

大学教員による理科研修講座



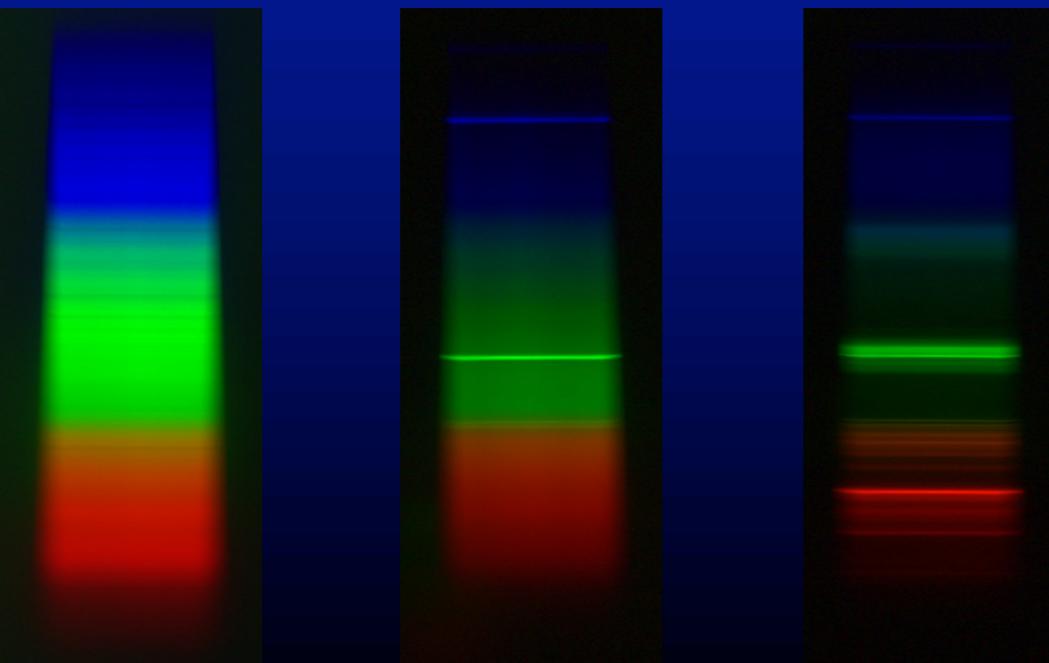
青空

白色蛍光灯

三波長型蛍光灯

簡易分光器から 光の性質を探る

百瀬宗武（茨城大・理）



自己紹介

- 専門：電波天文学

- 星や惑星の誕生

- 新望遠鏡の開発

野辺山（長野県）

チリ（南米）

高萩・日立（茨城県）

南米チリASTE望遠鏡



- 光と関係した学習内容
- 光とは？ 基本的知識
- 光を色分けする実習(1)簡易分光器
- 実験や観察の例
- 光を色分けする実習(2)グレーティング
～より手軽に色分けを楽しむ～
- 光の知識を背景に様々な現象を理解する

光に関する学習内容

●直接、関係している項目

- 光のはたらきをしらべよう（3年）
- 星の明るさや色（4年-1）

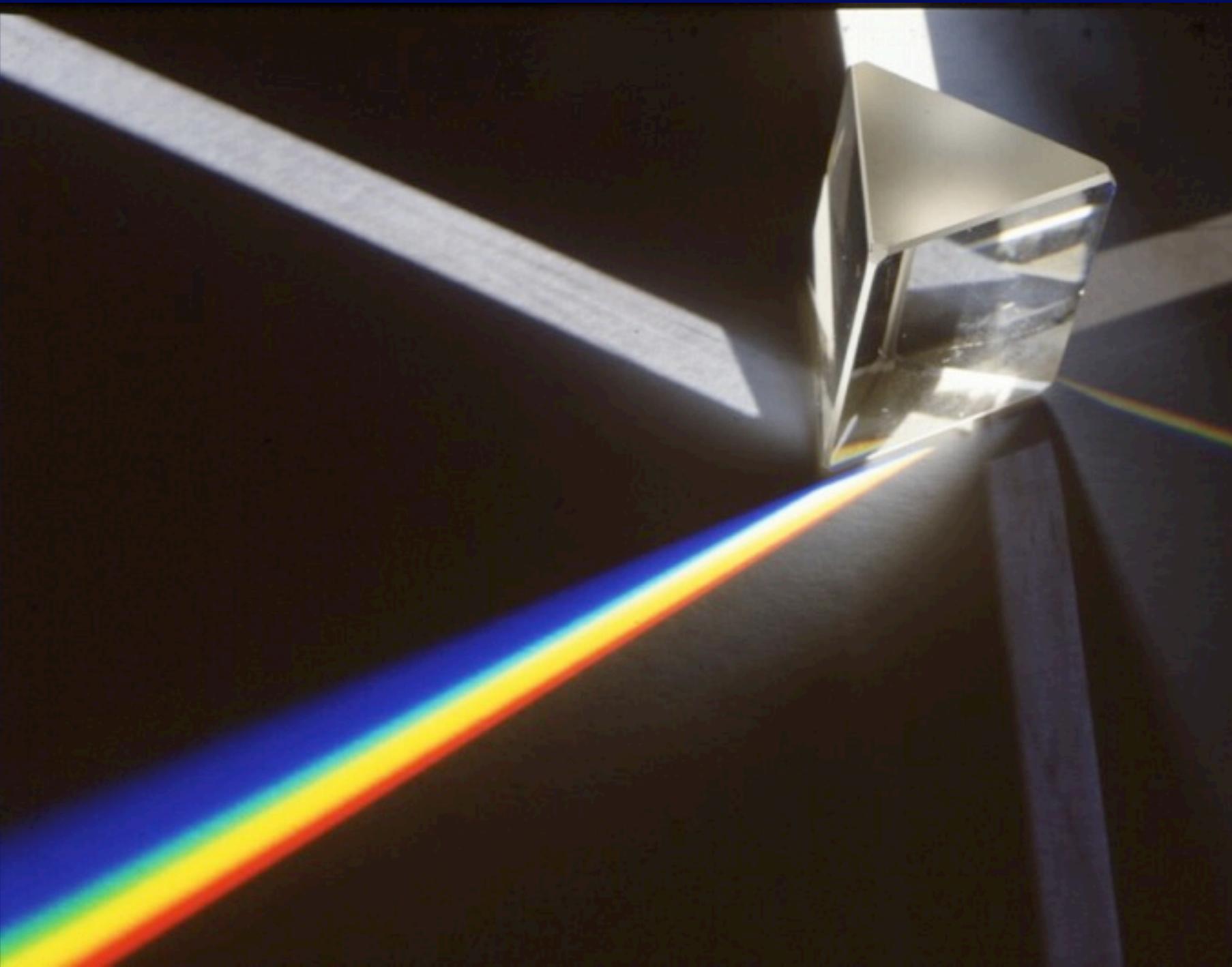
●間接的に関係している項目

- 電池の働き：光電池について（4年-1）
- もののあたたまり方：サーモグラフィー（4年-2）
- 植物の成長と日光や水のかかわり（6年-1）
- 水よう液の性質：水よう液の「色」（6年-2）
- 電気の性質とはたらき：発光ダイオードと電球（6年-2）



空は青く
夕焼けは赤い

太陽光を色分けする：プリズム



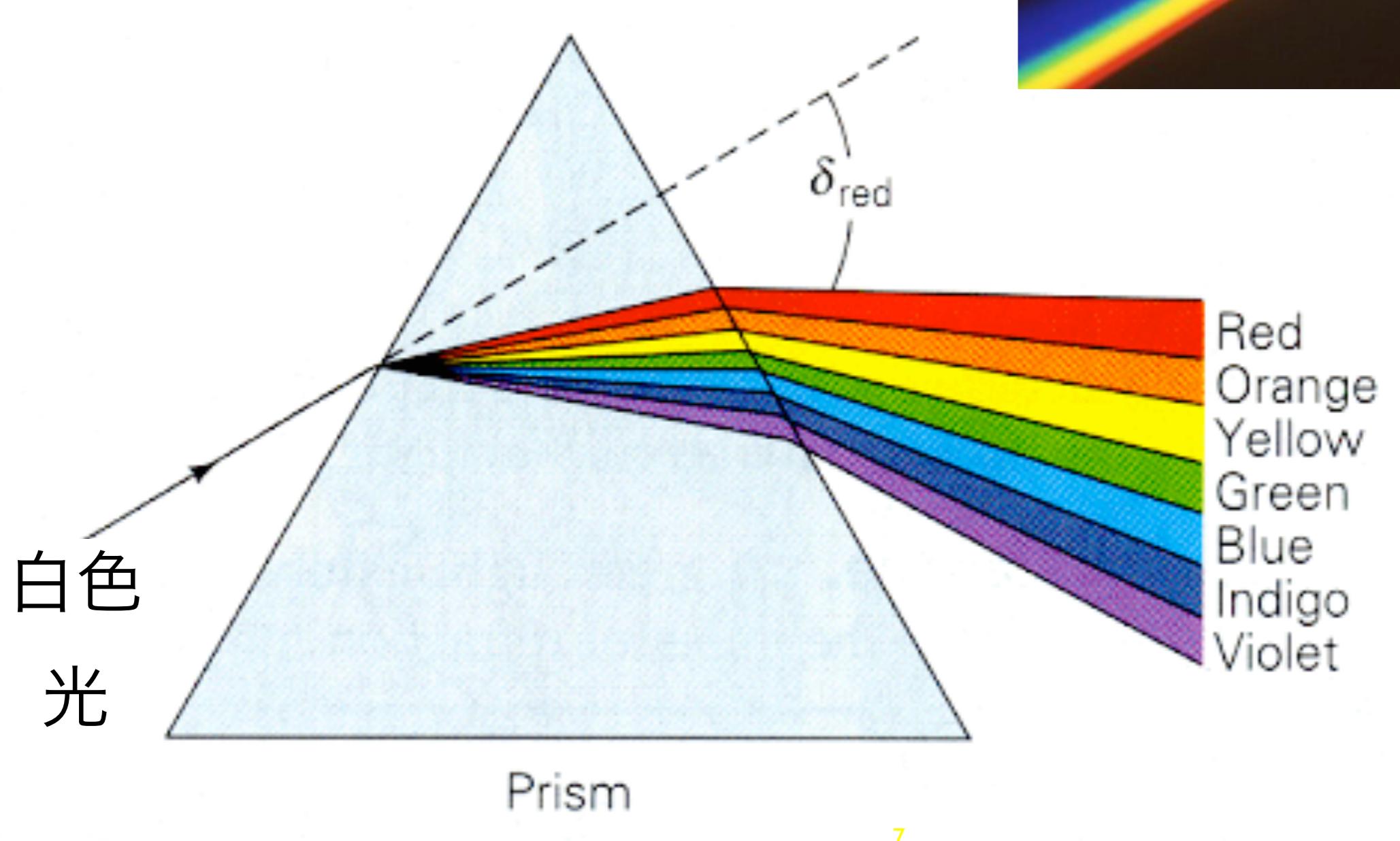
アイオワ大物理学教室HPより

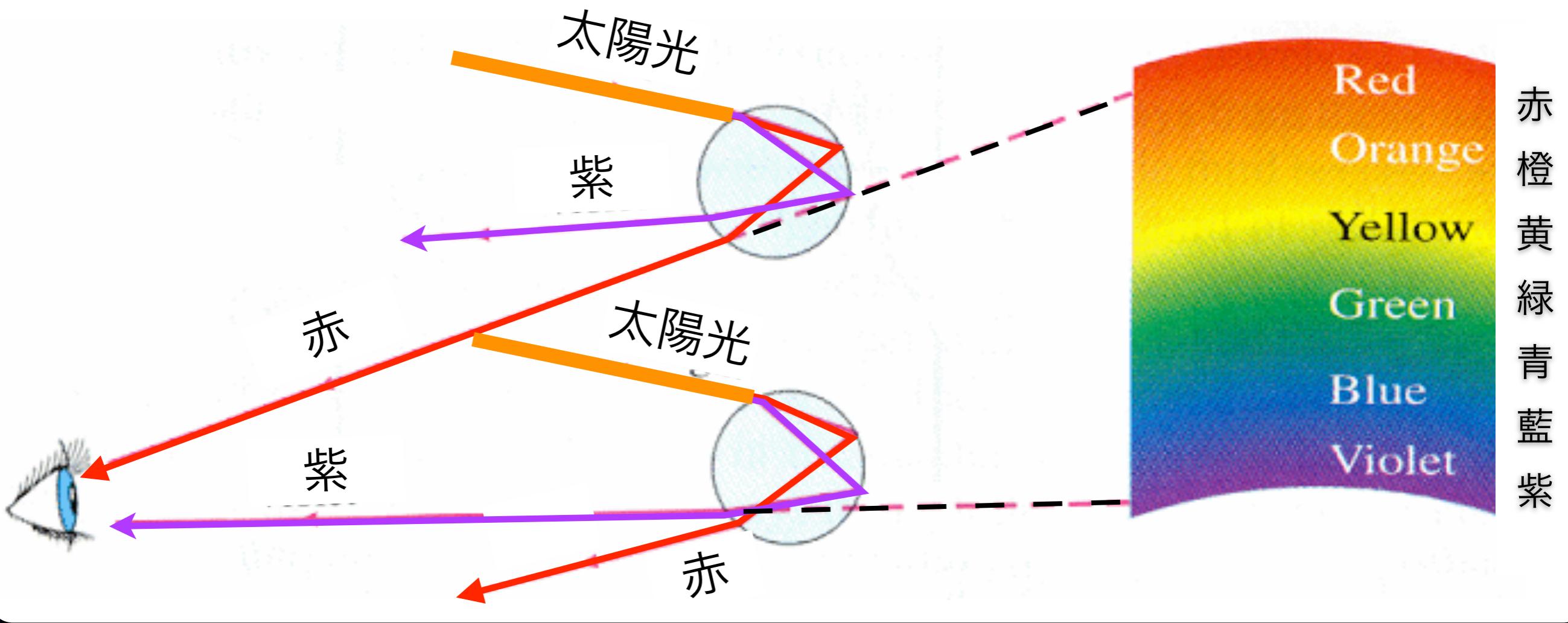
光速(空气中) ≠ 光速(ガラス)

→ 屈折

光速の変化割合が色ごとに違う

(分散性) → 分光

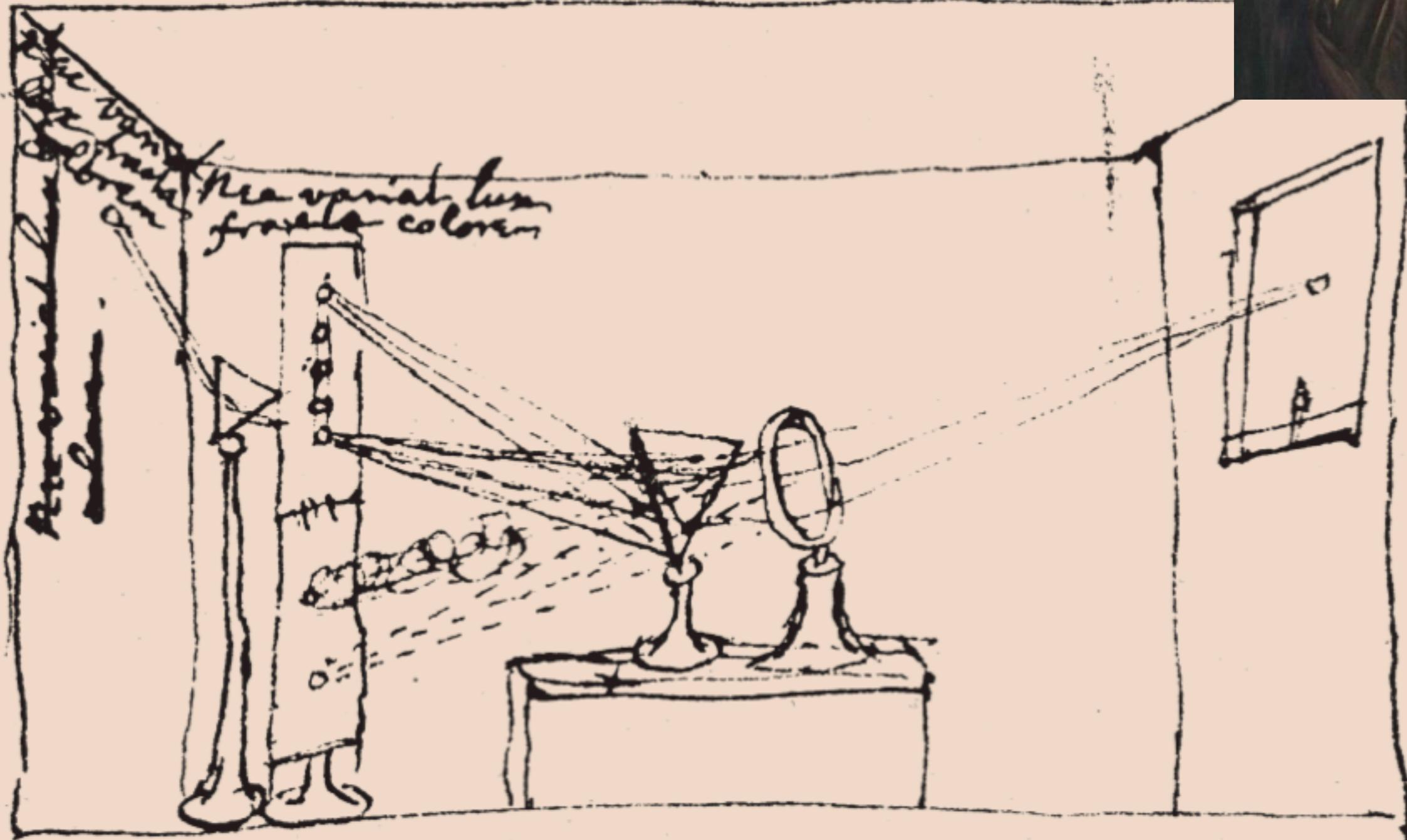
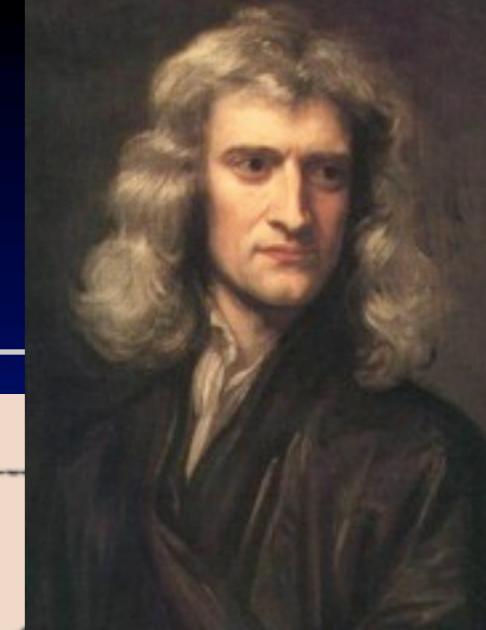




赤 橙 黃 緑 青 藍 紫



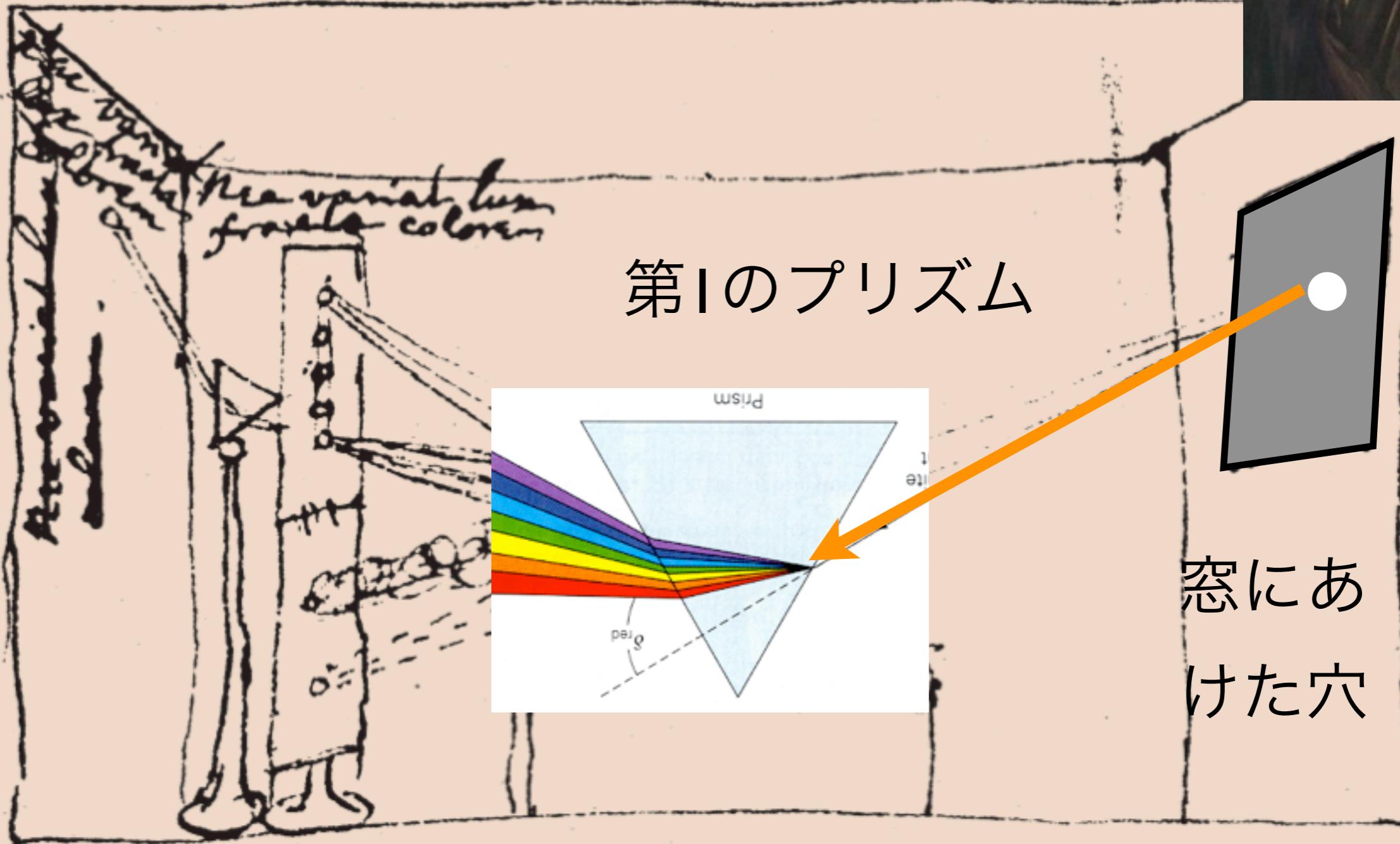
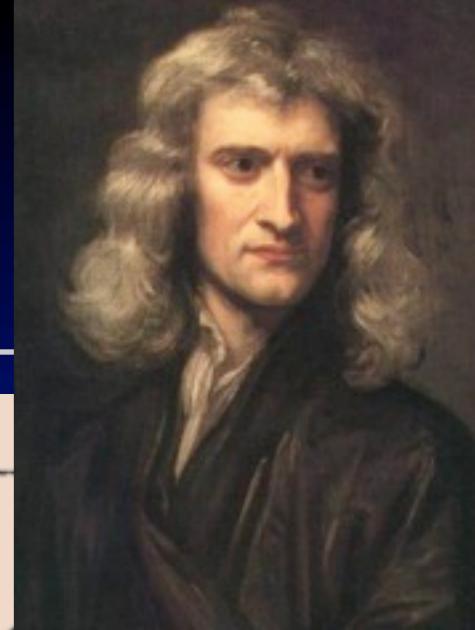
ニュートンの実験



ニュートン直筆のメモ

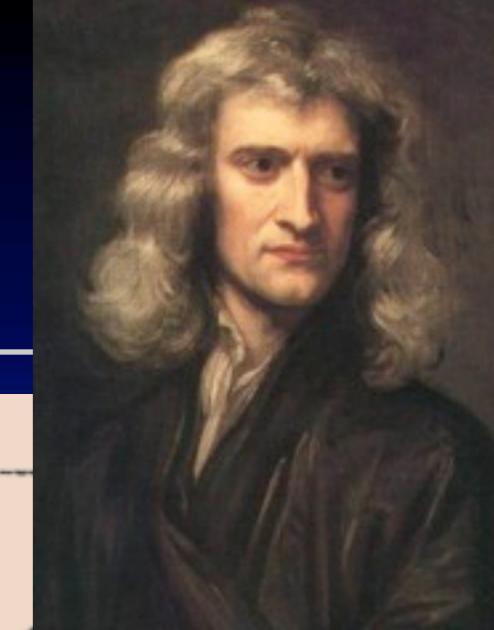
9.8.

ニュートンの実験



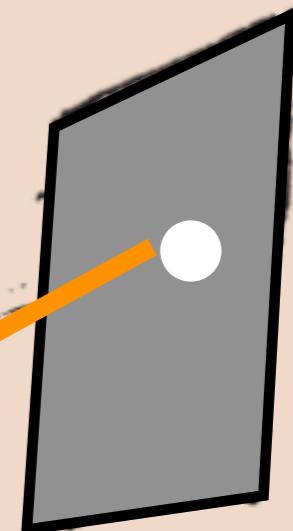
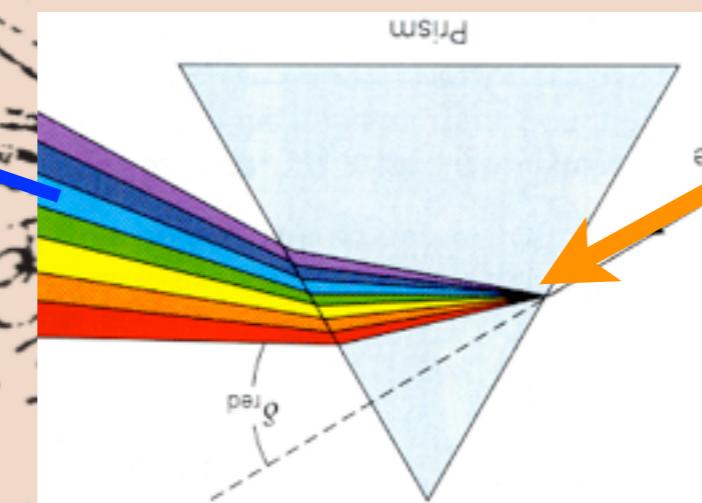
ニュートン直筆のメモ

ニュートンの実験



ついたて
と穴

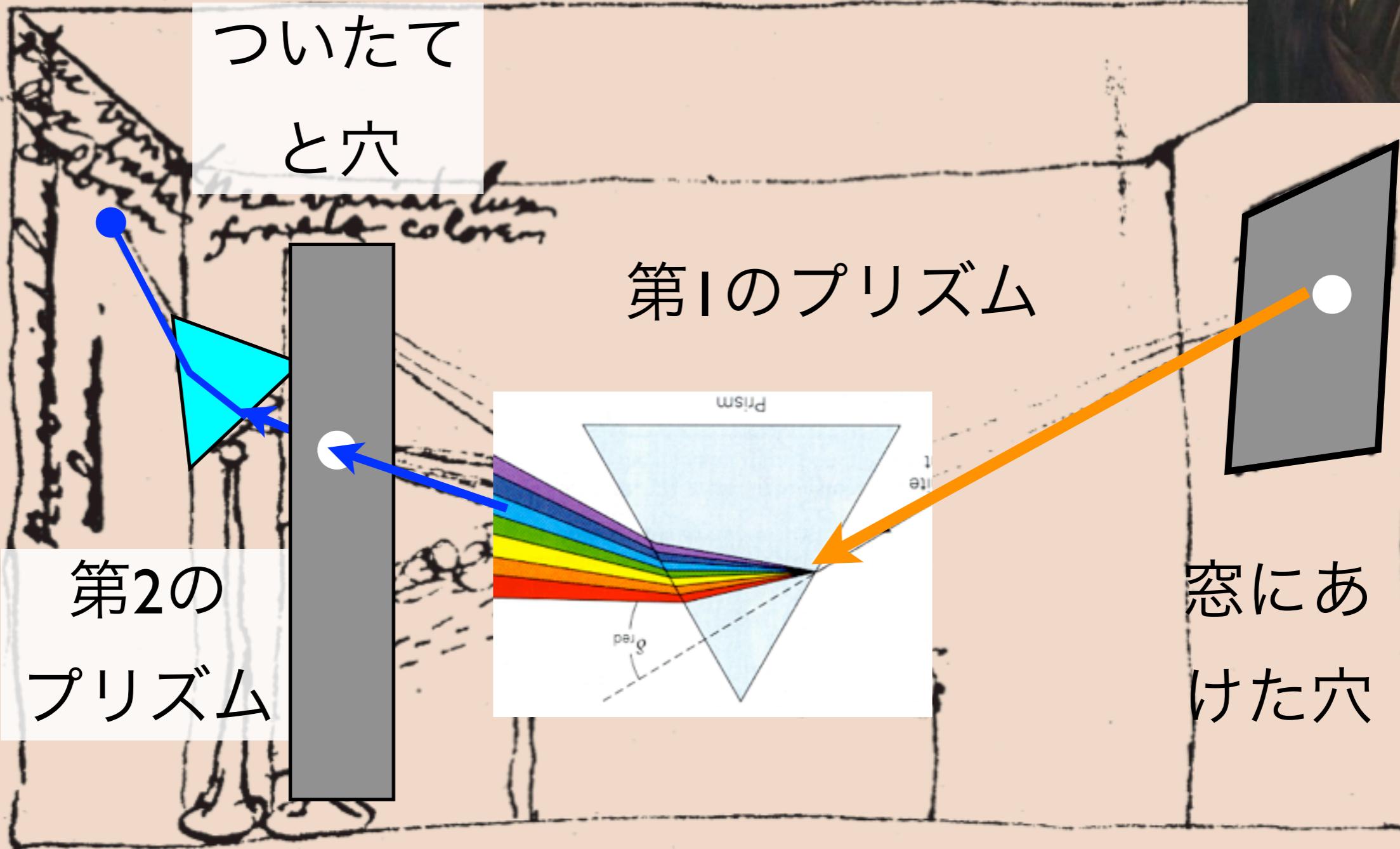
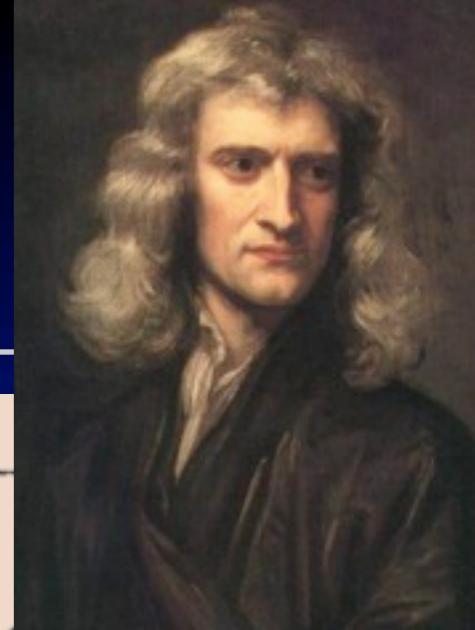
第1のプリズム



窓にあ
けた穴

ニュートン直筆のメモ

ニュートンの実験



ニュートン直筆のメモ

実験からわかること

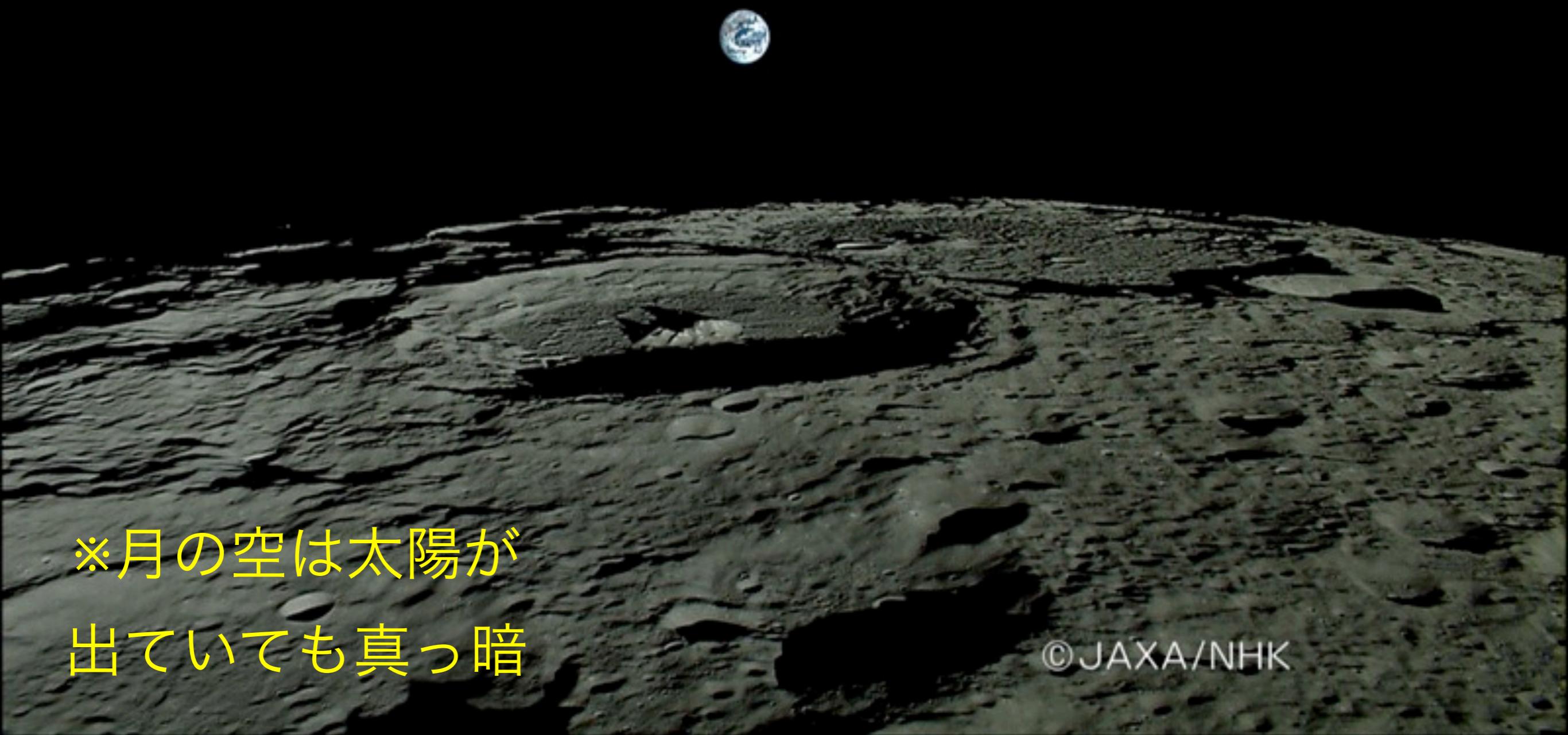
- 白色光(太陽光)はいろんな色が混じっている
- いったん色が分かれたあとはもう分かれない
 - "单色光"
- 身近な世界の現象も光の性質と関係
 - 例えば...



空は青く

夕焼けは赤い

衛星“かぐや”が月から見た地球



※月の空は太陽が
出ても真っ暗

©JAXA/NHK

実験からわかること

- 白色光(太陽光)はいろんな色が混じっている
- いったん色が分かれたあとはもう分かれない
 - "単色光"
- 身近な世界の現象も光の性質と関係
 - 空は青く、夕日は赤く見える理由
→ 空気中に含まれる分子の影響（レイリー散乱）
 - ナトリウム灯（高速道路のトンネル等）の下では、すべてのものが橙色にみえる

実習その1

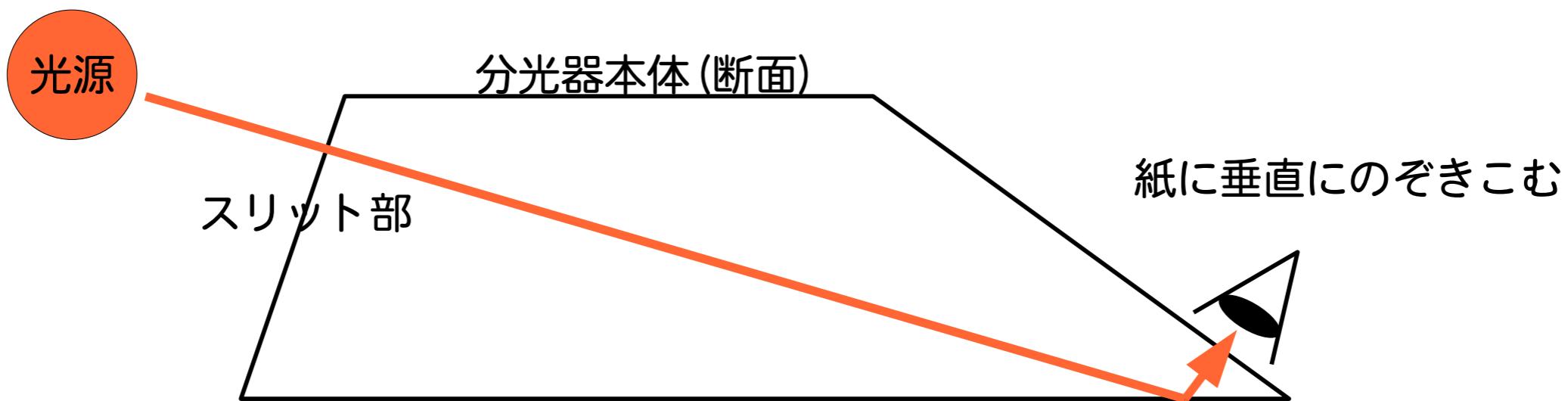
CDを使った分光器の製作

～なぜ色分けできるかは

後ほど解説します～

見方のコツ(TAが教えます)

[使い方]



スリット部を明るい方向に向けて、のぞき穴から見ると、CD-ROMの面に虹色の光が見えます。分光器本体は光源の方向よりも少し下を向けるのがコツ。青空・雲などの面積の広いものならあまり狙わなくても大丈夫。

こうして見える虹色の光を「スペクトル」と呼び、スペクトルを得るために装置を「分光器」と呼びます。スペクトルのデータからは、光を出している物体の温度や圧力、物体が何でできているかなどの情報が得られます。

観察していただきたいポイント

- 光源によって、色の混じり方が異なる

- 白熱電球と電球色（3波長型）蛍光灯

- 白色蛍光灯とLED電球

- ナトリウム電灯は色が混じっていますか？

- 色下敷きを出し入れしたときの色の変化

- “フィルター”の役割

- “色がついて見える”とはどういうことか？

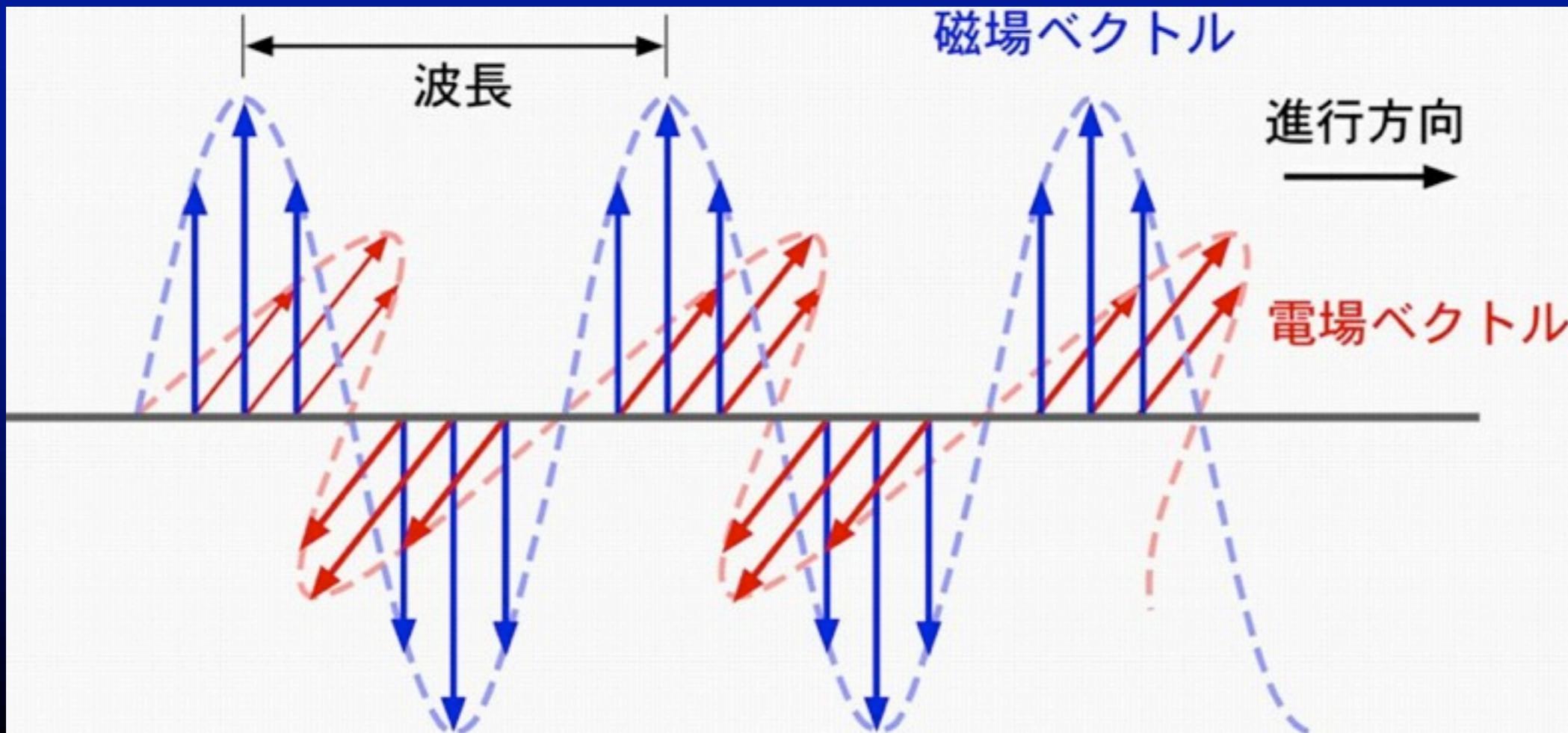
ビデオカメラでの確認タイム

作り方のコツ

- 型紙はダウンロードできるようにしてあります。
- A4サイズ「ピッタリ」で少し厚手の紙に印刷。
- 光を入れるスリットは可能な限り細くするのがシャープなスペクトルを得るために必要。
 - ビニールテープ等をはり、細くしても良い
- CD（音楽用でもデータ用でも良い）で、裏面がなるべくピカピカなものを使う。DVDは（溝間隔が違うので）あまり良くない。

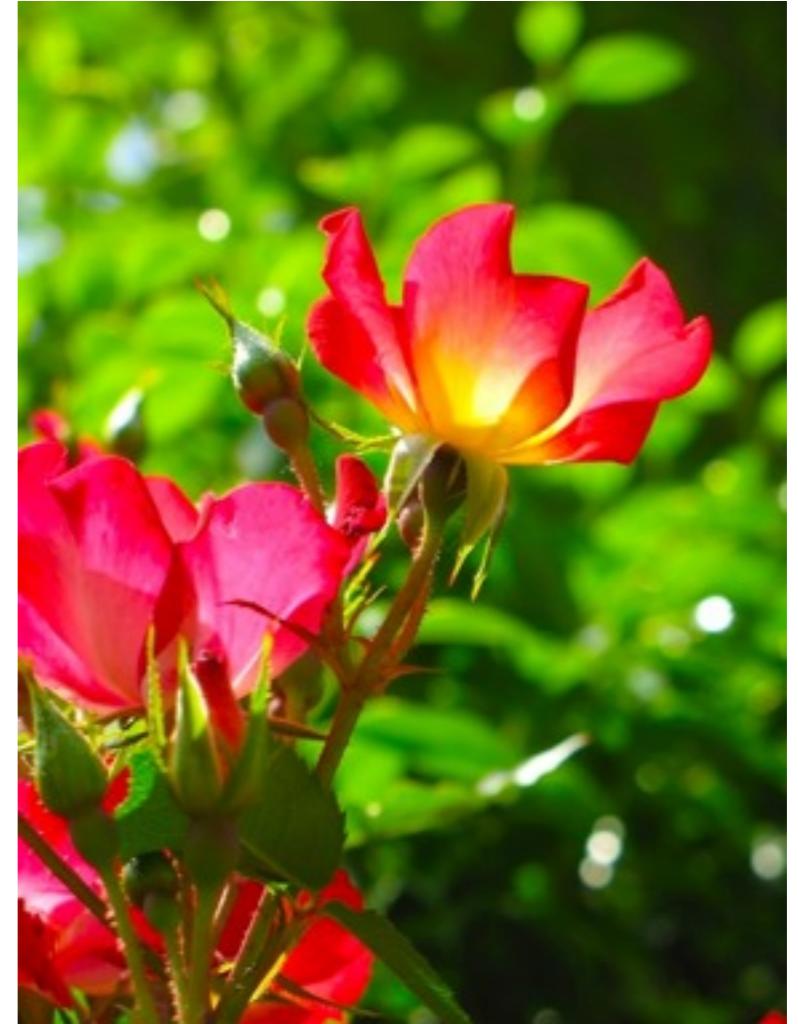
光の正体 = 電磁波

- 電磁波：空間を伝わる波（電場・磁場が作る）
- 分類：波長（“なみがしら”の間隔）による
- 色の違い = 波長の違い



参考: 人間の眼

3種の色覚細胞



バラ@フラワーパーク(石岡市)

波長

0.65
μm

赤



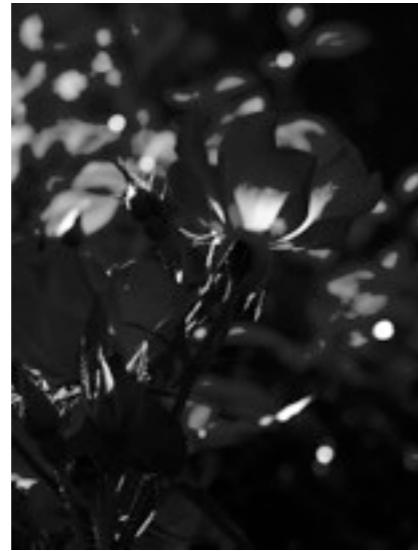
0.55
μm

緑



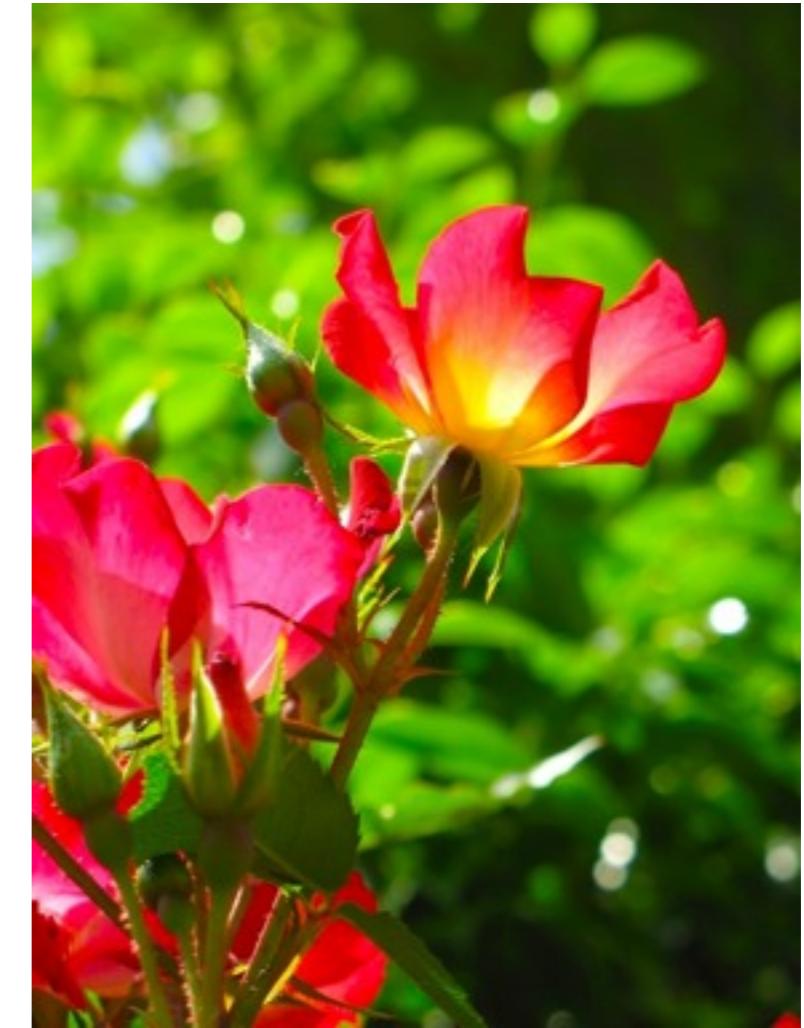
0.45
μm

青



参考: 人間の眼

3種の色覚細胞



バラ@フラワーパーク(石岡市)

波長

0.65
 μm

赤



0.55
 μm

緑



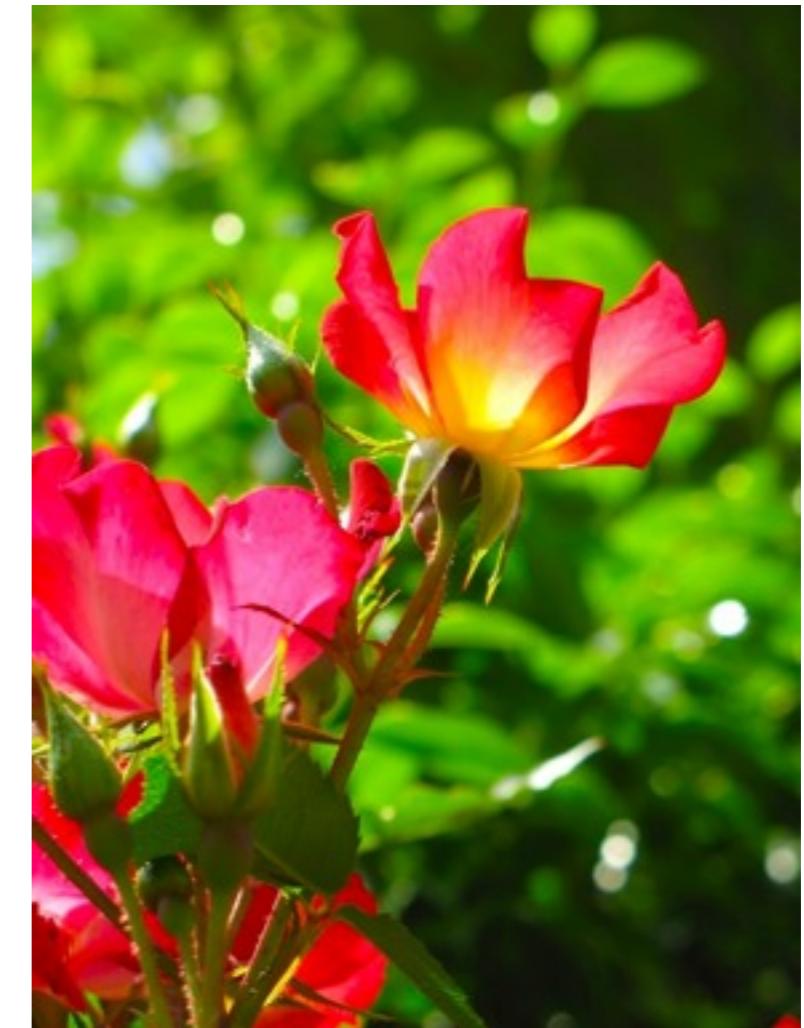
0.45
 μm

青



参考: 人間の眼

3種の色覚細胞



バラ@フラワーパーク(石岡市)

波長

0.65
μm

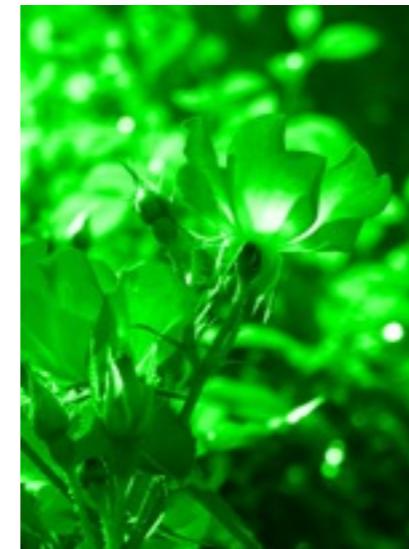
赤



加
算

0.55
μm

緑



0.45
μm

青



参考: 人間の眼

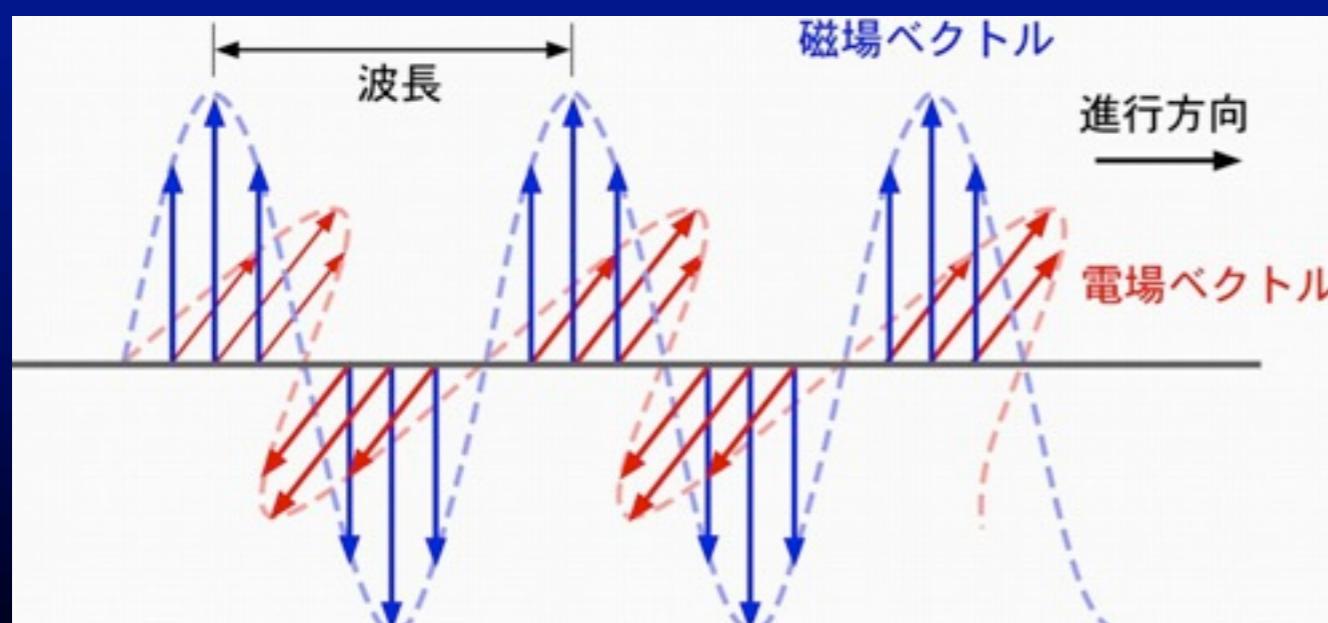
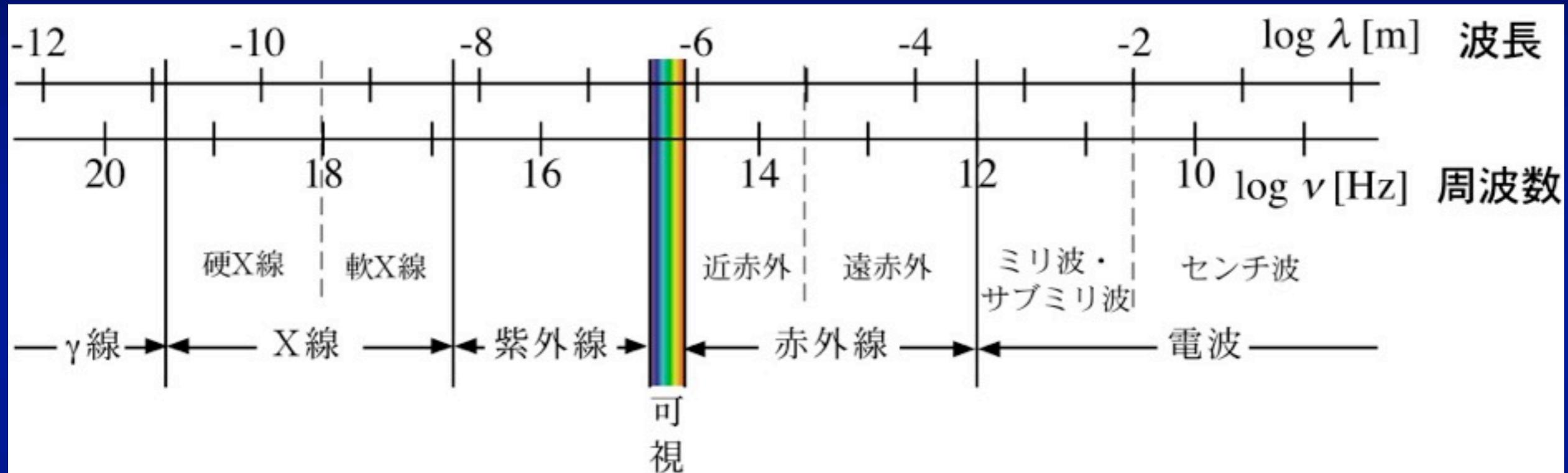
3種の色覚細胞



バラ@フラワーパーク(石岡市)

いろいろな種類の電磁波

波長 短 <—————> 長



肉眼で見える光

電磁波の
ごく一部

いろいろな種類の電磁波

- 可視光より波長が短いもの

- 紫外線, エックス線, ガンマ線

- 可視光より波長が長いもの

- 赤外線, マイクロ波(サブミリ波, ミリ波), 電波

- 電磁波：エネルギー粒子の流れともみなせる

- 光子（こうし）と呼ぶ

- 短波長ほど高エネルギー, 長波長ほど低エネルギー

$$E = hc/\lambda \text{ (}\lambda : \text{波長, } h : \text{プランク定数, } c : \text{光速}\text{)}$$

(参考) 波長はどう計るのか？

※波がしらの間隔を定規で測る ... ! ?

(参考) 波長はどう計るのか？

※波がしらの間隔を定規で測る...!?

(参考) 波長はどう計るのか？

※波がしらの間隔を定規で測る...!?

- 光を単色光成分に分け、波長**単色光(λ)**を計る機器 = 分光計

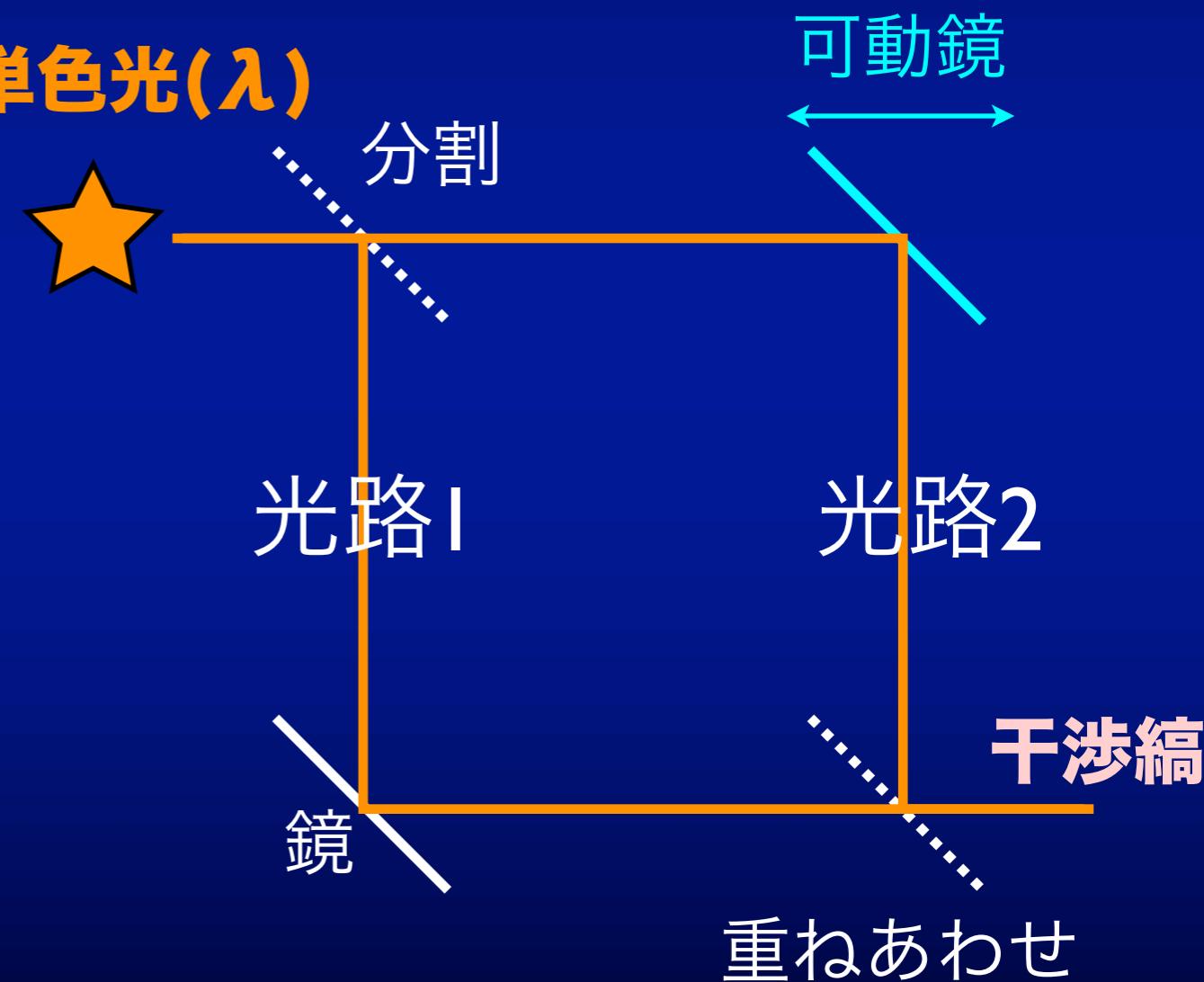
■ いろいろな方式あり

- 波の「干渉」を利用

■ 波長が長い場合

- エネルギー粒子として測定

■ 波長が短い場合



(参考) 波長はどう計るのか？

※波がしらの間隔を定規で測る...!?

- 光を単色光成分に分け、波長**単色光(λ)**を計る機器 = 分光計

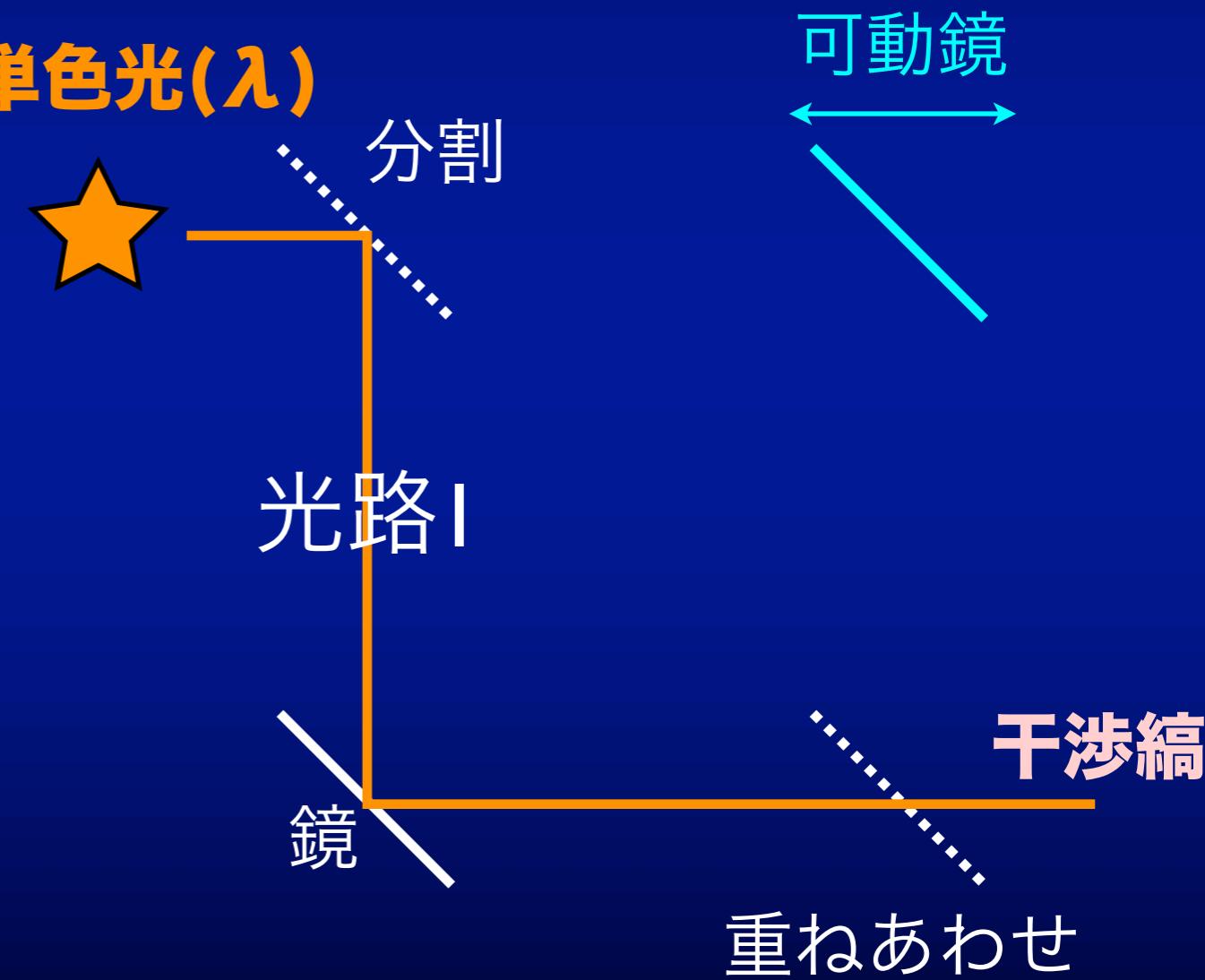
■ いろいろな方式あり

- 波の「干渉」を利用

■ 波長が長い場合

- エネルギー粒子として測定

■ 波長が短い場合



(参考) 波長はどう計るのか？

※波がしらの間隔を定規で測る...!?

- 光を単色光成分に分け、波長**単色光(λ)**を計る機器 = 分光計

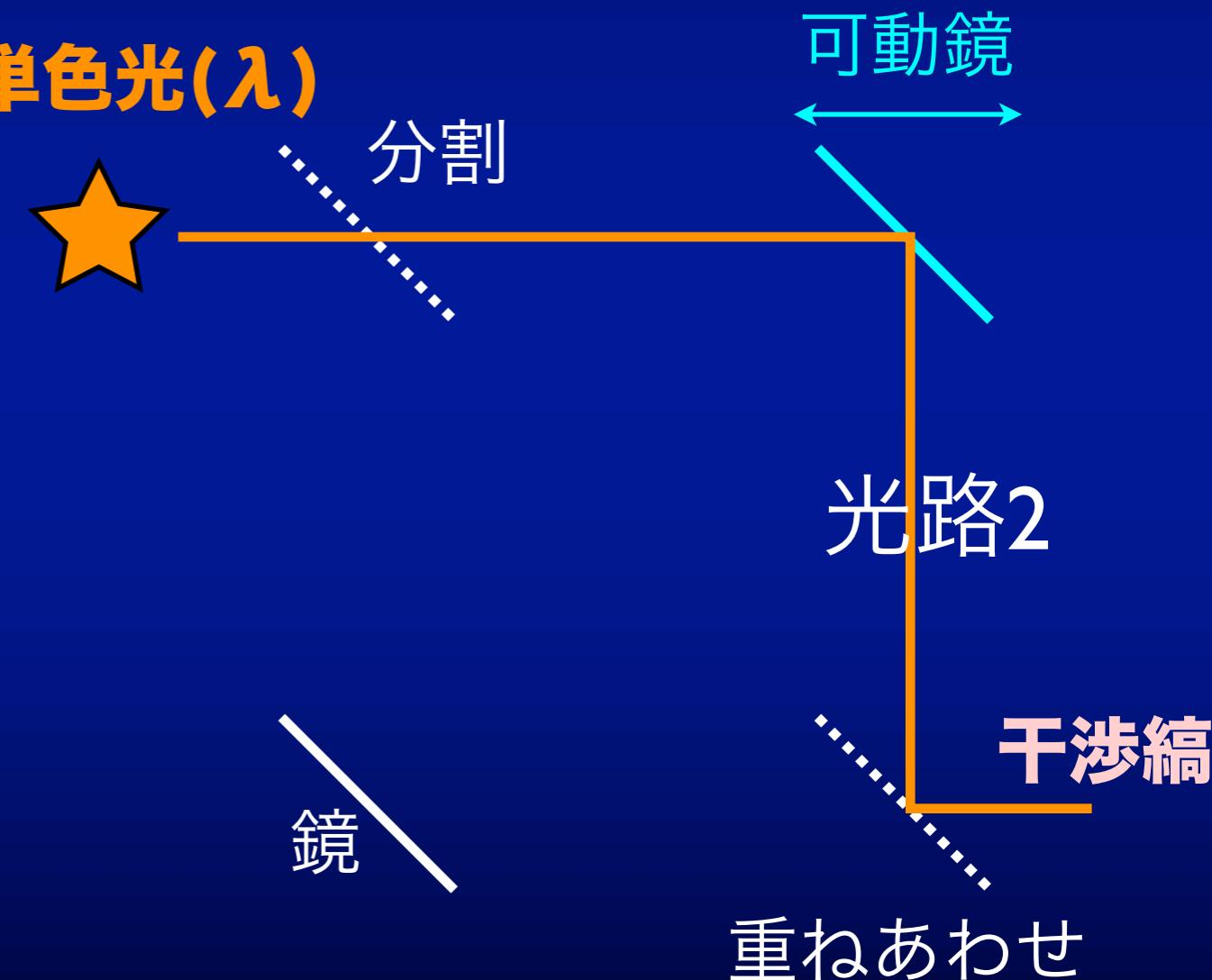
■ いろいろな方式あり

- 波の「干渉」を利用

■ 波長が長い場合

- エネルギー粒子として測定

■ 波長が短い場合



(参考) 波長はどう計るのか？

※波がしらの間隔を定規で測る...!?

- 光を単色光成分に分け、波長**単色光(λ)**を計る機器 = 分光計

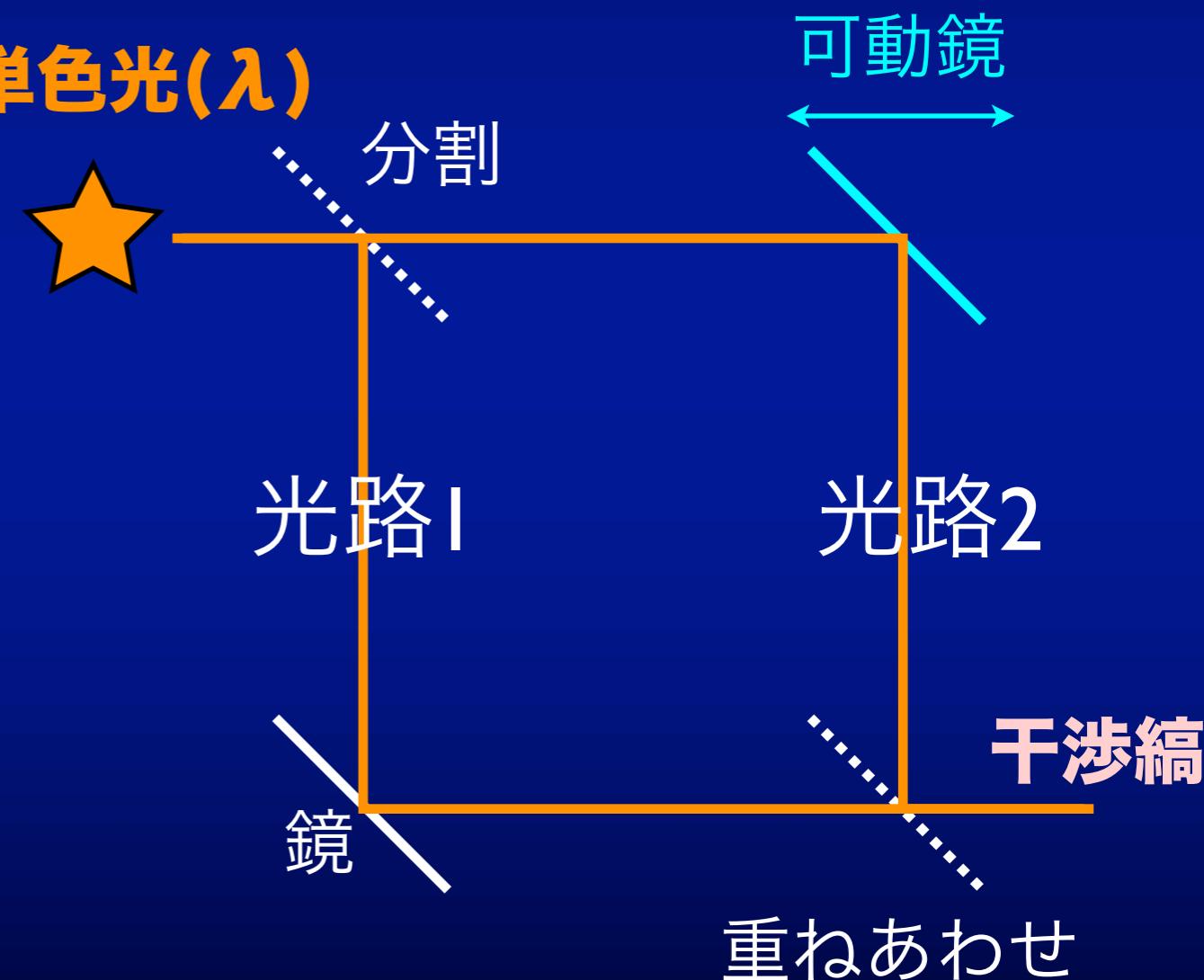
■ いろいろな方式あり

- 波の「干渉」を利用

■ 波長が長い場合

- エネルギー粒子として測定

■ 波長が短い場合



(参考) 波長はどう計るのか？

※波がしらの間隔を定規で測る...!?

- 光を単色光成分に分け、波長**単色光(λ)**を計る機器 = 分光計

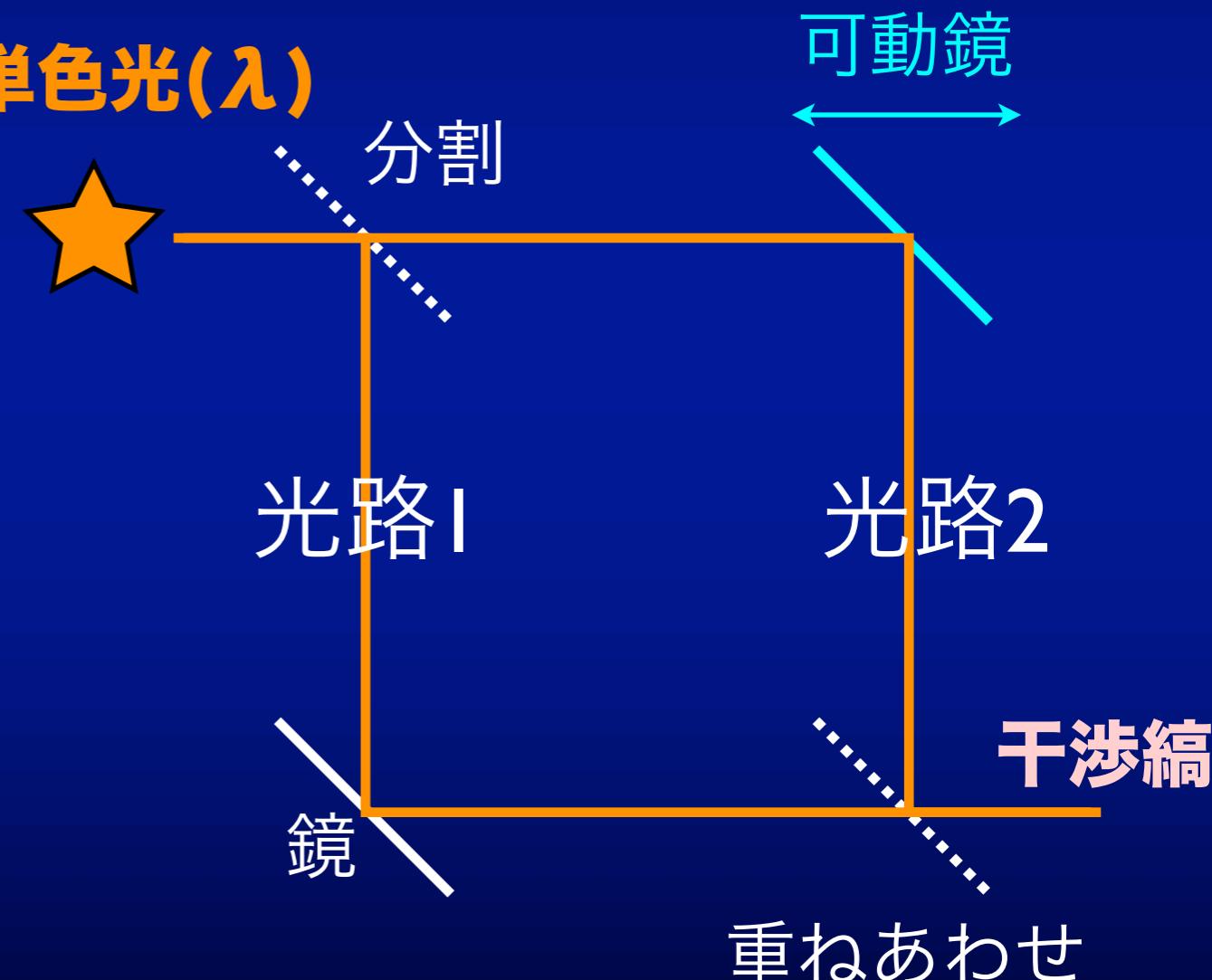
■ いろいろな方式あり

- 波の「干渉」を利用

■ 波長が長い場合

- エネルギー粒子として測定

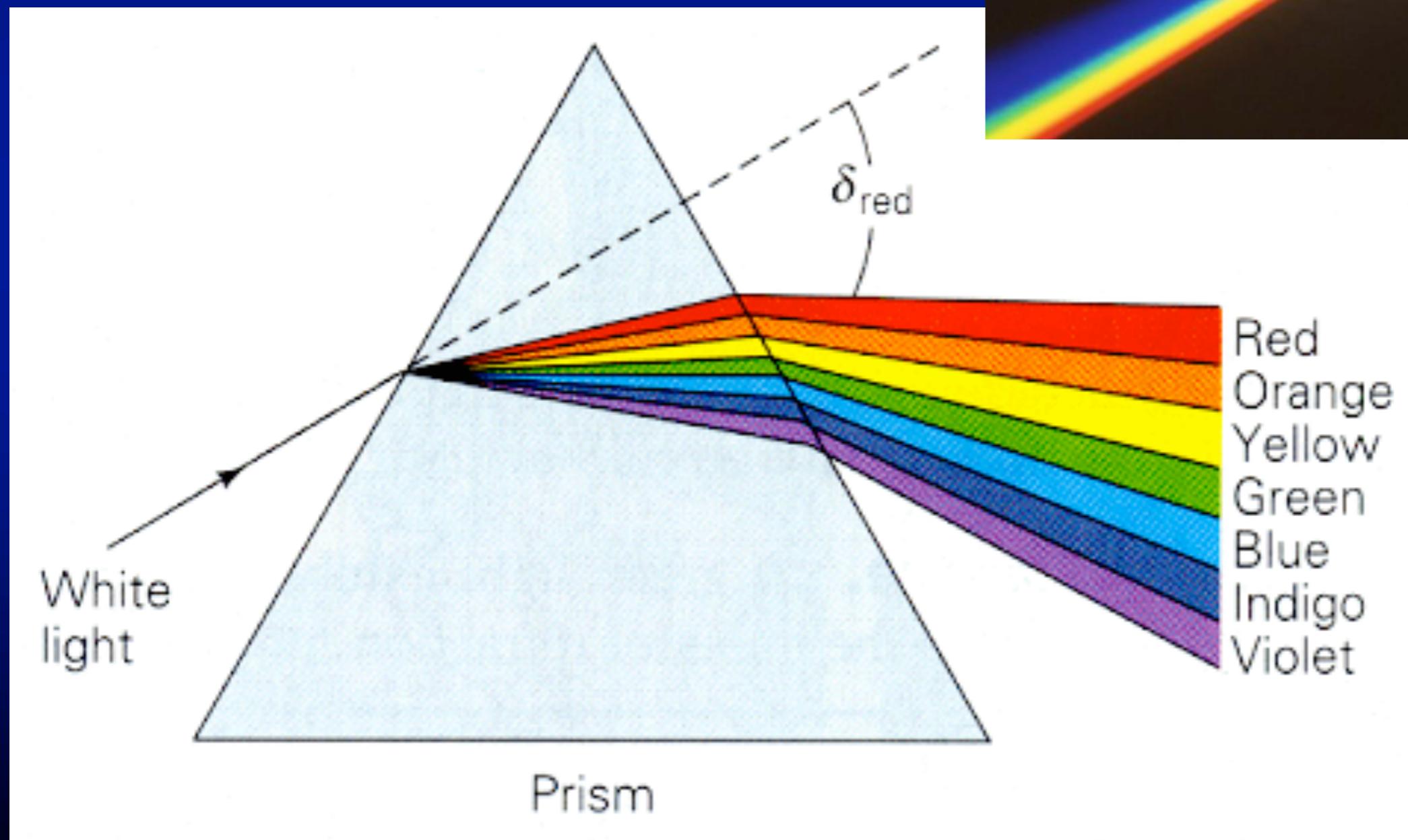
■ 波長が短い場合



可動鏡が λ の整数倍動くたびに
干渉縞の強め合いが見られる

- 色を分ける装置＝分光器
 - プリズム、回折格子...
- 決まった色の範囲だけを通過する装置＝フィルター
 - 簡単な例＝色セロハン

プリズム

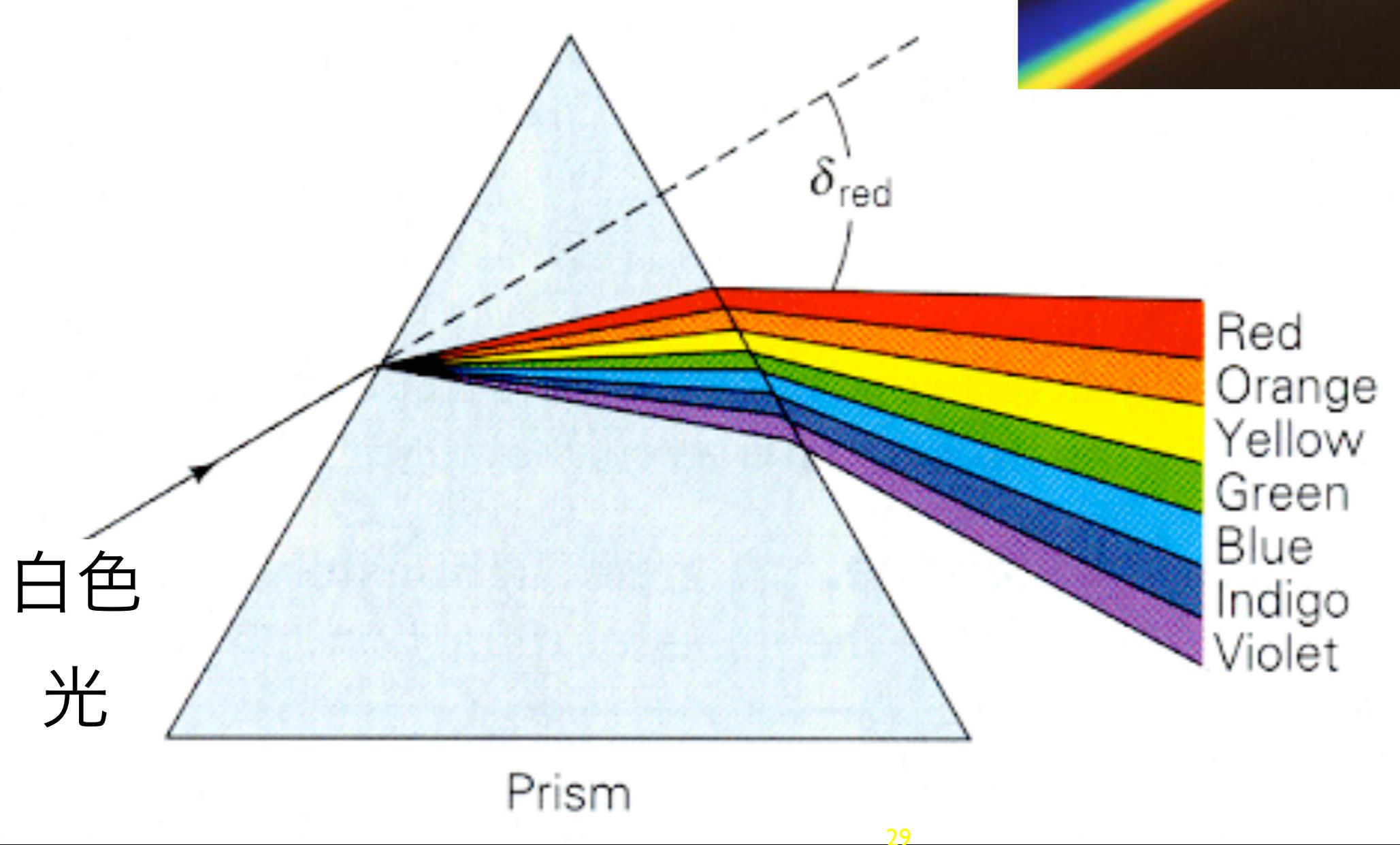


光速(空气中) ≠ 光速(ガラス)

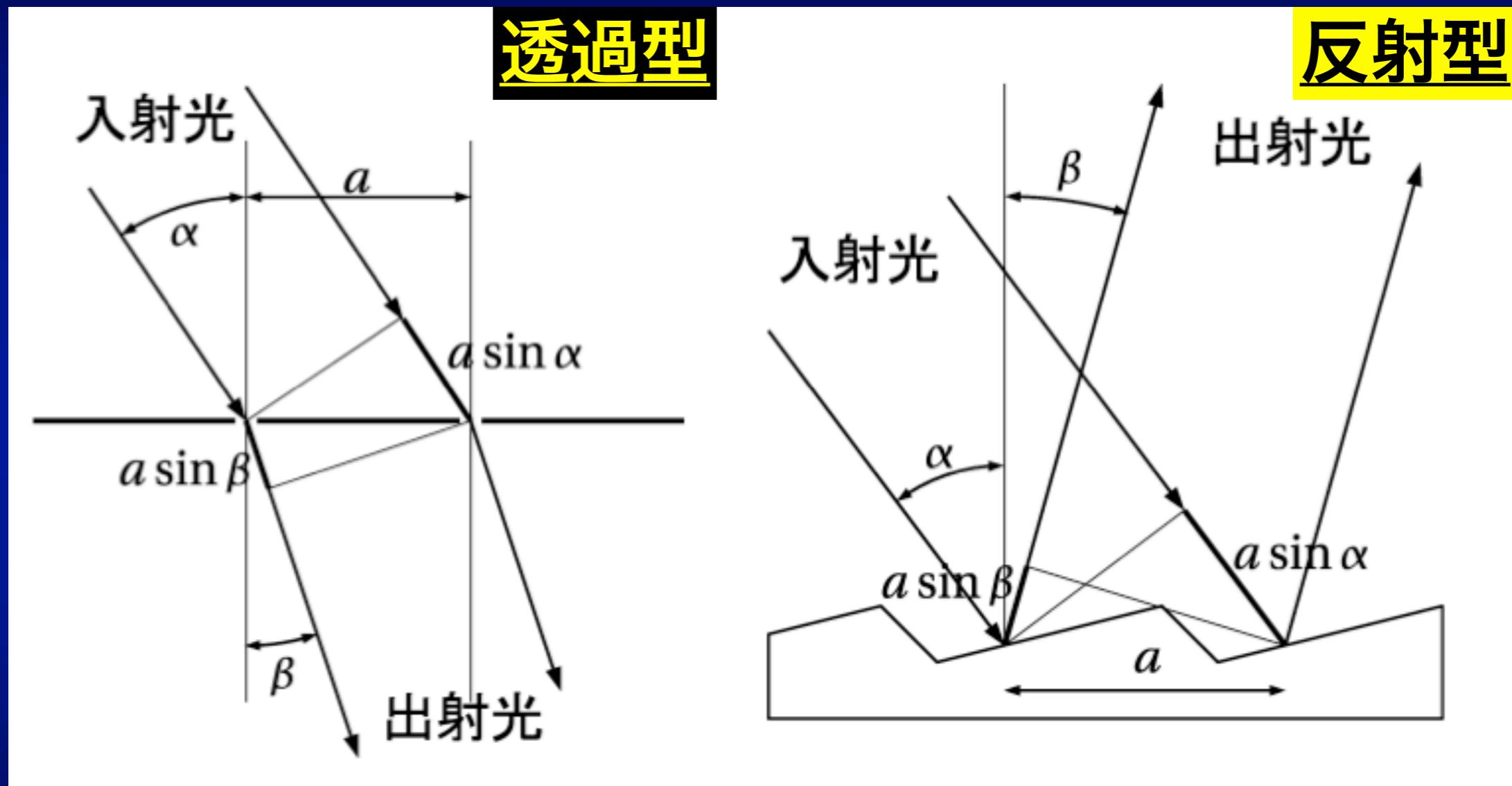
→ 屈折

光速の変化割合が色ごとに違う

(分散性) → 分光



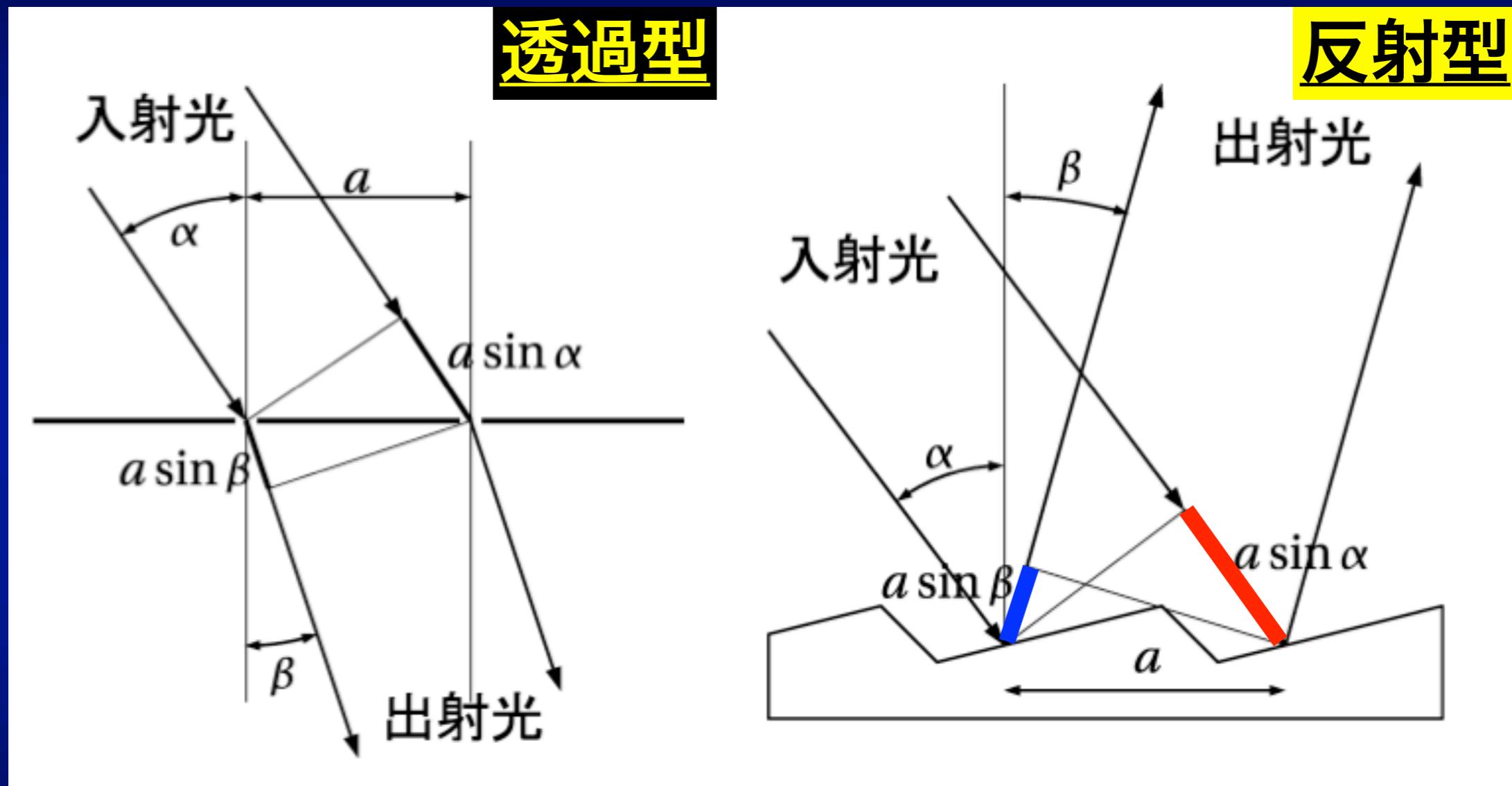
グレーティング (回折格子)



$$a(\underline{\sin \alpha} - \underline{\sin \beta}) = \pm m\lambda$$

a : 回折格子溝間隔, α : 入射角, β : 出射角, m : 次数, λ : 波長

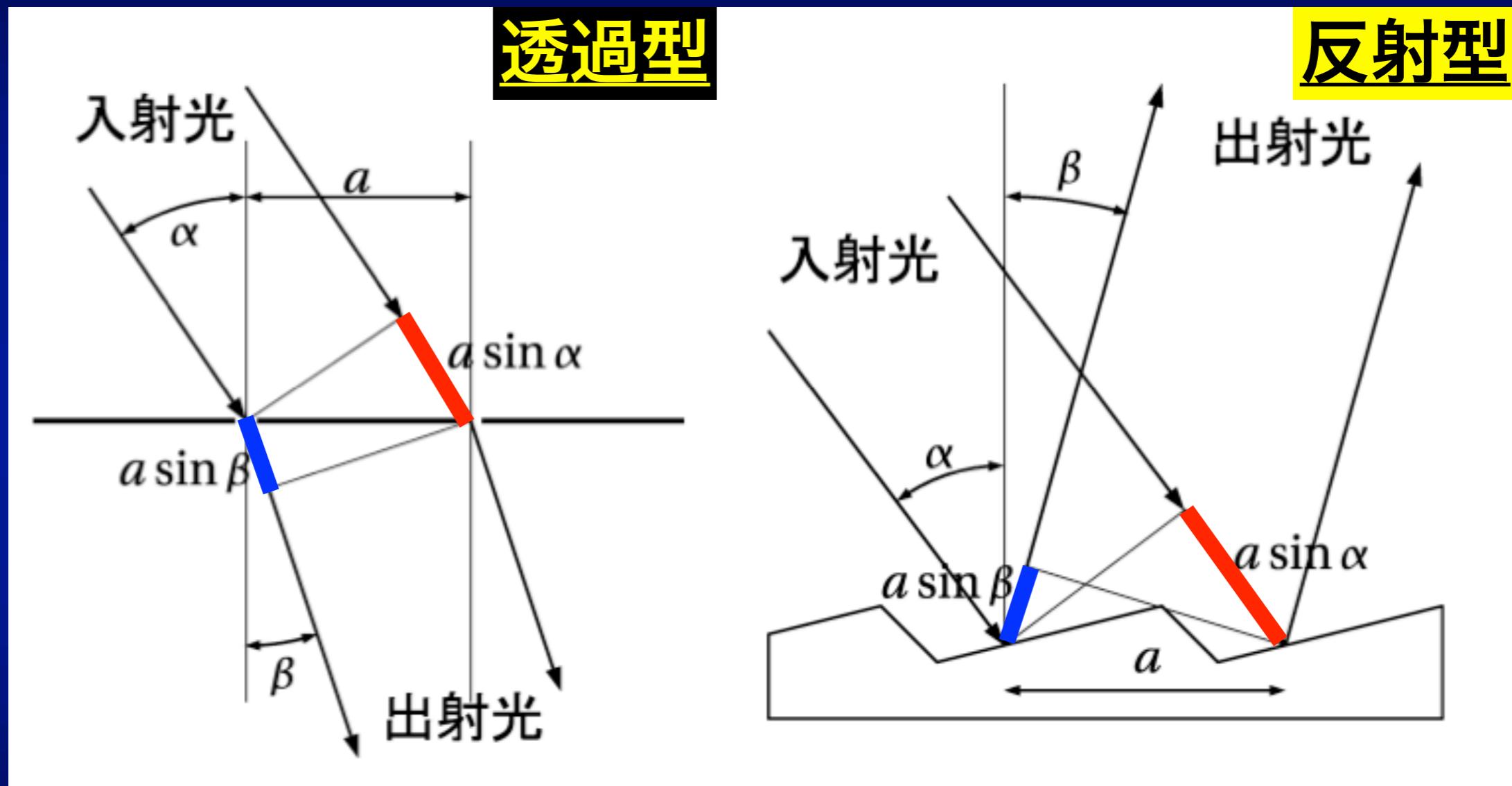
グレーティング (回折格子)



$$a(\underline{\sin \alpha} - \underline{\sin \beta}) = \pm m\lambda$$

a : 回折格子溝間隔, α : 入射角, β : 出射角, m : 次数, λ : 波長

グレーティング (回折格子)



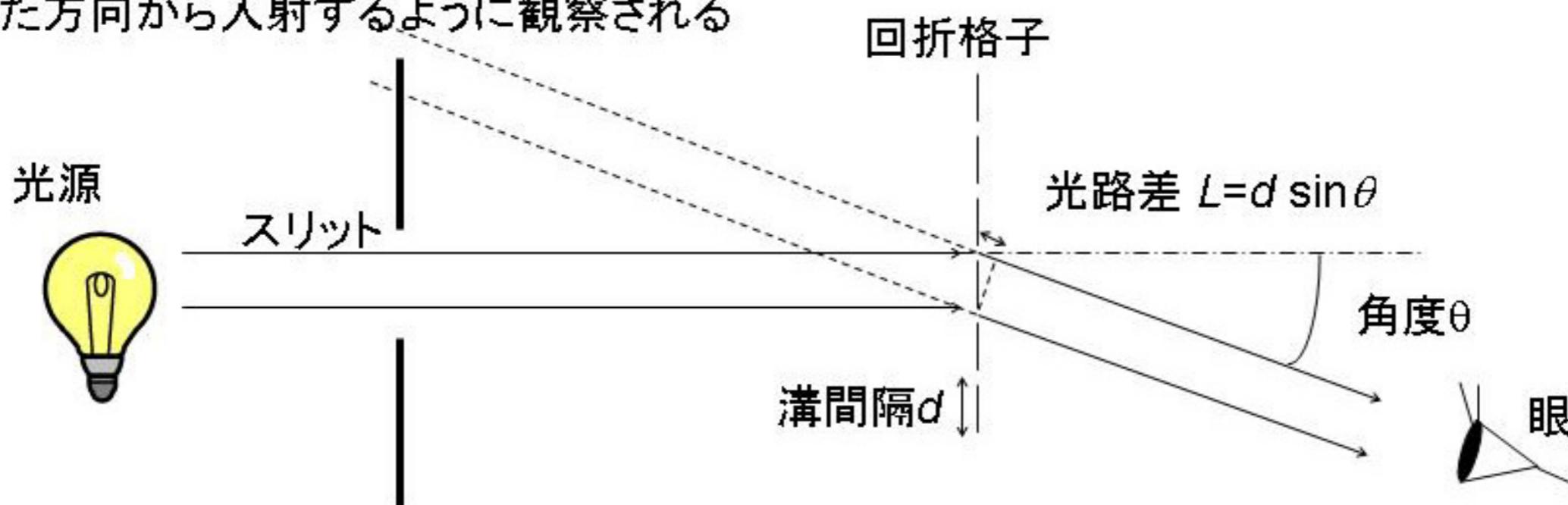
$$a(\underline{\sin \alpha} - \underline{\sin \beta}) = \pm m\lambda$$

a : 回折格子溝間隔, α : 入射角, β : 出射角, m : 次数, λ : 波長

グレーティングを使った分光器

- スリットから光を入れ、接眼部にあるグレーティング（透過型）で分光
- 分光された色の帯（スペクトル）は、スリットとはズレた方向に見える

②波長 λ の光は、 θ だけ進行方向が曲がるので、あたかもスリットから θ だけずれた方向から入射するように観察される



①波長 λ の光は、 L が λ の整数倍($n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$)のときに、その進行方向で明るく見える(干渉)。ただし、 $n=0$ は全波長の光が重なってしまうので、分光された光としては通常 $n=\pm 1$ のときがもっとも明るく観察される。

身边なグレーティング

- CD/DVDの溝

- グレーティングシート

■ 0.6 x 2mで4800円

株式会社ナリカ | 教員のための理科総合サイト 理科.com

http://www.rika.com/product/prod_detail1.php?catalog_no=D20-1837-01

Google Yahoo! Japan アップル NetAuthIU ニュース (675) お役立ち...

新stars 観測天文学 株式会社ナリカ | 教員のための理科総合サイト 株式会社ナリカ | 教員のための理科総合サイト

NaRiKa 教員のための理科総合サイト 理科.com

サイトマップ | リンク集 | カタログ案内
株式会社ナリカ 0120-700-746
(旧 中村理科工業株式会社)

HOME 製品検索 実験準備シート 新製品 会社案内 お問い合わせ

HOME > 製品詳細

製品カテゴリで探す

- 光学機器
- レゴ エデュケーション
- IT
- エネルギー・環境教育
- 計量器
- 物理(電気・磁気)
- 物理(力・運動・物性)
- 物理(光)
- 化学
- 生物
- バイオ
- 地学
- 標本
- 模型
- 収納・運搬・安全
- 数学・教材作成用具

製品詳細

購入計画表を見る

(カタログNo : D20-1837-01)
レプリカグレーティングシート(透過型) 0.6x2m

価格(税抜) : **¥4,800.-**

数量 : 登録する

製品規格一覧 | 別売品 | 補充部品 |
関連機器 | 仕様一覧 |

● 製品説明
プラスチック製
レーザー光線による回折像、スリットを併用した平行光線による回折像の観察等に使用できます。

<仕様>

- 型式：透過型
- 材質：ポリエスチル
- 格子方向：十字
- 格子数：約470本/mm

格子方向：十字

少し高いグレーティングシート

株式会社ナリカ | 教員のための理科総合サイト 理科.com

http://www.rika.com/product/prod_detail1.php?catalog_no=D20-1840

Google

John's Workshop ASTE ALMA Scientific at NAOJ 茨城県環境放...監視センター Google Yahoo! Japan アップル NetAuthIU ニュース (675) お役立ち...

プロモチモールブルー - Wikipedia 観測天文学 株式会社ナリカ | 教員のための... 株式会社ナリカ | 教員のための... 株式会社ナリカ | 教員のための... 株式会社ナリカ | 教員のための...

NaRiKa SCIENCE IS JUST THERE 理科.com

教員のための理科総合サイト

HOME 製品検索 実験準備シート 新製品 会社案内 お問い合わせ

HOME > 製品詳細

製品カテゴリで探す

- 光学機器
- レゴ エデュケーション
- IT
- エネルギー・環境教育
- 計量器
- 物理(電気・磁気)
- 物理(力・運動・物性)
- 物理(光)
- 化学
- 生物
- バイオ
- 地学
- 標本
- 模型
- 収納・運搬・安全
- 数学・教材作成用具
- 実験器具
- 素材・パーツ

製品詳細

購入計画表を見る

(カタログNo : D20-1840)
レブリカグレーティングシート 1000
価格(税抜) : **¥4,200.-**

数量 : 登録する

製品規格一覧 | 別売品 | 補充部品 |
関連機器 | 仕様一覧 |

● 製品説明
簡易分光計の製作や回折の実験に最適です。

<仕様>

- 型式 : 1000
- 材質 : ポリエスチル
- 格子方向 : 平行
- 格子数 : 約1,000本/mm
- 大きさ : 152×305×0.08mm
- 2枚

格子方向 : 平行
スリット光できれいな
スペクトルが得られる

ページトップへもどる

グレーティング・シートで遊ぶ

- 安価で扱いやすいシートを短冊状に切る
- 持ち手の部分を工作用紙で作る
- 目の前にかざし、いろいろなものを見ましょう
 - 白熱電球やLED電球の見え方
 - 3色蛍光灯や天井の蛍光灯の見え方
 - 両者に違いがあるのはなぜか？
 - 下敷きをかざしてみると？
- 指紋で汚れたら：アルコールで拭く

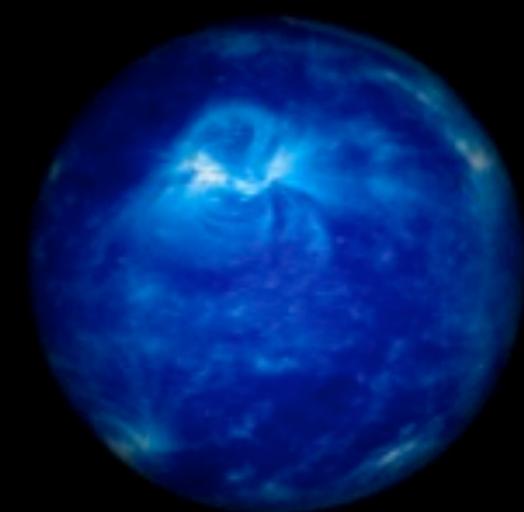
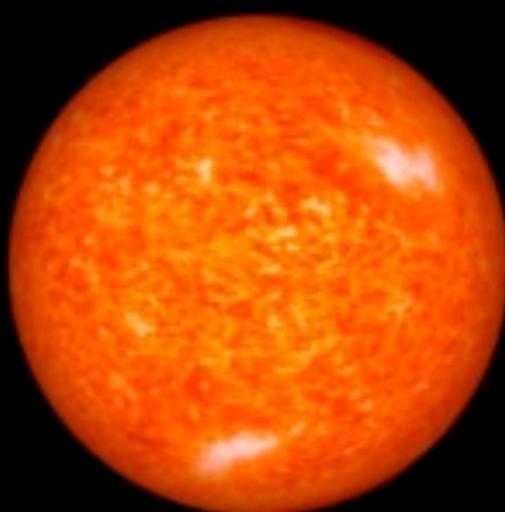
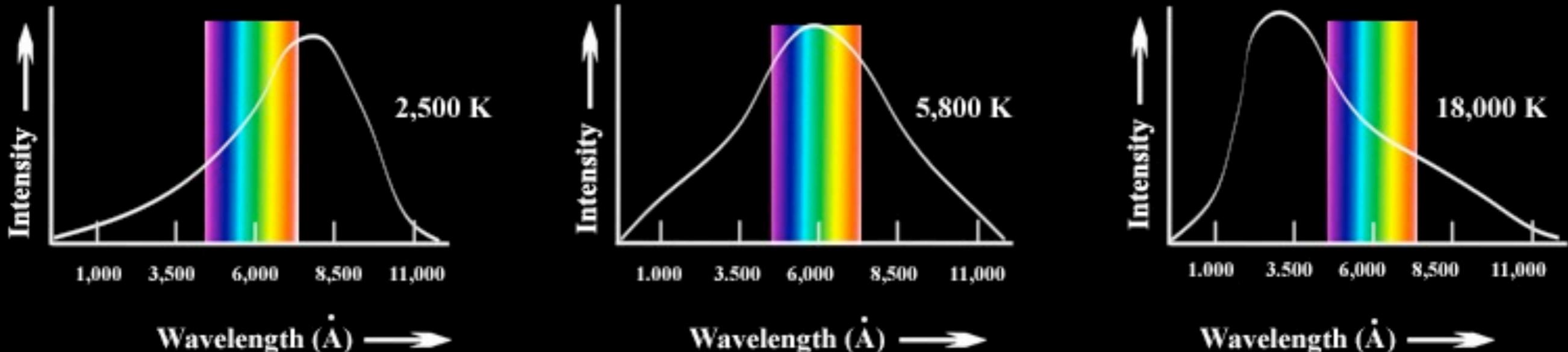
溶液の色



BTB溶液反応

物質により
吸収する光の
波長（エネルギー）
が変わる

星の色の違いとスペクトル概念図

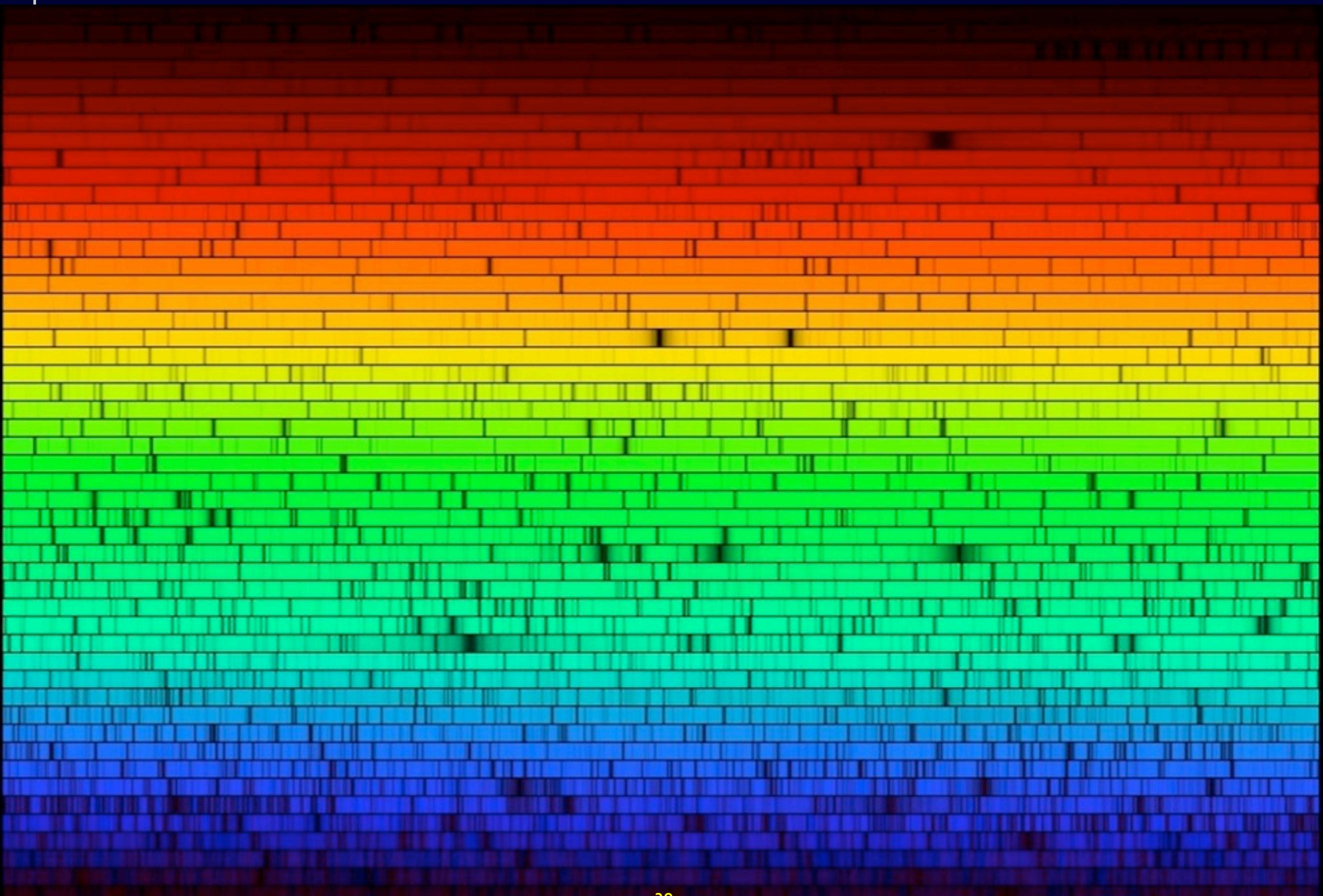


Colors are exaggerated

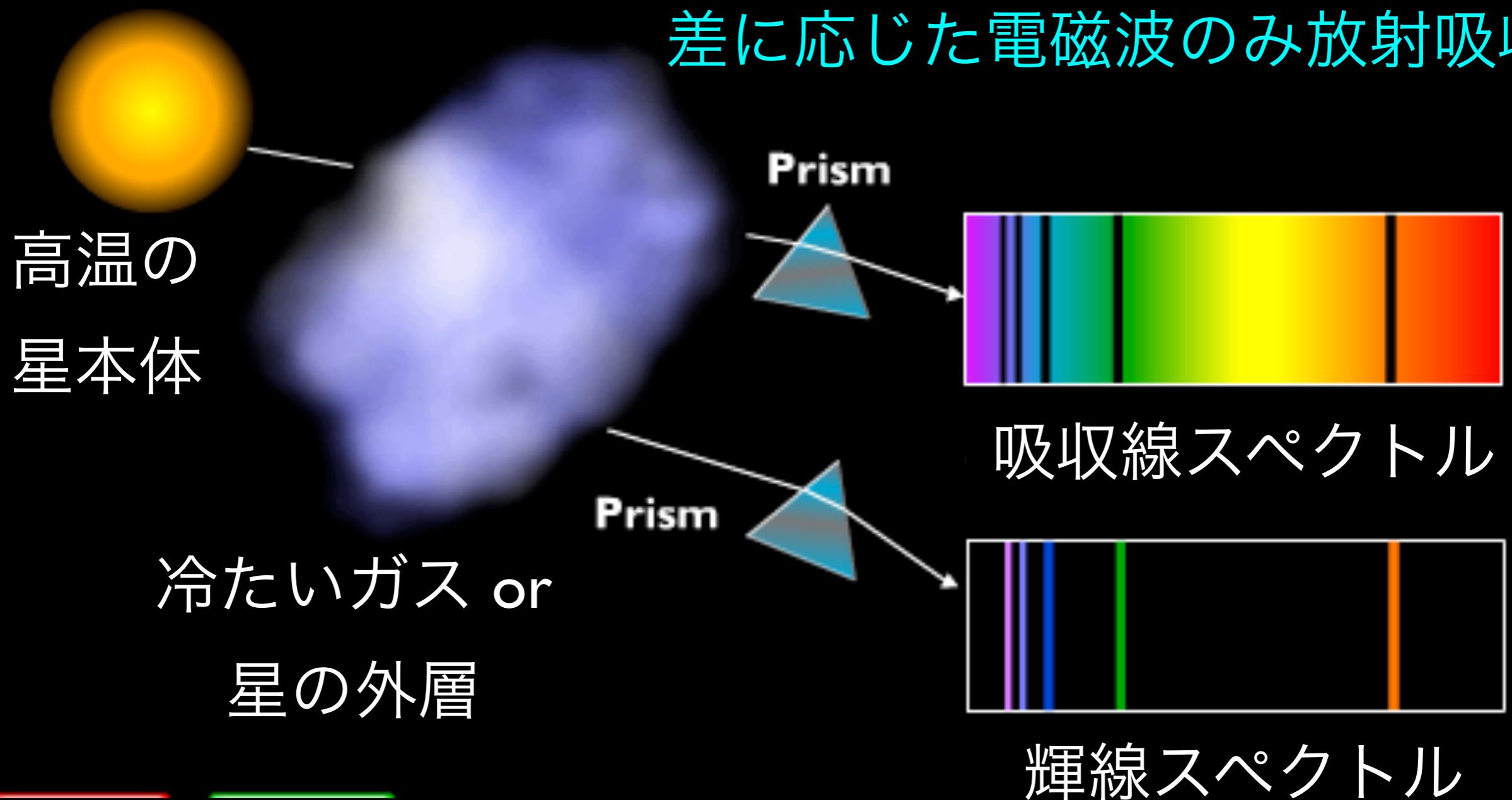
太陽光をもっと
細かく色分けすると...



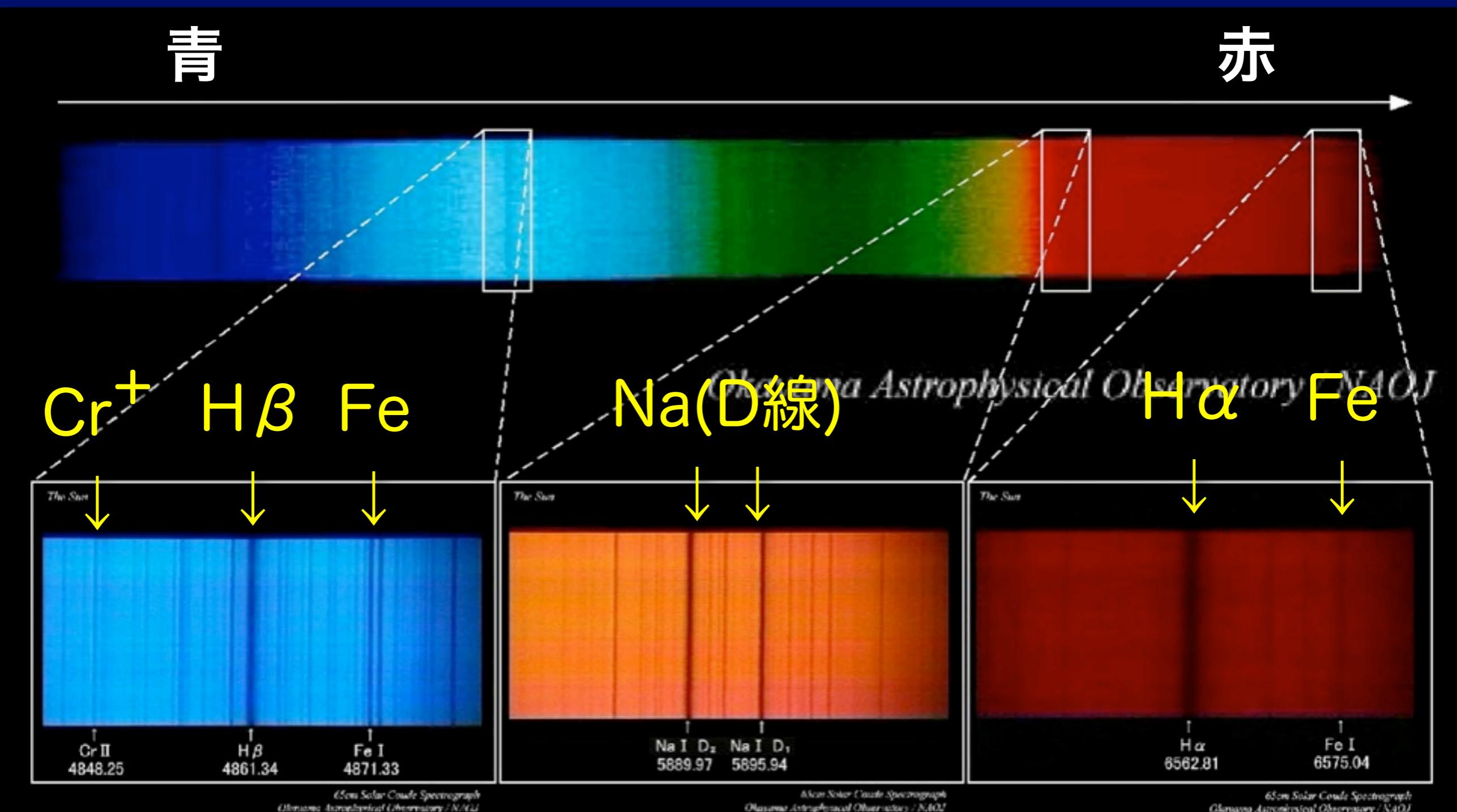
たくさんの”暗線”=フラウンホーファー線



輝線と吸収線



消えている色：吸収物質と関連



まとめ

- 太陽の光には、様々な色の成分が混じっている
- 身近な光源の色の混じり方は、光っているものの性質に応じて変化する
- 色を分けて観察することを「分光」と呼ぶ
- CDやグレーティングを用いることで分光が可能
- 分光は、物質や光っているものの性質を調べる研究における重要な手段となっている