

ADC ボード駆動試験6：全チャンネル試験2

本原 顯太郎

1996 年 10 月 7 日

概要

ADC が熱くなる原因は単純に本体からの発熱 (3.4 Watt) によるものであった。

しかしながら、これを放置すると温度が表面でも50度程度と高くなっており、さらにこの熱が原因であると思われるゼロ点のドリフトが見られたため、Pentium Processor 用のファンで冷却することにした。

とりあえずファンを一つ買ってきて取り付けたところ、冷却効果は上々で、またこれが原因で読み出しのノイズが増えている様子もなかった。

1 ADC 入れ替え実験

4つのADCを入れ替えてみて、ゼロ点やノイズが変わるかを調べる。この際、電源を入れっぱなしにするため、熱による影響も効いてくる。

1.1 実験ログ

ID#	image name	clk	NPIX	MEAN	STDDEV	MIN	MAX													
01	960930'01	173k						10	960930'11	173k										
		262144	32761.00	1.228000	32757.	32766.				262144	32761.00	1.005000	32758.	32766.						
		262144	32779.32	0.717947	32777.	32782.				262144	32779.44	0.699320	32777.	32782.						
		262144	32765.68	0.516864	32764.	32767.				262144	32763.63	1.108503	32760.	32772.						
		262144	32771.98	0.241282	32771.	32773.				262144	32776.98	0.589798	32769.	32779.						
02	960930'02	173k						11	960930'12	173k										
		262144	32762.00	1.109000	32757.	32766.				262144	32761.00	0.936700	32758.	32766.						
		262144	32779.73	0.676744	32777.	32782.				262144	32779.55	0.687110	32777.	32782.						
		262144	32765.5	0.514939	32764.	32767.				262144	32763.04	1.068435	32759.	32767.						
		262144	32771.94	0.277017	32771.	32773.				262144	32776.77	0.602893	32774.	32779.						
03	960930'03	173k						12	960930'13	173k										
		262144	32775.00	0.804200	32762.	32778.				262144	32758.00	0.809600	32755.	32762.						
		262144	32766.44	0.645416	32764.	32779.				262144	32783.31	0.719876	32780.	32786.						
		262144	32762.23	1.127535	32758.	32766.				262144	32760.3	1.069372	32756.	32764.						
		262144	32776.24	0.670464	32772.	32779.				262144	32776.02	0.683930	32774.	32779.						
04	960930'04	173k						13	960930'14	173k										
		262144	32775.00	0.786300	32772.	32778.				262144	32758.00	0.807500	32754.	32761.						
		262144	32766.44	0.646269	32764.	32769.				262144	32783.31	0.720758	32781.	32786.						
		262144	32761.64	1.108860	32758.	32765.				262144	32760.31	1.058972	32757.	32764.						
		262144	32776.04	0.674830	32773.	32779.				262144	32776.01	0.683387	32773.	32779.						
05	960930'06	173k						14	960930'15	173k										
		262144	32775.00	0.810100	32772.	32779.				262144	32776.00	0.763600	32759.	32778.						
		262144	32766.21	0.637322	32764.	32769.				262144	32765.37	0.675521	32762.	32784.						
		262144	32769.66	1.058276	32763.	32773.				262144	32761.18	1.154229	32757.	32765.						
		262144	32768.46	0.742832	32765.	32776.				262144	32775.96	0.675848	32773.	32778.						
06	960930'07	173k						15	960930'16	173k										
		262144	32776.00	0.786700	32772.	32778.				262144	32776.00	0.748900	32772.	32778.						
		262144	32766.31	0.635765	32764.	32769.				262144	32765.51	0.668916	32763.	32768.						
		262144	32769.29	0.999695	32766.	32773.				262144	32760.65	1.140577	32757.	32765.						
		262144	32767.99	0.772531	32765.	32771.				262144	32775.81	0.671870	32773.	32779.						
07	960930'08	173k						16	960930'17	173k										
		262144	32775.00	0.811400	32772.	32778.				262144	32776.00	0.764000	32772.	32778.						
		262144	32766.32	0.637447	32764.	32769.				262144	32765.83	0.643016	32763.	32768.						
		262144	32769.63	1.070017	32766.	32773.				262144	32768.86	1.020782	32758.	32773.						
		262144	32768.61	0.729685	32766.	32772.				262144	32768.13	0.790215	32765.	32775.						
08	960930'09	173k						17	960930'18	173k										
		262144	32762.00	1.184000	32757.	32775.				262144	32776.00	0.762700	32772.	32779.						
		262144	32778.89	0.723267	32766.	32782.				262144	32765.90	0.642242	32763.	32769.						
		262144	32771.16	1.161600	32767.	32775.				262144	32768.59	0.998066	32765.	32773.						
		262144	32769.61	0.642112	32767.	32772.				262144	32767.58	0.761973	32765.	32771.						
09	960930'10	173k																		
		262144	32762.00	1.062000	32758.	32767.														
		262144	32779.18	0.714623	32777.	32782.														
		262144	32770.95	1.114068	32767.	32775.														
		262144	32769.13	0.625078	32766.	32772.														

読み出しの状態は以下の通りであった。

ID#	コメント	操作
01		
02	quad.1 の stddev が妙に大きい	
03		quad.1 と quad.2 の ADC を入れ換える
04		quad.4 の stddev が大きくなった？なんのこっちゃ
05		quad.3 と quad.4 の ADC を入れ換える
06		
07		
08		quad.1 と quad.2 の ADC を再び入れ換える
09		
10		quad.3 と quad.4 の ADC を再び入れ換える（元に戻る）
11		
12		1 時間ほど電源を入れたまま放置：ADC 本体が極めて熱くなる
13		
14		quad.1 と quad.2 の ADC を入れ換える
15		
16		quad.3 と quad.4 の ADC を入れ換える
17		

ID=12~17 の操作の間に徐々に温度が下がっていったと考えられる。

1.2 結果

ADU の値の平均値と STDDEV をそれぞれプロットしたものが図 1、2 である。

とりあえずはっきりと現れるのは、ADC を取り替えると出力の値が変化するということである。これは回路と ADC の間に「相性」が存在していることを表す。ただ正確には、ADC の入口を直接 GND とショートさせたらどうなるかは実験しなければわからない。

あと、STDDEV の値の変化には ADC を取り替えたことによる影響がはっきりと現れているようには見えない。確かに ID=2-3 の間で大きく変化しているものの、その後は quad.1 が大きく動いているだけで、この変化も取り替えたことが原因になっているというよりも、それに伴った他の要因の変化によるものの可能性の方が大きい。（quad.2, 3, 4 に関してはほとんど変化していない。）

出力の値の変化に関しては ID=11-12 間の変化があるのがわかる。この間は 1 時間程度電源を入れたまま放置して ADC がかなり熱くなっており、この熱による特性の変化が原因だと考えて良いだろう。quad.4 の値にほとんど変化がないのはこの ADC の温度がそんなに上昇しなかったためだと考えられる。

あと、ID=1,2 の各値がそれ以降のものに比べて特異な値をとっているのがわかる。これは電源を入れた直後だったため回路がまだ安定していなかったためだと思われる。少なくとも 10 分程度はおいてから駆動させた方がいいようだ。

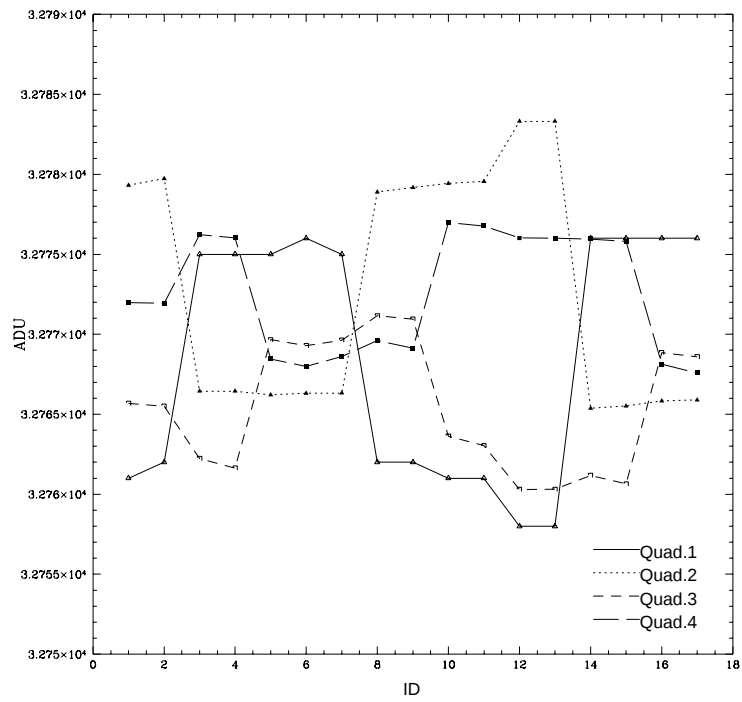


図 1: 各コドラントの ADU の平均値。縦軸が ADU、横軸が ID#。

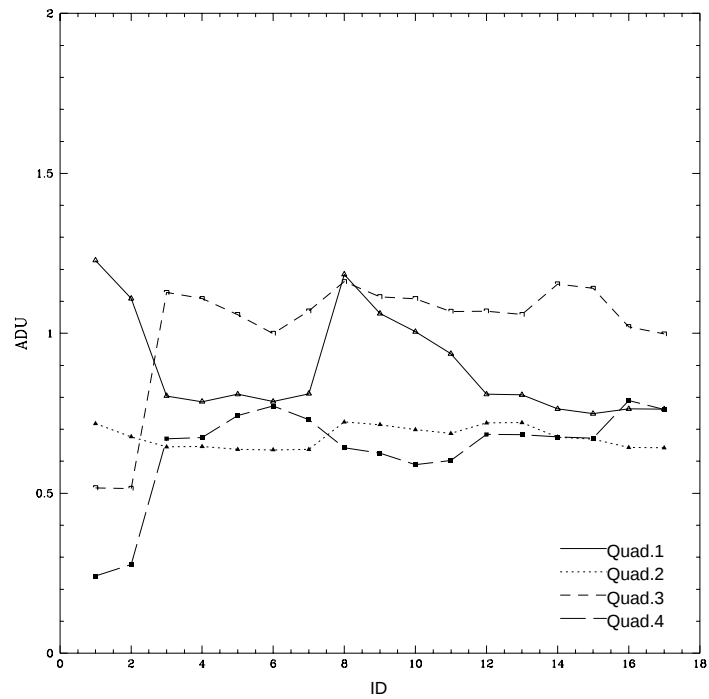


図 2: 各コドラントの ADU のばらつき。縦軸が STDDEV(ADU 単位)、横軸が ID#。

2 各種工作

この実験でも現れた通り、ADC の発熱により出力の値が変動する可能性があることがわかった。また、ADC が高温になったためか松ヤニが蒸発したような匂いがするため、ADC 本体を冷却することにした。

冷却方法は幾つか挙がったが、尾崎さんのアドバイスもあり結局 Pentium プロセッサ用の冷却ファンを用いることにした。このモーターはホール素子用いており、ほとんどノイズが出ることもないとのこと。電源は 12V であるため、アナログの 15V をレギュレータで変換して用いることにした。

これにともない、まだ本番用のケーブル／コネクタにしていなかった電源と CIC からの入力をすべてシールド線／MIL-コネクタにした。結果的にこれが思わぬ影響を与えることになる。これに関してはつぎのセクションで。

3 ケーブルを替えた影響

3.1 変換がおかしい？

電源ケーブルの長さははじめ、20m 丸々使った。その状態で読み出しを行なったところ、+5V 側に振り切れた値を返してきた。一方、ADC の入力口の値はちゃんと 0V になっていた上、+15V、-15V の供給は正常に行なわれていたため、おそらく Vcc が何らかの理由でちゃんと供給されずに ADC が正常に動作しなかったためではないかと思われる。

とりあえずケーブルが長過ぎるためではないかと考え、ケーブル長を 1.5m にしたところ正常に変換をはじめた。

3.2 本番用の電源ケーブルを使った時と簡易用のそれを使った時の違い

ログは以下の通り

imagename	clk	NPIX	MEAN	STDDEV	MIN	MAX
961003'01	173k	: 簡易ケーブル				
		262144	32774.	0.8189	32771.	32777.
		262144	32767.	0.6202	32764.	32769.
		262144	32770.	1.0355	32766.	32773.
		262144	32769.	0.7330	32766.	32772.
961003'02	173k	: 簡易ケーブル				
		262144	32774.	0.7975	32771.	32777.
		262144	32767.	0.6288	32764.	32769.
		262144	32770.	1.0446	32766.	32773.
		262144	32769.	0.7368	32766.	32772.
961003'03	173k	: 本番用ケーブル				
		262144	32774.	1.1290	32769.	32777.
		262144	32764.	0.6943	32762.	32769.
		262144	32769.	1.3513	32765.	32774.
		262144	32767.	0.6011	32764.	32769.
961003'04	173k	: 本番用ケーブル				
		262144	32773.	1.1910	32768.	32777.
		262144	32764.	0.6857	32761.	32768.
		262144	32769.	1.4764	32764.	32774.
		262144	32766.	0.6071	32764.	32769.

これらのヒストグラムを図 3 に示す。

ログからもわかることではあるが、明らかにピークの鋭さが減っており、さらに quad.3,4 のピーク位置が 3 ADU 程度小さくなっている。ピークの鋭さが鈍ったのはノイズ特性が悪くなったとして説明できるものの、quad3,4 のピーク位置のずれに関してはうまい説明が今のところ考えつかない。

なんでなんだろう？

仕方がないけどこの状態で以降の実験を行なう。

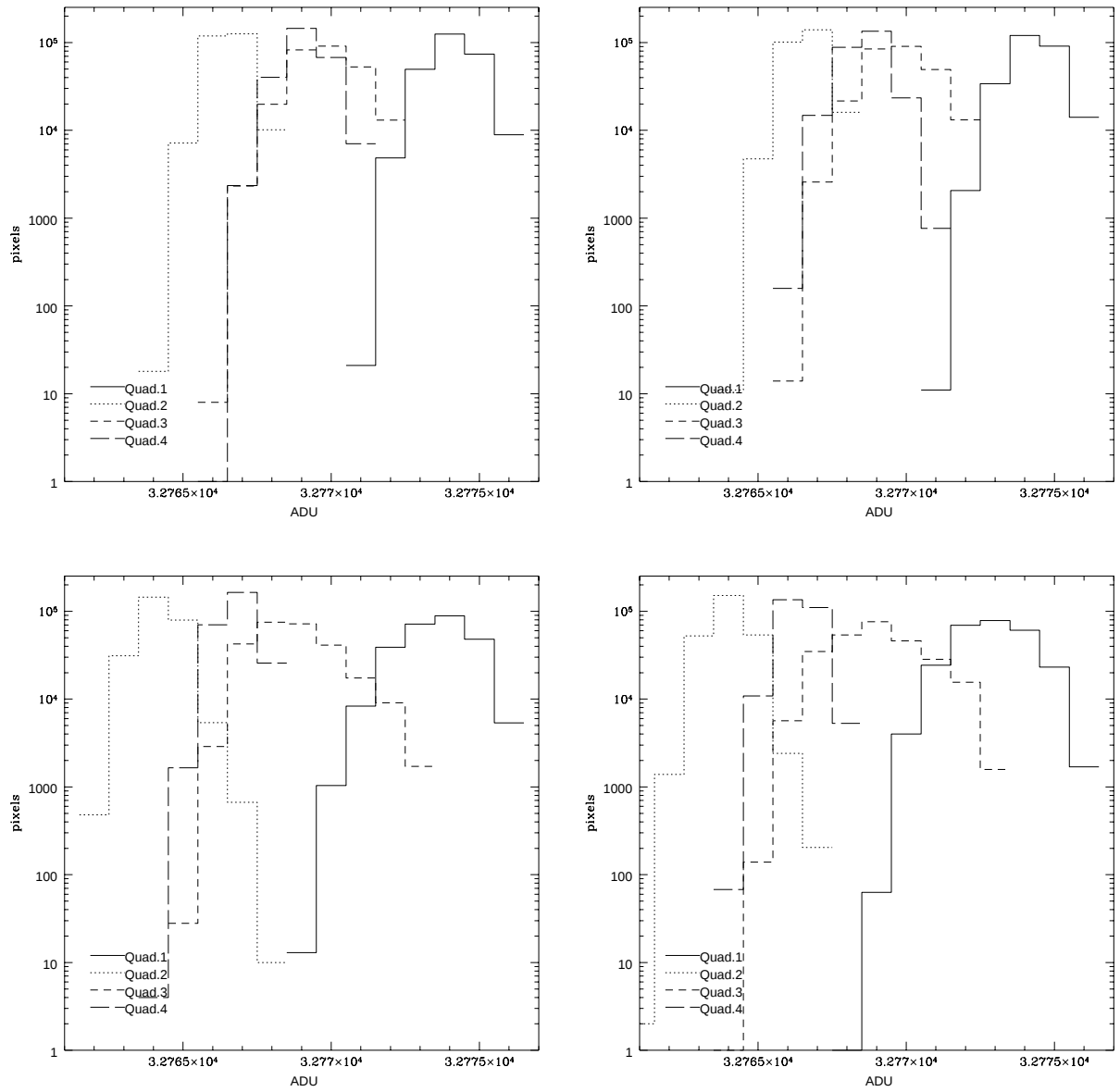


図 3: ヒストグラム。上段が簡易ケーブルを使った時。下段が本番用のケーブルを使った時。

4 CPUクーラーを取り付けた影響

4.1 準備と実験

とりあえず、CPUクーラーを1個だけ買ってきてその影響を調べる。電源に関しては、とりあえずマザーボードの+18Vをレギュレータに繋ぎ、+12Vを生成した。この電源部にはスイッチを装備し、ラインは繋いだままファンをOn/Offできるようにした。グラウンドはAGNDに接続。

予備的な実験を行なったところ、どうも全体的にノイズが大きい。一方で、ファンを動かしても動かさなくてもノイズレベルはほとんど変わらないという結果が得られた。どうやらノイズは電源部から長く伸びているケーブルで拾っている様子である。そのため、再度これを確認するとともに、電源をクロックドライバに行く+18V、AGNDから引いた時の結果を調べた。

すべての実験ログは最後に示す。

4.2 とりあえず読み出してみる

とりあえず以下の操作で読み出しを行ない、ノイズの変化を見る

imagename#	コメント	操作
961004_01		
961004_02	ファン=入	
961004_03		
961004_04	ファン=切	
		モーター／電源ボード間を切る
961004_05		
961004_06		
		電源ボードとマザーボードの半田づけを外す
961004_07		
961004_08		
		電源ボードとクロックへの電源を半田づけする
961004_09		
961004_10		
		モーター／電源ボード間を繋ぐ
961004_11		
961004_12	ファン=切	
961004_13		
961004_14	ファン=入	

このときのADUの平均値及びSTDDEVは以下の図のようになった。それぞれ横軸は、ログにあるimagenameの下二桁の数字。

これを見ると、quad.1, 3がファンを入れたり、電源のケーブルを繋いだりすることによってノイズが増えているのがわかる。これは、回路のquad1,3に対応する方の部分がノイズに弱いことを示していると考えて良いだろう。

また、必ずしも上で述べたノイズとの相関があるわけでもなさそうである。

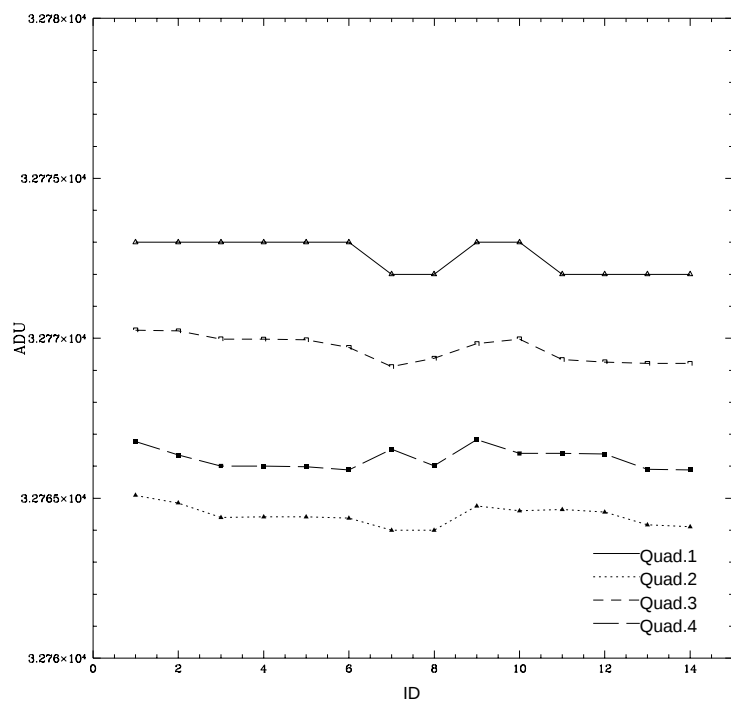


図 4: 各コドラントの ADU の平均値。縦軸が ADU。

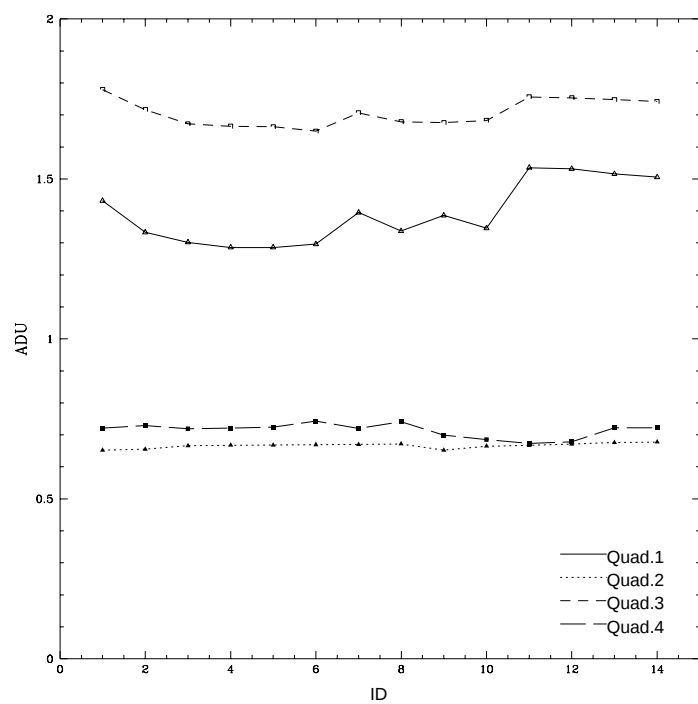


図 5: 各コドラントの ADU のばらつき。縦軸が STDDEV(ADU 単位)。

4.3 電源ケーブルの走らせ方を変える（というかちょっと工夫する）

もしも電源のケーブルでノイズを拾っているとすれば、その走らせ方次第ではこのノイズレベルが変化してくると思われる。そこで次に、電源ケーブルの這わせ方をちょっと変えてみた。

変えてみたといっても、やったのは +12V の電源部を置く場所をボックスのマザーボード側からコネクタ側に変えただけである。そうした上で以下の読み込みを行なった。

imagename#	コメント	操作
961004_15	ファン＝入	
961004_16		
961004_17	ファン＝切	
961004_18		
961004_19	モーター／電源ボード間を切る	
961004_20		モーター／電源ボード間を繋ぐ
961004_21	ファン＝入	
961004_22		
961004_23	ファン＝切	
961004_24		
961004_25	モーター／電源ボード間を切る	
961004_26		

この結果が次ページの図である。それぞれ横軸は、ログにある imagename の下二桁の数字。ファンの動作とノイズの間の相関が全くなくなった。

5 結論

この結果から、ファンは（それ自身では）ノイズを発生させることはない、と結論づけるのは早いが、それがかなり少ないと考えていいだろう。また、このファンを取り付ける際にその配線には十分に気を配る必要がありそうである。

この次に、アンプボードを取り付けての実験を行なう必要がある。

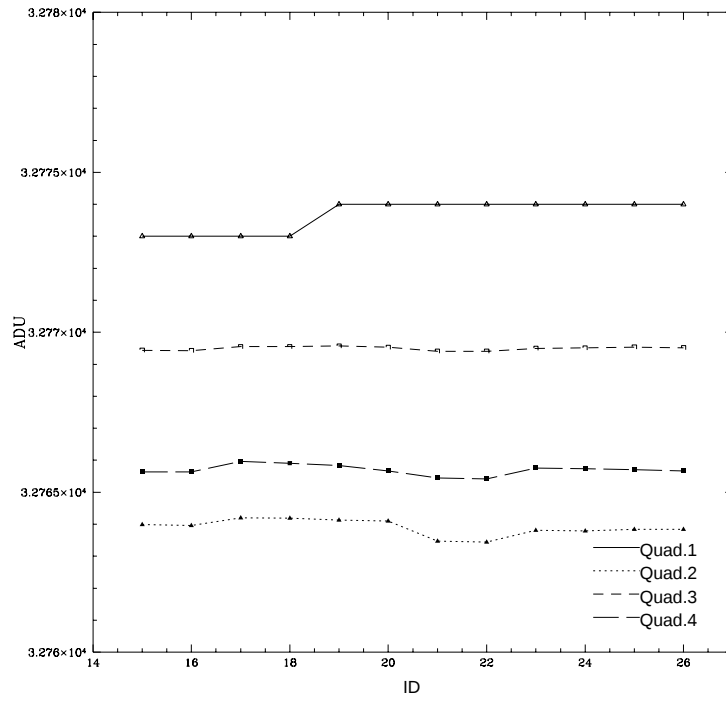


図 6: 各コドラントの ADU の平均値。縦軸が ADU。

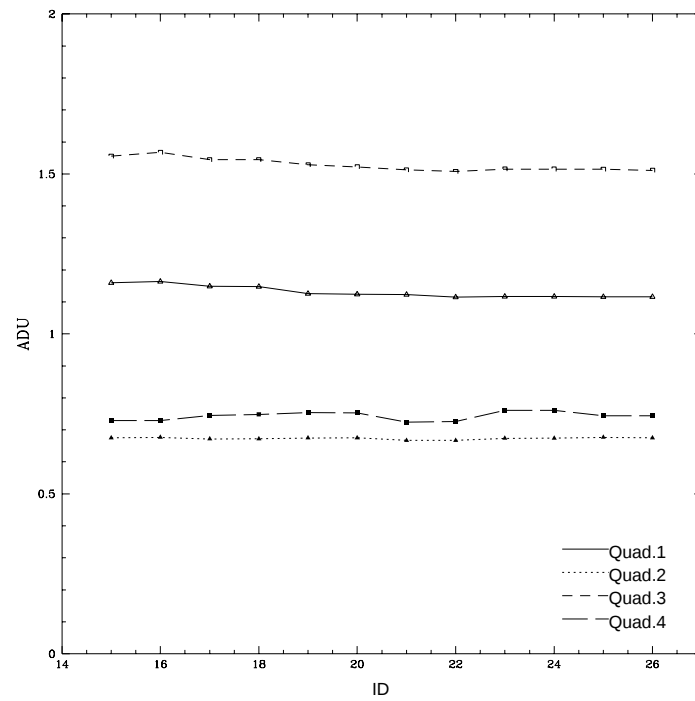


図 7: 各コドラントの ADU のばらつき。縦軸が STDDEV(ADU 単位)。

imagename	clk	NPIX	MEAN	STDDEV	MIN	MAX						
961004'01	173k						961004'14	173k				
		262144	32773.	1.432	32768.	32778.		262144	32772.	1.506	32767.	32777.
		262144	32765.	0.652	32762.	32767.		262144	32764.	0.678	32762.	32767.
		262144	32770.	1.779	32765.	32776.		262144	32769.	1.742	32764.	32775.
		262144	32767.	0.721	32764.	32770.		262144	32766.	0.722	32763.	32769.
961004'02	173k						961004'15	173k				
		262144	32773.	1.333	32769.	32777.		262144	32773.	1.160	32769.	32777.
		262144	32765.	0.655	32762.	32767.		262144	32764.	0.675	32761.	32767.
		262144	32770.	1.717	32765.	32775.		262144	32769.	1.555	32765.	32774.
		262144	32766.	0.730	32763.	32769.		262144	32766.	0.720	32763.	32769.
961004'03	173k						961004'16	173k				
		262144	32773.	1.302	32769.	32777.		262144	32773.	1.164	32769.	32777.
		262144	32764.	0.666	32762.	32767.		262144	32764.	0.677	32761.	32766.
		262144	32770.	1.672	32765.	32775.		262144	32769.	1.568	32765.	32774.
		262144	32766.	0.719	32763.	32769.		262144	32766.	0.729	32763.	32769.
961004'04	173k						961004'17	173k				
		262144	32773.	1.286	32769.	32778.		262144	32773.	1.149	32769.	32777.
		262144	32764.	0.668	32762.	32767.		262144	32764.	0.672	32762.	32767.
		262144	32770.	1.664	32765.	32775.		262144	32770.	1.545	32765.	32775.
		262144	32766.	0.721	32763.	32769.		262144	32766.	0.746	32763.	32769.
961004'05	173k						961004'18	173k				
		262144	32773.	1.286	32769.	32778.		262144	32773.	1.148	32769.	32777.
		262144	32764.	0.668	32762.	32767.		262144	32764.	0.672	32762.	32767.
		262144	32770.	1.663	32765.	32775.		262144	32770.	1.545	32765.	32774.
		262144	32766.	0.724	32763.	32769.		262144	32766.	0.748	32763.	32769.
961004'06	173k						961004'19	173k				
		262144	32773.	1.296	32769.	32777.		262144	32774.	1.126	32769.	32777.
		262144	32764.	0.669	32762.	32767.		262144	32764.	0.675	32762.	32767.
		262144	32770.	1.649	32765.	32775.		262144	32770.	1.529	32765.	32774.
		262144	32766.	0.743	32763.	32769.		262144	32766.	0.755	32763.	32769.
961004'07	173k						961004'20	173k				
		262144	32772.	1.395	32767.	32776.		262144	32774.	1.124	32769.	32777.
		262144	32764.	0.670	32761.	32766.		262144	32764.	0.675	32762.	32767.
		262144	32769.	1.707	32765.	32774.		262144	32770.	1.522	32765.	32774.
		262144	32767.	0.720	32764.	32770.		262144	32766.	0.753	32763.	32769.
961004'08	173k						961004'21	173k				
		262144	32772.	1.337	32768.	32776.		262144	32774.	1.123	32769.	32777.
		262144	32764.	0.672	32762.	32767.		262144	32763.	0.667	32761.	32766.
		262144	32769.	1.678	32765.	32774.		262144	32769.	1.513	32765.	32774.
		262144	32766.	0.741	32763.	32769.		262144	32765.	0.725	32763.	32769.
961004'09	173k						961004'22	173k				
		262144	32773.	1.386	32768.	32777.		262144	32774.	1.115	32769.	32777.
		262144	32765.	0.652	32762.	32767.		262144	32763.	0.667	32760.	32766.
		262144	32770.	1.676	32765.	32775.		262144	32769.	1.508	32765.	32774.
		262144	32767.	0.699	32764.	32770.		262144	32765.	0.726	32762.	32769.
961004'10	173k						961004'23	173k				
		262144	32773.	1.346	32768.	32777.		262144	32774.	1.117	32769.	32778.
		262144	32765.	0.665	32762.	32767.		262144	32764.	0.674	32761.	32766.
		262144	32770.	1.683	32765.	32775.		262144	32770.	1.515	32765.	32774.
		262144	32766.	0.685	32764.	32769.		262144	32766.	0.761	32763.	32769.
961004'11	173k						961004'24	173k				
		262144	32772.	1.535	32767.	32776.		262144	32774.	1.117	32770.	32778.
		262144	32765.	0.667	32762.	32767.		262144	32764.	0.674	32761.	32766.
		262144	32769.	1.756	32764.	32775.		262144	32770.	1.515	32765.	32775.
		262144	32766.	0.673	32763.	32769.		262144	32766.	0.761	32763.	32769.
961004'12	173k						961004'25	173k				
		262144	32772.	1.532	32767.	32777.		262144	32774.	1.116	32769.	32777.
		262144	32765.	0.671	32762.	32767.		262144	32764.	0.677	32761.	32766.
		262144	32769.	1.753	32764.	32774.		262144	32770.	1.515	32765.	32774.
		262144	32766.	0.679	32763.	32769.		262144	32766.	0.744	32763.	32769.
961004'13	173k						961004'26	173k				
		262144	32772.	1.516	32767.	32776.		262144	32774.	1.116	32769.	32778.
		262144	32764.	0.676	32762.	32767.		262144	32764.	0.675	32761.	32767.
		262144	32769.	1.748	32764.	32774.		262144	32770.	1.511	32765.	32774.
		262144	32766.	0.723	32763.	32769.		262144	32766.	0.744	32763.	32769.