

# 中間質量ブラックホールによる白色矮星の潮汐破壊に伴う熱核爆発に関する研究

Study of thermonuclear explosions of white dwarfs tidally disrupted by intermediate mass black holes

谷川 衝

東京大学大学院総合文化研究科

## 1. 研究目的

本研究の目的は、2パターンのサブチャンドラセカール質量の白色矮星の熱核爆発を調べることである。1つ目は、中間質量ブラックホールによって潮汐破壊された白色矮星に起きる熱核爆発であり、2つ目は質量輸送の起こっている連星白色矮星で片方の白色矮星に起きる熱核爆発である。

1つ目のパターンについて調べるのは、もし白色矮星が熱核爆発を起こすのなら、これを利用して中間質量ブラックホールを探査することができるからである。そのため、このような熱核爆発が本当に起きるのかどうかに焦点を当てている。過去、このような状況は様々なシミュレーション手法で調べられていたが、どの手法でも空間分解能が足りず、偽の核融合反応によって偽の熱核爆発が起きていた。そのため、本研究では、偽の核融合反応の起こらない十分な空間分解能のSPHシミュレーションで白色矮星の潮汐破壊を追い、熱核爆発を起こすかどうか調べた。

2つ目のパターンについて調べるのは、これがIa型超新星の親星候補であるからである。この熱核爆発は片方の白色矮星でまずヘリウム爆轟波が起き、それが炭素爆轟波を引き起こして片方の白色矮星を爆発させ、その爆風がもう片方の白色矮星と相互作用するというプロセスで起こる。これらのプロセスをシームレスに調べたシミュレーションは今までなかった。そこで我々はSPHシミュレーションを用いて、このプロセスを調べ、これがIa型超新星の親星になりうるのかを調べた。

## 2. 研究成果の内容

1つ目のパターンについて述べる。結論から言えば、このような状況で白色矮星は熱核爆発することがわかった。ただし、熱核爆発の過程が従来考えられているものと異なっていた。従来は熱核爆発が白色矮星の軌道面から始まると考えられていたが、我々の計算によって白色矮星の表面から熱核爆発が始まることが初めて示された。これは従来考えられていたよりも低密度で核融合反応が起きるため、ニッケル56などの放射性同位体元素が作られにくくなる傾向になるのではないかと予想できる。

2つ目のパターンについて述べる。この爆発の全体的な特徴はIa型超新星と無矛盾なものであった。しかし、以下の2点でIa型超新星と矛盾する可能性があることを示した。1点目は、爆風が爆発しないもう1つの白色矮星から酸素を剥ぎ取ることに起因する。この酸素は超新星エジェクタの低速度成分の一要素になる。一般にIa型超新星は低速度成分には酸素を含まないため、このシグナルが大きいとすれば、Ia型超新星の親星としてふさわしいものではなくなる。2点目は、超新星エジェクタ自体が

1000km/sほどの速度シフトを持つため、やはりIa型超新星の親星としてふさわしくない可能性がある。この速度シフトは連星の内部運動を起源とする。

### 3. 学際共同利用として実施した意義

上記2つの研究を行う上で、正しい熱核融合反応を追跡するために、1億個程度のSPH粒子が必要となった。これほどの大粒子数を扱うには、大規模並列計算が必要であった。

### 4. 今後の展望

1つ目のパターンに関しては、まだ爆発が起こることのみを示しただけであり、どのような爆発が起こるかについては調べていない。今後は爆発のプロセスを調べ、どのような観測的特徴が得られるかを調べる。ただし、3次元計算では計算時間が膨大になるため、2次元計算を行うことを検討している。

2つ目のパターンに関しては、Ia型超新星の親星と矛盾しうる2点を擬似観測を行うことで検証する予定である。そのためには、今回のシミュレーションデータを用いた輻射輸送計算が必要となり、どのように行うかを検討中である。また、この爆発が星間物質と相互作用することによってどのような超新星残骸となるのかも調べる予定である。一般にIa型超新星の超新星残骸は球対称に近いが、この爆発では爆発しない白色矮星が影を作るため、球対称にならない可能性がある。これについても現在どのように実行するか検討している。

### 5. 成果発表

#### (1) 学術論文

- “High-resolution hydrodynamic simulation of tidal detonation of a helium white dwarf by an intermediate mass black hole”, Tanikawa A. 2018, *Astrophysical Journal*, 858, 26
- “Three-Dimensional Simulation of Double-Detonations in the Double-Degenerate Model for Type Ia Supernovae and Interaction of Ejecta with a Surviving White Dwarf Companion”, Tanikawa A., Nomoto K., Nakasato N. 2018, *Astrophysical Journal*, 868, 90

#### (2) 学会発表

- “Numerical Study of Thermonuclear Explosion of White Dwarfs Induced by Tidal Disruption Events”, Tanikawa A., 15th Marcel Grossmann Meeting, Jul. 6 2018, Roma, Italy
- “Tidal disruption events of white dwarfs: a clue to search for intermediate mass black holes”, Tanikawa A., 21st European White Dwarf Workshop, Jul. 24 2018, Austin, Texas, USA
- “Numerical Study of White Dwarf Thermonuclear Explosions induced by tidal Disruption Events”, Tanikawa A., The 8th East Asian Numerical Astrophysics Meeting, Oct. 22 2018, Tainan, Taiwan
- “Three-dimensional simulations of double detonations in double-degenerate systems for type Ia supernovae”, Tanikawa A., 10th DTA symposium “Stellar deaths and their diversity”, Jan. 21 2019, Mitaka, Japan
- “連星白色矮星でのダブルデトネーションの3次元流体計算とIa型超新星”, 谷川

衝, 日本天文学会2019年春季年会, 2019年3月16日, 小金井, 日本

(3) その他

使用計算機	使用計算機に ○	配分リソース*	
		当初配分	追加配分
COMA			
Oakforest-PACS	○	245,000	0
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			