

超新星サーベイ共同プロジェクト SNOW

山岡 均* , 土居 守** , 茂山 俊和** ,
安田 直樹*** , 渡邊 大****

* <九州大学理学部 〒 810-8560 福岡市中央区六本松 4-2-1>

yamaoka@rc.kyushu-u.ac.jp

** <東京大学大学院理学系研究科 〒 113-0033 文京区本郷 7-3-1>

doi@astron.s.u-tokyo.ac.jp

shigeyama@astron.s.u-tokyo.ac.jp

*** <国立天文台光学赤外線天文学・観測システム研究系 〒 181-8588 三鷹市大沢 2-21-1>

yasuda@optik.mtk.nao.ac.jp

**** <国立天文台天文学データ解析計算センター 〒 181-8588 三鷹市大沢 2-21-1>

watanabe@aquarius.mtk.nao.ac.jp

SNOW プロジェクトとは、多数の公開天文台の望遠鏡が参加して行なわれている超新星サーベイ共同プロジェクトです。それぞれの望遠鏡が、各々の担当する銀河団の中心付近をモニターし、超新星が出現しているかどうかをチェックし続けています。プロジェクトの主目的は、特に楕円銀河での超新星出現率を、これまでよりも正確に求めることです。超新星は、楕円銀河を取り囲むガスの熱源や重元素源として重要であり、その出現率は銀河の化学的力学的進化を支配しているのです。参加天文台は随時募集中です。

1. はじめに

今年の天文月報では、《サイエンスだってやっています! 公開天文台》というシリーズが連載されています。この副題には何となくひっかかるものがあるのですが、それはさておきとして、この連載の中で、複数の天文台で「うちは SNOW プロジェクトに参加しています」という紹介がありました。実際、6月号までに登場した天文台は（特に触れられなかったところもありましたが）すべて SNOW プロジェクト参加天文台です。いったい SNOW プロジェクトとは何なのか、シリーズの補完も兼ねて天球儀のコーナーで解説を、というのが月報編集部のお意向でしたので、(ほんとうはある程度の成果が出た段階で書こうと思っていたのですが) この場を借りまして紹介と宣伝をさせていただくことになりました。

SNOW プロジェクトとは、一言で言えば、たくさんさんの望遠鏡を使ってたくさんさんの銀河をモニターして超新星を見つけよう、という観測計画です。SNOW というのは、SuperNovae Observing Web, すなわち「超新星観測網」の略です。近頃はやりのインターネットの WWW の最後の W が意味しているのと同じく、広く網を張って超新星をつかまえようという気持ちが込められています。

近年、系統的に超新星探しをするプロジェクトが世界中でかなり多数行なわれています。その中で、SNOW プロジェクトの特色は、たとえば、まずは公開天文台が、それも多数が参加してひとつのプロジェクトを作り上げているという点でしょう。そこで最初に、「どうして公開天文台か?」という点について取り上げることにします。

2. なぜ公開天文台か？

この10年ほど、日本中に相当大きな口径の望遠鏡を持つ公開天文台が急激に増加してきました。60cm以上の望遠鏡がある台はすでに50を超え、今後さらに増える予想されています。争うような大口徑化も進み、現在稼働中で最大のもののみさと天文台の105cm、もうすぐぐんま天文台の150cmが完成予定です。すばる望遠鏡の口径には及びませんが、特色を生かした自由な活動を行なうには最適の大きさと言えるでしょう。

公開天文台はそれぞれ、各地域の天文活動の拠点として活躍しているのは、シリーズ連載で紹介されているとおりですが、公開天文台同士の連携を模索する動きも活発です。「天文施設の会」は全国大会を毎年開催しており、天文台で撮影した画像や情報の交換には、パソコン通信を活用した公開天文台ネットワークPAONETが構築されています。このような背景から、複数の公共天文台で協力してひとつの活動を作り上げることへの気運が盛り上がっています。

共同観測の対象としてはこれまで、変光星や、小惑星による恒星の掩蔽現象などが取り上げられてきました。しかし、後者は公開天文台の望遠鏡ほどの口径を必要とはしません。また、前者の共同観測の利点は、主に天候の違いを補完することであり、使う機材を考えてももったいない気がします。観測には普通CCDが使われますが、その視野はだいたい10分角ほどあります。対象が変光星だと、画角のごく一部の情報(目標天体と比較星)しか使わないからです。さらに、両者とも一過性の計画になりがちで、継続的なプロジェクトの対象としては不向きです。

いっぽう、この機材で銀河団を撮影すると、一度の観測でかなりの個数の銀河を見ることができ、銀河団中の銀河に注目して、超新星を見つけるとするのは、視野をかなり有効に使える対象です。後で説明するように、この観測は継続こそ

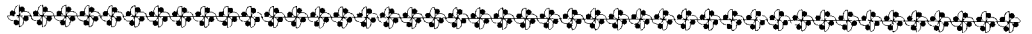
が命になるので、長く続けることができます。息の長い計画は、公開天文台の結び付きにも役立つことが期待できます。

この計画を携えて、1995年末から1996年初めにかけて、いくつかの公開天文台を訪ねて参加の呼び掛けをしてみたところ、4台が参加を表明してくださいました。観測の準備状況などを1996年春の天文学会で紹介しましたら、さらに3台が参加してくれることになりました。現在ではこの7台(図1)で観測網を作っていますが、参加準備中の天文台や、建設中で完成後の参加を約束してくださる天文台もあり、この網はさらに広がる予定です。これまでSNOWを知らなかった天文台の皆様、また参加しようかどうか迷っていた方も、是非この機会にSNOWへの参加をお願いします。

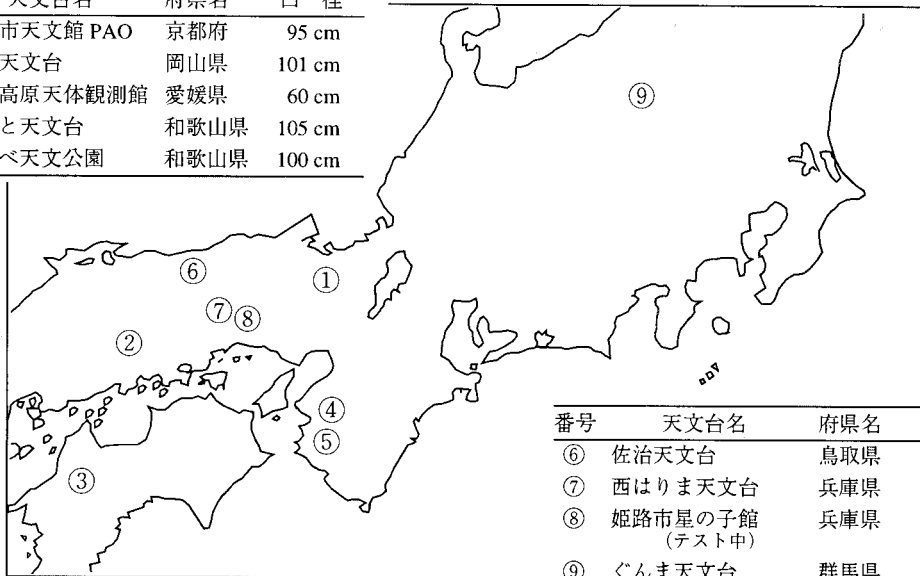
3. 科学的な意義

超新星は、天文学の多くの分野と関連した現象です。まず、超新星がもたらすエネルギー(1個あたり 10^{51} ergほど)や重元素(炭素以上の原子量を持つ元素で、超新星1個あたり1~数太陽質量ほど放出される)は莫大で、宇宙全体の進化に大きな影響を及ぼしています。特に、最近のX線天文衛星の活躍で注目されている、楕円銀河をとりまく高温ガスのエネルギーやその中にある重元素の起源としては、超新星が主な役割を果たしていることは間違いありません。

超新星の寄与の割合は、超新星の出現頻度と密接に関係しています。しかし、この頻度はこれまでそれほど正確には求められていませんでした。その理由は、超新星の発見が系統的に行なわれてこなかったことによります。出現頻度を知るためには、決まった銀河を一定期間ずっと見続けて、その期間内に何個超新星が出現し、そしてそれ以上は現われなかった、という情報が必要です。この最後の部分が欠落してきたために、これまで超新星出現率は数倍の誤差がある、と言われて続けてきたのです。



番号	天文台名	府県名	口径
①	綾部市天文館 PAO	京都府	95 cm
②	美星天文台	岡山県	101 cm
③	久万高原天体観測館	愛媛県	60 cm
④	みさと天文台	和歌山県	105 cm
⑤	かわべ天文公園	和歌山県	100 cm



番号	天文台名	府県名	口径
⑥	佐治天文台	鳥取県	103 cm
⑦	西はりま天文台	兵庫県	60 cm
⑧	姫路市星の子館 (テスト中)	兵庫県	90 cm
⑨	ぐんま天文台 (建設中)	群馬県	150 cm

図1：プロジェクト参加天文台一覧.

SNOW プロジェクトでは、この点を考慮して、超新星出現率を求めていきます。すべての画像の限界等級を一定の方法でチェックして、何等級以上の新天体はこの期間内に何個あり、それ以上は存在しない、という情報をまとめて、出現率に有意な値を与えます。

また、超新星は明るい天体現象ですから、これを用いて測距ができれば、測定可能範囲は非常に大きくなります。特に Ia 型超新星は、極大光度が一定であると考えられてきたため、測距に用いることが有望視されていました。しかし最近、Ia 型超新星にも個性があって、典型的なものよりも明るいもの暗いものがありそうということがわかってきました。これでは測距には使えません。

ただし、極大光度と別の情報、例えば減光率との間に相関があれば、そこから極大光度を求め直して測距に使えます。相関を見いだすためには、より多くの超新星のサンプルを集め、詳細に観測することが不可欠です。SNOW プロジェクトの観測対象である銀河団の中心には楕円銀河が多く、

出現するのは Ia 型だと考えられますし、ターゲットの銀河団の距離はそれほど遠くないため明るく見えると期待されますから、詳細な観測サンプルを増やすことができます。

この他、銀河と銀河の間に出現する超新星や、銀河団の重力レンズ効果で遠くの超新星が明るく見える現象を捉える可能性もあります。これは、今も広く行なわれているような、ひとつひとつの銀河を見ていく手法ではまず見つからないものです。このように、SNOW プロジェクトは科学的にもいろいろな実りが期待されるプロジェクトとなっています。

4. SNOW プロジェクトの手法

SNOW プロジェクトの観測対象は、銀河が多い(リッチな)銀河団の中心付近です。そのような場所には楕円銀河が多く見られるのですが、楕円銀河は一般的に星間ガスが少なく、吸収によって超新星が暗くなって観測から洩れる心配がありません。また、楕円銀河には Ia 型超新星しか出現しません。典型的な Ia 型超新星は他の型のものに

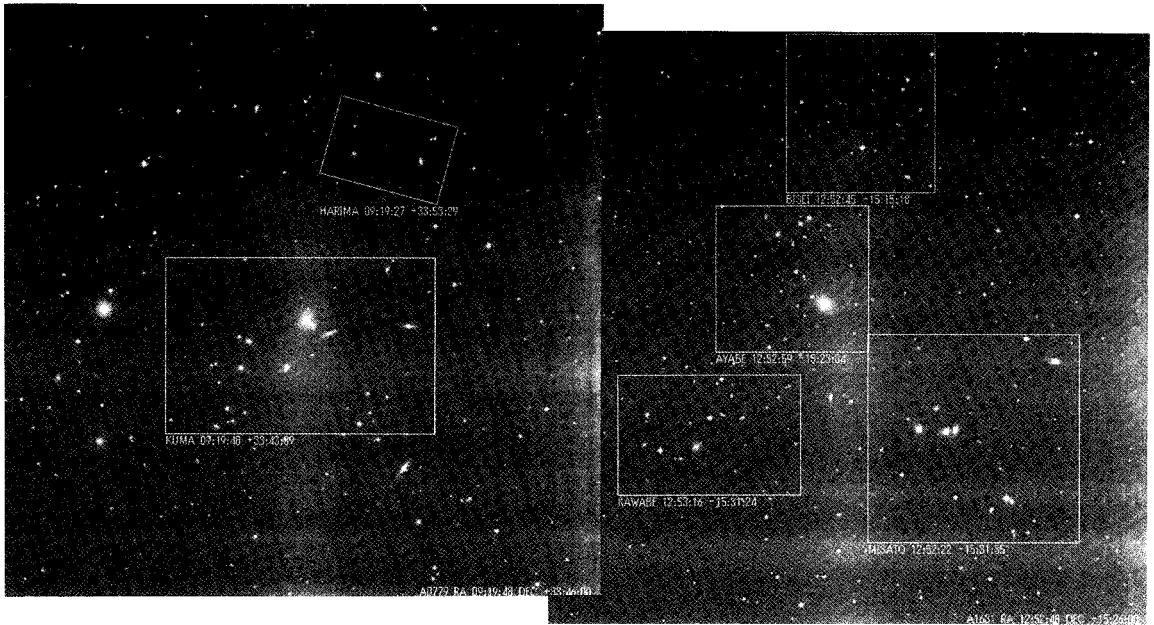


図2：観測割当視野の例。Digitized Sky Survey((C) STScI)を使用して作成した。左が近距離銀河団、右が遠距離銀河団の例。

比べて2等程度明るく、より遠い銀河団でも観測対象にできます。

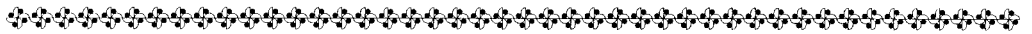
まず銀河団カタログを基に、観測すべき銀河団を選定します。選定基準は、銀河が多い銀河団であること、我々の銀河面から15度以上離れていることなどです。距離は、あんまり近いと視野内に入る銀河の数が少なくなって駄目だし、遠過ぎると超新星が暗くなってしまて見るのが難しくなります。テスト撮影を通じて限界等級などを勘案した結果、 $z = 0.03 \sim 0.1$ の銀河団を対象とすることにしました。

望遠鏡の口径や視野の大きさは、天文台によってまちまちです。特に、小さな口径(60cmクラス)の望遠鏡であまり遠い銀河団を観測するのは不合理です。そこで、どの銀河団をどの天文台が観測するか、また広い銀河団の中でどの位置をモニターすることとするかの選定作業が必要になります。できるだけ多くの銀河が入るように、それぞれの天文台の視野に合わせた枠を手作業で星図に書き込

み、ファインディングチャートを作ります(図2)。銀河団によっては、複数の視野を取れるものもあり、かなりの数が稼げました。結果的に、210個の銀河団から335個の視野を選び出しました。この中から、各天文台で、自分がモニターを続ける銀河団を選びます。銀河団の位置によっては、観測できない季節が生まれますから、季節ごとに対象を決めることにしています。

観測は、Rバンドで行なうことにしました。フィルターを使わない観測では、限界等級をちゃんと決めることができません。また、短い波長ではCCDの感度が弱かったり、大気の影響を受けやすかったりするため、赤い光で観測することにしたのです。露出時間は、限界等級の考察から、15分間と決めました。一度に15分の露出をしてもいいですが、3分を5回とか、5分を3回とかに分けると、宇宙線や小惑星の除去が容易になるため、この方法を採用している天文台も多くあります。

撮影した画像は、一次処理を施した後、過去の



画像と比較して、新しい光点や明るさが変動している銀河を見いだします。このプロセスはかなり自動化が進められています。候補天体をクイックルックで見比べて、超新星がなければ一回の観測は終わりです。画像がある程度たまったら送っていただき、限界等級の最終チェックをします。

銀河の距離と、典型的な Ia 型超新星の光度変化を考え合わせると、限界等級以上にある期間は極大の前後 3 週間程度です。したがって、2 週間に 1 度程度観測を行えば、超新星を見逃すことは少ないと言えます。各天文台で、2 週間以上間隔が空かないように観測計画を立ててモニターしているのですが、天候不順などで観測ができそうにないこともあります。そのような時には、別の天文台で補うための観測をできるようにしなければなりません。そのために、観測天体と日時を報告してもらい、そのデータベースを即時に見られるような CGI プログラムを組んでいます (図 3)。各天文台で観測状況を把握し、他の天文台の補完を行なうような態勢を構築中です。

5. 他のプロジェクト

最初に紹介したように、近年では超新星探しのプロジェクトがいろいろな天文台で広く行なわれています。このうち、特に超新星を多く発見してきているのが、セロトロロ天文台の 4 m 望遠鏡で行なわれている、遠い銀河団のモニター観測です。彼らの観測対象は、 z が 0.2 から 1 以上の非常に遠い銀河団で、発見された超新星はすべて 21 等以下の暗いものです。これは、私たちの手には届かない距離のものですが、彼らが導く超新星出現率と私たちの値との比較によって、銀河団の年齢によって出現率が変化しているかどうかについて知見が得られることが期待できます。

また、北京天文台で行なわれている超新星サーベイも、数多くの超新星を発見してきています。彼らは、比較的近い NGC / IC カタログの銀河を中心に、ひとつひとつの銀河を見ていくという方法で

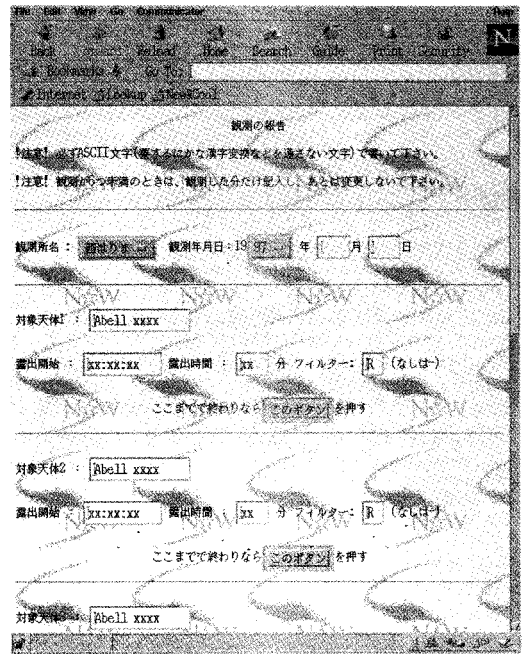


図 3 : 観測報告用 CGI。どの天文台がいつ、どの銀河団を観測したかをお互いに伝えることができる。

超新星を探しています。日本のアマチュア超新星ハンターも同様の方法をとっていますが、彼らの観測対象は SNOW プロジェクトとはほとんど重なりません。

オーストラリアのストロムロ山天文台では、SNOW プロジェクトとほぼ同じ距離の銀河団を観測対象とした超新星探しが行なわれています。これまでにいくつか発見報告が行なわれており、有力なライバルと言えますが、北半球と南半球に分かれているので、お互いに補完しあう関係だと考えたほうがよいかもしれません。いずれにしても刺激になる存在です。

6. SNOW の現在と将来

昨年、SNOW プロジェクトの本格的な観測が始まりました。1 年間で延べ 115 視野の観測が報告されていますが、残念なことにまだ超新星の

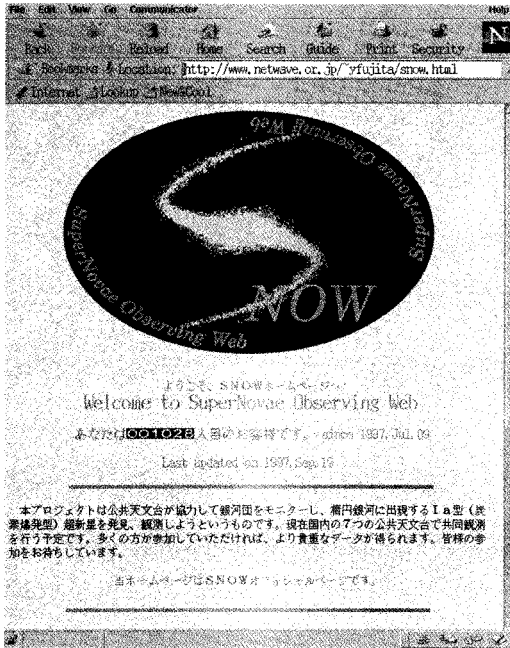


図4: SNOW プロジェクトの Web page (<http://www.netwave.or.jp/~yfujita/snow.html>). 中央にあるのがプロジェクトのロゴである。久万高原天体観測館の藤田康英氏に維持管理をお願いしている。

出現は検出されていません。ただし、従来の推定された出現率からすると、これだけの観測で捉えられる超新星の期待値は0.4個程度なので、これは観測がまだ少ないためだと思われます。今年はさらに観測を増やしていきたいと考えています。

観測を継続するためには、各天文台での取り組みが何より重要です。活動を市民にアピールしやすくするため、プロジェクトの愛称やロゴを決めることにしました。どちらも、いくつかの候補を募っておいて、参加天文台にアンケートを取って決めたものです。ロゴは、綾部市天文館の山本道成さんの奥様が作ってくださったものです(図4)。この作業で、「みんなのSNOWプロジェクト」という意識がかなり高まり、結束が強くなりました。

また、活動の広報や宣伝を兼ねて、Web pageを作成しています(図4)。教育・啓蒙もできるように、超新星スタディールームなども設けています。

まだまだ内容が不足していますので、今後より充実したものにしていこうと努力中です。

今後のSNOWプロジェクトですが、観測時間の制約もあり、最初の段階で選定した視野を7つの天文台ですべて観測することはできません。つまり、観測視野はまだまだたくさんあるわけです。したがって、SNOWプロジェクトに参加する天文台が増えれば、それに比例して超新星の発見数は多く、出現率の推定はより精確になるのです。

参加に必要なのは、60 cm程度以上の口径の望遠鏡と冷却CCD、そしてヤル気だけです。参加申込は随時受け付けていますので、さらなる申し出を末永くお待ちしております。現在参加中の天文台を含め、なにとぞよろしくお願い致します。

Supernovae Observing Web (SNOW): A collaborating project of supernova survey

Hitoshi YAMAOKA

Department of Physics, Faculty of Science, Kyushu University, Ropponmatsu, Chuo-ku, Fukuoka 810-8560, Japan

Mamoru DOI, Toshikazu SHIGEYAMA

Department of Astronomy, School of Science, University of Tokyo, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

Naoki YASUDA

Optical and Infrared Astronomy, Division, National Astronomical Observatory Japan, Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

Masaru WATANABE

Astronomical Data Analysis Center, National Astronomical Observatory Japan, Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, Japan

Abstract: We are promoting a supernova search collaborations named as SNOW. With several telescopes of medium (60–105cm) aperture which belong to public observatories, we have been monitoring the cores of clusters of galaxies. The main aim to this project is to determine the SN rate more accurately especially in early type galaxies, which plays an important role in their chemical and dynamical evolution and surrounding hot gases. We hope more telescopes will join us.