

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 8 月 19 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H06342

研究課題名（和文）X線突発天体の監視による重力波源の同定とブラックホール形成メカニズムの研究

研究課題名（英文）Identification of Gravitational Wave Sources with X-ray Transient Monitor and Study of Black Hole Formation Mechanism

研究代表者

米徳 大輔 (Yonetoku, Daisuke)

金沢大学・数物科学系・教授

研究者番号：40345608

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 140,800,000円

研究成果の概要（和文）：重力波と同期したショートガンマ線バーストや突発的なX線放射を観測するための広視野X線撮像検出器とそれを搭載するための超小型衛星（金沢大学衛星）の開発を行った。金沢大学衛星はJAXAの革新的衛星技術実証プログラム3号機に選定され、2022年度に打ち上げられる予定である。また、衛星運用で用いるSバンドおよびUHFバンドの地上アンテナ設備を構築した。

一般相対性理論を組み込んだ数値シミュレーションによる重力波源の理論的な研究では、連星中性子星等の衝突・合体現象における物質の放出量や、アクチノイド属に達するような非常に重たい元素の生成可能性について多くの知見を獲得した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

重力波天文学はこれから急速に発展する分野であり、天文学・宇宙物理学における最重要課題のひとつである。電磁波対応天体も含めて重力波源を包括的に理解することで、ブラックホールが誕生する瞬間に、その中心部および周辺環境で生じる物理現象を理解できるようになる。特に電磁波対応天体の発見において広視野のX線・ガンマ線観測は非常に期待されており、重力波天文学の発展において中核的な役割を担う観測体制を構築することから意義の高い研究である。本研究では、迅速に開発できる超小型衛星を利用することで、重力波天文学の黎明期にタイムリーに新しい人工衛星ミッションを実現できるようになる。

研究成果の概要（英文）：We have developed a wide-field X-ray imaging detector for observing short gamma-ray bursts and X-ray transient phenomena associated with gravitational waves, and a micro-satellite (Kanazawa University Satellite) to carry the detector. The Kanazawa University satellite was selected as the third satellite in JAXA's Innovative Satellite Technology Demonstration Program, and is scheduled to be launched in FY2022. We also constructed ground antenna facilities for S-band and UHF bands to be used in satellite operations.

In the theoretical study of gravitational wave sources using numerical simulations on general relativity, we have obtained many insights into the amount of material ejected in coalescence of binary neutron stars, etc., and the possibility of the formation of very heavy elements that can reach the Actinide elements.

研究分野：数物系科学

キーワード：宇宙物理学（実験） 重力波 X線 人工衛星 ブラックホール

### 1. 研究開始当初の背景

2015年9月15日に米国の重力波観測施設 LIGO によって、史上初となる重力波の直接検出が実現した。人類は「重力波」という宇宙観測の新たな手段を獲得したため、「重力波」と「電磁波」の連携観測によって、未だ誰も実現したことのない宇宙物理学を展開できると期待されていた。

主要な重力波源としては、ブラックホール(BH)や中性子星(NS)という高密度天体同士の連星が衝突・合体する場合であり、これらの組み合わせ (BH-BH, BH-NS, NS-NS) が候補となる。特に中性子星を含む場合はショートガンマ線バーストのような電磁波放射を伴うことが予想されていた。重力波の発生と同時に突発天体を発見し、多波長での追観測を実現することで、ブラックホールが形成する瞬間やその周辺環境で生じる現象など、強い重力場における物理学の理解が飛躍的に進展すると考えられていた。

重力波と電磁波の協調観測を実現できれば豊富な物理情報を獲得できるが、重力波の観測だけでは方向決定精度が不十分なため、電磁波対応天体を探索し、発見することには困難が伴う。そのため、1ステラジアン以上の広い天域をモニターできる X 線・ガンマ線観測による電磁波対応天体の発見と、迅速な発生方向の通報に大きな期待が寄せられていた。

### 2. 研究の目的

重力波観測が本格化する時期に広視野 X 線撮像検出器とガンマ線トリガーシステムを搭載した超小型衛星を打ち上げ、重力波の発生と同期した X 線突発天体の発見と通報を実現することを目的に本研究計画を立ち上げた。X 線・ガンマ線天体の発見情報を迅速に通報し、可視光・赤外線・電波などのあらゆる波長帯での追観測を展開することで「重力波天文学」という新たな学術分野の創成・発展に貢献することが目的である。

### 3. 研究の方法

本研究は、(1)重力波源からの突発的 X 線放射を観測するための超小型衛星を開発することと、(2)理論的・観測的両面から重力波発生源に関連する物理現象を理解することの両面で重力波天文学の発展を目指すものである。

前者に関しては金沢大学が開発する 50cm/50kg 級の超小型衛星に広視野 X 線撮像検出器とガンマ線トリガーシステムを搭載し、観測に必要な衛星バス機器を拡張することを計画していた。重力波観測が本格化する時期 (研究当初は 2018 年頃を想定) に観測を実現し、本研究期間内に科学成果を創出するまでを目標としていた。

後者に関しては、数値相対論シミュレーションによる連星中性子星等の合体計算を行い、合体後に残る天体やその系から放出される物質の性質を調べ、重力波や電磁波の信号を予言することで、新たな科学観測データに基づいた議論を主導することを計画していた。特に、理論的な検討と合わせ、観測される信号からガンマ線バーストジェットやその駆動源と目されるブラックホールの形成過程に迫る手段を考案することを目標と定めた。また、これまでの人工衛星プロジェクトで取得されたデータを解析することで、主にショートガンマ線バースト源の性質を理解し、金沢大学衛星で期待される科学成果に直結する検討を行うこととしていた。

### 4. 研究成果

本研究は、主に 6 つの研究項目で構成されているため、項目毎に研究成果を示す。

#### (1) 広視野 X 線撮像検出器の開発

金沢大学衛星に搭載する広視野 X 線撮像検出器のフライトモデルを開発した。X 線検出器は幅 300  $\mu\text{m}$ 、長さ 32mm の電極が 256 ライン並んだシリコンストライプ検出器であり、64 ライン毎に宇宙科学研究所の池田博一教授・カブリ IPMU の高橋忠幸教授らのご協力の下で開発した集積回路で読み出すシステムとなっている (図 1 左)。

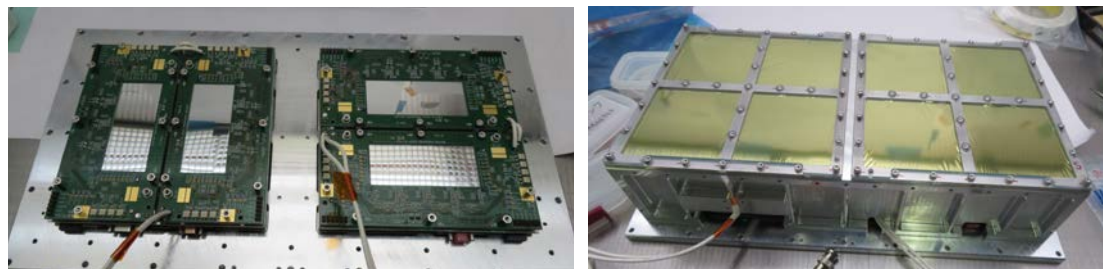


図 1. 金沢大学衛星に搭載する広視野 X 線撮像検出器のフライトモデル。(左) センサー部の写真、(右) 検出器システムとして組み上げた状態。

検出器の前面には、 $300\ \mu\text{m}$ のスリット幅を有する符号化マスクを配置することで入射 X 線の陰影を撮像し、相互相関関数を計算することで到来方向を定めることができる。1 次元の撮像機能であることから、2 台の検出器を直交して配置し、両検出器の撮像情報を合わせてガンマ線バーストの到来方向を 15 分角よりも良い精度で決定できるシステムとなっている。検出器表面には厚さ  $5\ \mu\text{m}$  のポリイミドフィルムに  $1000\text{\AA}$  厚のアルミをスパッタした可視光遮断フィルムを配置し、X 線は透過するが、効率よく可視光を遮断できるように施してある。完成した検出器システムの写真を図 1 (右) に示す。検出器の大きさは、約  $400\text{mm}\times 200\text{mm}\times 100\text{mm}$  となっている。

本検出器は反太陽方向を指向しつづけ、深宇宙を観測できる時間帯のみモニター観測を行う。観測データはリングバッファに蓄積され、突発天体をトリガーしたタイミングで X 線強度の時間変化 (光度曲線)、撮像データ、スペクトルを保存する。トリガー時刻の前後 2 秒程度の間は早い時間分解能のデータを保存することでショートガンマ線バーストに対応し、トリガーの前後を合わせて最大 650 秒間は時間分解能を抑えたデータを蓄積することで通常のロングガンマ線バーストに対応する。特に、FPGA に実装したイメージプロセッサ機能では、CPU の演算と比較して約 1000 倍も高速な画像処理を実現できたため、ショートガンマ線バーストの観測に耐えうるシステムとなっている。

放射線源を用いることで突発天体のトリガー機能についての検証を行い、設計通りのデータを取得できることを確認している。また、衛星バス側のオンボードコンピュータとの接続試験でも、同データを転送できることを確認している。さらに、商用通信衛星網であるイリジウム衛星を経由して、突発天体の情報をいち早く取得するアラートシステムを構築し、発生時刻・発生方向・光度曲線・撮像データの情報を取得できることを確認している。

実験室に設置している全長 6m の X 線ビームラインを用いて、モリブデンターゲットで生成した特性 X 線 ( $17.5\ \text{keV}$ ) を用いた撮像実験を行った (図 2)。様々な角度から X 線を入射させることで検出器の角度応答を計測し、検出器と符号化マスクの幾何学配置で予想される性能と合致していることを検証した。

以上の開発において、研究計画調書に示していた世界最高クラスの高ゲイン・低ノイズの集積回路の開発、高速イメージプロセッサを搭載した広視野 X 線撮像検出器のフライトモデルを計画通りに開発することができた。一方で、有効面積を拡大したことにより、検出器由来の静電容量性ノイズが増加したことにより、読み出し閾値が 3 キロ電子ボルト相当に悪化した。それでも、検出器システム全体としては当初の研究計画に近い検出感度を実現できていることから、将来の広視野 X 線モニター観測で活躍できると期待している。

## (2) 金沢大学衛星バスの開発

衛星バス機器のうち、広視野 X 線撮像検出器での観測を実現するために必要な姿勢制御機器として、星センサを導入し、約 1 分角の精度で姿勢制御が実現可能であることを MATLAB によるシミュレーションにより、衛星分離後の衛星が持つ角運動量が想定範囲における最悪値であっても太陽補足を実現できること、定常運用時の姿勢安定性の検証、セーフホールド状態からの復帰について十分な検討を行い、オンボードソフトウェアを実装した。また、ミッションデータを取得するために必要な S バンド送受信機およびアンテナを搭載し、通信系の機能検証を行った。

図 3 に金沢大学衛星のフライトモデルのインテグレーションの様子を示す。全てのフライト機器とハーネス群を接続し、フライトモデルとして組み上げることを確認した。2022 年度の打ち上げまでに時間があることから分解した状態になっており、各機器が仕様どおり性能を示すことの検証と統合ソフトウェアの作り込み・バグ検証を行っている。

衛星バス部の開発においては、当初の計画通りに科学観測を十分に実現できる性能のハードウェアを開発することができている。衛星バス機器の単体を制御するためのソフトウェアは完成しているが、それら全てを統合するためのソフトウェアの開発は途上となっており、完成までは実現できていない。衛星の打ち上げ機会が 2022 年であることから、それまでの期間を有効に活用し、成功の確度の高い衛星システムを構築していきたいと考えている。

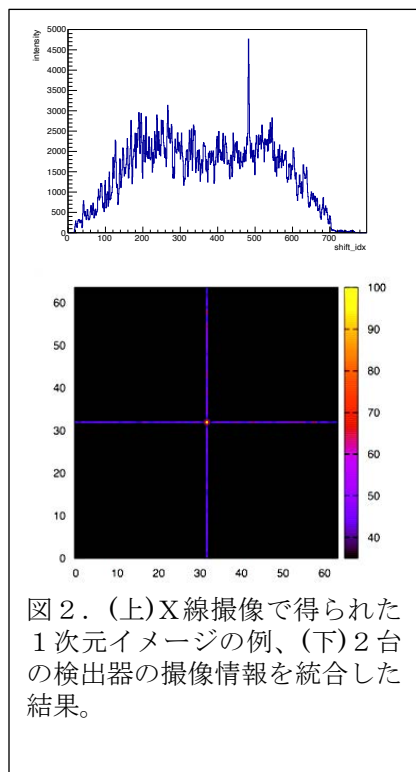


図 2. (上) X 線撮像で得られた 1 次元イメージの例、(下) 2 台の検出器の撮像情報を統合した結果。



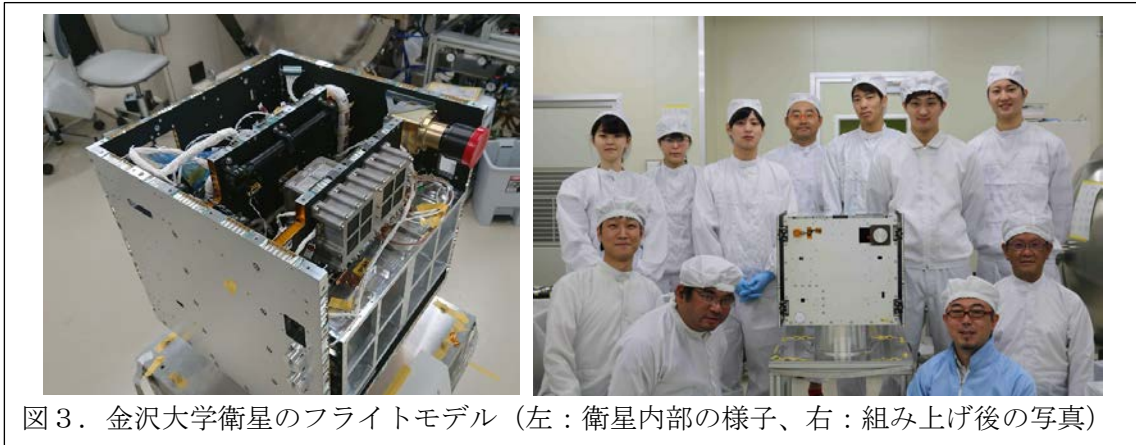


図3. 金沢大学衛星のフライトモデル（左：衛星内部の様子、右：組み上げ後の写真）

(3) ガンマ線トリガー検出器の開発について

研究計画では広視野X線撮像検出器と同時にガンマ線トリガー検出器も開発する予定としていた。しかしながら、充当された本研究経費で全ての計画を実施する事が困難であったことから、新学術領域研究「重力波創世記」の公募研究へ申請し、ガンマ線トリガー検出器の開発経費の支援を受けることとした。

図4にガンマ線トリガー検出器のフライトモデルを示す。当初の計画に示すとおり、CsI シンチレータと MPPC 半導体検出器の組み合わせとし、読み出し回路等も全て自前でデザインし、ソフトウェア機能も含めて完成させることができています。衛星全体の質量リソースに余裕があったことから、有効面積を当初の2倍（100cm<sup>2</sup>）に拡張し、検出感度を高めることに成功している。



図4. ガンマ線トリガー検出器のフライトモデル

(4) 金沢大学衛星の運用設備の構築

金沢大学衛星にはS帯（2 GHz帯）とUHF帯（400 MHz帯）の2種類の通信機器が搭載される。衛星と地上間通信を行うための地上運用システムとして、金沢大学屋上にSバンド送受信用2.4mパラボラアンテナと、UHFバンド送受信用のクロス八木アンテナを設置した（図5左・中参照）。人工衛星の軌道要素から現在時刻の方位角および仰角を計算し、それに合わせて駆動するソフトウェアを開発した（図5右）。軌道上で運用が行われている衛星を追尾し、電波を連続的に受信できることを検証できている。電波送信の免許を取得できていないことから、コマンド送信機能については未確認であるが、総務省へ運用設備としての手続きを進めており、2021年度末頃には検証できる見込みである。なお、衛星運用設備のうちSバンドアンテナは、情報通信研究機構より無償で譲渡していただいた。独自の運用設備を構築することができおり、本研究の範囲を拡張することができたと言える。

また、本計画ではガンマ線バーストの検出時刻や検出方向などの情報をいち早く地上観測者に伝達するためのアラートシステムも開発した。商用のイリジウム通信衛星網を利用することで、準リアルタイムで観測情報を獲得できる予定である。

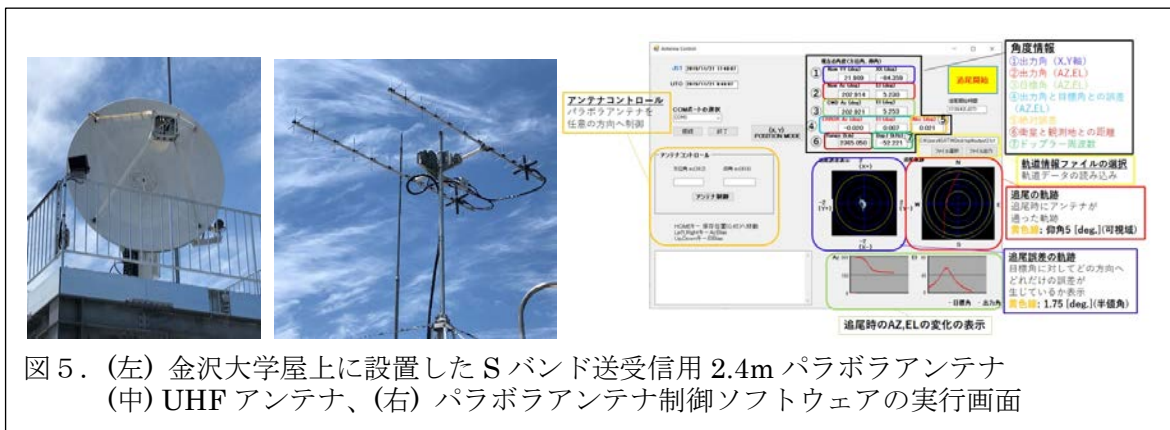


図5. (左) 金沢大学屋上に設置したSバンド送受信用2.4mパラボラアンテナ (中) UHF アンテナ、(右) パラボラアンテナ制御ソフトウェアの実行画面

#### (5) 数値計算による理論研究

連星中性子星の合体後に残る大質量中性子星での磁場やニュートリノの振る舞いおよびブラックホールへの崩壊に着目しつつ、連星中性子星の合体の完全に一般相対論的なシミュレーションを、様々な設定で行った。並行して、連星中性子星と並んで有望なショートガンマ線バーストの駆動源と目されるブラックホール・中性子星連星についても、様々な合体計算を行った。さらに合体後に残るブラックホール降着円盤についても、粘性を取り入れた長時間計算を行い、物質の放出と付随する重元素合成・電磁波放射を調べた。

連星中性子星合体に伴って放出される物質は、ニュートリノの放射・吸収など弱い相互作用によって極端な中性子過剰が解消され、幅広い質量数の鉄より重い重元素（いわゆる  $r$  過程元素）を合成するであろうことを突き止めた。特に、ブラックホール・中性子星連星については、弱い相互作用の影響を考慮したとしても、合体時には極めて中性子過剰な物質が放出され、アクチノイドのような超重元素が豊富に生成される可能性が高いことがわかった。このような元素合成の違いは、放射性崩壊や光との相互作用断面積の違いにより、合体後に放射される可視光付近の電磁波現象「キロノヴァ」に違いをもたらすことを指摘した。

本計画期間中の 2017 年 8 月 17 日に検出された重力波イベント GW170817 および付随する電磁波対応天体、ガンマ線バースト GRB 170817A およびキロノヴァ AT 2017gfo が発見されて以降、この分野は全体として研究段階が進み、それに伴って研究計画も大きな変更を受けた。まずはそれまで行ってきた研究を元に得られた重力波や電磁波を解析することで、起源となった連星中性子星やその合体の性質を研究した。例えば、独自に開発してきた重力波波形モデルを用いて GW170817 を LIGO/Virgo コラボレーションとは独立に解析し、未だ統計誤差は大きいとはいえ中性子星の大きさを制限した。またキロノヴァの解析により、連星中性子星合体による重元素合成およびその放射性崩壊が、実際に検出された電磁波信号 AT 2017gfo を無理なく説明することを明らかにした。

GW170817 の発見以降、「質量が同じ場合に、連星中性子星の合体は、ブラックホール・中性子星連星の合体と区別できるか？」という問題に興味が集まるようになった。そこで、軽いブラックホールと中性子星との合体シミュレーションを多数実行し、対応する質量の連星中性子星の合体計算と比較することで、重力波や電磁波からこの 2 種類の連星合体が区別可能かを調べている。一例として、合体時に放出される物質の質量や速度分布が異なるため、電波や X 線の初期信号に違いが生まれるであろうことがわかってきた。今後、日本の KAGRA など新たな重力波検出器が十分な感度で稼働すれば、位置決定精度の向上に伴って同種のイベントに対しても電磁波追観測から決着が着く可能性が十分にあることもわかった。この研究はまだ日が浅く、今後も大きく発展する余地がある。

本研究期間内に連星中性子星の衝突・合体事象とそれに伴う電磁波対応天体が発見されたこともあり、これらの理論研究に基づく理解が飛躍的に進んだ。研究目的にある重力波天文学の発展に大きく貢献できた成果と言える。

#### (6) 人工衛星のデータ解析によるショートガンマ線バーストの起源の研究

NASA の Swift 衛星がこれまでに観測したショートガンマ線バーストの中で、赤方偏移が測定されている 26 例について系統的なデータ解析を行った。極めて短時間の突発的なガンマ線放射に続いて低エネルギー X 線で輝く超過成分が観測されることがあり、その時間変化が指数関数的であることを見出した。その減衰時定数と最大光度の間には、逆相関があることを発見した。その物理的起源が回転するブラックホールから磁場を介して回転エネルギーを引き抜き、その磁場エネルギーを散逸させるというシナリオを提唱した。重力波源および周辺の強重力場環境の物理について深く理解することに貢献した成果と言える。

また、これまでに観測されたショートガンマ線バーストのうち、X 線・可視光・近赤外線全ての波長帯で複数の観測が行われた 9 例に対して、広帯域のスペクトル解析を行った。X 線のデータから発生源の周辺のガスによる吸収量を測定し、可視光・近赤外線のデータからダストによる吸収量を測定した。このガス・ダスト比はロングガンマ線バーストとは明らかに異なり、天の川銀河の典型的な値に等しいことを見出した。ショートガンマ線バーストの発生環境が母銀河の星間空間や銀河から外れた位置に存在し、星形成領域には属さないことを示す結果である。

以上の研究開発により、金沢大学衛星のフライトモデルと 2 つの搭載機器のハードウェアを完成させ、衛星打ち上げ後の運用システムも構築することができた。当初の目標と定めていた衛星の打ち上げおよび科学成果の創出までは実現できなかったが、ハードウェアの開発目標は概ね達成することができている。金沢大学衛星は JAXA の革新的衛星技術実証プログラム 3 号機に選定されており、2022 年度に打ち上げられる予定であり、本計画から大きく遅延することなく、将来の重力波天文学の一翼を担う事が期待できる。

また、理論研究やデータ解析に基づく研究でも、重力波源やショートガンマ線バーストの理解が進み、将来の重力波天文学の指針や、観測データを解釈するための基盤の構築に貢献した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計32件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshida Kazuki, Yonetoku Daisuke, Arimoto Makoto, Sawano Tatsuya, Kagawa Yasuaki	4. 巻 71
2. 論文標題 Systematic study for gas-to-dust ratio of short gamma-ray burst afterglows	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 54-69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psz030	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 Kagawa Yasuaki, Yonetoku Daisuke, Sawano Tatsuya, Arimoto Makoto, Kisaka Shota, Yamazaki Ryo	4. 巻 877
2. 論文標題 Exponentially Decaying Extended Emissions Following Short Gamma-Ray Bursts with a Possible Luminosity?E-folding Time Correlation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 147-161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab1bd6	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 Ito Hiroataka, Matsumoto Jin, Nagataki Shigehiro, Warren Donald C., Barkov Maxim V., Yonetoku Daisuke	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 1504-1522
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 -

1. 著者名 Tsujimoto Takuji, Nishimura Nobuya, Kyutoku Koutarou	4. 巻 889
2. 論文標題 r-process Enrichment in the Galactic Halo Characterized by Nucleosynthesis Variation in the Ejecta of Coalescing Neutron Star Binaries	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 119 ~ 119
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab655c	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 -

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 033055, 7pages
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 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 -

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 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 -

1. 著者名 Yoshida, Kazuki; Yonetoku, Daisuke; Arimoto, Makoto; et al.	4. 巻 10699
2. 論文標題 Kanazawa-SAT3: micro-satellite mission for monitoring x-ray transients coincide with gravitational wave events	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 1069962, 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2313443	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 -

1. 著者名 Yonetoku, Daisuke	4. 巻 3
2. 論文標題 Toward unveiling the relativistic fireball	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 200-201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-018-0678-7	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 -

1. 著者名 Seto, Naoki; Kyutoku, Koutarou	4. 巻 475
2. 論文標題 Prospects of the local Hubble parameter measurement using gravitational waves from double neutron stars	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 4133-4139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty090	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 Kyutoku, Koutarou; Kashiya, Kazumi	4. 巻 97
2. 論文標題 Detectability of thermal neutrinos from binary neutron-star mergers and implications for neutrino physics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.103001	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 12, 1-16
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 Kokubu, Takafumi; Kyutoku, Koutarou; Kohri, Kazunori; Harada, Tomohiro	4. 巻 98
2. 論文標題 Effect of inhomogeneity on primordial black hole formation in the matter dominated era	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 12, 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.123024	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 Bulla, M.; Covino, S.; Kyutoku, K.; Tanaka, M.; Maund, J. R.; Patat, F.; Toma, K.; Wiersema, K.; Bruten, J.; Jin, Z. P.; Testa, V.	4. 巻 3
2. 論文標題 The origin of polarization in kilonovae and the case of the gravitational-wave counterpart AT 2017gfo	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Astronomy	6. 最初と最後の頁 99-106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41550-018-0593-y	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 Chakravarti, Kabir; Gupta, Anuradha; Bose, Sukanta; Duez, Matthew D.; Caro, Jesus; Brege, Wyatt; Foucart, Francois; Ghosh, Shaon; Kyutoku, Koutarou; Lackey, Benjamin D.; Shibata, Masaru; Hemberger, Daniel A.; Kidder, Lawrence E.; Pfeiffer, Harald P.; Scheel, Mark A.	4. 巻 99
2. 論文標題 Systematic effects from black hole-neutron star waveform model uncertainties on the neutron star equation of state	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 2, 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.99.024049	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 Kyutoku, Koutarou; Nishino, Yuki; Seto, Naoki	4. 巻 483
2. 論文標題 How to detect the shortest period binary pulsars in the era of LISA	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 2615-2620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty3322	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 Kagawa, Yasuaki; Yonetoku, Daisuke; Sawano, Tatsuya et al.	4. 巻 10397
2. 論文標題 Development of digital system for the wide-field x-ray imaging detector aboard Kanazawa-SAT3	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPIE Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 103970N1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2273587	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 -

1. 著者名 Yoshida, Kazuki; Yonetoku, Daisuke; Sawano, Tatsuya et al.	4. 巻 849
2. 論文標題 Search for a Signature of Interaction between Relativistic Jet and Progenitor in Gamma-Ray Bursts	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aa8e48	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 Kyutoku, Koutarou; Seto, Naoki	4. 巻 95
2. 論文標題 Gravitational-wave cosmography with LISA and the Hubble tension	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 8, 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.95.083525	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; Kawaguchi, Kyohei; Kyutoku, Koutarou; Sekiguchi, Yuichiro; Shibata, Masaru; Taniguchi, Keisuke	4. 巻 96
2. 論文標題 Sub-radian-accuracy gravitational waveforms of coalescing binary neutron stars in numerical relativity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 8, 1-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.084060	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 Shibata, Masaru; Fujibayashi, Sho; Hotokezaka, Kenta; Kiuchi, Kenta; Kyutoku, Koutarou; Sekiguchi, Yuichiro; Tanaka, Masaomi	4. 巻 96
2. 論文標題 Modeling GW170817 based on numerical relativity and its implications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 12, 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.96.123012	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 Kyutoku, Koutarou; Kiuchi, Kenta; Sekiguchi, Yuichiro; Shibata, Masaru; Taniguchi, Keisuke	4. 巻 97
2. 論文標題 Neutrino transport in black hole-neutron star binaries: Neutrino emission and dynamical mass ejection	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 2, 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.023009	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 Kawaguchi, Kyohei; Kyutoku, Koutarou; Nakano, Hiroyuki; Shibata, Masaru	4. 巻 97
2. 論文標題 Extracting the orbital axis from gravitational waves of precessing binary systems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 2, 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.024017	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 Kawaguchi, Kyohei; Kiuchi, Kenta; Kyutoku, Koutarou; Sekiguchi, Yuichiro; Shibata, Masaru; Taniguchi, Keisuke	4. 巻 97
2. 論文標題 Frequency-domain gravitational waveform models for inspiraling binary neutron stars	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 4, 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.97.044044	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 Yoshida Kazuki, Yonetoku Daisuke, Sawano Tatsuya, Ikeda Hirokazu, Harayama Atsushi, Arimoto Makoto, Kagawa Yasuaki, Ina Masao, Hatori Satoshi, Kume Kyo, Mizushima Satoshi, Hasegawa Takashi	4. 巻 9905
2. 論文標題 Development of wide-field low-energy x-ray imaging detectors for HiZ-GUNDAM	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 99050M
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2231370	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 -

1. 著者名 Imatani Ritsuko, Tomida Hiroshi, Nakahira Satoshi, Kimura Masashi, Sakamoto Takanori, Arimoto Makoto, Morooka Yoshitaka, Yonetoku Daisuke, Kawai Nobuyuki, Tsunemi Hiroshi	4. 巻 68
2. 論文標題 Soft X-ray observation of the prompt emission of GRB?100418A	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Publications of the Astronomical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 S29 ~ S29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pasj/psv075	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 T. Sawano, D. Yonetoku, et al.	4. 巻 1
2. 論文標題 X-ray Transient Localization Experiment aboard a micro-satellite for multi-messenger counterpart search	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 7 years of MAXI: monitoring X-ray Transients, held 5-7 December 2016 at RIKEN	6. 最初と最後の頁 243 ~ 246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Kyutoku Koutarou, Seto Naoki	4. 巻 462
2. 論文標題 Concise estimate of the expected number of detections for stellar-mass binary black holes by eLISA	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2177 ~ 2183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stw1767	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 Kyutoku, K.; Kiuchi, K.; Sekiguchi, Y.; Shibata, M.; Taniguchi, K.	4. 巻 1
2. 論文標題 Neutrino Transport in Black Hole-Neutron Star Binaries: Dynamical Mass Ejection and Neutrino-Driven Wind	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Eighth Huntsville Gamma-Ray Burst Symposium	6. 最初と最後の頁 4059
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 Kyutoku Koutarou, Ioka Kunihito	4. 巻 827
2. 論文標題 THE UNREASONABLE WEAKNESS OF PROCESS COSMIC RAYS IN THE NEUTRON-STAR-MERGER NUCLEOSYNTHESIS SCENARIO	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 83 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/0004-637X/827/1/83	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 Kawaguchi Kyohei, Kyutoku Koutarou, Shibata Masaru, Tanaka Masaomi	4. 巻 825
2. 論文標題 MODELS OF KILONOVA/MACRONOVA EMISSION FROM BLACK HOLE?NEUTRON STAR MERGERS	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 52 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/0004-637X/825/1/52	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 Sekiguchi Yuichiro, Kiuchi Kenta, Kyutoku Koutarou, Shibata Masaru, Taniguchi Keisuke	4. 巻 93
2. 論文標題 Dynamical mass ejection from the merger of asymmetric binary neutron stars: Radiation-hydrodynamics study in general relativity	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 124046
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.93.124046	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 -



〔学会発表〕 計60件（うち招待講演 10件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画 HiZ-GUNDAM の進捗
3. 学会等名 日本天文学会2019秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 重力波源 X 線対応天体探査計画 Kanazawa-SAT3フライトモデル製作状況(4)
3. 学会等名 日本天文学会2019秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮尾耕河
2. 発表標題 Kanazawa-SAT3 搭載広視野 X 線撮像 検出器フライトモデルの性能評価
3. 学会等名 日本天文学会2019秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺彰汰
2. 発表標題 Kanazawa-SAT3 搭載ガンマ線検出器プロトフライトモデルの開発
3. 学会等名 日本天文学会2019秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画 HiZ-GUNDAM の進捗
3. 学会等名 日本天文学会2020春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 重力波源 X 線対応天体探査計画 Kanazawa-SAT3 フライトモデルの分光性能 評価
3. 学会等名 日本天文学会2020春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daisuke YONETOKU
2. 発表標題 HiZ-GUNDAM High-z Gamma-ray bursts for Unraveling the Dark Ages and Extreme Space Time Mission
3. 学会等名 Gamma-Ray Bursts and Related Astrophysics in Multi-Messenger Era
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Yonetoku
2. 発表標題 High-z gamma-ray bursts unraveling the dark ages and extreme space-time mission - HiZ-GUNDAM
3. 学会等名 Yamada Conference LXXI: Gamma-ray Bursts in the Gravitational Wave Era 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuya Sawano
2. 発表標題 Localization of Soft X-ray Transients with a Wide-Field Coded Aperture X-ray Imaging System Loaded on a Micro-satellite
3. 学会等名 Yamada Conference LXXI: Gamma-ray Bursts in the Gravitational Wave Era 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画HiZ-GUNDAM
3. 学会等名 DECIGOワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Yonetoku
2. 発表標題 Summary of gamma-ray polarimetry with IKAROS-GAP
3. 学会等名 Shedding new light on Gamma-Ray Bursts with polarization data (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Yonetoku
2. 発表標題 GAP2 Experiment onboard OKEANOS Solar Power Sail to Jupiter/Trojan Asteroid
3. 学会等名 Shedding new light on Gamma-Ray Bursts with polarization data (招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画 HiZ-GUNDAM の進捗
3. 学会等名 日本天文学会2018秋季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 重力波源 X 線対応天体探査計画 Kanazawa-SAT3フライトモデル製作状況(2)
3. 学会等名 日本天文学会2018秋季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木大智
2. 発表標題 超小型衛星搭載広視野 X 線撮像検出器の撮像性能評価
3. 学会等名 日本天文学会2018秋季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺彰汰
2. 発表標題 超小型衛星搭載ガンマ線検出器試作モデルの評価
3. 学会等名 日本天文学会2018秋季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 重力波源 X 線対応天体探査計画 Kanazawa-SAT3フライトモデル製作状況 (3)
3. 学会等名 日本天文学会2019春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加川保昭
2. 発表標題 ショートガンマ線バーストに付随する初期 X 線放射の指数関数的減光と時定数 - 光度相関
3. 学会等名 日本天文学会2019春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田和輝
2. 発表標題 ショートガンマ線バーストの残光における吸収と減光の系統的解析
3. 学会等名 日本天文学会2019春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画 HiZ-GUNDAM の進捗
3. 学会等名 日本物理学会2019春季年会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 三原建弘
2. 発表標題 超小型衛星計画Kanazawa-SAT3におけるガンマ線バーストモニター試作モデルの開発
3. 学会等名 日本物理学会2019春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Yonetoku
2. 発表標題 High-z Gamma-ray bursts for Unraveling the Dark Ages Mission
3. 学会等名 COSPAR SYMPOSIUM 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisuke Yonetoku
2. 発表標題 Gamma-Ray Bursts
3. 学会等名 地下素核ニュートリノ研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画HiZ-GUNDAM
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理連絡会研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuaki Kagawa
2. 発表標題 Development of digital system for the wide-field X-ray imaging detector aboard Kanazawa-SAT3
3. 学会等名 SPIE 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yasuaki Kagawa
2. 発表標題 Development of the digital system on a wide field X-ray imaging detector aboard Kanazawa-SAT3
3. 学会等名 COSPAR SYMPOSIUM 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査計画HiZ-GUNDAM・現状と国際協力
3. 学会等名 光赤外線天文連絡会シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊奈正雄
2. 発表標題 重力波天体に同期したX線突発天体探査超小型衛星計画
3. 学会等名 日本物理学会秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 重力波同期 X 線突発天体探査計画 Kanazawa-SAT3
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田海一
2. 発表標題 Kanazawa-SAT3 搭載広視野X線撮像検出器のバースト判定システムの開発
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉田和輝
2. 発表標題 Kanazawa-SAT3 搭載X線撮像検出器プロトタイプモデルの性能評価
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加川保昭
2. 発表標題 Kanazawa-SAT3 搭載に向けたX線撮像検出器T-LEXのデータ処理系の設計
3. 学会等名 日本天文学会秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 金沢大学超小型衛星による重力波対応X線天体の観測とイリジウム通信の理学応用
3. 学会等名 第61回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画HiZ-GUNDAM
3. 学会等名 宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 重力波対応X線突発天体観測のための超小型衛星計画Kanazawa-SAT3
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理連絡会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高尾祐介
2. 発表標題 ガンマ線バースト用ガンマ線検出器の開発
3. 学会等名 日本物理学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画HiZ-GUNDAMの進捗
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 重力波源X線対応天体探査計画Kanazawa-SAT3; フライトモデル製作状況
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加川保昭
2. 発表標題 Kanazawa-SAT3; 搭載広視野X線撮像検出器のバースト時刻決定・撮像性能評価
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉田和輝
2. 発表標題 Kanazawa-SAT3; 搭載X線撮像検出器の真空環境におけるX線計測
3. 学会等名 日本天文学会春季年会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Kazuki Yoshida
2. 発表標題 Development of wide-field low-energy X-ray imaging detector for HiZ-GUNDAM
3. 学会等名 SPIE 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 超小型衛星で探る重力波同期X線突発天体
3. 学会等名 日本天文学会2016年秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査計画 HiZ-GUNDAM の進捗 (5)
3. 学会等名 日本天文学会2016年秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 加川保昭
2. 発表標題 超小型衛星搭載を目指した重力波同期X線用撮像検出器の撮像システム開発
3. 学会等名 日本天文学会2016年秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Daisuke Yonetoku
2. 発表標題 Coalescence of Compact Star Binary Objects and Short Gamma-Ray Bursts
3. 学会等名 日本物理学会2016秋季年会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 超小型衛星搭載X線撮像検出器による重力波対応X線天体探査
3. 学会等名 日本物理学会2016秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊奈正雄
2. 発表標題 重力波対応天体の同定を目指した広視野X線撮像検出器の開発
3. 学会等名 日本物理学会2016秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 重力波と同期したX線/ガンマ線突発天体の観測
3. 学会等名 国立天文台ワークショップ（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 宇宙最大の爆発「ガンマ線バースト」による重力波源と初期宇宙の探求
3. 学会等名 大阪大学湯川記念講演会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Daisuke Yonetoku
2. 発表標題 Emission Mechanism of Long Gamma-Ray Bursts Probing by Gamma-Ray Polarization & Short Gamma-Ray Bursts as Gravitational Wave Sources
3. 学会等名 国立天文台理論研究会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazuki Yoshida
2. 発表標題 Micro-satellite project of X-ray Transient Localization Experiment for multi-messenger astronomy
3. 学会等名 重力波国際研究会（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Daisuke Yonetoku
2. 発表標題 Development of X-ray Transient Localization Experiments (T-LEX) and Future Micro-Satellite mission Kanazawa-SAT3
3. 学会等名 重力波研究会（国際学会）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査計画HiZ-GUNDAM, 金沢大学超小型衛星Kanazawa-SAT3
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理学連絡会研究会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 今後20年の宇宙科学の方向について, 理学の立場から
3. 学会等名 宇宙科学シンポジウム (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 米徳大輔
2. 発表標題 ガンマ線バーストの観測的研究
3. 学会等名 高エネルギー宇宙物理学連絡会研究会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 重力波同期X線突発天体を探す超小型衛星計画の衛星搭載機器開発へ向けた現状
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 加川保昭
2. 発表標題 超小型衛星搭載を目指した重力波同期 X 線撮像検出器 T-LEX の開発 - パーストリガーシステム -
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉田和輝
2. 発表標題 ガンマ線バーストのブロンプト放射における親星との相互作用の兆候を探る時間変動解析
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 澤野達哉
2. 発表標題 重力波天体に同期したX線突発天体探査超小型衛星計画の現状
3. 学会等名 日本物理学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊奈正雄
2. 発表標題 ガンマ線バーストを用いた初期宇宙探査を目的としたアナログ集積回路の開発
3. 学会等名 日本物理学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 高原文郎、家正則、小玉英雄、高橋忠幸	4. 発行年 2020年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 912
3. 書名 宇宙物理学ハンドブック	

〔産業財産権〕

〔その他〕

米徳大輔ホームページ <a href="http://astro.s.kanazawa-u.ac.jp/~yonetoku/">http://astro.s.kanazawa-u.ac.jp/~yonetoku/</a> 金沢大学理工研究域先端宇宙工学研究センター <a href="http://arc-sat.w3.kanazawa-u.ac.jp/">http://arc-sat.w3.kanazawa-u.ac.jp/</a> 金沢大学衛星プロジェクトホームページ <a href="http://kanazawa-sat.w3.kanazawa-u.ac.jp/course.html">http://kanazawa-sat.w3.kanazawa-u.ac.jp/course.html</a>
--

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	久徳 浩太郎  (Kyutoku Koutarou)  (30757125)	京都大学・理学研究科・准教授    (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
---------	---------