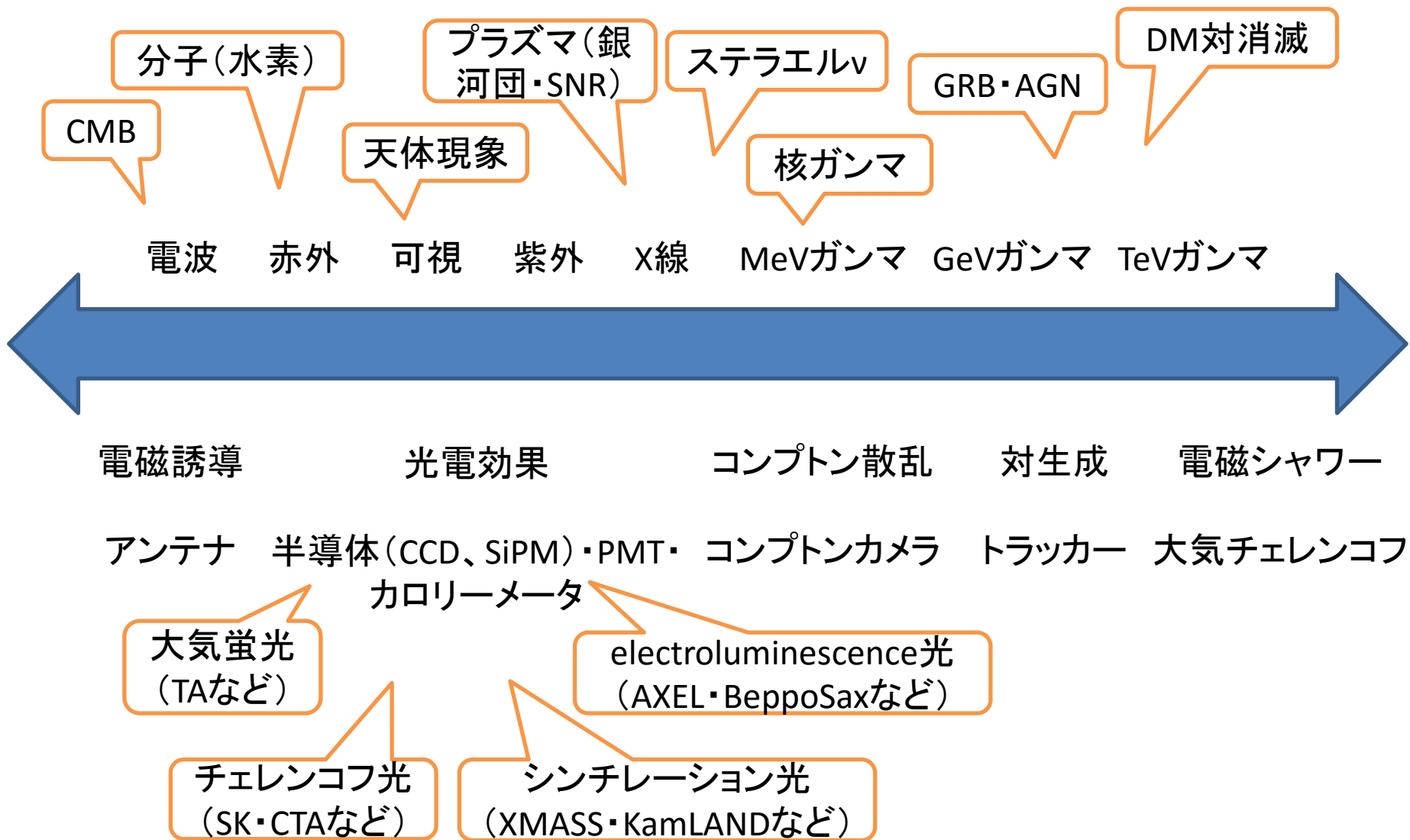


ナビゲータトーク 光検出器

中村 輝石 (京都大学)

光の波長



代表選手

PMT

各種望遠鏡で長く使われ続けているのは、それだけ性能が良いってことよ。
SKの中なんて圧巻ですよ？

CCD・CMOS

なんといってもみんなのスマホ・デジカメに標準搭載されている普及率。
天文衛星にも乗ってます。

APD

半導体で感度がよいのが売りです。
まだあまり普及してないけど、これからかな？

SiPM (MPPC)

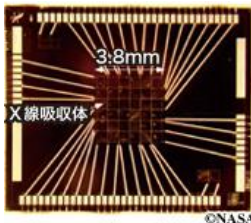
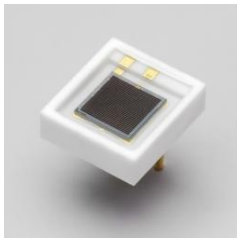
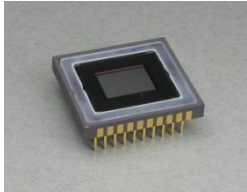
新進気鋭の半導体光検出器であります。
T2Kの前置検出器には64000個も使われてまっせ。
最近では第四世代になって色んな問題が低減してます。

カロリメータ

X線のエネルギーを高分解能で測れるってことでAstro-E, Astro-Ell(suzaku), Astro-H(hitomi)に乗ったけど・・・(2020年に期待)

眼

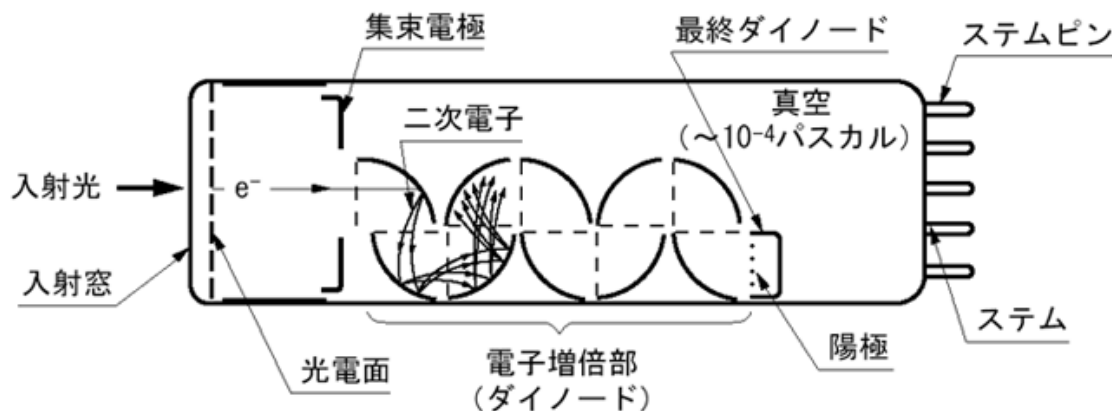
俺は、自分で見たものしか、信じない！



PMT(光電子増倍管)

- 原理: 光電面で光⇒電子 ⇒増幅(1e7くらい)
- 1peを検出できる
- 時間分解能が良い(ns~100ps、MCPだと30psとか)
- でかい(50cmφ @SK)
- 光電面のQEが検出効率を決める(30%くらい)
- 数kVの電圧が必要
- 磁場中では使えない(ファインメッシュダイノードは可能)
- 周囲にヘリウムガスがあると混入する
- アフターパルスがある(増幅時の光、残留ガスの電離)
- 特殊用途もある(紫外線(170nm)、低放射能(~<0.5mBq U/Th)、低温用(-110°C)、高温用(170°C)、耐振動(50~2000Hz)など)

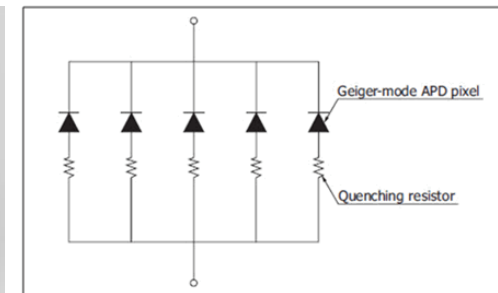
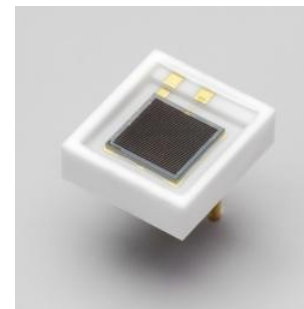
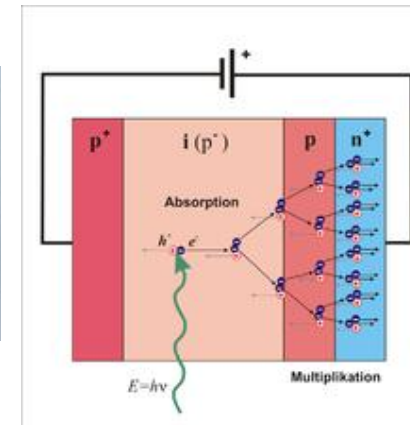
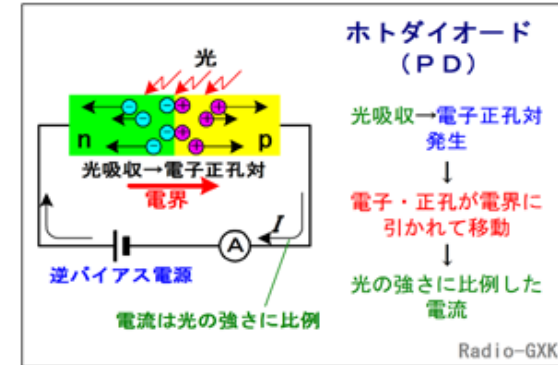
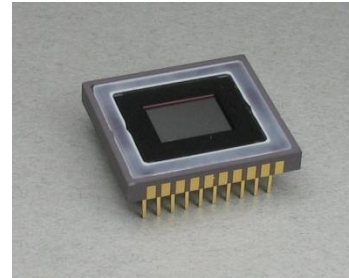
詳細は浜フォトの
「光電子増倍管ハンドブック」



PD (フォトダイオード) たち

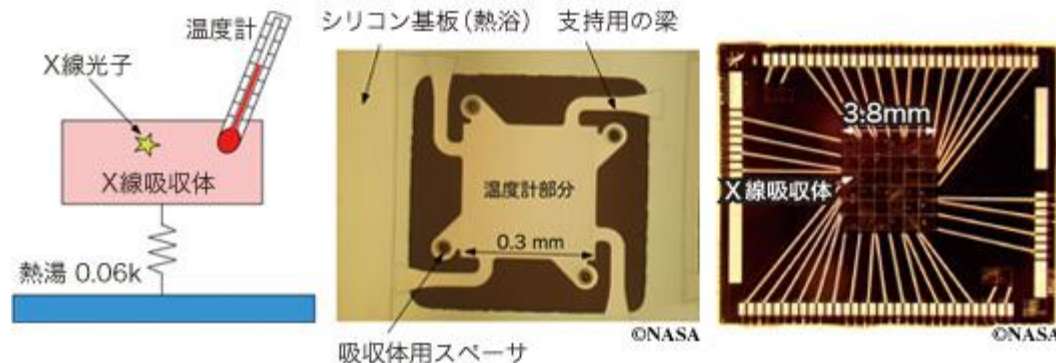
- 半導体のPN接合に逆バイアス電圧を印加
- CCD・CMOS: PDをたくさん並べたもの
 - イメージング
 - 時間応答が遅い (~ms)
 - X線はエネルギーも測れる
- APD: PDに増幅部 (1e2) がある
 - 検出効率がよい
 - 大きいものはノイズも多い
 - 数kVの電圧が必要
- SiPM (浜松名: MPPC): ガイガーモード (1e5) のAPDをたくさん並べたもの
 - 1pe検出ができる
 - お手軽 (70Vくらいで動作)
 - ダークカウント、クロストーク、アフターパルスがある
 - 温度依存性が大きい
 - 最近はPMTの代替として台頭してる印象

詳細は浜フォトの
「光半導体素子ハンドブック」



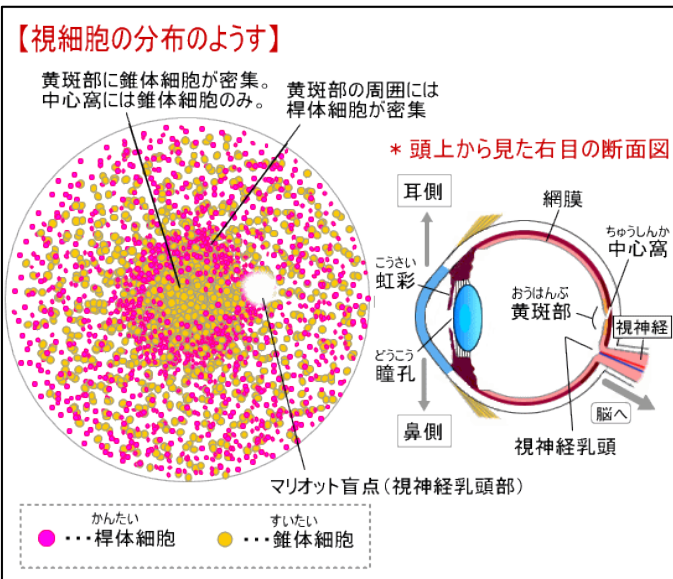
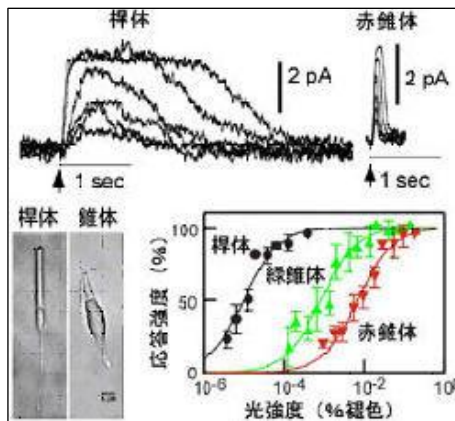
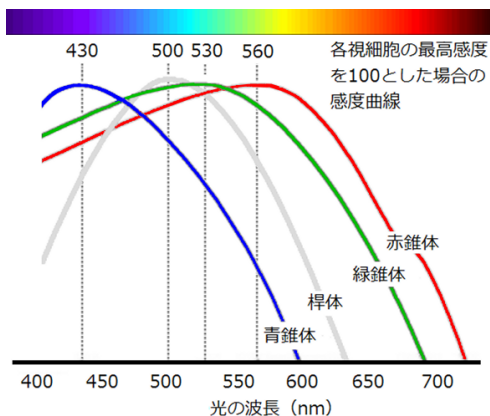
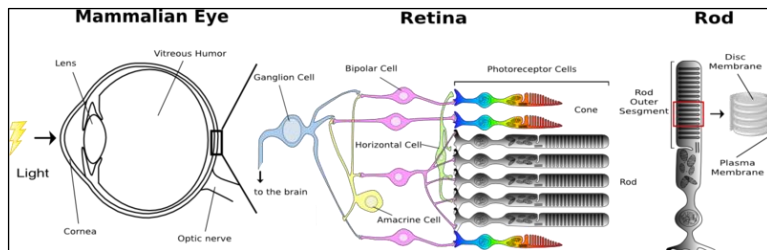
カロリメータ

- 吸収体の温度上昇を測定
- 冷却が必要
 - 機械式の2段スターリング冷凍機で20~30Kに
 - ジュールトムソン冷凍機で4~5Kに
 - 液体ヘリウムで1.2Kに
 - 断熱消磁冷凍機で0.06Kに
- 温度計
 - 半導体サーミスタ (suzaku: ~7eV、hitomi: ~5eV)
 - TES型サーミスタ (将来計画): ~2eV



眼

- 光が視細胞に当たり分解⇒電気信号⇒脳へ
- 二種類の細胞がある
 - 桿体細胞(ロドプシン): 明るさを見る 120000000個 合成に30分
 - 錐体細胞(ヨードプシン): 色を見る(3種) 6000000個
- 特色
 - 視野中心は色がよく分かる、その周囲は明るさがよく分かる
 - 暗いところでは桿体のみ動くので、モノクロ化・低速化



まとめ

- いろいろある。特徴を理解して使おう

		動作原理	特徴	用途
PMT		1e7に増幅	1pe、低ノイズ、でかい、磁場NG、要HV	SK、CTA、TA、XMASS、KamLAND、ANKOK、望遠鏡
CCD・CMOS (PD)		1[電子/光子]	イメージング、エネルギー(X線)、低ノイズ、読み出し遅い	suzaku、hitomi、望遠鏡
APD		1e2に増幅	高検出効率、高ノイズ、要HV	EXO
SiPM		1e5に増幅	小型、1pe、ダーク・xtalk・afterpulse多い、温度依存有	AXEL、ANKOK
カロリメータ		エネルギーを温度に変換	高エネルギー分解能、要冷却	suzaku、hitomi
眼		細胞の分解	分光・撮像ができる、環境依存あり	望遠鏡？