

生活の中の物理学

Physics in Everyday Phenomena

第11回 2024/12/2

第5章 波（光）

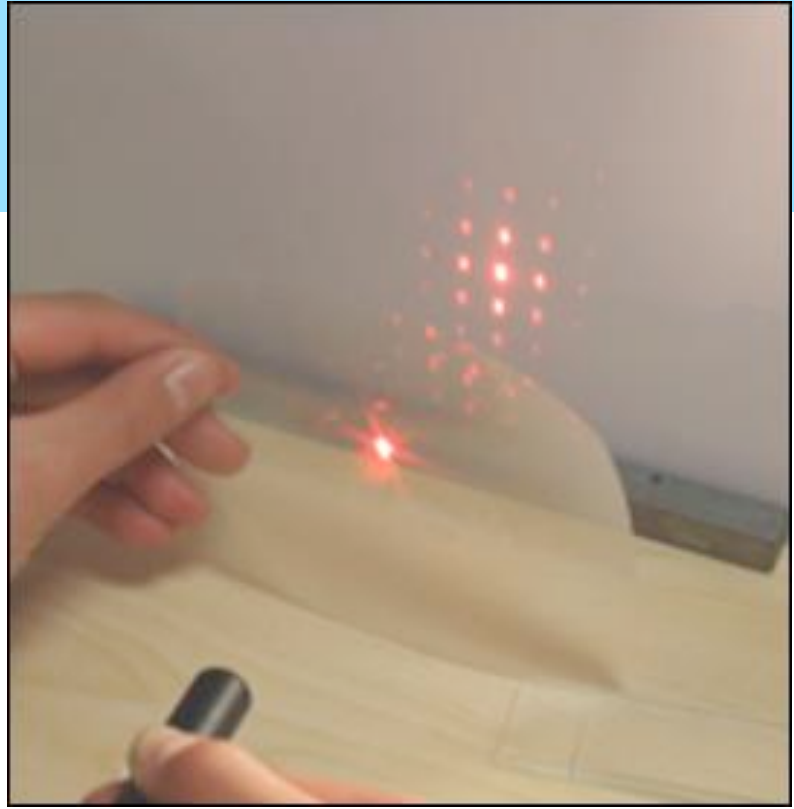
真貝 寿明

Hisaaki Shinkai



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

分光シート万華鏡をつくらう



2つに分光シートを貼る

1つは底を黒く塗る

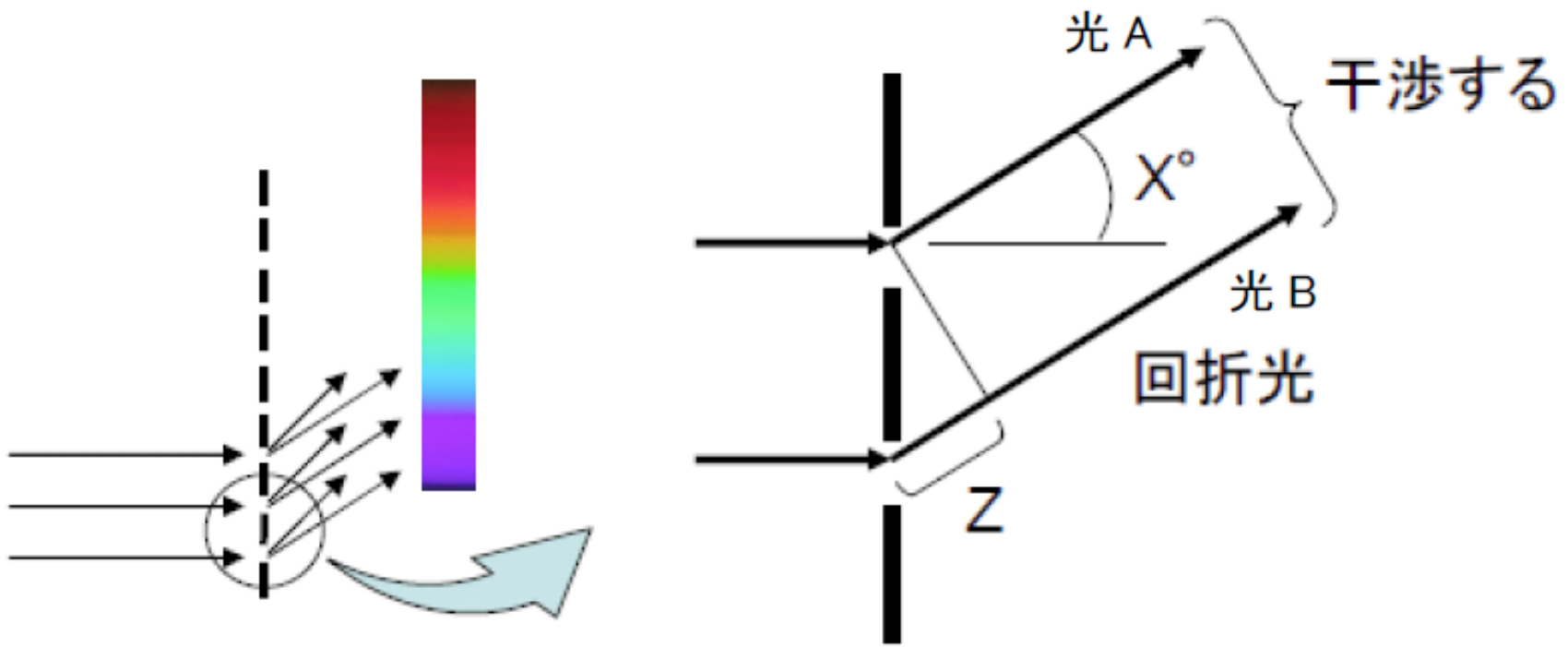
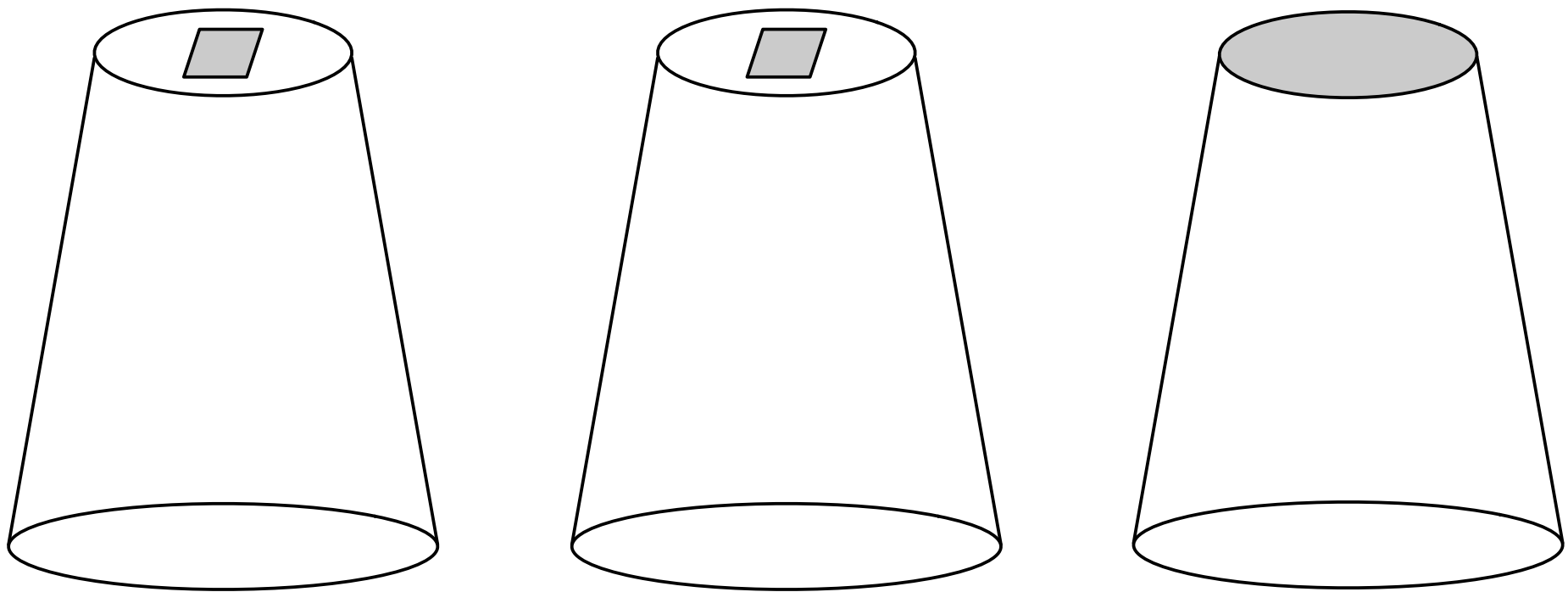
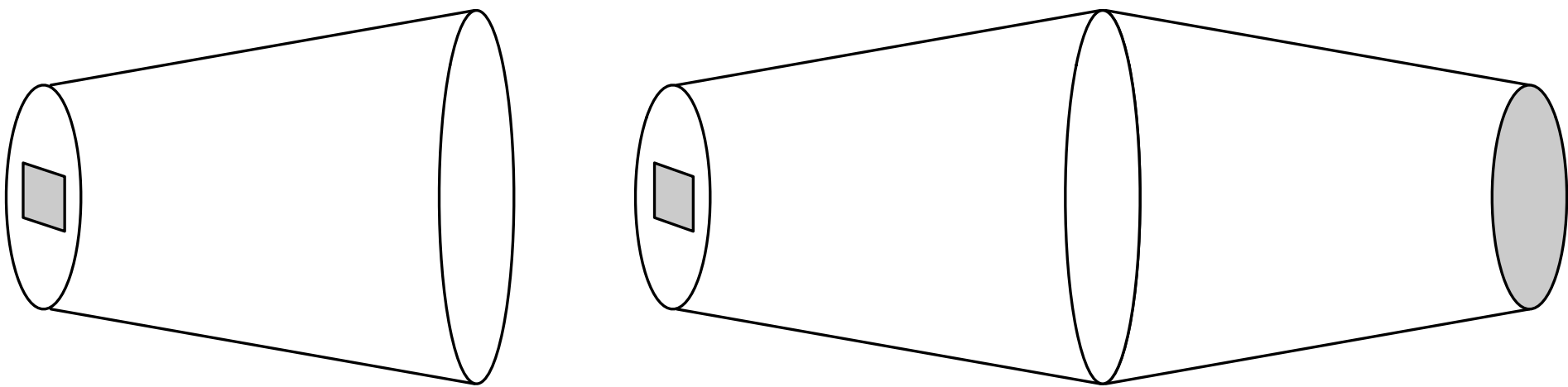
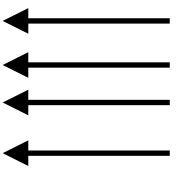


図 5 回折格子による分光の原理



画鋏で穴をあける



2つを貼り合わせる



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

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

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

課題

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

作成要領

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

提出手順

- Google Classroom の課題として提出。手書きの場合は写真撮影したものを提出
- 提出〆切は、**2024年12月29日（日） 22:59**
- 提出ファイルの名前は、「P 学科 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。

前回のミニッツペーパーから



パイプで演奏するのが
楽しかった。

演奏楽しかったです。

物で音を奏でられとおもしろかった。

音で曲の演奏が思っているよりも難しかった。

今日は様々な音の体験ができておもしろかった。
パイプでドレミの音が出るのはおもしろい。

みんなで演奏できて、
とてもおもしろかったです。

音楽を奏られたのが楽しかった。

音の出方が様々で楽しかった。

【10-4】 合唱もやり！よく感じます！ 良の合唱とは言えたり！
チューブマシン、高校で使わせてもらった
のを思い出した。面白かった記憶。
1イキヤンの話とても面白い！と思った。アッ！
土曜日に合唱の発表会？があり、そこで
有名な指揮者の方だ、音の波の形が違ったら、
人の声で歌う歌は感動できるんだとあって、本当に
波の形が違うのを見ておもしろかった。
音階おもしろい！沖縄の合唱曲だから
5cレASTな音階！

【身近な技術】

ノイズキャンセリング ヘッドホン

ノイズキャンセリングヘッドホンとは？

周囲の雑音を低減し、クリアなサウンドを再生する
ノイズキャンセリングヘッドホン

電車内や航空機などでのリスニング時に、走行音やエンジンノイズなどさまざまな雑音を低減。
勉強や仕事など、気が散る原因となる周囲の雑音を低減し、静かな環境で聴けるので目的に集中できます。また、音質を上げ過ぎずに音楽を聴きとれるので、周囲への音漏れの心配がありません。

■ノイズキャンセリングヘッドホンの活用シーン

電車の中でもクリアなサウンドで聴けます

航空機での移動時に快適にリスニング

勉強・仕事などに集中して取り替えます

※航空機内の音楽サービスシステムにより、ご使用にできない場合があります
※航空機内で電子機器の使用が禁止されている場合や、機内の音楽サービスを個人用のヘッドホンで利用することが禁止されている場合は、本機を使用しないでください

■ノイズキャンセリング機能の原理

MOR-A06
内蔵マイク

1. 雑音（元の波）
ヘッドホンに内蔵されたマイクや周囲からの雑音を拾い、ノイズキャンセリング回路がその音を分析。

2. 逆位相の波
その雑音を打ち消す効果のある、逆位相の音を生み。

3. 合成されて再生した波
元の波を反転させた逆位相の波を重ね、元の波を消滅。これにより周囲の雑音を低減します。

※ノイズキャンセリング機能は、人が耳障りに感じやすい40〜1,500Hzの音を低減させます。周囲からの雑音がまったく聞こえなくなるわけではありません。

http://www.sony.jp/headphone/select/popup_noise_cancel.html



21

5

琉球音階



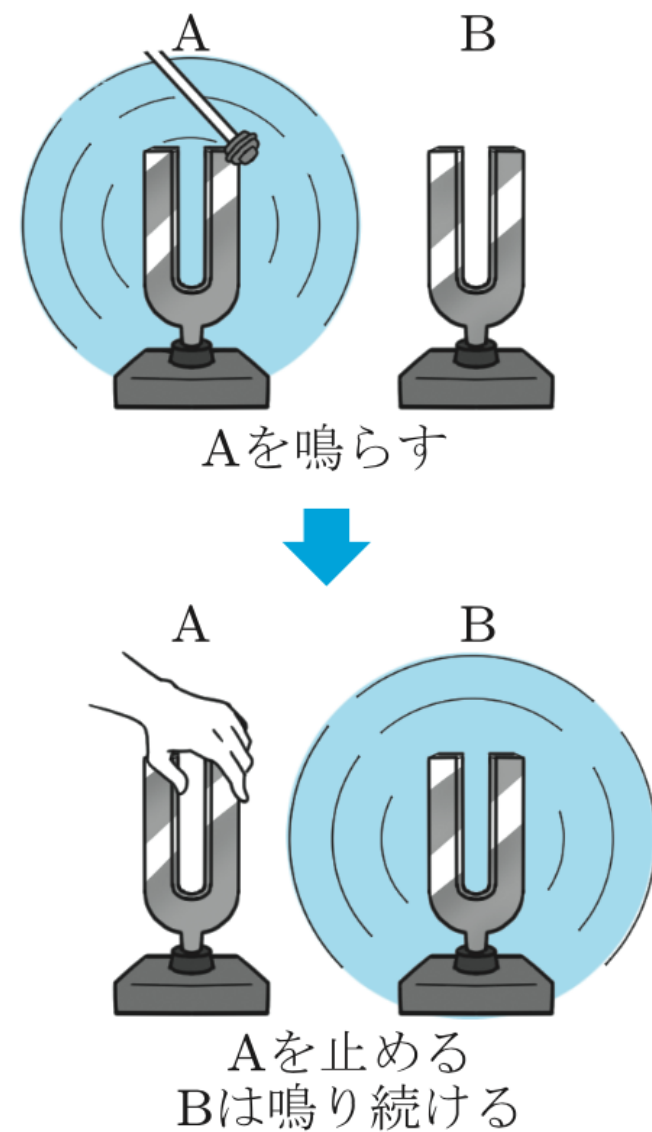
【ゆっくり解説】沖縄の風が感じられる！ ～ 琉球音階を使った「かえるのうた」で沖縄風のアレンジの方法をご紹介！【音階】

https://www.youtube.com/watch?v=M5GrHqr_Q9g

前回のミニッツペーパーから

ヘリウムガスを含むと声が高くなる現象、ありますか。
あれは空気の質が異なるから音が変わっているのでしょうか。

ヘリウムは空気より密度が低いので、声帯がはやく振動して、高い声になる。
また、ヘリウム中の音速もはよくなるので口内の音が変わる。
人体に害はないが、酸欠に注意。



(AとBの振動の仕組が面白い。
Aが止まるまで時間経過してもBは同じように振動し続ける。これはなぜだろうか？)

共振の現象が大きな事故につながることをはじめて知りました



1850年 仏 Angers橋
1940年 米 Tacoma 橋

前回のミニッツペーパーから

音階が難しかったです。

牛乳をそそぐ時に牛乳がねじれるのは何故ですか？

そそぎ口の摩擦, 空中移動時の表面摩擦によって, 流れが不安定になる乱流発生と思います。

空腹がピークを過ぎるとマシになるのはなぜ？

慣れ, 諦めによって, 脳が空腹信号を出さなくなるためでは？

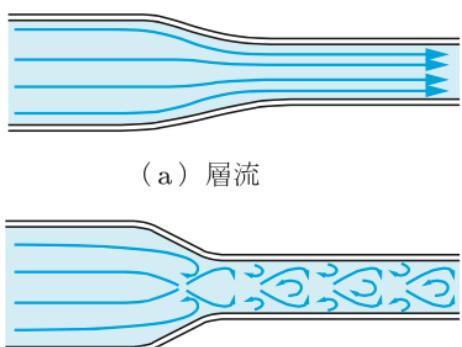
ジェットコースターの遠遊感を感じるためにはほどよい高さの落差が必要なのは知っている

回転半径と速度で決まります。ブランコで回転するのも同じ。

3. 流体 》 3.3 流体の動き

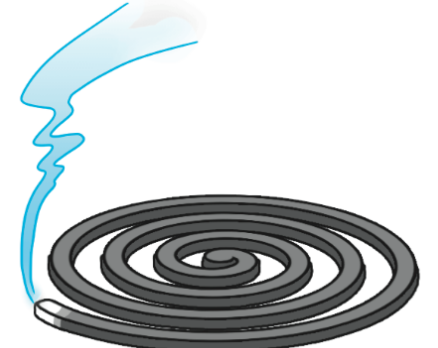
教科書 p105

3.3.3 乱流



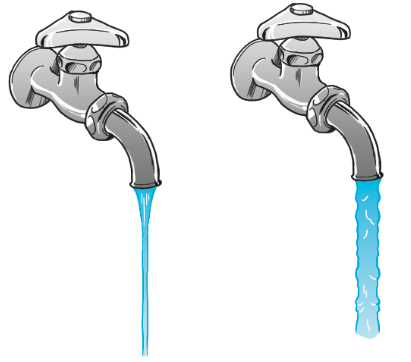
(a) 層流

(b) 乱流





Leonardo da Vinci
(1452—1519)

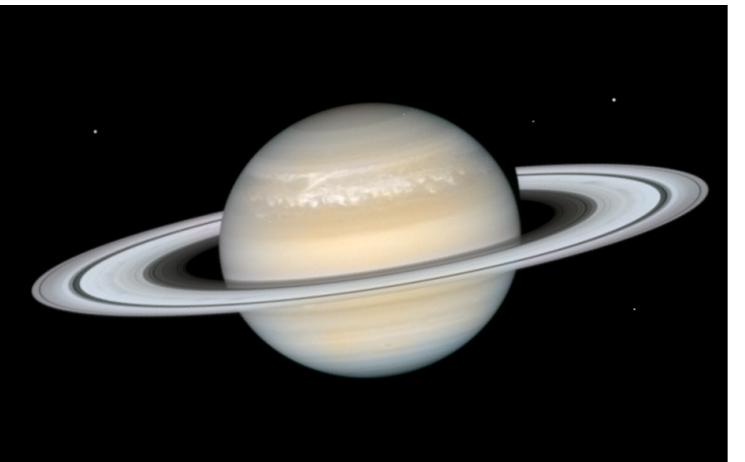


(a) 層流

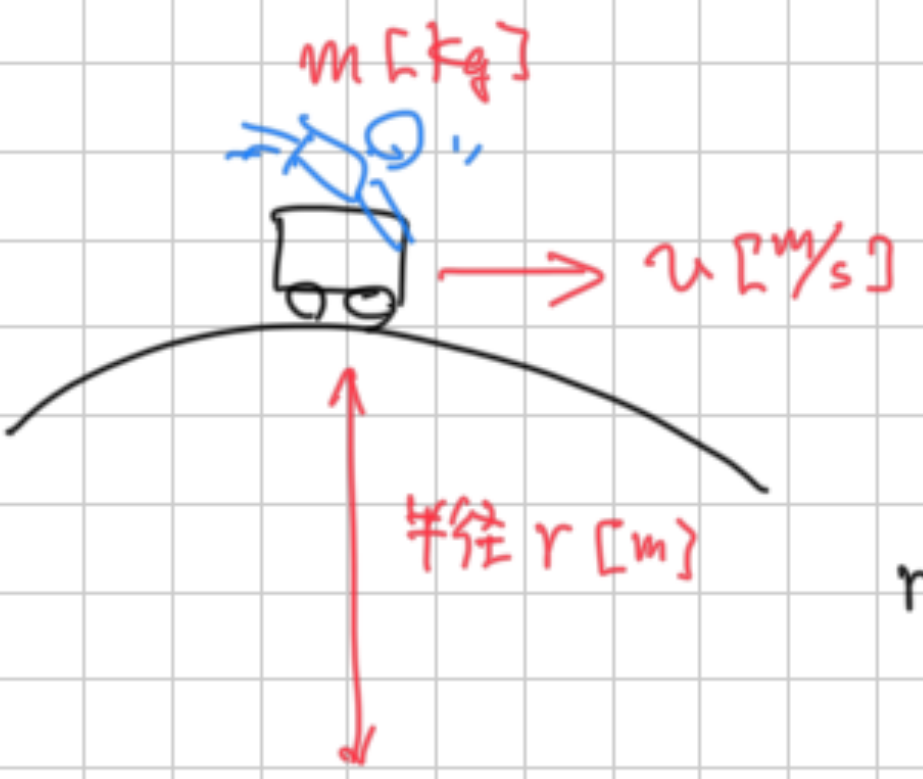
(b) 乱流



Jupiter



37



$m [kg]$

$v [m/s]$

半径 $r [m]$

重力 $\leq$ 遠心力

$$mg \leq m \frac{v^2}{r} \quad \text{or}$$
$$v \geq \sqrt{gr} \quad \text{たぶん 浮く}$$

$r = 10 [m]$ たぶん

$$v \geq \sqrt{98} = 9.9 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$$

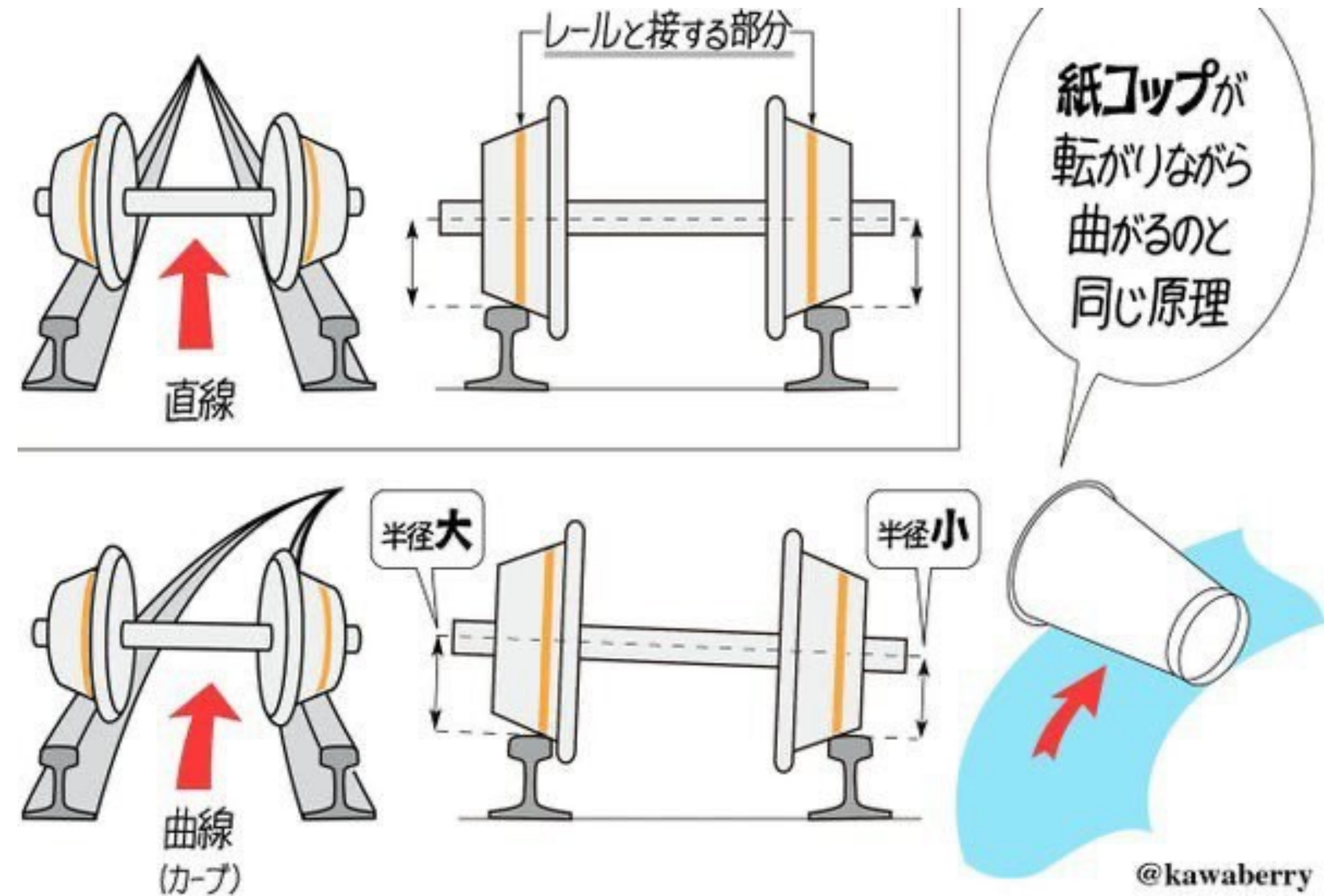
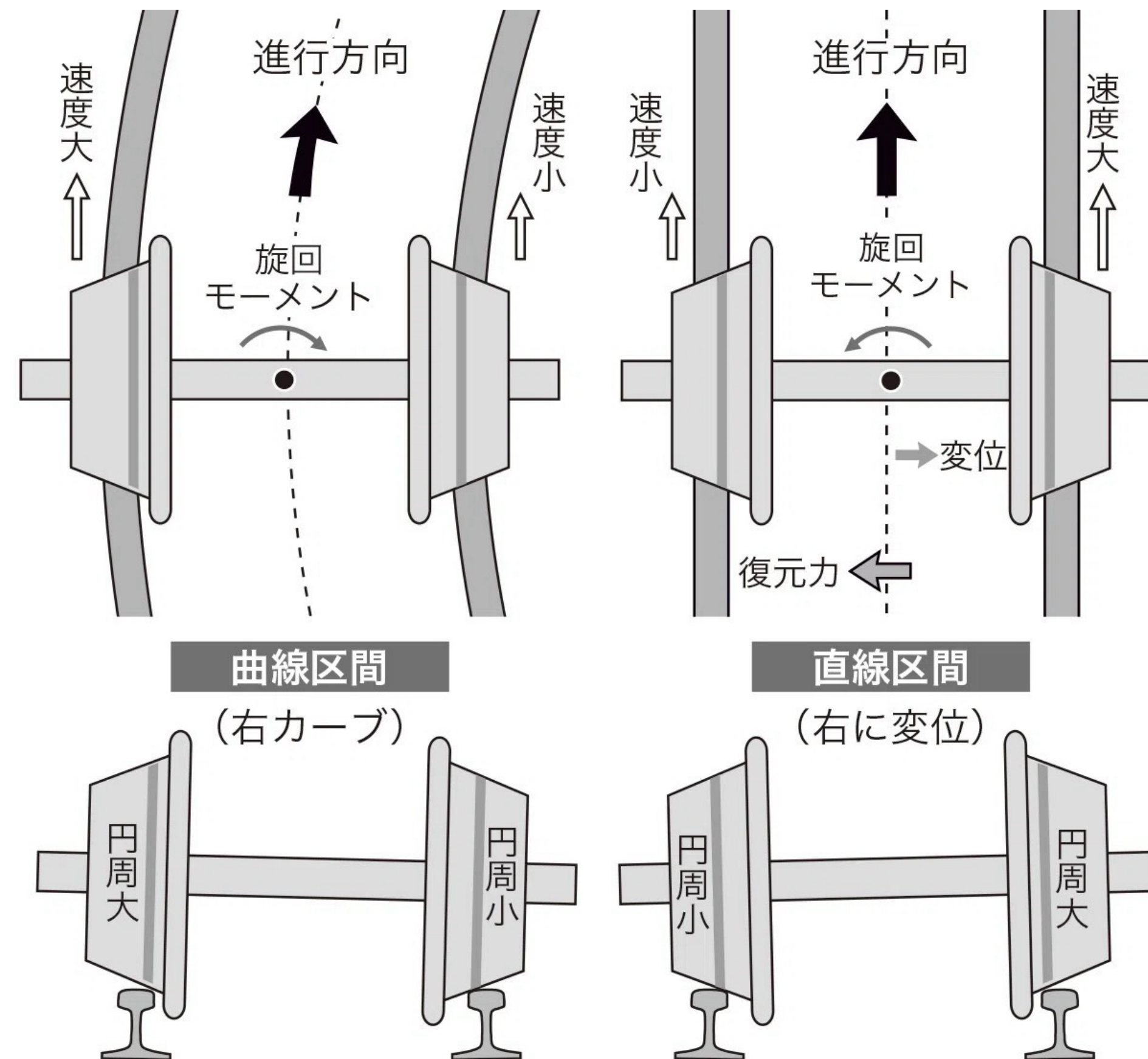
$r = 1 [m]$ たぶん

$$v \geq \sqrt{9.8} = 3.1 \text{ m/s} = 11.2 \text{ km/h}$$

8

前回のミニッツペーパーから

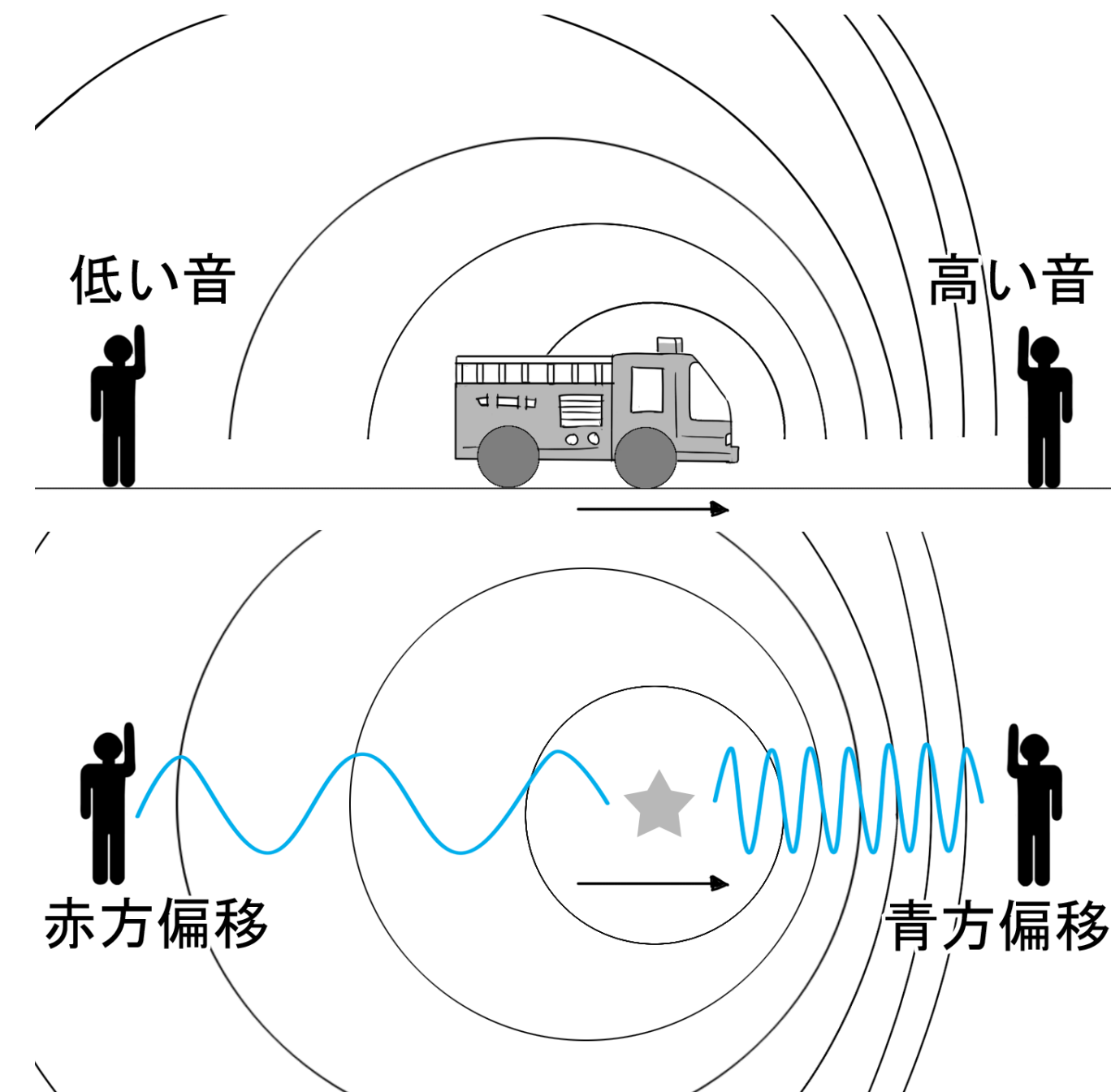
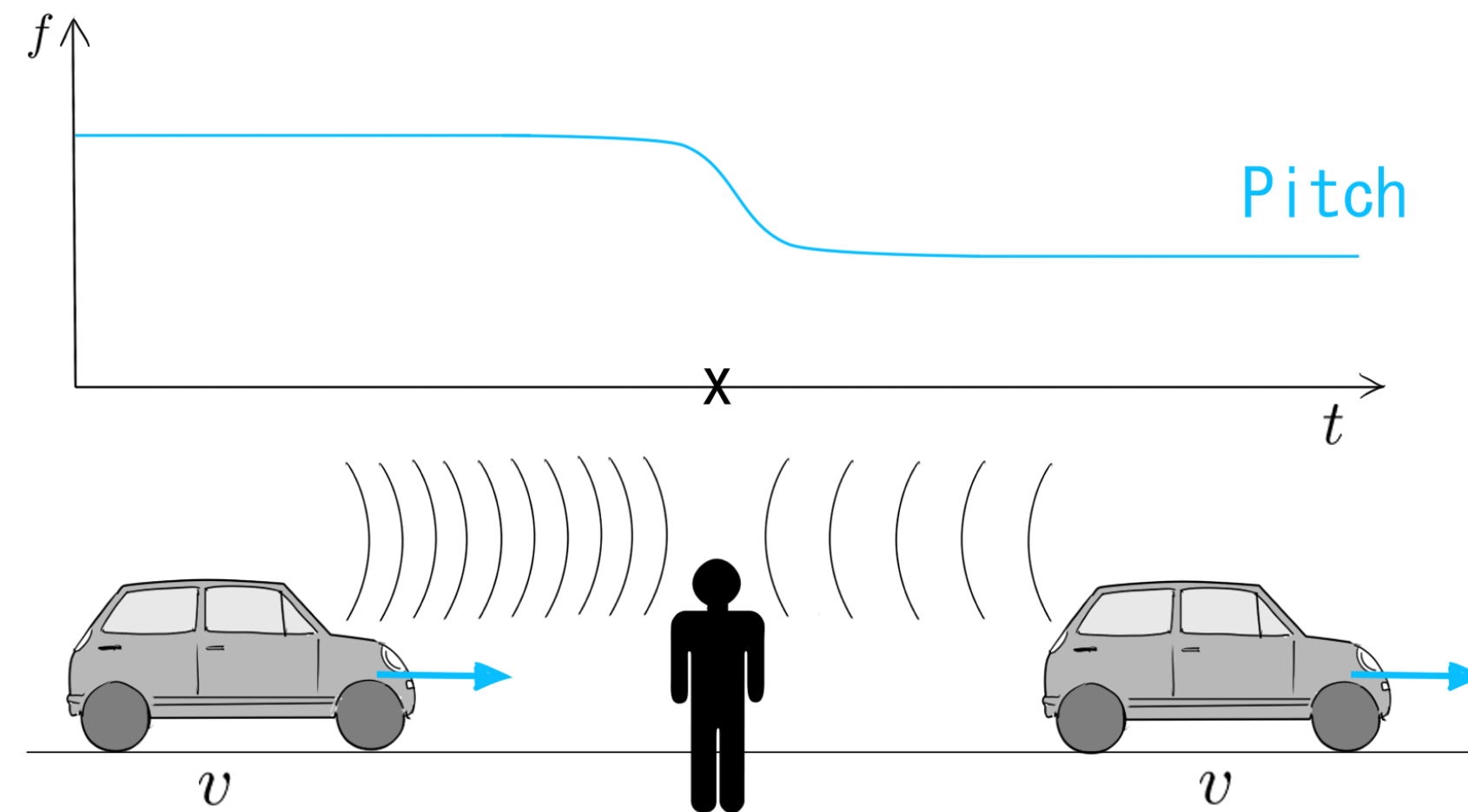
電車はどうして脱線しないのか



<https://jp.quora.com/長い貨物列車に関して-プラレールで車両をたくさん>

ドップラー効果

救急車が近づくときや遠ざかるときに、聞こえる音の振動数が変化する。これは音源が動くことによって、1秒間に伝わる波の数が増えたり減ったりすることで生じる現象で、ドップラー効果と呼ばれる。



法則 ドップラー効果

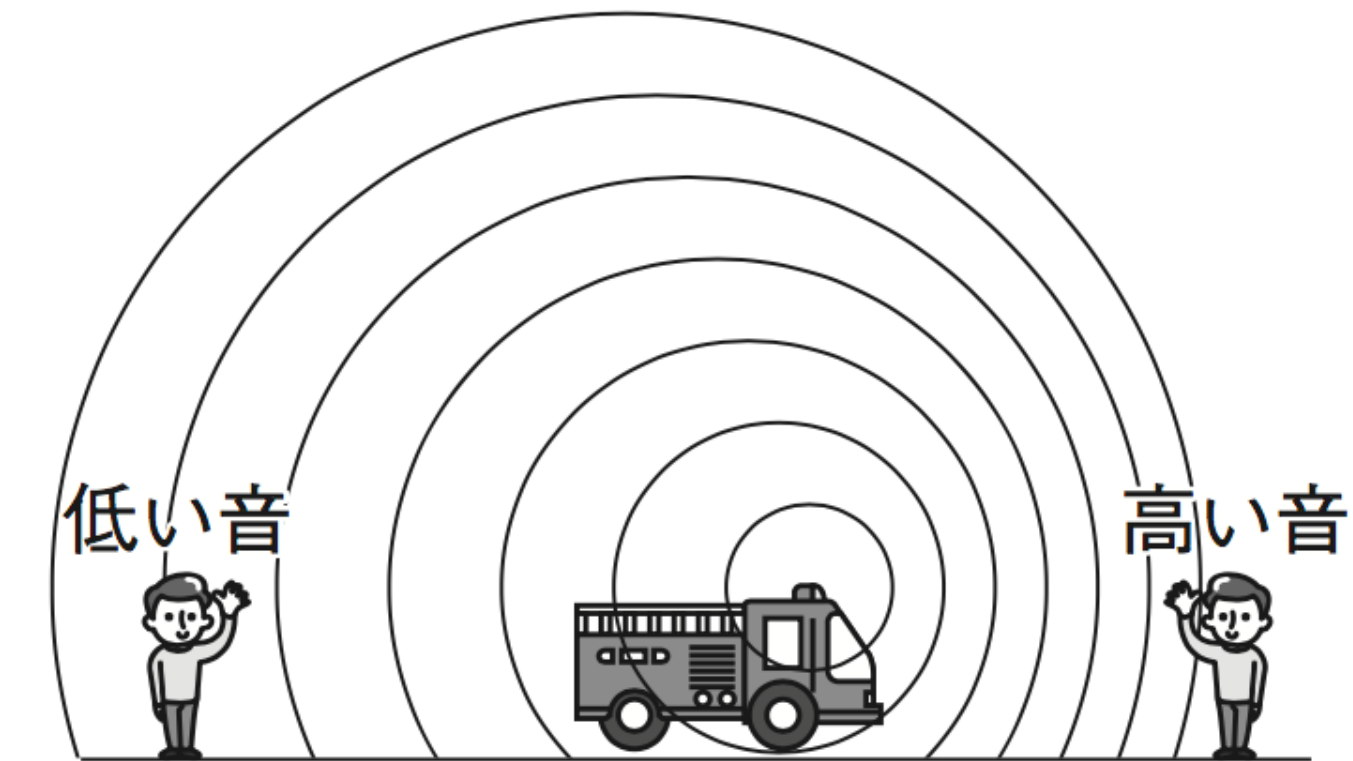
波源や観測者が移動することによって、本来伝わる波の振動数が大きくなったり、小さくなったりして観測される現象のことをドップラー効果という。

音源と観測者が相対的に近づく = 音が高くなる

音源と観測者が相対的に遠ざかる = 音が低くなる

ドップラー効果

救急車が近づくときや遠ざかるときに、聞こえる振動数が変化する。また、電車に乗っていると踏み切りの音が近づくときと遠ざかるときで変化する。このように、音源や観測者が移動することによって、本来伝わる音が高くなったり、低くなったりする現象（振動数・周波数が変化する現象）をドップラー効果という。



遠ざかるとき

低い音

近づくとき

高い音

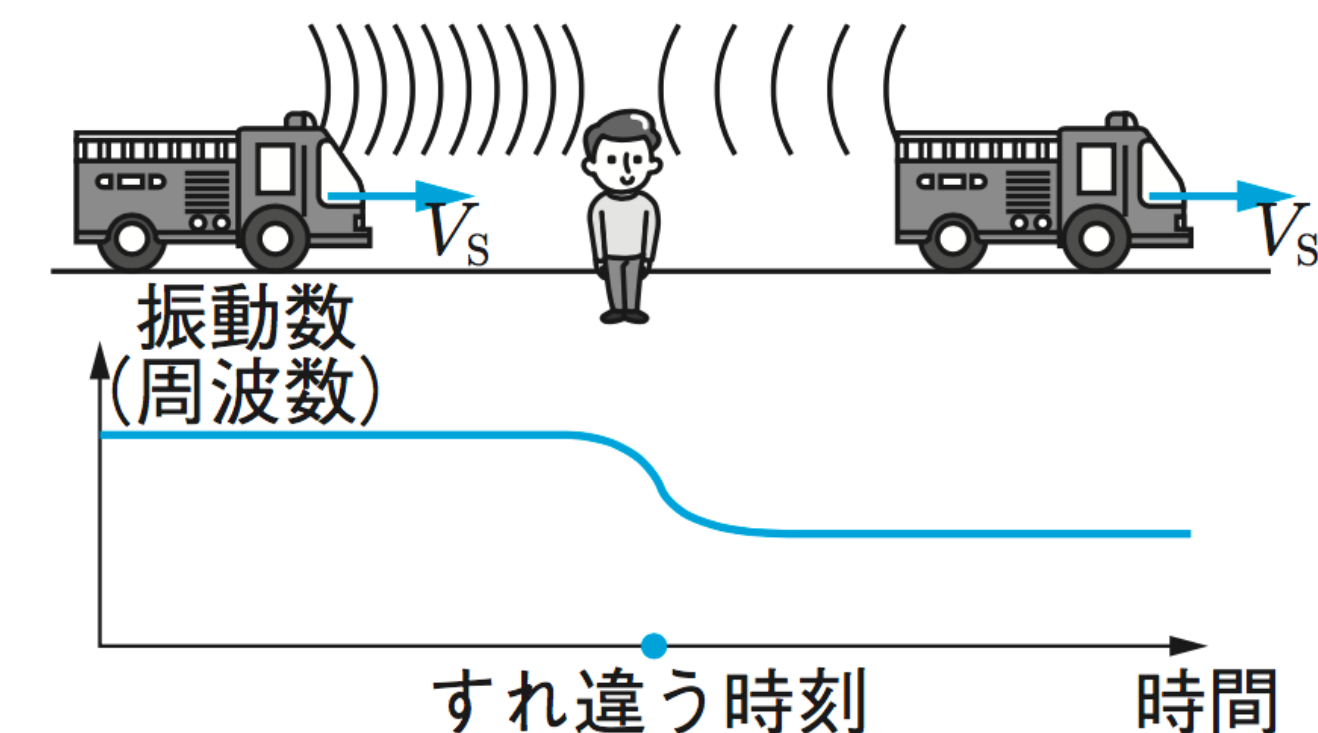
ドップラー効果

- 音速を V [m/s]、音源の移動速度を V_S [m/s]、観測者の移動速度を V_O [m/s] とする。音源の音の振動数を f_0 [Hz]、観測者の受け取る音の振動数を f' [Hz] の間には、

$$f' = \frac{V + V_O}{V - V_S} f_0 \quad (\text{A.23})$$

が成り立つ。 V_O と V_S の前の符号 (+, -) は、互いに近づくときの符号である。互いに離れるときは符号を逆にすればよい。

- 互いに近づくとき、音の周波数は大きくなり（すなわち音は高くなり）、遠ざかるときは音は低い音に変化する。



ドップラー効果

- 音速を V [m/s], 音源の移動速度を V_S [m/s], 観測者の移動速度を V_O [m/s] とする. 音源の音の振動数を f_0 [Hz], 観測者の受け取る音の振動数を f' [Hz] の間には,

$$f' = \frac{V + V_O}{V - V_S} f_0 \quad (\text{A.23})$$

が成り立つ. V_O と V_S の前の符号 (+, -) は, 互いに近づくときの符号である. 互いに離れるときは符号を逆にすればよい.

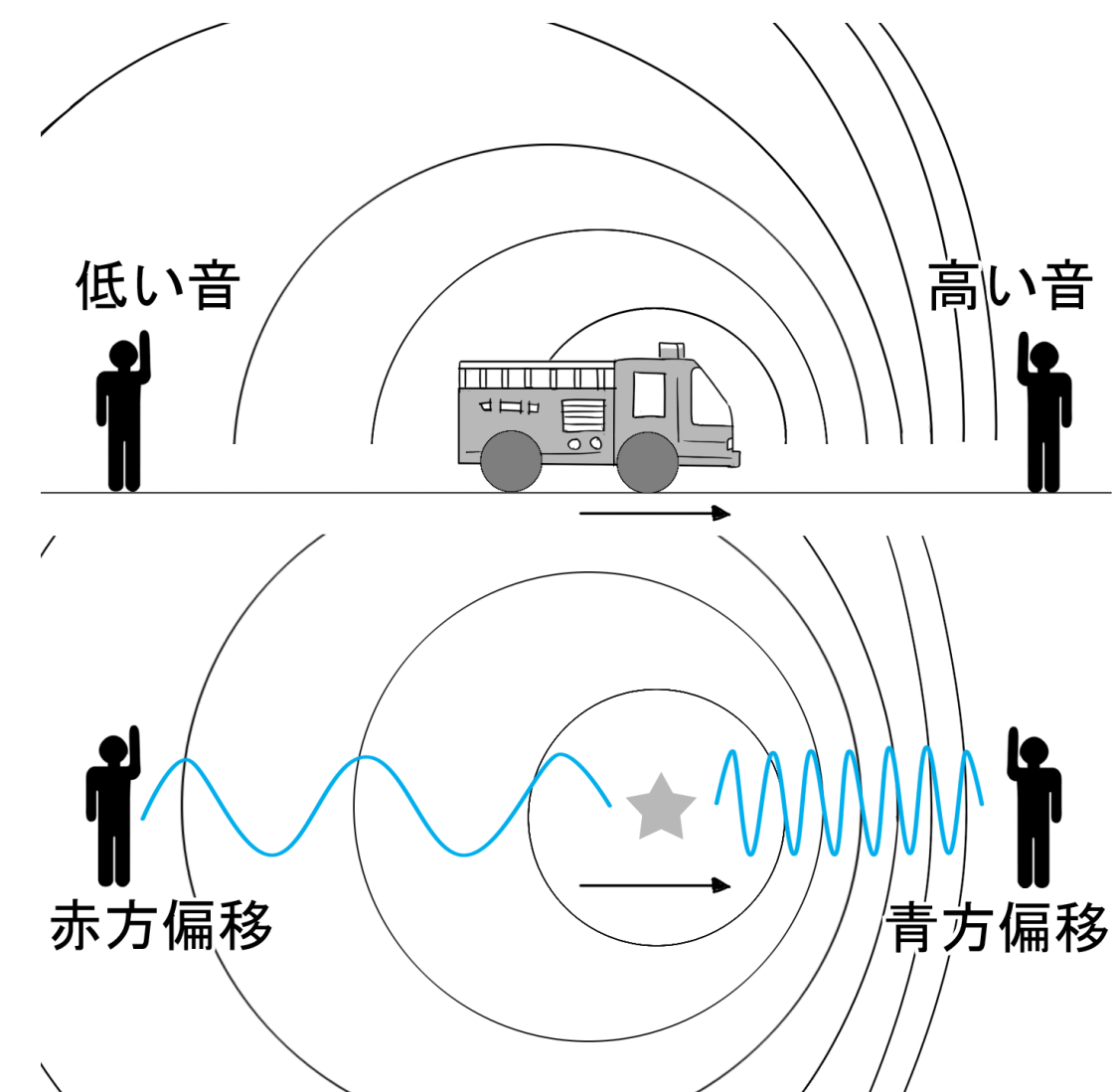
- 互いに近づくととき, 音の周波数は大きくなり (すなわち音は高くなり), 遠ざかるときは音は低い音に変化する.

音源と観測者が相対的に近づく

= 音が高くなる

音源と観測者が相対的に遠ざかる

= 音が低くなる

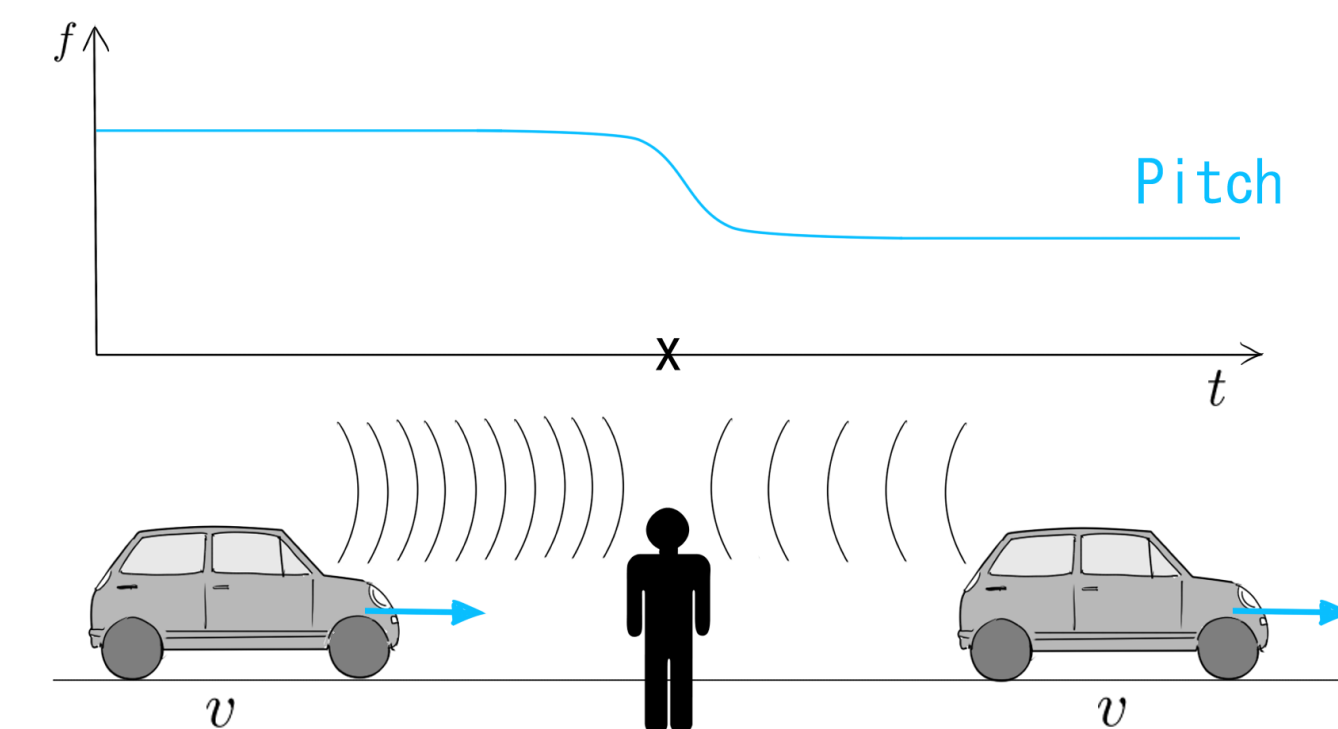
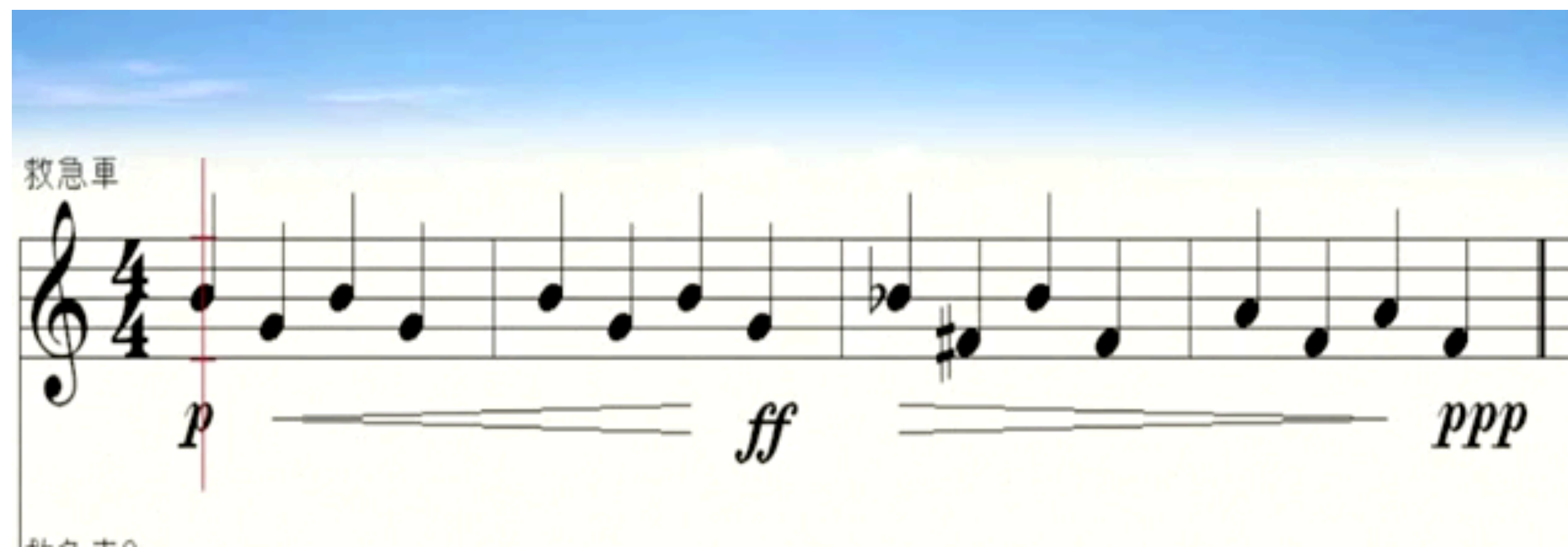


ドップラー効果

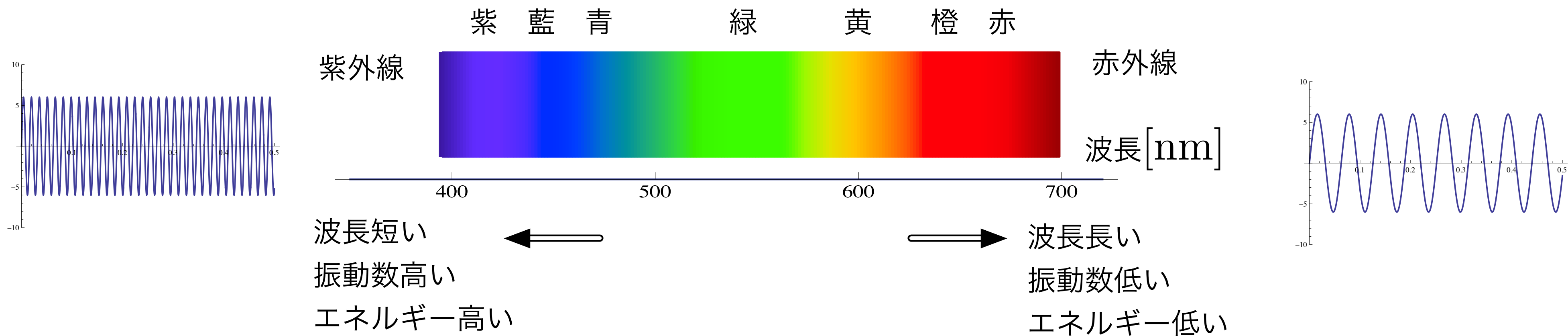


近づくとき
高い音
大きい音に

遠ざかるとき
低い音
小さい音に

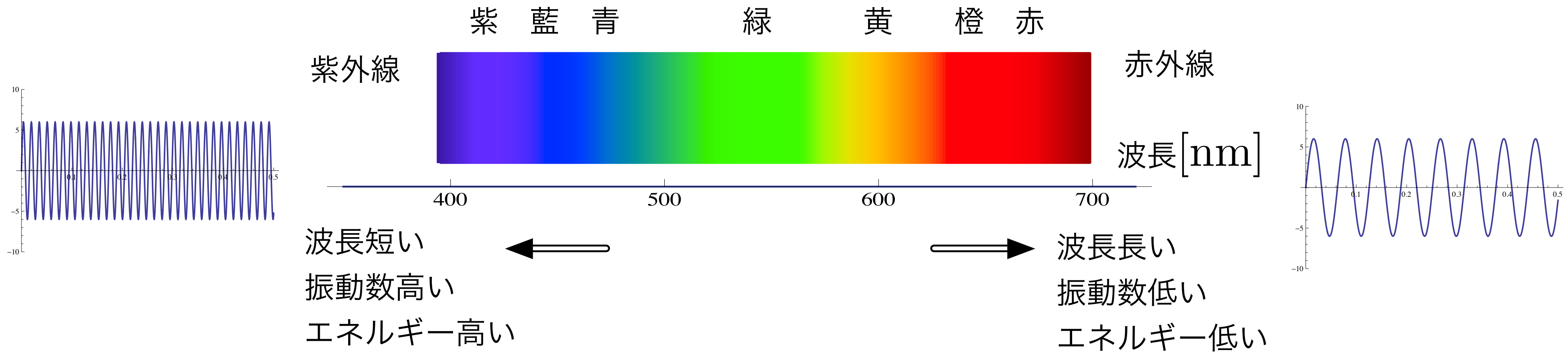


光の色=振動数



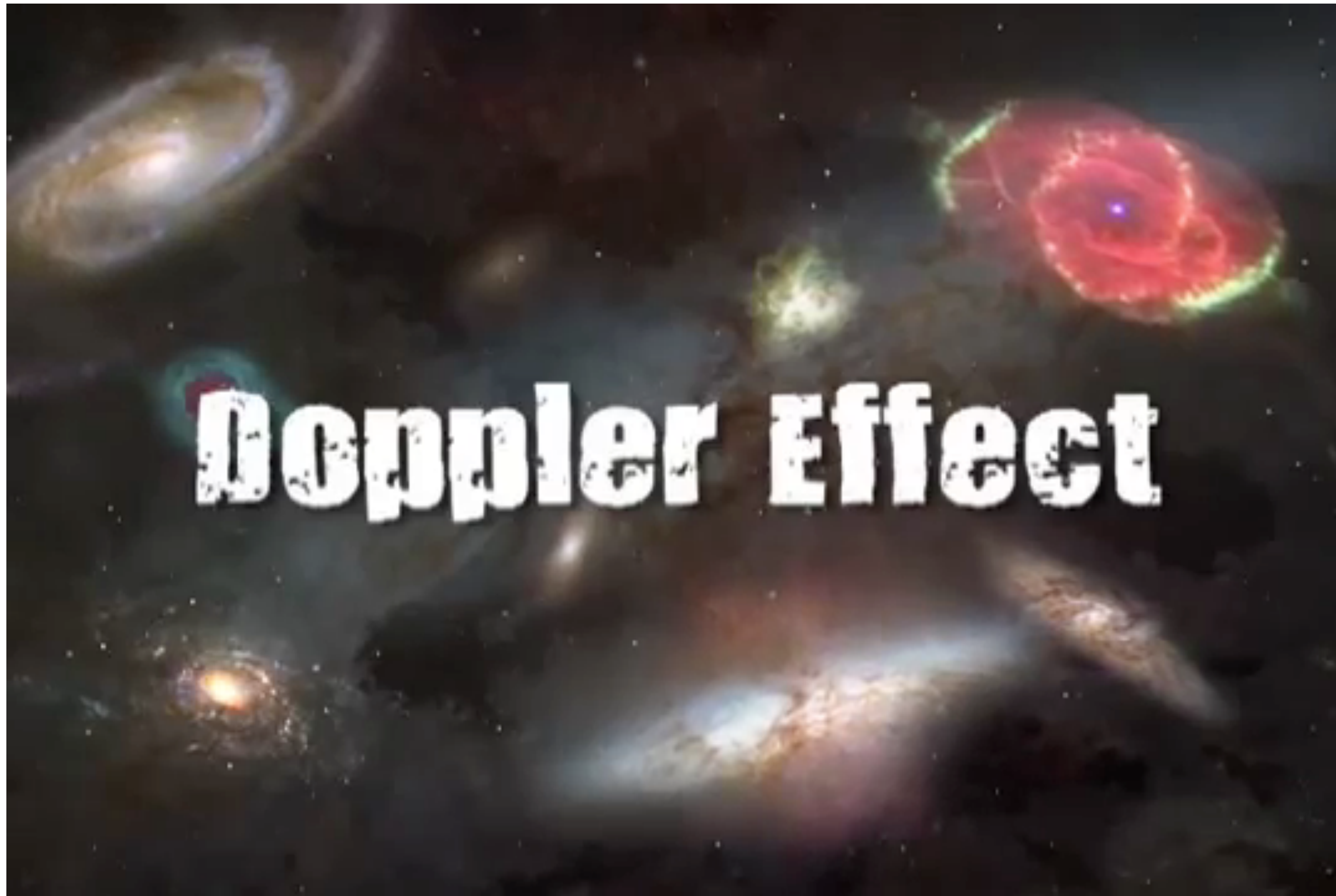
	宇宙線	ガンマ線	X線	光			電磁波						
				紫外線	可視光線	赤外線	マイクロ波	超短波	短波	中波	長波	超長波	
波長[m]	10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	3.8×10 ⁻⁷	7.7×10 ⁻⁷	10 ⁻⁴	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴		
波長[nm]				380	770								
振動数[Hz]		3×10 ¹⁸	3×10 ¹⁷				3×10 ¹²	3×10 ⁸	3×10 ⁷	3×10 ⁶	3×10 ⁵	3×10 ⁴	
利用例		医療／食品照射	医療／X線写真	殺菌	光学機器	赤外線写真	携帯電話	電子レンジ	F M ラジオ	短波ラジオ	A M ラジオ	電波時計	飛行機の通信

光のドップラー効果



音源と観測者が相対的に近づく
＝音が高くなる ＝色が青くなる
音源と観測者が相対的に遠ざかる
＝音が低くなる ＝色が赤くなる





The Doppler Effect (2:00)

<http://www.youtube.com/watch?v=Kg9F5pN5tII>

1929年 宇宙膨張の発見

「ハッブル・ルメートルの法則」と呼ぶことに、2019年、国際天文学連合（IAU）が議決しました。

ハッブルの宇宙膨張の法則（1929年）

$$v = H_0 d \quad (5.9)$$

銀河の後退速度 = ハッブル定数 H_0 × 銀河までの距離

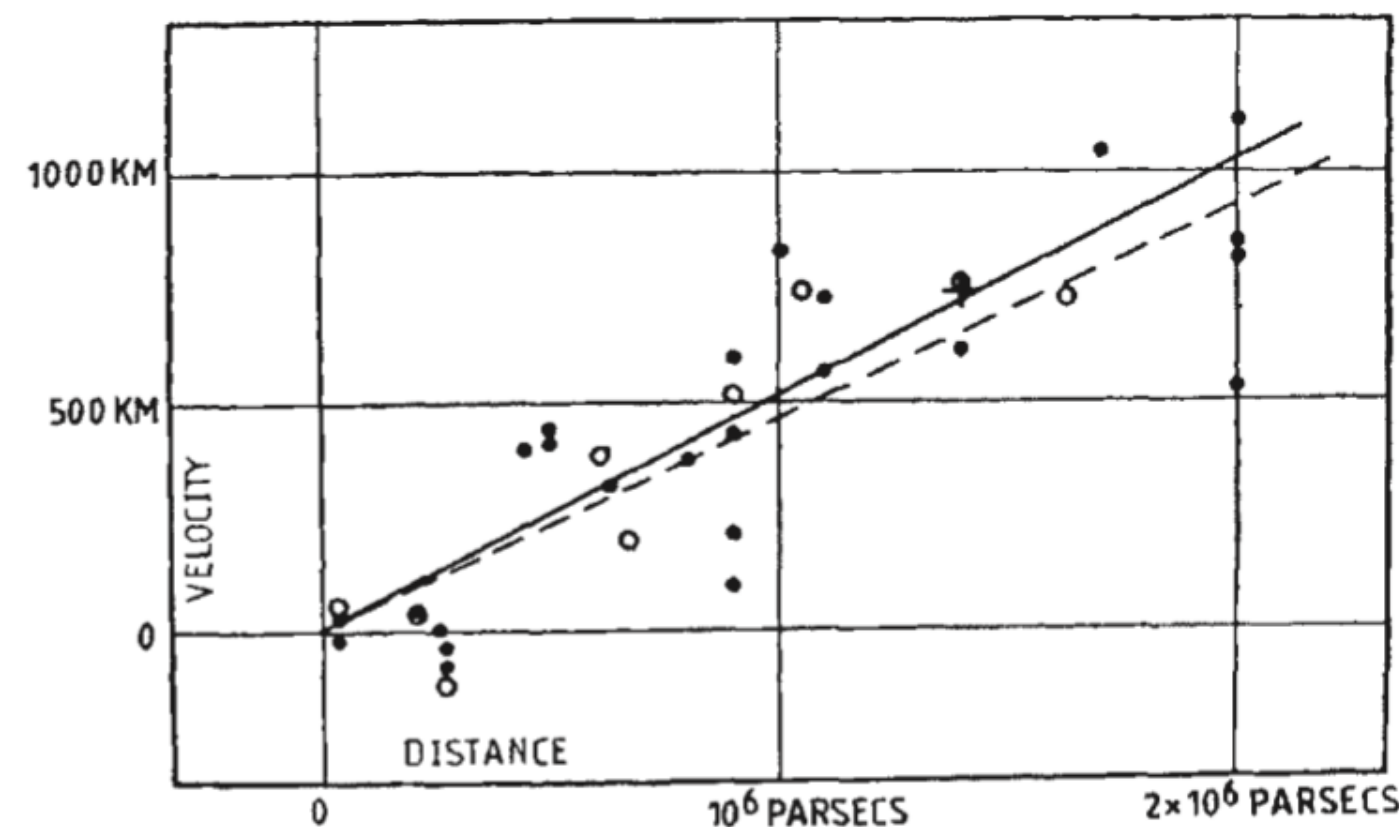


図 5.7 ハッブルが 1929 年に発表した図。横軸は距離，縦軸は銀河の後退速度。このグラフの傾きがほぼ一定になることが，ハッブルの法則である。ハッブルが報告した値は， $H_0 = 530 \text{ km/s/Mpc}$ だった。現在値は $H_0 = 68 \text{ km/s/Mpc}$ 。



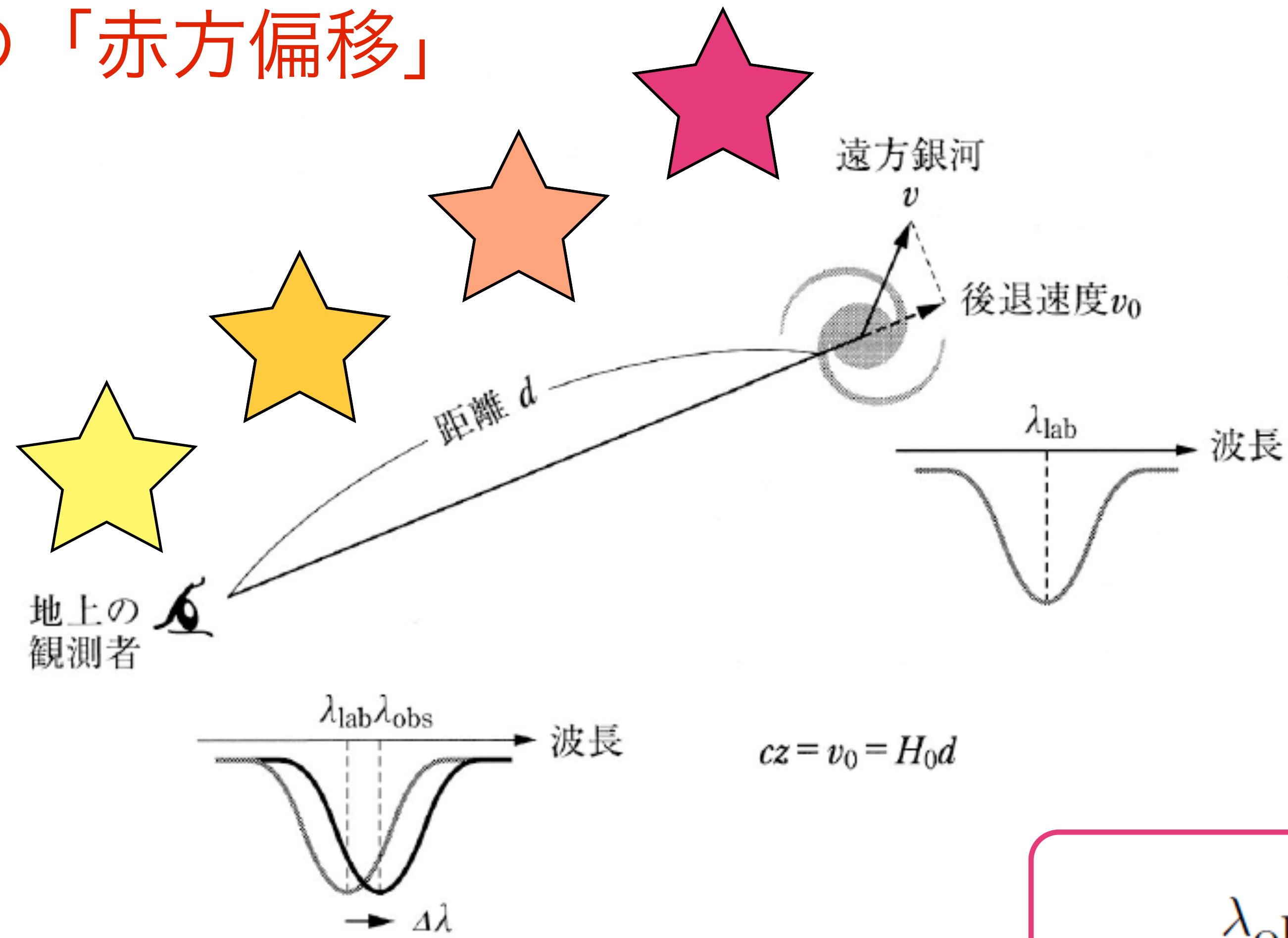
ハッブル(1929)



ルメートル (1927)

光の「ドップラー効果（赤方偏移）」から

光の「赤方偏移」



赤方偏移パラメータ

$$z \equiv \frac{\lambda_{\text{obs}} - \lambda_S}{\lambda_S}$$

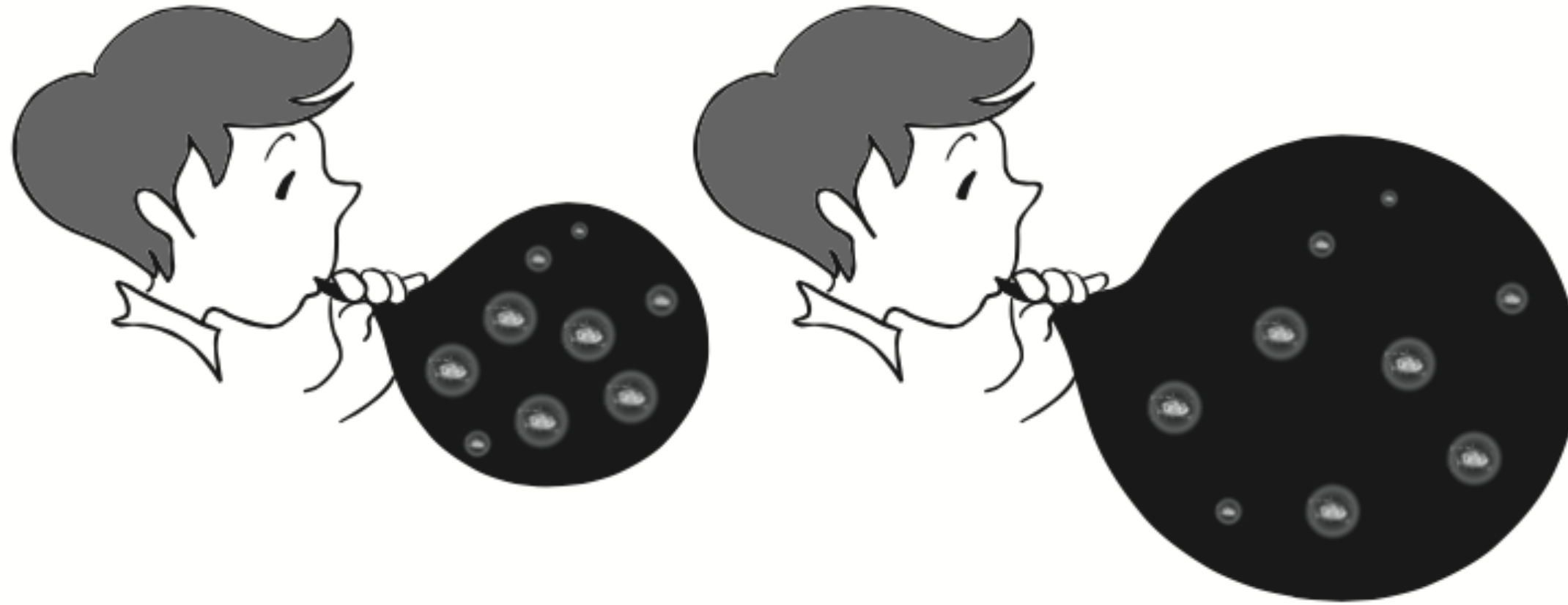


図42 遠方の銀河ほど速く遠ざかっている、というハッブルの法則は、我々が宇宙の中心にいることを意味するわけではない。

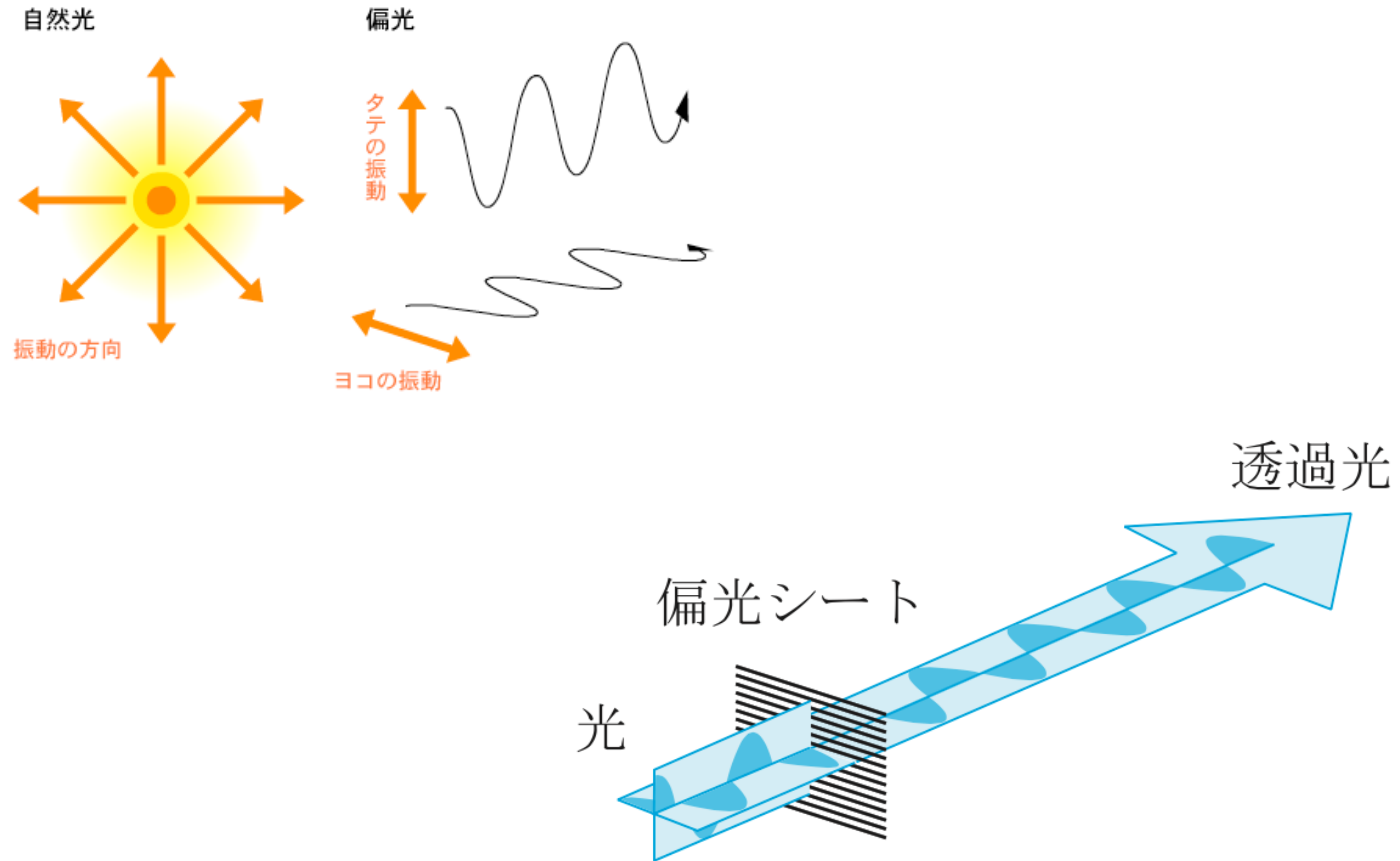


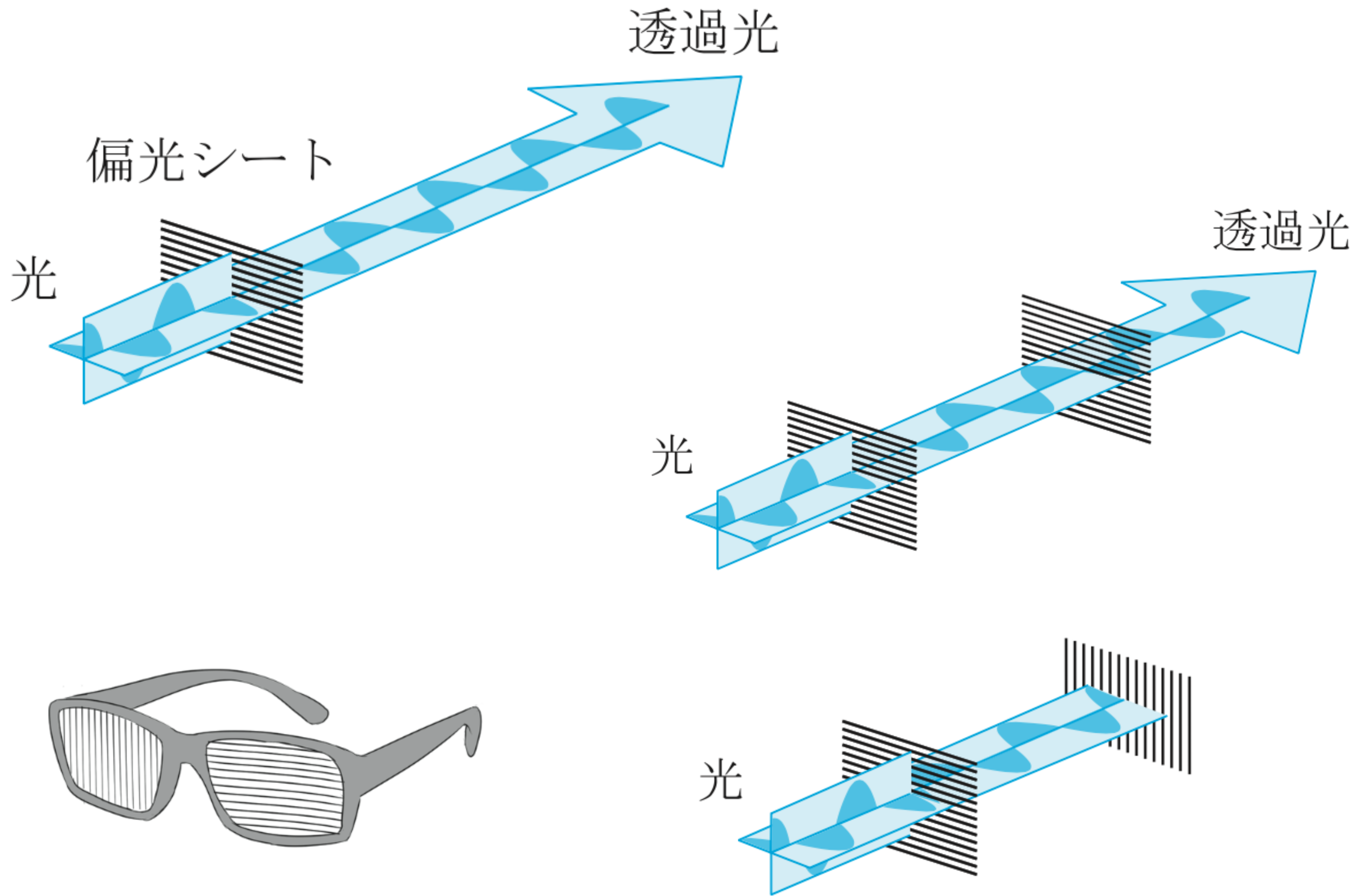
アインシュタイン ルメートル

「君の計算は正しいが、（こんな宇宙を信じるなんて）君の物理的センスは言語道断だ」
 Your calculation is correct, but your physical insight is abominable.

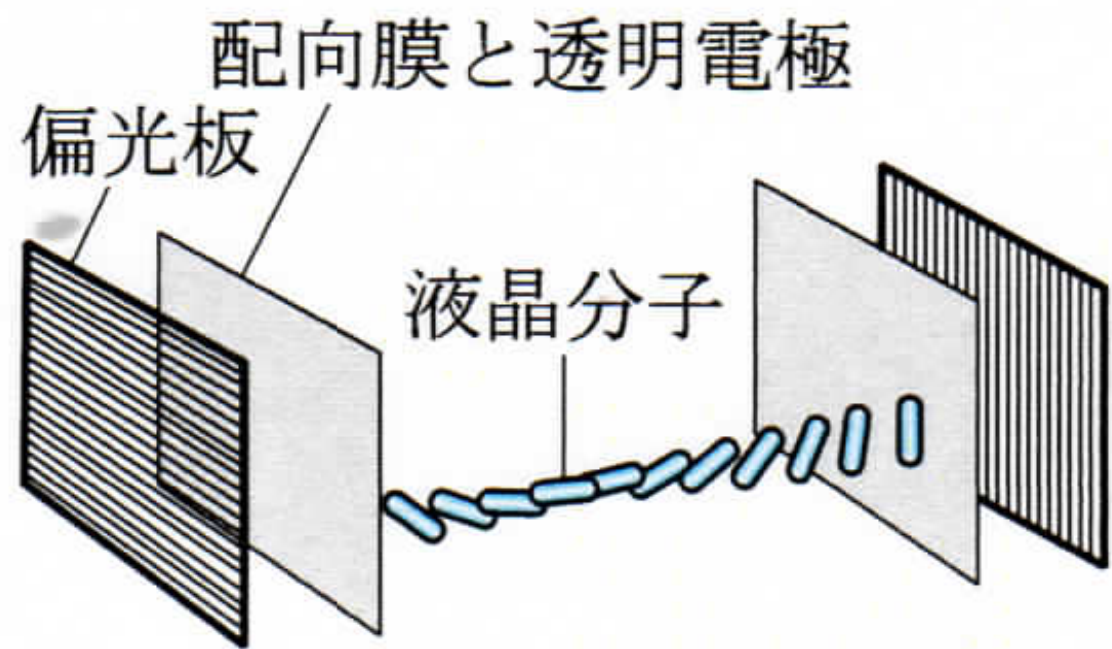


光は横波である



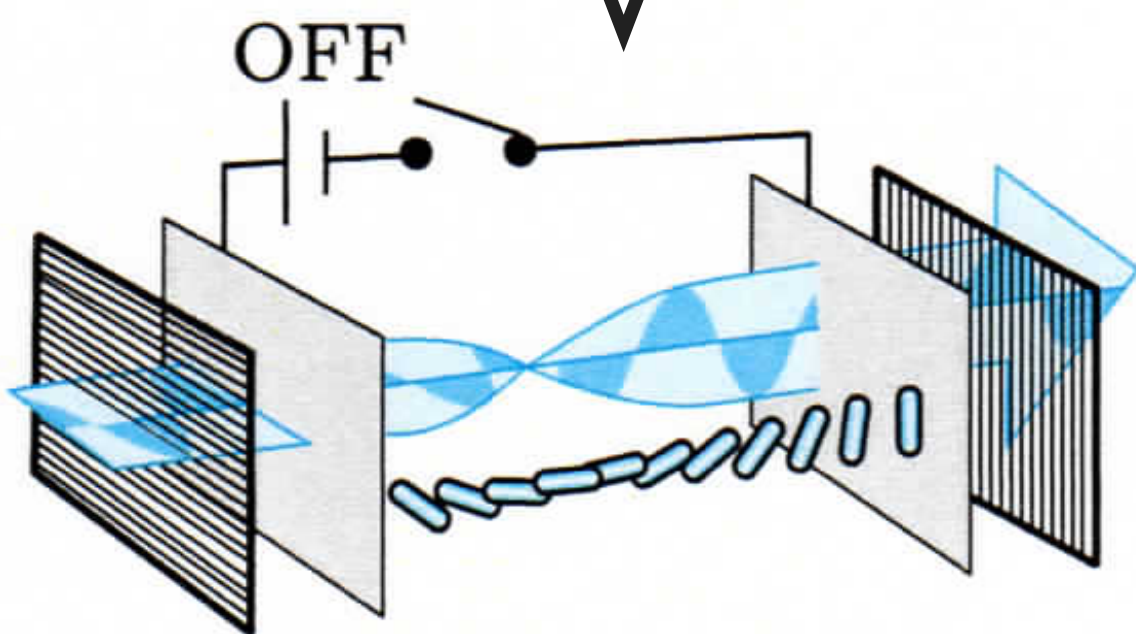


液晶分子は90度ねじれて配列されている.

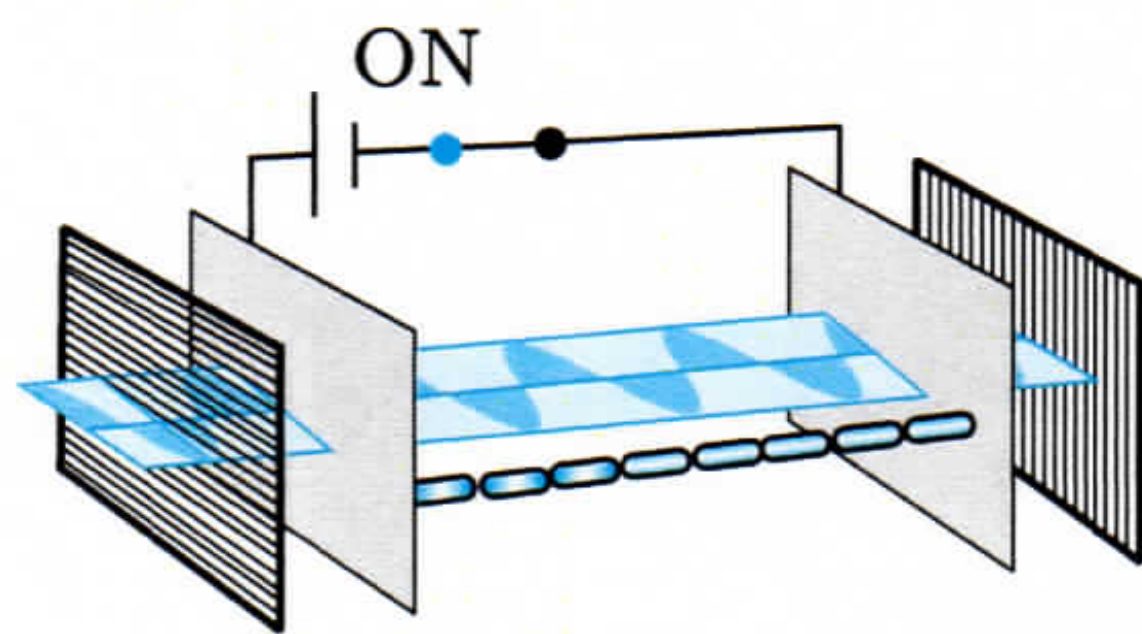


(a) 液晶の構造

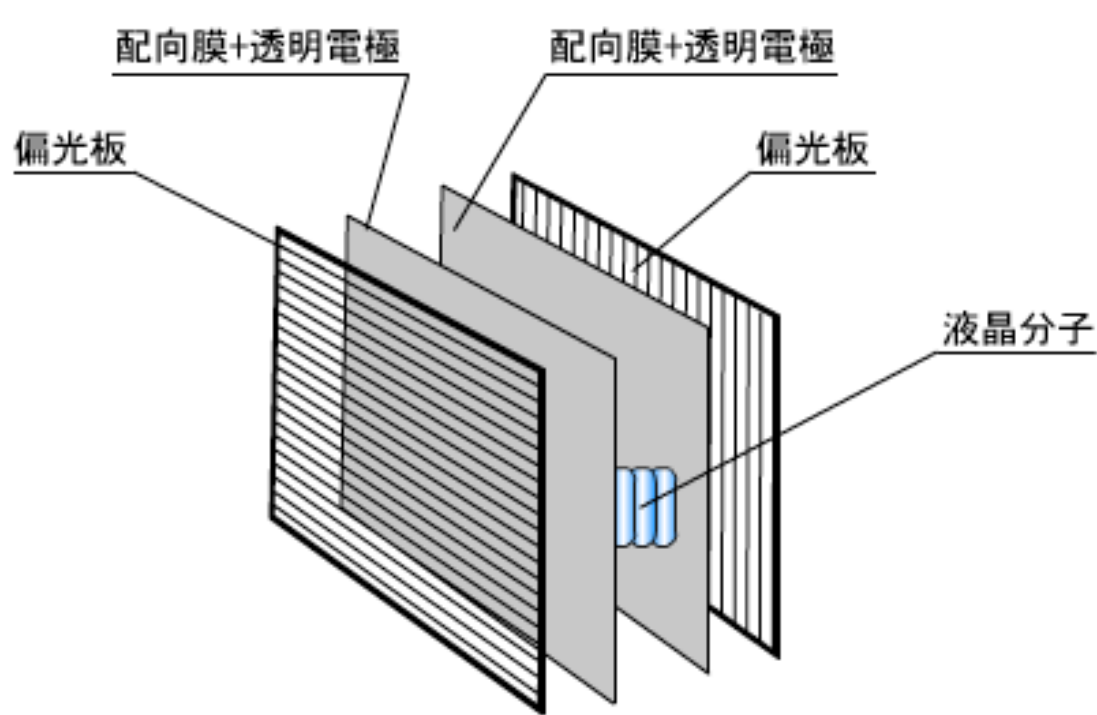
電源offだと, 光は曲がり, 偏光板を通過して白色になる.



(b) 光が通る状態



(c) 光が通らない状態



電源onだと, 分子がそろい, 光が通過しないので黒色になる.

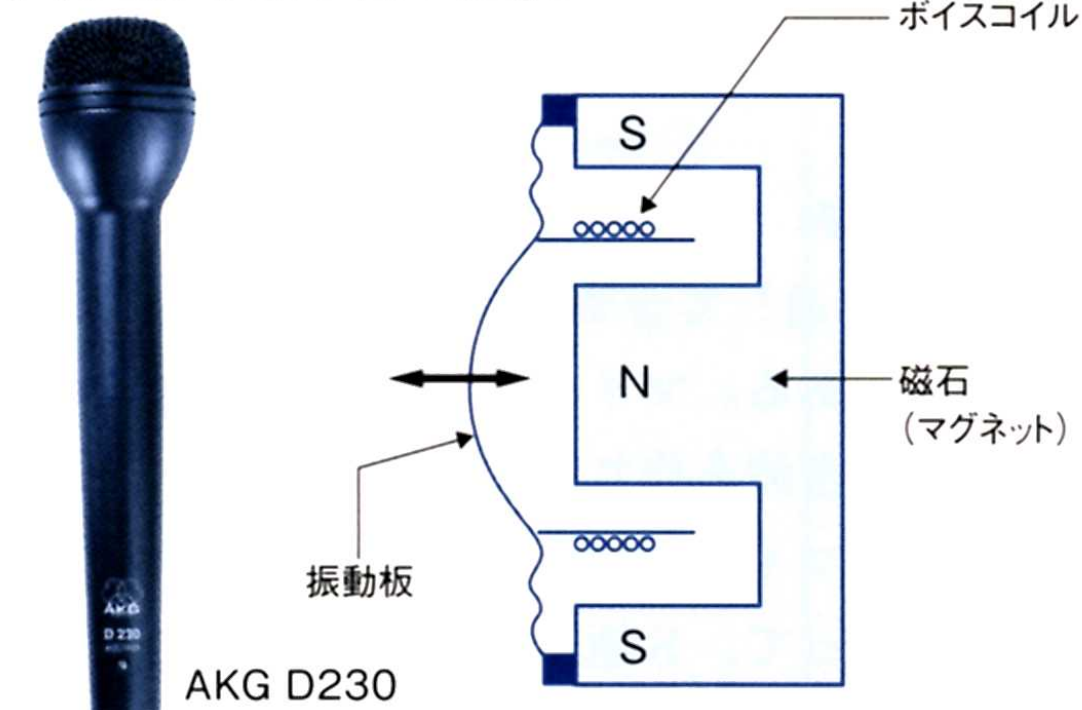
電磁誘導

磁石のまわりでコイルを動かすと電流が発生する.

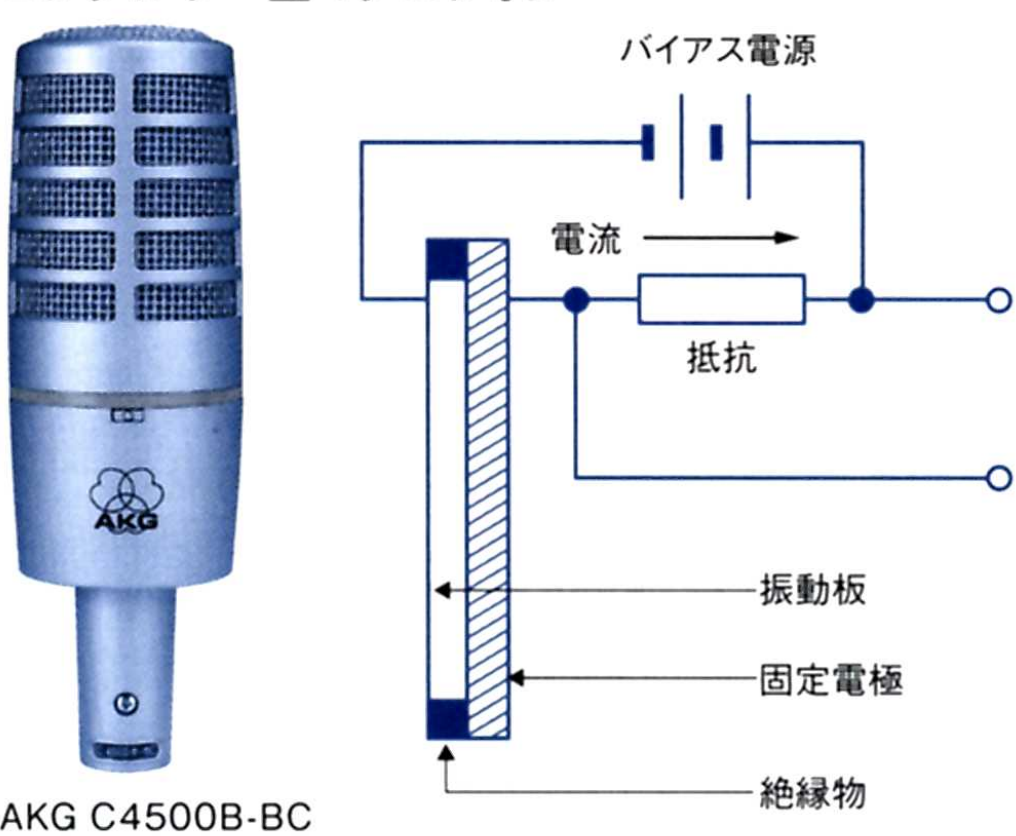
電流が変化すると,そのまわりの磁力が変化する.

2つのタイプの音楽録音用マイクロフォン

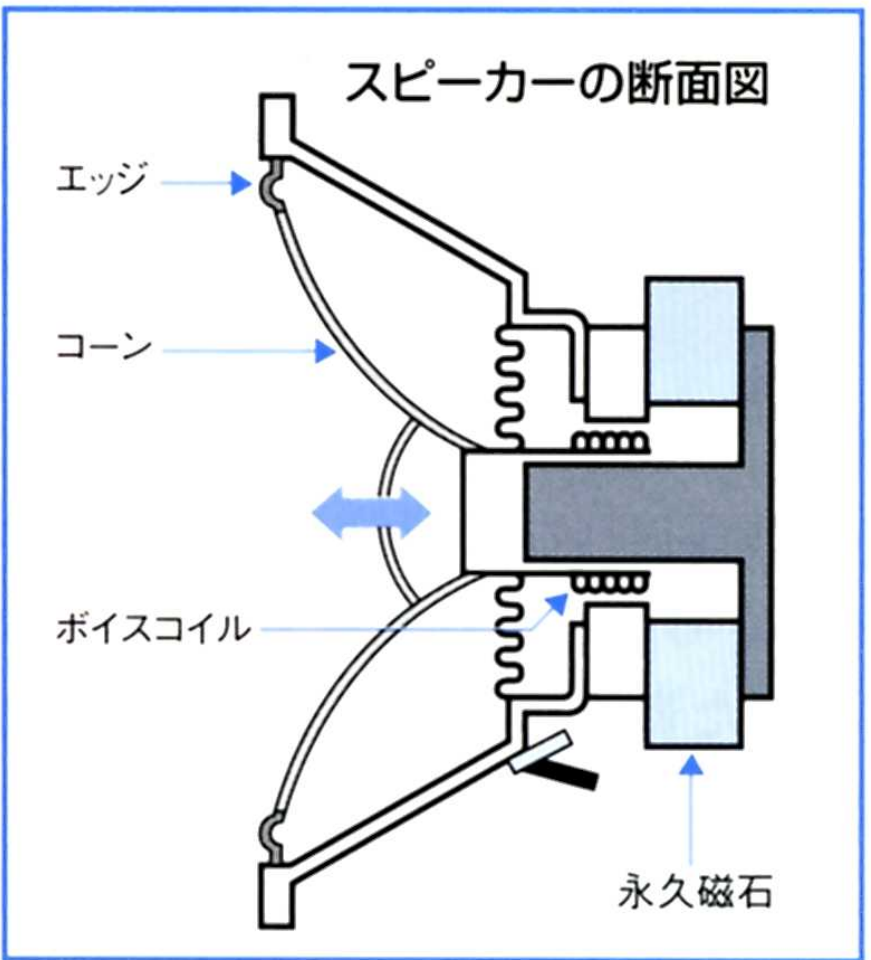
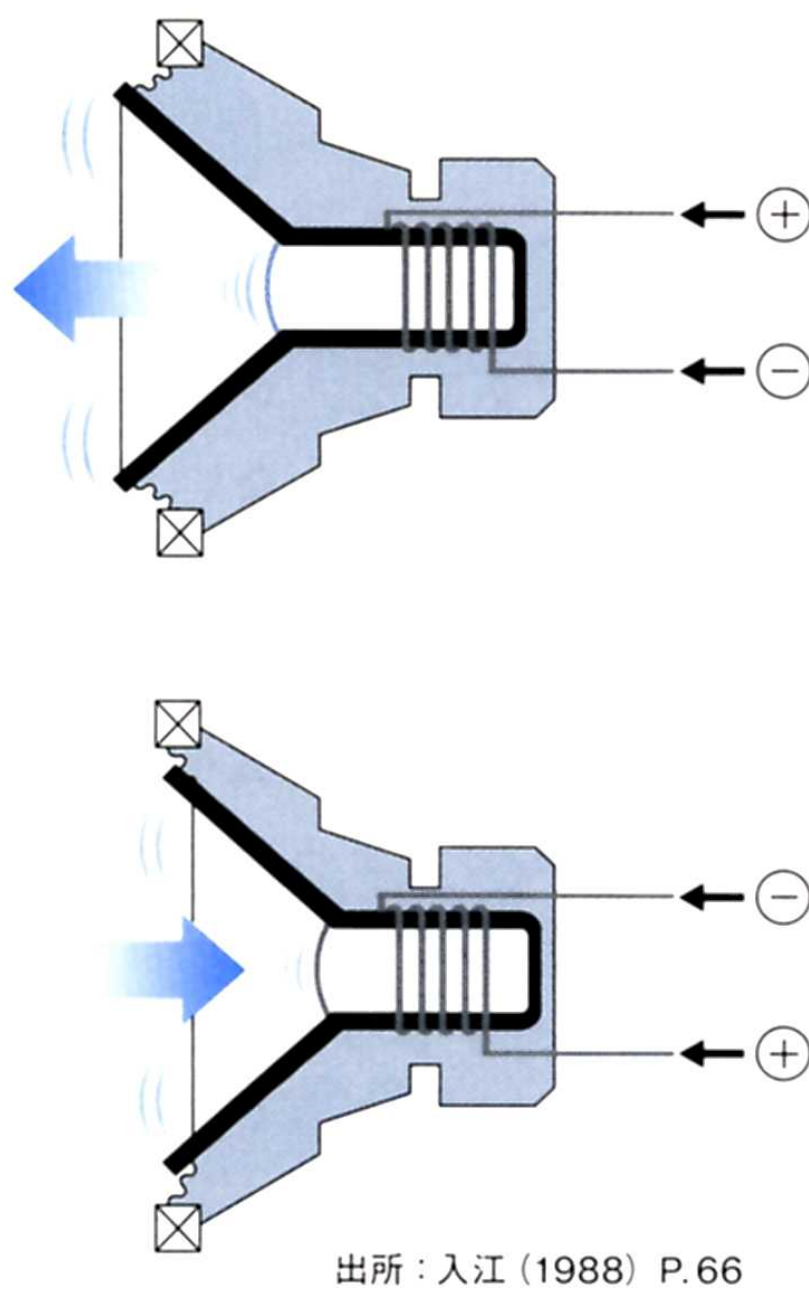
ダイナミック型マイクロフォン



コンデンサー型マイクロフォン

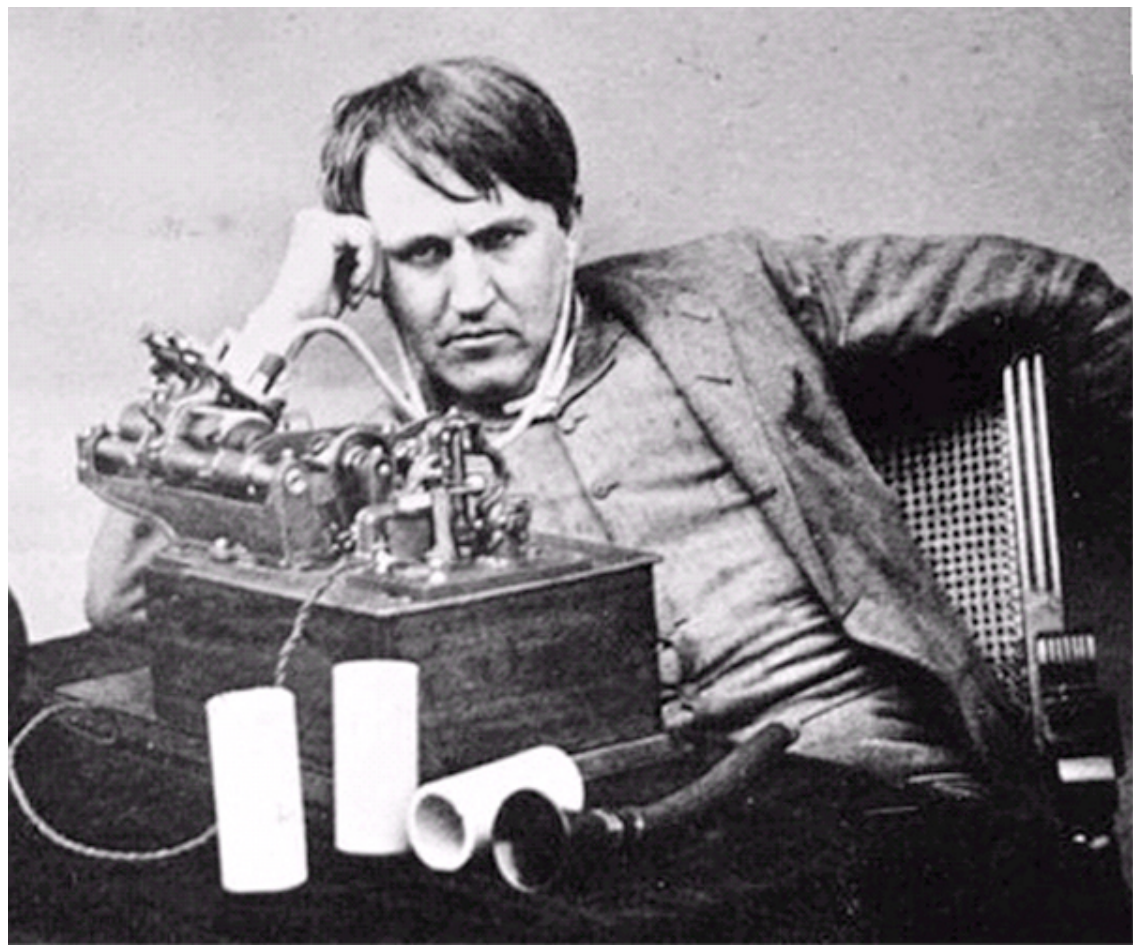


スピーカーの動作

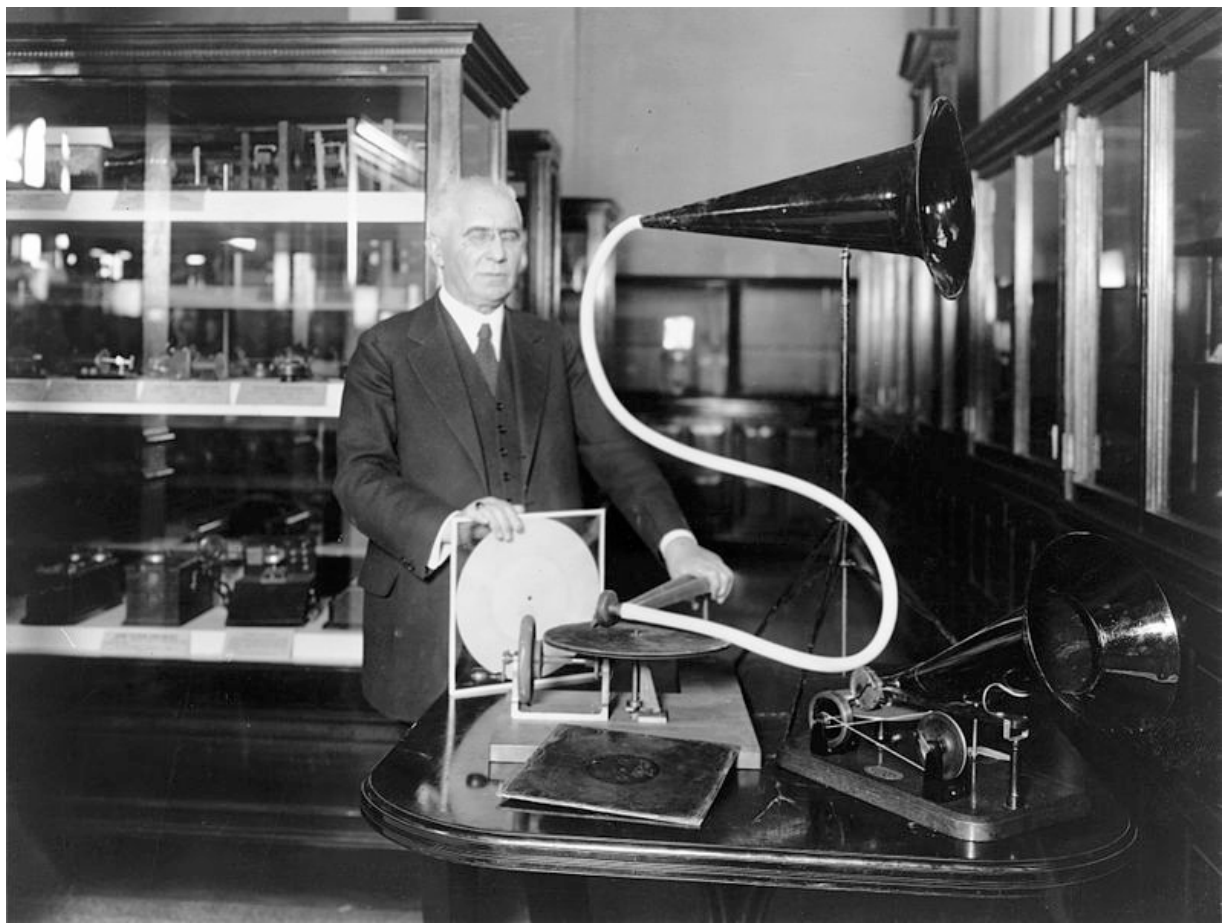


コーンの根元のボイスコイルに電流が流れると、ボイスコイルは一種の電磁石になり、電流の向きに応じてボイスコイルの磁極が変化して永久磁石と引きつけ合ったり反発したりすることでコーンが振動する。コーンの振動が空気の振動を誘発して疎密波を作り出し、音が発生する。

1877 年, エジソン
錫箔円筒式蓄音機「フォノグラフ」を完成.

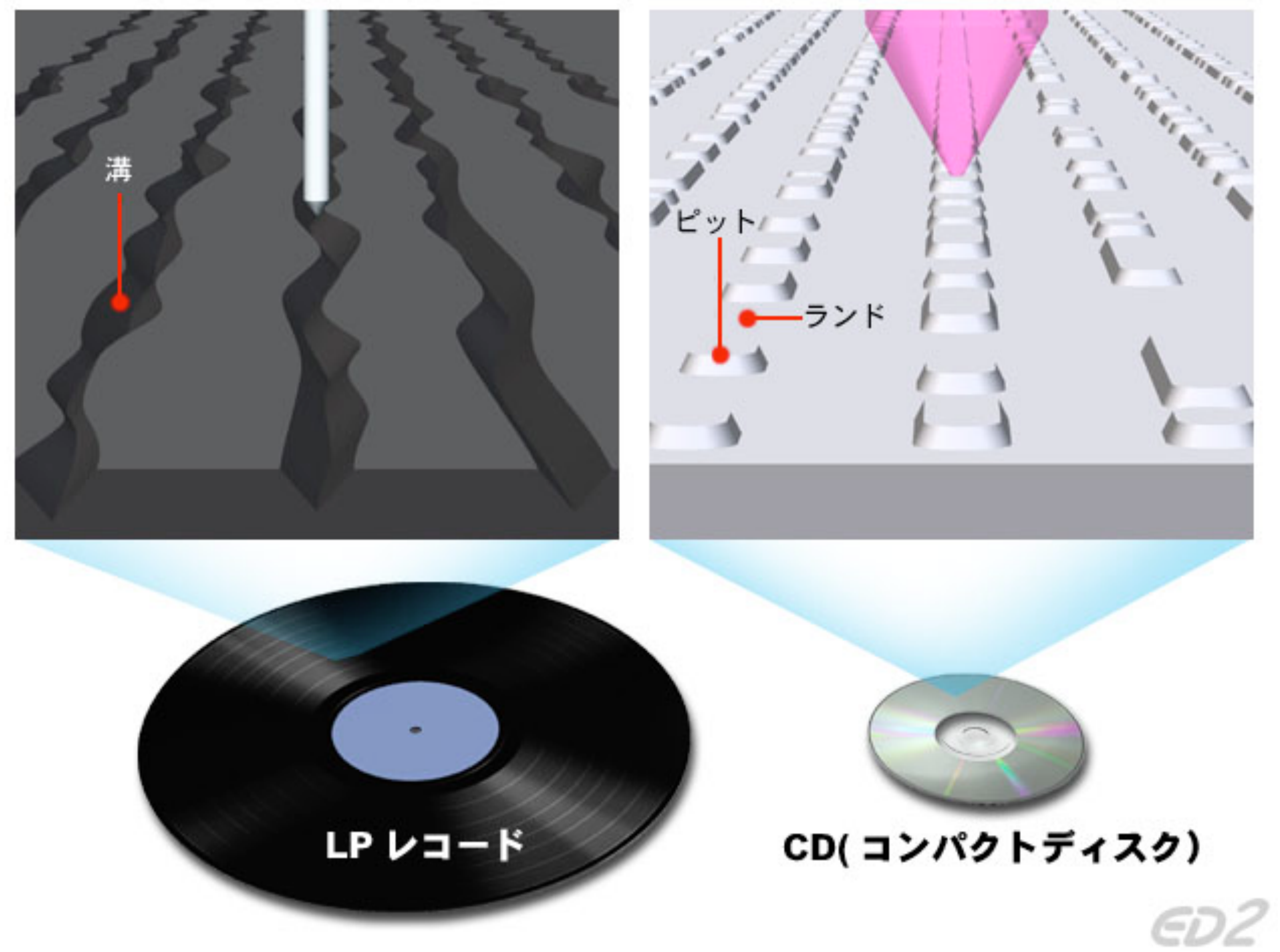


1885 年, ベルリナー
円盤形蓄音機「グラモフォン」を完成.



ニッパー (Nipper)

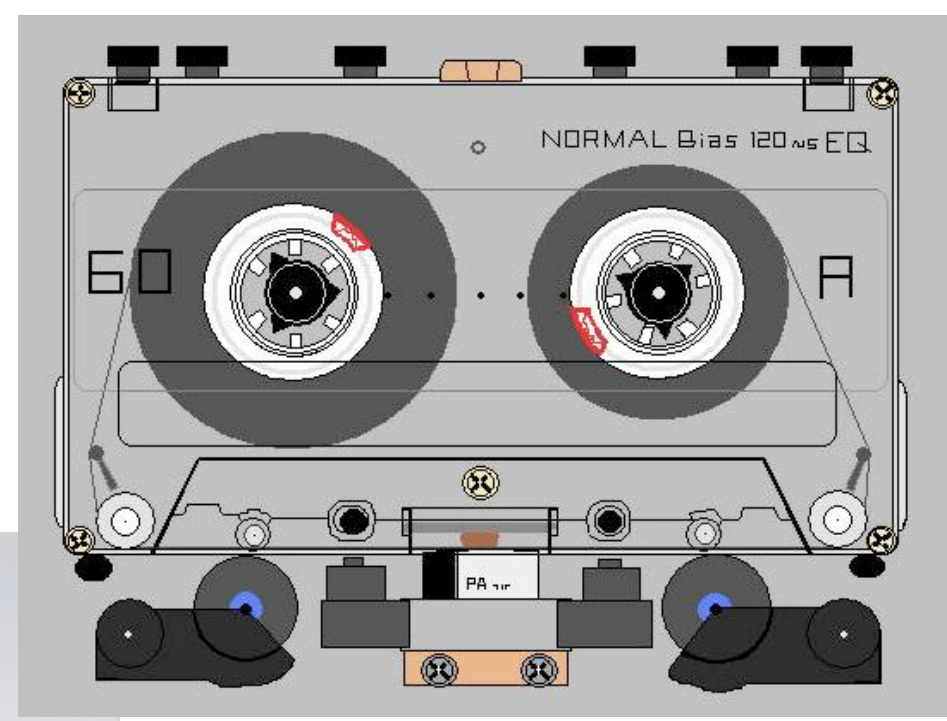
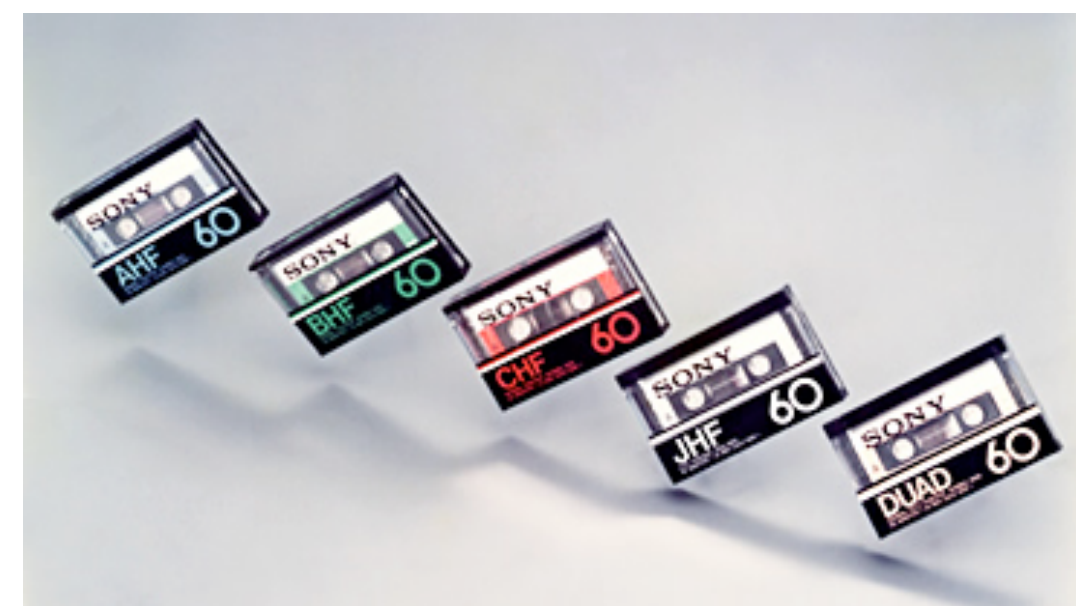




アナログ

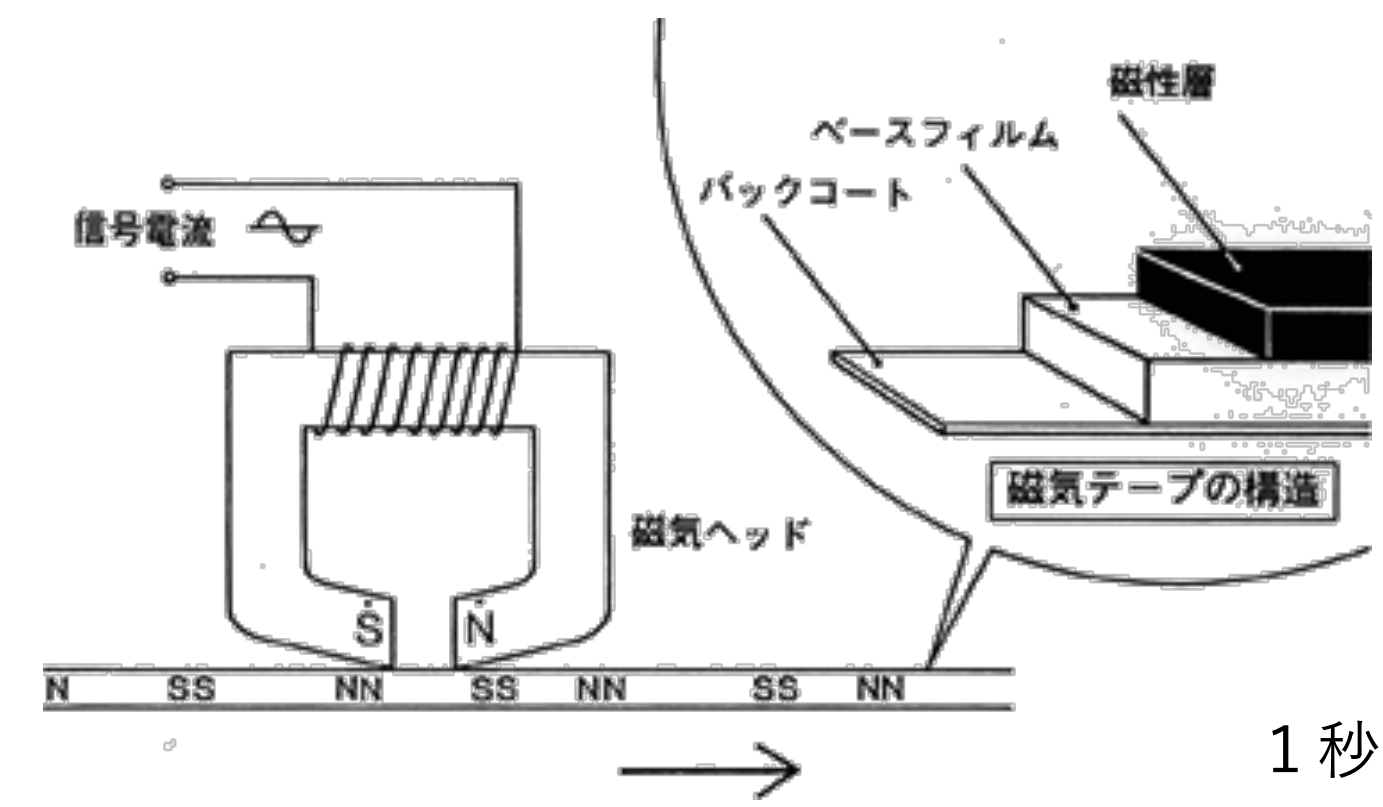
デジタル

サウンド技術(4) 磁気テープ



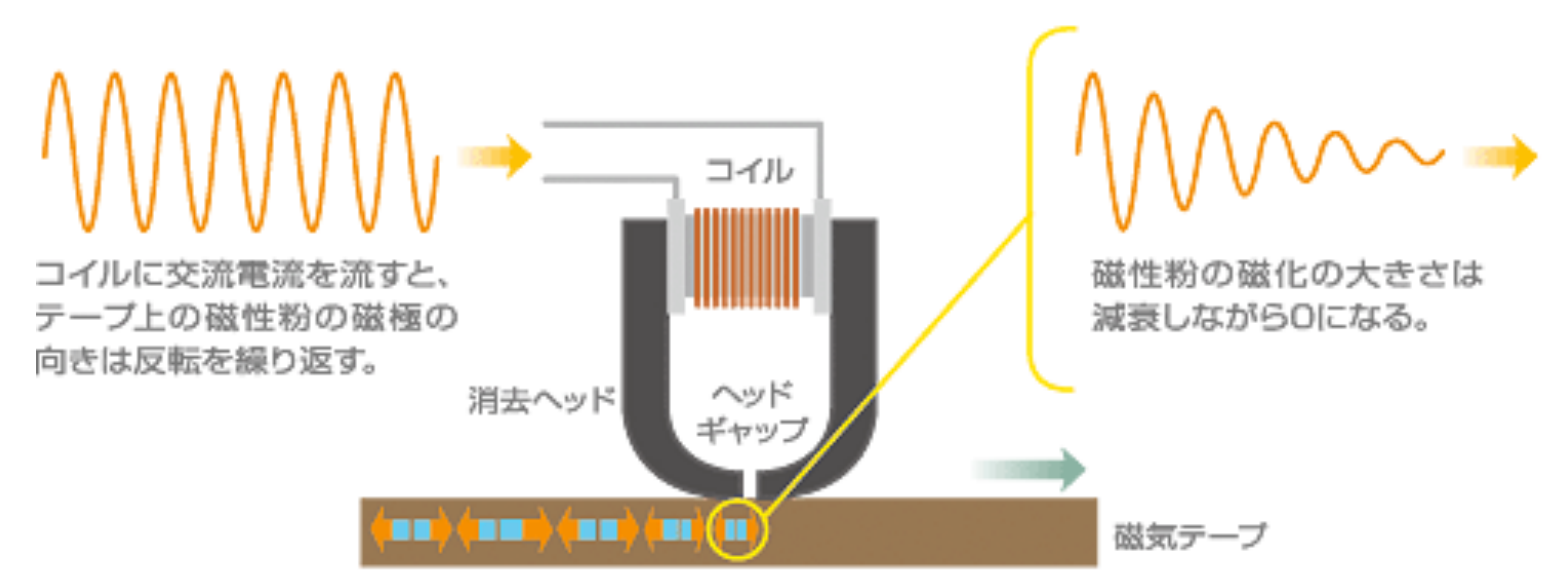
1979 SONY
Walkman発売

<http://www.sony.co.jp/Fun/design/history/1970.html>
<http://www.tdk.co.jp/techmag/ninja/daa00211.htm>
<http://www.tdk.co.jp/techmag/inductive/201007/index2.htm>



1 秒間 4.8cm
= 1分 2.88m
= 60分 172m

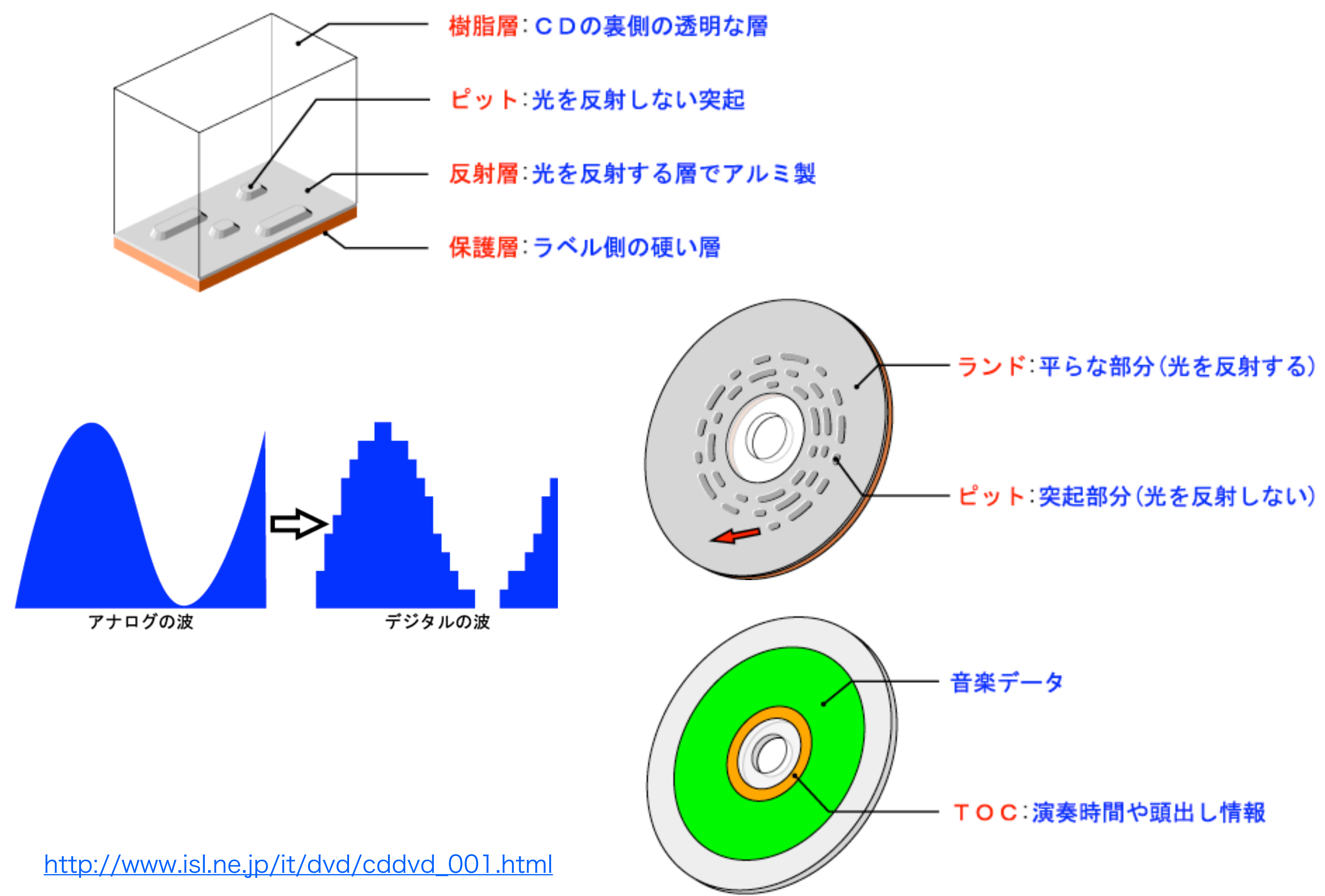
テープレコーダの消去ヘッドの交流消去の原理



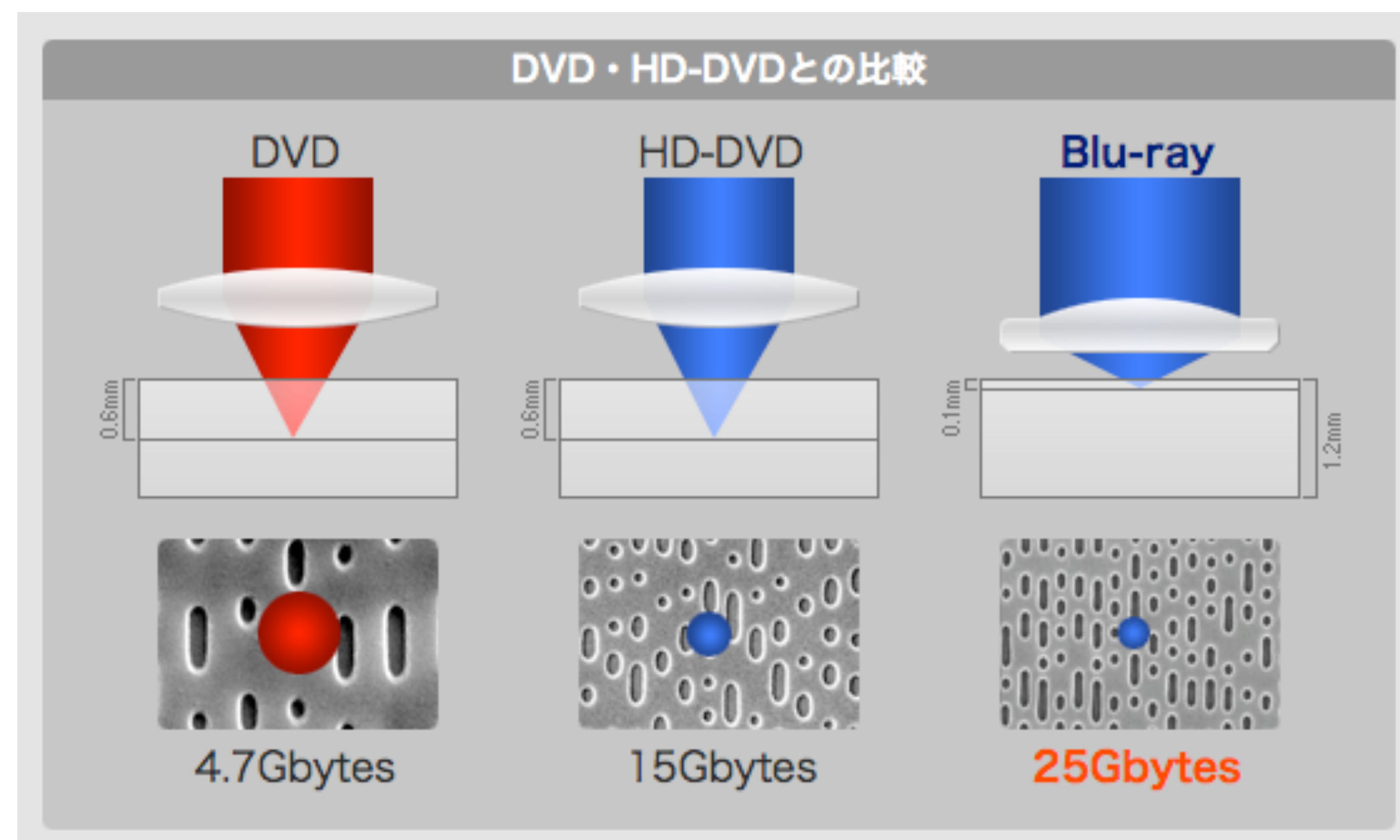
ヘッドギャップ中央では最大磁界となるが、磁気テープの動きとともに、テープ上の磁性粉が受ける交流磁界の強さは反転しながら減衰することになり、磁性粉は未磁化状態に戻る。

ビデオテープは、読み取りヘッドを斜めにして、
距離をかせぐ。1分 2m

CDへの記録方法

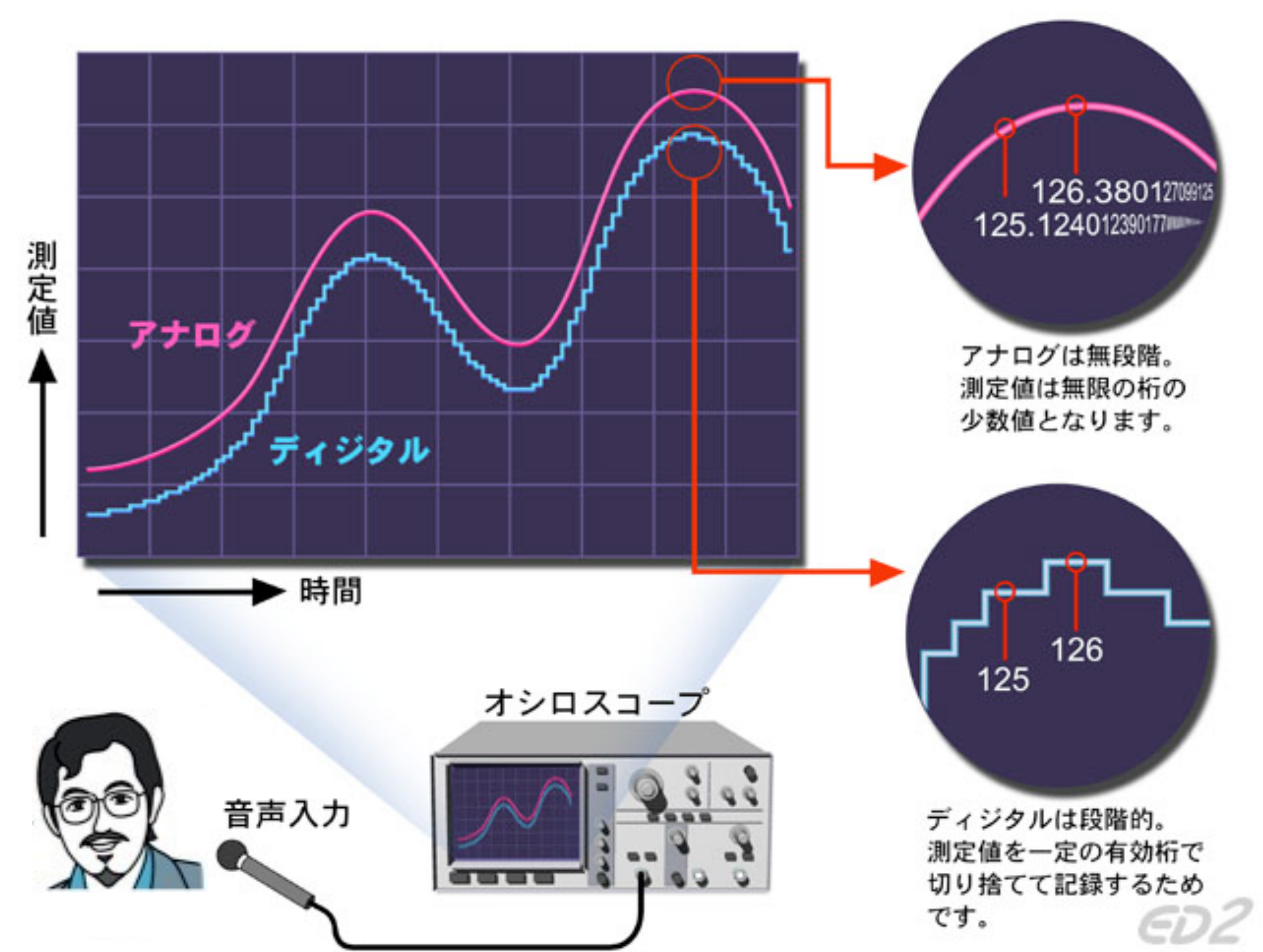


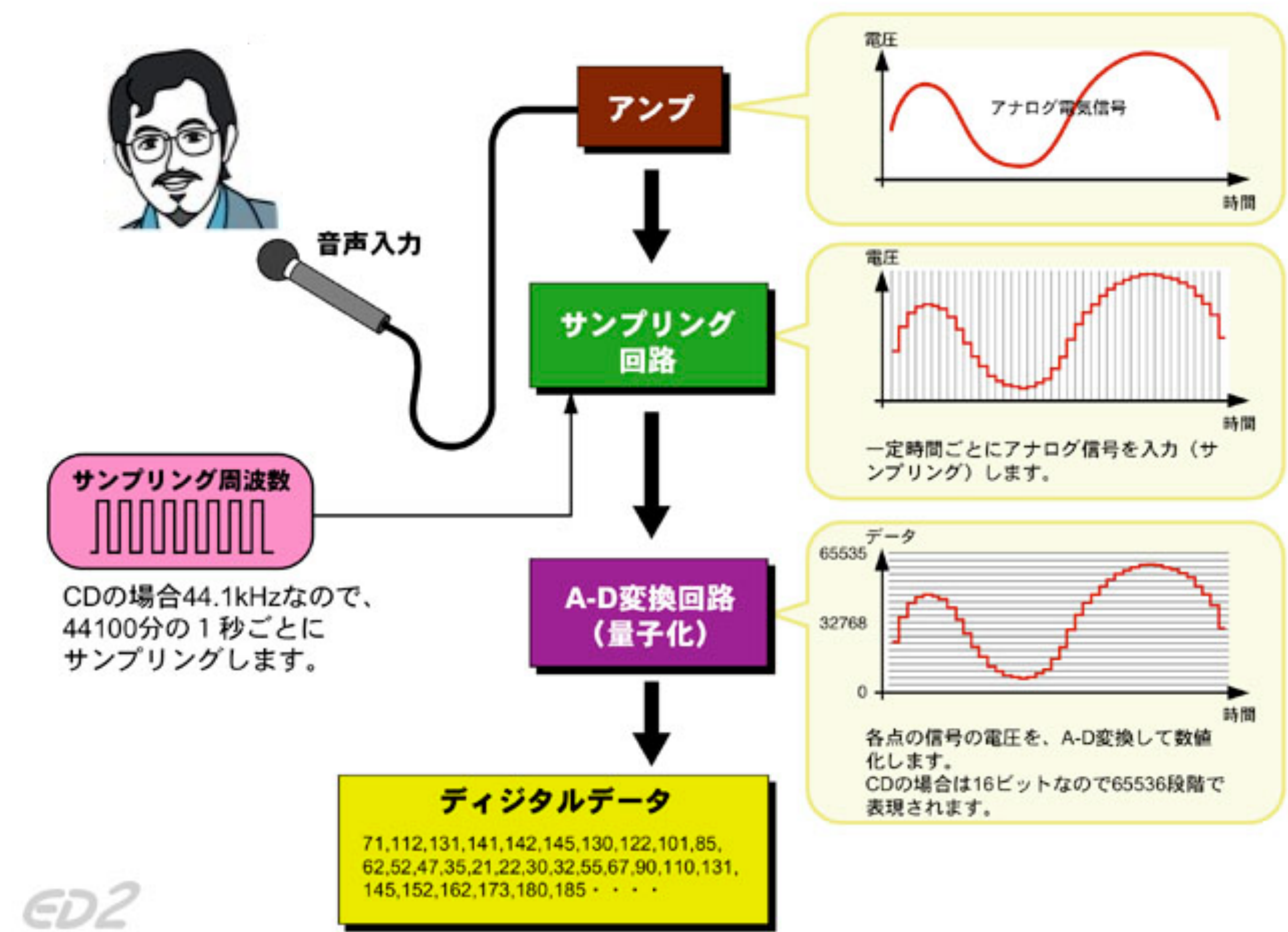
赤色のレーザー光 → 青色レーザー光

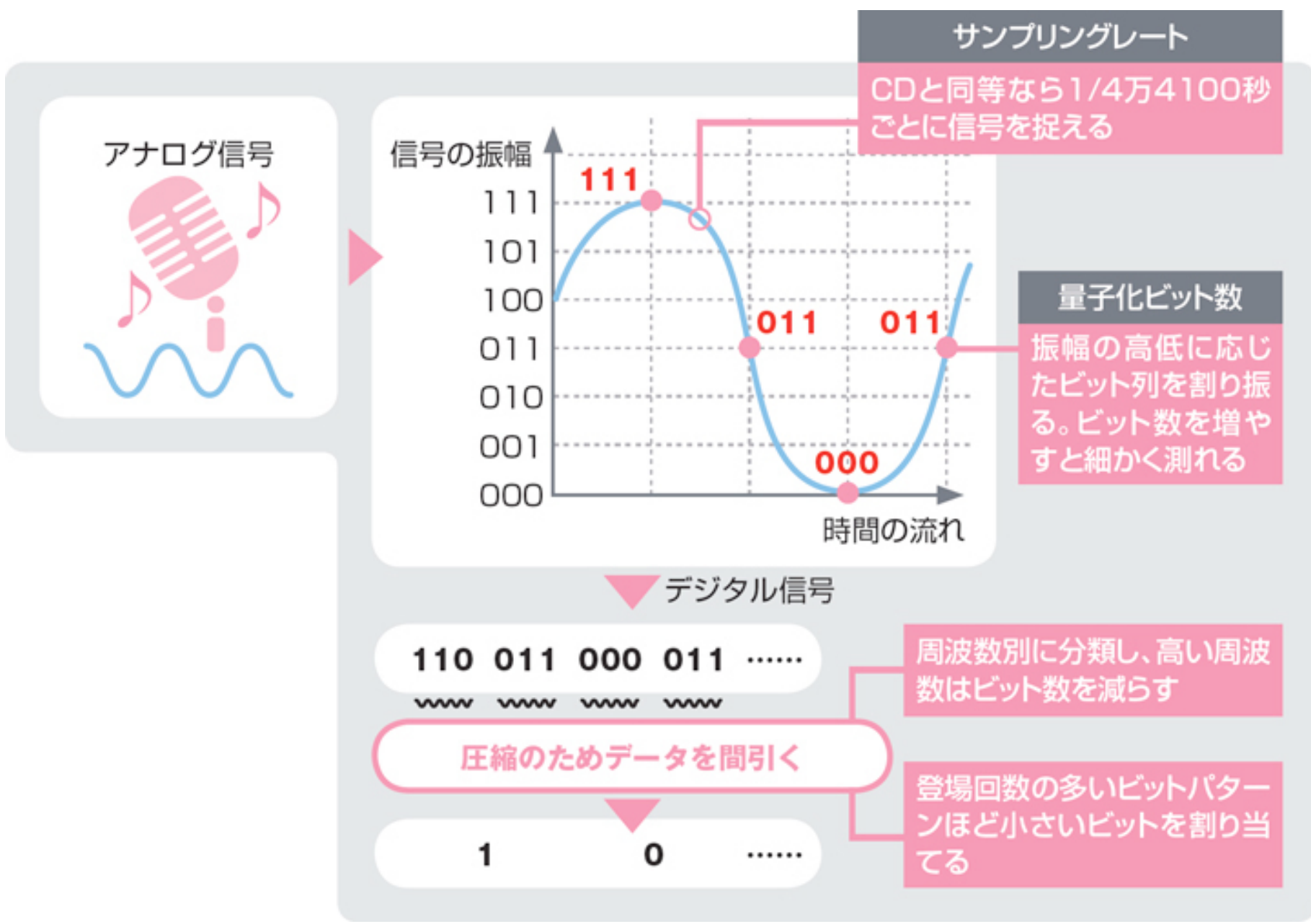


短い波長のレーザー光
高密度に記録ができる

サウンド技術(6) アナログからデジタルへ

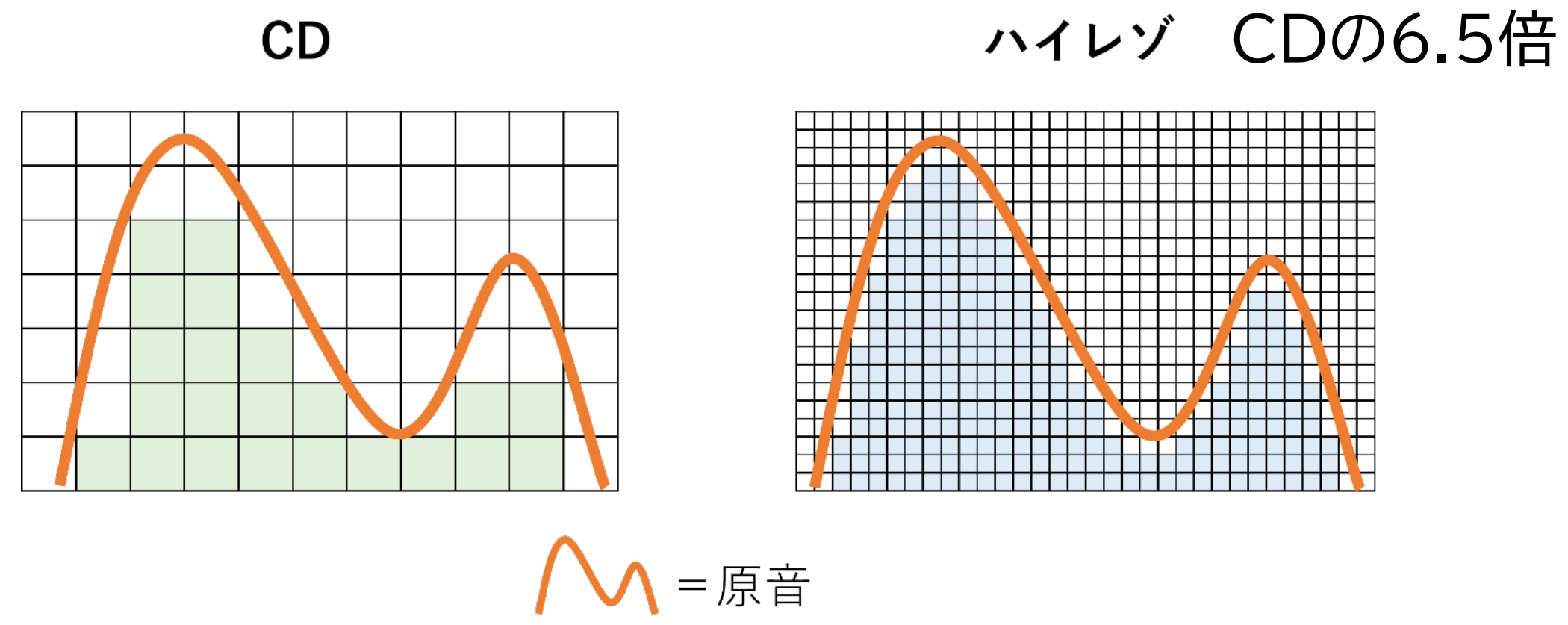






音楽ファイルは、アナログ信号を「サンプリングレート」と「量子化ビット数」に従ってデジタル化する。

さらにAACやMP3などのファイル形式ではデータ量を圧縮するために一部のデータを間引く。



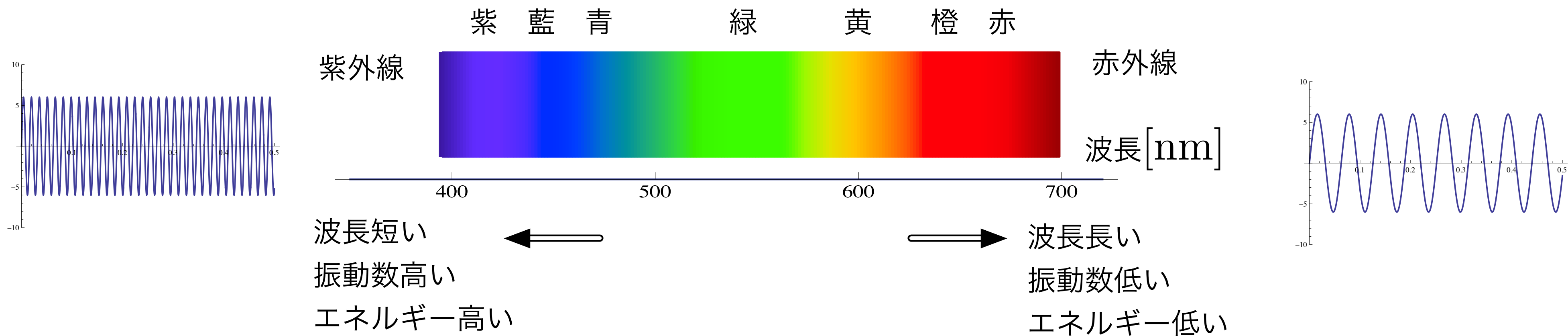
取り込み形式	概要	サイズ
WAV	音楽CD上の保存形式	46.7MB
Apple ロスレス	音楽CDと同レベルの音質	29.9MB
AAC (256kbps)	iTunes Storeの「iTunes Plus」音質	8.8MB
MP3 (192kbps)	iTunesでは「高音質」表示	6.4MB
MP3 (160kbps)	iTunesでは「良音質」表示	5.3MB
AAC (128kbps)	Tunes Storeの通常音質	4.3MB
MP3 (128kbps)	iTunesでは「標準音質」表示	4.3MB

音質が良いほどファイルサイズは大きい。

形式	圧縮方式の分類	ビットレート設定の例	CDからの圧縮率	音質
AAC	ロッシー圧縮	高音質 (128kbps)	10%未満	明らかに劣化
		iTunes Plus (256kbps)	20%程度	多少の劣化
MP3		標準音質 (128kbps)	10%未満	明らかに劣化
		高音質 (192kbps)	13%程度	多少の劣化
Appleロスレス FLAC	ロスレス圧縮	自動 (600~1000kbps程度)	70%程度	CDと同等
AIFF WAV	非圧縮	自動 (1440kbps)	100%	CDと同等

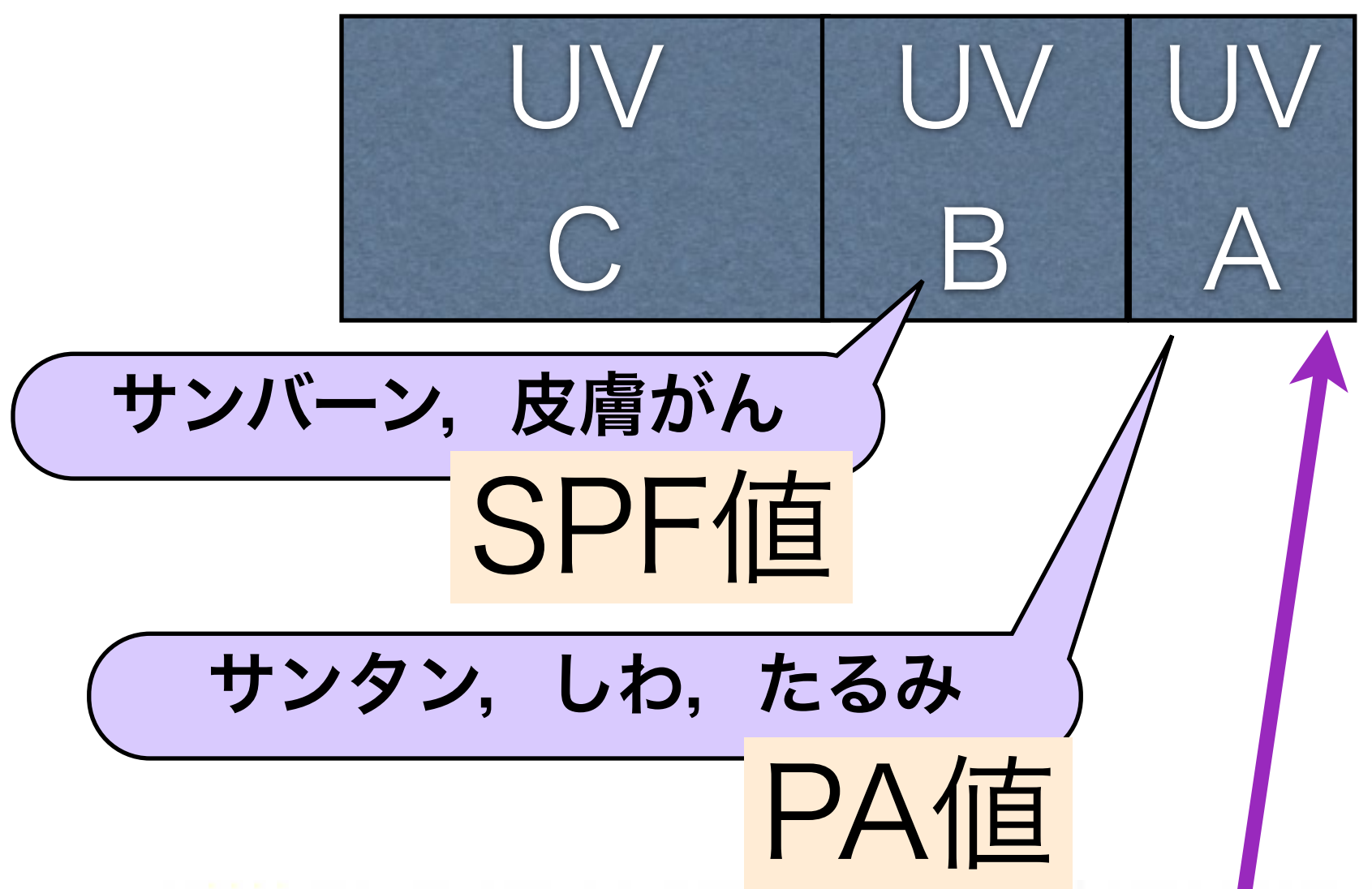
mp4は「音声＋映像」の記録を可能としたもの

光の色=振動数



	宇宙線	ガンマ線	X線	光			電磁波						
				紫外線	可視光線	赤外線	マイクロ波	超短波	短波	中波	長波	超長波	
波長[m]	10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	3.8×10 ⁻⁷	7.7×10 ⁻⁷	10 ⁻⁴	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴		
波長[nm]				380	770								
振動数[Hz]		3×10 ¹⁸	3×10 ¹⁷				3×10 ¹²	3×10 ⁸	3×10 ⁷	3×10 ⁶	3×10 ⁵	3×10 ⁴	
利用例		医療／食品照射	医療／X線写真	殺菌	光学機器	赤外線写真	携帯電話	電子レンジ	FMラジオ	短波ラジオ	AMラジオ	電波時計	飛行機の通信

UV (=ultra violet rays: 紫外線)



	宇宙線			ガンマ線	X線	光			電磁波					
						紫外線	可視光線	赤外線	マイクロ波	超短波	短波	中波	長波	超長波
波長[m]	10 ⁻¹³	10 ⁻¹⁰	10 ⁻⁹	3.8×10 ⁻⁷	7.7×10 ⁻⁷	10 ⁻⁴	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴			
波長[nm]				380	770									
振動数[Hz]		3×10 ¹⁸	3×10 ¹⁷				3×10 ¹²	3×10 ⁸	3×10 ⁷	3×10 ⁶	3×10 ⁵	3×10 ⁴		
利用例		医療／食品照射	医療／X線写真	殺菌	光学機器	赤外線写真	携帯電話	電子レンジ	テレビ	F Mラジオ	短波ラジオ	A Mラジオ	電波時計	飛行機の通信

コラム 30 (紫外線)

紫外線を浴びることは骨を作るのに重要なビタミン D の生合成という良い面をもつが、長時間・大量に浴びると肌に影響を与える。

- 可視光より少し波長が短い紫外線 A(UVA) は、肌の奥まで侵入し、肌を黒くする日焼け（サンタン）、しわ、たるみ（光老化）の原因となる。日焼け止めの PA 値 (Protection grade of UVA) は、UVA を、どれほど防ぐかを示す。「PA+/PA++/PA+++」の順に効果が高くなる。
- UVA よりさらに波長の短い紫外線 B(UVB) は、強いエネルギーで肌表面の細胞を傷つけ、肌を赤くする日焼け（サンバーン）や皮膚癌の原因となる。日焼け止めの SPF 値 (Sun Protection Factor) は、UVB を、個人にとって何倍の時間防ぐかを示す。日焼け止めを塗らずに、20 分紫外線を浴びれば日焼けする人の場合、SPF15 は「 $20 \times 15 = 300$ 分 (5 時間)」紫外線 B を防いでくれる。SPF 値が高いほど肌への刺激も大きいので、単純に大きければ良いというわけではない。
- さらに波長の短い紫外線 C(UVC) は、生物に大きなダメージを与える。地球を取り巻くオゾン層は、宇宙線による UVC 被曝を防ぐ働きをしている。



オゾン層を守る

紫外線Cから生物をまもっているのは、オゾン（O₃）層

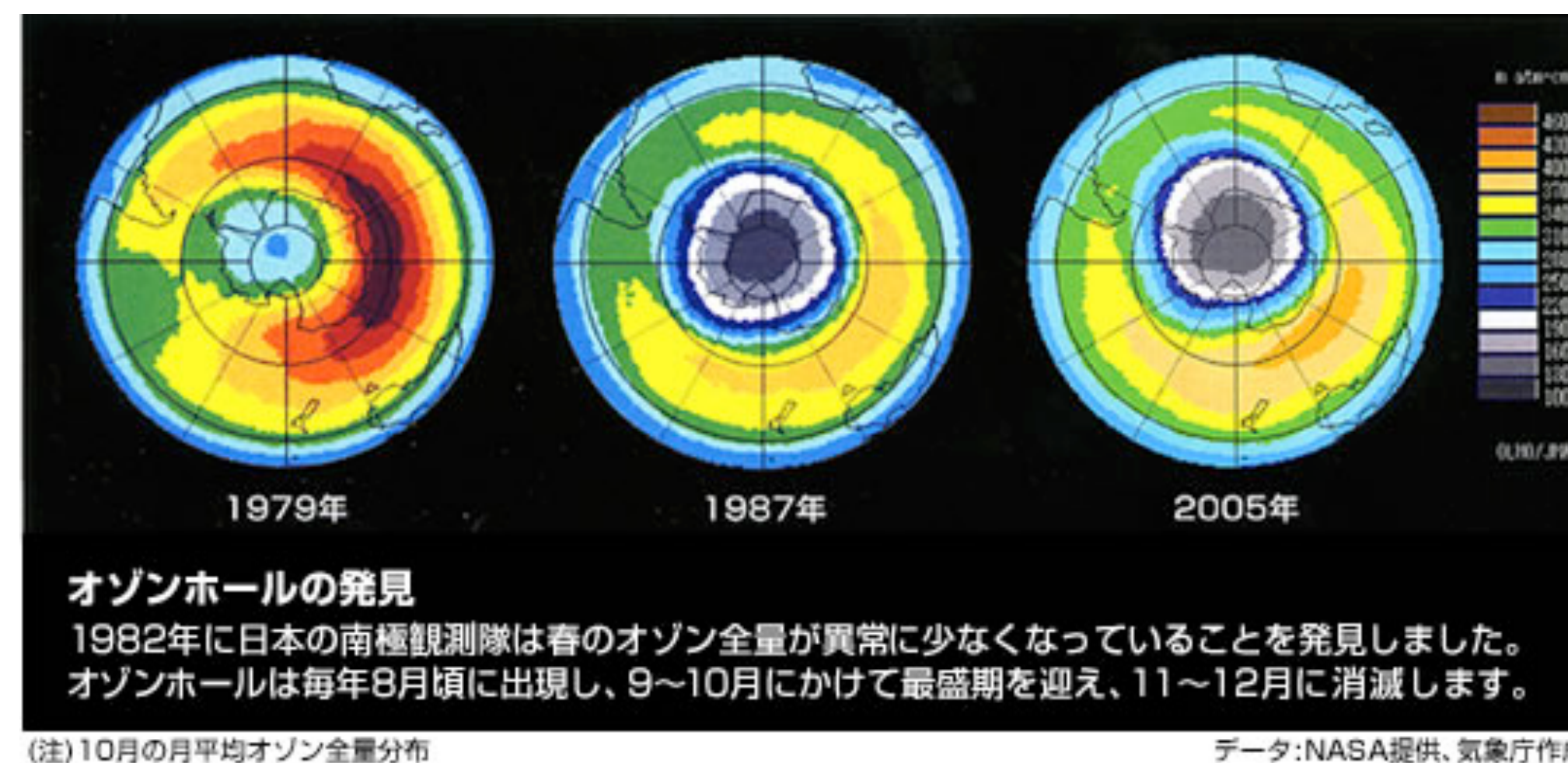
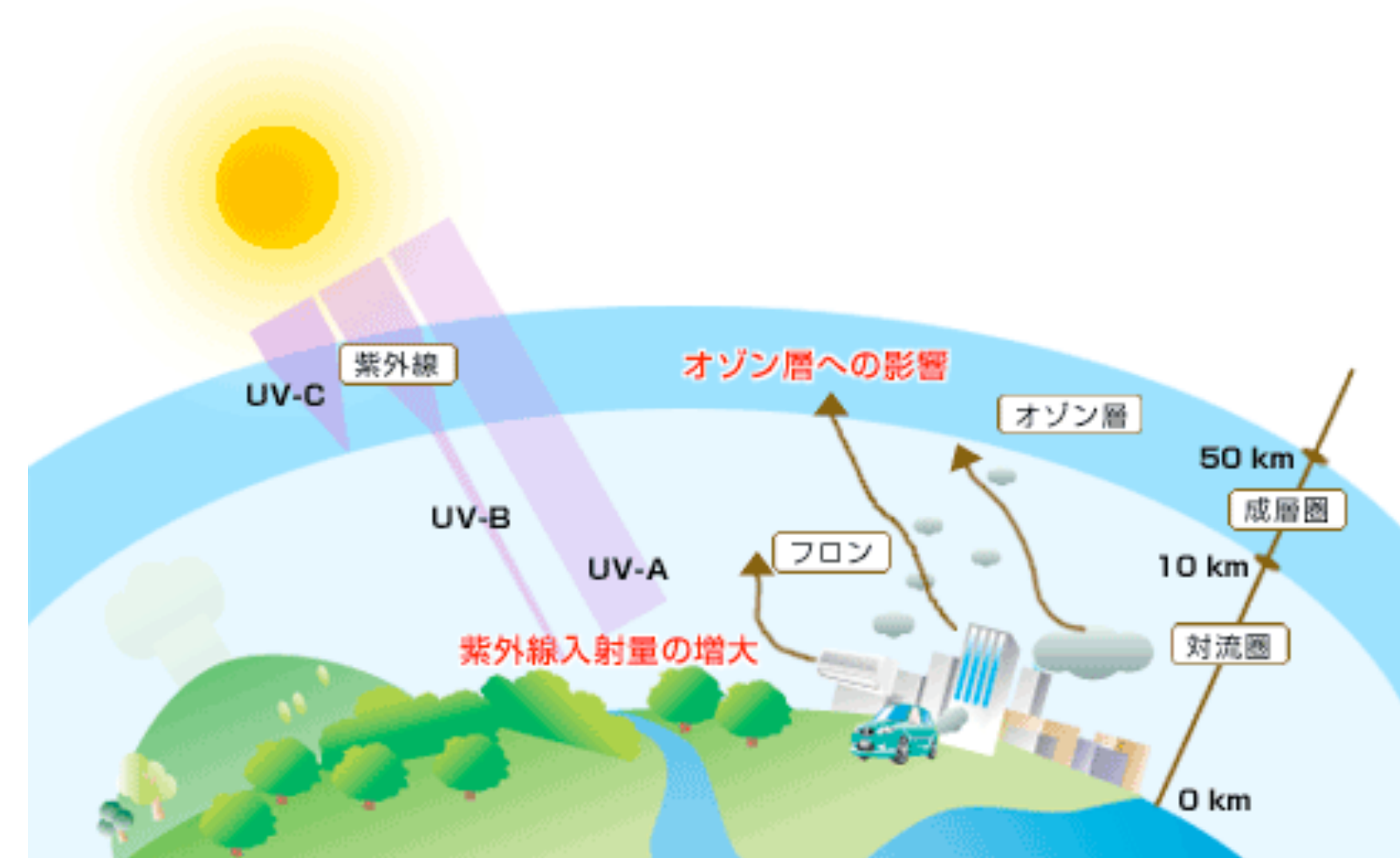
UV C	UV B	UV A
---------	---------	---------

フロンガスがオゾン層を破壊する

フロンよりも亜酸化窒素(N₂O)？

オゾンホール

=オゾン層が破壊されたところ



色の正体は何か

ニュートンは、プリズムを通すと、太陽の白色光はさまざまな色に分割できることを発見した。このように光を分割することを**分光スペクトル**といい、分割された光を**スペクトル光**という。

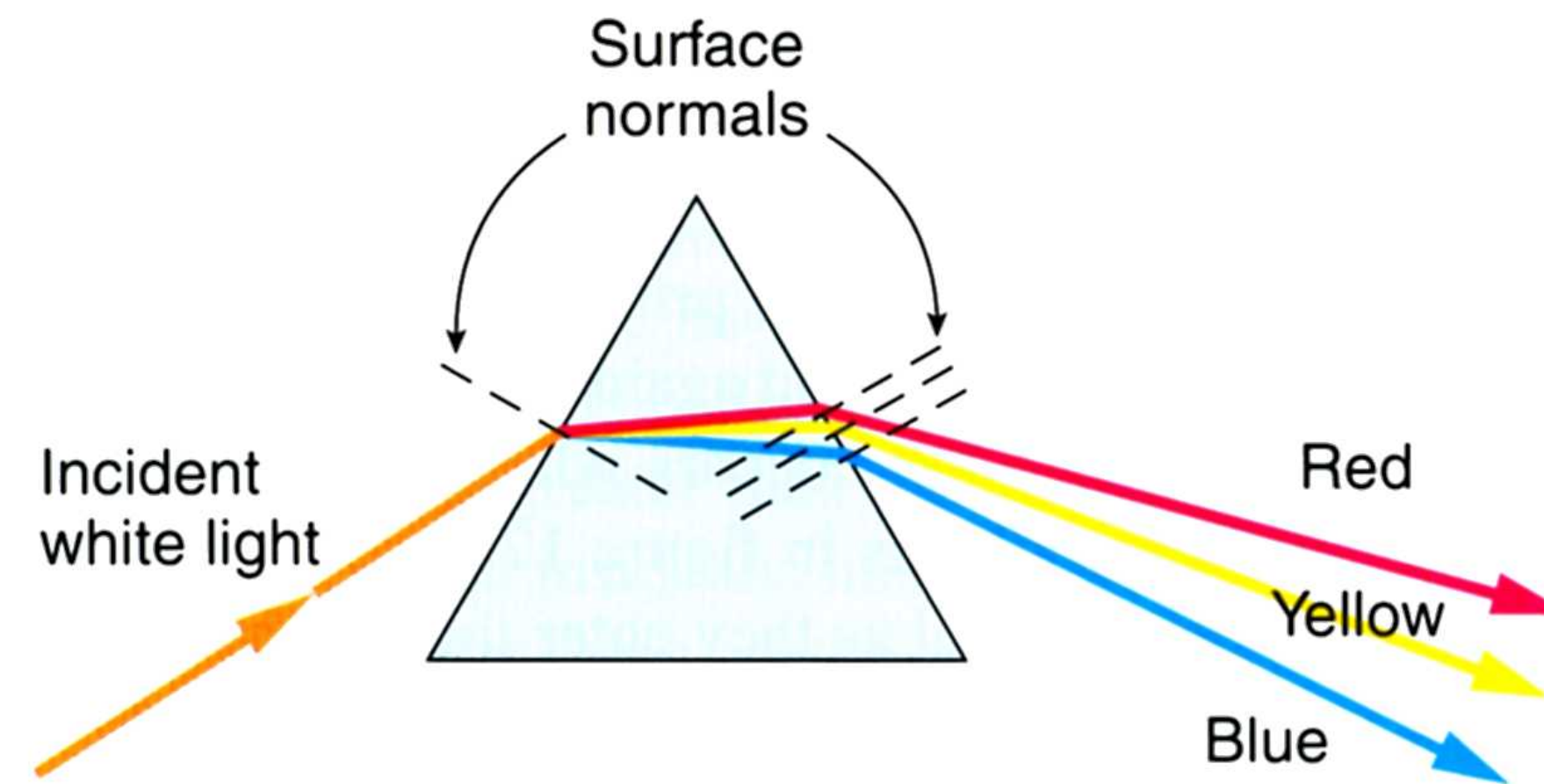


figure 17.13 Light rays passing through a prism are bent at both surfaces, with blue light being bent more strongly than red.

色の正体は何か



日本	7色	赤,	橙,	黄,	緑,	青,	藍,	紫
イギリス	6色	赤,	橙,	黄,	緑,	青,		紫
アメリカ	6色	赤,	橙,	黄,	緑,	青,		紫
ドイツ	5色	赤,		黄,	緑,	青,		紫
フランス	7色	赤,	橙,	黄,	緑,	青,	藍,	紫



虹のしくみ

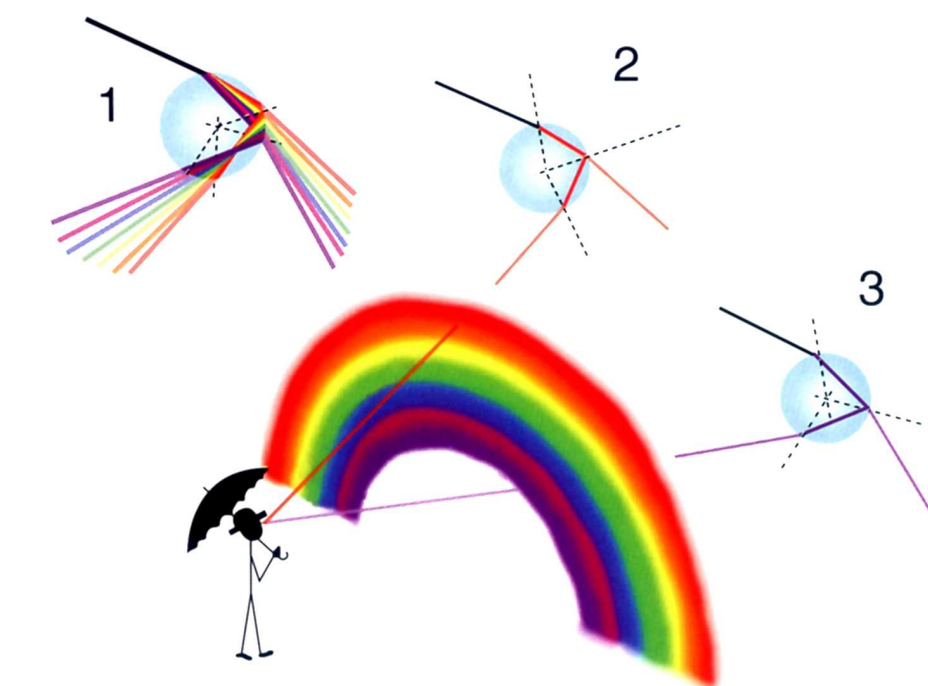
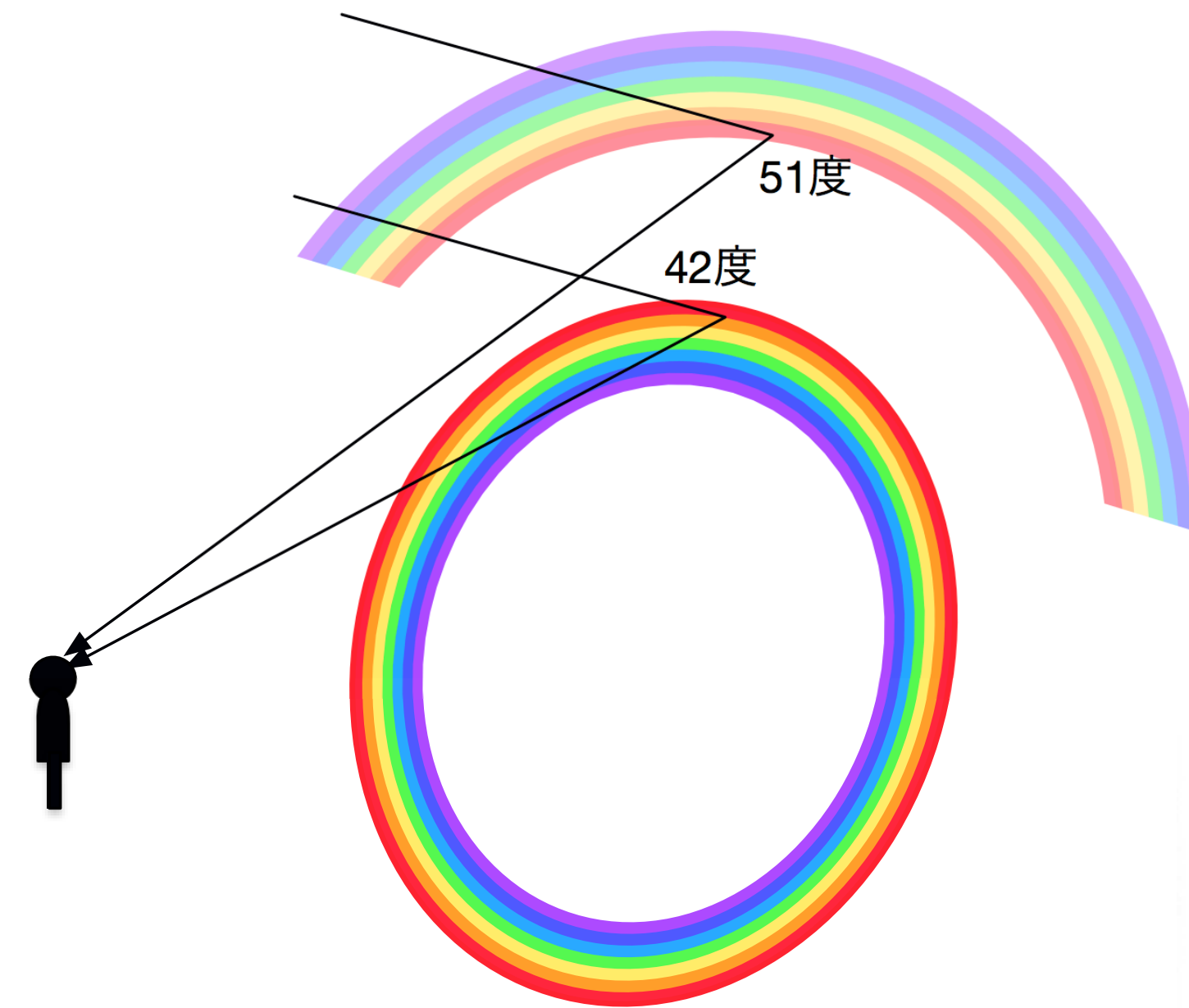
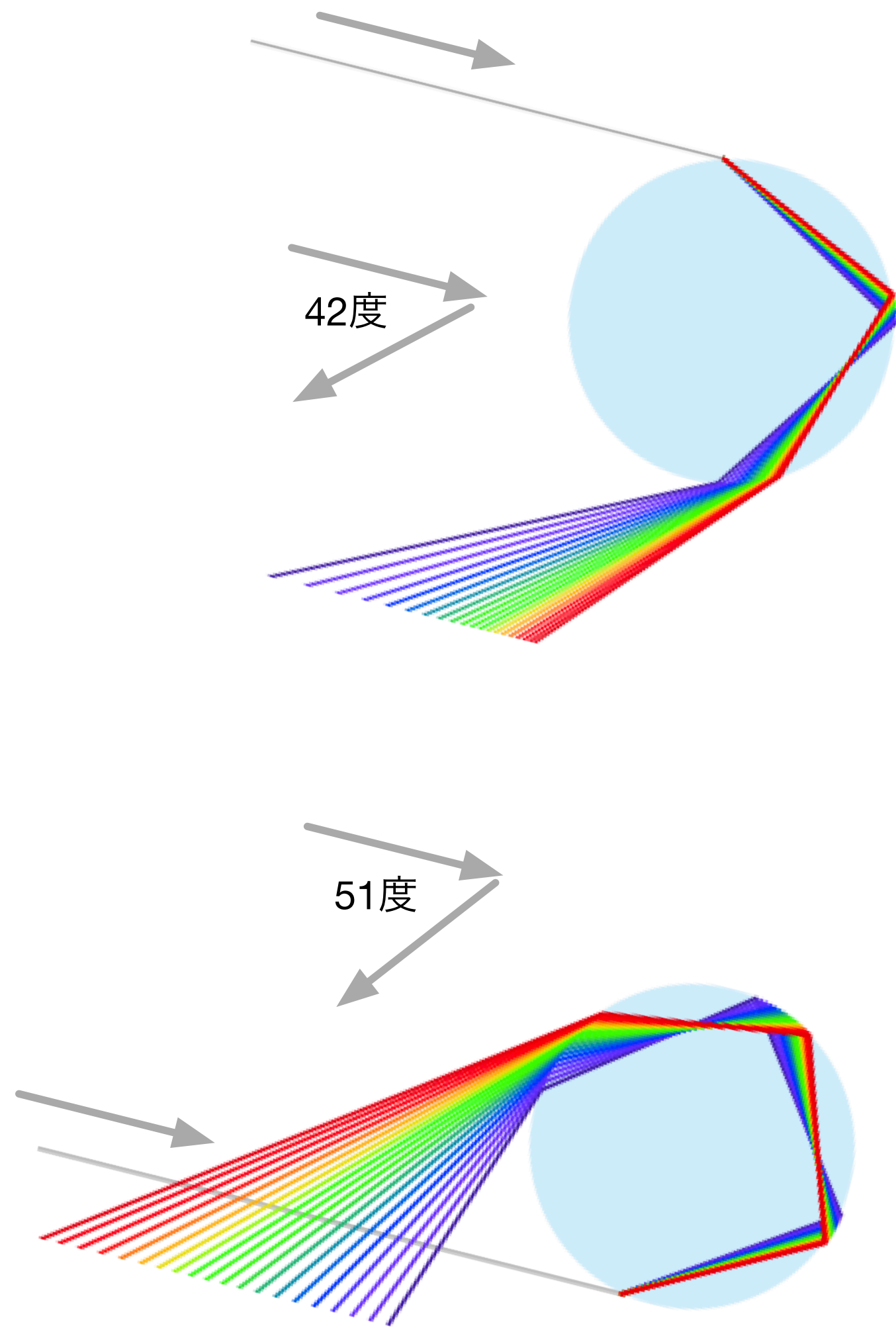
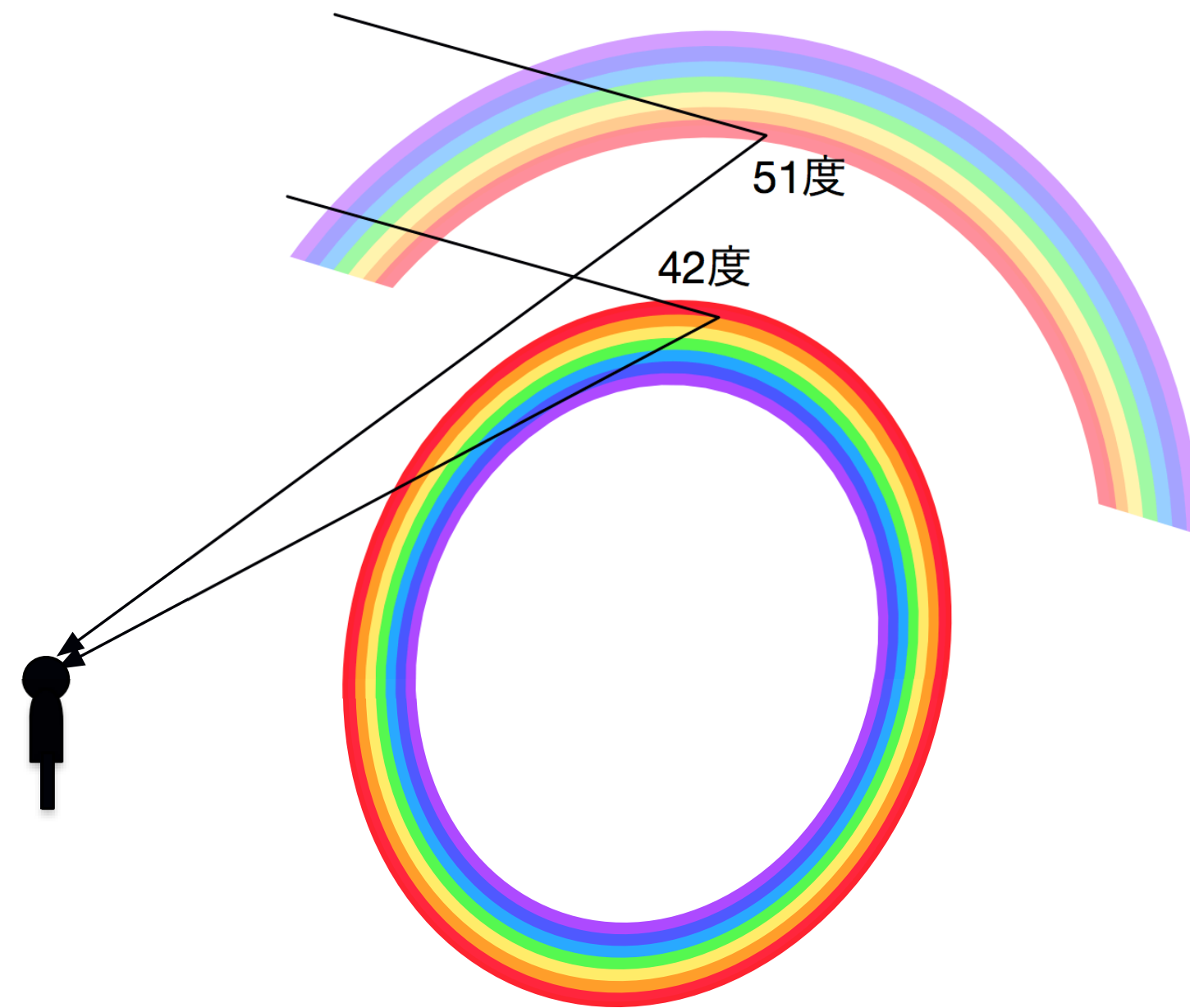
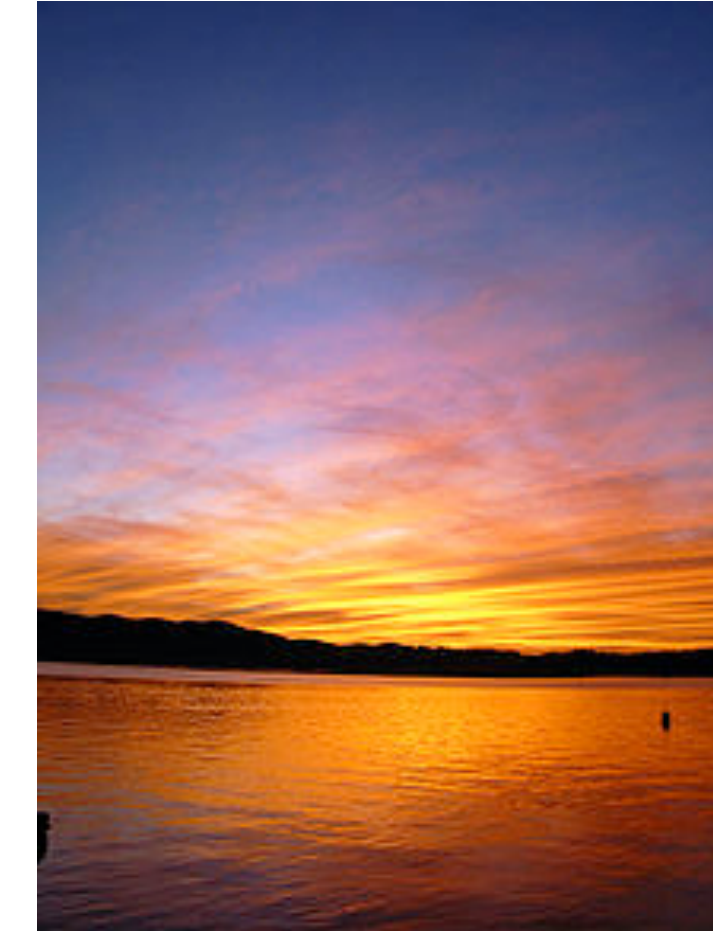
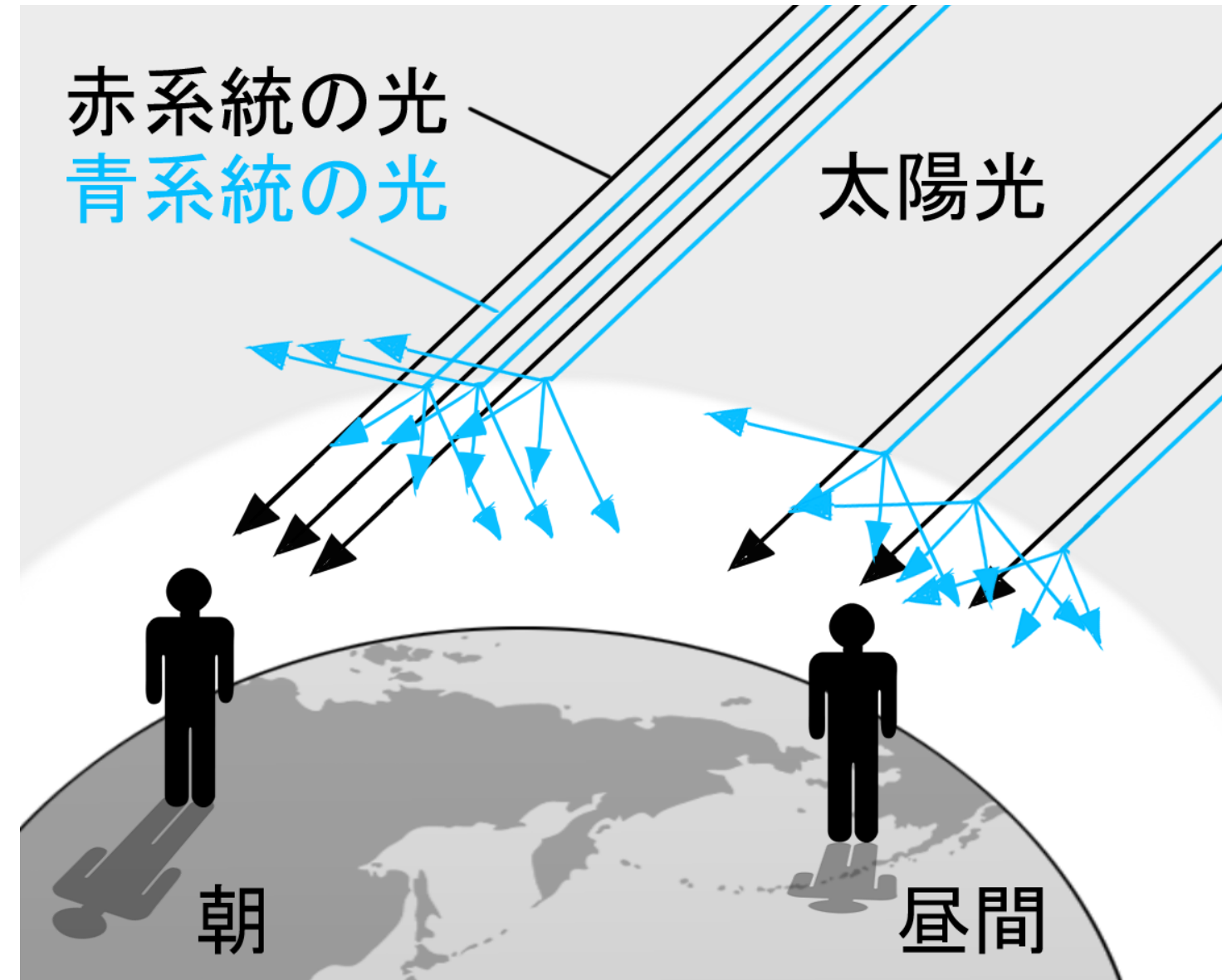


FIGURE 2.19 ► How the rainbow forms. Each water droplet, schematically represented by a sphere, is penetrated by white light, which is dispersed, then partly refracted outside the droplet, partly internally reflected.

ブロッキン現象 (Brocken spectre/Solar Glory)



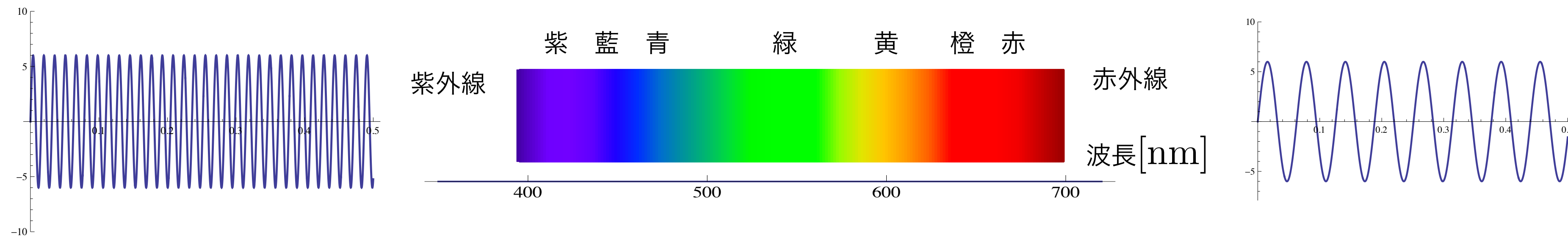
朝焼け・夕焼け なぜ赤い？



レイリー散乱 (Rayleigh scattering)

光の波長よりも小さな物体（窒素分子，酸素分子）で散乱を受ける。

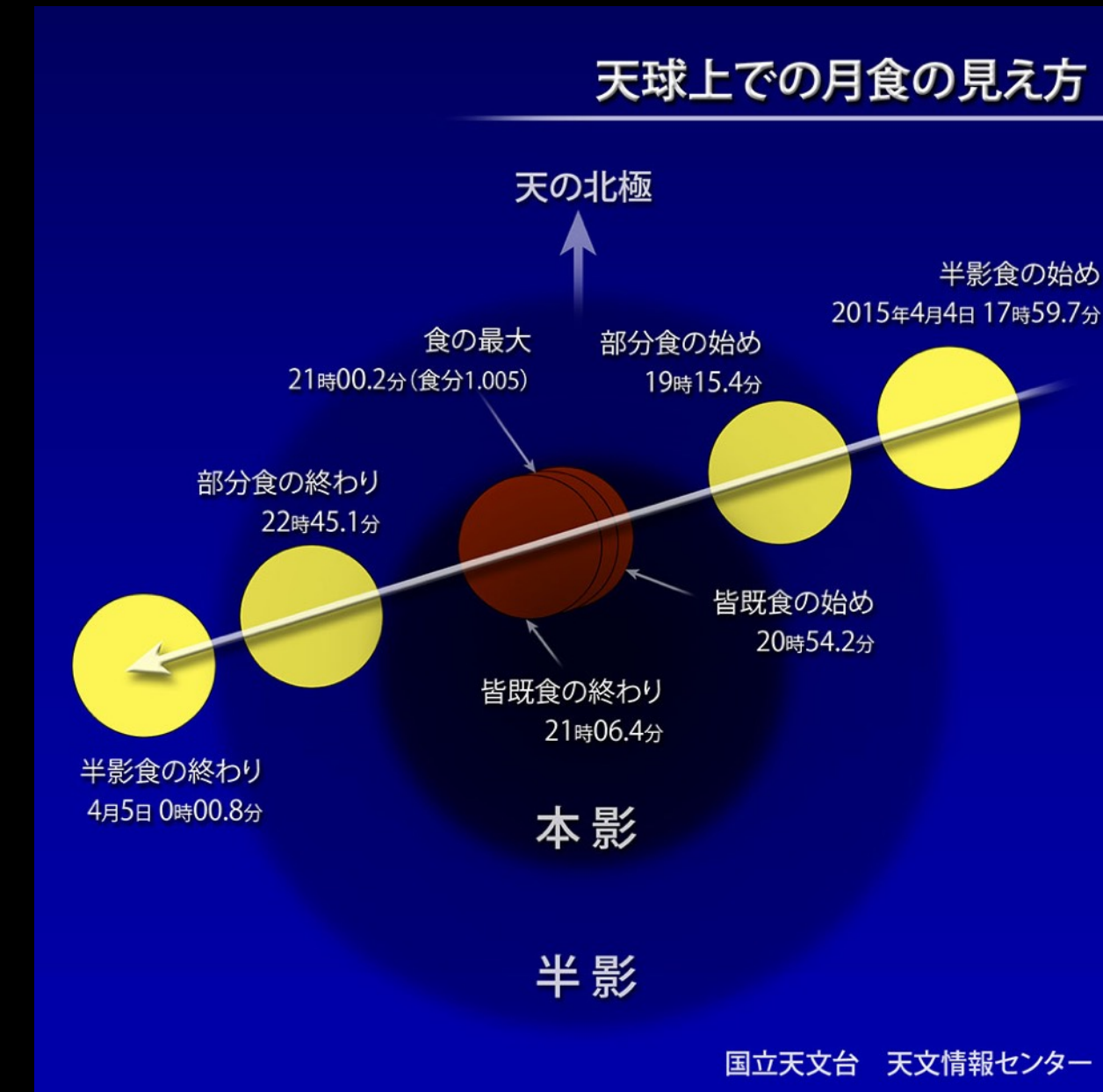
散乱する量は，波長の4乗に反比例するので，**青い光は赤い光の5倍強く散乱する**



昼間は，青い光の散乱を見上げるので，青い空

朝夕は，青い光の成分が散乱されて届かないので，白－青＝赤い空

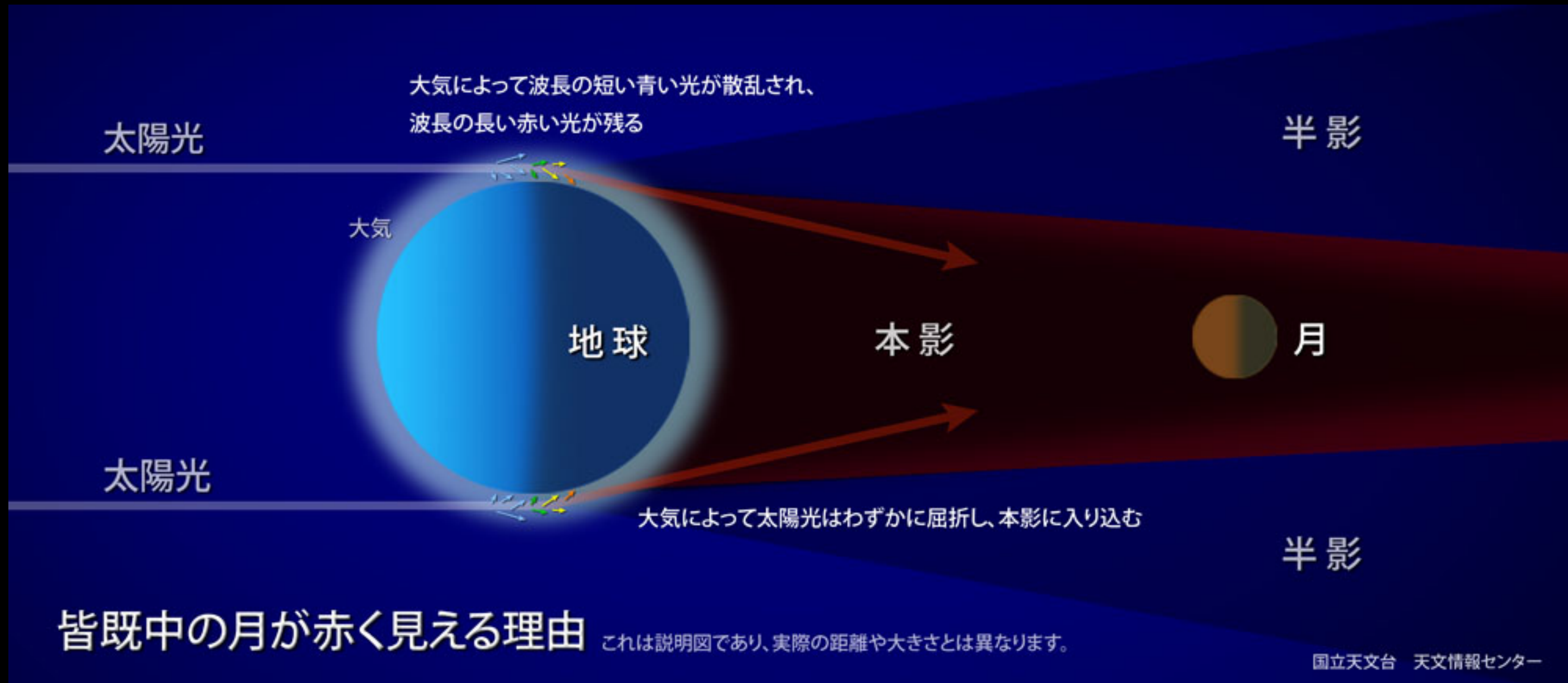
2015年4月4日 の皆既月食



19時15分	部分食の始め
20時54分	皆既食の始め
21時00分	食の最大
21時06分	皆既食の終り
22時45分	部分食の終り

★皆既月食になると、
月が赤く見えるのはなぜ？

★皆既月食になると、月が赤く見えるのはなぜ？



皆既月食を使って食糧を手に入れたコロンブス



クリストファー・コロンブス
(1451-1506)

4回目のアメリカ探検

船員の振る舞いが悪く， 原住民が食糧配給をやめた。

1504年3月1日の皆既月食を利用

「月が血のように赤くなれば， 君たちの行いに対して，
神様が怒っている証拠だ」

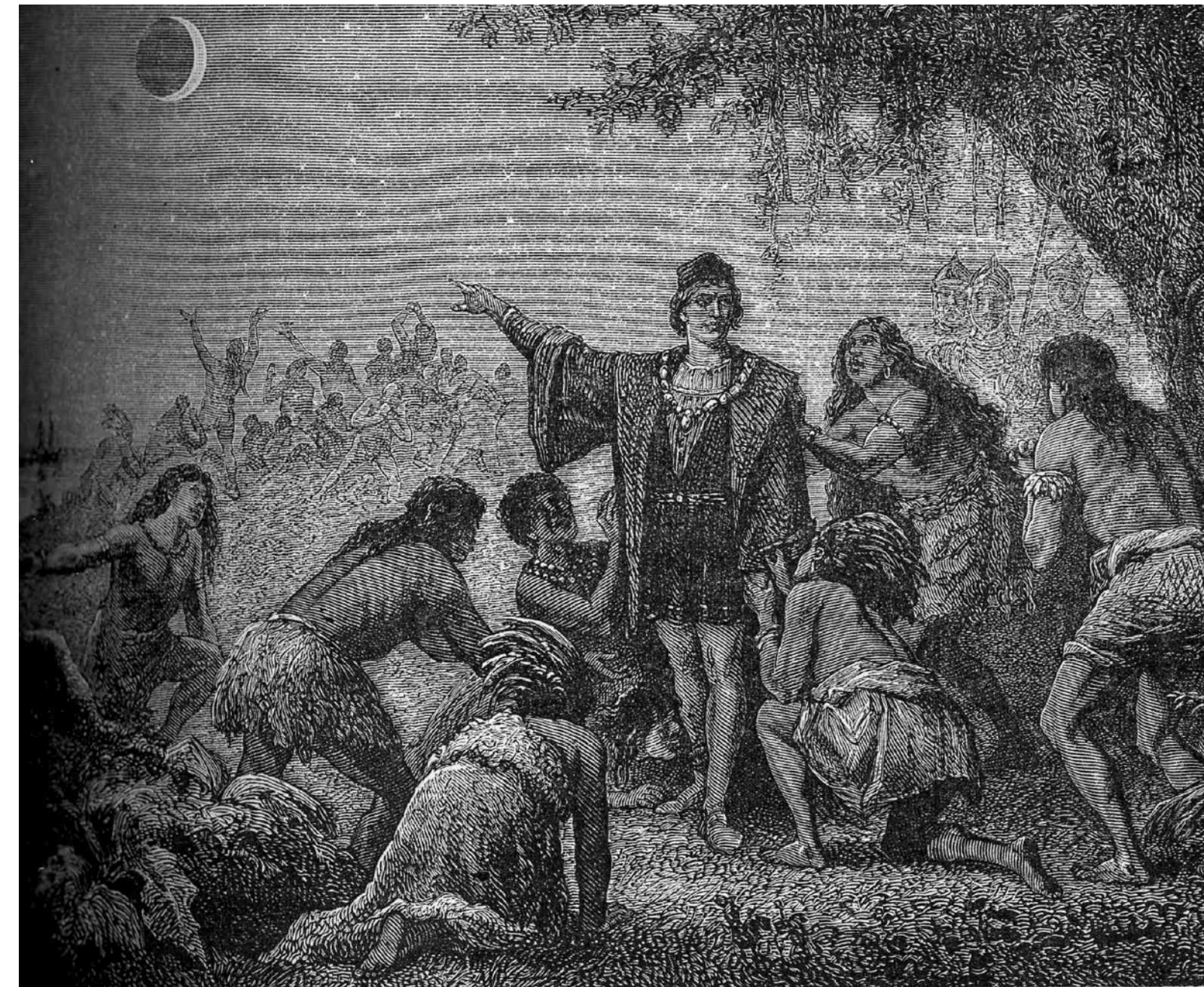


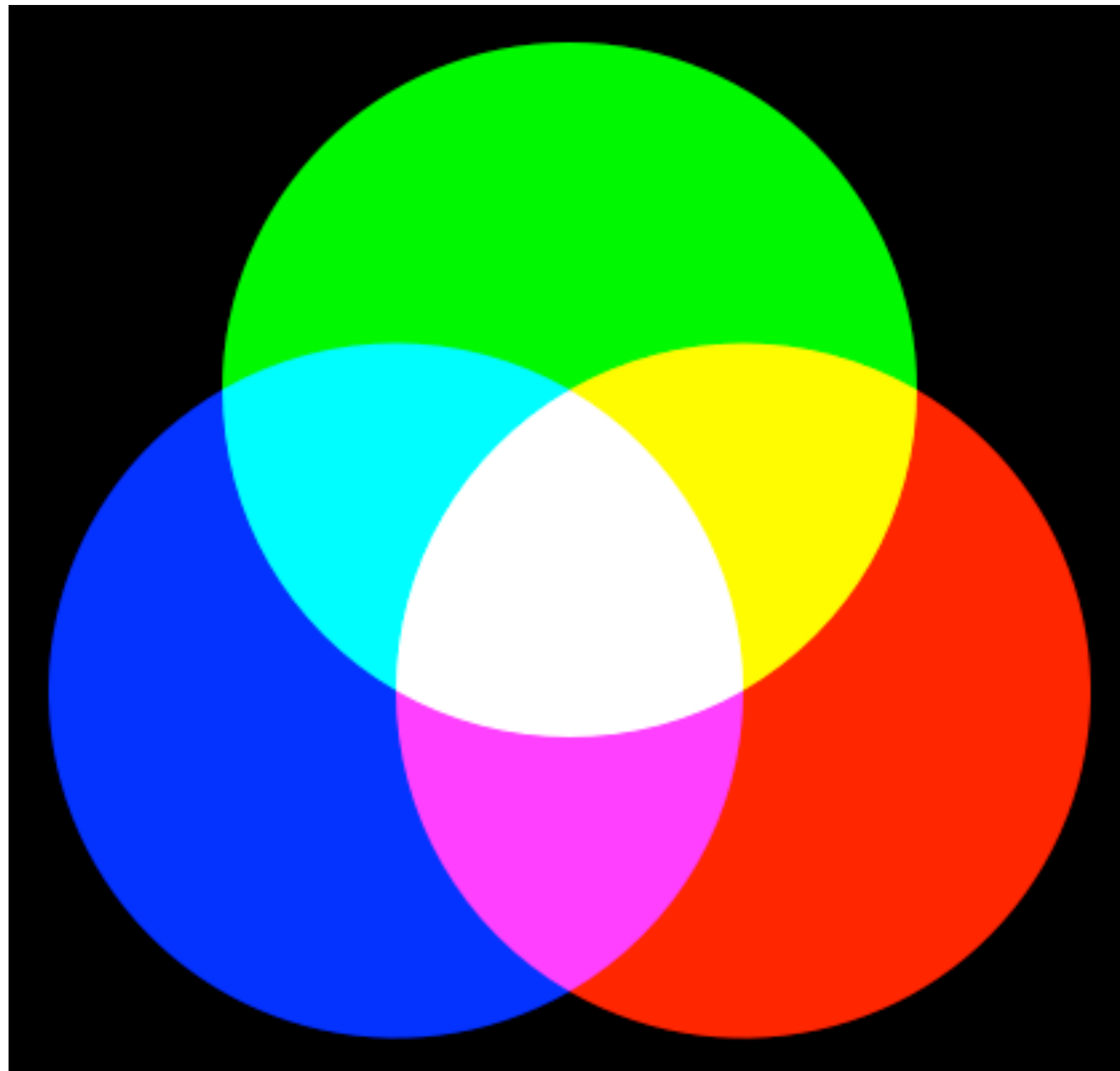
Fig. 86. — L'éclipse de lune de Christophe Colomb.

http://en.wikipedia.org/wiki/March_1504_lunar_eclipse

色の正体は何か

光の3原色 = RGB

テレビやディスプレイなど発光体の色の基本
目の視細胞はRGBに反応する3種類



$$R + G = \square$$

$$G + B = \square$$

$$R + B = \square$$

$$R + G + B = \square$$

光の混色は「加法混色」
全部加えると白

$$W = R + \square$$

$$W = B + \square : \text{Wダイオード}$$

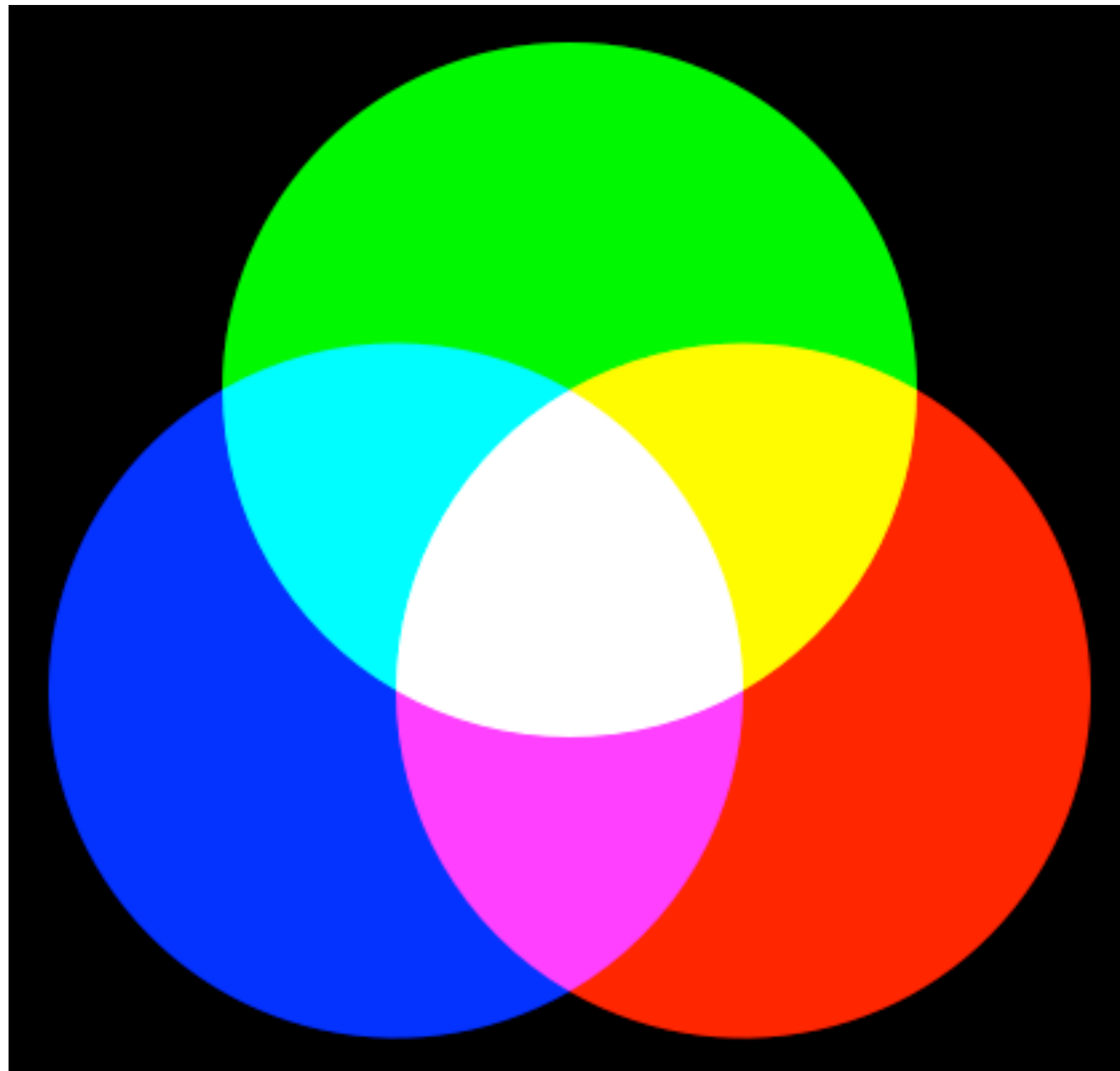
$$W = G + \square$$

デジタルは青の表現がムスリイ？(青のライトは白く見える)
緑は黄と青、青は色作りできない…？

色の正体は何か

色彩の3原色 = CMY

インクや絵の具など, 元の光を遮る形で反射して色を識別させる場合の基本



C = Rの補色

M = Gの補色

Y = Bの補色

C + M + Y =

青緑の絵の具は補色のRを吸収する物質

赤紫の絵の具は補色のGを吸収する物質

黄色の絵の具は補色のBを吸収する物質

絵の具の混色は「減法混色」
全部加えると, 灰色(無彩色)

絵具をどれだけ混ぜても黒にならずにぐぐ色になるのはなぜ。
↑量は計っているのに、

色の正体は何か

色彩の3原色 = CMY

インクや絵の具など, 元の光を遮る形で反射して色を識別させる場合の基本

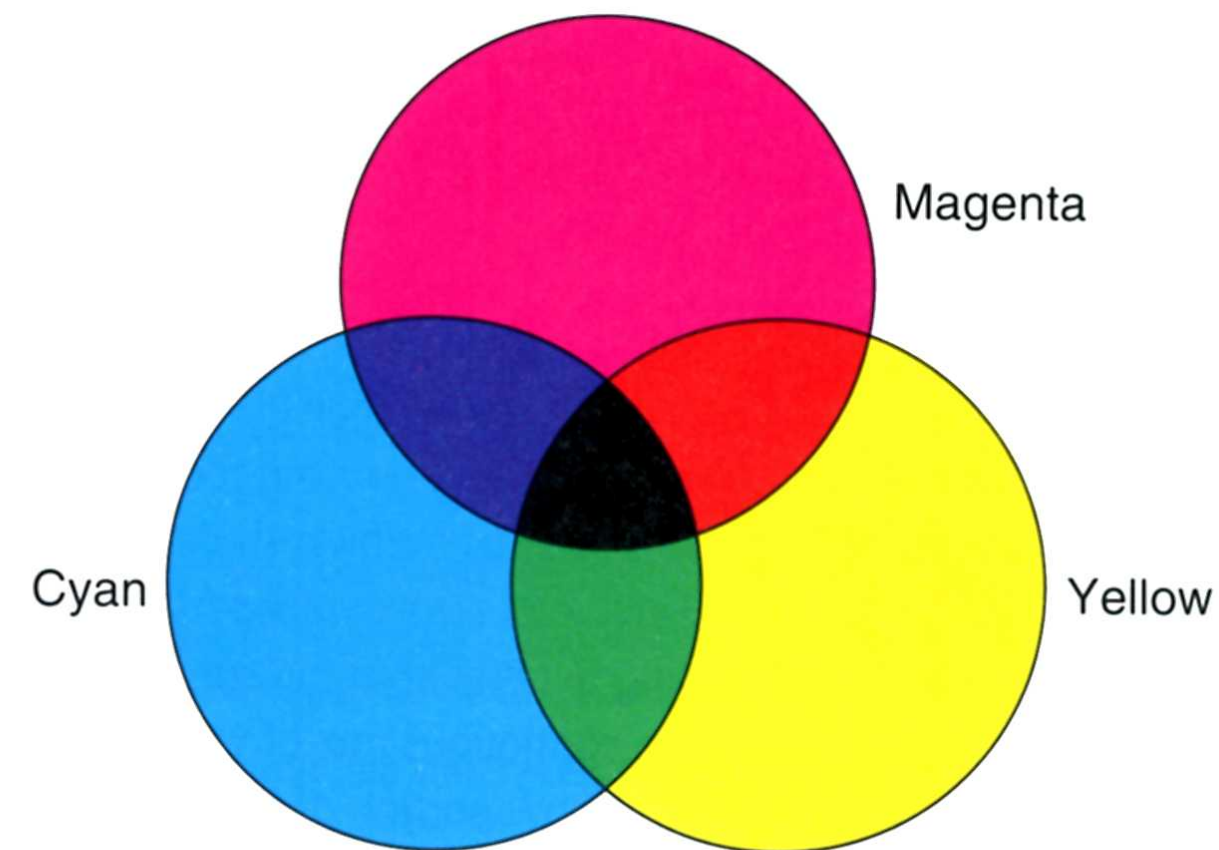


figure 16.11 Subtractive color mixing is demonstrated by overlaying yellow, magenta, and cyan pigments used in color printing.

C = **R**の補色

M = **G**の補色

Y = **B**の補色

C + **M** + **Y** =

Mのセロファンは, 白色光のうち,
Gを吸収するので, 透過光は**R**と**B**が
通過して**M**に見える.

色の正体は何か

色彩の客観的な表示 色彩を指定するためには、3種類の情報を指示する必要がある。

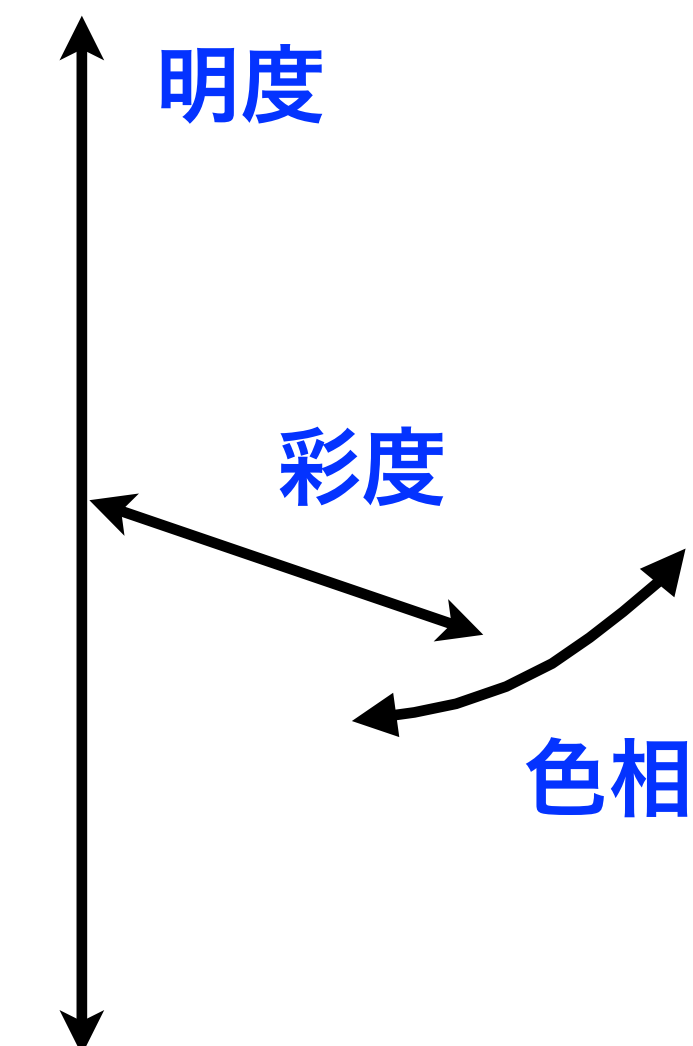
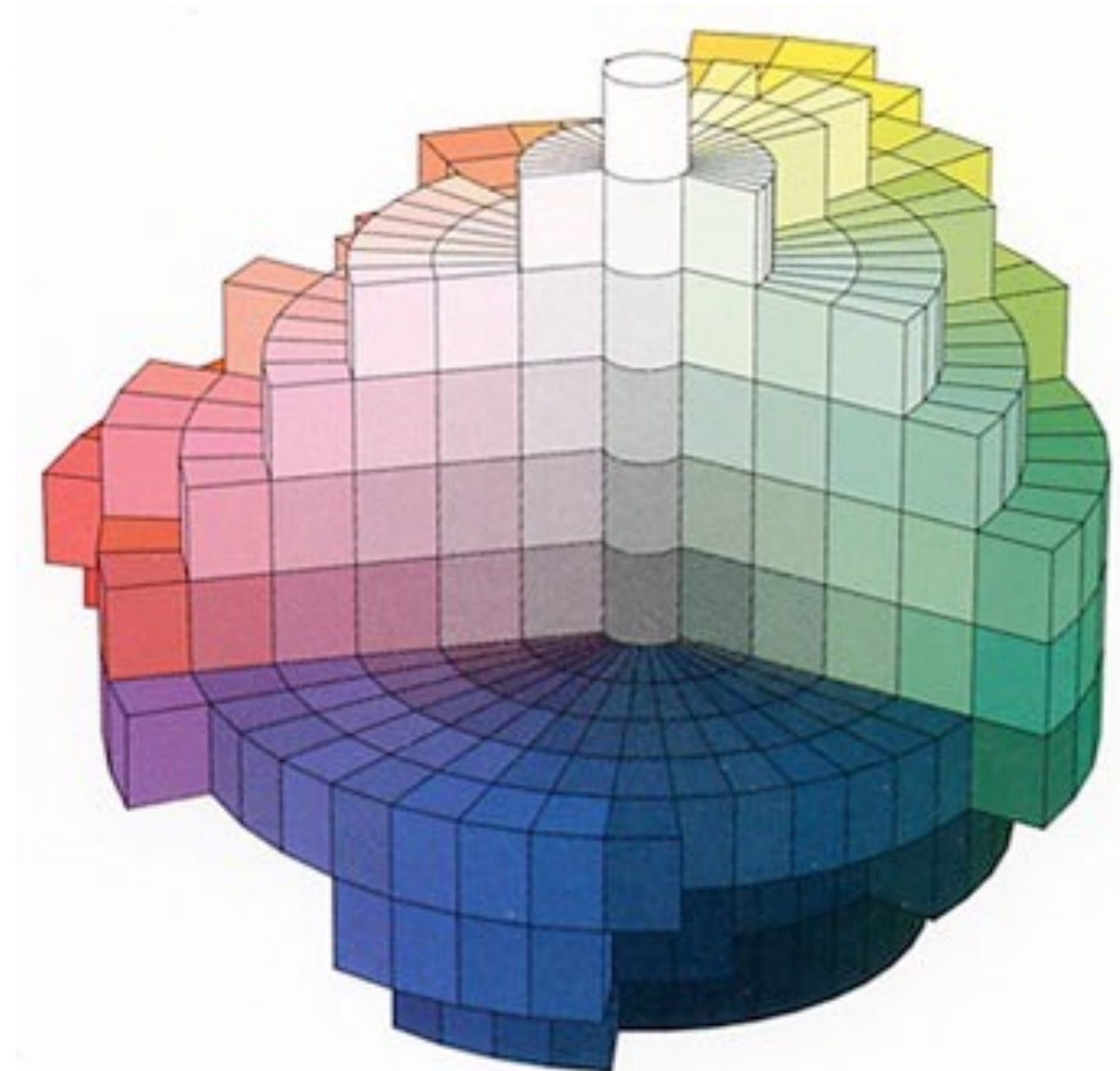
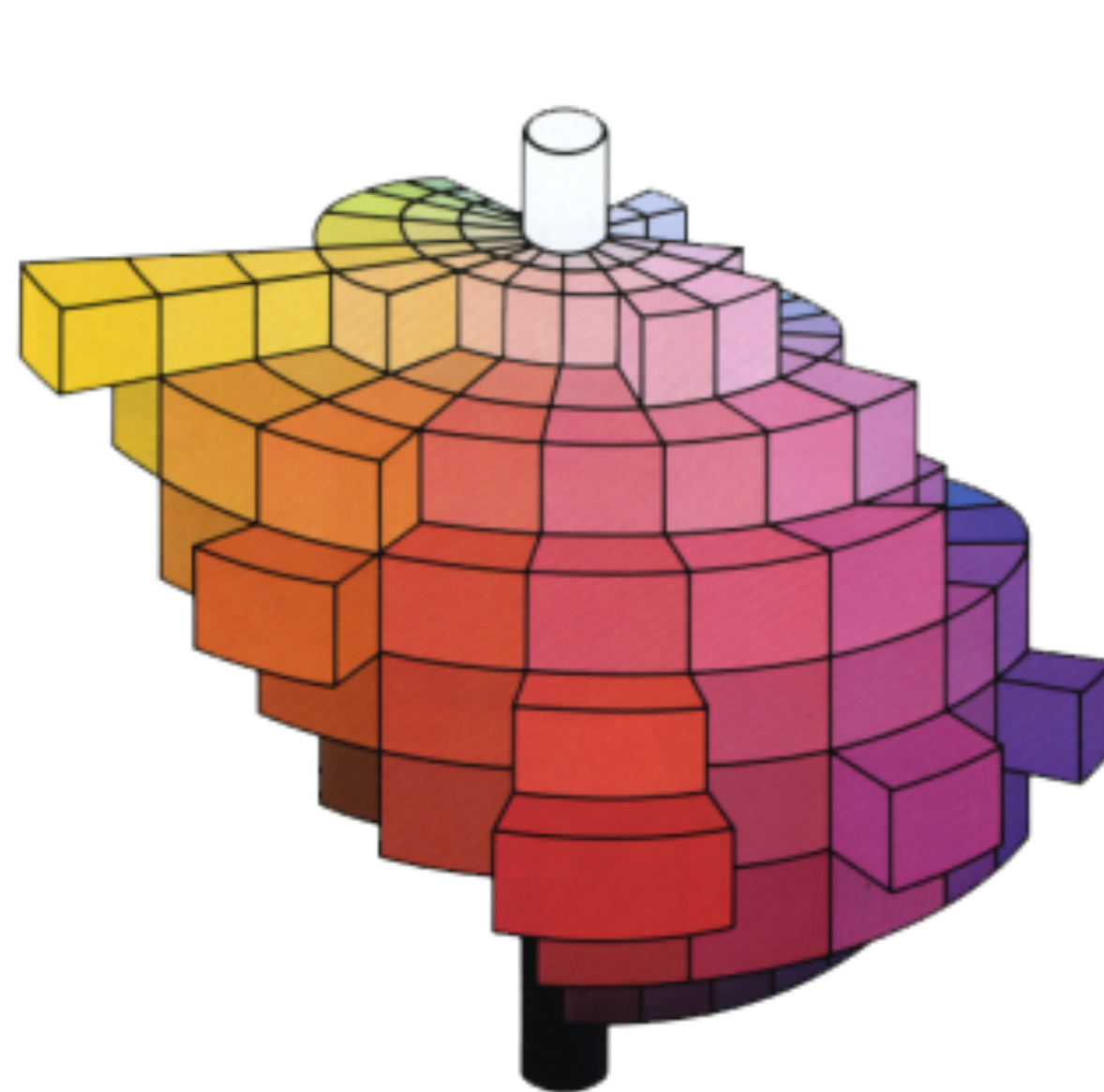
- 色相（色, Hue）.



- 明度（明るさ, Brightness/Value）. 反射率の高さ. 白がもっとも明るく, 黒がもっとも暗い.



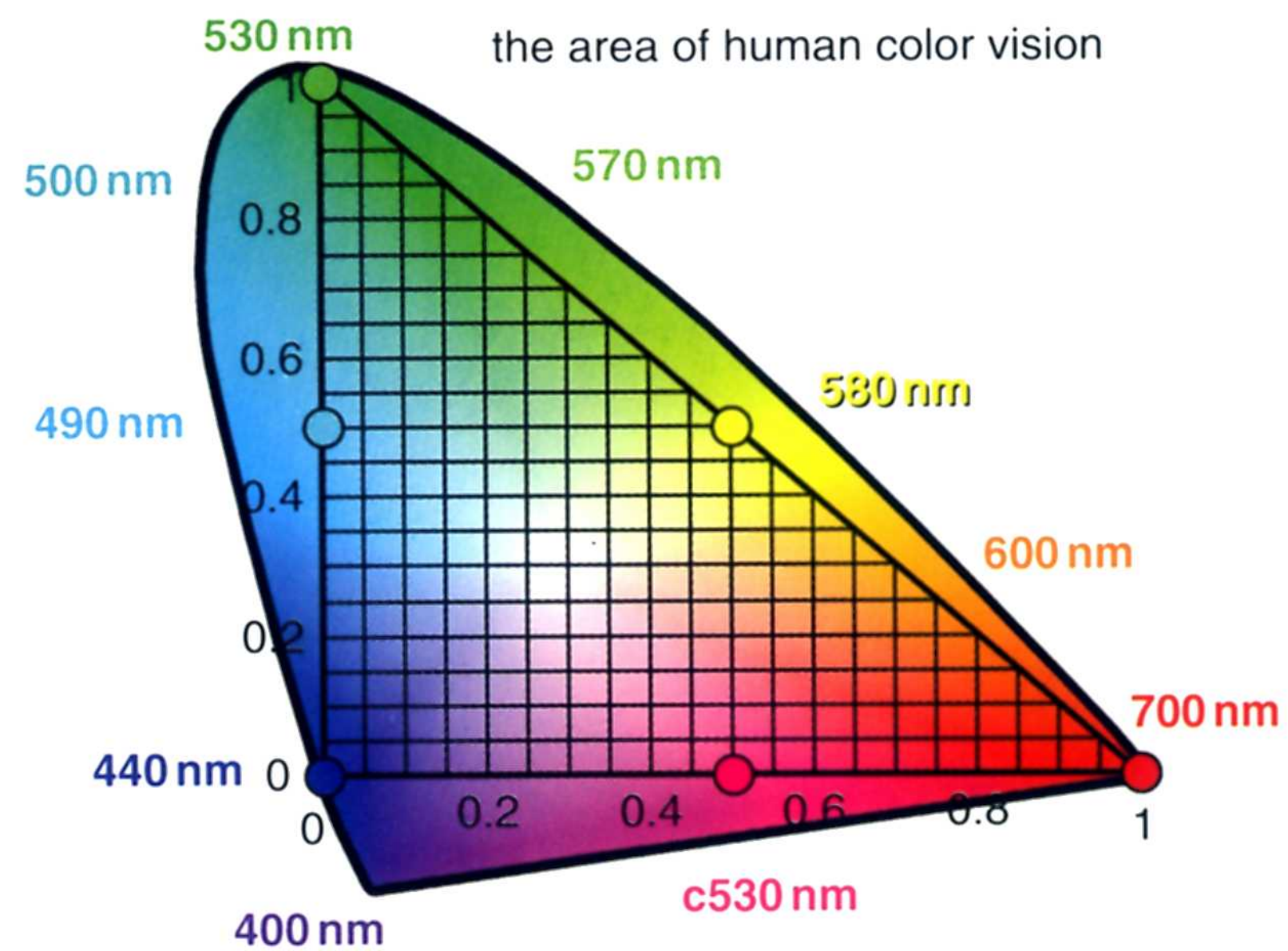
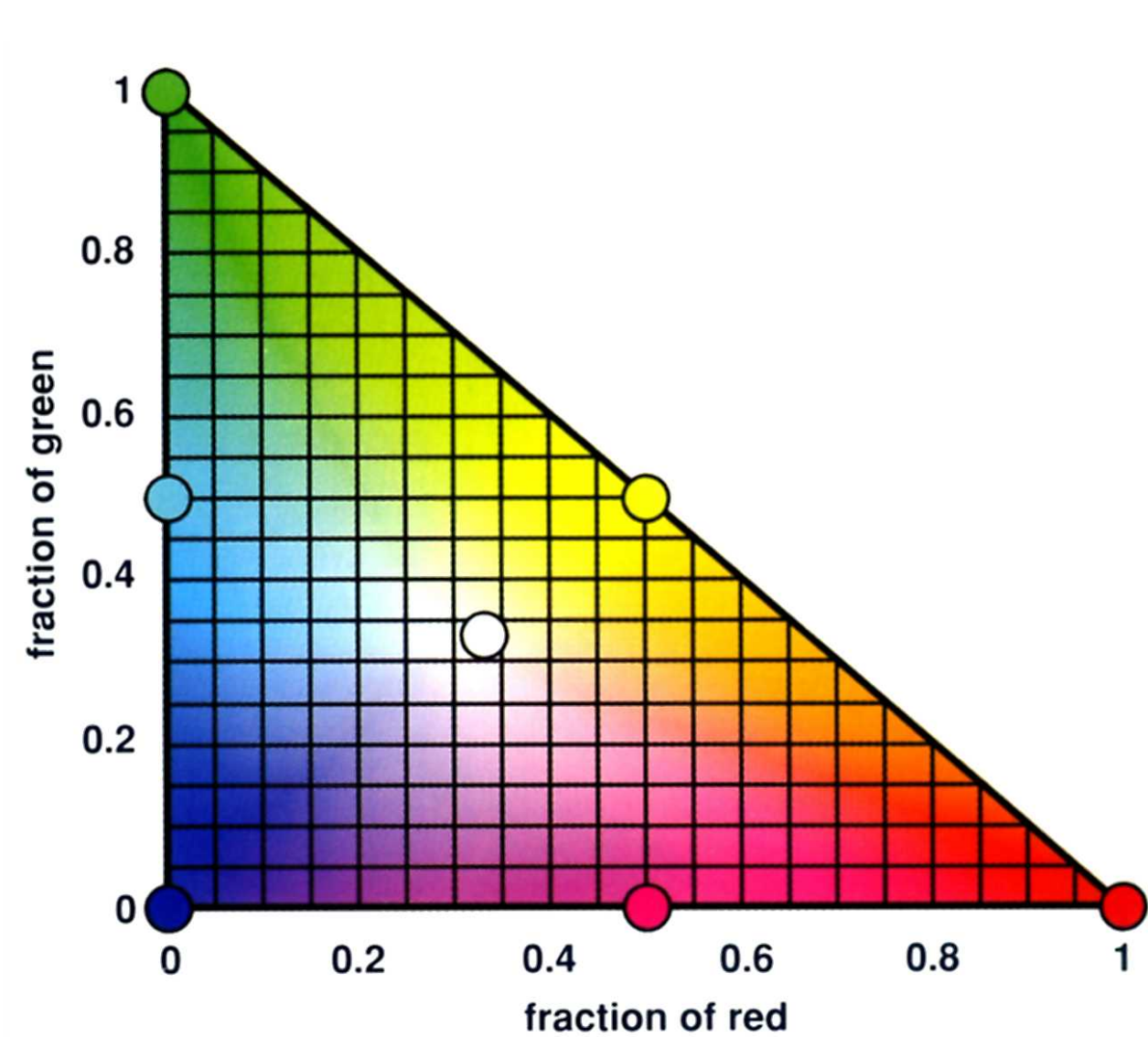
- 彩度（鮮やかさ, Chroma）. 色彩に混じる白や灰色の成分.



RGB表色

原色を R (赤、700nm) , G (緑、546.1nm) , B (青、435.8nm) とする表色系が、パソコンにて最も多く用いられている。1色ごと 0~255 階調で、16777216 色になる。
なお、RGB 表示では知覚できる色を完全に合成できないことも知られている。

(R, G, B)	16 進数表示	色	(R, G, B)	16 進数表示	色	(R, G, B)	16 進数表示	色
(255,0,0)	#ff0000	赤 ■	(255,255,0)	#ffff00	■	(126,126,0)	#7e7e00	■
(0,255,0)	#00ff00	緑 ■	(255,0,255)	#ff00ff	■	(126,0,126)	#7e007e	■
(0,0,255)	#0000ff	青 ■	(0,255,255)	#00ffff	■	(0,126,126)	#007e7e	■
(0,0,0)	#000000	黒 ■	(255,255,255)	#ffffff		(126,126,126)	#7e7e7e	■



RGB表色

【補足】すべての色を数学的に表現する方法がある。

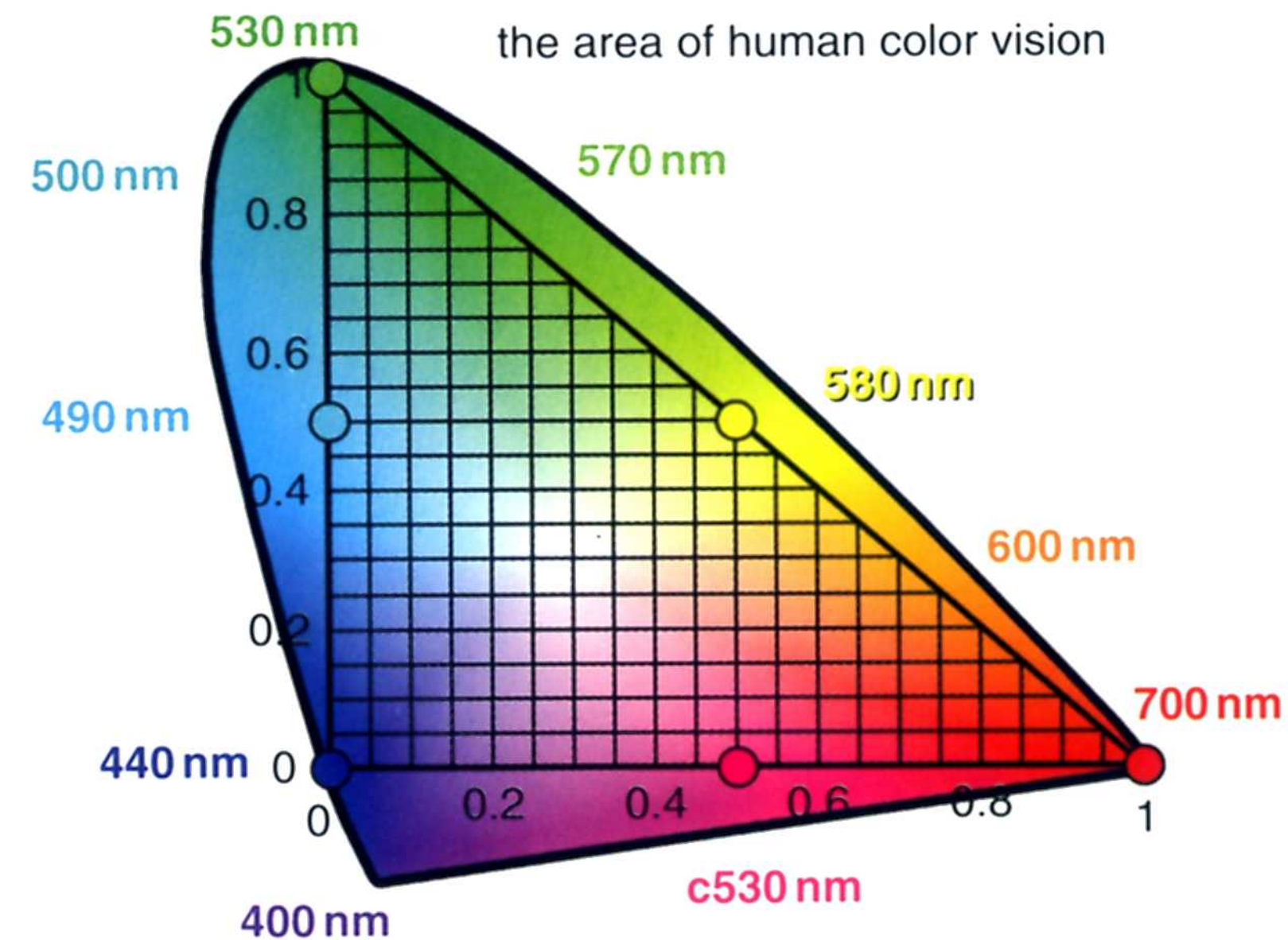
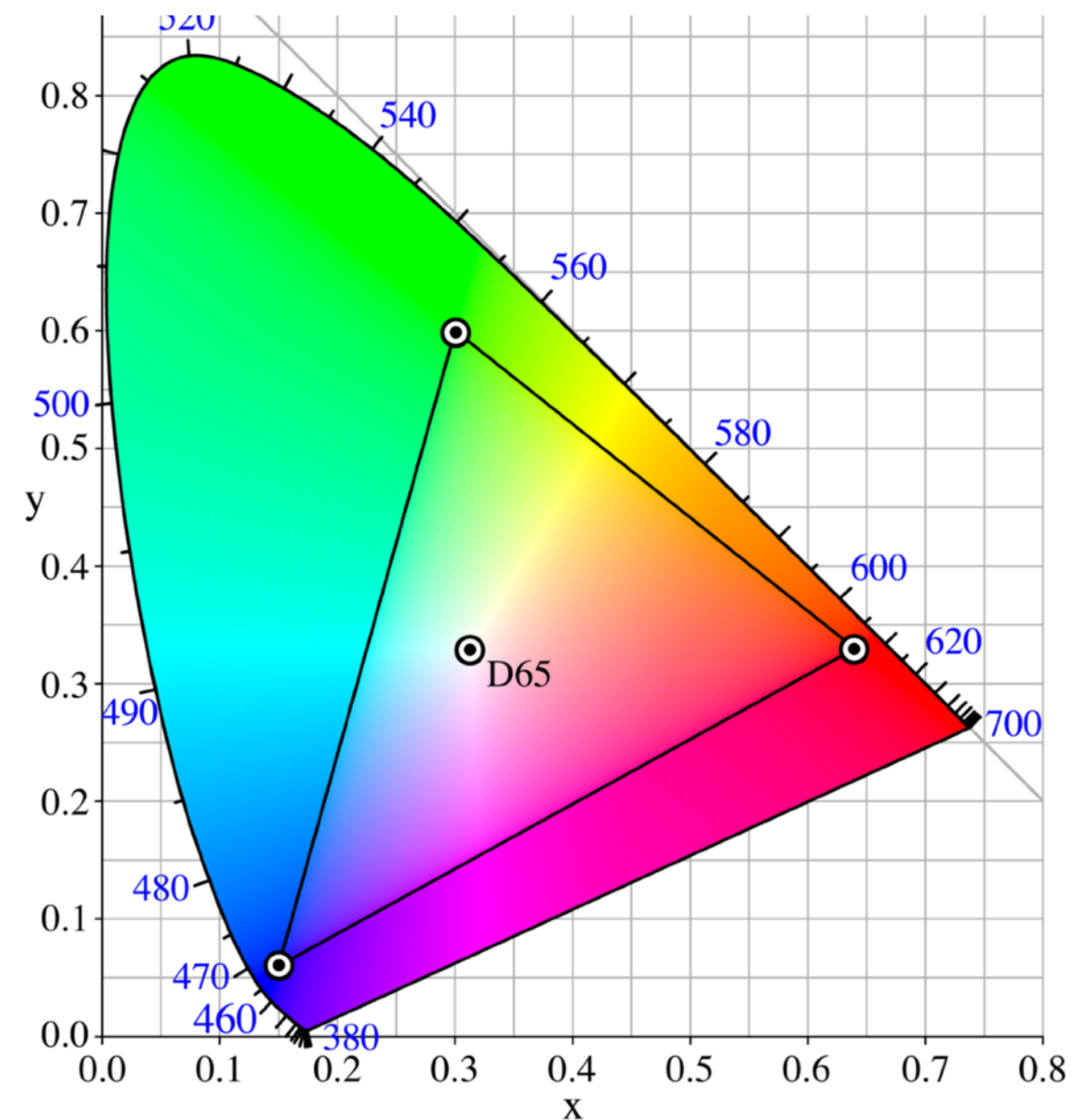
CIE（国際照明委員会）が定めた XYZ 表色は、RGB 表示系の係数 (R, G, B) から計算される

$$\begin{aligned} X &= 2.7689R + 1.7517G + 1.1302B \\ Y &= 1.0000R + 4.5907G + 0.0601B \\ Z &= \quad \quad + 0.0565G + 5.5943B \end{aligned}$$

で得られる 3 刺激値 (X, Y, Z) を使う。Y は輝度を表す係数であり、X, Z は明るさのない架空の色彩に対応する係数である。 (X, Y, Z) から、

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

とすれば、 $x+y+z=1$ となる係数が得られ、すべての色は、 $C = xX + yY + zZ$ として表現することができる。図 44 左のヨットの帆のように塗られた部分は、 (x, y) 表示された断面である。



虹

虹の色は何色あるか、と色の数をたずねられた。物理的にはどう答えるのが正しいか。

1色

1色 (虹色は色々まがた総称?)

色の認識は文化圏によって異なり、物理の世界にもともと色という概念は明確にはない。よって、数えることは不可能。

3色: 色の3原色だから (3色あれば虹の色は全て作り出せるから)

380nm から 780nm の可視光線の範囲の色の数。

6色

明確に分離された色の数は存在しない。

虹の色は無限

7色

7色 赤、橙、黄、緑、青、藍、紫

紫から赤までの色でグラデーションにしてみたいため、明確に言えない。

7色 氏名
ニュートンが決めた(ニュートンが虹の色を7色に分けたから)

主に7色。

虹は、空中に浮く水滴が太陽光を反射して見える現象である。
光は波長により屈折率が異なるので、赤、橙、黄、緑、青、藍、紫の7色がある。
(可視光線)

グラデーション状に見えるから
何色とは言えない。
可視光線の中の色は
どこでも見える。
プリズムから屈折によって色に
分けられ、どこでも見える。

色には波長があり、グラデーションになっているため、
虹のどこからどこまでが何色、ということはいえない。
だから色の数も分からない。

虹は、太陽光が水滴に入射し、
屈折、反射、分散を経て見える現象。
波長ごとに異なる色に分かれ、分散は
無限の色を作り出す。



撮影 長谷川能三氏





日の出直後の強い太陽の光が、アメリカ・カリフォルニア州のヨセミテ国立公園にある滝に虹をつくります。

強い風が滝の流れを広げてスクリーンをつくり、岩肌を背景にすべての色のスペクトルを映し出します。

写真家のグレッグ・ハーローは、シエラネバダ山から日の出を待ち、赤い光が差し込むのを待ちました。

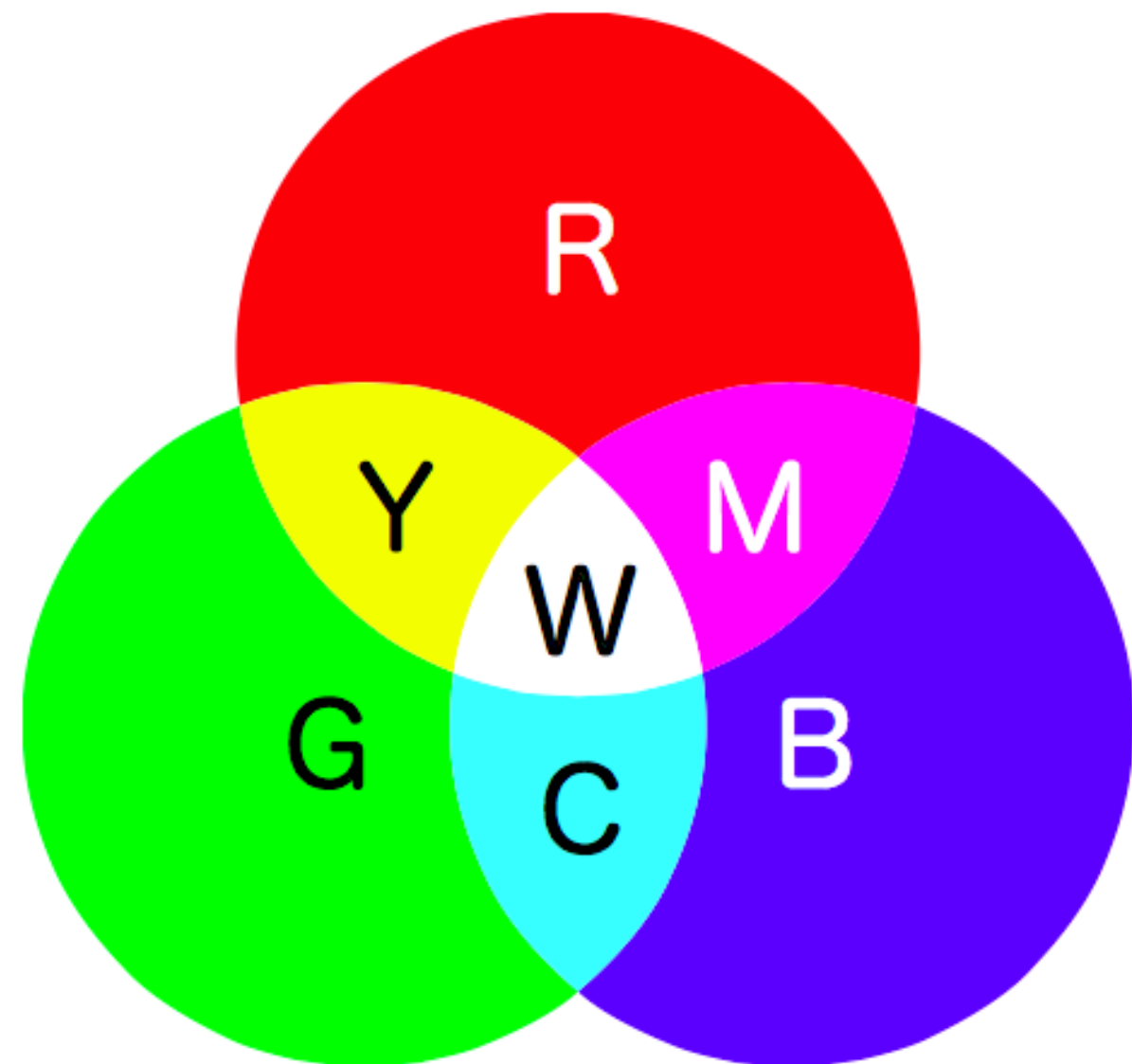
その日の朝、この幸運な光景を目にできたのは数人でした。

National Geographic
ナショナル・ジオグラフィック

光の3原色

光の3原色 = RGB

テレビやディスプレイなど発光体の色の基本
目の視細胞はRGBに反応する3種類



加法彩色

$$R + G = \square$$

$$G + B = \square$$

$$R + B = \square$$

$$R + G + B = \square$$

$$W = R + \square$$

$$W = B + \square \quad : \text{ Wダイオード}$$

$$W = G + \square$$

色彩(印刷物)の3原色

色彩の3原色 = CMY

インクや絵の具など、元の光を遮る形で反射して色を識別させる場合の基本

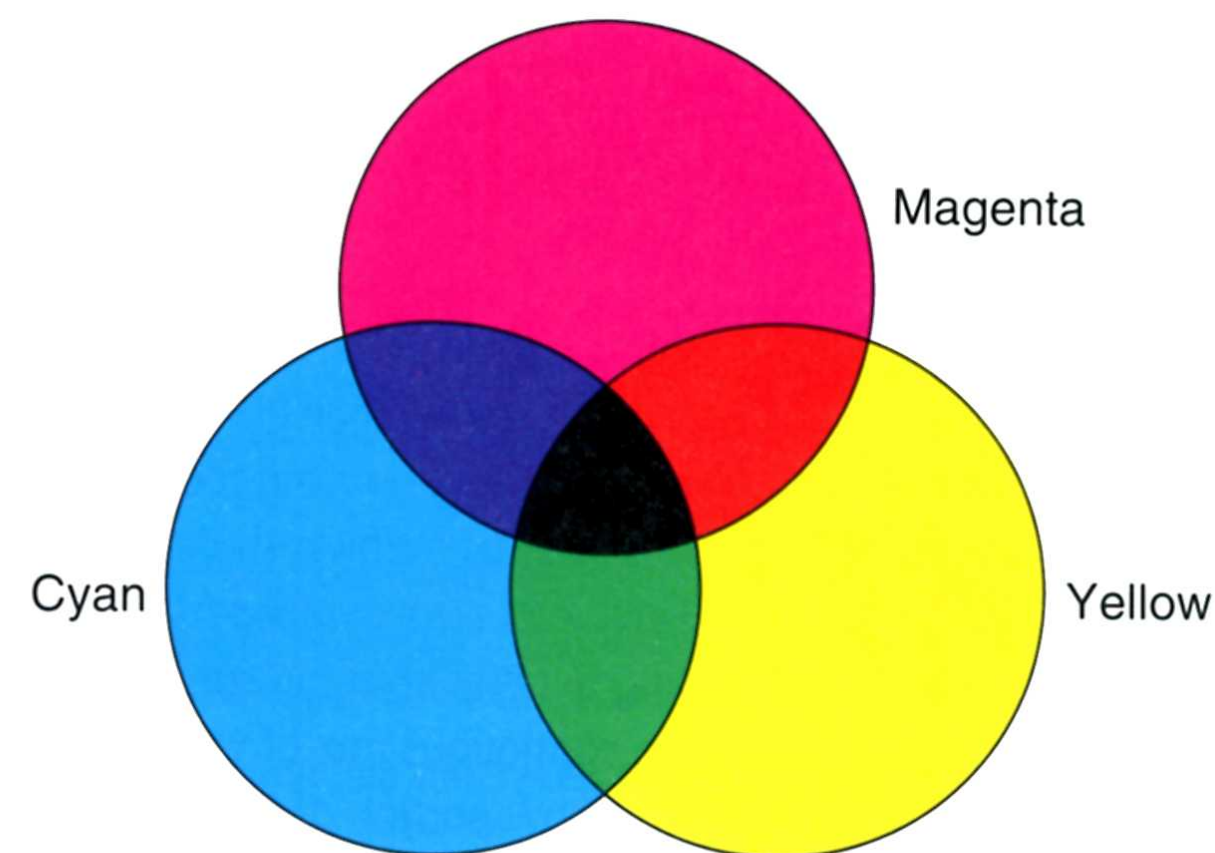


figure 16.11 Subtractive color mixing is demonstrated by overlaying yellow, magenta, and cyan pigments used in color printing.

C = Rの補色

M = Gの補色

Y = Bの補色

C + M + Y =

Mのセロファンは、白色光のうち、Gを吸収するので、透過光はRとBが通過してMに見える。

前回のミニッツーパーから

あなたが考える赤と、隣人が考える赤は、同じ赤い色なのだろうか。これを検証する手段はあるのだろうか。

① 物理的・神経科学的には、いっしょの光で「赤」の感覚の違いと間接的に検証可能
① 網膜や視覚系の構造の比較
人間の網膜には、希疎不均一に分布する3種類の錐体細胞があり、錐体細胞の分布と密度と測定可能。物理的な感覚の差と関係している。
(例) 色覚異常の人と通常の色覚を持つ人では特定の波長に対する感受性が異なり、色盲テストのように、いろんな色の画像で色の感じ方をくらべるとか...

② 赤っぽい色にもさまざまな波長があるため、他人の考える赤は自分の考える赤の波長と必ずしも一致する訳ではない。しかし、「赤といえば何を思い浮かべるか」といった質問で、隣人と同じものを思い浮かべた場合、近い赤色を想像しているといえるかもしれない。
(ただ、同じ「リンゴ」でも、リアルなリンゴとデフォルトのリンゴとで色がちがう可能性があるため、検証はむずかしい。

色の認識は人によって違う。色と色の見分けにくさで検証することが出来ると思う。

ちがうと思う。光の量によって見える赤は変わってくるから。自分が見える赤のカラー番号を言問べる。

違う赤だと思う。調べる手段は、その人が「思う赤」と近い物を見つけてもらい、比べる。

自分が思っている赤の色の紙でもってくる。
(違うと思う)

おたけ同じ赤ではないと思う。
どこのか、カラーピッカーでカラーコードを調べてみて同じ番号! コードがあれば同じ赤と考えるのでは? かと考える...

同じ赤だと証明することはできないと思う

違う。隣人が考える赤と自分が考える赤は明度や彩度が違う可能性がある。実際に色を作ってみると検証できるのではないかな。

違うと思う。PANTONEを使って考えている赤が同じか示す。

違う
いろんな赤色を集めてどれに近いかを調べる。

[10-3] 個人差があると思う。
赤系統の色鉛筆を複数本用意し、その中で「自分が赤だ」と思うものを選んでもらうという検証の方法

違うと思う
自分が赤だと思う色を並べてみる

同じ赤ではないと思う。
カラーカードやスマホで色を言問って、見せ合う。

絵の具で同じ赤色をつくる。
カラーコードを出す。

同じ赤
何色か見せて何色か聞く

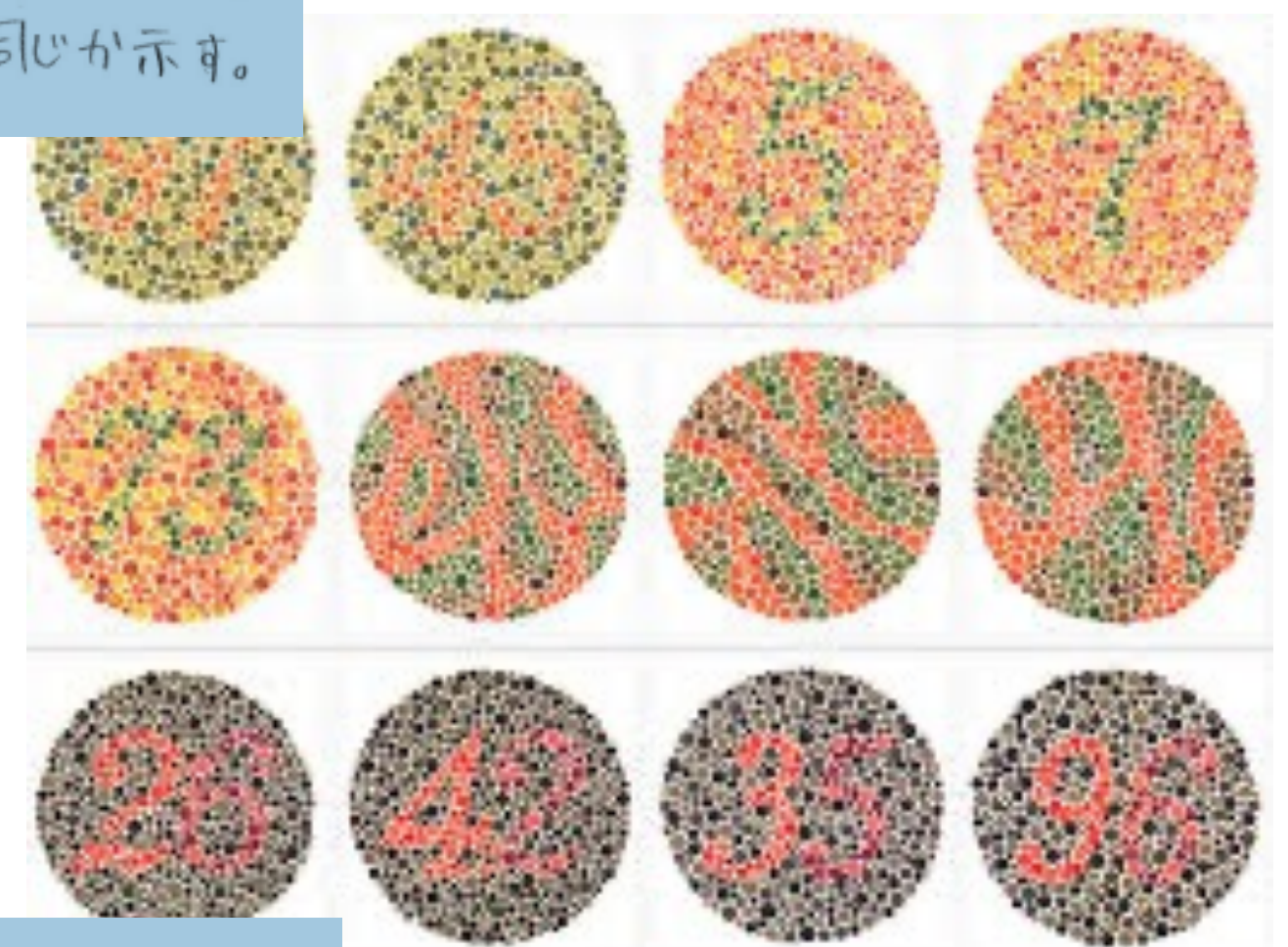
もしもいたら、違いかもしれない。感覚の問題なので検証できない。

同じ赤色であるとはいえない。
物理的に「赤色」と判断できている色を並べ、それを色を見る人に見せれば、違いか出てくると思う。
同人数等で

違う可能性がある。
完全に証明することは難しいと思う。しかし、色見本を使ってある程度探ることは可能だと考える。(例えば、赤い色のサンプルを複数見せて、「これは赤だ」と感じるかどうかを記録する。など)

違うと思う。手段は自分が思う赤を絵の具とかで作る。

色覚テストのやつで、その人がどこからどこまでの色を認識できるかを確認する。



「ローヌ川の星月夜」の測光

鈴木 文二*1、鎌田 奈々子*2、後藤 優華*2、佐野 由花*2、山田 菜由*2
(埼玉県立春日部女子高等学校 地球科学部 *1顧問、*2部員)

はじめに

Vincent Van Gogh (フィンセント・ファン・ゴッホ) の描いた作品の中に、「ローヌ川の星月夜」(図1)がある。彼は1853年3月30日に生まれた。27歳から画家として活動を開始し、37歳で命を断つまでの10年間で1600点余の水彩・素描、800点余の油彩画を残した。ゴッホは、現実に見えるものを、ありのままに描くことを喜びとしていた。ローヌ川の星月夜を描いた時代は、彼とは対極的な描写をするゴーギャンとの親交を深めていた。また、1887年頃から自然をモチーフとして描くようになっていた。

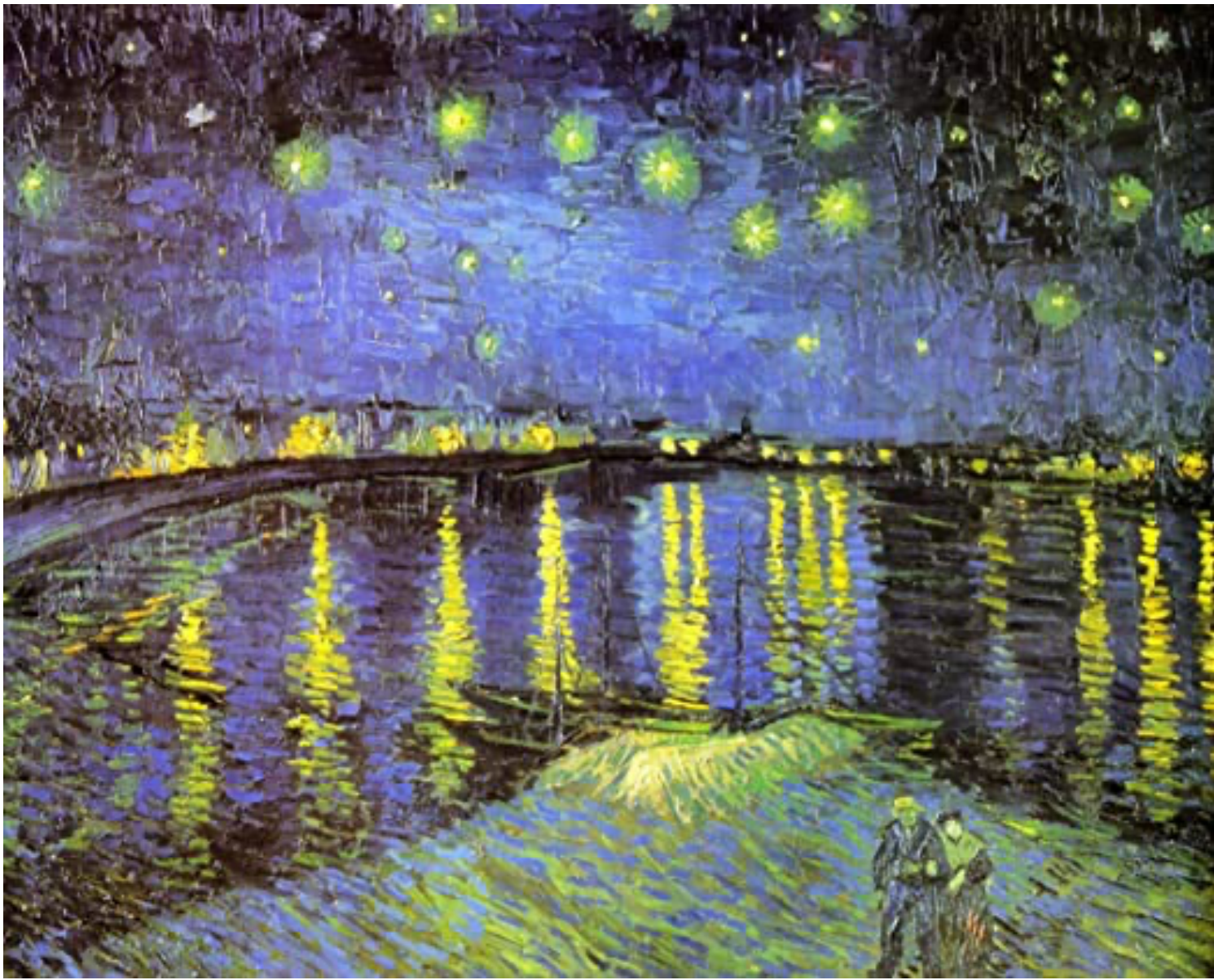


図1 ローヌ川の星月夜

以上のことから、私たちはこの絵画が描かれた過程を、次のように考えた。描いた日時は、1888年9月の上弦の月の頃、12日(水)前後である。ゴッホは、月が出ている夕方頃に南南西の方向を向いて街並みを描いた。星空は月が沈んでから描こうとしたのだろう。そして街並みを描いている際に、夫婦が仲睦まじく歩いている様子を感じ取り、絵の中に加えた。その夫婦に絵のような影ができるためには、月明かりの関係で夫婦が北東(ゴッホの後ろ側)にいた必要がある。ゴッホは南南西の夜景を見つつも、二人を絵の中に加えるために視線を移動させたのではないだろうか。それから上弦の月が23時過ぎに沈み、星がよく見えるようになった後、南南西に見える星よりも際立って目についた北斗七星を描いた。つまり、ゴッホは頭の中でいくつかの部分を組み立てて、この絵を制作したと考えられる。描かれている星は北斗七星だったのだ。キャンパスに「ウソ」を描かないというゴッホは、この「ローヌ川の星月夜」については、芸術家らしい作業をしたといえる。抽象的な傾向のある描画をするゴーギャンの影響を受けたのかもしれない。そして、ゴッホの色彩感覚は、赤色に弱かった。しかし、赤色の明暗の精度は悪くはなかった。正確に恒星の位置、明るさを表し、それは科学的な測定にも耐えるほどであった。

<https://paofits.nao.ac.jp/FITSWS16/suzuki1.pdf>

天文普及教育研究会 2016



ゴッホ ローヌ川の星月夜

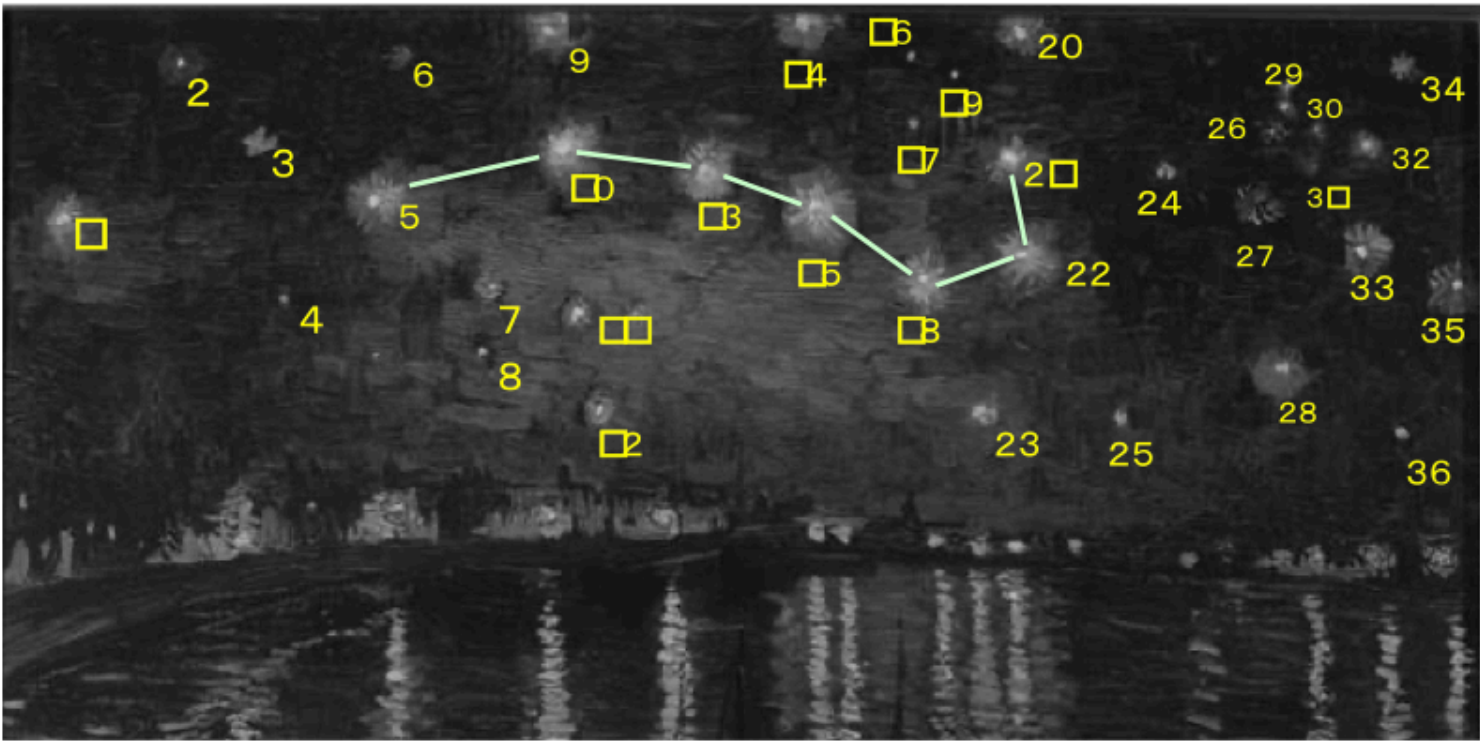
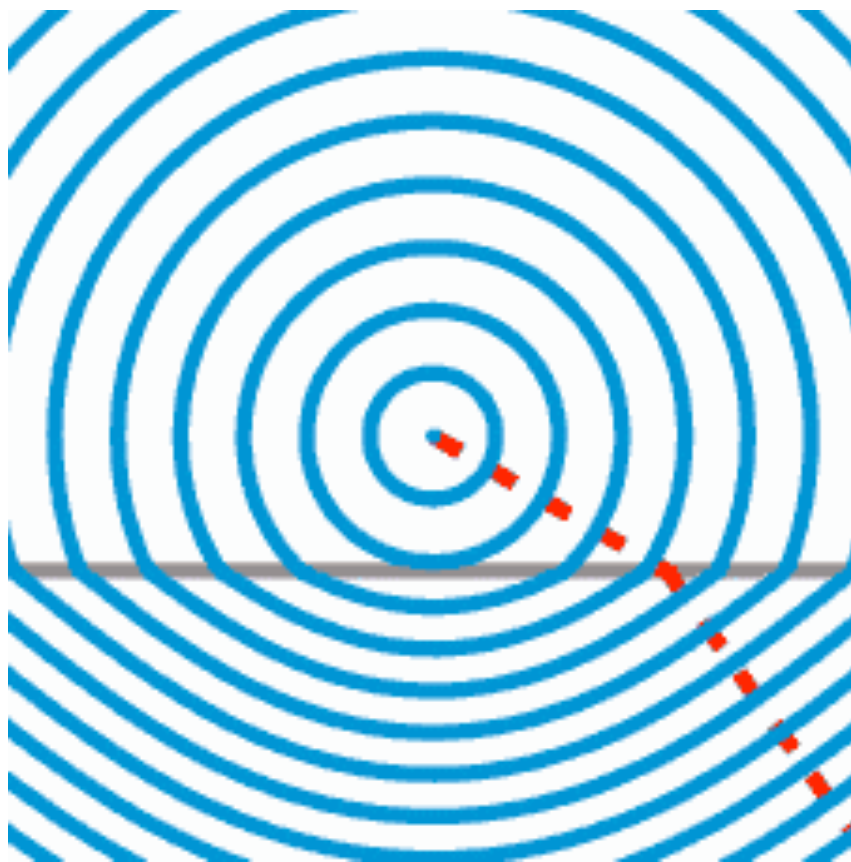
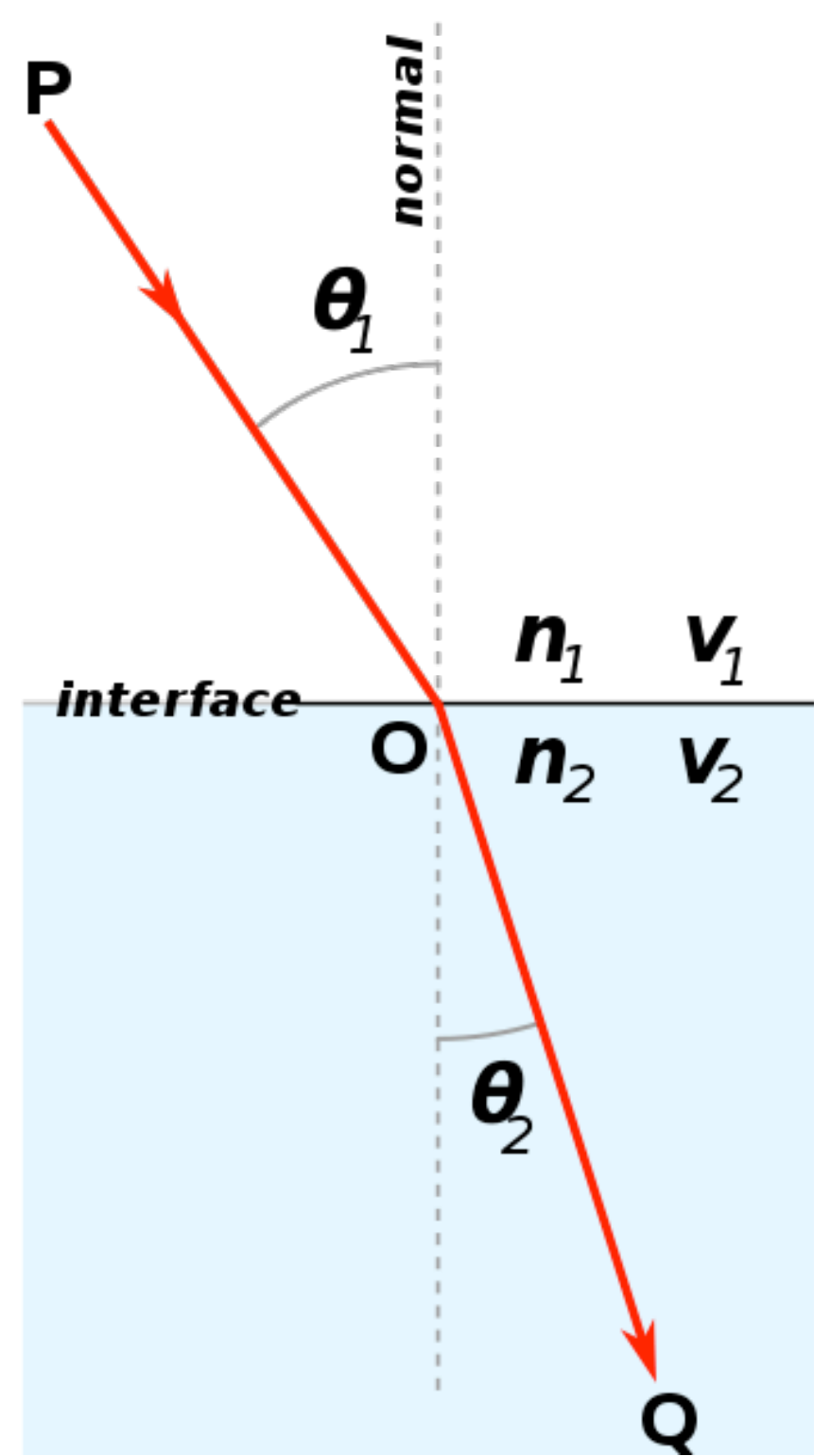


図3 描かれている恒星

屈折の法則

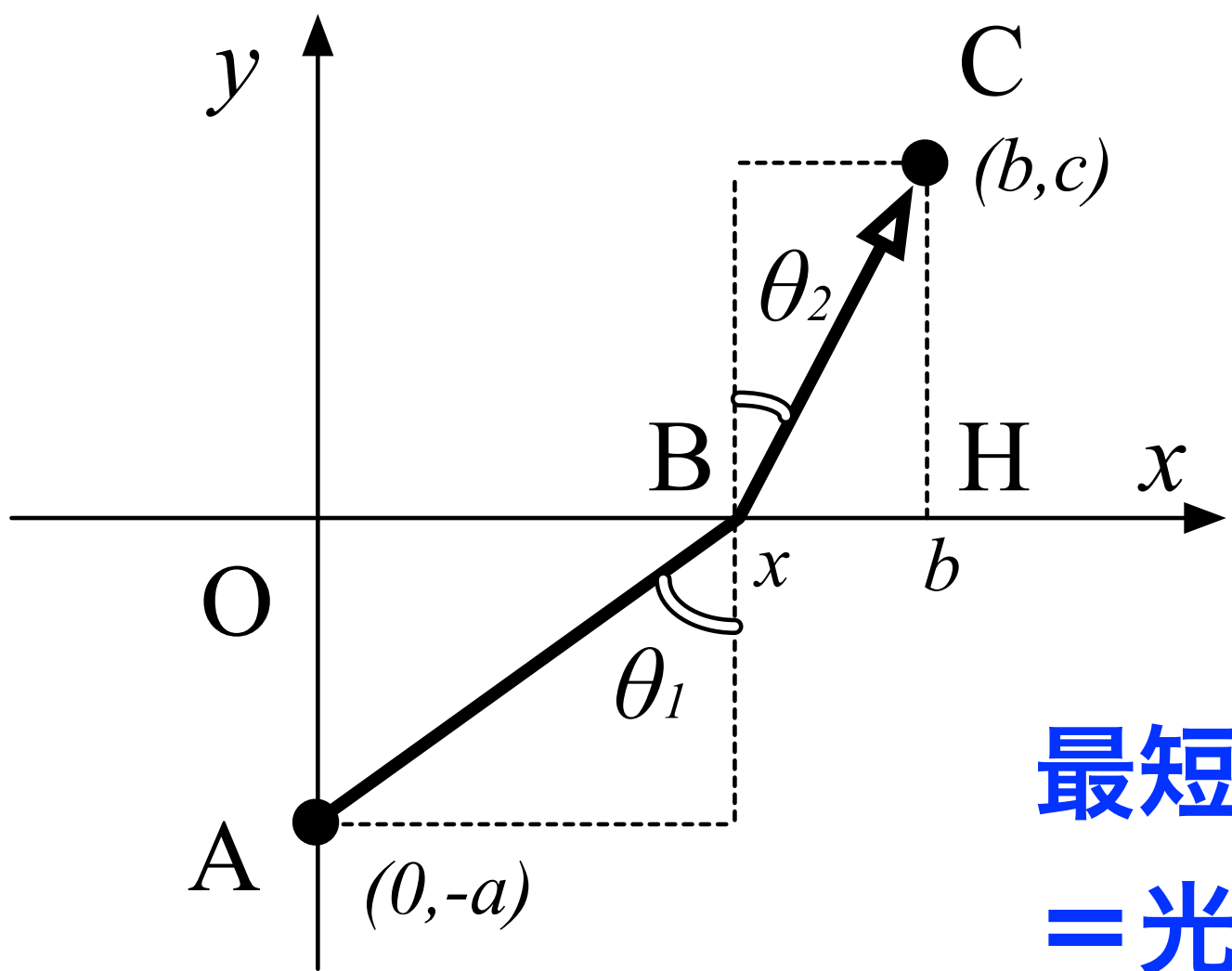
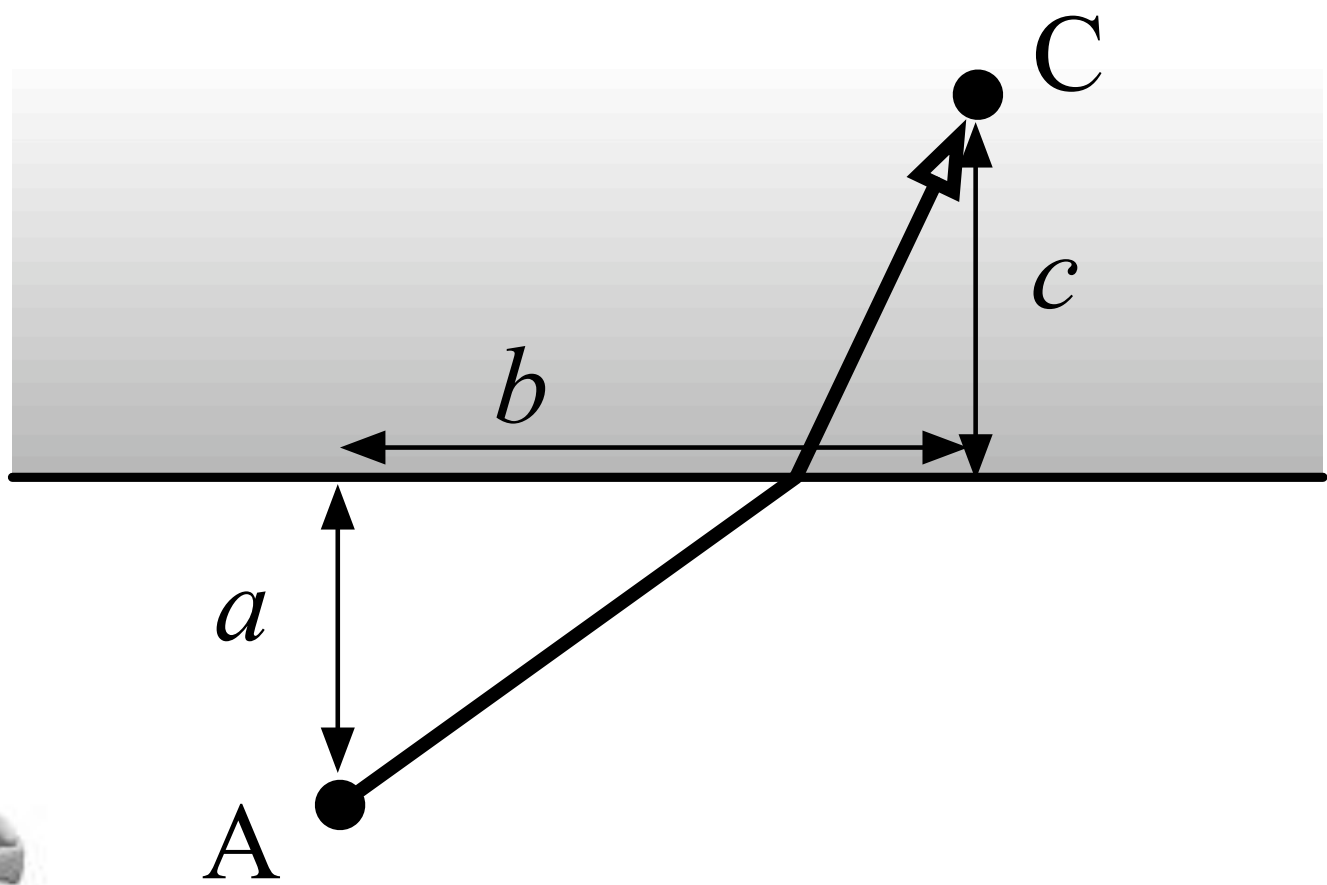
屈折の法則



見かけの水深

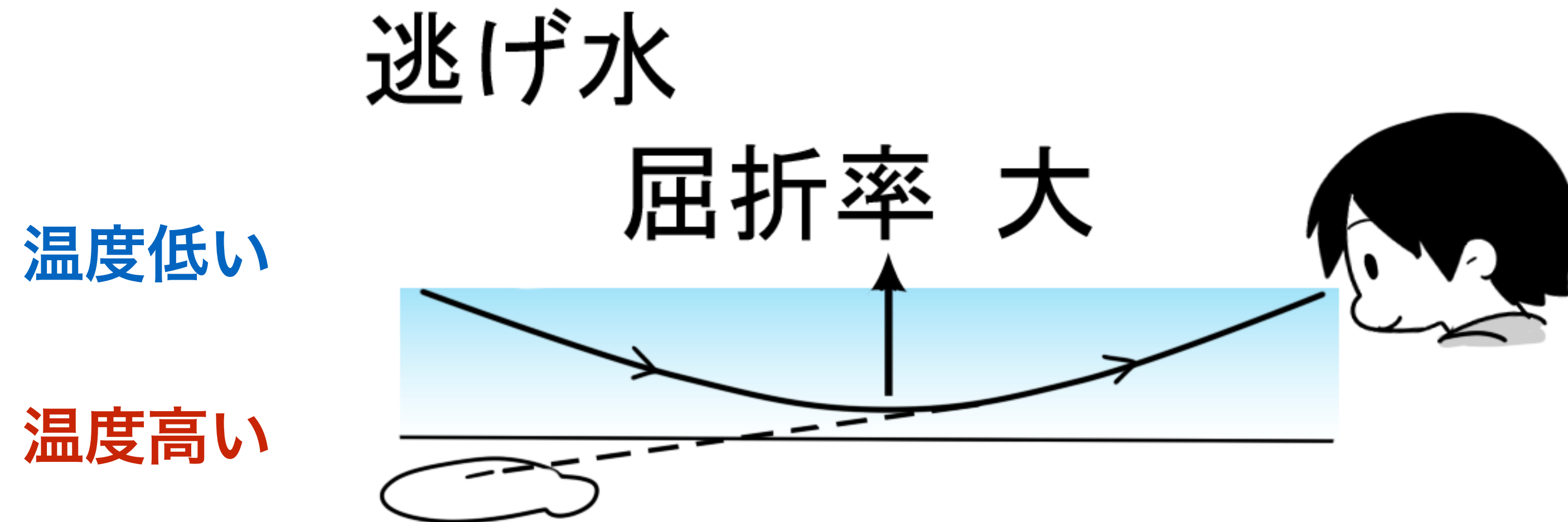
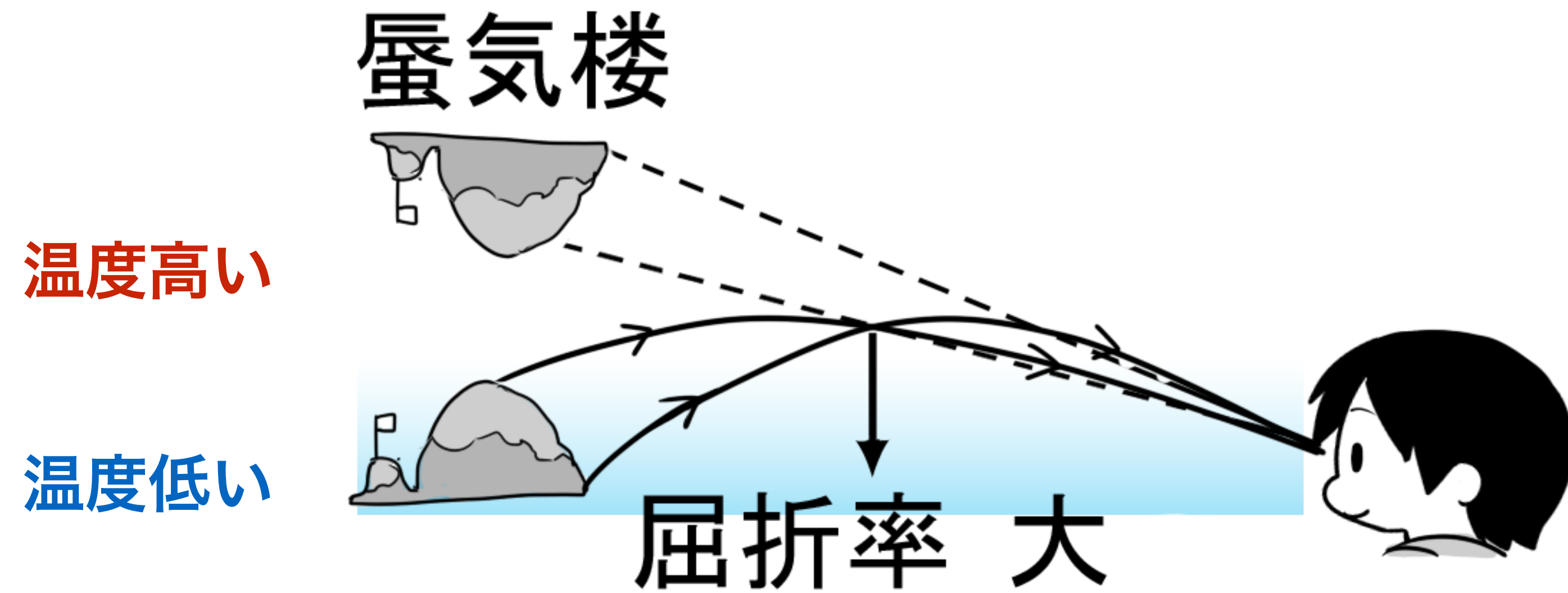


$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$



最短時間で到達する経路
= 光の経路と同じ

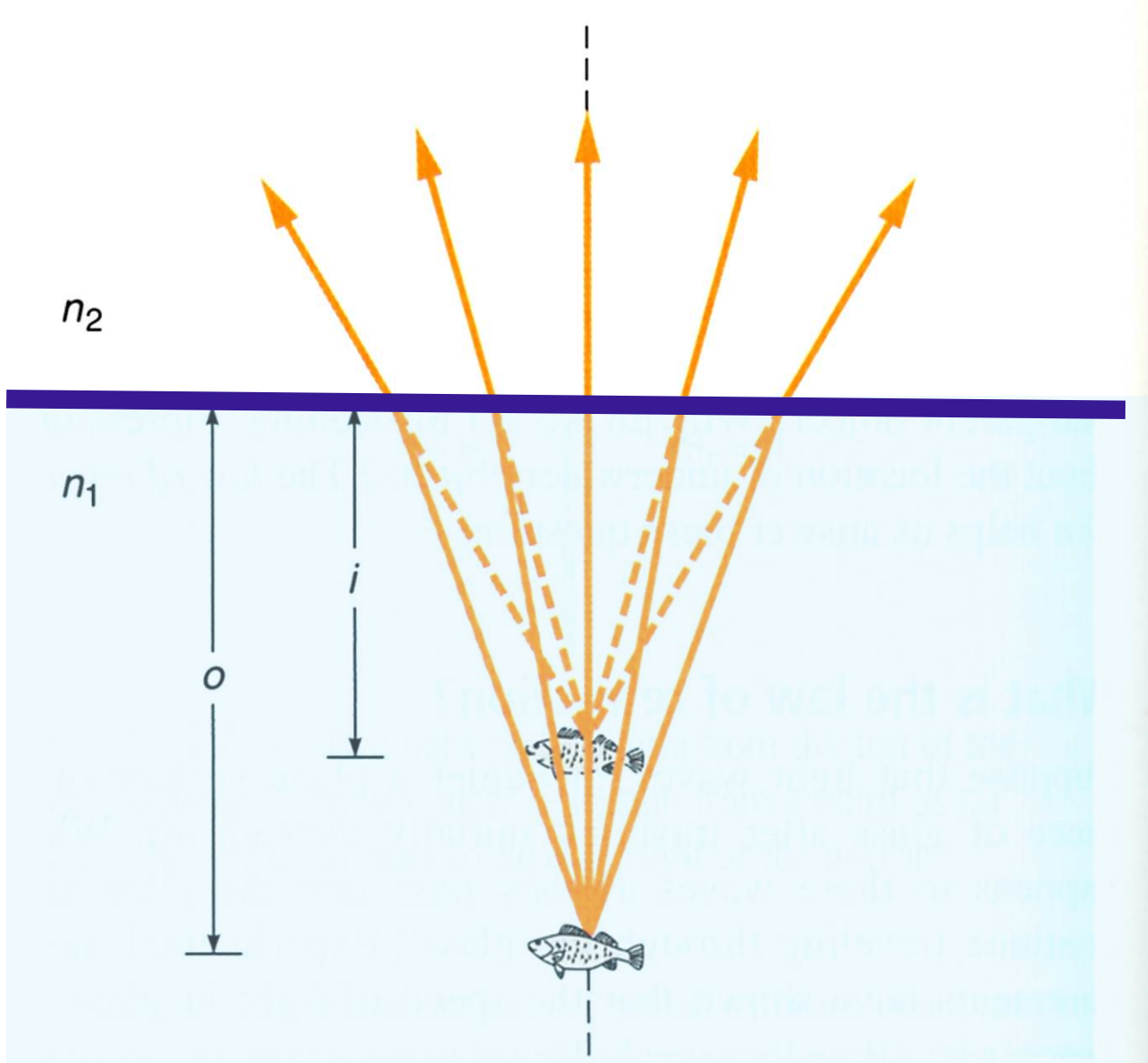
光の屈折 (温度が高いと屈折率が下がる)





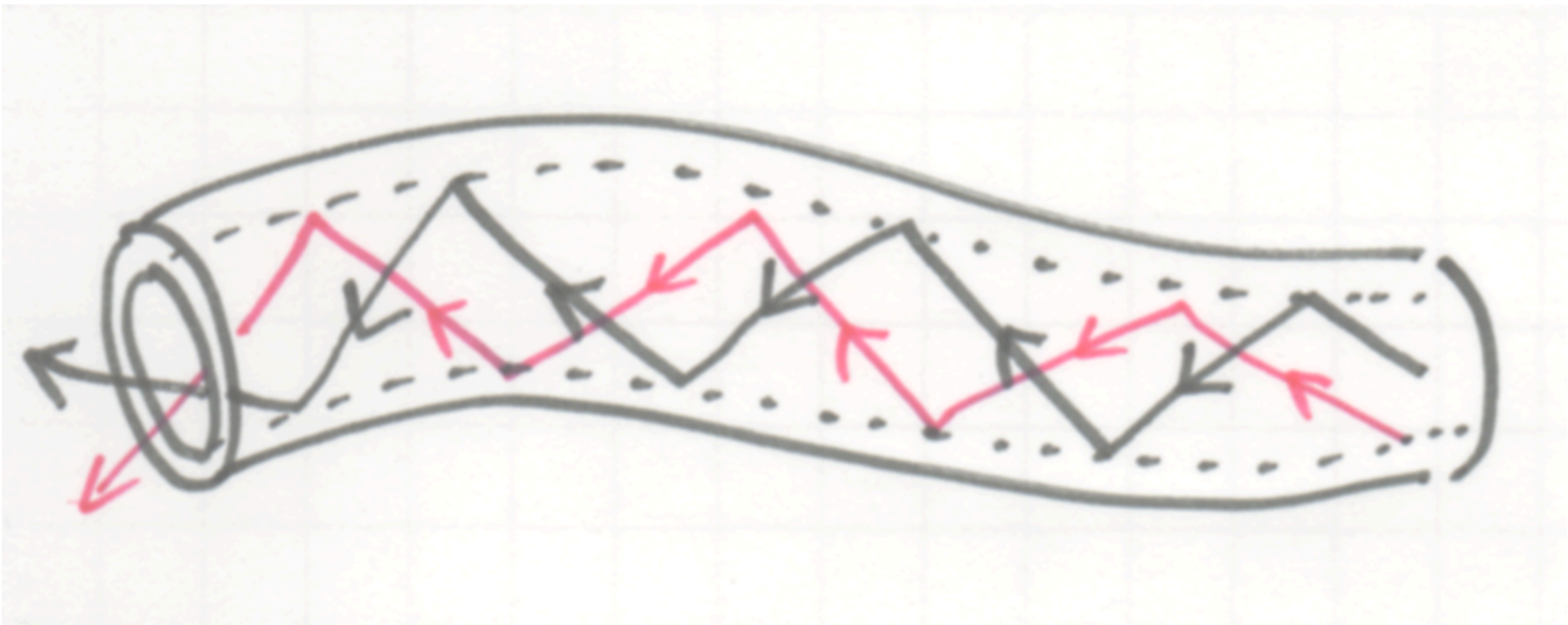
全反射

魚眼レンズ



2009年7月22日 福江善氏撮影

光ファイバー



節約?
だったら
eo光

引越?
だったら
eo光

スマホ?
だったら
eo光

eo光は
お客様満足度
No.1

第1位

第1位

第1位

節約? スマホ? だったらeo光♪

TVに光
フレッツ光

テレビと一緒に、
フレッツ光。

テレビと一緒に、
フレッツ光。

どの面から入射した光も、必ず一度は全反射する形

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

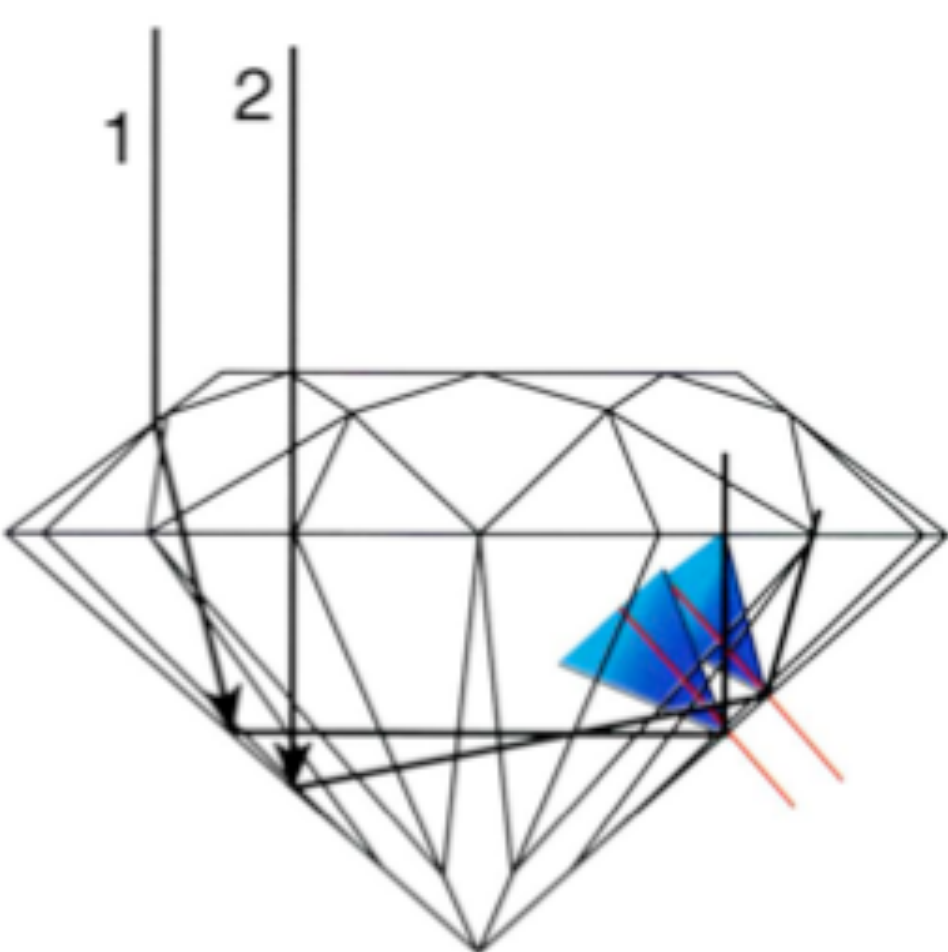


FIGURE 2.13 ► Rays 1 and 2 again.

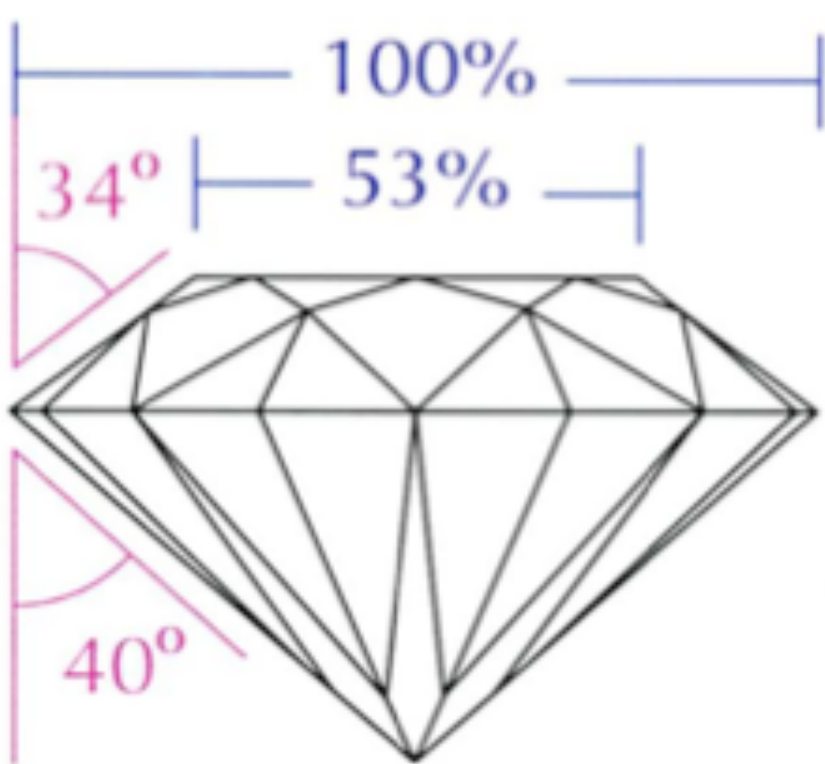
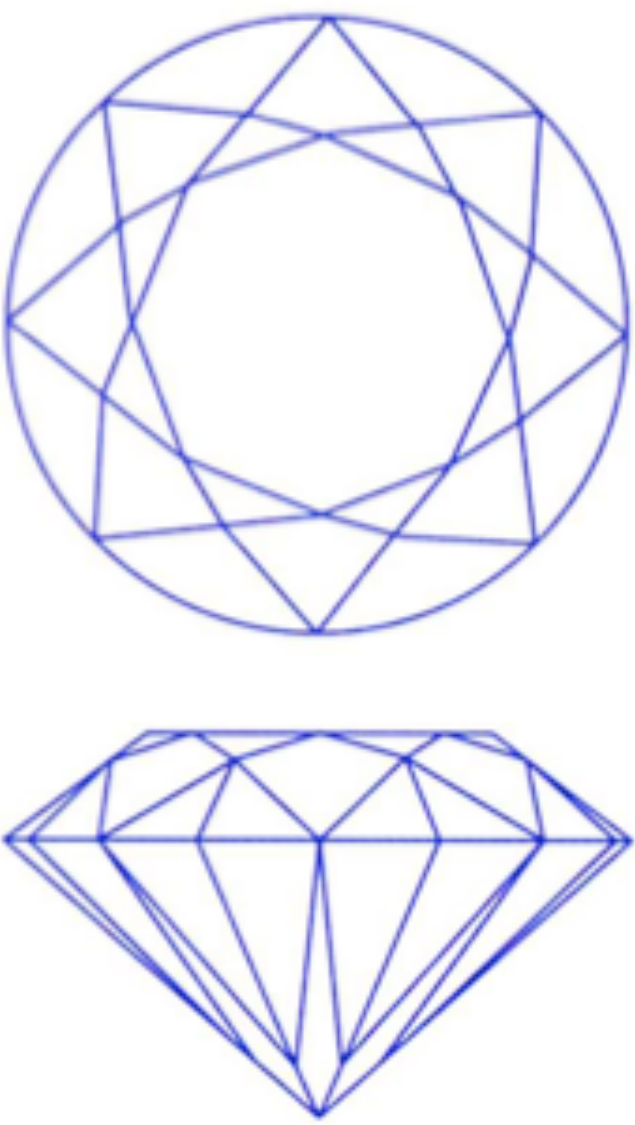


FIGURE 2.16 ► The precise proportions of the “brilliant cut” for diamonds.



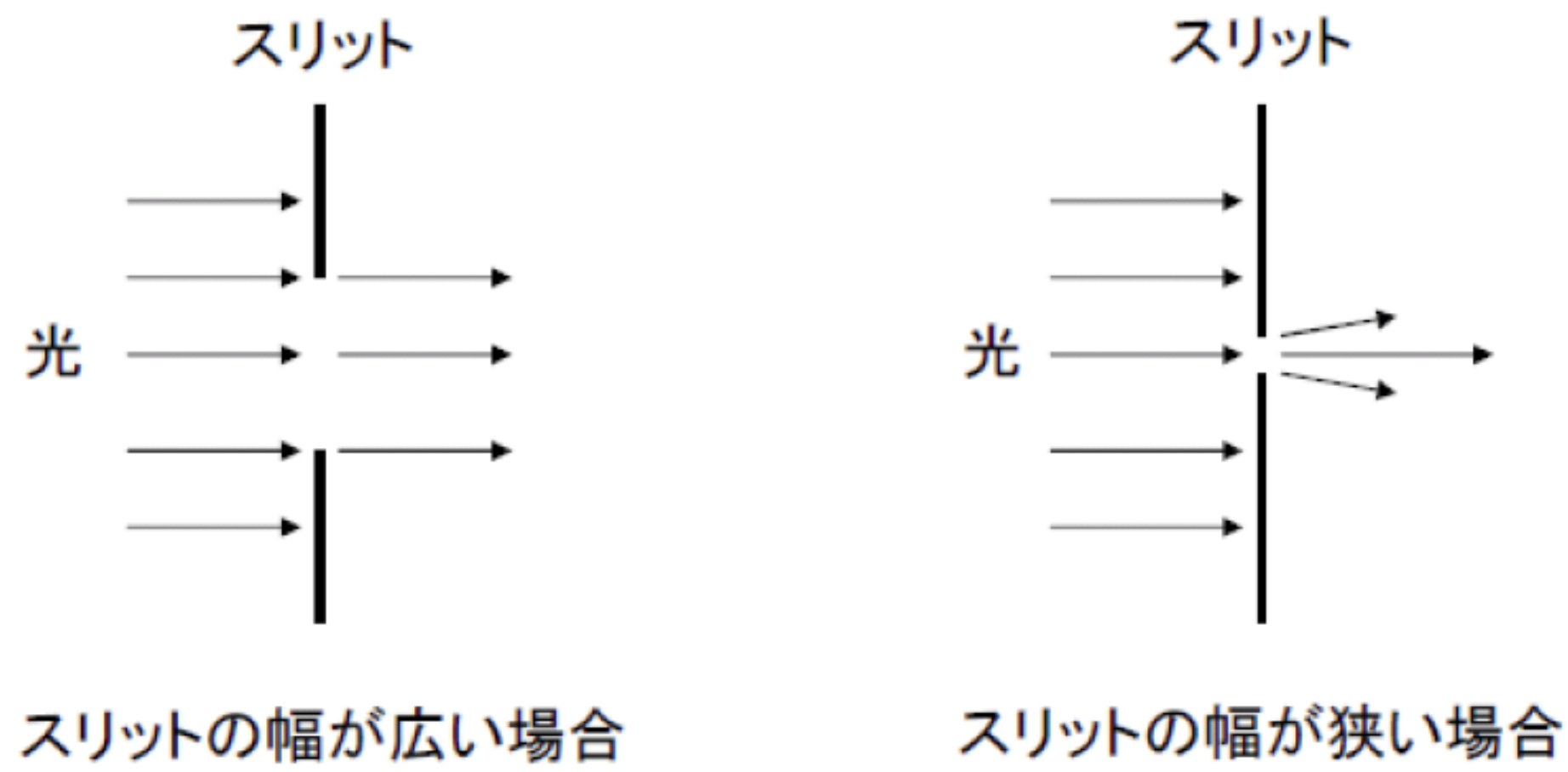
ダイヤモンドの価値 = 4C

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

このカットがダイヤモンドの美しさを最大に引き出す形とされている。

1 ct = 0.2 g
インドの黒色いながご豆の重さ

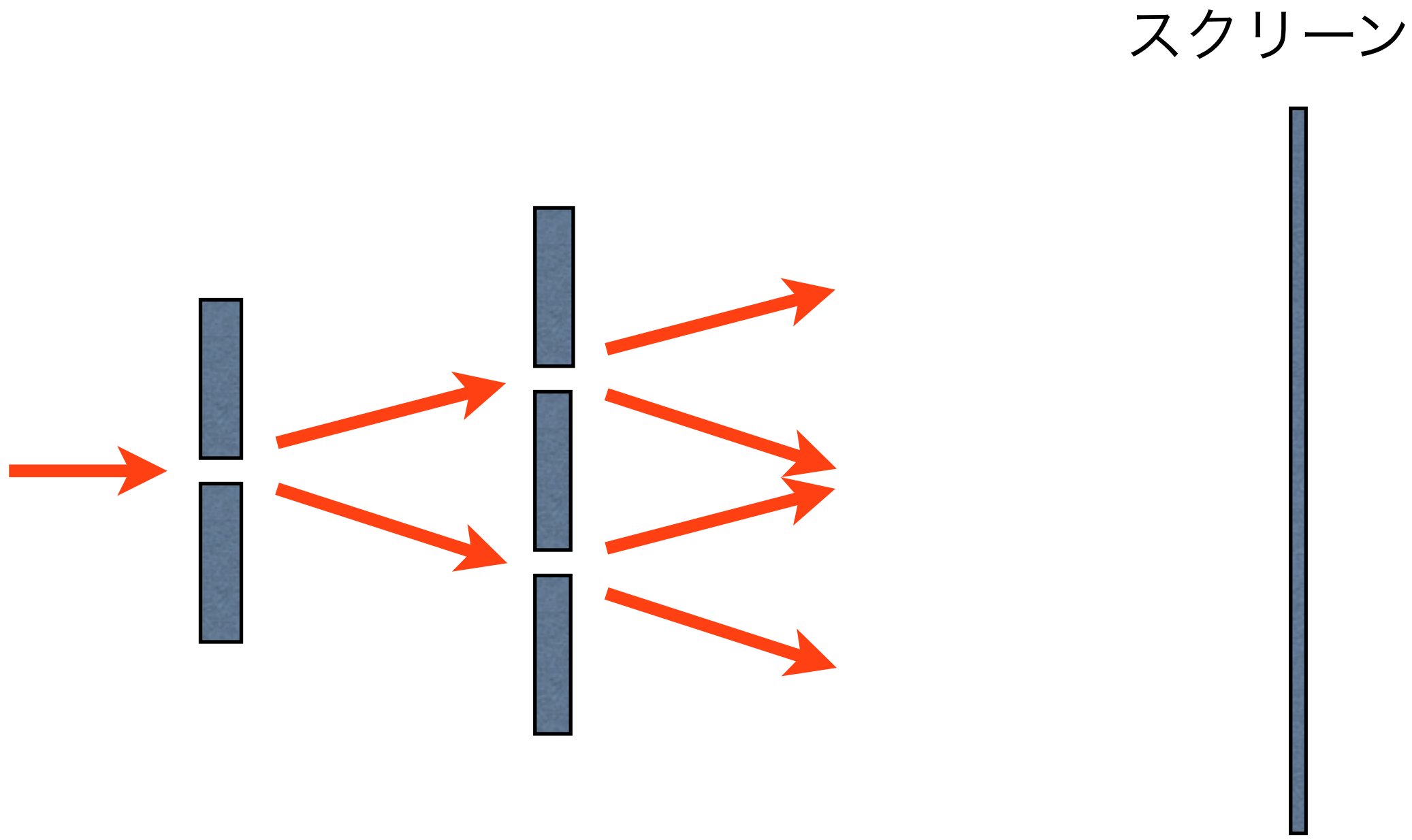
光の回折と干渉



狭いスリットを
通ると回折する

図 3 光の回折

2重スリットを通
ると??



光の2重スリット実験

■光の干渉（2重スリット）

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

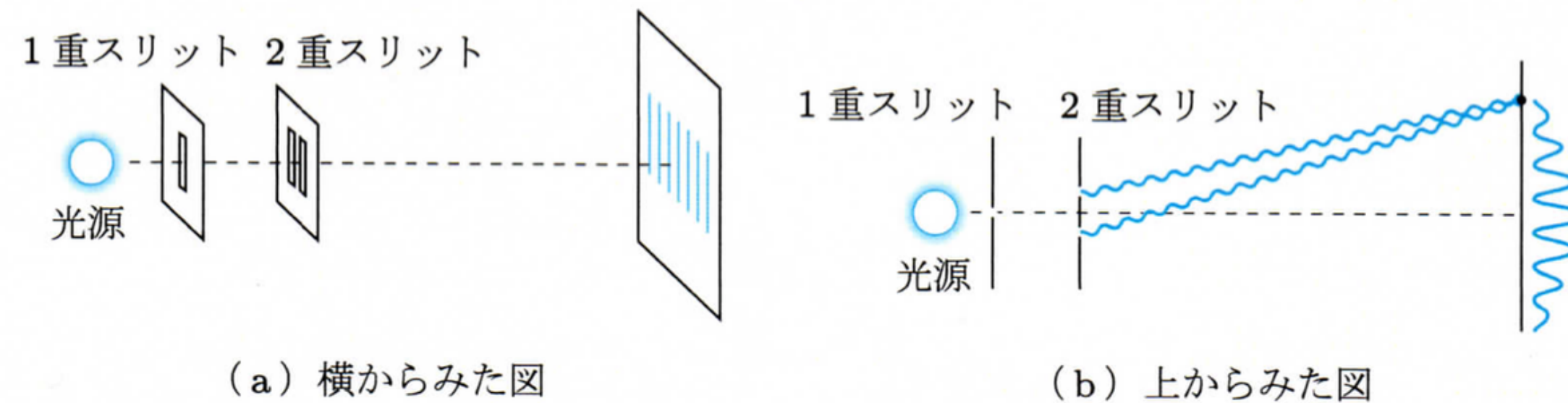


図 23: 光の2重スリット実験（ヤングの干渉実験）。

光の2重スリット実験

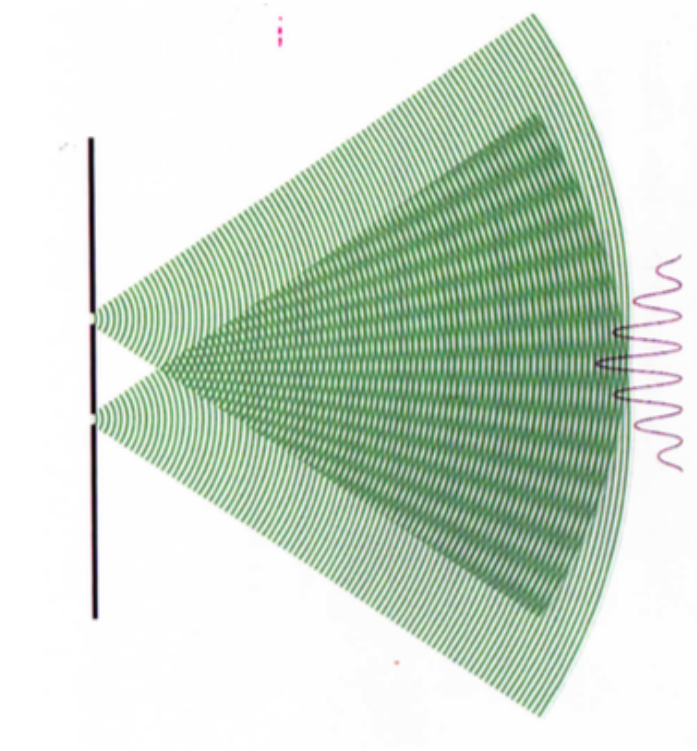


図 22: 2重スリットからの光の干渉。

光は波である 2重スリットによる干渉実験

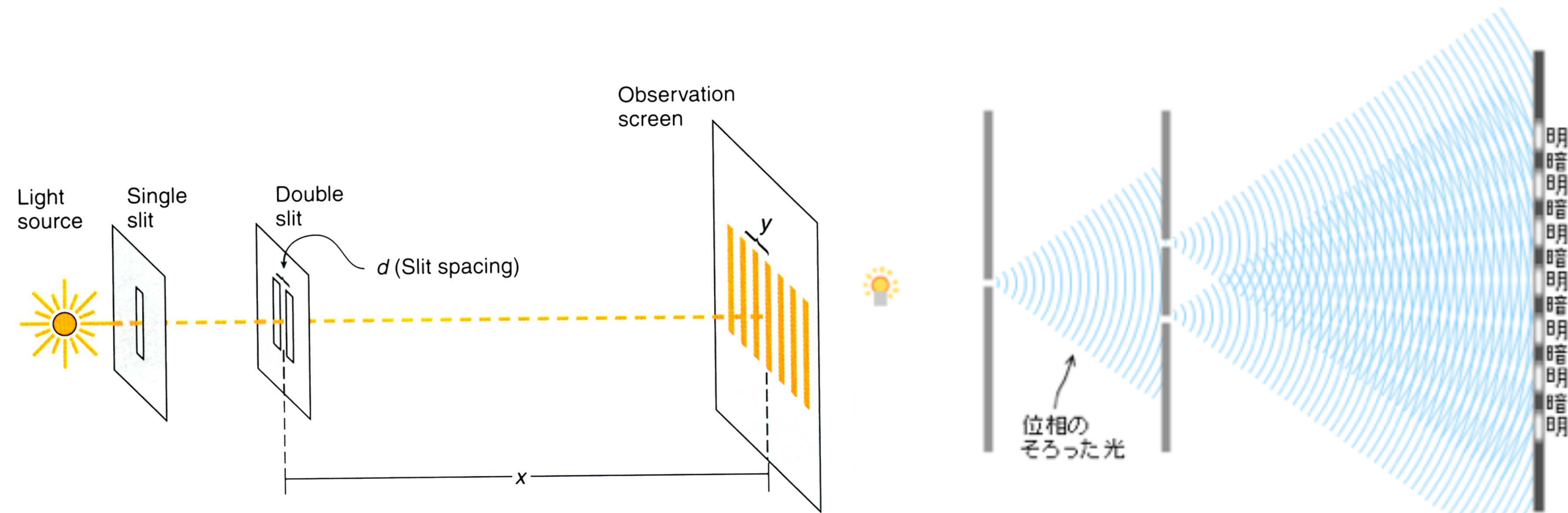


figure 16.12 Light from the source passes through a single slit before striking the double slit in Young's experiment. Interference fringes are observed on the screen. (The spacings of the double slit and the fringes are exaggerated in this drawing.)

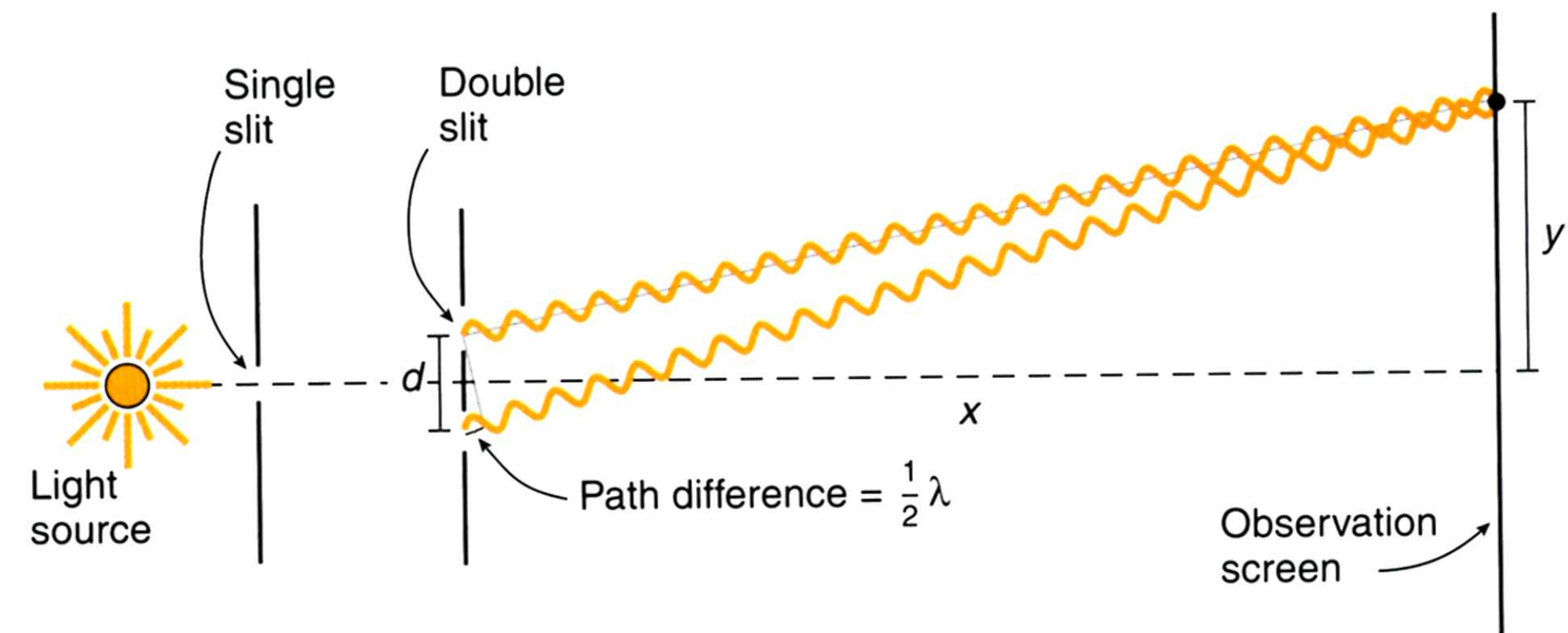
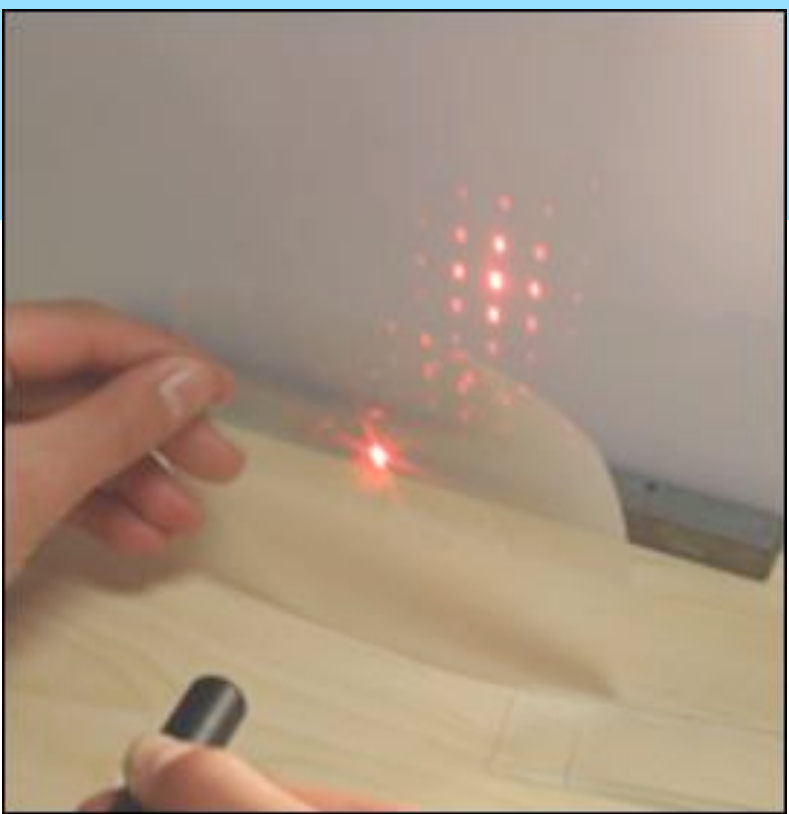


figure 16.13 When the path difference between the two waves is equal to half a wavelength, the two waves arrive at the screen half a cycle out of phase, producing destructive interference.

分光シート万華鏡をつくらう



2つに分光シートを貼る

1つは底を黒く塗る

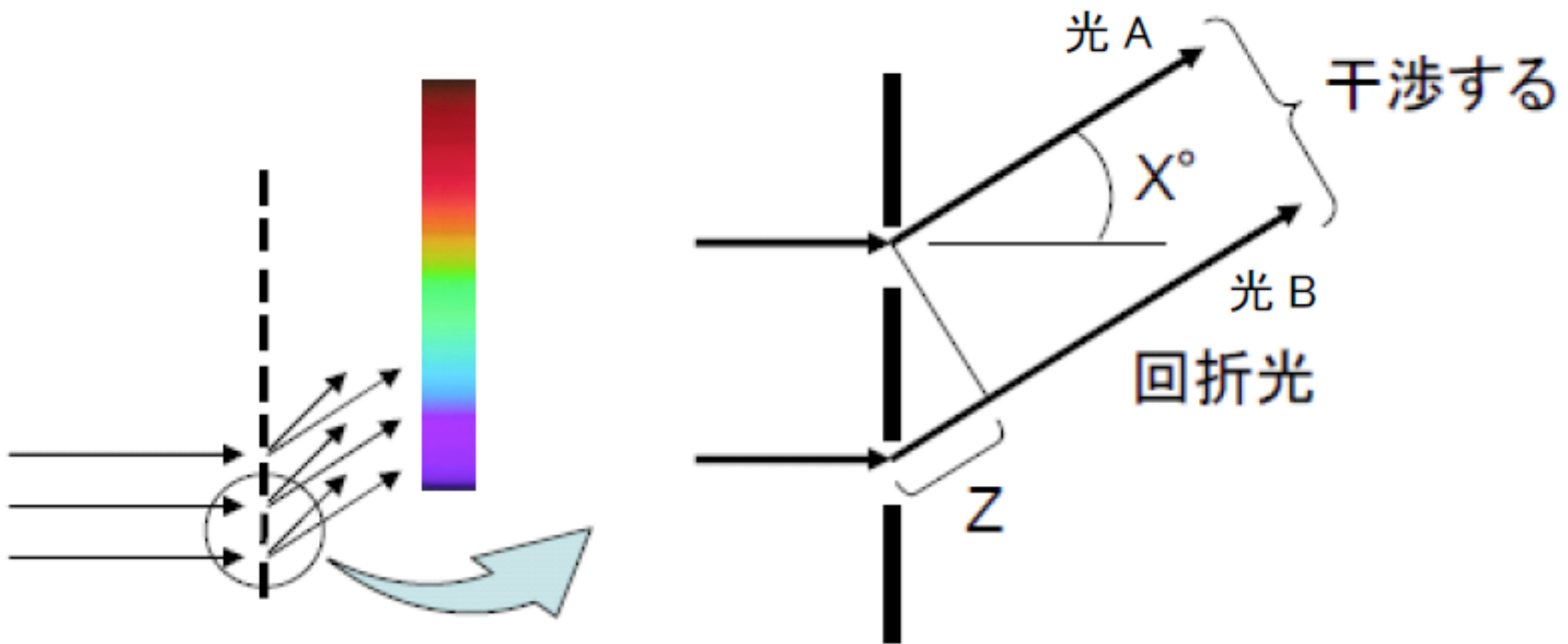
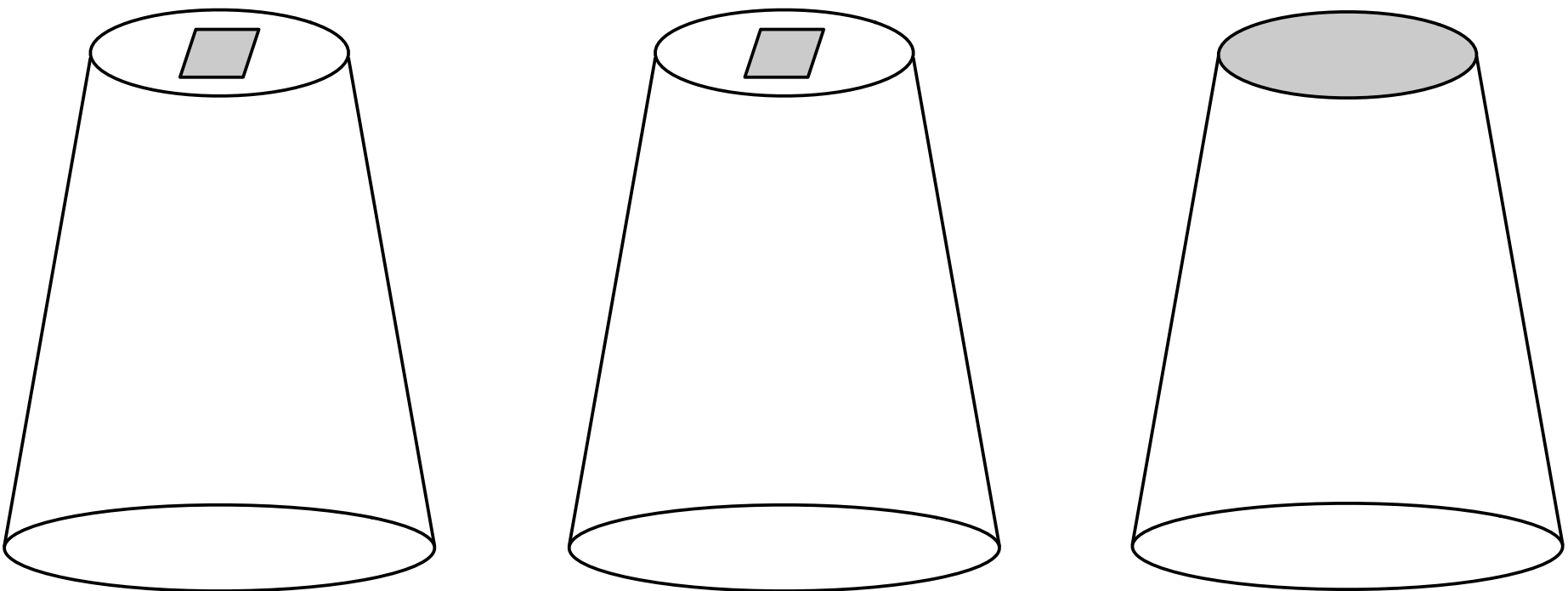
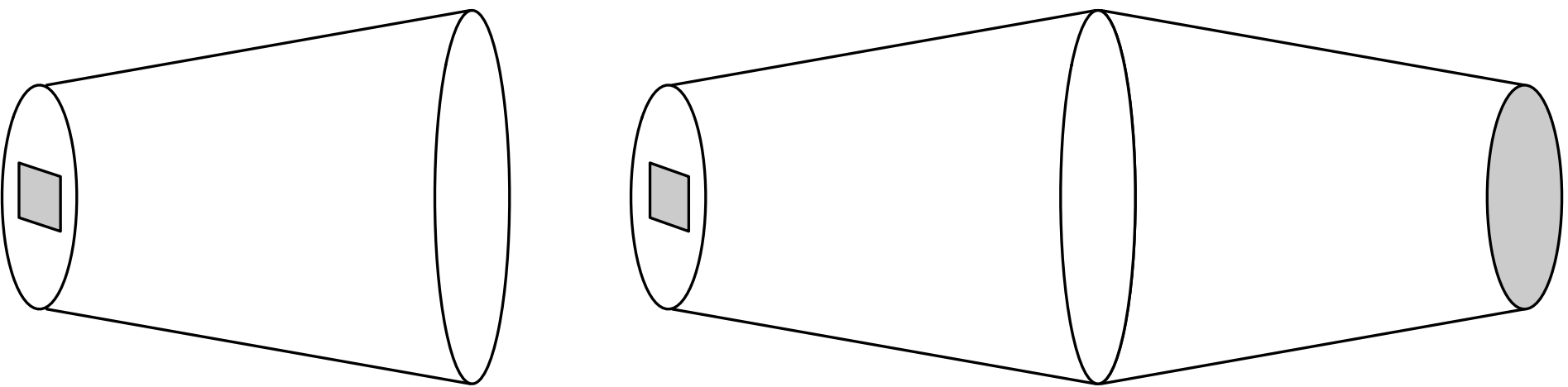
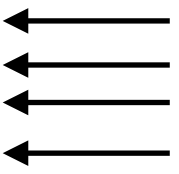


図 5 回折格子による分光の原理



2つを貼り合わせる

画鋏で穴をあける



鏡は左右を反転するのに、どうして上下は反転しないのか？

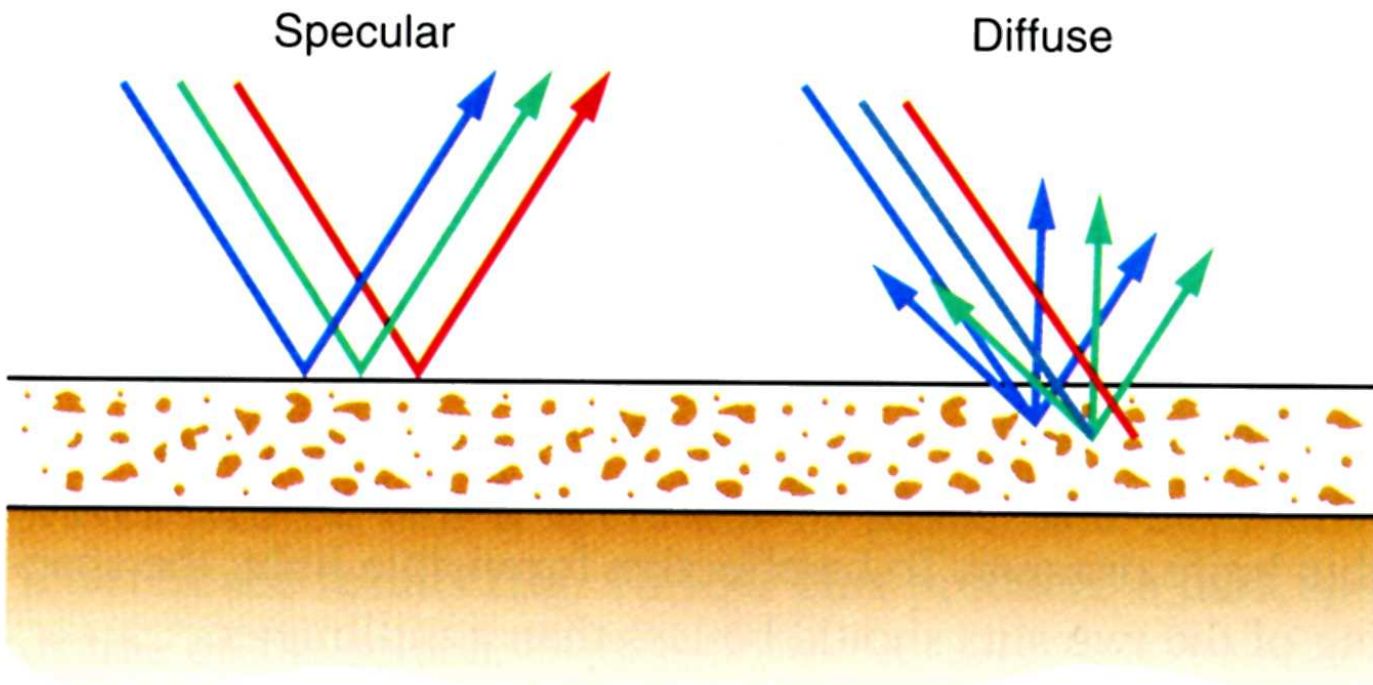
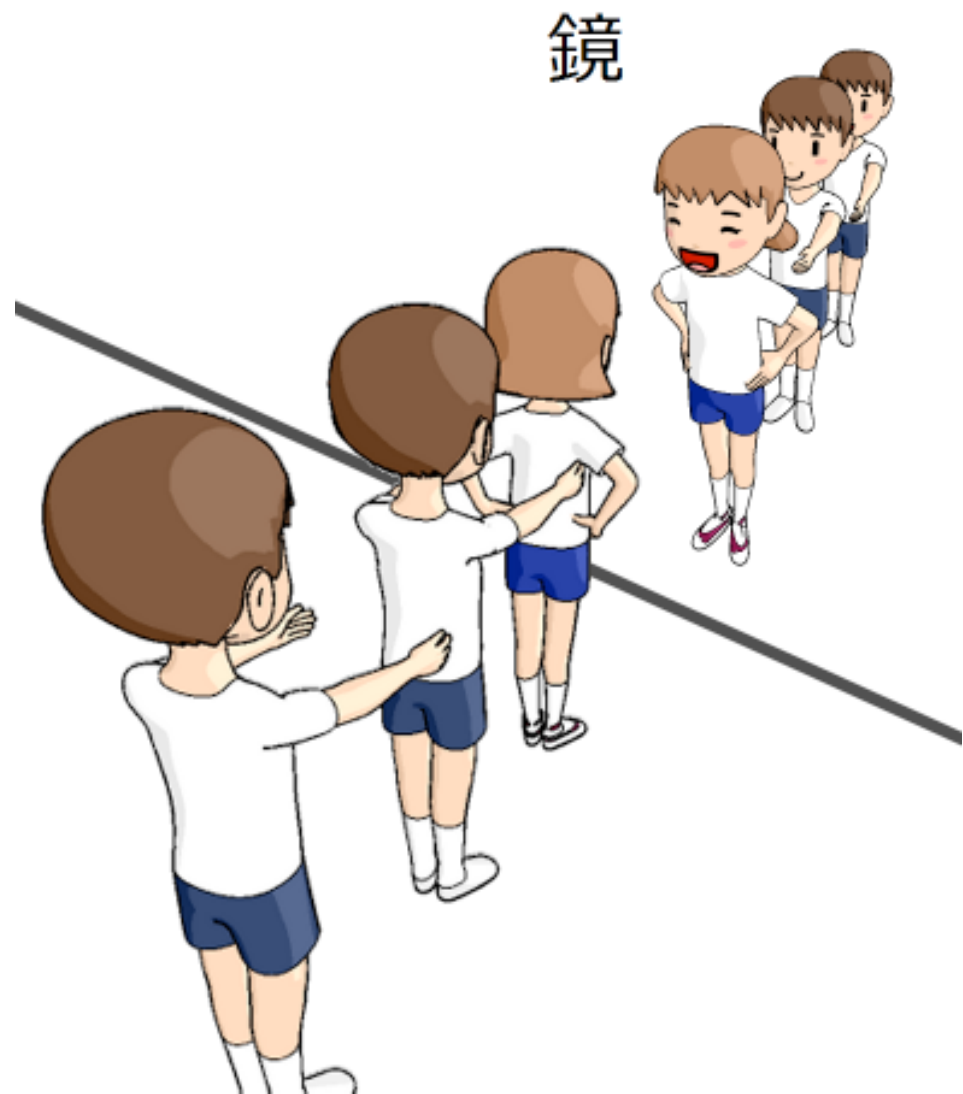
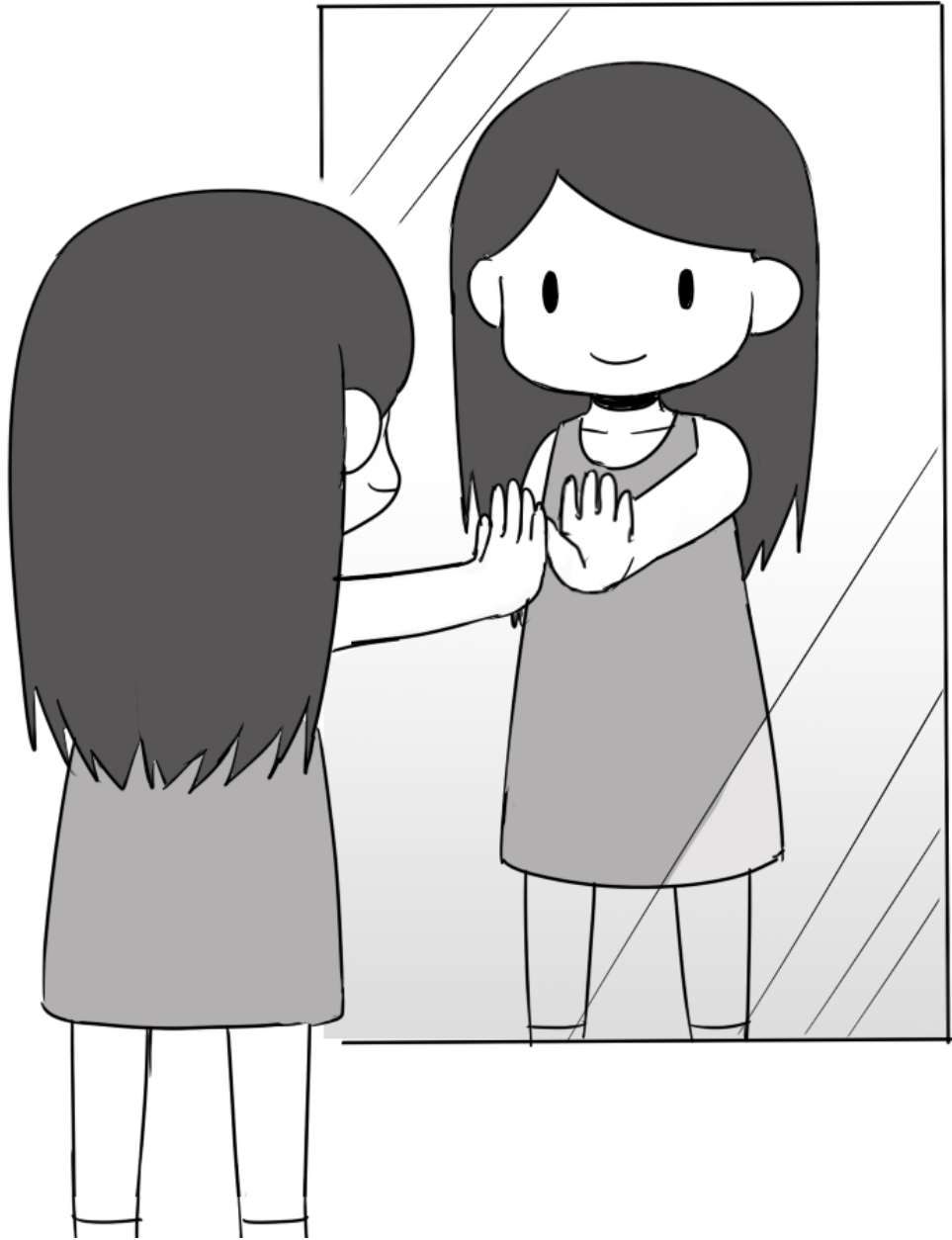


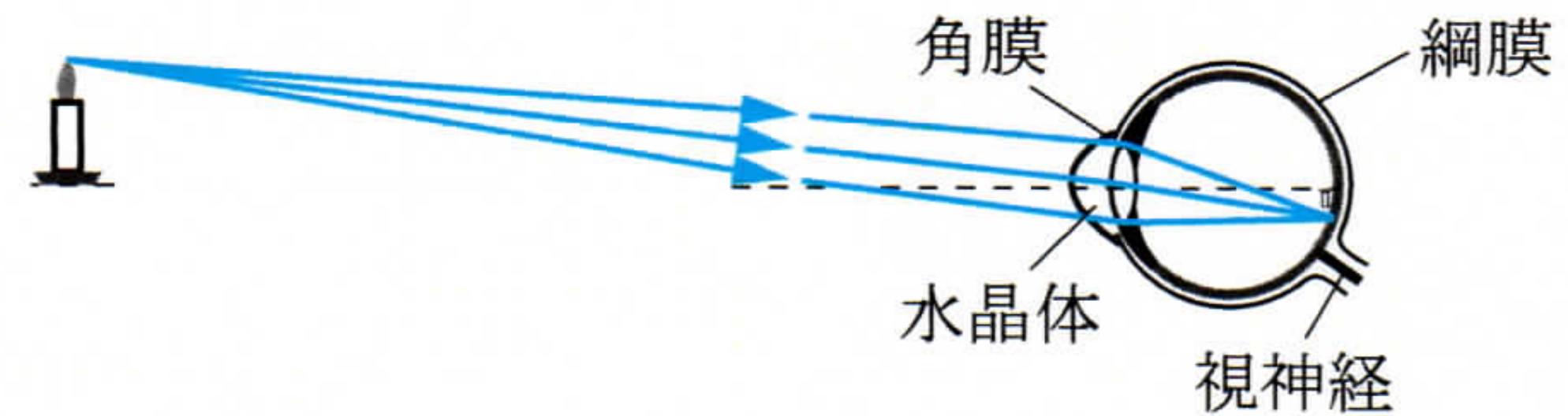
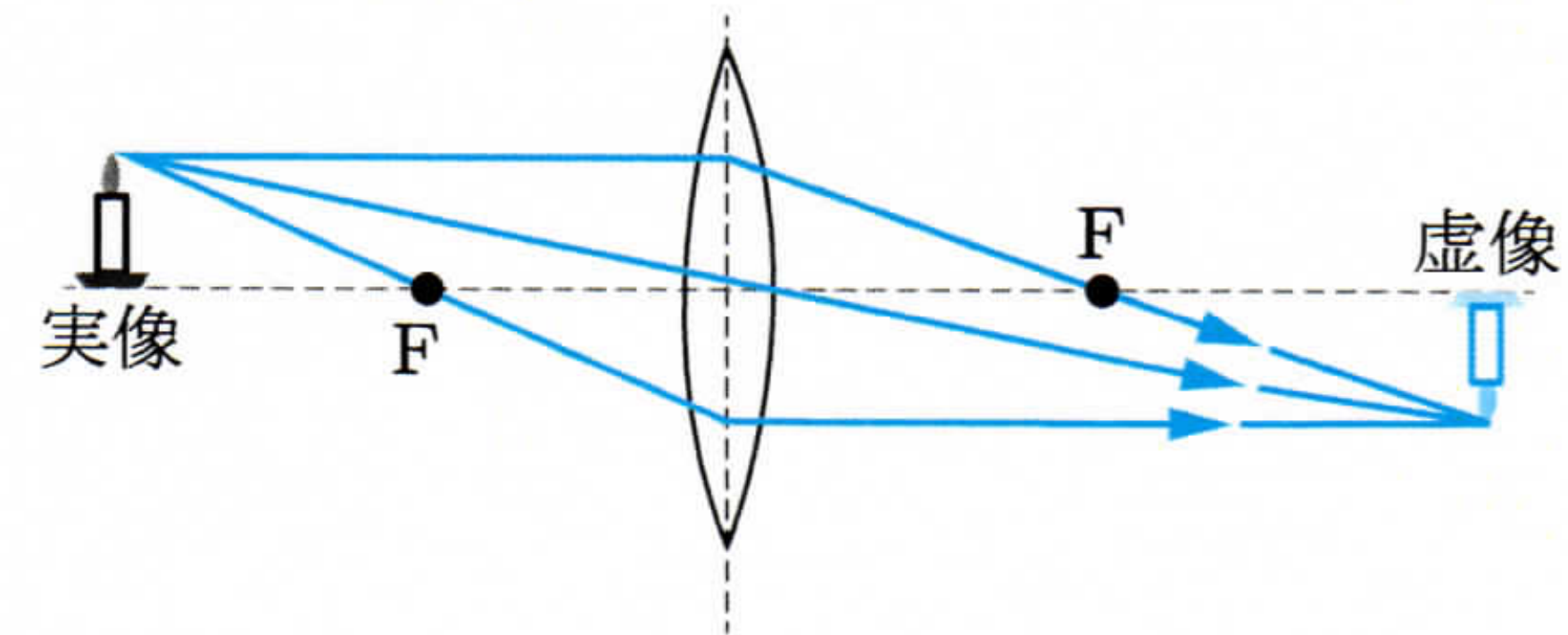
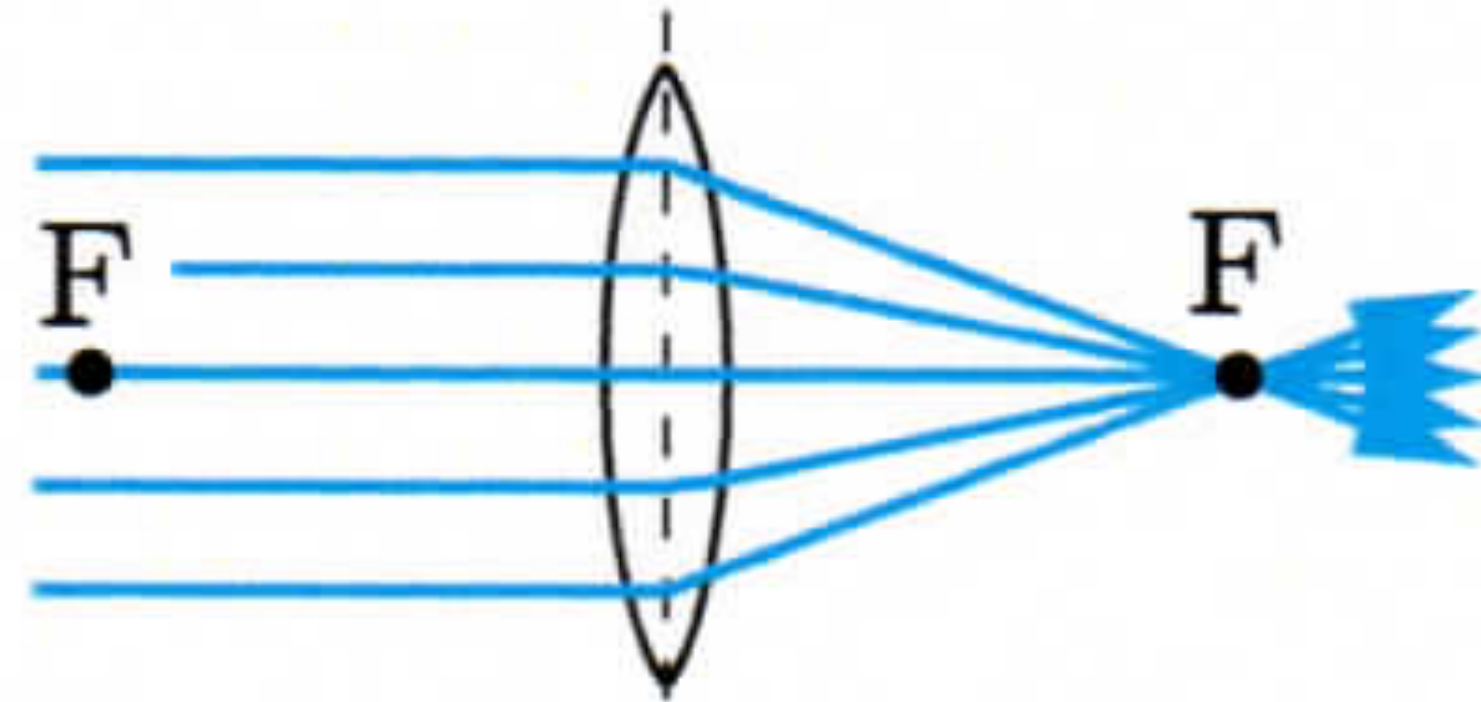
figure 16.10 Specular reflection obeys the law of reflection with all colors reflected equally. In diffuse reflection, light rays penetrate a short distance and some wavelengths are absorbed.



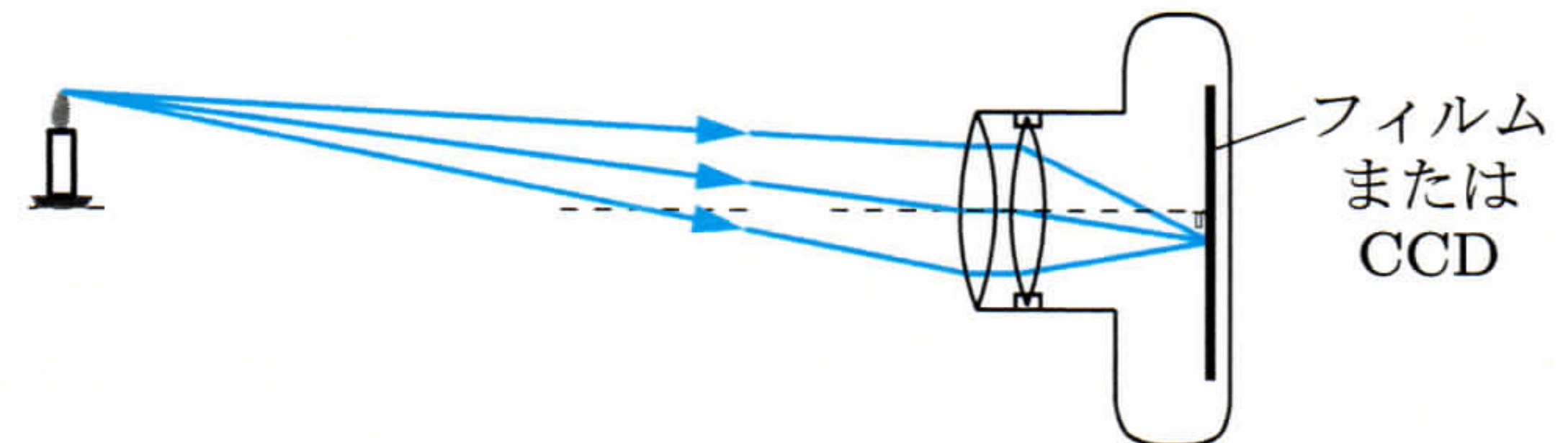
凸レンズによる像

positive lens

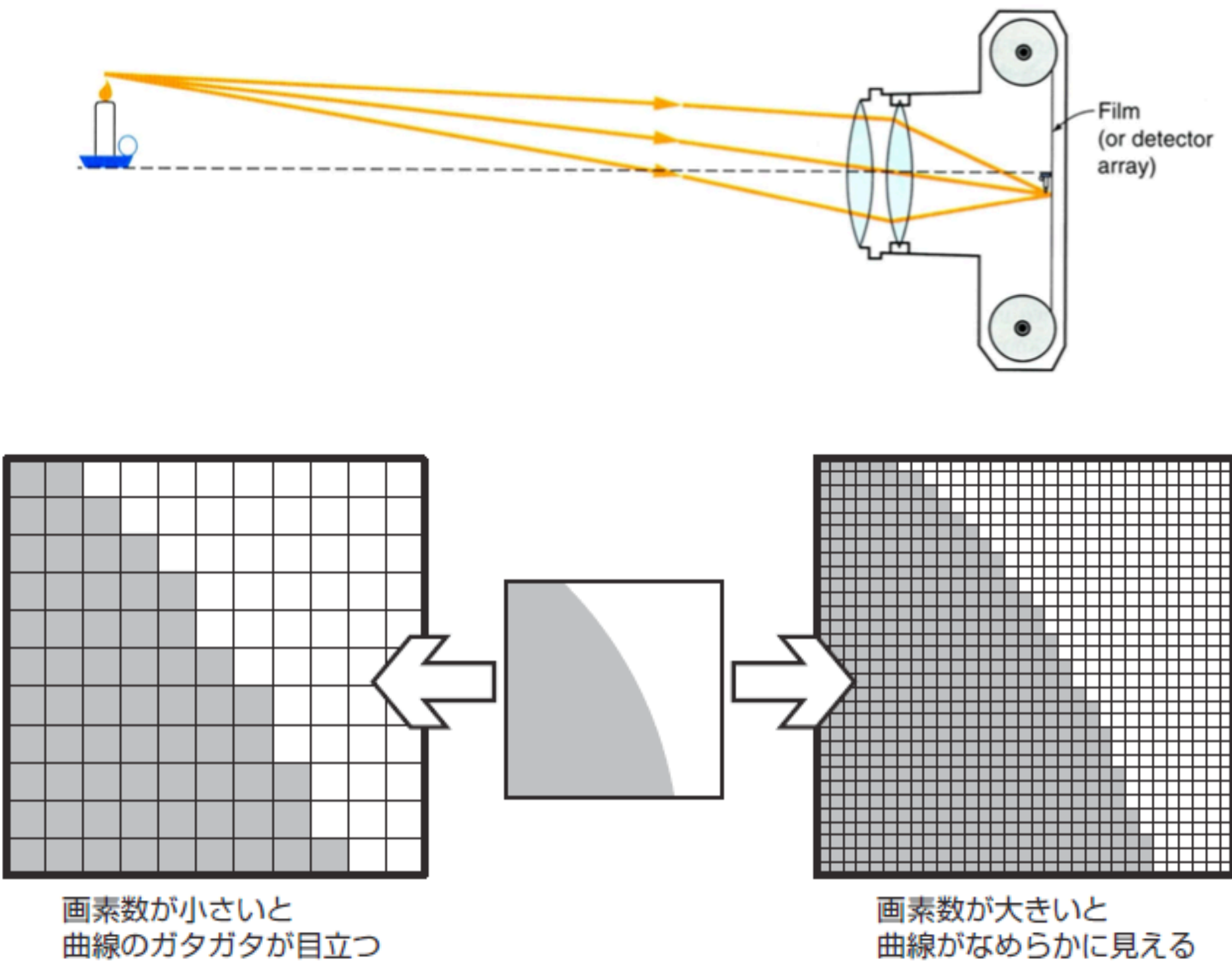
平行光線は焦点Fに集まる



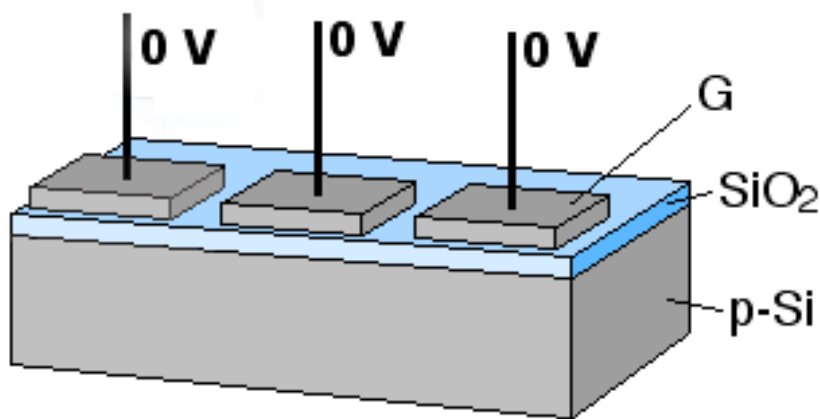
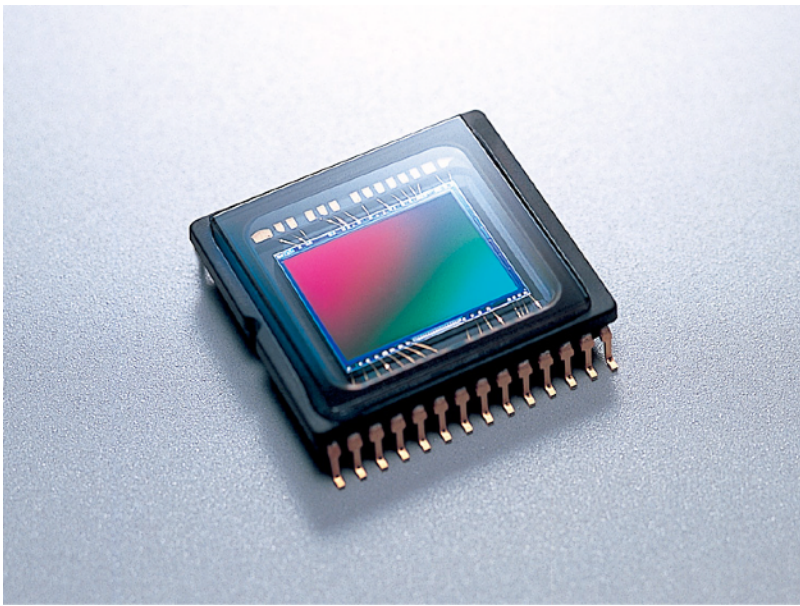
(b) 人間の目



デジタルカメラ CCD 画素数=光を捕える点の数



CCD (Charge Coupled Device)

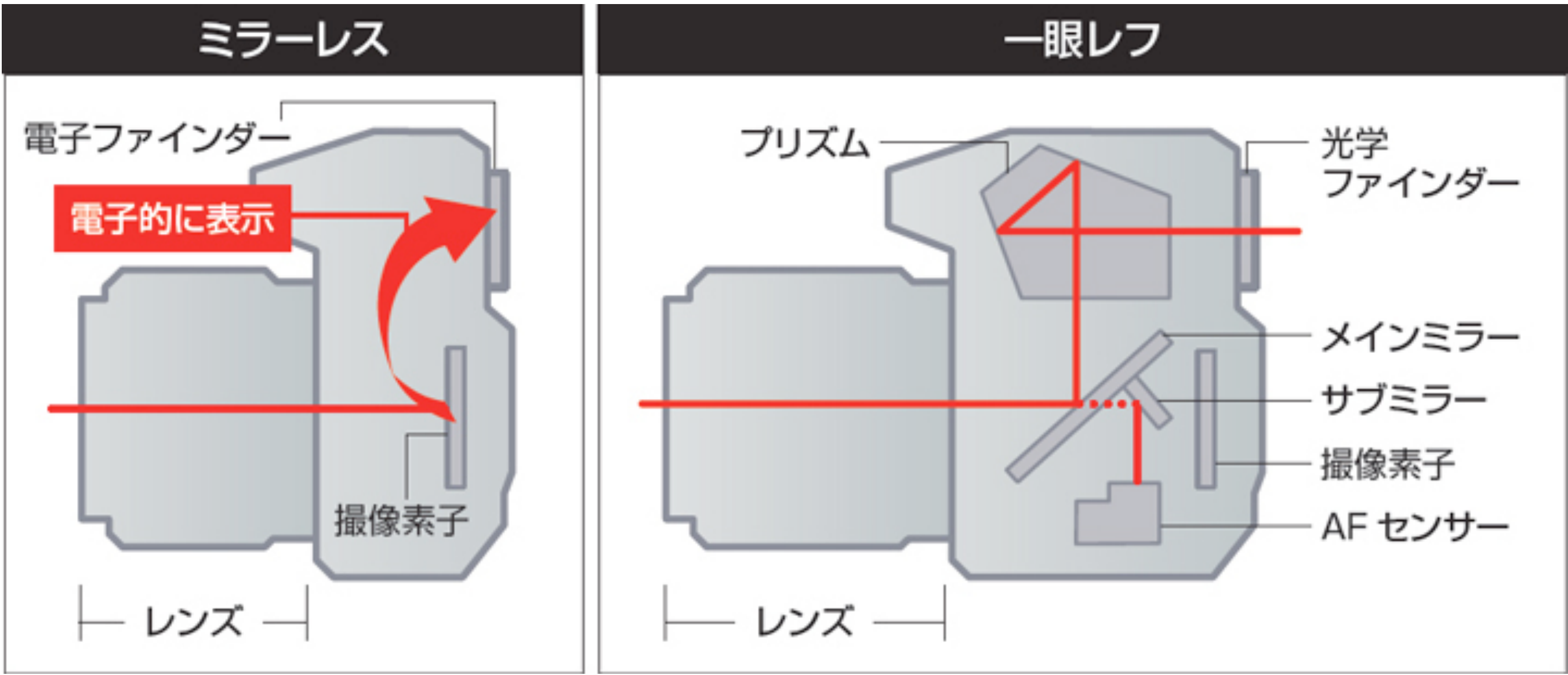


ビデオカメラやケータイのカメラによって
光の捉え方が違うのはレンズの問題ですか。

- iPhone 5は800万画素
- iPhone 12は1200万画素
- Canon EOS 60Dは1900万画素
- > Canon EOS 90Dは3250万画素
- Nikon D5300は2416万画素
- > Nikon D7500は2088万画素

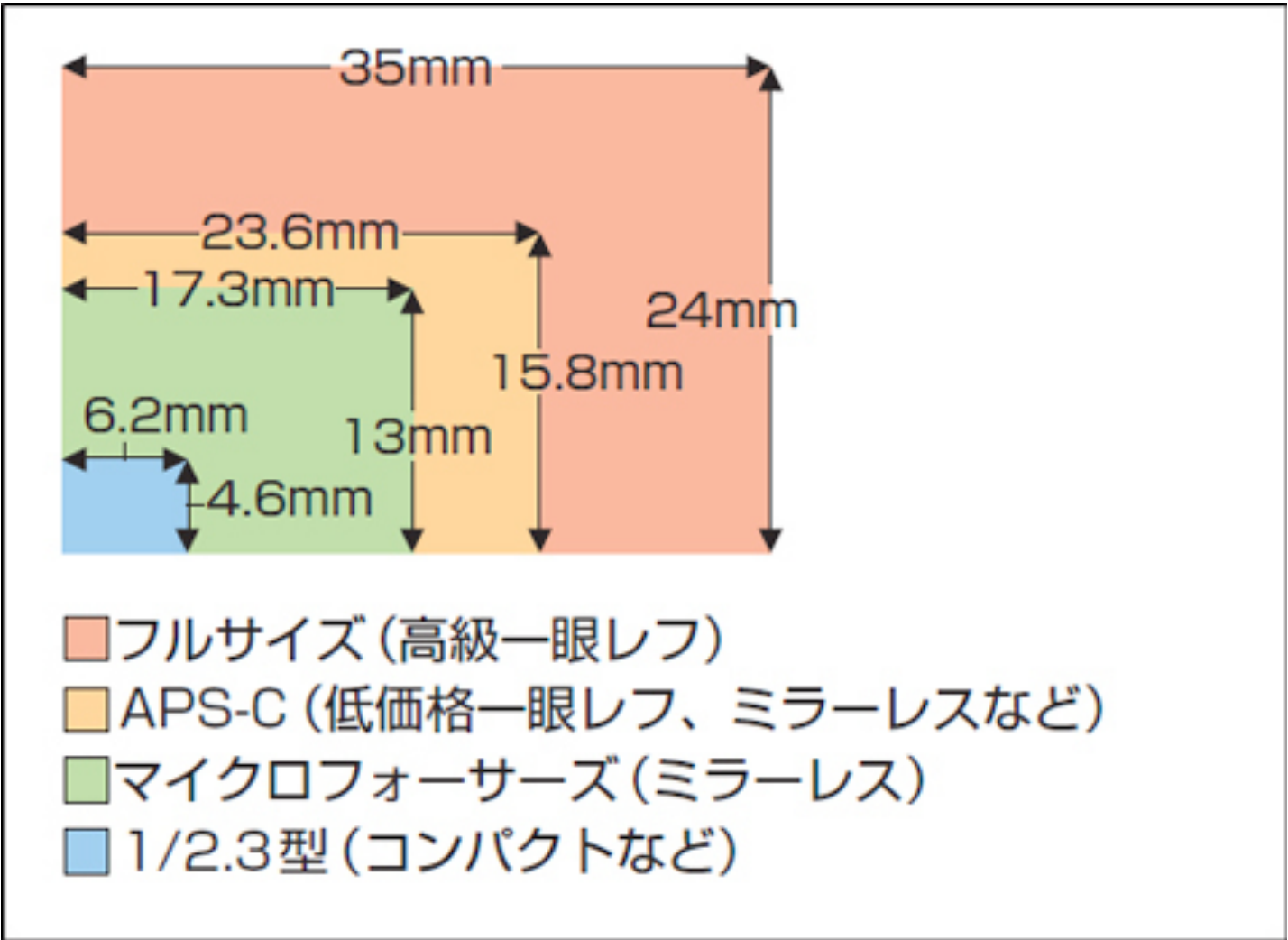
3,504×2,336	800万画素	A 3 用紙印刷まで
2,592×1,944	500万画素	四つ切り印刷まで
2,400×1,800	400万画素	A 4 印刷用紙まで
2,048×1,536	300万画素	B 5 用紙印刷まで
1,600×1,200	200万画素	ハガキ・L 判用紙印刷
1,024× 768	130万画素	ハガキ・L 判用紙印刷

ミラーレス一眼



ボディー内部のミラーやプリズムを
廃することで小型化を実現

CCD素子のサイズからいうと、
位置づけは、入門者向け一眼レフ



凸レンズによる像 虫眼鏡・望遠鏡

図5.80 虫眼鏡

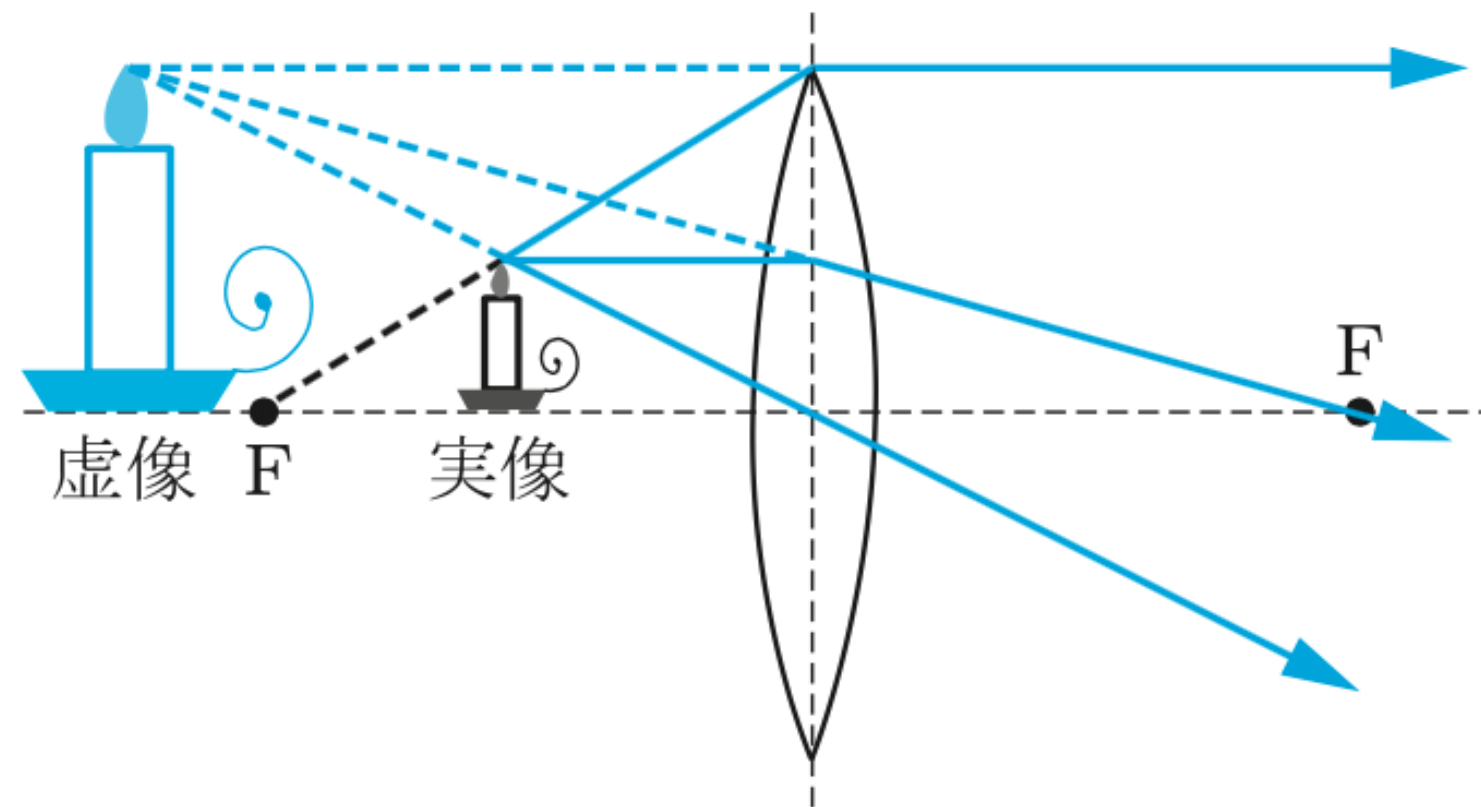
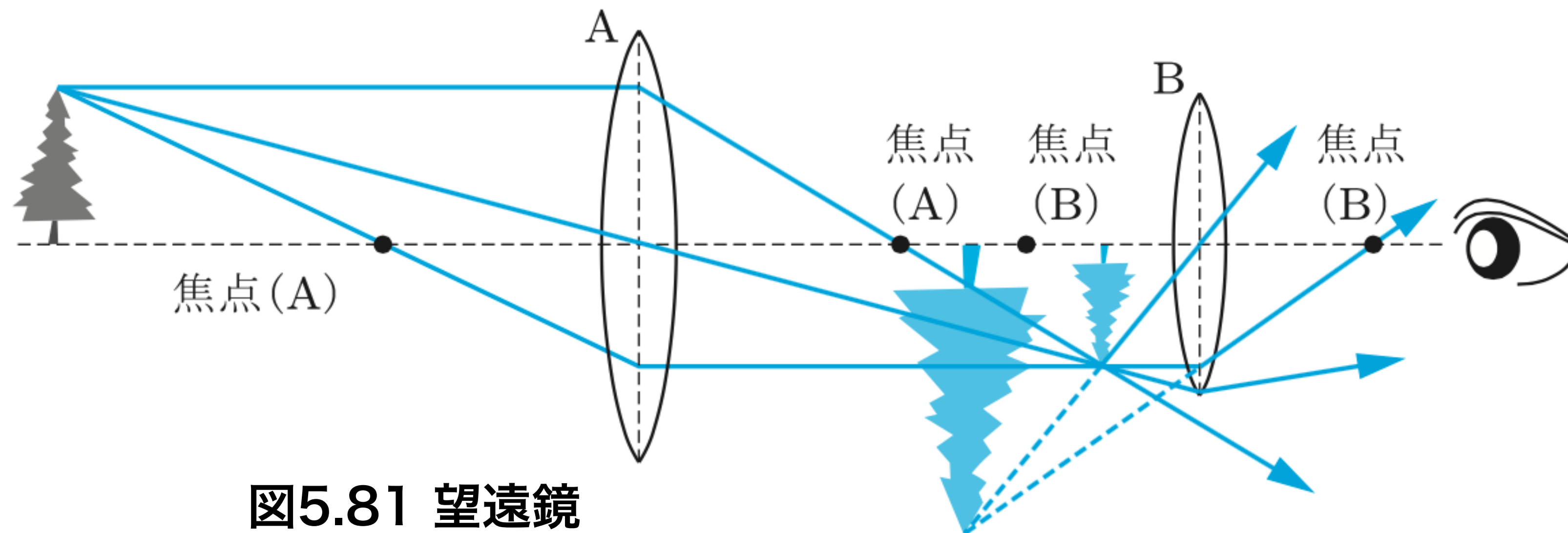
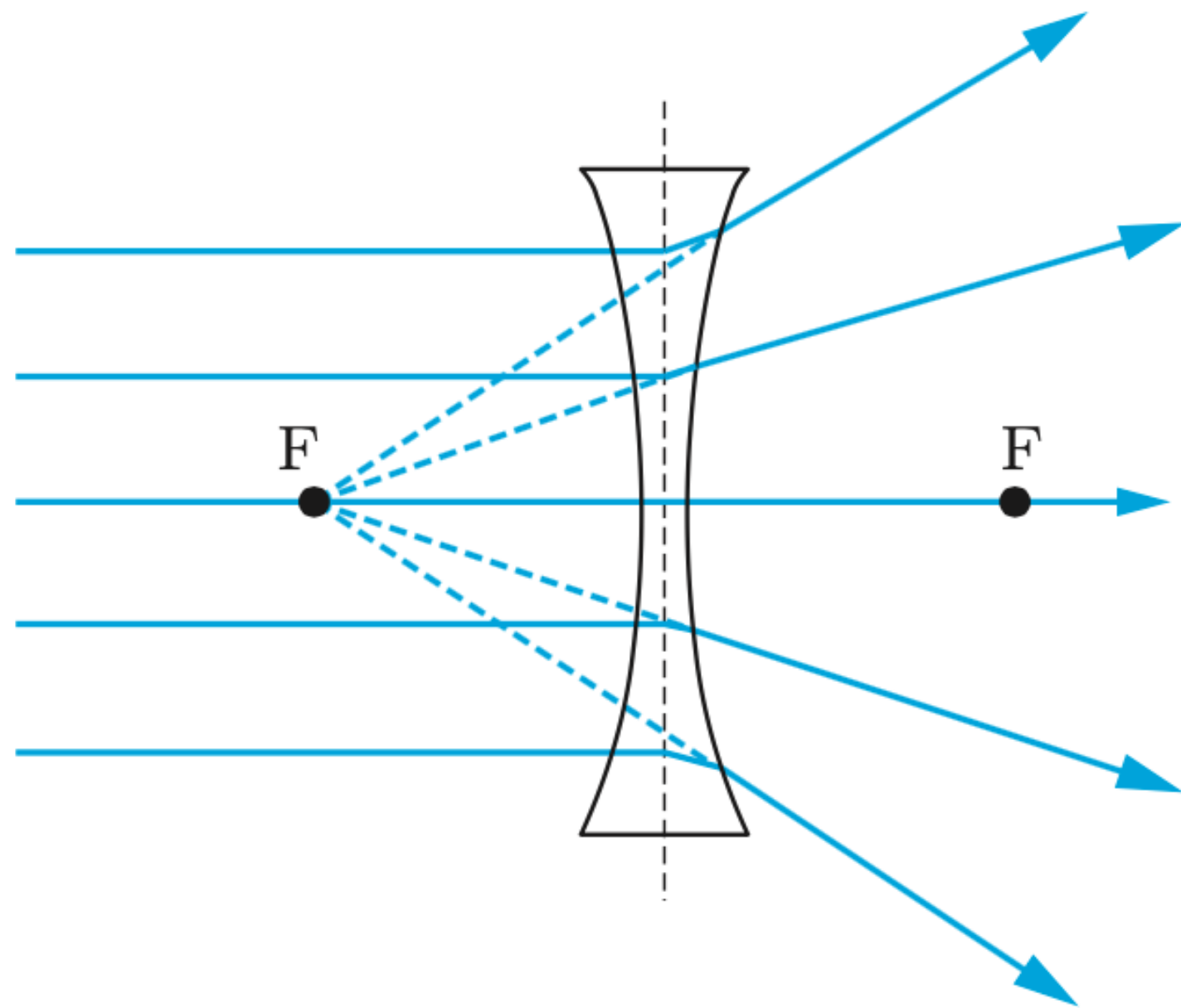
対物レンズ
object lens接眼レンズ
eyepiece

図5.81 望遠鏡

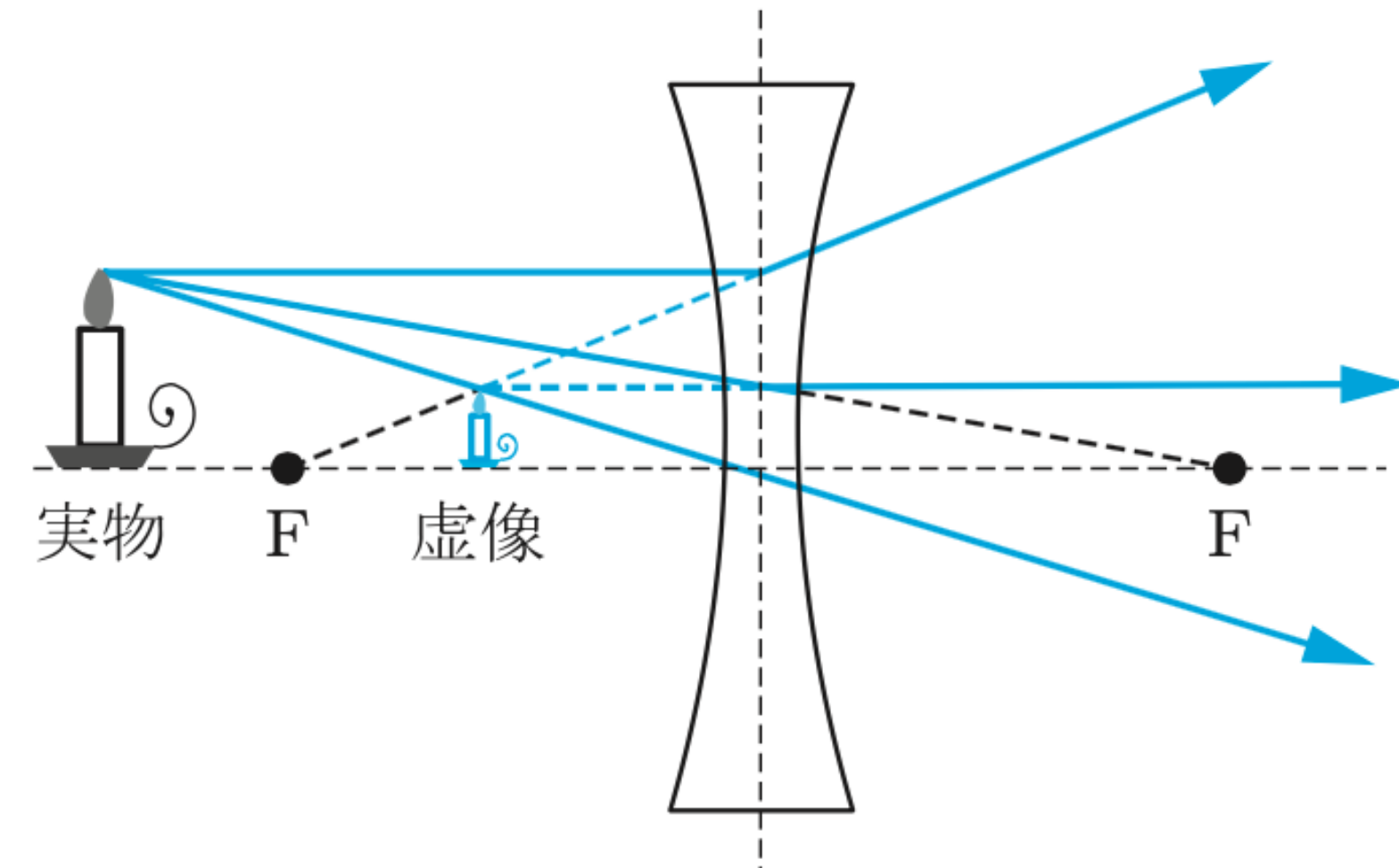
凹レンズによる像

negative lens

平行光線は焦点Fに光源があるかのように広がる



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

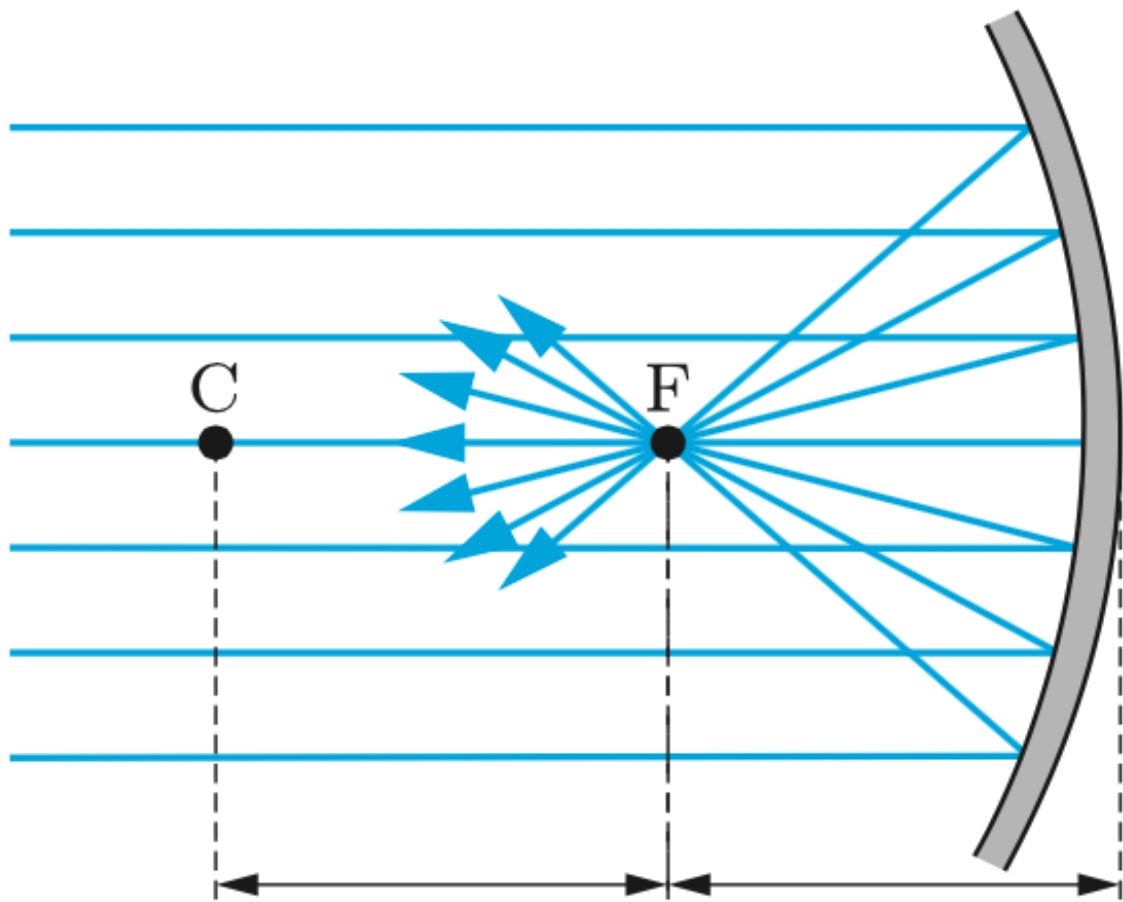


(b) 焦点より外側に置いた物体の像は縮小されて映る

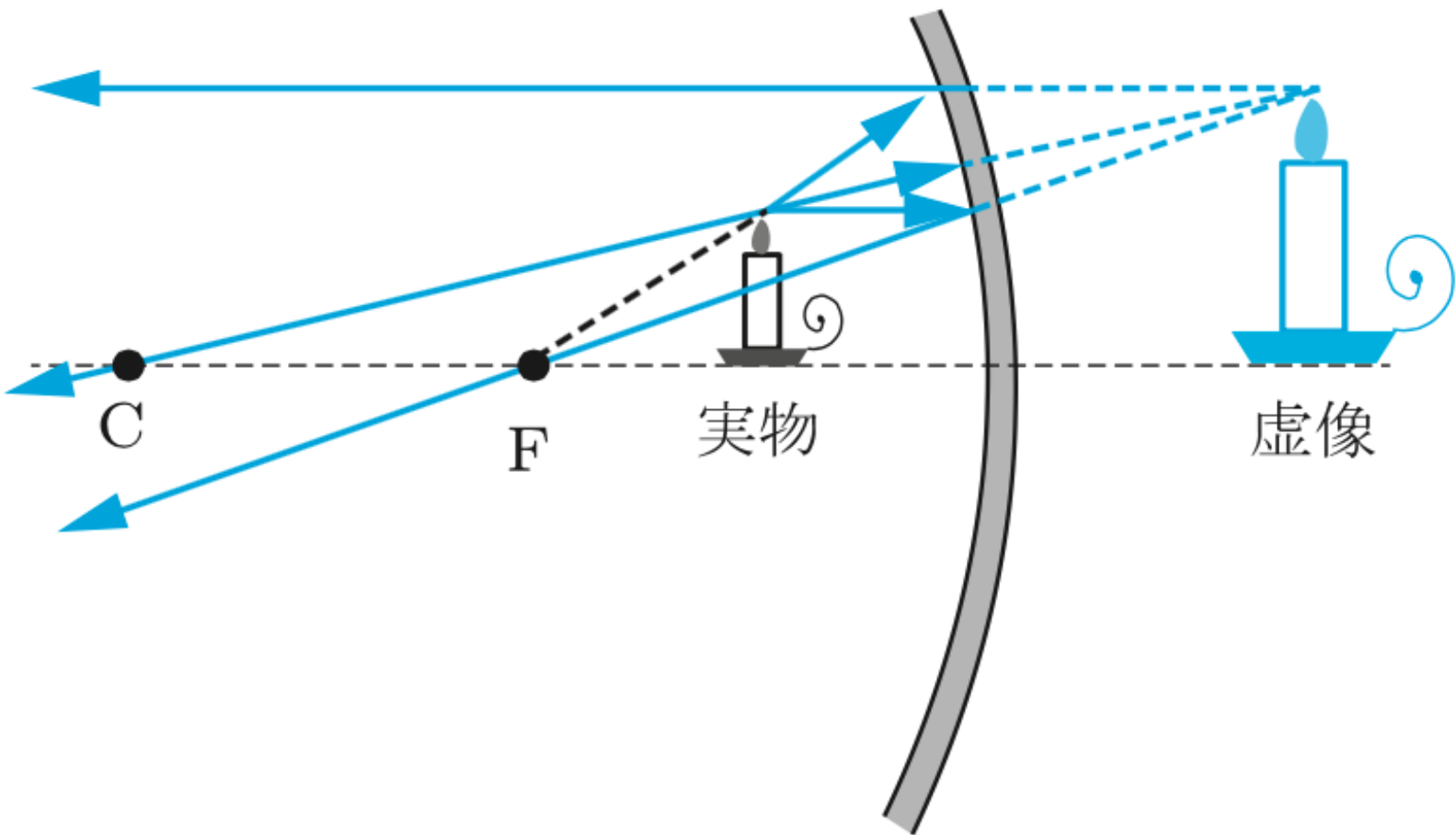
concave mirror

凹面鏡による像

平行光線は焦点Fに集まる



(a) 平行光線を当てると焦点に集光する



(b) 焦点より内側に置いた物体の像は拡大されて映る

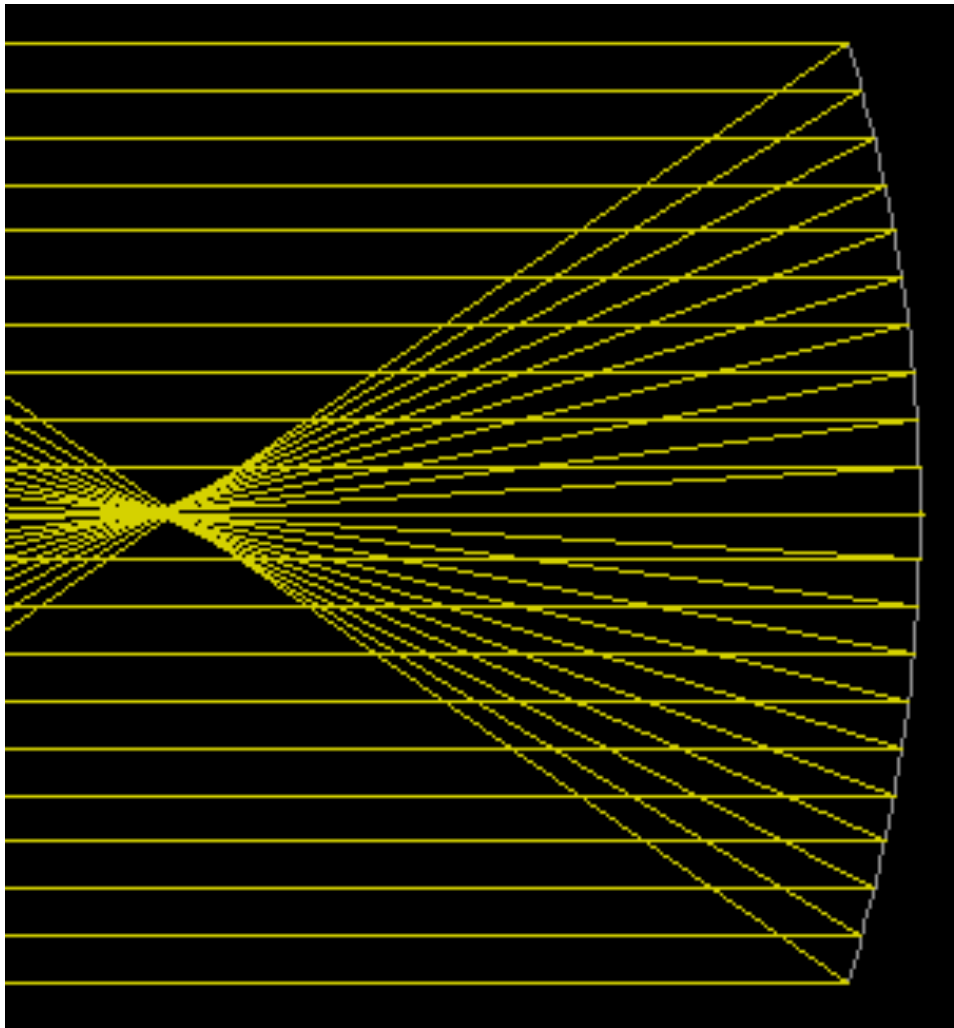


parabolic mirror

放物面鏡による像

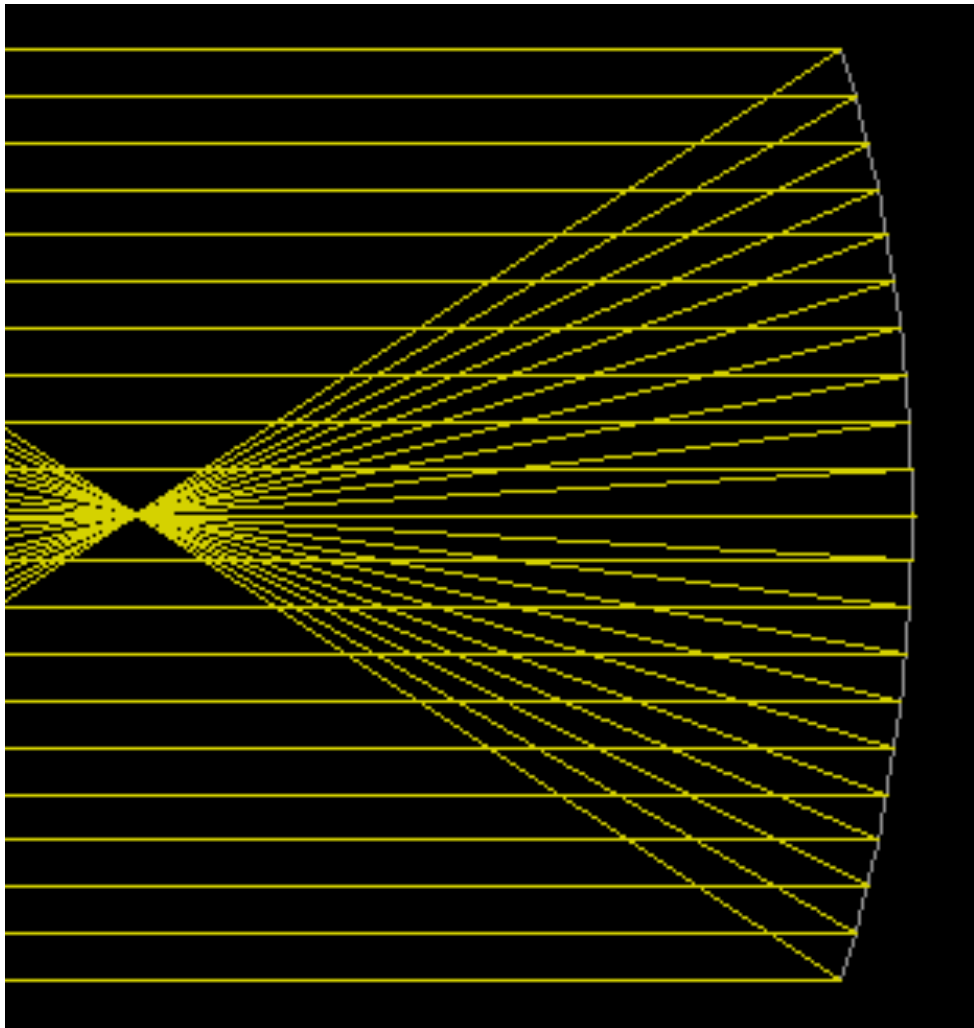
球面鏡

焦点でやや広がりをもって光が集まる

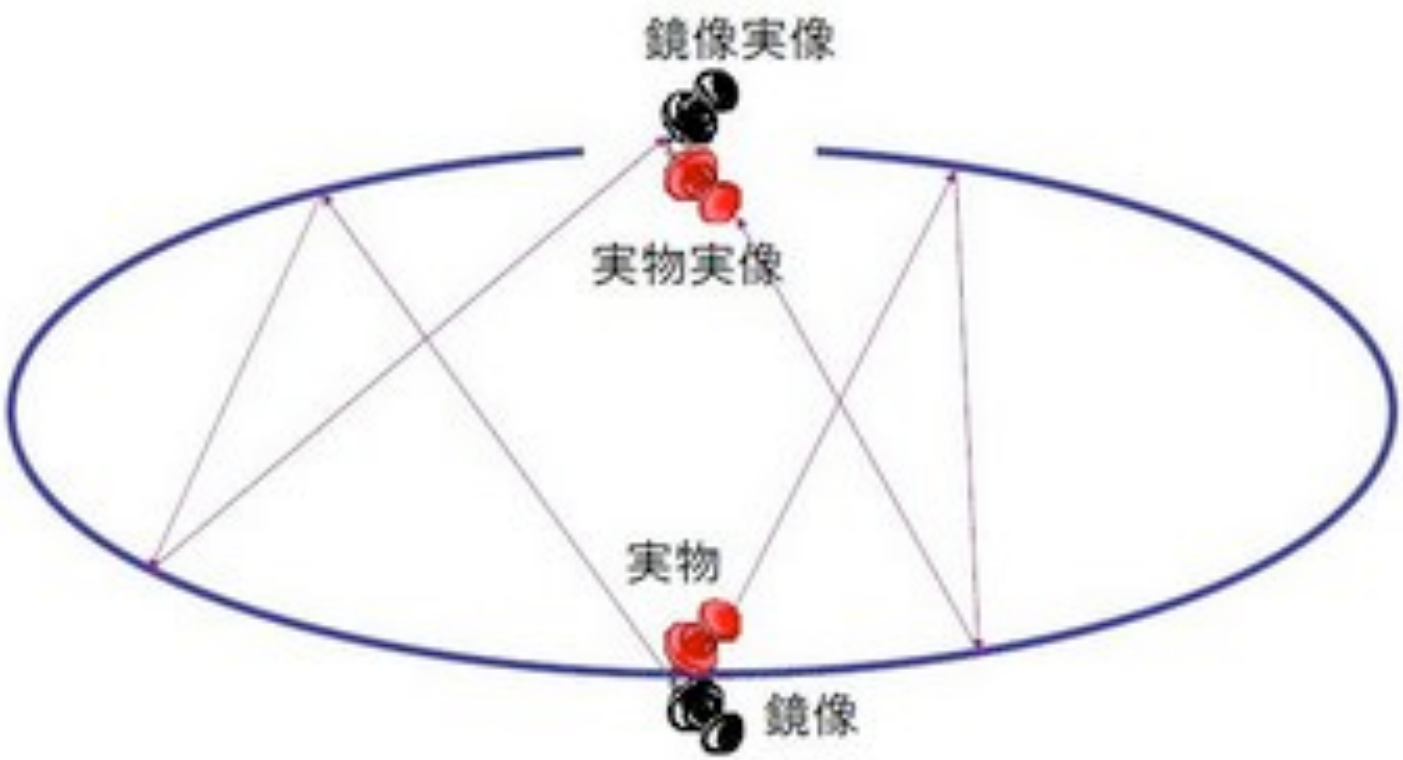


放物面鏡

完全に1点に光が集まる



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

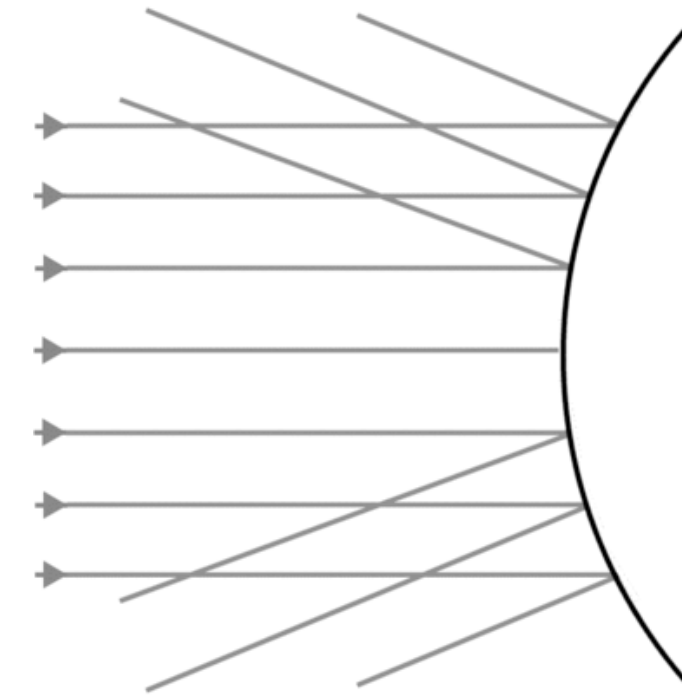
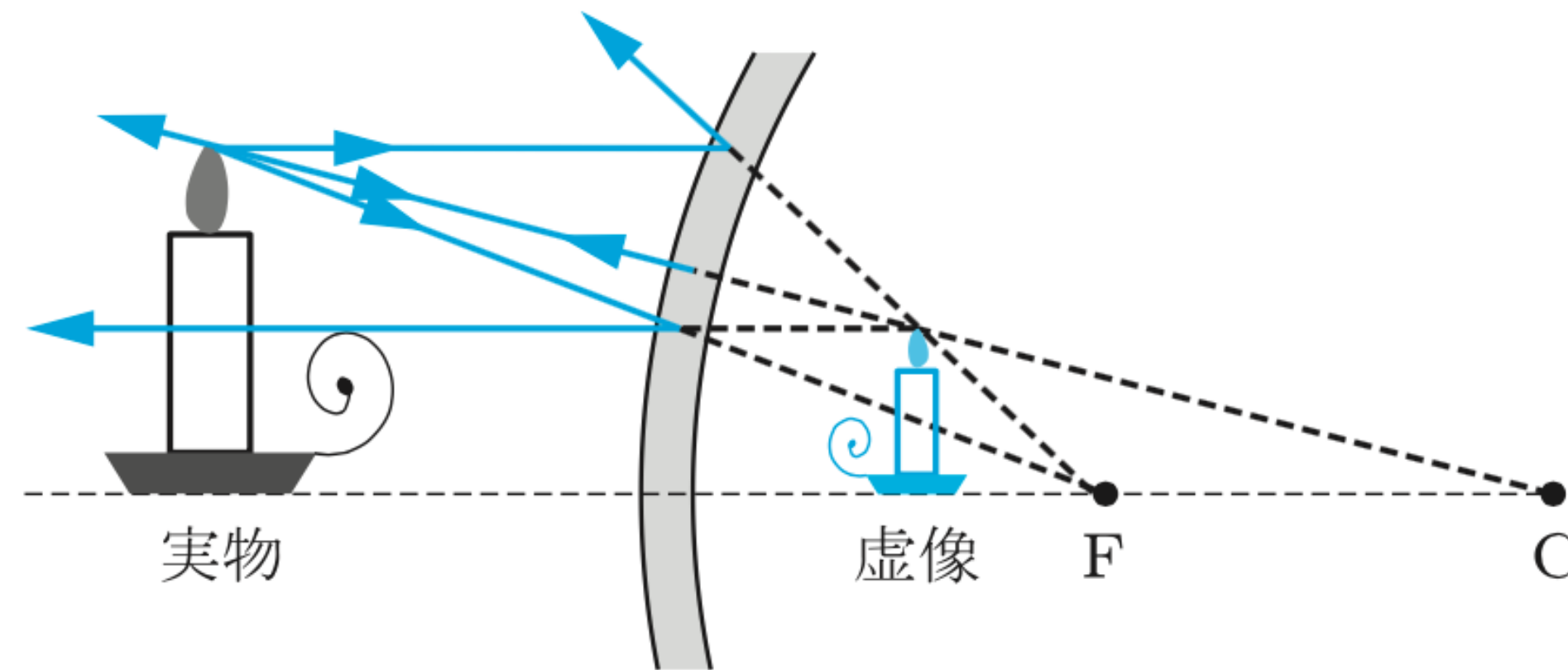




convex mirror

凸面鏡による像

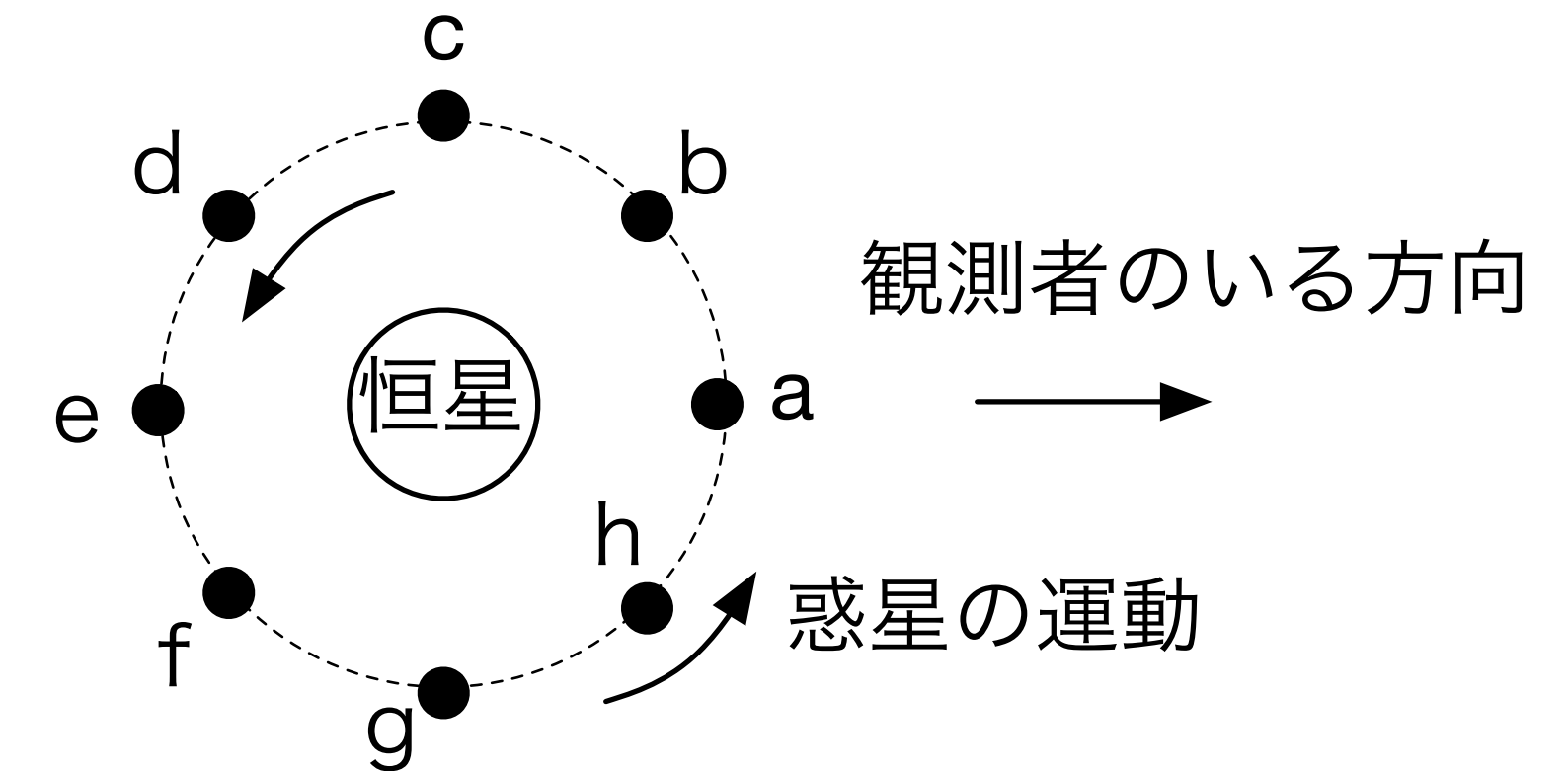
広い視野が見られる



[11-1]

惑星1つを持つ恒星の光がもっとも青方に偏移している瞬間, その惑星はどこにあるか. 図の中から記号を1つ選び, その理由を記せ.

「重心」という言葉を必ず用いること.



[11-2] CDよりもアナログ音源の方がよい, と主張する人々の根拠は何か.

[11-3] 鏡は左右を反転させるが, 上下を反転させないのはなぜか.

(次回から電気・磁気の話になります)

[11-4] 通信欄. (感想, 講義で取り上げて欲しい疑問・要望・連絡事項など、何かあれば)

次週, 文学研究科 臨床心理学専攻M1の方からの依頼により, 「女子大学生における情動的摂食を低減する要因の検討」のアンケート調査に協力することになりました.

授業は10:45-12:10で行います. ご協力いただける方は, 12:10-12:20にこの教室にて.