

令和 5 年 6 月 28 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：18H01215

研究課題名（和文）PeV 天体からの高エネルギーマルチメッセンジャーの理論的研究

研究課題名（英文）Theoretical Study of High-Energy Multimessengers from PeV Sources

研究代表者

井岡 邦仁（Ioka, Kunihito）

京都大学・基礎物理学研究所・教授

研究者番号：80402759

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,900,000 円

研究成果の概要（和文）：光子だけでなく全ての素粒子を用いて宇宙を調べるマルチメッセンジャーの時代が到来し、ブラックホールからのジェットなど、高エネルギー天体の謎に迫る手段が増えた。この中で、我々は、(1) 重力波と同時に観測されたショートガンマ線バーストのoff-axisジェットモデルを確立した。(2) 連星中性子星合体時に飛散する物質中のジェットの伝搬や構造を理論的に明らかにした。(3) 高速電波バーストに関する新しい理論モデルを提唱し、宇宙論に応用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人類はこれまで宇宙を観測する手段を新たに獲得するたびに、新しい宇宙像を発見し、知の限界を開拓してきた。21世紀になり、光子だけでなく全ての素粒子を用いて宇宙を調べるマルチメッセンジャーの時代に突入した。今、観測を統一的に理解・予言する理論モデルは必須である。我々は、宇宙一明るい天体であるガンマ線バーストのマルチメッセンジャーモデルの確立に寄与した。また、宇宙一明るい電波バーストである高速電波バーストに対する理論的モデルを提唱した。

研究成果の概要（英文）：The era of multi-messenger astronomy has arrived, in which not only photons but all types of particles are used to explore the universe, providing new means to investigate high-energy astrophysical phenomena such as jets from black holes. In this context, we (1) established an off-axis jet model for short gamma-ray bursts that were observed simultaneously with gravitational waves, (2) theoretically clarified the propagation and structure of jets in material ejected during binary neutron star mergers, and (3) proposed a new theoretical model for fast radio bursts and applied it to cosmology.

研究分野：宇宙物理

キーワード：高エネルギー天体 マルチメッセンジャー 宇宙線 ブラックホール ジェット

## 1. 研究開始当初の背景

20世紀は「多波長」の時代であったが、21世紀は「多粒子(マルチメッセンジャー)」の時代と言える。例えば、2008年にはPAMELA衛星が陽電子宇宙線の超過を観測し、宇宙と素粒子・原子核との境界領域が重要になった。2012年にはIceCube実験が宇宙からのPeVニュートリノを初めて発見し、高エネルギーニュートリノ天文学が誕生した。そして、2015年にはLIGO実験によって重力波が発見され、ついにマルチメッセンジャー(全ての素粒子を用いて宇宙を探る)時代が始まった。私は高エネルギー天体を研究していたが、マルチメッセンジャーという新しい手法でその謎に迫ることができるようになってきた。そのための理論的モデルの構築は必須であり、私はほぼ自然の成り行きで本研究に行き着いた。

## 2. 研究の目的

宇宙には地上の加速器を遥かに超える高エネルギー現象が普遍的に存在する。これらは、ブラックホールからのジェットや超新星残骸の衝撃波など、極限天体における粒子の加速から生じるが、その起源や機構の多くは謎である。マルチメッセンジャーによる観測がついに始まり、その謎に大きく迫ろうとしている今、さまざまなフロンティアがPeV (= 10<sup>15</sup> eV) エネルギーで丁度交差する。本研究では、PeV天体からのマルチメッセンジャーを理論的に理解し、統一的なモデルの構築を目指す。同時にPeV天体を用いた宇宙論を進展させる。これらは、ダークマターの対消滅・崩壊の探索など、高エネルギー宇宙を用いた素粒子・原子核物理の基盤ともなる。

## 3. 研究の方法

これまでの研究は各メッセンジャーや各天体候補について個々にモデルを議論しているに過ぎず、統一的な描像は得られていない。また、黎明期によく見られるように、まだまだ新しい謎が生まれている過渡期である。さらに新しい天体が発見されるなど、全体像を構築するピースが全てそろっていない可能性もある。このような黎明期の流動的な状況に道筋をつけて、標準的な理論モデルを確立するために、新しい天体がPeV天体になりうるかどうかを精査しつつ、これまで培った相対論的物理過程の手法を応用して、マルチメッセンジャーの観測を統一的に理解できる理論モデルを構築する。また、新しい観測を予言しモデルを検証する方法を提供する。同時にPeV天体を用いた宇宙論を進展させる。

## 4. 研究成果

2017年8月17日に発見された2つの中性子星の合体による重力波イベントGW170817は、マルチメッセンジャー宇宙物理学の本格的な始まりを告げる歴史的な一里塚となった。連星中性子星の合体の初の発見というだけでなく、電波からガンマ線に至る全ての波長域にわたって電磁波対応天体が観測され、世界中の物理学者や天文学者が巻き込まれる一大イベントとなった。特に、観測されたガンマ線は、連星中性子星の合体によってガンマ線バースト(特に継続時間の短いショートガンマ線バースト)が生まれるという40年来の仮説を支持する大発見であったが、標準的に期待される明るさより数桁も暗い異常なものであった。我々は、これを自然に説明するoff-axisモデルをLIGOらの発表と同日に提案し、現在ではこれが標準モデルとして広く受け入れられている。このモデルは、ジェットからの放射が相対論的なビーミングで絞られているため、観測者の方向がずれていると、何桁も暗く見えるという至極シンプルな統一モデルである。発見直後は、ジェットが連星合体時に飛び散る物質を貫けなかったので暗くなったとする失敗ジェットモデル等も提案されたが、最終的に我々のoff-axisモデルが正しいことが示された。

一方、off-axisジェットでは、ガンマ線のスペクトルが単純には説明できないという問題もあった。ところが、残光で示唆されているような構造をもったジェットを考えると、スペクトルまで含めてoff-axisジェットで説明できることが分かった。今後のマルチメッセンジャー時代において、ガンマ線バーストのoff-axisモデルは基本となるものであり、重要な成果であると言える。

ジェットが構造を持つことは残光の観測から示唆されていたが、今までは、ジェットの構造の関数系を仮定して残光をフィットするという方法が用いられていた。我々は、関数系を仮定せずに残光から逆解きしてジェットの構造を求める方法を新たに開発した。この方法でジェットの構

造を求めてみたところ、驚くことに、残光の観測エラーの範囲内で、さまざまな形状の構造が許されることが分かり、更なる観測が必要であることが分かった。また、ジェットの状態に影響を与える中性子の拡散について議論した。

ショートガンマ線バーストが観測できるためには、連星中性子星合体時に飛散する物質中をジェットが伝搬できるかどうかにかかってくる。そこで我々は、ジェットの穴あけ問題を解析的、数値的に調べた。星の外層を突き破るロングガンマ線バーストの場合と異なり、飛散物質が膨張していることによって、様々な新しい効果が見つかった。特に、穴あけ条件が変更を受けた。新しい条件を GW170817 に適用し、(観測的には暗かった)ジェットのエネルギーが通常のガンマ線バーストと同程度である(つまり off-axis モデルを支持する)ことを示し、合体からジェットが出るまでの遅延時間に制限を加えた。また、ジェットが飛散物質とぶつかり高温に加熱されたコクーンを生成するが、飛散物質に膨張運動がある場合、コクーンの大部分は飛散物質内に留まり、一部しか外に出て放射に寄与しないことが分かった。これは、周囲の物質が静止しているロングガンマ線バーストの場合(この場合はほぼ全てのコクーンが外に飛び出てくる)と大きく異なる。

ジェットは飛散物質の中でも、高エネルギーガンマ線やニュートリノを生成する。例えば、コクーンからの放射がジェットに入ると、逆コンプトン散乱されることで、高エネルギーガンマ線が生成される。我々は、この高エネルギー放射を計算し、将来観測可能であることを示した。場合によっては、ガンマ線は吸収され、ニュートリノだけが観測できる。これは、最近の高エネルギーニュートリノの観測から示唆される、PeV ガンマ線は天体から出てこれないのではないかとという隠れた PeV 天体仮説とも関係する。

連星中性子星合体後に飛び散った物質が、再び中心のブラックホールに降着することで、GW170817 の数日後に観測されている X 線を説明するフォールバックモデルを提唱した。世界に伍してタイムリーにフォールバックモデルを提唱することができただけでなく、r 過程元素合成に対して制限を与えたのは我々だけであった。

その他、ショートガンマ線バーストに関しては、中心エンジンがキロノバ・マクロノバのエネルギー源となる可能性、衝撃波ブレイクアウトにおける光子脱出の効果、残光における加速粒子分布の時間変化の観測可能性などを議論した。

宇宙で最も明るい電波の突発現象である高速電波バースト (Fast Radio Burst; FRB) についても新しい研究をスタートできた。特に、周期的 FRB に対する連星モデルを提唱した。これは代表的なモデルとなり既に引用も 90 を超えている。また、マグネターのバーストから FRB が観測された。ガンマ線バーストの火の玉モデルを応用し、バースト時にどのようなプラズマのアウトフローが生成されるのかを計算し、FRB を説明できるぐらいのエネルギーを持てることが分かった。

また、FRB の電波分散度を用いた宇宙論をさらに発展させた。特に、分散度の統計的性質を宇宙論的銀河シミュレーションで求め、解析的公式を得た。また、分散度とダークマターハローとの関連の性質を調べ、例えば、ハローの周りのバリオンの分布などを求めることができることを示した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計24件（うち査読付論文 24件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ioka Kunihito, Levinson Amir, Nakar Ehud	4. 巻 484
2. 論文標題 The spectrum of a fast shock breakout from a stellar wind	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 3502 ~ 3509
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz270	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 Ioka Kunihito, Nakamura Takashi	4. 巻 487
2. 論文標題 Spectral puzzle of the off-axis gamma-ray burst in 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 4884 ~ 4889
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz1650	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 Hamidani Hamid, Kiuchi Kenta, Ioka Kunihito	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 Kimura Shigeo S., Murase Kohta, Ioka Kunihito, Kisaka Shota, Fang Ke, Meszaros Peter	4. 巻 887
2. 論文標題 Up-scattered Cocoon Emission in Short Gamma-Ray Bursts as High-energy Gamma-Ray Counterparts to Gravitational Waves	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L16 ~ L16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab59e1	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 Ioka Kunihito, Nakamura Takashi	4. 巻 2018
2. 論文標題 Can an off-axis gamma-ray burst jet in GW170817 explain all the electromagnetic counterparts?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 4300
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/pty036	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 Matsumoto Tatsuya, Ioka Kunihito, Kisaka Shota, Nakar Ehud	4. 巻 861
2. 論文標題 Is the Macronova in GW170817 Powered by the Central Engine?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 55 ~ 55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aac4a8	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 Laskar Tanmoy, Alexander Kate D., Berger Edo, Guidorzi Cristiano, Margutti Raffaella, Fong Wen-fai, Kilpatrick Charles D., Milne Peter, Drout Maria R., Mundell C. G., Kobayashi Shiho, Lunnan Ragnhild, Duran Rodolfo Barniol, Menten Karl M., Ioka Kunihito, Williams Peter K. G.	4. 巻 862
2. 論文標題 First ALMA Light Curve Constrains Refreshed Reverse Shocks and Jet Magnetization in GRB 161219B	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 94 ~ 94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aacbcc	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 Kisaka Shota, Ioka Kunihito, Kashiyama Kazumi, Nakamura Takashi	4. 巻 867
2. 論文標題 Scattered Short Gamma-Ray Bursts as Electromagnetic Counterparts to Gravitational Waves and Implications of GW170817 and GRB 170817A	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 39 ~ 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/aae30a	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 Kimura Shigeo S., Murase Kohta, Bartos Imre, Ioka Kunihito, Heng Ik Siang, Meszaros Peter	4. 巻 98
2. 論文標題 Transejecta high-energy neutrino emission from 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 43020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.98.043020	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 Takahashi Kazuya, Ioka Kunihito	4. 巻 497
2. 論文標題 Inverse reconstruction of jet structure from off-axis gamma-ray burst afterglows	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 1217 ~ 1235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa1984	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 Ioka Kunihito, Zhang Bing	4. 巻 893
2. 論文標題 A Binary Comb Model for Periodic Fast Radio Bursts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L26 ~ L26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ab83fb	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, Ioka Kunihito	4. 巻 500
2. 論文標題 Jet propagation in expanding medium for gamma-ray bursts	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 627 ~ 642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/staa3276	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 Takahashi Kazuya, Ioka Kunihito	4. 巻 501
2. 論文標題 Diverse Jet Structures Consistent with the Off-axis Afterglow of GRB 170817A	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 5746 ~ 5756
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stab032	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 Ioka Kunihito	4. 巻 904
2. 論文標題 Fast Radio Burst Breakouts from Magnetar Burst Fireballs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 L15 ~ L15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/abc6a3	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 Wada Tomoki, Shibata Masaru, Ioka Kunihito	4. 巻 2020
2. 論文標題 Analytic properties of the electromagnetic field of binary compact stars and electromagnetic precursors to gravitational waves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 1030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptaa126	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 Takahashi Ryuichi, Ioka Kunihito, Mori Asuka, Funahashi Koki	4. 巻 502
2. 論文標題 Statistical modelling of the cosmological dispersion measure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2615 ~ 2629
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stab170	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 Preau Edwan, Ioka Kunihito, Meszaros Peter	4. 巻 503
2. 論文標題 Neutron conversion-diffusion: a new model for structured short gamma-ray burst jets compatible with GRB 170817	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Monthly Notices of the Royal Astronomical Society	6. 最初と最後の頁 2499 ~ 2513
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stab652	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 Ishizaki Wataru, Ioka Kunihito, Kiuchi Kenta	4. 巻 916
2. 論文標題 Fallback Accretion Model for the Years-to-decades X-Ray Counterpart to GW170817	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal Letters	6. 最初と最後の頁 L13 ~ L13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/2041-8213/ac1120	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 Ishizaki Wataru, Kiuchi Kenta, Ioka Kunihito, Wanajo Shinya	4. 巻 922
2. 論文標題 Fallback Accretion Halted by R-process Heating in Neutron Star Mergers and Gamma-Ray Bursts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 185 ~ 185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac23d9	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 Wada Tomoki, Ioka Kunihito, Zhang Bing	4. 巻 920
2. 論文標題 Binary Comb Models for FRB 121102	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 54 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac127a	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 Shirasaki Masato, Takahashi Ryuichi, Osato Ken, Ioka Kunihiro	4. 巻 512
2. 論文標題 Probing cosmology and astrophysics with fast radio bursts: cross-correlations of dark matter haloes and cosmic dispersion measures	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 1730 ~ 1750
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac490	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 Takahashi Kazuya, Ioka Kunihiro, Ohira Yutaka, van Eerten Hendrik J	4. 巻 517
2. 論文標題 Probing particle acceleration at trans-relativistic shocks with off-axis gamma-ray burst afterglows	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 5541 ~ 5559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac3022	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 Wada Tomoki, Ioka Kunihiro	4. 巻 519
2. 論文標題 Expanding fireball in magnetar bursts and fast radio bursts	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 4094 ~ 4109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac3681	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 Hamidani Hamid, Ioka Kunihiro	4. 巻 520
2. 論文標題 Cocoon breakout and escape from the ejecta of neutron star mergers	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 1111 ~ 1127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stad041	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25件（うち招待講演 16件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 井岡邦仁、中村卓史
2. 発表標題 Spectral Puzzle of the Off-Axis Gamma-Ray Burst in GW170817
3. 学会等名 物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 A Gamma-Ray Burst Jet in Electromagnetic Counterparts to Gravitational Waves
3. 学会等名 Gamma-Ray Bursts and Related Astrophysics in Multi-Messenger Era (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 重力波とSMBH
3. 学会等名 「超巨大ブラックホール研究推進連絡会」第6回ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 重力波とマルチメッセンジャー天文学
3. 学会等名 基研研究会 素粒子物理学の進展2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 Electromagnetic Counterparts to Gravitational Waves
3. 学会等名 APPC 2019 14th ASIA-PACIFIC PHYSICS CONFERENCE (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木坂将大、井岡邦仁、櫻山和己、中村卓史
2. 発表標題 Scattered Short Gamma-Ray Bursts as Electromagnetic Counterparts to Gravitational Waves and Implications of GW170817 and GRB 170817A
3. 学会等名 物理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 Study of Black Holes and Multi-Messenger Astronomy with CTA
3. 学会等名 物理学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 Jet in Electromagnetic Counterparts to GW170817?
3. 学会等名 The 3rd PANDA Symposium on Time Domain Astronomy and first results from Insight-HXMT (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 An Off-Axis Jet in Electromagnetic Counterparts to GW170817
3. 学会等名 The workshop "The extreme Universe viewed in very-high-energy gamma rays 2018" (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 Recent Progresses in Gravitational Wave Astrophysics
3. 学会等名 初代星・初代銀河研究会2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 Jet in Electromagnetic Counterparts to GW170817
3. 学会等名 高エネルギー天体現象の多様性 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 Electromagnetic Counterparts to Gravitational Waves and Gamma-Ray Burst Jets
3. 学会等名 Second international workshop: Particles, Gravitation and the Universe (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 The Spectrum of a Fast Shock Breakout from a Stellar Wind
3. 学会等名 10th NAQJ DTA symposium: Stellar deaths and their diversity (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 Spectral puzzle of the Off-Axis Gamma-Ray Burst in GW170817
3. 学会等名 Aspen Winter Conference: Gravitational-Wave Astrophysics with Populations (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 重力波観測レビューと HiZ-GUNDAM で目指すサイエンス
3. 学会等名 HiZ-GUNDAM 連絡会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 High-Energy Astrophysics
3. 学会等名 NAQJ Future Planning Symposium 2021: Thinking about Future Plans Across Wavelengths (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 周期的高速電波バーストの連星コムモデル
3. 学会等名 天文学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 A Binary Comb Model for Periodic Fast Radio Bursts
3. 学会等名 物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 Fast Radio Burst Breakouts from Magnetar Burst Fireballs
3. 学会等名 物理学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 Fast Radio Burst Breakouts from Magnetar Burst Fireballs
3. 学会等名 天文学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 Fast Radio Bursts
3. 学会等名 第10回観測的宇宙論ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井岡邦仁
2. 発表標題 高エネルギー宇宙物理学
3. 学会等名 第23回 理論天文学宇宙物理学懇談会シンポジウム「挑戦的アイデアで広げる宇宙物理の可能性」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 Panel discussion of jet launching mechanism, jet structure, shock breakout
3. 学会等名 Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop (GWPAW) 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 Fireball in Fast Radio Bursts
3. 学会等名 There is plenty of room at the bottom (FRBs) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kunihito Ioka
2. 発表標題 Fireball in Fast Radio Bursts
3. 学会等名 Fast Radio Bursts Symposium 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計2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	

1. 著者名 安東正樹、白水徹也、浅田秀樹、石橋明浩、小林努、真貝寿明、早田次郎、谷口敬介	4. 発行年 2020年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 432
3. 書名 相対論と宇宙の事典	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>井岡邦仁のホームページ  <a href="https://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~kunihiro.ioka/">https://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~kunihiro.ioka/</a>  google scholar  <a href="https://scholar.google.com/citations?user=DcPm4A8AAAAJ&amp;hl=en">https://scholar.google.com/citations?user=DcPm4A8AAAAJ&amp;hl=en</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
---------------------------	-----------------------	----

## 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2件

国際研究集会 YITP International Molecule-type Workshop: Fast Radio Bursts: A Mystery Being Solved?	開催年 2020年～2020年
国際研究集会 Fast Radio Bursts and Cosmic Transients	開催年 2022年～2022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			
イスラエル	テルアビブ大学			
米国	ペンシルバニア州立大学	ネバダ大学ラスベガス校		
ドイツ	マックスプランク研究所 (AEI)			
英国	バース大学			
フランス	高等師範学校 (パリ)			