

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01213

研究課題名（和文）ショートガンマ線バーストの中心動力源と重力波に関する数値的研究

研究課題名（英文）Numerical modeling of the central engine of short gamma-ray bursts

研究代表者

木内 建太 (Kiuchi, Kenta)

京都大学・基礎物理学研究所・特任准教授

研究者番号：40514196

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000 円

研究成果の概要（和文）：2017年に連星中性子星合体からの重力波および電磁波対応天体が初観測されたことを受け、重力波を含むマルチメッセンジャー天文学時代が幕を明けた。特にガンマ線バーストが同時観測されたことから、連星中性子星合体がガンマ線バーストを駆動したという決定的な観測的証拠が得られた。また、合体過程で放出された中性子星過剰物質中で鉄より重い元素が合成された結果、紫外～可視光～近赤外帯域における電磁波放射が起こったことが確認された。このような時代に置いて数値相対論シミュレーションに基づく、重力波イベントの解釈、予言は必要不可欠なものとなっている。本課題ではニュートリノ輻射磁気流体-数値相対論コードの開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アインシュタインがおおよそ100年前に構築した一般相対性理論は、我々の日常生活に欠かせないものとなっているGlobal Positioning Systemに決定的な役割を果たしている。この端的な例からわかるように、理論物理学の研究で得られる成果は社会生活に直結するまでに長い時間を要することが多い。本研究課題では数値シミュレーションにより、重力波イベントで何が起きたかを解釈・予言することを究極目標としているが、本研究課題で開発された世界で最も進んだ数値プログラムを使用して得られる結果は、重力波物理学研究の核心をなすものである。

研究成果の概要（英文）：GW170817 is the first binary neutron star merger event associated with the electromagnetic counterpart AT 2017gfo and SGRB 170817A. The multimessenger astronomy era was heralded since then. This event is the smoking gun of the merger hypothesis of the gamma-ray burst. Also, it is the smoking gun for the rapid-neutron capture nucleosynthesis, which results in the thermal electromagnetic emission in the near-infrared, optical, and ultra-violet band. In such an exciting era, the role of numerical relativity simulation is to interpret/predict gravitational wave events. In this project, we developed the neutrino-radiation magnetohydrodynamics-numerical relativity code, which is one of the most progress codes in the world.

研究分野：重力波物理学および高エネルギー天体現象

キーワード：重力波 連星中性子星合体 ガンマ線バースト 数値相対論

1. 研究開始当初の背景

2017年8月17日に連星中性子星合体からの重力波および電磁波対応天体が人類史上初めて観測されたことを受け、重力波天文学が開闢した。この観測が人類にもたらした知見は多岐にわたり、きわめて重要である。以下に簡単に列挙する。重力波観測により中性子星の潮汐変形率に上限値が与えられた。真の中性子星核物質の状態方程式はこの拘束条件を満たさなければならない。ショートガンマ線バーストと呼ばれる爆発的高エネルギー天体現象が同時観測された。これは連星中性子星合体がガンマ線バーストを駆動した決定的な証拠である。合体の過程で重力的束縛を逃れた中性子過剰物質中で原子核による中性子捕獲反応が起こり、鉄より重い元素が合成された。これは連星中性子星合体が重元素合成の現場であった決定的な証拠である。重力波観測によってハッブル定数が測られた。宇宙背景放射や宇宙はしごとは独立したハッブル定数の決定方法を得たことを意味する。ガンマ線バーストと重力波の到来時間差が1.7秒であったことから、重力波の伝搬速度に制限がつけられ、結果として様々な修正重力理論に観測的な制限がつけられた。

このように重力波イベントGW170817がもたらした知見は高エネルギー天体物理学、宇宙論、重力理論、原子核物理と多岐にわたる。一方、この観測により様々な問題が新たに提起された。例えば、ガンマ線バーストが起こったのは事実であるが、駆動メカニズムは全くの謎のままである。ガンマ線バーストとして観測されるためには相対論的ジェットが駆動される必要があるが、合体後にブラックホールが形成した結果であるのか、合体後に大質量高速回転磁場中性子星が形成した結果であるのか、信頼できる理論モデルは存在しない。また、上記に列挙した観測的事実を全て同時に説明する無矛盾な理論モデルはやはり存在しない。

さらに2019年4月25日に観測された連星中性子星合体GW190425は連星の総質量が3.4太陽質量であると報告されている。この値は連星パルサーとして観測されている連星中性子星の典型的な総質量よりはるかに大きい値である。このイベントでは電磁波対応天体は同時観測されなかった。それが位置決定精度の悪さに起因しているのか、本質的に電磁放射が起こらなかったかは決着がつかなかったが、総質量が通常値を大きく超えていることから、合体及び中性子過剰物質の放出過程がGW170817のそれとは定性的に異なっていた可能性が高い。

また2020年1月5日と1月15日にはブラックホールと中性子星からなる連星の合体が初観測された。これらのイベントでも電磁波対応天体は観測されなかったが、コンパクト連星には多様性があり、また合体過程にも多様性があることを示唆する。

2. 研究の目的

1で述べたように中性子星を少なくとも一つ含むようなコンパクト連星合体は重力波天体物理学およびマルチメッセンジャー天文学において主役となったことに疑いの余地はない。観測データを説明し、波源の物理情報を抽出するためには、信頼性の高い理論モデルを構築する必要がある。また将来的な観測の予言には、やはり理論モデルの構築が必要不可欠である。

本研究の目的は、数値相対論と呼ばれる手法に基づき、連星中性子星合体およびブラックホール-中性子星連星合体の首尾一貫した理論モデルを構築することが目的である。観測データとの比較に耐えうる定量的に信頼性の高いモデルの構築を究極目標とする。

3. 研究の方法

本研究がターゲットに据える連星中性子星合体およびブラックホール-中性子星連星合体は時間的に激しく変動し、空間的な対称性を持たないのが特徴である。また、重力相互作用に加え、強い相互作用、弱い相互作用、電磁相互作用、すべてが本質的な役割を果たすのも大きな特徴である。このような系をモデル化するには、シミュレーションによる数値モデリングが必要不可欠である。本研究では数値相対論と呼ばれる手法を採用する。具体的には、一般相対論的重力場の時間発展を近似なしに解き、また相対論的ニュートリノ輻射磁気流体の運動方程式を有限温度核密度状態方程式と合わせて数値的にスーパーコンピュータ上で解く。以下に概要を説明する。

一般相対論的重力場ソルバー：Baumgarte-Shapiro-Nakamura-Shibataによる定式化を採用したソルバーが実装済みである。またmoving puncture法をZ4c拘束条件伝搬法と合わせて実装することで高速回転ブラックホールが存在するような場合でも、高精度で数値解を求めることが可能となっている。

一般相対論的ニュートリノ輻射磁気流体ソルバー：衝撃波といったような物理量が不連続に変化するような波が出現する場合には、Rankine-Hugoniot関係に基づいたリーマンソルバーの実装が必要になる。また、Maxwell方程式から要求される磁場のモノポールなし条件を数値的に満たすためには、Constrained Transport法の実装も必要である。既存の数値相対論シミュレーションコードでは、荒い近似に基づいたリーマンソルバーを実装しているため、数値解の精度に

疑問が残る。そこで本コードでは、現存するリーマンソルバーの中では、最も信頼性が高く計算コストが低く抑えられるリーマンソルバーを実装した。数値相対論コミュニティで、これを実現できているのは我々の数値コードだけである。また、ニュートリノ輻射輸送についてはニュートリノ分布関数の二次モーメントまでを解く M1 法を実装しているが、ニュートリノ相互作用項については漏れ出し法を実装している。また、ニュートリノのエネルギーについては平均エネルギーに基づく Gray 近似を実装している。

多層格子法：中性子星や恒星質量程度のブラックホールの空間スケールが 10 キロメートル程度であるのに対し、重力波の波長は数百キロメートルである。また、光速の 10% 程度の速度を持つ重力的束縛を逃れた物質の運動を秒程度の時間スケールに渡って正確に追跡する必要がある。そのため異なる格子を階層的に組み合わせ、様々な空間スケールを同時に解像する多層格子法を実装している。この手法を採用した場合、格子間隔の異なる層が接する場所が実効的な（だが非物理的な）境界になるため、境界条件の取り扱いに注意しなければならない。本コードではバリオン質量の保存や磁束の保存といった基本的保存則を機械精度で満たすことが可能になっている。既存の数値相対論シミュレーションコードでは、これら基本的保存則を満たすことが保証されていないため、計算結果の信頼性に疑問が残るのが現状である。また、我々のコードは空間的対称性を課すことなしに、空間的対称性を完全に保つことが可能である。これは線形運動量の保存に関してより信頼性の高いコードとなっていることを意味する。

最適化：MPI と OpenMP によるハイブリッド並列化が行われており、様々なスーパーコンピューターアーキテクチャに適合するよう最適化が施されている。特に本研究では理科学研究所スーパーコンピューター富岳の使用を念頭においた最適化が実装されている（2021 年度から本格的サイエンスランを実行）。

4. 研究成果

本申請課題では数値相対論ニュートリノ輻射磁気流体コードの開発及び最適化をメインにすえ、研究を行ってきた。2021 年度までにコードの開発と最適化を完了し、コード開発を報告した論文を投稿中である（arxiv:2205.04487）。数値相対論コミュニティで標準的に実装されている従来のリーマンソルバーと、より信頼性の高いリーマンソルバーを比較した結果、動的放出物質の総量、合体後過渡的に形成された中性子星がブラックホールへ崩壊した結果形成される円盤の質量、円盤内の磁場の巻き込みによって駆動される磁気タワージェットのパワーが大幅に過大評価されていたことが分かった。これは重力波イベントを解釈／予言するための信頼性の高い理論モデル構築に肝要である。世界で最も信頼性の高いシミュレーションを実行できる数値コードであると自負している。

本コードを活用した他のサイエンスシミュレーションとしては、ブラックホール—中性子星連星合体シミュレーションが挙げられる（Hayashi et al. 21, arxiv:2111.04621, PRD に受理）。この系では潮汐破壊された中性子星が、ブラックホールの周りに重い円盤を形成する。磁気回転不安定性と呼ばれる磁気流体不安定性が円盤内部で卓越し、実行的乱流粘性が生成される。この乱流粘性によって円盤内部で角運動量が輸送され、円盤は外に向かって膨張する。また、粘性加熱の一部はニュートリノ冷却に使われる。円盤の膨張に伴って、密度及び温度が十分に低下した時点でニュートリノ相互作用が切れる。結果的に粘性加熱すべてが円盤の膨張に使われるようになり膨張が暴走的に起こり、円盤の一部が重力的束縛を逃れるという包括的な描像を得ることが出来た。この中性子過剰放出物質中では原子核による速い中性子捕獲反応が起こり、重元素が合成されることが分かった。

また、円盤内部で回転方向の磁場が増幅された結果、合体数百ミリ秒で Poynting flux dominated outflow が駆動され、その光度は典型的なショートガンマ線バーストの光度と同程度であることが分かった。また、この outflow の継続時間は、実行的乱流粘性による角運動量輸送のタイムスケールおよびニュートリノ冷却のタイムスケールで決まっていて、典型的に 1-2 秒である。この値もやはりショートガンマ線バーストの観測値と大まかに一致する。

また Fujibayashi et al. 22, arxiv:2205:05557 では、比較的短寿命な重い中性子星が合体後に過渡的に形成される場合に着目し、合体残存物の相対論的ニュートリノ輻射粘性流体の長時間シミュレーションを軸対称の仮定のもと行った。まず、本研究で開発したコードを使用して、連星中性子星合体の空間 3 次元シミュレーションをブラックホール合体の直前まで実行する。系が軸対称に近い形状に緩和したのちに、軸対称コードへマッピングする。厳密にはマッピング後に用いられたコードは本研究で開発されたものではないので、研究結果の詳細は省略するが、質量放出に関しては、上述のブラックホール—中性子星連星合体で報告されているものと定性的に同等のメカニズムによって駆動されていることが分かった。本研究で開発したコードによって、より“現実”的な合体残存物を得られることが出来たと結論付ける。このことは連星中性子星合体の電磁波対応天体をモデリングする際に重要である。

最後に現在は本コードを用いて、連星中性子星合体の高解像度長時間シミュレーションをニュートリノ輻射磁気流体の枠組みで富岳上で実行している。また、合体時の接触面で起こるケルビン—ヘルムホルツ不安定性による磁場増幅へのニュートリノ粘性の効果や合体残存物中での大局的ダイナモ機構を調べている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 15件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fujibayashi Sho, Shibata Masaru, Wanajo Shinya, Kiuchi Kenta, Kyutoku Koutarou, Sekiguchi Yuichiro	4. 巻 101
2. 論文標題 Mass ejection from disks surrounding a low-mass black hole: Viscous neutrino-radiation hydrodynamics simulation in full general relativity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 83029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.083029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kiuchi Kenta, Kawaguchi Kyohei, Kyutoku Koutarou, Sekiguchi Yuichiro, Shibata Masaru	4. 巻 101
2. 論文標題 Sub-radian-accuracy gravitational waves from coalescing binary neutron stars in numerical relativity. II. Systematic study on the equation of state, binary mass, and mass ratio	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 84006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.084006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Fujibayashi Sho, Wanajo Shinya, Kiuchi Kenta, Kyutoku Koutarou, Sekiguchi Yuichiro, Shibata Masaru	4. 巻 901
2. 論文標題 Postmerger Mass Ejection of Low-mass Binary Neutron Stars	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 122 ~ 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abafc2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Narikawa Tatsuya, Uchikata Nami, Kawaguchi Kyohei, Kiuchi Kenta, Kyutoku Koutarou, Shibata Masaru, Tagoshi Hideyuki	4. 巻 2
2. 論文標題 Reanalysis of the binary neutron star mergers GW170817 and GW190425 using numerical-relativity calibrated waveform models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 43039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.2.043039	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Fujibayashi Sho, Shibata Masaru, Wanajo Shinya, Kiuchi Kenta, Kyutoku Koutarou, Sekiguchi Yuichiro	4. 巻 102
2. 論文標題 Viscous evolution of a massive disk surrounding stellar-mass black holes in full general relativity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 123014
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.102.123014	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kyutoku Koutarou, Kawaguchi Kyohei, Kiuchi Kenta, Shibata Masaru, Taniguchi Keisuke	4. 巻 103
2. 論文標題 Reducing orbital eccentricity in initial data of black hole-neutron star binaries in the puncture framework	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 23002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.103.023002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hayashi Kota, Kawaguchi Kyohei, Kiuchi Kenta, Kyutoku Koutarou, Shibata Masaru	4. 巻 103
2. 論文標題 Properties of the remnant disk and the dynamical ejecta produced in low-mass black hole-neutron star mergers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 43007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.103.043007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shibata Masaru, Kiuchi Kenta, Fujibayashi Sho, Sekiguchi Yuichiro	4. 巻 103
2. 論文標題 Alternative possibility of GW190521: Gravitational waves from high-mass black hole-disk systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 63037
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.103.063037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kiuchi Kenta, Kyutoku Koutarou, Shibata Masaru, Taniguchi Keisuke	4. 巻 876
2. 論文標題 Revisiting the Lower Bound on Tidal Deformability Derived by AT 2017gfo	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L31 ~ L31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab1e45	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Lin Haoxiang, Totani Tomonori, Kiuchi Kenta	4. 巻 485
2. 論文標題 Non-thermal afterglow of the binary neutron star merger GW170817: a more natural modelling of electron energy distribution leads to a qualitatively different new solution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2155 ~ 2166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz453	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shibata Masaru, Zhou Enping, Kiuchi Kenta, Fujibayashi Sho	4. 巻 100
2. 論文標題 Constraint on the maximum mass of neutron stars using GW170817 event	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 23015
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.100.023015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Narikawa Tatsuya, Uchikata Nami, Kawaguchi Kyohei, Kiuchi Kenta, Kyutoku Koutarou, Shibata Masaru, Tagoshi Hideyuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Discrepancy in tidal deformability of GW170817 between the Advanced LIGO twin detectors	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Research	6. 最初と最後の頁 33055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevResearch.1.033055	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hamidani Hamid, Kiuchi Kenta, Ioka Kunihiro	4. 巻 491
2. 論文標題 Jet Propagation in Neutron Star Mergers and GW170817	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 3192-3216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz3231	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kyutoku Koutarou, Fujibayashi Sho, Hayashi Kota, Kawaguchi Kyohei, Kiuchi Kenta, Shibata Masaru, Tanaka Masaomi	4. 巻 890
2. 論文標題 On the Possibility of GW190425 Being a Black Hole? Neutron Star Binary Merger	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L4 ~ L4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab6e70	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Fujibayashi Sho, Kiuchi Kenta, Nishimura Nobuya, Sekiguchi Yuichiro, Shibata Masaru	4. 巻 860
2. 論文標題 Mass Ejection from the Remnant of a Binary Neutron Star Merger: Viscous-radiation Hydrodynamics Study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 64 ~ 64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aabafd	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamasaki Shotaro, Totani Tomonori, Kiuchi Kenta	4. 巻 70
2. 論文標題 Repeating and non-repeating fast radio bursts from binary neutron star mergers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psy029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kiuchi Kenta, Kyutoku Koutarou, Sekiguchi Yuichiro, Shibata Masaru	4. 巻 97
2. 論文標題 Global simulations of strongly magnetized remnant massive neutron stars formed in binary neutron star mergers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.124039	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hotokezaka Kenta, Kiuchi Kenta, Shibata Masaru, Nakar Ehud, Piran Tsvi	4. 巻 867
2. 論文標題 Synchrotron Radiation from the Fast Tail of Dynamical Ejecta of Neutron Star Mergers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 95 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aadf92	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Lin H., Totani T., Kiuchi K.	4. 巻 340
2. 論文標題 Nonthermal afterglow of the binary neutron star merger GW170817: A more natural modeling of electron energy distribution leads to a qualitatively different new solution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Astronomische Nachrichten	6. 最初と最後の頁 213 ~ 216
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asna.201913591	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 9件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Kenta Kiuchi
2. 発表標題 Theoretical modeling of binary neutron star mergers: Recent progress and future prospect
3. 学会等名 Invited colloquium at GRAPPA (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kenta Kiuchi
2. 発表標題 A theoretical modeling of EM and GW emission for binary neutron star mergers
3. 学会等名 IGC@25 Multimessenger Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Kiuchi
2. 発表標題 Recent progress of a numerical modeling of binary neutron star mergers in numericalrelativity
3. 学会等名 CoCoNuT 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Kiuchi
2. 発表標題 Current status of a numerical modeling of binary neutron star mergers and short gamma-ray bursts
3. 学会等名 GRB 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Kiuchi
2. 発表標題 Systematic error for the neutron star tidal deformability estimation in GW170817/AT2017gfo
3. 学会等名 Gravitational wave searches and parameter estimation in the era of detections (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenta Kiuchi
2. 発表標題 Introduction to a numerical modeling of binary neutron star mergers
3. 学会等名 Workshop/School on Recent Developments in Gravitational Waves and Astrophysics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenta Kiuchi
2. 発表標題 Binary Neutron Star Merge
3. 学会等名 Workshop on Jet and Shock breakout in Cosmic transient (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenta Kiuchi
2. 発表標題 Constraining the nuclear equation of state by gravitational waves
3. 学会等名 Workshop on r-Process and Unstable Nuclei in Multi-messenger Astronomy (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenta Kiuchi
2. 発表標題 Frontiers in Numerical Relativity
3. 学会等名 2019 YITP Asia-Pacific Winter School and Workshop on Gravitation and Cosmology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Homepage of Kenta Kiuchi http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~kenta.kiuchi/ Homepage of Kenta Kiuchi http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~kenta.kiuchi/ Homepage of Kenta Kiuchi http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~kenta.kiuchi/

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	井岡 邦仁 (Ioka Kunihito) (80402759)	京都大学・基礎物理学研究所・教授 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------