

冷却 CCD カメラ (ST-10XME, SBIG 製) の性能試験

矢田 猛士*・鳴沢 真也**・内藤 博之**

Evaluation of the Cooled CCD Imaging Camera, ST-10XME

Takeshi Yada, Shin-ya Narusawa and Hiroyuki Naito

概 要

冷却 CCD カメラは天体観測や観賞用天体写真撮影に一般的に使用されている。冷却 CCD カメラで天体観測を行う場合には、適切な露出時間や冷却温度のもとで測定を行う必要があり、事前に CCD の性能を試験しておかなければならない。三瓶自然館で所有する冷却 CCD カメラ (ST-10XME, SBIG 製) を兵庫県立西はりま天文台などで試験した結果、カメラ側でダークノイズを処理した場合は画像の輝度が3000から30000の範囲において光の入射量と輝度がほぼ比例関係にあること、CCD の冷却温度については少なくとも -15°C までは、温度の低下とともに CCD ノイズの平均値と標準偏差が小さくなることがわかった。

キーワード：冷却 CCD カメラ, リニアリティー, 冷却温度, ノイズ

1 はじめに

CCD (charge-coupled device, 電荷結合素子) は光電面から飛び出した電子を蓄積することで、高感度に光を検出する素子である。CCD を冷却することでノイズを減らす冷却 CCD カメラは、天体観測で一般的に使用される機器となっている。ただし、光電面の感度の問題や蓄積できる電子量の限界のため、入射した光の量と信号強度 (カメラの場合は画像の輝度) が比例する範囲は限られる。そのため、測光などの天体観測を行う場合には CCD の信号強度がどの範囲でリニアリティー (直線性; 入射した光の量と信号強度が比例していること) を保っているのかをあらかじめ検査しておく必要がある。三瓶自然館の冷却 CCD カメラ (ST-10XME, SBIG 製) のリニアリティー試験を平成17年10月11日、兵庫県立西はりま天文台において行った。また、CCD 冷却温度とノイズについての検査を、平成17年11月30日、三瓶自然館において行った。なお、ST-10XME の仕様は表1の通りである。

表1 ST-10XME (SBIG 製) の仕様

CCD について	
CCD	Kodak KAF-3200ME + TI TC-237
ピクセル配置	2184 x 1472 pixels
CCD チップサイズ	14.9 x 10 mm
全ピクセル数	3.2 million
ピクセルサイズ	6.8 x 6.8 microns square
蓄積電荷容量	~77,000 e ⁻
ダーク電流	0.5e ⁻ /pixel/sec at 0 degrees C.
読み出しについて	
シャッター機構	Electromechanical
露出時間	0.12 to 3600 seconds, 10ms resolution
A/D コンバーター	16 bits
A/D ゲイン	1.3e ⁻ /ADU
画像転送時間	~8.7 seconds

* 島根県立三瓶自然館, 〒694-0003 島根県大田市三瓶町多根 1121-8

The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe (Sahimel), 1121-8, Tane, Sanbe-cho, Ohda-shi, Shimane Prefecture

** 兵庫県立西はりま天文台, 〒679-5313 兵庫県佐用郡佐用町西河内 407-2

Nishi-Harima Astronomical Observatory, Sayo-cho, Hyogo 697-5313, Japan

2 測 定

2.1 リニアリティー

測定に使用した装置は以下の通り。

西はりま天文台60cm 反射望遠鏡 (西村製作所, F12)

冷却 CCD カメラ ST-10XME (SBIG 製)

カラーフィルターホイール CFW-8A (SBIG 製)

ドームフラットの撮像を行い、各画像の全ピクセルの輝度の平均値で明るさを評価する。リニアリティーを調べるための光量調整はカメラの露出時間を変えることで行う。測定に使用する光源は望遠鏡の先端に取り付けられた白熱電灯である (写真1)。電灯で望遠鏡ドームを照らし、ドームフラットとする (写真2)。CCD カメラを望遠鏡のカセグレン焦点に取り付ける (写真3)。使用したフィルターは写真撮影用の緑、CCD の冷却温度は -15 度とした。測光は「IRAF」,

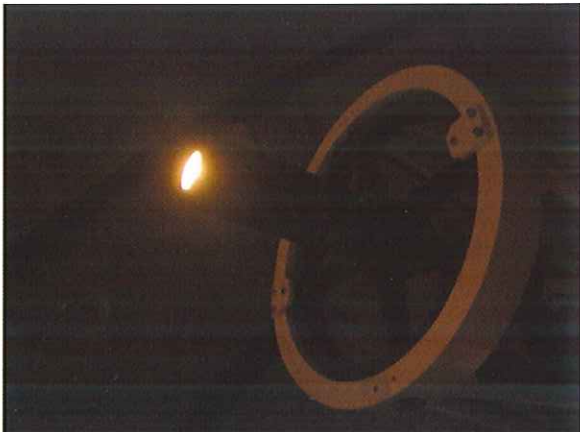


写真1 望遠鏡の先端に取り付けられた白熱電灯。

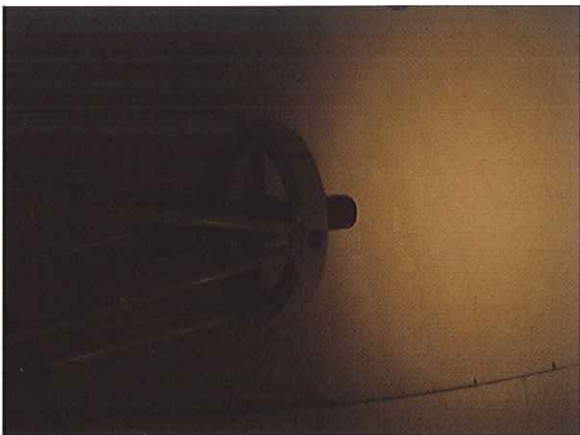


写真2 白熱電灯でドームを照らし、フラット画像 (ドームフラット) を得る。



写真3 望遠鏡のカセグレン焦点に取り付けられた冷却 CCD カメラ。

および、SBIG 製 CCD カメラ制御ソフト「CCDOPS」を使用した。IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) は NOAO (National Optical Astronomy Observatory) で開発されている天文解析用のソフトウェアパッケージである。

2.2 CCD 冷却温度とノイズの関係

光を遮断した状態で撮像を行って得られる画像をダークフレームという。ダークフレームを調べることで CCD ノイズを評価することができる。CCD の冷却温度は 0°C 、 -5°C 、 -10°C 、 -15°C とし、高いほうから順に温度を下げる。ダークフレームの撮像は CCD が各温度に到達してから5分後、10分後、15分後に行った。露出時間は20秒とした。また、CCD の冷却温度 -15°C の場合については、95分後まで5分ごとに撮像を行った。

3 結果および考察

3.1 リニアリティー試験

撮像された各画像の全ピクセルの輝度の平均値を露光時間でプロットした結果を図1に示す。カウンターの平均値が3000から30000の範囲では露出時間 (光の入射量) と輝度のカウントがほぼ比例関係にあることがわかる。しかし、平均値が3000以下、および、30000以上の範囲では露出時間に対して、カウントが比例していない。したがって、CCD カメラで測光観測を行う場合、目的の星の明るさが3000から30000程度の範囲に収まるように露出時間を調整しなければならない。

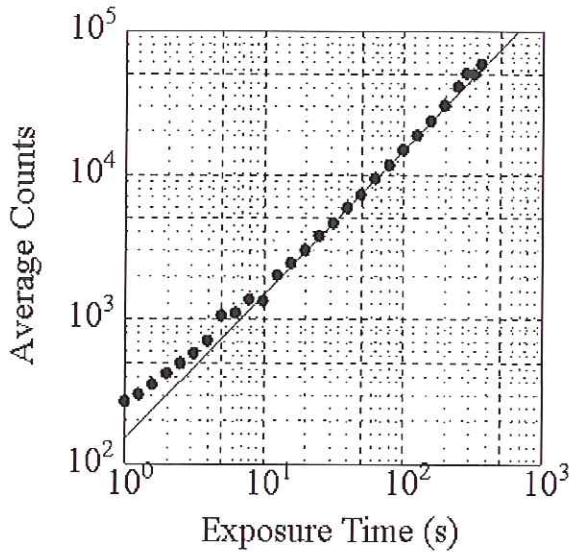


図1 ST-10XME のリニアリティー
横軸は CCD の露出時間. 縦軸は各画像の全ピクセルのカウンターの平均値.

ST10-XME にはカメラ側で CCD ノイズ (ダークノイズ) の処理を行うモードと行わないモードの二つの撮像モードがある. 今回の結果はカメラ側で処理を行うモードで得られた. カメラ側でダークノイズ処理を行わないモードで観測を行う場合, ダークノイズの分だけカウンターのベースラインが高くなるので, 3000から30000よりも若干高いところでリニアリティーが保証されると考えられる.

3.2 CCD 冷却温度とノイズの関係

図2に CCD が各温度に到達してから, 5分後, 10分後, 15分後に撮像した各ダークフレーム内の全ピ

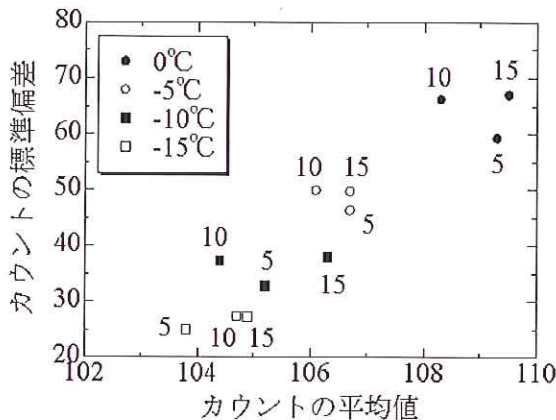


図2 CCD ノイズの温度依存性
各ダークフレームでの全ピクセルのカウンターの平均値と標準偏差. ダークフレームは CCD が各温度に到達してから, 5分後, 10分後, 15分後に撮像した. 図中の5, 10, 15はそれぞれ, 5分後, 10分後, 15分後の画像のデータを表す.

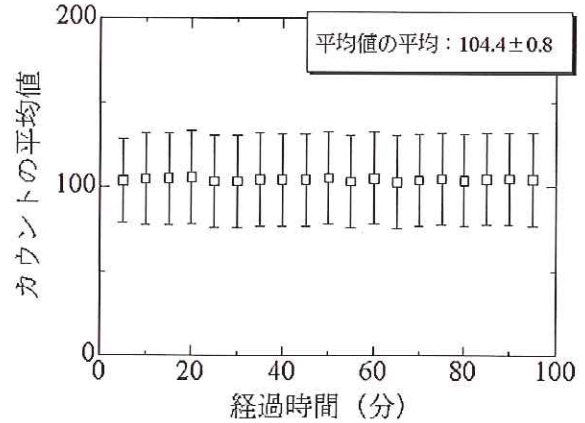


図3 CCD ノイズの時間変化
CCD を -15°C に冷却し, 各ダークフレームの全ピクセルのカウンターの時間変化を測定した.

クセルのカウンターの平均値と標準偏差を示す. 図2より, カウンターの平均値, 標準偏差ともに冷却温度が低くなるにつれて小さくなるのがわかる. ただし, 冷却によるノイズの改善は平均値については数%であるが, 標準偏差は50%以上である. 従って, 冷却温度の効果により, ノイズのばらつきの小さい画像を得ることができると考えられる.

図3に CCD を -15°C に冷却し, ノイズの時間変化を測定した結果を示す. 今回の測定のように CCD を徐々に冷却した場合, CCD の冷却温度が初めて -15°C に達してから5分程度経過した時点で, ノイズに関してはすでにある程度安定していることがわかる.

4 ま と め

三瓶自然館で所有する冷却 CCD カメラ (ST-10XME, SBIG 製) の適切な露出時間や冷却温度を調べるために, 兵庫県立西はりま天文台などで試験を行った. その結果, カメラ側でダークフレームを処理した場合は画像の輝度のカウンターの範囲では光の入射量と輝度がほぼ比例関係にあること, CCD の冷却温度については少なくとも -15°C までは, 温度の低下とともにノイズの平均値と標準偏差は小さくなるのがわかった. 今後の観測はこれらの条件を参考に行う必要がある.

5 謝 辞

リニアリティーの測定では兵庫県立西はりま天文台のスタッフの皆様にご協力いただきました. 厚く感謝申し上げます.

6 参 考 文 献

川端信治 (1996) 「CCD 撮像装置による変光星の測光観測」,
埼玉大学大学院修士論文