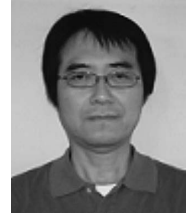




《2015年度日本天文学会 天体発見賞》



超新星搜索のすすめ

嶋 邦 博

〈東京都府中市〉

e-mail: k0442shi@goto.co.jp

天文学はアマチュアがプロの研究に微力ながらもアシストのできる分野です。新天体もいち早く発見し、プロの研究に役立てることができます。そこでこれから超新星搜索を行ってみたいと考えているアマチュアの方々に私の知る超新星搜索に関する情報をお知らせし、少しでも多くのアマチュアの協力が得られればと思っております。

1. はじめに

私が超新星に型があることも知らないまま、右も左もわからない状態で超新星搜索を始めたのが2012年8月で、幸運なことに今日に至るまで4個の超新星を発見することができました。今日までにたくさんの超新星観測の先輩方や天文関係の方々からたくさんの情報をいただき少しずつ勉強を重ねながら搜索を楽しんでいます。

さて、天文学は科学分野の中でもアマチュアが僅かながらにもプロの研究に手助けのできる分野です。それは超新星などの新天体をいち早く発見

し、報告を行いプロの研究者にその後の研究を委ねるというものです。最近ではプロの発見した超新星候補をアマチュアが確認観測することも行われています。また、新星の観測では光度変化や分光観測を行い世界的な変光星観測組織への報告も行われています。そのほかにも小惑星による掩蔽、月や惑星への天体の衝突、流星観測や新しい流星群の発見、過去の彗星と新たに発見された彗星の同定などなどアマチュアの成果はたくさんあります。

その中で超新星の観測において発見はとても重要な要素であり、発見後いち早く分光観測を行うことにより、その超新星がどのタイプの超新星であるかがプロの研究者により大型望遠鏡に取り付けられた分光器で調べられます。超新星は明るくなって発見されることが多いので爆発直後のまだそれほど明るくない初期の頃のデータはとても少ないのが現状です。ですから超新星の発見報告は早ければ早いほど価値があることになります。その超新星が特殊なものやまれなタイプであればなおさらのこと重要度は増します。

たくさんいらっしゃるアマチュアの中で『超新星搜索を行ってみたいのだが、なかなか踏み切れ



図1 筆者が昨年11月にNGC5772に発見したSN-2015bb. 東広島天文台でIc型と分光観測された。

ない』と言う声を聞きます。あるいは日頃美しい銀河や星雲・星団、彗星の写真を撮ることに専念されている方もたくさんいらっしゃいます。もしこれらの方々が超新星搜索の道に入っていたら、プロの研究への手助けが少しでもできるのではないかと思います。超新星搜索の道にお誘いできないかと、手順を追って方法を解説していきたいと思えます。

2. 超新星搜索に必要な機材

超新星を発見するには、最低限天体望遠鏡とカメラが必要です。ただ発見するだけではダメでその位置と光度を測定しなければなりません。それには専門のソフトが必要です。まずは望遠鏡。

a. 望遠鏡

安価なもので構いません。20 cm以上の口径があれば大丈夫です。できれば自動導入可能な赤道儀のほうが良いでしょう。口径も大きければ大きいほど有利になりますが、設置スペースや予算の問題もありますので市販の20 cmシュミットカセグレン程度でも十分です。最近ではフォーク式で自動導入も組み込まれていてお求めやすい金額のものがいくつか販売されています。

b. カメラ

カメラは一般的なデジタル一眼レフカメラでもかまいませんが、できれば天体専用の冷却CCDカメラをお勧めします。なぜなら一眼レフは冷却CCDに比べて階調が低いため、光害の激しいところではカブってしまうからです。また位置測定のソフトは冷却CCDなどの画像ファイルがfits形式対応となっているのに対し一眼レフカメラではそれがjpegやメーカー専用の形式なのでいろいろと不便な点が多いからです。また超新星は銀河近傍に現れるため大きな画角は必要としませんのでチップの小さな冷却CCDでも十分です。

図2は光害のかなり激しい東京都府中市で撮影



図2 SN2015I, 2015. 5. 7, 20:15, 1分×10枚, 筆者撮影。

した千葉県香取市の野口敏秀さん発見の超新星2015Iで、20 cm F9の屈折望遠鏡で撮像しており、ほぼ20 cmシュミットカセグレンと同等のスペックです。つまりこの明るさの超新星は冷却CCDと組み合わせれば東京でも容易に発見できるということです。

冷却CCDとは違いデジタル一眼レフカメラと同じCMOS素子を使った天体専用カメラも10万円以下で販売されていますので、空の状態によってはその選択もできるかもしれません。ただし、先にも述べましたが光害地での使用はお勧めできません。

c. 天体位置・光度測定ソフト

私はAstrometrica^{*1}というヨーロッパで開発されたソフトを使っています。100日間のお試し版があるのでそれを使って、使い心地を確かめてから購入するのも良いでしょう。PayPal支払のみで25ユーロです。このソフトの優れたところは撮影した画像付近の星をインターネット経由で星表から同定して目的星の位置と光度を測定してくれる点です。星表もいくつもあり、最新の星表も選べます。また、超新星搜索には邪魔者の小惑星や彗星が写り込んできますが、このソフトはIAU (International Astronomical Union=国際天文学連合) のMPC (Minor Planet Center=小惑星セ

*1 Astrometricaソフト <http://www.astrometrica.at/>



ンター)で軌道の公表されている最新のものまで表示してくれるので発見した超新星候補が既存の小惑星・彗星でないかを即座に判別できます。ただしこのソフトはWindows7までの32 bitのみ対応なので気を付けてください。

d. 観測場所

機材があっても観測するスペースも必要になってきます。据え置き型にするのが最も時間や経費(交通費)、労力を抑えることができますが初期投資が大きくなります。一戸建であれば屋上などにドームやスライディングルーフを設置することもできますが、予算的にも厳しいですね。私の知り合いにはマンションのベランダで観測をされている方も多くいます。観測する方角や迎角が限られますが投資は必要ありません。

移動観測での検索も可能ですが、交通費、時間、体力に自信のある方にしかお勧めできません。さあ、これで機材・スペースはそろいました。次は検索方法です。

3. 検索方法

検索方法は撮影天体の導入→撮影→撮影画像表示→過去撮影画像との比較→画像の保管→次の天体導入、とこのサイクルをひたすら繰り返し、超新星らしき星が写るまで行います。したがって「撃つてば当たる」の世界です。運も多少味方はしますがどれだけ多くの銀河を撮って比較するかです。ですから自動導入のマウントのほうが格段に効率はアップします。また、露出は短ければそれだけたくさん枚数が稼げますのでシュミットカセグレンであればレデューサーを使用してF値を小さくしたほうが良いかと思います。

撮影対象の天体をどのようにして選択して導入していくかですが、私の場合は気の向いた一角に望遠鏡を向けてその近辺の銀河を片っ端から撮影していきます。銀河と銀河は隣同士があまり離れ

ていませんので、導入には時間はかかりません。これも時間を効率的に使えます。

撮影での注意なのですが必ず北をカメラ画像の上にして撮ってください。先に紹介した位置測定ソフトがそのように対応しているのと検索者の間ではそれが常識となっているからです。特にドイツ型赤道儀では望遠鏡が西に向いているときと東に向いているときでカメラの南北が反転するので注意が必要です。

次に撮った銀河画像に超新星が現れているかどうかを調べなければなりません。自前でたくさんの過去に撮影した銀河画像をもってればそれで比較をできますが、ほとんどの方は過去画像をもっていないと思います。実は私もそうでした。そこでどうしたかと言うとDSS*2という大望遠鏡で全天を撮影した画像アーカイブがインターネット上にあり、そこで比較画像を引き出すことができます。もし撮影場所にLAN環境がない場合はWi-Fiやスマホのテザリングを利用するか、これは膨大な時間がかかりますが撮影しそうな銀河をDSSからダウンロードして事前にPCに保管することになります。

DSSからの表示方法(図3)ですが、上方のObject nameという空欄に銀河の名前(番号)を入力してGET COORDINATESを押します。この場合NGCはn, ICはi, UGCはuに続いて番号を入力します。すると下のRAとDecの赤経赤緯座標にその銀河の位置が表示されます。次にFile formatのところを“fits”が表示されていますが、“GIF”を選択してRETRIEVE IMAGEを押すとDSSによるその銀河の画像が表示されます。DSSの画像には最微光星は19-20等まで写っていますのであなたの撮った画像の星は必ず全部その画像には確認できるはずですよ。

そして今撮った画像と比較し、超新星が現れていないかを目視で見比べてチェックします。もし

*2 Digitized Sky Survey http://stdata.stsci.edu/cgi-bin/dss_form

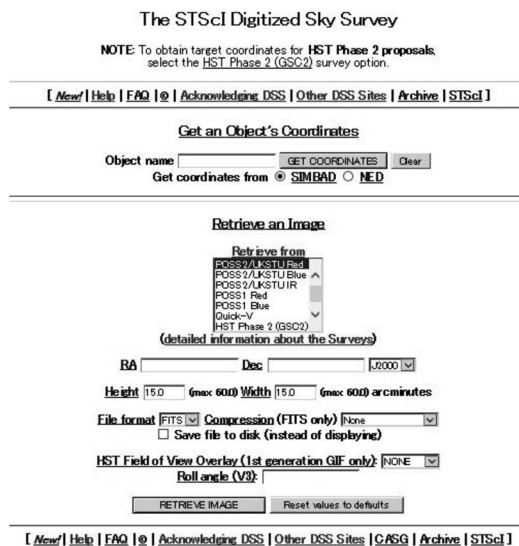


図3 DSSアーカイブの画面.

DSSにない星が銀河近傍に写っていたら新超新星の可能性がります。

ただし二つほど注意事項があります。それはDSSの画像がかなり過去に撮られたものなので銀河近傍に写っているわれわれ銀河系内の恒星が固有運動で若干動いてしまい、今撮った画像と比較して移動して写ってしまい超新星と勘違いする可能性があるからです。この場合は動いていてもその周辺の星の数は変わりませんので星数をチェックするか、最近撮影されたSDSS^{*3}画像を検索して比較して下さい。

もう一つの注意は、銀河核近くに出現する超新星は核の明るさに紛れて判別がとて難しくなります。自分の撮った画像に何とか判別できるような超新星らしき星もDSS画像では銀河核の明るさに潰れて比較が厳しくなります。そのときにはDSSにはフィルターを変えたり機材を変えたりと8種類の画像がありますのですべてをチェックしてみてください。それでも判別がつかない場合はSDSS画像で確かめてみてください。一番好まし

いのは自分の機材で撮った過去画像との比較です。

次に先ほど解説したAstrometricaソフトに画像を読み込ませてその超新星らしき星が既存の小惑星・彗星でないかを調べます。

時間をおいて移動がないか、あるいはネット上にある小惑星検索サイトMinor Planet Checker^{*4}を利用するのも一手ですが、これは時間がかかりますのであまりお勧めできません。

さあ、疑わしき星が既存の小惑星・彗星でないことがわかれば次のステップです。

4. 既発見の超新星かの調査

撮った画像に小惑星でも彗星でもない未知の星が写っていれば、それは超新星の可能性は大きいと言えます。しかし、ここでこの天体が本当に新発見であるかは過去に発見済みの超新星を調べて誰も見つけていないものかを確認しなくてはなりません。

TNS^{*5}というIAUの超新星ワーキンググループが公開している超新星の発見・観測報告を行うサイトがネット上にあります。発見報告をする場合はこのサイトで事前に登録をしてIDをもらう必要がありますが、検索をするだけであれば上方の“SEARCH”を選択すると検索画面が現れます。ここで撮影した銀河の赤経・赤緯座標を入力し、表示範囲“Search radius”は10で良いと思います。次にその隣はarcminを選択します。そのほかの欄は何も選択せずにそのままSUBMITを押します。そしてもし、その近辺に既発見の超新星が存在しないと一番下に“No results found”と表示され、逆にあればそのデータが表示されます。

No results foundで喜んではいけません。なぜなら超新星を捜索したり研究をしたりするたくさ

^{*3} Sloan Digital Sky Survey III (SDSS) <http://skyserver.sdss.org/dr12/en/home.aspx>

^{*4} Minor Planet Checker <http://www.minorplanetcenter.net/cgi-bin/checkmp.cgi>

^{*5} Transient Name Server <https://wis-tns.weizmann.ac.il/user/94/edit>



んのプロのグループの中にはいくつかのグループがこのTNSに発見報告をしないところがあるからです。彼らはIAUではなく別の観測報告サイト（Astronomer's Telegramなど）に報告したり、自分たち自身のホームページに発見報告を載せたりするからです。この場合どのようにしてそれらを調べるかと言うと私たち超新星捜索者にとってはバイブルのような素晴らしい超新星情報のサイトがあります。Rochester Academy of Sciences^{*6}のホームページ上に超新星セクションがありDavid Bishopさんと言う方がすべての超新星の情報を集約してここで公開しています。このサイトを開いて左側にある“Sort by”で“location”を選択すると過去2年分くらいの超新星発見の報告のあったほぼすべてのものを赤経順に並べてくれますので、あなたの見つけた超新星らしき天体の位置＝銀河の赤経までダウンスクロールし、その辺りに同じ銀河がないかを調べます。ここでも該当するものがなければほぼ新しい超新星であることは間違いありません。気を付けなければならないのはBishopさんがこの情報をかなり頻繁に更新はされていますが、1～2日程度遅れる場合がありますので必ずTNSでも検索することをお勧めします。

そのほかに私たちの銀河の中の変光星がたまたま増光して捕らえられることもあるので変光星観測のサイトGCVSで検索することもお勧めします。これで今見つけた星がどれにも該当しなければ、ほぼ新しい超新星で間違いありません。さあ、次は位置・光度の測定です。

5. 位置・光度測定

前出の超新星捜索に必要な機材でも説明しましたが、Astrometricaなどの位置測定ソフトを使って発見した超新星の位置を正確に測定します。TNSでは正確な位置を報告しなくてはなりません。

赤経は [秒] をコンマ2桁まで、赤緯は ["] をコンマ1桁まで測定してください。Astrometricaソフトで目的星をクリックすれば測定してくれます。併せて光度も測定してくれます。次はこの超新星候補が母銀河からどの程度離れているかを測定します。これは昨年まで報告組織であったTOCP (Transient Objects Confirmation Page) では必須でしたが、今年からTNSへの報告に変更になってからは参考程度で良くなったのですがほかの観測者への配慮を考えて、報告時に併記したほうが良いでしょう。

この母銀河からどのくらい離れているかの表示は銀河中心からの方位と角度（角度の秒 ["]）で表します。撮影画像の上を北にして銀河の上に現れればN、下に現れればS、左に現れればE、右に現れればWとなります。もちろんピタリには現れないので南北と東西の合成離角で表示します。赤緯は銀河核と超新星候補の位置の差のまま、赤経は時角なので角度の値に直さなければなりません。銀河核と超新星候補の赤経値のs（秒）の差に15を乗ずると角度のθ（秒）になります。また、この値では本当の離角とはなりません。赤経の値は極に近づけば近づくほど実際の離角が星図の値より小さくなるからです。したがってこの赤経の差のs値に15を乗じて超新星候補の赤緯値のcosを乗じます。

・赤緯

銀河位置 - 超新星候補位置（単位"）

・赤経

銀河位置 - 超新星候補位置（単位s）× 15 × cos θ

*θ = 超新星候補の赤緯値

となります。たとえば母銀河NGC1000の右上の西へ15.4"、北へ30.2"離れた位置に超新星候補が現れたとすればOffsets 15.4W and 30.2N of NGC1000と表します。

Astrometricaでは位置とともに光度も測定して

^{*6} Rochester Academy of Sciences <http://www.rochesterastronomy.org/snimages/>

くれますので、これらの値をメモしておきましょう。さあ最後のステップ、発見報告です。

6. 発見報告

超新星の発見はいくら早く見つけていてもTNSに発見報告を行わないと認めてはもらえません。メシエ天体や明るい大きな銀河に超新星が現れた場合は複数の発見者がいる場合があります。その発見も、発見の時間順とはならないことが通例で、いくら早く発見していて撮影画像の証拠（デジタル画像では撮影時間が記録される）があると言っても認めてもらえるケースはまれです。TNSに発見が公表されてしまえばもうそれは既発見の超新星候補になってしまうのです。ですから国立天文台に発見報告を行うのも良いのですが営業時間外であればそちらを通しての報告も遅れるので第一発見者とはならず、独立発見になってしまう場合もあるのです。世界で誰よりも早く発見しながら、その誉が受けられないどころか独立発見や発見の認定もされなくならないようにTNSに登録をし、発見報告がいつでもできる状態にしておくことをお勧めします。

TNSへ報告は野口敏秀氏がHP上に日本語ガイド^{*7}を作成されましたのでそれを参考にすれば良いでしょう（野口氏にはURL掲載の承諾をいただきました）。このガイドにはユーザー登録方法のほか、既発見超新星の検索、発見報告、確認観測報告等ほぼすべての内容が網羅されておりますので、ご利用ください。野口敏秀氏に感謝申し上げます。

7. 最後に

実は超新星は思いのほかたくさん出現しています。前出のRochesterのデータでは昨年1年間で

3,472個の発見報告がなされ、そのうち分光観測でタイプの判定が行われたものが1,000個ほどありました。この発見報告のあった中で16等より明るいものは約100個もあったので、20 cm口径の望遠鏡でも楽に発見できる超新星が100個もあったということです。

話は変わりますがオハイオ州立大学で3年前から全自動化された超新星搜索システムを稼働させており、すでに300個以上の超新星を発見しています。彼らは何と $f=400\text{ mm F2.8}$ のカメラレンズに冷却CCDを組み合わせた撮影システム4台一式を1台の赤道儀に同架して撮影と同定を全く自動化して発見していますが、口径14 cmで17等台の超新星も発見しているので20 cmの口径では18等までの発見も可能なかもしれません。

幸運にも超新星を発見することができれば少なからずそれはプロの研究に役立つ可能性を秘めています。アマチュアにとっては誠の荣誉です。そして日本天文学会からの新天体発見の表彰もしていただけますのでぜひ超新星搜索を始めてみてください。始めなければ見つかりません。継続すればきっと見つかると思います。

最近とても気になることがあるのですが、それは新天体の搜索者の高齢化です。先日行われた日本天文学会の新天体発見の表彰式では私を含め年配者ばかりで若者の姿がありません。私が若かった頃はたくさんの若い天文ファンがいたのですが今はどうも少なくなっているようです。ゲームやスマホ、ネットの普及のせいでしょうか、それとも趣味に費やす予算や時間がなくなってきたのでしょうか。しかし、これからはたくさんの若者が天文への興味を抱き、天文学者や宇宙飛行士に育っていくことを望むばかりです。

^{*7} TNSの解説書（野口敏秀氏作成） http://park8.wakwak.com/~ngc/images/TNS_GUIDE_20160222.pdf