

デジタル一眼レフを用いた RAW 画像撮影による画像データ解析入門

奥村 暁

名古屋大学 太陽地球環境研究所

2012年9月27日

CTA-Japan 全体会議

なんで突然デジカメの話なんて始めるんですか？



- ❖ ~~物理の話が苦手~~
- ❖ ~~デジカメが趣味~~
- ❖ 光学系の開発をするには光を当然扱う
- ❖ 光子検出だけではなく画像撮影も必要
- ❖ 誰にでも簡単に扱えるのがデジカメ
- ❖ LST での使用可能性
 - ▶ 鏡のスポット測定
 - ▶ 鏡の腐食の評価
 - ▶ ライトガイドの性能評価

デジタル一眼レフって何？



Canon EOS-1D X

© kakaku.com

- ❖ ハイアマチュアからプロまでが使う高級なデジカメ
- ❖ レンズ交換が可能
- ❖ レンズなしでも動作可能
- ❖ レンズ口径と撮像素子の面積が大きい
- ❖ RAW 画像撮影が可能

でもお高いんでしょう？



Canon EOS Kiss X5（本体実売 ~5 万円）

© kakaku.com



Canon EOS-1D X（本体実売 ~60 万円）

© kakaku.com

- ❖ 値段はピンキリ（本体価格 5～50 万円、レンズ価格 1～100 万円）
- ❖ 実験用途であれば 10 万円かからない（が、目的に応じて高くなる）

撮像素子 (CCD or CMOS) の大きさの違い



LST Mirror
 $R_{80\%} = 10 \text{ mm}$

Full Size
 $36 \times 24 \text{ mm}^2$



APS-C
 $23.4 \times 16.7 \text{ mm}^2$



Four Thirds
 $17.3 \times 13 \text{ mm}^2$

- 色々な大きさの撮像素子がある
 - ▶ 大きいほど値段が高い
 - ▶ ある程度大きさの規格が決まっている
- フルサイズ、APS-C、フォーサーズの三種類が一般的
- 中判なら $44 \times 33 \text{ mm}^2$ だが高い (~60 万円)
- 用途と値段で変わる

RAW って何？

- ❖ 生（なま） という意味、略語ではない
- ❖ 特定の規格があるわけではない
 - ▶ Canon の拡張子は .CR2
 - ▶ Nikon の拡張子は .NEF
 - ▶ ソフトウェアで「現像」する作業が必要
(メーカーの付属ソフトや Aperture、Lightroom など)
- ❖ 12 bit、14 bit などで撮影された値をそのまま出力する
 - ▶ 暗部の階調が潰れない → 「裾」の解析が可能
 - ▶ JPEG による不可逆圧縮がない → 画像劣化がない
 - ▶ 実際の入射光量が線型に記録されている → 物理量に直しやすい



ベイヤー配列

G1	B2	G3	B4	G5
R6	G7	R8	G9	R10
G11	B12	G13	B14	G15
R16	G17	R18	G19	R20
G21	B22	G23	B24	G25

- ❖ 写真は RGB の三原色から構成される
- ❖ ベイヤー (Bayer) 配列で RGB が素子上に配置されている
- ❖ 画像解析する上では注意が必要
- ❖ 一般的な画像処理ソフトではピクセル間を補間する

JPEG v.s. RAW



ベイヤー配列が見える

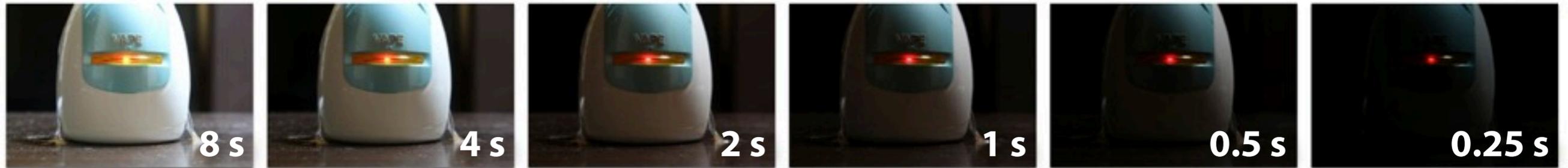
データ解析を試してみる



- ❖ 今回の目標は、VAPEの電源 ON 時に光る LED の広がり調べ
- ❖ 裾の部分まで解析できるようにするため、露光時間を変える
- ❖ LED 以外の光を取り除く為、OFF の状態も撮影する

本日のデータ

VAPE ON



VAPE OFF

- ❖ VAPE 電源の ON (= signal) と OFF (= background) でそれぞれ撮影
- ❖ 露光時間を複数にし、疑似的にダイナミックレンジを稼ぐ
- ❖ (蛍光灯のふらつき、撮影者本人の写り込みなどあり...)

dcraw + convert で FITS にでも変換する

```
$ dcraw -c -D -4 vape.CR2 | convert -  
vape.fits.gz
```

- ❖ 無償のソフトで扱い
易い画像形式に現像
したい
- ❖ dcraw
 - ▶ ほとんどのデジタル一
眼の RAW を現像可能
 - ▶ PNM などの非圧縮形
式に出力可能
- ❖ convert
 - ▶ UNIX 環境、Linux 環
境で広く使われている
 - ▶ FITS へも変換可能

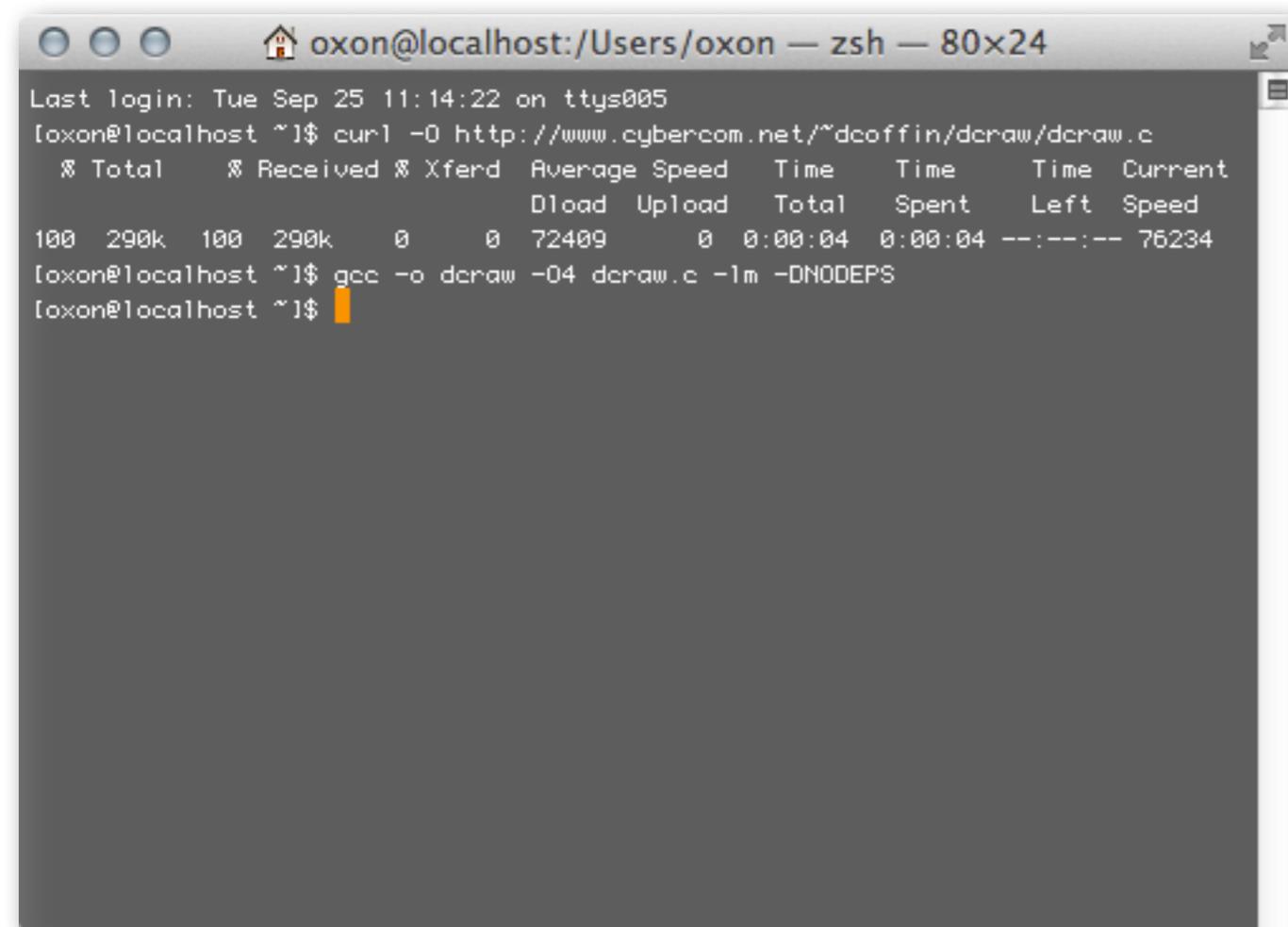
dcraw と ImageMagick を入れる

```
$ curl -O http://www.cybercom.net/~dcoffin/dcraw/dcraw.c
```

```
$ gcc -o dcraw -O4 dcraw.c -lm -DNODEPS
```

```
$ sudo port install imagemagick ← Mac の場合
```

```
$ sudo yum install ImageMagick ← RHEL の場合
```



```
oxon@localhost:~/Users/oxon — zsh — 80x24
Last login: Tue Sep 25 11:14:22 on ttys005
[oxon@localhost ~]$ curl -O http://www.cybercom.net/~dcoffin/dcraw/dcraw.c
  % Total    % Received % Xferd  Average Speed   Time    Time     Time  Current
                                 Dload  Upload   Total   Spent    Left  Speed
100 290k    100 290k    0     0  72409      0  0:00:04  0:00:04 --:--:-- 76234
[oxon@localhost ~]$ gcc -o dcraw -O4 dcraw.c -lm -DNODEPS
[oxon@localhost ~]$
```

- ❖ dcraw は dcraw.c を落としてきて gcc でコンパイルするだけ

- ▶ よく意味の分からない人は周りの人に聞きましょう

- ▶ それか検索して下さい

- ❖ ImageMagick は RedHat 系の Linux であれば yum かインストール DVD から

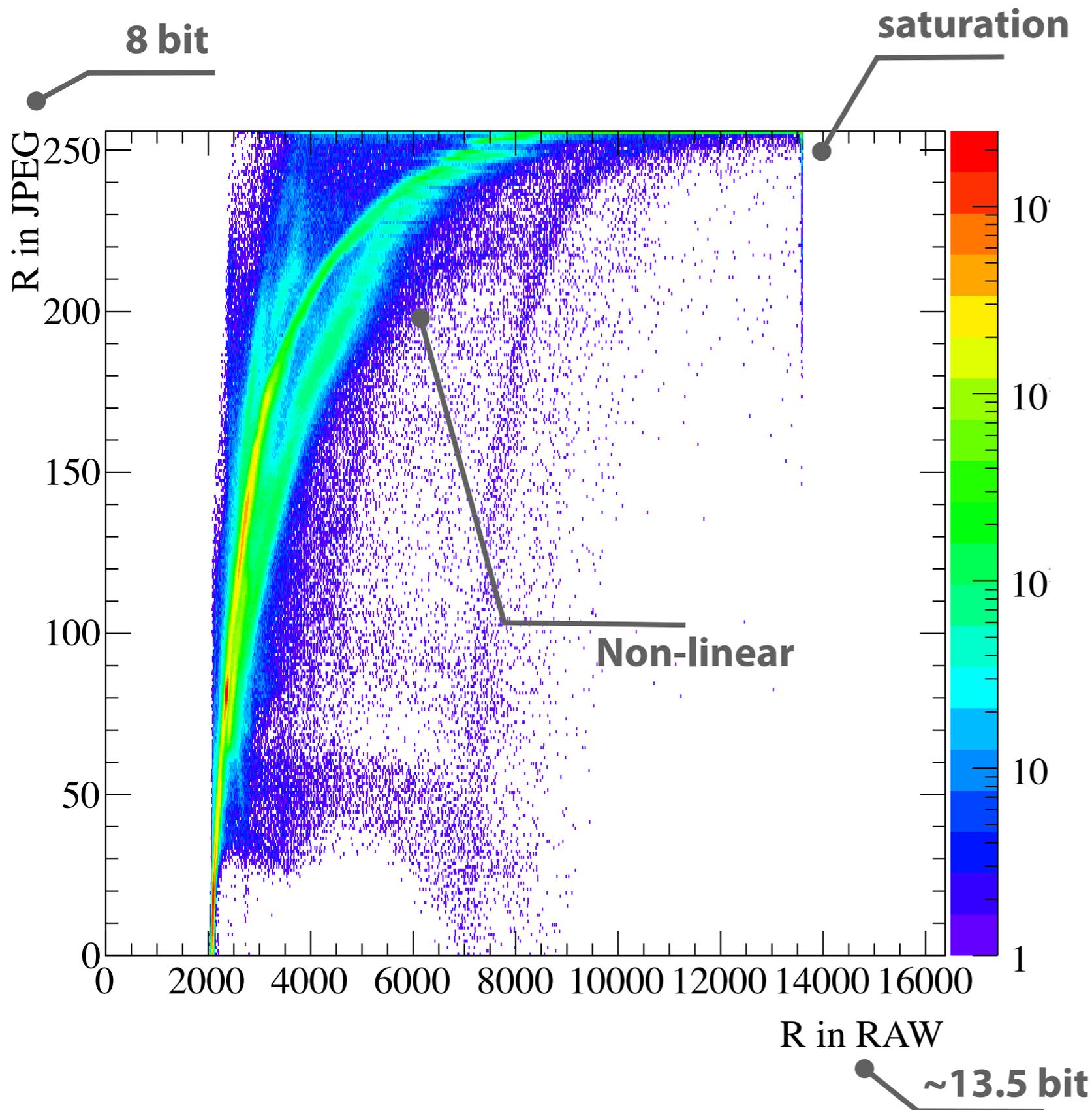
- ❖ Mac なら MacPorts などから入れる

解析ツールは何を使えば良い？

- ❖ 好きなものを使う
- ❖ CTA をやるのであれば基本は ROOT が必須（のはず）
- ❖ ROOT なり Python なり、周りに相談して決める
- ❖ Excel はそろそろやめましょう（画像処理は無理だし）
- ❖ 天文の人なら、そっち系のツールで良い

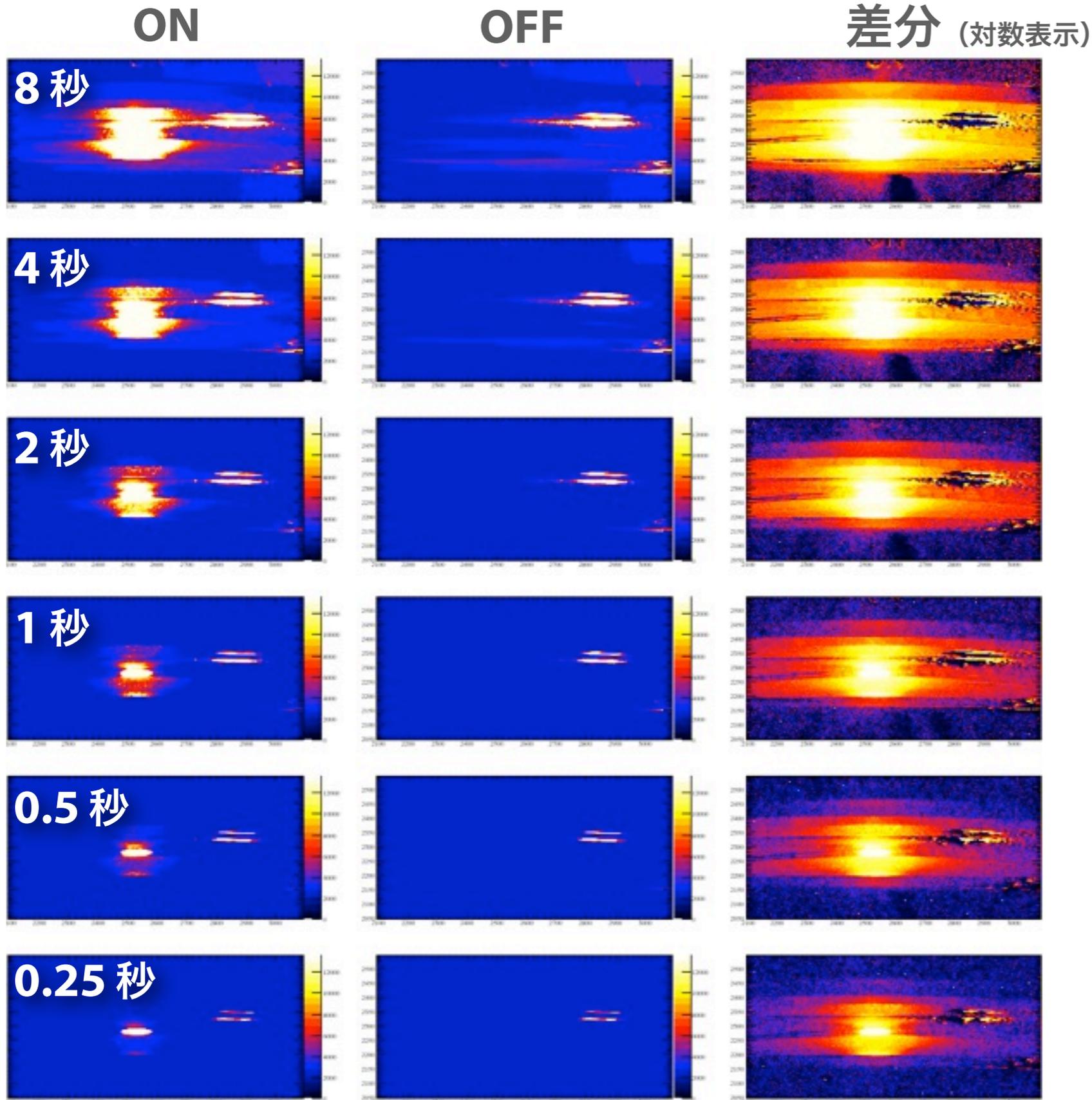
- ❖ 自分は PyROOT + PyFITS を使うが、速度が気になる場合は C++ と ROOT でやる

まずは RAW と JPEG の違いを確認しておく



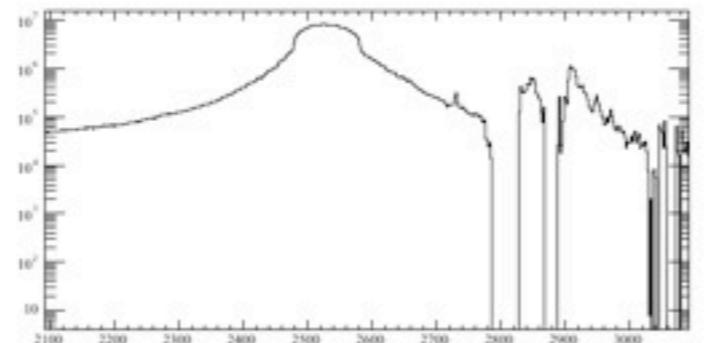
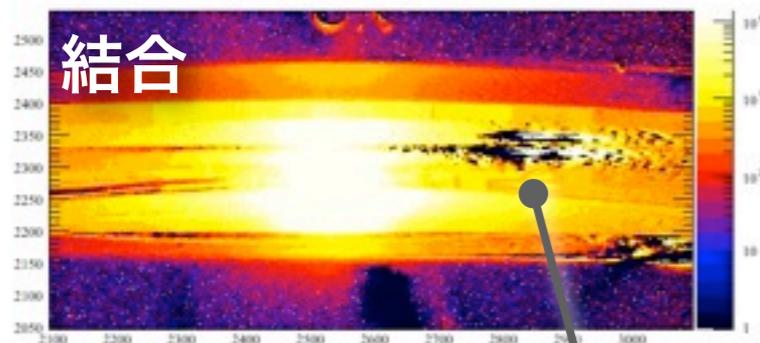
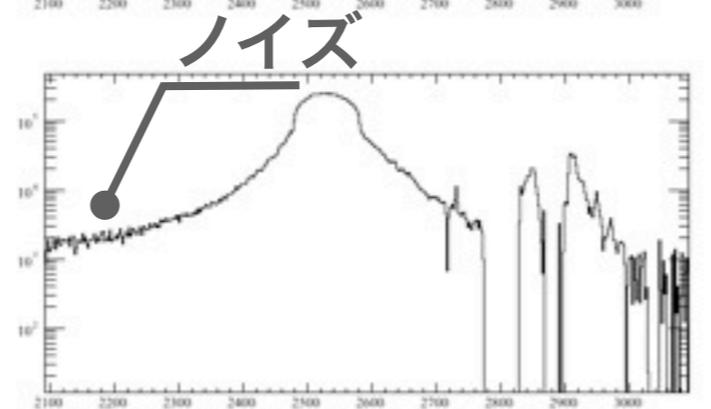
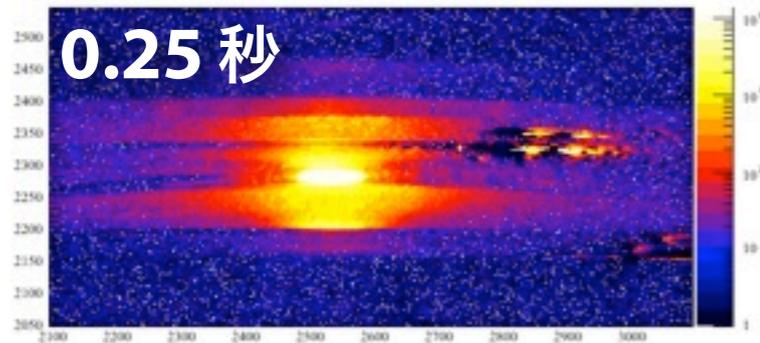
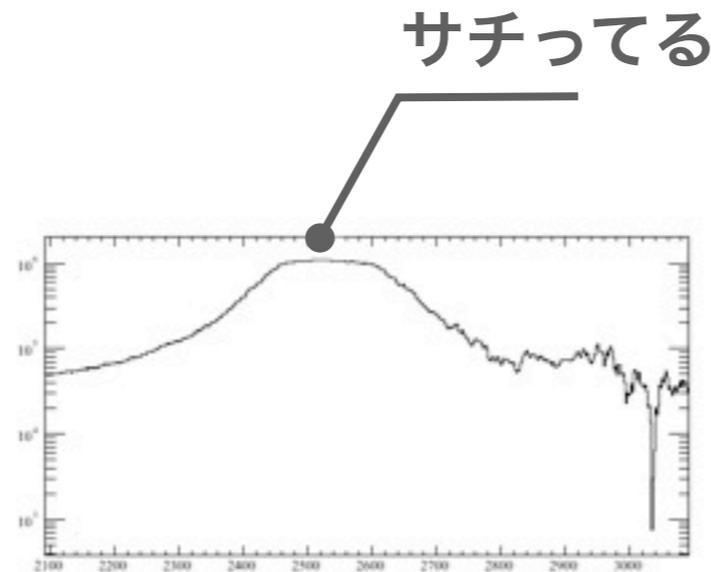
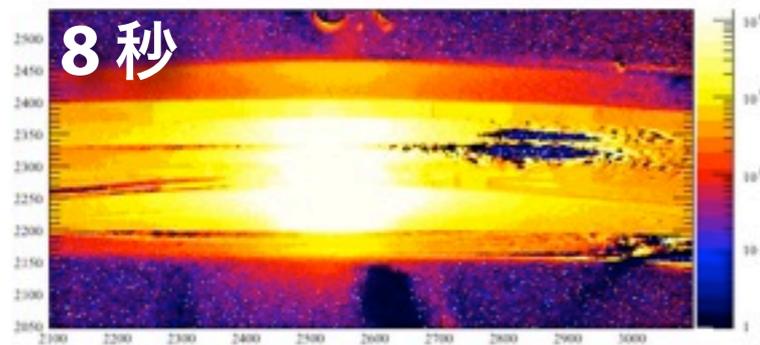
- R の値を RAW と JPEG で比較
- デジカメで JPEG として撮影すると内部で現像されてしまう
- 人間の眼と脳の印象に近づくように暗部を明るめに補正する
- 画像の場所ごとに補正の仕方は違うかもしれない
- 鏡のスポット形状を測定すると、裾を過大評価する可能性

複数の露光とバックグラウンドの差っ引き



- ❖ ON と OFF を撮影して、差分を取る
- ❖ 長時間露光で裾の部分を低ノイズで写す
- ❖ 短時間露光でピーク構造を写す
- ❖ 実は 0.25 秒でもまだサチっているので、真面目にやるならもう 1 枚くらい必要

疑似的にダイナミックレンジを上げる



ここは0.25秒でもサチっていたので今回は無視して下さい

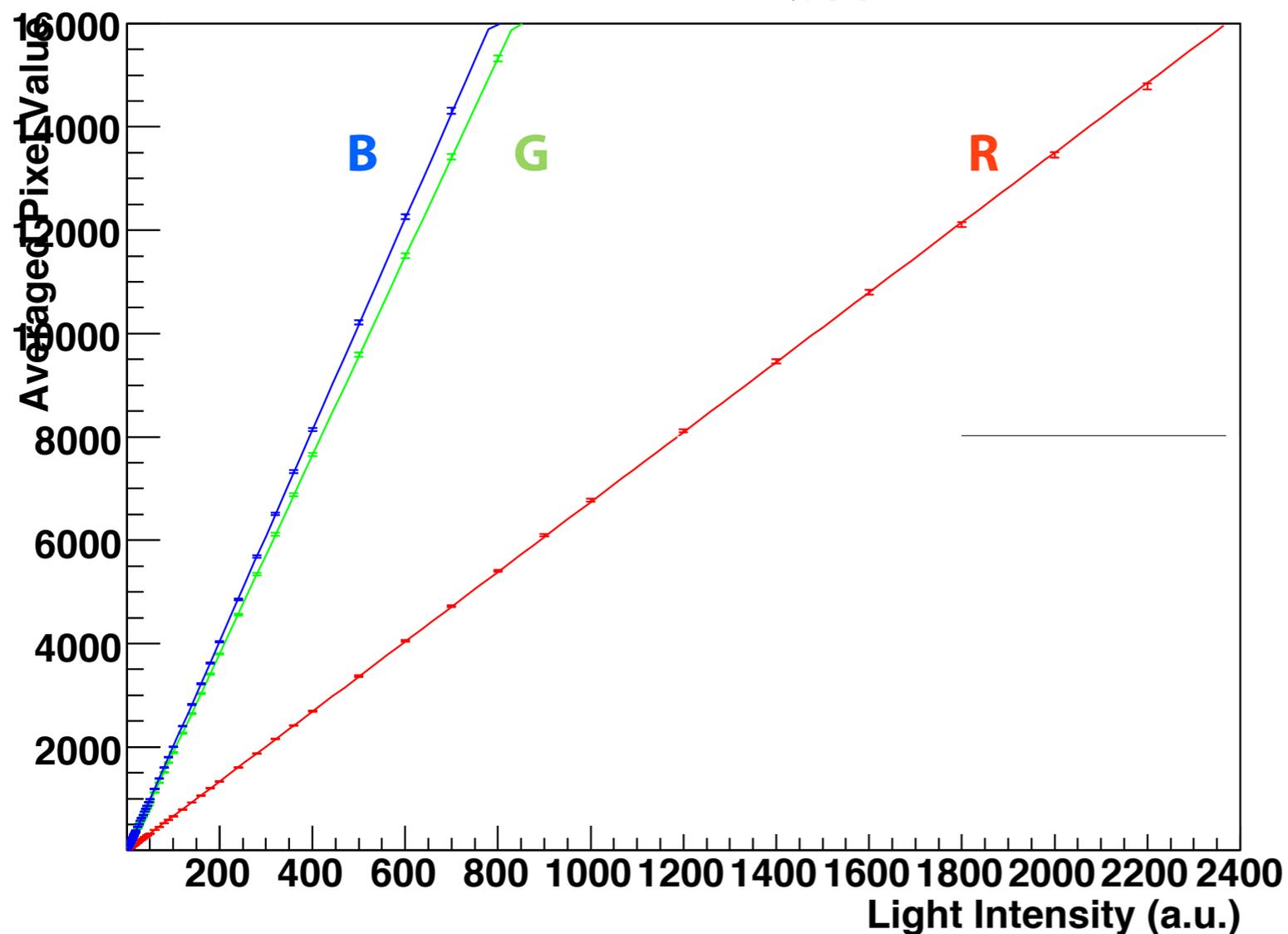
- 裾を見る場合はピークがサチる...
- ピークを見る場合は裾にノイズが...
- 0.25秒から8秒まで露光を変えているので32倍(5 bit)稼ぐ
- 裾もピークも綺麗に解析できるようになった
- 後は σ や $R_{80\%}$ を求めるなり、お好みで

補遺 A：デジタル一眼レフを実験で使う場合の注意点

- ❖ 一部の機種では「RAW」を謳っていても非可逆圧縮をしている場合がある（少なくとも Nikon D70）
- ❖ 撮影回数が十万回程度まで達するとシャッターが機械的に壊れるので、星空の連続撮影などでは注意が必要
- ❖ 冷却 CCD に比べるとノイズが大きいため、室温変化や本体の温度変化でノイズレベルが変わる
- ❖ 特に連続撮影をする場合は本体の温度がどんどん上がる
- ❖ 経年劣化するとホットピクセルが出てくる
- ❖ 秒の精度までしか撮影時刻を合わせられない機種が多い

補遺 B : 撮像素子の線型性

Nikon D70 の場合

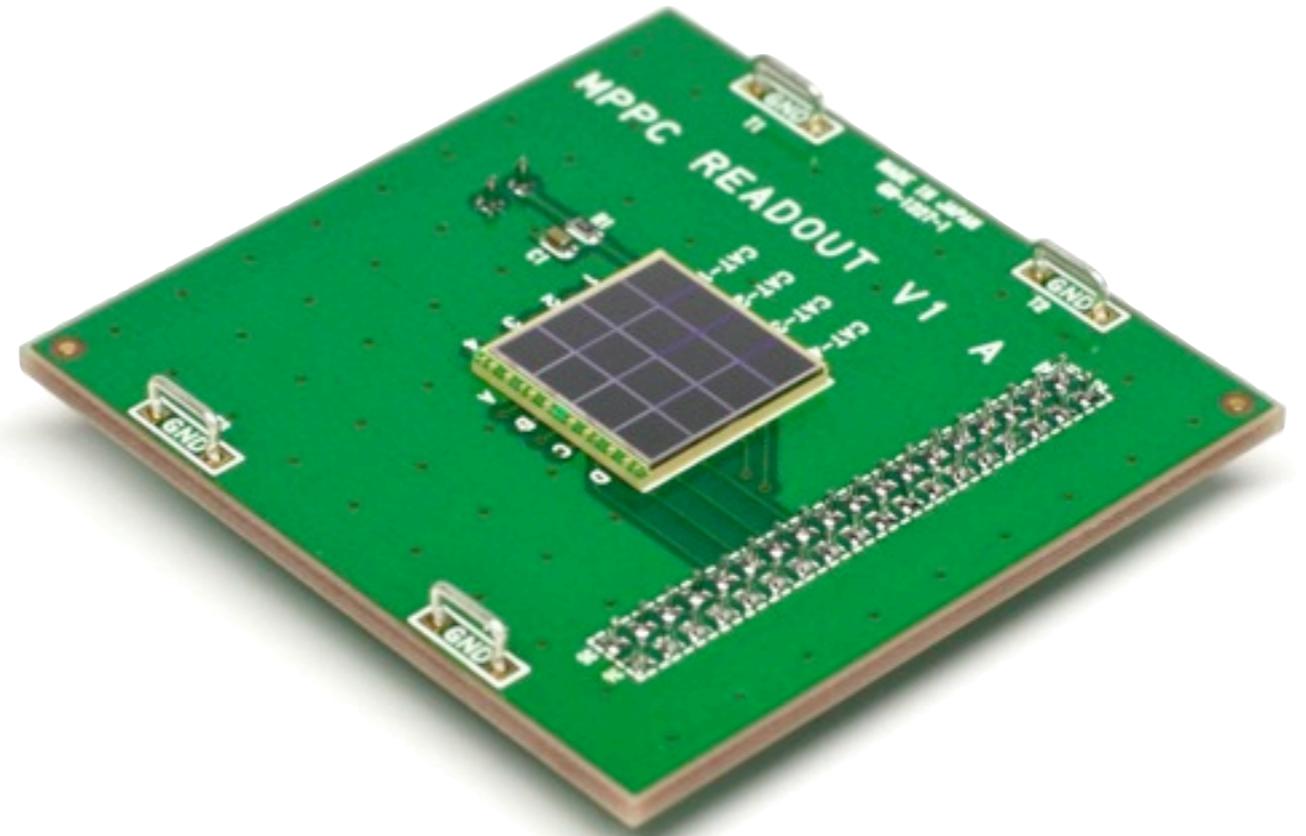


- ❑ データ解析をする場合は撮像素子の線型性が重要
- ❑ CCDなどは一般的に線型性が良い（入射した光量に比例した値がRAWに書き込まれる）
- ❑ 線型フィットで~1%以下の残差に収まるはず
- ❑ LEDをパルスジェネレータで光らせ、発光回数を変えるなどすれば、入射光量を好きなように変えられる

補遺 C : FITS って何？

- ❖ Flexible Image Transport System の略
- ❖ 画像データやテーブルを異なる環境でやり取りするために生まれた天文業界標準のファイル形式
- ❖ 観測日時などの付加情報を入れる為のヘッダーが統一されている
- ❖ 天空座標の情報なども付加できる
- ❖ *Fermi* 衛星の配布データも FITS になっている
- ❖ CTA でも FITS でデータが配布される予定

補遺 D：実験装置の写真は使い回せるように綺麗に撮ろう



- ❖ 失敗したポスター用紙などを机に敷いて背景を白に
- ❖ 卓上の蛍光灯などを複数方向から当てて影をなくす（反射に要注意）
- ❖ 基板の緑色を綺麗に出すには、画像ソフトで色調整するのがお勧め
- ❖ 歪みをなくすため、三脚をちゃんと立て望遠側で撮影する
- ❖ 特定の場所を目立たせるには絞り開放、全体にピントを合わせるなら絞る
- ❖ 照明をちゃんと当てると埃が目立ちやすいので、ダスターで掃除しておく