

活動的天体現象の観測天文学

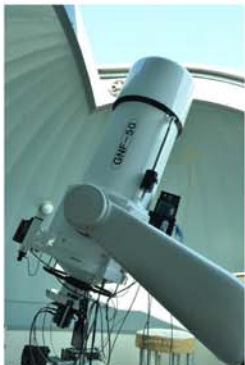
天文台と観測装置

柏原キャンパスC棟屋上の天文台には、口径51cm反射式望遠鏡と冷却CCDカメラからなる天体観測設備が整えられています。カメラには、特定の色(波長域)の光のみを通す複数の干渉フィルタが付随し、天体の明るさと共に温度に関する情報を得ることができます。観測システムの制御は、ドームに隣接する明るい室内から遠隔操作で行えます(右の写真)。学生実習や天体観察会などで使用する小型の望遠鏡も数台備えています。

天文台では、柏原市の小・中学生を対象とした天体観察会を、年に数回実施しています(右の写真)。天文学研究室の学生も運営に参加します。また中・高校生の観測実習を受け入れることもあります。



柏原キャンパス天文台外観



51cm反射式望遠鏡とCCDカメラ



研究対象

天文学研究室では、様々な天体現象を研究対象としています。特に、突然明るく光り出す活動的天体現象が挙げられます。このポスターでは、それらのうち**激変星**と**超新星**について紹介します。

①**激変星**とは、高密度星の一種である白色矮星と、ロッシュローブを満した恒星からなる連星系の総称です(右上の図)。白色矮星の周囲には、恒星側から流入する水素ガスでできた降着円盤が形成されています。白色矮星の表面に流入・蓄積された水素が臨界値を超え暴走的な核融合を起こし突然明るく光る現象が**新星爆発**です。また、降着円盤内のガス降着が突発的に増大し増光(アウトバースト)を起こす激変星を**矮新星**と呼びます。どちらも新しい星の誕生とは関係ありません。

②**超新星**とは、**星全体が爆発して消滅する、恒星が起こすものとしては最大級の天体現象で、星の最期の爆発**です。高密度星の一種である白色矮星がチャンドラセカール限界質量を超える際に起こる爆発(Ia型)と、核融合の燃料が枯渇した大質量星の重力崩壊に伴う爆発(Ia型以外)に大別されます。後者では重力崩壊コアから中性子星またはブラックホールが形成されます。



激変星の想像図(©国立天文台)



渦巻銀河のNGC 6946で発生したIIP型(推定)の超新星SN 2017eaw(51cm望遠鏡による3色合成画像)

いるか座の新星 V339 Delphini (classical nova)

2013年8月14日に、山形県の板垣公一氏により、いるか座の未確認天体が発見されました。我々は速報を受け、発見からわずか4時間半後に観測を始めることに成功しました。その後、別の観測からこれは「新星」と呼ばれる現象であることが判明しました。

我々の早期観測の結果、新星爆発の初期の挙動と共に、極大日および減光速度が決まり、絶対等級と距離を推定できました。左下図は、この新星「いるか座V339」の明るさの時間変化を示す光度曲線です。いくつかの段階を経て、ゆるやかな減光を続けており、2017年6月の時点でも新星爆発の火がまだ消えていないことがわかります。途中経過を日本天文学会2014年春季年会で発表しました。

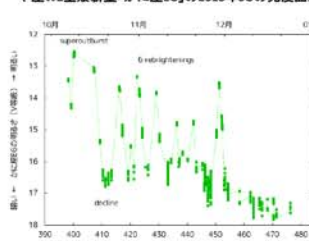


新星爆発の想像図(© D. Hardy)

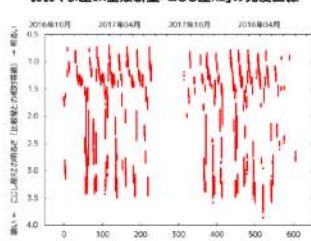
矮新星 dwarf novae (cataclysmic variables)

矮新星は変光の仕方によりいくつかの型に分類されますが、我々は特に、長い間隔でスーパーアウトバースト(SO)のみを起こし、再増光現象を示すことがある「や座WZ型」を注視しています。その理由は、連星系の公転周期が短く、未だに不明な点が多い激変星進化の末端付近に対応すると考えられているためです。また近年では、や座WZ型とは対照的にアウトバーストを頻繁に繰り返す「おおぐま座ER型」の研究も進めています。SOにはスーパーハンプ(SH)と呼ばれる変光が必ず付随して現れ、その周期変化は連星系のパラメータや降着円盤の物理状態を知る手がかりとなります。これらの研究結果は日本天文学会欧文研究報告などの査読付学術論文誌で多数発表されています。

や座WZ型矮新星「かに座EG」の2018年SOの光度曲線



おおぐま座ER型矮新星「こじし座RZ」の光度曲線



1977年に日本人によって発見された変光星「かに座EG」は、1996年に大増光を起こし、や座WZ型矮新星と判明しました。2018年10月にも22年ぶりとなるSOを起こし、前回にも見られたSO後の6回目の再増光現象が今回も見られました。

「こじし座RZ」は2015年以降、SOの間隔が長くなり、その間隔に占めるSOの割合も大きくなりました。この傾向は2016年以降も続いたことが分り、矮新星である「こじし座RZ」が新星状態変光星に似た物理状態となったことが明らかになりました。

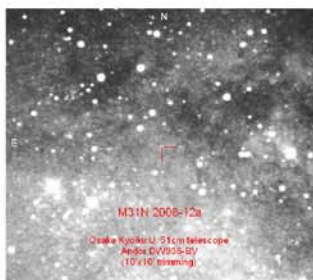
もうすぐ超新星になる!? アンドロメダ銀河 M31 の新星

M31N 2008-12a (recurrent nova)

アンドロメダ銀河(M31)は、地球が属する星の大集団である銀河系と同種の渦巻銀河のひとつです。そのM31内でも、銀河系内と同様の天体現象が起きており、新星爆発も発生します。そのひとつが「M31N 2008-12a」です。この新星は、爆発後すぐに暗くなるため観測が極めて難しいことで有名ですが、我々は2016年に起きた爆発の観測に成功しました。

この新星は爆発間隔が比較的短い「反復新星」に分類されます。上で紹介した「いるか座V339」などの普通の新星は、爆発間隔が人類史(1万年程度)よりも長いので、新星爆発は過去に1度しか記録されていません。一方、反復新星は爆発間隔が十年から数十年程度であるため、複数回の新星爆発が記録されます。

M31N 2008-12a は発見以来、約1年間隔で新星爆発を繰り返していました。すなわち新星としては例外的に爆発間隔が短いといえます。これは新星爆発を起こしている白色矮星が非常に重いことを示します。ところが、特殊な圧力で自身の重さを支え形を保っている白色矮星は、ある限界質量を超えると星の内部で暴走的な核融合反応が起こり、自分自身を吹き飛ばします。これはIa型超新星爆発と呼ばれる現象です(右欄のSN 2014Jもその一例)。Ia型超新星は遠方宇宙の距離測定に用いられるため、現代の宇宙論で最も重要な天体現象のひとつです。その観測からは、ビッグバンで始まった宇宙の膨張は、なぜか加速していることが明らかになりました。反復新星は、元々重い白色矮星が、流入してくるガスの蓄積により徐々に重くなれる条件が整っていると考えられているため、M31N 2008-12a は人類が知るなかで最も早くIa型超新星になりそうな候補天体のひとつといえるのです。また2016年の爆発では、爆発間隔がそれまでの予測より3ヶ月も長くなり、日本国内で検出に成功したのは板垣公一氏と大阪教育大学のみだったなど、観測と理論の両面でchallengingな現象となりました。この成果はドイツの研究者との共同研究によりAstrophysical Journal誌に発表されました。



2016年に観測されたアンドロメダ銀河で爆発した新星(2本の赤い線で示した点光源)。アンドロメダ銀河の距離は約250万光年なので、この新星が実際に爆発したのは250万年前です。(51cm望遠鏡によるRCVバンド画像)

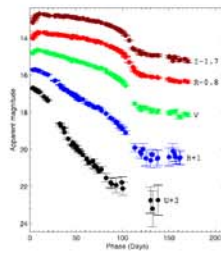
超新星 supernovae (supernova explosions)

超新星のうちIa型を除く、大質量星の最期の爆発である重力崩壊型の超新星は、観測的特徴からいくつかの型に細分類されます。我々はそれらの中でも特に、水素の線スペクトルが観測されるII型に属する超新星の研究を多く進めてきました。また白色矮星の爆発であるIa型は遠方宇宙の距離指標に使われ、現代天文学における重要な天体現象です(左欄も参照)。

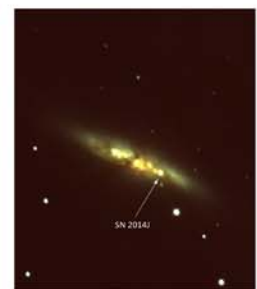
観測される超新星爆発は、基本的に銀河系外の天体現象であるため、見かけの上で暗いものが多く、精度の良い測光ができるものに的を絞って研究しています。最近の例では、SN 2016X や本ポスター右上のSN 2017eaw が挙げられます。研究成果は複数の査読付国際論文誌で多数発表されています。



渦巻銀河NGC 4414で発生したSN 2013df(2本の線で示した点光源)。明るいショックブレイクアウトの検出に成功したIIb型としては2例目であり、爆発した星の半径を推定できました(51cm望遠鏡による3色合成画像)



SN 2013hjの多色光度曲線。インドの研究者との共同研究の結果、IIL(two-L)型とIIP(two-P)型の中間的な重力崩壊型超新星であることが明らかになりました。



スターバースト銀河である葉巻銀河M82で発生したIa型のSN 2014J(矢印)(51cm望遠鏡による3色合成画像)