

# 天体用 CCD カメラについて

初等教育教員養成課程 理科選修 金光研究室 190401 荒牧拓雄

## 1、はじめに

CCD とは Charge Coupled Device (電荷結合素子) の略語で光を受けると電子を発生する半導体 (光電変換素子) をタイル状に敷き詰めた撮像用の素子である。光電変換素子はピクセルと呼ばれ、ピクセルが光を受けて発生した電子は内部に蓄積されていく。露出終了後にピクセル毎に溜まった電子を一連の電気信号として読み出すことで画像としている。

この CCD を用いた冷却 CCD カメラとは、CCD イメージセンサを低温で作動させ高感度、低ノイズの画像を得ることを目的にしたデジタルカメラである。CCD は、光が当たってなくてもピクセル内部に熱電子が蓄積され、画像にはノイズとして表れる。これを暗電流ノイズ (ダークノイズ) と言う。長時間の露出、もしくは温度が高くなるほど暗電流ノイズは多く蓄積され、常温で数秒間以上の露出をかけると画像全体がノイズに埋もれてしまう。そこで、CCD を冷却することで熱電子によるノイズを減らし高感度・低ノイズが実現できる。

今年、本学が購入した新しい冷却 CCD カメラ (ST-8XME) を用いて天体の撮像・画像処理・特定の光の取得を行った。昨年まで使用していた冷却 CCD カメラ (ST-7XME, 39 万画素) での撮像によるデータと比較・研究を行うことが本研究の目的である。

## 2、観測装置・データ処理ソフト

望遠鏡	メーカー	口径	焦点距離	視野
カセグレン反射望遠鏡	三鷹光器 GNC-40	400mm	5200mm	25mmの接眼鏡で 13.8'

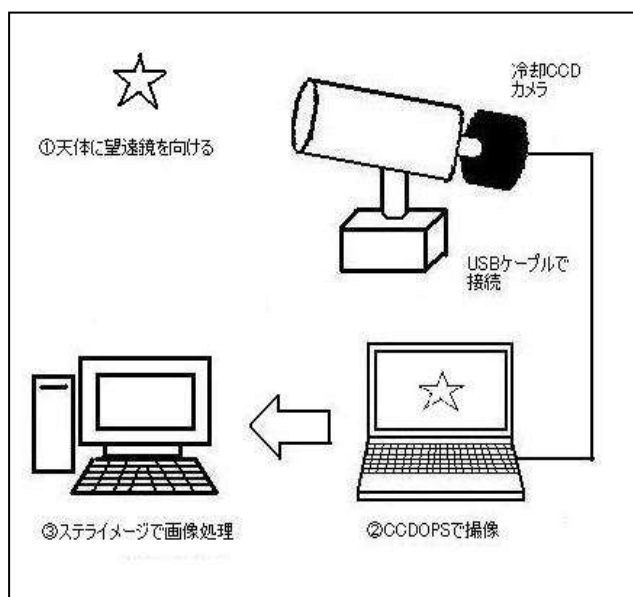
  

カメラ	冷却 CCD カメラ	画素数	ピクセルサイズ
冷却 CCD カメラ (今年)	SBIG 社 ST-8XME	1534×1020 画素 (156 万画素)	9μ角
冷却 CCD カメラ (去年)	SBIG 社 ST-7XME	765×510 画素 (39 万画素)	9μ角

処理ソフト・CCDOPS (ST-6 専用コントロール)・ステライメージ ver.6 (アストロアーツ社)

## 3、観測手順

- ① 接眼部に冷却 CCD カメラを取り付けた望遠鏡を天体に向け光を入射させる。その際、接眼レンズ部分にカメラを取り付けているので、観測天体の捕捉は副鏡の望遠鏡 (口径 100mm) で行う。
- ② 撮像や露出時間、フィルター (R、B、G、N) の設定は冷却 CCD カメラと USB 接続したパソコン (処理ソフト CCDOPS) でを行い、画像も画面上で表示される。
- ③ 得られた画像はステライメージ ver.6 で画像処理を施し、過去の観測データと照らし合わせ考察する。



## 4、画像処理の流れ

### ①ダーク・フラット補正

撮像した天体画像にはダークノイズが含まれているため、ダークノイズ成分だけを撮像し引くことでダークノイズの影響を抑える。この過程をダークフレーム補正と呼び CCDOPS で自動的に行った。さらに、CCD の画素ごとの感度差で生じる明暗を、望遠鏡の筒先から均一な光を入射して撮像したフラットフィールドを用いて補正する。

### ②ホット・クールピクセル除去

放射線や宇宙線がピクセルに当たることで一部のピクセルが周囲より明るくなり、白い斑点の様に画像中に現れることがある。これをホットピクセルという。逆に、感度が極端に低いピクセルや電子回路の不安定動作が原因で現れる黒い斑点をクールピクセルという。これらの特有のノイズは不規則に発生するものなのでダーク・フラット補正後にソフトを使い除去をしていく。

### ③階調

背景の夜空と天体の明るさを調節する。階調とは色の濃淡の変化、また変化の滑らかさのことをいう。階調が多ければ多いほど、色彩は鮮やかに表現できる。例えば、モノクロで表現された画像は黒と白の2階調となる。

### ④コンポジット

処理した複数の画像を足し合わせる事でより滑らかな画像にする。

## 5、グラフ化

去年までは取得した画像を3Dグラフに処理していた。しかし、3Dグラフだと輝度の数値を読み取ることは出来ず過去との比較が分かりにくい結果となった。

そこで今年は取得した画像を2Dのグラフに処理しフィルターごとの比較を行う。

2Dグラフ処理の手順は対象天体を挟む星A、Bを選び、その間のラインの輝度をグラフにする。

### ①観測天体

観測天体	観測日	フィルター	露出時間 (s)	カメラ温度 (°C)
M 5 7 (星雲)	8/25	B, R, G, N	30	-9.4
M 5 7 (星雲)	8/25	B, R, G, N	60	-9.4
M 5 7 (星雲)	9/9	B, R, G, N	60	-10.0
M 5 7 (星雲)	9/17	B, R, G, N	60	-10.2
M 3 1 (銀河)	11/1	B, R, G, N	30	-10.2
M 3 1 (銀河)	11/29	B, R, G, N	300	-10.2
M 4 2 (星雲)	12/20	B, R, G, N	60	-9.8

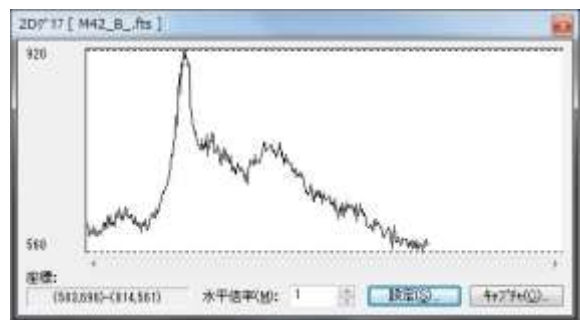
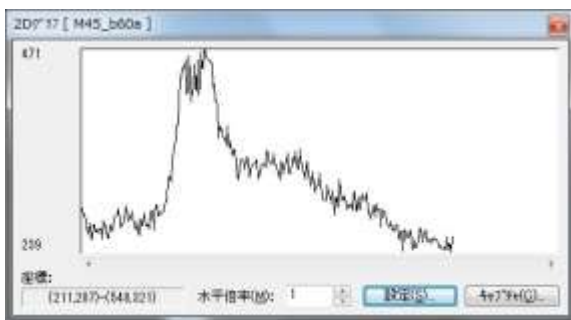
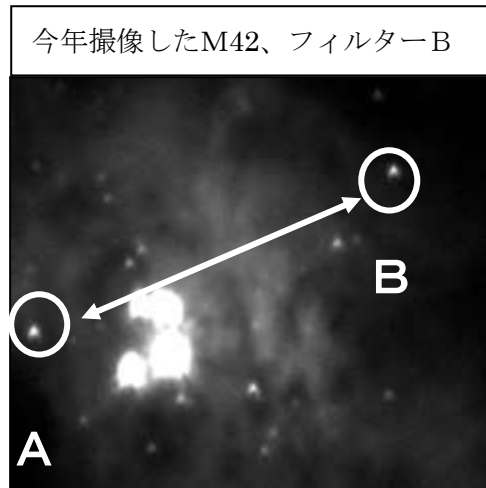
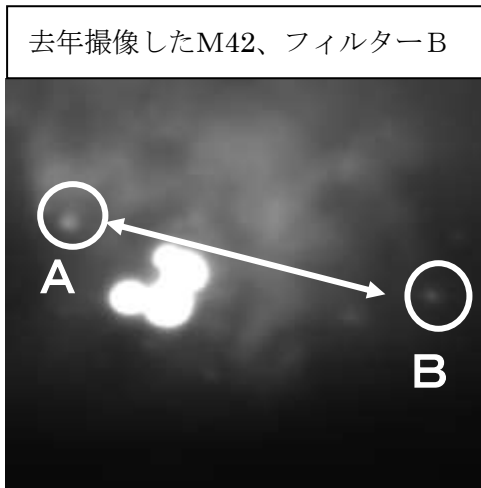
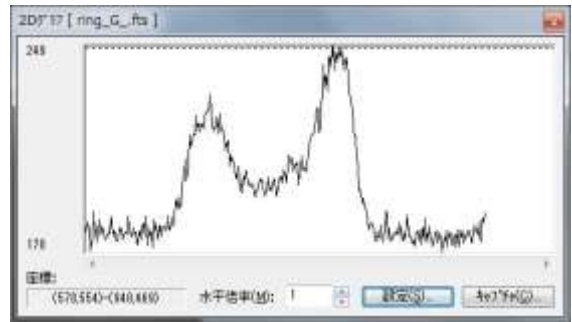
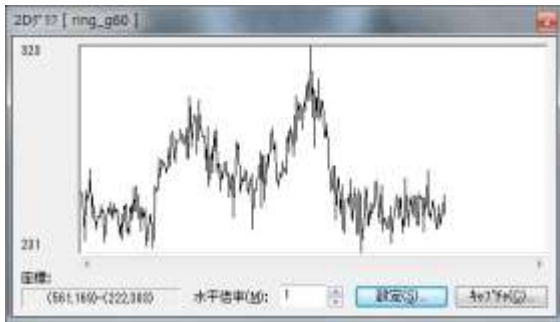
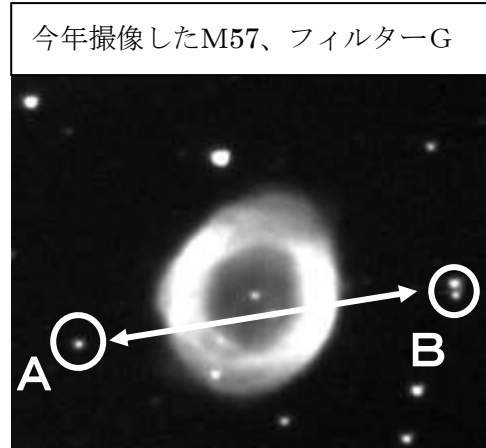
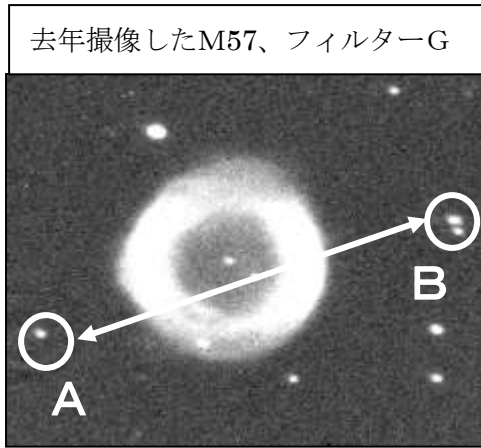
M57 (リング星雲) はこと座にあるリングの形をした惑星状星雲である。中心にある白色矮星の強い紫外線によって電離ガスが光を放ち輝いている。距離は約 2600 光年。

M31 (アンドロメダ銀河) はアンドロメダ座にある渦巻銀河。市街光のない場所で月のない暗夜には、肉眼でも淡い光の斑点として観ることができる。距離が近いために銀河規模での星生成活動の様子など詳しく調べられる貴重な存在である。距離は約 230 万光年。

M42 はオリオン座にある大きくて明るい輝線星雲である。強い紫外線を放つ恒星の周囲に有る星間ガスが電離してできた星雲。距離は約 1500 光年。

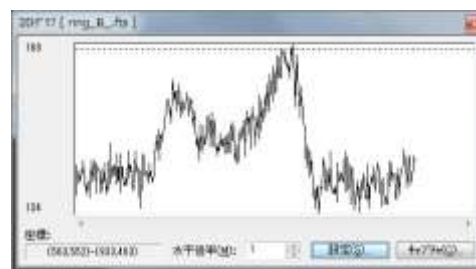
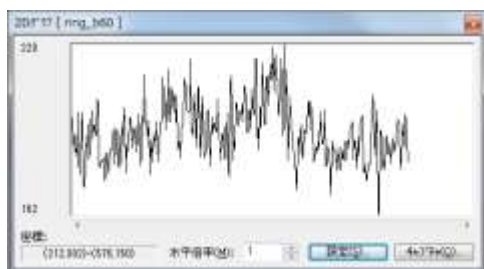
②過去に撮像した画像との比較

去年使用した冷却 CCD カメラ ST-7XME で撮像した画像と、今年購入した冷却 CCD カメラ ST-8XME で撮像した画像との比較を行う。去年と今年、両方の画像に映っている星 A、B を探し、A B 間にラインを取る。そのラインの輝度をグラフにした。



## 6、結果(最大値/最小値)

フィルター		B	R	G	N
M57	今年	168/134	350/198	249/170	866/461
	去年	220/162	433/286	323/231	1174/752
M42	今年	920/500	3067/1642	1895/1077	8201/4829
	去年	471/239	1778/844	1022/479	5270/1202
M31	今年	848/326	5926/1272	2527/726	16800/3216
	去年	790/350	3334/1150	1587/666	11132/3691



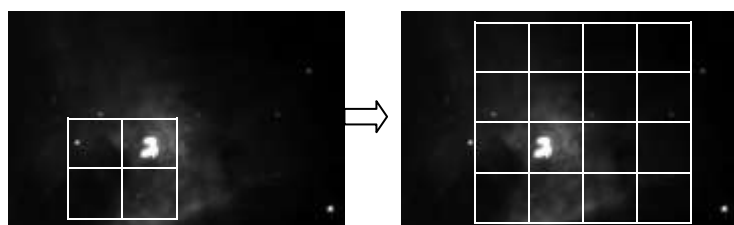
去年 (M57、フィルターB)

今年 (M57、フィルターB)

各フィルターにおいては去年に撮像した画像のグラフより滑らかさが増しており、特にフィルター青においては変化が分かりやすく、荒れたグラフだった去年のM57 (リング星雲) と比べ、今年M57 (リング星雲) のグラフでは輝度の起伏がしっかりと表れる結果となった。輝度の最大値/最小値の数値においてはM42 (オリオン星雲)、M31 (アンドロメダ銀河) は去年の数値を上回ったが、M57 では去年を下回る結果となった。

## 7、考察と課題

M42、M31 とともに各フィルターの輝度が昨年を上回る結果となった。カメラ自体の画素数が上がったことで受光量の差が小さくなりグラフが滑らかなものになったと考えられる。また、ピクセルサイズが同じ9 $\mu$ 角だがカメラの画素数が上がったことで撮像出来る範囲が広がった。



\*イメージ\*

四角1つが1ピクセルだとするとピクセルの大きさは変わらず、カメラの画素数が上がったことで視野も約4倍になった。

M57 においては各フィルターで今年の輝度の数値が去年より少し低い結果となった。原因としては去年のM57 の観測日の月齢 17.7 に対し今年の観測日の月齢が 0.7 であったなどの観測時の空の明るさに違いがあったためなどが考えられる。

今後の課題としてはさらに冷却 CCD カメラの画素数を上げることが挙げられる。

SBIG 社の最新の ST-X シリーズでは最大 1600 万画素、強力な冷却システムを搭載するカメラが開発されておりこのような機器を導入することでさらなる発展が期待できる。