

第2回試験観測中の読み出しノイズと読み出しの方式

本原顕太郎

1998 年 3 月 2 日

1 1998/01/24 : クロックと環境を変えた時のノイズ

望遠鏡に取り付けて冷却が完了した時点でクロックパターンを変えたり、コンプレッサーを止めるなどのさまざまな条件で読み出しノイズを調べた。積分時間は 5 sec。

1.1 読み出しのクロックを変えた時

空読みを入れた時と入れなかった時の違いを見る。コンプレッサやモータ電源はすべて駆動している。

クロックパターンは空読みを入れない時は (reset_scan-scan)、空読みを入れた時は (reset_scan,scan-scan,scan) を用いた。読み出しの関数は、空読みを入れる時は integ_f2 を、入れない時は integ_f を用いた。

得られたフレームは以下のようにになっている。

```
dark.0001.fits - dark.0020.fits 空読み入れる
dark.0021.fits - dark.0040.fits 空読みなし
dark.0041.fits - dark.0060.fits 空読み入れる
```

生フレームにはくっきりと 50Hz の縞がのっており、そのせいで非常にノイジーになっている。文末に 20 枚を 1 次元化したグラフを示す。これからも非常にノイズが大きいことが分かる。クロックによる違いであるが、空読みを入れると 1 枚目が 2 枚目以降と変わらなくなる、ということくらいか？

ノイズの値を表 2 に示す。とにかくノイズが大き過ぎてクロックによる違いがあったとしても分からない。

1.2 モーターボックスの電源を on/off したとき

クロックは空読みを入れている。取得フレームは

```
dark.0081.fits - dark.0100.fits 電源 off
dark.0101.fits - dark.0120.fits 電源 on
```

結局、これも 50Hz のノイズが大き過ぎて良く分からない。

1.3 コンプレッサ、コールドヘッド電源を on/off したとき

50Hz のノイズ源を調べていったところ、どうやらコンプレッサの電源を切ると 50Hz 成分がほとんどなくなることがわかった。

というわけで、コンプレッサの電源を切ったりしてノイズがどうなるかを見た。クロックはすべて空読みを入れている。取得フレームは以下の通り。

	コンプレッサのコンセント	コンプレッサの電源	コールドヘッド電源
dark.0121.fits - dark.0140.fits	×	×	×
dark.0141.fits - dark.0160.fits	○	×	×
dark.0161.fits - dark.0180.fits	○	○	×
dark.0181.fits - dark.0200.fits	○	○	○

表 2 のノイズの結果から、コンプレッサのコンセント、コンプレッサの電源、コールドヘッドの電源のノイズへの寄与を算出したのが表 1。これから分かるのは、コンプレッサの電源を入れることによってノイズが劇的に増えるということである。フレームの模様からいっても、50Hz の縞がこれに当たると考えられる。

コンプレッサの電源を入れることによってトランスファーチューブ経由で電源の 50Hz が伝わると考えられる。

コールドヘッドの電源を入れるとノイズが増えるのは real なのか？ real だとすると原因はもう一つループが出来るせいか、コールドヘッド自身かいずれかが原因なんだろう。当たり前か。

コンプレッサのコンセント	0.4028	0.3848	0.4305	0.4274
コンプレッサの電源	12.9971	12.9564	12.9084	13.0424
コールドヘッドの電源	6.8777	6.8251	6.7677	6.8225

表 1: 各部へのノイズへの寄与

No.	Quad 1	Quad 2	Quad 3	Quad 4
0001-0020	19.380 ± 2.661	19.380 ± 2.664	18.930 ± 2.529	19.570 ± 2.684
0021-0040	18.820 ± 2.473	18.830 ± 2.473	18.440 ± 2.364	18.990 ± 2.509
0041-0060	14.860 ± 2.128	14.920 ± 2.107	14.550 ± 2.041	15.030 ± 2.124
0081-0100	14.910 ± 2.352	14.880 ± 2.324	14.690 ± 2.283	15.020 ± 2.339
0101-0120	14.750 ± 2.230	14.820 ± 2.196	14.500 ± 2.130	14.870 ± 2.208
0121-0140	5.400 ± 1.152	5.701 ± 1.070	5.138 ± 0.955	5.700 ± 1.017
0141-0160	5.415 ± 1.176	5.688 ± 1.074	5.156 ± 0.962	5.716 ± 1.019
0161-0180	14.080 ± 2.020	14.150 ± 1.999	13.900 ± 1.927	14.240 ± 1.997
0181-0200	15.670 ± 2.170	15.710 ± 2.148	15.460 ± 2.104	15.790 ± 2.165

表 2: 98/01/24 のノイズデータ。コドラント毎に 512 × 512 ピクセルを平均したもの。誤差はその時の stddev を用いている。

2 1998/01/27 : 50Hz 成分の除去、など

色々と試した結果、カセグレンボックスとコンプレッサの外箱を金属の網線で結ぶことにより、50Hz 成分が大幅に除去されることがわかった。この網線を繋いだ状態で、読み出しの方法、望遠鏡のトラッキング、コンプレッサの電源、モーターボックスの電源の状態をそれぞれ変えてノイズの状態を見てみる。

2.1 読み出しの方式を変えた時

読み出しのクロックは空読みの有無、読み出しのプログラムは `integ.f` と `OHSgo` のそれぞれ 2 種類ずつ（フレーム間隔が並べ替えの時間だけ（～12 sec）違う。）、計 4 パターンで読み出しを行なって、ノイズレベルを見た。積分時間はすべて 20sec。取得フレームは以下の通り。

	読み出し関数	空読み
<code>dark.2006.fits - dark.2025.fits</code>	<code>OHSgo</code>	×
<code>dark.2026.fits - dark.2045.fits</code>	<code>OHSgo</code>	○
<code>dark.2046.fits - dark.2065.fits</code>	<code>integ.f</code>	×
<code>dark.2086.fits - dark.2085.fits</code>	<code>integ.f2</code>	○

2.1.1 読みだしノイズ

この結果は表 5。空読みを入れた方が、かすかにではあるがノイズが少なくなっているのが分かる。やはり空読みを入れた方が安定するのか？

また、`OHSgo` を用いた方がノイズが少ないように見受けられる。

それぞれのノイズに対する寄与を表にしたのが表 3。

2.1.2 フレームの安定性

一方、文末のフレームを 1 次元化したグラフをみる。

まず、空読みを入れることによってフレームの途中に見られていた段が見事に消えているのがわかる。これはフレームを見れば一目瞭然。ただ、フレームが縦方向に曲がる現象が見られる。また、この曲がりはいつも規則正しく出るものではなく、読み出しによって上に跳ねたり下に跳ねたりする。安定性という点からは問題あり。

`integ.f2` を用いて読み出した時はこの曲がりはいさくなり、ある程度毎回揃うようになっているがやはり規則正しく、というわけにはいかないよう。

2.2 環境を色々変えた時

次に、色々と環境を変えた時のノイズを調べる。変えた条件は、

- ・コンプレッサとカセグレンボックス間を網線で繋ぐか繋がらないか
- ・望遠鏡のトラッキングを行なうか行なわないか
- ・コンプレッサを動かすか動かさないか

	Quad.1	Quad.2	Quad.3	Quad.4
空読みの有無				
<code>OHSgo</code>	2.3984	2.2724	2.3492	2.3821
<code>integ.f(2)</code>	2.8738	2.9217	2.8571	2.8711
<code>OHSgo</code> と <code>integ.f(2)</code>				
空読みなし	1.7825	1.8428	1.8445	1.9151
空読みあり	2.3840	2.6016	2.4590	2.4973

表 3: クロックと関数のノイズへの寄与

- ・モーターボックスの電源を入れるか入れないか
- ・望遠鏡と CISC0 の絶縁をするかしないか

で、それに対応するフレームを下表に示す。クロックには空読みを用いないものを使い、OHSgo で読み出した。積分時間はすべて 20sec。結果は表 5にある。

	網線	track	comp.	motor	comment
dark.2126.fits - dark.2145.fits	×	○	○	○	
dark.2146.fits - dark.2165.fits	○	○	×	○	
dark.2166.fits - dark.2185.fits	○	○	×	×	
dark.2186.fits - dark.2205.fits	○	×	×	×	
dark.2206.fits - dark.2225.fits	○	×	○	×	
dark.2226.fits - dark.2245.fits	○	○	○	×	
dark.2246.fits - dark.2265.fits	○	○	○	×	tel と CISC0 を絶縁

さらに、それぞれの要素のノイズへの寄与を表 4に示す。

まず、網線で望遠鏡とコンプレッサーを接続することにより、50Hz のノイズが劇的に減少しているのが分かる。これの一番もっともらしい説明は、接続することにより CISC0 のグラウンドとコンプレッサー

Quad.1	Quad.2	Quad.3	Quad.4	track	comp.	motor
トラッキングの on/off						
4.1305	4.0350	3.9874	4.0435		×	×
8.7433	8.6462	8.2772	8.5980		○	×
コンプレッサ電源の on/off						
3.1477	3.1648	4.2062	3.0259	○		○
8.7442	8.7239	8.1509	8.7181	○		×
4.1324	4.1990	3.7181	4.2931	×		×
モーターボックス電源の on/off						
6.8825	6.7701	5.8185	6.7901	○	○	
4.3800	4.5008	3.8588	4.5546	○	×	

表 4: 環境のノイズへの寄与

No.	Quad 1	Quad 2	Quad 3	Quad 4
2006-2025	9.769 ± 1.989	9.628 ± 1.807	9.288 ± 1.746	9.797 ± 1.805
2026-2045	9.470 ± 1.898	9.356 ± 1.708	8.986 ± 1.632	9.503 ± 1.709
2046-2065	9.605 ± 1.935	9.450 ± 1.730	9.103 ± 1.664	9.608 ± 1.728
2066-2085	9.165 ± 1.902	8.987 ± 1.642	8.643 ± 1.594	9.169 ± 1.656
2126-2145	24.230 ± 4.152	24.190 ± 4.161	23.550 ± 4.072	24.350 ± 4.170
2146-2165	9.248 ± 1.928	9.093 ± 1.674	8.281 ± 1.515	9.318 ± 1.697
2166-2185	8.145 ± 1.807	7.901 ± 1.457	7.327 ± 1.335	8.129 ± 1.470
2186-2205	7.020 ± 1.623	6.793 ± 1.270	6.147 ± 1.135	7.052 ± 1.279
2206-2225	8.146 ± 1.801	7.986 ± 1.528	7.184 ± 1.355	8.256 ± 1.554
2226-2245	11.950 ± 2.467	11.770 ± 2.126	10.960 ± 1.955	11.920 ± 2.096
2246-2265	12.670 ± 2.399	12.760 ± 2.261	11.630 ± 2.031	12.660 ± 2.157

表 5: 98/01/27 のノイズデータ。コドラント毎に 512 × 512 ピクセルを平均したもの。値はすべて ADU 単位。誤差はその時の stddev を用いている。

のグラウンドが同相で変動するようになったということである。ということは、もし 50Hz 成分の混入がトランスファークューブ経由ではなくてコールドヘッドの電源ケーブル経由で生じていると、トランスファークューブの絶縁をただけでは十分にノイズが除去されないおそれがある。

各部のノイズへの寄与は、定量的にははっきりとしたことは言えないもののトラッキング、コンプレッサ、モーターボックスともに無視できない量がある。このため、ノイズを目標値 (マルチサンプルで $<10 \text{ e}^- \text{ r.m.s.}$) にまで持っていくにはこのいずれも十分に対策をとる必要がある。

また、CISCO と望遠鏡を絶縁することによりトラッキングによるノイズが軽減されることが期待されたが、これは全く効果がなかった。

3 1998/02/01 : 新クロックのノイズ

新たに作ったクロック、(reset_scan_scan, scan_scan) と (reset_scan_2_scan, scan_2_scan) の組による読み出しノイズを見た。OHSgo を用いて積分時間は 20sec。望遠鏡のトラッキングを行ない、モーターボックス、コンプレッサの電源を入れた状態で積分している。以前のクロックと比較する場合、フレーム 2006~2085 が相当する。取得フレームは以下の通り。

```
dark.4859.fits - dark.4878.fits (reset_scan_scan, scan_scan)
dark.4879.fits - dark.4898.fits (reset_scan_2_scan, scan_2_scan)
```

ノイズは表 6 に示す。クロック間でノイズの違いは見られなかった。また、以前のクロックのノイズと単純比較すると増えているように見えるが、これはノイズ環境が日によって変わっているものによる可能性が大きい。普通のクロックのデータも取っておくんだった…

No.	Quad 1	Quad 2	Quad 3	Quad 4
4859-4878	11.840 $\pm$ 2.206	11.840 $\pm$ 2.102	10.650 $\pm$ 1.885	12.280 $\pm$ 2.169
4879-4898	12.200 $\pm$ 2.538	12.210 $\pm$ 2.398	10.960 $\pm$ 2.145	12.630 $\pm$ 2.530

表 6: 98/02/01 のノイズデータ。コドラント毎に 512×512 ピクセルを平均したもの。誤差はその時の stddev を用いている。

4 1998/02/03 : 新クロックで色々環境を変えて

観測終了直前に、トランスファークューブを外すなどして様々に環境を変えてノイズを見た。コンプレッサは停止しており、トラッキングもしていない。空読みを入れた (reset_scan_scan, scan_scan) のクロックの組で OHSgo を用いて 20sec 積分を行なった。変えた条件は、

- ・トランスファークューブを繋ぐか繋がらないか
- ・コンプレッサとカセグレンボックス間を網線で繋ぐか繋がらないか
- ・モーターボックスの電源を入れるか入れないか
- ・コールドヘッドへの電源ケーブルを繋ぐか繋がらないか

取得したフレームは以下の通り。

	tube	網線	motor	CH cable
dark.5527.fits - dark.5546.fits	○	○	○	○
dark.5547.fits - dark.5566.fits	○	○	×	○
dark.5567.fits - dark.5586.fits	×	×	×	○
dark.5587.fits - dark.5606.fits	×	×	○	○
dark.5607.fits - dark.5626.fits	×	×	○	×
dark.5627.fits - dark.5646.fits	×	×	×	×
dark.5647.fits - dark.5666.fits	×	○	×	×

結果を表 7 に、それぞれのノイズへの寄与を表 8 に示す。
結局分かったのは、

- コンプレッサーとトラッキングを止めてしまうとトランスファーチューブはノイズにほとんど効かない
- 不思議なことに、トランスファーチューブを抜いた方がモーターボックスからのノイズが増える。
- どうやらコールドヘッド電源ケーブルはノイズを拾うらしい。（少なくともモーターボックスのノイズは拾っている。コンプレッサやトラッキングノイズも拾う可能性が大きい。）
- コドラント 3 だけが何故かノイズが小さい。
- このレベルだとモーターボックス電源からのノイズが dominant になっている。

No.	Quad 1	Quad 2	Quad 3	Quad 4
5527-5546	6.288 ± 1.562	7.228 ± 1.418	6.076 ± 1.134	6.477 ± 1.206
5547-5566	5.588 ± 1.559	5.404 ± 1.049	4.943 ± 0.924	5.677 ± 1.038
5567-5586	5.579 ± 1.470	5.400 ± 1.035	4.954 ± 0.925	5.677 ± 1.020
5587-5606	7.522 ± 1.714	7.961 ± 1.512	8.580 ± 1.748	8.527 ± 1.644
5607-5626	7.318 ± 1.673	7.760 ± 1.499	8.378 ± 1.717	8.363 ± 1.622
5627-5646	5.560 ± 1.605	5.334 ± 1.037	4.887 ± 0.936	5.613 ± 1.047
5647-5666	5.610 ± 1.861	5.296 ± 1.254	4.845 ± 1.133	5.557 ± 1.279

表 7: 98/02/03 のノイズデータ。コドラント毎に 512×512 ピクセルを平均したもの。値はすべて ADU 単位。誤差はその時の stddev を用いている。

Quad.1	Quad.2	Quad.3	Quad.4	tube	網線	motor	CH cable
モーターボックス電源の on/off							
2.8833	4.8001	3.5333	3.1182	○	○		○
5.0453	5.8496	7.0053	6.3625	×	×		○
4.7581	5.6361	6.8050	6.1995	×	×		×
コールドヘッド電源のケーブルの接続の有無							
0.4600	0.8417	0.8120	0.8500	×	×	×	
1.7399	1.7776	1.8508	1.6643	×	×	○	

表 8: 環境のノイズへの寄与