

検出器からの読み出しの conversion factor

本原顕太郎

1998 年 6 月 3 日

概要

CISCO の読み出し回路の conversion factor を求める目的で、さまざまな明るさでの std-dev と count の関係を求めた。

結果、conversion factor は $4 \sim 5e^-/ADU$ であった。これは、回路の設計仕様の値や、以前行なった engineering grade のチップでの値の 1.5 倍である。原因としては、

1. バイアス電圧が 0.5V ではなく、より大きい値で、ピクセルの容量が大きかった
2. バイアス電圧は 0.5V だったのだが、ピクセル容量がカタログ値の 1.5 倍だったのいずれかが考えられる。

1 Conversion factor の算出方法

検出器のピクセルに x ADU の電荷が溜って、それを読み出した時の値の揺らぎが y ADU、さらに読み出しノイズが a ADUrms/frame で conversion factor が ke^-/ADU だとすると、これらの間には

$$(yk)^2 = xk + (ak)^2 \quad (1)$$

の関係が成り立つ。すなわち、 x, y の関係を出せば conversion factor が算出できる。

2 積分時間 2sec、フィルタ・ホイールを回して溜る電荷を変える

2.1 データ

積分時間を変えることによる読み出しレベルの変動の影響を避ける目的で、積分時間は 2sec に固定し、フィルタ・ホイールを J -band から K' -band へと少しずつ動かすことにより、入射光量を変えてデータをとった。得られたデータは以下の通り。

No.	Filter	積分時間	
3147~3256	$J \rightarrow K'$	2.0	10 frames $\times$ 11 position

2.2 解析 1

読み出した値の揺らぎを、初めの 1 枚を除いた 9 フレームでの stddev で定義した。具体的には

1. imstat で 9 枚のフレームの [513:768,513:768] の領域のレベルを調べる
2. フレーム間のレベルの違いを補正
3. 補正した 9 枚で average frame と stddev frame を作成

とした。

2.2.1 3248~3256 フレーム群

先ほどの式 1 から、読み出しノイズに比べてたまった電荷が十分に大きければ

$$k = \frac{x}{y^2}$$

となるから、一番カウントの大きいフレーム群 (3248~3256) の average と stddev frame から conversion factor frame を作ってみた。average, stddev, conversion factor frame のピクセル値の mean は、

average	9159±980.5
stddev	44.28±11.83
conversion factor	5.869±4.106

Conversion factor フレームの平均値が大きい ($5.9e^-/\text{ADU}$) が、フレームのヒストグラムを見ると (図 2) ピークは $3\sim 4e^-/\text{ADU}$ 付近に来ているのがわかる。フレームは図 1 に示す。

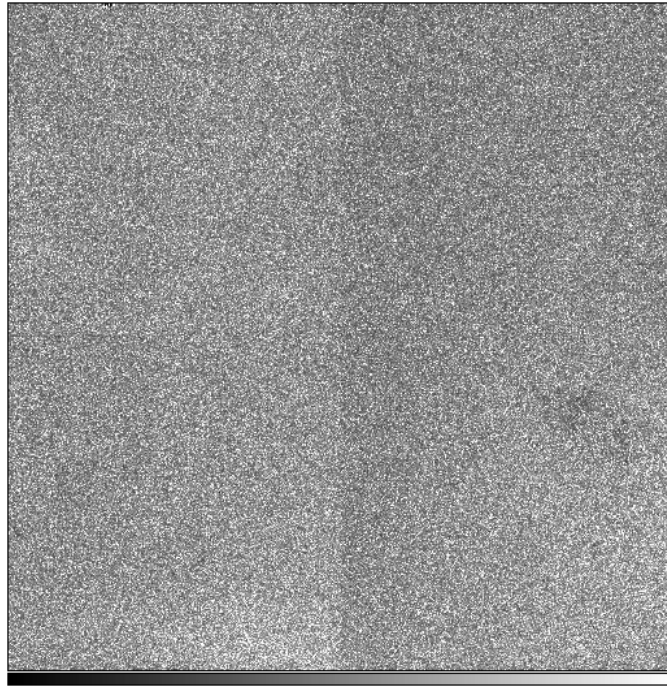


図 1: 3248~3256 の conversion factor frame。z1=0, z2=10 で表示してある。

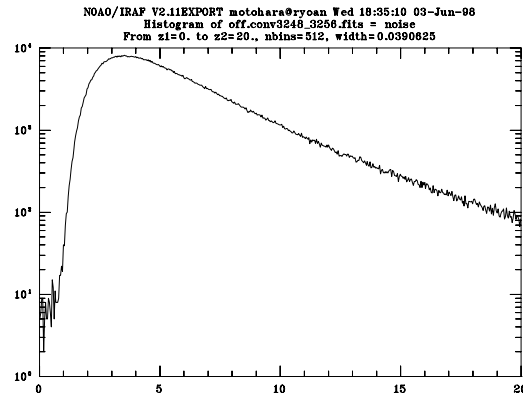


図 2: 3248~3256 の conversion factor frame のヒストグラム。

2.2.2 全フレーム群

すべてのフレーム群について、average と stddev frame の中心 [513:768,513:768] の領域の mean を出し、その関係をグラフにしたのが図 3。さらに、グラフ上に実線で式 (1) で $k = 4.0$, $a = 5.5$ のときを、破線で $k = 5.0$, $a = 5.5$ のときの average-stddev 関係を示した。これからわかるのは

- conversion factor が $4 \sim 5 e^-/\text{ADU}$ と、回路の設計仕様や以前の engineering grade chip での値の $\sim 3e^-/\text{ADU}$ に比べて 1.5 倍程度になっている。しかしながら、検出器からの出力は $3.2 \times 10^4 \text{ADU}$ を越えることを考慮すると、本当にこの値が正しいのならば検出器の full well が $\sim 1.5 \times 10^5 e^-$ と、とんでもなく大きいことになってしまう。

そこで、リセット電圧が 0.5V ではなく、これよりも大きい値に設定されてしまっておりそのせいで full well が大きくなっていると考える。しかしながら、この時は well の capacitance が小さくなって、conversion factor が小さくなってしまい矛盾する。

ただ、リセット電圧がどう設定されていたかはちゃんと確認し忘れている上に、HKP のモニターがちゃんとできておらず実際どうなっていたかは不明である。(engineering grade chip のテストをした時にちゃんと合わせていたつもりなのだが…) 次回天文台に行く時にまず確認する必要がある。

- average と stddev の関係が、 $1/2$ 乗に比例していない。原因ははっきりしていないが、数百 ADU レベルでの offset が乗っている可能性がある。この場合、conversion factor はカウントの大きいレベルでの値である $\sim 4e^-/\text{ADU}$ が正しいことになる。

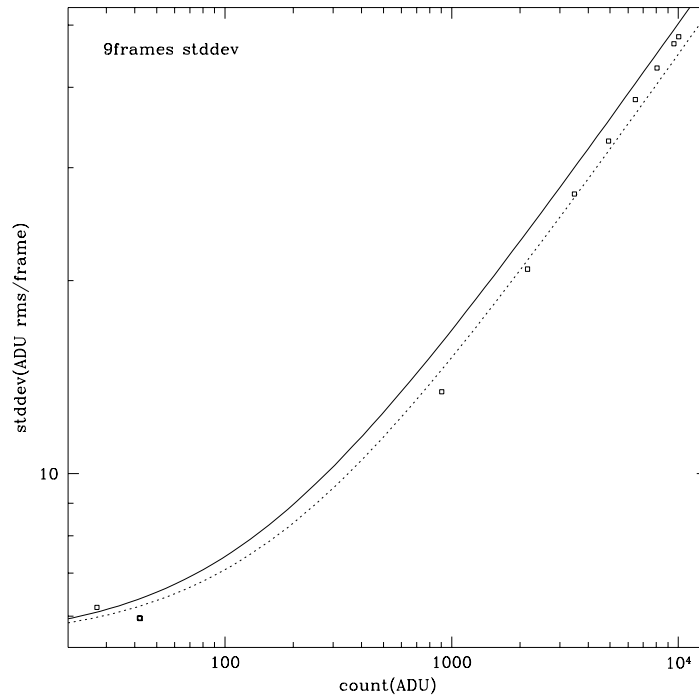


図 3: Count-Noise 関係。実線は式 (1) で $k = 4.0$, $a = 5.5$ のとき。破線は $k = 5.0$, $a = 5.5$ のとき。

2.3 解析 2

読み出しの stddev を求めるにはもう一つ方法がある。

すなわち、『それぞれのピクセルの well の capacitance はほぼ同じで、ピクセル間の感度の違いも無視できる。読み出しノイズも同じ。』と仮定することにより、連続して取った2フレームの差のフレームの、ピクセルの値の stddev が読み出しの stddev の $\sqrt{2}$ 倍であると考えることができる。

そこで、それぞれのフレーム群の隣あったフレーム間で

1. [640:768,640:768] の部分を切り出して差を取り、そのフレームの stddev を出す
2. [640:768,640:768] の部分を切り出して平均し、そのフレームの mean を出す

をおこない、各々の群で9組のデータを作り、これをすべての群に対して行なった。結果を図4に示す。

一部大きく上にはねてしまっている点があるが、これは10枚連続でとったうちの初めの2枚で得られた点で、1枚目がそれ以降に比べて不安定になっているせいであると考えられる。

それ以外のおおよその傾向は先ほどの解析1と同じであった。

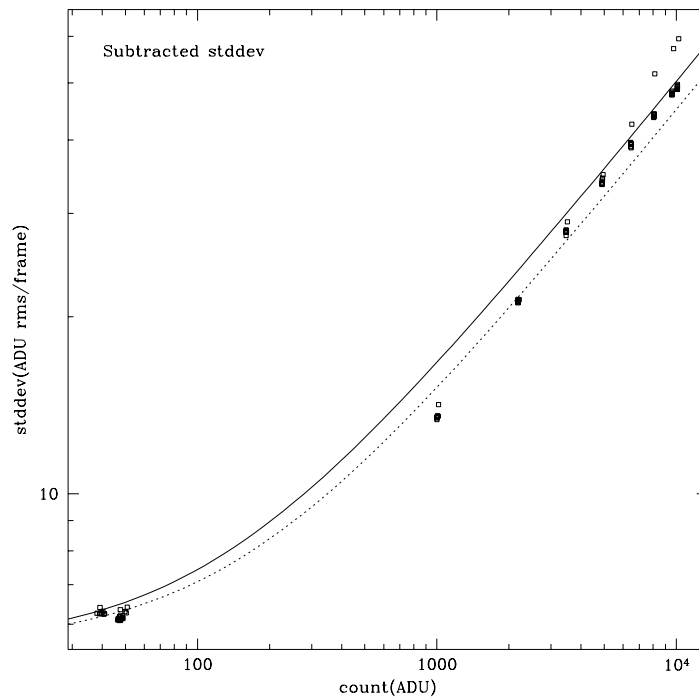


図 4: Count-Noise 関係。実線は式 (1) で $k = 4.0$, $a = 5.5$ のとき。破線は $k = 5.0$, $a = 5.5$ のとき。

3 フィルタ・ホイール固定、積分時間を変えて溜る電荷を変える

3.1 データ

linearity をチェックする目的で取っていたデータを、解析 2 の方法で解析する。用いたデータは 2 種類（3 組）あって、片方は 10sec 積分で 20000ADU 程度溜る明るさ、もう一方は 20sec で 20000ADU 程度溜る明るさ。

No.	Filter	積分時間	
2957~3146	JK' の間	1.4, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1.4	10 frames × 19 position
3808~3932	JK' の間	1.5, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 22, 20, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4, 2, 1.5	5frames × 25 position
3933 ~4057	同上	同上	同上

3.2 解析

解析は、先ほどの解析 2 の方法で行なった。結果を図 5, 6 に示す。

これからわかるのは

- やはり、conversion factor は $4 \sim 5e^-/\text{ADU}$ あたりの値をとる。
- カウントが 15000ADU あたりから conversion factor が徐々に大きくなってきている。これは、well がサチり始めて well の capacitance が大きくなっているせいであると考えられる。
- 入ってくるフラックスの量にかかわらず、average-stddev 関係は同じ曲線上に載っている。

4 まとめ

- Conversion factor は、どうやら $4e^-/\text{ADU}$ 程度らしい。しかしながらリセット電圧がどれくらいに設定されているかは良くわからないので、次回天文台に行った時に確認する必要がある。
- Conversion factor とリセット電圧の関係を、次回の天文台での室内実験で確認する必要がある。
- Conversion factor はカウントが 15000ADU を越えたところあたりから増加していく。これは、well の深さが変わって pixel の capacitance が増加していくのを見ているものと思われる。

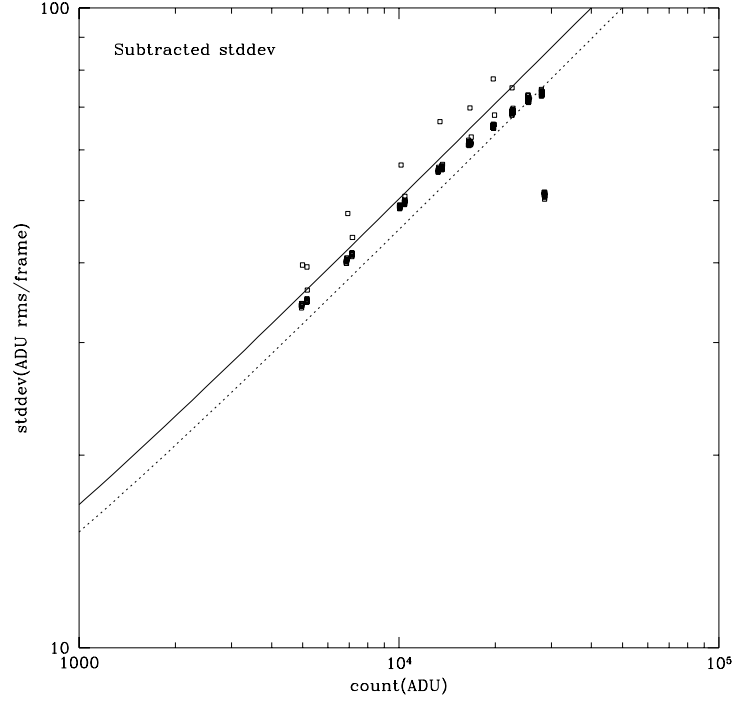


図 5: 2957~3146 の Count-Noise 関係。実線は式 (1) で $k = 4.0$, $a = 5.5$ のとき。破線は $k = 5.0$, $a = 5.5$ のとき。

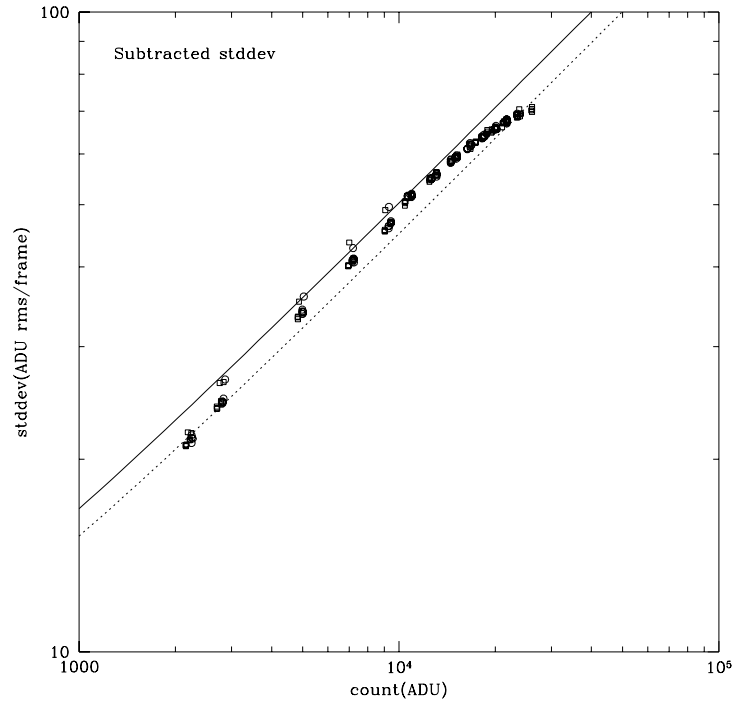


図 6: 3808~3932, 3933 ~4057 の Count-Noise 関係。三角が 3808~3932、丸が 3933 ~4057 を示す。実線は式 (1) で $k = 4.0$, $a = 5.5$ のとき。破線は $k = 5.0$, $a = 5.5$ のとき。