

# サイエンス実験

## -波長観測器の製作-

2011/1/11(火) 6限

電気電子工学科

# 電磁波の性質 (その1)

真空  $v=c$  光速、直進

誘電体  $v = c/\sqrt{\epsilon_r}$  速度低下 (周波数は一定)  $\lambda = \lambda_0/\sqrt{\epsilon_r}$  波長短縮

誘電体レンズ  $\epsilon_r$  焦点 干渉 (定在波) 屈折

干渉 (定在波) 反射 屈折透過 誘電体層 反射 透過

吸収損失  $\epsilon_r$  透過

干渉 (定在波) 回折 干渉 (定在波) 衝突  $\epsilon_r \gg 1$

干渉 (定在波) 共振 (定在波) 誘電体球 干渉 (定在波) 散乱

※ 本来の入射波と別の波が重なることを干渉と呼び、その干渉縞のことを定在波と呼ぶ

藤田, 電波のお話, "RFワールド", No.2 pp.111-113, CQ出版

# 電磁波の性質 (その2)

ドップラ (1803-1853) プラハ工科大学 (現チェコ工科大学) 教授で、オーストリアの物理学者。二重星の色に関してドップラ効果を論じ、後に音響現象にも当てはまることを指摘した。

S2の波面 S1の波面  $t = \frac{r_1}{c}$

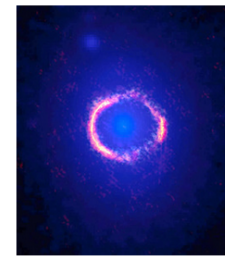
波長が短くなる (縮まる) 波長が長くなる (伸びる)

$f_2 = f_0 \left(1 + \frac{v}{c}\right)$   $f_1 = f_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right)$

ドップラー効果

# 電磁波の性質 (その3)

2015/4/8 朝日新聞 より引用  
「アインシュタインの輪」くっきり 国立天文台など撮影  
東山正宣 2015年4月8日 15時 25分



117億年前の銀河が輪になって見えた「アインシュタインリング」= 国立天文台、NASAなど提供

## 重力レンズ効果

(重力場と電磁場の相互作用※)

※ マクスウェルの方程式に重力項は入っていないので、電磁気学の知識だけでこの現象を解くことは不可能

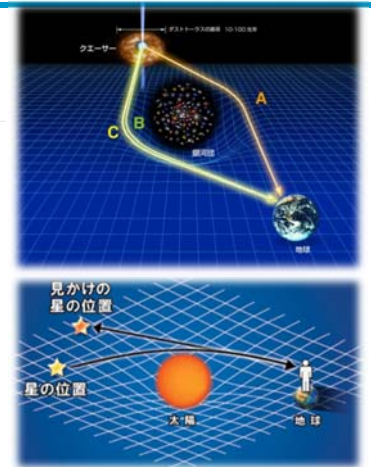
<http://www.astroarts.co.jp/news/2014/10/23quasar/index-j.shtml>

<http://sendaiuchukan.jp/event/news/2009eclipse/soutaisei/soutaisei.html>

国立天文台などは7日、117億光年先にある銀河が、手前にある銀河の重力によって輪のようにゆがんで見える「アインシュタインリング」の撮影に成功したと発表した。南米チリにある電波望遠鏡 群「ALMA(アルマ)」で、人間の視力の2600倍に相当する解像度で撮影した。

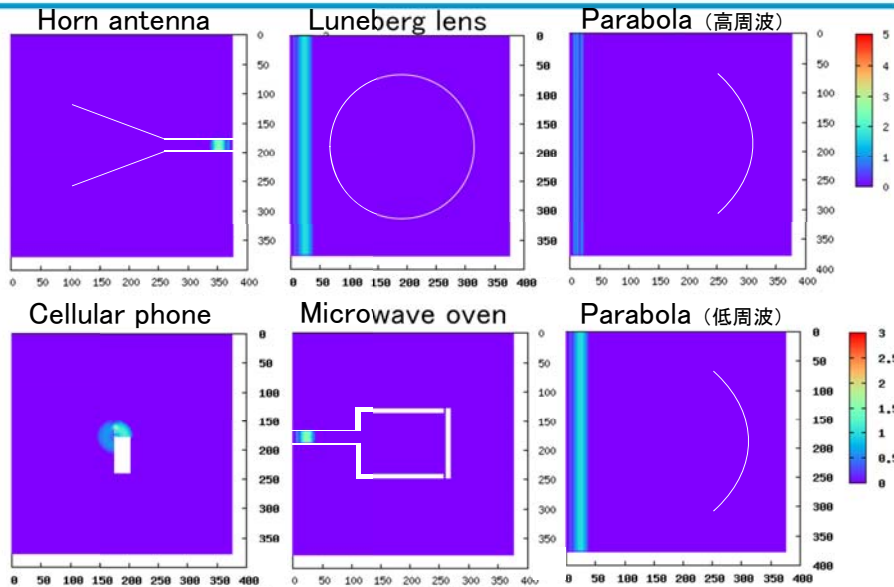
撮影した画像と、米航空宇宙局 (NASA) のハッブル宇宙望遠鏡 が撮った35億光年先の青い銀河の姿と重ねると、遠くの銀河が輪のように見えた。

アインシュタインリングは、手前の銀河の重力を介して、光が重力が曲げられて地球に届く「重力レンズ効果」によって見える現象。



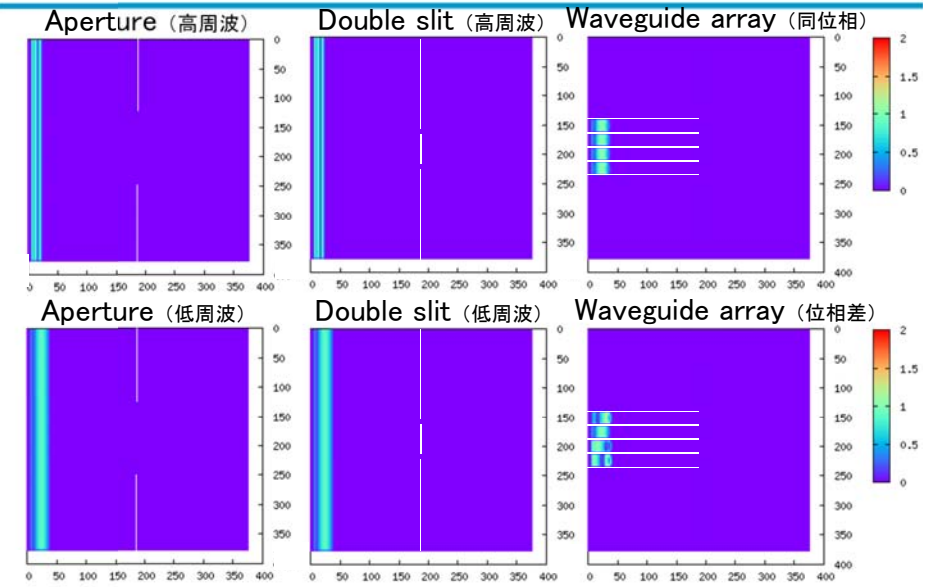
一般相対性理論による空間の歪みのイメージ

# 動画で見る電磁波の性質 (その1) <sup>5</sup>



[http://www.cn.kagawa-nct.ac.jp/~kusama/study/cem/fdtd/fdtd\\_2dtm/fdtd\\_2dtm.html](http://www.cn.kagawa-nct.ac.jp/~kusama/study/cem/fdtd/fdtd_2dtm/fdtd_2dtm.html)

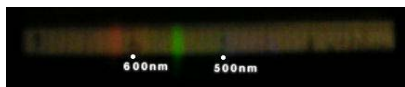
# 動画で見る電磁波の性質 (その2) <sup>6</sup>



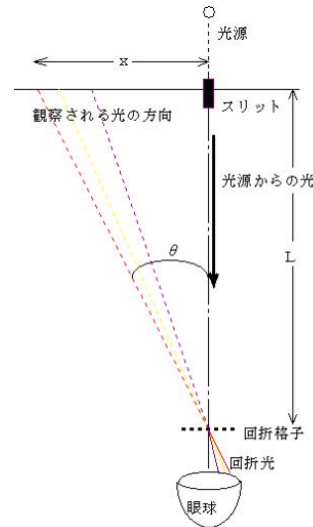
[http://www.cn.kagawa-nct.ac.jp/~kusama/study/cem/fdtd/fdtd\\_2dtm/fdtd\\_2dtm.html](http://www.cn.kagawa-nct.ac.jp/~kusama/study/cem/fdtd/fdtd_2dtm/fdtd_2dtm.html)

# 実験概要 <sup>7</sup>

Keyword: 光工学、回折



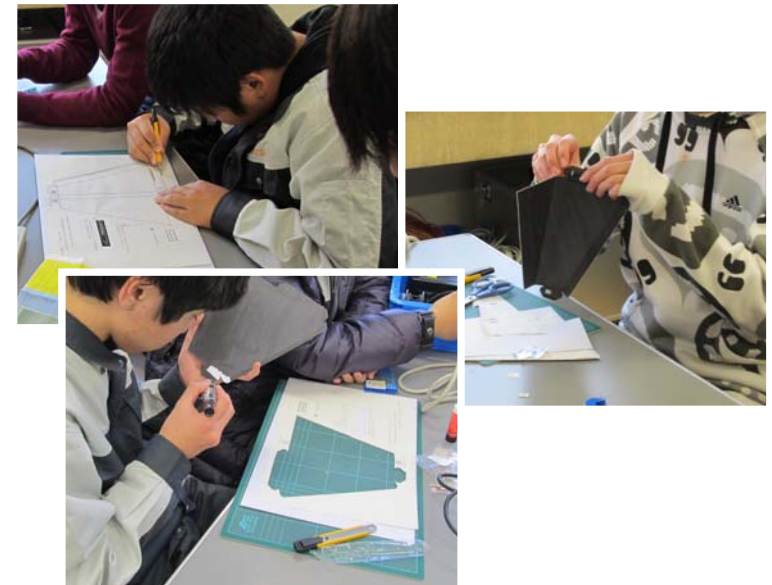
$$x = L \tan \theta = L \frac{\lambda}{\sqrt{d^2 - \lambda^2}}$$



回折格子を用いた分光器の原理

波長が読める簡易分光器 [http://www.urap.org/\\_forum/ashi/science/spectrometer/spectrometer.htm](http://www.urap.org/_forum/ashi/science/spectrometer/spectrometer.htm) より引用

# 実験イメージ <sup>8</sup>



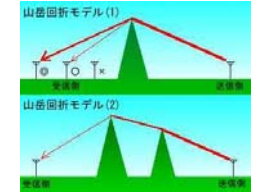
# 準備品

※ 3人1組で実施 (全部で15班)

- スティックのり × 1
  - セロテープ × 1
  - カッター × 1
  - ガムテープ × 1
  - カッターマット × 1
  - 乾電池 × 2
  - はさみ × 1
  - 黒マジック × 1
  - アルミ箔(2cm × 2cm) × 1
  - 回折格子(1.5cm × 1cm) × 1
  - 半透明目盛り板 × 1
  - B4設計図 × 1
  - B4厚紙 × 1
- ※ 灰色文字は2班(1テーブル)で一つを共有すること

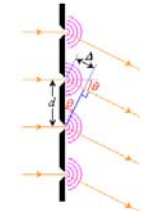
# 回折と回折格子

**回折 (Diffraction)** とは、波が障害物の背後 (幾何学的には到達できない領域) に回り込んで伝わっていく現象のことを言う。障害物に対して波長が大きいほど回折しやすい。



回折 <http://ja.wikipedia.org/wiki/> より引用  
 山岳回折 <http://www1.tcnet.ne.jp/yamagu/kousatu/vol8.html> より引用

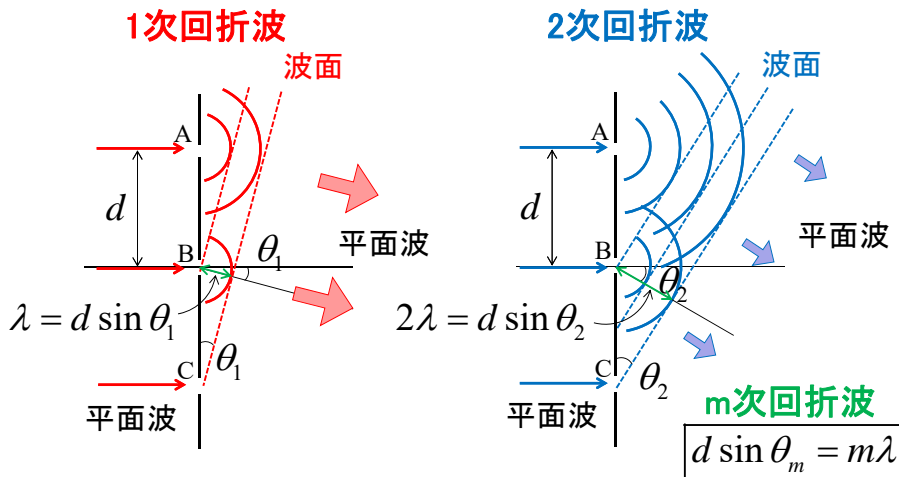
ガラス表面に500本から10000本の光が通過できる部分(キズのような厚みが薄い溝)を設け、通過した光が**回折**して相互に干渉し、スクリーン上に明瞭な明線を生じるようにしたものを、**回折格子**と言う。



また、光が通過できる部分の隣接平行直線の距離  $d$  を**格子定数**と言う。

物理入試問題の研究 <http://f57.aaa.livedoor.jp/~paintbox/cfv21/phys/diffrating.htm> より引用

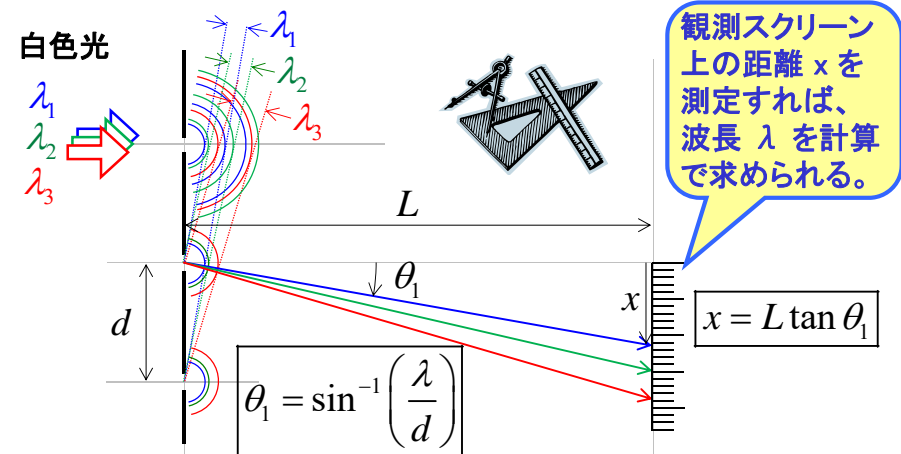
# 回折波の次数と強度



振幅強度比: 0次波 > 1次波 > 2次波 > ... > m次波

# 分光器(波長計)への応用

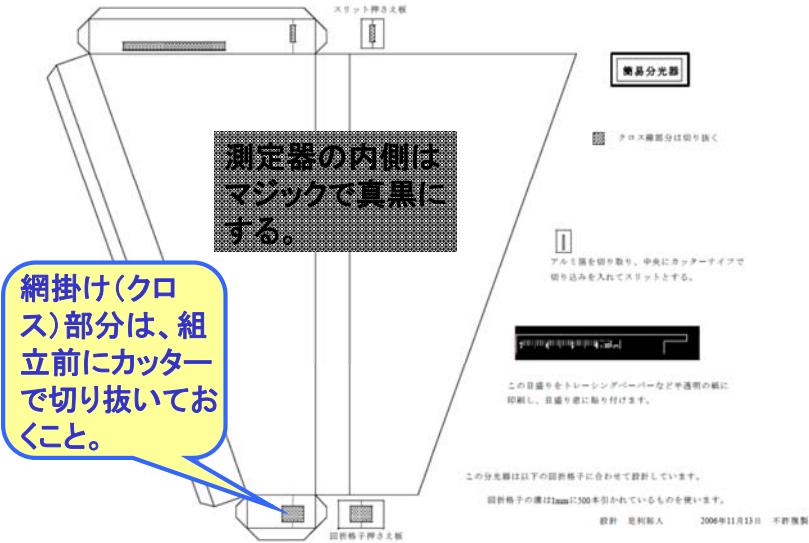
強度が強い**1次回折波**のみに着目



回折角度: (短波長)  $\theta_{1\lambda_1} < \theta_{1\lambda_2} < \theta_{1\lambda_3}$  (長波長)

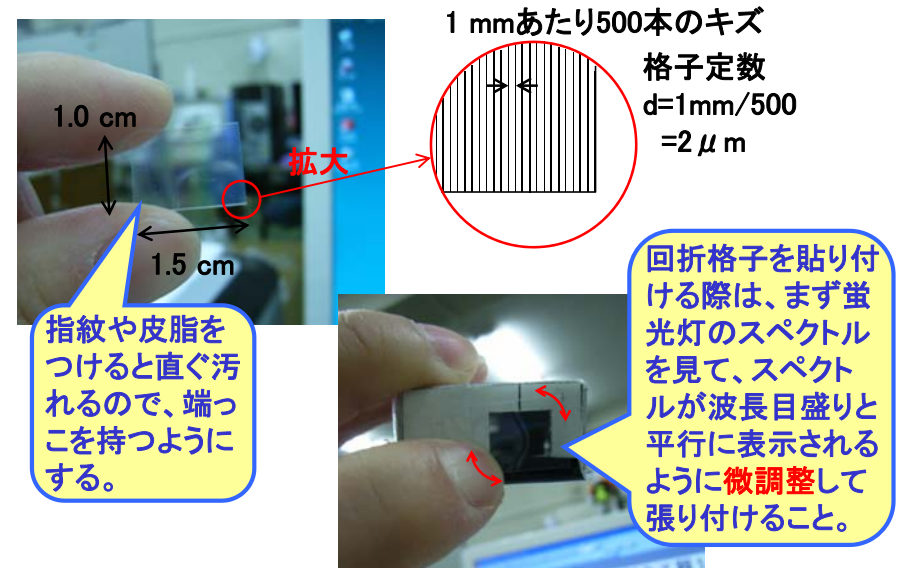


# 設計図

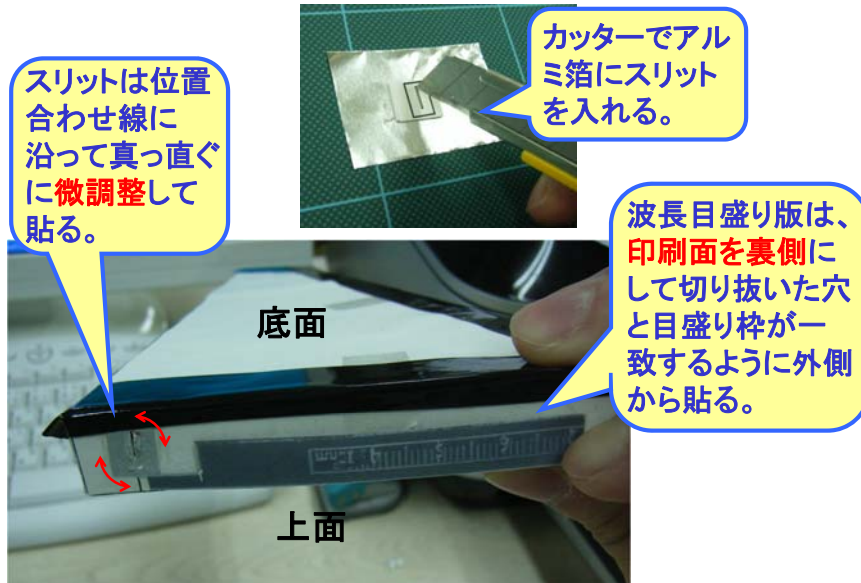


足利裕人 [http://www.urap.org/\\_forum/ashi/science/spectrometer/spectrometer.htm](http://www.urap.org/_forum/ashi/science/spectrometer/spectrometer.htm) より引用

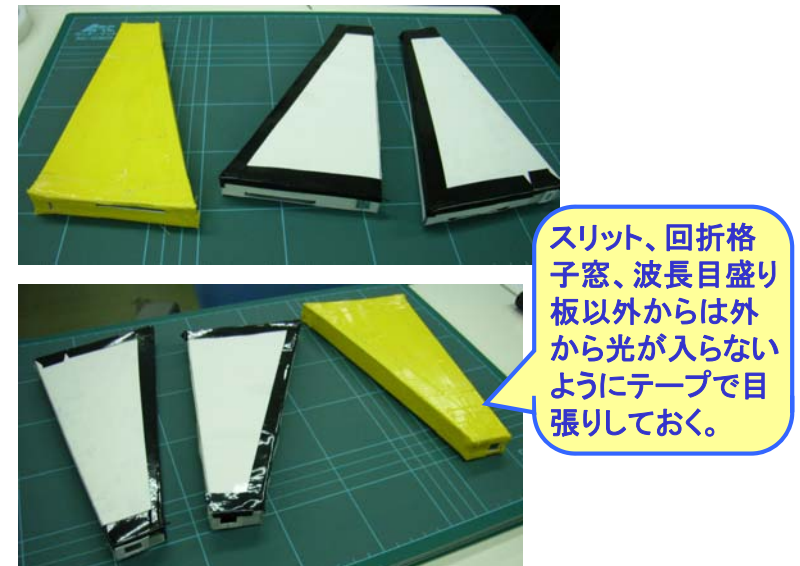
# 製作工程1



# 製作工程2

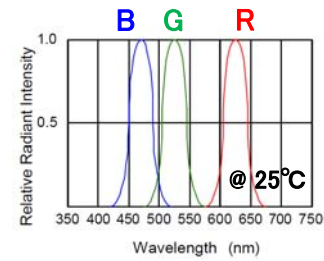


# 製作工程3





- (1) EP204Kのカタログ値に記載された波長(下図)と簡易分光器で測定した波長は一致しているか？



赤(橙赤)  $\lambda = 625\text{--}740\text{ nm}$   
緑  $\lambda = 500\text{--}565\text{ nm}$   
青(紫青)  $\lambda = 450\text{--}485\text{ nm}$

- (2) 蛍光灯のスペクトルとの違いは何か？
- (3) 波長目盛り板は等間隔ではなく、波長が長いものほど間隔が広がって設計されている理由は何か？