

SSH 地学部天体撮像用冷却 CCD 技術指導（撮像技術・画像処理）

研究開発の経緯

(1) 準備

国立天文台・名古屋大学 Z 研へメールで、冷却 CCD の撮像技術を指導できる方を紹介していただいた。特に、国立天文台には福島英雄先生をご指名させていただき、格別のご配慮をいただいた。指導していただける方が決定次第、ご本人とメールのやりとりをし、日程などを調整した。

(2) 事業実施日時・場所

- 第 1 回 平成 15 年 11 月 1 日（土）東栄町スターフォレスト御園（地学部合宿中）
第 2 回 平成 15 年 12 月 27 日（土）本校（夜間観測）

(3) 事後活動

第 1 回の夜撮像した画像の処理を地学部の活動中に実施した。画像処理ソフトはステライメージ 4 とフォトショップを使用した。一部を 11 月 14 日（金）SSH 運営指導委員会の生徒発表プレゼンテーションの中に使用した。

研究開発の内容

(1) 実施目的

自動導入天体望遠鏡と冷却 CCD カメラを用いた天文観測は、夜間照明による光害の影響を最小にした観測が可能になり、一宮市のような光害の激しい地域（肉眼で 3 等星が限界）においても銀河系外銀河や系内星雲等の暗い天体を撮影することが可能になり、生徒の宇宙に対する意欲・関心や観測の種類や精度を飛躍的に高めることができる。

空の明るい地域においては銀河系外銀河や系内星雲等の暗い天体の観望は不可能とされ、夏休みには多くの天体ファンが暗い空を求めて移動観測をする実態から分かるように、暗い天体は都市部では見えないという常識を破り、冷却 CCD カメラを採り入れた観測を行うことにより、空の明るい地域においても暗い天体の観測が可能になってきている。本研究では、どの程度の空の条件でどの天体が観測可能になるかを、本校を中心として、空の暗い観測地に移動したときと比較検討する。最終目標としては、画像処理技術を習得をして、彗星・小惑星・変光星などの光度変化の観測を目標とする。

- (2) 移動手段 東栄町へは JR 及びタクシーで移動
(3) 対象生徒・人数 地学部員 1 年生 4 名 + 2 年 5 名 計 9 名
(4) 引率教員 高村 裕三郎 川口 一郎

(5) 実施内容（第 1 回）

国立天文台福島 英雄先生の講演「冷却 CCD カメラによる天体観測と画像処理」で、アマチュア向けの冷却 CCD カメラの使い方・観測方法のコツ・フィルターを使用の上波長別に撮像し、学術的に貢献できる観測方法についての解説を受けた。

教材は、高校生天体観測ネットワークの彗星観測ハンドブック 2004 より福島先生ご自身執筆の「冷却 CCD カメラによる観測入門」をご厚意でカラー印刷されたものを用意していただけたので使用させていただいた。冷却 CCD は感



度（量子効率）が高く、写真フィルムのような低照度相反則不軌もなく、輝度特性はほぼ勾配45度の直線であることから、測光など学術利用価値が高い。また、個々の画素ごとに感度ムラはあるが、フラットフィールド補正をすることにより、補正することができる。ダークフレームは減算・フラットフィールドは除算によって補正する。

測光用のフィルターは、ジョンソン・システムと呼ばれる標準測光システムのフィルター仕様による。波長の短い順にUBVR Iの各バンドの仕様が決められているが、測光の基準となる標準星カタログがこのシステムを採用しているからである。

画像処理の基本は階調調整である。16ビット・データのどの範囲を切り出し、出力するのかを適正に決める。また、S/Nを改善するために、複数画像を加算あるいは加算平均する。この処理をコンポジットと呼ぶ。メディアンによるコンポジット処理をすると、移動天体のバックに写る星を消すことが可能である。以上が講義の概要である。

休憩後、実習では実際の撮像に関する実地指導を受けた。冷却 CCD カメラ ST-7XE をコントロールするソフト CCDOPS の詳細な使い方を教えていただいた。ピント出しから対象の導入、撮像の実際とフラットフィールドの撮像までつきあって下さった。天候にも恵まれ、東栄町の暗い空のおかげで効率よく撮像が進んだ。超新星残骸 M1(かに星雲)、散光星雲のオリオン大星雲 M42、系外星雲 NGC2903, M81, M82、散開星団 M67 と一晩で6ショットも撮像ができた。120秒露出2コマから4コマのコンポジット合成を、合宿後の3日間で処理し、フラットは1コマのみ、ダークは4コマ合成したものを利用した。その中から4ショットを以下に掲載する。(順に M81, M82, M1, M42)



(6)実施内容（第2回）

名古屋大学木野 勝氏の講演「冷却 CCD による測光と光害地における天体観測」で、測

光の基本と一宮市のような光害地でも S / N 比の高い画像を得る観測方法についての解説を受けた。持参していただいたノートパソコンのプレゼン資料を見せていただいた。

冷却 CCD で得られた画像は、星の光度と星像のピクセルカウントが比例するので、写真から得られた画像よりはるかに高精度に等級を定めることができる。標準星とカウントを比較すればよいが、バックグラウンド（スカイレベル）に星雲や近接二重星があると精度が落ちるので、同条件のスカイレベルを測るか、測光範囲の調整をすれば正確に測定できる。実際の拡大した星の画像をカウント値に置き換えた表などを見せていただき、分かりやすい説明であった。

光害地においてはスカイレベルが高く、星のデータとの S / N 比が良くないが、スカイレベルは N 枚の画像の平均をとれば、 $1 / N$ に低減することができる。星のデータはそのままなので、結果として S / N 比が良くなる。空の暗いところでは、最初から S / N 比が良いので、少ない画像数で暗い星を検出できる。また、なかなかデータが飽和状態に達しないので、長い露出をかけることができる。顧問も疑問に思っていた、光害地と空の暗い観測地の条件差がよく理解できた。光害地で撮像した画像であっても、画像処理で特に変わったことをするわけではない。

また、実習では 3 色分解・3 色合成の撮像に関する実地指導を受けた。本研究で、カラー画像を得るの初めてである。最初彗星を撮像する予定であったが、雲に阻まれ、ピント出しなどに時間がかかり、対象はまったくじゅう座の「ハッブルの変光星雲」とした。後にもう一度撮像すれば、光度変化が捉えられるかも知れない。自動導入とセンタリングにより簡単に導入完了。RGB（赤緑青）のフィルターを使用し、順に 2 分の露出をしていく。今回はセルフガイド機能を使用せず、モーターまかせの撮像である。各色 4 コマ撮像し、ライトフレームは計 12 コマ、ダークフレームとフラットフィールド、及びフラット用のダークフレームも撮像した。

パソコンを部屋に持ち込み、1 次処理である。最初にフラットフィールドをダーク減算し、4 コマ分コンポジット平均処理をした。これを 3 色分繰り返した。次は、ダークフレームを 4 コマ平均した。こちらは光学系を使用していないので、各色共通である。R フィルターの画像を R フラットと共通ダークを指定し、ノイズを取り除いていく。処理の終わった 4 コマをコンポジット処理して、R 画像のできあがりである。同様に G・B フィルターの画像を処理して、最後に 3 色合成する。できあがったカラー画像は、少しピントが甘かったが、とても一宮の空で撮影したものとは思えなく、



冷却 CCD の威力を感じられた。観賞用としては星像がデジタルっぽいので、もう少し処理を変えた方がよいかも知れないが、そうすると測光など学術利用できなくなってしまう。

実施の効果とその評価

講演・実習とも生徒には好評で多くの質問にも答えていただけた。2 回の実習中は天候もまずまず良く、実際の撮像実習ができたのが特に好評であった。第 1 回はノーフィルターながら、後の画像処理で星雲の微細構造までよく捉えることができた。第 2 回は初めてカラー画像が得られ、デジタル写真の基礎を実感できた。

1 回だけでは難解な冷却 CCD とその画像処理も、2 回の技術指導を通じて、かなり理解することができた。この身につけた技術を生かし、観測会で実習を積んで、次のステップを

進めていきたいと思う。

また、教員も1人の努力だけではなかなか身に付かない新たな技術を多く身につけることができ、今後の指導に生かしていきたい。

今後の研究開発の方向

この技術を元に、最終目標としては、彗星・小惑星・変光星などの光度変化の観測を目標としていきたい。また、以前から研究している恒星食の観測と合わせ、チャンスがあれば小惑星による恒星食にチャレンジし、その小惑星を追跡測光調査すれば、研究の幅が広がると思う。是非学術貢献できる観測に生かしたい。

最後に、今回の研究開発を通して、国立天文台・名古屋大学の方々には、お忙しいところを大変にお世話になりました。この場をお借りしてお礼を述べさせていただきたいと思いません。