

東京大学木曾観測所は105cmシュミット望遠鏡を保有する日本を代表する天文台です。私達は2012年春より広視野 CCDカメラKWFCを用いた新天体の広域探査観測を始める予定です。これにより、超新星を例にとると年間100個以上の発見が期待されます。本発表ではKWFCが生成する莫大な画像データの中から新天体を検索する過程で、アマチュア天文家と協力して研究を進める方法について提案させていただきます。

一 東京大学木曾観測所とKWFCプロジェクトの紹介

はじめに、東京大学木曾観測所と新たに開発された観測装置KWFCについてご紹介いたします。

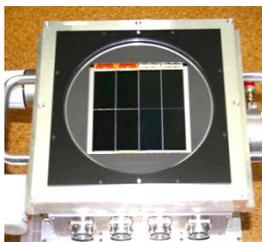
① 東京大学木曾観測所105cmシュミット望遠鏡



東京大学木曾観測所は1974年に長野県木曾町に設置された研究用の天体観測所です。口径105cmのシュミット式望遠鏡を用いて天体観測を精力的に進めており、毎年、多くの科学成果をあげています。シュミット式望遠鏡は他の形式の望遠鏡に比べ、圧倒的に広い視野を持つことが特長です。

(左図)シュミット望遠鏡のドーム (右図)シュミット望遠鏡本体

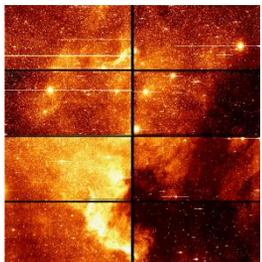
② 次期主力観測装置 KWFC



シュミット望遠鏡の広い視野を活かすために、木曾観測所では巨大なCCDイメージセンサを用いた広視野カメラ(KWFC: Kiso Wide Field Camera†)の開発を進めてきました。このカメラは-105°Cに冷却した8000x8000画素(6400万画素)のCCDを搭載しており、 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ の視野を一度に撮像することができます。KWFCは2012年4月より科学観測を開始する予定です。

(左図)KWFCのCCD (右図)シュミット望遠鏡に搭載したKWFC

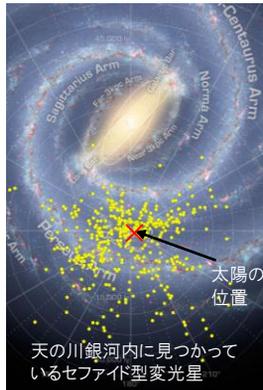
③ KWFCの広視野



KWFCの視野面積は、すばる望遠鏡の広視野カメラの視野($0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$)の16倍に相当します。これは、掃天観測(一定の空の範囲を網羅的に調べていく方法)で新天体を発見する能力が13倍優れていることを意味します。現在、世界にはいくつかの広視野カメラが開発または運用されていますが、KWFCの $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ の視野は世界最大級の広さになります。

(左図)KWFCで取得したNGC7000北アメリカ星雲
(右図)KWFCの視野の比較。背景はM31アンドロメダ銀河。

④ 広視野観測に期待される科学成果



東京大学を中心とする研究グループは、2012年4月よりKWFCを用いた大規模な掃天観測プロジェクトを2つ計画しています。

1. **超新星の探査プロジェクト(KISS†)**。同じ方向の空(銀河)を頻繁に観測します。詳細は次ページで説明します。
2. **変光星の探査プロジェクト**。天の川を定期的に観測することで、天の川銀河に含まれる変光星を探査します。中でもセフィイド型変光星は変光周期から距離を導出できるため、天の川銀河の構造の解明につながると期待できます。

(左図)超新星の画像例 (右図)天の川銀河の想像図と、これまでに見つかっているセフィイド型変光星の位置(黄点)。

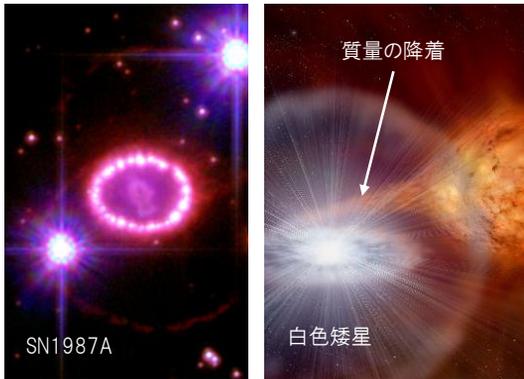
† 研究開発代表 東京大 酒向重行

† KISS; Kiso Supernova Surveyの略。研究代表 東京大 諸隈智貴

一 KWFCによる超新星探査プロジェクトの紹介

本講演では、KWFCを用いた超新星探査をアマチュア天文家の皆様と協力して進める方法について提案させていただきます。以下では、KWFCがおこなう超新星観測の目的と観測計画について述べます。

① 超新星には2種類ある



超新星と呼ばれる現象には大きく分けて2種類があります。

1. 重力崩壊型超新星(左図)

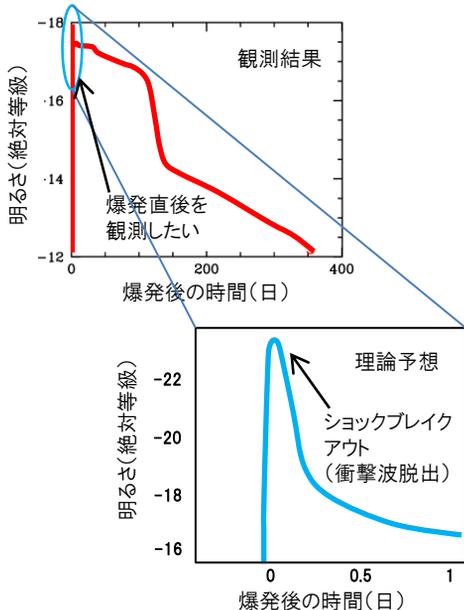
太陽より8倍以上の重さの星の最期の姿です。自身の重さを支えられなくなった星が爆発します。その後、中心部にはブラックホールもしくは中性子星が作られます。

2. Ia型超新星(右図)。

連星系の爆発現象です。連星の一方が白色矮星の場合、他方から白色矮星へある量以上の物質が降り積もると、自身の重さを支えられなくなった白色矮星が爆発します。Ia型超新星の観測から宇宙の加速膨張が発見されました(2011年のノーベル賞)。

本研究では**重力崩壊型超新星に着目**します。

② 重力崩壊型超新星のショックブレイクアウト



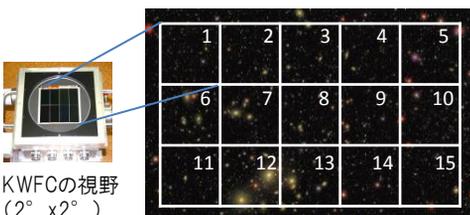
重力崩壊型超新星の明るさの時間変化を上図に示します。爆発により急激に明るくなった後は、数100日かけてゆっくりと暗くなっていきます。こうした時間変化はこれまでに多くの観測例があります。

理論計算によれば、爆発後の数時間だけ極めて明るく輝くことが予想されています(下図)。これを**ショックブレイクアウト(衝撃波脱出)現象**と呼びます。ショックブレイクアウトは、重力崩壊により星の中心でできた衝撃波が、星の表面を通過する際に明るさが激増する現象です。

ショックブレイクアウトは超新星現象の中でもっとも明るいイベントと考えられています。しかし、爆発後の数時間しか継続されないためタイミングよく観測するのが難しく、**これまでに可視光での観測例はありません**。X線、紫外線での観測例は3例が報告されていますが、いずれも他の目的の観測でたまたま写ったもので、系統だった探査は本研究が初となります。

ショックブレイクアウトの観測は、未だ謎の多い重力崩壊型超新星の爆発のメカニズムを解明する大きな手がかりとなるでしょう。KWFCの超新星探査プロジェクトでは、ショックブレイクアウト現象を**世界で初めて可視光で検出し、理論予想を検証**することを目標にかかげます。

③ KWFCを用いたショックブレイクアウト現象の観測計画



15視野 (= 60平方度)を順番に撮像観測する。1視野あたりの露光時間を3分とすると、15視野を約1時間で観測できる。これを1夜に5-6回繰り返す。

超新星は広大な夜空のどこかに前触れなく現れ、そしてすぐに暗くなってしまいます。そのため、この現象をとらえるにはできるだけ広い空を頻繁に監視する必要があります。

本計画では重力崩壊型超新星の検出を目的とするだけでなく、その初期段階に起きるとされるショックブレイクアウト現象の初検出に挑みます。前述のように、この現象は爆発後の数時間しか続きません。そのため、**同じ空の領域を短間隔(1時間以内)で監視**することが必要とされます。

私達はKWFCを用いて計60平方度(満月300個分)の空を1時間おきに監視する超新星探査観測を2012年4月より実施する予定です。

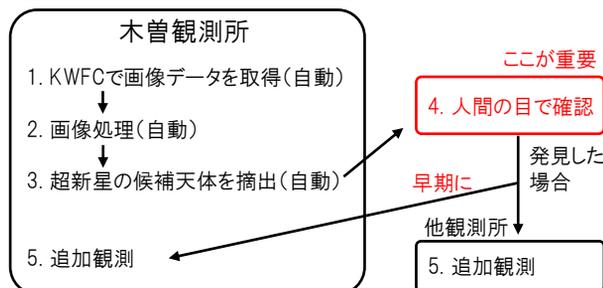
一 超新星探査におけるアマチュア天文家への期待

以下では、超新星探査の過程とアマチュアの皆様との研究協力の形について具体的に述べます。

① 推定される超新星の発見数

KWFCは3分の露光で21等級の微かな天体まで検出できます。前述したように1夜に60平方度を5-6回監視する観測を続けた場合、**年間100個以上の超新星**を発見できると推定されます。このうち1割ほどが重力崩壊型超新星と見込まれます。その他はIa型超新星です。運よくショックブレイクアウトを検出できるのは、検出した重力崩壊型超新星の1割程度になると推定されます。したがって、ショックブレイクアウトを検出できる確率は**年間1個程度**となります。私達はこの小さな確率の現象が大きな価値を持つと信じ、KWFCを用いた超新星探査を進める予定です。

② 超新星の観測と候補天体の抽出方法



超新星の観測と候補天体の抽出方法を説明します。

1. KWFCは事前に登録した空の領域を自動で観測します。
2. 得られた画像は各露光後に自動で処理されます。
3. 過去に取得した画像と比較することで超新星の候補天体が自動で抽出されます。

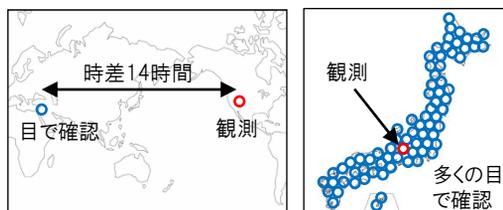
ここまでは木曾観測所内の計算機により行われます。その後は候補天体を人間の目で確認します(4)。

本研究はこの(4)の過程が極めて重要になります。

③ プロジェクトの成功は人間の目に託されている

超新星の候補は計算機により自動で抽出されますが必ず誤判断が発生します。ショックブレイクアウトの希少性を考えると取りこぼしは許されません。そのため計算機は確実でない候補まで報告するようにプログラムされます。最後の判断を人間にまかせるわけです。プロジェクトの初期には本物の10倍から数10倍の個数の偽物が抽出されると予想しています。

超新星は単発のイベントのため観測の速報性が重視されます。爆発後数時間の超新星を発見すれば、重力崩壊型、Ia型にかかわらず大変貴重なデータとなります。一刻も早く世界に発見を伝え、追観測を呼びかけねばなりません。そのためには計算機が抽出した候補天体を早期に人間の目で確認できる体制を作る必要があります。



パロマ天文台グループの例
(研究者からなるグループ)

KWFCチームの案
(オールジャパン)

超新星探査をすでに実施しているパロマ天文台のグループは、アメリカの研究者が観測をおこない、イスラエルの研究者が目で確認を行っています。昼夜逆転する時差を利用して早期の検出を実現しています。実際にこの方法は「少人数の目」で多くの成果をあげています。

この方法には欠点があります。特定の人を長期間拘束する必要があります。長い年月にわたりプロジェクトを継続する場合は無理があります。そこで私達は世界的に水準が高いとされる**日本国内のアマチュア天文家の協力を得て、「多人数の目」で早期の検出を実現する方法**を提案いたします。

④ 超新星を多くの目で探す方法

Search with date: 2011-04-25
Search area:
Center RA = 131.44977 (deg), DEC = -0.42671046 (deg)
Radius: 1000 (arcsec)

Total number selected: 10

No	request	Date	Frame	Band	Chip	新	旧	引き算	
1	(new)	2011-04-25	1	g	5				←偽物
2	(new)	2011-04-25	1	g	5				←偽物
3	(new)	2011-04-25	1	g	5				←本物

超新星候補天体データベース(開発中)

超新星を多くの目で探す(確認する)ために、現在、私達は超新星候補天体データベースを開発しています。KWFCで観測し自動抽出された超新星の候補はすべてこのデータベースに逐次反映されます。共同研究者は各人のPCのwebブラウザからこのデータベースにアクセスでき最新の候補天体を閲覧できます。共同研究者は候補天体の画像を見て本物が偽物か判断し、本物であれば研究チームにアラート(警報)を出します。アラートを受け取った研究代表者はその情報をもとに迅速かつ柔軟にKWFCの観測プログラムを変更することができます。

この方法により**観測→確認→追観測のフィードバック行程を1時間以内**に達成することが目標です。特に前半夜に確認することが重要です。

⑤ アマチュア天文家を含む探査グループの結成

過去に変光星や彗星などの「観測」においてプロとアマチュアの共同研究の例はありますが、今回のような「画像から天体を検出する」という内容での共同研究の例はありません。本講演では、このような超新星探査の共同研究にアマチュア天文家の皆様に興味を持っていただき、グループを編成することが可能なのか？問題点はどこにあるのか？という点を議論させていただけたらと思います。私たちは、2012年4月までにCCDの天体画像を見慣れた10名程度のアマチュア天文家を含む少人数のグループを結成し、このプロジェクトの進め方を議論していきたいと考えております。お問い合わせは酒向(sako@ioa.s.u-tokyo.ac.jp)までお願いいたします。