

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H00669

研究課題名(和文) 治療・診断統合による次世代ドラッグデリバリー可視化システムの実証

研究課題名(英文) Demonstration of next-generation drug delivery visualization system by integrating treatment and diagnosis

研究代表者

片岡 淳 (Kataoka, Jun)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：90334507

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,700,000円

研究成果の概要(和文)：近年、治療薬を病巣までピンポイントで届ける薬物伝達システムの開発が目覚ましい。一方で、人体では薬剤が正しく病巣に届けられ、狙ったタイミングで放出されたかを「その場で」可視化する術がない。本研究では、抗がん剤、治療用放射性(RI)薬剤、ホウ素薬剤に着目し、革新的可視化技術の実現を目指した。抗がん剤については、64chからなる多色スペクトラルCTシステムを開発し、薬剤ごとの画像描出に成功した。治療用RI薬剤では、広帯域X線ガンマ線を一度に観察する新規カメラを開発し、臨床イメージングまで実施した。さらに、がん細胞を用いてホウ素と陽子線が起こす核反応を定量的に調べ、増感効果の検証を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

薬物伝達の可視化および治療(Therapeutics)と診断(Diagnostics)を一体化したセラノスティクスの実現は、現代医療に残された最重要のテーマの一つと言える。本研究により、多色スペクトラルCTを用いた治療薬や造影剤ごとの可視化が可能であることが実証され、またSPECTやPETといった現行の診断イメージング装置を大きく凌駕する「治療診断統合型」イメージング装置を開発した功績は大きいと考える。さらに、本研究の成果を契機に戦略的創造推進事業ERATO「片岡ラインX線ガンマ線イメージング」が2021年よりスタートし、現在は医療から宇宙分野まで含めた大きな展開へとつながっている。

研究成果の概要(英文)：In recent years, there has been remarkable development of drug delivery systems (DDS) that deliver therapeutic agents to lesions with pinpoint accuracy. On the other hand, the human body has no way to visualize DDS in situ, whether drugs are correctly delivered to the lesion and released at the proper timing. In this study, we focused on (1) anticancer drugs, (2) therapeutic radioisotope (RI) drugs, and (3) boron drugs, aiming to realize innovative visualization technology. For anticancer agents, we developed a multicolor spectral CT system consisting of 64 channels, and succeeded in image visualization for each agent. For therapeutic RI drugs, we developed a novel camera that observes broadband X-ray gamma rays at once, and even performed clinical imaging. Furthermore, the nuclear reactions induced by boron and proton beams were quantitatively investigated using cancer cells to verify the sensitization effect.

研究分野：医学物理学、宇宙物理学、放射線イメージング

キーワード：ドラッグデリバリー 核医学治療 陽子ホウ素捕獲反応 多色X線CT コンプトンカメラ

### 1. 研究開始当初の背景

正常組織にダメージを与えることなく、治療薬を病巣にのみ届ける薬物伝達システム (Drug Delivery System: DDS) の開発が大きな注目を集めている。たとえば、リポソームなど脂質カプセルに抗がん剤を封入する手法や、放射性(RI)薬剤をナノ粒子キャリアに保持させて運ぶ方法が提案されているが、一般に DDS では (1) カプセル/キャリア自体が届いても、中の薬物が放出されない、あるいは (2) カプセル/キャリア自体が腫瘍に届く前に破損・分解する等、技術的には様々な困難がともなう。そのため、現状で上市されている DDS 薬剤は一種類に過ぎず、ヒトを対象としたマイクロドーズ臨床試験も行われていない。マウスなど小動物では蛍光色素を用いて体外から薬物動態を可視化する手法が一般的であるが、とくにヒトや大型動物は可視赤外線透過せず、体内集積と治療効果を評価することは極めて難しい。そのため、DDS の大きな前進のためには、本研究が目指す新しい可視化システムの開発が不可欠である。

### 2. 研究の目的

本研究では、治療の鍵となる3つの薬剤、すなわち ① 抗がん剤 ② 治療用 RI 薬剤 ③ ホウ素薬剤に着目し、革新的 DDS 可視化技術の実現と、これに必要な創薬をあわせて実施する。治療(Therapeutics)と診断(Diagnosis)を同時に「見える化」することで、安全・安心なセラノスティクスの実現を目指す。具体的なアプローチとして、まず抗がん剤 DDS では白黒画像を基調とした現行 CT を脱却し、薬剤ごとの色付けが可能で多色 X 線 CT システムを構築する。複数の薬物動態を同時に描出することで、病巣の発見と薬剤伝達、治療効果の可視化を目指す。治療用 RI 薬剤においては、あらゆる薬剤が放出する X 線・ガンマ線を同時にイメージング可能な広帯域ハイブリッド・ガンマ線カメラを開発し、とくにアルファ線治療薬の体内分布を迅速に可視化する。最後に、次世代粒子線治療として注目される陽子ホウ素捕獲療法 (pBCT) では、細胞実験などを通じて増感作用の有無を検証する。また体内核反応で生ずる即発ガンマ線の種類やエネルギー、断面積を精査し、ホウ素薬剤分布の可視化につながる知見を得ることを目標とする。

### 3. 研究の方法

(1) 通常、X 線 CT は診断のみに用いられ、画像は白黒で色を持たない。本研究では、半導体光増幅素子 MPPC とセラミックシンチレータを組み合わせた多色スペクトラル CT システムを新たに開発し、個々の X 線パルスごとの「色」を高速に識別する。これにより、複数の薬剤動態を同時にモニタすることが可能となる。さらに、同システムに最適な、新しい DDS 薬剤の開発に着手する。たとえば リポソームに抗がん剤(シスプラチン)を内包し、一方でカプセルを造影剤(たとえば ヨード)で修飾する。これらは異なる X 線吸収特性を示し、「K 吸収端」とよばれる特徴的な構造をもつ。そこで 図 1 のようにシスプラチン (Pt: 78keV)、ヨード (I: 33keV) それぞれの K 吸収端で画像を色分けして描出できれば、薬剤・カプセルの挙動を同時追跡でき、可視化プローブとして機能する。

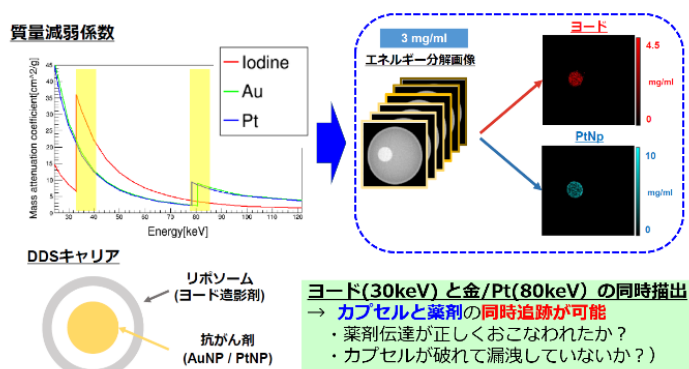


図 1: 多色 CT を用いたプラチナ・ナノ粒子(PtNP)および造影剤ヨードの同時イメージング

し、「K 吸収端」とよばれる特徴的な構造をもつ。そこで 図 1 のようにシスプラチン (Pt: 78keV)、ヨード (I: 33keV) それぞれの K 吸収端で画像を色分けして描出できれば、薬剤・カプセルの挙動を同時追跡でき、可視化プローブとして機能する。

(2) 一般に、放射性である治療用 RI 薬剤は投与量が微量であり、上記の多色スペクトラル CT 撮影でも描出に困難が予想される。そこで、RI の崩壊と同時に放出されるガンマ線に着目し、これを可視化する新たな手法を考案する。具体的には、コンプトンカメラの散乱体にピンホールを穿つことで 200 keV 以下をピンホール撮影、200keV 以上をコンプトンカメラとして撮影できる「ハイブリッド型」イメージング装置を開発する。これをガントリ構成とすることで、マウスの3次元薬物動態イメージングや、患者を対象とした臨床イメージングに適用する。

(3) pBCT は陽子線治療時にアルファ線を誘発することでがん細胞の殺傷を高める画期的治療として注目されつつも、いまだ実験的な裏付けが乏しい。本研究では主要核反応 ( $p+^{11}\text{B} \rightarrow 3\alpha$ ) の断面積を数 MeV 以上で精密測定し、様々ながん細胞へ与えるダメージと増感作用の有無を直接的に実測する。さらに、2種類の治療用ホウ素薬剤 BSH/BPA による効果発現の違いを比較する。体内で発生する核ガンマ線を通じて、ホウ素-陽子のみならずあらゆる元素が起こす核反応を精査し、薬剤分布の可視化の可否を探索する。

(4) 上記全てに関連し、X線・ガンマ線画像は統計との闘いであり、解像度も可視に比べ十分ではない。本研究では機械学習を応用することで検出器の物理特性や相互作用を加味した高度な医療画像予測を行う。これにより、臨床・診断イメージングに要する時間の大幅な短縮と、画像鮮鋭化を目指す。

#### 4. 研究成果

##### (1) 多色スペクトラル CT による薬剤イメージング

現行 CT では X 線パルスごとの信号が微弱であり、膨大な線量照射と時間積分で画像はコントラスト(白黒)のみとなる。本研究では約 100 万倍の増幅機能を持つ光センサー MPPC と高速シンチレータを開発し、パルス毎に「色付け」可能なスペクトラル CT (Spectral Photon Counting CT; 以下 SPCCT)を開発した。2020 年度は、とくに抗がん剤の一種である金ナノ粒子やシスプラチンの低濃度撮影 (~ 1mg/ml)に成功し、造影剤である

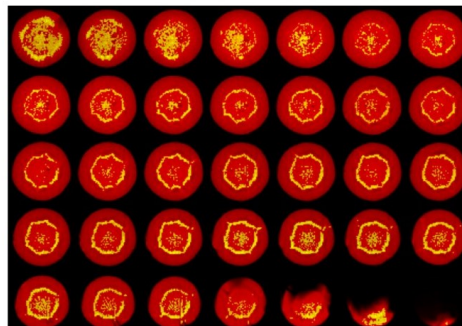
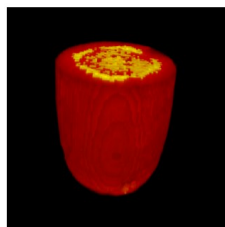


図 2: 多色スペクトラル CT で取得した、エンジンの 3D 画像。黄色は K 吸収端イメージングでヨードを強調したもので、維管束が明確に確認できる (Toyoda et al. 2022, NIM-A)

ヨードやガドリニウムとの同時撮影に成功した。続いて Dual Energy CT 装置との定量比較、さらには植物や生体マウスを用いたより複雑かつ臨床に近い条件で、造影剤・ナノ粒子等の薬物動態イメージングに挑戦した。さらに、64ch システムを縦置きで撮影する第一世代セットアップのほか、横置きにする第三世代セットアップを試行することで、撮影時間の大幅な短縮を試みた。続いて、エンジンに着色したヨードとガドリニウムの造影剤を吸収させて K 吸収端イメージングを行い、維管束の部分が正しく抽出できることを確認した (図 2)。臨床装置との比較の第一歩として、金沢大学(医薬保健学域)が所有する Dual Energy CT 装置と様々な濃度のヨード薬剤を用いた比較を行い、現状のスペクトル多色 CT でも、物質同定能力で臨床装置と匹敵する能力を有することを実証した。

最後に、金沢大学(理工研究域・医薬保健学域)と早稲田大において、初めて生体マウスの多色 CT イメージングに挑戦した。3次元で全体骨格をイメージングするほか、上記造影剤を静脈注射し、各造影剤によって腎臓や膀胱を強調して撮影することに成功した (図 3)。さらに、抗がん剤キャリアである金ナノ粒子を用いたイメージングや、第三世代のセットアップでの 3 次元画像取得も行った。

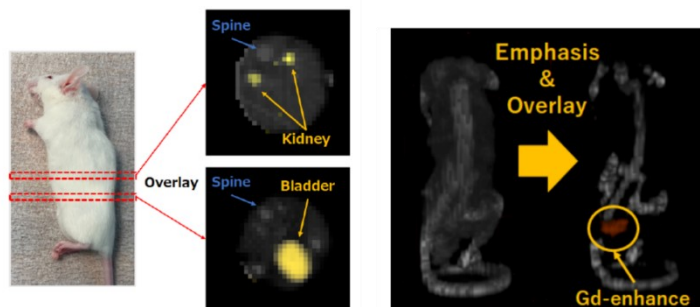


図 3: 生体マウスの 3 次元スペクトラル CT 画像。黄色はヨード造影剤が腎臓と膀胱に集積している様子。赤はガドリニウム造影剤の強調画像 (Sato et al. 2022, NIM-A)

##### (2) RI 治療薬の動態イメージング

ベータ線核種を用いた核医学治療とあわせ、特に近年はアルファ線放出核種 Ra-223 (塩化ラジウム) や At-211(アスタチン) を使い、特定の疾患のみに集中的なダメージを与える治療が注目されている。本研究では、アルファ線と同時に放出される様々な X 線・ガンマ線をプローブとし、そのイメージングに挑戦した。本研究が開発した「ハイブリッド・コンプトンカメラ(Hybrid CC)」は数十 keV から数 MeV の広帯域 X 線・ガ

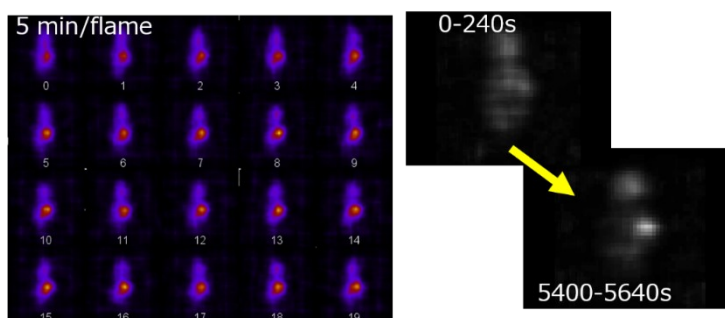


図 4:  $\alpha$  線治療薬  $^{211}\text{At-NaAt}$  を投与したマウスの X 線(79keV)ライブ画像。投与直後から時間をかけて、薬剤が甲状腺と胃に収束していく様子が良く分かる (Masubuchi et al. 2022, NIM-A)

ンマ線を撮像する世界初の装置であり、あらゆる薬剤の可視化を可能とする。2020年8月には論文(Nature Sci. Rep.)の出版とあわせてプレスリリースを行い、大きな反響を得た。また、大阪大学と合同でマウスの体内におけるアスタチンの3次元動態イメージングにも成功した。実験では薬剤投与直後から5分おき、約2時間にわたり、4台のHybrid CCでアスタチンから生ずる79keVのX線撮影を行った。図4に示す通り、アスタチンが時間とともに甲状腺と胃に集積していく様子が確認できた。さらに、Hybrid CCの広帯域特性と高感度を活かし、79keV

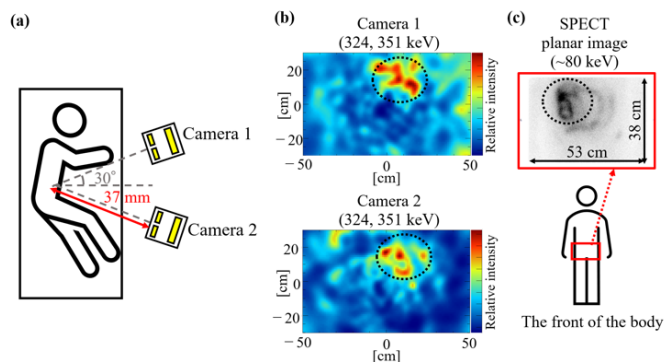


図 5: 本研究で開発したハイブリッド・コンプトンカメラによる $\alpha$ 線治療薬(Ra-223)の臨床イメージング (越川 et al. 2023「放射線」)

のX線に比べ1/1000以下の放射率しかない微弱な570keVガンマ線のイメージングにも成功した。最後に、2022年度は阪大病院においてアルファ線治療薬 Ra-223 を投与した患者さんの合意を得ることができ、臨床イメージングを行った。図5に示す通り、わずか20分程度の撮影かつ5×5cmのカメラ2台で、体内の治療薬分布を可視化することができた。ヒトを対象とした $\alpha$ 線治療薬の体内分布は、次世代セラノスティクス実現に向けた大きな足掛かりと言える。

### (3) 陽子ホウ素捕獲療法 (pBCT) や様々な核反応の探査

次世代陽子線治療として提案される陽子ホウ素捕獲反応 (pBCT) を、物理学および生物学的見地から系統的に検証した。本研究ではまず、これまで実験データがない10MeV以上の領域に未知のアルファ線生成反応が無いかを実験により探査した。結果、反応自体は認められたが、これらが起こす線量付与は主要核反応 ( $p+^{11}\text{B} \rightarrow 3\alpha$ ) に比べて無視できることが分かった (図6左)。そこで、物理線量に現れない生物過程が寄与している可能性を考え、前立腺がん細胞 DU145 およびヒト膵癌細胞株 MIA PaCa-2 を用いて pBCT を模擬した照射実験を行った。結果として、pBCT による致死率向上は確認できず (図6右)、恐らく先行研究が観測した増感作用は2次中性子とホウ素が偶然起こすホウ素中性子捕獲 (BNCT) 反応を、誤った解釈のもと pBCT として報告したものと推論した。さらに、陽子線照射中に様々なターゲットから発生する即発ガンマ線を系統的に調べた。たとえば陽子と O-16 間で起こる核反応で生ずる 6.129MeV、4.4MeV、2.742MeV、2.313MeV 即発ガンマ線を伴う反応断面積の算出を行った。今後は、粒子線治療モニタリングに向けた即発ガンマ線イメージングへの応用を検討する。

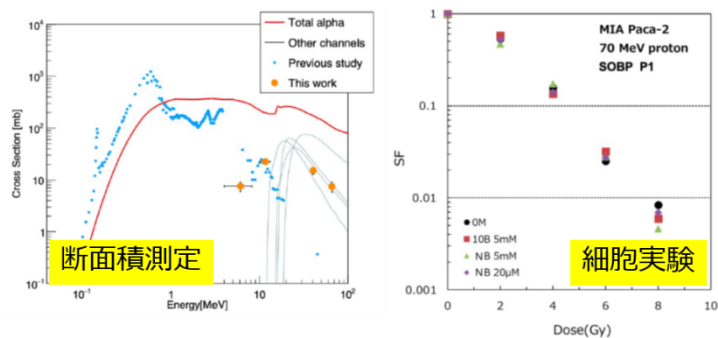


図 6: (左) pBCT における、アルファ線生成反応断面積の測定。10MeV 以上の実測データを初めて測定 (右) pBCT 反応における、ヒト膵癌細胞株 MIA PaCa-2 の細胞致死率測定。顕著な効果は確認できない (Hosobuchi et al. 2023, NIM-A)

### (4) 医療画像への機械学習応用と鮮鋭化

多色スペクトラル CT やコンプトンカメラで測定した画像データは統計が十分でないことが多く、様々な機械学習を適用することで画質の鮮鋭化と S/N の向上を目指した。図7(a)に示す通り、多色 CT 画像については U-net と Noise2Noise を適用することで、ノイズ除去のほか濃度推定の精度が大幅に改善することを確認した。また、マウスの生体内画像に対しても機械学習モデルを適用した。コンプトンカメラの画像に関しては、Dictionary Learning, SRGAN, U-net による解析を試みた。一例を図7(b)に示す。通常行っている MLEM を用いた画像解析よりもノイズや視野端のアーチファクトを軽減することに成功した

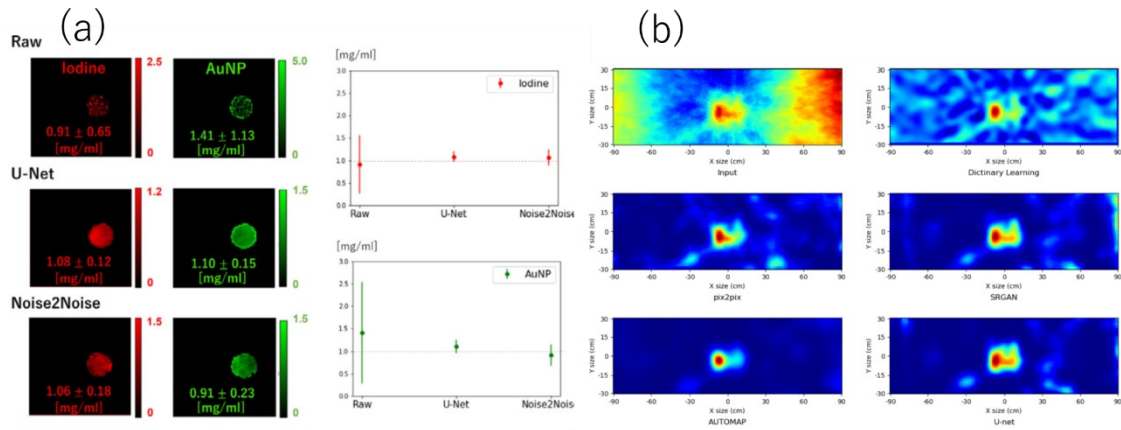


図 7: (a) U-Net および Noise2Noise の適用による、多色スペクトラル CT 画像の鮮鋭化と、濃度推定精度の改良 (Toyoda et al. 2022, NIM-A) (b) コンプトンカメラで取得した臨床画像への機械学習応用 (Sato et al. 2020, Jinst)

### 【参考文献】

- (1) Hosobuchi et al. 2023, NIM-A, 1046, 167659
- (2) 越川、増渕、片岡、2023, 「放射線」 vol.48-1, 14
- (3) Sato et al., 2023, NIM-A, 1048, 167960
- (4) Sato et al. 2020, Jinst, 16(5), P05021
- (5) Toyoda et al. 2022, NIM-A, 1040, 167181

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 18件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 N. Koshikawa, A. Omata, M. Masubuchi, Y. Okazaki, J. Kataoka, K. Matsunaga, H. Kato, A. Toyoshima, Y. Wakabayashi, and T. Kobayashi	4. 巻 121
2. 論文標題 Activation imaging of drugs with hybrid Compton camera: A proof-of-concept study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters	6. 最初と最後の頁 193701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0116570	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 N. Koshikawa, Toyoshima, K. Omata, M. Masubuchi, J. Kataoka, Y. Kadonaga, K. Tokoi, S. Nakagawa, Imada, A. Matsunaga, H. Kato, Y. Wakabayashi, T. Kobayashi, K. Takamiya, M. Ueda	4. 巻 1045
2. 論文標題 Activation imaging: New concept of visualizing drug distribution with wide-band X-ray and gamma-ray imager	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 167599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2022.167599	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 Yu Okazaki, Mana Hosobuchi, Hiromu Yokokawa, Jun Kataoka, Seiichi Yamamoto	4. 巻 1045
2. 論文標題 Water luminescence imaging for visualization of therapeutic effects of proton therapy and radiosensitizers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 167793
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2022.167793	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 Daichi Sato, Makoto Arimoto, Kotaro Yoshiura, Tomoya Mizuno, Ko Aiga, Kairi Ishiguro, Takahiro Tomoda, Hiroki Kawashima, Satoshi Kobayashi, Kenichiro Okumura, Kazuhiro Murakami, Jun Kataoka, Takaya Toyoda, Mayu Sagisaka, Shinsuke Terazawa, Satoshi Shiota	4. 巻 1045
2. 論文標題 Initial results of in vivo CT imaging of contrast agents using MPPC-based photon-counting CT	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 167960
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2022.167960	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 M. Sagisaka, T. Toyoda, J. Kataoka, M. Arimoto, H. Kawashima, S. Kobayashi, K. Murakami, K. Okumura, D. Sato, K. Yoshiura, T. Mizuno, K. Aiga, S. Terazawa, S. Shiota	4. 巻 1045
2. 論文標題 Experiment of in vivo imaging with third generation setup using Photon-Counting CT with 64ch Multi-Pixel Photon Counter	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 167580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2022.167580	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 M. Masubuchi, A. Omata, N. Koshikawa, J. Kataoka, H. Kato, A. Toyoshima, K. Ooe, D. Katayama, T. Teramoto, K. Matsunaga, T. Kamiya, T. Watabe, E. Shimosegawa, J. Hatazawa	4. 巻 1045
2. 論文標題 Wide-band X-ray and gamma-ray imaging of living mouse to reveal pharmacokinetics of At-211	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 167581
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2022.167581	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 Mana Hosobuchi, Jun Kataoka, Hiromu Yokokawa, You Okazaki, Ryoichi Hirayama, Taku Inaniwa, Masashi Ueda, Mitsuhiro Kimura	4. 巻 1045
2. 論文標題 Experimental verification of efficacy of pBCT in terms of physical and biological aspects	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 167537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2022.167537	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. Toyoda, J. Kataoka, M. Sagisaka, M. Arimoto, D. Sato, K. Yoshiura, H. Kawashima, S. Kobayashi, J. Kotoku, S. Terazawa, S. Shiota, M. Ueda	4. 巻 1040
2. 論文標題 Performance demonstration of a novel photon-counting CT for preclinical application	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 167181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2022.167181	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 Akihisa Omata, Miho Masubuchi, Nanase Koshikawa, Jun Kataoka, Hiroki Kato, Atsushi Toyoshima, Takahiro Teramoto, Kazuhiro Ooe, Yuwei Liu, Keiko Matsunaga, Takashi Kamiya, Tadashi Watabe, Eku Shimosegawa & Jun Hatazawa	4. 巻 12
2. 論文標題 Multi-modal 3D imaging of radionuclides using multiple hybrid Compton cameras	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-06401-6	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 片岡 淳, 小俣 陽久, 増淵 美穂, 越川 七星	4. 巻 39
2. 論文標題 コンプトンカメラを用いたアクティブ動態イメージング	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY	6. 最初と最後の頁 223-228
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 Shogo Sato, Jun Kataoka, Soichiro Ito, Jun'ichi Kotoku, Masato Taki, Asuka Oyama, Takaya Toyoda, Yuki Nakamura, Marino Yamamoto	4. 巻 913
2. 論文標題 Machine-learning Application to Fermi-LAT Data: Sharpening All-sky Map and Emphasizing Variable Sources	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 83-92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3847/1538-4357/abf48f	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 Takaya Toyoda, Shogo Sato, Hiroaki Kiji, Jun Kataoka, Jun'ichi Kotoku, Masato Taki	4. 巻 16-5
2. 論文標題 Application of machine-learning models to improve the image quality of photon-counting CT images	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P05021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/16/05/P05021	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 R. Tanaka, J. Kataoka, F. Nishi, H. Yokokawa, and T. Inaniw	4. 巻 16
2. 論文標題 Development of a Neutron Camera System to Visualize the Dose Distribution by Secondary Neutrons for Safer Proton Therapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P06004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/16/06/P06004	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. Toyoda, S. Sato, H. Kiji, J. Kataoka, J. Kotoku and M. Taki	4. 巻 16
2. 論文標題 Application of machine-learning models to improve the image quality of photon-counting CT images	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P05021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/16/05/P05021	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 Akihisa Omata, Jun Kataoka, Kazuya Fujieda, Shogo Sato, Eri Kuriyama, Hiroki Kato, Atsushi Toyoshima, Takahiro Teramoto, Kazuhiro Ooe, Yuwei Liu, Keiko Matsunaga, Takashi Kamiya, Tadashi Watabe, Eku Shimosegawa & Jun Hatazawa	4. 巻 10
2. 論文標題 Performance demonstration of a hybrid Compton camera with an active pinhole for wide-band X-ray and gamma-ray imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14064
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-71019-5	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 -

1. 著者名 S. Sato, J. Kataoka, J. Kotoku, M. Taki, A. Oyama, L. Tagawa, K. Fujieda, F. Nishi and T. Toyoda	4. 巻 15
2. 論文標題 High-statistics image generation from sparse radiation images by four types of machine-learning models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P10026
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/15/10/P10026	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 H.Kiji, T.Marubishi, T.Toyoda, J.Kataoka, M.Arimoto, D.Sato, K.Yoshiura, S.Kobayashi, H.Kawashima, S.Terazawa, S.Shiota, H.Ikeda	4. 巻 984
2. 論文標題 64-channel photon-counting computed tomography using a new MPPC-CT system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 164610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2020.164610	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 S.Sato, J.Kataoka, J.Kotoku, M.Taki, A.Oyama, L.Tagawa, K.Fujieda, F.Nishi, T.Toyoda	4. 巻 969
2. 論文標題 First application of the super-resolution imaging technique using a Compton camera	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 164034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2020.164034	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46件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 片岡淳
2. 発表標題 X線ガンマ線イメージングが切り拓く近未来 - 宇宙物理と放射線治療の架け橋へ -
3. 学会等名 日本医学物理学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片岡淳
2. 発表標題 X線ガンマ線でつなぐ宇宙と医療
3. 学会等名 日本コンピュータ外科学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片岡淳
2. 発表標題 ガンマ線イメージングが拓く近未来：宇宙から医療・大気・資源探査へ
3. 学会等名 日本応用物理学会（秋季年会）（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Y.Okazaki, M.Hosobuchi, H.Yokokawa, J.Kataoka, S.Yamamoto
2. 発表標題 Water Luminescence Imaging for Visualization of Therapeutic Effects of Proton Therapy and Radiosensitizers
3. 学会等名 9th Conference on New Development in Photodetection (NDIP2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M.Sagisaka, T.Toyoda, J.Kataoka, M.Arimoto, H.Kawashima, S.Kobayashi, K.Murakami, D.Sato, K.Yoshiura, T.Mizuno, K.Aiga, S.Terazawa, S.Shiota
2. 発表標題 Experiment of in vivo imaging with third generation setup using Photon-Counting CT with 64ch Multi-Pixel Photon Counter
3. 学会等名 9th Conference on New Development in Photodetection (NDIP2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M.Hosobuchi, J.Kataoka, F.Nishi, R.Tanaka
2. 発表標題 Demonstrative measurement of proton-nuclear reaction by deconvolving the prompt gamma-ray spectra
3. 学会等名 9th Conference on New Development in Photodetection (NDIP2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M.Masubuchi, A.Omata, N.Koshikawa, J.Kataoka, H.Kato, A.Toyoshima, T.Teramoto, K.Ooe, D.Katayama, T.Teramoto, K.Matsunaga, T.Kamiya, T.Watabe, E.Shimosegawa, J.Hatazawa
2. 発表標題 Wide-band X-ray and gamma-ray imaging of living mouse to reveal pharmacokinetics of At-211
3. 学会等名 9th Conference on New Development in Photodetection (NDIP2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S.Sato, H.Yokokawa, M.Hosobuchi, J.Kataoka
2. 発表標題 In-situ visualization system of 3D dose distribution for precision proton therapy
3. 学会等名 9th Conference on New Development in Photodetection (NDIP2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M.Hosobuchi, J.Kataoka, H.Yokokawa, Y.Okazaki, M.Ueda, K.Kobashigawa, R.Hirayama, T.Inaniwa, A.M.Glenn
2. 発表標題 Experimental Verification of the Efficacy of pBCT from Physical and Biological Aspects
3. 学会等名 9th Conference on New Development in Photodetection (NDIP2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増淵美穂, 越川七星, 小俣陽久, 片岡淳, 加藤弘樹, 豊嶋厚史, 大江一弘, 片山大輔, 寺本高啓, 松永恵子
2. 発表標題 生体マウスにおけるリアルタイム薬物動態 (At-211 NaAt) X線ガンマ線同時イメージング
3. 学会等名 日本医学物理学会 (秋季年会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	匂坂 真結, 片岡 淳, 有元 誠, 川嶋 広貴, 小林 聡, 村上 和弘, 佐藤 大地, 水野 睦也, 寺澤 慎祐, 塩田 諭
2. 発表標題	MPPCと高速シンチレータを用いた光子計数型CT: 生体マウスイメージングによる実証
3. 学会等名	日本医学物理学会 (秋季年会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	岡崎優, 細淵真那, 横川広歩, 片岡淳, 山本誠一
2. 発表標題	陽子線治療と増感剤の治療効果可視化に向けた水ルミネセンスイメージング
3. 学会等名	日本医学物理学会 (秋季年会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	横川 広歩, 佐藤 将吾, 片岡 淳
2. 発表標題	散乱陽子線を用いた「その場」線量可視化システムの提案
3. 学会等名	日本医学物理学会 (秋季年会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Daichi Sato; Makoto Arimoto; Kotaro Yoshiura; Tomoya Mizuno; Ko Aiga; Kazuhiro Murakami; Hiroki Kawashima; Satoshi Kobayashi; Kenichiro Okumura; Jun Kataoka; Takaya Toyoda; Mayu Sagisaka; Kairi Ishiguro; Takahiro Tomoda; Shinsuke Terazawa; Satoshi Shiota
2. 発表標題	Initial results of in vivo CT imaging of contrast agents using MPPC-based photon-counting CT
3. 学会等名	9th Conference on New Development in Photodetection (NDIP2020) (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 佐藤 大地、有元 誠、水野 睦也、石黒 海里、供田 崇弘、川嶋 広貴、小林 聡、村上 和弘、奥村 健一郎、片岡 淳、匂坂 真結、寺澤 慎祐、塩田 諭
2. 発表標題 次世代X線CTを用いた複数造影剤の生体内イメージング
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 2023年

1. 発表者名 佐藤 将吾、横川 広歩、田中 香津生、山本 誠一、片岡 淳
2. 発表標題 散乱陽子線計測に基づく「その場」陽子線治療モニタリングシステムの初期検証
3. 学会等名 第70回 応用物理学会春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 匂坂 真結、片岡 淳、稲庭 拓、有元 誠、川嶋 広貴、小林 聡、佐藤 大地、水野 睦也、寺澤 慎祐、塩田 諭
2. 発表標題 粒子線治療への応用を目指したフォトンカウンティングCTによる電子数密度推定
3. 学会等名 第70回 応用物理学会春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 N.Koshikawa, A.Omata, M.Masubuchi, Y.Okazaki, J.Kataoka, K.Matsunaga, H. Kato, Y.Kadonaga, A.Toyoshima, Y.Wakabayashi, T.Kobayashi, K.Takamiya, M.Ueda
2. 発表標題 Activation imaging: new concept of visualizing drug distribution with wide-band X-ray and gamma-ray imager
3. 学会等名 9th Conference on New Development in Photodetection (NDIP2020) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 越川 七星, 増淵 美穂, 片岡 淳, 角永 悠一郎, 床井 健運, 中川 創太, 今田 彩香, 豊嶋 厚史, 松永 恵子, 加藤 弘樹, 高宮 幸一, 上田 真史
2. 発表標題 放射化イメージングによる薬剤可視化手法の提案と実証
3. 学会等名 日本医学物理学会 (秋季年会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 越川 七星, 増淵 美穂, 片岡 淳, 角永 悠一郎, 床井 健運, 中川 創太, 今田 彩香, 豊嶋 厚史, 松永 恵子, 加藤 弘樹, 高宮 幸一, 上田 真史
2. 発表標題 放射化イメージングによる高感度薬剤可視化の実証
3. 学会等名 日本応用物理学会 (秋季年会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 越川 七星, 増淵 美穂, 片岡 淳, 角永 悠一郎, 床井 健運, 中川 創太, 今田 彩香, 豊嶋 厚史, 松永 恵子, 加藤 弘樹, 高宮 幸一, 上田 真史
2. 発表標題 広帯域 X 線ガンマ線による放射化イメージング手法の開発
3. 学会等名 第3回標的アイソトープ治療線量評価研究会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 T.Toyoda, J.Kataoka, M.Sagisaka, M.Arimoto, D.Sato, K.Yoshiura, S.Kobayashi, H. Kawashima, J.Kotoku, S.Terazawa, S.Shiota, M.Ueda
2. 発表標題 Performance demonstration of a novel Photon-counting CT for clinical application
3. 学会等名 16th Vienna Conference on Instrumentation 2022 (VCI 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	Akihisa Omata, Miho Masubuchi, Nanase Koshikawa, Jun Kataoka, Hiroki Kato, Atsushi Toyoshima, Takahiro Teramoto, Kazuhiro Ooe, Yuwei Liu, Keiko Matsunaga, Takashi Kamiya, Tadashi Watabe, Eku Shimosegawa & Jun Hatazawa
2. 発表標題	Performance demonstration of multi-modal imaging using hybrid Compton cameras
3. 学会等名	16th Vienna Conference on Instrumentation 2022 (VCI 2022) (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	横川 広歩、細淵 真那、佐藤 将吾、片岡 淳
2. 発表標題	散乱陽子線を用いた「その場」線量可視化システムの提案
3. 学会等名	第69回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	増淵 美穂、小俣 陽久、越川 七星、片岡 淳、加藤 弘樹、豊嶋 厚史、大江 一弘、片山 大輔、寺本 高啓、松永 恵子、神谷 貴史、渡部 直史、下瀬川 恵久、畑澤 順
2. 発表標題	広帯域X線ガンマ線撮像による生体マウス薬物動態 (At-211) イメージングの実証
3. 学会等名	第69回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	匂坂 真結、豊田 貴也、片岡 淳、有元 誠、川嶋 広貴、小林 聡、村上 和弘、佐藤 大地、吉浦 宏大龍、水野 睦也、相賀 耕、寺澤 慎祐、塩田 諭
2. 発表標題	次世代型カラーX線CTを用いた生体内イメージング(1)
3. 学会等名	第69回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年	2022年



1. 発表者名 佐藤 大地、有元 誠、吉浦 宏大龍、水野 睦也、相賀 耕、川嶋 広貴、小林 聡、村上 和弘、片岡 淳、豊田 貴也、匂坂 真結、池田 博一、寺澤 慎祐、塩田 諭
2. 発表標題 次世代型カラーX線CTを用いた生体内イメージング(2)
3. 学会等名 第69回 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M.Hosobuchi, J.Kataoka, H.Yokokawa, Y.Okazaki, M.Ueda, K.Kobashigawa, R.Hirayama, T.Inaniwa, A.M.Glenn
2. 発表標題 Experimental Verification of the Efficacy of pBCT from Physical and Biological Aspects
3. 学会等名 FLASH RADIOTHERAPY AND PARTICLE THERAPY CONFERENCE (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M.Masubuchi, A.Omata, N.Koshikawa, J.Kataoka, H.Kato, A.Toyoshima, T.Teramoto, K.Ooe, Y.Liu, K.Matsunaga, T. Kamiya, T.Watabe, E.Shimosegawa, J.Hatazawa, M.Uenomachi
2. 発表標題 Double-photon simultaneous imaging using a hybrid X-ray and gamma-ray camera
3. 学会等名 IEEE Nuclear science symposium and medical imaging conference (2021 IEEE NSS/MIC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A.Omata, M.Masubuchi, N.Koshikawa, J.Kataoka, H.Kato, A.Toyoshima, T.Teramoto, K.Ooe, Y.Liu, K.Matsunaga, T.Kamiya, T.Watabe, E.Shimosegawa & J. Hatazawa
2. 発表標題 Performance demonstration of multi-modal imaging using hybrid Compton cameras
3. 学会等名 IEEE Nuclear science symposium and medical imaging conference (2021 IEEE NSS/MIC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T.Toyoda, S.Dima, M.Sagisaka, J.Kataoka, M.Arimoto, J.Kotoku, M.Taki, A.Oyama, S.Kobayashi, H.Kawashima, D.Sato, K.Yoshiura, S.Terazawa, S.Shiota, H.Ikeda, M.Ueda
2. 発表標題 Pre-Experiments using photon-counting CT with machine learning models for drug delivery system monitoring
3. 学会等名 IEEE Nuclear science symposium and medical imaging conference (2021 IEEE NSS/MIC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 越川 七星、小俣 陽久、増淵 美穂、岡崎 優、片岡 淳、松永 恵子、加藤 弘樹
2. 発表標題 広帯域X線ガンマ線による革新的放射化イメージング手法の提案 1
3. 学会等名 第82回 応用物理学会秋学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小俣 陽久、増淵 美穂、越川 七星、岡崎 優、片岡 淳、松永 恵子、加藤 弘樹
2. 発表標題 広帯域X線ガンマ線による革新的放射化イメージング手法の提案 2
3. 学会等名 第82回 応用物理学会秋学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉浦 宏大龍、有元 誠、佐藤 大地、水野 睦也、川嶋 広貴、小林 聡、片岡 淳、豊田 貴也、Sonia Dima、池田 博一、寺澤 慎祐、塩田 諭
2. 発表標題 次世代MPPC型フォトンカウンティングCTの造影剤イメージングと臨床CTとの定量比較
3. 学会等名 第82回 応用物理学会秋学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増淵 美穂、小俣 陽久、越川 七星、片岡 淳、加藤 弘樹、豊嶋 厚史、寺本 高啓、松永 恵子、神谷 貴史、渡部 直史、下瀬川 恵久、畑澤 順、上ノ町 水紀
2. 発表標題 広帯域X線ガンマ線による新規イメージング手法の開発と実証
3. 学会等名 第82回 応用物理学会秋学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊田 貴也、Sonia Dima、匂坂 真結、片岡 淳、有元 誠、川嶋 広貴、小林 聡、佐藤 大地、吉浦 宏大龍、寺澤 慎祐、塩田 諭、池田 博一
2. 発表標題 次世代型カラーX線 CT における新システムの構築及びリングアーチファクト除去
3. 学会等名 第82回 応用物理学会秋学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 細淵 真那、片岡 淳、西 郁也、田中 稜、上田 真史、平山 亮一、小橋川 共夢
2. 発表標題 pBCT 実用化に向けた 線生成核反応の実験的検証
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小俣 陽久、片岡 淳、増淵 美穂、加藤 弘樹、豊嶋 厚史、寺本 高啓、大江 一弘、劉 雨薇、松永 恵子、神谷 貴史、渡部 直史、下瀬川 恵久、畑澤 順
2. 発表標題 ハイブリッド・コンプトンカメラを用いた核医学治療に向けた3次元イメージングの実証
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季年会
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Sonia Djara Dima, Hiroaki Kiji, Takaya Toyoda, Jun Kataoka, Makoto Arimoto, Daichi Sato, Kotaro Yoshiura, Hiroki Kawashima, Satoshi Kobayashi, Shinsuke Terazawa, Satoshi Shiota, Hirokazu Ikeda
2 . 発表標題 Demonstration of low-concentration nanoparticle imaging for integrated treatment-diagnostic spectral CT
3 . 学会等名 第68回応用物理学会春季年会
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 A. Omata, J. Kataoka, K. Fujieda, S. Sato, E. Kuriyama, H. Kato, A. Toyoshima, K. Ooe, Y. Liu, K. Matsunaga, T. Kamiya, T. Watabe, E. Shimosegawa, J. Hatazawa
2 . 発表標題 Wide-band imaging using a hybrid X-ray and gamma-ray camera
3 . 学会等名 IEEE MIC/NSS 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 M. Hosobuchi, J. Kataoka, R. Tanaka, F. Nishi, T. Inaniwa
2 . 発表標題 Experimental verification of alpha particle production between protons and boron for PBCT practical application
3 . 学会等名 IEEE MIC/NSS 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 T. Toyoda, T. Maruhashi, H. Kiji, S. S. D. Dima, J. Kataoka, M. Arimoto, D. Sato, K. Yoshiura, S. Kobayashi, H. Kawashima, S. Terazawa, S. Shiota, H. Ikeda
2 . 発表標題 Demonstration of simultaneous imaging of phantoms as anticancer agents using a novel photon counting CT for drug delivery systems
3 . 学会等名 IEEE MIC/NSS 2020 (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 R. Tanaka, J. Kataoka, L. Tagawa, K. Fujieda, S. Sato, F. Nishi, T. Inaniwa
2. 発表標題 Development of a neutron camera to visualize direction and dose of secondary neutrons in real-time for proton therapy
3. 学会等名 IEEE MIC/NSS 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中 稜、片岡 淳、佐藤 将吾、西 郁也
2. 発表標題 陽子線治療オンラインモニタに向けた二次中性子ドシメトリカメラの開発
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西 郁也、片岡 淳、田中 稜、細淵 真那、細越 裕希、稲庭 拓
2. 発表標題 応答行列を用いた陽子核反応の精密測定
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小俣 陽久、片岡 淳、増淵 美穂、加藤 弘樹、豊嶋 厚史、寺本 高啓、大江 一弘、劉 雨薇、松永 恵子、神谷 貴史、渡部 直史、下瀬川 恵久、畑澤 順
2. 発表標題 アクティブピンホールを用いた広帯域ガンマ線カメラの性能実証
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季年会
4. 発表年 2020年

## 〔図書〕 計1件

1. 著者名 H. Kiji, T. Toyoda, J. Kataoka, M. Arimoto, S. Terazawa, S. Shiota, and H. Ikeda	4. 発行年 2021年
2. 出版社 CRC press	5. 総ページ数 -
3. 書名 Radiation Detection System 2nd Edition	

## 〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 照射線量推定装置および照射線量推定方法	発明者 片岡淳、細淵真那、 横川広歩、佐藤将吾	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-026417	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

## 〔取得〕 計0件

## 〔その他〕

<p>(1)様々な元素の分布を可視化する「放射化イメージング」に成功 <a href="https://www.waseda.jp/top/news/85249">https://www.waseda.jp/top/news/85249</a></p> <p>(2)増淵美穂さん(M2)が 第124回・日本医学物理学会(秋季) 大会長賞(銅賞)を受賞 <a href="http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/">http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/</a></p> <p>(3)早稲田大学先進理工学研究所・物理応物優秀修士論文賞を受賞 <a href="http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/thesis.html">http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/thesis.html</a></p> <p>(4)第82回・応用物理学会(2021年秋季)放射線分科会学生優秀講演賞を受賞 <a href="http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/thesis.html">http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/thesis.html</a></p> <p>(5)JST 戦略的創造研究推進事業 総括実施型研究(ERATO)に採択 <a href="https://www.waseda.jp/top/news/75378">https://www.waseda.jp/top/news/75378</a></p> <p>(6)応用物理学会(2021年春季)放射線分科会学生優秀講演賞を受賞 <a href="http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/thesis.html">http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/thesis.html</a></p> <p>(7)X線からガンマ線まで1台で同時に可視化できる装置を考案 <a href="https://www.waseda.jp/top/news/69935">https://www.waseda.jp/top/news/69935</a></p> <p>(8)第81回・応用物理学会(2020年秋季)放射線分科会学生優秀講演賞を受賞(2件) <a href="http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/">http://www.spxg-lab.phys.waseda.ac.jp/</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	加藤 弘樹  (Kato Hiroki)  (20448054)	大阪大学・医学系研究科・准教授    (14401)	
研究分担者	上田 真史  (Ueda Masashi)  (40381967)	岡山大学・医歯薬学域・教授    (15301)	

## 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
---------	---------