

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05463

研究課題名（和文）宇宙硬エックス線・ガンマ線検出テクノロジーの異分野への展開

研究課題名（英文）Novel and Interdisciplinary Application of Hard X-ray and Gamma-ray Detectors

研究代表者

高橋 忠幸（Takahashi, Tadayuki）

東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・教授

研究者番号：50183851

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 127,600,000円

研究成果の概要（和文）：領域内研究や核医学の現場からの要求に基づいたガンマ線イメージャの製作を行う。マルチピンホール光学系や平行孔コリメータなどの光学系の研究を行い、医学研究者と連携して担がんマウスを用いた生体内イメージングの技術開発を進めた。マウス咽頭部の微細組織への異なるRI化合物の集積を高い空間分解能で、かつ3核種同時に可視化することに成功した。画像解析には、超新星残骸のX線観測の解析技法を適用した。生体内での薬物動態を研究するために、広視野のイメージャを開発し、従来用いられていたSPECT装置では判別できなかった腫瘍への ^{211}At の集積の可視化に成功した。領域内への検出器技術の展開をおこなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で示した複数の分子プローブを優れた空間分解能で同時に可視化できる能力は、ひとつの組織の中（腫瘍、脳のみならず様々な組織）で、異なる生理機能を可視化できる可能性につながるため極めて重要な成果である。世界に先駆けて開発した高いエネルギー分解能CdTe半導体イメージャを用いたアスタチン-211の高精度イメージングは、従来装置では検出が難しい小動物の体内の微弱なRIの集積の画像化が可能とし、がんなどの放射線内用療法における薬物動態の可視化に発展することが期待され、社会的インパクトも極めて高い。Si/CdTeコンプトンカメラの偏光観測能力を生かした新たな原子物理学、原子核物理学実験が芽生えた。

研究成果の概要（英文）：We developed a gamma-ray imager based on the requirements of our research projects and nuclear medicine. We applied the technology based on a high-resolution CdTe imager to in vivo imaging of cancer-bearing mice. We succeeded in simultaneously visualizing the accumulation of three different RI compounds in the microstructure of the mouse pharynx with high spatial resolution. For image analysis, the analytical technique of X-ray observation of supernova remnants was applied. A wide-field imager was developed to study in vivo pharmacokinetics and successfully visualize At-211 accumulation in tumors, which could not be determined with the conventional SPECT system. We also applied our technology to non-destructive element analysis and polarization measurement in atomic physics and nuclear physics.

研究分野：宇宙物理学実験

キーワード：ガンマ線検出器 CdTe 核医学 SPECT コンプトンカメラ

1. 研究開始当初の背景

素粒子実験や宇宙観測など、宇宙への根源的な疑問に答えるために高い科学目標を掲げて実施される研究は、感度と分解能のたゆまぬ追求の結果として、極限性能を持つ先端的検出器の研究開発を牽引してきた。その中に、数 10 keV から 1 MeV 程度の硬 X 線、あるいはガンマ線の波長でのイメージング検出器がある。我々は高いエネルギー分解能をもつテルル化カドミウム(CdTe) 半導体の開発に世界ではじめて成功し、現在 CdTe や CZT 検出器に用いられている様々な技術を考案した。この技術が、ASTRO-H (ひとみ)衛星において実現した、世界に類を見ない高感度の硬 X 線撮像分光装置や軟ガンマ線検出器である。二宮(B01 代表)、三宅(C02 代表)らは J-PARC の稼働後、スペクトル測定によるミュオン元素分析法の開発を進めてきた。これに加えて、イメージングを行うことができれば、材料科学や生命科学に対して革命的な「元素の 3 次元マッピングの計測手段」を提供する事ができる。この背景のもと 2014 年より、高橋らのグループは三宅らのミュオン研究者との共同研究を開始し、大型の高エネルギー分解能 CdTe イメージャを用いた実験を行い、Li, F, B などの軽元素の 3 次元イメージングに世界で初めて成功した。

核医学は放射性核種をがんなどの組織に送り、放出されるガンマ線を体外からイメージングした結果を診療に役立てる医学である。核医学イメージングは、CT や MRI、超音波検査などと異なり、形態の異常ではなく、臓器など体内内部組織の活動性・機能性を非侵襲的に定量化することができる手法として位置付けられている。近年、がんの様々な性質を、がん幹細胞の存在によって理解しようとする考え方がある。それは、がん組織は、自己複製能力を持ち半永久的に子孫の細胞を作り続けることのできる少数の細胞(がん幹細胞)と、最終的には分化や老化を起して増殖能を失う大多数の細胞の二群から構成されているというものである。がん幹細胞は既存の抗がん剤や放射線治療に抵抗性を示すため、がん幹細胞、あるいはストレスに強い特徴をもったがん細胞のみを選択的にイメージングできれば、生体内でがん幹細胞の増加、減衰を薬剤の投与と共にモニターするといった研究が可能になる。

^{225}Ac -PSMA617 の投与で末期がんの完全寛解が報告され、アルファ線放出核種を用いてがんを選択的に叩く治療法が一躍注目されている。日本では大阪大学を中心に、線放出核種(^{211}At)を用いた治療研究、ならびに、 ^{211}At を腫瘍に送り込むためのプローブ開発の研究が進んでいる。しかしこのアルファ線放出核種をつけた分子薬がどのように患部に集まり、どのように排出されていくかを「見る」ことは困難である。

我々が高い技術を持つ高いエネルギー分解能を有する CdTe 半導体検出器を用いたイメージャは、従来の核医学ガンマカメラに比べて空間分解能、エネルギー分解能ともはるかに優れたものであり、既存技術では不可能だった超高空間分解能イメージングを実現し、同時投与した複数核種から放射されるガンマ線の同時描画を可能にすることを明らかにした。これらの性質を用いれば、従来の核医学画像とは一線を画す、革新的機能診断画像法の創出が可能である。また、ミュオンを用いた非破壊元素分析や原子物理学・原子核物理学における新たなイメージング手法として応用が期待される。

2. 研究の目的

宇宙観測研究から生まれた X 線・ガンマ線センサー技術、特に本研究班が世界に先駆けて開発した大面積テルル化カドミウム (CdTe) 半導体イメージャを用い、本領域を進めるにあたって必要な横断的な検出器開発を行うとともに、様々な応用分野に展開をはかることを目的とする。加速器実験や宇宙観測のために開発された検出器が、医療、生物、物性等の様々な分野で応用されてきたことを改めて認識し、基礎科学と社会への応用の間での技術の循環を加速することで、検出器技術を発展させ、さらに次世代の宇

宙観測技術につなげることをめざす。

そのためには「検知力」を格段に向上させるばかりではなく、医学研究からの要求、および医学実験として重要な性能を実現することが大切である。従って、CdTe 半導体検出器の高度化、システム化と共に、小動物 SPECT 用ガンマ線イメージング装置の開発研究を進める。これによって、1 数 100 μ m 以下の画像分解能を持ち、かつ複数核種からのラインガンマ線を分離し、それらのガンマ線を同時に観測できるスペクトル性能を持ったイメージャの実現をはかる。これらの検出器を負ミュオンを用いた元素分析などの領域内の計画研究に応用すると同時に、腫瘍内のがん細胞の性質や多様性を研究するための生体内ガンマ線 3D イメージング装置を開発する。また、国立がん研究センターおよび大阪大学医学部と共同で新たにアルファ線治療用に研究が進む At-211 の研究を行い、腫瘍に蓄積した RI。生体内での薬物動態を研究するために、広い領域を一度にイメージングを行うことが必要である。その際、定量性が非常に重要であり、取得したイメージから得られた値を解剖後、臓器ごとに測定した値と比較し確認した。

3. 研究の方法

宇宙観測のために開発されてきた硬 X 線・ガンマ線検出器を進化させることで、これまで困難であった課題に対する医学研究を可能とする検出器を実現するためには、本研究で開発した検出器を最終的に実用につなげるために必要な事項を理解する必要がある。そのために、医学研究者の他、薬剤製造メーカーの研究者などとのより緊密な議論や共同実験を進める。

領域内研究や核医学の現場からの要求に基づいたガンマ線イメージャの製作を行う。マルチピンホール光学系や平行孔コリメータなどの光学系の研究を行い、小動物、特に担がんマウスを用いた生体内イメージングの技術開発を進めるとともに、脳腫瘍などに関する医学的な研究を行う。At-211 などのアルファ線治療核種の生体内イメージング実験を行い、スペクトルや画像解析の手法を研究する。がん研究のための放射性薬剤の研究や DDS の研究を小分子あるいは抗体を用いて行う。生体内高精度画像解析のためのキャリブレーション手法の研究を行う。本研究で開発を続けるガンマ線検出器の将来の宇宙ミッションへの展開について検討を続ける。そのために、高エネルギー天文衛星や望遠鏡を用いた宇宙物理学の研究を並行して行う。本研究で開発した可搬性、小型化を強く意識した装置を領域内の他の研究に展開する。また、多層半導体コンプトンカメラを原子核実験に於ける偏光観測実験に応用する。

微小がん発見や転移の早期発見をめざした微少リンパ転移イメージングなど、担がんマウスを用いた医学実験を進める。診断と治療の同時実施を可能にするための研究において、アルファ線放出核種を用いた小動物の *in vivo* イメージングのための全身撮像用のイメージング装置を整備し、薬物動態の可視化をはかる。その際、定量性の確保ができていないことの確認実験を重視する。また、がん幹細胞イメージング・プローブおよび治療用プローブの研究を行う。治療薬への適用をめざし、理化学研究所と共同でレニウム 186 の高純度化の実験を行い、バックグランドの低い画像の取得をはかる。

B01 班と共同で 負ミュオンを用いた物質内部の軽元素分布の 3 次元可視化に向けた実験をトモグラフィの手法で実施する。ミュオンを用いた非破壊元素分析に参加し、X 線天文学のスペクトル解析の手法を導入する。宇宙観測のために開発した Si および CdTe の半導体多層検出器によるコンプトンカメラを B02 班と共同で原子核からの偏光ガンマ線検出実験、公募研究(中村)と共同で行われた多価イオンからの偏光観測実験に適用するなど領域内の計画研究や公募研究に対して横断的に検出器技術や解析技術を適用する。

4. 研究成果

本研究で整備した小動物 SPECT 装置を国立がん研究センターに設置し、実際に医学研究を行うことができるようになり、研究開始当初に想定していた以上に研究が進んだ。

CdTe イメージャとマルチピンホール光学系を用いてマウス咽頭部の微細組織への異なる RI 化合物の集積を、高い空間分解能で、かつ 3 核種同時に可視化することに成功した。画像解析には、超新星残骸の X 線観測における高温プラズマの解析技法を適用した。本研究で示した複数の分子プローブを優れた空間分解能で同時に可視化できる能力は、ひとつの組織の中（腫瘍、脳のみならず様々な組織）で、異なる生理機能を可視化できる可能性につながるため極めて重要な成果である。本成果はメディカル系の雑誌に掲載された (Yagishita et al. *Simultaneous visualization of multiple radionuclides in vivo*, Nature Biomedical Engineering, 2022) という点で異分野融合の成果といえる。さらに、「ヨウ素イオンをとりこむトランスポータ (NIS) を過剰発現させたがん細胞」を特殊な方法で培養、数個～数千個の細胞からなる細胞塊（スフェロイド）を形成した。このスフェロイドは、がん幹細胞塊とみなすことができる、これを I-125 でラベリングした上で、I-125 から放射されるガンマ線のイメージングを実施し、シャーレ内の *in vitro* でがん幹細胞塊（250 ミクロン程度）を識別することに成功した。2022 年度には、この実験を本研究班が開発した CdTe を用いた SPECT 装置により 3 次元イメージングに発展させることができた。また、がん幹細胞イメージング・プローブおよび治療用プローブの研究をおこない、その特性を評価した。

線や 線放出核種で標識した治療薬の体内での薬剤分布の高精度評価が困難であるため照射線量の過不足が生じ、安定した治療成績に繋がっていない。従来の放射線外照射療法では照射線量と治療効果・副作用に相関があり、精密な治療計画が立てられる。放射線内照射療法のラジオ・セラノスティクスでも正確な治療計画が必要であるが、RI 治療薬から放出される X 線/ 線の線量が少なく、また、目的の放射線以外のコンタミがおこり、正確な定量が現行のガンマカメラでは困難である。RI 治療薬の体内分布を画像診断にて正確に把握可能なイメージングシステムを開発すれば治療効果や副作用の正確な予測が可能となる。本計画研究で開発した成果が、近年、新たながんの放射線療法として診断と治療を一体化したラジオ・セラノスティクスへの大きな貢献として注目されることとなった。

我々は、CdTe 半導体の高いエネルギー分解能を生かし、RI の崩壊時に放出される 150 keV 以下の特性 X 線を用いたイメージングの研究を進めた。日本で研究が盛んな線を放出する RI、 ^{211}At に着目し、国立がん研究センターおよび大阪大学医学部と共同で研究を行った。生体内での薬物動態を研究するために、広い領域を一度にイメージングを行うことが必要である。そのための並行コリメータとして、高効率化を達成可能なタングステン製の 3D printing によるコリメータの開発を行う。また、領域開始時に 0.75mm 厚であった CdTe 両面ストリップ検出器を 2mm 厚、とより高効率の厚型にすることに成功した。これは医学イメージングばかりではなく領域横断的な目的での技術開発である。さらに専用のコリメータを開発し、NIS 遺伝子導入がん細胞を用いた担がんマウスに $^{211}\text{At-NaAt}$ や ^{211}At で標識した薬剤を投与し、従来用いられていた SPECT 装置では判別できなかった腫瘍への ^{211}At の集積の可視化に成功した。

小動物を用いた生体内イメージングにおいては RI の集積量を定量的に評価することが重要である。CdTe 両面ストリップ検出器を用いて開発したイメージャによる生体内画像から得られたカウントから検量線を用いて放射能を求め、ドーズキャリブレーションで測定した腫瘍の放射能と比較した結果、生体内の腫瘍への集積量を誤差 10%程度の精度で推定することができた。生体外であれば 5%程度の精度で推定することができた。2mm 厚の CdTe DSD において反応深さと電極に生ずる信号の関係を解析的に求めるなど検出器の応答の研究を行った。実際に、マウス全身撮像を目的に 2 枚の CdTe DSD を組み込んだ医学研究用イメージング装置を製作し、Tc-99m の 140 keV のガンマ線による評価を行ない想定通りの効率を持つことを確認した。

CdTe 両面ストリップ検出器 (CdTe DSD) の可搬型のハウジングの開発を行い、B01 班の 3 次元非破壊分析実験に全面的に採用された。本研究で開発を進めてきた 60 μm ピッチの CdTe DSD を用い、SPRING-8 での実験を通じて、隣接する 2 ストリップの電荷信号の比を用いることで従来ストリップ単位であった位置分解能をサブストリップ

の分解能に向上させるアルゴリズムを開発した。またこのアルゴリズムを有効に生かす電極間のギャップの最適化を行った。

領域内研究や核医学の現場からの要求にもとづいたガンマ線イメージャの開発においては、CdTe 半導体センサーと読み出し ASIC に対する実装技術の改良をはかった。領域横断的に開発を行った高速で小型の物理計測用データ収集ボード SPMU-001 および SPMU-002 の整備を進めた。特に CdTe や Si の両面ストリップ検出器を加速器実験で用いるための FPGA のコーディングを行った。これらの検出器は、ロケット実験や地上望遠鏡の焦点面検出器の読み出し回路としても利用されることとなった。医学、薬学および人工知能の物理学への応用をテーマとする研究者を分担者とし、積極的な議論を行うことができた。また、それぞれの分野で様々な成果をあげることができた。

領域内での宇宙観測用検出器の展開として、Si/CdTe コンプトンカメラの偏光観測能力を生かした原子物理学、原子核物理学実験がある。電子がほとんど引き剥がされてイオン化した状態の原子は一般に多価イオンと呼ばれる。特に多価重元素イオンでは電子との衝突の結果放出される X 線は地上のプラズマや宇宙における重元素合成の解明、さらには電磁気力を媒介とした相対論的效果の実験的検証に重要な役割を果たす。X 線偏光の測定が鍵を握るが、長らく装置の力不足によって研究が進んでいなかった。我々は「ひとみ」衛星のために開発した Si/CdTe コンプトンカメラを用いて 70keV 前後の X 線偏光の高精度測定に成功し、Be-like イオンの 2 電子性再結合 X 線から全く予想されていなかった量子干渉の効果を発見するなど、新たな分野を切り開いた (Phys. Rev. Lett. 130, 113001 (2023))。また、陽子・中性子数が著しく異なるエキゾチックな原子核の研究が進展し、安定な原子核では見られなかった量子構造の変化が明らかになってきた。しかし、量子状態を決定する最後の情報ともいえるスピン・パリティについては、そのほとんどが未確定なまま取り残されており、量子構造変化を「見る」ための足枷となっている。エキゾチックな原子核の生成量が依然として限定的であり、その統計を用いたスピン・パリティ決定に耐えうる現実的な精密核分光手法が存在しないためである。我々は CdTe イメージャを 20 層重ねたコンプトンカメラが画期的な直線偏光核分光測定法になりうることを示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計44件（うち査読付論文 40件 / うち国際共著 17件 / うちオープンアクセス 17件）

1. 著者名 Yagishita Atsushi, Takeda Shin' ichiro, Katsuragawa Miho, Kawamura Tenyo, Matsumura Hideaki, Orita Tadashi, Umeda Izumi O., Yabu Goro, Caradonna Pietro, Takahashi Tadayuki, Watanabe Shin, Kanayama Yousuke, Mizuma Hiroshi, Ohnuki Kazunobu, Fujii Hirofumi	4. 巻 6
2. 論文標題 Simultaneous visualization of multiple radionuclides in vivo	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nature Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 640 ~ 647
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41551-022-00866-6	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 Nakamura Nobuyuki, Numadate Naoki, Oishi Simpei, Tong Xiao-Min, Gao Xiang, Kato Daiji, Odaka Hirokazu, Takahashi Tadayuki, Tsuzuki Yutaka, Uchida Yuusuke, Watanabe Hirofumi, Watanabe Shin, Yoneda Hiroki	4. 巻 130
2. 論文標題 Strong Polarization of a J=1/2 to 1/2 Transition Arising from Unexpectedly Large Quantum Interference	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physical Review 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) 10.1103/PhysRevLett.130.113001	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 Numadate Naoki, Oishi Shimpei, Odaka Hirokazu, Priti, Sakurai Makoto, Takahashi Tadayuki, Tsuzuki Yutaka, Uchida Yuusuke, Watanabe Hirofumi, Watanabe Shin, Yoneda Hiroki, Nakamura Nobuyuki	4. 巻 105
2. 論文標題 Polarization measurement of $\langle \text{mml:math xmlns:mml="http://www.w3.org/1998/Math/MathML">\langle \text{mml:mi}>L</\text{mml:mi}>\langle \text{mml:math}>-shell\ radiative$	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physical Review 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) 10.1103/PhysRevA.105.023109	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 Chiu I-Huan, Takeda Shin' ichiro, Kajino Meito, Shinohara Atsushi, Katsuragawa Miho, Nagasawa Shunsaku, Tomaru Ryota, Yabu Goro, Takahashi Tadayuki, Watanabe Shin, Takeshita Soshi, Miyake Yasuhiro, Ninomiya Kazuhiko	4. 巻 12
2. 論文標題 Non-destructive 3D imaging method using muonic X-rays and a CdTe double-sided strip detector	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-022-09137-5	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 Fukuchi T., Takeda S., Katsuragawa M., Yabu G., Watanabe S., Takahashi T., Watanabe Y.	4. 巻 18
2. 論文標題 Gamma-ray computed tomography system with a double-sided strip detector	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P01030 ~ P01030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/18/01/P01030	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 Nagasawa Shunsaku, Minami Takahiro, Watanabe Shin, Takahashi Tadayuki	4. 巻 1050
2. 論文標題 Wide-gap CdTe strip detectors for high-resolution imaging in hard X-rays	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 168175 ~ 168175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2023.168175	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 Osawa Takahito, Nagasawa Shunsaku, Ninomiya Kazuhiko et al.	4. 巻 7
2. 論文標題 Development of Nondestructive Elemental Analysis System for Hayabusa2 Samples Using Muonic X-rays	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Earth and Space Chemistry	6. 最初と最後の頁 699 ~ 711
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsearthspacechem.2c00303	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 Kawamura Tenyo, Axelsson Magnus, Done Chris, Takahashi Tadayuki	4. 巻 511
2. 論文標題 A full spectral-timing model to map the accretion flow in black hole binaries: the low/hard state of MAXI J1820+070	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 536 ~ 552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stac045	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 Katsuragawa Miho, Lee Shiu-Hang, Odaka Hirokazu, Bamba Aya, Matsumura Hideaki, Takahashi Tadayuki	4. 巻 938
2. 論文標題 On the Formation of Over-ionized Plasma in Evolved Supernova Remnants	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 23 ~ 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac8cf9	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 Kawamura Tenyo, Done Chris, Axelsson Magnus, Takahashi Tadayuki	4. 巻 519
2. 論文標題 MAXI J1820+070 X-ray spectral-timing reveals the nature of the accretion flow in black hole binaries	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 4434 ~ 4453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stad014	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 Nagasawa Shunsaku, Kawate Tomoko, Narukage Noriyuki, Takahashi Tadayuki, Caspi Amir, Woods Thomas N.	4. 巻 933
2. 論文標題 Study of Time Evolution of Thermal and Nonthermal Emission from an M-class Solar Flare	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 173 ~ 173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ac7532	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 Nakamura T., Matsumoto M., Amano K., et al.	4. 巻 379
2. 論文標題 Formation and evolution of carbonaceous asteroid Ryugu: Direct evidence from returned samples	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Science	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) 10.1126/science.abn8671	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 Fujii Hirofumi, Ohnuki Kazunobu, Takeda Shin'ichiro, Katsuragawa Miho, Yagishita Atsushi, Yabu Goro, Watanabe Shin, Takahashi Tadayuki	4. 巻 71
2. 論文標題 A Pure Tungsten Collimator Manufactured Using 3D Printing Technology for the Evaluation of ^{211}At Radionuclide Therapy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RADIOISOTOPES	6. 最初と最後の頁 141 ~ 151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3769/radioisotopes.71.141	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 Hihara Fukiko, Matsumoto Hiroki, Yoshimoto Mitsuyoshi, Masuko Takashi, Endo Yuichi, Igarashi Chika, Tachibana Tomoko, Shinada Mitsuhiro, Zhang Ming-Rong, Kurosawa Gene, Sugyo Aya, Tsuji Atsushi B., Higashi Tatsuya, Kurihara Hiroaki, Ueno Makoto, Yoshii Yukie	4. 巻 23
2. 論文標題 In Vitro Tumor Cell-Binding Assay to Select High-Binding Antibody and Predict Therapy Response for Personalized ^{64}Cu -Intraperitoneal Radioimmunotherapy against Peritoneal Dissemination of Pancreatic Cancer: A Feasibility Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Molecular Sciences	6. 最初と最後の頁 5807 ~ 5807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijms23105807	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 Yamasaki Akitaka, Miyake Rikuto, Hara Yuta, Okuno Hideki, Imaida Takuya, Okita Kouki, Okazaki Shogo, Akiyama Yasutoshi, Hirotsu Kenji, Endo Yuichi, Masuko Kazue, Masuko Takashi, Tomioka Yoshihisa	4. 巻 12
2. 論文標題 Dual targeting therapy against HER3 and MET in human colorectal cancers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Cancer Medicine	6. 最初と最後の頁 9684 ~ 9696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cam4.5673	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 Hasegawa Kana, Ikeda Shunya, Yaga Moto, et al.	4. 巻 14
2. 論文標題 Selective targeting of multiple myeloma cells with a monoclonal antibody recognizing the ubiquitous protein CD98 heavy chain	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science Translational Medicine	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) 10.1126/scitranslmed.aax7706	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 Yamasaki Akitaka, Maruyama Takahashi Kumiko, Nishida Kento, Okazaki Shogo, Okita Kouki, Akiyama Yasutoshi, Suzuki Hideaki, Endo Yuichi, Masuko Kazue, Masuko Takashi, Tomioka Yoshihisa	4. 巻 28
2. 論文標題 <scp>CD98</scp> regulates the phosphorylation of <scp>HER2</scp> and a bispecific <scp>anti HER2</scp>/<scp>CD98</scp> antibody inhibits the growth signal of human breast cancer cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Genes to Cells	6. 最初と最後の頁 374 ~ 382
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gtc.13016	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 Ishikawa Shin-nosuke, Todo Masato, Taki Masato, Uchiyama Yasunobu, Matsunaga Kazunari, Lin Peihuan, Ogihara Taiki, Yasui Masao	4. 巻 118
2. 論文標題 Example-based explainable AI and its application for remote sensing image classification	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation	6. 最初と最後の頁 103215 ~ 103215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jag.2023.103215	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 柳下 淳、桂 川 美穂、武田 伸一郎、高橋 忠幸	4. 巻 786
2. 論文標題 宇宙観測技術の核医学における分子イメージングへの展開	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Isotope News	6. 最初と最後の頁 6-10
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 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 Hamamichi Shusei, Fukuhara Takeshi, Umeda Izumi O., Fujii Hirofumi, Hattori Nobutaka	4. 巻 11
2. 論文標題 Novel method for screening functional antibody with comprehensive analysis of its immunoliposome	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-021-84043-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 -

1. 著者名 Masuko Takashi	4. 巻 141
2. 論文標題 Analysis of Target Molecules towards Anti-cancer Therapeutic Antibodies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 YAKUGAKU ZASSHI	6. 最初と最後の頁 81 ~ 92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1248/yakushi.20-00183	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 T. Kamiya, T. Masuko, DS. Borroto-Escuela, H. Okado, H. Nakata	4. 巻 13
2. 論文標題 A Consensus sequence among natural transmembrane linkers for single-polypeptide chain (sc) connection of two G-Protein-coupled receptors in tandem	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J Mol Genetics, 2021	6. 最初と最後の頁 1-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.36478/jmolgene.2021.1.45	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 Minami Noriaki, Tanaka Kazuhiro, Sasayama Takashi, Kohmura Eiji, Saya Hideyuki, Sampetean Oltea	4. 巻 11
2. 論文標題 Lactate Reprograms Energy and Lipid Metabolism in Glucose-Deprived Oxidative Glioma Stem Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Metabolites	6. 最初と最後の頁 325 ~ 325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/metabo11050325	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 Hayashi Natsumi, Yamasaki Akitaka, Ueda Shiho, Okazaki Shogo, Ohno Yoshiya, Tanaka Toshiyuki, Endo Yuichi, Tomioka Yoshihisa, Masuko Kazue, Masuko Takashi, Sugiura Reiko	4. 巻 12
2. 論文標題 Oncogenic transformation of NIH/3T3 cells by the overexpression of L-type amino acid transporter 1, a promising anti-cancer target	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Oncotarget	6. 最初と最後の頁 1256 ~ 1270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18632/oncotarget.27981	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 Okita Kouki, Imai Kazuki, Kato Kazunori, Sugiura Reiko, Endo Yuichi, Masuko Kazue, Tomioka Yoshihisa, Masuko Takashi	4. 巻 576
2. 論文標題 Altered binding avidities and improved growth inhibitory effects of novel anti-HER3 mAb against human cancers in the presence of HER1-or HER2-targeted drugs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 59 ~ 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2021.08.091	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 Yagishita Atsushi, Ueno Tasuku, Tsuchihara Katsuya, Urano Yasuteru	4. 巻 32
2. 論文標題 Amino BODIPY-Based Blue Fluorescent Probes for Aldehyde Dehydrogenase 1-Expressing Cells	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioconjugate Chemistry	6. 最初と最後の頁 234 ~ 238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.bioconjchem.0c00565	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 Kawamura Tenyo, Orita Tadashi, Takeda Shin' ichiro, Watanabe Shin, Ikeda Hirokazu, Takahashi Tadayuki	4. 巻 982
2. 論文標題 Development of a low-noise front-end ASIC for CdTe detectors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 164575 ~ 164575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2020.164575	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 Furukawa Kento, Nagasawa Shunsaku, Glesener Lindsay, Katsuragawa Miho, Takeda Shin'ichiro, Watanabe Shin, Takahashi Tadayuki	4. 巻 978
2. 論文標題 Imaging and spectral performance of a 60 μm pitch CdTe Double-Sided Strip Detector	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 164378 ~ 164378
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2020.164378	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 Okita Kouki, Hara Yuta, Okura Hiroshi, Hayashi Hidemi, Sasaki Yoko, Masuko Sachiko, Kitadai Eri, Masuko Kazue, Yoshimoto Soshi, Hayashi Natsumi, Sugiura Reiko, Endo Yuichi, Okazaki Shogo, Arai Sayaka, Yoshioka Toshiaki, Matsumoto Toshiharu, Makino Yasutaka, Komiyama Hiromitsu, Sakamoto Kazuhiro, Masuko Takashi	4. 巻 112
2. 論文標題 Antitumor effects of novel mAbs against cationic amino acid transporter 1 (CAT1) on human CRC with amplified CAT1 gene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cancer Science	6. 最初と最後の頁 563 ~ 574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/cas.14741	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 Caradonna Peter	4. 巻 4
2. 論文標題 Amplification of polarization correlations in Compton scattering of hard x-ray Bell states	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physics Communications	6. 最初と最後の頁 115011 ~ 115011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2399-6528/abcb45	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 Ishikawa Shin-nosuke, Matsumura Hideaki, Uchiyama Yasunobu, Glesener Lindsay	4. 巻 296
2. 論文標題 Automatic Detection of Occulted Hard X-Ray Flares Using Deep-Learning Methods	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solar Physics	6. 最初と最後の頁 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11207-021-01780-x	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 Higurashi Ryota, Tsuji Naomi, Uchiyama Yasunobu	4. 巻 899
2. 論文標題 X-Ray Hotspots in the Northwest Shell of the Supernova Remnant RX J1713.7-3946	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 102 ~ 102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab9945	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 Takabatake Tetsuhiko, Tomita Hiroki, Okada Syo, Hayashi Natsumi, Masuko Takashi, Toyota Masahiro	4. 巻 61
2. 論文標題 Anticancer agent synthesis designed by artificial intelligence: Pd(OAc) ₂ -catalyzed one-pot preparation of biphenyls and its application to a concise synthesis of various diazofluorenes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Tetrahedron Letters	6. 最初と最後の頁 152267 ~ 152267
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tetlet.2020.152267	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 Okita Kouki, Okazaki Shogo, Uejima Shinya, Yamada Erina, Kaminaka Hiroki, Kondo Misa, Ueda Shiho, Tokiwa Ryo, Iwata Nami, Yamasaki Akitaka, Hayashi Natsumi, Ogura Dai, Hirotsu Kenji, Yoshioka Toshiaki, Inoue Masahiro, Masuko Kazue, Masuko Takashi	4. 巻 11
2. 論文標題 Novel functional anti-HER3 monoclonal antibodies with potent anti-cancer effects on various human epithelial cancers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Oncotarget	6. 最初と最後の頁 31 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18632/oncotarget.27414	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 水間 広, 武田 伸一郎, 柳下 淳, 桂川 美穂, 大貫 和信	4. 巻 3
2. 論文標題 高分解能SPECT装置を用いた中枢神経系リンパ管の 機能イメージング	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Precision Medicine	6. 最初と最後の頁 113-117
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 水間 広, 武田 伸一郎, 柳下 淳, 桂川 美穂, 大貫 和信	4. 巻 46
2. 論文標題 高性能SPECTを用いた中枢神経系リンパ管の循環動態イメージングの開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medical Science Digest	6. 最初と最後の頁 490 ~ 493
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 Nakano Takashi, Sakai Makoto, Torikai Kota, Suzuki Yoshiyuki, Takeda Shin'ichiro, Noda Shin- ei, Yamaguchi Mitsutaka, Nagao Yuto, Kikuchi Mikiko, Odaka Hirokazu, Kamiya Tomihiro, Kawachi Naoki, Watanabe Shin, Arakawa Kazuo, Takahashi Tadayuki	4. 巻 65
2. 論文標題 Imaging of 99mTc-DMSA and 18F-FDG in humans using a Si/CdTe Compton camera	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 05LT01 ~ 05LT01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/ab33d8	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 Caradonna Peter, Reutens David, Takahashi Tadayuki, Takeda Shin'ichiro, Vegh Viktor	4. 巻 3
2. 論文標題 Probing entanglement in Compton interactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics Communications	6. 最初と最後の頁 105005 ~ 105005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/2399-6528/ab45db	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 Furukawa Kento, Buitrago-Casas Juan Camilo, Vievering Juliana, Hagino Kouichi, Glesener Lindsay, Athiray P.S., Krucker Sum, Watanabe Shin, Takeda Shin'ichiro, Ishikawa Shin'nosuke, Musset Sophie, Christe Steven, Takahashi Tadayuki	4. 巻 924
2. 論文標題 Development of 60 μ m pitch CdTe double-sided strip detectors for the FOXSI-3 sounding rocket experiment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 321 ~ 326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.07.011	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 Uenomachi Mizuki, Mizumachi Yuki, Yoshihara Yuri, Takahashi Hiroyuki, Shimazoe Kenji, Yabu Goro, Yoneda Hiroki, Watanabe Shin, Takeda Shin' ichiro, Orita Tadashi, Takahashi Tadayuki, Moriyama Fumiki, Sugawara Hirotaka	4. 巻 954
2. 論文標題 Double photon emission coincidence imaging with GAGG-SiPM Compton camera	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 161682 ~ 161682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.11.141	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 Tomaru Ryota, Done Chris, Ohsuga Ken, Nomura Mariko, Takahashi Tadayuki	4. 巻 490
2. 論文標題 The thermal-radiative wind in low-mass X-ray binary H1743-322: radiation hydrodynamic simulations	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 3098 ~ 3111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz2738	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 Iwasaki Hiroyoshi, Ichinohe Yuto, Uchiyama Yasunobu	4. 巻 488
2. 論文標題 X-ray study of spatial structures in Tycho 's supernova remnant using unsupervised deep learning	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 4106 ~ 4116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/stz1990	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 Tsuji Naomi, Uchiyama Yasunobu, Aharonian Felix, Berge David, Higurashi Ryota, Krivonos Roman, Tanaka Takaaki	4. 巻 877
2. 論文標題 NuSTAR Observations of the Supernova Remnant RX J1713.7?3946	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 96 ~ 96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/ab1b29	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 Khangulyan, D, Bosch-Ramon, V, Uchiyama, Y.	4. 巻 481
2. 論文標題 Inverse Compton emission from relativistic jets in binary systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 MNRAS	6. 最初と最後の頁 1455-1468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/mnras/sty2356	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65件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 26件)

1. 発表者名 Yasunobu Uchiyama
2. 発表標題 AI-Powered Metaverse: Now and Future.
3. 学会等名 Interdisciplinary Science Conference in Okinawa (ISCO 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takahiro Minami, Miho Katsuragawa, Shin ' ichiro Takeda, Shin Watanabe, Yutaka Tsuzuki, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Study of performance and response of thick CdTe double-sided strip detectors for various fields
3. 学会等名 Interdisciplinary Science Conference in Okinawa (ISCO 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shunsaku Nagasawa, Takahiro Minami, Shin Watanabe, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Wide-Gap CdTe Double-Sided Strip Detectors for High-Resolution Imaging Spectroscopy of Solar Flares in Hard X-rays
3. 学会等名 Interdisciplinary Science Conference in Okinawa (ISCO 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yutaka Tsuzuki, Shiro Ikeda, Hiroki Yoneda, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Langevin Compton Imaging: a new Bayesian-based method to visualize gamma-ray sources
3. 学会等名 Interdisciplinary Science Conference in Okinawa (ISCO 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Izumi O. Umeda, Atsushi Yagishita, Miho Katsuragawa, Shin'ichiro Takeda, Motohiro Kojima, Hirohumi Fujii, Tadayuki Takahashi,
2. 発表標題 Successful encapsulation of $^{90}\text{Y}/^{111}\text{In}$ in liposomes and their potential as radio-theranostics agents,
3. 学会等名 13th Congress of the World Federation of Nuclear Medicine and Biology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Miho Katsuragawa, Atsushi Yagishita, Shin'ichiro Takeda, Takahiro Minami, Kazunobu Ohnuki, Hirohumi Fujii, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Development of a hard X-ray camera for pharmacokinetic study in small animals
3. 学会等名 13th Congress of the World Federation of Nuclear Medicine and Biology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shin'ichiro Takeda, Tadashi Orita, Miho Katsuragawa, Goro Yabu, Ryota Tomaru, Atsushi Yagishita, Izumi O. Umeda, Tadayuki Takahashi, Shin Watanabe, Fumiki Moriyama, Hirotaka Sugawara, Yousuke Kanayama, Hiroshi Mizuma, Kazunobu Ohnuki, Hirofumi Fujii, Lars R. Furenlid
2. 発表標題 Ultra-high-resolution multi-isotope tomography with CdTe-DSD SPECT II
3. 学会等名 13th Congress of the World Federation of Nuclear Medicine and Biology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Toward new Frontiers: Encounters and synergies with state-of-the-art astronomical X-ray detectors
3. 学会等名 SPIE Optics+Photonics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Ninomiya, T. Osawa, T. Takahashi, K. Terada et al.
2. 発表標題 NON-DESTRUCTIVE BULK ELEMENTAL ANALYSIS FOR STONES FROM ASTEROID RYUGU
3. 学会等名 The 53rd Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shunsaku Nagasawa, Takahiro Minami, Shin Watanabe, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Imaging and Spectral Performance of Wide-gap CdTe Double-Sided Strip Detectors
3. 学会等名 9th Conference on New Developments in Photodetection (NDIP20) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Miho Katsuragawa, Atsushi Yagishita, Shin'ichiro Takeda, Takahiro Minami, Kazunobu Ohnuki, Hirohumi Fujii, Tadayuki Takahashi,
2. 発表標題 Development of a high-sensitivity CdTe semiconductor imager with a parallel-hole collimator
3. 学会等名 9th Conference on New Developments in Photodetection (NDIP20) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	Shin'ichiro Takeda, Tadashi Orita, Miho Katsuragawa, Goro Yabu, Ryota Tomaru, Atsushi Yagishita, Izumi O. Umeda, Tadayuki Takahashi, Shin Watanabe, Fumiki Moriyama, Hirotaka Sugawara, Yousuke Kanayama, Hiroshi Mizuma, Kazunobu Ohnuki, Hirofumi Fujii, Lars R. Furenlid.
2. 発表標題	Development of an ultra-high-resolution multi-probe CdTe SPECT
3. 学会等名	9th Conference on New Developments in Photodetection (NDIP20) (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Yutaka Tsuzuki, Shin Watanabe, Shimpei Oishi, Nobuyuki Nakamura, Naoki Numadate, Hirokazu Odaka, Yuusuke Uchida, Hiroki Yoneda, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題	Application of a Si/CdTe Compton camera for the polarization measurement of radiative recombination x-rays
3. 学会等名	9th Conference on New Developments in Photodetection (NDIP20) (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Izumi O. Umeda, Atsushi Yagishita, Miho Katsuragawa, Yuniko Hamane, Motohiro Kojima, Hirohumi Fujii, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題	Successful encapsulation of ⁹⁰ Y in liposomes with high efficiency and their application to radionuclide therapy
3. 学会等名	The 81th Annual Meeting of the Japanese Cancer Association
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Miho Katsuragawa, Atsushi Yagishita, Izumi O. Umeda, Hirohumi Fujii, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題	Development of an in vivo imaging system with a parallel-hole collimator for pharmacokinetics study
3. 学会等名	The 81th Annual Meeting of the Japanese Cancer Association
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 Shunsaku Nagasawa, Takahiro Minami, Shin Watanabe, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Imaging and Spectral Performance of Wide-gap CdTe Double-Sided Strip Detectors for FOXSI-4 Sounding Rocket Experiment
3. 学会等名 The 4th Workshop on Quantum Beam Imaging (QBI2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaka Tsuzuki, Takahito Osawa, Shin Watanabe, Hiroki Yoneda, Shunsaku Nagasawa, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 First demonstration of prompt gamma-ray imaging with a CdTe Compton camera
3. 学会等名 The 4th Workshop on Quantum Beam Imaging (QBI2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takahiro Minami, Miho Katsuragawa, Shunsaku Nagasawa, Shin'ichiro Takeda, Tadayuki Takahashi, Yutaka Tsuzuki, Shin Watanabe
2. 発表標題 Study of performance and response of thick CdTe double-sided strip detector for various fields
3. 学会等名 The 4th Workshop on Quantum Beam Imaging (QBI2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shin'ichiro Takeda, Tadashi Orita, Miho Katsuragawa, Goro Yabu, Ryota Tomaru, Atsushi Yagishita, Izumi O. Umeda, Tadayuki Takahashi, Shin Watanabe, Fumiki Moriyama, Hirotaka Sugawara, Yousuke Kanayama, Hiroshi Mizuma, Kazunobu Ohnuki, Hirofumi Fujii, Lars R. Furenlid
2. 発表標題 Development of an ultra-high-resolution multi-probe CdTe SPECT
3. 学会等名 The 4th Workshop on Quantum Beam Imaging (QBI2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田伸一郎, 織田忠, 柳下淳, 桂川美穂 他
2. 発表標題 硬X線・ガンマ線イメージング研究 at Kavli IPMU
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田伸一郎, 織田忠, 柳下淳, 桂川美穂 他
2. 発表標題 アルファ線核医学治療のための小動物イメージングシステムの開発
3. 学会等名 第17回 小動物インビボイメージング研究
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Miho Katsuragawa, Atsushi Yagishita, Shin'ichiro Takeda, Takahiro Minami, Kazunobu Ohnuki, Hirohumi Fujii, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Development of a high-sensitivity hard X-ray camera for in vivo imaging of small animals
3. 学会等名 第16回日本分子イメージング学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田伸一郎, 織田忠, 柳下淳, 桂川美穂 他
2. 発表標題 超高分解能の生体内マルチプローブイメージングを実現するCdTe SPECT装置の開発
3. 学会等名 第16回日本分子イメージング学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 サンベトラ オルテア、佐谷秀行
2. 発表標題 酸化リン酸化阻害剤による脳腫瘍幹細胞低酸素ニッチの制御法
3. 学会等名 第8回がん代謝研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 サンベトラ オルテア
2. 発表標題 脳腫瘍幹細胞の不均一性と治療抵抗性
3. 学会等名 第42回日本脳神経外科コンgres総会(招待講演)(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長澤俊作, 南喬博, 高橋忠幸, 渡辺伸, 新井翔大 et al.
2. 発表標題 太陽観測ロケット実験FOXSI-4に向けたワイドギャップCdTeストリップ検出器の開発と性能評価III
3. 学会等名 日本天文学会 2023年春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Nagasawa, T. Minami, S. Watanabe, T. Takahashi
2. 発表標題 Wide-gap CdTe strip detectors for high-resolution imaging in hard X-rays
3. 学会等名 2021 IEEE NSS/MIC/RTSD (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y. Tsuzuki, S. Watanabe, S. Oishi, N. Nakamura, N. Numadate, H. Odaka, Y. Uchida, H. Yoneda, and T. Takahashi,
2. 発表標題 An application of a Si/CdTe Compton camera for the polarization measurement of hard x-rays from highly charged heavy ions
3. 学会等名 2021 IEEE NSS/MIC/RTSD (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Marika Kurosawa, Akari Kimura, Tamami Kusu, Kenji Chiba, Takashi Masuko, Hideki Yagi
2. 発表標題 Production of anti-mouse sphingosine 1-phosphate receptor-4 monoclonal antibody
3. 学会等名 日本薬学会第142回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柳下 淳, 大貫 和信, 武田 伸一郎, 桂川 美穂, 織田 忠, 梅田 泉, サンペトラ オルテア, 藤井 博史, 高橋 忠幸
2. 発表標題 CdTe SPECT を用いた担がんマウス微小リンパ節転移巣およびリンパ流路の2核種イメージング法の検証
3. 学会等名 第23回SNNS研究会学術集会(岐阜)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長澤俊作, 南 喬博, 高橋忠幸, 渡辺伸
2. 発表標題 太陽観測ロケット実験FOXSI-4に向けたワイドギャップCdTeストリップ検出器の開発と性能評価
3. 学会等名 日本天文学会2021年秋季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南 喬博, 渡辺 伸, 武田 伸一郎, 桂川 美穂, 高橋 忠幸, 邱 奕寰
2. 発表標題 様々な領域への応用を目指した高効率CdTe 両面ストリップ検出器の性能評価
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 邱 奕寰, 二宮和彦, 武田伸一郎ほか
2. 発表標題 負ミュオンによる非破壊イメージングに向けた2mm厚CdTe半導体3次元検出器の開発
3. 学会等名 日本放射化学会第65回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Izumi O. Umeda and Hirofumi Fujii
2. 発表標題 Complex formation of ^{186}Re with various lipophilic ligands for radio-theranostics in comparison with $^{99\text{m}}\text{Tc}$
3. 学会等名 第80回日本癌学会学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅田 泉、永田みどり、天崎茜、大貫和信、柳下 淳、桂川美穂、織田忠、武田伸一郎、羽場宏光、藤井博史、高橋忠幸
2. 発表標題 Rhenium-186の錯体形成に関する諸検討
3. 学会等名 第61回日本核医学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 南 喬博、桂川美穂、長澤俊作、高橋忠幸、武田伸一郎、都築豊、渡辺伸
2. 発表標題 宇宙ガンマ線観測用厚型CdTe両面ストリップ検出器の性能評価及び応答の研究
3. 学会等名 日本物理学会 2022年年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長澤 俊作、南 喬博、高橋 忠幸、渡辺 伸、市橋 正裕、岩田 季也、小高 裕和、高嶋 聡、谷本 敦、丹波 翼、渡邊 泰平、神谷 好郎、成影 典之
2. 発表標題 太陽観測ロケット実験FOXSI-4に向けたワイドギャップCdTeストリップ検出器の開発と性能評価II
3. 学会等名 日本天文学会 2022年春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 高橋忠幸
2. 発表標題 宇宙観測検出器と量子ビームの出会い。新たな応用への架け橋。
3. 学会等名 日本物理学会 2022年年次大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村信行、大石晋平、沼館直樹、内田悠介、小高裕和、Xiang Gao、加藤太治、高橋忠幸、都築豊、Xiaomin Tong、米田浩基、渡辺伸、渡邊裕文
2. 発表標題 二電子性再結合X線の偏光度測定III
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 沖田 鋼季, 杉浦麗子、山崎晶貴、加藤和則、遠藤雄一、益子 高
2. 発表標題 抗HER1, HER2分子標的薬との併用による、抗HER3抗体の親和性と癌細胞増殖阻害効果の増強
3. 学会等名 第80回日本癌学会学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎晶貴、西田健人、沖田鋼季、石渡俊行、遠藤雄一、富岡佳久、益子 高
2. 発表標題 標的分子の内在化と分解を誘導するモノクローナル抗体の評価: 抗がん二重特異性抗体の開発に向けて
3. 学会等名 第80回日本癌学会学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 New development of negative muon experiments using the latest detector technology for space X-ray and gamma-ray observations
3. 学会等名 J-PARC/MUSE 成果報告会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋 忠幸
2. 発表標題 宇宙X線ガンマ線検出技術を用いた新たな負ミュオン 実験の展開。原子物理から高精度3D非破壊元素分析まで。
3. 学会等名 新学術領域研究「宇宙観測検出器と量子ビームの出会い。新たな応用への架け橋。」 領域研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桂川 美穂
2. 発表標題 生体内(in vivo)イメージングのためのCdTe半導体イメージャの開発
3. 学会等名 新学術領域研究「宇宙観測検出器と量子ビームの出会い。新たな応用への架け橋。」 領域研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桂川美穂、武田伸一郎、峰 海里、藪 悟郎、柳下 淳、梅田 泉、高橋忠幸、 渡辺 伸、大貫和信、藤井博史
2. 発表標題 At-211 分布可視化のための高感度 CdTe 半導体イメージャの開発
3. 学会等名 第15回日本分子イメージング学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 南喬博, 渡辺 伸, 武田伸一郎, 桂川美穂, 高橋忠幸, 邱奕寰
2. 発表標題 様々な領域への応用をめざした高効率テルル化カドミウム半導体両面ストリップ検出器の開発
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 邱奕寰, 梶野芽都, 篠原厚, 二宮和彦, 武田伸一郎, 桂川美穂, 都丸亮太, 長澤俊作, 藪悟郎, 南喬博, 高橋忠幸, 渡辺伸
2. 発表標題 CdTe 検出器を用いた負ミュオンによる非破壊三次元イメージング法の開発
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅田 泉、角田 瞳、永田みどり、大貫和信、柳下 淳、武田伸一郎、藤井博史、高橋忠幸
2. 発表標題 111In/90Y封入りボソームを用いたradio-theranostic
3. 学会等名 第60回日本核医学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅田 泉、永田みどり、天崎 茜、大貫和信、柳下 淳、武田伸一郎、桂川美穂、藤井博史、高橋忠幸.
2. 発表標題 111In-DOTA/90Y-DOTA封入りボソームによるradio-theranosticsの試み
3. 学会等名 日本薬学会第141年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Interdisciplinary activities for cancer research based on advanced technology of in vivo gamma-ray imaging
3. 学会等名 PACIFIC2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Kawamura, T. Orita, S. Takeda, Shin Watanabe, Hirokazu Ikeda, Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Development of a Low-Noise Front-end ASIC for CdTe Detectors, International Symposium on the Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors (HSTD12)
3. 学会等名 International Symposium on the Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors (HSTD12) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Nagasawa, K. Furukawa, L. Glesener, M. Katsuragawa, S. Takeda, S. Watanabe, T. Takahashi
2. 発表標題 Imaging and spectral performance of a 60 μm pitch CdTe double-sided strip detector
3. 学会等名 International Symposium on the Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors (HSTD12) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Orita, T. Kawamura, K. Mine, S. Takeda, S. Watanabe, H. Ikeda, T. Takahashi
2. 発表標題 Development of CdTe Hybrid Pixel ASIC for Hard X-ray Imaging
3. 学会等名 International Symposium on the Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors (HSTD12) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳下淳, 武田伸一郎, 織田忠, 桂川美穂, 藪悟郎, 河村天陽, 高橋忠幸, 渡辺伸, 水間広, 金山洋介, 大貫和信, 梅田泉, 藤井博史
2. 発表標題 超高分解能 CdTe-SPECT 試作機によるマルチプローブ生体イメージングへの展開
3. 学会等名 日本分子イメージング学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田伸一郎, 織田忠, 柳下淳, 桂川美穂, 都丸亮太, 藪悟郎, 高橋忠幸, 渡辺伸, 水間広, 金山洋介, 菅原寛孝, 森山文基, 大貫和信, 梅田泉, 藤井博史
2. 発表標題 超高分解能マルチプローブCdTe SPECT装置の開発
3. 学会等名 日本分子イメージング学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武田伸一郎
2. 発表標題 CdTe検出器を用いた硬X線イメージング研究
3. 学会等名 The 2nd Workshop on Quantum Beam Imaging
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅田 泉, 森田智子, 浜根友仁子, 大貫和信, 柳下淳, 武田伸一郎, 高橋忠幸, 藤井博史
2. 発表標題 ラジオセラノスティック製剤を目指した放射性リボソーム
3. 学会等名 第59回日本核医学会(松山),
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 都築豊, 渡辺伸, 大石晋平, 沼館直樹, 櫻井誠, 渡邊裕文, 中村信行, 内田悠介, 米田浩基, 小高裕和, 高橋 忠幸
2. 発表標題 Si/CdTeコンプトンカメラの原子物理実験における偏光測定への応用
3. 学会等名 原子衝突学会第44回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柳下淳, 上野匡, 梅田泉, 土原一哉, 浦野泰照
2. 発表標題 8-アミノBODIPYを用いた青色ALDH1蛍光プローブの開発
3. 学会等名 日本薬学会第140年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 サンベトラ オルテア, 小池 直義, 佐谷 秀行
2. 発表標題 脳腫瘍幹細胞の低酸素応答と放射線抵抗性の克服
3. 学会等名 日本放射線腫瘍学会第32回学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Goro Yabu
2. 発表標題 Study of 3D image reconstruction using a Si/CdTe semiconductor Compton Camera
3. 学会等名 the 2018 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tadayuki Takahashi
2. 発表標題 Novel and interdisciplinary application of space hard X-ray and gamma-ray detectors
3. 学会等名 The 1st Workshop on Quantum Beam Imaging (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin'ichiro Takeda
2. 発表標題 Toward a new frontier for in-vivo cancer researches, at Kavli IPMU
3. 学会等名 Interdisciplinary approach of applying cutting-edge technologies at the frontier of cancer research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tadashi Orita
2. 発表標題 Development of a front-end ASIC for CdTe Hybrid Pixel Detector
3. 学会等名 International Workshop on Semiconductor Pixel Detectors for Particles and Imaging (PIXEL 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 数 悟朗
2. 発表標題 高分解能ガンマ線3次元イメージングを目指したCdTe SPECT装置の検出器応答の研究
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019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	

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 Time width signal processing method of radiation signal and its application to ASIC	発明者 織田 忠	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-115866	出願年 2020年	国内・外国の別 国内
産業財産権の名称 アルデヒドロゲナーゼ1A1検出用青色蛍光プローブ	発明者 柳下 淳	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-014846	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

宇宙観測検出器と量子ビームの出会い。新たな応用への架け橋。
https://member.ipmu.jp/SpaceTech_to_QuantumBeam/planned-research/c01/
 ガンマ線イメージングの医学応用
https://www.ipmu.jp/en/research-activities/research-program/Gamma-ray_Imaging
 C01 宇宙硬エックス線・ガンマ線検出テクノロジーの異分野への展開
https://member.ipmu.jp/SpaceTech_to_QuantumBeam/planned-research/c01/index.html

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	武田 伸一郎 (Takeda Shinichiro) (80553718)	東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・特任助教 (12601)	
研究分担者	織田 忠 (Orita Tadashi) (10746522)	東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・特任助教 (12601)	
研究分担者	柳下 淳 (Yagishita Atsushi) (20626676)	東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・特任助教 (12601)	
研究分担者	サンペトラ オルテア (Sampetrea Oltea) (50571113)	慶應義塾大学・医学部(信濃町)・助教 (32612)	
研究分担者	益子 高 (Masuko Takashi) (30157200)	近畿大学・薬学部・研究員 (34419)	

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	内山 泰伸 (Uchiyama Yasunobu) (00435801)	立教大学・人工知能科学研究科・教授 (32686)	
研究分担者	能町 正治 (Nomachi Masaharu) (90208299)	大阪大学・核物理研究センター・招へい教授 (14401)	
研究分担者	池田 博一 (Ikeda Hi rokazu) (10132680)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙探査イノベーションハブ・上席研究開発員 (82645)	

	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	林田 正明 (Hayashida Masaaki)		
研究協力者	梅田 泉 (Umeda Izumi)		
研究協力者	桂川 美穂 (Katsuragawa Miho)		
連携研究者	佐谷 秀行 (Saya Hideyuki) (80264282)	藤田医科大学・がん医療研究センター・センター長 (33916)	

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
連携研究者	中野 隆史 (Nakano Takashi) (20211427)	群馬大学・その他部局等・特別教授 (12301)	
連携研究者	渡辺 伸 (Watanabe Shin) (60446599)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・准教授 (82645)	

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