

**国立天文台 天文シミュレーションプロジェクト
成果報告書 (平成 18 年度)**

提出期限：平成 19 年 4 月 6 日 (金)17:00 必着

応募カテゴリ B
システム VPP

プロジェクト ID: ihm27b

研究代表者 (現在のユーザ ID : mikamihy)

氏名	三上 隼人		
所属機関名	千葉大学 大学院自然科学研究科理化学専攻		
連絡先住所	〒 260-0042 千葉市稲毛区弥生町 1-33 千葉大学理学部物理学科 宇宙物理学研究室		
電話番号	043-290-3720		
E-mail	mikami@astro.s.chiba-u.ac.jp		
職または学年	博士前期課程二年		
研究代表者が学生の場合には指導教官の氏名	花輪 知幸		

研究課題名

(和文)	回転軸に対して傾いた磁場を持つ大質量星の重力崩壊と超新星爆発
(英文)	The Core Collapse Supernovae Explosion In The Magnetic Field Sloping Toward The Core Rotational Axis

研究分担者

氏名	所属機関名	E-mail	ユーザ ID
花輪 知幸	千葉大学 先進科学研究教育センター	hanawa@cfs.chiba-u.ac.jp	hanawatm
松本 倫明	法政大学 人間環境学部	matsu@i.hosei.ac.jp	matsumttm
水田 晃	千葉大学 先進科学研究教育センター	mizuta@cfs.chiba-u.ac.jp	mizutaak

成果に関連して出版、もしくは印刷、投稿中の論文リスト

(1) このプロジェクト（同様の過去のプロジェクトも含む）での成果

学会、研究会

1. 「重力崩壊と超新星爆発における 3 次元 MHD 効果と質量放出」
日本天文学会秋季年会、2006 年 9 月、九州国際大学
三上隼人、佐藤裕司、花輪知幸、松本倫明
2. 「回転に対し傾いた磁場をもつ大質量星コアの重力崩壊と超新星爆発」
流体力学会年会、2006 年 9 月、九州大学
三上隼人、佐藤裕司、花輪知幸、松本倫明
3. Core Collapse And Supernova Explosion Of Massive Star Having Magnetic Field
Inclined To The Rotation Axis
2nd East-Asia Numerical Astrophysics Meeting、2006 年 11 月、Daejeon, Korea
Hayato Mikami, Yuji Sato, Tomoyuki Hanawa, and Tomoaki Matsumoto
4. 「重力崩壊型超新星爆発における 3 次元 MHD 効果」
第 19 回理論懇シンポジウム、2006 年 12 月、立教大学
三上隼人、佐藤裕司、花輪知幸、松本倫明
5. 「重力崩壊型超新星爆発における 3 次元 MHD 効果とエネルギー変換効率」日本天
文学会春季年会、2007 年 3 月、東海大学
三上隼人、佐藤裕司、花輪知幸、松本倫明

成果の概要

11 M_{\odot} 以上の大質量星は核燃焼の末に鉄コアを形成する。鉄コアは光分解により重力収縮し、コア崩壊型超新星爆発を起こす。爆発機構の理論的解釈としてはニュートリノ駆動の遅延衝撃波による解釈が主流であるが、コア崩壊型超新星爆発にみられる非対称性は説明することができない。非対称性を起こす成因の一つに磁場と回転による効果が考えられており、軸対称を仮定した数値シミュレーションにおいてジェットが発生することが示されている。

本研究では電波パルサーの形成も考慮して、回転軸と磁軸が傾いている場合について数値シミュレーションを行った。このシミュレーションは、重力の源泉項の二次精度化やカーバンクル不安定対策の改良を行い長時間の計算が可能となっている。初期モデルは、星の進化の計算によって作成された、Heger et al.(2002) による 15 太陽質量モデルをもとにして、差動回転や双極磁場の分布を与えて作成した。計算領域は大質量星コアのみを考え、一辺 3333 km の立方体に囲まれた中心領域となっている。また、このモデルの密度を一割高くして重力収縮を開始させた。この時の中心密度は $6.8 \times 10^9 \text{ g cm}^{-3}$ である。

その結果、計算開始から 189 ms 後に原始中性子星が形成され、バウンスを開始した。これに伴って、ほぼ球対称な衝撃波が発生した。原始中性子星の大きさは半径 10 km、全

質量は 1.0 太陽質量となった。この原始中性子星の回転によりトロイダル磁場が増大し、赤道面付近に磁気反転層が形成された。その磁気エネルギーが半径 60 km 圏内では 10^{50} erg を超え、計算開始から 206 ms 後には半径 60 km の上空からジェットが形成された。このジェットの速度は $2.3 \times 10^4 \text{ km s}^{-1}$ で、運動エネルギーは 10^{49} erg となった。

また、初期の回転速度、磁場強度、回転分布のパラメータ依存性については、回転速度に対してジェットの速度はほぼ連続的に変化し、最大で $2.3 \times 10^4 \text{ km s}^{-1}$ まで加速されることが分った。磁場強度が 1.8×10^{12} G 以下になるとジェットは $1 \times 10^4 \text{ km s}^{-1}$ までしか加速されず、 1.8×10^{12} 以上ならば $2 \times 10^4 \text{ km s}^{-1}$ まで加速されることがわかった。回転分布に対しては、初期に中心に近い領域で速度勾配がある場合、原始中性子星の回転によって増加する磁気エネルギーは中心に近い領域で保持されるものの、ジェットの速度は 10^9 km s^{-1} となった。

現在これらの結果を学術雑誌に投稿する準備を進めている。