

令和 2 年 5 月 14 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05720

研究課題名(和文) 実用化へ向けた高解像度3Dカラー放射線イメージング技術の開拓

研究課題名(英文) Towards New Frontiers in High-resolution 3-D Color Radiology Imaging

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) 112,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではX線・ガンマ線の色情報を用いた革新的イメージング技術を創成し、医療から環境まで広く応用を試みた。まず、X線パルスの高速弁別が可能なフォトン・カウンティングCTシステムを構築し、超低線量下で多色CT撮影に成功した。ガンマ線では世界最小「手のひらサイズ」コンプトンカメラを開発し、生体マウスの3次元多色同時イメージング、さらに核医学治療ではヒト体内でRI治療薬の動態可視化に成功した。陽子線治療では、即発ガンマ線を用いた陽子線量の可視化技術および核反応断面積の新たな測定法を提案した。環境計測ではドローンを用いて上空から放射性物質の分布を迅速に可視化し、3次元線量マップの作成に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したPC-CTは超低線量下(従来CTの1/100)で撮影可能で、安全・安心な医療に貢献する。さらにCTを診断だけでなく、薬剤伝達や治療モニターの新たなツールとして昇華する新たな可能性を示すことができた。コンプトンカメラは、体内のRI動態や核反応を迅速に可視化でき、将来のテーラーメイド医療の先駆けとなる。安価な市販ドローンを用いた上空からの線量マッピングは、現在JAEAによる3次元線量計測にも発展応用されている。

研究成果の概要(英文)：We developed innovative imaging technologies for X-rays and gamma rays for wide applications to medicine and environmental survey. We constructed a PC-CT system that enables high-speed coloring of each X-ray photons. Multi-color imaging of multiple contrast and anticancer agents was successfully demonstrated under 1/100 dose of conventional CT scan. For gamma rays, we developed the world's smallest Compton camera that applied for a three-dimensional multicolor imaging of living mice. The camera was further applied to the nuclear medicine treatment to visualize drug delivery for four trial patients. In proton therapy, proton dose was directly imaged by using prompt gamma rays (4.4 MeV) and a novel method of measuring nuclear reactions was proposed. In environmental measurements, we used a commercial drone for rapid 3D visualization of radioactive substances ( $^{137}\text{Cs}$ ) from the sky. We finally developed a super-resolution technology to sharpen the obtained radiation images.

研究分野：放射線計測、医学物理学、高エネルギー宇宙物理学

キーワード：フォトン・カウンティングCT コンプトンカメラ MPPC 3D多色イメージング

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、リモートセンシングやVR(バーチャルリアリティ)はじめとする3次元イメージング技術が劇的に進化し、現代産業で不可欠な技術にまで成長しつつある。一方で、放射線イメージングは未だレントゲン撮影に代表される2次元モノクロ静止画が基本であり、画像は色(エネルギー)情報を持たない。医療診断の根幹をなすCTも同様で、強いX線透過光を用いることで撮影あたりの被ばく量は10mSv(年間自然被ばく量の5倍)に及ぶ。画像解析を駆使することで5割程度の線量低減を目指すなど様々なアプローチが試みられているが、病後の経過観察には多数回の撮影が要求され、根本的な撮影原理やCT装置の刷新が求められている。

(2) さらにエネルギーの高いガンマ線では、がんの早期診断にPET(陽電子断層撮影)が用いられる。PETはトレーサー( $^{18}\text{F}$ -FDGなど)が腫瘍へ集積する様子を対消滅ガンマ線(511keV)で可視化するが、画像はやはり単色であり、複数の分子トレーサーを同時に併用することができない。骨シンチグラフィ等で用いられるSPECT(単一光子断層撮影)はコリメータの使用により概ね300keV以下での使用に限られ、PETに比べて感度や解像度も劣る。より汎用的で感度の高い、新しいガンマ線可視化技術の開拓が臨床でも広く期待されている。

(3) 環境計測に目を向けると、2011年の福島第一原発の事故を契機に、除染作業の効率化を目的として様々な可視化装置が急ピッチで提案された。とくに、 $^{137}\text{Cs}$ から放出される662keVガンマ線はエネルギーが高く、従来用いられてきたピンホールカメラでは可視化が難しい。重厚なコリメータを要せず、ガンマ線の到来方向を素早く可視化する「コンプトンカメラ」の開発が大きな注目を集めることとなった(reviewとして[文献(1),(2)])。同技術は、医療分野に応用することが可能で、多くの恩恵が期待される。

### 2. 研究の目的

本研究では、放射線診断イメージングの常識である「2次元モノクロ画像」を脱却し、医療から環境計測に広く応用可能な「3次元カラー放射線イメージング」の基盤技術を確立する。高感度半導体光センサーMPPC(Multi-Pixel Photon Counter)とシンチレータを基盤とし、“オールジャパン”による独創的かつ革新的な技術開発を行う。医療・産業・環境分野への迅速なフィードバックと技術融合による横断展開を目指す。以下で詳細を述べる。

#### (1) 超高解像度X線ガンマ線イメージング技術の開拓

CT撮影において、個々のX線パルスを高速で弁別可能な「フォトン・カウンティングCT(以下、PC-CT)」を開発し、従来CTの1/100の超低線量でCT画像に色付けをする新たな技術を提案し実証する。サブミリ解像度を簡単に実現する汎用ガンマ線イメージング装置を開発する。

#### (2) 医療用3Dコンプトンカメラの開発

医療応用を目的とした高感度小型コンプトンカメラを製作し、複数薬剤から生ずるガンマ線を同時描出することで3次元多色イメージングに挑戦する。さらに、可能であればヒトを対象とした臨床試験や、即発ガンマ線を用いた新たな陽子線治療モニターの可能性を実証する。

#### (3) 環境放射線イメージング技術の開発

環境計測を目的とし、機動性が高く革新的なガンマ線イメージング技術を開拓する。たとえば汎用ドローンを用いた上空からの広域放射線量マップ取得や3次元計測、廃炉環境等の超高線量下で迅速に可視化できる新しいガンマ線カメラの開発を行う。

### 3. 研究の方法

本研究では、元素が固有にもつ蛍光(吸収)X線および核ガンマ線に着目し、これらのエネルギーを「色」として抽出しイメージングする。X線・ガンマ線特有の強い透過力と色を生かすことで、体の奥深くの「見えない」分布を可視化し、反応やダイナミクスを理解する。

(1) 従来CTはX線を吸収し可視光に変換するシンチレータと、その光を電流に変えるダイオードから構成される。通常、シンチレーション光は微弱なため、個々のX線パルスを分離できず、CT画像は色情報のない積算値で表現される。本研究では信号を100万倍に増幅する高速MPPCとセラミック・シンチレータにより、CT撮影の超高レート( $10^6\text{cps}/\text{mm}^2$ )でもパルスの弁別と色付けを可能とした。さらに、様々なシンチレータを0.1mmピッチで高精細に加工する技術を新たに確立し、高解像度のX線・ガンマ線イメージング素子を開発した。

(2) 申請者が考案した3次元シンチレータ(特許6145248, 5991519号)により、シンチレータ内でのガンマ線の反応位置を3次元かつ1mmの精度で知ることが可能である。本研究では同技術を応用し、300keV-2000keVの任意のエネルギーでガンマ線をイメージングできる「手のひらサイズ」コンプトンカメラを作成した。中間評価での指摘に従い、生体マウスの3次元多色撮影のみならず、ヒトへの臨床試験を実施した。同カメラを阪大病院に持ち込み、核医学治療におけるRI薬剤(塩化ラジウム)の動態撮影に世界で初めて成功した。

(3) 福島の7割は森林・里山で未だ除染の目処が立たない。本研究では軽量コンプトンカメラを市販で安価なドローンに搭載することで、迅速かつ正確に地上の広域放射線マッピングを試みた。さらに、EM-CCDとヘビーメタル製ピンホールの組み合わせにより、廃炉環境に匹敵する超高線量下(>10 Sv)でイメージング可能な革新的ガンマ線カメラを開発し、これを実証した。

### 4. 研究成果

#### (1) 超高解像度X線ガンマ線イメージング技術の開拓

①レントゲンやCTは強いX線照射を背景とした透過画像であるため、吸収量が同じ物質や元素は識別できない。もともと密度差が小さい人体ではI(ヨード)やGd(ガドリニウム)など造影剤による強調が行われるが、それ自体が腎臓に負担をかけ、妊婦や子供への度々のCT撮影は高線量からも躊躇される。本研究ではMPPC(1mm角)を64素子まで並べた1次元アレイ、新規開発の高速YGAGシンチレータ、さらにアナログ信号を高速に整形し波形弁別する64chアナログ集積回路を組み合わせたPC-CTシステムを開発し、様々なファントムを用いて性能評価実証を行った。X線吸収特性の違いを利用し、従来CTの1/100以下の超低線量でヨード(吸収端:33keV)、ガドリニウム(吸収端:50keV)の識別と定量化に成功した(図1: [文献(3)])。続いて、血流に取り込まれやすく優れた抗がん剤として注目される、金ナノ粒子(吸収端:80keV)のイメージングを試みた。CTを診断のみならず、抗がん剤の伝達や治療効果のモニターとして利用する新たな可能性を示した。海外に目を向けると、世界の3大医療メーカーでは30年にわたり半導体検出器(おもにCdZnTe)を基盤とした「直接型」PC-CTの実現を目指している。しかしながら、膨大なチャンネル数とデータ処理、開発コストの増大など、臨床と乖離した“負のスパイラル”に陥っている。本研究では現行CTと類似した「間接型」CTをベースに、低コストかつ簡単にPC-CTが実現できることを初めて実証した。国際学会等でもPC-CT技術の新たな突破口を与えるものとして、大きな期待を集めている(KEK測定器開発室・優秀修士論文賞[受賞])。

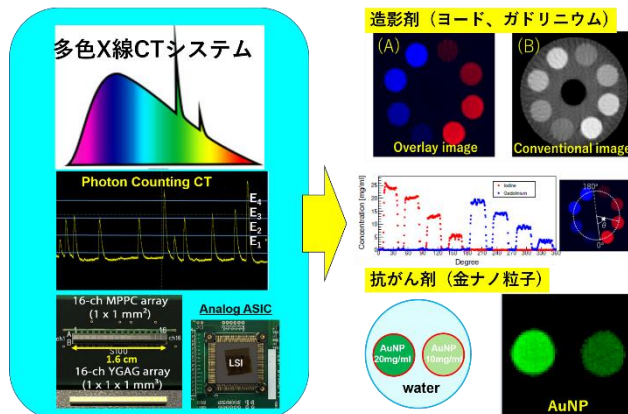


図1: 本研究で開発したPC-CTシステムと造影剤、抗がん剤の多色同定イメージングの例

② 現在、最も解像度に優れたX線イメージング装置はCsI(Tl)柱状薄膜シンチレータとCCD/CMOSからなる、フラットパネル検出器である。一方で、柱状構造はCsI(Tl)のみで可能であり、また薄膜のため100keV以上の硬X線・ガンマ線への感度が無い。非常に高コストで画像が色情報を持たない点も、広い普及を妨げる。本研究では汎用的かつ高解像度のイメージングを可能とする「高精細ダイシング・シンチレータ」の開発を行った。図2のように任意のシンチレータに0.1mmまでの極細加工をすることが可能で、100keV以上でも、フラットパネル検出器を凌駕する解像度と色情報を同時に実現することができた。同検出器はガンマ線に限らず、アルファ線やベータ線の高精細イメージングに活用され、さらに用途を広げている([文献(4)(5)])。

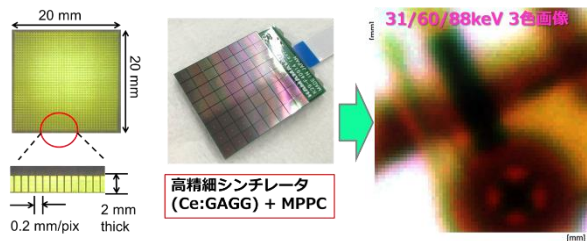


図2: マイクロダイシングによる高精細Ce:GAGGシンチレータとライター先端の3色カラーX線画像

## (2) 医療用3Dコンプトンカメラの開発

①本研究ではマウス等の小動物in vivo撮影を目的とし、高解像度コンプトンカメラの開発を行った。解像度は662keVガンマ線に対して $4.2^\circ$  (FWHM)を達成した。3次元シンチレータの採用により装置を究極まで小型化することができ、世界最小「手のひら」サイズの装置を実現した(図3: [文献(6)], リリース(1))。実験では生後8週間の生体マウスに放射性薬剤を投与し、ヨウ素( $^{131}\text{I}$ : 364 keV)は甲状腺に、ストロンチウム( $^{85}\text{Sr}$ : 514 keV)は骨に、また亜鉛( $^{65}\text{Zn}$ : 1116 keV)は肝臓を中心として肺や心臓、脾臓などに広く取り込まれる様子を解像度約3mmかつ2時間で明らかにした。さらにマルチアングル撮影により、世界で初めて一様かつ3次元のカラー画像を得ることに成功した。得られた画像の正当性を評価するため、実験直後にマウスの臓器や骨を摘出し、それぞれに集積した放射性核種の定量評価を行なった。結果はコンプトンカメラ画像と良い一致を示した。

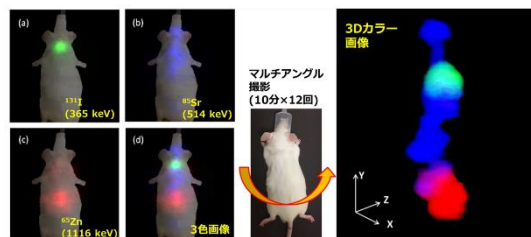
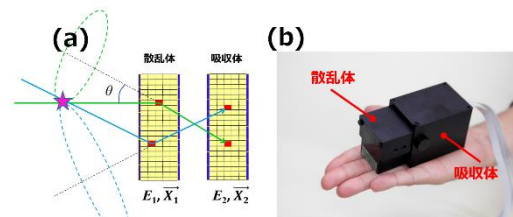


図3: 手のひらサイズコンプトンカメラによる生体マウスの3次元多色ガンマ線撮影

②2016年より、我が国でもアルファ線放出核種(塩化ラジウム $^{223}\text{Ra}$ )を用いた核医学治療が開始され、とくに前立腺がんの特効薬として注目されている。アルファ線は強い殺傷力でがん細胞

胞を選択的に破壊するが、抗がん剤と同じく薬剤動態をモニターできない。ところが、ラジウムはアルファ線と同時に様々な核ガンマ線(160keV, 270keV, 350keV)と蛍光X線(79keV)を放出するため、これらを「体の外から」迅速に可視化できると思い立った。本研究では実際に10×10cm<sup>2</sup>までの人体撮影用コンプトンカメラを開発し、大阪大学附属病院において治験患者4例の撮影を実施した。図4に示す通り、腹部全体に対しラジウムの集積をわずか10分で撮影することに成功した〔文献(7)〕。さらに、新規アルファ線薬剤として国内生産可能で臨床応用が期待される<sup>211</sup>At(アスタチン)についても撮影を行った。アスタチンは特性X線(79keV)に比べ核ガンマ線(570keV)の強度が1/1000程度と弱い。そのため、コンプトンカメラの散乱体を有孔とし、アクティブ・ピンホールとした「ハイブリッド・コンプトンカメラ」を発明しマウス実験を行った(図5)。数十keVからMeVにわたる広帯域X線ガンマ線を一度に撮影可能な新しい可視化ツールの開発に成功した(Omata et al. 2020, submitted)。

③先進医療の代表である陽子線治療では、その高い線量集中性から高精度のビーム照射が求められる。そこで、体内元素と陽子線が起こす核反応で生ずる様々な核ガンマ線の利用が提案されている。通常は時定数が長い陽電子放出核種に着目し、治療後にPET装置で照射を確認する。しかしながら、「事後の」対消滅ガンマ線(511keV)から「照射中の」陽子線量を推測することは容易でない。本研究では[A] 現行PET装置を想定した511keV核反応の精密測定 [B] 511keV以外の即発ガンマ線を用いた可視化装置の開拓、二つの独立な手法を考案した。[A]に関して、陽電子から生ずるチェレンコフ光を用いて核反応の起こりやすさを可視化することに成功し、正確な核反応断面積を導出した〔文献(8), (9), リリース(2)〕。[B]では、陽子線と炭素の核反応で生ずる4.4MeVガンマ線が陽子線量分布をほぼ追従することを実証し、その可視化に初めて成功した〔文献(10), リリース(3)〕。

### (3) 環境放射線イメージング技術の開発

①近年、高性能ドローンの技術革新と低価格化は目覚ましく、一般家庭でも遊具感覚で入手が容易となりつつある。一方で、市販ドローンで搭載可能なペイロードは最大でも数キログラム程度であり、また飛行時間も10分程度と限られる。そのため、ガンマ線カメラを飛行体に搭載する発想はあっても、それを実現する大型ドローンもしくは無人ヘリコプターの開発が大きな障壁となってきた。本研究では、環境計測用に開発した小型高感度コンプトンカメラ(大きさ1.9キログラム)とタブレットPCを市販ドローンに搭載し、上空10~20メートルから一気に地上100×100メートル四方の広域をガンマ線で撮影することに成功した(図6:〔文献(11)〕)。さらに、局所的なステレオ観測により、高度変化まで含めた3次元線量マップの作成を行った。これにより、市街地や民家、入城が難しい森林里山など局所的な放射線調査でも手軽に行えるようになった。今後は同一地点における定点観測や、降雨前後における放射性物質の動態調査などにも応用が期待される。

②これまで、環境計測用のガンマ線カメラは最大でも数mSv/h程度までの測定を対象とし、それ以

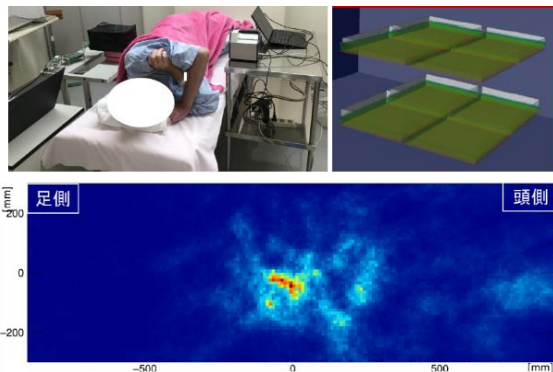


図4: 阪大病院における臨床試験。体内でのアルファ線治療薬(<sup>223</sup>Ra)の動態可視化に初めて成功

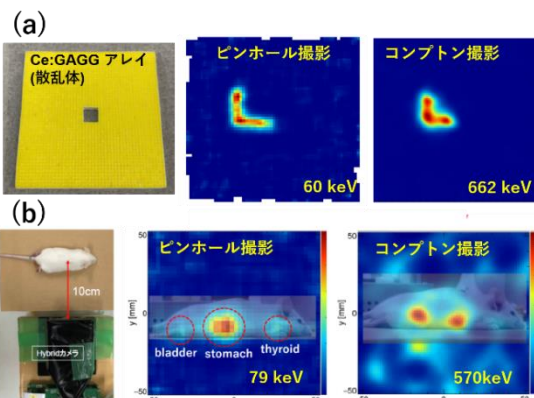


図5: 実証したハイブリッド・カメラと測定結果 (a) 60keV, 662keV のL字型ガンマ線源 (b) <sup>211</sup>At を1MBq 投与したマウスの撮影

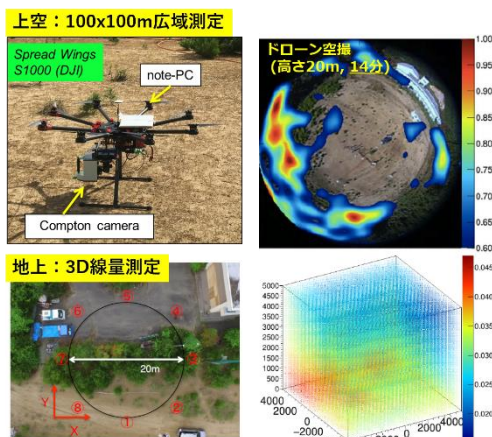


図6: 福島浪江におけるドローンを用いた広域線量マッピングと3次元ステレオ測定

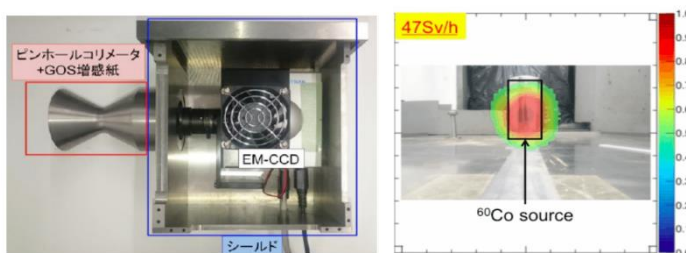


図6: (左)高線量用ピンホールカメラ (右)<sup>60</sup>Co 撮影画像の一例

上の高線量下では装置そのものが機能しない問題があった。一方で、廃炉などで要求される線量は3桁以上高く、最大で10Sv/hに達するとの報告がある。本研究ではGd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(GOS)増感紙をピンホールコリメータ焦点面に配置し、その発光をEM-CCDで積算撮影することで問題を解決した。すなわち、(1)におけるPC-CTの逆発想であり、「光子ごとの測定・色付け」をやめて、「積算画像」のみを撮影する方式を提案した。実験は東工大の<sup>60</sup>Co線源(1.17MeV, 1.33MeV)およびJAEA東海村において<sup>137</sup>Cs線源(662keV)を用いて行い、数mSv/hから数百Sv/hの広いレンジで解像度10°(FWHM)のイメージングに成功した(図7:[文献(12)])。

#### <引用文献>

- (1)片岡 淳, 「ガンマ線イメージングがつなぐ医療と宇宙; 超小型コンプトンカメラの挑戦」, 応用物理学会誌「応用物理」, (2019), 第88巻, 11月号, pp.730-734,
- (2)片岡淳, 武田伸一郎, 高橋忠幸 「放射性物質を可視化するコンプトンカメラ」, 日本光学会誌「光学」, 2016, 第45巻, pp289-299
- (3)Maruhashi, T.; Morita, H.; Arimoto, M.; Kataoka, J.; Fujieda, K.; Nitta, H.; Ikeda, H.; Kiji, H.; Evaluation of a novel photon-counting CT system using a 16-channel MPPC array for multicolor 3-D imaging, NIM-A, (2019), vol.936, pp.5-9
- (4)Yamamoto, S.; Kataoka, J.; Kamada, K.; Yoshikawa, A. An ultrahigh spatial resolution radiation-imaging detector using 0.1 mm × 0.1 mm pixelated GAGG plate combined with 1 mm channel size Si-PM array, NIM-A, (2019), vol.919, pp.125-133
- (5)Oshima, T.; Kataoka, J.; Kishimoto, A.; Fujita, T.; Kurei, Y.; Nishiyama, T.; Yamamoto, S.; Ogawa, K.; Development of a high-precision color gamma-ray image sensor based on TSV-MPPC and diced scintillator arrays, NIM-A, 2015, vol.803, pp.8-14
- (6)Kishimoto, A.; Kataoka, J.; Tagawa, L.; Mochizuki, S.; Ohsuka, S.; Nagao, Y.; Kurita, K.; Yamaguchi, M.; Kawachi, N.; Matsunaga, K.; Ikeda, H.; Shimosegawa, E.; Hatazawa, J.; First demonstration of multi-color 3-D in vivo imaging using ultra-compact Compton camera, Nature Scientific Reports, 2017, vol.7; 2110
- (7)Fujieda, K.; Kataoka, J.; Mochizuki, S.; Tagawa, L.; Sato, S.; Tanaka, R.; Matsunaga, K.; Kamiya, T.; Watabe, T.; Kato, H.; Shimosegawa, E.; Hatazawa, J.; First demonstration of portable Compton camera to visualize 223-Ra concentration for radionuclide therapy, NIM-A, 2020, vol.958, 162802
- (8)Masuda, T.; Nishio, T.; Kataoka, J.; Arimoto, M.; Sano, A.; Karasawa, K.; ML-EM algorithm for dose estimation using PET in proton therapy, Physics in Medicine and Biology, (2019), vol.64, 175011
- (9)Masuda, T.; Kataoka, J.; Arimoto, M.; Takabe, M.; Nishio, T.; Matsushita, K.; Miyake, T.; Yamamoto, S.; Inaniwa, T.; Toshito, T. Measurement of nuclear reaction cross sections by using Cherenkov radiation toward high-precision proton therapy, Nature Scientific Reports, 2018, vol.8, 2570
- (10)Koide, A.; Kataoka, J.; Masuda, T.; Mochizuki, S.; Taya, T.; Sueoka, K.; Tagawa, L.; Fujieda, K.; Maruhashi, T.; Kurihara, T.; Inaniwa, T. Precision imaging of 4.4 MeV gamma rays using a 3-D position sensitive Compton camera, Nature Scientific Reports, vol.8, No.8116
- (11)Mochizuki, S.; Kataoka, J.; Tagawa, L.; Iwamoto, Y.; Okochi, H.; Katsumi, N.; Kinno, S.; Arimoto, M.; Maruhashi, T.; Fujieda, K.; Kurihara, T.; Ohsuka, S. First demonstration of aerial gamma-ray imaging using drone for prompt radiation survey in Fukushima, Jinst, 2017, vol.12, P11014
- (12)Sueoka, K.; Kataoka, J.; Takabe, M.; Iwamoto, Y.; Arimoto, M.; Yoneyama, M.; Yoda, I.; Torii, T.; Sato, Y.; Kaburagi, M.; Terasaka, Y. Development of a new pinhole camera for imaging in high dose-rate Environments, NIM-A, (2018), vol.912, pp.115-118

#### <リリース>

- (1)2017年5月18日  
「世界最軽量「手のひらサイズ580g」医療用ガンマ線可視化カメラを開発」(早大・阪大、量研機構)
- (2)2018年2月7日  
「陽子線が体内で起こす核反応を光で可視化 陽子線治療の精度向上に大きく貢献」(早大・女子医大・量研機構)
- (3)2018年5月26日  
「世界初!4.4 MeV ガンマ線 の高精度イメージングに成功」 : 先端医療と宇宙をつなぐ、新しい 架け橋へ (早大・量研機構)

#### <受賞>

- (1)第8回測定器開発優秀修士論文賞(KEK測定器開発室/日本物理学会)  
「MPPCを用いた低被曝かつ三次元カラーX線CTシステムの開発」  
(早稲田大学片岡研究室:森田隼人)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計31件（うち査読付論文 31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 Sato, S.; Kataoka, J.; Kotoku, J.; Taki, M.; Oyama, A.; Tagawa, L.; Fujieda, K.; Nishi, F.; Toyoda, T	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 Inst. and Methods in Physics Research, 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 -
1. 著者名 Fujieda, K.; Kataoka, J.; Mochizuki, S.; Tagawa, L.; Sato, S.; Tanaka, R.; Matsunaga, K.; Kamiya, T.; Watabe, T.; Kato, H.; Shimosegawa, E.; Hatazawa, J.	4. 巻 958
2. 論文標題 First demonstration of portable Compton camera to visualize 223-Ra concentration for radionuclide therapy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 162802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2019.162802	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 Maruhashi, T.; Kiji, H.; Toyoda, T.; Kataoka, J.; Arimoto, M.; Kobayashi, S.; Kawashima, H.; Terazawa, S.; Shiota, S.; Ikeda, H.	4. 巻 958
2. 論文標題 Demonstration of multiple contrast agent imaging for the next generation color X-ray CT	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 162801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2019.162801	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 Fukuchi, T.; Yamamoto, S.; Kataoka, J.; Kamada, K.; Yoshikawa, A.; Watanabe, Y.; Enomoto, S.	4. 巻 47(2)
2. 論文標題 Beta-ray imaging system with $\gamma$ -ray coincidence for multiple-tracer imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Medical Physics	6. 最初と最後の頁 587-596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mp.13947	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 Hosokoshi,H.; Kataoka,J.; Mochizuki,S.; Yoneyama,M.; Ito,S.; Kiji,H.; Nishi,F.; Miyamoto,S.; Shima,T.,	4. 巻 9
2. 論文標題 Development and performance verification of a 3-D position-sensitive Compton camera for imaging MeV gamma rays	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 18551
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-54862-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 片岡 淳	4. 巻 88
2. 論文標題 ガンマ線イメージングがつかなく医療と宇宙; 超小型コンプトンカメラの挑戦	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 応用物理学会誌「応用物理」	6. 最初と最後の頁 730-734
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 Masuda,T.; Nishio,T.; Kataoka,J.; Arimoto,M.; Sano,A.; Karasawa,K.;	4. 巻 64
2. 論文標題 ML-EM algorithm for dose estimation using PET in proton therapy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics in Medicine and Biology	6. 最初と最後の頁 175011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/ab3276	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 Mochizuki,S.; Kataoka,J.; Koide,A.; Fujieda,K.; Maruhashi,T.; Kurihara,K.; Sueoka,K.; Tagawa,L.; Yoneyama,M.; Inaniwa,T.	4. 巻 936
2. 論文標題 High-precision Compton imaging of 4.4 MeV prompt gamma-ray toward an on-line monitor for proton therapy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 43-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.11.032	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 Maruhashi,T.; Morita,H.; Arimoto,M.; Kataoka,J; Fujieda,K.; Nitta,H.; Ikeda,H.; Kiji,H	4. 巻 936
2. 論文標題 Evaluation of a novel photon-counting CT system using a 16-channel MPPC array for multicolor 3-D imaging	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 5-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.11.018	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 Yamamoto,S.; Kataoka,J.; Kamada,K.; Yoshikawa,A	4. 巻 919
2. 論文標題 An ultrahigh spatial resolution radiation-imaging detector using 0.1 mm × 0.1 mm pixelated GAGG plate combined with 1 mm channel size Si-PM array	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 125-133
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2018.12.002	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 Koide,A.; Kataoka,J.; Masuda,T.; Mochizuki,S.; Taya,T.; Sueoka,K.; Tagawa,L.; Fujieda, K.; Maruhashi,T.; Kurihara, T.; Inaniwa,T	4. 巻 8
2. 論文標題 Precision imaging of 4.4 MeV gamma rays using a 3-D position sensitive Compton camera	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 8116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-26591-2	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 Yamamoto,S.; Kataoka,J.; Fukuchi,T.; Kamada,K.; Yoshikawa,A	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of ultrahigh resolution radiation imaging detector using 1 mm channel size Si-PM array combined with 0.2 mm × 0.2 mm pixelated GAGG plate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P05028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/13/05/P05028	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 Masuda,T.; Kataoka,J.; Arimoto,M.; Takabe,M.; Nishio,T.; Matsushita,K.; Miyake,T.; Yamamoto,S.; Inaniwa,T; Toshito,T.	4. 巻 8
2. 論文標題 Measurement of nuclear reaction cross sections by using Cherenkov radiation toward high-precision proton therapy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 2570
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-20906-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Arimoto,M.; Morita,H.; Fujieda,K; Maruhashi,T; Kataoka,J.; Nitta,H.; Ikeda,H.	4. 巻 912
2. 論文標題 Development of LSI for a new kind of photon-counting computed tomography using multipixel photon counters	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 186-190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2017.11.031	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 Sueoka,K.; Kataoka,J.; Takabe,M.; Iwamoto,Y.; Arimoto,M.; Yoneyama,M.; Yoda,I.; Torii,T; Sato,Y.; Kaburagi,M.; Terasaka,Y.	4. 巻 912
2. 論文標題 Development of a new pinhole camera for imaging in high dose rate Environments	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 115-118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2017.10.082	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 Koide,A.; Kataoka,J.; Taya,T.; Iwamoto,Y.; Sueoka,K.; Mochizuki,S.; Arimoto,M.; Inaniwa,T.	4. 巻 912
2. 論文標題 Spatially resolved measurement of wideband prompt gamma-ray emission toward on-line monitor for the future proton therapy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 24-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2017.10.020	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 Kataoka,J.; Kishimoto,A.;Taya,T.; Mochizuki,S.; Tagawa,L.; Koide,A.; Sueoka,K.; Morita,H.; Maruhashi,T.; Fujieda,K.; Kurihara,T.; Arimoto,M.; Okochi,H.; Katsumi,N.; Kinno,S.; Matsunaga,K.; Ikeda,H.; Shimosegawa,E.; Hatazawa,J.; Ohsuka,S.; Toshito,T.; Kimura,M.; Nagao,Y.; Yamaguchi,M.; Kurita,K.; Kawachi,N.	4. 巻 912
2. 論文標題 Ultracompact Compton camera for innovative gamma-ray imaging	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2017.09.048	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 Yoneyama,M.; Kataoka,J.; Arimoto,M; Masuda,T; Yoshino,M.; Kamada,K.; Yoshikawa,A.; Sato, H.; Usuki, Y.	4. 巻 13
2. 論文標題 Evaluation of GAGG:Ce scintillators for future space applications	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P02023
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/13/02/P02023	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 有元 誠; 片岡 淳	4. 巻 755
2. 論文標題 増幅型光センサーMPPCを用いた低被ばく・多色CTへの挑戦	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Isotope News	6. 最初と最後の頁 25-29
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 オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakanish,K.; Yamamoto,S.; Kataoka,J.	4. 巻 872
2. 論文標題 Performance comparison of finely pixelated LYSO- and GAGG-based Si-PM gamma cameras for high resolution SPECT	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 107-111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2017.08.013	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 Taya,T.; Kataoka,J.; Kishimoto,A.; Tagawa,L.; Mochizuki,S.; Toshito,T.; Kimura,M.; Nagao,Y.; Kurita,K.; Yamaguchi,M.; Kawachi,N.	4. 巻 12
2. 論文標題 Optimization and verification of image reconstruction for a Compton camera towards application as an on-line monitor for particle therapy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P07015
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/12/07/P07015	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 Kishimoto,A.; Kataoka,J.; Tagawa,L.; Mochizuki,S.; Ohsuka,S.; Nagao,Y.; Kurita,K.; Yamaguchi,M.; Kawachi,N.; Matsunaga,K.; Ikeda,H.; Shimosegawa,E.; Hatazawa,J.	4. 巻 7
2. 論文標題 First demonstration of multi-color 3-D in vivo imaging using ultra-compact Compton camera	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nature Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 2110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-017-02377-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 Morita,H.; Oshima,T.; Kataoka,J.; Arimoto,M.; Nitta,H.	4. 巻 857
2. 論文標題 Novel photon-counting low-dose computed tomography using a multi-pixel photon counter	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 58-65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2017.02.015	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 片岡淳, 武田伸一郎, 高橋忠幸	4. 巻 45
2. 論文標題 放射性物質を可視化するコンプトンカメラ	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 日本光学会誌「光学」	6. 最初と最後の頁 289-299
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 Kishimoto,A.; Kataoka,J.; Koide,A.; Sueoka,K.; Iwamoto,Y.; Taya,T.; Ohusuka,S.	4. 巻 854
2. 論文標題 Development of a compact scintillator-based high-resolution Compton camera for molecular imaging	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 656-659
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2016.06.056	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 Yamamoto,S.; Kataoka,J.; Oshima,T.; Ogata,Y.; Watabe,T.; Ikeda,H.; Kanai,Y.; Hatazawa,J.	4. 巻 821
2. 論文標題 Development of a high resolution gamma camera system using finely grooved GAGG scintillator	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 28-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2016.03.060	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 Takabe,M.; Kishimoto,A.; Kataoka,J.; Sakuragi,S.; Yamasaki,Y.	4. 巻 未定
2. 論文標題 Performance evaluation of newly developed Sr12(Eu) scintillator	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2016.04.043	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 Taya,T.; Kataoka,J.; Kishimoto,A.; Iwamoto,Y.; Koide,A.; Nishio,T.; Kabuki,S.; Inaniwa,T.	4. 巻 未定
2. 論文標題 First demonstration of real-time gamma imaging by using a handheld Compton camera for particle therapy	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 未定
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2016.04.028	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 Kishimoto,A.; Kataoka,J.; Nishiyama,T.; Taya,T.;Kabuki,S.	4. 巻 10
2. 論文標題 Demonstration of three-dimensional imaging based on handheld Compton camera	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 P11001-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/10/11/P11001	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 Oshima,T.; Kataoka,J.; Kishimoto,A.; Fujita,T.; Kurei,Y.; Nishiyama,T.; Yamamoto,S.; Ogawa,K.	4. 巻 803
2. 論文標題 Development of a high-precision color gamma-ray image sensor based on TSV-MPPC and diced scintillator arrays	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 8-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2015.08.068	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 Kataoka,J.; Kishimoto,A.; Fujita,T.; Nishiyama,T.; Kurei,Y.; Tsujikawa,T.; Oshima,T.; Taya,T.; Iwamoto,Y.; Ogata,H.; Okochi,H.; Ohsuka,S.; Ikeda,H.; Yamamoto,S.	4. 巻 784
2. 論文標題 Recent progress of MPPC-based scintillation detectors in high precision X-ray and gamma-ray imaging	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A	6. 最初と最後の頁 248-254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2014.11.004	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68件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 32件)

1. 発表者名 佐藤 将吾 et al.
2. 発表標題 4 種類の機械学習技術を用いたコンプトンカメラ画像解析
3. 学会等名 第67回応用物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 豊田 貴也 et al.
2. 発表標題 次世代型カラーX線CTにおける新64チャンネルシステムの性能実証
3. 学会等名 第67回応用物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤枝 和也 et al.
2. 発表標題 核医学治療に向けた大面積コンプトンカメラの開発と実証
3. 学会等名 第67回応用物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小俣 陽久 et al.
2. 発表標題 革新的X線ガンマ線カメラによる広帯域イメージングの提案と実証
3. 学会等名 第67回応用物理学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kataoka, J.
2. 発表標題 Spectral Photon Counting CT (SPCCT) as a new diagnostic tool for medical innovation
3. 学会等名 Tsukuba Conference 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiji, H. et al.
2. 発表標題 64-ch photom-counting CT using a new MPPC-CT system
3. 学会等名 HSTD 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kurihara, T. et al.
2. 発表標題 First precision spectroscopy of Cesium-137 from the ground to 150m above in Fukushima
3. 学会等名 HSTD 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato, S. et al.
2. 発表標題 A simple identification of multiple-hit events to improve the image quality of fine-pixel scintillation detector
3. 学会等名 HSTD 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sato S. et al.
2. 発表標題 irst application of super-resolution imaging technique using a Compton camera
3. 学会等名 HSTD 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Hosokoshi, H. et al.
2 . 発表標題 Development and performance verification of a novel Compton camera for imaging MeV gamma rays
3 . 学会等名 IEEE NSS/MIC 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Sato, S. et al.
2 . 発表標題 A simple identification of multiple-hit events to improve the image quality of fine-pixel scintillation detector
3 . 学会等名 IEEE NSS/MIC 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Fujieda, K. et al.
2 . 発表標題 First demonstration of portable Compton camera to visualize $^{223}\text{Ra}$ concentration for radionuclide therapy
3 . 学会等名 IEEE NSS/MIC 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kurihara, T. et al.
2 . 発表標題 Demonstration of 3D-imaging of $^{137}\text{Cs}$ using Compton camera aboard drone in Fukushima
3 . 学会等名 IEEE NSS/MIC 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年



1. 発表者名 Kurihara, T. et al.
2. 発表標題 First precision spectroscopy of cesium-137 from the ground to 150m above in Fukushima
3. 学会等名 IEEE NSS/MIC 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiji, H. et al.
2. 発表標題 Demonstration of material identification and simultaneous imaging of multiple contrast agents using a novel photon counting CT
3. 学会等名 IEEE NSS/MIC 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 丸橋 拓也 et al.
2. 発表標題 次世代型カラーX線CTシステムによるK吸収端イメージングの性能評価
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Maruhashi, T. et al.
2. 発表標題 Demonstrative imaging of multiple contrast agents for next generation color X-ray CT
3. 学会等名 Vienna Conference on Instrumentation 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujieda, K. et al.
2. 発表標題 First demonstration of portable Compton camera to visualize <sup>223</sup> Ra concentration for radionuclide therapy
3. 学会等名 Vienna Conference on Instrumentation 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木地 浩章 et al.
2. 発表標題 次世代カラーX線CTに向けた複数造影剤イメージングの実証
3. 学会等名 第66回応用物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 和也 et al.
2. 発表標題 RI内用療法に向けたコンプトンカメラによる <sup>223</sup> -Raイメージングの実証
3. 学会等名 第66回応用物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中 稜 et al.
2. 発表標題 RI内用療法に向けた大面積コンプトンカメラの最適化検証
3. 学会等名 第66回応用物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 栗原 拓也 et al.
2. 発表標題 福島県浪江におけるガンマ線スペクトルの高度変化測定
3. 学会等名 第66回応用物理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fujieda,K. et al.
2. 発表標題 First demonstration of portable Compton camera to visualize 223-Ra concentration for radionuclide therapy,
3. 学会等名 5th international workshop on New Photon Detectors 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Maruhashi,T. et al.
2. 発表標題 Demonstrative imaging of multiple contrast agents for next generation color X-ray CT
3. 学会等名 5th international workshop on New Photon Detectors 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kurihara,T. et al.
2. 発表標題 First precision spectroscopy of cesium-137 from the ground to 150m above in Fukushima
3. 学会等名 5th international workshop on New Photon Detectors 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Mochizuki,S. et al.
2 . 発表標題 High-precision Compton imaging of 4.4MeV prompt gamma-ray toward on-line monitor for proton therapy
3 . 学会等名 IEEE MIC/NSS 2018 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kataoka,J. et al.
2 . 発表標題 Precision imaging of 4.4MeV gamma rays using 3-D position sensitive Compton camera
3 . 学会等名 SORMA XVII ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Mochizuki,S. et al.
2 . 発表標題 Development of high-resolution Compton camera for prompt gamma-ray imaging during proton therapy
3 . 学会等名 14th PISA meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Maruhashi,T. et al.
2 . 発表標題 Evaluation of a novel photon-counting CT system using 16-ch MPPC array for multicolor 3D imaging
3 . 学会等名 14th PISA meeting ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 片岡 淳
2. 発表標題 核医学や高精度陽子線治療にむけたイメージング装置の開発
3. 学会等名 アイソトープ協会・放射線基礎セミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片岡 淳
2. 発表標題 宇宙から医療まで：放射線イメージングの最前線
3. 学会等名 第65回 応用物理学会・春季学術講演会（特別シンポジウム）（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 望月 早駆 et al.
2. 発表標題 陽子線治療オンラインモニタに向けた即発ガンマ線イメージングの実証
3. 学会等名 第65回 応用物理学会・春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 丸橋 拓也 et al.
2. 発表標題 マルチチャンネルMPPCを用いた低ひばくかつ多色X線CTの構築と評価
3. 学会等名 第65回 応用物理学会・春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片岡 淳
2. 発表標題 「手のひらサイズ」コンプトンカメラを用いた 3D in vivoイメージングへの挑戦
3. 学会等名 第13回小動物インピボイメージング研究会, 日本核医学会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takabe, M. et al.
2. 発表標題 Development of simple proton CT system with novel correction methods of proton scattering
3. 学会等名 11th International "Hiroshima" Symposium on the Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors (HSTD11) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morita, H. et al.
2. 発表標題 Novel photon-counting low-dose computed tomography using a multi-pixel photon counter
3. 学会等名 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Arimoto, M. et al.
2. 発表標題 Design and Development of LSI for new photon-counting CT with multi-pixel photon counters
3. 学会等名 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Masuda,T. et al.
2 . 発表標題 A novel method of measuring nuclear reaction cross sections by using Cherenkov light toward high-precision proton therapy
3 . 学会等名 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Takabe,M. et al.
2 . 発表標題 Development of simple proton CT system with novel MCS correction methods
3 . 学会等名 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Kataoka,J. et al.
2 . 発表標題 Ultracompact Compton camera for innovative gamma-ray imaging
3 . 学会等名 New Developments in Photodetection (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Koide,A. et al.
2 . 発表標題 Spatially resolved measurement of wideband prompt gamma-ray emission toward on-line monitor for the future proton therapy
3 . 学会等名 New Developments in Photodetection (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Sueoka, K. et al.
2. 発表標題 Development of a new pinhole camera for imaging in high dose-rate Environments
3. 学会等名 New Developments in Photodetection (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morita, H. et al.
2. 発表標題 Novel photon-counting low-dose computed tomography using a multi-pixel photon counter
3. 学会等名 New Developments in Photodetection (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Arimoto, M. et al.
2. 発表標題 Development of LSI for a new kind of photon-counting computed tomography using multipixel photon counters
3. 学会等名 New Developments in Photodetection (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masuda, T. et al.,
2. 発表標題 Time-resolved analysis of Cherenkov light from positron emitter as a new probe to high-precision measurement of nuclear reaction cross section
3. 学会等名 第113回医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Oshima, T. et al.,
2. 発表標題 Novel photon-counting low-dose computed tomography using a multi-pixel photon counter (2)
3. 学会等名 第113回医学物理学会学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jun Kataoka
2. 発表標題 MPPC-based scintillation detectors for innovative X-ray and gamma-ray imaging
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Oshima, T. et al
2. 発表標題 Novel photon-counting low-dose computed tomography using a multi-pixel photon counter
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoneyama, M. et al.,
2. 発表標題 Evaluation of Ce:GAGG scintillator for future use in space environment
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Arimoto, M. et al.,
2. 発表標題 Novel photon-counting low-dose computed tomography using a multi-pixel photon counter
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Iwamoto, Y. et al.,
2. 発表標題 Proposal and demonstration of short time and wide area gamma ray imaging using drone
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takabe, M. et al.,
2. 発表標題 Development of proton CT system towards a high precision proton therapy
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sueoka, K. et al.,
2. 発表標題 Development of a new pinhole camera for imaging in high dose rate environment
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kishimoto,A. et al.,
2. 発表標題 3-D small animal imaging based on the medical Compton camera
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T.Taya, et al.,
2. 発表標題 Optimization and verification of image reconstruction of a Compton camera toward on-line monitor forr the future particle therapy
3. 学会等名 第64回応用物理学会春季講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kishimoto,A . et al.,
2. 発表標題 Demonstration of Multi - Color 3D imaging of Gamma Rays Based on Ultra - Compact Compton Camera
3. 学会等名 IEEE Medical Imaging Conference ( 国際学会 )
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takabe,M. et al.,
2. 発表標題 Development of proton CT system towards a high precision proton therapy
3. 学会等名 第113回医学物理学会学術大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Jun Kataoka
2. 発表標題 Si-PM-based scintillation detectors for next generation radiology imaging
3. 学会等名 EMN meeting on photodetectors 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小出絢子 et al.
2. 発表標題 Evaluation of 1D-profile of wideband prompt gamma-ray emission and optimization toward on-line monitor for the future proton therapy
3. 学会等名 日本医学物理学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 森田隼人 et al.
2. 発表標題 A novel photon counting CT operating at low dose using Multi-pixel photon counter
3. 学会等名 日本医学物理学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 増田孝充 et al.
2. 発表標題 高精度陽子線治療に向けた 陽電子放出核種生成断面積の決定
3. 学会等名 応用物理学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岸本彩 et al.
2. 発表標題 分子イメージング応用に向けた 高解像度型コンプトカメラの開発
3. 学会等名 応用物理学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 辻川貴之 et al.
2. 発表標題 MPPCを用いた高精度時間計測法の開発とToF-PETへの応用
3. 学会等名 応用物理学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kishimoto,A. et al.
2. 発表標題 Development of a compact scintillator-based high-resolution Compton camera for molecular imaging
3. 学会等名 14th Vienna Conference on Instrumentation
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Oshima,T. et al.
2. 発表標題 Development of a high-precision color gamma-ray image sensor based on TSV-MPPC and diced scintillator arrays
3. 学会等名 IEEE medical imaging conference
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takabe, M. et al.
2. 発表標題 Performance evaluation of newly developed Sr12(Eu) scintillator
3. 学会等名 10th International Hiroshima Symposium
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Taya, T. et al.
2. 発表標題 First demonstration of real-time gamma imaging by using a handheld Compton camera for particle therapy
3. 学会等名 10th International Hiroshima Symposium
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 多屋隆紀 ほか
2. 発表標題 Verification of real-time gamma imaging by using a handheld Compton camera for particle therapy
3. 学会等名 日本医学物理学会
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 J.Kataoka	4. 発行年 2015年
2. 出版社 ResearchSEA	5. 総ページ数 67 (うち解説1ページ)
3. 書名 Asia Research News 2015	

〔産業財産権〕

〔その他〕

(1) 【受賞】  
 第8回測定器開発優秀修士論文賞 (KEK測定器開発室/日本物理学会)  
 「MPPCを用いた低被曝かつ三次元カラー X線CTシステムの開発」<http://rd.kek.jp/ronbun/award2018.html>

(2) 【プレスリリース】  
 2019年12月9日  
 「超小型MeVガンマ線カメラの開発に成功」；50kg級の小型衛星で宇宙物理“最後の窓”開拓へ（早大・兵庫県立大、大阪大学）  
<https://www.waseda.jp/top/news/67607>  
 2018年5月26日  
 「世界初！4.4 MeVガンマ線の高精度イメージングに成功」：先端医療と宇宙をつなぐ、新しい架け橋へ（早大・量研機構）  
<https://www.waseda.jp/top/news/59259>  
 2018年2月7日  
 「陽子線が体内で起こす核反応を光で可視化 陽子線治療の精度向上に大きく貢献」（早大・女子医大・量研機構）<https://www.waseda.jp/top/news/57078>  
 2017年5月18日  
 「世界最軽量「手のひらサイズ580g」医療用ガンマ線可視化カメラを開発」（早大・阪大、量研機構）<https://www.waseda.jp/top/news/51161>  
 他2件

(3) 【メディア掲載】  
 2018年3月1日(木)：BSジャパン7ch：木曜夜 8:55～ TV放送  
 「科学ミチル 世界は未知で満ちている」見えない光で未知を観る！BS Japan [http://www.bs-j.co.jp/official/kagaku\\_michiru/](http://www.bs-j.co.jp/official/kagaku_michiru/)  
 2017年5月29日  
 「早大など、ガンマ線を3D画像に 手のひら大のカメラ」日本経済新聞(全国版) [https://www.nikkei.com/article/DGXLASGG25H55\\_X20C17A5TJM000/](https://www.nikkei.com/article/DGXLASGG25H55_X20C17A5TJM000/)  
 他9件

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	松永 恵子  (Matsunaga Keiko)  (80727454)	大阪大学・医学系研究科・寄附講座助教   (14401)	
研究分担者	畑澤 順  (Hatazawa Jun)  (70198745)	大阪大学・医学系研究科・教授   (14401)	