

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：82401

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H00693

研究課題名（和文）ガンマ線バースト爆発放射機構の統一的理解

研究課題名（英文）Unified Understanding of Explosion and Emission Mechanisms of Gamma-Ray Bursts

研究代表者

長瀧 重博（Nagataki, Shigehiro）

国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・主任研究員

研究者番号：60359643

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 36,000,000円

研究成果の概要（和文）：核密度を超える高密度において、現実的なquark-hadron crossoverな状態方程式を用い、世界で初めて連星中性子星合体のシミュレーション、および放出される重力波の解析を行い、その特徴を捉えることに成功しました。連星中性子星合体に伴うガンマ線放射の研究についての成果を挙げることに成功しました。相対論的流体シミュレーションと輻射輸送計算を組み合わせた研究からは、連星中性子星合体に伴う相対論的ジェットの光球面放射を世界で初めて評価しました。相対論的ジェット数値シミュレーションに基づく、ロングガンマ線バーストのフォトスフェリック放射機構に関する研究につき、総まとめ論文を発表しました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

上記連星中性子星合体と重力波についての成果はPhysical Review LettersにおいてFeatured in Physicsに選ばれるとともに、American Physical SocietyのPhysics Magazineなどでも紹介されました。連星中性子星合体に伴う相対論的ジェットの光球面放射の研究では、光球面放射が典型的なショートガンマ線バーストの起源となる可能性が示唆され、偏光といった放射の詳細な性質に関しても明らかにしました。この成果はAstrophysical Journal誌に掲載され、同誌のインタビューを受け、Youtubeに公開されています。

研究成果の概要（英文）：Using a realistic quark-hadron crossover equation of state at high densities exceeding the nuclear density, we have successfully simulated binary neutron star mergers and analyzed the emitted gravitational waves. We captured their characteristics for the first time in the world. We succeeded in studying the gamma-ray emission associated with binary neutron star mergers. From a combined study of relativistic fluid simulations and radiation transport calculations, we evaluated for the first time in the world the photospheric emission from a relativistic jet associated with a binary neutron star merger. A summary paper on the photospheric emission mechanism of long gamma-ray bursts was published based on numerical simulations of relativistic jets.

研究分野：宇宙物理学

キーワード：ガンマ線バースト 一般相対性理論 相対論的ジェット 輻射輸送 重力波 連星中性子星合体 高密度状態方程式 ブラックホール

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

宇宙最大の爆発現象とされるガンマ線バーストは、突発的に大量のガンマ線が地上に飛来する現象です。1967年の最初の発見から長らくその起源すら分からず、宇宙物理学上の大きな謎とされていました。典型的なガンマ線バーストは数百ミリ秒から数十秒程度の継続時間を持ち、ミリ秒・秒程度の激しい時間変動を示し、ブレークを持つ冪型スペクトルを示します。また、ガンマ線バーストは継続時間の長いもの(ロングガンマ線バースト)と短いもの(ショートガンマ線バースト)の二種族が存在していることが知られています。

30年ほどの活発な論争の後、ロングガンマ線バーストに関しては、1998年に超新星爆発と同時に観測されたことが大きな契機となり、大質量星の重力崩壊に起因しているという描像が確立されています。その一方で、ショートガンマ線バーストに関しては、その起源を解明する決定的証拠が見つからないという状況が長らく続いていました。そのような中で、2017年8月17日遂に大きなブレークスルーとなる観測が報告されました。重力波天文学のメインターゲットであった連星中性子星合体からの重力波が史上初めて観測されたのですが、それと同時に同じ方角からショートガンマ線バーストが発見されたのです。この事実から、(少なくとも一部の)ショートガンマ線バーストは連星中性子星の合体が引き起こしていることが明らかになりました。ロングとショートの両種族の起源が明らかになり、またそれが近年幕を開けた重力波天文学とも密接に関連することが分かってきた現在、ガンマ線バーストの研究はより一層注目を集めており、多くの研究者が参入してきています。

このように近年大変研究の盛んなガンマ線バーストですが、未だロング・ショートの種族によらず多くの謎につつまれています。たとえば、その明るさ、継続時間、発生した位置までの距離から推して、ガンマ線バーストは  $10^{51}$ erg 程度の爆発現象でなければならないことが分かります。しかもそれがミリ秒程度の早い時間変動を示すことから、放射源はコンパクトでなければなりません。しかしながらそのようなコンパクト領域に大量のエネルギーを持たせると、領域内の温度は電子陽電子を作れる程に高温となり、光学的に厚くなります。従って、熱的な放射となっている筈なのですが、実際の観測は非熱的スペクトルを示すのです。現在この問題を解決するために、ガンマ線バーストはローレンツ因子数百にも達するような高速ジェットからの放射であると考えられています。観測される光子のエネルギーは数百 keV のガンマ線であっても、流体静止系では数 keV 程度であるため電子陽電子が発生せず、従って光学的に薄く、非熱的スペクトルになれるというものです。これは一見良い説明ですが、大変に厳しい要求です。 $10^{51}$ erg でローレンツ因子数百のジェットが持つ質量は、太陽質量の百万分の一程度となります。一方、ロングガンマ線バーストは重力崩壊中の星の外層(太陽質量の十倍以上)の中で起こる現象であり、ショートガンマ線バーストに関しても連星中性子星合体に伴って放出された物質(太陽質量の百分の一程度)の中で起こると考えられているので、大量のバリオンが存在しています。つまりバリオンが大量に集中した領域から、バリオンを殆ど含まない巨大エネルギーを持つジェットを放出せよ、というロング、ショートガンマ線バーストに共通の要求なのです(ガンマ線バーストの中心エンジン問題)。

他にもガンマ線バースト放射を理解するためには、解決しなければならない性質が多数あります。たとえばガンマ線バーストのスペクトルは、典型的にはブレークを持つ冪型ですが、その冪指数は、通常高エネルギーガンマ線天体からの放射メカニズムとして考えられるシンクロトロン放射では説明出来ないものとなっています。特にブレーク位置より低エネルギー側の指数は、永年理論研究者が議論し、説明出来ていない指数なのです(ガンマ線バーストスペクトル問題)。時間変動についても良く分かっていません。ミリ秒一秒程度の激しい時間変動を示す訳ですが、この時間変動のメカニズムが分かっていません。時間変動を起こすには何かしらの“揺らぎ”が必要ですが、その起源は良く分かっていません(中心エンジンの活動性が時間変動している説、ジェットが伝搬している間に流体不安定性が成長してシェルが出来上がる説などがあります:ガンマ線バースト時間変動問題)。

また何かしらの相関則からガンマ線バーストの絶対光度を推定し、距離指標に使えるかという興味があります。ガンマ線バーストは宇宙最大の爆発現象で、大変明るく、他の標準光源よりも遠い宇宙を探ることに適しています。しかしながら(例えば Ia 型超新星と比較して)ガンマ線バーストには明るさにばらつきがあり、ガンマ線バーストを距離指標としてうまく使いきれないという現状があります(ガンマ線バーストの宇宙論への適用可能性問題)。

### 2. 研究の目的

以上の説明から、ガンマ線バーストの放射機構を解明するためには、ガンマ線バーストの中心エンジンから放射領域に渡るまでの物理全体に対する理解を深め、議論の精度を上げていかなければならないことが分かります。本研究ではこの一連の過程を「ガンマ線バースト中心エン

ジン]、「相対論的ジェット」の伝搬]、「ガンマ線伝搬過程」の3つのパートに分類し、それぞれのパートの研究精度を上げ、最終的にそれらを統合することにより、ガンマ線バースト放射機構に対する世界最先端の理解を目指します。我々が提案しておりますガンマ線バーストの放射機構を、中心エンジンまで遡り、根本的に理解するという試みは独創的で世界最先端の研究です。この試みは数値シミュレーションによってのみ可能なのですが、ガンマ線バーストの分野には数値シミュレーションがまだそれ程参入していません。そのような中で、我々は早くから数値シミュレーションに取り組み、現在世界最高レベルに達しています。これまでの研究ではロングガンマ線バーストに注力してきましたが、本課題ではショートガンマ線バーストに関しても包括的に取り組みます。二つの種族で重要になる物理は共通しているため、ショートの種族に関しても、これまで構築した我々の研究基盤を直接生かすことができます。また、両者を同時並行で推進することによって、それぞれで発展させた計算技術を共有し、相補的に計算精度を向上させることが可能になります。この強みを余すことなく生かすことによって、ガンマ線バースト放射メカニズムに対する統一的理解が世界最先端の精度で得られると同時に、ガンマ線バーストを宇宙論的距離指標に利用出来る可能性が開けます。これは高エネルギー天体物理学のみならず、宇宙論への波及効果をも持つことを意味しています。更に、本研究からはガンマ線放射と中心エンジンから発生する重力波の包括的な理解が得られます(現状、重力波とガンマ線を同時に扱う研究は存在していません)。現在観測から確認されている唯一の重力波対応天体であるガンマ線バーストの放射機構を確立することは、近年幕を開けた重力波天文学時代において極めて重要かつ急務です。

### 3. 研究の方法

#### パート1 「ガンマ線バースト中心エンジン」 (担当:長瀧、高見)

ガンマ線バーストの中心エンジンは未解明なことが多いのですが、幾つかの有力説が存在します。標準的なシナリオは、ロングガンマ線バーストは高速回転する大質量星の重力崩壊によって引き起こされ、ショートガンマ線バーストは中性子星連星、もしくは中性子星・ブラックホール連星の合体に起因しているとするものです。いずれの場合においても、中心に高速回転ブラックホールを形成し、相対論的ジェットを駆動することによって、ガンマ線バーストが発生すると考えられています。現在、これらのシナリオによって、本当にガンマ線バーストを説明することが出来るのか、我々を含め世界の幾つかのグループによって数値シミュレーションによる研究が活発に行われています。特に興味深いことは、ガンマ線バーストジェットが放出される際、そのジェットの強度は激しい時間変動を示すことが幾つかのシミュレーションで示されていることです。この時間変動が、ガンマ線バーストの示す時間変動の種となっている可能性があるのですが、それを直接検証した数値シミュレーションは存在しません。本研究ではこの点について検証していきたいと考えています。即ち、中心エンジン計算の終状態を次のパートである相対論的ジェットの伝搬計算の初期条件とし、上記可能性を具体的に検証していくのです。中心エンジン計算は、強重力場、強磁場、高密度状態方程式、ニュートリノ物理など複雑な物理が絡みあう現象ですが、それら全てを網羅した数値コードは開発されていません。本研究計画に於いては、これら全ての効果を全て取り入れたコードを開発し、世界最先端の中心エンジンシミュレーションを行います。第一原理計算ですので、中心エンジンの活動に伴って発生する重力波も計算結果として得られます。コード開発は長瀧・高見が担当し、それぞれが開発・活用してきた一般相対論を考慮した流体コードを改良し、高精度に拡張します。長瀧はこれまで主に大質量星の重力崩壊に関する研究に携わってきた一方、高見は主に中性子星連星や中性子星・ブラックホール連星合体の研究に取り組んできました。その研究実績を生かし、ロングガンマ線バーストは長瀧、ショートガンマ線バーストは高見が担当し、本パートを力強く推進します。

#### パート2 「相対論的ジェットの伝搬」 (担当:水田、Just)

本研究ではガンマ線バースト放射を説明するモデルとして「フォトスフェリックモデル」を念頭に置きます。長瀧、水田、伊藤は近年、観測されているガンマ線バーストの非熱的スペクトルをフォトスフェリックモデルの枠組みで解決出来る可能性を示しました。即ち、低エネルギー側は高速ジェットが持つ光球面(フォトスフィア)からの熱的放射の重ね合わせで再現出来、高エネルギー側はジェット中の電子による逆コンプトン散乱で説明出来ることを数値シミュレーションによって示したのです。我々はこの結果に大きな可能性を感じていますので、この方向で更に研究を推進します。今後の課題として挙げられるものは時間変動の再現です。ガンマ線バーストはミリ秒-秒程度の激しい時間変動を示しますが、現在の我々の計算ではそれを再現することに成功していません。これには2つの大きな理由があります。それは(i)時間変動の種が入っていない、(ii)時間変動をそもそも解像出来る計算になっていない、という点です。(i)については、たとえばミリ秒程度の時間変動の種が中心エンジンの活動性に起因するのであれば、我々の現状の計算では、そもそも中心エンジンを解いていませんので(その代わりエネルギーを計算領域内側境界から注入し、ジェットを人工的に発射させている)、時間変動が計算の結果として現れる筈がありません。この点については上記パート1と本パート2を組み合わせることで解決されます。(ii)については、たとえば時間変動の起源が流体不安定性の発展により生じるのであれば、現状の計算でも時間変動が現れてもおかしくないのですが、空間解像度が不十分のため、その不安定性をうまく解像出来ず、結果として時間変動が現れていない可能性があります。

ミリ秒の変動を捉えるためには、 $10^7\text{cm}$  程度が要求される解像度になります。しかし数値シミュレーションでは、放射領域( $10^{12}\text{--}10^{13}\text{cm}$ )にて  $10^7\text{cm}$  を解像するという要求は厳しく、放射領域のみ細かい解像度を持たせる手法 (Adaptive Mesh Refinement: AMR) が必須となります。本研究では、この AMR 法を新しく採用し、時間変動の解像に取り組めます。本パートは主に水田・Just が担当します。水田はこれまでロングガンマ線バーストのシミュレーションに精力的に取り組んできており、一方 Just はショートガンマ線バーストのシミュレーションを主に行ってきました。その経験を生かし、水田がロング、Just がショートの種族の研究をそれぞれ担当します。

### パート 3 「ガンマ線伝搬過程」 (担当:伊藤、石井)

パート 2. で評価される光球面から放射される熱的放射が、どのように散乱を経験して、スペクトルの変化、時間の遅れなど経験し、最終的に観測されるかを計算するのがこのパートの役割です。伊藤はこの効果について画期的成果を挙げています。即ちガンマ線バーストジェットが速度差を持つ層流構造であった場合、その速度差に起因する逆コンプトン散乱 (バルクコンプトン効果) によって高エネルギー側冪指数が再現出来ることを光子伝搬モンテカルロ計算によって示しました。更に伊藤はバルクコンプトンだけでなく電子温度に起因する逆コンプトン散乱効果も取り入れた計算コードを開発し、より精密な計算を可能にしています。このコードを用いて、伊藤はロングガンマ線バーストの 3 次元相対論的流体シミュレーションに基づく世界最先端のフォトスフェリックモデル計算を行い (これはパート 2+パート 3 の計算例に対応します)、経験的に知られているガンマ線バーストのスペクトル・光度関係式を自然に再現することに世界で初めて成功しました。我々の結果は、ガンマ線バーストを経験則的に宇宙論的距離指標として利用する試みに対して理論的基盤を与えています。この計算はロングガンマ線バーストだけでなく、ショートガンマ線バーストにも即応用可能なものです。我々は、引き続きロングガンマ線バーストの研究に関しては精密化していき、ショートガンマ線バーストの研究にも取り組みます。米徳関係式はロングとショートの種族で異なっているという示唆があるのですが、本研究はその詳細を明確にし、より精度の高い宇宙論的距離指標としてガンマ線バーストを利用する道を開くことができます。また、ショートガンマ線バーストの研究は昨年初めて報告された連星中性子星合体現象の重力波・ガンマ線の同時観測に対応する理論計算の実行を意味します (重力波はパート 1 にて計算されます)。我々の研究は、自然な発展として重力波天文学とも絡むことになりました。この絶好のタイミングを活かし、この研究を一層推進します。本パートにおいて、ロングガンマ線バーストの計算は引き続き伊藤が担当し、ショートガンマ線バーストの計算は、輻射輸送や中性子星連星合体の研究を専門にしている石井が担当します。

## 4. 研究成果

2019 年度の成果: 重力波天文学の開拓により、今後、様々な相対論的天体現象からの重力波が観測されます。その観測される重力波から、連星中性子星合体およびそれによって引き起こされるガンマ線バーストの性質を引き出すために、様々な条件下でシミュレーションを行い、インプットとアウトプットの関係を理解するを行っています。また新規に一般相対論的磁気流体コードの開発にも取り組んでいる。また中性子星合体に於けるジェット形成のシミュレーションを実行し、輻射輸送を計算することでショートガンマ線バーストとの関連を議論しています。また同じ系に於ける r-process 元素合成の計算を開始し、キロノヴァ現象との関連性について研究を進めています。また輻射優勢相対論的衝撃波の定常解をモンテカルロ計算で解くことを開始しています。特に非相対論・相対論の中間領域での構造は、世界で初めてこの手法によって厳密に解き明かされました。今後はこの衝撃波が系を突き破って外界に飛び出した時 (ショックブレイクアウト)、どのような放射光として観測されるのかを定量的に議論することが可能となる予定です。また連星中性子星合体からの初期電磁波放射のエネルギースペクトルを数値的に予測するため、かねてより開発してきた相対論的モンテカルロ輻射輸送計算コードに束縛-束縛遷移過程を導入しました。合体後の中性子星最外層では水素やヘリウムなどの軽元素のみが存在する可能性があり、これらの元素によるライン放射・吸収がスペクトルに与える影響を計算できるようなコードを開発しました。その結果、例え入射時の光子スペクトルが熱的分布を持っていても、相対論的速度で膨張する中性子星からの放出物質中を光子が伝播する過程で、特徴的な非熱的スペクトルが生成されることを示しました。

2020 年度の成果: 緩い相対論的衝撃波のブレイクアウト現象に於ける運動量空間中の光子分布、陽子分布、電子・陽電子分布をモンテカルロ計算によって詳細に調べました。これは連星中性子星の合体現象 GW170817 に於いて観測されたショートガンマ線バーストの起源に迫る理論的研究の第一歩と言えます。何故なら、GW170817 の残光現象 (電波) から推定される相対論的ジェットは地球の方向を向いておらず、別の物理過程によってガンマ線バーストを説明する必要があると強く示唆されているからです。衝撃波のブレイクアウト現象はその有力候補ですが、その現象に於いて光子が豊富にある場合と不足している場合で大きく数値的に解く難度が異なります (光子が不足している方が難解)。我々は光子が不足している場合に対しても詳細な計算を行い、ブレイクアウト現象について世界最先端の研究成果を得ることが出来ました。また、現象論的にガンマ線バーストの相関関係を我々は詳細に調べ、ガンマ線バーストのピーク光度、平坦残光終了時の X 線光度、平坦残光の継続時間に相関があること、特に GW170817 に代表されるキロノバ

を伴うショートガンマ線バーストの相関が強いことを発見しました。この成果は世界各地でプレスリリースで発表され、ガンマ線バーストを宇宙論パラメータ推定に使えるガンマ線バースト宇宙論へ光明を指しました。また査読論文として報告するには至っていませんが、一般相対論的磁気流体コードの新規開発、特殊相対性理論的流体計算と輻射輸送計算によるショートガンマ線バースト現象の理論的説明についての研究も着実に進んでおり、特に後者については査読論文に投稿直前まで来ています。

2021 年度の成果：我々は連星中性子星合体に伴うガンマ線放射の研究についての成果を挙げることに成功しました。大局的な相対論的流体シミュレーションと輻射輸送計算を組み合わせた研究からは、連星中性子星合体に伴う相対論的ジェット的光球面放射を世界で初めて評価しました。その結果、光球面放射が典型的なショートガンマ線バーストの起源となる可能性が示唆され、偏光といった放射の詳細な性質に関しても明らかにしました。また、r-process 元素の存在を考慮した相対論的輻射媒介衝撃波の第一原理計算にも取り組んでおり、その結果から連星中性子星合体に伴うショックブレイクアウトの放射過程に重要な示唆を与えることに成功しています。この成果は *Astrophysical Journal* 誌に掲載され、また同誌のインタビューを受け、Youtube に公開されています。また我々は、ガンマ線バースト即時放射、残光の相関関係について詳細な解析を行い、その関係式を用いてガンマ線バースト宇宙論への窓を開ける試みも行いました。また我々はロングガンマ線バーストの起源を解明する上で非常に重要な、ジェット状爆発を起こした超新星残骸、Cassiopeia A についての成果を挙げた。今回、Cassiopeia A の鉄領域中に、安定なチタンとクロムを 5 標準偏差以上の信頼度で観測することに成功しました。この観測されたチタンとクロムの質量比を理論的に考察すると、アルファリッチフリーズアウトが必要であり、爆発時の衝撃波を押し上げる高エントロピーな噴出物の存在を証明する証拠となりました。この成果は *Nature* 誌に掲載され、*Nature* 誌の表紙を飾りました。この成果は NASA のプレスリリースにも取り上げられました。

2022 年度の成果：中心エンジン：核密度を超える高密度状態において、現実的な quark-hadron crossover な状態方程式を用いて、世界で初めて連星中性子星合体のシミュレーション、およびそこから放出される重力波の解析を行い、その特徴を捉えることに成功しました。この成果は *Physical Review Letters* において “Featured in Physics” に選ばれるとともに、*American Physical Society* の *Physics Magazine* などでも紹介されました。またロングガンマ線バースト中心エンジン用に新規に 3 次元一般相対論的磁気流体コードの開発に取り組みました。相対論的ジェット：独自に開発していた 3 次元相対論的流体コードの改善を行うことにより、数値流束を HLL 流束からより拡散の少ない HLLC 流束に置き換えることによって、ジェット伝搬における流体不安定性がより精度よく解けました。特に接触不連続面の捕獲が重要な問題となっており、エントロピー波を考慮する HLLC 流束の採用が重要であることが分かりました。輻射輸送：我々の先行研究において取り組んだ大局的な相対論的流体シミュレーションに基づいた輻射輸送計算を、10 倍の光子数のもとで実行することによって、放射スペクトルの時間変動、および偏光を評価することに成功しました。本研究からは、光球面放射によって観測で知られている様々な相関関係が再現できることが明らかになりました。また、これまでの当該研究分野における業績が評価された結果、今年度は学術論文雑誌 *Universe* 誌においてガンマ線バーストの相関関係に関する招待レビュー論文を寄稿しています。宇宙論：ガンマ線バースト宇宙論の展開となる足がかりとして、ガンマ線バーストの可視光残光と X 線残光を用いた距離指標に関する論文を発表しました。

2023 年度の成果：ショートガンマ線バーストのセントラルエンジンである可能性が高い連星中性子星合体を一般相対論的シミュレーションを通して研究を行いました。特に、合体時、そして合体後に形成される大質量中性子星で達成される核密度を超える高密度状態で現れると考えられているクォーク物質とその現れ方（ハドロロン物質から 1 次相転移でクォーク物質に変化するのか、もしくはハドロロン物質に徐々にクォーク物質が現れるクロスオーバー的な変化か、それともクォーク物質は現れずにハドロロン物質のままか）の違いが及ぼす影響に着目し、その詳細を明らかにしました。また、その高密度状態の違いが観測される重力波から調べられる可能性も示唆しました。ロングガンマ線バーストに関して、大質量星のコア崩壊後に形成された熱的優勢な相対論的ジェットの親星外層中での伝搬の 3 次元での流体計算のため、コード開発を行った。その応用としてジェットとコクーンの界面に生じる流体不安定性の成長によるジェットとコクーンの混合が伝搬に及ぼす影響を解像度スタディによって調べ、高解像度計算でより混合が顕著となるがジェット成分を残しながら親星表面をブレイク可能ということを示しました。相対論的ジェット数値シミュレーションに基づく、ロングガンマ線バーストのフォトスフェリック放射機構に関する研究について、我々の総まとめ論文を発表しました。GRB の親星でもある大質量星の進化末期の活動を明らかにするため、IIn 型超新星に着目し、輻射輸送計算を用いてライン形状から星周物質構造を明らかにするとともに大質量星進化末期の質量放出について情報を得る手法を構築しました。また、高速回転する大質量星が重力崩壊時に噴出するアウトフローについて、流体計算および元素合成計算を行い、モデルのアウトフロー中で生成されるニッケル 56 の量が stripped-envelope 超新星の観測データと整合的であることを示しました。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計43件（うち査読付論文 43件 / うち国際共著 39件 / うちオープンアクセス 33件）

1. 著者名 Dainotti M.G., Bargiacchi G., Bogdan M., Capozziello S., Nagataki S.	4. 巻 41
2. 論文標題 On the statistical assumption on the distance moduli of Supernovae Ia and its impact on the determination of cosmological parameters	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of High Energy Astrophysics	6. 最初と最後の頁 30 ~ 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jheap.2024.01.001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ono Masaomi, Nozawa Takaya, Nagataki Shigehiro, Kozyreva Alexandra, Orlando Salvatore, Miceli Marco, Chen Ke-Jung	4. 巻 271
2. 論文標題 The Impact of Effective Matter Mixing Based on Three-dimensional Hydrodynamical Models on the Molecule Formation in the Ejecta of SN 1987A	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	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) 10.3847/1538-4365/ad1a08	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ito Hiroataka, Matsumoto Jin, Nagataki Shigehiro, Warren Donald C., Barkov Maxim V., Yonetoku Daisuke	4. 巻 961
2. 論文標題 Numerical Simulation of Photospheric Emission in Long Gamma-Ray Bursts: Prompt Correlations, Spectral Shapes, and Polarizations	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/ace775	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sapienza Vincenzo, Miceli Marco, Bamba Aya, Orlando Salvatore, Lee Shiu-Hang, Nagataki Shigehiro, Ono Masaomi, Katsuda Satoru, Mori Koji, Sawada Makoto, Terada Yukikatsu, Giuffrida Roberta, Bocchino Fabrizio	4. 巻 961
2. 論文標題 Probing Shocked Ejecta in SN 1987A: A Novel Diagnostic Approach Using XRISM-Resolve	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	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) 10.3847/2041-8213/ad16e3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Dohi 土 A. 肥明、Iwakiri 岩 W. B. 切涉、Nishimura 西村 N. 信哉、Noda 野田 T. 常雄、Nagataki 長 瀧 S. 重博、Hashimoto 橋本 M. 正章	4. 巻 960
2. 論文標題 Constraints on Neutron Star Structure from the Clocked X-Ray Burster 1RXS J180408.9?342058	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/ad0a67	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kido E., Inakura T., Kimura M., Kobayashi N., Nagataki S., Shimizu N., Tamii A., Utsuno Y.	4. 巻 152
2. 論文標題 Evaluations of uncertainties in simulations of propagation of ultrahigh-energy cosmic-ray nuclei derived from microscopic nuclear models	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Astroparticle Physics	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) 10.1016/j.astropartphys.2023.102866	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tamii A., Pellegrini L., Soderstrom P.-A., Allard D., Goriely S., Inakura T., Khan E., Kido E., Kimura M., Litvinova E., Nagataki S. et al. PANDORA Collaboration	4. 巻 59
2. 論文標題 PANDORA Project for the study of photonuclear reactions below A=60	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The European Physical Journal A	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) 10.1140/epja/s10050-023-01081-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sato Toshiki, Yoshida Takashi, Umeda Hideyuki, Hughes John P., Maeda Keiichi, Nagataki Shigehiro, Williams Brian J.	4. 巻 954
2. 論文標題 Examining Neutrino-Matter Interactions in the Cassiopeia A Supernova	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/ace7c1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Jacovich Taylor, Patnaude Daniel, Slane Patrick, Badenes Carles, Lee Shiu-Hang, Nagataki Shigehiro, Milisavljevic Dan	4. 巻 951
2. 論文標題 Doppler Broadening and Line-of-sight Effects in Core-collapse Supernovae and Young Remnants	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/acd0ad	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Dainotti M. G., Bargiacchi G., Lenart A., Nagataki S., Capozziello S.	4. 巻 950
2. 論文標題 Quasars: Standard Candles up to $z = 7.5$ with the Precision of Supernovae Ia	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/accea0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Dohi Akira, Greco Emanuele, Nagataki Shigehiro, Ono Masaomi, Miceli Marco, Orlando Salvatore, Olmi Barbara	4. 巻 949
2. 論文標題 Investigating the Time Evolution of the Thermal Emission from the Putative Neutron Star in SN 1987A for 50+ Years	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/acce3f	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Bargiacchi G, Dainotti M G, Nagataki S, Capozziello S	4. 巻 521
2. 論文標題 Gamma-ray bursts, quasars, baryonic acoustic oscillations, and supernovae Ia: new statistical insights and cosmological constraints	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 3909 ~ 3924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stad763	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ishii Ayako T., Takei Yuki, Tsuna Daichi, Shigeyama Toshikazu, Takahashi Koh	4. 巻 961
2. 論文標題 Diagnosis of Circumstellar Matter Structure in Interaction-powered Supernovae with Hydrogen Line Features	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	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) 10.3847/1538-4357/ad072b	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Crosato Menegazzi Ludovica, Fujibayashi Sho, Takahashi Koh, Ishii Ayako	4. 巻 529
2. 論文標題 Variety of disc wind-driven explosions in massive rotating stars	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 178 ~ 195
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stae544	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Bargiacchi G, Dainotti M G, Nagataki S, Capozziello S	4. 巻 521
2. 論文標題 Gamma-ray bursts, quasars, baryonic acoustic oscillations, and supernovae Ia: new statistical insights and cosmological constraints	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 3909 ~ 3924
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stad763	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 Petruk O, Beshley V, Orlando S, Bocchino F, Miceli M, Nagataki S, Ono M, Loru S, Pellizzoni A, Egron E	4. 巻 518
2. 論文標題 Polarized radio emission unveils the structure of the pre-supernova circumstellar magnetic field and the radio emission in SN1987A	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 6377 ~ 6389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac3564	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 Lenart Aleksander Lukasz, Bargiacchi Giada, Dainotti Maria Giovanna, Nagataki Shigehiro, Capozziello Salvatore	4. 巻 264
2. 論文標題 A Bias-free Cosmological Analysis with Quasars Alleviating H <sub>0</sub> Tension	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 46 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/aca404	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Dainotti M G, Lenart A L, Chraya A, Sarracino G, Nagataki S, Fraija N, Capozziello S, Bogdan M	4. 巻 518
2. 論文標題 The gamma-ray bursts fundamental plane correlation as a cosmological tool	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2201 ~ 2240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac2752	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 Huang Yong-Jia, Baiotti Luca, Kojo Toru, Takami Kentaro, Sotani Hajime, Togashi Hajime, Hatsuda Tetsuo, Nagataki Shigehiro, Fan Yi-Zhong	4. 巻 129
2. 論文標題 Merger and Postmerger of Binary Neutron Stars with a Quark-Hadron Crossover Equation of State	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review Letters	6. 最初と最後の頁 id.181101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.129.181101	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 Dohi A., Nishimura N., Sotani H., Noda T., Liu He-Lei, Nagataki S., Hashimoto M.	4. 巻 937
2. 論文標題 Impacts of the Direct Urca and Superfluidity inside a Neutron Star on Type I X-Ray Bursts and X-Ray Superbursts	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 124 ~ 124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac8dfe	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Orlando S., Wongwathanarat A., Janka H.-T., Miceli M., Nagataki S., Ono M., Bocchino F., Vink J., Milisavljevic D., Patnaude D. J., Peres G.	4. 巻 666
2. 論文標題 Evidence for past interaction with an asymmetric circumstellar shell in the young SNR Cassiopeia A	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy and Astrophysics	6. 最初と最後の頁 A2 ~ A2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202243258	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Dainotti M G, Nielson V, Sarracino G, Rinaldi E, Nagataki S, Capozziello S, Gnedin O Y, Bargiacchi G	4. 巻 514
2. 論文標題 Optical and X-ray GRB Fundamental Planes as cosmological distance indicators	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1828 ~ 1856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac1141	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 Just O., Aloy M. A., Obergaulinger M., Nagataki S.	4. 巻 934
2. 論文標題 r-process Viable Outflows are Suppressed in Global Alpha-viscosity Models of Collapsar Disks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L30 ~ L30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac83a1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Greco Emanuele, Miceli Marco, Orlando Salvatore, Olmi Barbara, Bocchino Fabrizio, Nagataki Shigehiro, Sun Lei, Vink Jacco, Sapienza Vincenzo, Ono Masaomi, Dohi Akira, Peres Giovanni	4. 巻 931
2. 論文標題 Additional Evidence for a Pulsar Wind Nebula in the Heart of SN 1987A from Multiepoch X-Ray Data and MHD Modeling	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 132 ~ 132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac679d	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ferrand Gilles, Tanikawa Ataru, Warren Donald C., Nagataki Shigehiro, Safi-Harb Samar, Decourchelle Anne	4. 巻 930
2. 論文標題 The Double Detonation of a Double-degenerate System, from Type Ia Supernova Explosion to its Supernova Remnant	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 92 ~ 92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac5c58	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Parsotan Tyler, Ito Hiroataka	4. 巻 8
2. 論文標題 GRB Prompt Emission: Observed Correlations and Their Interpretations	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Universe	6. 最初と最後の頁 310 ~ 310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/universe8060310	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sato, T.; Maeda, K.; Nagataki, S.; Yoshida, T.; Grefenstette, B.; Williams, B. J.; Umeda, H.; Ono, M.; Hughes, J. P.,	4. 巻 592
2. 論文標題 High-entropy ejecta plumes in Cassiopeia A from neutrino-driven convection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature	6. 最初と最後の頁 537-540
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41586-021-03391-9	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 Jacovich, Taylor; Patnaude, Daniel; Slane, Patrick; Badenes, Carles; Lee, Shiu-Hang; Nagataki, Shigehiro; Milisavljevic, Dan,	4. 巻 914
2. 論文標題 A Grid of Core-collapse Supernova Remnant Models. I. The Effect of Wind-driven Mass Loss	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.41, 14pp
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abf935	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Dainotti, M. G.; Omodei, N.; Srinivasaragavan, G. P.; Vianello, G.; Willingale, R.; O'Brien, P.; Nagataki, S.; Petrosian, V.; Nuygen, Z.; Hernandez, X.; Axelsson, M.; Bissaldi, E.; Longo, F.,	4. 巻 255
2. 論文標題 On the Existence of the Plateau Emission in High-energy Gamma-Ray Burst Light Curves Observed by Fermi-LAT	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Supplement Series	6. 最初と最後の頁 id.13, 14pp
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4365/abfe17	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Dainotti, Maria Giovanna; Lenart, Aleksander; Fraija, Nissim; Nagataki, Shigehiro; Warren, Donald C.; De Simone, Biagio; Srinivasaragavan, Gokul; Mata, Aurora	4. 巻 73
2. 論文標題 Closure relations during the plateau emission of Swift GRBs and the fundamental plane	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 970-1000
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psab057	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 Ito, Hiroataka; Just, Oliver; Takei, Yuki; Nagataki, Shigehiro	4. 巻 918
2. 論文標題 A Global Numerical Model of the Prompt Emission in Short Gamma-ray Bursts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.59, 12pp
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac0cf9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Dohi, A.; Nishimura, N.; Hashimoto, M.; Matsuo, Y.; Noda, T.; Nagataki, S.,	4. 巻 923
2. 論文標題 Effects of the Nuclear Equation of State on Type I X-Ray Bursts: Interpretation of the X-Ray Bursts from GS 1826-24	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.64, 16pp
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac2821	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Warren, Donald C.; Dainotti, Maria; Barkov, Maxim V.; Ahlgren, Bjorn; Ito, Hirotaka; Nagataki, Shigehiro	4. 巻 924
2. 論文標題 A Semianalytic Afterglow with Thermal Electrons and Synchrotron Self-Compton Emission	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.40, 16pp
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac2f43	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Just, O.; Goriely, S.; Janka, H. -Th; Nagataki, S.; Bauswein, A.	4. 巻 509
2. 論文標題 Neutrino absorption and other physics dependencies in neutrino-cooled black hole accretion discs	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1377-1412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stab2861	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Li, Wei-Jian; Xue, Rui; Long, Guang-Bo; Wang, ZeRui; Nagataki, Shigehiro; Yan, Da-Hai; Wang, Jian Cheng	4. 巻 659
2. 論文標題 Can the one-zone hadronuclear model explain the hard-TeV spectrum of BL Lac objects?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Astronomy & Astrophysics	6. 最初と最後の頁 id.A.184, 6pp
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1051/0004-6361/202142051	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Srinivasaragavan, G. P.; Dainotti, M. G.; Fraija, N.; Hernandez, X.; Nagataki, S.; Lenart, A.; Bowden, L.; Wagner, R.	4. 巻 903
2. 論文標題 On the Investigation of the Closure Relations for Gamma-Ray Bursts Observed by Swift in the Post-plateau Phase and the GRB Fundamental Plane	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abb702	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Dainotti, M. G.; Lenart, A. I.; Sarracino, G.; Nagataki, S.; Capozziello, S.; Fraija, N.	4. 巻 904
2. 論文標題 The X-Ray Fundamental Plane of the Platinum Sample, the Kilonovae, and the SNe Ib/c Associated with GRBs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abbe8a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Warren, Donald C.; Beauchemin, Catherine A. A.; Barkov, Maxim V.; Nagataki, Shigehiro	4. 巻 906
2. 論文標題 The Maximum Energy of Shock-accelerated Electrons in a Microturbulent Magnetic Field	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 id.33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abc694	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Ito, Hirotaka; Levinson, Amir; Nakar, Ehud	4. 巻 499
2. 論文標題 Monte Carlo simulations of fast Newtonian and mildly relativistic shock breakout from a stellar wind	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4961-4971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa3125	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 伊藤裕貴、松本仁; 長瀧 重博; Donald C. Warren; Maxim V. Barkov; 米徳大輔	4. 巻 10
2. 論文標題 The photospheric origin of the Yonetoku relation in gamma-ray bursts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 id. 1504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-09281-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 伊藤裕貴、Amir Levinson; 長瀧 重博	4. 巻 492
2. 論文標題 Monte Carlo simulations of relativistic radiation-mediated shocks: II. photon-starved regime	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 1902-1913
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz3591	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 Paul J. Easter, Paul D. Lasky, Andrew R. Casey, Luciano Rezzolla, Kentaro Takami	4. 巻 100
2. 論文標題 Computing fast and reliable gravitational waveforms of binary neutron star merger remnants	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D.	6. 最初と最後の頁 43005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.100.043005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Rahman Ninoy, Just Oliver, Janka Hans-Thomas	4. 巻 490
2. 論文標題 NADA-FLD: a general relativistic, multidimensional neutrino-hydrodynamics code employing flux-limited diffusion	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 3545-3572
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz2791	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

〔学会発表〕 計39件 (うち招待講演 13件 / うち国際学会 16件)

1. 発表者名 長瀧重博
2. 発表標題 Summary of ABBL's Research on SNe, SNRs, and GRBs.
3. 学会等名 One-Day Meeting with Prof. Roger Blandford, RIKEN, Japan (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長瀧重博
2. 発表標題 Enjoy Astrophysics Just for 1 Hour!
3. 学会等名 Third Mini-Workshop on the Early Universe, Ishigaki, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 長瀧重博
2. 発表標題 Supernovae as Origins of Cosmic Rays and Life
3. 学会等名 OIST x iTHEMS workshop series, OIST, Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 長瀧重博
2. 発表標題 Roads from Supernovae to Supernova Remnants
3. 学会等名 橋本正章先生古稀記念研究会「中性子星を中心とした宇宙核物理研究のこれまでとこれから」九州大学 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石井彩子
2. 発表標題 Diagnosis of CSM Structure in SNe IIn with Hydrogen Line Features
3. 学会等名 Transient & Supernova Workshop 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石井彩子
2. 発表標題 IIn型超新星の水素ライン形状による星周物質構造診断
3. 学会等名 第36回理論懇シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 3D GRMHD simulations of relativistic jet launch
3. 学会等名 太陽圏宇宙線プラズマ合同研究集会「宇宙プラズマとレーザー生成プラズマにおける粒子加速・加熱」
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 Numerical study of growth of Kelvin-Helmholtz instability in collisionless shock experiments
3. 学会等名 International Workshop on New Developments in Laboratory Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 コラプサー中を伝搬するガンマ線バーストジェットの3次元シミュレーション
3. 学会等名 MHD2023 宇宙プラズマの活動性-天体形成から高エネルギー現象まで-
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 3次元相対論的流体シミュレーションによるガンマ線バーストジェットの伝搬
3. 学会等名 2023(令和5)年度 国立天文台CfCAユーザーズミーティング
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 親星外層中を伝搬するガンマ線バーストジェットの3次元相対論的流体シミュレーション、解像度の影響
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理研究会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shigehiro Nagataki
2. 発表標題 Supernovae as Origins of Life
3. 学会等名 Interdisciplinary Science Conference in Okinawa 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroataka Ito
2. 発表標題 Physics of Relativistic Radiation Mediated Shocks
3. 学会等名 RCC-AFP Meeting 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hirotaka Ito
2. 発表標題 Radiation Mediated Shocks
3. 学会等名 TCAN on BNS and BH/NS Worshop 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akira Mizuta
2. 発表標題 Three-dimensional relativistic hydrodynamic simulation of gamma-ray burst jet propagation
3. 学会等名 Symposium on Gravitational wave physics and astronomy: Genesis (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akira Mizuta
2. 発表標題 Gamma-ray burst jet propagation in collapsars in 3D
3. 学会等名 The 9th East Asian Numerical Astrophysics Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 3D Gamma-ray burst jet propagation in collapsars
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理学研究会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 クラブサー中を伝搬するガンマ線バーストジェットの3次元相対論的流体シミュレーション
3. 学会等名 第35回 理論懇シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 親星外層中を伝搬するガンマ線バーストジェットの3次元相対論的流体シミュレーション、解像度の影響
3. 学会等名 日本天文学会2023年春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石井彩子
2. 発表標題 星周物質と相互作用する超新星のスペクトル計算：星周物質が水素ライン形状へ与える影響
3. 学会等名 天文学会2022年秋季学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石井彩子
2. 発表標題 IIn型超新星の水素ライン形状と爆発前質量放出機構の関係
3. 学会等名 天文学会2023年春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石井彩子
2. 発表標題 IIn型超新星の水素ライン形状と星周物質構造の関係
3. 学会等名 第35回 理論懇シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hirotaka Ito
2. 発表標題 Numerical Simulations of Photospheric Emission in GRBs
3. 学会等名 The Sixteenth Marcel Grossmann Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirotaka Ito
2. 発表標題 The photospheric origin of Ep-Lp and Ep-Eiso correlations in GRBs
3. 学会等名 The Sixteenth Marcel Grossmann Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤裕貴
2. 発表標題 Relativistic radiation mediated shocks in photon starved regime
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroataka Ito
2. 発表標題 First principle calculation of relativistic radiation mediated shocks
3. 学会等名 r-EMU Workshop 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroataka Ito
2. 発表標題 Monte Carlo simulations of fast Newtonian and mildly relativistic shock breakout from a stellar wind
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 「コラプサーからの相対論的ガンマ線バーストジェット伝搬の3次元流体シミュレーション」
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理学研究会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 コラプサーからの相対論的ガンマ線バーストジェット伝搬の3次元流体シミュレーション
3. 学会等名 第34回理論懇シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 コラプサーからの相対論的ガンマ線バーストジェット伝搬の3次元流体シミュレーション
3. 学会等名 国立天文台天文シミュレーションプロジェクトユーザーズミーティング
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石井彩子
2. 発表標題 連星中性子星合体初期の自由中性子放射のスペクトル計算
3. 学会等名 2021冬季「中性子星・超新星残骸及び関連天体」研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長瀧重博
2. 発表標題 UHECRs from Nuclear & Astro Physical Points of Views
3. 学会等名 JEM-EUSO-Japan 会合 (Zoom) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Akira Mizuta
2. 発表標題 Astrophysical plasma jet
3. 学会等名 Workshop on Laboratory Astrophysics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤裕貴
2. 発表標題 相対論的輻射媒介衝撃波の第一原理計算
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理学研究会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 ブラックホール降着流シミュレーションのためのGRMHDコードの開発
3. 学会等名 ブラックホール磁気圏研究会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤裕貴
2. 発表標題 The photospheric origin of the Yonetoku relation in gamma-ray bursts
3. 学会等名 Ioffe Workshop on GRBs and other transient sources: 25&nbsp;Years of Konus-Wind Experiment (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Oliver Just
2. 発表標題 What can we learn about the r-process and nuclear equation of state from neutron-star merger observations?
3. 学会等名 GSI FAIRNESS Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水田晃
2. 発表標題 相対論的ジェットの物理
3. 学会等名 京都大学数理解析研究所 共同研究(公開型) 「宇宙惑星ジェットの数理」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長瀧重博
2. 発表標題 From Central Engine to Afterglow
3. 学会等名 2019 Nanjing GRB Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>クォーク物質を重力波で探る  <a href="https://www.riken.jp/press/2022/20221027_1/index.html">https://www.riken.jp/press/2022/20221027_1/index.html</a>          Thermal electrons play key role in GRB AG  <a href="https://www.riken.jp/en/news_pubs/research_news/rr/20220404_1/index.html">https://www.riken.jp/en/news_pubs/research_news/rr/20220404_1/index.html</a>          Listening to Equation-of-State Changes  <a href="https://physics.aps.org/articles/v15/s149">https://physics.aps.org/articles/v15/s149</a>          Where does gold come from?  <a href="https://www.gsi.de/en/start/news/details/2021/11/15/elementsynthese-schwarze-loecher">https://www.gsi.de/en/start/news/details/2021/11/15/elementsynthese-schwarze-loecher</a>          Youtube Interview: Astrophysical Journal  <a href="https://www.youtube.com/watch?v=TazQJubfu9o">https://www.youtube.com/watch?v=TazQJubfu9o</a>          理化学研究所 宇宙の距離を測定する最長の“ものさし”  <a href="https://www.riken.jp/press/2020/20201119_3/index.html">https://www.riken.jp/press/2020/20201119_3/index.html</a>          ガンマ線バーストのスペクトルと明るさの相関関係の起源  <a href="https://www.riken.jp/press/2019/20190403_1/index.html">https://www.riken.jp/press/2019/20190403_1/index.html</a>          ガンマ線バーストのスペクトルと明るさの相関関係の起源  <a href="https://iithems.riken.jp/ja/news/researchers-pinpoint-origin-photons-mysterious-gamma-ray-bursts">https://iithems.riken.jp/ja/news/researchers-pinpoint-origin-photons-mysterious-gamma-ray-bursts</a>          ガンマ線バーストの放射メカニズムにせまる  <a href="https://www.cfca.nao.ac.jp/pr/20190403">https://www.cfca.nao.ac.jp/pr/20190403</a>          ガンマ線バーストのスペクトルと明るさの相関関係の起源を再現することに成功  <a href="https://www.kanazawa-u.ac.jp/rd/66071">https://www.kanazawa-u.ac.jp/rd/66071</a>          理研栄峰賞、理研梅峰賞の授与について  <a href="https://www.riken.jp/pr/news/2020/20200319_1/">https://www.riken.jp/pr/news/2020/20200319_1/</a></p>
--

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	高見 健太郎  (Takami Kentaro)  (70758002)	神戸市立工業高等専門学校・その他部局等・准教授    (54502)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	石井 彩子 (Ishii Ayako) (70802239)	山形大学・理学部・助教  (11501)	削除：2020年4月1日。ドイツマックスプランク研究所に異動したため、分担者を外れました。追加：2021年11月26日。山形大学に異動したため、分担者に復帰しました。
研究分担者	水田 晃 (Mizuta Akira) (90402817)	国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・研究員  (82401)	
研究分担者	伊藤 裕貴 (Ito Hirotaka) (30434278)	国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・研究員  (82401)	削除：2022年10月27日に分担者を外れ、他の課題に専念することとしました。
研究分担者	Just Oliver (Just Oliver) (80813823)	国立研究開発法人理化学研究所・開拓研究本部・基礎科学特別研究員  (82401)	削除：2020年4月1日よりドイツGSIに異動。これに伴い分担者を外れました。

	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
研究協力者	ウォーレン ドナルド (Warren Donald)	フロリダ工科大学（米国）・Physics and Space Science・Assistant Professor	2022年12月31日まで理研で研究員。2023年1月1日よりフロリダ工科大学に異動。研究協力者として継続的に共同研究を行って来ました。
研究協力者	米徳 大輔 (Yonetoku Daisuke) (40345608)	金沢大学・数物科学系・教授  (13301)	

## 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1件

国際研究集会 Workshop to bring together experts on High Energy Astrophysics from Japan and Israel	開催年 2019年～2019年
--	--------------------

## 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			
米国	Florida Institute of Technology	Harvard University	Stanford University	他2機関
イタリア	Complesso University	Palermo Observatory	Universit`a degli Studi di Palermo	
ウクライナ	Ivan Franko National University of Lviv			
ポーランド	Jagiellonian University			
中国	Purple Mountain Observatory	Yunnan Observatory	Zhejiang Normal University	他1機関
イスラエル	Tel Aviv University			
ドイツ	Max Planc Institte for Astrophysics	GSI	Albert Einstein Institute	
ベルギー	ULB			