

宇宙総合学研究ユニット NEWS 2021 年 7 月号



新メンバーの紹介

以下の方々が新しく併任教員として承認されましたのでお知らせします。

横山央明（よこやま・たかあき）氏

所属：理学研究科 附属天文台 教授

専門：太陽天体プラズマ物理学

自己紹介：太陽や天体で発生する、フレアなど高温プラズマの活動現象とエネルギー蓄積過程、磁場のダイナモによる生成維持について、スーパーコンピュータによる数値シミュレーションや、衛星・地上望遠鏡の観測で研究しています。

常見俊直（つねみ・としなお）氏

所属：理学研究科 サイエンス連携探索センター 講師

専門：科学教育、科学コミュニケーション、原子核・素粒子物理学

自己紹介：科学教育を軸に、広報や社会連携事業に取り組んでいます。元の専門は、原子核・素粒子物理学です。

藤井悠里（ふじい・ゆり）氏

所属：人間・環境学研究科 相関環境学専攻 自然環境動態論講座 助教

専門：惑星・衛星形成論

自己紹介：惑星・衛星の誕生の場となる原始惑星系円盤や周惑星円盤のダイナミクスについて、研究しています。最近では生命の起源にも興味を持ち、「第1回リンと生命の起源研究会」の主催や名古屋大学の宇宙生物学若手ユニットの立ち上げに向けての活動などを行って来ました。京都大学でも活動の輪を広げて行きたいと思っています。

児玉 聡（こだま・さとし）氏

所属：文学研究科・倫理学専修 准教授

専門：英米倫理思想史・応用倫理学

自己紹介：最大多数の最大幸福で知られる功利主義を中心に研究しています。また、いろいろな実践的問題に関心がありますが、とくに終末期医療やゲノム編集などの生命倫理、健康増進や感染症対策といった公衆衛生の倫理の問題などを研究しています。

近藤圭介（こんどう・けいすけ）氏

所属：法学研究科 准教授

専門：法理学・法哲学

自己紹介：法理学・法哲学という分野を担当しています。かつて宇宙ユニットにおられた呉羽さんにご招待いただき、宇宙倫理学の研究プロジェクトに参加させていただいたり、第10回宇宙ユニットシンポジウムで講演させていただいたりしてきました。これまでは宇宙資源の開発・分配をめぐる法哲学的諸問題について色々考えてきましたが、今後はさらに検討対象を広げていくことができればと思います。

桑島修一郎（くわじま・しゅういちろう）氏

所属：大学院総合生存学館 特定教授

専門：産学官連携論、イノベーション政策論

自己紹介：応用物理学分野の研究者を経て、2010年から経済産業省にて産業技術・イノベーション政策立案に従事、2012年より京都大学産官学連携本部にて連携促進業務に従事してきました。2021年より京都大学大学院総合生存学館に異動し、イノベーションの可能性と限界との両面から大学が果たすべき役割について研究しています。宇宙が産業の舞台になりつつある今、イノベーションの観点から捉えてみたいと考えています

平岡隆二（ひらおか・りゅうじ）氏

所属：人文科学研究所 東方学研究部 准教授

専門：科学史、天文学史

自己紹介：人類の知的所産としての天文学・宇宙論の歴史に関心があり、とくに16～19世紀の日本・中国に伝来した西洋天文学の内容と背景、またその史的意義について、歴史学の観点から検討している。著書に『南蛮系宇宙論の原典的研究』（花書院、2013年）など。京都大学文学部で特殊講義「東西宇宙観の出会いと交流」（前期）を担当している。

今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	開催方法
8月3日（火） 15:00-16:30	<u>第3回宇宙学セミナー</u> 講師：高橋 和生 氏 （京都工芸繊維大学 電気電子工学系 准教授） タイトル：プラズマに浮遊する微粒子（塵、水、微生物）の微小重力科学	Zoomによるオンライン開催 （事前申込制） 下記のQRコードよりお申し込みください 

※宇宙学セミナーの詳細は随時 Web ページ（<https://www.uss.kyoto-u.ac.jp/seminar/>）で公開いたします。

SIC 有人宇宙学研究センター設立記者会見

2021 年 6 月 22 日に SIC 有人宇宙学研究センター（大学院総合生存学館ソーシャルイノベーションセンター有人宇宙学研究領域）が正式に発足し、記者会見を行いました。額重慎宇宙ユニット長が挨拶し、今後の連携等について会見しました。

センター長は、宇宙ユニットのメンバーでもある山敷庸亮教授で、土井隆雄特定教授をはじめ、特任教員として NASA/GSFC の V. Airapetian 特任教授、JAXA 稲富裕光教授、稲谷芳文特任教授や、山崎直子特任准教授らが就任しました。今年度の宇宙ユニットシンポジウムにおいても共催することになっています。

設立記者会見および SIC 有人宇宙学研究センターに詳しくは以下のページをご覧ください。

設立記者会見: <https://space.innovationkyoto.org/2021/06/24/press-release/>

SIC 有人宇宙学研究センター: <https://space.innovationkyoto.org>

ティコの超新星残骸の膨張に急ブレーキ！？

Ia 型超新星爆発の謎に挑む

Herman Shiu-Hang Lee

京都大学 理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻 宇宙物理学教室

天文学（特に観測）ではたまに「常識」破りの現象が発見され、それはしばしば研究者の元々の意図と関係なく唐突にやってくる。今回のサプライズは、ティコの超新星残骸という天体からやってきた。ティコ

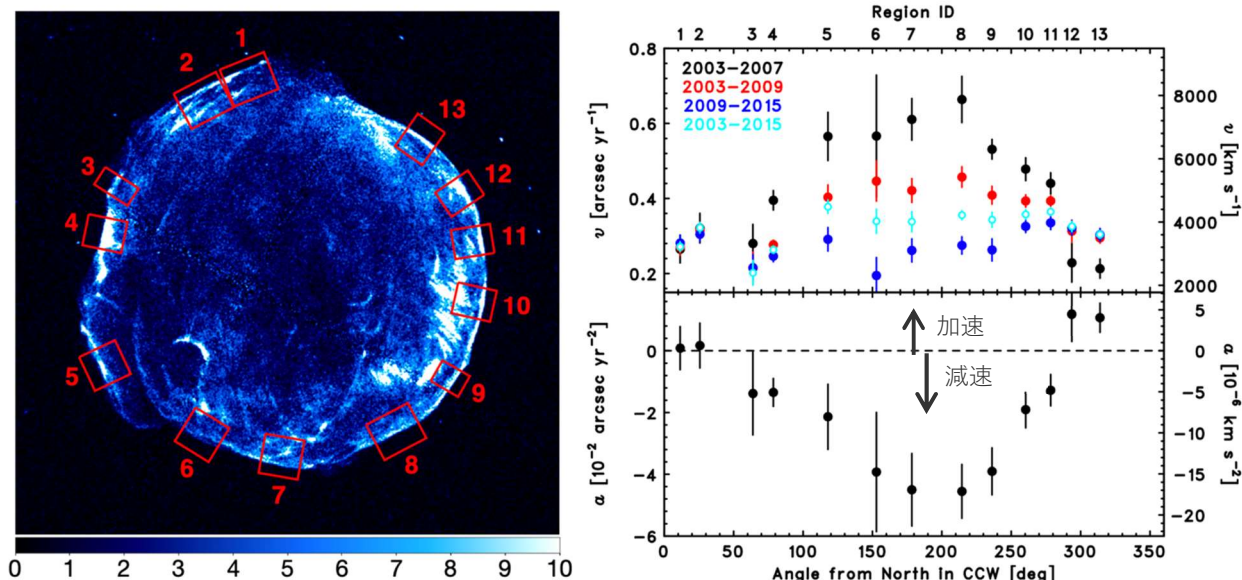


図 1 : (左) Chandra 衛星によるティコの超新星残骸の高エネルギー (4.1 - 6.1 keV) X 線撮像。(右) それぞれの領域で測った衝撃波の速度 (上) と加速度 (下)。速度は各年代の衝撃波の動径位置を比べることで得られた (例えば赤いデータ点は 2009 年と 2003 年の差で導出したもの)。南と西方向での急減速が特に明らかである。

の超新星残骸（図 1 左）は、1572 年にカシオペア座の方向でデンマーク天文学者のティコ・ブラーエにより観測された超新星が、爆発してから約 450 年を経た今の姿だ。ある種の星の最期を刻む現象である超新星爆発。その様々な種類の中でも、Ia 型という超新星は特に注目されてきた。それは、その高い輝度に加えて、光度曲線の振る舞いが一様であることが知られており、宇宙論的な距離を測る標準光源として最適だからだ。実際に 2011 年のノーベル物理学賞は Ia 型超新星のデータを用いて得られた成果だった。しかしながら、近年では Ia 型超新星にも実は多様性が存在するということが徐々にわかってきており、その爆発メカニズムの謎がますます深まっている。

Ia 型超新星は白色矮星という高密度のコンパクト星が引き起こす爆発現象と理解されている。白色矮星は太陽くらいの質量をもつが、太陽の 1/100 くらいのサイズしかない星だ。我々の太陽もやがて白色矮星になる運命を持っているが、通常ではそれは爆発などはしない。白色矮星がどのように超新星爆発に至るのかについては、未だに論争が続いており、宇宙物理学分野の重要課題の一つだ。大別すると二つの説がある：

○白色矮星降着モデル：白色矮星と恒星の連星系が爆発を引き起こすというもの。この説では、白色矮星に恒星からのガスが降り積もることで、限界質量(チャンドラセカール質量)に近づき、暴走的な核融合が始まり爆発すると提唱されている。

○白色矮星合体モデル：連星系をなす二つの白色矮星同士が合体して爆発を起こすというもの。

しかし、必ずしもこの二つの説のいずれかが正解という話とも限らない。この二つのチャンネルによる Ia 型超新星の両方が我々の宇宙では発生している可能性もあり、その場合には、それぞれがどれくらいの割合で、それぞれがどのような環境のなかで起きているのかは極めて重要課題である。例えば、Ia 型超新星爆発は生命の誕生にも不可欠な鉄などの重元素の主要起源だが、その生成量は爆発機構によって大きく異なる。今回のティコの超新星残骸の研究から得られた新発見（1）は、まさに Ia 型超新星爆発機構の謎に一筋の光明を差す結果であった。

ティコの超新星残骸は長年にわたって、電波から可視光、X 線・ガンマ線までの電磁波で観測されてきた。同時にその膨大な観測データは多数の理論モデルと照り合わせられ、ティコの超新星残骸の流体進化、その周りの星間環境などについて「スタンダードモデル」と呼ぶべきものが構築されつつあった（2）。一立方センチメートルの星間空間に一つ以下の水素原子しか存在しないような薄く一様なガスの中で爆発した、一般的な Ia 型超新星というモデルがよくデータを説明できた。細かい内部構造を除いて、それはまさに教科書に載せられているような「優等生」的な超新星残骸と認識されていた。

今回、京都大学大学院理学研究科助教（当時）田中孝明氏がリードした我々の研究チームは、米国が打ち上げた X 線天文衛星チャンドラ(Chandra)によって、2003 年、2007 年、2009 年、2015 年に取得されたティコの超新星残骸の観測データの解析を行った。超新星爆発によって音速を超えた速度で噴出物が飛び出したために生成された衝撃波は、爆発後、約 450 年経った現在も膨張し続けている。我々は、その衝撃波の膨張速度を精密に測定した。その結果、膨張速度が最近になって急激に減速していることを発見した（図 1 右）。それは誰にも予想できなかった、まさに「スタンダード」から乖離した結果であった。

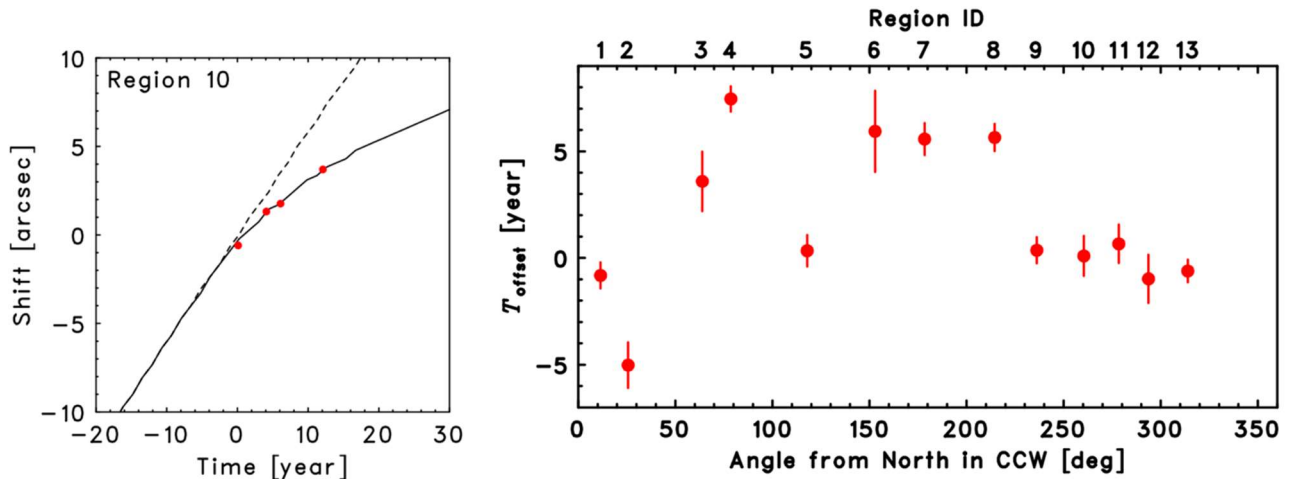


図 2：（左）数値計算の結果と領域 10 で観測した衝撃波の動径位置の比較。実線と点線はそれぞれ空洞から濃いガスに衝突した場合と衝突なしの場合。（右）数値計算の結果で見積もった各領域の衝突タイミング。ゼロ値は 2013 年に衝突した場合。

我々はさらに数値計算を行い、データと比較してみた（図 2 左）。すると観測されたような減速は、これまで密度の低い空間を進んでいた衝撃波が、密度の高いガスの壁のような構造に衝突した場合によく説明できることがわかった。それは、ティコの超新星が濃いガスに囲まれた空洞の中で起こったことを意味する。この空洞は、爆発前の親星の活動によって作られた構造だと考えられる。Ia 型超新星の起源が白色矮星と恒星の連星系であるとする説においては、東京大学(当時)の蜂巢氏らによって、ガスが降り積もる白色矮星の表面から高速の風が吹くと提唱されている。この風によって空洞が作られたと考えると、我々の観測結果と合致することがわかった。つまり、我々の結果はティコの超新星は白色矮星と恒星の連星系により引き起こされたという説を強く支持するというものになった。

さらに面白いのは、どうやらティコの「急ブレーキ」は方向によってタイミングが違うことがデータにより示唆されたことだ（図 2 右）。今回の急減速は主に南及び西方向に見つかったが、北・東方向の減速は比較的緩やかであることがわかった。数値計算との比較によると、それは北・東方向の衝撃波は南・西のものよりも早いタイミングで濃いガスの壁に衝突したという描像でよく説明できる。そのタイミングの差を作った原因としては、空洞と超新星爆発の中心位置のズレ、超新星爆発の非等方性、空洞の非球対称性など複数の可能性があり、その解明は今後の課題である。しかも、可視光での観測では、北・東方向の衝撃波にしか明るい H α 輝線放射が見つかっていない（3）。通常では、H α 輝線は衝撃波と濃いガスとの相互作用のしるしだが、急減速を示す南西方面で見つからないのは不思議である。さらに、白色矮星・恒星連星系起源説から予測される伴星の痕跡も見つかっておらず、これも残された未解明問題である。

今回の結果はティコの超新星の起源の理解に一石を投じたものであるが、まだまだ謎は山積みである。我々の結果が示したように、ティコの超新星残骸は従来思われていたよりはるかにダイナミックな天体であり、今後何十年の間さらに急激に進化する可能性が大いにある。そのような進化をさらに理解することで、更なる知見が得られるであろう。ティコの超新星残骸のさらなる多波長での追加観測計画、及び新たな

理論モデルの構築が、Ia 型超新星爆発の仕組みとその多様性の理解に不可欠であることはもはや言うまでもないのであろう。

参考文献

T. Tanaka, T. Okuno, H. Uchida, H. Yamaguchi, S.-H. Lee, K. Maeda and B. J. Williams, "*Rapid Deceleration of Blast Waves Witnessed in Tycho's Supernova Remnant*", The Astrophysical Journal Letters, Volume 906 (1), L3, 2021

P. Slane, S.-H. Lee, D. C. Ellison, D. J. Patnaude, J. P. Hughes, K. A. Eriksen, D. Castro and S. Nagataki, "*A CR-hydro-NEI Model of the Structure and Broadband Emission from Tycho's SNR*", The Astrophysical Journal, Volume 783, pp. 33, 2014

B. J., Williams, K. J. Borkowski, P. Ghavamian, J. W. Hewitt, S. A. Mao, R. Petre, S. P. Reynolds and J. M. Blondin, "Azimuthal Density Variations Around the Rim of Tycho's Supernova Remnant", The Astrophysical Journal, Volume 770, pp. 129, 2013

京都大学プレスリリース (2021 年 01 月 08 日)

<https://www.kyoto-u.ac.jp/ja/research-news/2021-01-08-4>

宇宙ユニットの活動やイベントについては、下記サイトをご覧ください。また、宇宙ユニットや本 NEWS に関する皆様のご意見等も気軽に下記メールアドレスまでお送りください。

京都大学 宇宙総合学研究ユニット

<https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/>

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 吉田キャンパス北部構内 北部総合教育研究棟 507 号室

編集人：堀山勝輝

Tel&Fax: 075-753-9665 Email: usss@kwasan.kyoto-u.ac.jp