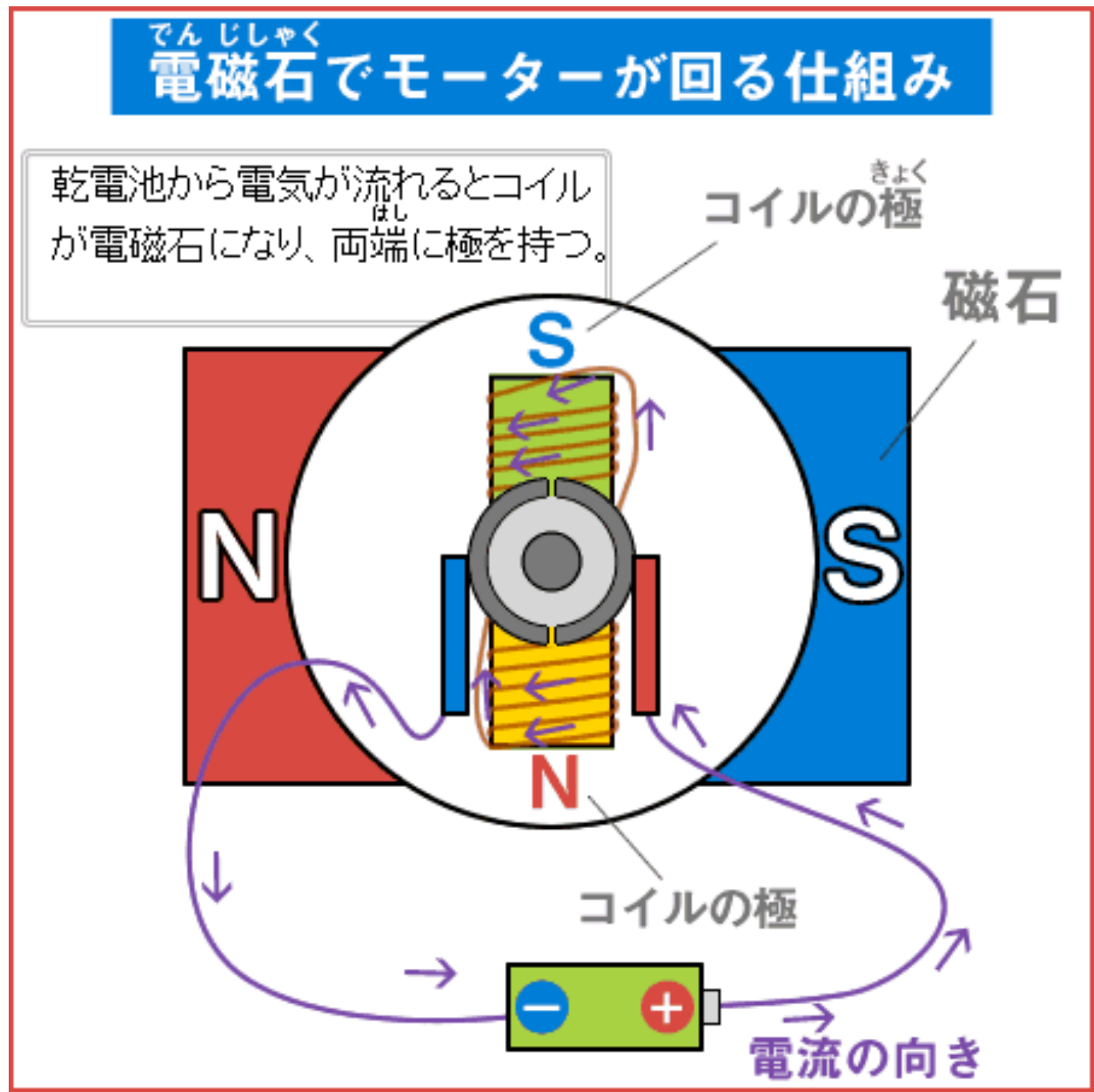
<http://ascii.jp/elem/000/000/355/355921/>

非接触型充電・ワイヤレス給電 のしくみ



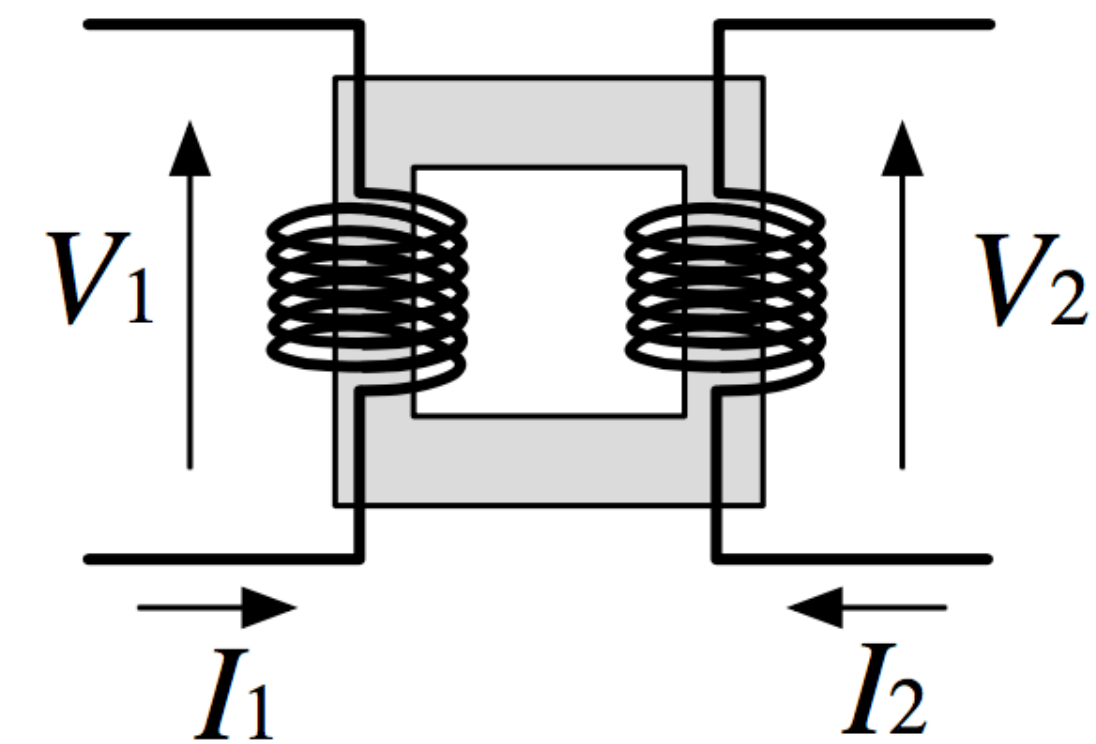
<https://car.watch.impress.co.jp/img/car/docs/558/803/html/P1120809.JPG.html>





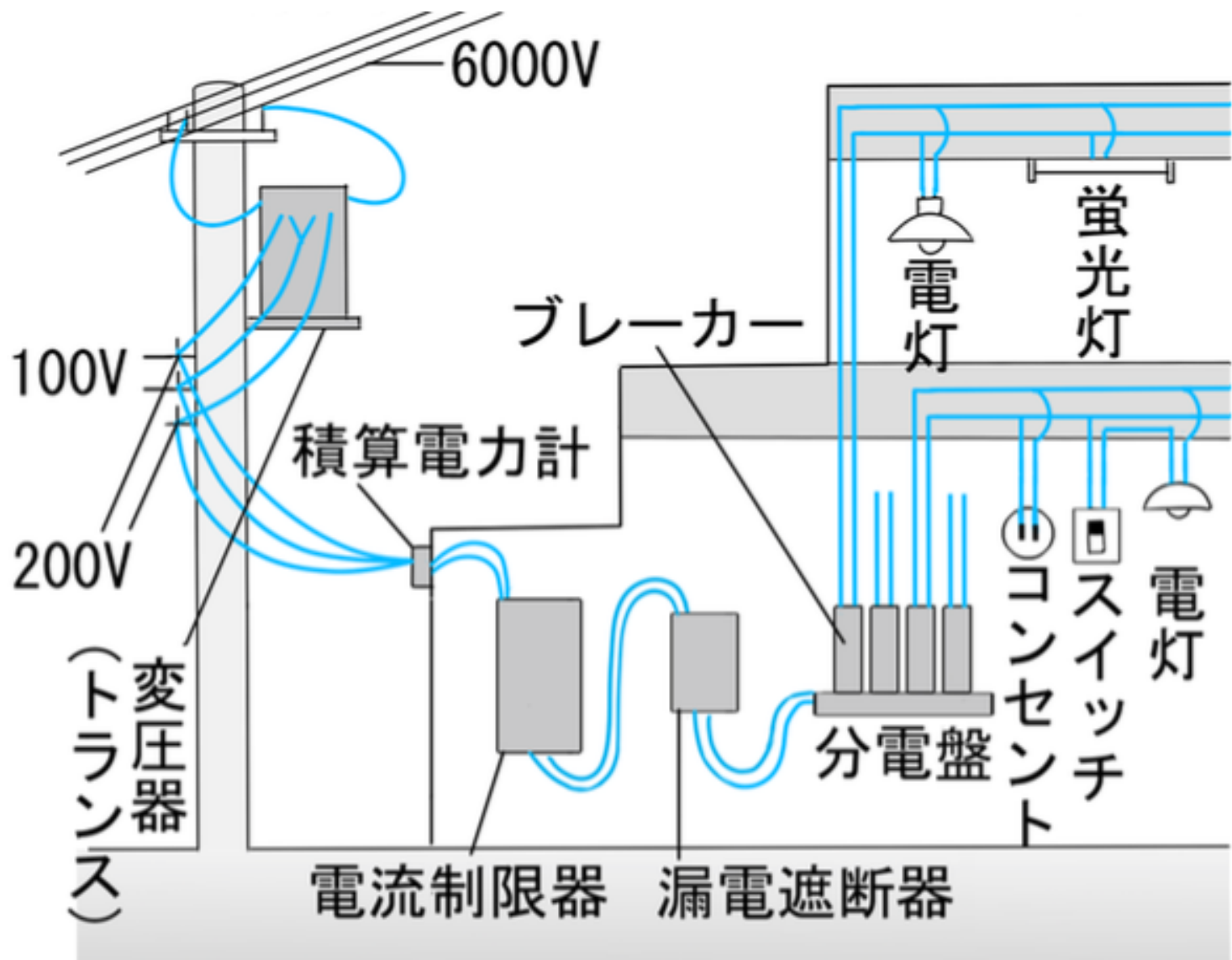
電圧を変える装置：変圧器

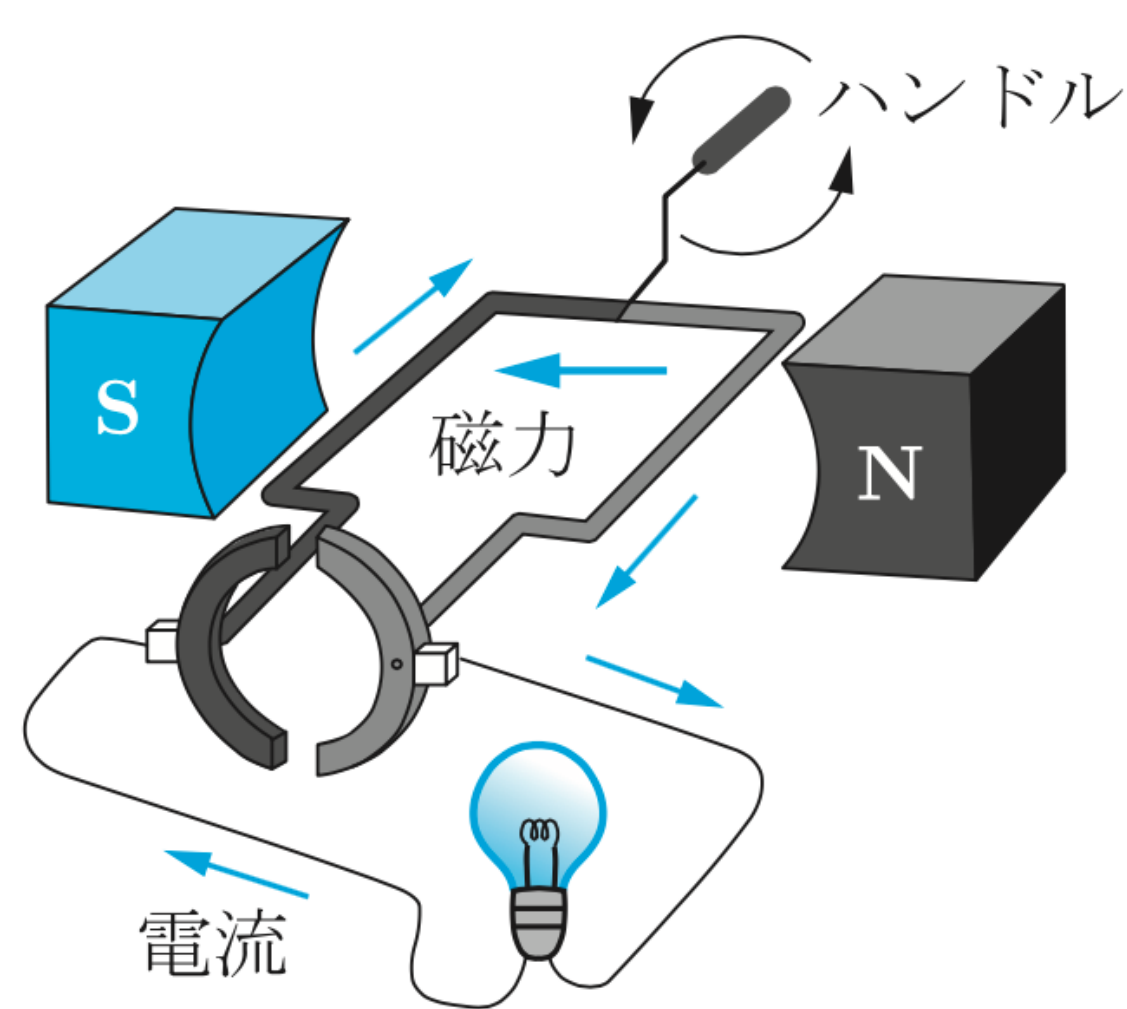
変成器 (transformer)



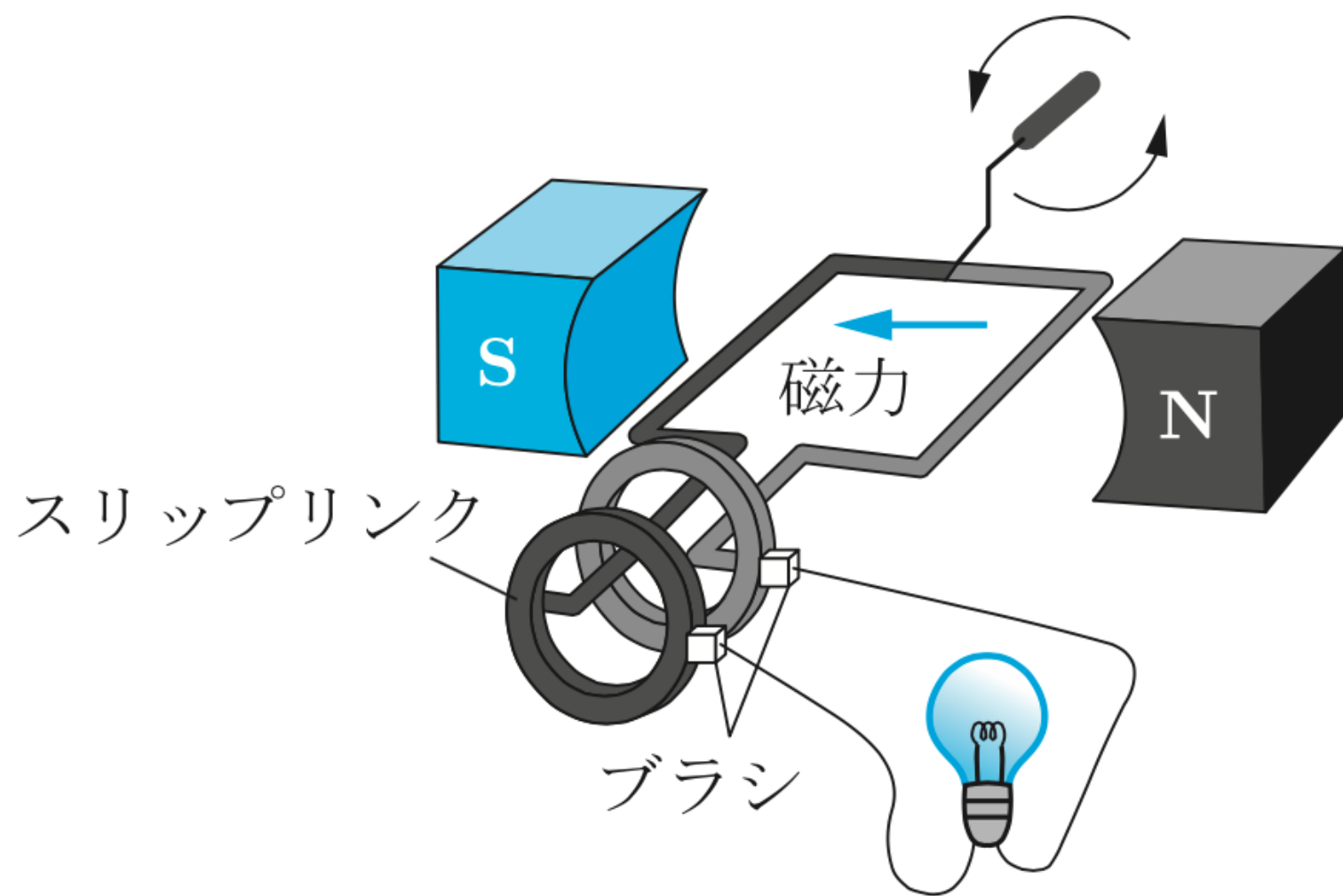
鉄芯にコイルを巻く
電流が変化すると鉄芯に磁場が発生
もう一方のコイルに電流発生

コイルを巻き数比
→電圧比

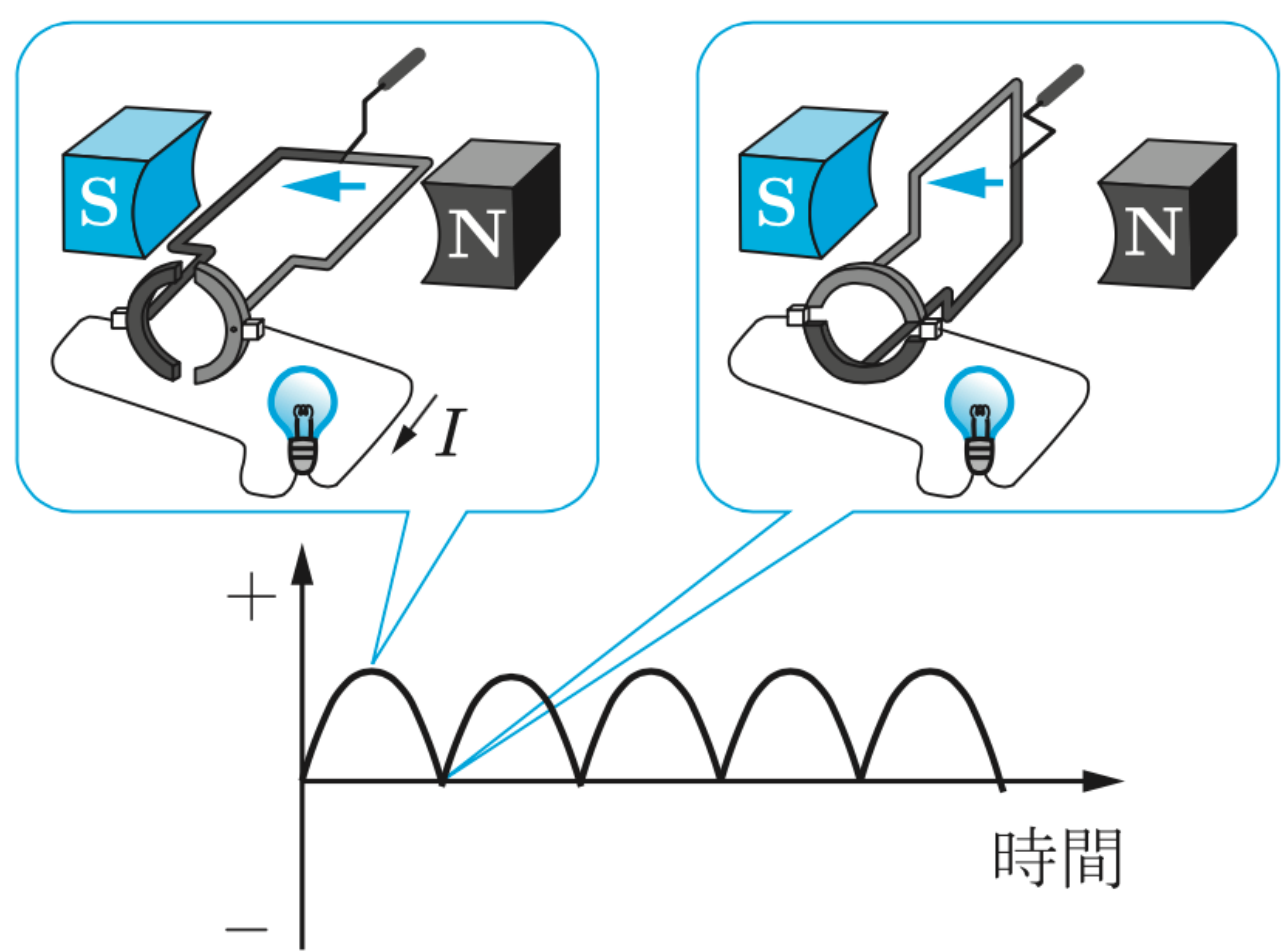




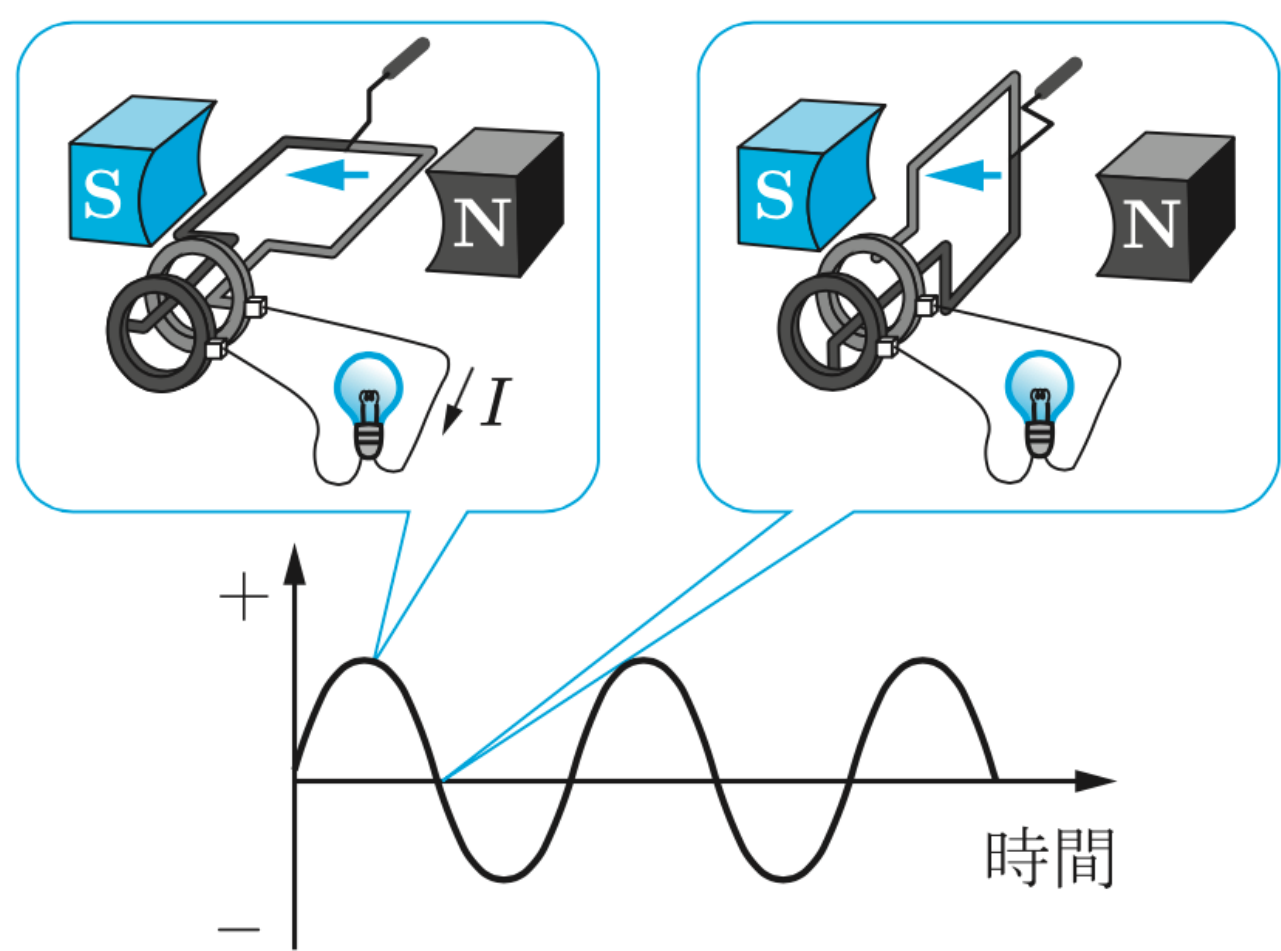
(a) 直流発電機のしくみ



(b) 交流発電機のしくみ



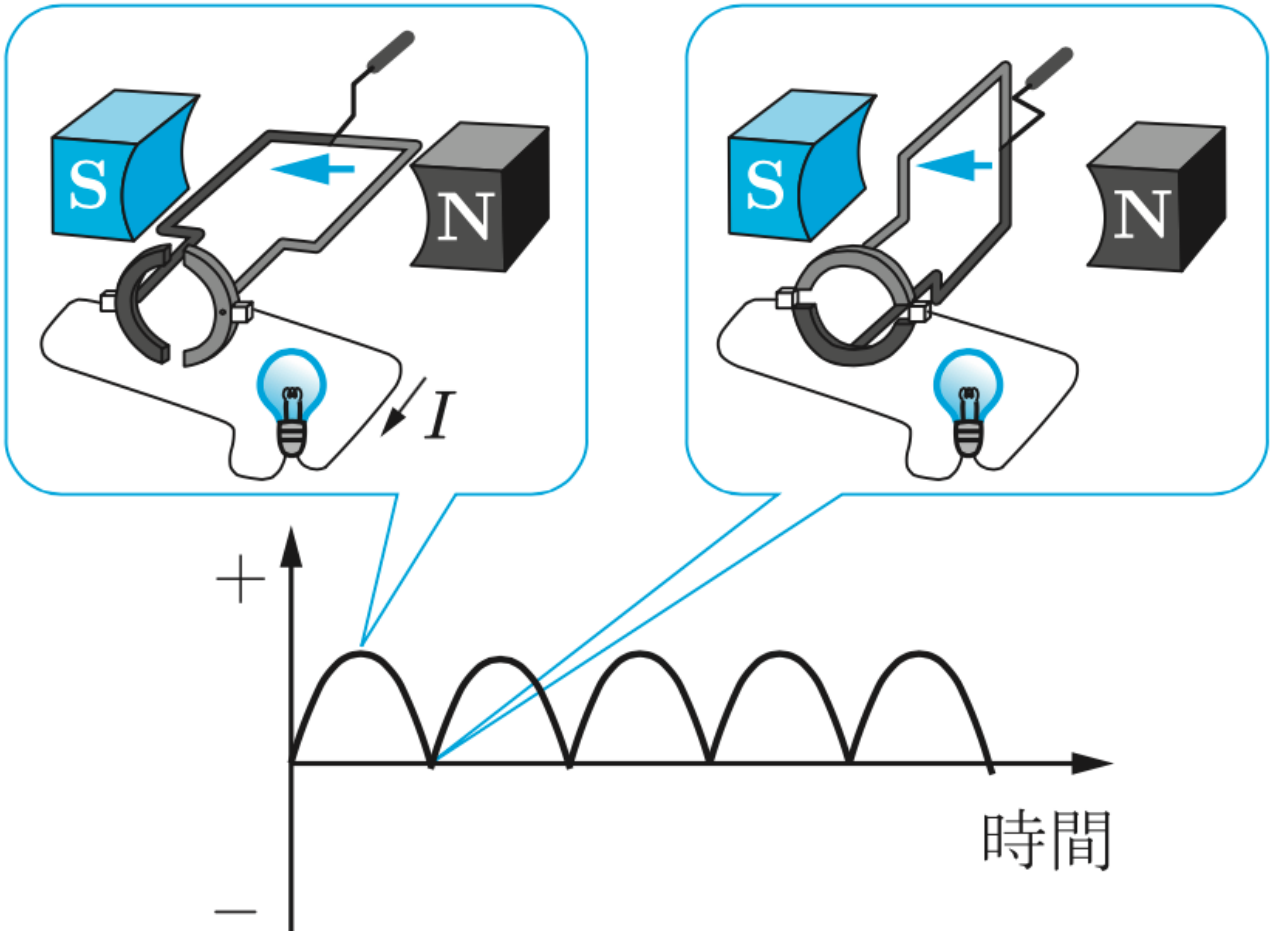
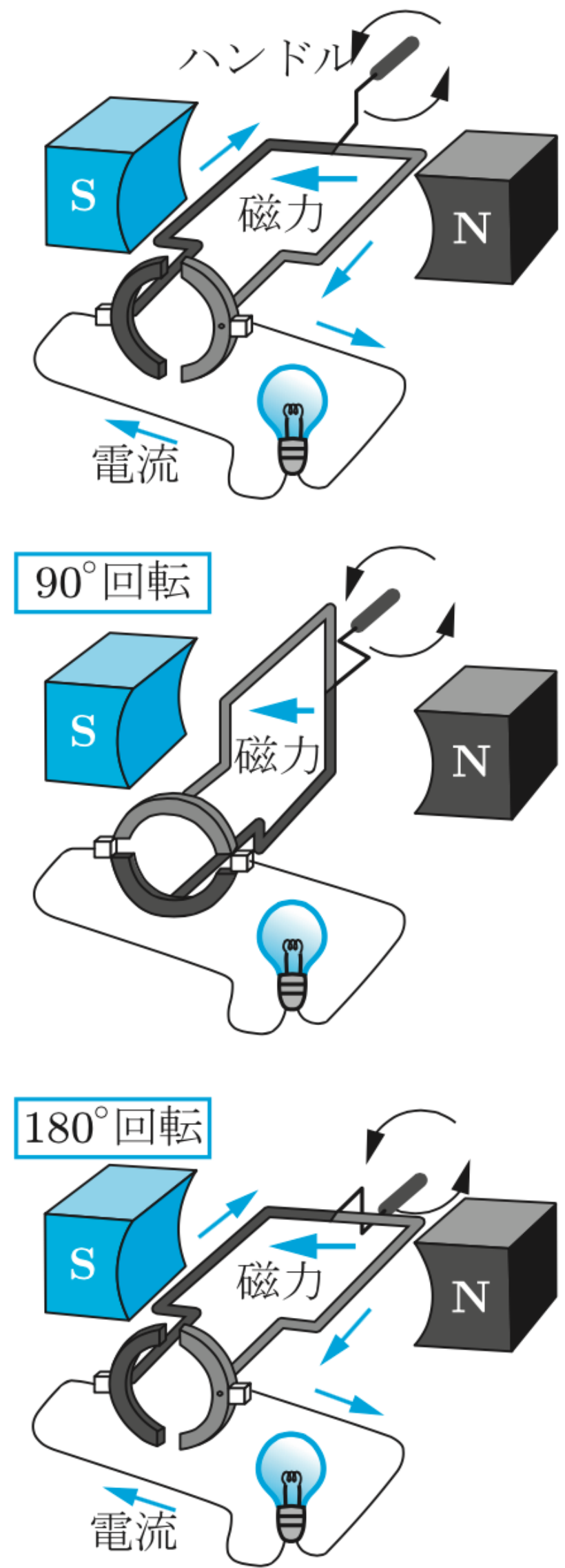
(a) 直流発電機の波形



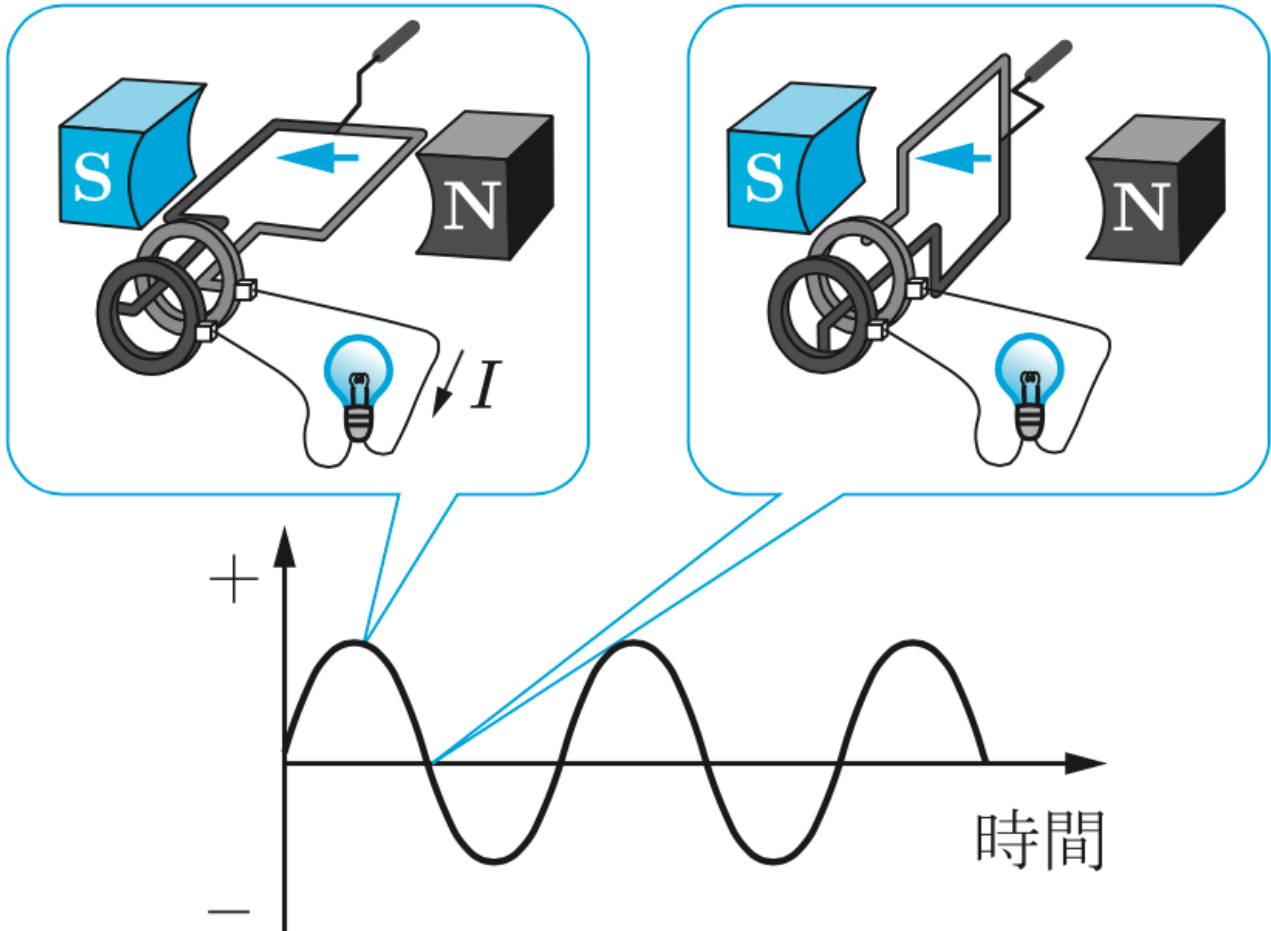
(b) 交流発電機の波形

発電機のしくみ

モーターと同じ装置で、力をいれて回すと、発電機になる。

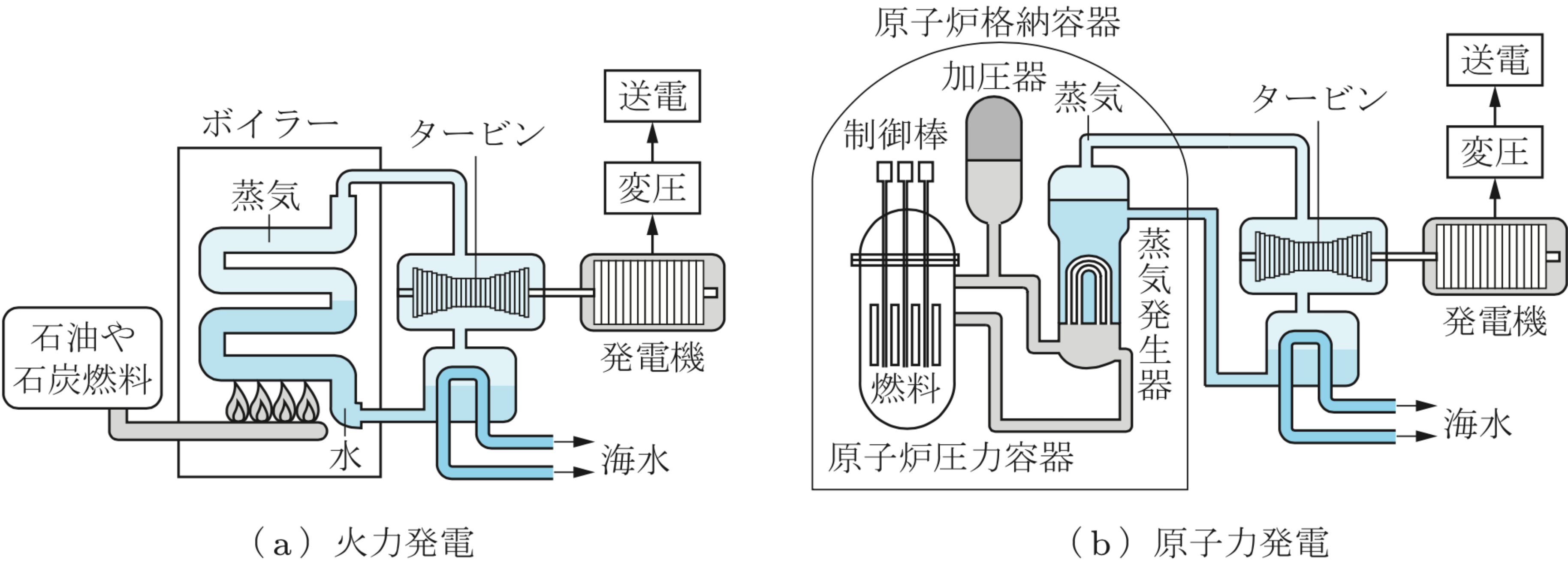


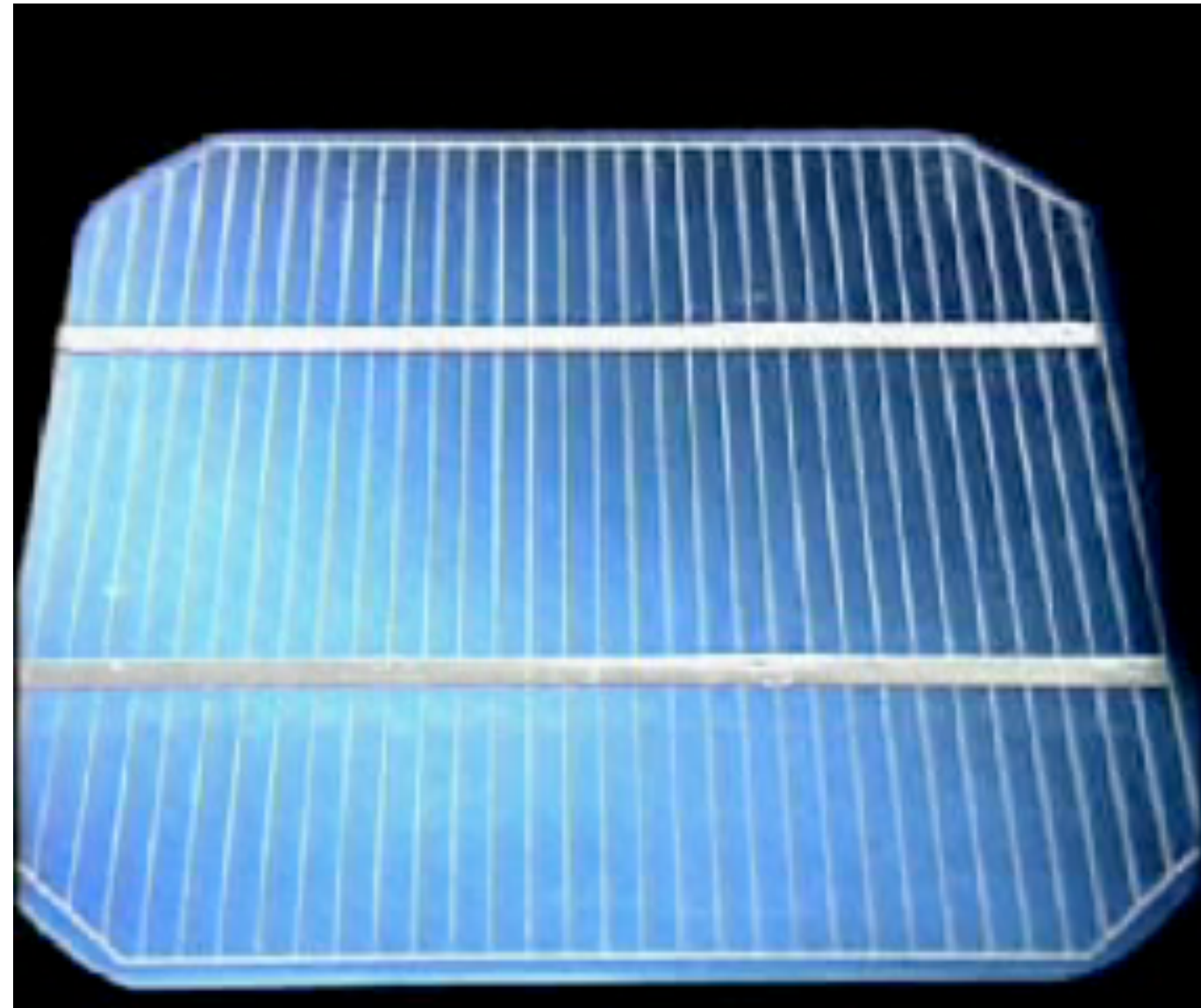
(a) 直流発電機の波形



(b) 交流発電機の波形

水力発電，火力発電，原子力発電，風力発電．．．
タービンを回す，という意味で同じ．





メリット
1

メンテナンスフリー

システムが比較的単純なため、一度設置するとほとんどメンテナンスが必要ありません。

メリット
2

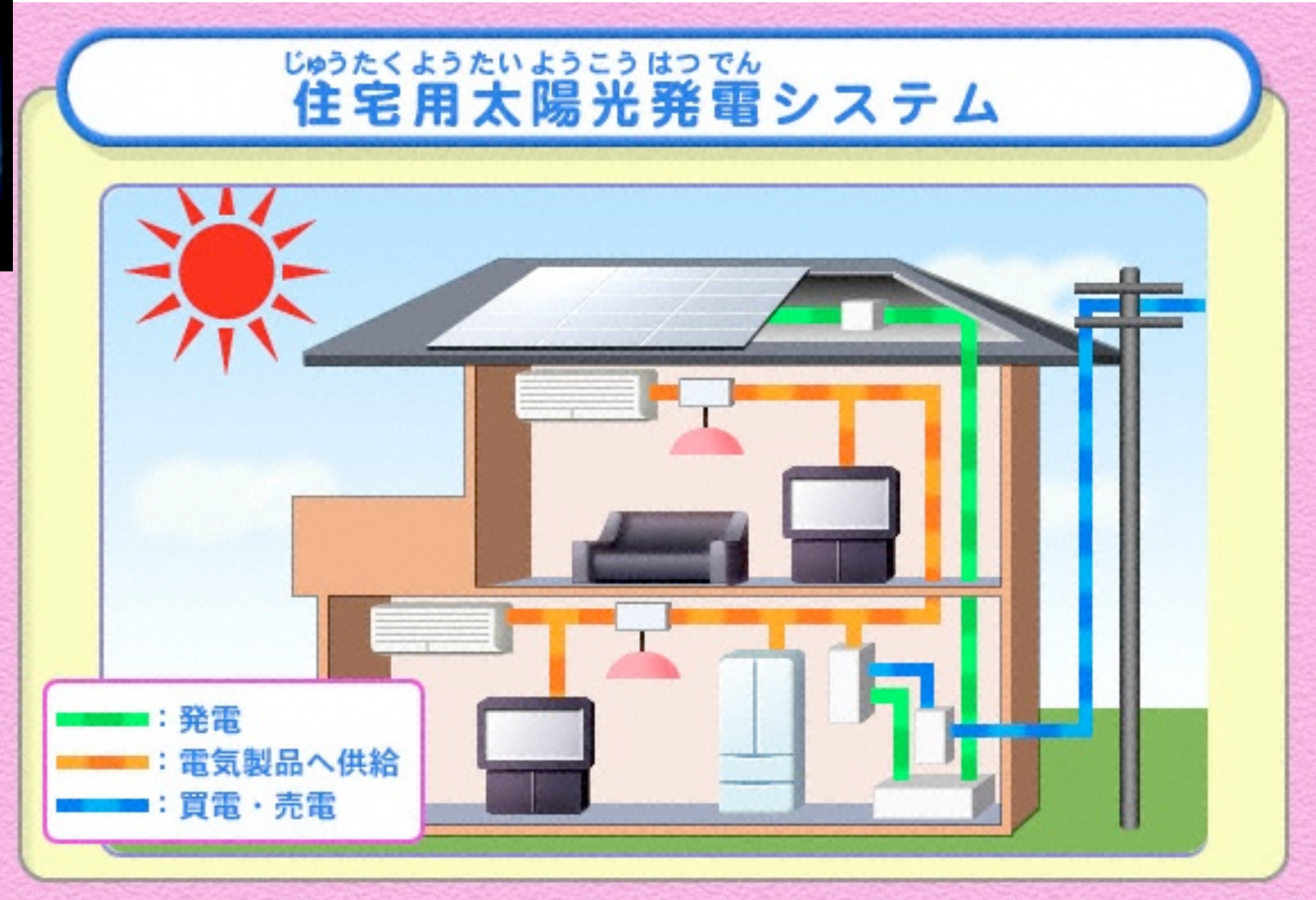
エネルギー源は太陽光

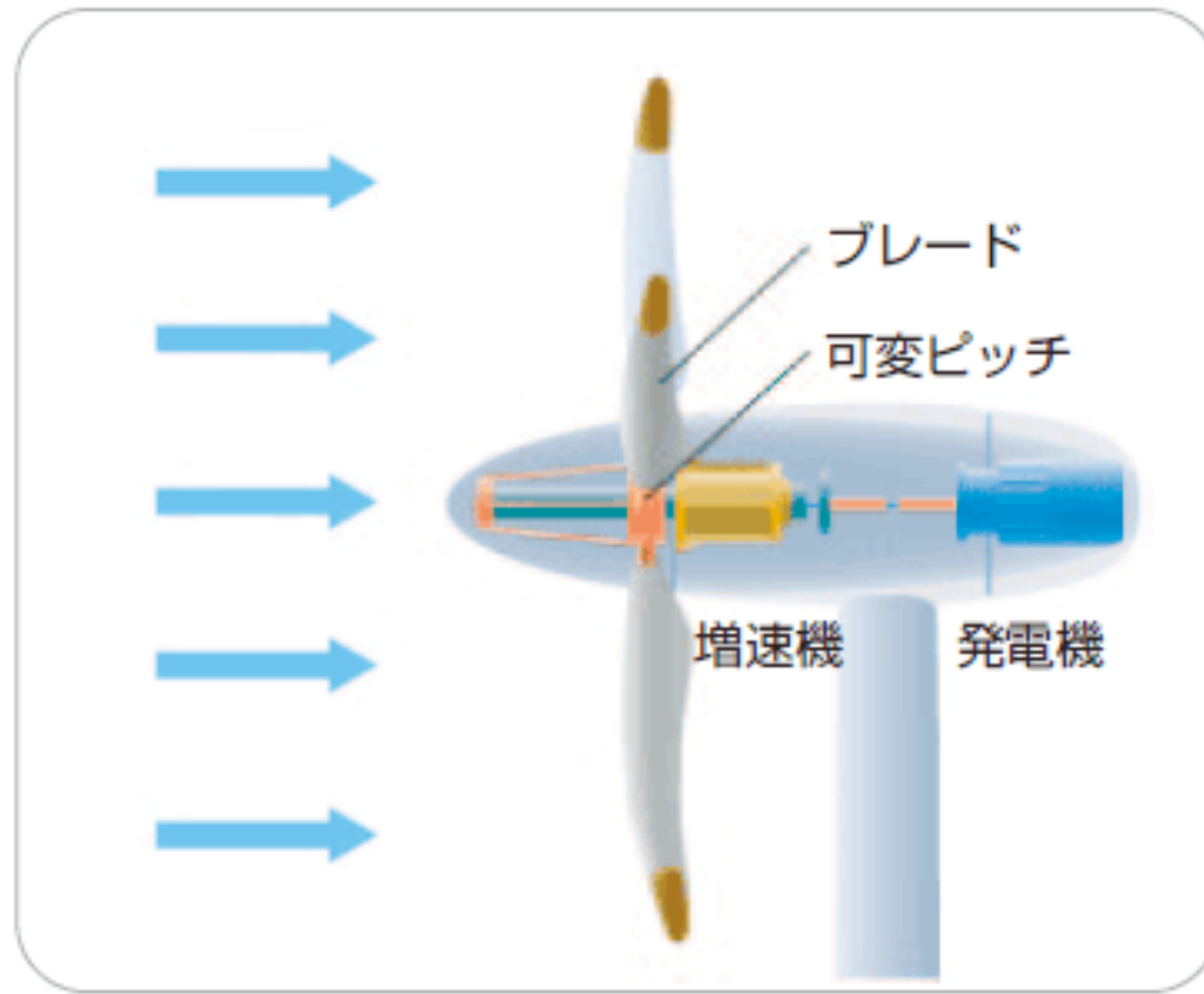
全国どこでも太陽光のある場所なら、基本的にどこでも設置することができます。

メリット
3

未利用スペースを有効活用

システムの規模（太陽電池の面積）を自由に決められるので、限られた未利用スペースに設置できます。





<http://www.f-kikakukoubou.jp/cocoeco/138>

メリット 1 発電コストが低い
新エネルギーの中では比較的発電コストが低いという特長があります。

メリット 2 夜間も稼働
風さえあれば昼夜を問わず年中稼働することができます。

メリット 3 変換効率が低い
風車は、風の持つエネルギーの約40%を利用でき、比較的変換効率が低いとされています。

<http://www.nef.or.jp/pamphlet/index.html>



IHクッキングヒーター(電磁調理器)

IH=Induction Heating 誘導加熱

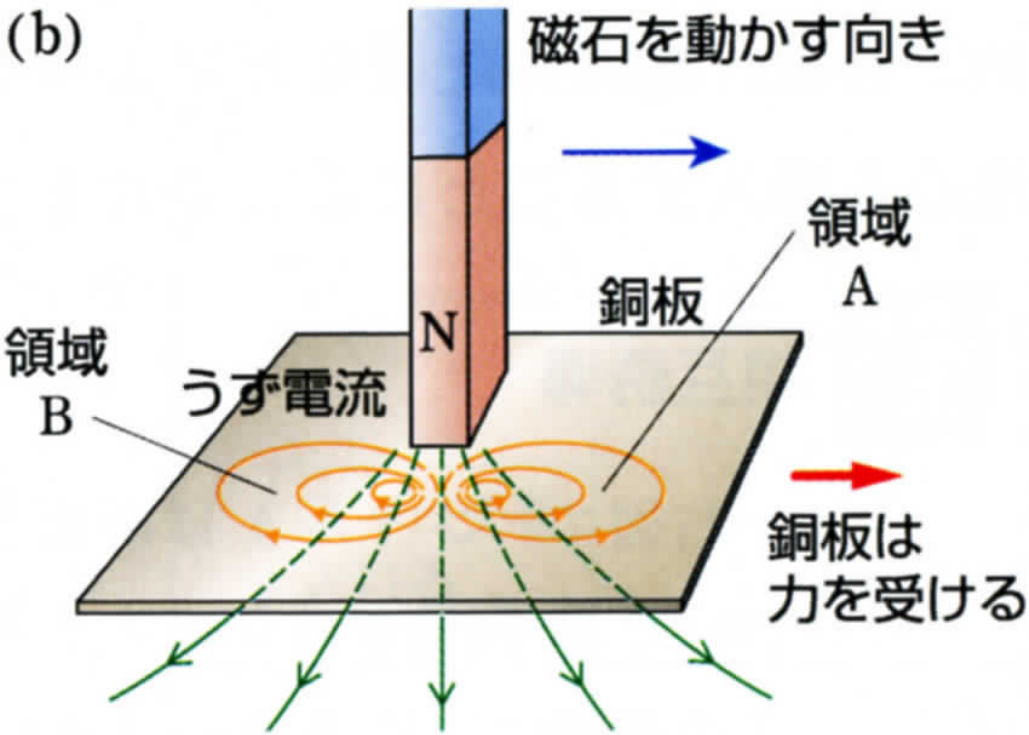
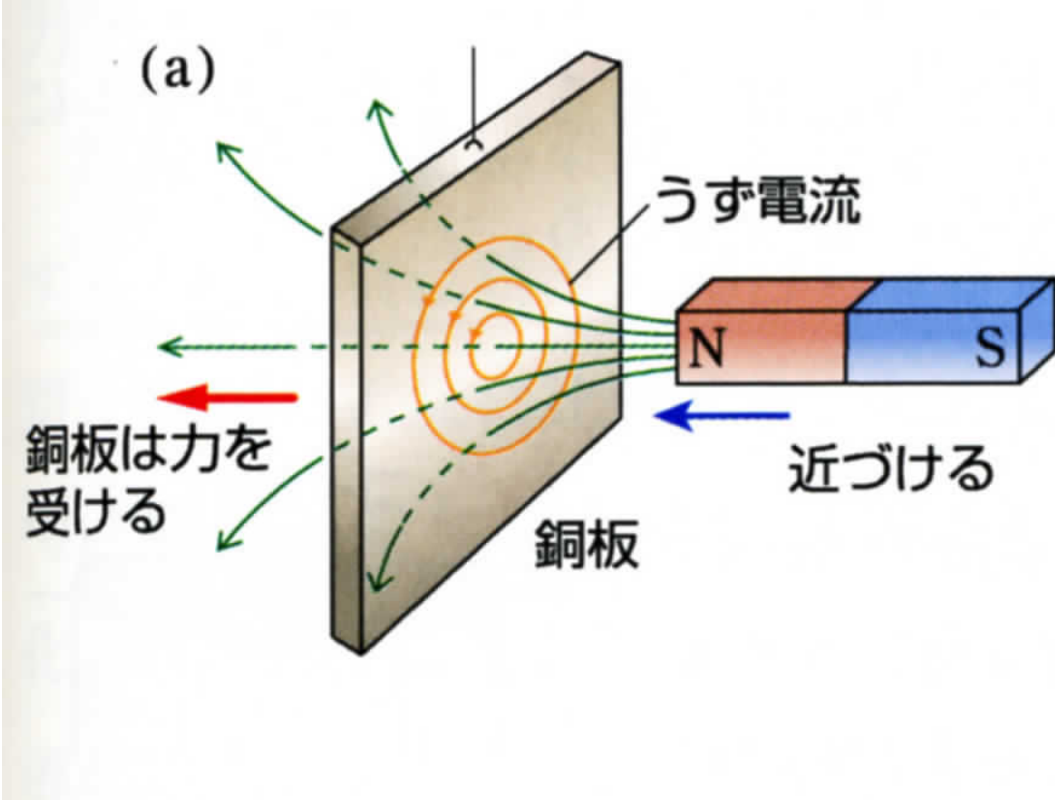
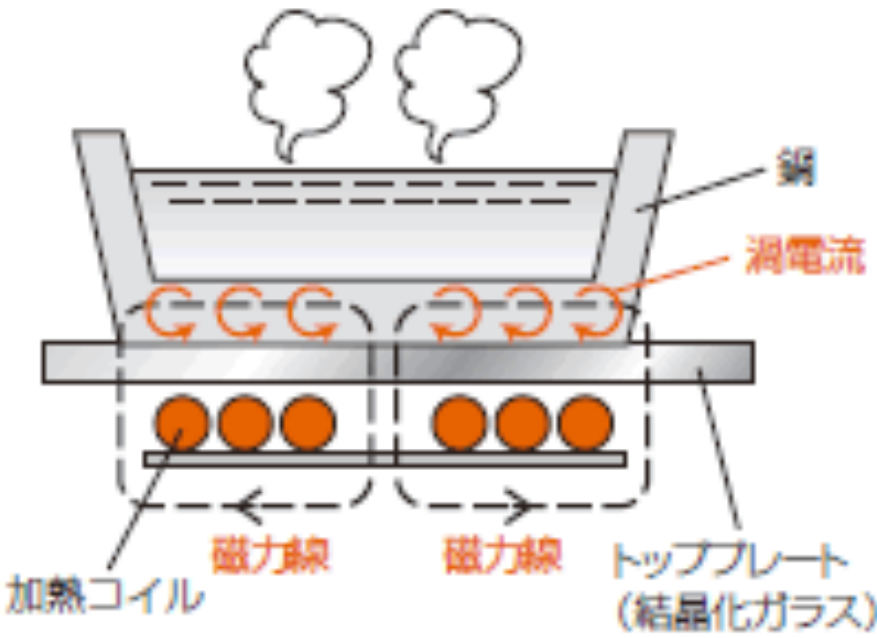
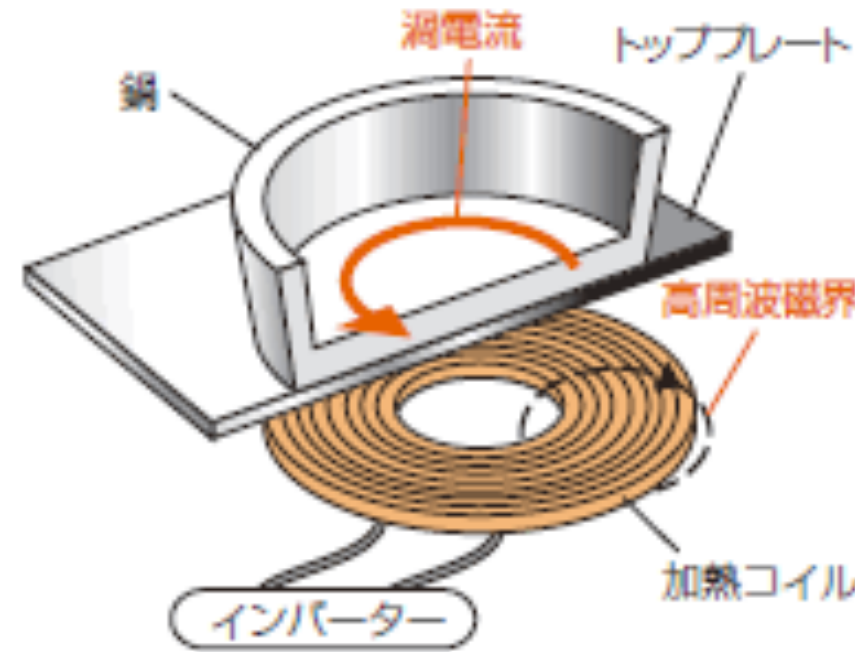


図1 IHクッキングヒーターの仕組み

■ 加熱の原理

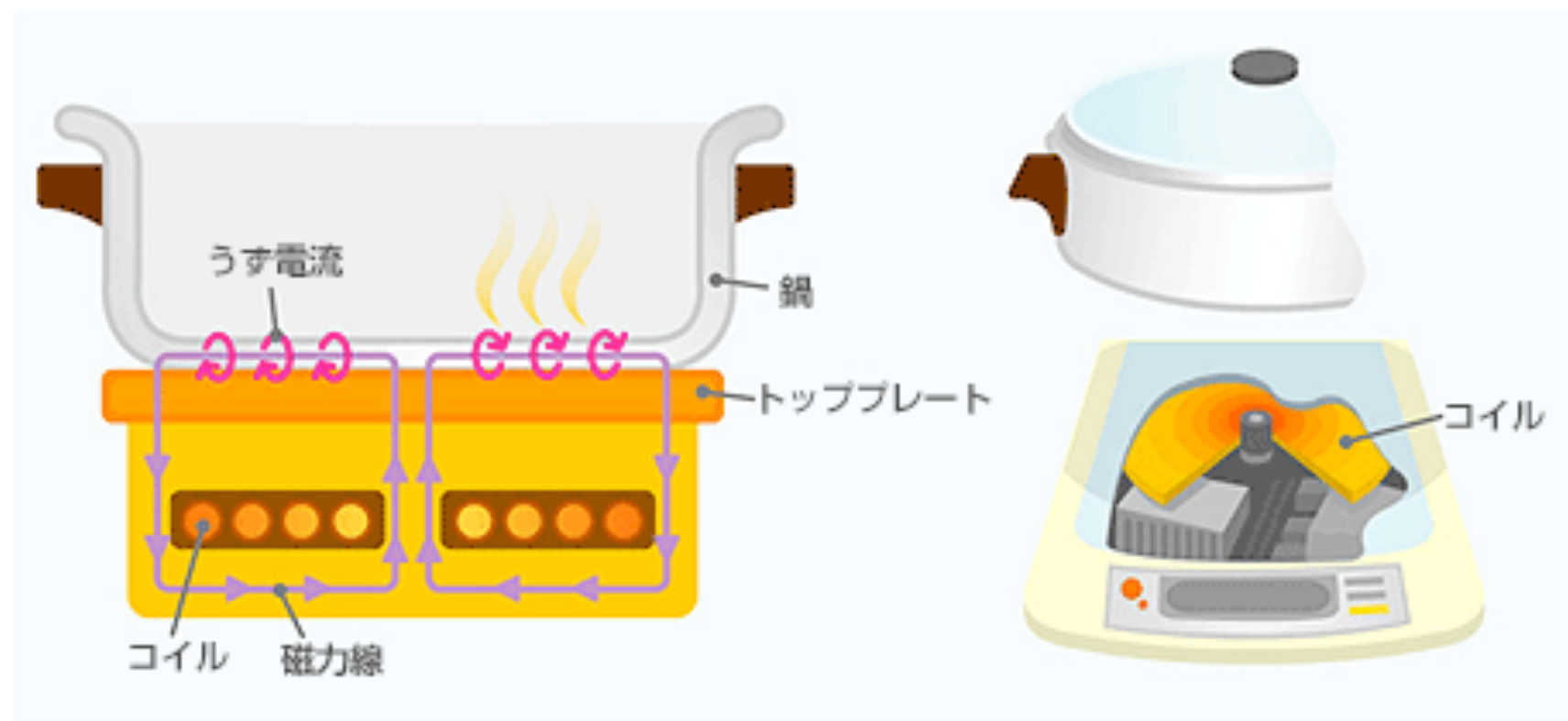


■ 内部の構造



IH調理器のしくみ

電磁調理器の仕組み



- 高周波の電気が流れる
- 磁力線が鍋を通る
- うず電流が発生する
- 電気抵抗により鍋が加熱する

抵抗の大きい金属ならば，ジュール熱が発生するので温まる．

==~~×~~銅やアルミなど電気抵抗の低い金属でできた鍋

==~~×~~底の薄い鍋

最近は，交流の周波数を上げて使える鍋の種類を増やしている製品も登場した

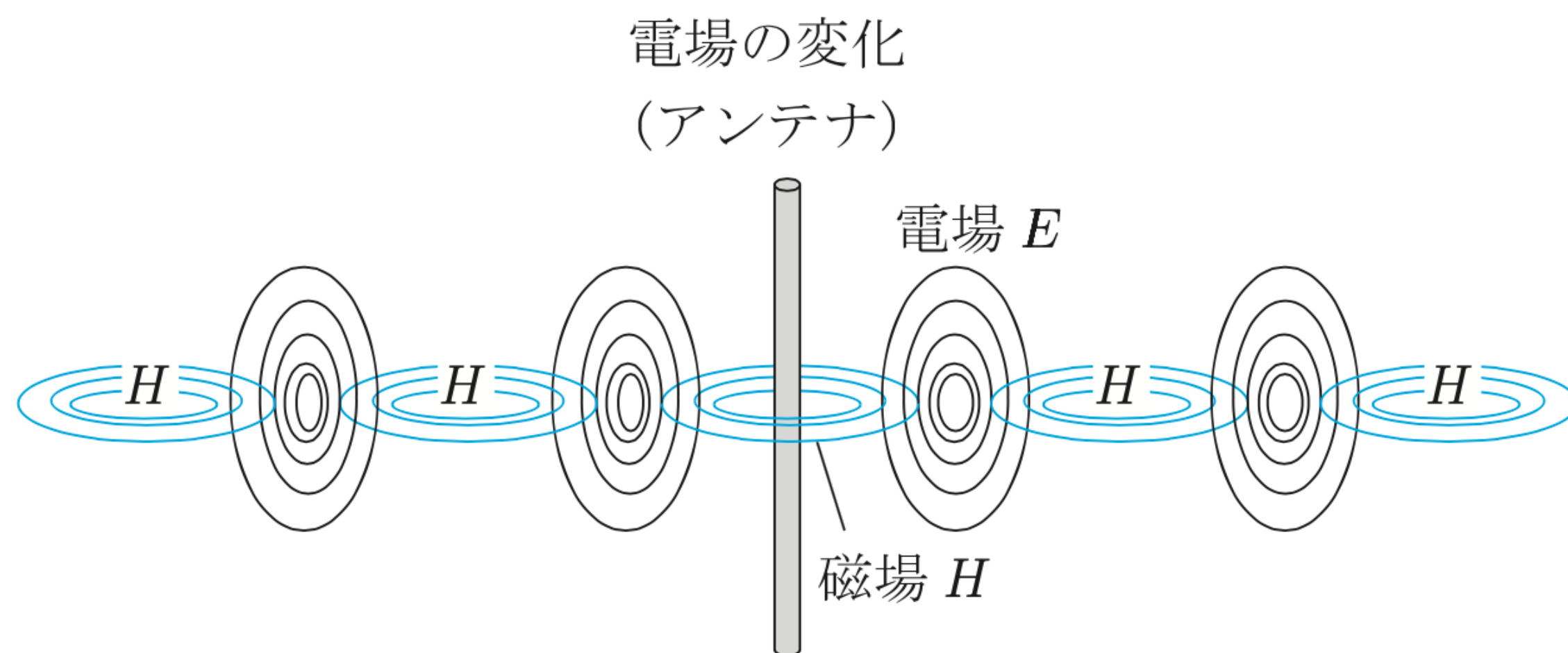
少しでも持ち上げると加熱されない．

<http://www.tdk.co.jp/techmag/knowledge/200501>

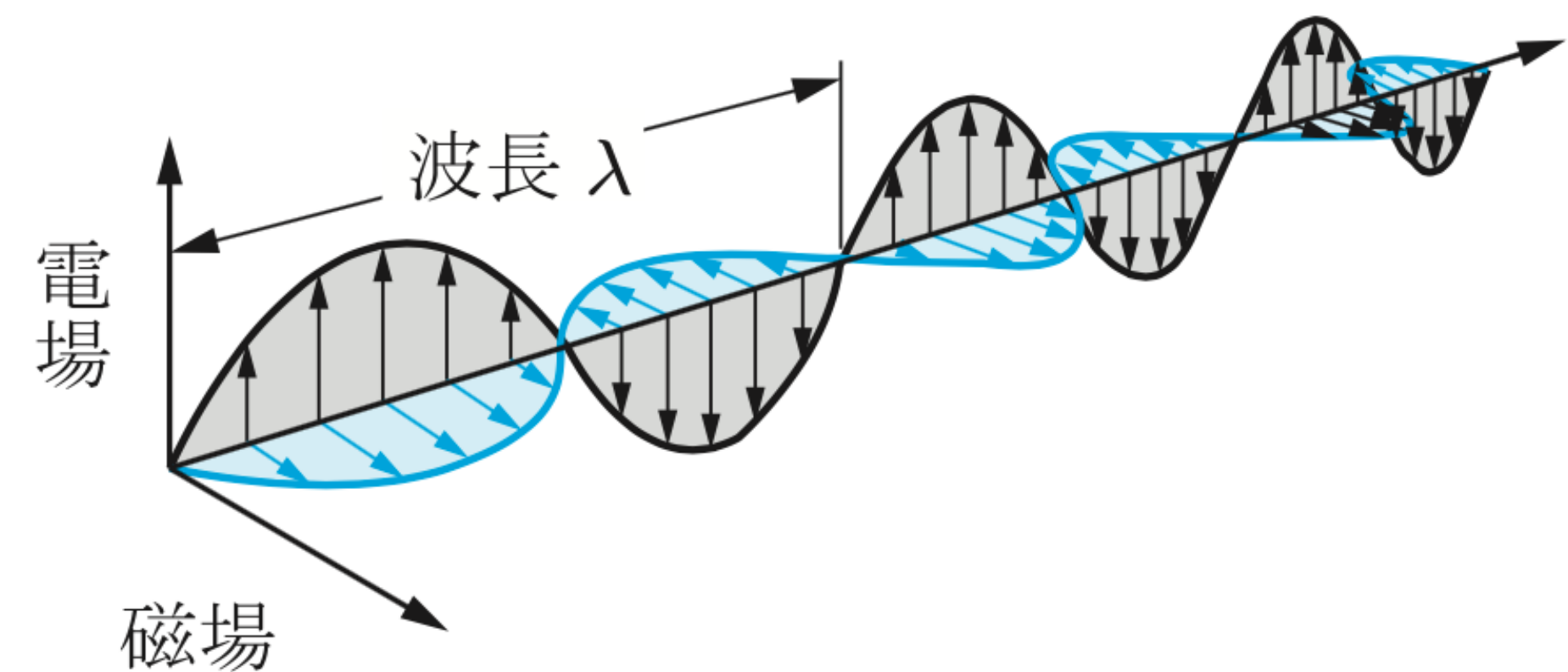
<http://panasonic.co.jp/ism/ih/>

電磁波

性質4: 電場と磁場が交互に電磁誘導を引き起こし、
電磁波として伝わる



(a) 電磁波の発生

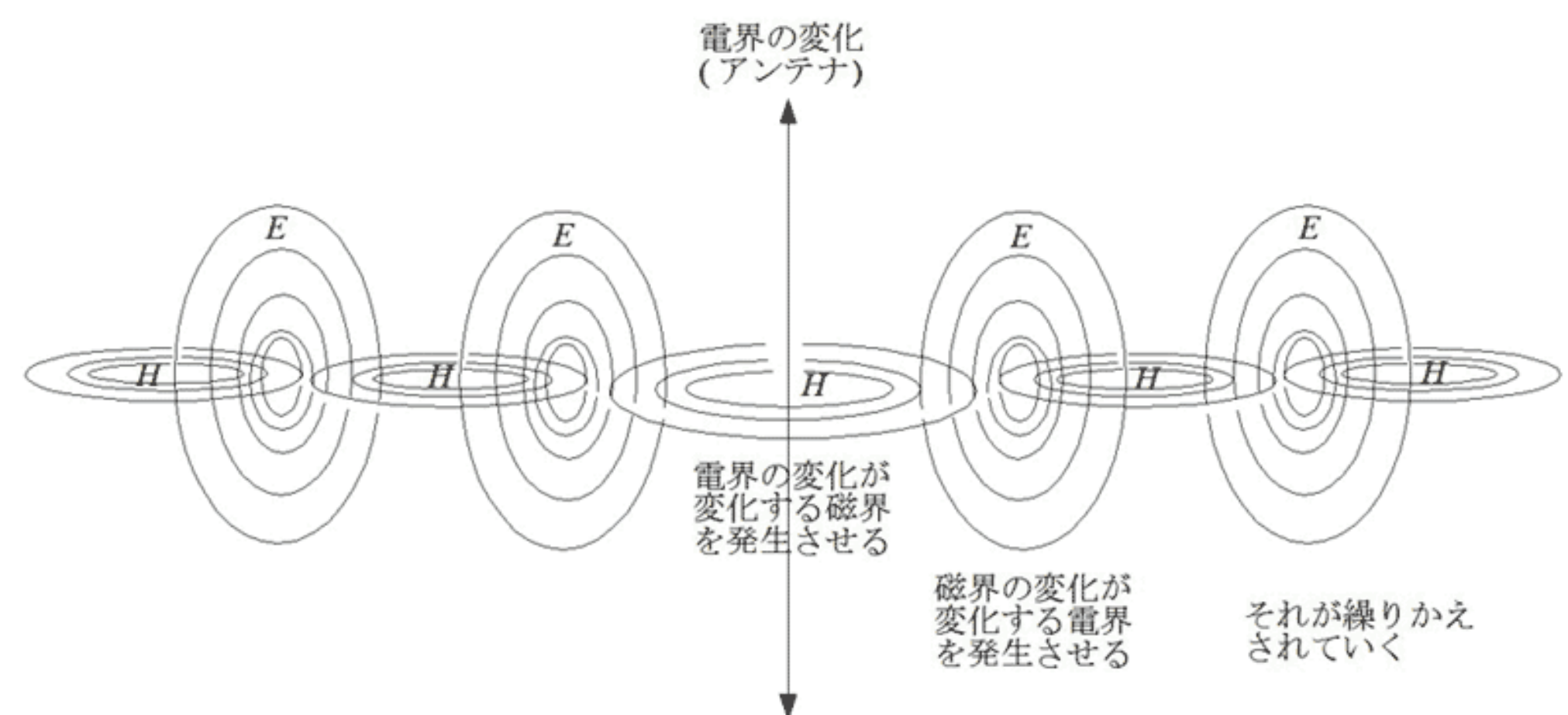


(b) 電磁波の伝播

光速 (秒速30万km) で伝わる

電波の発生のおくみ

電界と磁界が交互に発生し、空気の中を伝わっていく

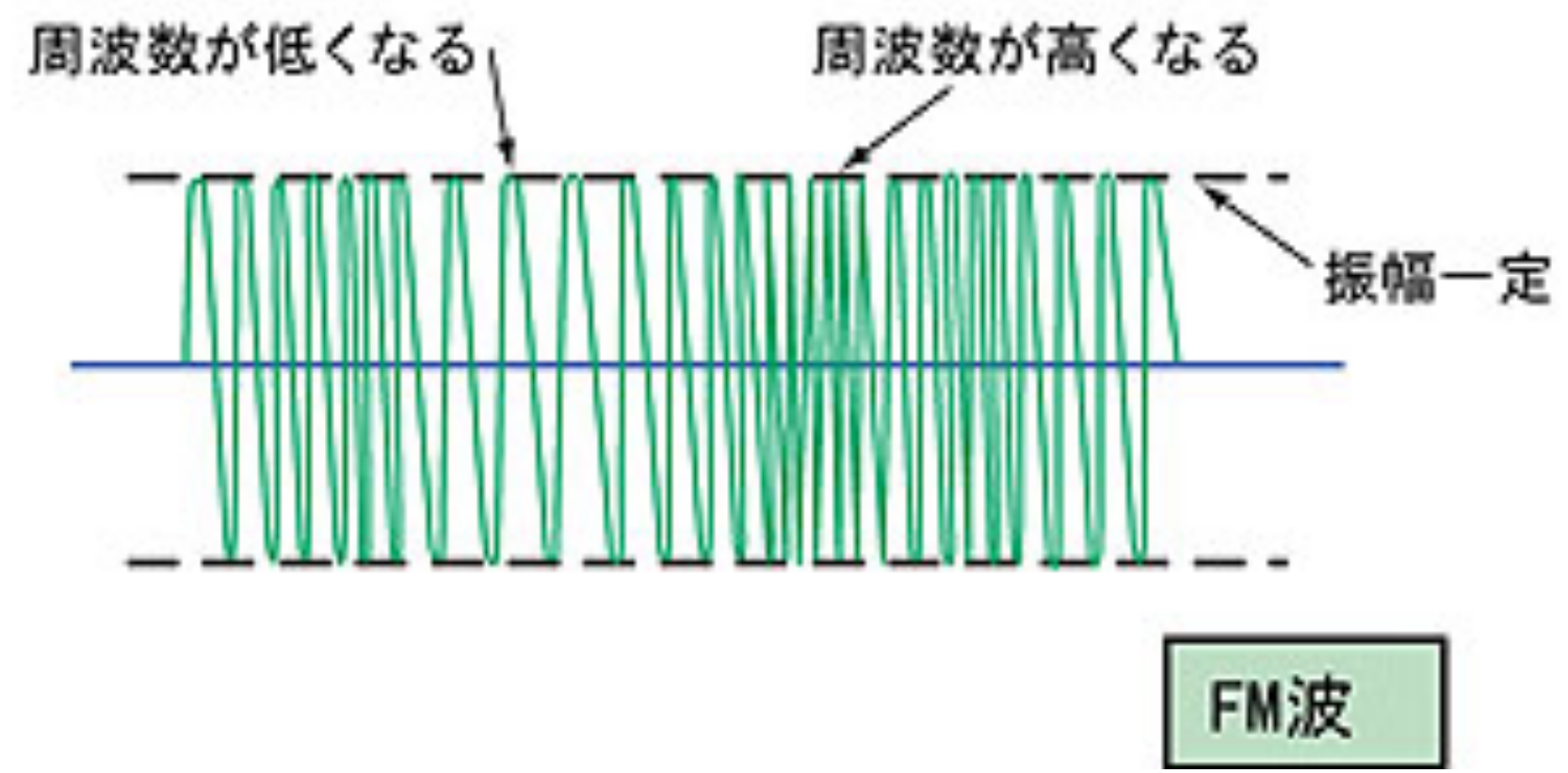
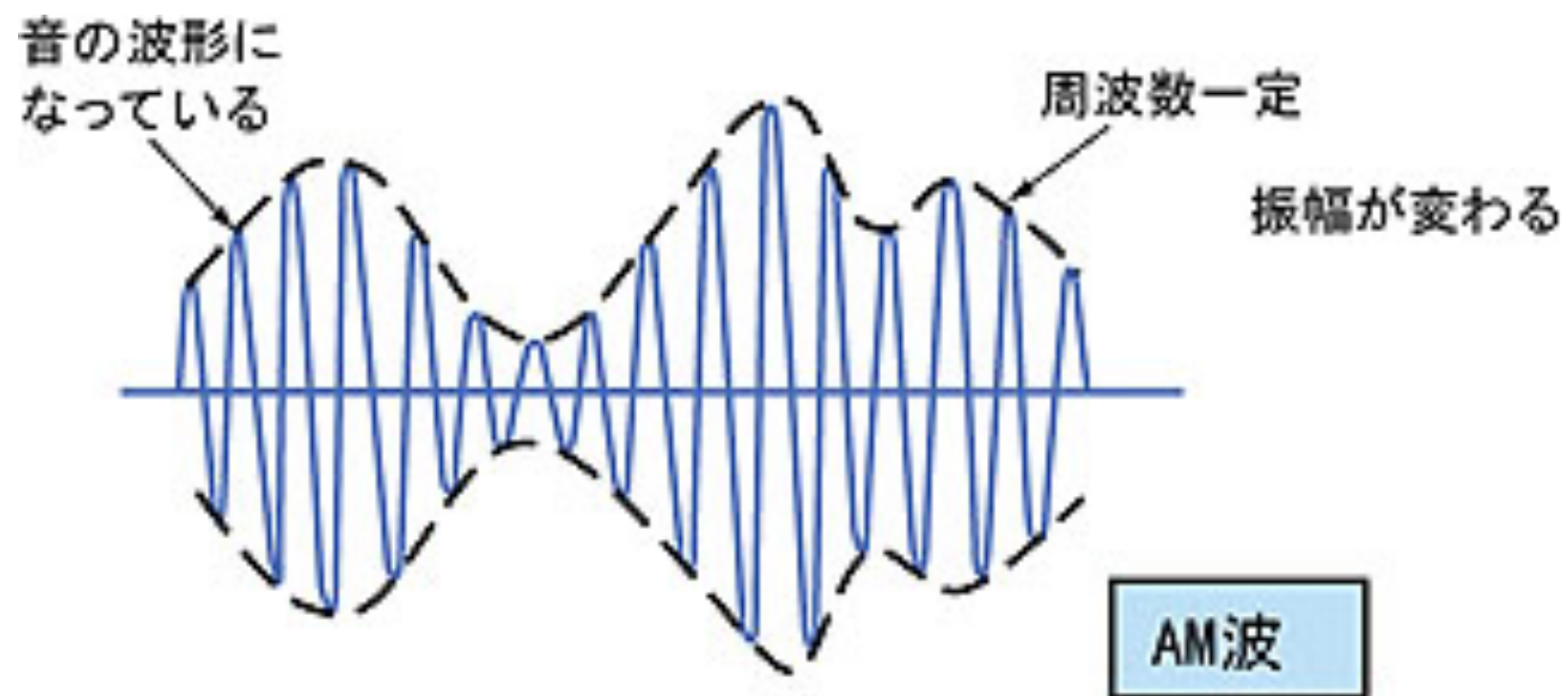


映像信号の場合

AM=Amplitude Modulation (振幅変調)

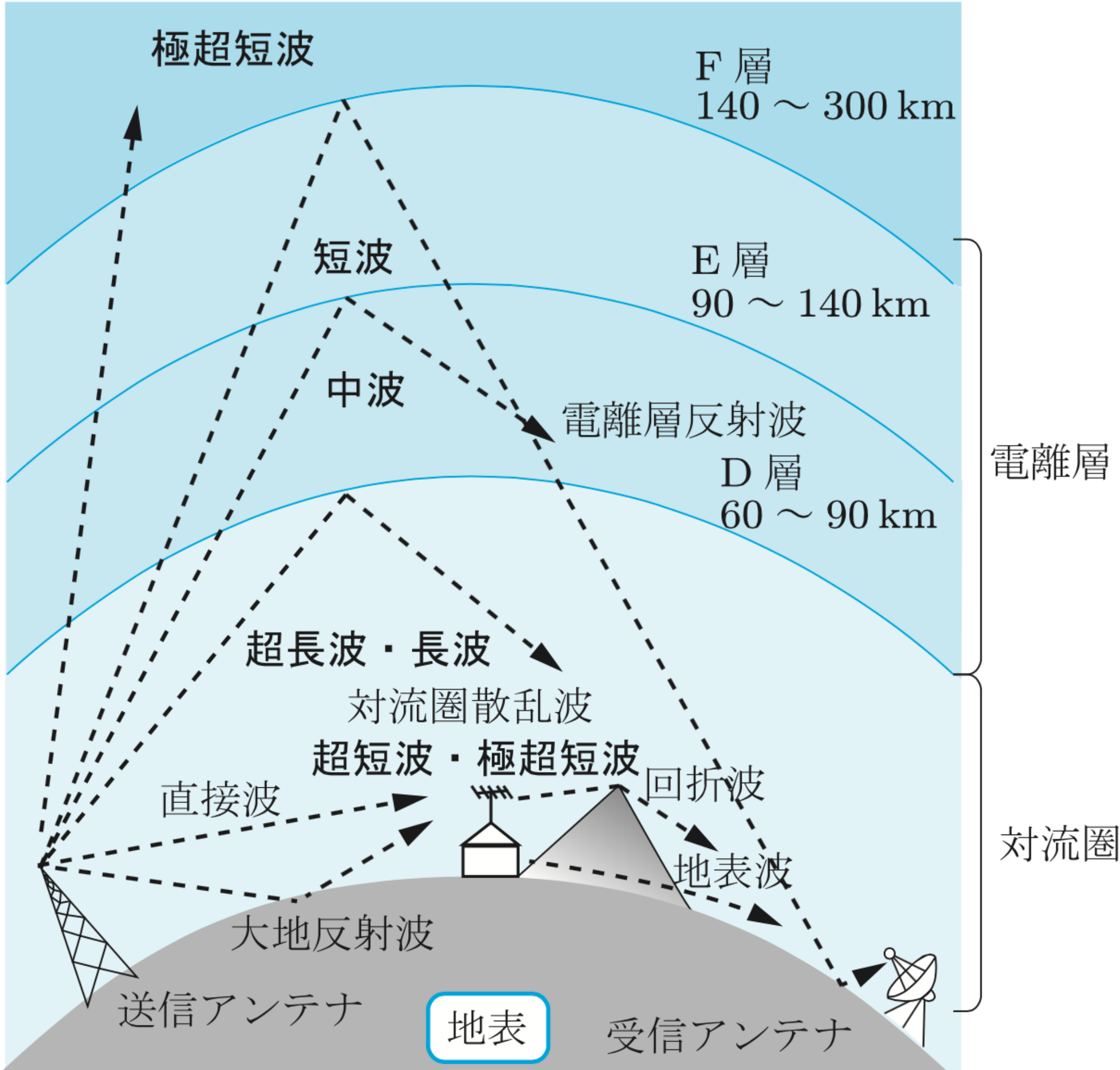
音声信号の場合

FM=Frequency Modulation (周波数変調)



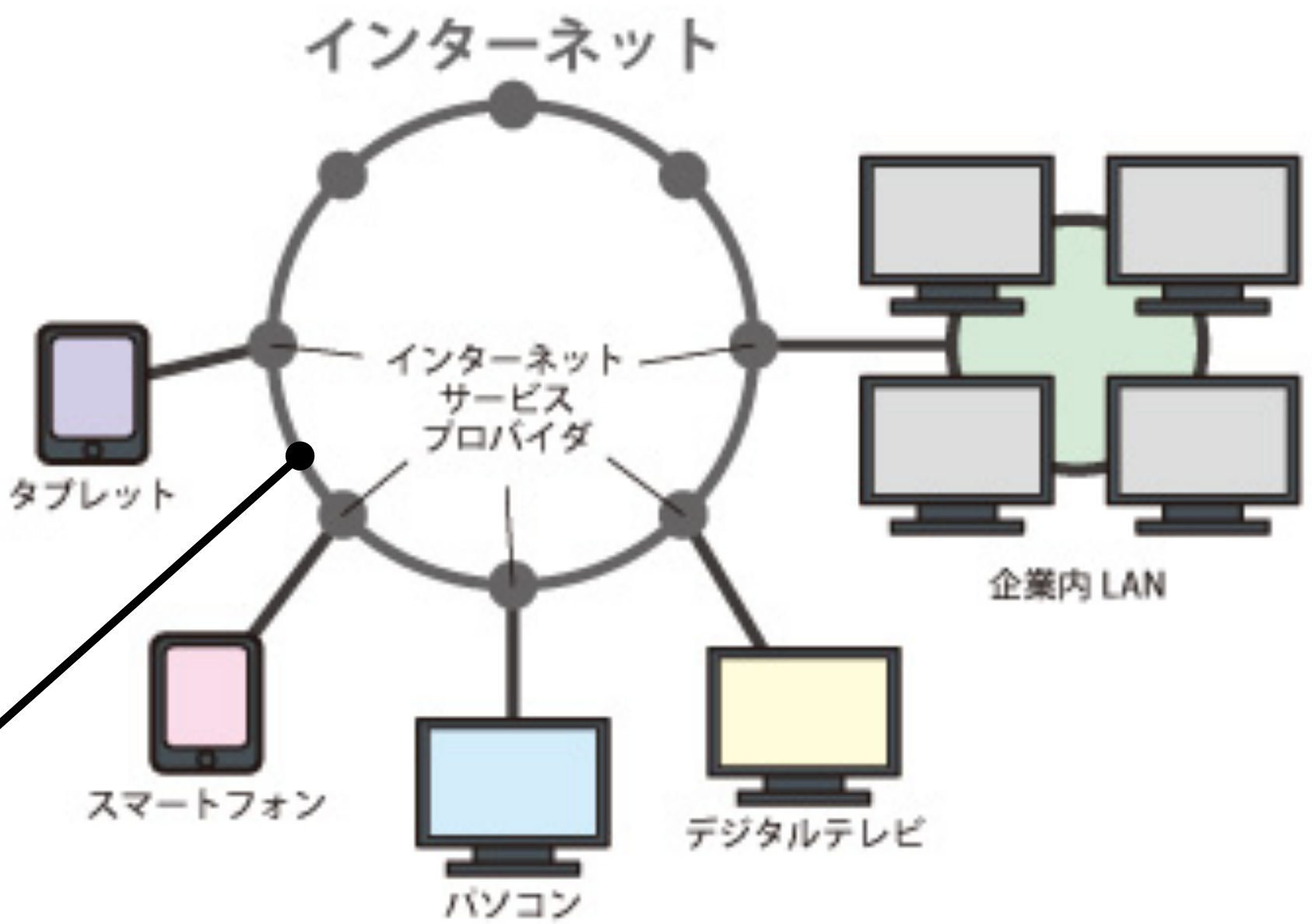
電磁波の利用

種類	周波数帯域	利用
VLF -超長波	3～30 KHz [波長 100～10Km]	電磁調理器, オメガ航法システム
LF -長波	30～300 KHz [波長 10～1Km]	船舶や飛行機の航行システム・電波時計
MF -中波	300 KHz ～3 MHz [波長 1Km～100m]	AM放送
HF・SF -短波	3 MHz ～ 30 MHz [波長 100m～10m]	国際放送、短波放送
VHF -超短波 (メートル波)	30 MHz ～ 300 MHz [波長 10m～1m]	VHF地上波放送 FM放送
UHF -極超短波 (マイクロ波)	300 MHz～3 GHz [波長 1m～10cm]	UHF放送, 海事無線、電子レンジ
SHF -センチ波 (マイクロ波)	3 GHz ～ 30 GHz [波長 1cm～1cm]	宇宙の衛星との交信, BS放送やCS放送 電波天文宇宙観測
EHF -ミリ波 (マイクロ波)	30 GHz～300 GHz [波長 1cm～1mm]	衛星間の通信 携帯電話



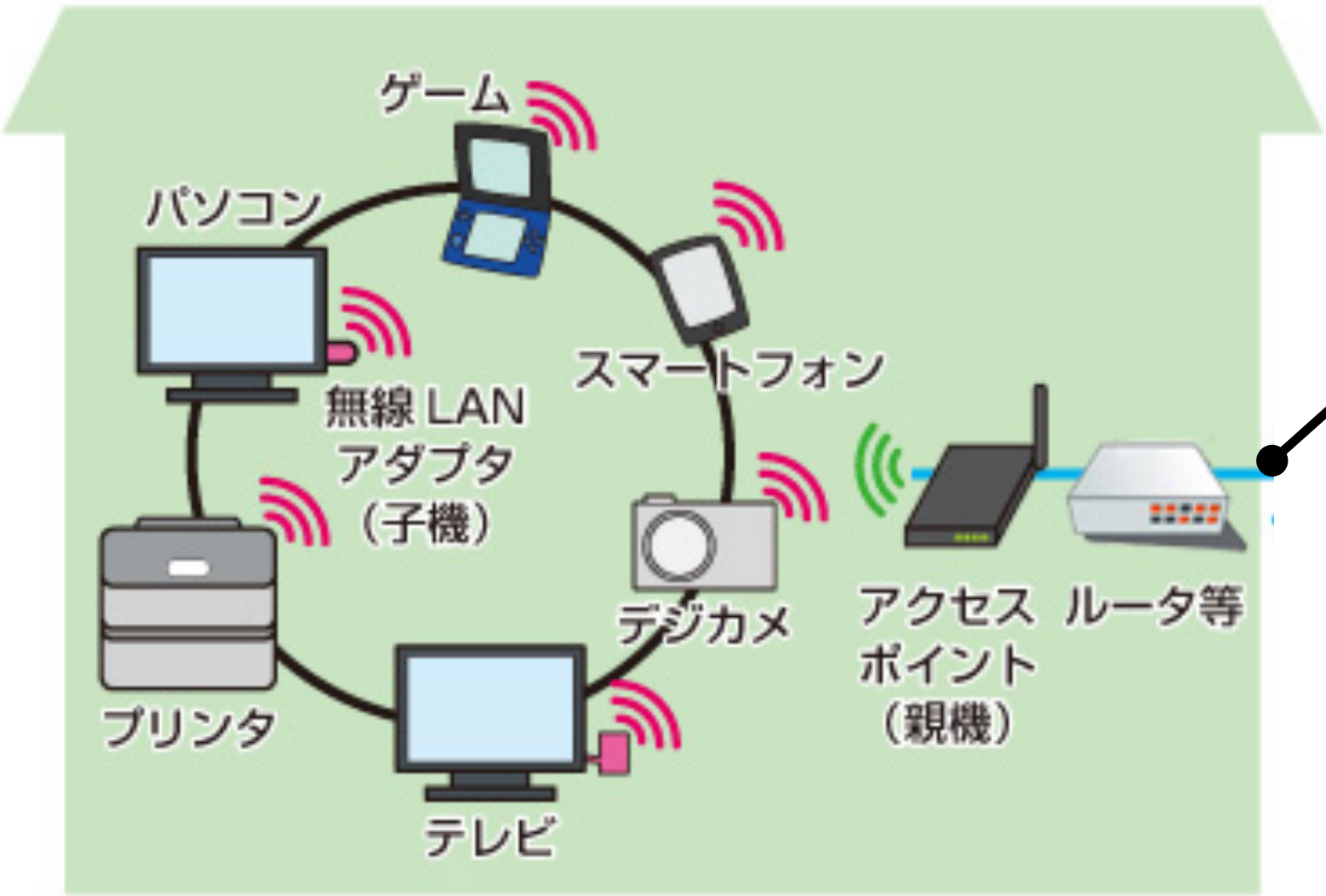
Wi-Fi (ワイファイ) = 無線LAN

「**Wireless Fidelity**」の略で、
「Wireless」 = 無線、「Fidelity」 = 忠実



IPアドレスの例： 198.51.123.1
IPv6アドレスの例：
2001:db8:bb5c:8008:2013:a219:2210:8103

IoT = Internet of Things



2011年7月24日

地上アナログテレビ放送が停波

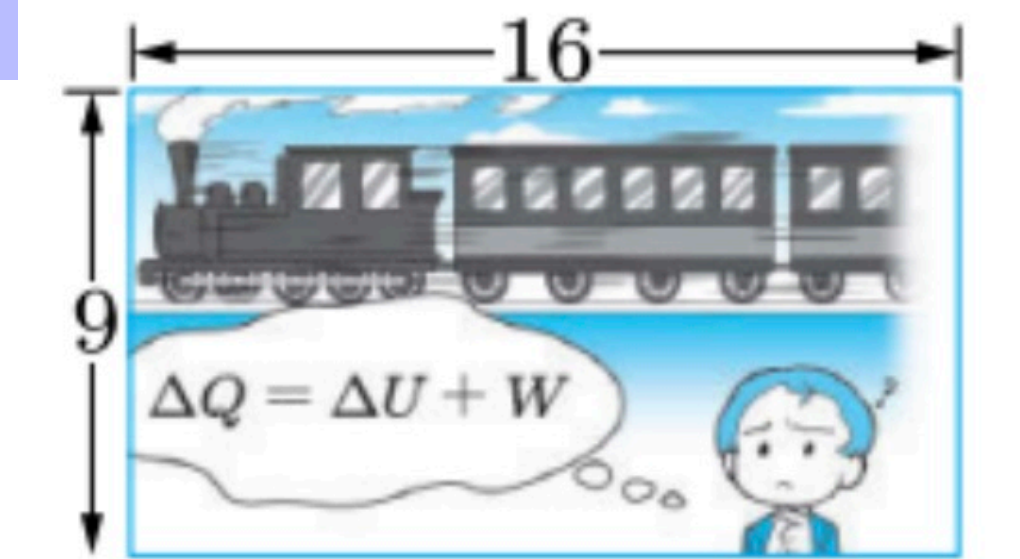
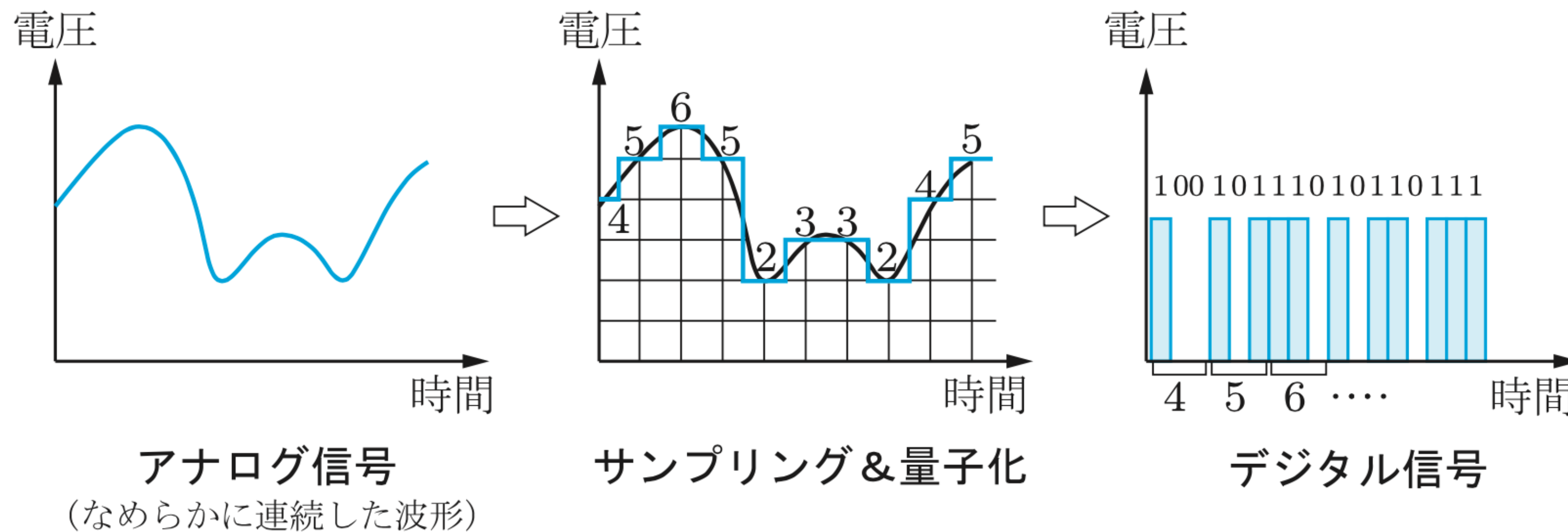
電波のデジタル化が必要な理由



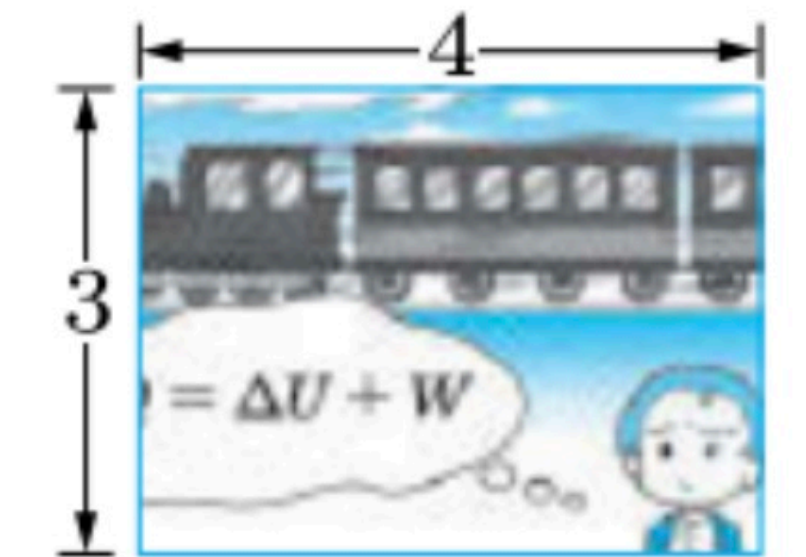
*従来は62チャンネル分の帯域をテレビの本放映用に使ってきたが、通信用の電波帯域が不足してきたため、テレビ用の帯域を効率化させ、空いた帯域を通信用に割り当てる



周波数の帯域を効率よく使い、通信用に割り当てるため、
デジタル化でテレビ画面の高精度、双方向へ
4:3（走査線525本）から 16:9（走査線1125本）へ

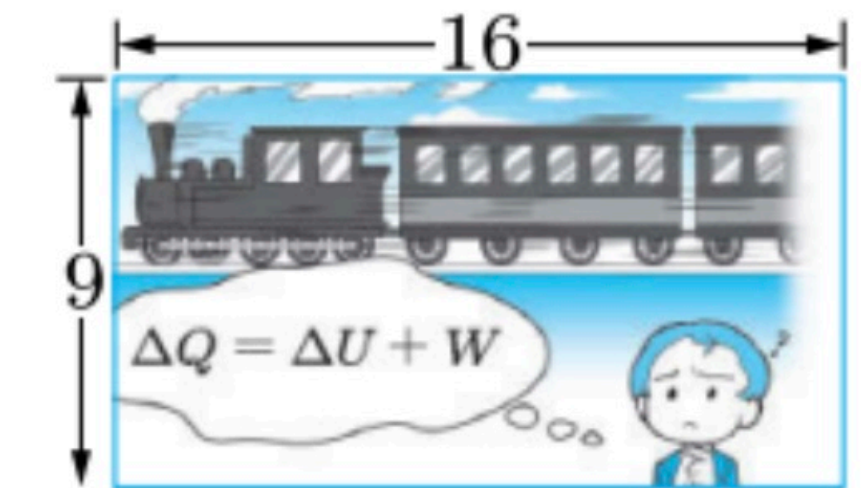
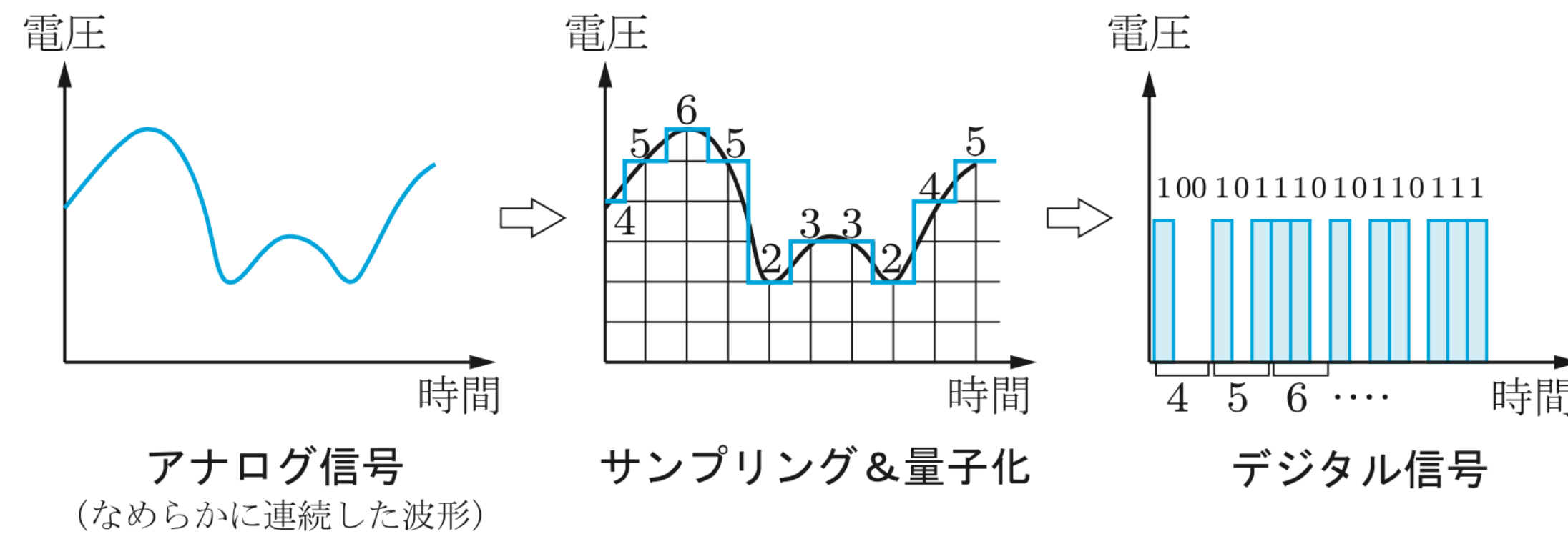


(a) ハイビジョン画質 (HD)
総走査線数 1125 本

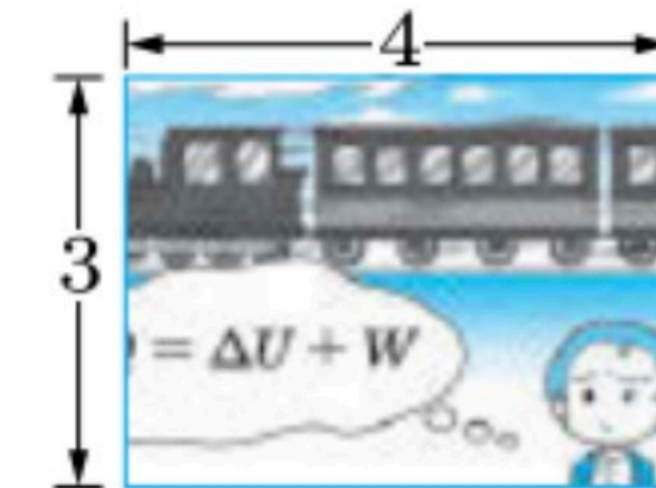


(b) 標準画質 (SD)
総走査線数 525 本

周波数の帯域を効率よく使い，通信用に割り当てるため，
デジタル化でテレビ画面の高精度，双方向へ
4:3（走査線525本）から 16:9（走査線1125本）へ



(a) ハイビジョン画質
(HD)
総走査線数 1125 本



(b) 標準画質(SD)
総走査線数 525 本

周波数の帯域を効率よく使い，通信用に割り当てるため。
デジタル化でテレビ画面の高精度，双方向へ

4:3（走査線525本）から 16:9（走査線1125本）へ

電子レンジ のしくみ

2450MHz の電磁波を照射し，共振によって水分子の振動を激しくすることで加熱する。



電子レンジを使用している時にワイヤレスイヤホンがぶつぶつと切れるのですがどのように電波が影響しているのでしょうか？

2450MHz の弱い電磁波が，周囲に発信される。ラジオの電波・wifiの電波に干渉する。
(そのため，最近の家庭用のwifi中継機には，2.5GHzと5GHzの2つのモードがある。)

2450MHz の電磁波を照射し、共振によって水分子の振動を激しくすることで加熱する。

したがって、

- ・水分を含んでいるものだけ加熱される。
 - ・ガラスや空の皿を入れても加熱されない。
 - ・金属を含む皿などを入れてはいけない。
 - ・卵をいれると爆発する。
-
- ・扉に金網が貼ってあるのは、静電遮蔽によって電磁波の漏れを防ぐためである。



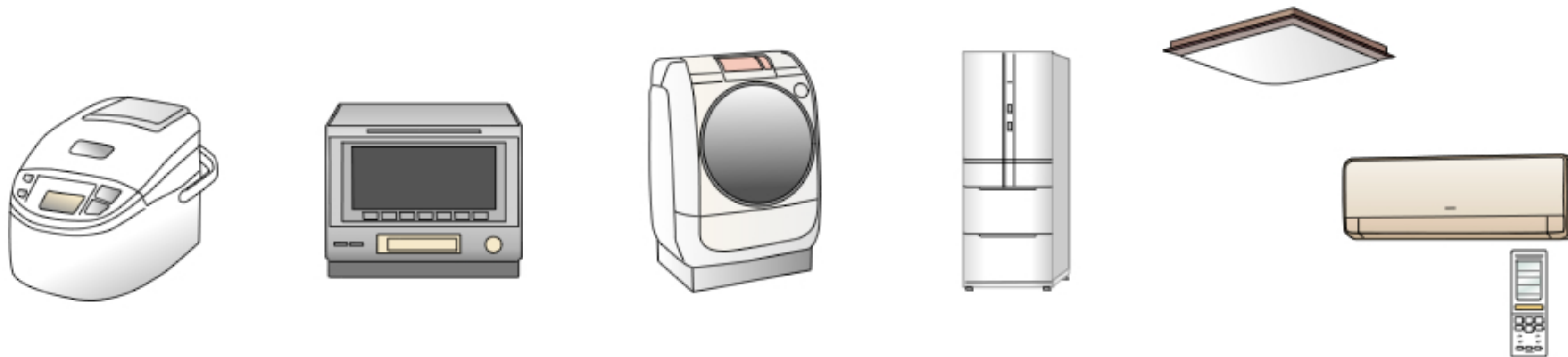
中の皿が回転する商品が大ヒットしたので、電子レンジの中は回転するもの、というイメージが強いが、電磁波の発信源が上下左右にあれば、回転させるメリットはない。

インバータ式〇〇

Inverter 逆変換回路（直流→交流）

交流モーターを動かすとき，モーターの回転速度は交流電源の周波数によって変わる．インバータと制御装置を組み合わせてモータをコントロールすることによって，**モータの回転数を変え，エアコンや冷蔵庫による温度を無駄なく一定に保とうとする製品**が「インバータ家電」．

蛍光灯でも，周波数を高めて明るさをアップし，チラツキも抑制する性能があるとして，「インバータ式蛍光灯」がある．



体組成計

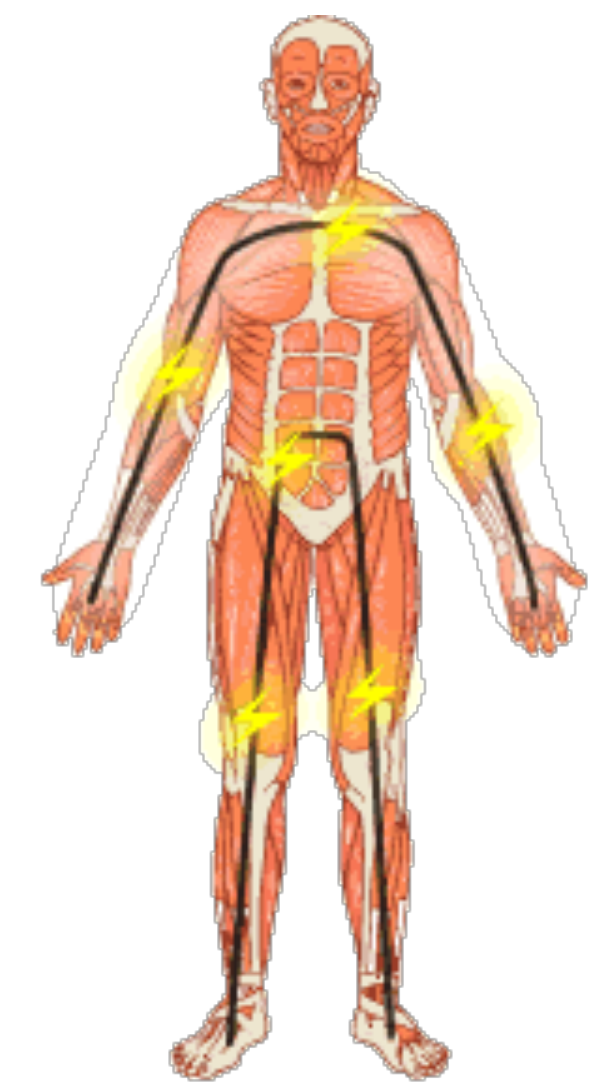
体重だけでなく体脂肪/筋肉/骨などの量を測定する器具.



「乗るだけ」タイプと、部位ごとに詳しく測れる「グリップ」タイプがあるが、どちらも**体内に微弱な電流を流し**，その反応を膨大なサンプルデータから**推測して表示する**。**直接体脂肪などを計測しているわけではない。**

朝起きてすぐと，1日活動した後の夕方以降とでは，体内の水分分布が大きく異なり，測定結果も変わる。

ちなみに、体組成を計測するタイミングとしては，1日活動して帰宅し，食事を取る前，かつ，お風呂に入る前が最も適しているという。



筋肉と体脂肪の電気抵抗の違いにより
体脂肪率を測定することができます



図 71: (左) アホウドリとイヌワシの翼形状を採用したエアコン室外機の送風ファン.
(中左) トンボの羽のように凹凸を増やした空気清浄機のファン.
(中右) イルカの表皮しわとイルカの尾ビレの形状を模倣した洗濯機のパルセーター.
(右) 猫の舌を再現した凹凸が設けられているサイクロン掃除機の圧縮ブレード. [10]

原子力＝「人類の夢の産物」
と言われた時代もあった。

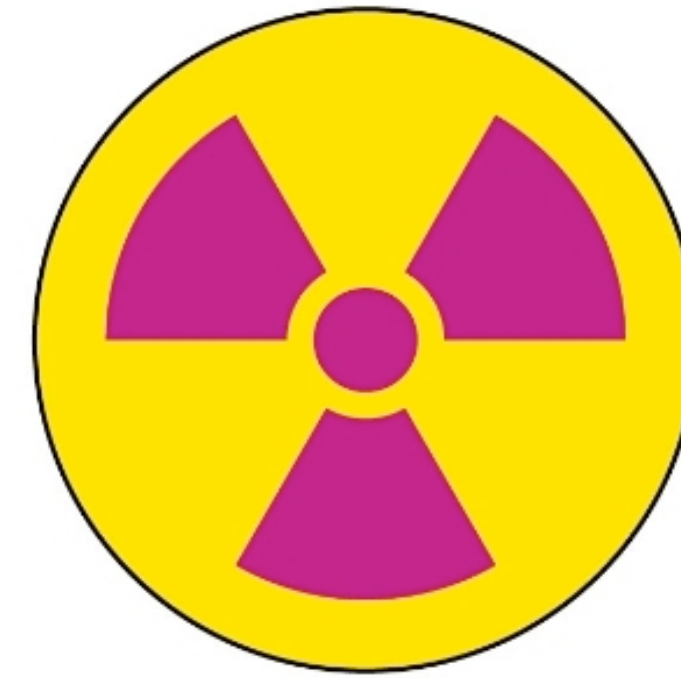
1895年 レントゲン 放射線発見

1945年 原子爆弾開発

1952年 水素爆弾開発

1954年 原子力発電開始（ソビエト）

2011年 東日本大震災 福島原発事故



1896年1月23日にレントゲンが撮影した妻の手のX線写真。

原子核の構造

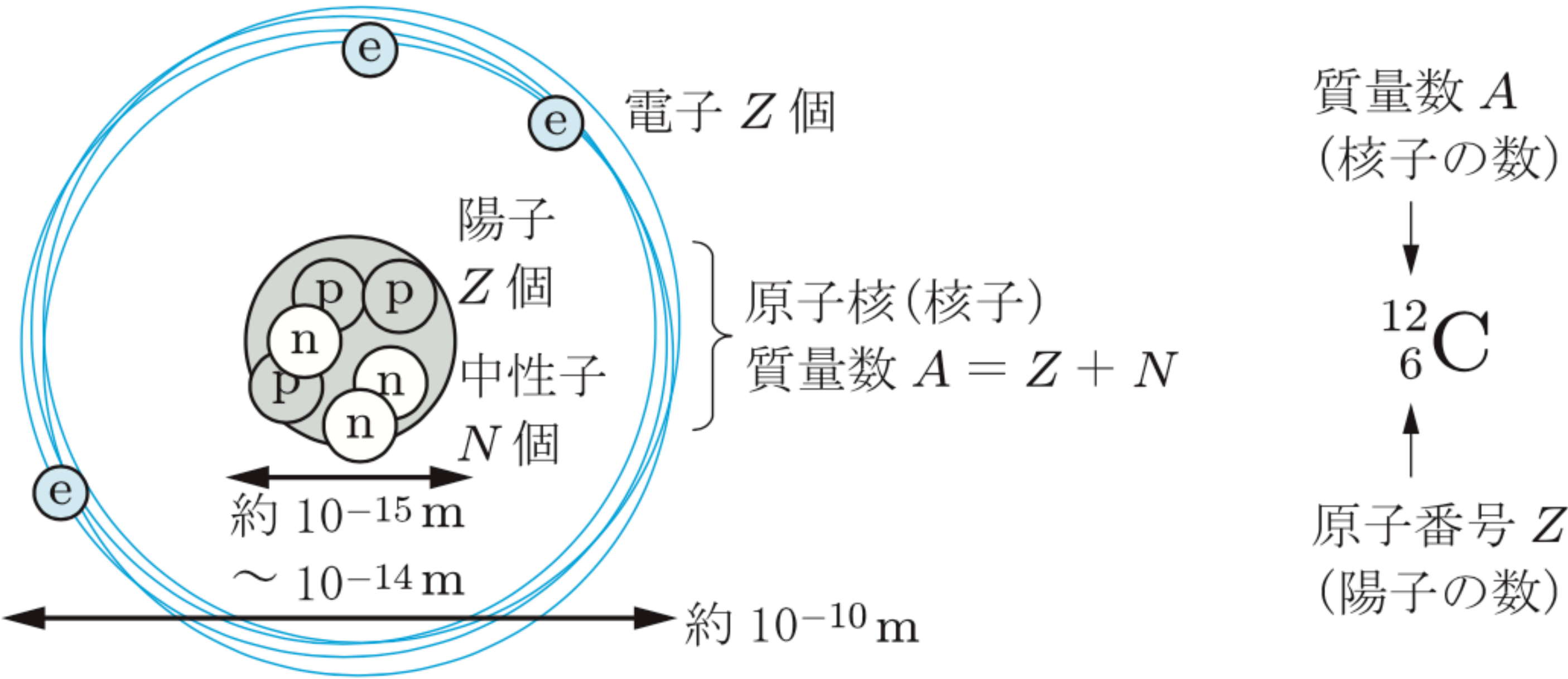


表 7.1 電子，陽子，中性子のデータ

記号			電気量	質量 [kg]	質量 [u]	質量比
電子	e	electron	$-e$	$9.10938188 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$1/1823 \text{ u}$	1
陽子	p	proton	$+e$	$1.67262158 \times 10^{-27} \text{ kg}$	1.00728 u	1836.15
中性子	n	neutron	0	$1.67492735 \times 10^{-27} \text{ kg}$	1.00866 u	1838.68

定義 元素記号

元素記号 X は，左上側に質量数（＝陽子数＋中性子数），左下側に原子番号（＝陽子数）を記入して，次のように表す．

$$^A_Z X = \begin{matrix} \text{質量数} \\ \text{原子番号} \end{matrix} \text{元素記号} \tag{7.1}$$

水素は ^1_1H ，ヘリウムは ^4_2He ，中性子は ^1_0n となる．水素の原子核は陽子そのものである．ヘリウムの原子核は α 粒子とも呼ばれる．

教科書 vi—vii

60

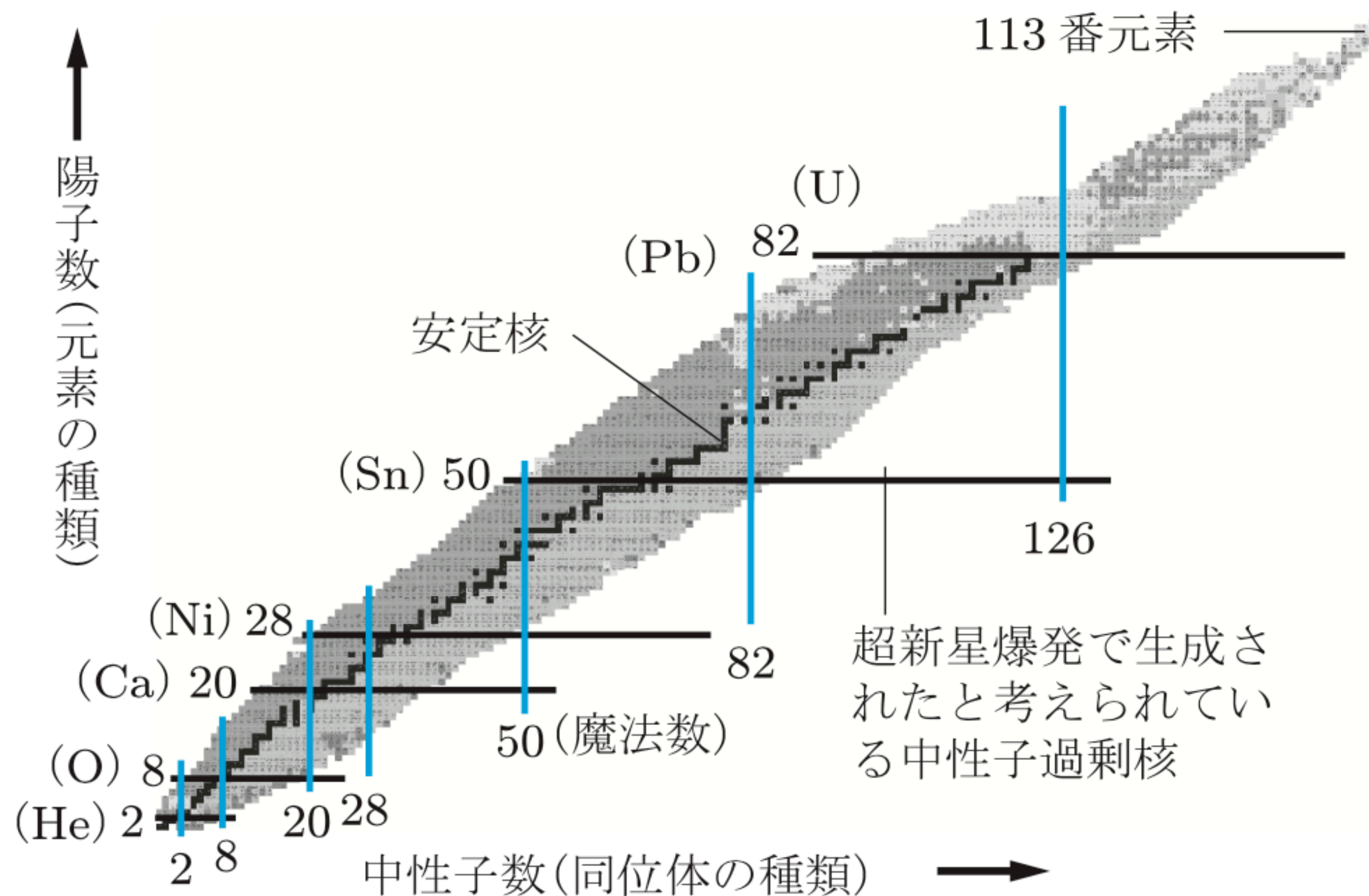
同位体 (isotope)

原子番号が同じでも，中性子数が違う原子が存在する．それらを**同位体**という．同位体には，安定なものと不安定で他のものに崩壊してゆくものがある．

表 7.2 同位体の例

名称		記号	陽子の数	中性子の数	質量 [u]	存在比	半減期
水素	水素 1 (軽水素)	^1_1H	1	0	1.0078	0.999885	
	水素 2 (重水素)	^2_1H , D		1	2.0141	0.000115	
	水素 3 (三重水素)	^3_1H , T		2	3.0160	微量	12.32 年でヘリウム 3 に
炭素	炭素 12	$^{12}_6\text{C}$	6	6	12	0.9893	
	炭素 13	$^{13}_6\text{C}$		7	13.0034	0.0107	
	炭素 14	$^{14}_6\text{C}$		8	14.0032	微量	5730 年で窒素 14 に
ウラン	ウラン 234	$^{234}_{92}\text{U}$	92	142	234.0409	0.000054	25 万 5 千年でトリウム 230 へ
	ウラン 235	$^{235}_{92}\text{U}$		143	235.0439	0.007204	7 億 380 万年でトリウム 231 へ
	ウラン 238	$^{238}_{92}\text{U}$		146	238.0508	0.992742	44 億 6800 万年でトリウム 234 へ

核図表 (table of nuclides)



原子核の崩壊と放射線

放射線・放射能

自然界には、ウラン $_{92}\text{U}$ やラジウム $_{88}\text{Ra}$ のように、不安定な原子核があり、放置しておくとも粒子や電磁波などの放射線を出して、別の原子核に変化する。この現象を放射性崩壊という。

定義 放射線・放射能

放射線は物質を透過する力をもった粒子の光線である。放射線は発見順に、 α 線（正体は He 原子核）、 β 線（電子）、 γ 線（波長の短い電磁波、光）、X 線（波長の短い不可視な電磁波）などとよばれ、それぞれ透過力や磁場中での進み方が異なる。

放射線を出す性質のことを放射能といい、この能力をもった物質のことを放射性物質という。放射能をもつ同位体を放射性同位体という。

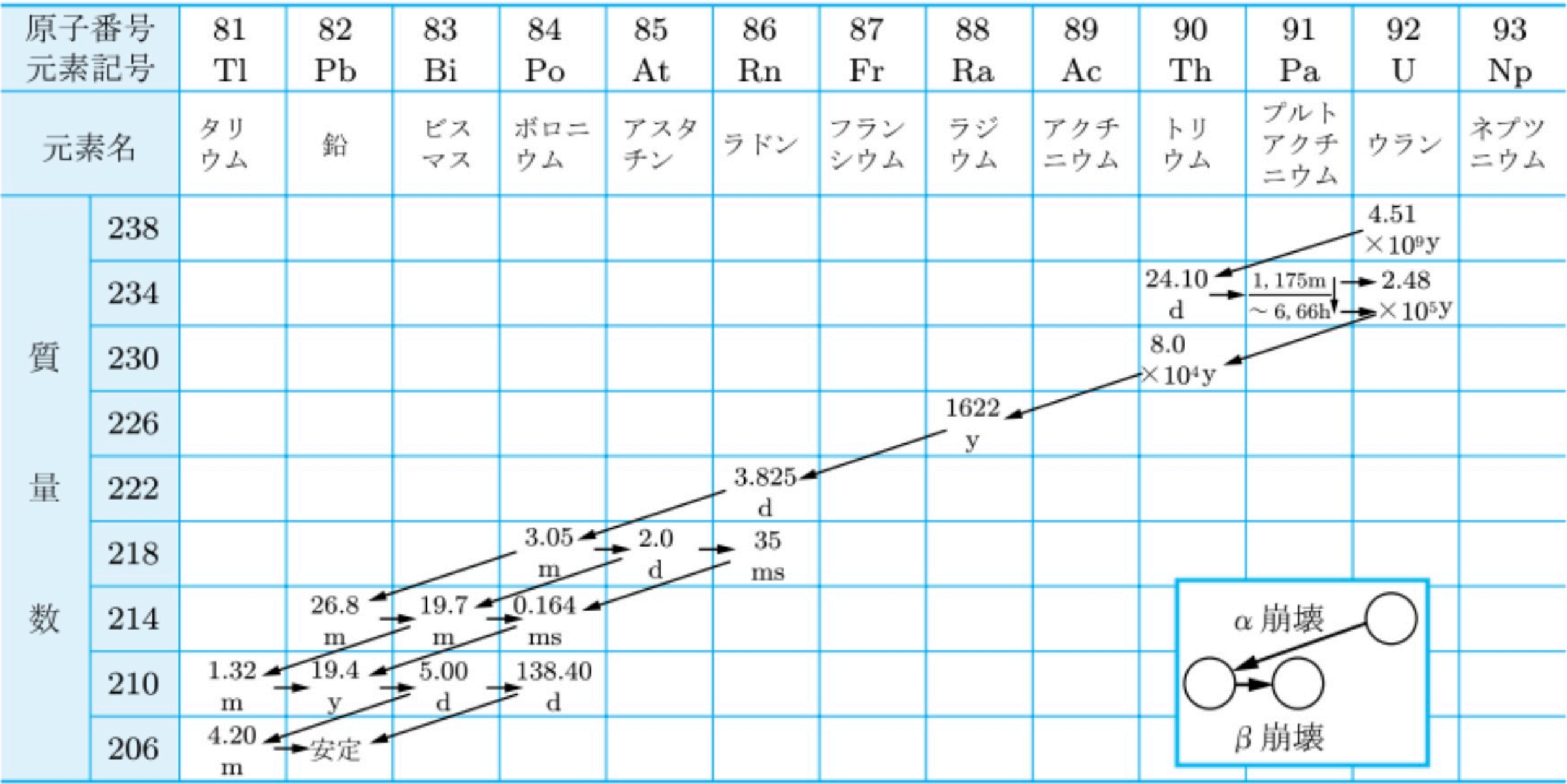
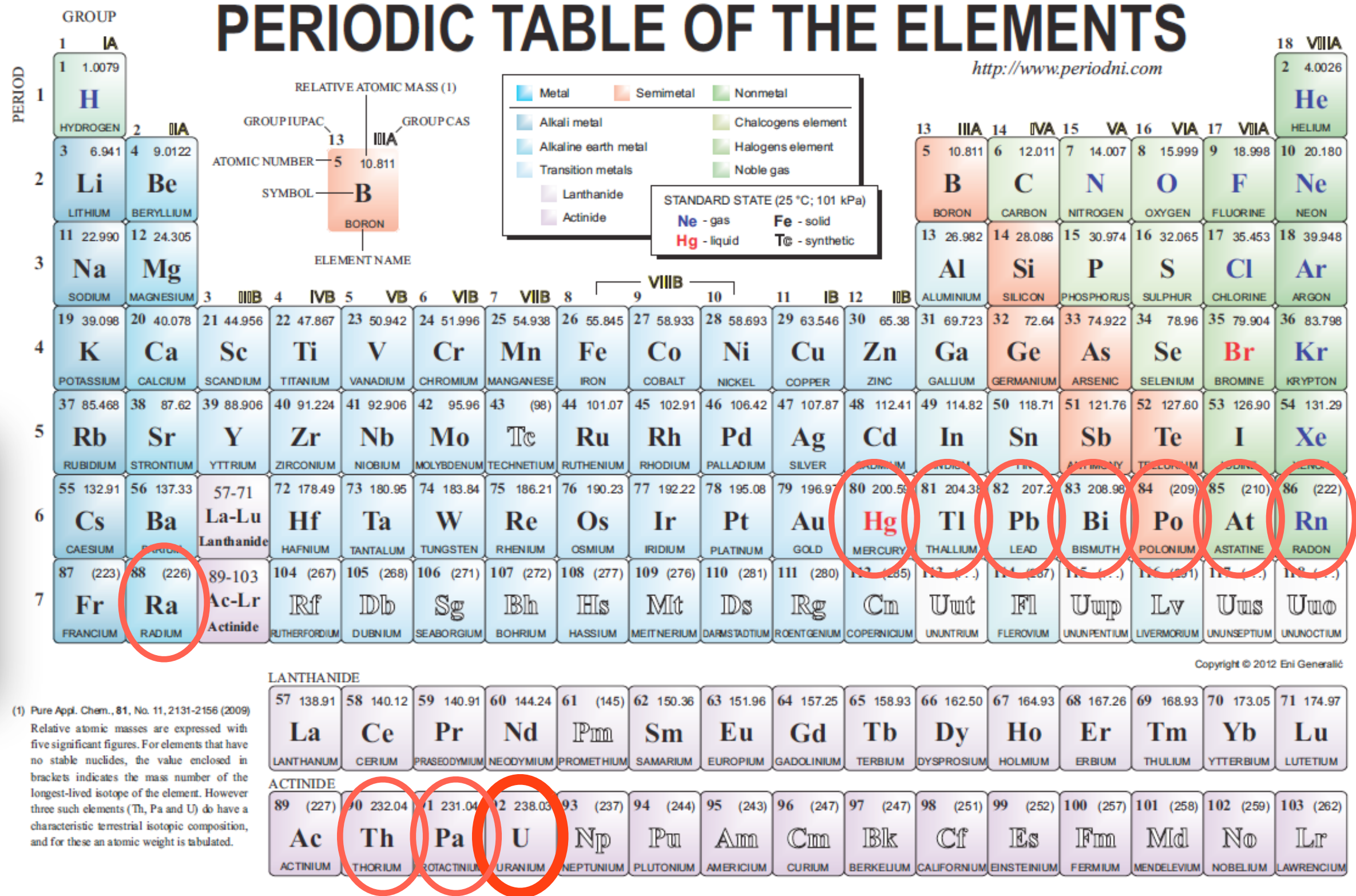


図 7.6 ウランから始まる崩壊系列 ウラン 238 ($_{92}^{238}\text{U}$) は、 α 崩壊してトリウム 234 ($_{90}^{234}\text{Th}$) に変化する。その後、 β 崩壊してプルトアクチニウム 234 ($_{91}^{234}\text{Pa}$) に変化する。その後も放射性崩壊を続け、長い年月の後、安定な鉛 206 ($_{82}^{206}\text{Pb}$) に至る。

ウランの崩壊系列



原子番号 元素記号		81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np
元素名		タリウム	鉛	ビスマス	ポロニウム	アスタチン	ラドン	フランシウム	ラジウム	アクチニウム	トリウム	プルト アクチ ニウム	ウラン	ネプツ ニウム
質 量 数	238												4.51 ×10 ⁹ y	
	234										24.10 d	1,175m ↓ ~6,66h	2.48 ×10 ⁵ y	
	230										8.0 ×10 ⁴ y			
	226								1622 y					
数	222						3.825 d							
	218						3.05 m	2.0 d						
	214		26.8 m	19.7 m	0.164 ms									
	210	1.32 m	19.4 y	5.00 d	138.40 d									
	206	4.20 m	安定											

α 崩壊

β 崩壊

Click 3 times

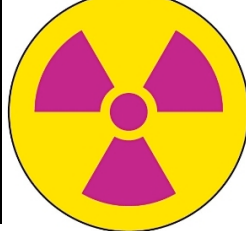
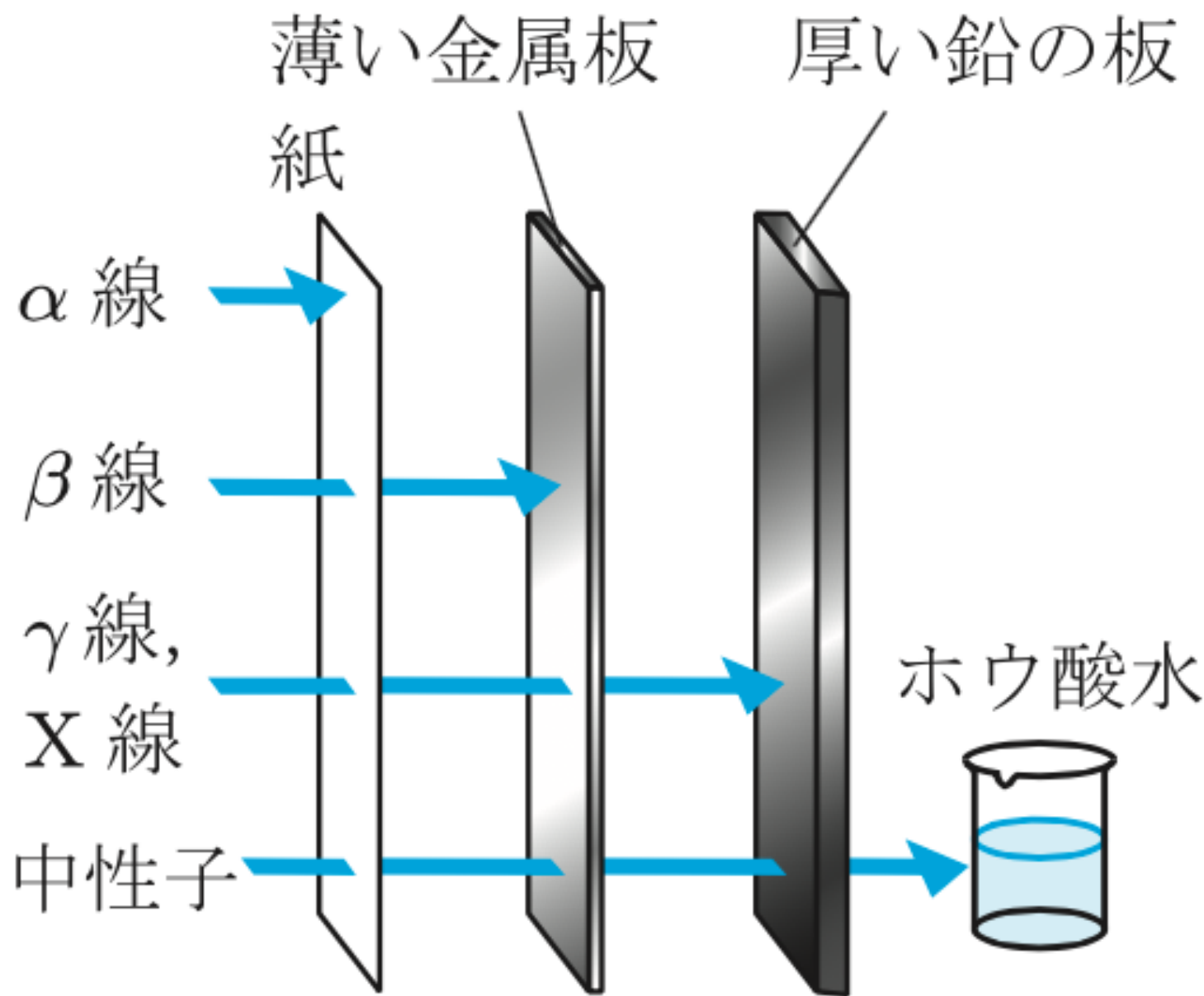


表 7.3 放射線の種類

	正体	電気量	質量 [kg]	透過力	電離作用
α 線	${}^4_2\text{He}$ 原子核	$+2e$	6.65×10^{-27}	弱	強
β 線	電子	$-e$	9.11×10^{-31}	中	中
γ 線	電磁波	0	0	強	弱



アルファ(α)壊変(崩壊)

アルファ線 (He原子核)

(例)

$${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + \alpha$$

ベータ(β)壊変(崩壊)

ベータ線 (電子)

(例)

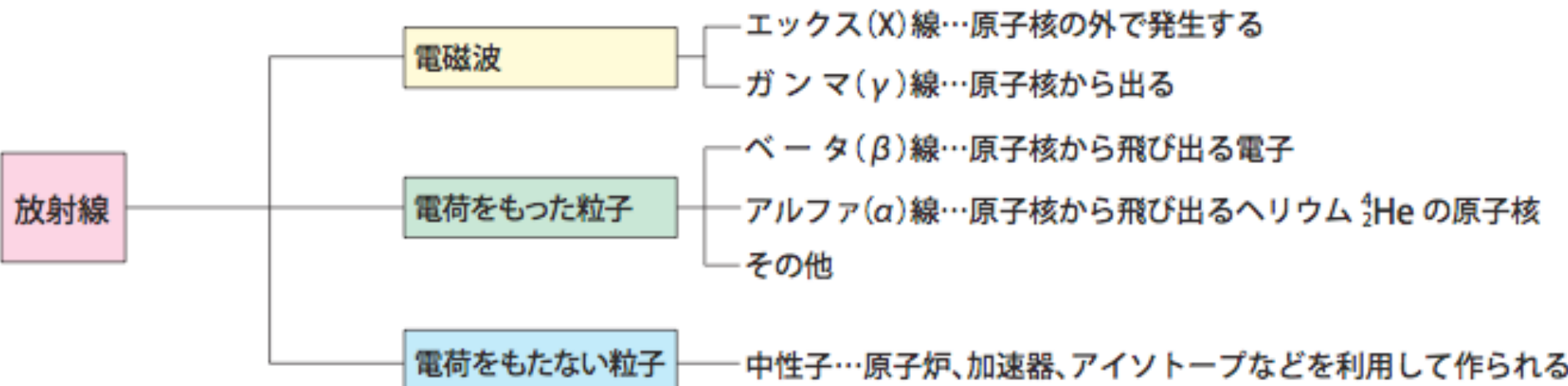
$${}^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg} + \beta$$

ガンマ(γ)線の放出

アルファ線

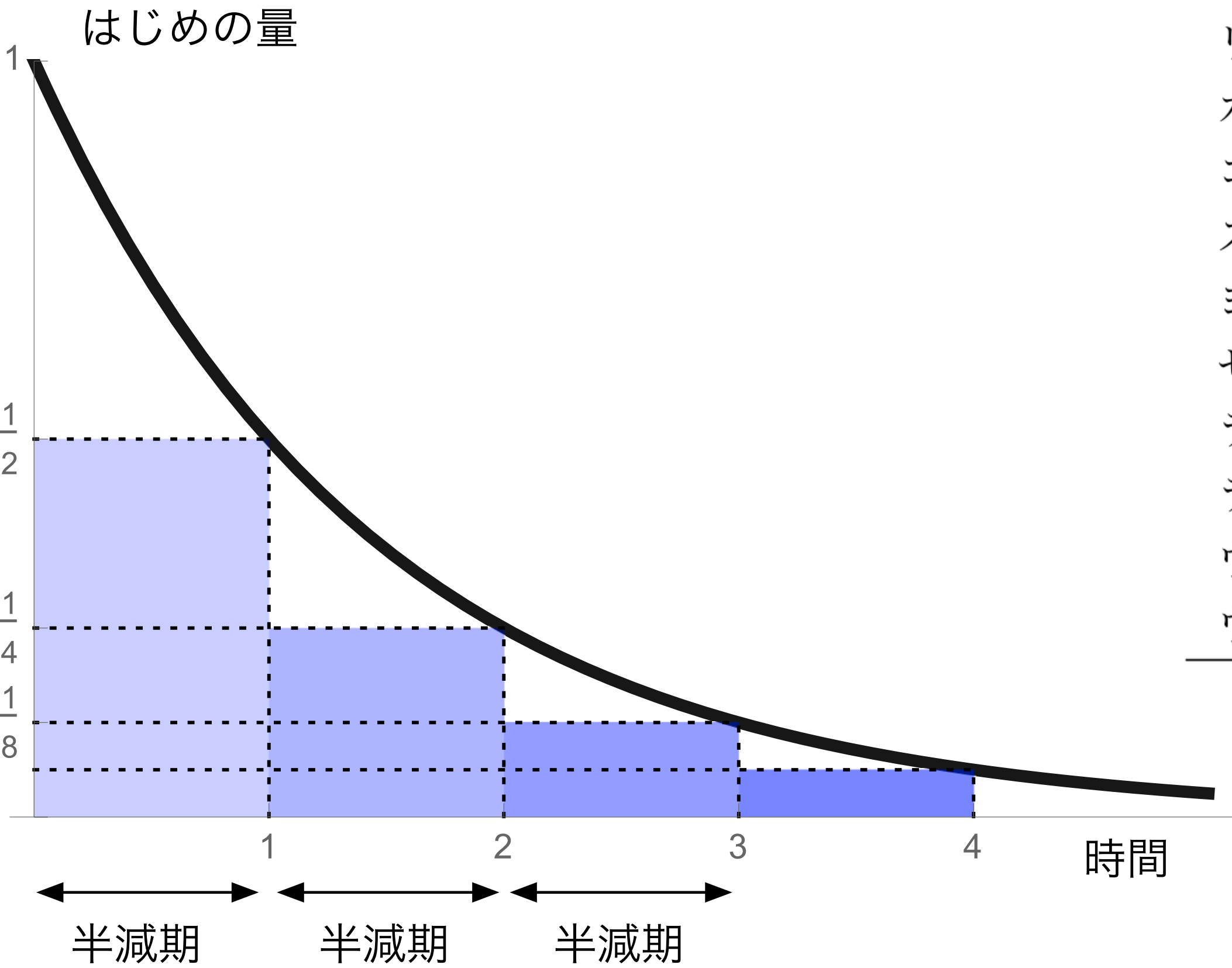
ガンマ線 (電磁波)

● 陽子 ● 中性子



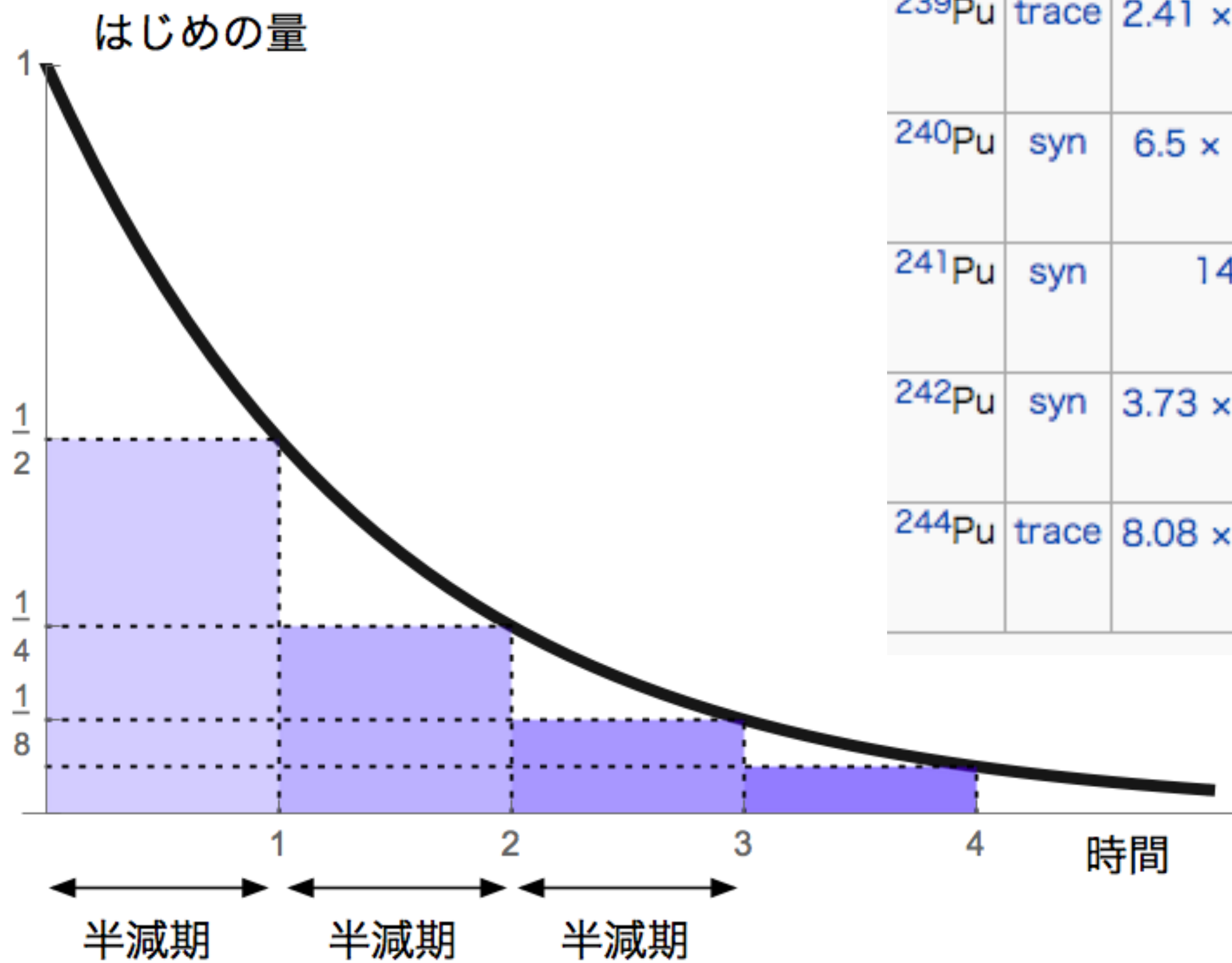
1898年頃、ラザフォードは、ウランやトリウムなどの天然の放射性物質から出ている放射線には性質の異なる少なくとも2種類のものがあることを明らかにし、透過力の弱い方を「α線」、透過力のより強い方を「β線」と命名した。この他にβ線よりもさらに透過力が大きい放射線も存在することが分り、それを「γ線」と名付けた。

半減期 (half-decay time)



原子核			崩壊の型	半減期
中性子	n	単体の中性子	β	10.4 分
炭素	$^{14}_6\text{C}$	自然に存在	β	5.73×10^3 年
リン	$^{32}_{15}\text{P}$	人工に合成	β	14.26 日
カリウム	$^{40}_{19}\text{K}$	自然に存在	β	1.28×10^9 年
コバルト	$^{60}_{27}\text{Co}$	人工に合成	β	5.271 年
ストロンチウム	$^{90}_{38}\text{Sr}$	人工に合成	β	28.78 年
ヨウ素	$^{131}_{53}\text{I}$	人工に合成	β	8.1 日
セシウム	$^{137}_{35}\text{Cs}$	人工に合成	β	30.07 年
ラドン	$^{222}_{86}\text{Rn}$	自然に存在	α	3.82 日
ラジウム	$^{226}_{88}\text{Ra}$	自然に存在	α	1.60×10^3 年
ウラン	$^{235}_{92}\text{U}$	自然に存在	α	7.04×10^8 年 7億年
ウラン	$^{238}_{92}\text{U}$	自然に存在	α	4.47×10^9 年 45億年

半減期 (half-decay time)



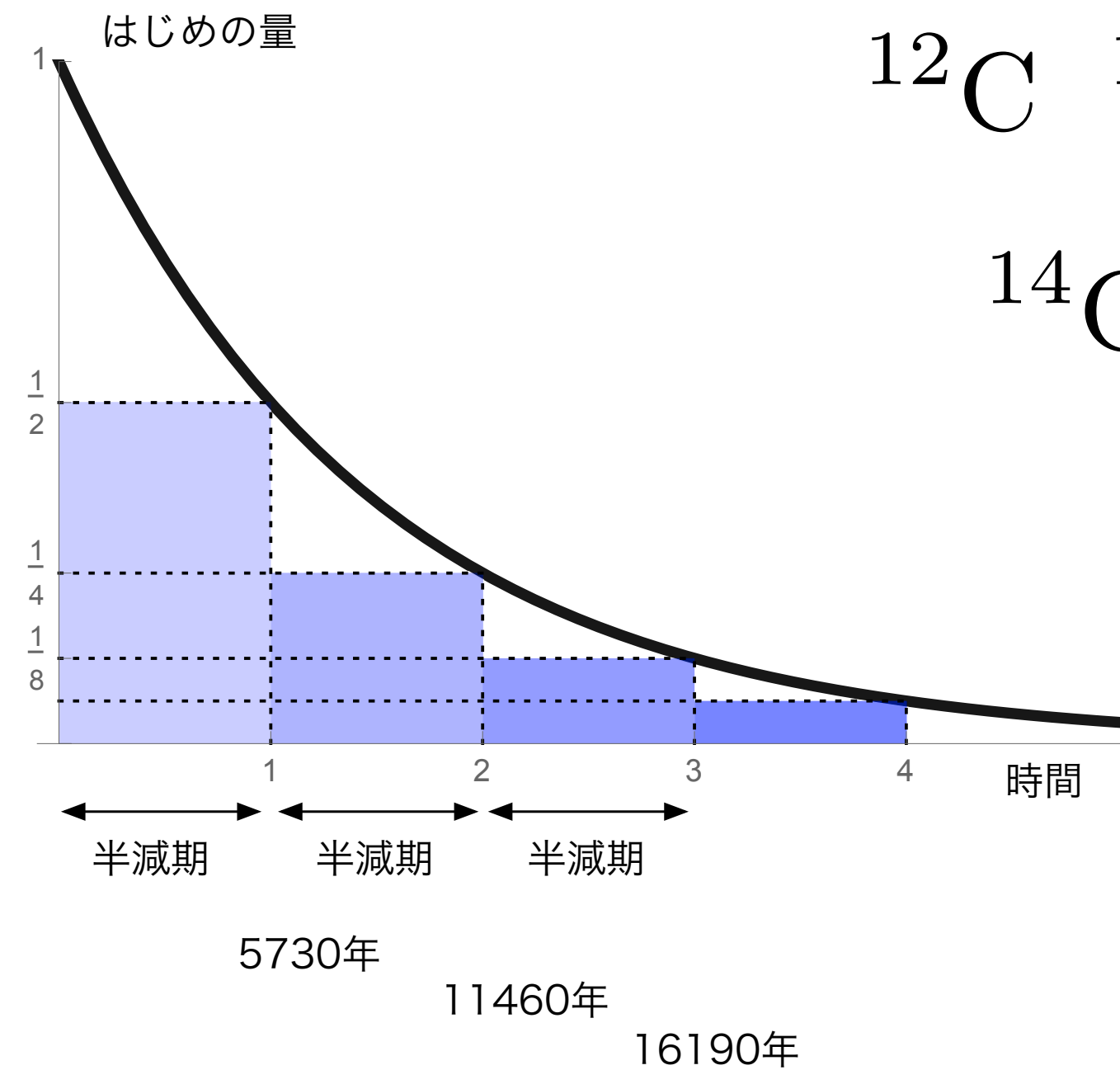
同位体	NA	半減期
^{238}Pu	syn	87.74 y
^{239}Pu	trace	2.41×10^4 y
^{240}Pu	syn	6.5×10^3 y
^{241}Pu	syn	14 y
^{242}Pu	syn	3.73×10^5 y
^{244}Pu	trace	8.08×10^7 y

表3 いろいろな半減期

原子核		崩壊の型	半減期
自然に存在	$^{14}_6\text{C}$	β	5.73×10^3 年
	$^{40}_{19}\text{K}$	β	1.28×10^9 年
	$^{222}_{86}\text{Rn}$	α	3.82 日
	$^{226}_{88}\text{Ra}$	α	1.60×10^3 年
	$^{235}_{92}\text{U}$	α	7.04×10^8 年
	$^{238}_{92}\text{U}$	α	4.47×10^9 年
人工	n^*	β	10.4 分
	$^{32}_{15}\text{P}$	β	14.26 日
	$^{60}_{27}\text{Co}$	β	5.271 年
	$^{90}_{38}\text{Sr}$	β	28.78 年
	$^{137}_{55}\text{Cs}$	β	30.07 年

※中性子は原子核内では安定に存在しうるが、単独では不安定であり、 β 崩壊により陽子に変わる。

放射性炭素年代測定法

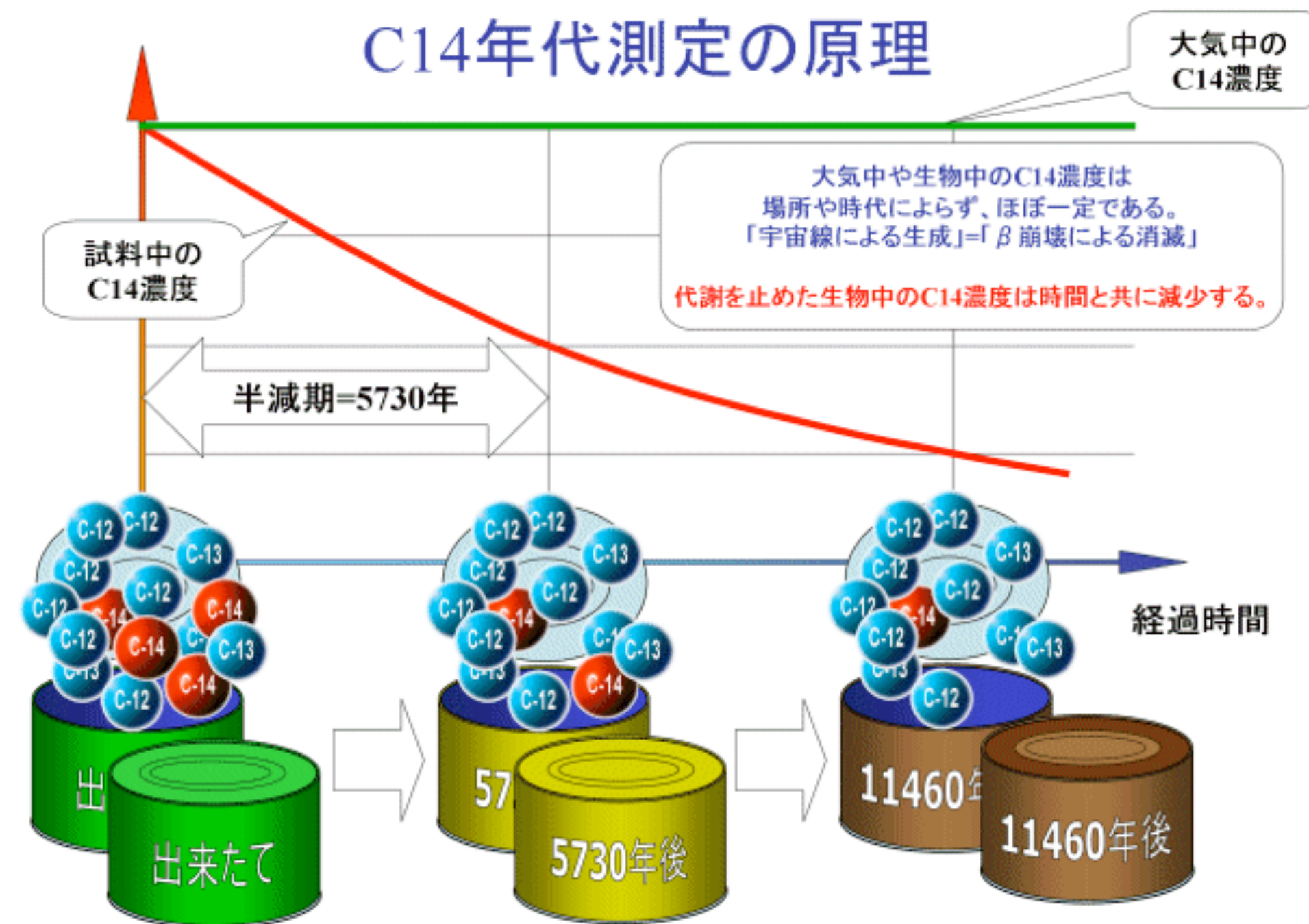


^{12}C ^{13}C

安定同位体

^{14}C

不安定同位体（半減期5730年）



C14の濃度を測れば「代謝を止めてからの時間」が判る！

放射性炭素年代測定法

Topic

放射性炭素年代測定法

炭素 ^{12}C には、安定な同位体 ^{13}C と不安定な同位体 ^{14}C が存在する。両者は空気中に一定の割合で含まれていて、生物、例えば樹木が呼吸していれば樹木中にもその割合で取り込まれる。樹木が切られ木材となると、木材は新たに内部に炭素を取り入れなくなる。

^{14}C は 5730 年の半減期で放射線を放出しながら ^{14}N に壊変するので、後年、木材からどれだけの量の放射線が放出されているかを計測することにより、内部に含まれる $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ の存在比がわかり、樹木が切り倒された年代が測定できることになる。この方法により、生物遺骸があれば、数万年前までの年代測定が可能になるという。

日本で 2000 年にスクープされた旧石器発掘に関する捏造事件は、出土した石器に対して有効な年代測定法がないために第三者の検証ができなかったことが、事件を大きくさせた。

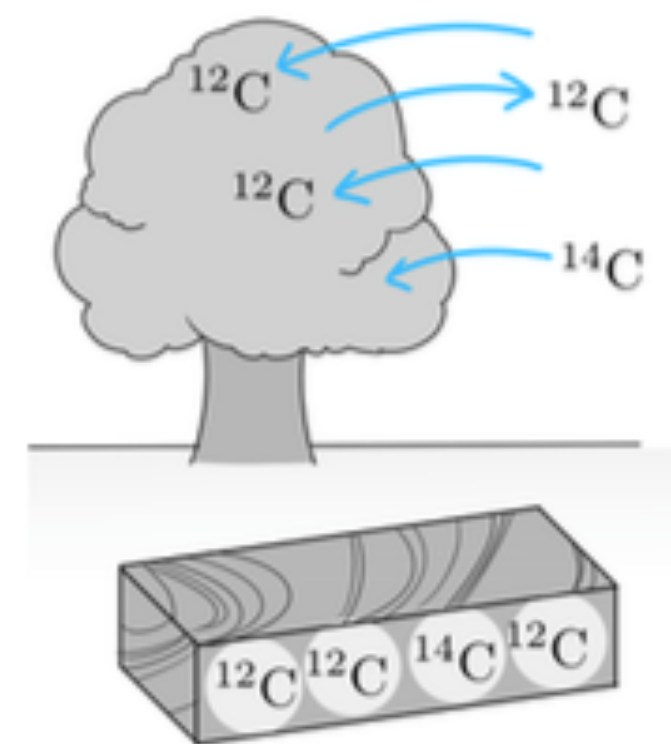


図 6: 放射性炭素年代測定法。呼吸していた樹木が材木になると、 ^{14}C が閉じ込められ、放射性壊変で徐々に減ってゆく。 ^{14}C の含有量で材木の年代がわかる。

2000年10月 旧石器発掘捏造事件

藤村 新一 特定非営利活動法人「東北旧石器文化研究所」副理事長(当時)

2000.10.24(水) 享月 日 新 聞

60万年前、原人の建物跡



宮城・上高森遺跡

日本最古？宗教儀礼跡か

国内最古とされる宮城県築館町の上高森遺跡で、約六十万年前の地層から原人の建物跡とみられる柱の跡の穴や並べられた石器十八点が見つかった、と民間の研究「東北旧石器文化研究所」と東北福祉大考古学研究会の調査団が二十三日、発表した。調査団によると、同様の建物跡が見つかっている埼玉県秩父市の小鹿坂遺跡よりも約十万年さかのぼる日本で最古のものと推定される。

建物跡は、標高約八十メートルの丘陵地で、深さ約十メートルの火山灰層を発掘して見つかった。縦約八十メートル、横五十メートルの四角形の土版と、それを取り囲むように直径約十五メートルの柱跡とみられる五つの穴で構成されている。さらに、周辺から

は、石器をしまっていた穴が三つ見つかった。このうち二つの遺構には、それぞれ六個と五個のへら状やスクレイパー(削器)と呼ばれる二種類の石器が、線対称に並べられている。

調査団の一員である東北福祉大の梶原洋教授によると、建物に人間が生活するには小さすぎることから、宗教的な儀礼のために使われていた可能性が高いという。また、石器が線対称に並べられていたことから、原人が「シンボル」を理解する言語活動に近い能力を持っていたあかしになるとみている。

梶原教授は「建物跡は世界的にも最古の可能性がある。建物も石器の並べ方も原人の高い知的能力を示している」と話している。

知的水準の高さ示す発見

安藤(あんぷる)政雄・明治大教授(考古学)の話

埋納遺構は、狩りなどで消耗する石器を補充するために保管しておいた場所と、狩り場の拠点だった。穴を大小に掘って一定の形に配置したり、建物をつくったのと同じことが追認できたことは、原人たちの知的な生活水準の高さを改めて認識するうえで重要な発見で、非常に興味深い。

だ円の土版 周囲に柱跡

土版(中央)を囲むように円形の穴が配列された遺構は宮城県築館町の上高森遺跡で

原人定住生活 最古の遺構か

宮城・上高森遺跡

国内最古級の石器が出土したことで知られる宮城県築館町の上高森遺跡で、約六十万年前の前期旧石器時代の地層から原人が掘った柱跡とみられる円形の穴などが二十三日までに、NPO法人「東北旧石器文化研究所」(宮城県多賀城市)と東北福祉大などの発掘調査で確認された。

国内では、埼玉県秩父市の小鹿坂遺跡で二月、約五十万年前の建物の柱穴とみられる生活遺構が見つかっている。東北福祉大の梶原洋教授(考古学)は「小鹿坂遺跡と同じ柱穴である可能性はある。慎重に調査を進めたい」と話している。

同研究所によると、生活遺構と見られるのは二カ所あり、一つは直径十五二十センチの柱跡とみられる五つの穴で構成されており、これを結ぶと直径約二メートルの円形になる。

もう一カ所は約五メートルあり、直径二十一三十センチの八つの穴が中央の土版(どこう)を取り囲むように見つかった。土版から長さ一三センチ程度の剥片(はくへん)石器七点がまとまって出土した。

土版に蓄積した放射線量で年代を測定する「熱ルミネッセンス法」や地球の磁場が逆転した現象を利用する「古地磁気年代測定法」で、この地層は約六十万年前という結果が出ている。

慎重な検討が必要

岡村道雄・文化庁主任文化財調査官の話

埼玉県の小鹿坂遺跡からこれだけ離れた地域で類似の遺構が発見されたことは、原人の日常生活に必要な施設としての普遍性が確認されたといえるだろう。ただ、これが住居かどうかは、大きさや構造、石器の出方などから議論がある。当時の原人は移動生活を繰り返しており、住居かどうかについては慎重な検討が必要だ。

柱穴なら貴重な発見

橋昌信・別府大文学部教授(先史考古学)の話

上高森遺跡は長く地層年代の研究がなされており、約六十万年前というのは、ほぼ正確だと思う。柱穴ならば移動生活が基本と考えられている時代に、屋根で覆われた建築物があったと推定され、貴重な発見と言える。少し狭いので作業場や庫として使われていたのではなか。

日本経済新聞 2000.10.23(火) 夕刊

<http://inoues.net/kamitakamori.html>

2000年10月 旧石器発掘捏造事件



2000/11/5 毎日新聞



◆藤村新一元副理事長が発掘に携わった主な遺跡

- 《北海道》
(1) 総進不動坂(新十津川町) (2) 下美蔓西(清水町)
- 《岩手県》
(3) 瓢箪穴(岩泉町)
- 《宮城県》
(4) 上高森、高森(築館町) (5) 座散乱木(岩出山町)
- (6) 馬場壇A(古川市) (7) 中島山(色麻町)
- (8) 薬菜山(小野田町) (9) 中峯C(大和町)
- (10) 志引、柏木(多賀城市) (11) 山田上ノ台、北前、青葉山(仙台市)
- (12) 小泉東山(村田町)
- 《山形県》
(13) 袖原3(尾花沢市)
- 《福島県》
(14) 竹ノ森(福島市) (15) 一斗内松葉山(安達町)
- (16) 原セ笠張(二本松市) (17) 箕輪宮坂(同)
- (18) 上野出島(東村) (19) 大平(西郷村)
- 《栃木県》
(20) 七曲(那須町)
- 《群馬県》
(21) 下川田入沢(沼田市) (22) 中山峠(高山村)
- (23) 加生西(子持村) (24) 桐原(大間々町)
- (25) 入ノ沢(新里村)
- 《埼玉県》
(26) 長尾根、小鹿坂(秩父市)
- 《東京都》
(27) 多摩ニュータウン471-B(稲城市)

<朝日新聞社11月7日 asahi.com より>



出土物年代測定

前々中期旧石器時代は「エアポケット」

科学的根拠乏しく

通じぬ「炭素法」「半減期」

東北旧石器文化研究所の藤村新一・前副理事長(50)が宮城県栗原市の上高森遺跡などで行った旧石器発掘のねつ造が、なぜ見逃されたのか。背景を探ると、遺跡からの出土物の年代測定の難しさが浮かび上がる。特に日本の前期から中期の旧石器時代の出土物の年代決定は、地層の年代頼みで、ほかの科学的裏付けに乏しい「エアポケット」にあったというのだ。

遺跡から出土した石器や土器の年代測定は①出土物を直接科学的に分析する②出土物が発掘された地層を分析する③石器や土器の形式から年代を割り出すの三つの方法を組み合わせで行われる。

縄文時代や弥生時代など比較的新しい出土物で最も多く使われているのが、放射性炭素法だ。

炭素には、原子量が12の通常のものに加え、原子量が14の放射性同位体の「炭素14」がわずかに含まれる。両方の大気中濃度はほぼ一定だが、生物が死ぬと炭素を取り込まなくなる。炭素14は一定の割合で放射線を出し窒素に変わるため、出土物中の両炭素の比率を測

定すると生物が死んだ年代が分かる。

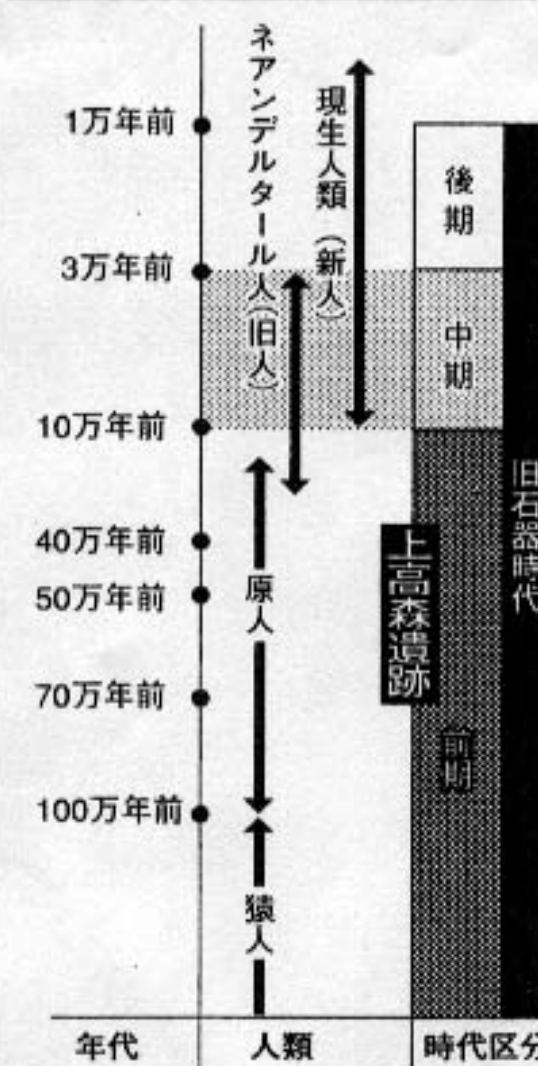
土器や地層に含まれる炭素をこの方法で測定した結果に、土器の形式の違いなどの情報を組み合わせれば精度はさらに高くなる。

ところが、日本には火山灰による酸性土壌が多く、長期間地中にある骨や植物

では、石器とともに人骨や動物の骨などが同時に見つかることが多く、年代についても多角的な検証が進んでいるが、日本は石しか出ないので、どうしても地層頼みになる」と指摘する。

その頼りの地層についても、「数万年から数十万年前の試料の年代分析は一般化された手法はなく、確実性にも幅がある」(松浦秀治・お茶の水女子大助教授)

年代が古くなるほど炭素14の量が少なく、測定が困難になるためだ。



藤村前副理事長が発見した上高森遺跡以外の石器についても、特徴から縄文時代のものではないかとの疑問の声が以前からあった。東京都教育庁文化課の小田原夫主任学芸員(旧石器考古学)は1988年に発表した論文で、藤村前副理事長が宮城県北部の遺跡から見つけたとする旧石器について、▽これまでの旧石器にはない両面加工が施されていた▽素材のメノウは

宮城県内では一般的ではなく、加工にも適していない——との理由から「前期旧石器ではない」と批判していた。

阿部教授も「遺跡から石器の加工やすや火を燃やしたあとが見つからない」などの疑問点を指摘してきたが、「前期旧石器時代の石器発見というセンセーショナルなニュースにかき消され、大きな声にならなかった」と語る。

国立科学博物館の馬場悠男人類研究部長は「日本では数十万年前の石器はな

は分解してしまうため、年代決定の参考にならない。また、10万年前以前の前期旧石器時代については石器の発掘例そのものが少なく、年代による形式の変化についても定まった学説がない。旧石器に詳しい阿部

は分けてしまうため、年代決定の参考にならない。また、10万年前以前の前期旧石器時代については石器の発掘例そのものが少なく、年代による形式の変化についても定まった学説がない。旧石器に詳しい阿部

年代が古くなるほど炭素14の量が少なく、測定が困難になるためだ。

藤村前副理事長が発見した上高森遺跡以外の石器についても、特徴から縄文時代のものではないかとの疑問の声が以前からあった。東京都教育庁文化課の小田原夫主任学芸員(旧石器考古学)は1988年に発表した論文で、藤村前副理事長が宮城県北部の遺跡から見つけたとする旧石器について、▽これまでの旧石器にはない両面加工が施されていた▽素材のメノウは

宮城県内では一般的ではなく、加工にも適していない——との理由から「前期旧石器ではない」と批判していた。

阿部教授も「遺跡から石器の加工やすや火を燃やしたあとが見つからない」などの疑問点を指摘してきたが、「前期旧石器時代の石器発見というセンセーショナルなニュースにかき消され、大きな声にならなかった」と語る。

国立科学博物館の馬場悠男人類研究部長は「日本では数十万年前の石器はな

らないのに分かるふりをしてきた。今後は分からないことは分からないとして、科学に徴する姿勢が必要だ」と話している。

とんでもないこと

官房長官

福田康夫官房長官は6日の記者会見で、宮城・上高森遺跡での旧石器発掘ねつ造問題について、「一般論として、とんでもないこと、起きてはならないことが起こった。歴史を歪めようという、ずいぶん大胆なことを考えた人がいるなとびっくりにしている」と述べた。

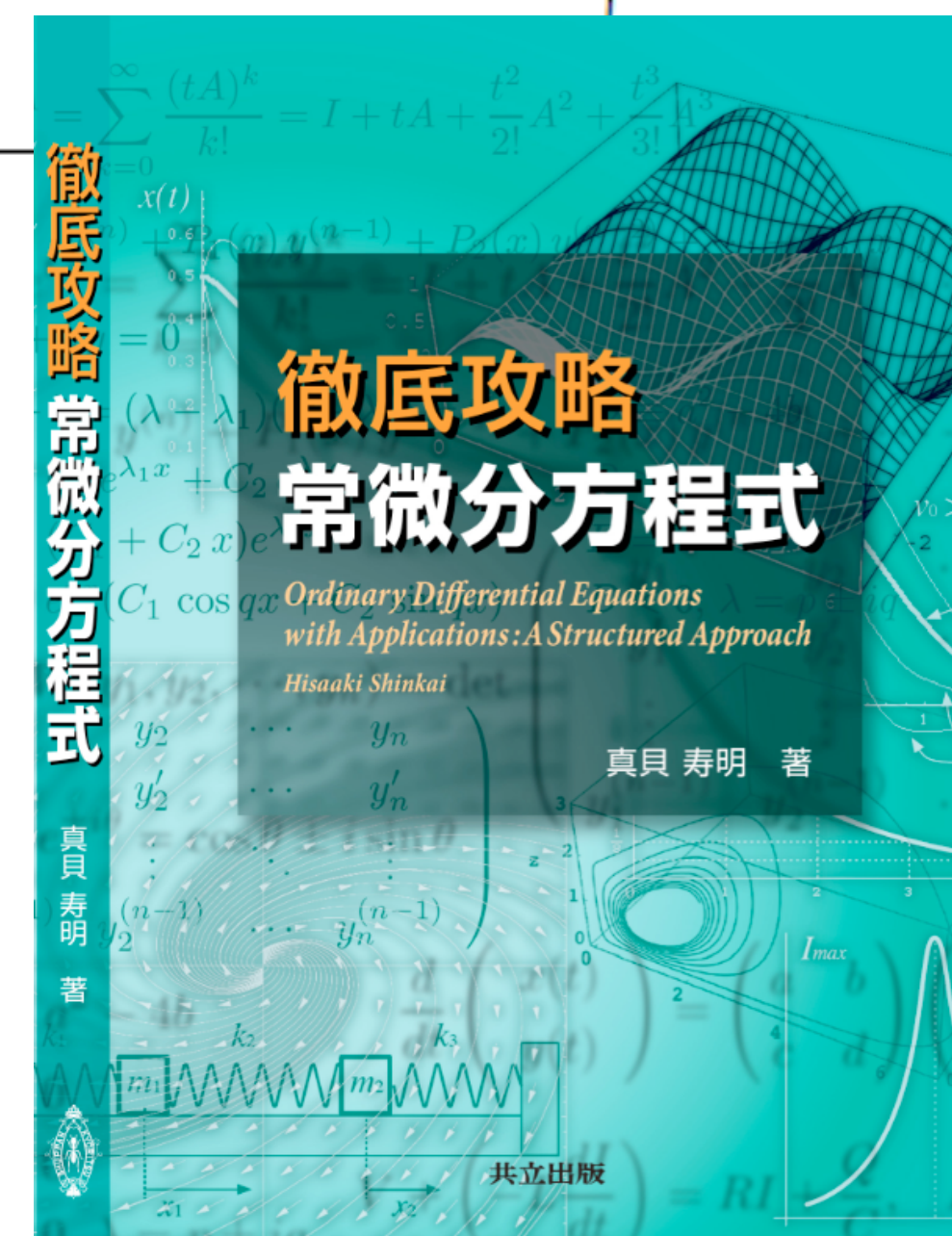
放射性炭素年代測定法

コラム 2 (放射性炭素年代測定法)

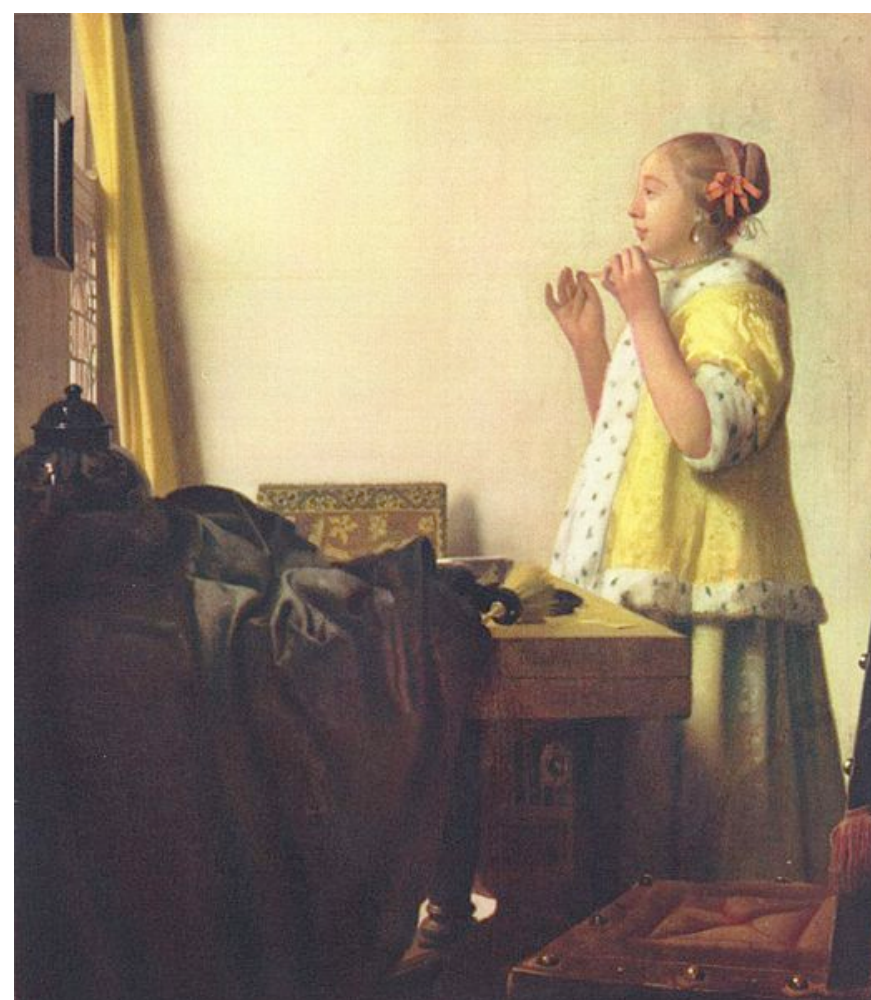
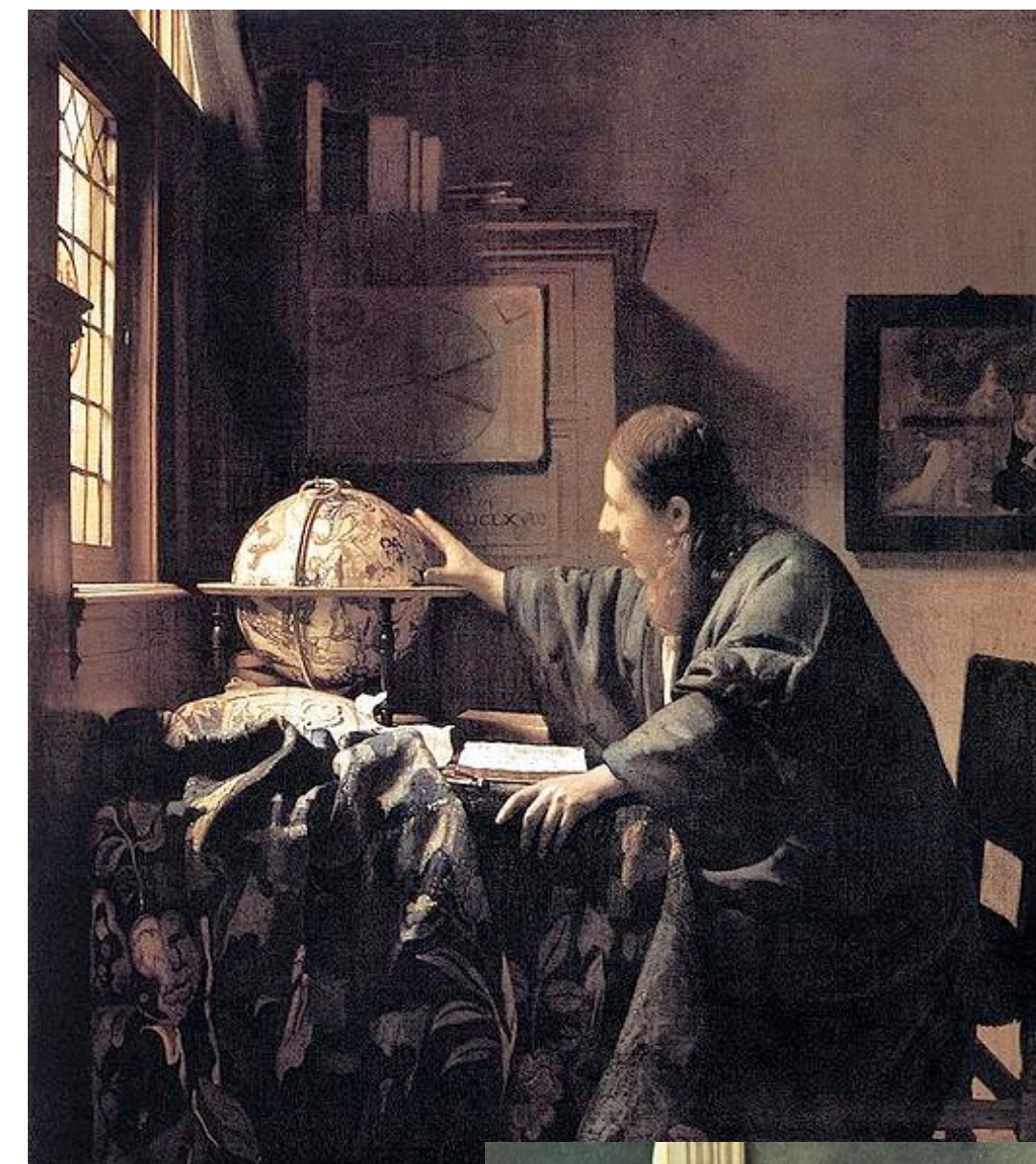
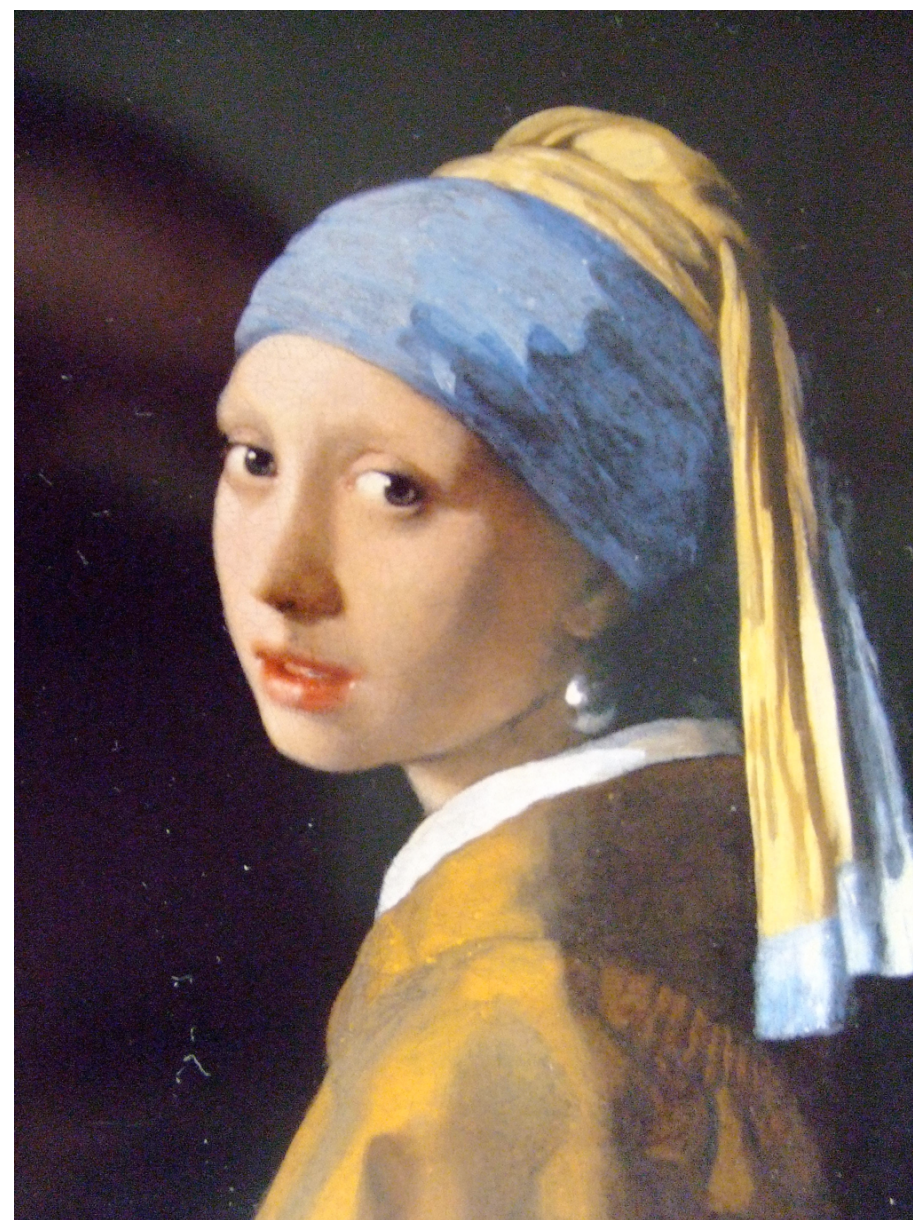
炭素 ^{12}C には、安定な同位体 ^{13}C と不安定な同位体 ^{14}C が存在する。両者は空気中に一定の割合で含まれていて、生物、例えば樹木が呼吸していれば樹木中にもその割合で取り込まれる。樹木が切られ木材となると、木材は新たに内部に炭素を取り入れなくなる。

^{14}C は 5730 年の半減期で放射線を放出しながら ^{14}N に壊変するので、後年、木材からどれだけの量の放射線が放出されているかを計測することにより、内部に含まれる $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ の存在比がわかり、樹木が切り倒された年代が測定できることになる。この方法により、生物遺骸があれば、数万年前的までの年代測定が可能になるという。

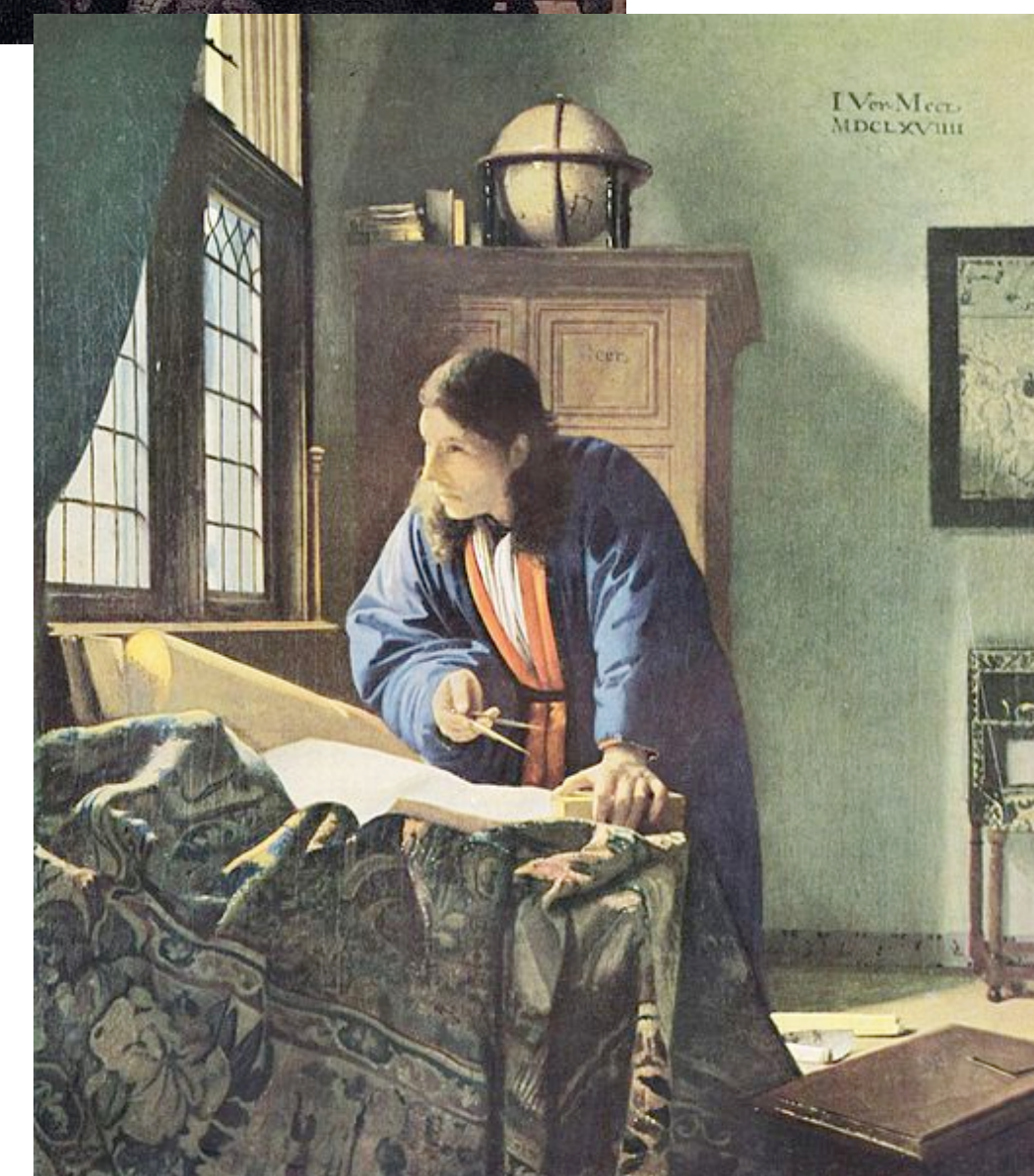
放射性炭素年代測定法を開発した Willard F. Libby (リビー, 1908–1980) は、1960 年の Nobel 化学賞を受賞した。日本で 2000 年にスクープされた旧石器発掘に関する捏造事件は、出土した石器に対して有効な年代測定法がないために第三者の検証ができなかったことが、事件を大きくさせた。



ヨハネス・フェルメール Johannes Vermeer (1632–75)



真珠の耳飾りの女 (1665頃)
真珠の首飾りの女 (1664頃)
牛乳を注ぐ女 (1658頃)
天文学者 (1668)
地理学者 (1669)



ヨハネス・フェルメール Johannes Vermeer (1632–75)

デルフトの眺望(1660頃)
小路 (1657頃)

Delft,
The Netherlands



2018年9月撮影

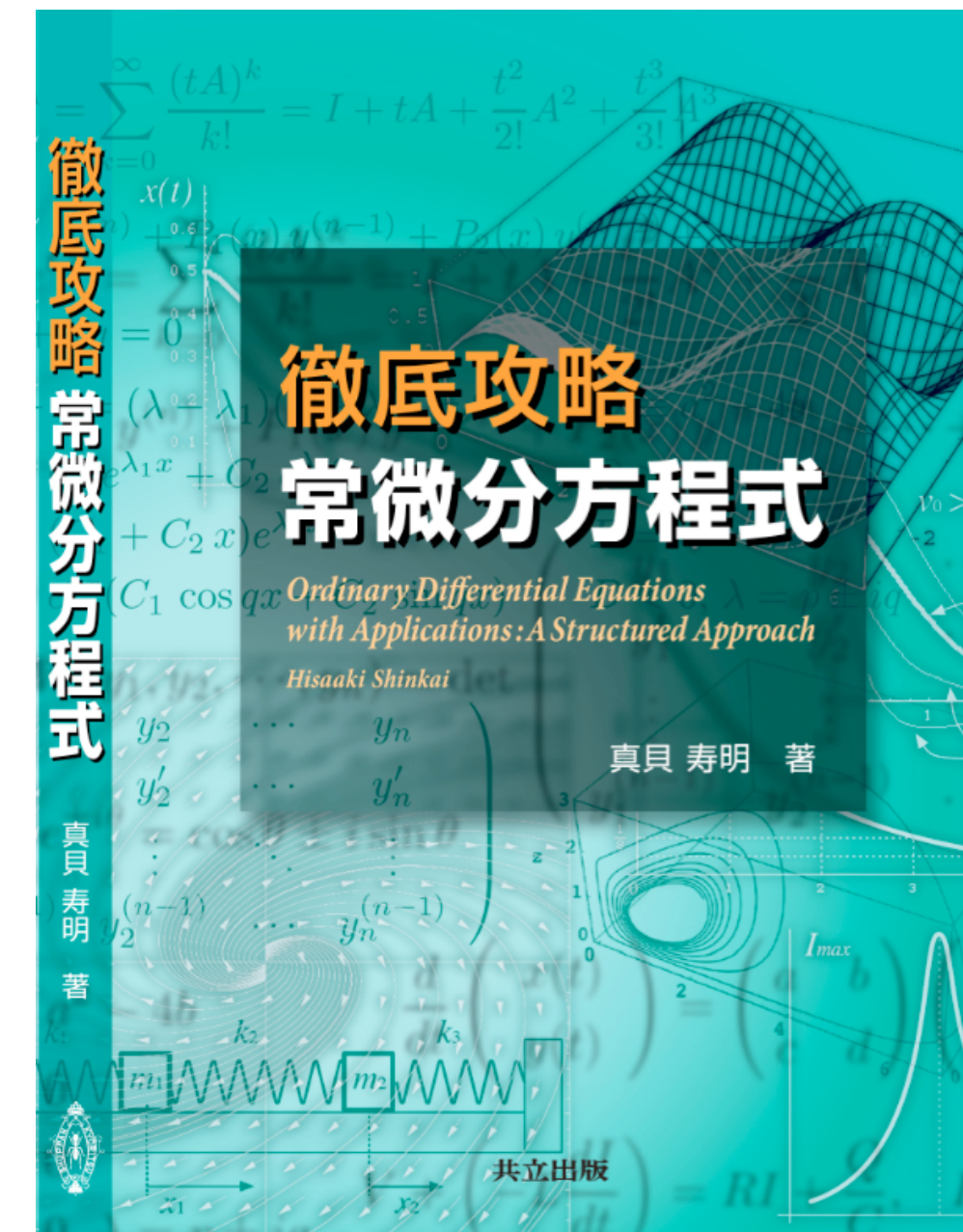
フェルメールの贋作事件(1947)

コラム 5 (フェルメールの贋作事件)

19 世紀, 絵画研究家 Thoré Bürger (トレ・ビュルガー) が Vermeer (フェルメール) の作品として認定した絵画は 70 点以上にのぼる. しかし, これらの作品の多くは, その後の研究によって別人の作であることが明らかになり, 次々と作品リストから取り除かれていった. 20 世紀に入ると, このような動きと逆行するように Vermeer の贋作が現れてくる. 中でも最大のスキャンダルといわれるのが Han van Meegeren (ハン・ファン・メーヘレン) による一連の贋作事件である.

この事件は 1945 年ナチス・ドイツの国家元帥 Hermann W. Göring (ヘルマン・ゲーリング) の妻の居城から Vermeer の贋作『キリストと悔恨の女』が押収されたことに端を発する. 売却経路の追及によって, Meegeren が逮捕された. オランダの至宝を敵国に売り渡した売国奴としてである. ところが, Meegeren はこの作品は自らが描いた贋作であると告白した. そしてさらに多数の Vermeer の贋作を世に送り出しており, その中には『エマオのキリスト』も含まれていると述べた. 『エマオのキリスト』は 1938 年にロッテルダム のボイマンス美術館が購入したものであり, 購入額の 54 万ギルダーはオランダ絵画としては過去最高額であった. 当初 Meegeren の告白が受け入れられなかったため, 彼は法廷で衆人環視の中, 贋作を作ってみせたという. 『エマオのキリスト』は, 現在でもボイマンス美術館の一画に展示されている.

参考 『謎解きフェルメール』(小林頼子・朽木ゆり子著, 新潮社, 2003 年)



フェルメールの贋作事件(1947)

2.6.1 年代測定と贋作鑑定

放射性原子核の崩壊現象を利用すると年代測定が可能になる(例題 2.3, コラム 2). 次の例題は, 寡作だったオランダの画家 Vermeer (フェルメール) の贋作問題として実際にあった話をもとにしている.

贋作鑑定

【Level 1】

放射性元素の崩壊

⇒ 例題 2.3

炭素を使う年代測定法

⇒ コラム 2

👤 Johannes Vermeer

フェルメール (1632–75)

オランダの画家. 現存する作品は 30 数点と少ない.

鉛 Pb には同位体が多数あり, 安定なものは ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb .

例題 2.31 1947 年, Vermeer の絵画として持ち込まれた絵が贋作かどうか鑑定することになった. 顔料に含まれている鉛 (^{210}Pb) の含有量で年代を判定することになった.

- ほとんどの絵に使われる顔料は, 半減期 22 年の放射性物質である ^{210}Pb を含む. ^{210}Pb は, ラジウム (^{226}Ra) が半減期 1600 年で崩壊してできる.
- ^{210}Pb に崩壊する ^{226}Ra の総量は, 単位時間ごとに, 崩壊・減少する ^{210}Pb の総量と等しい. すなわち, ^{210}Pb と ^{226}Ra は時間が経つと平衡状態になる.
- 顔料の製造過程では, ラジウムはほとんど除去されるが, 完全には除去されない. 顔料となった ^{210}Pb は崩壊を始めるが, やがて除去されずに残った微量のラジウムと平衡状態に達する.

以上の過程を微分方程式のモデルにすると,

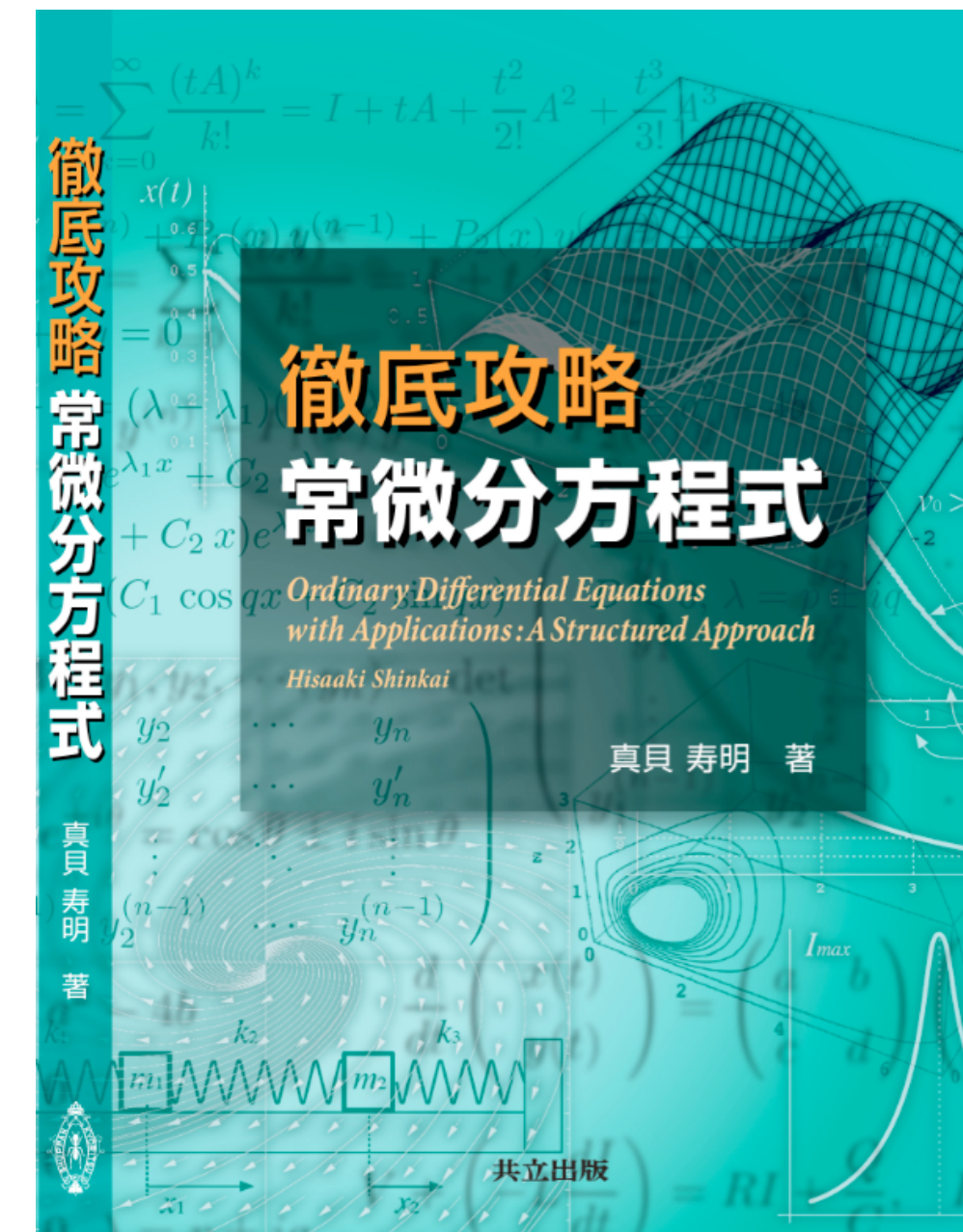
$y(t)$ = 時刻 t における通常の鉛 1g ごとの ^{210}Pb の量

$r(t)$ = 通常の鉛の中における毎分 1g ごとの ^{226}Ra の崩壊数

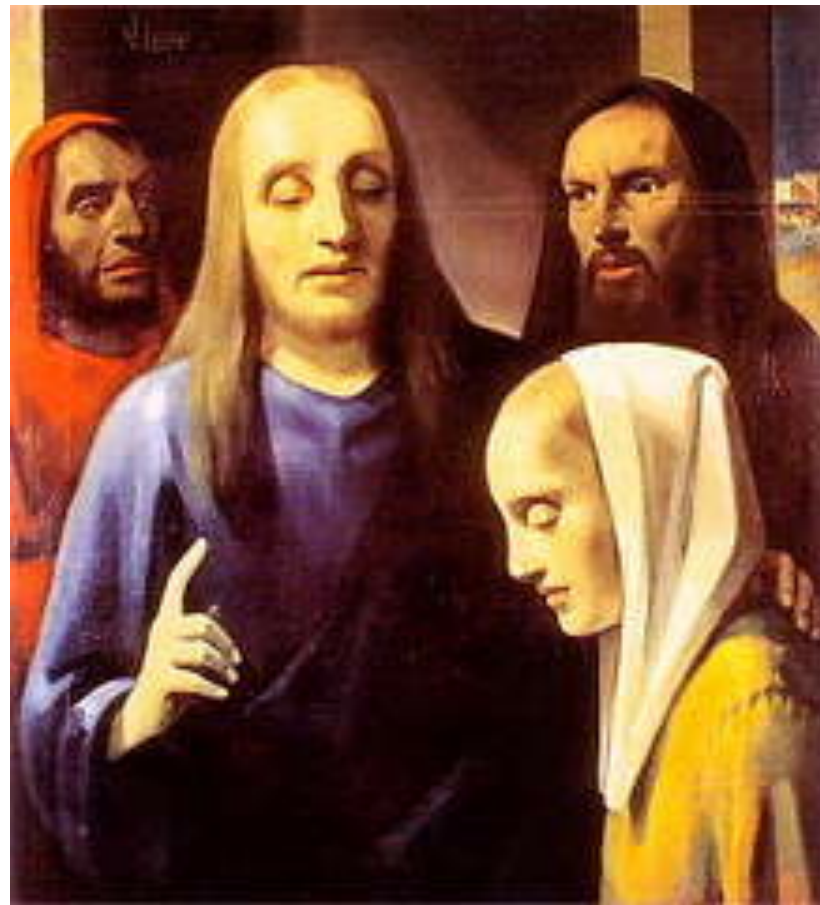
とし, λ を ^{210}Pb の崩壊定数として, 次の式になる.

$$\frac{dy}{dt} = -\lambda y + r(t)$$

(1) この微分方程式を, $y = \dots$ の積分形にせよ.



フェルメールの贋作事件(1947)



1945年ナチス・ドイツの空軍総司令官ヘルマン・ゲーリングの妻の居城から、フェルメールの作とされた「キリストと悔恨の女」が押収された。

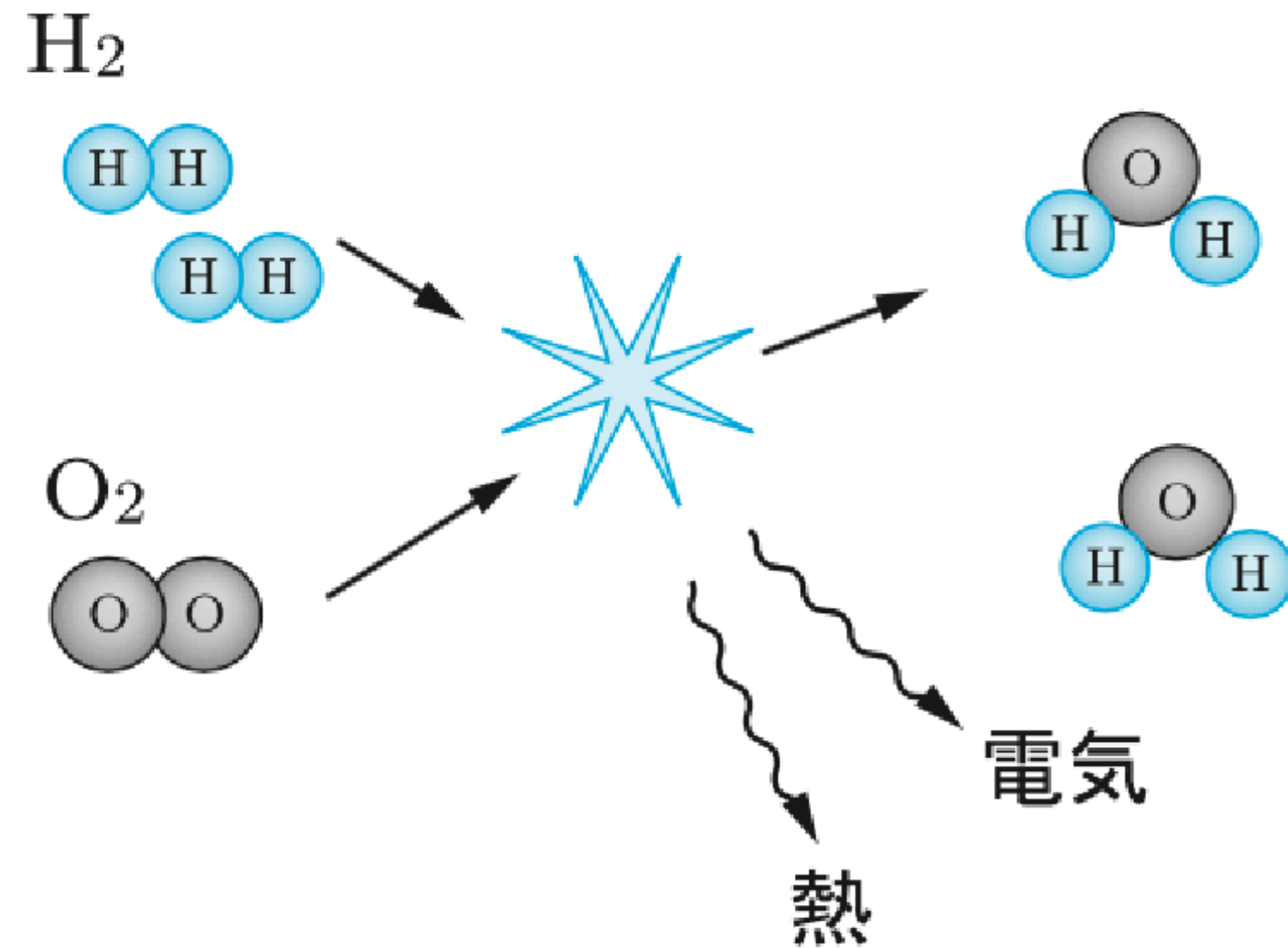
オランダの至宝を敵国に売り渡した売国奴として、売却経路の追求からファン・メーヘレンが逮捕された。

ところが、メーヘレンは、これは「自分が描いた贋作だ」と主張。そして多くの贋作を世に送り出したことを告白した。その中には「エマオのキリスト」も含まれていた。

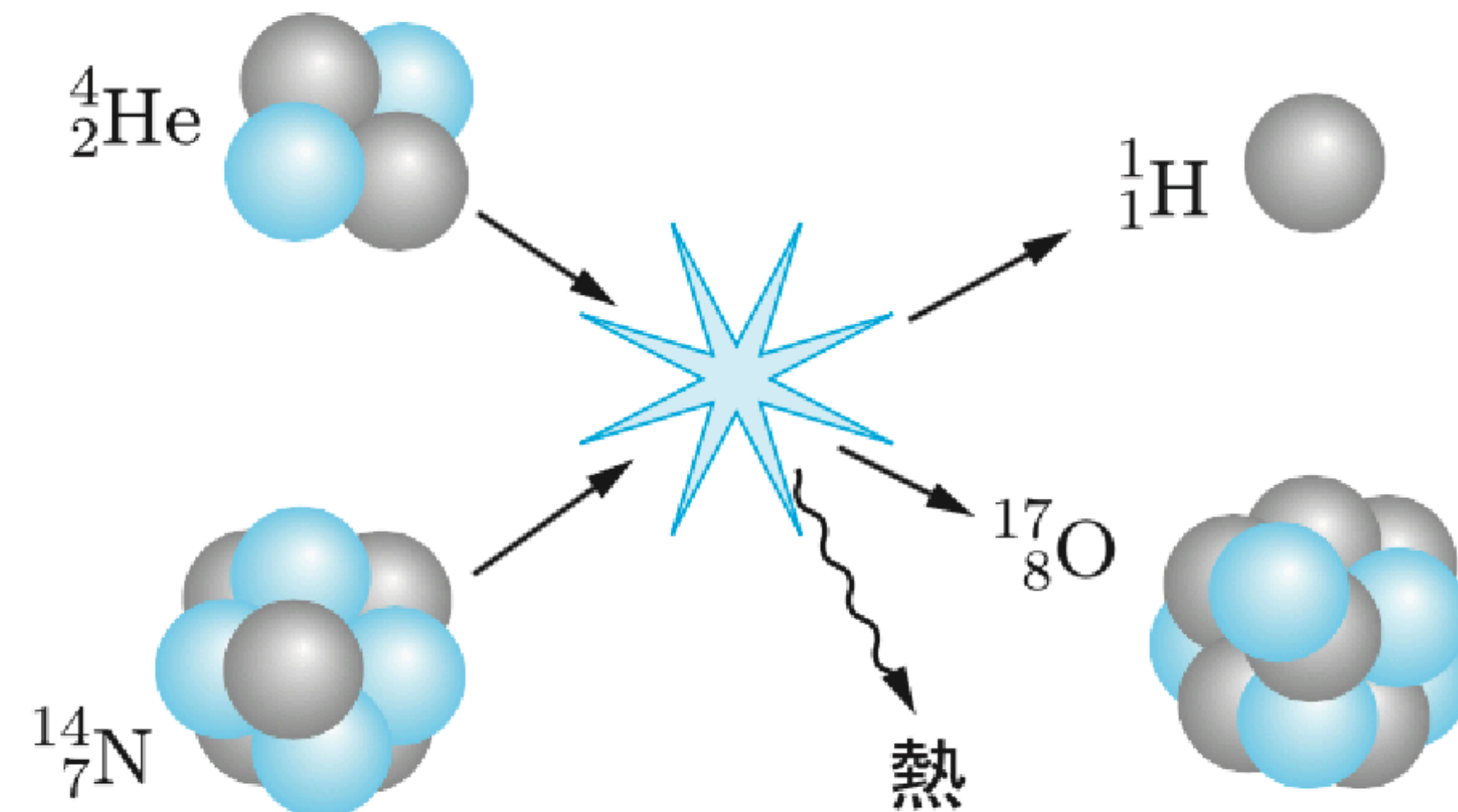
「エマオのキリスト」は、1938年にロッテルダムのボイマンス美術館が、当時の過去最高額として購入した作品だった。



化学反応と核反応



(a) 化学反応

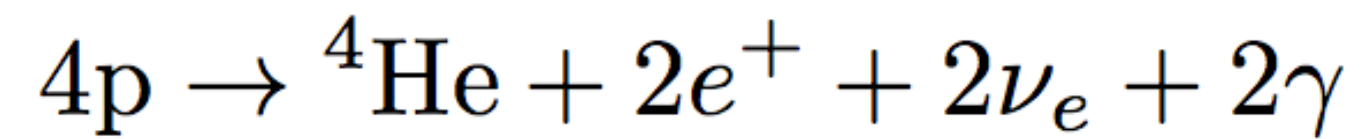
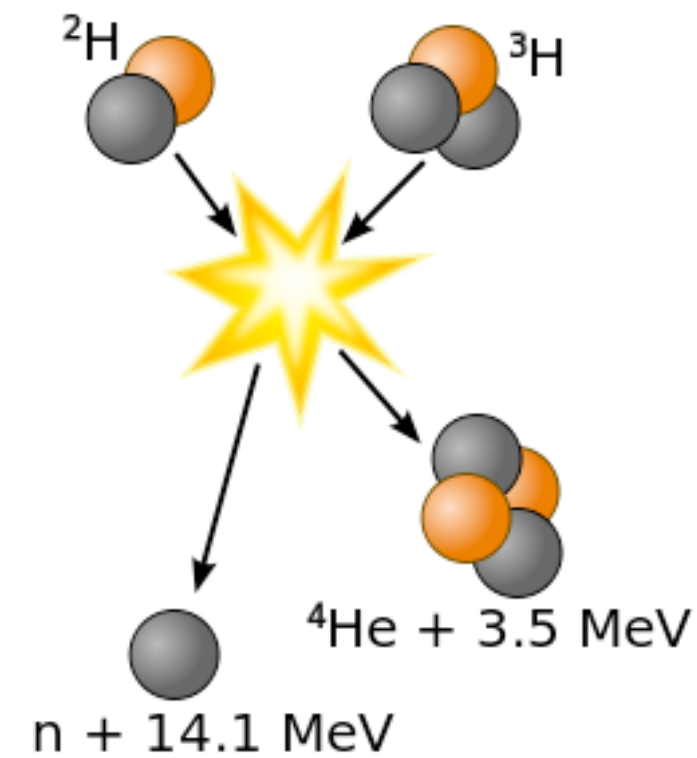


(b) 核反応

分子どうしの組み替えは、
化学反応

原子核の組み替えは、
核反応

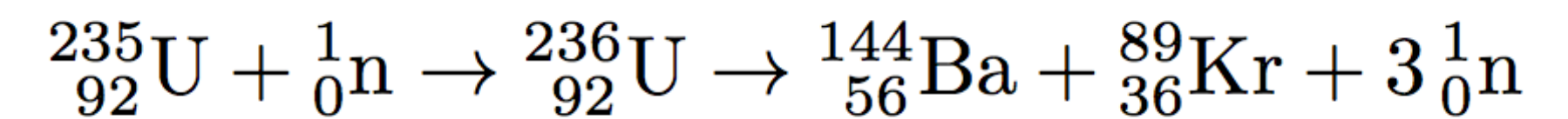
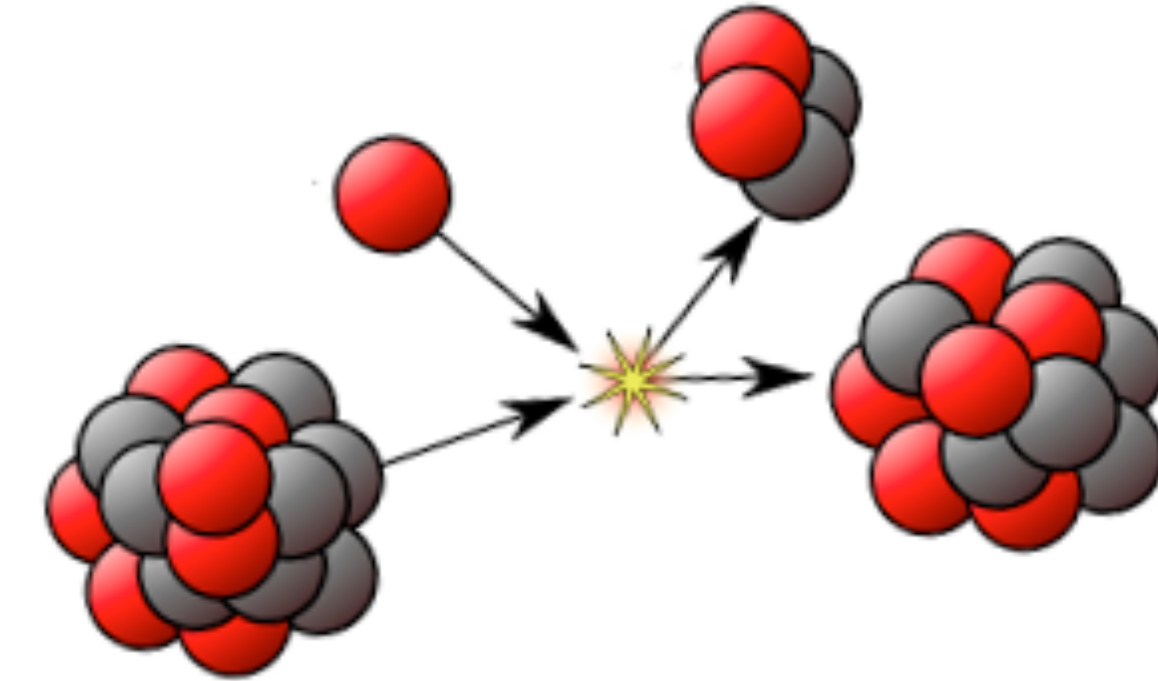
核融合 と 核分裂



核融合 (nuclear fusion)

合体した方が安定
(エネルギー放出)

恒星のエネルギー源
水素爆弾

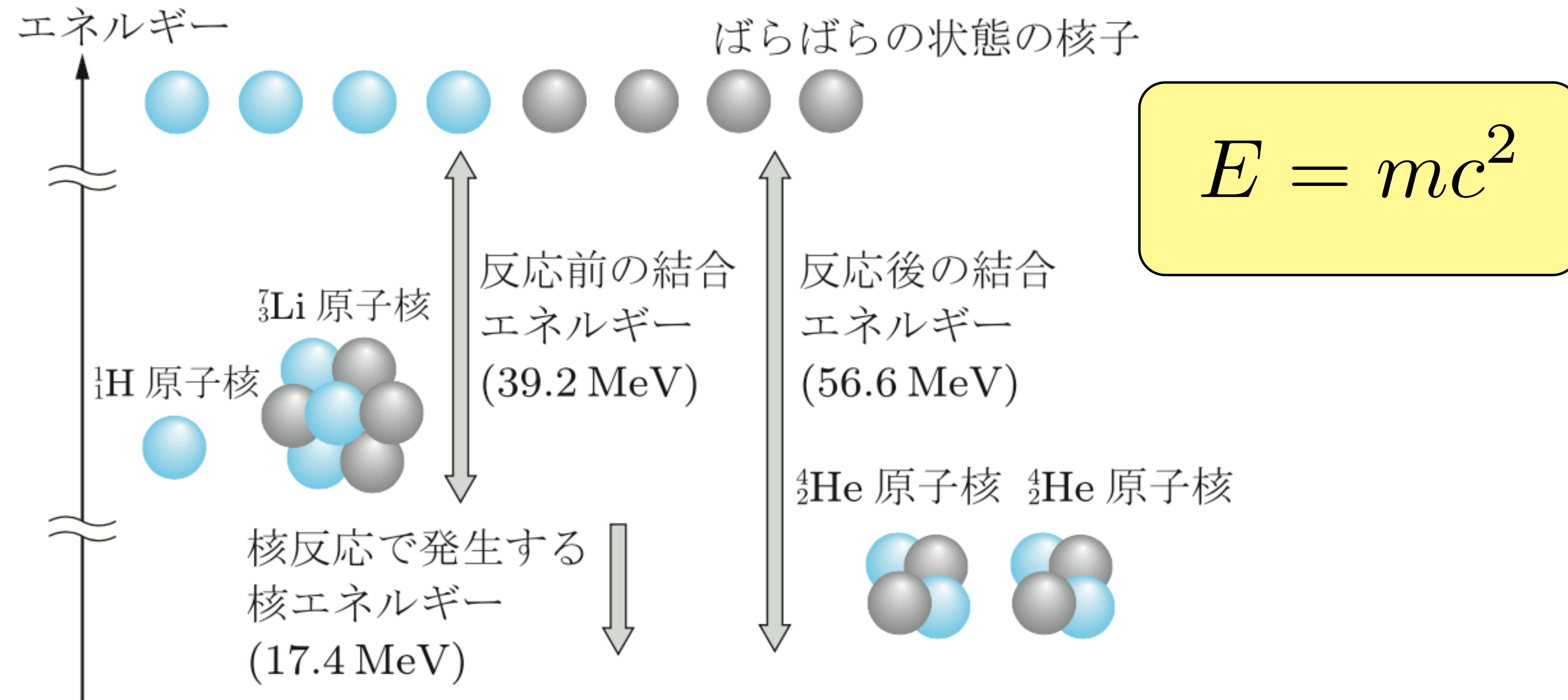


核分裂 (nuclear fission)

分裂した方が安定
(エネルギー放出)

原子爆弾
原子力発電

結合エネルギー



ばらばらでいるより，結合している方が，
エネルギーが低い

最も有名な物理の公式： 質量とエネルギーの等価性

4次元時空としてエネルギー保存則を考えると，．．．



アインシュタイン
(1905, 特殊相対性理論)

$$E = mc^2$$

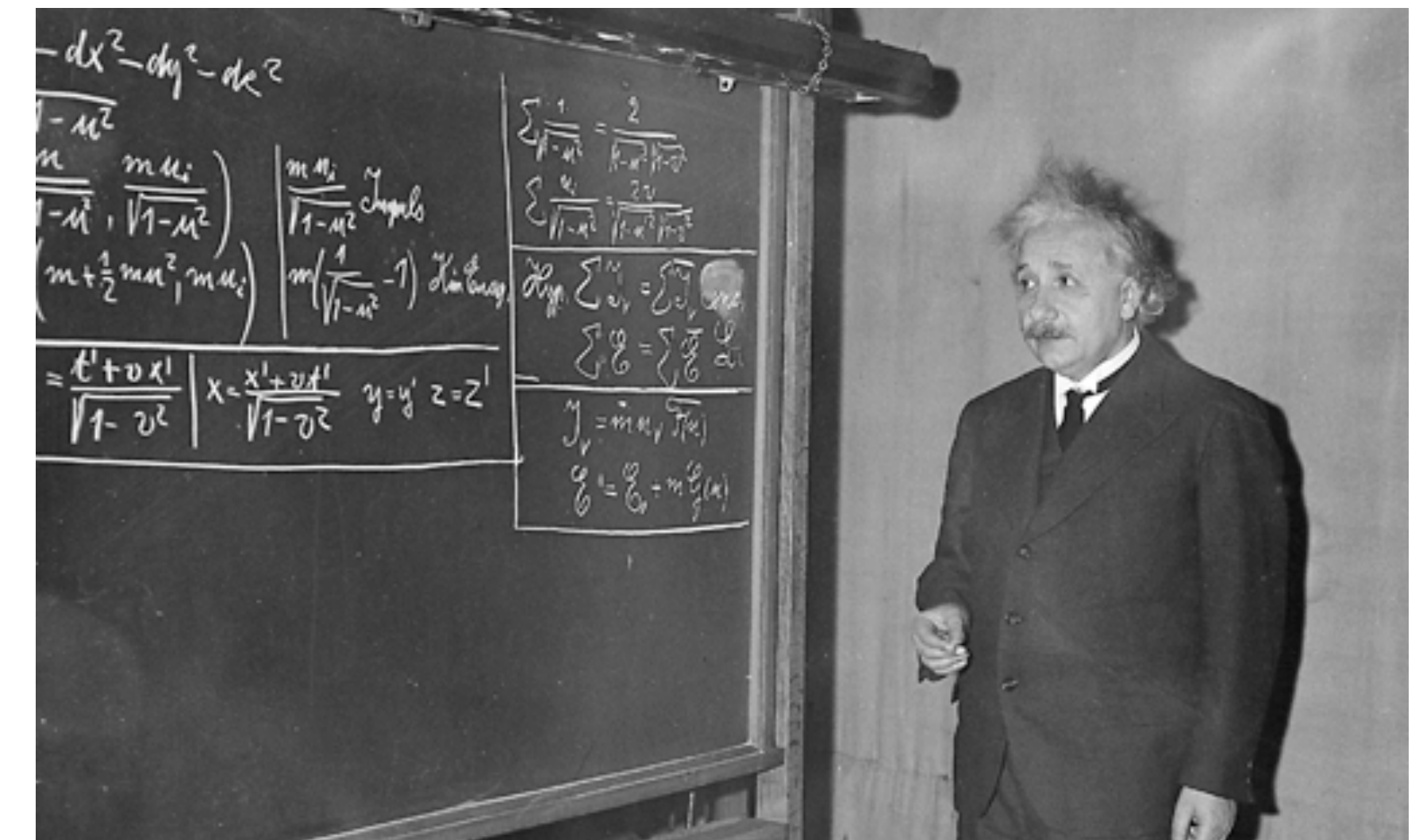
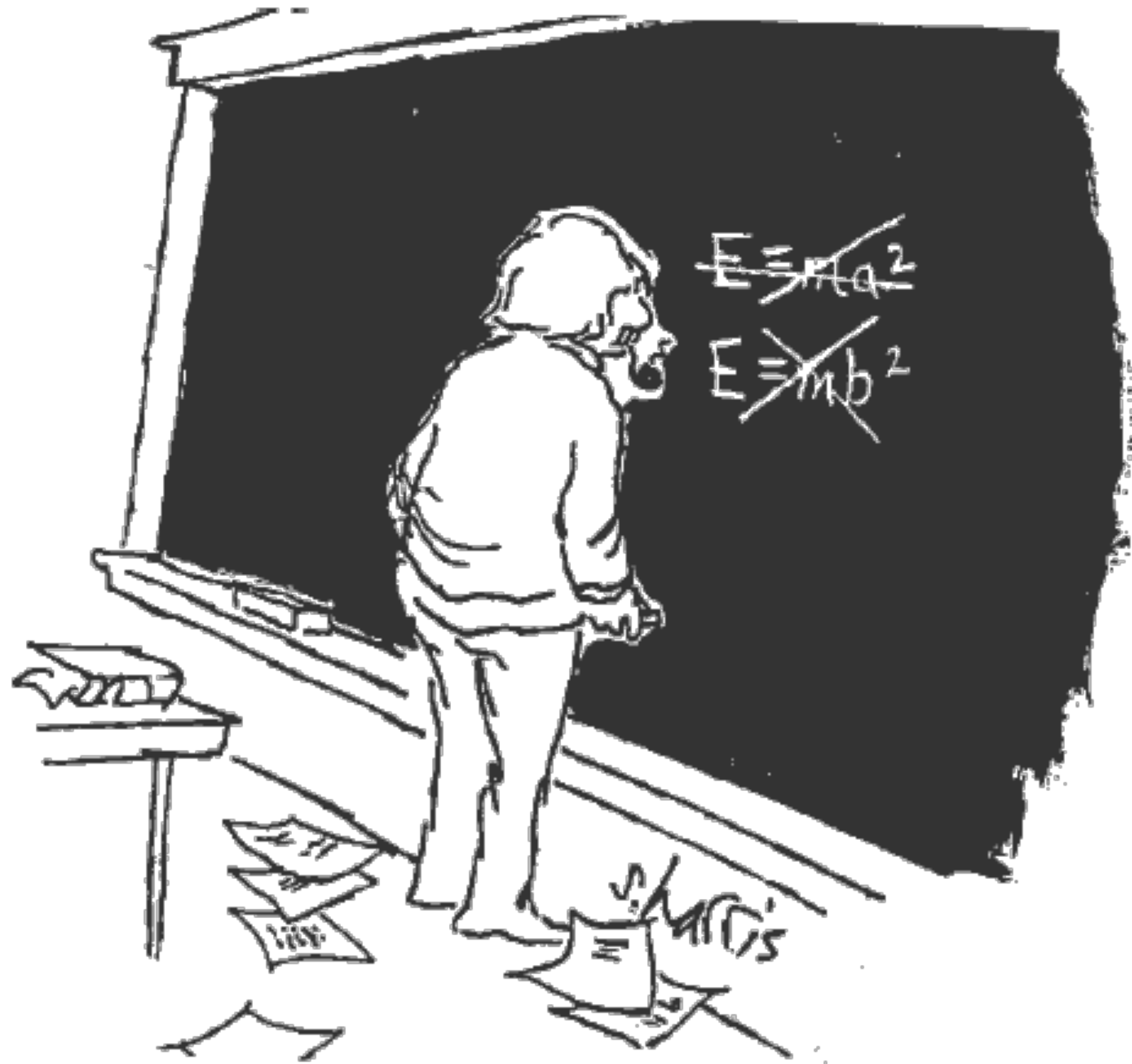
エネルギー 質量×光速×光速

エネルギーは質量と等価である！

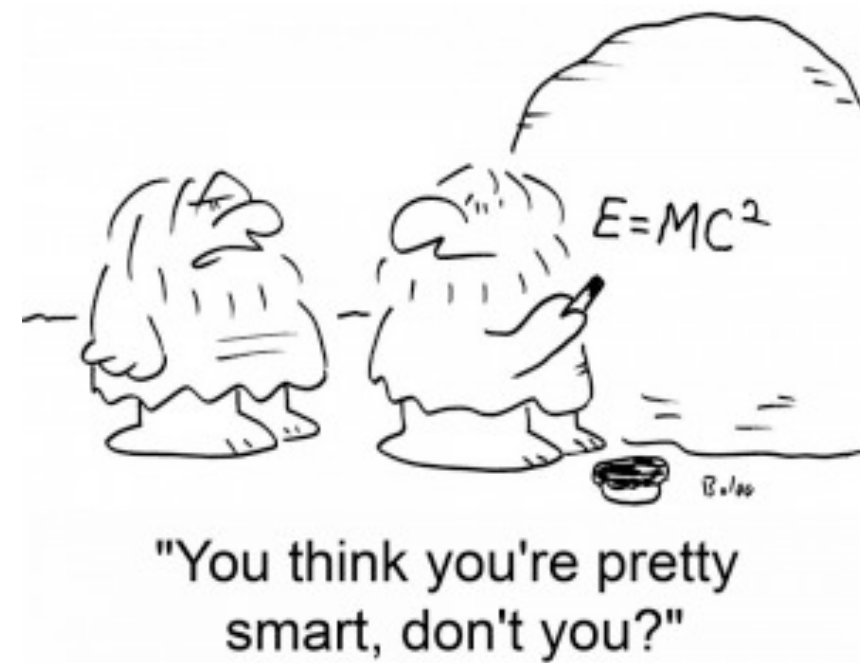
質量はエネルギーに変換できる！

世の中からわずかでも質量が失われるならば，
莫大なエネルギーが発生する

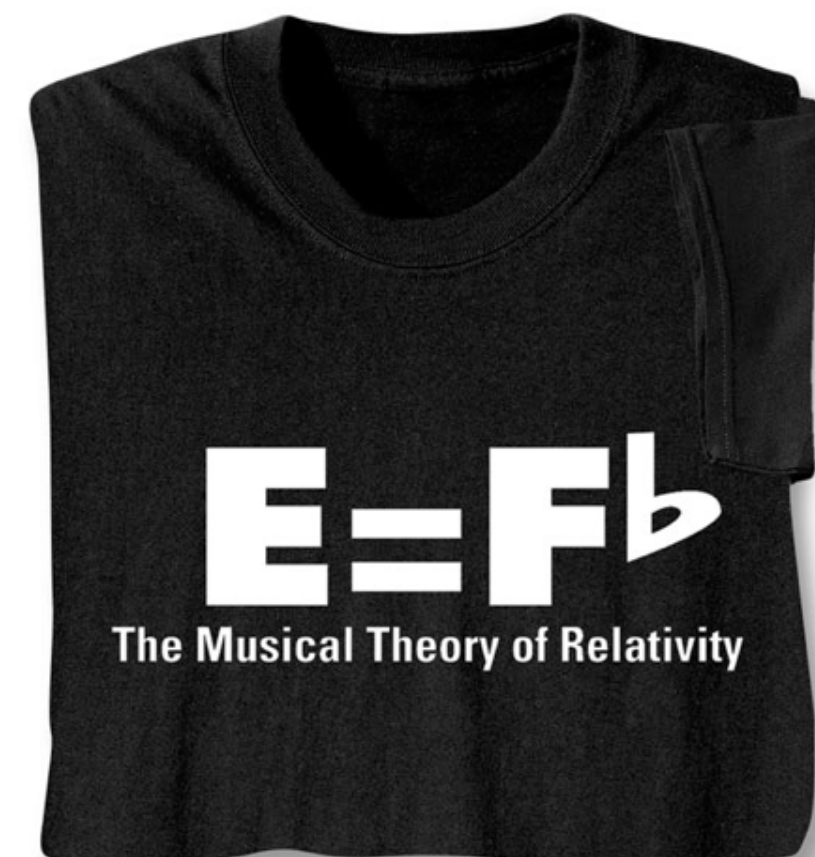
最も有名な物理の公式： 質量とエネルギーの等価性



最も有名な物理の公式： 質量とエネルギーの等価性



$$E = mc^2$$



最も有名な物理の公式： 質量とエネルギーの等価性



……本の中に数式を1つ入れるたびに、売れ行きは半減すると教えてくれた人がいる。そこで、数式はいっさい入れない決心をした。しかし、とうとう一つだけは入れることになってしまった。アインシュタインの有名な式

$$E = mc^2$$

である。この式が私の本の潜在的な読者をおびえさせ、半分に減らさないことを願っている。……

朝までラーニング!

#相対性理論 ～100分後に $E=mc^2$ を説明するサンシャイン池崎～

概要

放送予定

過去のエピソード

この番組について

サンシャイン池崎と一緒に教養ある大人になろう！テーマは、聞いたことあるけどよく知らない「相対性理論」。数式が飛び交う2時間30分。NHKラーニングのショート動画も。



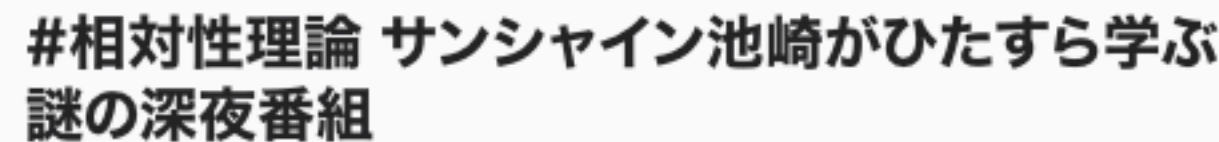
出演
サンシャイン池崎
(お笑い芸人)



出演
真貝寿明
(大阪工業大学 教授)

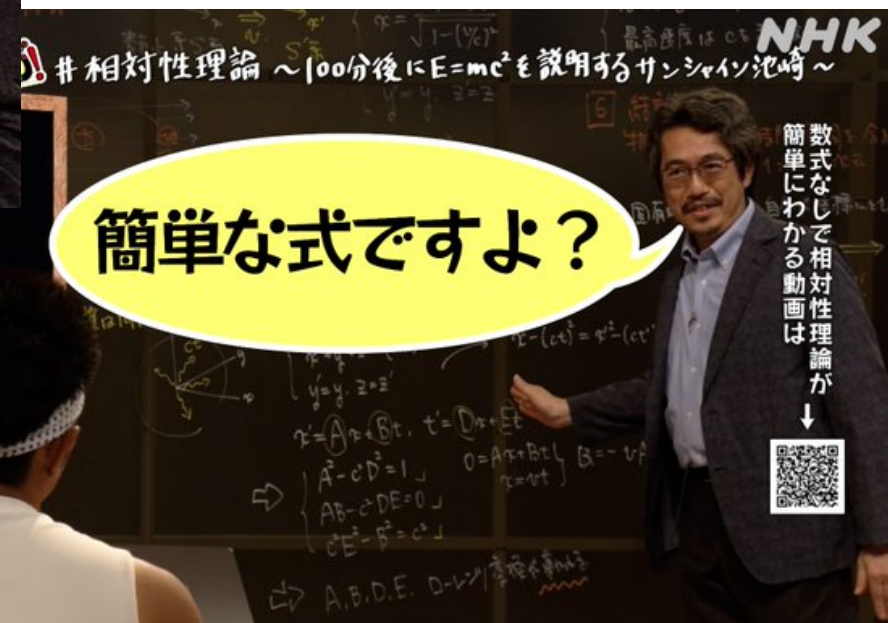


出演
小池美波(櫻坂46)



初回放送日: 2023年8月27日

「相対性理論をサラッと説明できたらカッコいい！」芸人・サンシャイン池崎さんが100分の大学教授の講義に本気で挑む！難解な数式も登場！「一からちゃんと理解したい」そんな大人の知的欲求に応えます。「数式はムリ」という方にはウェブサイト・NHKラーニングのショート動画でわかりやすく解説！池崎さんの本気の推し、櫻坂46・小池美波さんが内緒で登場！なななな～なななな～ナレーションはジョイマン高木さん。

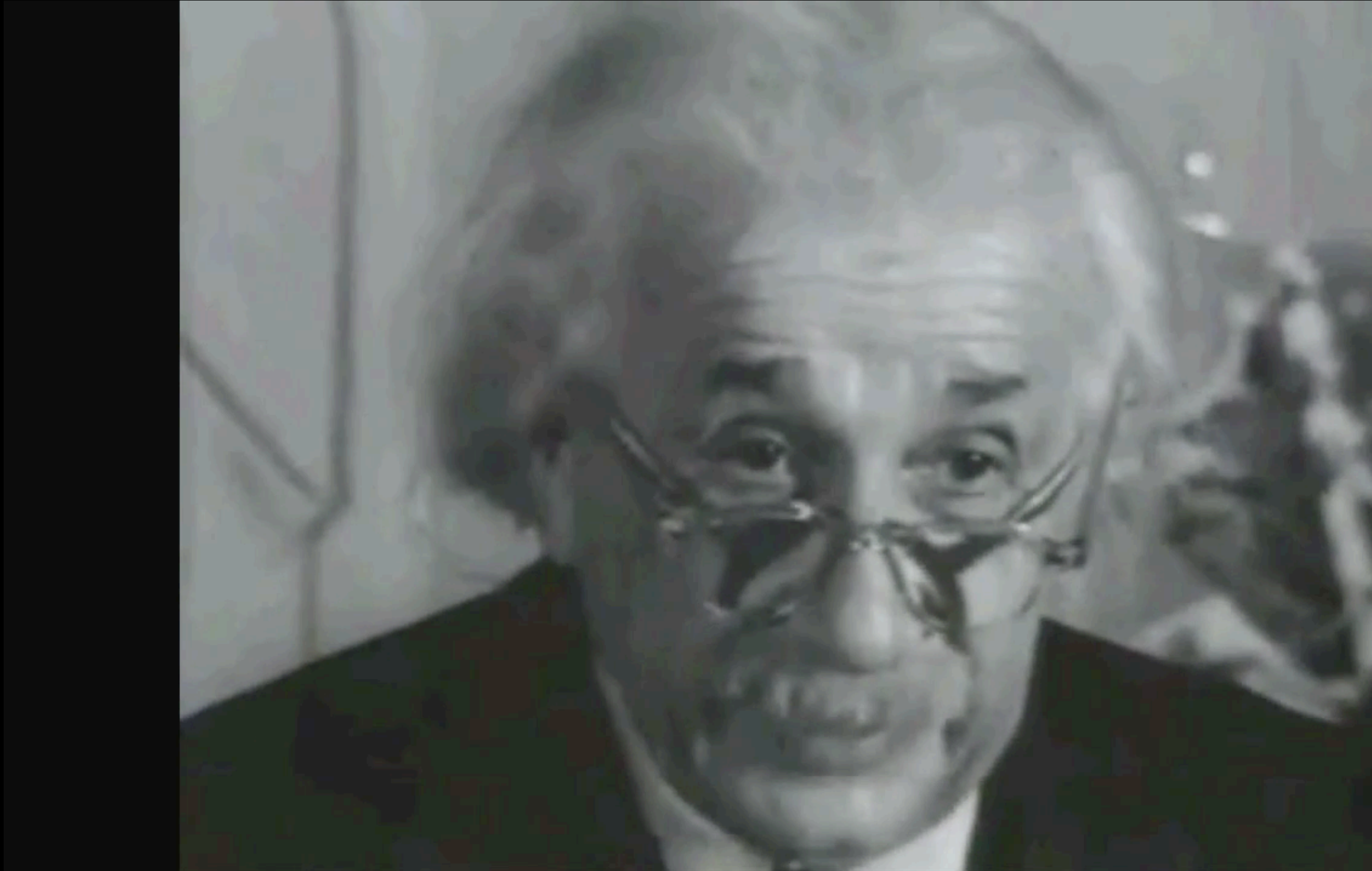


簡単な式ですよ？

簡単！わかる動画は ↓

<https://www.web.nhk/tv/pl/series-tep-883N4WZPGQ/ep/2W8P531W5Y>

<https://www.nhk.jp/p/ts/883N4WZPGQ/>



Einstein 自身による $E = mc^2$ の説明

It followed from the special theory of relativity that mass and energy are both but different manifestations of the same thing — a somewhat unfamiliar conception for the average mind.

Furthermore, the equation $E = mc^2$, in which energy is put equal to mass, multiplied by the square of the velocity of light, showed that very small amounts of mass may be converted into a very large amount of energy and vice versa.

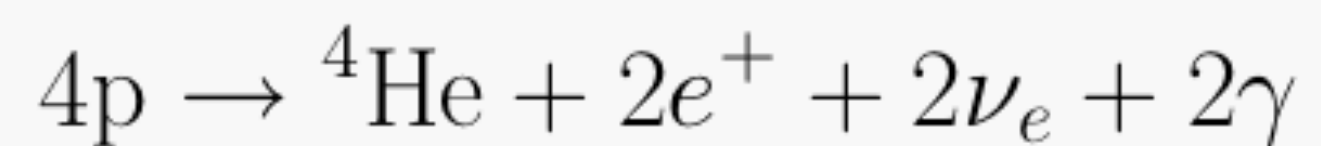
The mass and energy were in fact equivalent, according to the formula mentioned before.

This was demonstrated by Cockcroft and Walton in 1932, experimentally.

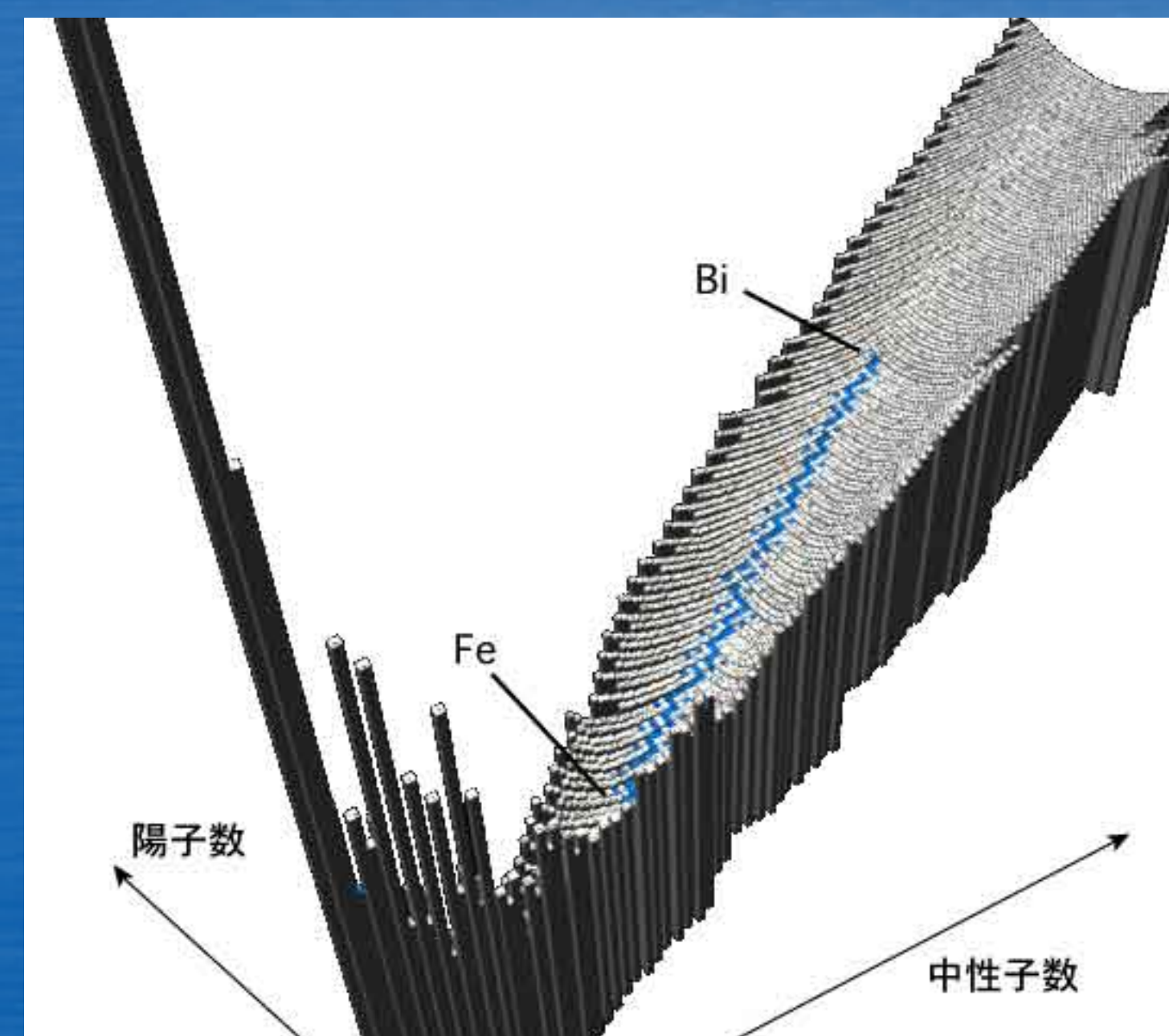
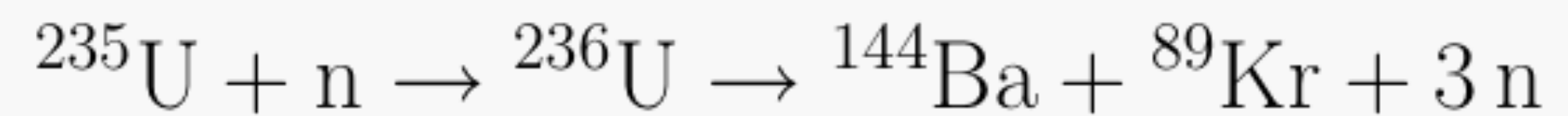


特殊相対性理論 【核反応】

核融合



核分裂



鉄 ${}^{56}\text{Fe}$ の核力が一番安定.
星の中心は, 鉄になり, 燃え尽きると冷えてゆく.

ウランの崩壊系列

PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<http://www.periodni.com>

GROUP 1 IA 2 IIA 3 IIIB 4 IVB 5 VB 6 VIB 7 VIIB 8 9 VIIIB 10 11 IB 12 IIB 13 IIIA 14 IVA 15 VA 16 VIA 17 VIIA 18 VIIIA

PERIOD 1 2 3 4 5 6 7

RELATIVE ATOMIC MASS (1)

GROUP IUPAC 13 IIIA 5

ATOMIC NUMBER 5

SYMBOL B

ELEMENT NAME BORON

Metal Semimetal Nonmetal

Alkali metal Alkaline earth metal Transition metals Lanthanide Actinide

Chalcogens element Halogens element Noble gas

STANDARD STATE (25 °C; 101 kPa)

Ne - gas Hg - liquid Fe - solid Te - synthetic

1 1.0079 H HYDROGEN 2 4.0026 He HELIUM

3 6.941 Li LITHIUM 4 9.0122 Be BERYLLIUM

5 10.811 B BORON 6 12.011 C CARBON 7 14.007 N NITROGEN 8 15.999 O OXYGEN 9 18.998 F FLUORINE 10 20.180 Ne NEON

11 22.990 Na SODIUM 12 24.305 Mg MAGNESIUM 13 26.982 Al ALUMINIUM 14 28.086 Si SILICON 15 30.974 P PHOSPHORUS 16 32.065 S SULPHUR 17 35.453 Cl CHLORINE 18 39.948 Ar ARGON

19 39.098 K POTASSIUM 20 40.078 Ca CALCIUM 21 44.956 Sc SCANDIUM 22 47.867 Ti TITANIUM 23 50.942 V VANADIUM 24 51.996 Cr CHROMIUM 25 54.938 Mn MANGANESE 26 55.845 Fe IRON 27 58.933 Co COBALT 28 58.693 Ni NICKEL 29 63.546 Cu COPPER 30 65.38 Zn ZINC 31 69.723 Ga GALLIUM 32 72.64 Ge GERMANIUM 33 74.922 As ARSENIC 34 78.96 Se SELENIUM 35 79.904 Br BROMINE 36 83.798 Kr KRYPTON

37 85.468 Rb RUBIDIUM 38 87.62 Sr STRONTIUM 39 88.906 Y YTTRIUM 40 91.224 Zr ZIRCONIUM 41 92.906 Nb NIOBIUM 42 95.96 Mo MOLYBDENUM 43 (98) Tc TECHNETIUM 44 101.07 Ru RUTHENIUM 45 102.91 Rh RHODIUM 46 106.42 Pd PALLADIUM 47 107.87 Ag SILVER 48 112.41 Cd CADMIUM 49 114.82 In INDIVIDIUM 50 118.71 Sn STANNUM 51 121.76 Sb ANTIMONY 52 127.60 Te TELLODIUM 53 126.90 I IODINE 54 131.29 Xe XENON

55 132.91 Cs CAESIUM 56 137.33 Ba BARIUM 57-71 La-Lu Lanthanide 72 178.49 Hf HAFNIUM 73 180.95 Ta TANTALUM 74 183.84 W TUNGSTEN 75 186.21 Re RHENIUM 76 190.23 Os OSMIUM 77 192.22 Ir IRIIDIUM 78 195.08 Pt PLATINUM 79 196.97 Au GOLD 80 200.59 Hg MERCURY 81 204.38 Tl THALLIUM 82 207.2 Pb LEAD 83 208.98 Bi BISMUTH 84 (209) Po POLONIUM 85 (210) At ASTATINE 86 (222) Rn RADON

87 (223) Fr FRANCIUM 88 (226) Ra RADIUM 89-103 Ac-Lr Actinide 104 (267) Rf RUTHERFORDIUM 105 (268) Db DUBNIUM 106 (271) Sg SEABORGIUM 107 (272) Bh BOHRIUM 108 (277) Hs HASSIUM 109 (276) Mt MEITNERIUM 110 (281) Ds DARMSTADTIUM 111 (280) Rg ROENTGENIUM 112 (285) Cn COPERNICIUM 113 (286) Uut UNUNTRIUM 114 (289) Fl FLEROVIUM 115 (288) Uup UNUNPENTIUM 116 (289) Lv LIVERMORIUM 117 (294) Uus UNUNSEPTIUM 118 (294) Uuo UNUNOCTIUM

LANTHANIDE

57 138.91 La LANTHANUM 58 140.12 Ce CERIUM 59 140.91 Pr PRASEODYMIUM 60 144.24 Nd NEODYMIUM 61 (145) Pm PROMETHIUM 62 150.36 Sm SAMARIUM 63 151.96 Eu EUROPIUM 64 157.25 Gd GADOLINIUM 65 158.93 Tb TERBIUM 66 162.50 Dy DYSPROSIUM 67 164.93 Ho HOLMIUM 68 167.26 Er ERBIUM 69 168.93 Tm THULIUM 70 173.05 Yb YTTERBIUM 71 174.97 Lu LUTETIUM

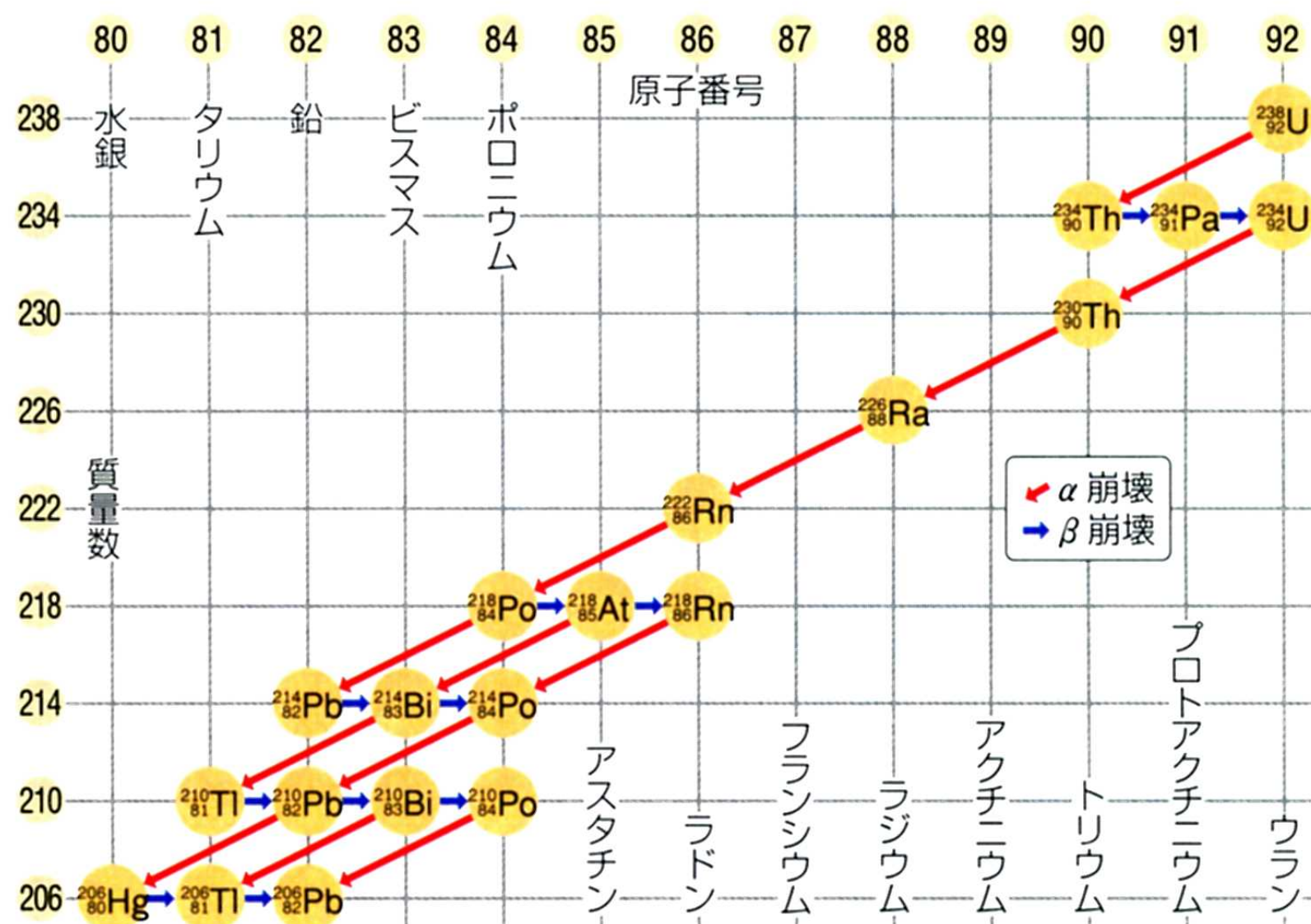
ACTINIDE

89 (227) Ac ACTINIUM 90 232.04 Th THORIUM 91 231.04 Pa PROTACTINIUM 92 238.03 U URANIUM 93 (237) Np NEPTUNIUM 94 (244) Pu PLUTONIUM 95 (243) Am AMERICIUM 96 (247) Cm CURIUM 97 (247) Bk BERKELIUM 98 (251) Cf CALIFORNIUM 99 (252) Es EINSTEINIUM 100 (257) Fm FERMIUM 101 (258) Md MENDELEVIUM 102 (259) No NOBELIUM 103 (262) Lr LAWRENCIUM

(1) Pure Appl. Chem., 81, No. 11, 2131-2156 (2009)

Relative atomic masses are expressed with five significant figures. For elements that have no stable nuclides, the value enclosed in brackets indicates the mass number of the longest-lived isotope of the element. However three such elements (Th, Pa and U) do have a characteristic terrestrial isotopic composition, and for these an atomic weight is tabulated.

図29 崩壊系列(ウラン系列) 原子核が崩壊して生じる一連の原子核を崩壊系列といい、このほかに、アクチニウム系列、トリウム系列、ネプツニウム系列の3つの系列がある。



Click 3 times

〔14-1〕電場(電界)と磁場(磁界)は相互に作用する。

ファラデーの〔 (a) 〕の法則によれば、コイル内の〔 (b) 〕の数が増え、コイルに起電力が発生する。コイル内の〔 (b) 〕の数が増えると、コイルは〔 (c) 〕の向きに起電力が発生する。この原理を利用したものに、〔 (d) 〕がある。

〔14-2〕

不安定な同位体は、崩壊して別の原子になる。もとの量が半分になる時間を半減期という。Cs137 (セシウム)の半減期は30年である。ある時間から $1/8$ の量になるまでは何年か。

〔14-3〕通信欄。

(あと1回。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)

Muses授業アンケート
お願いします。