



平成 28 年 6 月 7 日

報道機関各位

広島大学

正体不明だった「限界を超えた超新星」の起源を明らかに

この度、甲南大学、京都大学、国立天文台、広島大学などからなる研究グループは、日本の光・赤外線天文学大学間連携を通じた共同研究によって、長らく未解決であった『限界を超えた超新星』の正体が「降着説」であることを明らかにしました。

これは、広島大学が有する有効径 1.5m「かなた」望遠鏡を初めとする国内外の 11 台もの望遠鏡を総動員し、爆発初期から 150 日にわたる近赤外線波長域の観測を集中的に行った結果、起源天体が爆発の直前に放出したと考えられる星周物質の存在を初めて明らかにしたことによるものです。

本研究結果は、日本天文学会欧文研究報告 (PASJ) オンライン版に 2016 年 5 月 18 日付で掲載されました。本研究により、「限界を超えた超新星」とそうでない超新星との起源の違いに関する研究が加速されるほか、同種の超新星を使って進められている「宇宙膨張の加速」の研究の精密化にも役立つと期待されます。

次ページ以降に、今回のリリース文書を付しております。

【お問い合わせ先】

宇宙科学センター 准教授 川端 弘治
Tel・FAX : 082-424-5765 (研究室)
Tel : 082-420-6230 (東広島天文台)
Tel : 070-5075-3634 (携帯)
E-mail : kawabtkj@hiroshima-u.ac.jp

甲南大学理工学部物理学科 平成太郎基金研究員 山中 雅之
Tel : 090-9712-8410 (携帯)
E-mail : yamanaka@center.konan-u.ac.jp

発信枚数 : A4版 7枚 (本票含む)

2016年6月7日

報道関係者各位

甲南大学

**山中雅之（甲南大学理工学部・平生太郎基金研究員）の
研究グループが、正体不明だった『限界を超えた超新星』
の起源を明らかにしました。**

- 『限界を超えた超新星』SN 2012dn を観測し、強い赤外放射を捉えた
- 起源天体が「降着説」である証拠を史上初めて突き止めた

このたび甲南大学理工学部物理学科の山中雅之・平生太郎基金研究員は、日本の光・赤外線天文学大学間連携を通じた共同研究によって、『限界を超えた超新星』の爆発前の姿を明らかにしました。Ia(イチエー、*1)型超新星は遠方銀河の距離を精密に測定する道具として使われてきたにも関わらず、『限界を超えた超新星』の発見などにより、30年以上にわたりその起源について長い論争が続いていました。今回、当研究員をはじめとする研究グループはSN 2012dn という『限界を超えた超新星』の徹底観測によって、通常では見られないような非常に強い赤外線放射を捉えることに成功しました。詳細な解析の結果、赤外線放射は爆発する前の天体からの放出物由来であることがわかり、長年未解決であった起源天体の正体が「降着説」であることを明らかにしました。本研究成果は、『Publication of the Astronomical Society of Japan』オンライン版に2016年5月18日付で掲載されました。

論文タイトル：OISTER optical and near-infrared observations of the super-Chandrasekhar supernova candidate SN2012dn: dust emission from the circumstellar shell

著者：Masayuki YAMANAKA, Keiichi MAEDA, Masaomi TANAKA, Nozomu TOMINAGA, Koji S. KAWABATA, Katsutoshi TAKAKI, Miho KAWABATA, Tatsuya NAKAOKA, Issei UENO, Hiroshi AKITAYA, Takahiro NAGAYAMA, Jun TAKAHASHI, Satoshi HONDA, Toshihiro OMODAKA, Ryo MIYANOSHITA, Takashi NAGAO, Makoto WATANABE, Mizuki ISOGAI, Akira ARAI, Ryosuke ITOH, Takahiro UI, Makoto UEMURA, Michitoshi YOSHIDA, Hidekazu HANAYAMA, Daisuke KURODA, Nobuharu UKITA, Kenshi YANAGISAWA, Hideyuki IZUMIURA, Yoshihiko SAITO, Kazunari MASUMOTO, Rikako ONO, Ryo NOGUCHI, Katsura MATSUMOTO, Daisaku NOGAMI, Tomoki MOROKUMA, Yumiko OASA, and Kazuhiro SEKIGUCHI

doi : 10.1093/pasj/psw047

1. 背景

Ia(イチエー)型超新星は、銀河に匹敵するような明るさ(*2)で輝き、かつどの天体でもほとんど同じ絶対的な明るさを持つことが知られています(以下、Ia型超新星は単に超新星とします)。この性質によって、銀河までの距離を正確に測定することが可能です。1990年代後半、パールムッター、リース、

シュミットらは、この Ia 型超新星を用いて宇宙が加速膨張していることを明らかにしました。彼らはその業績を讃えられ、2011 年ノーベル物理学賞を受賞しました。

しかしながら、その重要性にも関わらず、その起源は二つの星が周り合う連星系が起源であること以外未だに明らかになっていません。現在、爆発へ至るシナリオは大きく二つの説が考えられていますが、30 年以上にわたる長い年月の間、論争が続いています。その二つの説とは、「降着説」と「合体説」です。片方が白色矮星、もう一方が通常の恒星である場合、白色矮星への物質降着が起ります。これによって、限界質量に到達し爆発に至る道筋が考えられます。これを「降着説」と呼び、超新星を説明する従来からの有力なシナリオでした。しかしながら、限界質量を超えた白色矮星の爆発でなければ説明が困難な特異な超新星爆発(以降、『限界を超えた超新星』)が数例発見されました。当研究者らも 2009 年に一例について研究成果を出しています。そのような『限界を超えた超新星』は従来の標準的な「降着説」では簡単に説明することができません。一方で、「降着説」ではなく、二つの白色矮星の連星であり、重力波放出によって互いの距離が近づき最終的に激しい合体を起こして、一気に限界質量を超え、爆発に至る「合体説」であれば容易に説明可能であるという提案もあります。果たして爆発起源の正体は何なのか、その解決が待たれていました。

2. 研究成果

2012 年、『限界を超えた超新星』候補である SN 2012dn (*4, 図 2) が発見されました。この天体は、これまでの同種の超新星で最も地球に近く、詳細な観測が可能であることが期待されました。そこで、山中研究者らはこの天体が天文学的にとても価値が高いものであると判断し、光・赤外線天文学大学間連携(図 1)を通して 11 台もの望遠鏡を総動員し、爆発初期からの観測を実施しました。特に、近赤外線波長域に関してはこれまで観測例が非常に少なく、全く新しい情報が得られることが期待されました。この観測は、開始してから西方側に沈む限界までの 150 日にもわたるものとなりました。

観測の結果、山中研究者らは通常の超新星では見られない強い赤外線放射を捉えることに成功し、その起源を詳細に解析しました。その結果、超新星として爆発する前に起源天体から放出された物質が超新星からの放射によって温められ、この赤外線を放射していることを突き止めました。また、超新星から放出物までの距離は 0.2 光年程度であることを明らかにしました(図 3)。『限界を超えた超新星』において爆発前の天体由来の放射が観測されたのは初めてのことです。その放出率を見積もったところ、従来からの有力候補の一つである「降着説」を強く支持するものであることがわかりました(図 4)。「降着説」では、恒星からのガスがゆっくりと白色矮星に降り積もり、限界質量に到達するかあるいは超えて爆発に至りますが、この時、爆発直前までガスの移動が続き、二つの星の周囲は密度の濃い物質が存在しています。一方で、「合体説」では、白色矮星が二つ形成された後、合体衝突に至るまで非常に長い時間かかってしまいます。そのため、合体前の天体の周囲には放出されたガスはほとんど無くなります。したがって、起源天体からの放出物を捉えたことは、「降着説」を支持する結果です。

3. 今後の期待

本研究は『限界を超えた超新星』の起源を明らかにした史上初めての研究成果となり、多様な分野へのインパクトが期待されます。『限界を超えた超新星』と、そうでない典型的な超新星の起源は異なるものであるのか、同一起源であるのか、さらなる研究が加速されるでしょう。また、どのような理由から白色矮星が限界質量を超えるのかも明らかにされなければなりません。高速回転することによって限界質量を超えるというシナリオも提案されていますが、そのような天体の観測例は未だありません。

本研究における星周物質の探索のアイディアは、赤外線放射の理論的予言に基づくものでした。今後は、他の超新星においても同じアイディアに基づいて観測を行うことで、爆発起源に迫ることができる

でしょう。さらに、超新星を使った宇宙加速膨張の研究においても注意が必要となると考えられます。『限界を超えた超新星』は宇宙膨張の加速度測定サンプルから除かれなければいけません。今回その起源が理解されたことでこの混入を精度よく排除できるかもしれません。本研究成果は宇宙膨張の加速をより精密に決定することにつながると期待されます。

〈用語解説〉

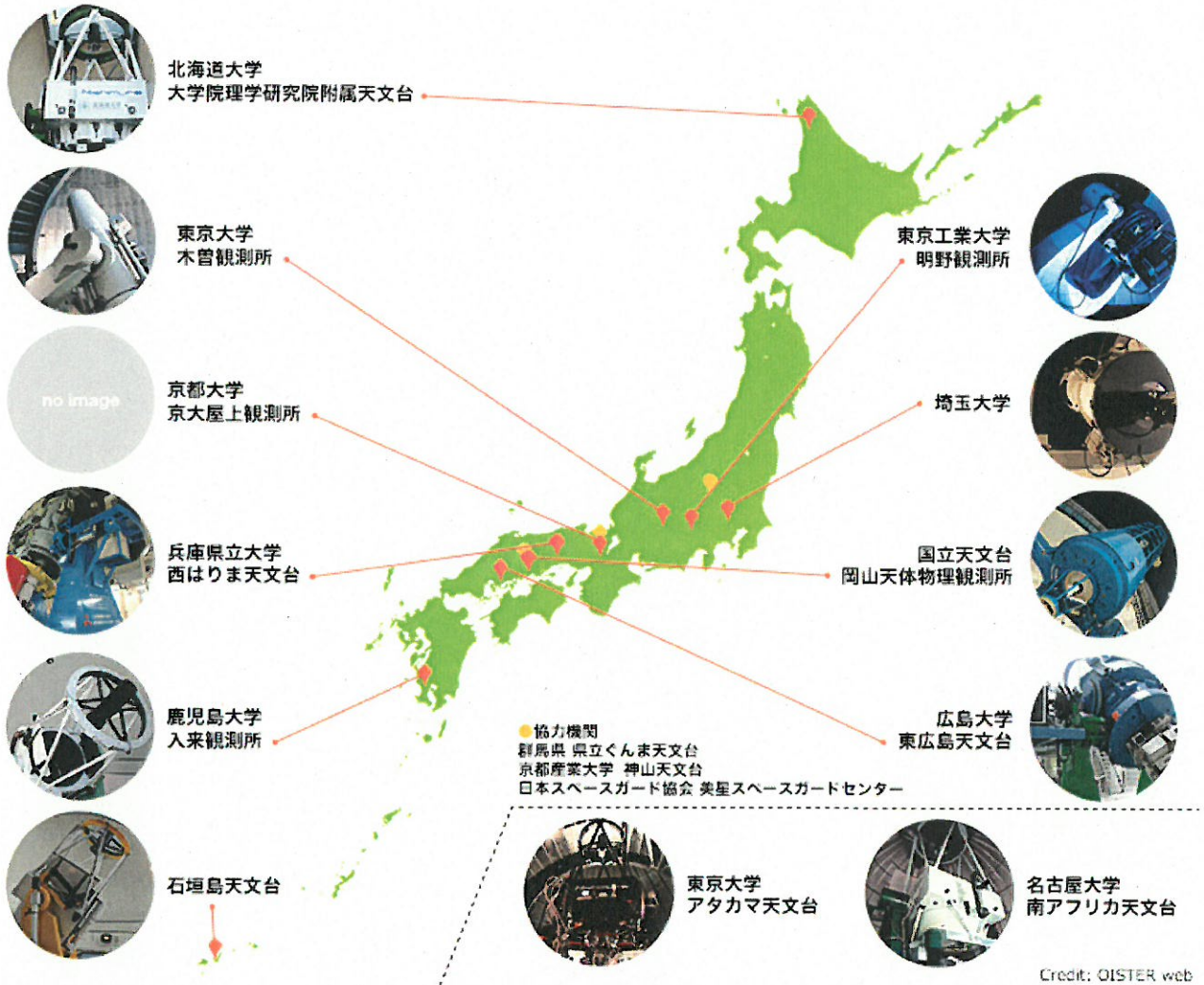
(*1) Ia 型超新星：超新星爆発は、そのスペクトル(光を波長に分解する観測)によって分類がなされます。スペクトルを用いると、膨張している大気に含まれる元素を調査することができます。水素とヘリウムが無く、ケイ素や鉄と言った比較的重い元素が豊富に含まれる場合、Ia 型と分類されます。

(*2) 明るさ：天体の明るさには、二種類あります。地球で観測される見かけの明るさは単に、見かけの明るさと呼ばれます。一方、その天体までの距離を考慮して単位時間あたりに放射される光の強さに換算されたものが、絶対的な明るさと呼ばれます。Ia 型超新星の場合、絶対的な明るさがわかっているために、見かけの明るさとの比から銀河までの距離を見積もることができます。

(*3) 白色矮星：地球程度の大きさに太陽程度の質量が詰め込まれた、とても密度の高い星です。相対性理論・量子力学に基づいた限界質量を持ちます。もう一つの星からのガスの降着によって、限界質量に達して爆発に至ると考えられており、そのため超新星の明るさも似ると考えられています。

(*4) SN 2012dn：2012 年 7 月 8 日に地球からおよそ 1 億 3000 万光年の距離にある銀河 ESO462-G016 (いて座・やぎ座の境界付近方向にある銀河) で発見された超新星です。海外からの報告によって、増光途中の『限界を超えた超新星』に非常に類似している可能性が指摘されました。

《添付資料》



Credit: OISTER web

図 1 光・赤外線天文学大学間連携に参画している各大学の望遠鏡群。これらのうち本研究において SN 2012dn の徹底観測に参加した観測機関は、国立天文台岡山天体物理観測所、同天文台石垣島天文台、広島大学、鹿児島大学、北海道大学、東京工業大学、名古屋大学、兵庫県立大学、京都産業大学です。また、大阪教育大学も観測に参加しました。



図 2 広島大学 1.5m かなた望遠鏡で取得された超新星爆発 SN 2012dn の星野画像。画像中央に SN 2012dn が見えています。また、超新星の存在している母銀河 ESO 462-016 が左側に見えています。この銀河までの距離は、1 億 3000 万光年と知られています。超新星はただの点源で、膨張で広がっていく姿を捉えることはできませんが、明るさや色などの変化を追うことが可能です。

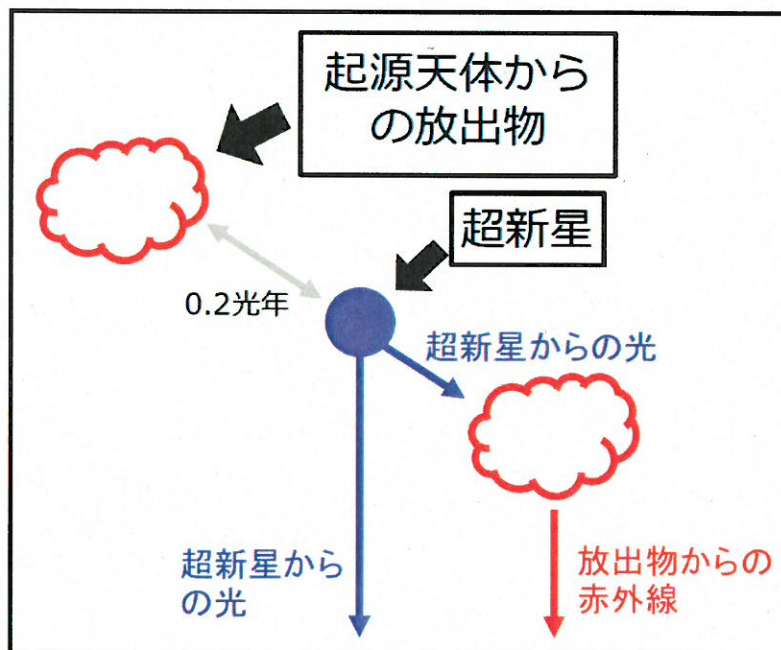


図 3 強い赤外線放射を引き起こしていると考えられる起源天体からの放出物の想像図。放出物は、起源天体が、超新星爆発を起こす以前に出したものです。放出された物質は、超新星からの放射（光）によって温められ、再び我々の方向に赤外線放射を出しています。本研究によって、超新星から放出物までの距離は 0.2 光年程度であることが明らかとなりました。

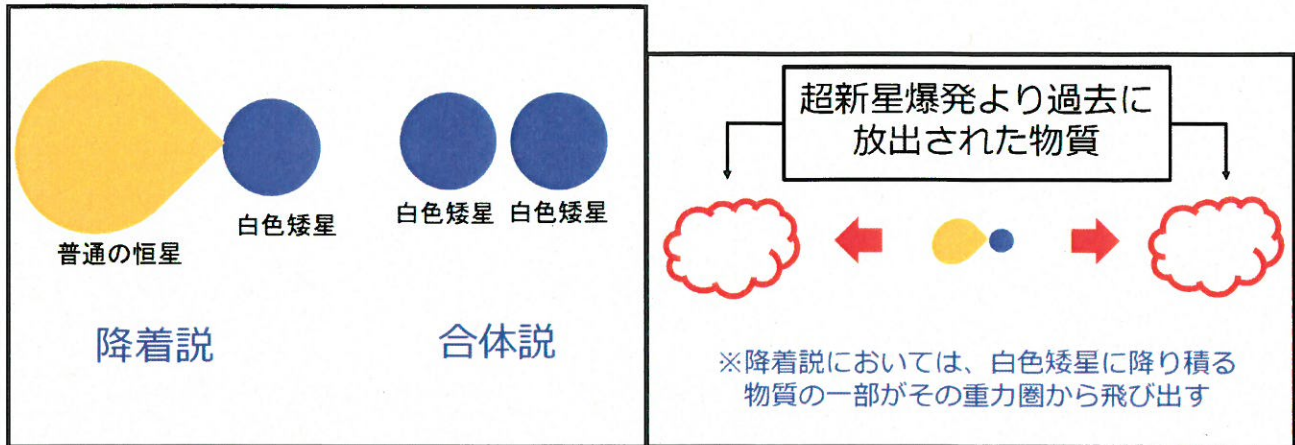


図 4 『限界を超えた超新星』の起源天体として考えられてきた二つのシナリオの想像図（左図）。どちらも非常に近い距離（例えば、太陽半径の数倍程度）で互いに回り合っている連星系です。今回、我々が捉えた放出物は、隣の普通の恒星から降り積る際に、重力圏から脱出したガスであり、これは、「降着説」でなければ説明できません（右図）。

《本研究の共同研究者一覧》

山中雅之（甲南大学）、前田啓一（京都大学）、田中雅臣（国立天文台）、富永望（甲南大学）、川端弘治、高木勝俊、川端美穂、中岡達也、上野一誠、秋田谷洋（以上、広島大学）、永山貴宏（鹿児島大学）、高橋隼、本田敏志（以上、兵庫県立大学）、面高俊宏、宮ノ下亮（以上、鹿児島大学）、長尾崇史（京都大学）、磯貝瑞希（国立天文台）、新井彰（京都産業大学）、伊藤亮介、宇井崇紘、植村誠、吉田道利（以上、広島大学）、花山秀和、黒田大介、浮田信治、柳澤顕史、泉浦秀行（以上、国立天文台）、斉藤嘉彦（東京工業大学）、増本一成、小野里佳子、野口亮、松本桂（以上、大阪教育大学）、野上大作（京都大学）、諸隈智貴（東京大学）、大朝由美子（埼玉大学）、関口和寛（国立天文台）

※本プレスリリースは以下の URL にて公開しております。

<日本語版>

http://tpweb2.phys.konan-u.ac.jp/~yamanaka/press/tarohirao_pr.html

<英語版>

http://tpweb2.phys.konan-u.ac.jp/~yamanaka/press/tarohirao_pr_Eng.html

《本件に関するお問い合わせ先》

[研究内容について]

甲南大学理工学部・物理学科 山中雅之（平生太郎基金研究員）

携帯 090-9712-8410（直通）Email: yamanaka@center.konan-u.ac.jp

[プレスリリースについて]

甲南学園広報部 松岡

兵庫県神戸市東灘区岡本 8-9-1

電話 078-435-2314（直通）Email: kouhou@adm.konan-u.ac.jp

本プレスリリース配信先：兵庫県教育委員会記者クラブ、神戸市政記者クラブ、大阪科学・大学記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会、大学記者会、広島大学関係報道機関

以上