

# 初めて観測された新星爆発の 点火の瞬間 MAXI J0158-744



森井 幹雄<sup>※1</sup>

〈理化学研究所MAXIチーム 〒351-0198 埼玉県和光市広沢2-1〉

e-mail: mikio.morii@riken.jp

新星爆発は、可視光で1万倍近くも急激に明るくなることから、人類は目視によって紀元前から「新しい星」として観測してきた。しかし、その正体は約100億歳の年老いた天体「白色矮星」であり、その表面上に堆積した水素ガスによる核融合反応の暴走現象である。爆発から数百日経って可視光が減光していったところにX線が増光することは知られている。全天X線監視装置「MAXI」は、特異な軟X線突発天体MAXI J0158-744を発見し、これが初めて観測された新星爆発の点火の瞬間であることを明らかにした。この現象はわれわれの予想を越えた現象であったため、理解に至る過程には紆余曲折があった。本稿では発見から解明に至るまでのドラマをお伝えしよう。

## 1. MAXIの活躍

全天X線監視装置 (Monitor of All-sky X-ray Image; MAXI, マキシ)<sup>1)</sup> は、国際宇宙ステーション (ISS) 上の日本の実験モジュール「きぼう」の船外実験プラットフォームに取り付けられた日本の観測装置である。X線天体の活動を92分ごとに全天にわたってモニター観測することができる。2009年8月から観測を開始し<sup>2)</sup>、現在運用5周年を迎えた。MAXIは、理化学研究所 (理研) と宇宙航空研究開発機構 (JAXA) を中心とする全国の研究機関から構成されるMAXIチーム<sup>※2</sup>が開発・運用、そしてデータ解析・公開<sup>※3</sup>を行っている。MAXIは2種類のX線カメラを搭載している。ガス比例計数管を用いたGSC (Gas Slit Camera)<sup>3), 4)</sup> と、X線CCDを用いた

SSC (Solid-state Slit Camera)<sup>5), 6)</sup> である。それぞれ、2-30 keV, 0.7-10 keVのエネルギー範囲に感度をもつ。また、 $1.5 \times 160^\circ$  と  $1.5 \times 90^\circ$  の細長い視野をもち、ISSが地球の周りを92分で1周する間にほぼ全天をスキャンすることができる。

MAXIチームの多大な努力の結果、これまでに数多くの突発天体を発見し、GCN (The Gamma-ray Coordinates Network), ATel (The Astronomer's Telegram) を通して速報してきた (2014年8月26日現在, GCN: 53件, ATel: 157件)。そして、「草食系ブラックホールの発見」<sup>7)</sup> や、「ブラックホールに星が吸い込まれる瞬間の観測」<sup>8)</sup>、「極超新星の痕跡を発見」<sup>9)</sup> といった成果を上げてきた。

<sup>※1</sup> 2015年4月より、統計数理研究所 統計的機械学習研究センター 〒190-8562 東京都立川市緑町10-3に所属が変わります。

<sup>※2</sup> MAXIチーム: 理研, JAXA, 大阪大学, 東京工業大学, 青山学院大学, 日本大学, 京都大学, 中央大学, 宮崎大学の研究者からなる。

<sup>※3</sup> <http://maxi.riken.jp/top/>

## 2. MAXI J0158-744の発見

2011年11月11日は記念すべきゾロ目の日だ。天文学の歴史に残る突発現象が発生したからである。日本時間午後2時5分59秒（トリガー時刻）、MAXIの突発天体発見システム（Nova search）<sup>10)</sup>が小マゼラン雲（SMC）の近傍に新天体の発生を知らせた。この知らせは直ちに（47秒後！）、GCN Noticeとして発信された<sup>11)</sup>。この段階における位置精度は半径1度である。Nova searchが検出した突発天体の詳細は、Flash ReportsというQuick Lookのホームページに自動的にリストアップされる。画面上、X線光子のエネルギーバンド（2-4, 4-10, 10-20 keV）に応じて、それぞれ赤・緑・青色で表示することにより、エネルギースペクトルの傾向を色で把握できる。このページを見たMAXIチームメンバーは一目でその重要性を認識した。まっ赤な明るい天体が銀河面のはるか下方に出現していたからである。よく突発天体として発見されるGRB（Gamma-ray Burst）ならば青白く表示されるはずである。こ

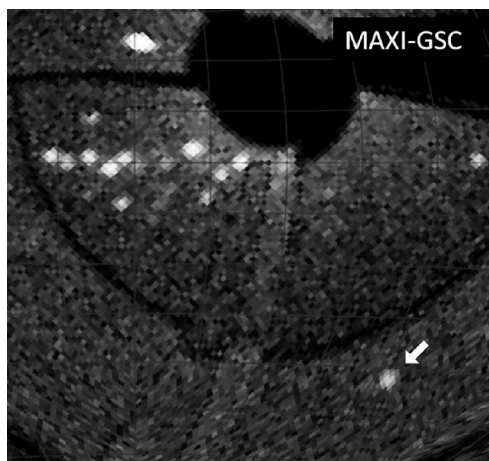


図1 MAXI-GSCの全天図上に突如現れたMAXI J0158-744（矢印）。MAXIチームでは、MAXI-GSCのデータを使って全天図を90分ごとに1枚作成しているが、この天体が現れたのはこの1枚だけ<sup>29)</sup>。

れは、ほとんど2-4 keVの低エネルギーバンドだけで検出されたことを意味する。しかも明るく0.5 Crabもあった（図1）。似たような現象として知られていたのは、超新星爆発の衝撃波が星の外層を突き破る瞬間に発生するショックブレイクアウト<sup>12)</sup> だけであり、そうでなければ、未知の天体現象であるということが直ちに理解できた。

MAXIが検出した突発天体の正体を突き止めるには、他の望遠鏡による追観測が不可欠である。Swift衛星は機動性に優れているため、MAXIで発見した天体の追観測に最も適したX線望遠鏡である。今回も直ちにSwiftチームのJamie Kennea氏が反応し、Swift衛星でフォローアップする臨戦態勢に入った。MAXIチームは天体位置の誤差領域を絞り込む作業を始めた。まず、よく較正されている4-10 keVのデータを用いて、トリガー時刻から3時間後に、MAXI J0158-744とXRF111111Aという二つの名前を付けてGCNとATelに報告した<sup>13), 14)</sup>。この時点での誤差領域は半径0.42度（統計誤差）であった。Swift衛星のX線望遠鏡（XRT）の視野は半径0.2度であるため、もっと誤差領域を絞り込むことが望ましく、急拠プログラムを書き直して、2-4 keVのエネルギー領域で位置決定を行った。その結果、半径約0.1度（統計誤差）まで絞り込むことができ、トリガー時刻から約12時間後に報告した<sup>15)</sup>。

一方Swiftチームは、MAXIの誤差領域を覆うように4点タイリング観測をして対応天体を探索した。トリガー時刻から約11時間後、Swift/XRTは、X線天体のカタログに登録されていない新天体をMAXIの誤差領域内に検出した<sup>16)</sup>。Swift衛星の可視紫外望遠鏡（UVOT）によると、このX線天体の位置は、可視光のカタログ天体と位置が一致し、明るさはカタログ等級（B~15）より数等級増光していることがわかった。SMCの近傍であるため、天体距離をSMCまでの距離（60 kpc）と仮定すると、B型星に対応することがわかった。そのため、超新星爆発のショックブレイ

クアウトとは考えにくくなった。その後、台湾の Li と Kong らのグループが Swift 衛星の TOO (Target of Opportunity) を申請しフォローアップ観測を仕掛けてきた。この観測により、新星爆発の後期 (Super-soft source (SSS) 期) にしばしば観測される軟 X 線放射によく似たものが得られた。そのため、MAXI J0158-744 は新星爆発の一種であると考えられるようになった<sup>17)</sup>。ただし、SSS 期の出現は通常新星の 100 倍も速かった。

### 3. 白色矮星と新星爆発

ここで白色矮星と新星爆発についておさらいしておこう<sup>18)</sup>。白色矮星は、内部の燃料を使い果たした年老いた天体で、電子の縮退圧によって自己重力に対抗し星形状を維持している。白色矮星は質量が大きくなるほど小さく高密度になり、同時に縮退圧も増加して自己重力に対抗するが、質量が太陽質量 ( $M_{\odot}$ ) の約 1.4 倍を超えると電子の運動速度が相対論的速度に達し、縮退圧の増加が鈍化して、自己重力でつぶれてしまう。この最大質量をチャンドラセカール限界と呼ぶ。

単独星の進化の果てに生成される白色矮星の場合、恒星の初期質量 ( $M$ ) に応じて白色矮星内部の元素組成が異なってくる。軽い順に He 白色矮星 ( $M/M_{\odot} < 0.46$ )、C-O 白色矮星 ( $0.46 < M/M_{\odot} < 1.07$ )、O-Ne-Mg 白色矮星 ( $1.07 < M/M_{\odot}$ ) となる。

連星系中の白色矮星の場合は、進化の途中で連星間に質量の受け渡しが起きるため、複雑な進化を辿る。そして、誕生時に軽くて伴星からの質量降着により質量を徐々に獲得し、チャンドラセカール限界に達することがある。このとき、C-O 白色矮星の場合は、Ia 型超新星爆発を起こす。O-Ne-Mg 白色矮星の場合は、爆縮を起して中性子星になると考えられている。

白色矮星が質量を獲得していく過程で時折、白色矮星の表面上に堆積した水素の核融合反応の暴

走が発生する。これが新星爆発である<sup>19)</sup>。この爆発により白色矮星から放出された物質は、数日かけて約 100 倍の太陽半径に膨張する。放出物の外側の低温の領域からは可視光線が放射される。このとき可視光で急激に 1 万倍近くに明るくなり、新天体として発見される (新星)。その後、数十から数百日かけて緩やかに減光し、爆発前の状態に戻る。減光の後期には光球の半径が減少し、内部の高温領域が見え始めるため、可視光の代わりに超軟 X 線放射 (0.1 keV 以下) が観測されるようになる。この時期を SSS 期と呼ぶ。質量の大きい白色矮星では、表面重力が大きく、少ない堆積物で核融合反応が点火するため、放出物が少なくなり、可視光放射と SSS 期のタイムスケールが短くなる。そのため、白色矮星の質量をこれらのタイムスケールから見積もることができる<sup>20)</sup>。

一方、新星爆発の点火後数時間の間には、エディントン限界を超えるほど明るい紫外線閃光が放出されると理論的に予測されている (これを火の玉期と呼ぶ)<sup>21)</sup>。白色矮星の質量が大きくなると、より明るく、より高温の放射になる (つまり X 線!)<sup>22)</sup>。しかし、新星爆発がいつ・どこで発生するかが予測不可能であることと、紫外線の波長域で全天をモニターする観測装置が存在しないために火の玉期は観測されたことがなかった<sup>22)</sup>。

### 4. MAXI と Swift による観測結果

話を MAXI J0158-744 の観測に戻そう<sup>23)</sup>。この天体は、GSC の 1 スキャン観測で発見されたが、ひきつづき 2 回の SSC スキャンでも検出された (220 秒後と 1,300 秒後)。220 秒後のスキャンが最も明るく、 $2 \times 10^{40} \text{ erg s}^{-1}$  に達した (0.7-7.0 keV, 図 2)。これは  $1M_{\odot}$  の質量をもった天体におけるエディントン光度の 100 倍であり、とんでもない明るさである。さらに、1,300 秒後の SSC のエネルギースペクトル中には、輝線が検出された。このエネルギー ( $0.93 \pm 0.01 \text{ keV}$ ) は、He-like ネオンの特性 X 線と一致した (図 3)。突

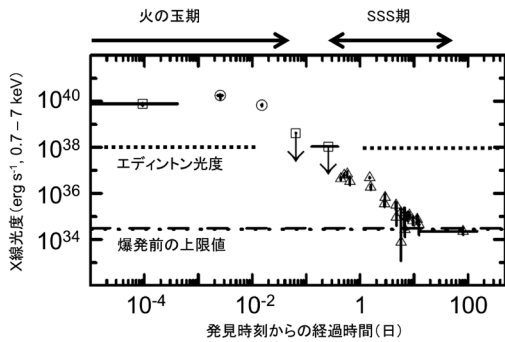


図2 MAXI J0158-744の光度曲線。横軸はトリガー時刻からの経過時間(単位: 日)。最初の5点がMAXIの観測点(四角印: GSC, 丸印: SSC), その後の観測点(三角印)はSwiftによるもの<sup>29)</sup>。

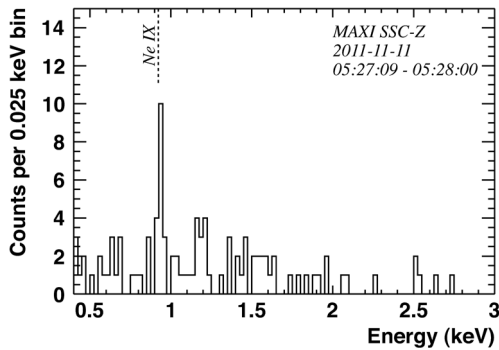


図3 MAXI/SSCで得られたMAXI J0158-744のエネルギースペクトル<sup>29)</sup>。

発天体のエネルギースペクトル中に輝線が観測される例はほとんどない。

輝線が検出されたことから、光学的に薄いプラズマからの放射を観測したと考えるのが妥当である。再帰新星RS Ophiuchiでも、新星爆発の爆風が周囲のガスを加熱して、光学的に薄いプラズマからの放射が観測されたことがあるからである<sup>24)</sup>。そこでスペクトルをMekalモデルで説明することにしたが、問題は明るさであった(MAXI J0158-744はRS Ophiuchiより1万倍も明るいのだ)。これに相当するEmission measure (EM= $\int n_e n_p dV$ )は $\sim 10^{63} \text{ cm}^{-3}$ になった。MAXI/GSCは92分前に同じ領域をスキャンしたが天体

は検出されていない。つまり、92分の間にこのEMを放出するサイズに放射領域が広がらないといけないのである。通常の新星爆発の爆風速度と、星間空間のガス密度を仮定すると不可能であった<sup>23)</sup>。

MAXI J0158-744のSwift/XRTの観測では、SSS期によく似た放射が観測され、約1カ月後には検出限界以下に暗くなった。この間のエネルギースペクトルを黒体放射でモデル化すると、放射の半径は、約1万kmから約100kmに減少し、一方温度は、約60 eVから約100 eVに上昇した。これは、縮小する光球に対応すると解釈できた。従って、Swift衛星が観測を開始した約11時間後にはSSS期が始まっており、約1カ月後に終了したことになる。こんな速いタイムスケールは新星爆発の理論モデルでは計算されていなかった<sup>20)</sup>。あえて外挿すると白色矮星の質量はチャンドラセカール限界に極めて近いところにくる。理論モデルの想定を超える現象であった。

## 5. 伴星の謎

X線フレアを起した白色矮星だけではなく、B型の伴星も非常に奇妙であった。なぜなら、連星系をなす恒星は同時に誕生すると考えられるが、B型星の年齢は $10^7$ 年以下であるのに対し、白色矮星は $10^9$ - $10^{10}$ 年だからである<sup>18)</sup>。そこで最初は、可視光伴星が主系列の星ではなく、進化の最終段階の白色矮星に至る直前のPost-AGB星であると推測した。これならば年齢の不一致の問題はなくなる。しかしPost-AGB星での滞在時間は $10^2$ - $10^3$ 年程度であり、天文学的には一瞬とも言えるような短い期間である<sup>25)</sup>。可能性としては低い。

本当にPost-AGB星であるかどうかを確かめるため、可視光の分光観測をしたかった。そのためAAT (Anglo-Australian Telescope) やGemini-South望遠鏡にプロポーザルを提案したがいずれも拒否された。日本人にとって利用しやすい南半球にあ

る分光観測可能な小口径の可視光望遠鏡は、残念ながら存在しないようである。このことが理解の妨げとなった。星のタイプがわからなければ確かな距離が決められず、議論が進まないためである。

そもそも、MAXIが検出したフレアが明る過ぎるため、実は距離がもっと近いのではないかという疑いがあった。しかしながら、距離がもっと近いとすると、ただでさえ小さすぎるSSS期の黒体放射の領域がもっと小さくなるという問題が生じる。つまり距離を変化させた場合でも、矛盾が生じるのである。

その後、Be星と白色矮星との連星系がSMCで発見されたという論文<sup>26)</sup>に気づいた。連星進化の過程で発生する質量交換により、そのような連星系が多く生成されうることを知った<sup>27)</sup>。

## 6. Swiftチームとの協力と遅延

ともかくにも謎だらけの天体であったが、MAXIのデータと、Swiftのオープンなデータとを組み合わせて論文のドラフトを作成した。これほど異常な天体なので、思い切ってN誌に投稿することにした。ここで慎重にことを運ぶため、Swiftチームと協力することとした。多様な意見を取り入れて論文の質は向上したが、停滞の原因にもなり提出が遅くなった。今回の現象はMAXIのデータだけから新発見が得られたことから、むやみに手を広げ過ぎないほうが良かったと思われる。

一方、Swiftチームを通して、可視光の分光観測をSMARTS望遠鏡で行うことが可能になった。その結果、 $H_{\alpha}$ と $H_{\beta}$ の輝線がはっきり検出され、伴星がBe星であるという確証が得られた<sup>23)</sup>。

## 7. 苛酷だったインド紀行

2012年7月、インドのマイソールでCOSPARが開かれた。私も参加しこの天体の発表を行うことにしていた。当然、論文を投稿してから発表に行くつもりであったが、前節のこともあり間に合

わなかった。おまけに、ひどい腰痛にもみまわれた。そんな状況でインドには行かないほうが良いのではないかと考えましたが、無理をして行くことにした。

MAXI J0158-744の発表を行ったところ、案の上反響は大きかったが、聴講者の中にLiらの協力者が居り、われわれと同様の結果を得ていたことを知った。そして私の発表の2日後、Liらが論文をApJに投稿した。そのため、インド滞在中から大至急で論文の改訂に取り掛かった。緩むお腹、大量に蚊に刺された恐怖と腰痛に堪えて2週間後にN誌に投稿した。腰痛はその後コロっと直った。

さて、N誌の場合編集者の初期チェックで9割が落とされると聞くがわれわれは即パスし、レフェリーに回るようになった。返ってきた2名のレフェリーコメントは好意的だった。しかしその後Liらの論文がApJに受理されてしまった(2012年10月)<sup>28)</sup>。その半月後に再投稿し、どちらのレフェリーも受理して良いという返事であったが、編集者は難色を示した。われわれは諦めざるをえなかった。やはりこの雑誌は厳しい。

## 8. 火の玉期

そこで今度はS誌に投稿することにした。これを機にアイデアを練り直した。MAXIが捉えた初期フレアが光学的に薄いプラズマからの放射であると考えことに納得がいかなかったからである。そこで、新星爆発の論文や教科書を再度見直して新星爆発初期に「火の玉期」と呼ばれる閃光が放出され、エディントン光度の10倍の明るさになる可能性があること記載されていることを見つけた<sup>21), 22)</sup>。ただし、この場合の放射機構は黒体放射であり、輝線は説明できない。黒体放射の領域の外側に光学的に薄いプラズマの存在を仮定することにしたが、EMが大き過ぎる問題が解決できないことには変わりはない。また、黒体放射の明るさと光学的に薄いプラズマからの放射の

明るさが同じオーダーになることも考えにくいことであった。

2013年3月、理研主催の小規模な研究会が行われた。MAXIの観測成果についてレビューを行い、議論することが目的であった。本天体については、茂山俊和氏に話を持ち掛け、謎解きを依頼することとなった。森井が観測のレビューを行い、茂山氏が理論的な解釈を行った。このとき、茂山氏は「輝線が強すぎる」問題を根本的に解決する素晴らしいアイデアを提案された。

輝線の光子源を光学的に薄いプラズマと考えるのではなく、共鳴散乱で説明するのである。新星風の内部に速度差があると、輝線形状がP-Cygni profileになるだけでなく、自己吸収が抑制され強い輝線が放出可能になるのである。このことに、MAXIとSwiftチームの誰もが気づくことができなかった。このアイデアで上手くいきそうであることはしだいにわかってきたが、その内容を盛

り込んでS誌に投稿するまでの時間はなかった。

「MAXIのフレアは新星爆発の火の玉期を史上初めて観測したものである」という内容でS誌に投稿したものの、編集者の初期チェックで落された。その後、論文の全面書き換えを行って、観測論文をApJに投稿し、2013年10月3日に受理さ

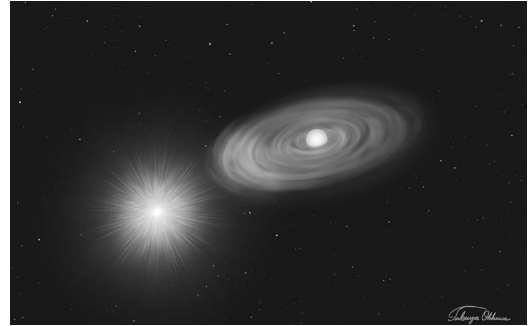


図4 MAXI J0158-744の想像図。白色矮星（左）とBe星（右）との連星系である。Be星はディスクを伴う（大川拓也氏作）<sup>29)</sup>。

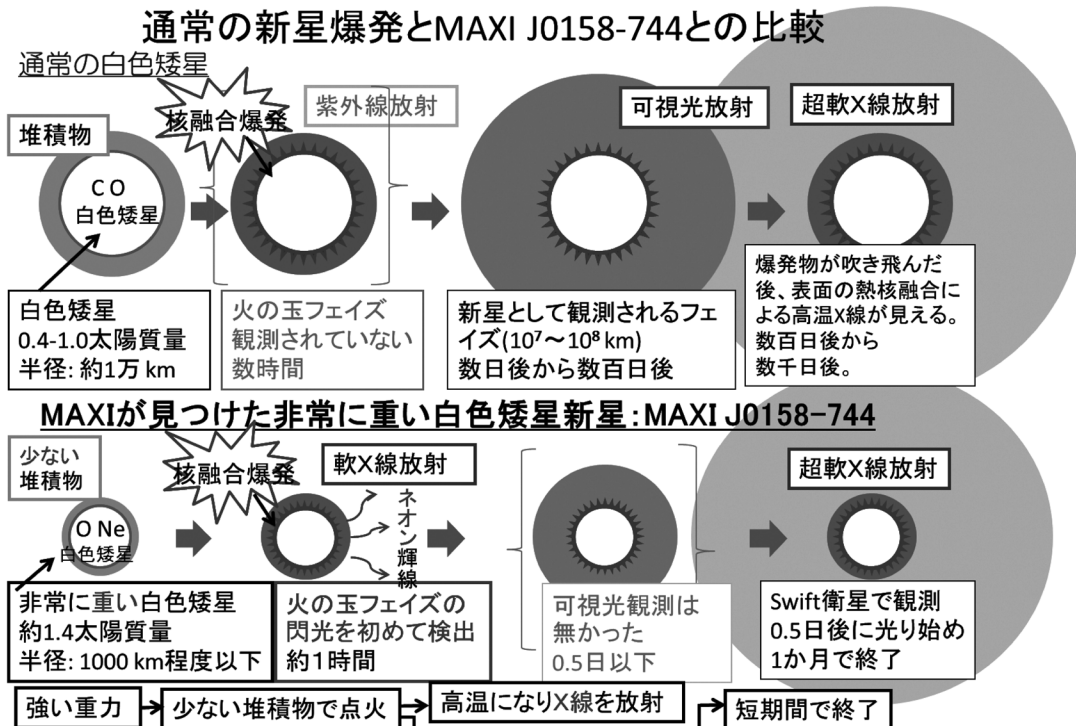


図5 通常の新星爆発とMAXI J0158-744とを比較した図<sup>29)</sup>。

れた<sup>23)</sup>. この段階でも茂山氏のアイデアを盛り込むことは難しかったので、われわれは観測事実の報告にどども、SSCで検出された輝線を光学的に薄いプラズマで説明する部分は残された。

ともかく観測論文が受理されたので、理研の広報を通してプレスリリースを行った<sup>29)</sup>. 図4はMAXI J0158-744の想像図で、図5はこの天体のフレアと通常の白色矮星上の新星爆発との比較である。

### 9. ネオンラインの謎の解明

茂山氏のアイデアを元に大谷友香理氏がシミュレーションを行った. その結果, SSCで観測された強いネオン輝線のスペクトルが見事に再現できた<sup>30)</sup>. しかし, そう単純なものではなかった.

強いネオン輝線はP-Cygni profileで説明できるが, ネオン以外の元素も含め, XSTARで光電離状態をシミュレートし, さらに輻射輸送をMonte Carloでシミュレートすると, 共鳴散乱が次々と発生しエネルギーの低い輝線に光子が集まっていくことがわかった (line blanketing効果). このお陰で, H-likeのネオン輝線が抑制され, He-likeのネオン輝線だけが強くなるのが説明できた. しかし, 酸素も含めてシミュレートすると, 今度は酸素の輝線のエネルギーに光子が集まってしまう, He-likeのネオンラインは消失してしまった. そのため, 酸素が欠乏した状態であることが望ましいことがわかった.

新星爆発ではCNOサイクルの核反応が起こり, CNOの元素の大部分は不安定な<sup>14</sup>Oと<sup>15</sup>Oに変換される. CNOサイクルが1,000秒程度で停止すれば, これらは半減期71秒と122秒で<sup>14</sup>Nと<sup>15</sup>Nに崩壊する. 約2,400秒以上経てば酸素が十分欠乏した状態になる. そのお陰で, line blanketingがHe-likeのネオンで止まり, 強いネオン輝線を再現できた. また, このシミュレーション結果は強い窒素輝線が0.5 keV付近に現れることも示したが, このエネルギーではSSCの有効面積

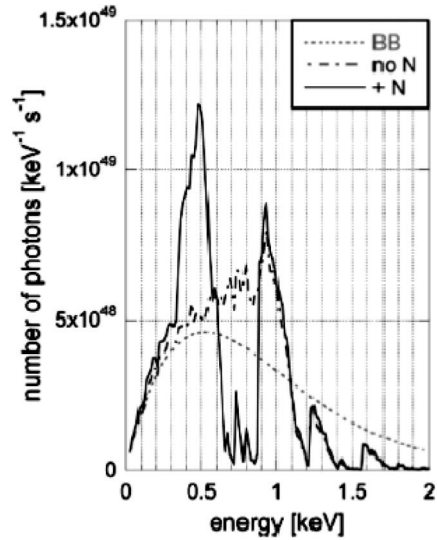


図6 MAXI/SSCで1,300秒後に観測したエネルギースペクトル(図3)を, 新星の火の玉期をシミュレートしたモデルで再現することができた(Ohtani, Morii, & Shigeyama, 2014, Fig. 8)<sup>30)</sup>.

が小さくなるため, 検出できなかったと考える矛盾はない. 最終的に得られたスペクトルは図6である. また, これだけ強いネオン輝線を作るためには, ネオンのアバundanceが大きい必要があり, O-Ne-Mg白色矮星であると考えられる.

### 10. 醍醐味

今回の一件で良くも悪くも, 研究の醍醐味というものを味わった. ApJに論文が受理された後, 各所で発表して回った. Swiftチームからの協力者の中で, 論文の修正に積極的に貢献してくれたPeter Curran氏に会ってみることにした. 彼は, オーストラリア, パースにあるCurtin大学に居た. 私はそれまで南半球に行ったことがなく, MAXI J0158-744が発生した小マゼラン雲をこの目で見てみたいという願望もあったので, 訪問することにした. そして最終日, パース駅周辺を散策していたとき, 偶然にも図7のお店を見つけた. White Dwarf Booksである. ここ2年ですっかりwhite dwarfの文字に敏感になってしまった

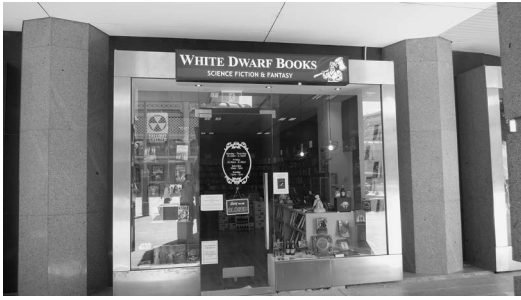


図7 オーストラリア，パース駅前で見つけたWhite Dwarf Books. 白い小人 (white dwarf) のロゴマークがかわいい。

ようだ。帰国後Googleで検索してみたが，世界中で同じ名前の書店は，これ以外には，カナダのバンクーバーにしかないらしい。これも何かの縁であろうか。

## 11. 今後の発展

最後に，MAXI J0158-744の発見が与える影響について紹介したい。まず，輻射輸送の問題がある。われわれは100倍のエディントン光度で光ったことを前提として，計算を行い，強いネオン輝線が再現できることを示したが，100倍のエディントン光度の発生メカニズムについては説明していない。エネルギー源は，核反応であり，重力エネルギーを解放して輝くわけではないので，エディントン光度を超える光度で光っても問題はない。Sumner Starrfield氏らのシミュレーション<sup>21)</sup>によると，約10倍のエディントン光度で光ることは示されており，また反応初期に起こる対流により，反応を起している外層の下部で発生した熱が効率的に外に運ばれることにより，光圧で吹き飛ばさず核反応が持続できるそうである。しかし，さらにその10倍の明るさではどうなるのだろうか？ シミュレーション計算を待ちたい。

次に，連星系の問題がある。この天体は，チャンドラセカール限界に近い大質量のO-Ne-Mg白色矮星とBe星との連星系であった。このような

連星系がどのような進化過程で生成されるのかを解明する必要がある。

MAXI J0158-744は，新種の天体現象であることは明らかなのだが，論文が発表される過程で，つまりいたため重要性が世の中に十分伝わっていないようだ。この現象についての研究が盛んになるにはやはり同種の天体が二つ以上発見されなければならないのかもしれない。MAXIの観測をさらに継続することと，まだ十分探索されているとはいえない観測データを調査することにより，発見できる可能性がある。しかし，もっと効率的に第2の天体を捕まえる装置の開発も重要である。

現在計画が進められているWide-Field MAXIはMAXI/SSCから進化させたX線CCDを使って軟X線の領域でMAXIの約10倍の視野で全天の突発天体を探索する計画である<sup>31)</sup>。第一の目的は，重力波を放出する突発天体の電磁波対応天体を発見することだが，MAXI J0158-744のような天体も確実に捉えられるだろう。O-Ne-Mg白色矮星だけでなく，C-O白色矮星でも同様の現象が見つければ，Ia型超新星爆発直前の天体が見つかることになるので，広く影響を与えそうだ。軟X線で突発現象を起こす天体の発見ラッシュが起り研究の裾野が広がることを期待している。また，ASTRO-H衛星<sup>32)</sup>の超高分解能X線分光装置によるフォローアップ観測も興味深い。

## 謝 辞

本稿では2013年，2014年筆者らが発表した投稿論文<sup>23)</sup>、<sup>30)</sup>が世に出るまでの紆余曲折を述べました。科学的詳細については論文をご覧ください。本文には触れませんでした。共同研究者の河合誠之氏，根来 均氏，三原建弘氏にはたいへんお世話になりました。浅野勝晃氏，蜂巢 泉氏には多くの助言をいただきました。難解なパズルのようなこの現象の謎を解いてくださった茂山俊和氏と大谷友香理氏に改めて感謝いたします。



最後に、本稿執筆のきっかけを与えてくださった  
松岡 勝氏に感謝いたします。

### 参考文献

- 1) Matsuoka M., et al., 2009, PASJ 61, 999
- 2) 三原建弘, MAXI チーム, 2010, 天文月報 103, 387
- 3) Mihara T., et al., 2011, PASJ 63, S623
- 4) Sugizaki M., et al., 2011, PASJ 63, S635
- 5) Tsunemi H., et al., 2010, PASJ 62, 1371
- 6) Tomida H., et al., 2011, PASJ 63, 397
- 7) 日本天文学会 2010 年秋季年会 (金沢大学), プレスリリース
- 8) JAXA プレスリリース, 2011 年 8 月 25 日
- 9) JAXA プレスリリース, 2013 年 2 月 22 日
- 10) Negoro H., et al., 2010, in ASP Conf. Ser. 434, ADASS XIX, ed. Y. Mizumoto, K. Morita, & M. Ohishi (San Francisco, CA; ASP), 127
- 11) GCN Notice: <http://gcn.gsfc.nasa.gov/other/39.maxi>
- 12) Soderberg A. M., et al., 2008, Nature 453, 469
- 13) Kimura M., et al., 2011, GCN circular 12554
- 14) Kimura M., et al., 2011, ATel 3756
- 15) Morii M., et al., 2011, GCN circular 12555
- 16) Kennea J. A., et al., 2011, ATel 3758
- 17) Li K. L., et al., 2011, ATel 3759
- 18) 野本憲一, 他編, 現代の天文学 7 「恒星」, 日本評論社
- 19) Warner B., 2008, "Properties of novae: an overview" in Classical Novae, ed. M. F. Bode & A. Evans (2nd ed.; Cambridge Univ. Press), 16
- 20) Hachisu I., Kato M., 2006, ApJS 167, 59
- 21) Starrfield S., et al., 2008, "Thermonuclear processes" in Classical Novae, ed. M. F. Bode & A. Evans (2nd ed.; Cambridge Univ. Press), 77
- 22) Krautter J., 2008, "X-ray emission from classical novae in outburst" in Classical Novae, ed. M. F. Bode & A. Evans (2nd ed.; Cambridge Univ. Press), 232
- 23) Morii M., et al., 2013, ApJ 779, 118
- 24) Sokoloski J. L., et al., 2006, Nature 442, 276
- 25) van Winckel H., 2003, ARA & A. 41, 391
- 26) Sturm R., et al., 2012, A&A 537, 76
- 27) Raguzova N. V., 2001, A&A 367, 848
- 28) Li K. L., et al., 2012, ApJ 761, 99
- 29) 理研プレスリリース, 2013 年 11 月 14 日
- 30) Ohtani Y., Morii M., Shigeyama T., 2014, ApJ 787, 165
- 31) Kawai N., et al., 2014, Proc. SPIE 9144, Space Telescopes and Instrumentation 2014: Ultraviolet to Gamma Ray, 91442P
- 32) Takahashi T., et al., 2012, Proc. SPIE 8443, Space Telescopes and Instrumentation 2012: Ultraviolet to Gamma Ray, 84431Z

### MAXI J0158-744—Discovery of an Ignition of a Nova

**Mikio MORII**  
*MAXI team, RIKEN, 2-1 Hirosawa, Wako, Saitama 351-0198, Japan*

Abstract: Nova explosions have been observed as "new stars" by means of human eyes since recorded history, owing to their optical rapid brightening by about four orders of magnitudes. They are "white dwarfs," which are not new but old objects with ages of about  $10^{10}$  years. Such explosions are produced by the thermonuclear runaway reaction of the hydrogen gases accumulated onto the surface of the white dwarfs. It is known that an X-ray brightening along with the optical flux decrease happens in a few hundred days after the onset of the nova explosion. Monitor of All-sky X-ray Image (MAXI) discovered an extraordinary soft X-ray transient MAXI J0158-744. We argue it is the first detection of the ignition phase of a nova explosion. This phenomenon was beyond our expectation, thus we struggled to understand it with some bumps and detours. Here, I show you our story from the discovery to an interpretation.