

Fan-out ボードノイズ試験

本原 顕太郎

1997 年 4 月 3 日

1 ゲート間を抵抗で結んだ時のノイズ

1.1 方法

実験の方法は、マルチプレクサが乗っていないこと以外は全く同じ configuration で行なった。

まず、ペアになっている FET のゲート間を抵抗を介して結んだ時のノイズを調べる。これにより、両方の FET にバイアス電圧がかかることになる。ゲート間を接続する抵抗は 0Ω , 100Ω , $1k\Omega$, $10k\Omega$, $100k\Omega$ の 5 つを用い、抵抗の値とノイズの相関を見た。

この状態でマルチプレクサから読み出しを行なうクロックを動かすことにより、1 フレーム分、各チャンネル 512×512 ピクセルの連続した AD 変換結果が得られることになる。

読み出しに用いたクロックは、マルチプレクサを駆動させてリセットをかけながら読み出しを行なう `reset_scan` とリセットをかけずに読み出す `scan`、それに、読み出し時にはマルチプレクサには（そしてファンアウトボード自体に）全くクロックを送らない `sreset_scan` の 3 種類を用いた。結果としては `reset_scan` で読み出した時と `scan` で読み出した時とは全く違いは見られなかった。（当たり前だが。）

1.2 結果

実験自身は、ゲート間の抵抗を半田付けするのが難しく、その部分でかなりの時間を費やしてしまった。これは、ファンアウトボードの全面がシールド層で覆われているために、注意して半田付けをしないと半田がランドからあふれてショートしてしまうためである。一度ショートしてしまうとシールド層の熱容量が大きいためになかなか半田を融かしてはがすことができない上、それを取り除いたとしても多少の抵抗

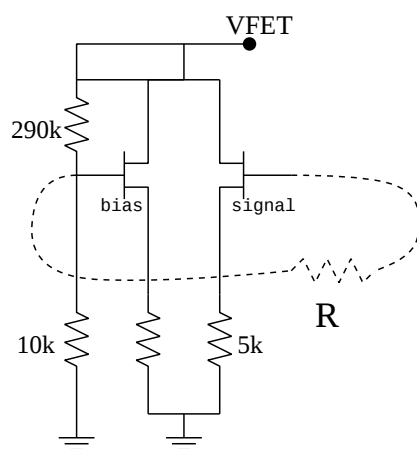


図 1: ゲート間を抵抗で結んでその時の読み出しの揺らぎを見る

が残ってしまうらしく、とくにゲート間の抵抗がそれと同じ位に大きくなってくると重大なノイズ源になっていたようである。

このため、一部のチャンネルでは信頼できるデータが得られていないことに注意。

まずは結果の表を以下に示す。clock=reset_scan と scan ではほとんど差がないのが分かる。これ以降は reset_scan と sreset_scan についてのみを考えてゆくことにする。

1. $R = 0\Omega$

このときはどのチャンネルも、また、どのクロックでもノイズのレベルは極めて低いことが分かる。チャンネル4がわずかに高い程度か。

clock=reset_scan				clock=sreset_scan			
970317'10.fits	quad=1	ave=-32104.583984	stddev=2.088438	970317'16.fits	quad=1	ave=-32106.734375	stddev=2.077489
970317'10.fits	quad=2	ave=-31420.820312	stddev=3.090435	970317'16.fits	quad=2	ave=-31417.484375	stddev=3.107660
970317'10.fits	quad=3	ave=28679.035156	stddev=2.984814	970317'16.fits	quad=3	ave=28688.341797	stddev=2.990802
970317'10.fits	quad=4	ave=-15335.136719	stddev=4.113138	970317'16.fits	quad=4	ave=-15312.064453	stddev=3.949074
970317'11.fits	quad=1	ave=-32106.941406	stddev=2.038958	970317'17.fits	quad=1	ave=-32104.048828	stddev=2.149953
970317'11.fits	quad=2	ave=-31417.548828	stddev=2.861802	970317'17.fits	quad=2	ave=-31410.925781	stddev=3.058999
970317'11.fits	quad=3	ave=28680.466797	stddev=2.679558	970317'17.fits	quad=3	ave=28675.074219	stddev=3.024073
970317'11.fits	quad=4	ave=-15320.893555	stddev=3.839964	970317'17.fits	quad=4	ave=-15303.206055	stddev=4.192259
970317'12.fits	quad=1	ave=-32107.513672	stddev=2.083379	970317'18.fits	quad=1	ave=-32107.187500	stddev=2.065422
970317'12.fits	quad=2	ave=-31417.736328	stddev=2.993523	970317'18.fits	quad=2	ave=-31416.431641	stddev=3.073687
970317'12.fits	quad=3	ave=28679.263672	stddev=2.899798	970317'18.fits	quad=3	ave=28682.615234	stddev=2.813951
970317'12.fits	quad=4	ave=-15312.578125	stddev=4.036543	970317'18.fits	quad=4	ave=-15305.852539	stddev=4.116699
clock=scan							
970317'13.fits	quad=1	ave=-32108.527344	stddev=2.036942				
970317'13.fits	quad=2	ave=-31423.023438	stddev=3.139466				
970317'13.fits	quad=3	ave=28675.115234	stddev=2.849243				
970317'13.fits	quad=4	ave=-15309.273438	stddev=4.041321				
970317'14.fits	quad=1	ave=-32109.527344	stddev=2.124542				
970317'14.fits	quad=2	ave=-31417.181641	stddev=3.196844				
970317'14.fits	quad=3	ave=28683.107422	stddev=2.852574				
970317'14.fits	quad=4	ave=-15310.914062	stddev=4.313425				
970317'15.fits	quad=1	ave=-32106.121094	stddev=2.119077				
970317'15.fits	quad=2	ave=-31414.781250	stddev=3.000736				
970317'15.fits	quad=3	ave=28680.113281	stddev=2.794186				
970317'15.fits	quad=4	ave=-15314.243164	stddev=4.040036				

2. $R = 100\Omega$

わずかにノイズが増えたようにも見えるが、多少の回路の安定度などによるものであると思われる。

clock=reset_scan				clock=sreset_scan			
970324'01.fits	quad=1	ave=-32254.750000	stddev=2.238027	970324'10.fits	quad=1	ave=-32250.326172	stddev=2.109019
970324'01.fits	quad=2	ave=-31568.105469	stddev=3.148395	970324'10.fits	quad=2	ave=-31566.894531	stddev=3.016345
970324'01.fits	quad=3	ave=28499.761719	stddev=2.864769	970324'10.fits	quad=3	ave=28489.566406	stddev=2.690346
970324'01.fits	quad=4	ave=-15575.662109	stddev=5.868988	970324'10.fits	quad=4	ave=-15578.626953	stddev=4.871371
970324'02.fits	quad=1	ave=-32244.414062	stddev=2.526242	970324'11.fits	quad=1	ave=-32267.150391	stddev=2.239614
970324'02.fits	quad=2	ave=-31570.966797	stddev=3.086750	970324'11.fits	quad=2	ave=-31566.193359	stddev=3.133679
970324'02.fits	quad=3	ave=28493.140625	stddev=3.009783	970324'11.fits	quad=3	ave=28496.882812	stddev=3.059499
970324'02.fits	quad=4	ave=-15576.912109	stddev=5.028301	970324'11.fits	quad=4	ave=-15573.063477	stddev=5.147068
970324'03.fits	quad=1	ave=-32266.466797	stddev=2.288271	970324'12.fits	quad=1	ave=-32253.234375	stddev=2.101865
970324'03.fits	quad=2	ave=-31570.308594	stddev=3.112410	970324'12.fits	quad=2	ave=-31566.144531	stddev=3.169844
970324'03.fits	quad=3	ave=28494.980469	stddev=3.128834	970324'12.fits	quad=3	ave=28493.699219	stddev=2.869870
970324'03.fits	quad=4	ave=-15576.905273	stddev=5.223356	970324'12.fits	quad=4	ave=-15576.400391	stddev=5.532734
970324'04.fits	quad=1	ave=-32260.132812	stddev=2.471349	970324'13.fits	quad=1	ave=-32261.548828	stddev=2.252475
970324'04.fits	quad=2	ave=-31568.611328	stddev=3.059721	970324'13.fits	quad=2	ave=-31567.935547	stddev=2.908101
970324'04.fits	quad=3	ave=28496.673828	stddev=2.894388	970324'13.fits	quad=3	ave=28502.863281	stddev=2.882435
970324'04.fits	quad=4	ave=-15577.965820	stddev=5.390575	970324'13.fits	quad=4	ave=-15573.886719	stddev=5.600571
970324'05.fits	quad=1	ave=-32248.179688	stddev=2.211193	970324'14.fits	quad=1	ave=-32242.828125	stddev=2.298041
970324'05.fits	quad=2	ave=-31565.224609	stddev=3.082218	970324'14.fits	quad=2	ave=-31566.855469	stddev=2.895901
970324'05.fits	quad=3	ave=28491.199219	stddev=2.898316	970324'14.fits	quad=3	ave=28492.277344	stddev=2.779635
970324'05.fits	quad=4	ave=-15581.376953	stddev=5.127807	970324'14.fits	quad=4	ave=-15578.310547	stddev=4.830221
clock=scan							
970324'06.fits	quad=1	ave=-32233.257812	stddev=2.202505	970324'15.fits	quad=1	ave=-32245.470703	stddev=2.371154
970324'06.fits	quad=2	ave=-31565.556641	stddev=2.949620	970324'15.fits	quad=2	ave=-31562.656250	stddev=3.145081
970324'06.fits	quad=3	ave=28488.431641	stddev=2.843000	970324'15.fits	quad=3	ave=28495.728516	stddev=3.130397
970324'06.fits	quad=4	ave=-15582.599609	stddev=5.186038	970324'15.fits	quad=4	ave=-15573.119141	stddev=5.254755
970324'07.fits	quad=1	ave=-32262.986328	stddev=2.266158				
970324'07.fits	quad=2	ave=-31571.640625	stddev=2.996646				
970324'07.fits	quad=3	ave=28496.552734	stddev=2.998796				
970324'07.fits	quad=4	ave=-15575.082031	stddev=5.668711				
970324'08.fits	quad=1	ave=-32250.683594	stddev=2.249555				
970324'08.fits	quad=2	ave=-31571.283203	stddev=2.940390				
970324'08.fits	quad=3	ave=28490.863281	stddev=2.750918				
970324'08.fits	quad=4	ave=-15578.681641	stddev=4.903033				
970324'09.fits	quad=1	ave=-32257.402344	stddev=2.290124				
970324'09.fits	quad=2	ave=-31569.082031	stddev=3.230289				
970324'09.fits	quad=3	ave=28495.921875	stddev=2.940543				
970324'09.fits	quad=4	ave=-15576.188477	stddev=5.264406				

3. $R = 1k\Omega$

この時点で、ノイズが明らかに増えてきているのが分かる。

```
clock=reset'scan
970325'01.fits quad=1 ave=-32246.044922 stddev=2.876112
970325'01.fits quad=2 ave=-31566.380859 stddev=2.963681
970325'01.fits quad=3 ave=28484.892578 stddev=3.644876
970325'01.fits quad=4 ave=-15578.461914 stddev=5.205930

970325'02.fits quad=1 ave=-32240.140625 stddev=3.188385
970325'02.fits quad=2 ave=-31571.691406 stddev=2.898940
970325'02.fits quad=3 ave=28485.658203 stddev=3.617847
970325'02.fits quad=4 ave=-15578.233398 stddev=5.190262

970325'03.fits quad=1 ave=-32260.685547 stddev=2.882247
970325'03.fits quad=2 ave=-31567.673828 stddev=2.998878
970325'03.fits quad=3 ave=28482.134766 stddev=3.705843
970325'03.fits quad=4 ave=-15580.340820 stddev=5.413940

970325'04.fits quad=1 ave=-32249.173828 stddev=2.788295
970325'04.fits quad=2 ave=-31563.107422 stddev=2.956182
970325'04.fits quad=3 ave=28486.041016 stddev=3.563943
970325'04.fits quad=4 ave=-15580.969727 stddev=5.129277

970325'05.fits quad=1 ave=-32258.921875 stddev=2.913400
970325'05.fits quad=2 ave=-31568.363281 stddev=3.040429
970325'05.fits quad=3 ave=28482.636719 stddev=3.599950
970325'05.fits quad=4 ave=-15582.697266 stddev=5.354334

clock=scan
970325'06.fits quad=1 ave=-32271.785156 stddev=2.773927
970325'06.fits quad=2 ave=-31570.257812 stddev=2.941669
970325'06.fits quad=3 ave=28487.251953 stddev=3.606586
970325'06.fits quad=4 ave=-15580.144531 stddev=5.494856

970325'07.fits quad=1 ave=-32265.125000 stddev=4.635687
970325'07.fits quad=2 ave=-31568.781250 stddev=2.984438
970325'07.fits quad=3 ave=28488.597656 stddev=3.954121
970325'07.fits quad=4 ave=-15577.383789 stddev=5.622603

970325'08.fits quad=1 ave=-32258.968750 stddev=3.219541
970325'08.fits quad=2 ave=-31566.388672 stddev=3.001162
970325'08.fits quad=3 ave=28486.896484 stddev=3.571625
970325'08.fits quad=4 ave=-15579.326172 stddev=5.411800

970325'09.fits quad=1 ave=-32264.888672 stddev=3.810549
970325'09.fits quad=2 ave=-31566.175781 stddev=3.025853
970325'09.fits quad=3 ave=28489.021484 stddev=3.821011
970325'09.fits quad=4 ave=-15579.865234 stddev=5.545508

970325'10.fits quad=1 ave=-32256.615234 stddev=2.876635
970325'10.fits quad=2 ave=-31565.968750 stddev=3.004695
970325'10.fits quad=3 ave=28484.765625 stddev=3.560280
970325'10.fits quad=4 ave=-15577.378906 stddev=5.415668

clock=sreset'scan
970325'11.fits quad=1 ave=-32268.773438 stddev=2.793324
970325'11.fits quad=2 ave=-31569.857422 stddev=2.949933
970325'11.fits quad=3 ave=28484.041016 stddev=3.512694
970325'11.fits quad=4 ave=-15580.379883 stddev=5.345357

970325'12.fits quad=1 ave=-32261.416016 stddev=2.722954
970325'12.fits quad=2 ave=-31567.660156 stddev=3.058924
970325'12.fits quad=3 ave=28479.542969 stddev=3.457826
970325'12.fits quad=4 ave=-15578.630859 stddev=5.328275

970325'13.fits quad=1 ave=-32267.359375 stddev=2.719048
970325'13.fits quad=2 ave=-31568.562500 stddev=2.962414
970325'13.fits quad=3 ave=28481.998047 stddev=3.631513
970325'13.fits quad=4 ave=-15580.607422 stddev=5.271637

970325'14.fits quad=1 ave=-32267.904297 stddev=2.679573
970325'14.fits quad=2 ave=-31568.259766 stddev=3.045331
970325'14.fits quad=3 ave=28484.017578 stddev=3.495674
970325'14.fits quad=4 ave=-15580.030273 stddev=5.302231

970325'15.fits quad=1 ave=-32268.886719 stddev=2.722601
970325'15.fits quad=2 ave=-31570.488281 stddev=3.066880
970325'15.fits quad=3 ave=28486.625000 stddev=3.307397
970325'15.fits quad=4 ave=-15580.289062 stddev=5.330510
```

4. $R = 10k\Omega$

一気にノイズが増えた。ただし、チャンネル2はほとんど増えていないし、チャンネル1も増え方が3、4に比べて小さいのに注意。

```
clock=reset'scan
970325'25.fits quad=1 ave=-32278.648438 stddev=5.843864
970325'25.fits quad=2 ave=-31573.726562 stddev=3.207612
970325'25.fits quad=3 ave=28476.917969 stddev=7.558506
970325'25.fits quad=4 ave=-15577.733398 stddev=8.457282

970325'26.fits quad=1 ave=-32262.755859 stddev=7.950800
970325'26.fits quad=2 ave=-31574.130859 stddev=3.358206
970325'26.fits quad=3 ave=28476.242188 stddev=9.993155
970325'26.fits quad=4 ave=-15576.146484 stddev=10.644286

970325'27.fits quad=1 ave=-32255.601562 stddev=6.360057
970325'27.fits quad=2 ave=-31573.884766 stddev=3.295543
970325'27.fits quad=3 ave=28477.261719 stddev=8.315024
970325'27.fits quad=4 ave=-15576.731445 stddev=9.201536

clock=scan
970325'28.fits quad=1 ave=-32265.490234 stddev=7.957756
970325'28.fits quad=2 ave=-31573.117188 stddev=3.382511
970325'28.fits quad=3 ave=28474.234375 stddev=10.228232
970325'28.fits quad=4 ave=-15577.837891 stddev=10.872776

970325'29.fits quad=1 ave=-32257.265625 stddev=6.650211
970325'29.fits quad=2 ave=-31570.361328 stddev=3.437501
970325'29.fits quad=3 ave=28479.019531 stddev=8.240559
970325'29.fits quad=4 ave=-15580.264648 stddev=9.144585

970325'30.fits quad=1 ave=-32262.560547 stddev=6.567980
970325'30.fits quad=2 ave=-31572.994141 stddev=3.331666
970325'30.fits quad=3 ave=28479.603516 stddev=8.595344
970325'30.fits quad=4 ave=-15578.312500 stddev=9.462741

clock=sreset'scan
970325'31.fits quad=1 ave=-32261.554688 stddev=7.667513
970325'31.fits quad=2 ave=-31570.599609 stddev=3.570347
970325'31.fits quad=3 ave=28476.015625 stddev=9.829611
970325'31.fits quad=4 ave=-15580.724609 stddev=10.489084

970325'32.fits quad=1 ave=-32270.041016 stddev=6.140314
970325'32.fits quad=2 ave=-31576.501953 stddev=3.530687
970325'32.fits quad=3 ave=28483.404297 stddev=7.905089
970325'32.fits quad=4 ave=-15579.132812 stddev=8.766810

970325'33.fits quad=1 ave=-32261.193359 stddev=6.856977
970325'33.fits quad=2 ave=-31572.445312 stddev=3.429329
970325'33.fits quad=3 ave=28480.246094 stddev=8.945746
970325'33.fits quad=4 ave=-15576.039062 stddev=9.699098
```

5. R = 100kΩ

ノイズが激増する。特に、ファンアウトボードにクロックを送った時にチャンネル1、2のノイズが異常に大きくなってしまっているのが分かる。この原因についてははっきりとは分からないものの、フレームのイメージを見る限り（時節参照）、あきらかにマルチプレクサに送られているピクセルクロックからのクロストークが起きていると考えられる。

clock=reset'scan				clock=sreset'scan			
970331'01.fits	quad=1	ave=-32245.050781	stddev=27.253574	970331'11.fits	quad=1	ave=-32237.847656	stddev=6.720578
970331'01.fits	quad=2	ave=-31556.839844	stddev=59.499390	970331'11.fits	quad=2	ave=-31553.175781	stddev=3.309291
970331'01.fits	quad=3	ave=28483.179688	stddev=12.580042	970331'11.fits	quad=3	ave=28478.017578	stddev=9.166692
970331'01.fits	quad=4	ave=-15568.926758	stddev=10.825868	970331'11.fits	quad=4	ave=-15570.464844	stddev=10.006265
970331'02.fits	quad=1	ave=-32239.880859	stddev=26.818144	970331'12.fits	quad=1	ave=-32241.431641	stddev=6.717556
970331'02.fits	quad=2	ave=-31554.556641	stddev=59.406017	970331'12.fits	quad=2	ave=-31556.248047	stddev=3.284951
970331'02.fits	quad=3	ave=28484.078125	stddev=12.399090	970331'12.fits	quad=3	ave=28483.617188	stddev=8.953629
970331'02.fits	quad=4	ave=-15569.420898	stddev=10.764399	970331'12.fits	quad=4	ave=-15567.551758	stddev=9.805760
970331'03.fits	quad=1	ave=-32242.957031	stddev=27.320686	970331'13.fits	quad=1	ave=-32238.964844	stddev=7.066213
970331'03.fits	quad=2	ave=-31560.601562	stddev=59.458252	970331'13.fits	quad=2	ave=-31556.603516	stddev=3.393001
970331'03.fits	quad=3	ave=28483.470703	stddev=12.399090	970331'13.fits	quad=3	ave=28479.064453	stddev=9.530059
970331'03.fits	quad=4	ave=-15568.182617	stddev=10.726784	970331'13.fits	quad=4	ave=-15569.374023	stddev=10.232364
970331'04.fits	quad=1	ave=-32233.947266	stddev=26.504322	970331'14.fits	quad=1	ave=-32242.697266	stddev=7.240381
970331'04.fits	quad=2	ave=-31552.324219	stddev=59.259708	970331'14.fits	quad=2	ave=-31556.820312	stddev=3.320370
970331'04.fits	quad=3	ave=28482.689453	stddev=12.033244	970331'14.fits	quad=3	ave=28476.994141	stddev=9.856337
970331'04.fits	quad=4	ave=-15567.768555	stddev=10.555000	970331'14.fits	quad=4	ave=-15568.526367	stddev=10.466126
970331'05.fits	quad=1	ave=-32233.886719	stddev=25.924440	970331'15.fits	quad=1	ave=-32240.101562	stddev=7.364082
970331'05.fits	quad=2	ave=-31549.642578	stddev=59.162075	970331'15.fits	quad=2	ave=-31558.775391	stddev=3.350057
970331'05.fits	quad=3	ave=28481.955078	stddev=11.403721	970331'15.fits	quad=3	ave=28477.923828	stddev=9.864864
970331'05.fits	quad=4	ave=-15569.418945	stddev=10.323921	970331'15.fits	quad=4	ave=-15568.658203	stddev=10.513220
clock=scan							
970331'06.fits	quad=1	ave=-32240.568359	stddev=26.863657				
970331'06.fits	quad=2	ave=-31559.015625	stddev=59.419773				
970331'06.fits	quad=3	ave=28477.974609	stddev=12.287928				
970331'06.fits	quad=4	ave=-15569.921875	stddev=10.658628				
970331'07.fits	quad=1	ave=-32254.917969	stddev=28.308371				
970331'07.fits	quad=2	ave=-31559.574219	stddev=59.652729				
970331'07.fits	quad=3	ave=28484.498047	stddev=13.619674				
970331'07.fits	quad=4	ave=-15567.843750	stddev=11.440072				
970331'08.fits	quad=1	ave=-32256.000000	stddev=28.376003				
970331'08.fits	quad=2	ave=-31558.652344	stddev=59.667500				
970331'08.fits	quad=3	ave=28481.460938	stddev=13.653781				
970331'08.fits	quad=4	ave=-15569.422852	stddev=11.410454				
970331'09.fits	quad=1	ave=-32249.421875	stddev=27.247103				
970331'09.fits	quad=2	ave=-31556.667969	stddev=59.532639				
970331'09.fits	quad=3	ave=28483.072266	stddev=12.591293				
970331'09.fits	quad=4	ave=-15566.806641	stddev=10.695751				
970331'10.fits	quad=1	ave=-32237.619141	stddev=27.179564				
970331'10.fits	quad=2	ave=-31556.507812	stddev=59.496307				
970331'10.fits	quad=3	ave=28480.521484	stddev=12.771698				
970331'10.fits	quad=4	ave=-15567.714844	stddev=10.910087				

1.3 ヒストグラム

次に、クロック毎と抵抗毎のヒストグラムを示す。

$R = 100\text{k}\Omega$ のとき以外は基本的にはどのチャンネルもきれいな正規分布に近い形をしている。
 この他に気づくことは、

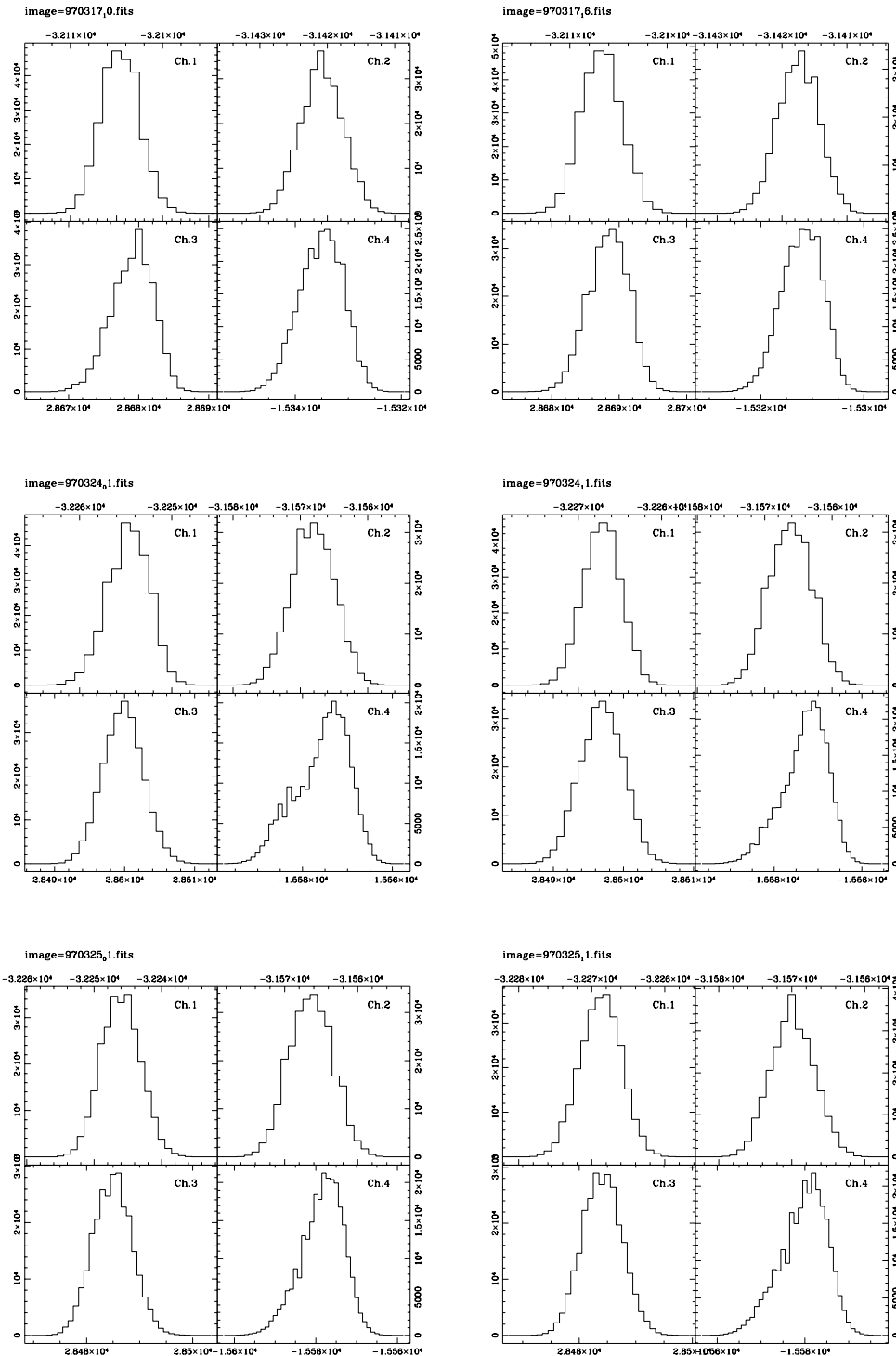


図 2: 各チャンネルのヒストグラム。右側が clock=reset_scan、左側が clock=sreset_scan のとき。上から順に、抵抗は 0Ω, 100Ω, 1kΩ になっている。

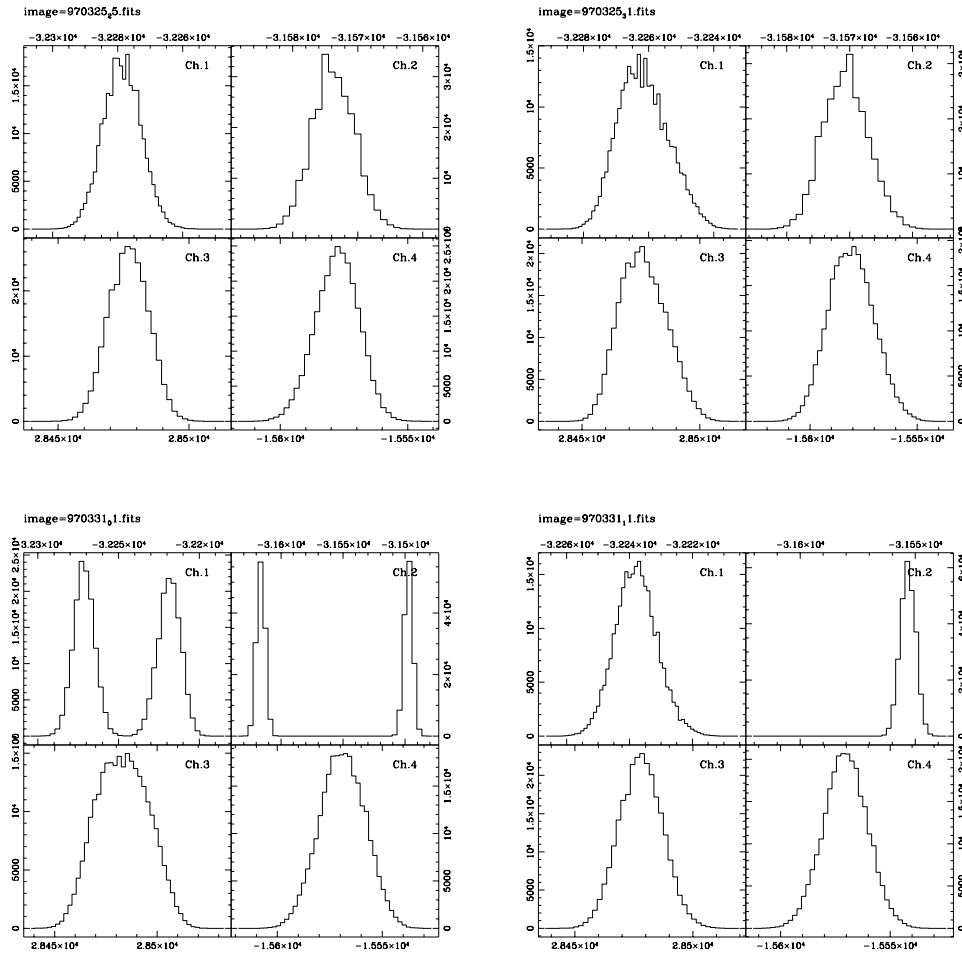


図 3: 各チャンネルのヒストグラムの続き。抵抗は上段が $10k\Omega$ 、下段が $100k\Omega$ のときである。

- $R = 1k\Omega$ あたりまではチャンネル4のヒストグラムの左肩にわずかにピークが見られる。
- $R = 100k\Omega$ で、クロックに `sreset_scan` を用いた時にはチャンネル1と2のピークが見事に二つに分裂してしまう。このフレームの全チャンネルのイメージを図4に示すが、明らかに1ピクセル毎の縞模様になっているのがわかる。とくにチャンネル1、2がはっきりと縞が見えているのが分かる。

チャンネル1、2のピークが二つに分裂したのはおそらく、何らかの経路でマルチプレクサに送り込まれているピクセルクロックがクロストークしているせいだろう。その程度は、ゲート間の抵抗の値と同じ程度の $\sim 100k\Omega$ のオーダーであると考えられる。

このことから、今後はチャンネル1、2のデータにはとくに注意は払わないことにし、チャンネル3、4のデータで議論を進めていくことにする。

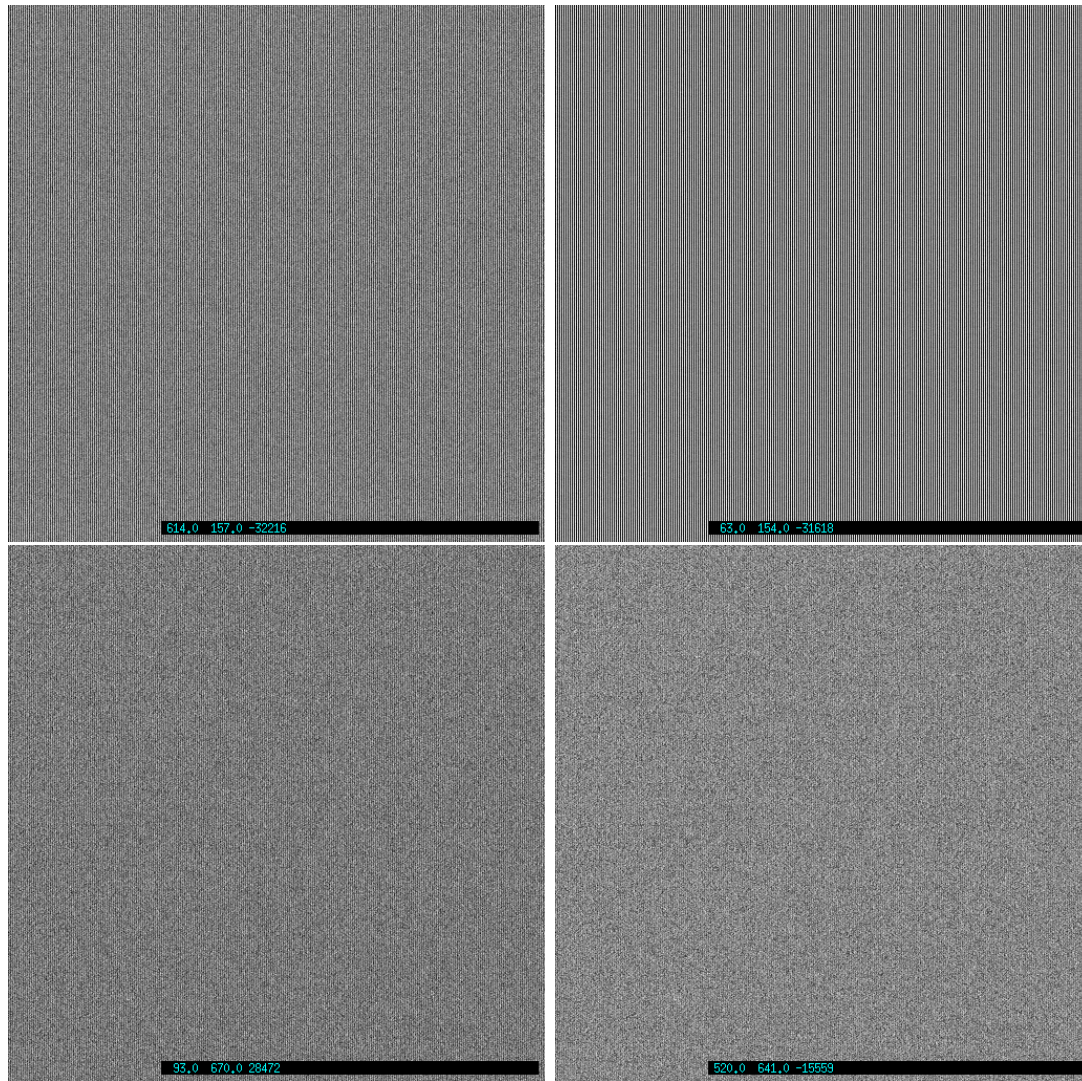


図 4: $R = 100k\Omega$ 、 $\text{clk}=\text{reset_scan}$ のときのフレーム 970331_01.fits。右上から順に 1, 2, 3, 4 チャンネルである。

1.4 抵抗とノイズとクロックの相関

次に、ノイズと抵抗の相関図をクロック毎に示す。

これからまず分かるのは、先にも述べたようにチャンネル 1、2 についてはマルチプレクサにクロックを送っているか送っていないかでノイズレベルが大幅に異なっているということである。特にチャンネル 2 ではマルチプレクサにクロックを送っていない時のノイズレベルは極めて低く、他のチャンネルよりも低いぐらいである。これはおそらく、何らかの経路でマルチプレクサへのクロックに関係のある安定した電位（おそらくはデジタルグラウンド）にショートしてしまっているせいであると考えられる。

また、先にも述べたように、チャンネル 3 と 4 が信頼できると思われるのでこの二つのチャンネルを見てやる。するとどちらも抵抗を大きくしていくとノイズレベルもそれに比例して大きくなっているのが分かるのだが、その変動はマルチプレクサのクロックを入れるか入れないかに関係なく、ほぼ同じになっている。これは、ゲート間の抵抗を大きくした時にそれに伴うノイズがマルチプレクサへのクロック以外から入ってきていることを示唆している。

となると考えられるのは、AD コンバータへのクロックが何らかの経路で侵入してきて干渉しているというのが一つである。この場合、二つのゲート間の抵抗を大きくしてコモンモード結合を小さくするとノ

イズが増えていることから、バイアス電圧を供給している側にノイズが乗っているのではないかと考えられる。この場合、ノイズの混入する経路は二つ考えられる。一つは、バイアスを調整する電圧線から拾っているというもの、もう一つは VFET(15V) が拾っているというものである。前者についてはバイアス調整電圧のコネクタを抜くことにより検証できると考えられる。

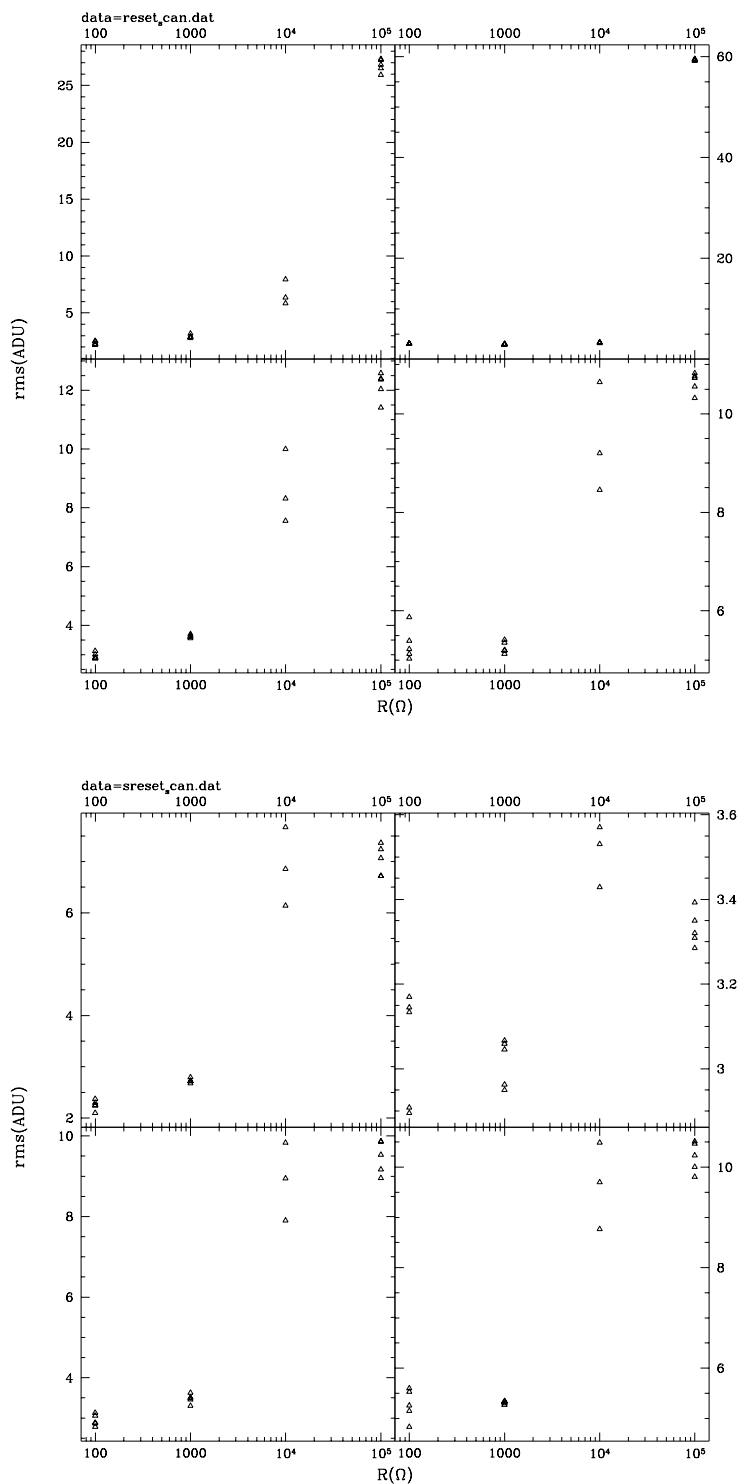


図 5: 抵抗とノイズの相関。上が clock=reset_scan、下が sreset_scan のとき。それぞれで左上から順にチャンネル 1, 2, 3, 4 になっている。

もう一つ考えられるのはFET側の問題で、入力インピーダンスが大きくなると何か悪いことがおこる？
なんじゃ、それ？

2 検出器からの信号入力に乾電池で定電圧を与えたときのノイズ

2.1 方法

検出器の信号入力に抵抗分割した乾電池で定電圧をかけてノイズを見る。これにより先のゲート間を抵抗で結ぶという方法でどれくらいのコモンモードが除去されていたかを評価することができる…はずだったのだが

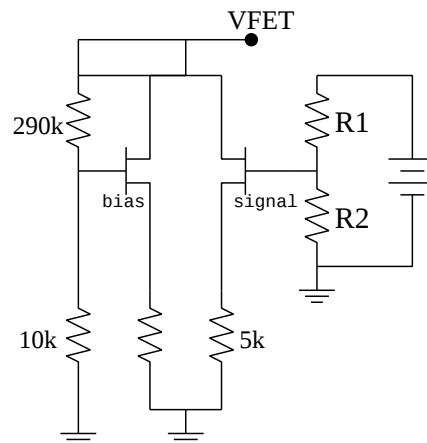


図 6: 信号入力部に乾電池で定電圧を与える

2.2 結果

まず、乾電池2本で3Vを作り、それを100kΩと75kΩの抵抗で分割して入力した（出力インピーダンス100kΩ）ところ、マルチプレクサへのクロックを送りながら読み出すと先の節で現れた縦縞がすべてのチャンネルで現れた。そこで出力インピーダンスを小さくしたところ、これが消えたため、やはり前回と同じように出力インピーダンスを色々とかえて読み出しを行なった。

まずは結果の表を以下に示す。これから、マルチプレクサにクロックを送ると、出力インピーダンスが100kΩのときに限ってのみノイズが異常に大きくなるのが分かる。このフレームを見てやるとやはり、縦縞が今度はすべてのチャンネルについて見られた(図7)。

1. $R_2 = 100\Omega$

clock=reset'scan			
970402'17.fits	quad=1	ave=26934.626953	stddev=3.490392
970402'17.fits	quad=2	ave=27220.552734	stddev=3.028991
970402'17.fits	quad=3	ave=20919.644531	stddev=3.006293
970402'17.fits	quad=4	ave=29865.265625	stddev=4.074760
970402'18.fits	quad=1	ave=27028.494141	stddev=2.243437
970402'18.fits	quad=2	ave=27298.953125	stddev=3.181708
970402'18.fits	quad=3	ave=20994.052734	stddev=3.318214
970402'18.fits	quad=4	ave=29941.859375	stddev=3.970649

clock=sreset'scan			
970402'19.fits	quad=1	ave=27095.341797	stddev=2.270569
970402'19.fits	quad=2	ave=27377.601562	stddev=3.125177
970402'19.fits	quad=3	ave=21077.187500	stddev=2.924145
970402'19.fits	quad=4	ave=30020.597656	stddev=3.964468
970402'20.fits	quad=1	ave=27141.912109	stddev=2.347333
970402'20.fits	quad=2	ave=27419.072266	stddev=3.064503
970402'20.fits	quad=3	ave=21125.810547	stddev=2.971000
970402'20.fits	quad=4	ave=30063.283203	stddev=3.863103

2. $R_2 = 1k\Omega$

clock=reset'scan			
970402'09.fits	quad=1	ave=23903.886719	stddev=4.915517
970402'09.fits	quad=2	ave=24169.681641	stddev=4.263216
970402'09.fits	quad=3	ave=17866.060547	stddev=6.140392
970402'09.fits	quad=4	ave=26832.781250	stddev=6.491389
970402'10.fits	quad=1	ave=23913.341797	stddev=3.468983
970402'10.fits	quad=2	ave=24189.111328	stddev=3.520653
970402'10.fits	quad=3	ave=17874.515625	stddev=4.143751
970402'10.fits	quad=4	ave=26844.083984	stddev=4.803024

clock=sreset'scan			
970402'11.fits	quad=1	ave=23924.628906	stddev=3.162010
970402'11.fits	quad=2	ave=24191.921875	stddev=3.310063
970402'11.fits	quad=3	ave=17888.224609	stddev=3.742800
970402'11.fits	quad=4	ave=26853.054688	stddev=4.524350
970402'12.fits	quad=1	ave=23932.146484	stddev=2.935401
970402'12.fits	quad=2	ave=24194.753906	stddev=3.312203
970402'12.fits	quad=3	ave=17891.759766	stddev=3.797451
970402'12.fits	quad=4	ave=26856.244141	stddev=4.633299

3. $R_2 = 10k\Omega$

```
clock=reset_scan
970402'13.fits quad=1 ave=24057.851562 stddev=12.040828
970402'13.fits quad=2 ave=24339.173828 stddev=11.904139
970402'13.fits quad=3 ave=18028.669922 stddev=13.605158
970402'13.fits quad=4 ave=26993.056641 stddev=13.470481

970402'14.fits quad=1 ave=24062.119141 stddev=11.033946
970402'14.fits quad=2 ave=24337.162109 stddev=11.043207
970402'14.fits quad=3 ave=18027.628906 stddev=12.645259
970402'14.fits quad=4 ave=26993.861328 stddev=12.641155
```

```
clock=sreset_scan
970402'15.fits quad=1 ave=24070.220703 stddev=10.635460
970402'15.fits quad=2 ave=24345.763672 stddev=10.305923
970402'15.fits quad=3 ave=18032.697266 stddev=12.554574
970402'15.fits quad=4 ave=26997.869141 stddev=12.422886

970402'16.fits quad=1 ave=24076.400391 stddev=11.109423
970402'16.fits quad=2 ave=24345.449219 stddev=10.788667
970402'16.fits quad=3 ave=18031.216797 stddev=13.026112
970402'16.fits quad=4 ave=26999.445312 stddev=12.859076
```

4. $R_2 = 100k\Omega$

```
clock=reset_scan
970402'05.fits quad=1 ave=22690.367188 stddev=124.945099
970402'05.fits quad=2 ave=22947.810547 stddev=125.385620
970402'05.fits quad=3 ave=16645.958984 stddev=125.380722
970402'05.fits quad=4 ave=25612.085938 stddev=124.632561

970402'06.fits quad=1 ave=22705.750000 stddev=124.397850
970402'06.fits quad=2 ave=22947.712891 stddev=124.883621
970402'06.fits quad=3 ave=16646.892578 stddev=124.695168
970402'06.fits quad=4 ave=25615.052734 stddev=123.984932
```

```
clock=sreset_scan
970402'07.fits quad=1 ave=22700.628906 stddev=10.722315
970402'07.fits quad=2 ave=22957.216797 stddev=10.512197
970402'07.fits quad=3 ave=16655.871094 stddev=12.406505
970402'07.fits quad=4 ave=25625.177734 stddev=12.132663

970402'08.fits quad=1 ave=22703.162109 stddev=9.257996
970402'08.fits quad=2 ave=22957.373047 stddev=9.278835
970402'08.fits quad=3 ave=16650.927734 stddev=11.233000
970402'08.fits quad=4 ave=25626.578125 stddev=11.005733
```

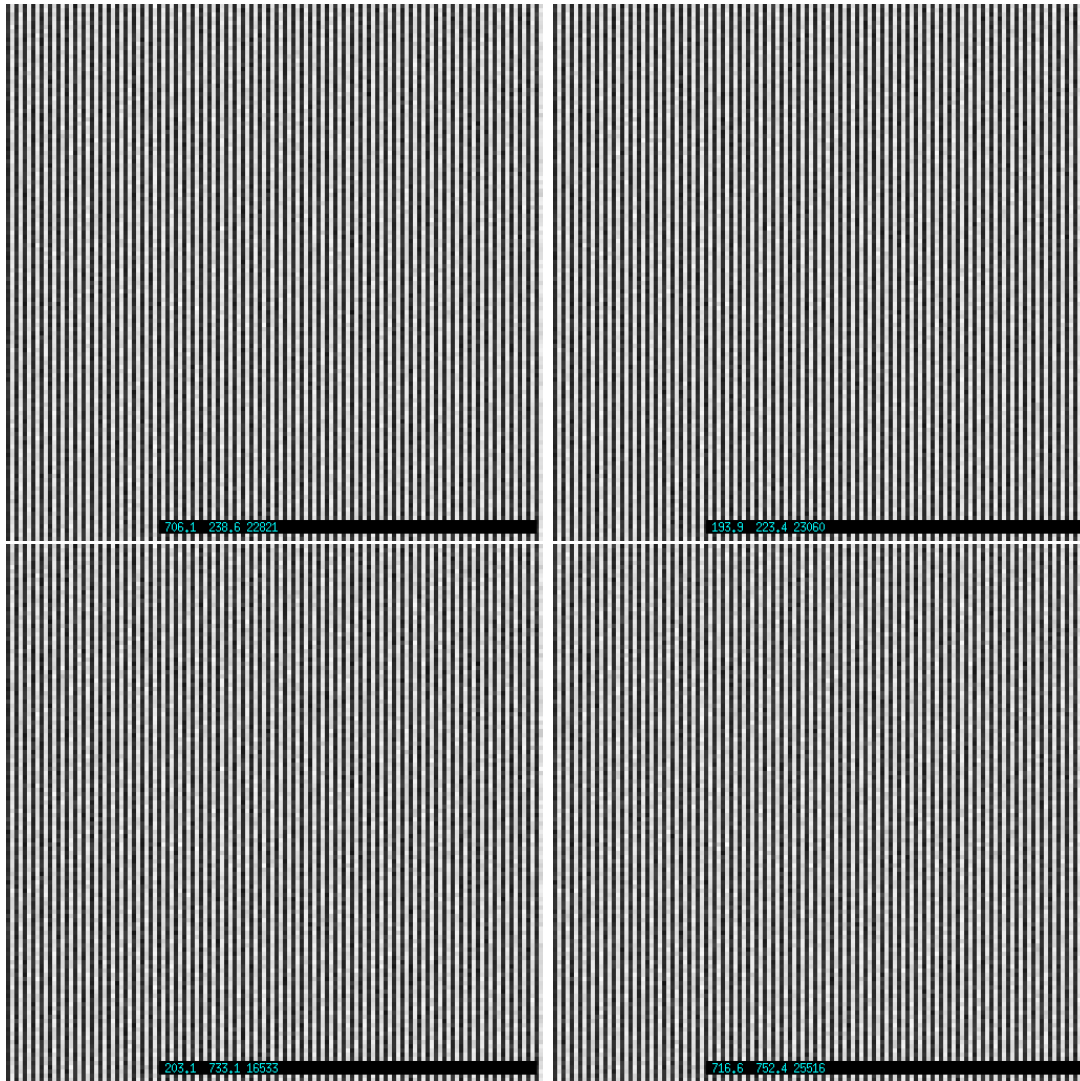


図 7: $R_2 = 100k\Omega$ 、 $clk=reset_scan$ のときのフレーム 970402.05.fits。右上から順に 1, 2, 3, 4 チャンネルである。

2.3 出力インピーダンスとノイズとクロックの相関

ノイズと乾電池からの出力インピーダンスの関係は以下の図のようになった。

ここでまず注目しなければならないのは、 R_2 が小さい時を見るとノイズレベルがクロックによらず極

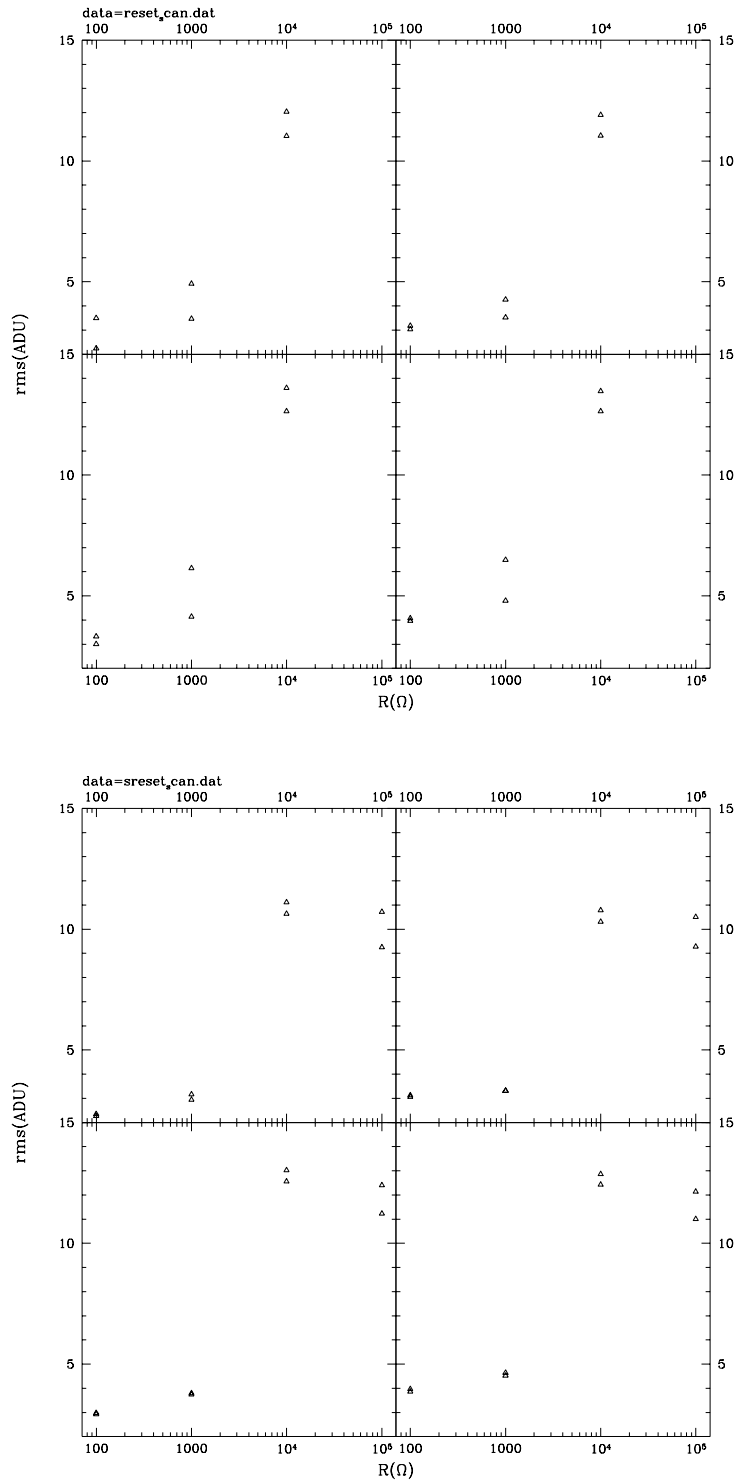


図 8: 乾電池の出力インピーダンスとノイズの相関。上が clock=reset_scan、下が sreset_scan のとき。それぞれで左上から順にチャンネル 1, 2, 3, 4 になっている。ただし、reset_scan で $R_2 = 100k\Omega$ のときのノイズは描かれていない。

めて小さいということである。これは、ファンアウトボードのアナロググラウンドやバイアス電圧がこのレベルで安定しているということを示している。

もう一つ重要なのは、 $R_2 = 100\text{k}\Omega$ の時以外はノイズレベルはクロックにはほとんど影響を受けていないことである。 $R_2 = 100\text{k}\Omega$ の時に何故、突然ピクセルクロックの影響をもろに受けるようになるのかは分からない。一つには乾電池までの間のコード (10cm 足らず) がアンテナになっているせいだと考えられるのだが、それだけでは抵抗の値を 10 倍にただけで突然にノイズレベルまでが 10 倍に跳ね上がる理由としては納得し難い。FET の入力と何か関係があるのかも知れない。いずれにせよ現在のところ、原因は良く分からないが、検出器をつけた時にノイズレベルが大きくなる現象と何らかの関係があるとも考えられる。