

## 〈2021年度日本天文学会天文功労賞〉

# 銀河巡りの楽しみ

野口敏秀

〈〒287-0011 千葉県香取市〉

e-mail: tnoguchi@green.ocn.ne.jp



このたびは私の「長期測光観測」に対し、天文功労賞という荣誉ある賞を授与していただきありがたく誇りに思います。アマチュアの観測が「新種の重力崩壊型超新星の発見」へ貢献できたことは日々の観測の励みになります。知識も乏しく貧弱な設備での観測ですが、その経緯や環境を記述してみました。まだまだアマチュアにもできることが残されていると思いますので、これから新天体の搜索や観測を志す方に何かお役立てできれば幸いです。

## 1. 銀河を撮る目的

銀河の画像と言うとハッブル宇宙望遠鏡が撮影した神秘的で色鮮やかな高詳細画像を連想されますが、アマチュアの小さな機材で写せるのはごく一部の明るい銀河にすぎません。空の暗い場所で長時間撮影した画像でもハッブルの足元にも及びませんが、そんな環境でも銀河を撮るのにはわけがあります。実は銀河周辺の星に注目しているのです。昨日なかったところに今日突然現れる星、つまり超新星を探しているのです。

とは言え無数にある銀河すべてを巡るのは不可能なので、近傍の明るく大きな銀河をリストアップした物を独自に作成してそれに従って順に銀河を撮影し、過去に撮影した画像と比較し新しい星が出ていないかを調べています。

最近各国のプロの超新星搜索チームが、世界中の大型機材を使い、自動撮影・自動検出のシステムで全天を短期間でくまなく探査するようになり、アマチュアの手が届く寸前の暗い段階で発見してしまうので第一発見の難易度は増してきました。

## 2. SN2018zdとの出会い

2018年3月2日、いつものように銀河撮影をしているとTNS (Transient Name Server: IAUの超新星報告サイト) から発見報告を知らせるメールが届きました。板垣公一さんがNGC2146に17.8等の超新星らしき天体を発見したことを知らせるメールでした。私が搜索していた場所とは少し離れており、その夜撮影対象にしていた銀河が周囲にまだ残っていたのでそれを撮り終え、約30分後に板垣さんから報告のあった位置を撮ってみました(図1)。その天体(SN2018zd)は発見時とほぼ同じ明るさでした。

翌日も天候に恵まれたので、その天体を撮ってみると1等ほど増光していました。翌々日もさらに約1等の増光が確認できました。この天体はII型と分光され爆発直後に発見された超新星と判明しました。銀河までの距離から単純に予測すると13等台までの増光が期待できます。運よく爆発直後からの姿を撮影できたので、今後どのように推移していくのか興味が湧き、できる範囲まで追跡してみることにしました。天体の明るさを詳しく記録するにはB,V,R等の分光用のフィル

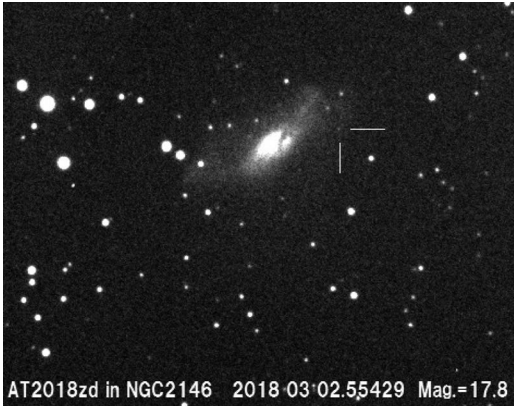


図1 発見直後のNGC2146周辺の確認画像。

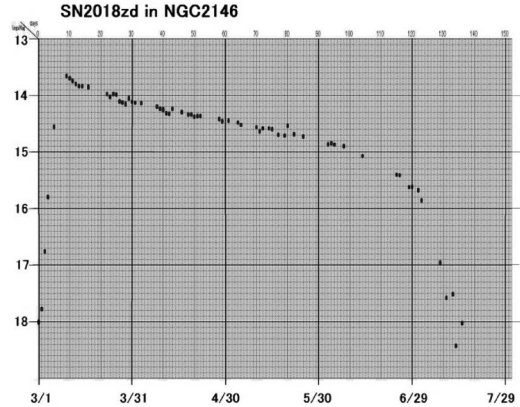


図2 SN2018zdの光度曲線。

ターを用いての測光が必要ですが、超新星探しのための銀河撮影が主体なのでそれらの専門器具はありません。フィルターを付けないCCDでの測光ならば可能なのでそれで追跡してみました。

NGC2146は、赤緯が $+78^\circ$ と高緯度で下方子午線通過時でも高度は約 $24^\circ$ あります。私の住む千葉県北東部から北側は最も観測条件のよい方向です。この程度の高度ならアマチュアの機材でも十分撮影と測光ができます。この超新星は予想通り13等台まで増光しその後徐々に減光して行きました(図2参照)。

晴れた夜は最初にこの超新星の撮影が日課となりました。測光は個々の画像のばらつきを少なくするため数フレームのスタック画像から行いました。雲が多い時も夜空の監視用に使っている高感度のビデオ映像を見ながら、雲の切れ間を待ちながら撮り続けました。時にはこの超新星を撮った直後に雲が広がり本来の銀河撮影ができないこともありました。

当初はまだ冬の季節風が強く寒い時期だったのですが、やがて桜の咲く春霞の空になり、ゴールデンウィークとその後の梅雨の走り。そして本格的に梅雨入り。その頃には超新星の高度もかなり低くなりましたが。我々アマチュアの機材ではまだ向けられる高さです。それらアマチュア設備の

利点や地理的な条件を活かし追跡してきた超新星でしたが、連日の梅雨空と超新星自体の減光もあり7月15日が最後の観測となってしまいました。

3月2日の発見直後から7月15日まで延べ136日中65夜の観測結果を得ることができ、その全体の光度変化をグラフ化してみると爆発直後の急増光からその後の緩やかな減光期を経て最後の急減光と、この超新星の光度変化を記録することができました(図2)。

### 3. SN2018zd その後の展開

米国Las Cumbres Observatoryの平松大地さんからSN2018zdの観測データの提供依頼がありました。アマチュアの精度の怪しい観測記録ですが何かの参考程度にでもなれば嬉しいことです。観測画像はすべてFits形式で保存してありましたので提供しました。平松さんからのメールには、SN2018zdの研究論文に着手した旨の内容も含まれていました。私のようなアマチュアには何も異変はわかりませんでした。他の超新星とは違う何かを感じ取っていたようです。

質量の小さな恒星は白色矮星となり生涯を閉じるのに対して、質量が大きな恒星は超新星爆発を起こしその一生を終えます。この終焉の姿の違いは恒星の質量で決まり、その境界の値は太陽の約8倍と言うのが一般に知られている恒星の姿で

す。その分岐点にあたる質量を持つ恒星は、野本憲一教授らによる理論研究で「電子捕獲型超新星」という特殊なメカニズムで爆発すると予測されており、今回の超新星の特徴がよく一致するということでした。

この論文[1]は、アマチュアの私にとっては接する機会のない難解な語句や理論ばかりでしたが、普段論文などには全く縁のない者にとっては、一つの研究に対する細かい意見や多くの研究者・協力者の存在など複雑な製作過程を知ることができ大変貴重な体験をさせていただきました。

これ以上の論文内容については、知識の乏しいアマチュアがこの場で解説することは大変失礼な事ですので詳しくは専門機関より発表された解説を参照していただきたいと思います。

#### 4. 私の観測環境

私の住む香取市（旧佐原市）は千葉県北東部に位置しており、各地を歩き正確な日本地図を作成し地球の大きさを測ったことで有名な伊能忠敬の旧宅や、今でも江戸から明治・大正時代の古い町並みが多く残る地域です。周囲は水郷地帯で田圃が延々と広がる田舎ですが、鹿島工業地帯と成田空港に挟まれた場所で決してよい環境とは言えません。しかし夏には今でも天の川がうっすらと見える地域なので贅沢は言えません（図3）。

自宅にドームのある観測所とは名ばかりで、その中身は古い小さな望遠鏡が1台あるだけの貧弱な設備です。

最新式の大規模機材を有するアマチュアが増えていた昨今、それらを羨ましく思いながらも自分の体力や財力に見合った設備なので満足しています。そんな環境なのでこれから観測所建設を計画している方に助言などできませんが何か一つでも参考になればと思います。記しておくことにします。

観測所は立地条件が重要です。その都度最適な観測地を求め移動するジプシー派と違い樹木や建物・光害などの影響は変えられません。また人里

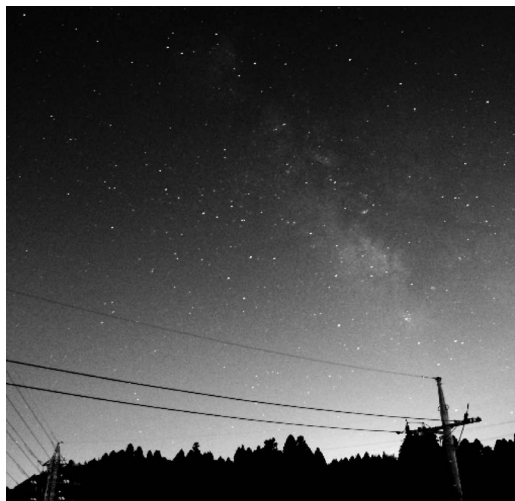


図3 自宅から見た天の川（成田空港方面）。

離れた場所では害虫や雑草対策も必要です。農作物生産地では除草剤の使用が制限されている場所もあるので要注意です。電気や通信設備が敷設できれば便利なのですが、近くにない場合は敷設に費用が必要な場合があります。周囲の道路形状による車のライト照射方向にも気をつけたいところです。そしてトイレ問題も重要な事項です。

最近建設される観測所はドーム式よりルーフ式の方が多いようです。ルーフ式は広範囲が一度に見渡せ、さらに複数台の設置が可能ですが、欠点は風や光の影響を全方向から受けてしまうことです。ドーム式はスリットから見える範囲だけが対象ですので風や光害をある程度防ぐことができます。以上が自宅から離れた観測所設置時の注意点です。

私の観測所は二階の小部屋の屋根がドームになっています（図4）。小部屋のロフトがドーム室の床というイメージです。なので小部屋とドーム室は階段で繋がっています。そのため小部屋の天井が少し低くなっています。望遠鏡設置部分の専用基礎はありません。一般的には建物と望遠鏡の基礎は独立させるのですが、ロフト部の床を二重にすることで振動を防いでいます。専用の基礎



図4 自宅の観測ドーム。

がなくとも焦点距離2300 mmの追尾が問題なくできています。それよりも風上に向かってドームを開くと風が舞い込んできて鏡筒が揺れることの方が影響は大きいです。

家にドームがあるのは、設置や移動時間の面で有利です。重い機材の運搬や忘れ物の心配がなく観測開始までの時間が大幅に短縮でき、眠くなったらすぐ就寝できます。周囲に高い建物がなく田圃が広がる田舎で広範囲に低空まで見渡せる場所ですが、その反面台風接近時などは周囲に遮る物がなく、猛烈な風雨が直接建物に当たるため家の一部が破損する被害が出たこともありました。

20年以上昔の古い望遠鏡1台だけですが、一度に複数のことをするのが苦手なのでこれが適しているようです。機器のコード類を階下の小部屋まで延長してあり、椅子に座ったらそこから動くのが面倒な横着な性格なのでスイッチ類は手の届く範囲にあります。別室があると屋外の気温に影響されにくいので、時にはパジャマ姿のまま観測をすることもあります。ドームを開き基準星を導入したら閉めるまでドーム室には入る必要がなく、寒い時にはストーブに当たりながら観測できます。集中スイッチを設置し、そこをOFFにすればすべての電源が遮断できます。これで数多い機

器の電源切り忘れを防いでいます。

口径23 cmのシュミットカセグレン式望遠鏡ですべてを行っています。これに冷却CCDカメラを取り付け20-30秒露出で銀河を撮り進んでいきます。しかしCCDの製造が終了してしまったので壊れずにいて欲しいと願うばかりです。当初はレデューサーを取り付けて焦点距離を短縮していたのですが、そのままの方が写りがよいとの指摘を受け、レデューサーを外しF10本来の姿で試してみるとこれが想像以上によい写りでした。不安だった赤道儀の追尾も問題なく作動し焦点距離が伸びたことで細かい部分が識別でき、またバックの明るさが落ちるのでS/N比の向上につながった効果でしょうか？

銀塩写真時代に育った我々世代の人間にはF10などという暗い光学系に短時間露出では満足に写らないという先入観が強くありましたが、冷却CCDはそれを打ち砕いてくれました。超新星には長焦点距離の機器が適していることを実感しました。これに20  $\mu\text{m}$ の大きなピクセルサイズのCCDカメラとの組み合わせで観測を行っています。

観測設備はそれを使い込まなくては意味がありません。長く続けるには楽な姿勢と、わかりやすい機材の配置などが重要です。観測を始めるのが楽しく感じる環境作り、それが長続きの秘訣です。

## 5. アマチュアにできること

近年超新星が注目され世界中の研究機関が大型望遠鏡に専門装置を取り付け分析しています。しかしそれらの研究も対象となる超新星が発見されて始まることです。短時間に周回するプロの搜索チームでも弱点はあります。大型望遠鏡はその構造上低空に向けられないそうです。さらに薄明中や月明近くの場所などは搜索が不向きです。大規模な搜索作業は、ほとんどが自動化されています。しかしここにも撮影から検出・報告までのタイムラグが大きいという弱点があります。規模の小さいアマチュアの大半は怪しい天体についてはそ

場での再撮影など短時間での対応が可能で本物であれば即報告できます。プロが不向きな空域だけでなくまだまだアマチュアにも発見の可能性は残っていると思います。

すでに発見された超新星でも同じ理由でプロの機材が追跡できない場合があります。最近では分光フィルターを用いての多色測光を実施しているアマチュアも増えてきており、より詳しい追跡観測が可能です。分析用の専門機材がなくても、限られた機器で変化を根気よく追うことでプロの弱点を補う観測ができるかもしれません。

まだまだアマチュアにも貢献できることはあると思います。

## 6. これからの観測

最近のCMOS機器の性能には驚かされます。小さく簡単な機器構成で、暗く淡い銀河が明るい市街地で簡単に写しだされるのです。当初ノイズの発生が問題視されていましたが最新の機種では低ノイズ化が進み超新星搜索や観測に十分対応できるレベルです。しかもCCDに比べると安価です。

観測方法も自動化が進み、寝ている間に自動撮影・自動検出の仕組みがアマチュアでも実用化されてきており、すでにそれで成果を出している搜索者もいます。

寒空に震えながら搜索や観測をしていた時代から、自宅や出先からインターネット回線経由で機器制御をすることが可能な時代です。しかし実際は多くの問題が残っているようです。簡単なトラブルでも人がいれば対処できるのですが無人の山奥ではその都度出向かねばなりません。しかしこれらの諸問題もいずれは解決されるでしょう。そんな時代が来るまでの間、旧態依然とした方法ですがそれで続けていこうと思います。

## 7. 銀河巡りの楽しみ

観測対象として抽出した銀河を順に撮り、過去に撮った画像と見比べる。超新星探しはその繰り返

返して単調な作業です。多くの銀河を見るため個々の銀河画像は短時間露出の見劣りする物ばかりです。時間をかけ丁寧に撮影された観賞用の銀河画像とは比較にならないお粗末な写りですが、そんな銀河画像にも時々怪しい物が写り一瞬ドキッとさせてくれます。わずかに位置を変え再度撮ってみると見事に消えておりノイズやゴーストの類だと判明します。時には実在する天体が写り詳しく調べてみると小惑星だったり、すでに発見報告済みの超新星だったりして新発見には簡単にはつながりませんが、単調な作業中のよい刺激となってくれます。天気の良い夜には一晩に数百個の銀河を巡るのですが「この銀河をこの時間に何人が見ているのだろうか？」と思いながら周囲の星に変化のないことを確認し次の銀河に進みます。

実はこのように新天体に巡り会える保証もない「銀河巡り」を楽しんでいるアマチュアは全国に存在しているのです。その星仲間との交流は実に楽しいものです。専門的な知識を持った方や経験豊富なベテラン観測者など様々ですが、今まで接することのなかった新機器の情報・知識・使い方などを指導してもらっています。最近注目されているCMOS機器などがそれで私はCCD以外を使ったことがないので測光観測などに使用した場合の長所・短所などそれに精通した仲間の意見は貴重です。

観測結果を交換したり、さらにわからないことがあれば皆が自分のことのように考え助けてくれます。怪しい天体に遭遇した知らせを受けた時は夜中でも皆で確認や詳しい調査をしてくれます。単調で孤独な作業のように感じる「銀河巡り」ですが、実は多くの星仲間の存在に励まされ支えられているのです。同じ目的を持つ星仲間とのつながりが「銀河巡りの楽しみ」なのです。それを大切にこれからも楽しんでいこうと思います。

## 参考文献

[1] Hiramatsu, D., et al., 2021, Nat. Astron., 5, 903