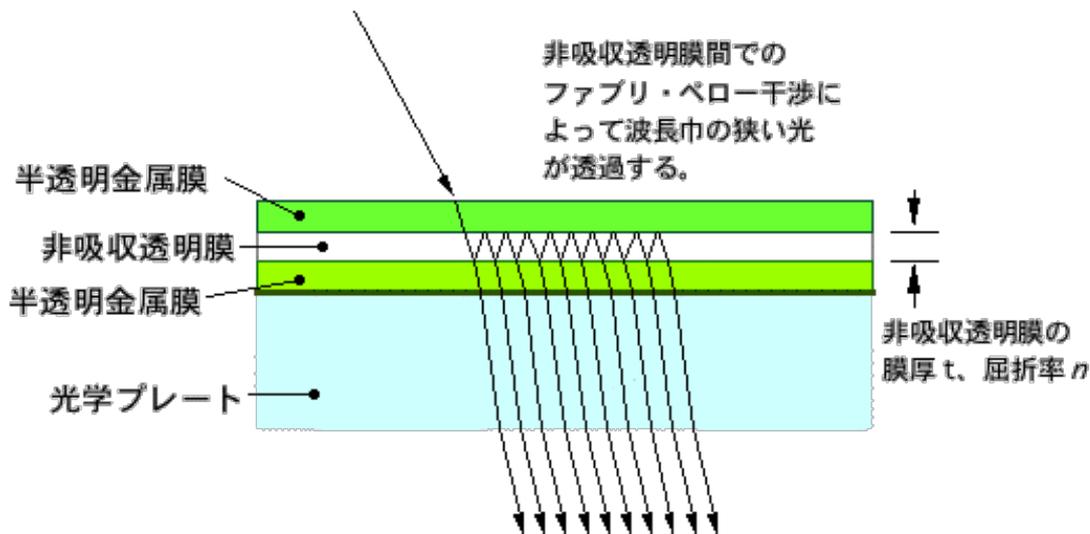


McLean ゼミ

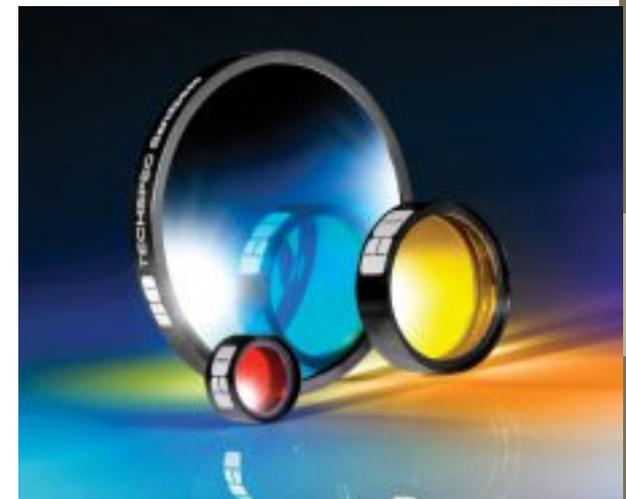
大澤担当分(pp. 161 ~ pp. 167)

5.1.1 光電測光器

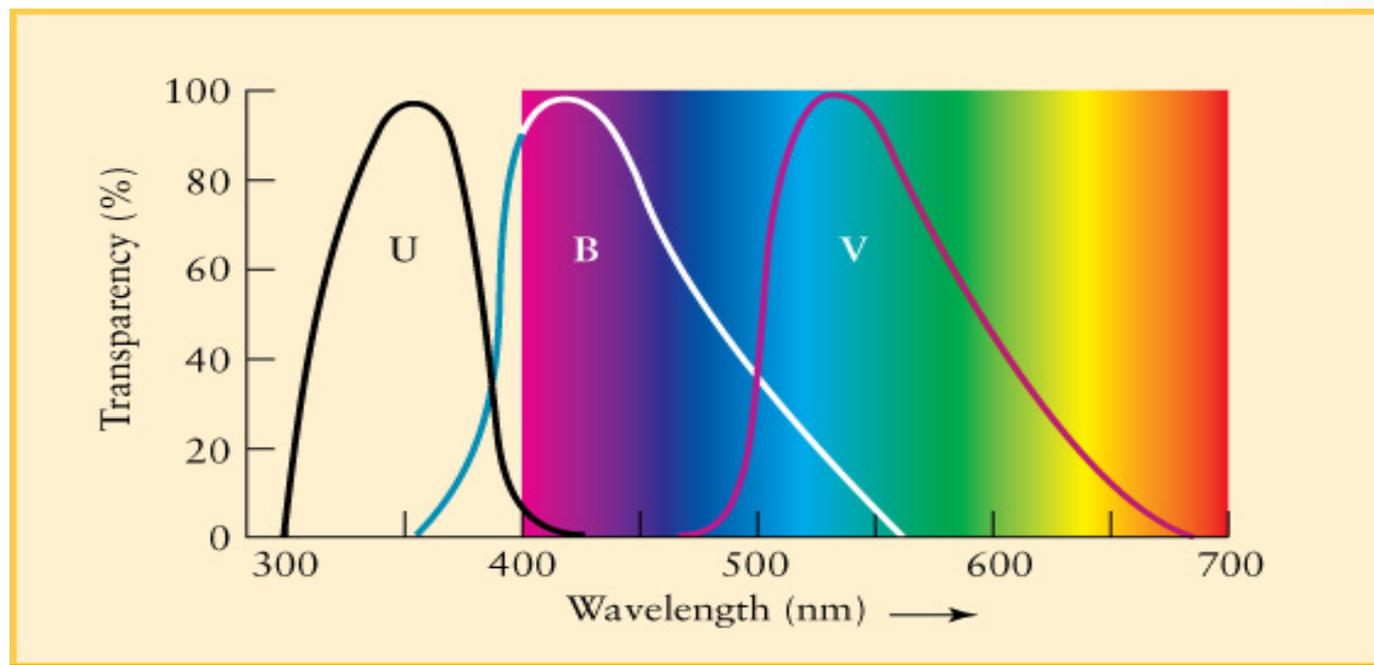
- 測光器(photometer) : 天体の見かけの輝度を測定。
フィルターなどで測定する波長帯が決められていたが、
現在は好きな波長帯を通すフィルター(干渉フィルター)
が可能。
- 干渉フィルター



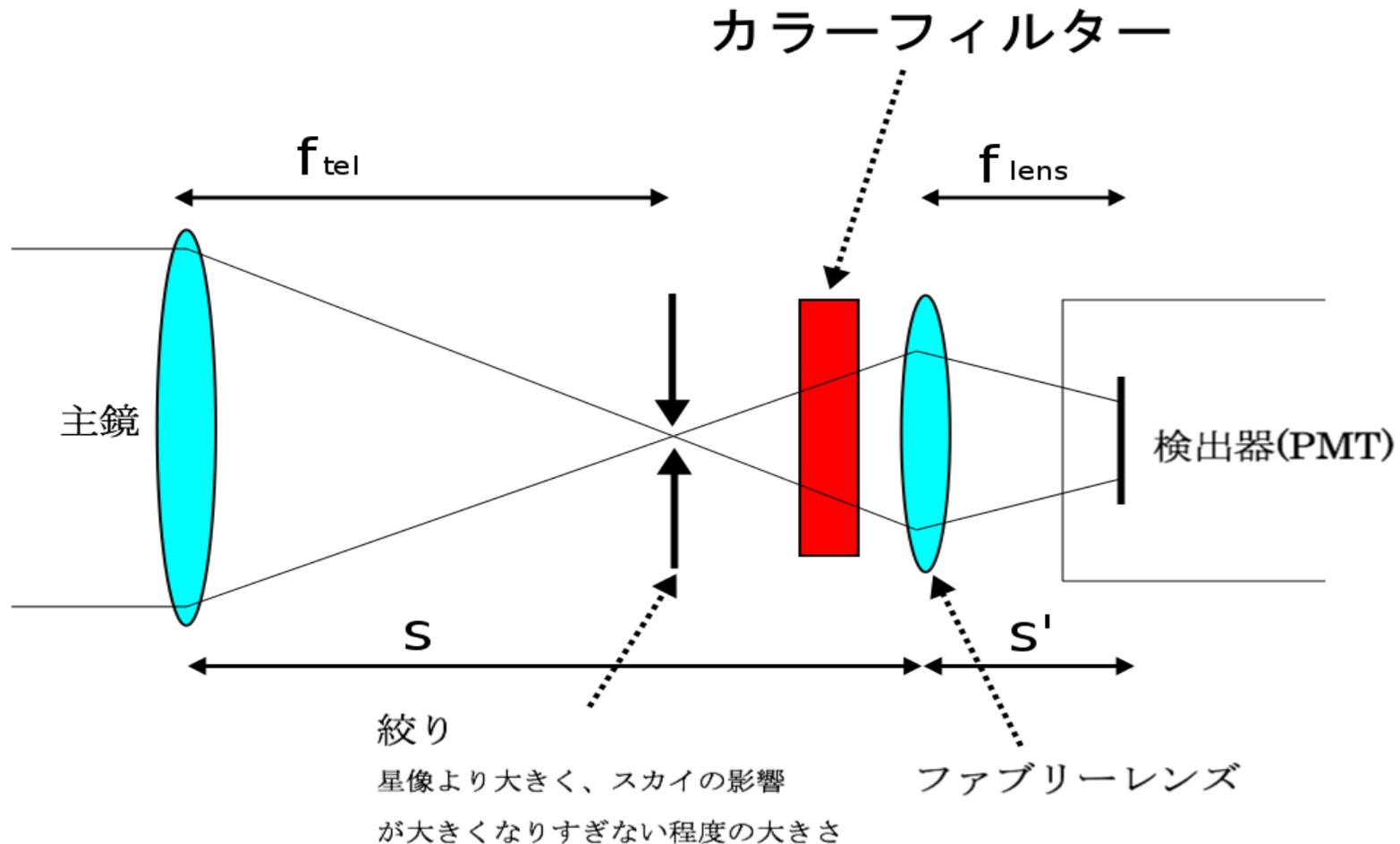
干渉フィルタの基本原理



- 測光には光電子増倍管(PMT)が使われる。
- **UBVシステム**：
輝度測定システムの一つ。
U(紫外),B(青),V(実視)の三色それぞれで明るさを測定し、
等級で表す。



- 簡単なphotoelectric photometerの機構
 - ファブリーレンズで検出器に主鏡の像を作ること、絞りでの星の位置に依存しないシグナル強度が得られる。
 - 安定なシグナル



- Photometry

1. 原理

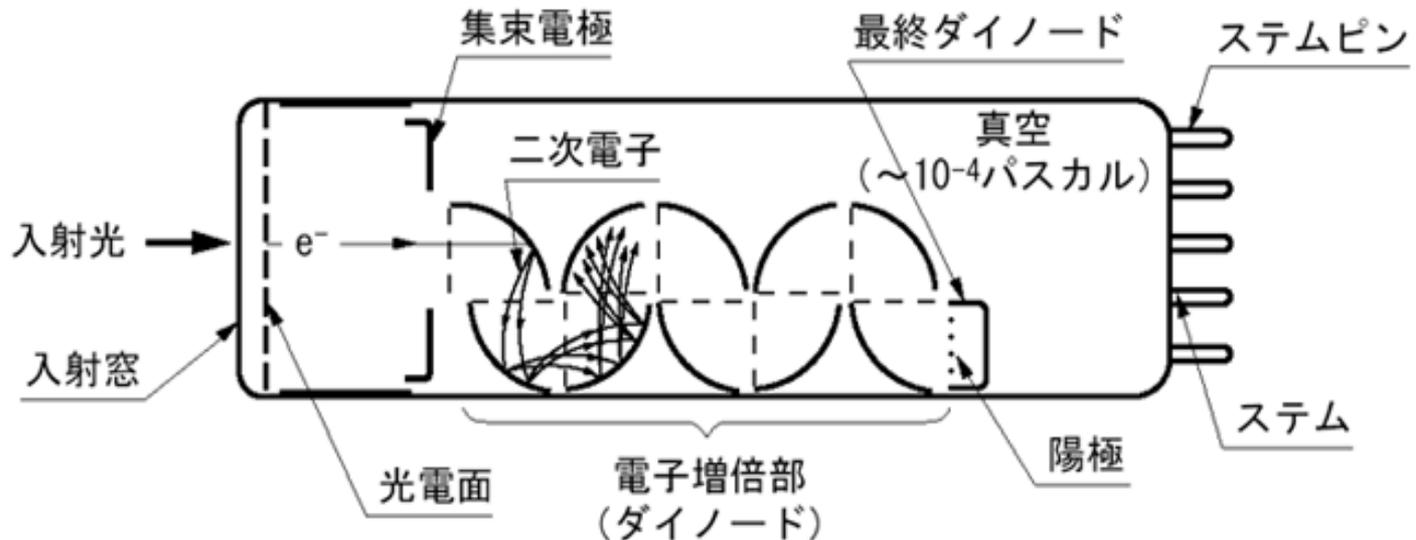
電子増倍過程の結果、陽極に現れる電流を測定することで行われる。

2. 光の弱い場合

PMTからの出力を増幅器に入れて、標準幅をもち入力に比例する高さをもつ長方形の電圧パルスを放出する。信号は増幅器由来の小さなパルスを退ける弁別器を通過後にdigital electronicsで数えられ、コンピュータに送られる。

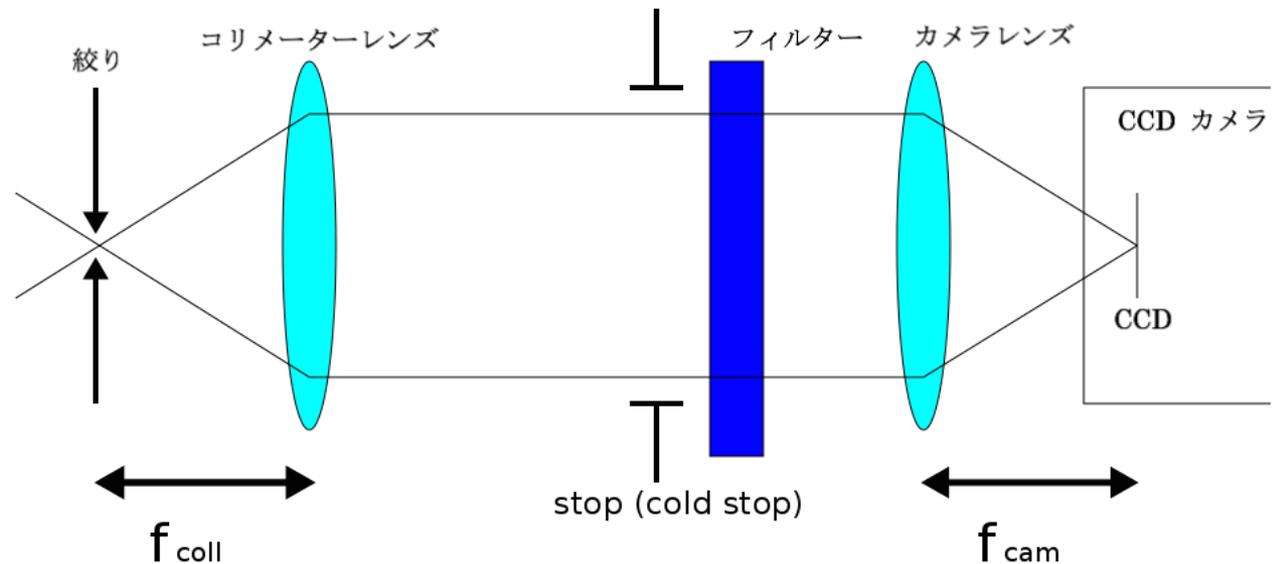
- PMT

- 光電面は-1600V、陽極は0V。
- 光電面での暗電流を抑えるために、-20°Cに冷却。大きな暗電流を持つPMTの場合、ドライアイスで-78°Cまで冷却。



5.1.2 Camera systems

- カメラシステムのレイアウト
 - 二つのレンズの焦点距離から倍率を決定できる:
 $m = f_{\text{cam}} / f_{\text{coll}}$
 - 厚いフィルターを平行光線内に入れられる。
 - 入射瞳外からの光をcold stopで遮ることができる。



- 測光

- デジタル画像上で適切な大きさの**software aperture**を選択し、すべての信号を足しあげることで事後的に行うことができる。
- 足し上げられる領域の周囲の円環からスカイを見積もる。→スカイの別個の測定は不要。
- 星像はいくつものピクセルに広がっており、スカイの画像として他のピクセルが使われるので、すべてのピクセルが同じ感度を持つように標準化しておくことが重要。

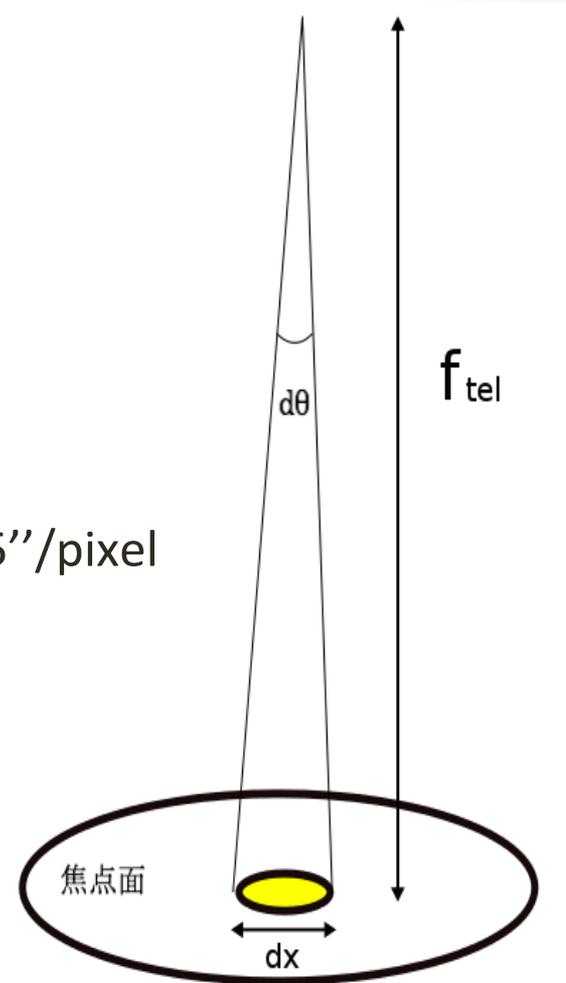
5.1.3 Pixel sampling and ...

- 空間、スペクトル分解能と検出器のピクセルをマッチさせる際に考慮すべき点
 1. 観測効率の最大化：
より多くの光をあてて、積分時間を最小に保つ。
 2. 正確な測光のために、上記のことをカメラシステムの能力を損なわずに行う。
- 空間分解能：シーイングや光学系の制限により決定
 - resolution elementの直径が2 pixels : critically sampled
 - resolution elementの直径が5 pixels : oversampled
- スペクトル分解能：入射スリットの幅が決定的要因
 - スリットが細ければ高い分解能が得られるが、効率は落ちる。

- Plate scale : 望遠鏡の焦点での1mmに一致するのは何秒角?
 $(ps)_{tel} = 206,265/f_{tel}$
 - f が大きくなると、 ps は小さくなり、拡大率は大きくなる。
- 検出器に広がっている角度 θ ("/pixel)

$$\theta = (ps)_{tel} d_{pix}$$

- d_{pix} はピクセルの大きさ(mm)
 - 近赤外の場合は9 μ mから30 μ m
 - 中間赤外の場合はより大きくなる。
- いくつかの例 ($d_{pix} = 20\mu\text{m}$):
 1. CFHT (口径3.6m) :
 - 主焦点の場合 : 13.70"/mm, 0.27"/pixel
 - カセグレン焦点の場合 : 7.33"/mm, 0.15"/pixel
 2. UKIRT (口径3.8mのカセグレン式) :
1.52"/mm, 0.03"/pixel
 3. UCLAのf/16の24-inch reflector :
21.1"/mm, 0.42"/pixel
(1インチ = 25.4mm)



- psはさまざまな値を取りうるが、シーイングと比較して拡大が必要か判断する。
- 拡大率の計算手順
 1. シーイングの直径の値を角度秒単位で選ぶ : θ_{see} (")
 2. sampling($p = 2-5\text{pixels}$)を決定する
 3. シーイングの直径をsampling factorで割って、1 pixelの角度の大きさを決定する : $\theta_{pix} = \theta_{see}/p$ ("/pixel)
 4. 検出器のピクセルの大きさを与えて、検出器での plate scale を求める : $(ps)_{det} = \theta_{pix}/d_{pix}$ ("/mm)
 5. 拡大率は次のように求められる : $m = (ps)_{tel} / (ps)_{det}$
- $m > 1$ の時は拡大で $m < 1$ の時は縮小
- $m = f_{cam} / f_{coll}$ でもあるので、ピクセルスケールとカメラのf値を関係づけられる。

$$\theta_{pix} = 206,265 \frac{d_{pix}}{D_{tel}(f/number)_{cam}}$$

- Example.

$d_{\text{pix}} = 27\mu\text{m}$, $D_{\text{tel}} = 10\text{m}$ (ケック望遠鏡)の場合

$\theta_{\text{pix}} = 0.56'' / (f/\text{number})_{\text{cam}}$ となる。マウナケアでのシーイング $0.5''$ と sampling factor で 2-pixel を仮定すると、 $\theta_{\text{pix}} = 0.25''$ となり

$F_{\text{cam}} = 2.2$ となる。

$d_{\text{pix}} = 18.5\mu\text{m}$ だと $f/1.5$ カメラが必要！

- エアリーディスクの最小暗環と角径の関係：

$$\theta = 1.22\lambda / D_{\text{tel}} \text{ (radians)}$$

- Example.

$\lambda = 0.5\mu\text{m}$, $D_{\text{tel}} = 0.5\text{m}$ の場合、 $\theta = 0.25''$ となる。

ここで、 $D_{\text{tel}} = 10\text{m}$ にすると $\theta = 0.0125''$ となり、地上の望遠鏡の典型的なシーイングの大きさよりずっと小さい。

- エアリーディスクの角径と焦点でのその大きさの関係：

$$r_{\text{diff}} = f_{\text{tel}} * \theta = 1.22\lambda(f/\text{number})_{\text{tel}}$$

$f/15$ の望遠鏡の回折限界の直径は、 $2 * (1.22 * 15) = 36.6\mu\text{m} @ 1\mu\text{m}$

