

平成21年 6月 1日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2007～2008

課題番号：19840010

研究課題名 ガンマ線バーストを伴う極超新星の磁気流体モデルの構築と金属欠乏星の組成

研究課題名（英文）Construction of a magneto hydrodynamical model of hypernovae and GRBs, and the abundance of extremely metal poor stars

研究代表者

梅田 秀之（UMEDA HIDEYUKI）

東京大学・大学院理学系研究科・准教授

研究者番号：60447357

研究成果の概要：

主目的であった多次元磁気流体計算コードの独自開発に成功した。コードはメッシュの自動細分化と並列計算へ対応しており、大型計算機を用いた高精度の多次元計算が可能となった。他のグループのコードと異なり数値粘性を導入せずに衝撃波が解けるローの方法を採用し、超新星やガンマ線バーストの爆発機構解明のための独立な結果を提供出来るようになった。また、超新星深部の元素合成の計算を行い金属欠乏星の組成と比較することにより、爆発機構と密接に関連する弱 r-過程元素の合成条件を明らかにした。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,370,000	0	1,370,000
2008年度	1,350,000	405,000	1,755,000
年度			
総計	2,720,000	405,000	3,125,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学

キーワード：理論天文学、ガンマ線バースト、超新星、極超新星、磁気流体、金属欠乏星

1. 研究開始当初の背景

ガンマ線バースト(GRB)の起源は長らく謎であったが近年の天体観測技術の発展により、その一部は極超新星と呼ばれる通常より爆発エネルギーの大きい超新星と同時に発生することが明らかになった。しかし GRB の生成や極超新星の爆発機構は未解明であり数多くの研究者がその解明を目指している。

2. 研究の目的

本研究の主目的は新たに磁気流体シミュレーションコードを開発し、それを用いて GRB を起こす高速ジェットと極超新星の磁気流体モデルを構築することである。また、それを用いて元素合成の計算を行い、金属欠

乏星の組成観測と比較することにより、GRB を伴うような超新星の性質に制限を与える。

3. 研究の方法

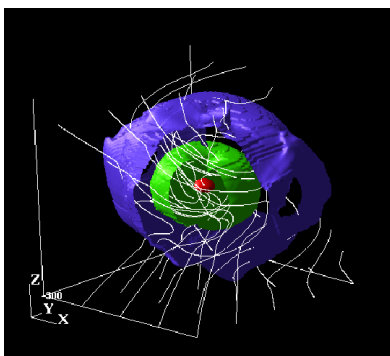
まず、多次元磁気流体計算コードの開発を進めた。現在超新星の磁気流体計算で広く使われているコードの多くは衝撃波周辺での解の振動を抑えるために人工粘性が導入されているが、この方法は本来保存する物理量が保存しなくなるなどの欠点がある。本研究では MHD-Roe 法(Powell et al. 1999)を採用することにより人工粘性の導入を回避する。また、多次元の磁気流体計算は計算時間が非常にかかるため、現実的に計算を行うためにメッシュの自動細分化法とコードの並列化

への対応も念頭に置き開発を行った。コードの開発は大学院生の黒田仰生と共に行った。

次にこのコードなどを用いて、超新星、極超新星の爆発シミュレーションを行い、その計算データを元に元素合成の計算を行った。特に爆発機構と密接に関連する弱 r 過程による元素合成の計算を行い、それを金属欠乏星の組成と比較を行い爆発モデルに制限を行う。

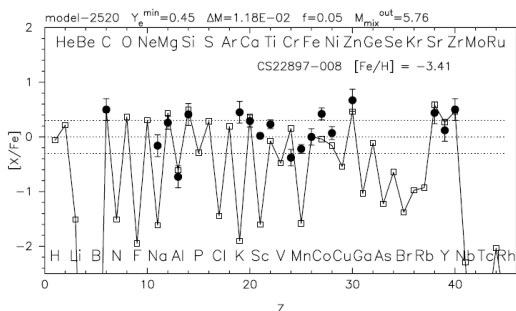
4. 研究成果

まず、主目的であった多次元磁気流体シミュレーションコードの独自開発に成功した。コードはメッシュの自動細分化と並列計算へ対応しており、大型計算機を用いた高精度の多次元計算が可能となった。他のグループのコードと異なり数値粘性を導入せずに衝撃波が解けるローの方法を採用し、超新星やガンマ線バーストの爆発機構解明のための独立な結果を提供出来るようになった(図1)



(図1)開発した3次元磁気流体計算コードによる大質量星の重力崩壊の計算例。白線が磁力線を、曲面が密度等値面を表す。この計算は初期磁場の方向と異なる2方向に初期の回転を与えた場合のもので、このような場合には対流が発生し、磁力線の向きは複雑な構造となる。

また、超新星、及び極超新星深部の元素合成の計算を行い金属欠乏星の組成と比較した(図2)



(図2 泉谷、梅田、富永 2009 より)

この図で、黒丸はある金属超欠乏星の観測点で、実線が理論計算の値である。Sr, Y, Zrが弱 r-過程元素によって合成された元素である。これら弱 r-過程元素は単純な球対称な爆発モデルでは放出されない。図は多次元効果を取り入れて計算した、極超新星による元素合成計算の一例である。完全に球対称なモデルでは放出されない、爆発中心に近いためにエントロピーが高く、かつ中性子過剰な物質が多次元の効果などによって少量放出されたと仮定した場合の結果であり、観測値を再現していることがわかる。このように、金属欠乏星の弱 r-過程元素の組成は爆発モデルを制限するために非常に有用であることがわかった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

(雑誌論文)(計10件)

- Izutani, N., Umeda, H., Tominaga, N., Explosive Nucleosynthesis of Weak R-Process Elements in Extremely Metal-Poor Core-Collapse Supernovae, *The Astrophysical Journal*, 692, 1517-1531, (2009), 査読有
- Sakon, I., 他 20 名, Umeda, H.(16 番目), Properties of Newly Formed Dust by SN2006jc Based on Near-to Mid-Infrared Observation with AKARI, *The Astrophysical Journal*, 692, 546-555, (2009), 査読有
- Tsuruta, S., 他 7 名, Umeda, H. (8 番目), Thermal Evolution of Hyperon-Mixed Neutron Stars, *The Astrophysical Journal*, 691, 621-632, (2009), 査読有
- Takigawa, A., 他 6 名, Umeda, H. (6 番目), Injection of Short-Lived Radionuclides into the Early Solar System from a Faint Supernova with Mixing Fallback, *The Astrophysical Journal*, 691, 1382-1387, (2009), 査読有
- Hayakawa, T., 他 5 名, Umeda, H. (5 番目), Empirical Abundance Scaling Laws and Implications for the Gamma Process in Core-Collapse Supernovae, *The Astrophysical Journal*, 688, 1382-1387, (2009), 査読有
- Nozawa, T., 他 10 名, Umeda, H. (9 番目), Early Formation of Dust in the Ejecta of Type Ib SN2006jc and Temperature and Mass of the Dust, *The Astrophysical Journal*, 684, 1343-1350, (2008), 査読有
- Hernández, J. I. G., 他 7 名, Umeda, H.(6 番目), *Chemical*

Abundances of the Secondary Star in the Black Hole X-ray Binary XTE J1118+480, The Astrophysical Journal, 679, 732-745, (2008), 査読有
Umeda,H., Nomoto,K.,
How much ^{56}Ni can be Produced in Core-Collapse Supernovae? Evolution and Explosion of 30-100Msolar Stars, The Astrophysical Journal, 673, 1014-1022, (2008), 査読有
Yoshida,T., Umeda,H., Nomoto,K.,
-Process Nucleosynthesis in Population III Core-Collapse Supernovae, The Astrophysical Journal, 672, 1043-1053, (2008), 査読有
Tominaga,N., Umeda,H., Nomoto,K.,
Supernova Nucleosynthesis in Population III 13-50 Msolar Stars and Abundance patterns of Extremely Metal-Poor Stars, The Astrophysical Journal, 660, 516-540, (2007), 査読有

〔学会発表〕(計6件)

梅田秀之、 $z \sim 50$ までできる宇宙で最初の星の進化と巨大ブラックホール形成 I I (ダークマター対消滅の効果) 日本天文学会 2009 年春季年会、2009/03/26、大阪府立大学

泉谷夏子、 $z \sim 50$ までできる宇宙で最初の星の進化と巨大ブラックホール形成 I、日本天文学会 2009 年春季年会、2009/03/26、大阪府立大学

大久保琢也、質量降着を伴う種族 III の巨大質量星の進化とブラックホールの形成、日本天文学会 2009 年春季年会、2009/03/26、大阪府立大学

泉谷夏子、軽い中性子捕獲(Weak r)元素をつくる超新星モデル(II): Ga-Rh について、日本天文学会 2008 年秋季年会、2008/09/13、岡山理科大学

黒田仰生、重力崩壊型超新星爆発の多次元磁気流体シミュレーション、日本天文学会 2007 年秋季年会、2007/09/26、岐阜大学

梅田秀之、重力崩壊型超新星が放出する ^{56}Ni の最大量と SN2006gy の正体、日本天文学会 2007 年秋季年会、2007/09/26、岐阜大学

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梅田 秀之 (Umeda Hideyuki)
東京大学・大学院理学系研究科・准教授
研究者番号: 60447357

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者