

〈2018年度日本天文学会天体発見賞〉

自作のレデューサと画像処理ソフトによる 超新星 2018ast の発見

田 中 勇 司

〈シャープ株式会社研究開発事業本部 〒632-8567 奈良県天理市樺本町 2613-1〉

e-mail: hge00744@nifty.com

私は、2018年4月8日に口径20 cmのニュートン反射望遠鏡で撮影した画像から、NGC 3812という銀河に超新星2018astを発見しました。天体観測に十分な時間がとれず、住宅地で光害が酷く、小口径の望遠鏡にも関わらず、今の機材で観測を始めて2年余りで超新星を発見することができました。その顛末と、今回の発見で使用した自作のレデューサと画像処理ソフトについて紹介したいと思います。

1. はじめに

2018年4月10日の夜、4月8日にNGC 3812付近を撮影した画像から超新星候補を発見し、Transient Name Server (TNS) に観測データを登録して2018astの番号を取得し、その後、Ia型の超新星と確認されました。この発見の顛末と、比較的小型の望遠鏡で、光害の中、発見するための工夫などについて紹介します。

2. 発見の顛末

私は中学1年生の時、初めて天体望遠鏡を買ってもらい、天体観測を始めました。中でも銀河が好きで、眼視観測や写真撮影を行っていました。

2015年の年末に1/1.2型の白黒CMOSセンサを入手し、2016年1月から本格的に超新星の搜索を始めました。最初の1年半は撮影に集中しており、過去画像との比較は行っていませんでした。ようやく2017年の秋頃から、過去画像との比較を開始しました。

2018年4月8日(日)、やや霞んで空が明るいも

の、いつものようにしし座、かみのけ座、おとめ座などの銀河と発見済みの超新星を撮影しました。NGC 4090の2018aqhを撮影した後、その周辺の銀河と共にNGC 3812付近も撮影しました。と言うのも、この付近では最近、超新星がよく発見されていたからです。0時前には撮影を終了し、撤収後、発見済みの超新星だけ画像処理し、超新星の観測データを集めているRochester Academy of SciencesのDavid Bishop氏に観測データを送り、その他の画像は確認もせずに寝ました。

次の日の業務後、仕事の区切りで皆と打ち上げに参加しました。23時頃に帰宅しましたが曇っていたので、昨晚撮影した画像の処理を行いました。でも、途中で寝る時間になったため、全ての処理を行う前に寝てしまいました。

そして、4月10日(火)、帰宅して曇っていたので残りの画像処理を行いました。その中に、3、4枚、銀河のそばに星が写っていて気になる画像がありました。その内、NGC 3812のそばに小さな星が写っていたのですが、Digitized Sky Survey (DSS) の画像では明るい銀河本体に埋もれ

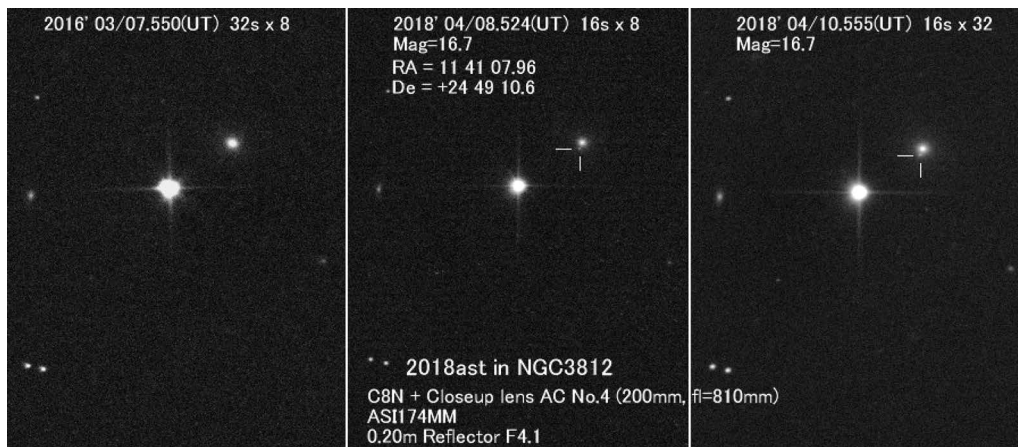


図1 超新星2018astの発見前後の写真.

てよく分かりません。そこで、一旦、位置測定を行い、Facebookの天体写真観測グループのメンバーに連絡を入れました。するとたちまち、複数の方から連絡があり、過去画像ではその位置に星は無く、観測画像に星らしいものが写ったとのことでした。

それと並行して空を見上げると星が見えるようになっていたので、私も望遠鏡を庭に出して撮影を開始し、自分の過去画像も中心付近がつぶれないように画像処理をやり直し、過去画像には星が無く、4月8日及び4月10日の画像に星が写っていることを確認できました。図1が私が撮影した過去画像、発見画像、確認画像です。

そこで、TNSに観測結果を登録し、2018astの番号を取得しました。そして、2018年4月18日(水)、ついに米国キットピーク天文台でIa型の超新星と確認されました。

このように、発見済みの超新星の観測のついでに撮影した画像から見つけた超新星が、撮影して2日間も他の人に見つかることなく、SNSで連絡して多くの方がすぐに観測データを送っていただいて確認できたということで、本当に幸運でした。また、周りの皆様のご協力の賜物です。ありがとうございました。

3. 観測環境について

私が住んでいるのは、奈良県北葛城郡広陵町という古墳と靴下とかぐや姫の町です。一見、星が見えそうですが、大きな市に囲まれていて肉眼では4等星がやっと見える程度で、天の川も非常に透明度が高い日に微かに見える程度です。家は住宅地の真ん中にあり、四方を家で囲まれた小さな庭に家の中から望遠鏡を出して観測しています。

そのため、電灯無しで望遠鏡は設置できて、ファインダは照明無しで十字線が見えるほどの光害で、視界が狭く天頂付近しか撮影できません。

また、一般に新天体発見は、暗くなるのが早く、東から天体が昇ってくるのも早い東日本が有利で、実際、関西より西で発見された天体は少なく、私が調べた範囲では、奈良県で過去に新天体は発見されたことは無いようです。

このような条件でも発見できたのは、やはり運がよかったのでしょう。でも、光害の中で発見できたのは、この後に紹介する自作のレデューサと画像処理ソフトの効果だと思っています。

4. 機材について

私は、セレストロン製の口径20 cmのニュートン反射望遠鏡C8Nを、ピクセン製のSP-DX赤道

儀に載せ、ZWO製のASI174MMという白黒CMOSセンサーで撮影しています。

まず、赤道儀は20年以上前に購入した小型のもので、自動導入機能はありません。そのため、手動で天体を導入しています。ファインダーでおおよその位置まで移動し、その後、AstroArts製のステラナビゲータやフリーのCartes du Cielといった星図ソフトを使い、カメラに写っている星の並びを頼りに微調整しています。

望遠鏡は、口径20 cm、F5のニュートン反射望遠鏡です。カメラはセンサーサイズが11.3 mm×7.1 mmと小さいのですが、直焦点ではコマ収差が酷いため、ケンコー製のクローズアップレンズAC No. 4を接眼部に取り付け、焦点距離を1000 mmから約810 mmに短縮してF4.1程度に明るくして、視野角を広げると共にコマ収差を低減しています。これにより、最小星像は周辺まで20 μm未満に収まっています。この構成で、視野角は48分角×30分角程度になります。

撮影は、16秒露出、ゲイン200-250で、4-16コマ撮るようにしています。今の赤道儀でノートタッチガイドで点に写るのは32秒以下だったので、マージンを見て露出は16秒にしています。ゲインは光害の影響で上げられないことと、ゲインを上げると今回のように中心部分に近い部分が白飛びして星が識別できなくなるため、低めに設定しています。なお、この方法で、私の家からでも4コマで17-17.5等、8コマで17.5-18等、16コマで18-18.5等の星が写ります。

撮影した画像は、自作の画像処理ソフトYIMGでバッチ処理しています。4-16コマを必ず1画素以上ずらして合成することでノイズ除去を行い、背景のレベル調整で光害や周辺減光を補正し、強いガンマ補正をかけて淡い星雲や暗い星を見えるようにする、という処理を一気に行えます。

撮影後は、DSSの画像と比較し、新天体の可能性がある星を見つけた場合は、Astrometricaというソフトで既知の彗星、小惑星でないか確認し、

位置測定と光度測定を行っています。撮影画像に埋め込まれた時刻から既存天体の予報位置を計算するので、便利です。

但し、手動導入で、露出時間が64-256秒ですので、一晩で撮影できるのは30-100エリアです。他の観測者と比べるとはるかに観測数は少ないです。

5. 自作レデューサについて

今回の発見では、コマ収差を低減し、F5をF4.1程度まで小さくして明るくし、視野角を広げるためクローズアップレンズを使った自作のレデューサを使用しています。

過去から多くの方が行っている方法ですが、私は自作の光学シミュレータYOPTを使い、焦点距離とレンズからセンサーまでの距離をどの程度にするのがよいか、検討を行いました。図2がYOPTのシミュレーション結果です。

このシミュレーションから、焦点距離が250 mmのアクロマートレンズをレデューサとして使用し、レンズとセンサー間の距離を40-50 mm程度にするとコマ収差がうまく補正できるという結果が得られました。11.3 mm×7.1 mmのセンサーの角（中央から7 mmの場所）の星像を計算すると、直焦点ではコマ収差のため約60 μmですが、レデューサを付けると約20 μmになりました。

なおAPS-Cサイズのセンサーの場合、角の部分は中央から12 mmとなり、直焦点では約100 μm、レデューサを付けると約35 μmとなります。

一眼レフデジタルカメラを使って撮影する場合、焦点距離250 mmのクローズアップレンズをTリングの中に埋め込むと最適な距離になります。実際に撮影してみると、周辺でもほぼ20 μm程度に収まっており歪曲も少なく、良好な星像が得られました。制作方法は私のウェブサイト (<http://galaxystar.image.coocan.jp/>) に掲載しています。

6. 自作画像処理ソフトYIMGについて

今回の発見で、画像処理には自作のYIMGを

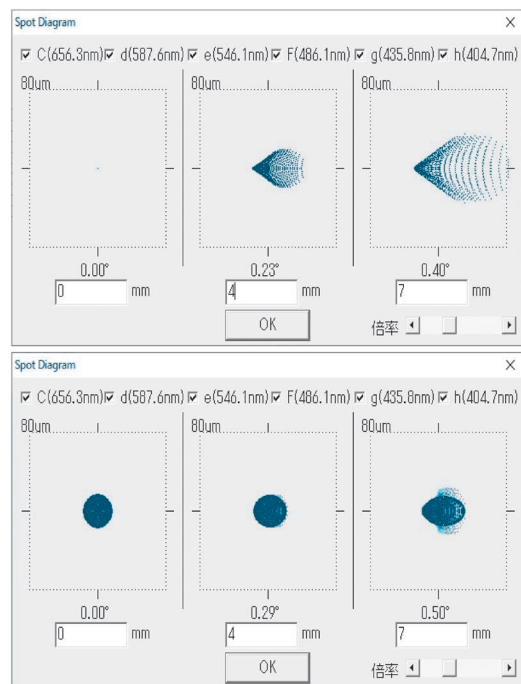


図2 レデューサの有無による星像の比較.

使用しました。YIMGはデジタルカメラが一般化する前から天体写真の画像処理のために私が作成していたもので、特徴は次の通りです。

- R/G/B各16ビット色(合計48ビット色)で処理.
- 多くのカメラのRAW現像に対応。ダーク補正によるノイズ低減.
- 自動又は座標指定により、複数の画像の合成が可能.
- 様々な方式による背景補正で、光害や周辺減光を低減.
- 一般的なラプラシアンフィルタ以外に、ウェーブレットやボケ補正などの精鋭化処理が可能.
- 疑似HDR処理が可能.
- バッチ処理で、同じ処理を一気に実行することが可能.

私は、星雲・星団だけでなく、太陽、月、惑星の処理も、全てYIMGで行っています。今は、よく行う処理はバッチファイルとして保存してい

るので、撮影した画像ファイルをドラッグアンドドロップするだけで、処理が完了します。

銀河の場合、バッチで行っている主な処理は次の通りです。

- (1) ノイズ除去コンポジット：複数ファイルの位置合わせを行い、バラツキの最も大きい値を除いて平均値を求める。これにより、センサのノイズを低減できる。
- (2) バックグラウンド補正：64画素×64画素の範囲から背景の明るさを求め、正規化を行う。これにより、周辺減光、光害の影響、アンドロメダ大星雲のような巨大な銀河の光を削減し、星を強調できる。
- (3) レベル変換：低輝度を強調し、暗い星や星雲を明るくする。

ここで、(1)のノイズ除去の方法を簡単に説明致します。図3の従来の方式では、画像をずらしながら差を求め、差が最小になる位置で重ね合わせていました。この図では、□が重なるようになります。するとノイズ同士が重なることになり、メディアンフィルタなどを使ってもノイズが残ってしまいます。

しかし図3の本方式では、「全ての画像のずらし量が変わるようにして合成」しています。この図では、×が重なるようにします。これだとノイズ同士は重なりません。その後、メディアンフィルタや最も値が離れているデータを除いた残りのデータを平均することで、ノイズを低減できます。

なお、YIMGはフリーウェアですので、前述の私のウェブサイトからダウンロードしてご自由にお使いください。

7. まとめ

今回の発見で、新天体の発見に必要と感じたことを書きたいと思います。

まずは、継続です。最初に記載したように、赤道儀に自動導入機能はありませんので、手動導入

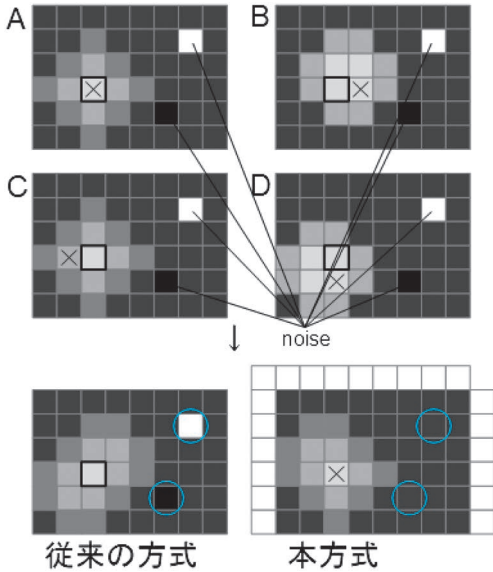


図3 4枚の画像の合成方式.

です。一晩中、外に出て、望遠鏡の横に座っていることとなります。撮影中に、画像をチェックしたいのですが、撮像用のノートPCでは画面が小さすぎてチェックできません。また、冬場は特に体への負担は大きくなります。それでも、続けていけば、いつかは見つかると思っていてやってきたのが、今回の発見に結びついたと思います。

次に工夫です。例えば、小さなセンサでも、レデューサで焦点距離を短く、明るくするとそれなりの視野と極限等級が確保できます。光害の中だと淡い星雲は写りにくいのですが、超新星のような恒星は十分に写るので、ゲインを下げ、核付近まで星が分解できるようにしています。坪井正紀氏が発見された2018pvを撮影した時に、NGC 3941の中心付近に現れた超新星を、この方法で確認することができました。また、仕事の関係で撮影した日に画像処理できないことが多いので、複数枚の画像を撮影し、画像処理ソフトYIMGのノイズ除去機能を使ったり、動画表示することで、ある程度ノイズと区別が可能です。それでも、すぐに確認観測が行えないので、何度か誤報告をして迷惑をかけてしまいました。申し訳ありません。

最後に仲間です。怪しい天体が写った時、仲間がいれば、追観測ができて、ゴースト、ノイズ、既知の天体と区別できます。また、観測の励みにもなり、続けることができます。

私の機材でも、他の方が発見された超新星の確認観測を行い、17.5等より明るいものは判別できることが分かりました。これを続けていけば、いつかはチャンスが訪れると思っていました。でも10年後を目標に観測を行っていたのに、予想以上に早く見つかって驚いています。

謝辞

最後になりましたが、5年ほど前から超新星の観測方法、TNSへの登録方法などについてお教えいただいた西村健市氏（2019年5月現在、超新星を2個発見）、2017年秋にFacebookの天体写真観測のグループにお誘いいただきました嶋邦博氏（2019年5月現在、超新星を6個発見）、そして今回見つけた2018astの確認観測や過去画像の確認などを行っていただいたFacebookのメンバーの方々に感謝いたします。また、本稿の執筆を勧めていただいた小宮山裕編集委員長にお礼申し上げます。ありがとうございました。

Discovery of Supernova 2018ast by a Self-made Focal Reducer and Image Processing Software

Yuji TANAKA

Corporate R&D BU, Sharp Corporation, 2613-1 Ichinomoto-cho, Tenri City, Nara 632-8567, Japan

Abstract: I found a supernova in NGC 3812 by using 20 cm Newtonian reflector on April 8, 2018. Despite a short observing time light pollution and the small-aperture telescope, I achieved this discovery in two years after starting my project with the current equipment. I would like to tell the process of the discovery and how the self-made focal reducer and image processing software played an important role in this achievement.