CMOSイメージセンサー雑学とフラット補正の考察

注意事項

表題は立派ですが、中身は薄いです（苦笑）
また、とんでもない勘違いをしている可能性がありますので、
鵜呑みにしないで下さい

2017年5月
北杜市みずがき天文愛好会
（やまねももんが）

フラットフレームの疑問

前提 ： フラット補正はRAWデータに対して行う

◇ フラットフレームの疑問

・ライトフレームに対して
　・明るさ（輝度）は合わせないと駄目？
　・色合い（RGB）は合わせないと駄目？
　・ISO感度は？
・フラットフレームはダーク減算をするの？

⬇

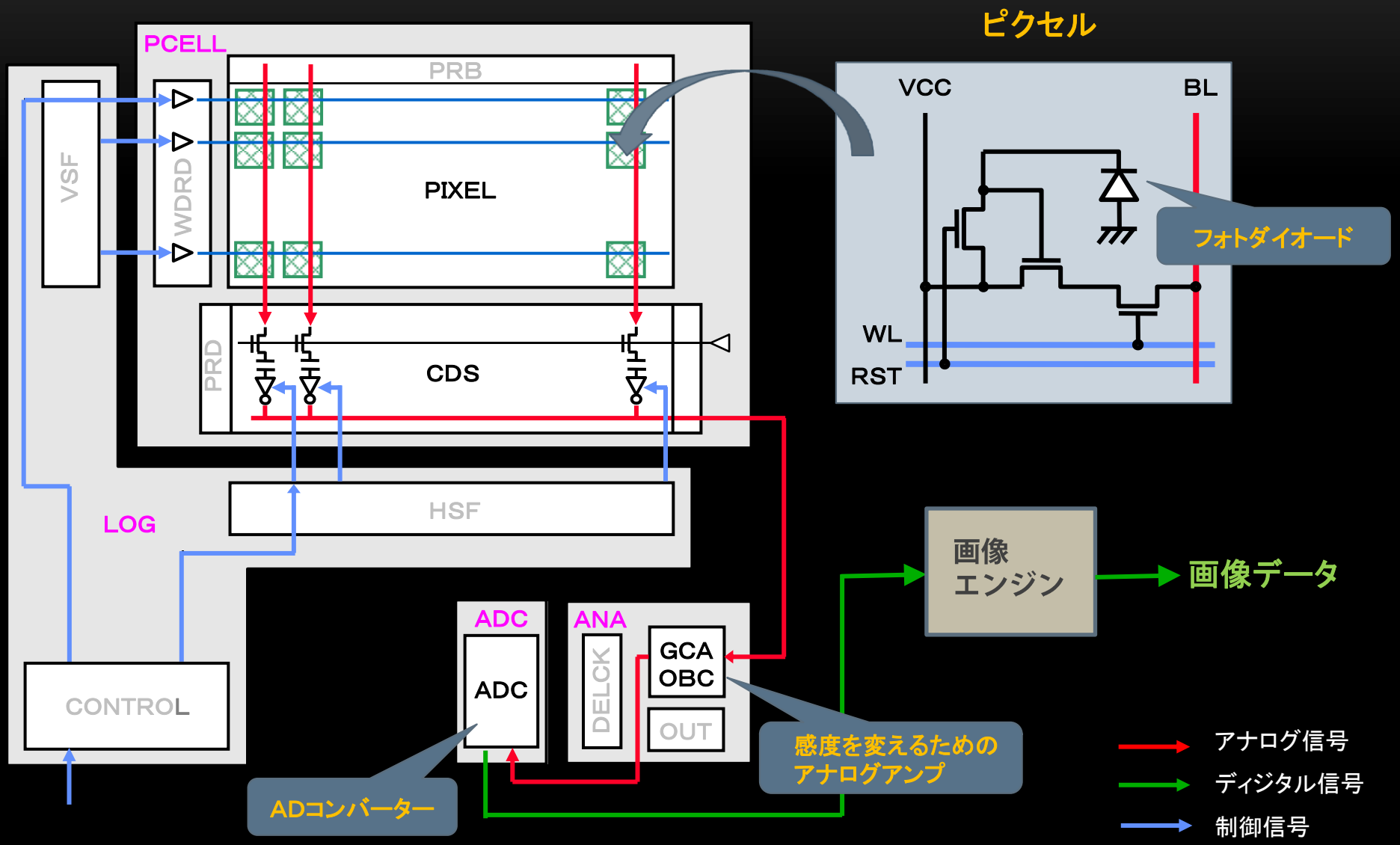
◇ フラット補正の具体的な処理方法によって異なるのでは？
・除算？
・RGBはどう扱ってるの？

◇ RAWデータの疑問
・ガンマは1．0？ （線形性）
・輝度値＝0の意味は？

CMOSイメージセンサー 雑学

最初にCMOSイメージセンサーの中身を簡単に見てみよう

CMOSイメージセンサー　各要素と信号の主な流れ

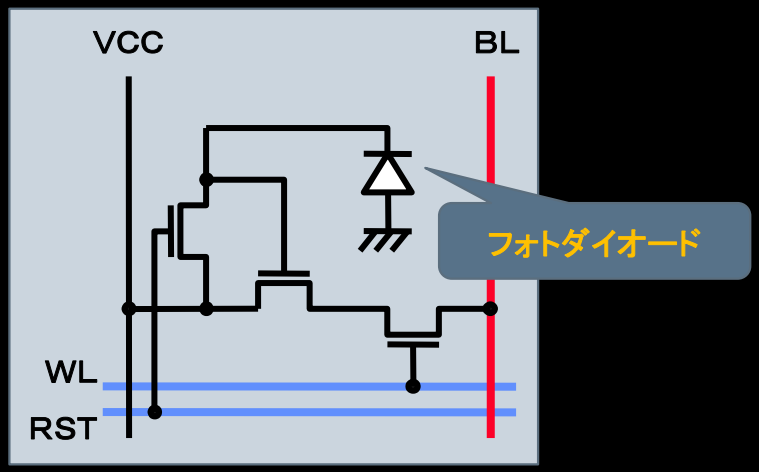


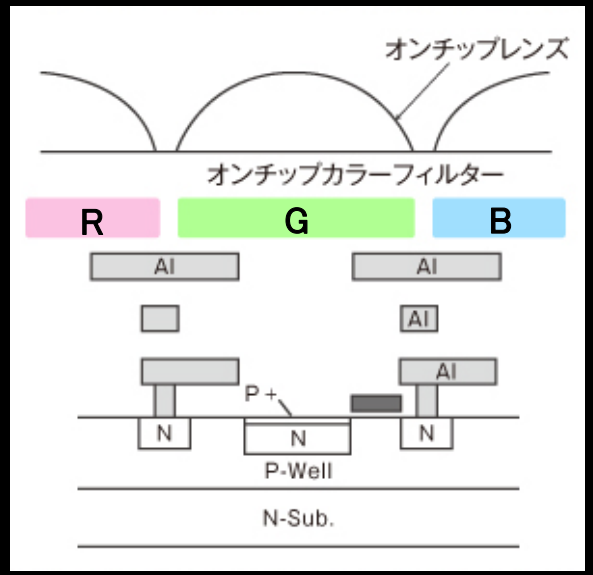
ピクセル(画素)

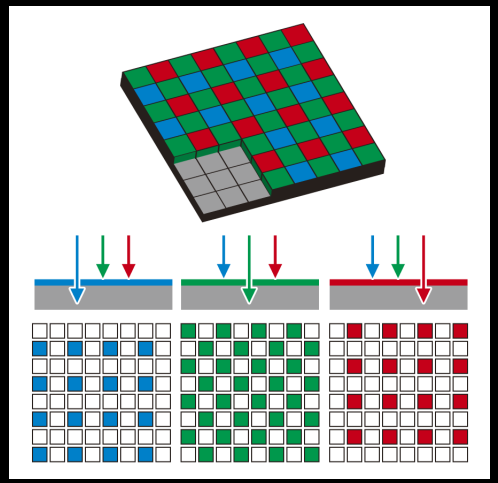
光を電気(電子)に変換する

でも暗電流も発生する

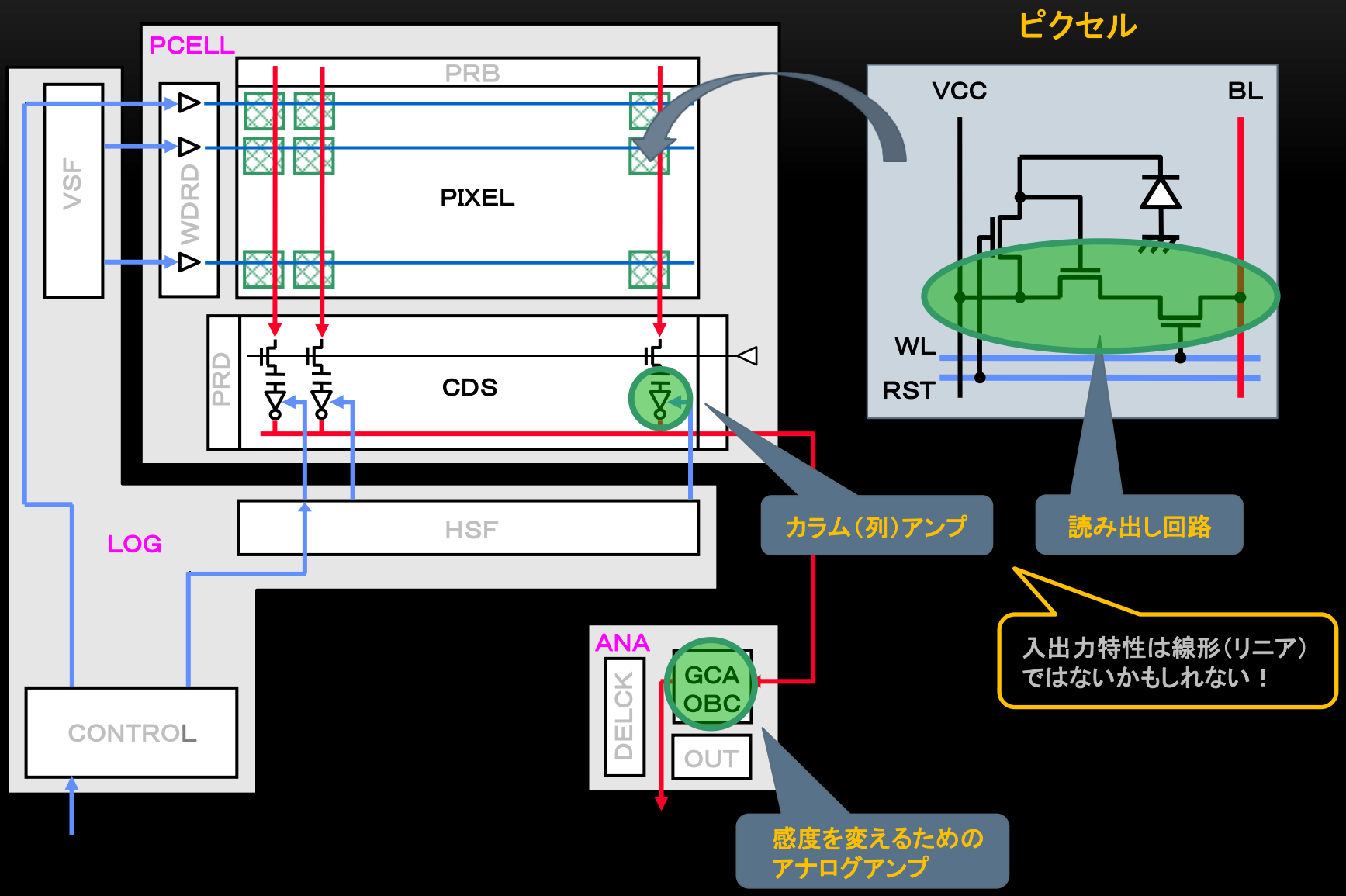
- フォトダイオード
  - カラーフィルター　→　ベイヤー配列
  - マイクロレンズ
- 読み出しトランジスタ　等



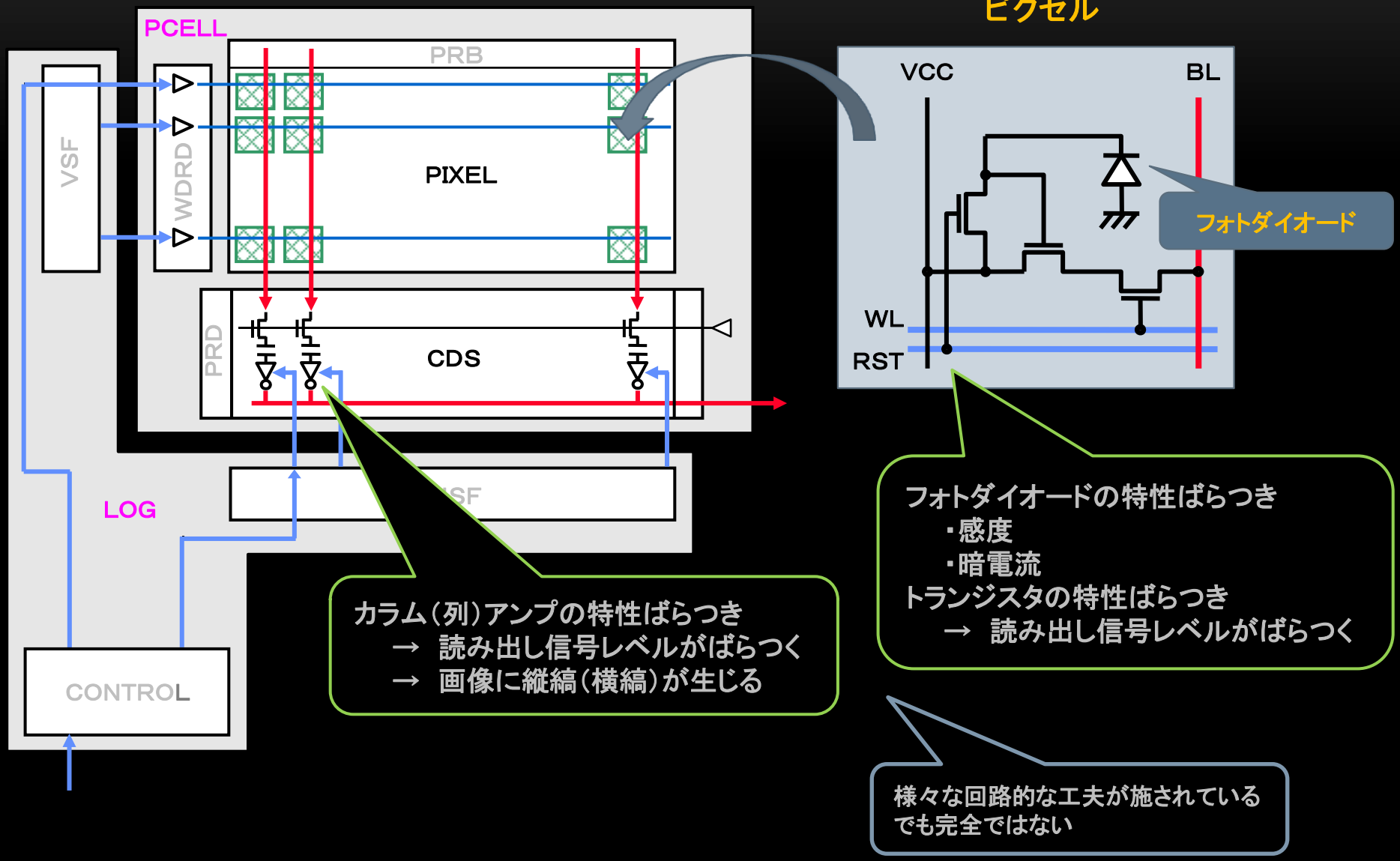




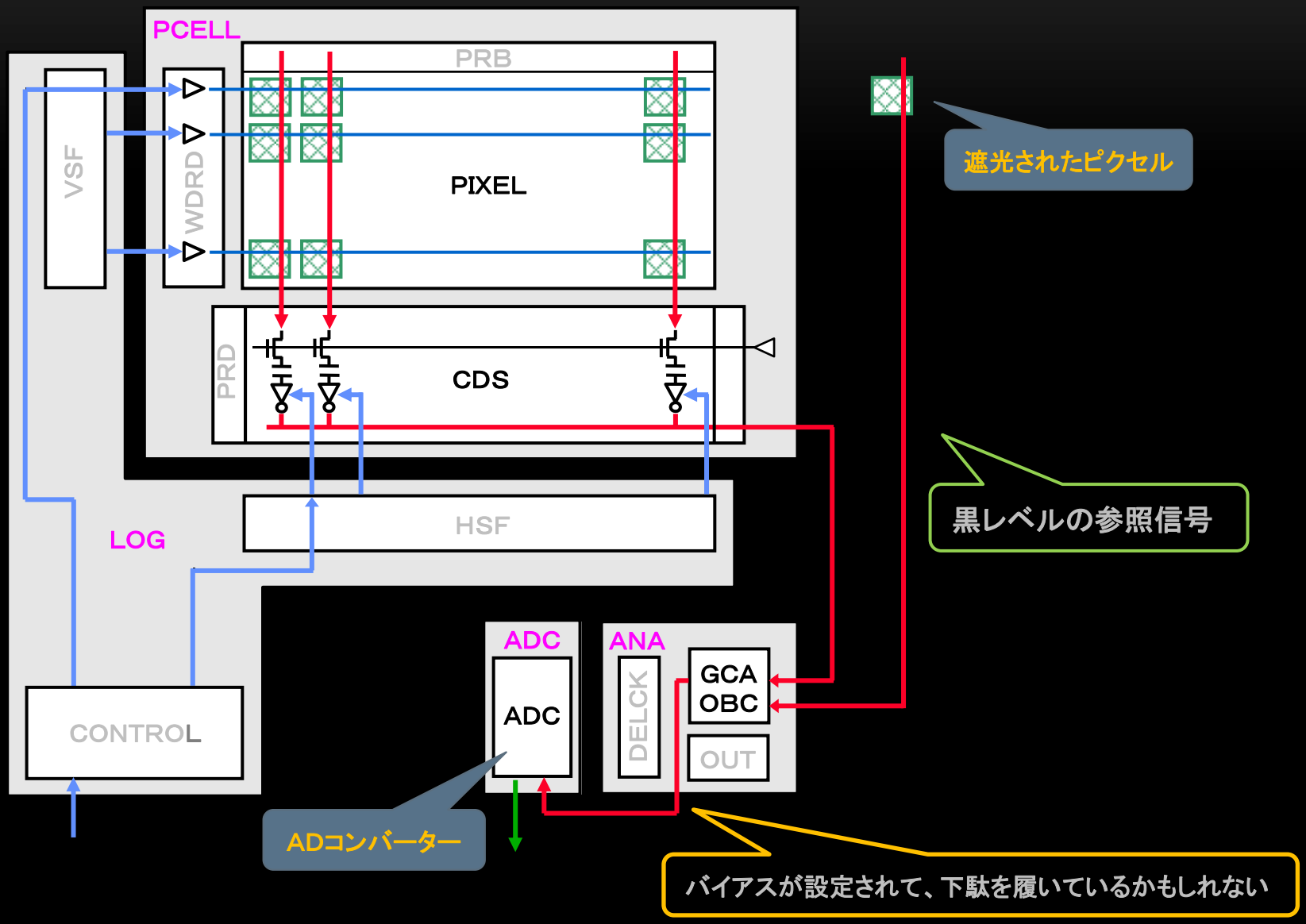
CMOSイメージセンサー　アナログ信号は何段も増幅される



CMOSイメージセンサー　特性のばらつき



CMOSイメージセンサー　黒レベルの設定

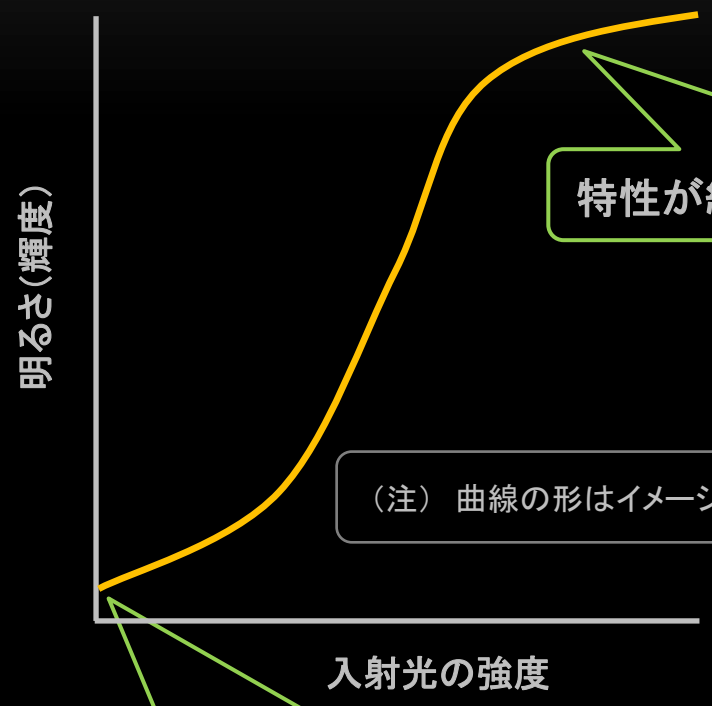


フラット補正の考察

ここからが本題です

デジタルカメラのRAWデータの疑問

詳細は公開されていないので
よく分からない



特性が線形（リニア）でないかもしれない

（注） 曲線の形はイメージです

イメージセンサーの特性
画質対策
・白飛びを抑える
・黒潰れを抑える

バイアスが設定されているかもしれない
明るさ（輝度）ゼロ ≠ 入射光ゼロ

イメージセンサーにとって
具合の良いいバイアスを加えている？

フラット補正の演算

私はこんなイメージを抱いています

・Rの画素に対して
　・フラットフレームで最も明るい場所の輝度を調べる　→　Lfmax
　・フラットフレームの各画素で、その輝度との比を計算する　→　Lf／Lfmax

　・ライトフレームの各画素で、輝度を上記の値で割る

0.0～1.0の実数

・Gの画素に対して、同様の演算をする
・Bの画素に対して、同様の演算をする

でも、実際はどうなんでしょうね？
特にRGBの扱い方がポイントなのですが、詳細は公開されていないので分かりません

フラットフレームの疑問に対する答え

RAWデータの詳細は
カメラメーカによっても異なるし、
機種によっても異なる

◇ バイアスが設定されている可能性を考慮して

・ライトフレームでダーク減算をするなら、フラットフレームでも**ダーク減算**をする
・ライトフレームでダーク減算をしないなら、フラットフレームでも**ダーク減算**をしない

◇ 特性が線形（リニア）でない可能性を考慮して

・フラットフレームの**明るさ（輝度）**は、ライトフレームの明るさに合わせることが重要

・フラットフレームの**色合い（RGB）**も、ライトフレームに合わせることが重要

※ ただし、どれだけ影響があるかはよく分からない

ではどうする？

◇ 明るさや色合いの異なるフラットフレームを用意しておくしかないのかなあ？

・フラットフレームは使いまわしができる
　・ただし、センサー上のゴミの影を補正したい場合は駄目

色合いを見るときは同じWBで比較すること
AWBのままでは比較できない

◇ 色合いの異なるフラットフレームはどうやって作るの？

・ステライメージでフラット補正する場合　→　どうしよう？

・RAP2でフラット補正する場合
　・明るさの異なるフラットフレームから
　　RGBをそれぞれ選んでベイヤーマージができる

私のライブラリ（14bit）

	R	G	B
1.0sec	3548	4372	3684
1.3sec	3668	4552	3888
1.6sec	4144	5164	4376
2.0sec	4760	5884	4968
2.5sec	5664	7036	5952
3.2sec	7348	9076	7660
4.0sec	8872	10936	9248
5.0sec	10404	12840	10816
6.0sec	12712	15720	13244
8.0sec	15368	18940	15968
10.0sec	19020	23368	19724

ステライメージのガンマフラット

◇ ステライメージのガンマフラット

・フラットフレームの明度分布に調整を加える
・操作できるパラメータとしては「ガンマ」と「オフセット」

・イメージ的には、2ページ前のRAWデータの特性に対処する仕掛けと思われる
　・しかし、オフセットがそのままバイアスに相当するわけではないようだ

・ステライメージ8の自動処理では使えない？

フラットフレームの撮影

◇ フラットフレームの光源

・天体と同じく無限遠からの平行光線を用いるのが理想
・トレーシングペーパーで光を拡散させる場合は、それが光源になる
↓
・反射望遠鏡の場合は大丈夫かな？
・屈折望遠鏡やカメラレンズの場合は、近すぎる！

◇ ISO感度は？

・設定は任意で良い
・ライトフレームに縦縞や横縞が発生する場合は、ISO感度を同じにすると補正できる場合がある

◇ 露光時間

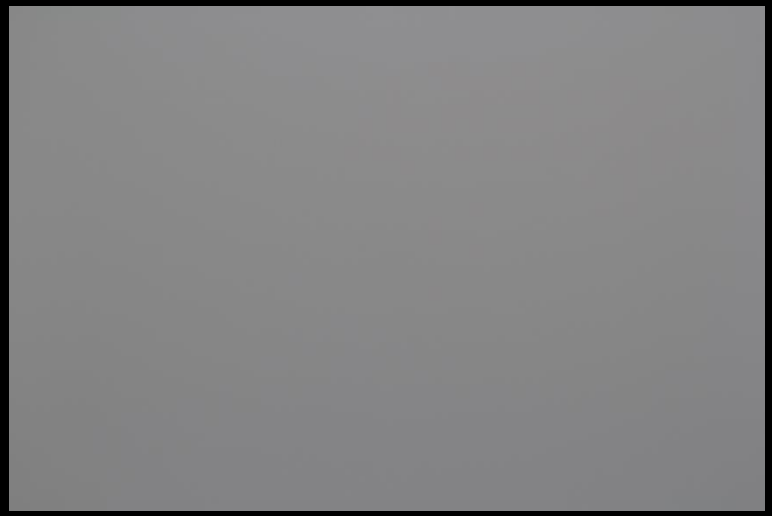
・あまり短くないほうが良い　→　数秒以上

私の場合（100mmレンズでの星野写真）

◇ フラットフレームの撮影方法

- 光源は曇り空
  - トレーシングペーパーは使わない
  - 露光時間は数秒かけて、レンズの方向をぐるぐる変えた
- ISO感度も同じにした
- NDフィルターを使って露光時間を伸ばした
- 複数枚（～8枚）をコンポジット

レベル調整で諧調を切り詰めたもの
0 → 100、 256 → 180



フラットフレームを使ったフラット補正だけでは終わらない

フラットフレームを使ったフラット補正ではできないこと

◇ 補正できる主なもの

- 光学系の周辺減光
- ミラーボックス等によるケラレ
- 光が斜めに入射することによる色ムラ
  - 光害カットフィルター（干渉フィルター）に起因するもの
  - カメラの撮像素子（センサー）に起因するもの
- センサー上のゴミ？

◇ 補正できないもの

- 街明りなどによるカブリの偏り （明るさのムラ、色合いのムラ）

焦点距離が短いほど、重要で厄介になる
時間と共に変化していく

100mmレンズによる星野写真の場合

コンポジット後

補正せずに処理を進めると、すぐにこうなっちゃいます

補正してから仕上げたもの

最初は大まかな補正をして、
徐々に細かい部分を詰めていくのが良い

明るさ（輝度）の補正
→ 各部のヒストグラムを表示させて輝度値を見る

色合いの補正
→ 彩度を極端に高くして偏りを見る

100mmレンズによる星野写真の場合

・フラット補正、ダーク減算　［RAP2］

・RAW現像　［CameraRaw］　→　色合い調整のみ
・コンポジット　［PS］

・カブリの偏り補正　［PS］　→　グラデーションマスクを使用

・諧調の切り出し　［StellaImage］　→　デジタル現像

・カブリの偏り補正（追加）

・天の川の領域や大きな星雲がある場合　→　［PS］

・背景が単調な場合　→　［FlatAide］

最近、FlatAidePro がリリースされた
有料
購入しようと思っている

フラットエイド（FlatAide）

◇ 星像検出

・パラメータは試行錯誤しながら調整する

・星検出エッジしきい値　→　あまり暗い星まで拾わないように

・検出領域の範囲を拡張

・星領域強制判定濃度　→　明るい星の周りや銀河の淡い部分などを拾うように

◇ 星像消去

・明るい星の周りや銀河の淡い部分などが残ってしまうことが多いが
これをできるだけ少なくするように上記のパラメータを調整し直す

◇ シェーディング画像　→　一旦保存して、Photoshopに持っていく

・上記の残ってしまった部分に対して
スタンプツールを使って、近くの領域をコピーしてペーストする

・全体をぼかす　→　ガウスのぼかしで5～50pixel程度

◇ 補正実行

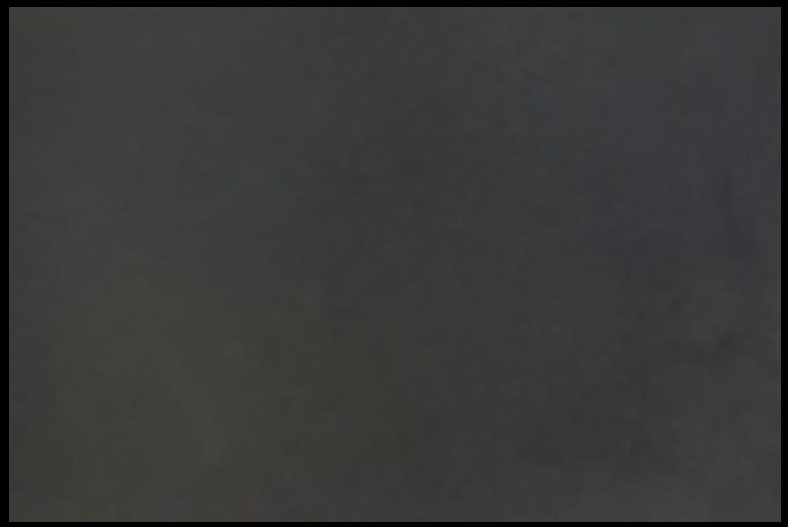
・処理を施したシェーディング画像を読み込んで、補正を実行する

フラットエイド（FlatAide）

処理前

フラットエイドでの処理後

シェーディング画像



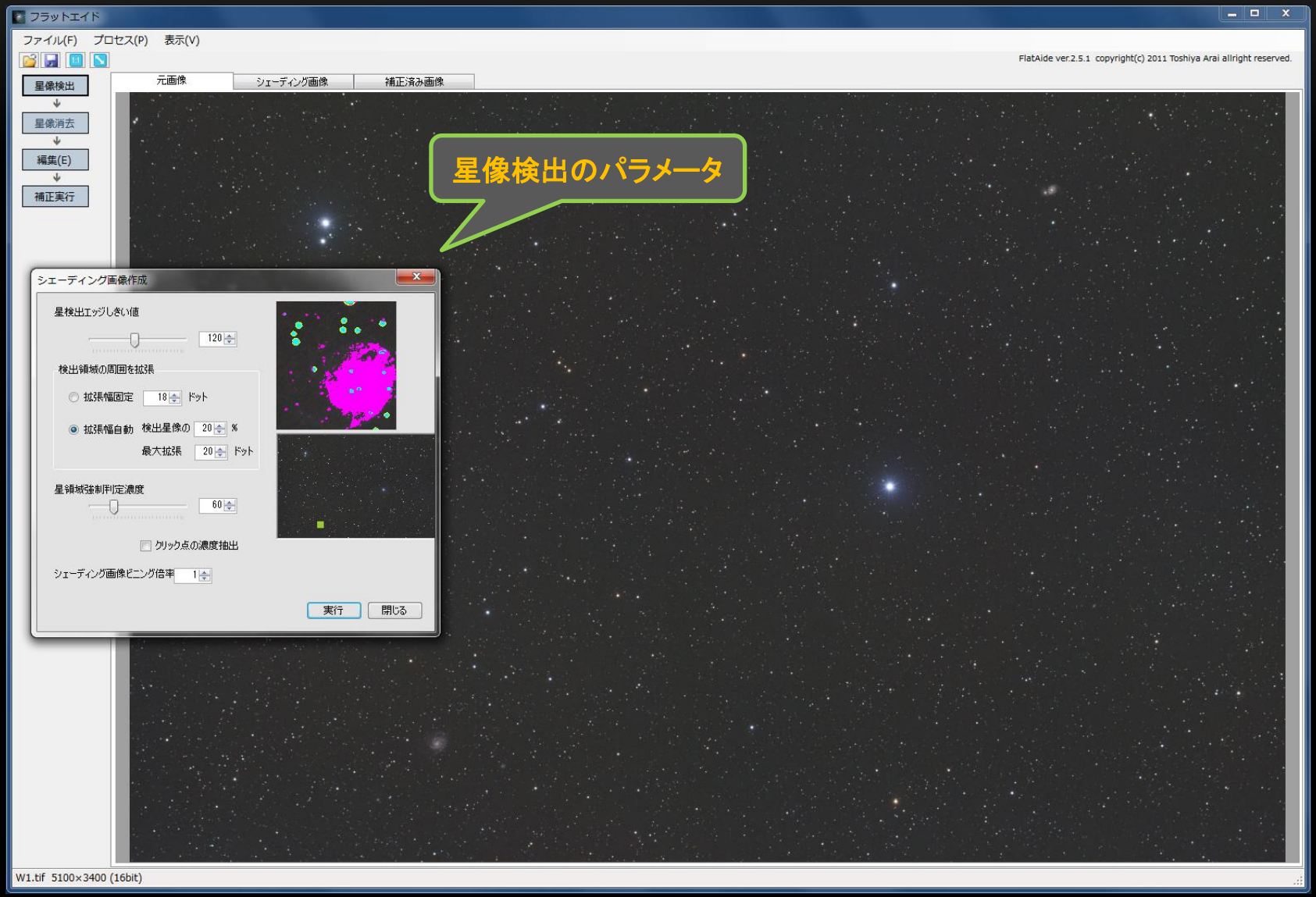
演算方法
- 減算で補正（カブリ向き） → 多くはこちら
- 除算で補正（周辺減光向き）

シェーディング画像のレベルを自動補正 → しない

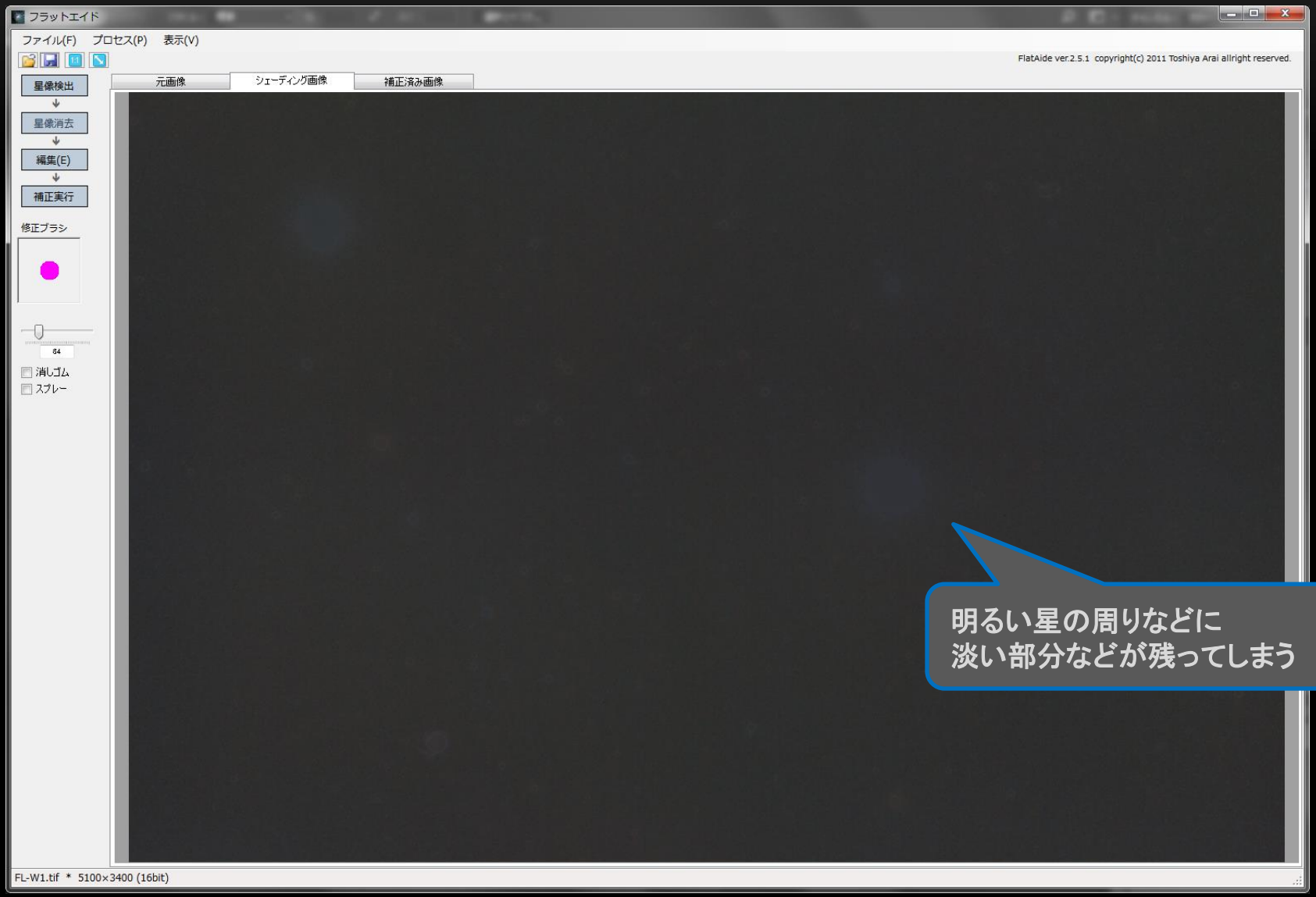
ノイズを保持する → はい

PSでのグラデーションマスクを使った補正

FlatAide


フラットエイド
ファイル(F)
プロセス(P)
表示(V)
FlatAide ver.2.5.1 copyright(c) 2011 Toshiya Arai allright reserved.
星像検出
星像消去
編集(E)
補正実行
元画像
シェーディング画像
補正済み画像
星像検出のパラメータ
シェーディング画像作成
星検出エッジしきい値
120
検出領域の周囲を拡張
拡張幅固定
18
ドット
拡張幅自動
検出星像の
20
%
最大拡張
20
ドット
星領域強制判定濃度
60
クリック点の濃度抽出
シェーディング画像ビニング倍率
1
実行
閉じる
W1.tif 5100×3400 (16bit)

星像消去したシェーディング画像



明るい星の周りなどに
淡い部分などが残ってしまう

PSのスタンプツールを使って修正する
　近くの領域をコピーしてペースト
全体をぼかす
　ガウスのぼかしで5～50pixel程度

シェーディング画像を修正しない場合

明るい星の周りなどが
暗くなってしまう

シェーディング画像を修正した場合