

Title	Computational Study of Coalescence of White Dwarf Binary System
Author(s)	塩屋, 俊直
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46431
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	しお 塩 屋 とし 俊 直
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 20014 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Computational Study of Coalescence of White Dwarf Binary System (白色矮星連星系合体のシミュレーション研究)
論文審査委員	(主査) 教授 高部 英明 (副査) 教授 東島 清 早稲田大学理工学部教授 山田 章一 助教授 藤田 裕 レーザーエネルギー学研究センター助教授 村上 匡且

論文内容の要旨

近接白色矮星連星系合体の時間進化を数値シミュレーションを用いて調べ、白色矮星連星系合体が Ia 型超新星に至るかどうかを調べた。

はじめに、自己重力計算を取り入れた Godunov Smoothed Particle Hydrodynamics (GSPH) コードの開発を行った。この計算手法は、重力収縮や星の合体といった密度比が大きい問題を解くのに非常に有用である。また、GSPH は粒子間の相互作用をリーマン問題の解析解を用いて表現するため、衝撃波を精度良く解くことが出来る手法である。

開発した計算コードを用いて、多くの連星モデルについて白色矮星連星の合体過程の計算を行った。調べた系はすべてチャンドラセカール限界質量を超える系である。合体過程では、主星表面で定常的な衝撃波が形成される。すべてのモデルで、主星表面の温度が炭素の燃焼温度 ($\sim 10^9$ K) になることが分かった。また、この温度が伴星質量に比例して増加することが分かった。加熱された領域は、フェルミエネルギーが熱エネルギーに対して小さいので電子は強く縮退していない。そのため炭素燃焼が起こっても連鎖的な核反応には至らず、爆発には至らないと考えられる。最終的には、遠心力とそれと同程度の圧力勾配で支えられる重くて厚い円盤が形成される。

円盤形成後の進化について、一次元 α -円盤モデルを用いて考察を行った。合体で形成された円盤は非常に重い、円盤内の全ての領域で重力安定であった。そのため、重力不安定による角運動量輸送は起こらない。白色矮星合体によって形成された降着円盤内での角運動量輸送のメカニズムとしては、磁気回転不安定が最も妥当であると考えられる。通常の白色矮星は 10^8 ガウス程度の磁場を持っている。これが壊されて円盤になると、 10^5 - 10^6 ガウス程度の磁場が円盤を貫いていると考えられる。この磁場の大きさは、磁気回転不安定が起こる最大磁場より小さいため、この不安定による角運動量輸送を仮定するのが妥当である。この不安定を仮定した場合、質量降着率は主星のエディントン限界で制限されるようなとても高い降着率になる。この場合は、星表面で炭素燃焼が起こり、主星の化学組成が変わると考えられる。今回考察した全てのモデルで、質量降着率がエディントン限界を超えるものになった。そのため、白色矮星連星の合体からは、SN Ia 型の爆発は起こらず、化学組成が変わった白色矮星 (ONeMg WD) が形成されると考えられる。

論文審査の結果の要旨

塩屋君は、超新星爆発の候補の一つである、2つの白色矮星からなる連星系が重力で合体し、発生する衝撃波による星の加熱現象や、相対的に重い星の周りに形成される降着円盤の形成過程とその構造について研究を行い、このような系が超新星爆発に至かどうかを定量的に議論した。

手段としては、解析的に扱える系ではないので数値シミュレーションを採用した。従来このような問題について使われていた SPH (Smooth Particle Hydrodynamics) 法では、衝撃波面をきれいにとらえることができないのと、接触不連続面で数値的な高温部が発生するなど問題があることが指摘されていた。そこで、塩屋君は SPH を改良して衝撃波問題を同時に解くより精度の高い数値計算法である Godunov SPH の数値計算手法を採用し、この問題をシミュレーションした。

また、重力多体問題を効率よく解くためのトリ法とよばれる手法も導入し、3次元のシミュレーション・コードを開発した。コード開発では白色矮星の任意の電子縮退状態を記述する状態方程式も用いている。

シミュレーションを2つの連星をなす白色矮星の広いパラメータ範囲にわたり実施し、表面での衝撃波による点火は電子縮退の弱い部分でしか起こらず、星全体の爆発である超新星爆発には至らないことを見いだした。

さらに、相対的に軽い白色矮星が重い白色矮星の表面に降着し、高温で厚い円盤を形成することを見いだした。この降着円盤の進化についてシミュレーション結果を用いて議論し、従来の理論で言われていたような十分ゆっくりした降着による星全体の肥大と、その結果、チャンドラ限界質量に達した時点で中心が点火するシナリオはシミュレーション結果から期待できないことを明らかにした。

複雑なシミュレーション・コードを開発した能力と、それを使って得た新しい知見をまとめた本論文は学位論文にふさわしいとの審査員の一致した意見であった。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。