

アーカイブを用いての超新星の搜索と変動検出

宇根 遼平 (九州大学)

山岡 均 (九州大学)

1. 概要

世界中の天文台では、様々な目的で様々な観測が、日々絶えず行われている。それらの観測で撮影された画像は、アーカイブデータとして蓄えられる。中には、撮影当初の役目を終えて、再び利用される事のないアーカイブも存在するかもしれない。岡山県にある美星スペースガードセンターでは宇宙デブリや小惑星の観測を行っており、こちらにも当然大量のアーカイブが存在する。これらのアーカイブを別の目的で再利用できないであろうか、と思考した結果が「超新星の測光」である。超新星は爆発予測が不可能な為、(特に爆発初期の)観測が非常に困難である。その初期段階の超新星の姿がこの大量のアーカイブのどこかに潜んではいないか、と考えた。以下では、今年度 4 月以降の美星スペースガードセンターのアーカイブを用いての超新星のショックブレイクアウトの探索と、探索作業の自動化の戦略を掲載する。

2. 重力崩壊型超新星・ショックブレイクアウトについて

太陽の 8 倍以上の質量を持つ大質量星は進化最終段階において、重力崩壊により超新星爆発を引き起こす。その際に星中心から表面に向かって衝撃波を生じる。この衝撃波が星の表面に達した時、光度が著しく増加する。この現象を「ショックブレイクアウト」と呼ぶ。この時、光度は超新星爆発の極大光度にまで匹敵する。しかし、ショックブレイクアウトの極大光度付近のタイムスケールは数時間程度であると予測されており、実際に観測例は非常に少ない。ショックブレイクアウトの観測は、爆発の初期段階の観測に当たるので、爆発初期の情報を得ることができ恒星の表面近くの構造や星周の様子を知る手がかりとなる。加えて、最遠方の銀河の距離測定などへの応用も期待されている。

3. 美星スペースガードセンターについて

ここではこの探索でアーカイブ画像を提供していただいた美星スペースガードセンターの紹介を記述する。

美星スペースガードセンターは、岡山県井原市美星町大倉に位置する、日本スペースガード協会が運営する施設であり、主な目的は、小惑星、移動天体やスペースデブリの観測である。口径がそれぞれ 1m、50cm、25cm、の 3 つの望遠鏡を所持しており、望遠鏡によって「新しい小惑星・スペースデブリの探索」、「既に発見されている天体の観測」と観測目的が異なる。今回提供していただいた画像は、口径 1m 光学望遠鏡で撮影されたものである。この 1m 望遠鏡は視野直径が約 3 度角と広範囲の撮影が可能という特徴がある。詳細については表 1 に載せる。今回の探索では 2009 年から 2014 年 8 月までのアーカイブ画像を使用している。各年の撮影視野数を表 2 に載せる。

焦点モード	カセグレン焦点 合成 F 約 3
最大追尾速度	赤経・赤緯 1 度/秒以上
架台方式	フォーク式赤道儀
CCD カメラ	視野直径 160mm 2000×4000 ピクセルのものを 10 個使用
CCD 温度	観測時 約 173K

表 1. 1m 光学望遠鏡のシステム概要

西暦	2009	2010	2011	2012	2013	2014(8月まで)
撮影視野数	1087	1054	1197	931	945	490

表 2. 各年の撮影視野数

4. 方法

今回の探索には、2つの目標・目的がある。

- ◆ 「ショックブレイクアウトの検出」
- ◆ 「未知の超新星の発見」

である。それぞれの目標についての解析方法を以下で記述する。

方法 1. 遡り法

これは「ショックブレイクアウトの検出」を目的とする探索方法である。超新星のリストを(Bright Supernova page をもとに)作成し、所持しているアーカイブデータのリストと時刻・座標を照らし合わせ、既に発見されている超新星の過去の姿を得る、という方法である。対象となる超新星の正確な座標とおおよその爆発時刻が分かっているので、解析を素早く行うことができる。(今回、解析にはフリーソフト Aladin を用いた。)

方法 2. 差分法(戦略段階)

これは「未知の超新星の発見」を目的とする探索方法であり、まだ確立出来ておらず戦略段階である。解析の流れとしては、異なる時刻での同視野の画像同士を比較し、光度に大きな変化があった座標・領域を抽出する、というものである。比較する画像の組み合わせが膨大にあるため、手動での解析が極めて困難であり作業の自動化が必要であると考えられる。

5. 結果 (遡り法)

遡り法の解析結果を記述する。2009 年から 2013 年までの画像を用いての遡り法の解析は既に行っており(高木ほか, 2014)、今回は 2014 年度(8 月まで)の画像を用いての遡り法の解析結果を載せる。(2009 年から 2013 年までの画像を用いての解析結果は以下の文章中で簡単に紹介する。)

2014 年度 8 月までに発見された各超新星の発見日から遡って 1 年間に撮影され、かつ超新星を視野内に含むものを選出してみると、15 視野あった。その各視野を、Aladin を用いて、解析してみると、

天体が写っていた視野：2 視野

何も写っていなかった視野：13 視野

という結果が得られた。天体が写っていた 2 視野について、さらに解析をしてみたところ、1 つは、撮影

時刻が変化しても等級に変化が見られなかったため、写っていた天体は超新星ではなく母銀河である、という結論に至った。もう1つは、撮影時刻の異なる同視野の画像を所持していなかった。そこで **Bright Supernova page** から他の観測データをもとにおおよその爆発時刻を見積もったところ、天体が写っていた画像は爆発日より8ヶ月前に撮影されている画像であり、現実的に発見日と爆発日にこれほどの差があるのは考えにくいので、こちらも超新星ではなく母銀河が写っているのではないかと結論付けた。従って、今回の解析結果で超新星が写っている(さらにはショックブレイクアウトが検出された)視野を得ることは出来なかった。既に行っている2009年から2013年の5年間の解析結果は

超新星が写っていると考えられる視野：4 視野

ショックブレイクアウト検出：0 件

であり、今回は5ヶ月という短い期間で撮影された視野のみを解析したので、超新星が写っている視野がなかった事は、2009年から2013年の解析結果と比較しても不思議ではない。

6. 差分法確立の戦略

ここでは差分法を確立させる戦略について記述する。

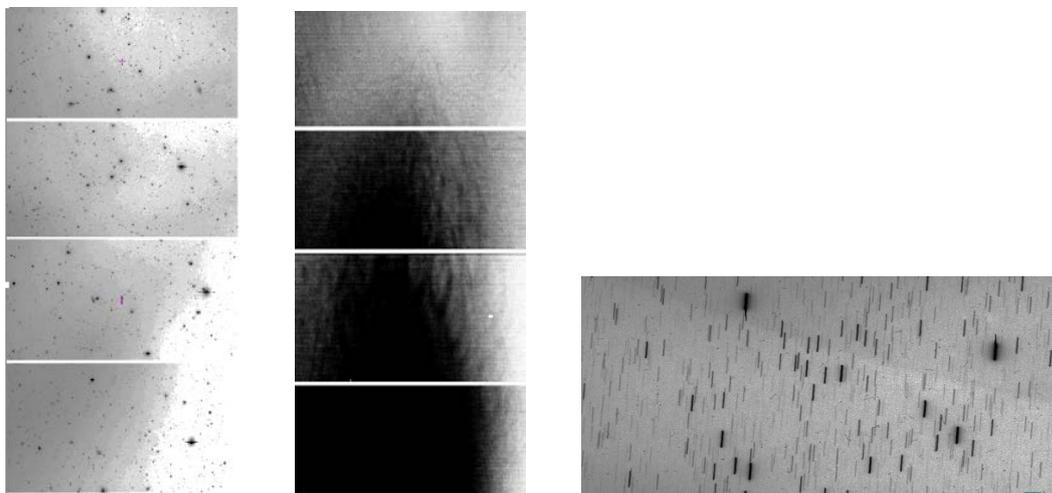
現在取り組んでいるのは、NASAのサイトからダウンロード出来る「**FTOOLS**」を用いて差分法を確立させる、という方法である。このソフトを用いると、**FITS**ファイルからx座標・y座標・その座標でのカウント数(光度)を抜き出しdat形式としてアウトプットする事が出来る。有力な情報を抜きだし、且つ**FITS**ファイルを比較的扱いやすいdat形式に変換することにより、自動化の確立が大きく前進すると考えた。しかし、現在いくつかの課題に直面している。

まず一つ目が、画像同士で差分を取った際に大きな値が現れると予想される天体が超新星だけではない、という事だ。移動天体や変光星などである。

そしてもう一つの課題。こちらの課題が現在特に直面している問題なのだが、差分を取った際に、ある理由から誤って大きな値が現れる、というものである。挙げられる理由は大きく分けて3つある。

- ◆ 画像のムラによるもの
- ◆ (天候の変化などの)撮影環境の悪化によるもの
- ◆ 小惑星の運動を追尾する為に撮影されたと考えられる画像によるもの

である。それぞれ該当する画像を、画像1に載せる。



画像 1. 差分法で誤った結果を導き出してしまいう画像

画像 1 について、左から順番に「ムラのある画像、撮影環境が悪化した画像、小惑星の運動を追尾する為に撮影されたと考えられる画像」である。画像にムラがあると、差分を取った際バックグラウンドの光度差が各座標で異なり、時にはその光度差が超新星の光度変化と同程度に及んだりもする。撮影環境が悪化した画像は、画像を見ての通り解析にはとても使えそうにないものとなっており、差分を取ると当然誤った解析結果を導き出してしまふ。小惑星の運動を追尾する為に撮影されたと考えられる画像は、画像全体が縦長(又は横長)になっており、星も細長い形で写ってしまっている。こちらで差分法を用いるとやはり誤った解析結果を導き出してしまふ。

7. 今後の展望

差分法を確立するには上記の問題点を克服していく必要がある。現在も開発中であるが、タイムスケールを考慮することにより他の天体と区別する、同日の複数画像をメジアン合成してムラを抑える、限界等級よりも暗い部分はまず初めに自分自身と差分をとりバックグラウンドを 0 にしておく(ムラを無くす)、差分で大きな値がでた領域が座標上で連続だった場合、その中心だけを選出する(小惑星追尾画像への対策)、などが改善策として考えられているところである。差分法を確立できれば、自分自身で未知の超新星を発見する大きな前進となるであろう。

8. 参考文献

- ◆ N. Tominaga, et al. 2011 ApJS 193 20
- ◆ Stritzinger, M., et al., 2012, Astron. J., 124, 2100
- ◆ Riess, A. G., Press, W. H., and Kirshner, R. P., 1995, Astrophys. J. Lett 438, L17
- ◆ 恒星 シリーズ現代の天文学 第 7 巻 (野本憲一・定金晃三・佐藤勝彦 [編], 2009, 日本評論社)
- ◆ 日本スペースガード協会ホームページ (<http://www.spaceguard.or.jp/ja/index.html>)
- ◆ 美星スペースガードセンターホームページ (<http://www.spaceguard.or.jp/BSGC/kansoku/kansoku.html>)
- ◆ Bright Supernova page (<http://www.rochesterastronomy.org/sn2014/sndate.html>)
- ◆ 「FTOOLS」 (http://heasarc.gsfc.nasa.gov/ftools/ftools_menu.html)