

〈2022年度日本天文学会天体発見賞〉

SNSの投稿から発見された新星
GDS J1830235-135539山本 稔^{1,2}〈¹VSOLJ (日本変光星観測者連盟) 〒444-0204 愛知県岡崎市土井町西社口 11-4〉〈²星見企画 〒444-0204 愛知県岡崎市土井町西社口 11-4〉

e-mail: HFB02670@nifty.ne.jp

2022年の「たて座新星 GDS J1830235-135539」の発見に対して、日本天文学会天体発見賞を受賞させていただきました。この場をお借りして関係者の皆様に御礼を申し上げます。ありがとうございました。この新星は、従来の突発天体の発見、報告、確認のフローで検出されたものでなく、SNSへの投稿がきっかけとなって発見された新星になります。その経緯についてまとめてみました。

1. はじめに

私の新星探しについては、古くなりますが1999年1月号の天文月報に「新星との出会い」[1]、最近では2021年1月号に「未だに新星探し」[2]のタイトルで寄稿しています。後者は、約50年間の新星探しに関わる内容をまとめています。ご興味があれば、そちらもご一読いただければと思います。

今回は、GDS J1830235-135539について、増光を検出してから新星と確認されるまでに非常に珍しい経緯をたどったので、その顛末をご紹介します。2, 3章では、私の新星探しの方法と変光星観測について紹介しました、この内容は「未だに新星探し」と重複する部分がありますがご容赦ください。4-6章では、この星との出会いから京都大学理学研究科宇宙物理学教室の田口健太氏(田口さん)が新星と確認されるまでの経過をVSOLJ(日本変光星観測者連盟)への報告およびSNS投稿を時系列に並べて説明しました。

そして、この発見がレアケースである理由についてまとめてみました。最後に、今回発見した新星の今後について予想しました。

2. 40年間変わらぬ撮影方法

昨今、突発天体の検出は、ASAS-SN (All-Sky Automated Survey for Supernovae) や Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System), ATLAS (Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System), ZTF (Zwicky Transient Facility) などの自動サーベイが多くの成果を上げています。そのため新天体を個人で探す時代は過ぎ去りつつあります。そんな中、私は今でも小型赤道儀にデジタル一眼レフカメラ(DSLR)を載せ、しかも手動で掃天撮影する方法で新星を探しています。まさにシーラカンスのような存在かもしれません。

撮影は新星探しを始めた40年前のフィルムカメラがデジタルカメラに変わっただけです。撮像素子がフルサイズのDSLRに、焦点距離は



図1 DSLRと180 mmレンズ @一色海岸

180 mm, 絞り値 (F 値) が2.8のレンズを使っています。初めは焦点距離が85 mmでしたが徐々に長くなってきました。撮影対象は夏から冬の銀河が主体です。銀河の座標 (赤経, 赤緯) を中心として天域を複数に分割して撮影しています。撮影より大変なのは、撮影場所までの移動です。自宅環境では撮影が困難のため、毎回車で約25 km離れた海岸まで出かけています。その度に赤道儀のセットアップやカメラの位置合わせ、そして撮影と忙しくしているため、頭上に明るい新星が出現していても気がつかないかもしれません。もうここには10年以上通っています (図1)。

撮影した画像の処理は、北海道の金田宏さんが開発されたCCDFという新天体候補検出用のソフトウェアを使用しています。金田さんは多数の小惑星と新星を発見された方で、ソフト開発や星図の作成もされています。2022年には「独自の画像ソフトウェアの開発と普及による国内アマチュア天文家の新天体搜索活動への貢献」で、天文功労賞を受賞されました。私は11年前にこのソフトを提供していただいて以来、ずっと使用しています。CCDFで画像を読み込むと、星表をもとにした星の同定・過去に撮影した画像 (過去画像) との比較が自動で行われ、新天体候補がリストアップされます。このソフトのおかげで、新星探しの効率が飛躍的に向上しました。撮影スタイ

ルは40年間変わっていませんが、このソフトが私の新星探しに大変革をもたらしました。

今後は、生成AIが撮影と同時に既存の画像や関連するすべての星表、カタログを調べ、一瞬で新天体を検出するようになると思います。井の中の蛙なので、もう実行されているかもしれません。

3. 新星探しの中で変光星観測

画像のチェックはCCDFが自動で実行してくれるため、人の作業はPC上でリストアップされた候補天体の調査になります。CCDFでは、GCVS (General Catalogue of Variable Stars) [3]にある変光星は候補天体から原則除外されるようになっていますが、それ以外のカatalogや未登録の変光星は候補として出力されます。そのため、多くの候補天体が出力される場合があり、この確認調査と同定作業は思いのほか時間がかかります。この時間の短縮は早期の発見報告にもつながるため、新星搜索において重要な課題です。既知の変光星などが極力出力されないようにするためには、比較に使用する過去画像は、限界等級が暗いだけでなく、最新のものである必要があります。比較画像との時間差が大きいと、変光周期の長い変光星が多数リストアップされます。比較的変光の遅い脈動型変光星でも、10日もあれば画像上で見えたり見えなかったりします。新星など突発天体を検出する目的での過去画像は、できるだけ短い間隔でアップデートすることで効率がよくなります。

上記に関連して思い出すことがあります。フィルムカメラの時代に比較写真の時間差が大きく、固有運動の大きいバーナード星を新星と勘違いしたことや、反対に、時間差が小さすぎて、未発見の新星が写っているのに気づかずその写真を比較に使用していたため発見できなかったことなどがありました。

撮影した掃天画像は、新天体が写っていなければそれで一旦役目は終了ですが、その画像には変

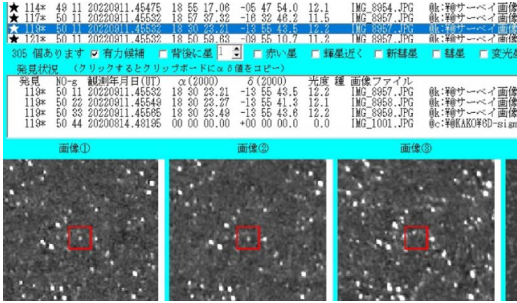


図2 変光星の検出 CCDFのキャプチャー画像

光星の最新情報が含まれています。そこで、変光星観測のためにもう一度CCDFを使用して、新星探し（サーベイ）の時と同じ処理をしています。ただし、増光する変光星の抽出を目的に、過去画像は意図的に一定期間（一年以上）をおいたものを使います。さらに、CCDFの変光星チェックはスキップするように設定しています。これにより、サーベイの結果とは異なり、候補天体に多数の変光星がリストアップされます（図2）。条件によりませんが、1夜で100個以上にもなります。

このリストの星を1個ずつ調べます。最初にVSX (The International Variable Star Index) [4] で変光星名、種類、変光範囲を確認します。VSXにないものは、SIMBAD (the Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Data) [5] や VizieR (天体カタログ) [6] で調べます。これらは、CCDFにリンク先が用意されています。さらに、素性が明確でない星は、ASASN-SN Sky Patrol [7] でライトカーブを確認します。変光星名の把握や同定ができた星はファイルにまとめ、それをテキストにしてVSOLJに報告しています。複数画像のバラツキや星像などをチェックした上で測光していますが、DSLRの画像を用いているので観測値と呼ぶのにふさわしくないかもしれません。しかし、測光精度を理解しながら同一の撮影器材、条件で測光を行うことにより、光度変化は捉えることは可能だと思って続けています。

この作業の中で、スイスにお住いの笠井潔さんのご協力もあり、VSXに登録された新変光星がいくつかあります。しかし、残念ながら最近では、自動サーベイや天文衛星Gaiaなどの発見により、新変光星に出会うことはなくなりました。

変光星観測を目的に金田さんが開発・作成されたUGEMというソフトウェアがあり、日本変光星研究会のホームページで公開 [8] されています。変光星名や位置、変光範囲などの要素ファイルを作成して、それを基に画像から自動で変光星を検出し測光することができます。増光する星はアラートで表示されます。特に激変星観測者にとっては画期的なソフトで、私も突発天体などの測光に重宝しています。前述のCCDFによる変光星観測もこのUGEMを使えば簡単にできますが、カタログに無い変光星観測はCCDFのみが実施可能です。

4. GDS J1830235-135539との出会いとVSOLJへの報告

ここでは、今回発見した天体（図3）が新星と確認されるまでの経緯をVSOLJへの主な報告を時系列に並べて説明したいと思います。以下の項目(1)-(4)には、それぞれ報告日、VSOLJ-obs



図3 GDS J1830235-135539 2022年5月撮影

の連番，件名の順で記載しています。付図のライトカーブの多くはASAS-SN Sky Patrol [7]のスクリーンショットをトリミングしたものを使用しました。

(1) 3月15日 [vsolj-obs 77124]

変光星観測報告 20220308 (DSLR) Ymo

変光星観測を続けていく中で，2022年3月8.824日(UTC)に撮影した，たて座付近の画像に，過去にない増光をしている星に気づきました。該当位置にはGDS J1830235-135539という変光星があり，この星の増光と判断しました。これが，この星との最初の出会いです。他の変光星と共に観測結果として報告しています。この時点でVSXには，タイプはVAR(種族不明の変光星)，変光範囲は14.68(0.95)rと記載されていました。GDSという名のつく天体は，Bochum Galactic Disk Surveyで発見された変光星です。以下のカギ括弧で示した内容が報告行です。変光星名，観測日時分，光度，報告者の順で，Ymoは私の観測者コードです。変光星名の半角スペースはフォーマットに沿って外しています。

「GDSJ1830235-135539 202203082846 129c Ymo」調べてみると，この時の比較ベースとなる過去画像は2020年08月に撮影したものでした。この星は15等以下で写っていません。増光開始は翌年の2021年なので，サーベイと同じように過去画像を最新化していたら，画像間の光度差が小さくて，ピックアップできていなかったかもしれません。

(2) 4月11日 [vsolj-obs 77437]

CCD変光星観測報告 (2022/04/09) by Myy

長崎県にお住まいの森山雅行さんの報告です。このタイミングで報告されていることを後で知りました。森山さんは熱心な変光星観測者で，2022年度の天文功労賞を受賞されている方です。

「GDSJ1830235-135539 202204092804 129V Myy」

(3) 4月19日 [vsolj-obs 77550]

変光星観測報告 20220404 (DSLR) Ymo

4月4日の観測報告に加えて，この星の異常な

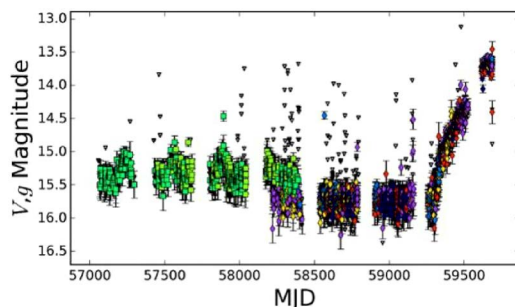


図4 ASAS-SN Sky Patrolのライトカーブ (2015/02/01から2022/04/18)

ASAS 183023-1355.7 Light Curve (asas3)

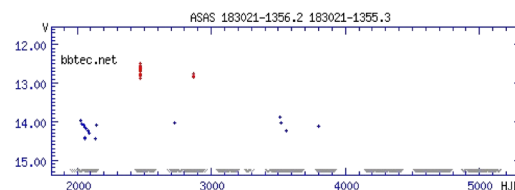


図5 ASAS-3のライトカーブ (2001/04-2009/09) [9]

増光について説明しています。その概要は，次の通りです。

「VSXではGDS_J1830235-135539=ASASSN-V J183023.57-135539.9となっており，ASAS-SNでの要素を確認すると，Mean VMag:15.39 Amplitude:0.47, Type:YSOの変光星となっています。ASAS-SNのライトカーブ(図4)では，過去にない増光をしています。また，ASAS-3(図5)でも明瞭な増光は捉えられていません」

(4) 4月20日 [vsolj-obs 77555]

GDS_J1830235-135539

早速，京都大学の加藤太一先生から返信がありました。ミラ型ではないかのご教示でした。2MASS J18302347-1355421のほか，候補となる星が列記されていました。その中にはOGLE-BLG-LPV-264465 [10]という周期が315.3日のミラ型の変光星もありました。これはOGLE Collection of Variable Starsの変光星で，私の少ない情報源では出てきませんでした。ミラ型なら脈動星の中でも一般的な変光星です。従来にない変動

も少なからずあるので特に注目することはありません。

(5) 4月20日 [vsolj-obs 77557]

Re: GDS_J1830235-135539

先生へ調査の御礼を返信しました。赤い星で IRAS天体でもあるのでミラ型と思いましたが、半信半疑でした。

(6) 4月22日 [vsolj-obs 77581]

CCD変光星観測報告 by Myy

森山さんの多色測光結果の報告です。この結果に対するコメントはありませんでした。

「GDSJ1830235-135539 20220419263800 12.10C
GDSJ1830235-135539 20220419263948 11.38Rc
GDSJ1830235-135539 20220419264128 10.63Ic
GDSJ1830235-135539 20220419264336 141:B」

(7) 6月18日 [vsolj-obs 78177]

CCD変光星観測報告 by Myy

森山さんの観測報告に次のコメントが添えられていました。

「単なるミラ型だとしてももう400日以上増光しているように見えますし、面白いのでたまに撮るつもりです」

このお言葉に押され、私もできるだけ追っかけてみようと思いました。

(8) 8月15日 [vsolj-obs 78924]

変光星観測報告 (DSLR) Ymo

5月の観測結果の報告ですが、報告した8月の時点でも ASAS-SNのデータでは100日で約0.2等の増光をしているとコメントしています。

(9) 9月8日 [vsolj-obs 79194]

VS obs (DSLR) Ymo

6月の観測結果の報告です。9月になっても依然増光中と報告しています。これ以後の観測報告は、正体不明の増光天体ではなくなります。

5. 不思議な増光を SNS にも

日常の花鳥風月から天文に関することまでをブログ (はてなブログ [11], アメーバブログ [12])

に書いています。今回の星についても記事にしました。また、twitter (現X) にも同じ内容をツイートしています。その主なものを次に抜粋します。それぞれの項目のタイトルは、報告日、SNS 名、件名の順に記載しています。

(1) 4月6日 ブログ

「GDS_J1830235-135539 or IRAS 18275-1357」

4月19日の VSOLJへ報告する前の記事です。この時点では、増光天体と GDS J1830235-135539 とは別物との認識をしていました。概要は以下の通りです。

「3月初めに増光に気づいた変光星で、ASAS-SNのデータを見ると去年から徐々に増光しています。また、ASAS-3にも増光記録がありません。Aladin Lite [13] の Pan-STARRS 画像 (図6) から、GDS_J1830235-135539 は、中央左上の青い星で、増光中の星は画像から中央の赤い星のように思われます。この赤い星は、IRAS 18275-1357で、変光星の登録はされておらず、今後要注目です。」

(2) 6月14日 ブログ

「続・GDS_J1830235-135539 or IRAS 18275-1357」

ライトカーブから次のように報告しています。「現時点でまだ増光を続けています。ASAS-3のデータによると、2001年から2009年まで14等以上の増光は確認できていません。また、ASAS-

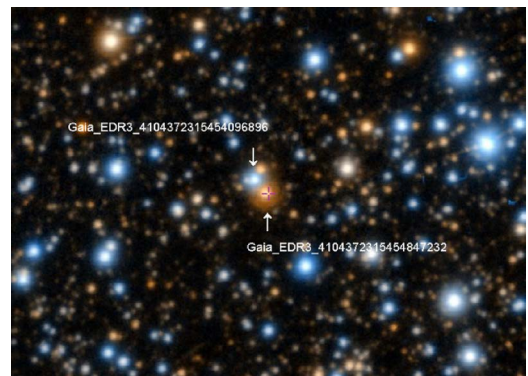


図6 増光天体の位置 (Pan-STARRS DR1 オンライン版はカラー画像)

SNのデータでは、2015年2月から2020年までは、15等台内で変光しています。2010年から5年間の欠測を無視すれば、この20年間に無かった増光をしていることになります。」

(3) 9月18日 ブログ

「New Variable Star Gaia DR2
4104372315454847232」

これまでと同じ内容ですが、同定について触れています。

「当初は既知の変光星 GDS_J1830235-135539 の増光だと思いましたが、位置や変光範囲が異なるのでDSS画像を確認した結果、南の近接する赤い星の増光だと結論付けました。この星は、2MASS J18302347-1355421=Gaia DR2 4104372315454847232=IRAS 18275-1357です。Gaia DR2はLarge-amplitude variablesとなっています。つぎに、ASAS-SNのデータでは、2015年2月から昨年まで15等台前後で変光しているため、この変光はVSXにある既知の変光星 GDS_J1830235-135539 や ASASSN-V J183023.57-135539.9 の要素とも合っています。…中略…新変光星はこの20年間になかった増光をしていて、9月8日現在でも増光中」と記載しています。結論として、加藤先生のご教示や、当時のGDSの位置計測精度を踏まえると新変光星とする星はGDS J1830235-135539でした。

(4) 9月18日 Twitter 16:55

「New Variable Star=2MASS J18302347-1355421」

ブログと同じ内容をTwitter用に短文化して投稿しました。このツイートがトリガーになって新星検出に至ることになるのですが、この時点では全く想像できませんでした。

「3月に増光に気づいた変光星。Gaia DR2では、Large-amplitude variables. ASAS-3 や ASAS-SN では過去捉えられておらず、2010年から5年間の欠測を無視すると、20年間に無かった増光。昨年2月の増光から9月8日まで依然増光中」

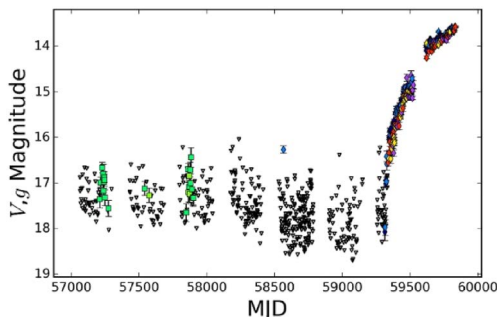


図7 ASAS-SN Sky Patrolのライトカーブ (田口さんのリツイート文より)

(5) 9月18日 Twitter (リツイート) 17:49

「New Variable Star=2MASS J18302347-1355421」

ツイートした1時間後に京都大学の田口さんからリツイートがありました。この星の運命を決めた瞬間です。そこには、

「興味深いですね、参考程度に、ASAS-SNのimage subtraction photometry (no reference flux added)を試してみました(図7)。(個人的には、slow novaの化け物みたいな可能性もあると思っており、増光中に色がどう進化したのかも気になっております)」とコメントされていました。田口さんとは面識はありませんが、突発天体などの情報を投稿されておりフォローさせていただいている方です。この考察には驚きました。まさか、slow nova そんなことが…。novaという言葉にワクワクしてきました。その後、つくば市の清田誠一郎さんから多色測光結果がツイートされます。それに、田口さんは「なんと！ありがとうございます！(青い方でも結構明るいですね!）」との返信があります。何か大きな前進がありそうな予感がしました。

6. レアな新星検出

田口さんのリツイートから3日後の9月21日、ご本人から森山さんと私宛にメールが届きました。メールは次のような内容でした。

「お2人が測光してVSOLJに報告して頂いたGDS J1830235-135539を昨日岡山で分光しました。Light curveとスペクトルから、このGDS…は共生新星であると結論づけ、ATel (The Astronomer's Telegram) に報告予定です。今後も長期に渡って楽しめるかもしれません」

この瞬間、「えー、共生新星だった!」と驚きました。星の素性がはっきりした喜びで興奮が止まりませんでした。

そして、23日には、The Astronomer's Telegram (ATel) にその情報が発信され[14]、この新星の存在が世界に向けアナウンスされました。ミラ型のこの星は、白色矮星と赤色巨星からなる共生星で、今回、新星爆発を起こしたことになります。

ここで、突発天体の発見から公開までのプロセスを簡単に説明します。通常、突発天体を発見すると、国立天文台に報告します。発見情報は天文台を通じてIAU (国際天文学連合) の突発天体の報告サイト TOCP (Transient Object Confirmation Page) [15] に掲載されますが、直接TOCPに報告も可能です。発見情報を基に世界中の観測者がフォローアップ観測を行い、必要に応じて分光観測も実施されます。それらの結果は変光星関連のグループやATelなどで報告されます。新星の場合は、CBET (Central Bureau Electronic Telegrams) でも公表され、変光星名が付けられることが一般的です。これまで日本人により発見された新星のほとんどが、このフローに従ってTOCPや、それを運営するCBAT (国際天文学連合天文電報中央局) に発見報告がされています。今回のようにCBATへ報告されていない新星の発見は非常に珍しいケースです。

今までの経緯から、この新星の発見者が必要なら誰でしょうか? 私は増光する変光星としてVSOLJに報告し、SNSにも投稿しました。しかし、新天体とは考えておらず、国立天文台への連絡もしていません。アンテナを張り、私のSNS投稿に気づかれ「slow novaかも」と考察して分

光観測をされた田口さんや京都大学のメンバーの方々が発見者と言っても過言ではありません。田口さんの考察力、行動力がもたらした新星発見です。4月に異常な増光を指摘してから5ヵ月も経過していました。もし、私のツイートが田口さんの目に止まらなければ、この星はミラ型の異常な増光に留まり、正体不明のままだったかもしれません。

新星は私が気づく1年前から増光を始めていました。それがなぜ、自動サーベイや他の捜索者によって発見されなかったのかと疑問が湧きます。おそらくそれは、この星が非常にゆっくりと増光しており、1年経過した時点でも2-3等程度しか明るくなっていなかったことが要因です。突発天体であれば数日もかからない増光幅です。加えてこの星はGDS J1830235-135539という変光星名のある星でした。増光が変光範囲から大きく逸脱していなければ新天体として取り上げられることはないと思います。このようにいくつかの偶然が重なることで起こった、まさにレアケースの新星検出と言えそうです。

そして、9月28日に、田口さんのツイートがありました。その抜粋です。

「あとはGDS…にもnovaの通り名や変光星名が見ついたらええなあ、と思っています。昼間にスレ違ったmyzkさんから「研究者っぽい貫禄になった」と言って頂いたが…単に太ったのか、老けたのか、両方か、…気がする」。

このツイートから田口さんの達成感がうかがえました。

私は、29日のブログに「プロの目、アマの目がつながり発見された新星 (GDS_J1830235-135539)」と題して次のように投稿しました。

「発見経緯がとてもレアです。3月におかしな変光星に気づき、SNSに何度かその特異性を報告。それが京大の天文学者、田口さんの目に止まり、岡山の口径3.8 m望遠鏡でスペクトル観測となりました。その結果、共生新星であることがわ

かりました。まさに、プロの目、アマの目がつながって発見された新星です。」

そして、10月4日 田口さんのツイートには「多くのサーベイが走っている今、このようなアウトバーストが見逃されているということ自体が信じられず、既知のミラだったので脈動かと思いましたが、よく見ると ・脈動の周期と合わない ・青い側でめちゃ明るくなっている の2点が説明つかず…よく見出したな、と 日本のアマチュアは恐るべし、と改めて感じた天体です」とまさにプロとしてのコメントがありました。

7. GDS J1830235-135539の今後

2023年7月現在、この約1年間のライトカーブをASAS-SNデータから見てみると、リニアに増光しているように見えます(図8)。

増光開始は加藤先生によると2021年3月末なので、2年経過したことになります。今後、どう変化するのか気になるところです。

では、他の共生新星の場合はどのような経過をたどったのでしょうか。今回の新星のタイプはNC+M(増光が非常にゆっくりの新星とミラ型変光星の連星系) [16]です。同じ星をVSXで調べると、他に3天体(CN Cha, V1016 Cyg, HM Sge)が出てきました。最近、7等まで増光していたことが見逃されていたCN Chaも同じタイプでした。この星は、増光後、約3年間明るい状態が続いた後に減光に転じています(図9)。

他に類似天体とされ、VSOLJで観測数の多いV4368 Sgrについてもライトカーブを調べてみました。この星も増光が発見されてから約3年後に減光を開始しています(図10)。

各星の質量などの物理的な共通性は調べていませんが、単純にこれらの星と同様に3年後に減光に転じるとすると、あと半年です。予想通りなのか、そうでないのか、興味は尽きません。この星と出会った縁を大切に今後追っかけられるまでストーリーを続けたいと思います。

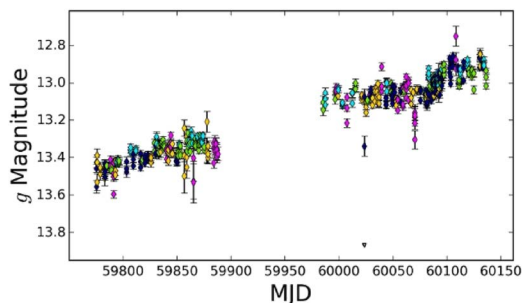


図8 ASAS-SN Sky Patrolのライトカーブ (2022/07/15-2023/07/11)

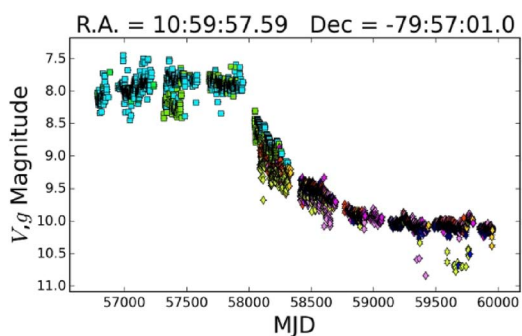


図9 CN Chaのライトカーブ (ASAS-SN Sky Patrol)

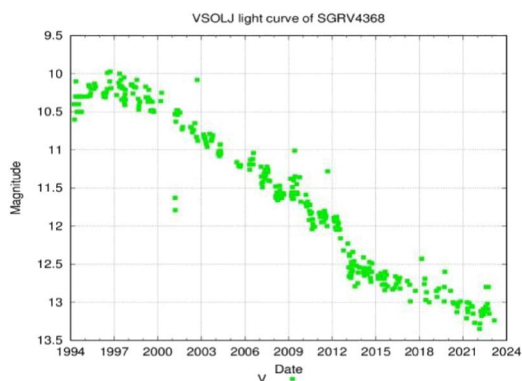


図10 V4368 Sgrのライトカーブ (VSOLJデータより)

8. 御 礼

SNSの引用や同じ内容の繰り返しでわかりにくい点はあったと思いますが、今回の新星発見がとても珍しいケースだったことをご理解いただけれ

ば幸いです。

末筆になりましたが、新星として検出された京都大学の田口さんをはじめ、そのメンバーの皆様、ご指導いただきました、加藤太一先生に改め御礼申し上げます。また、意の届かない御礼になりますが、今回、ASAS-SNの観測データが無ければこの新星発見は無かったかもしれません。運営、管理されている皆様にも感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 山本稔, 1999, 天文月報, 92, 1, 53
- [2] 山本稔, 2021, 天文月報, 114, 1, 52
- [3] <http://www.sai.msu.su/gcvs/gcvs/> (2023.09.29)
- [4] <https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=search.top&ql=1> (2023.09.29)
- [5] <https://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fbasic> (2023.09.29)
- [6] <https://vizier.cds.unistra.fr/viz-bin/VizieR> (2023.09.29)
- [7] <https://asas-sn.osu.edu/> (2023.09.29)
- [8] https://www.ananscience.jp/variablestar/?page_id=70 (2023.09.29)
- [9] <http://astrouw.edu.pl/asas/?page=aasc> (2023.09.29)
- [10] <https://ogledb.astrouw.edu.pl/~ogle/OCVS/o.php?OGLE-BLG-LPV-264465> (2023.09.29)
- [11] <https://novaaql1993.hatenablog.com/> (2023.09.29)
- [12] <https://ameblo.jp/novaaql1993/> (2023.09.29)
- [13] <https://aladin.cds.unistra.fr/AladinLite/> (2023.09.29)
- [14] Taguchi K., et al., 2022, The Astronomer's Telegram #15623 <https://astronomerstelegram.org/?read=15623>
- [15] <http://www.cbat.eps.harvard.edu/unconf/tocp.html> (2023.09.29)
- [16] <https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=help.vartype&nolayout=1&abbrev=NC%2BM> (2023.09.29)