

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 28 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22740163

研究課題名（和文）

連星中性子星の合体

研究課題名（英文）

Mergers of binary neutron star systems

研究代表者

Baiotti Luca

大阪大学・レーザーエネルギー学研究センター・特任助教

研究者番号：00574047

研究成果の概要（和文）：

ガンマ線バーストとは、宇宙の最強爆発である。一つのバーストのエネルギーは、百億年で太陽から放出される量ほどで、輝いている数秒の間全体の銀河より光度が高い。

ただ、ガンマ線バーストという神秘的な現象は、動力源がまだ把握されていない。本研究の目的は、ガンマ線バーストの一種いわゆるショート・ガンマ線バーストの動力源の解明である。動力源は連星中性子星の合体から生成されたシステム（ブラックホールと降着円盤）だと考えられてある。

どうやって上記の現象の探求を行うかというと、一般相対論的（アインシュタイン理論）な磁気流体力学の範囲で連星中性子星の合体の数値シミュレーションを行うために、メッシュ・リファインメントで磁場の進化を扱う手法を調べた。且つ、現実的な状態方程式を用いる合体の様々なシミュレーションを実行して、磁場なしで、状態方程式の影響の探求を始めた。それと同時に、簡易な状態方程式を用いて磁場を含む計算を行って、合体や合体で発生した降着円盤のダイナミクスを研究している。色々なシミュレーションを実行し、順調な結果が出てきた（発行済み）。連星中性子星の合体の意義は、ショート・ガンマ線バーストの動力源の解明にとどまらず、重力波の研究にも至る。アインシュタイン理論の予言である重力波は時空の波紋である。ただ、振幅は非常に小さいので、今まで観測できていない。測れるようになるために正確な重力波形を把握しなければならない。本研究の数値シミュレーションは連星中性子星の合体の重力波も計算して、「かぐら」という日本の大規模なレーザー干渉計をはじめ、観測器のデータの解析を行う研究団と協力している。

研究成果の概要（英文）：

Gamma-ray bursts (GRBs) are among the most violent phenomena in the Universe. Just one GRB may emit as much energy as ten billion Suns. In the few seconds of its life, a GRB may outshine its own galaxy.

The central engine of GRBs is however still unknown. In order to solve this enigma, numerical solutions (simulations) of the Einstein, matter, and magnetic-field equations must be obtained. One type of GRBs (short in duration) is thought to originate from the merger of binary neutron star systems (BNSs). By investigating such systems in my simulations, I see the growth and organization of the initially small magnetic field in a funnel-like shape that may contain the jet that produces GRBs. This is a step forward the understanding of this mysterious phenomenon.

The other part of my work focused on computing gravitational waves, to provide templates for gravitational-wave detectors, like the KAGRA project recently started in Japan.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：物理学

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙船・宇宙物理

キーワード：(1)中性子星 (2)一般相対性理論 (3)数値シミュレーション (4)磁気流体力学 (5)ブラックホール (6)降着円盤 (7)重力波 (8)ガンマ線バースト

1. 研究開始当初の背景

Gamma-ray bursts (GRBs) and gravitational waves are two the open mysteries of astrophysics. Many observations of GRBs are now available and detectors of gravitational radiation are operating, even though no detection has been made to date. For both subjects simulations are necessary, to understand and facilitate observations. I contribute to this topic with my own code and work.

2. 研究の目的

The aim is the study of the generation (central engine) of one type of GRBs and of the gravitational waves they may emit. I focus in particular on binary neutron-star mergers.

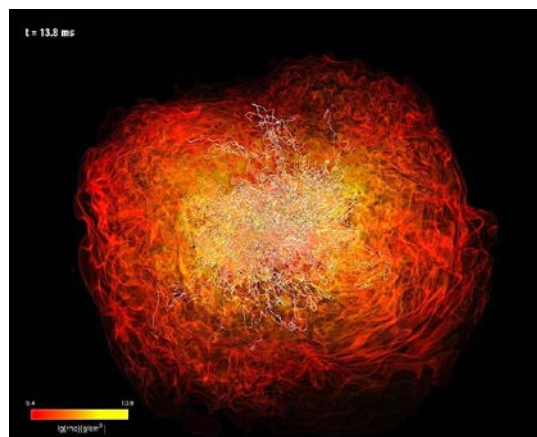
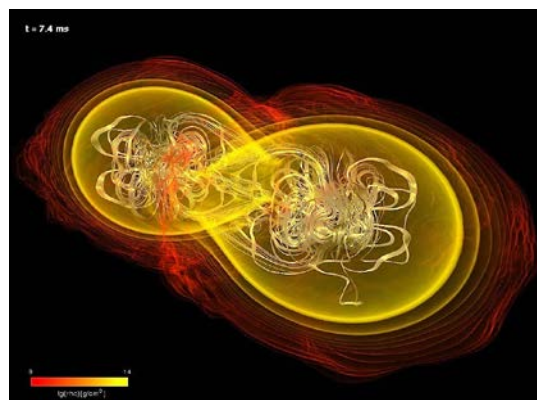
3. 研究の方法

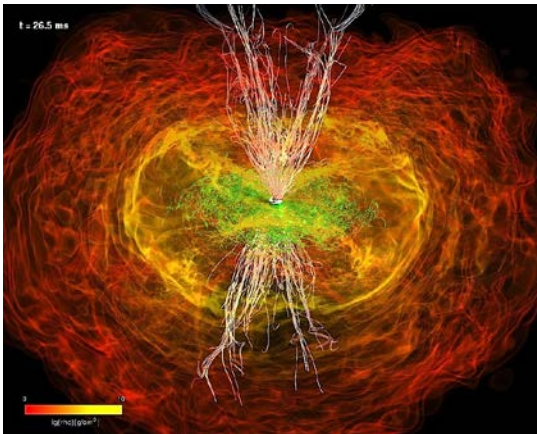
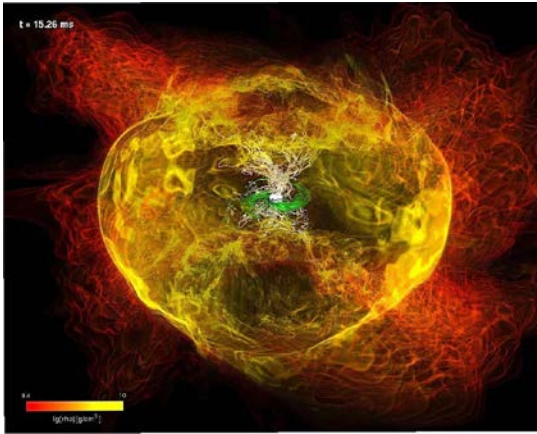
I perform numerical simulations with my general-relativistic magneto-hydrodynamics code, on varying spacetime. I analyze and interpret the results.

4. 研究成果

I made advances in the accuracy of simulations involving astrophysical magnetic fields, leading to a partial possible description of the generating mechanism of some short GRBs. The results are summarized in the figures below, which

show the growth and organization of the magnetic field in the accretion disc around the black hole formed after the merger.





Additionally,

I computed accurate gravitational waveforms and analyzed them in conjunction with analytic methods, providing numerical data for use in data analysis for the detectors.

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 7 件)

1) Rezzolla L., Baiotti L., Giacomazzo B., Link D., Font J.A., Accurate evolutions of unequal-mass neutron-star binaries: properties of the torus and short GRB engines, *Class. Quantum Grav.* 27 (2010) 141105-114140 査読有

2) Baiotti L., Shibata M, Binary neutron-star mergers with Whisky and SACRA: First quantitative comparison of results from independent general-relativistic hydrodynamics codes, *Phys. Rev. D* 82 (2010) 064015:1~14 査読有

3) Baiotti L., Damour T., Giacomazzo B., Nagar A., Rezzolla L., Analytic modelling of tidal effects in the relativistic inspiral of binary neutron stars, *Phys. Rev. Lett.* 105 (2010) 261101:1~4 査読有

4) Giacomazzo B., Rezzolla L., Baiotti L., Accurate evolutions of inspiralling and magnetized neutron stars: Equal-mass binaries, *Phys. Rev. D* 83 (2010) 044014:1~19 査読有

5) Rezzolla L., Giacomazzo B., Baiotti L., Granot J., Kouveliotou C., Aloy M.A., The missing link: Merging neutron stars naturally produce jet-like structures and can power short gamma-ray bursts, *Ap. J. Lett.* 732 (2011) L6-11 査読有

6) Baiotti L., Damour T., Giacomazzo B., Nagar A., Rezzolla L., Accurate numerical simulations of inspiralling binary neutron stars and their comparison with effective-one-body analytical models, *Phys. Rev. D* 84 (2011) 024017:1~27 査読有

7) B. Giacomazzo, L. Rezzolla, L. Baiotti, D. Link, J.A. Font, General Relativistic Simulations of Binary Neutron Star Mergers, *AIP Conference Proceedings* 1358 (2011) 187-190 査読無

[学会発表] (計 11 件)

1) Baiotti L., Merger of binary neutron stars, GR19, 2010年7月5-9日, Mexico City (Mexico)

2) Baiotti L., GENERAL-RELATIVISTIC SIMULATIONS OF BINARY NEUTRON-STAR MERGERS, Korean Physical Society Meeting (招待講演), 2010年10月20-22日, Pyeongchang (Korea)

3) Baiotti L., GENERAL-RELATIVISTIC SIMULATIONS OF BINARY NEUTRON-STAR MERGERS, Korean Physical Society Meeting (招待講演), 2010年10月22-23日, Seoul (Korea)

4) Baiotti L., GENERAL-RELATIVISTIC SIMULATIONS OF BINARY NEUTRON-STAR MERGERS, EANAM 2010, 2010年11月2-5日, NTU Taipei (Taiwan)

5) Baiotti L., Introduction to numerical relativity, TIARA winter 2011, 2011年1月18-22日, NTHU Hsinchu (Taiwan)

6) Baiotti L., GENERAL-RELATIVISTIC SIMULATIONS OF BINARY NEUTRON-STAR MERGERS, EAYAM 2011, 2011年2月14-18日, Jeju (Korea)

7) Baiotti L., Binary neutron-star simulations and gamma-ray bursts, International school on numerical relativity and gravitational waves, 2011/7/30, APCTP, Pohang (Korea)

8) Baiotti L., Numerical simulations of binary neutron star mergers, 日本物理学会, 2011/9/17, 弘前大学

9) Baiotti L., GRMHD simulations of binary neutron-star mergers, CCP2011, 2011/10/31, Gatlinburg (USA)

10) Baiotti L., Gravitational waves from simulations of binary neutron stars, ICGC2011, 2011/12/15, Goa (India)

11) Baiotti L., Gravitational waves from simulations of binary neutron stars, LCGT (KAGRA) F2F meeting, 2012/2/1, 東京大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

バイオッティ ルカ (BAIOTTI LUCA)

大阪大学・レーザーエネルギー学研究センター・特任助教

研究者番号：00574047