

超新星による宇宙膨張測定

土居 守(天文学教育研究センター)

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

超新星は星の終末の姿である。通常の銀河だと、100年に1度程度しかおきない、たいへん稀な天体現象である。昨年11月、東大土居と国立天文台安田直樹助手らのグループは、すばる望遠鏡の主焦点カメラの1視野で、一度に12個の超新星を発見するのに成功した(表紙の写真)。過去のカメラ1視野での発見数は高々4,5個だったので、4月下旬に国際天文学連合サーキュラーに公式に掲載されたのを機に5月29日に記者発表を行った(<http://indus.astron.s.u-tokyo.ac.jp/~doi/sn/>)。表紙の画像には、実は遠方の銀河が約5万個写っており、丸で囲んだ中に、ベガ(織姫星)の数十億分の1の明るさで輝く超新星が写っている。周りの連続した観測領域をあわせると、昨秋は全部で18個の超新星を発見・報告した(図1)。15年くらい前までは、世界中で見つかった超新星の発見数が、1年に20個に満たないこともあったので、当時のほぼ1年分をまとめて発見していることになる。また、今回はすばる望遠

鏡の観測所プロジェクトと共同でうまくスケジュールできたため、明るさの変化の様子が詳しく測定できた(図2)。

今回の大量発見は、8m以上の大型光赤外線望遠鏡で、すばるだけが唯一有している広視野カメラSuprime-Camの賜物である。Suprime-Camは、木曾観測所の105cmシュミット望遠鏡用に開発を始めたモザイクCCDカメラ1号機(1991年完成)の後継のカメラにあたる。当時はたいへん小型で感度もさほど高くはないCCDを16個、シュミット望遠鏡の焦点面に並べたが、大学の環境を利用した基礎開発的研究が、今回の発見へとつながったとも言える。1991年当時も、カメラが動き出した初日にすでに、遠方の超新星探索を試みた。カメラ開発の中心人物だった関口真木(当時国立天文台助手)が、科学的目的の第一に挙げていたのが、超新星による宇宙膨張測定だった。当時の超新星探索の試みは失敗に終わったが、10年以上の歳月を経、世界

最大級の高性能望遠鏡すばるの完成と共に、最遠の超新星をどんどんと見つけることができるようになった。

1991年当時から目指していた超新星探索の科学的目的は、宇宙膨張測定である。超新星の中にはIa型超新星と呼ばれる特殊な超新星がある。Ia型超新星は、連星系にある白色矮星が太陽質量の約1.4倍まで重くなって爆発すると考えられている。この限界質量が物理定数によって決まっているため、環境にほとんどよらず、ほぼ一定の明るさで輝くと考えられており、実際観測結果もほぼ一定である。明るさ一定であるため、真の明るさと見かけの明るさを比べることにより、距離を求めることができる。距離は光速で割れば時間となるので、Ia型超新星が何年前に爆発したか、ということがわかる。一方、超新星、あるいは超新星の出現した銀河(母銀河)のスペクトルを観測すると、特徴的なライン(輝線・吸収線)の波長が、実験室に比べて伸びていることがわかる。この伸びは、宇宙膨張によるものなので、伸びの割合がそのまま爆発当時の宇宙に比べ我々の宇宙がどのくらい膨張したかを表している。したがって、超新星の明るさとスペクトルの観測によって、宇宙が時間の関数としてどのように膨張していったか

を測ることができる。

1998年、2つのチーム（米国ローレンス・バークレー研究所のパールムッター博士らと、オーストラリア国立大学のシュミット博士ら）が、Ia型超新星を用いた宇宙膨張測定の結果、宇宙膨張は現在加速している、という驚くべき結果を発表した。解釈としては、宇宙定数あるいはその後ダークエネルギーと呼ばれるようになった、宇宙膨張によらず密度が一定の謎のエネルギーが存在する、というものだった。

それ以前にも遠方の銀河の計数から宇宙項の存在が示唆されていたし、それ以後の宇宙背景放射の温度ゆらぎの精密測定で

も、宇宙は現在の約1000分の1の大きさのころまでを平均すると、ちょうどこのダークエネルギーが光をまっすぐ進ませる（平坦と呼ぶ）ように詰まっていると解釈できる、ということが示され、信憑性が急激に高くなってきた。ダークエネルギーは本当に存在しているのか、存在しているとしたら真空のエネルギーなのか、時間変化をしているのか、あるいは物理法則のどこかを見直すべきなのか、など疑問がたくさん生じる。

ダークエネルギーはたいへん密度の低いエネルギーで、宇宙の密度の高かった宇宙背景放射の頃にはほとんど効かず、むしろ最近になって急激に効き始め

る。したがってダークエネルギーの性質を詳しく調べるには、我々の近く（といっても70億光年くらいまで）の宇宙膨張を詳しく調べることが最重要だ。今回を含め、我々は10個以上の最遠（赤方偏移 > 0.85 ）のIa型超新星の明るさとスペクトル観測を、パールムッター博士らとの国際共同研究で成功させた。これまで5個程度しかなかった宇宙膨張測定可能な最遠のサンプルを一気に増やせたので、宇宙膨張の加速、あるいはダークエネルギーの問題に迫ることができると期待している。結果は超新星の光が十分暗くなった画像を今年秋以降にもう一度取得してから、最終的にまとめることになる。

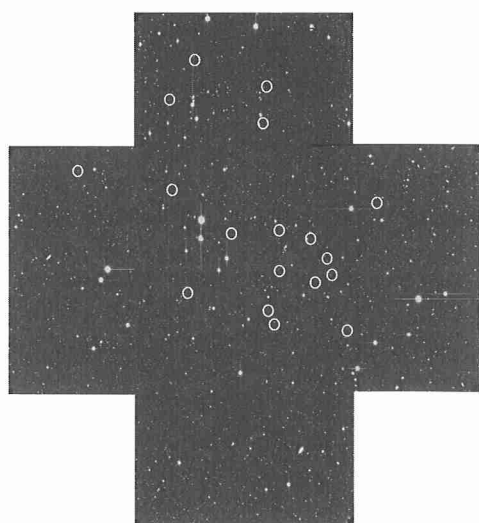


図1 2002年秋に観測された領域全体の夜空。全体では18個の超新星が発見された。南北両半球から観測可能な天の赤道付近（くじら座の方向）に位置し、すばる望遠鏡観測所プロジェクトSXDSと呼ばれるサーベイ観測が進行中で、今回観測時間を共有して成果をあげた。

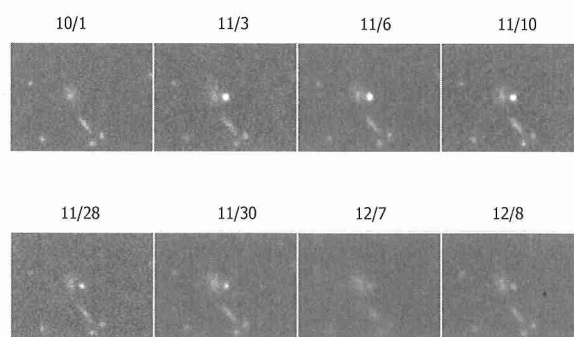


図2 約65億光年の距離にある超新星の明るさの変化の様子。左上から右上・左下から右下の順に時間が経過している。国立天文台すばる望遠鏡Suprime-Camによる。