

# 大質量星の終焉と塵の誕生の現場

～「あかり」衛星と「すばる」望遠鏡などによる観測と  
理論モデルが解き明かす超新星爆発の素性

記者会見出席者：

左近 樹（東京大学大学院理学系研究科・助教）

富永 望（東京大学大学院理学系研究科・学術振興会特別研究員）

野沢 貴也（北海道大学大学院理学院・博士研究員）

川端 弘治（広島大学宇宙科学センター・助教）

## 概要

東京大学大学院理学系研究科(天文学専攻)の左近樹助教、富永望研究員、北海道大学大学院理学院(宇宙理学専攻)の野沢貴也研究員、広島大学宇宙科学センターの川端弘治助教らを中心とする研究グループは、赤外線天文衛星「あかり」および「すばる」「MAGNUM」「かなた」望遠鏡を用いて、アマチュア天文家の板垣公一さんが発見した超新星 2006jc の観測を行いました。

超新星爆発によって終焉を迎えた星が宇宙空間に撒き散らす物質中で、惑星や生命体などの様々な固体物質の原材料である宇宙塵が誕生する現場が、「あかり」衛星によって初めて詳細に捉えられました。「あかり」衛星に加えて日本の誇る「すばる」「MAGNUM」「かなた」望遠鏡などによる可視から赤外線の多波長観測データと、最新の理論モデルの比較を通して、太陽の 40 倍以上の質量の星が一生の中で度重なる質量放出活動を経て超新星爆発に至るまでの描像を得ることに成功すると同時に、その過程で形成された炭素質や珪素質の塵が化学的に豊かな宇宙環境を作る様子を明らかにしました。

これらの研究結果は、日本天文学会 2008 年春季年会において発表されます。

## 発表内容

太陽よりはるかに重い星の一生およびその終焉の姿は多くの謎に包まれています。本研究グループは、日本の誇る「すばる」「MAGNUM」「かなた」望遠鏡および赤外線天文衛星「あかり」を用いて、2006 年 10 月 9 日に板垣公一さんによって発見された超新星 2006jc の観測を行いその謎の解明に取り組みました。

超新星爆発から間もない 2006 年 10 月から 2007 年 4 月までの半年間に及ぶ「すばる」望遠鏡と「かなた」望遠鏡の可視光から近赤外線にかけての継続的な観測により、爆発後約 60 日から超新星の可視光強度が急激に減少することを確認しました(図 1 左上、左下図)。一方で、この時期を境に、超新星の周囲で生成された塵の熱放射が赤外線で観測されるようになりました。爆発から約半年後の時点で、超新星は可視光ではすっかり暗くなっていますが、「あかり」衛星は超新星の周囲で新たに誕生し赤外線で明るく光を放つ塵の放射をはっきりと捉えています(図 1 右下図)。

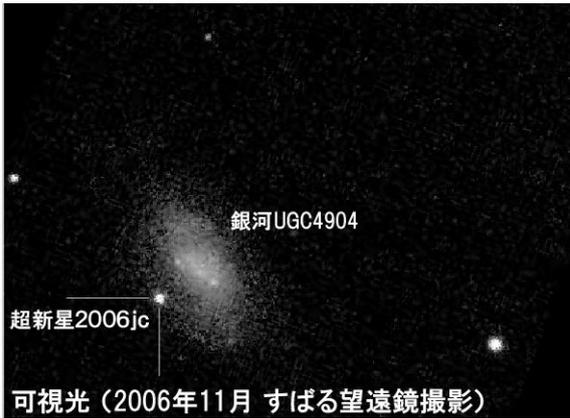


図1. (左上) 「すばる」望遠鏡の捉えた超新星爆発後間もない頃の超新星 2006jc の可視光(波長 550 ナノメートル) 画像。(左下) 「すばる」望遠鏡の捉えた爆発の半年後の超新星 2006jc の可視光 (波長 550 ナノメートル) 画像。(右下)「あかり」衛星搭載の近・中間赤外線カメラの捕えた半年後の超新星 2006jc の赤外線画像(波長 3 ミクロン)。爆発から約半年後の時点で、超新星は可視光ではすっかり暗くなっていますが、「あかり」衛星は超新星周囲で新たに誕生し赤外線でも明るく光る塵をはっきりと捉えています。

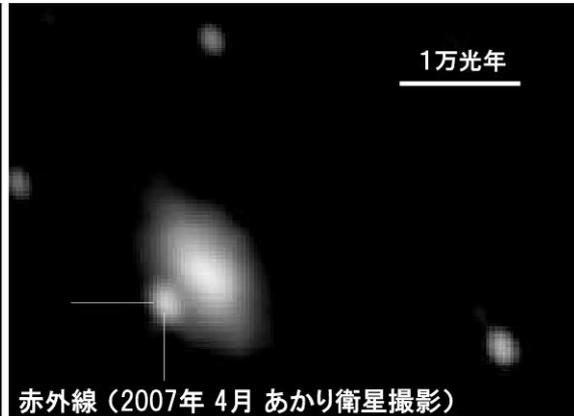
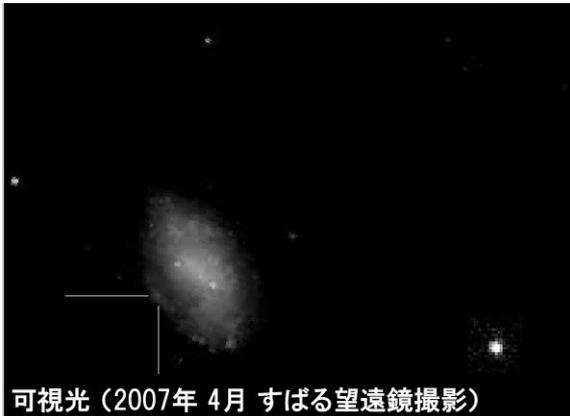


図2 「あかり」衛星に搭載されている近・中間赤外線カメラが捕らえた爆発から約半年後の超新星 2006jc 及び母銀河 UGC4904 の擬似三色合成図。3 ミクロン(青)、7 ミクロン(緑)、11 ミクロン(赤)の撮像データより作成。一般的な恒星は青いのにに対し、超新星 2006jc は銀河と同じくらい赤く輝いており、終焉を迎えた超新星周囲で誕生した塵の熱放射が捉えられています。

「あかり」衛星による 3 ミクロン、7 ミクロン、及び 11 ミクロンの撮像データをもとに作成した擬似三色合成図（図 2）からは、周囲の青く輝く恒星とは対照的に、銀河と同じくらい赤く輝く超新星 2006jc の姿が確認できます。これは、終焉を迎えた超新星の周囲で、惑星や生命体などの原材料とも言える固体微粒子である塵が誕生し、その塵が超新星からエネルギーで温められ、赤外線を明るく放つ様子を捉えています。

我々は、「あかり」衛星による近・中間赤外測光データ、近赤外分光データと「MAGNUM」望遠鏡の近赤外測光データを用いて、超新星 2006jc の周囲で熱放射を行う塵の組成と性質について詳細な評価を行ないました。その結果、近赤外域の熱放射を説明するためには、約 500°C という高温の炭素質の塵が必要である事が分かりました(図 3 点線)。一方で、その高温成分に加えて、中間赤外域のデータを説明するためには、約 50°C というやや低温の炭素質の塵が必要である事が分かりました(図 3 実線)。約 500°C の高温成分は、超新星爆発時の放出物質が自由膨張する過程で凝縮する塵が爆発から約半年後の時点で示す温度とおおよそ合致しており、超新星爆発によって新たにできた塵であると結論されます。超新星爆発に伴って誕生した塵からの輻射をこのように明瞭に捕らえたのは初めてであり、超新星による宇宙空間の「汚染」の歴史を探る上で、貴重な情報を得ることができました。

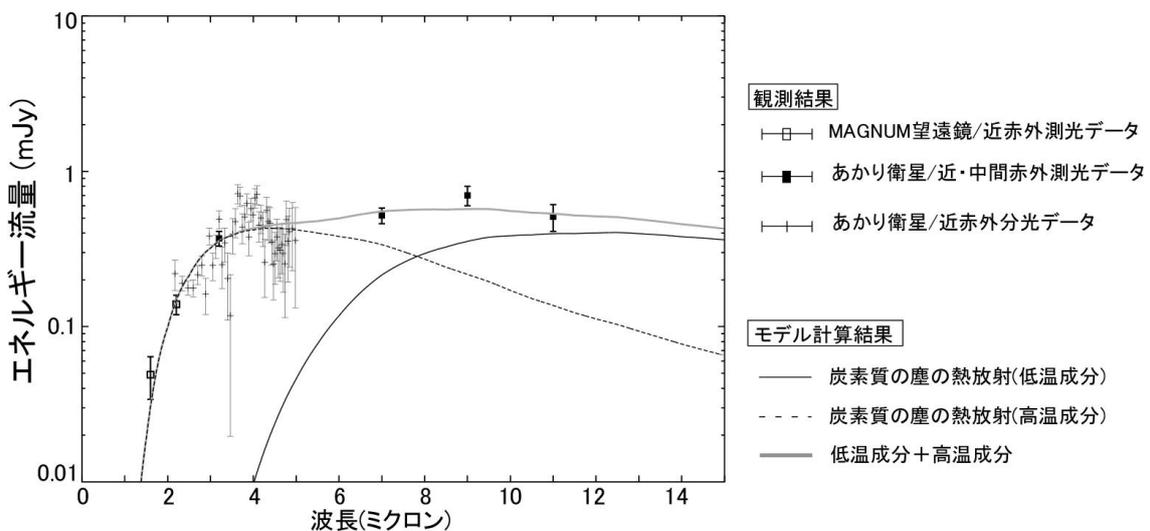


図 3. 「あかり」衛星と「MAGNUM」望遠鏡による観測で得られた超新星爆発から約半年後における超新星 2006jc の近・中間赤外線での測光・分光データ。図中の点線及び実線は、観測データを最もよく再現する塵の熱放射のモデル計算の結果を表しています。約 500°C の高温の炭素質の塵(点線)に加えて、約 50°C の比較的低温の炭素質の塵(実線)が必要である事が分かりました。

以上の観測より示唆される爆発から約半年後の超新星 2006jc を取り巻く環境は、図 4 のように表されます。超新星 2006jc の周囲には、超新星爆発の際に放出された物質をもとに新たに誕生した塵と超新星爆発前に放出された物質をもとに作られていた塵が共存しています。超新星 2006jc からの距離が近いほど超新星からの光が強いため、塵はより高温まで温められます。従って、超新星爆発の際に新しく作られた塵は星に近い場所にあるので約 500°C の高温成分、すでに超新星爆発前に作られていた塵はもう少し遠くにあるので約 50°C の低温成分であると考えられます。

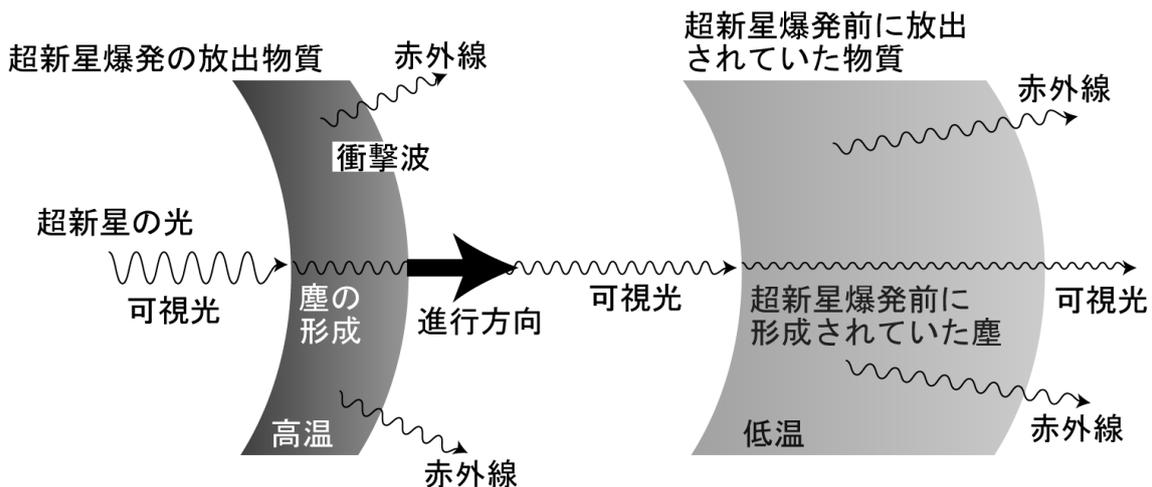


図 4. 超新星爆発から約半年後の超新星 2006jc を取り巻く環境。超新星爆発によって放出された物質中で新たに誕生した塵(高温成分：約 500°C)と超新星爆発前に作られていた塵(低温成分：約 50°C)が共存している様子を表しています。

こうした環境を踏まえて、星の進化の理論計算を行なったところ、超新星 2006jc の親星は、誕生時には太陽の 40 倍以上の質量を持っており、その一生の間に質量放出を経験した結果、超新星爆発直前には太陽の 7 倍程度の質量になっていたことを突きとめました(図 5)。超新星爆発前に繰り返されたその激しい質量放出の過程で、親星は星内部の核融合反応によって合成した炭素をガスとして星の周りに放出します。放出されたガスは冷えて炭素質の塵となり、星の周囲に広く広がる塵の層を形成します。これが「あかり」衛星で観測された低温の塵の起源です。

また、超新星爆発のシミュレーションと観測データの比較から、超新星 2006jc は通常の超新星の 10 倍程度の大きなエネルギーをもつ爆発であったことが明らかになりました。爆発のエネルギーが大きいため、超新星爆発によって放出されたガスは非常に速い速度で膨張し、急速に冷却されます。その結果、水蒸気が水や氷になるように、炭素や珪素のガスは凝縮して炭素質や珪素質の塵となり、終焉を迎えた星の周囲で塵が誕生します。こうして塵が作られはじめると、超新星爆発から放射される可視光が塵に吸収され、超新星は可視光では急激に暗くなります。一方で、吸収したエネルギーによって温められた塵は赤外線で熱放射を行うため、超新星は図 1 右下のように赤外線でも明るく輝くようになったのだと考えられます。これが高温の塵の起源です。

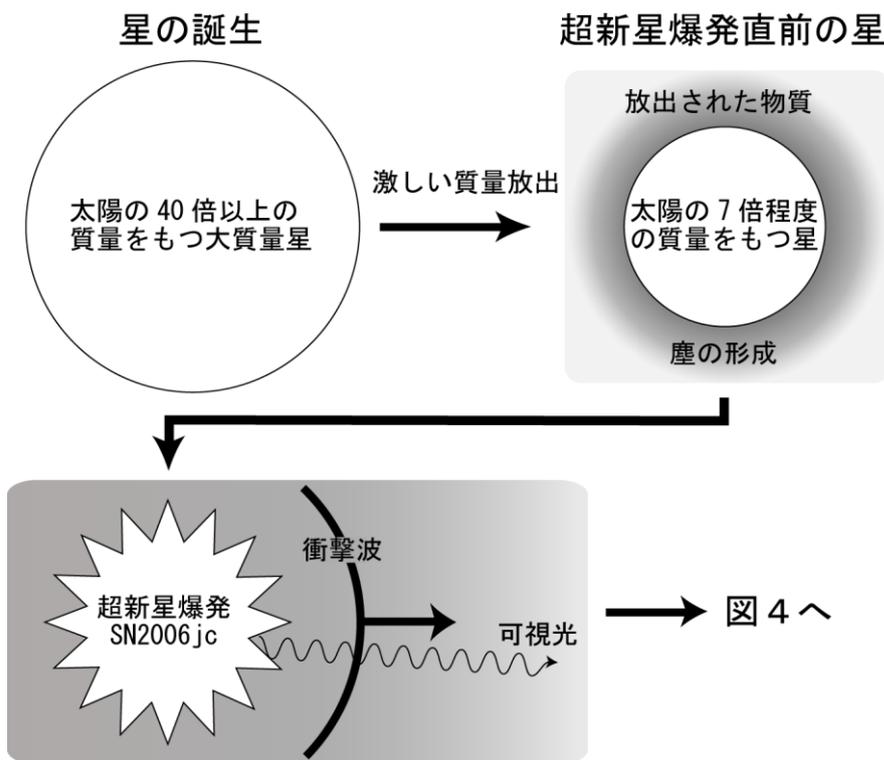


図5.星の誕生から超新星爆発が起こるまでの超新星2006jcの進化の歴史の模式図。太陽の40倍以上の質量をもつ星が激しい質量放出を経て超新星爆発に至るまでの様子を表しています。

このように、日本の最先端の観測機器と最新の理論モデルによって、太陽の40倍以上の重さの星が度重なる質量放出を経ながら超新星爆発によって終焉を迎え、そのあとには宇宙空間の固体物質や生命体の原材料とも言える塵に新たな命が託される様子が明らかになりました。言い換えれば、重い星の終焉に至る進化の過程で誕生する塵による宇宙空間の「汚染」の歴史、すなわち、宇宙誕生から今日の化学的に豊かな宇宙環境が形作られるに至るまでの壮大な宇宙の化学進化の歴史の一コマが、今、解き明かされつつあります。