

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04492

研究課題名（和文）高感度線コンプトンカメラ技術の医療現場への実践的展開

研究課題名（英文）Medical Applications of Highly Sensitive Gamma-Ray Compton Camera Technology

研究代表者

村石 浩（Hiroshi, Muraishi）

北里大学・医療衛生学部・教授

研究者番号：00365181

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、医療現場における100keV～数MeV線を放出する低線量放射線源を遠隔から高感度で撮影可能なコンプトンカメラ技術の開発を遂行した。まず、検出器を回転させながらダイナミックデータ収集を行うことで、少ないカウンター数でもゴーストがない線画像を高感度で取得可能であることを初めて提案・実証した。また、線カウンターにCaF₂(Eu)を採用することで、これまで困難と考えられてきた200keV以下の高感度撮影が可能であることを実証した。更に、放射性薬剤を合成中にホットセルから漏れ出した低線量の¹¹C¹⁸O₂を我々が提案するコンプトンカメラ技術により可視化できることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、空間線量がバックグラウンドレベルの環境下においても高画質で撮影可能な線可視化装置が実現し、実際の核医学施設において環境ガンマ線の可視化モニタリングが可能であることが十分に示された。近年、職業被ばくへの関心が国内外において非常に高まっていることも踏まえ、我々が提案する手法は、今後、低線量ガンマ線源の可視化を短時間で効率よく行うことが可能なこれまでにない環境放射線可視化装置として、保健物理・応用物理学の分野で実際に使用されることが大いに期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we conducted the development of a high-sensitivity Compton camera capable of visualizing radiation sources emitting gamma rays ranging from 100 keV to several MeV in the medical field. First, we proposed and demonstrated for the first time that it is possible to easily obtain ghost-free gamma-ray images with high sensitivity by implementing dynamic data acquisition while rotating the detector. Additionally, we successfully demonstrated the feasibility of imaging below 200 keV, which was previously considered challenging, by utilizing CaF₂(Eu) in the gamma-ray counter. Furthermore, we successfully visualized the leaked ¹¹C¹⁸O₂ from the hot cell using the Compton camera technology that we propose.

研究分野：放射線科学

キーワード：コンプトンカメラ 放射線計測 放射線防護 画像情報工学

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

放射性同位元素 (Radioisotope) を利用する核医学施設等の放射線管理区域においては、非密封線源を使用した医薬品や線源を管理しているが、医薬品を投与された患者からの排泄や破損などでの汚染や漏洩による職業被ばくのリスクが懸念されている。また、放射線治療施設や加速器施設においては、放射化物質が生成・蓄積され続けており、これらも職業被ばくの大きな要因のひとつとなっている。現在、汚染等を把握する手段はいずれも空間線量を測定するものであり、検出器部分でバックグラウンドレベルとなるような汚染 ($0.05 \mu\text{Sv/h}$ 程度) を検出することは困難となっている。一方、従来のエリアモニターは設置場所の線量の定点測定のみを行い、汚染箇所を特定することは出来ない。そのため汚染等が確認された場合には、サーベイメータ等の検出器を用い、人力でその場所を捜索する必要がある。これらの問題を解決するために、設置場所の空間線量がバックグラウンドレベルとなる場合でも線源を可視化することができる線可視化装置の実現は急務である。遠隔から線可視化する主な技術として、コンプトンカメラ法が挙げられる。コンプトンカメラ法による線可視化装置の開発は、2011年に発生した福島原発事故をきっかけに主に国内において盛んに検討が行われてきた¹⁻⁵⁾。しかし、これらは空間線量が $10 \mu\text{Sv/h}$ 以上の高線量向けとなっており、検出器位置での空間線量がバックグラウンドレベルでも使用可能な低線量向け線イメージング装置の開発はほとんど進んでいなかった。

このような背景の中、本申請者らのチームは、2015-18年度科研費基盤(B) (代表: 村石 浩) の支援のもとで、「高感度の実現」を前提とした技術開発を推進し、空間線量がバックグラウンドレベルでも使用可能な低線量向け高感度線コンプトンカメラの開発に取り組んできた⁶⁻⁷⁾。ここでは2層のシンチレータからなる検出器を使用し、2つのカウンターによる同時計数イベントごとに導出されたコンプトン散乱角を頂角とするコーンを投影面に逆投影することで線画像を取得する。特に、我々はコンピュータ断層撮影 (computed tomography: CT) の画像再構成法として知られているフィルタ補正逆投影法 (filtered back projection: FBP) をコンプトン画像再構成に応用する方法を同時に提案することで、高感度線オールスカイ型コンプトンカメラの開発に世界に先駆けて成功し⁸⁾、医療現場への応用のためのブレークスルーを見出したところであった。

2. 研究の目的

本申請では、 100keV ~ 数 MeV の広いエネルギー領域に渡る線を放出する低線量放射線源を遠隔から高感度で撮影可能なコンプトンカメラ技術開発を独自に遂行し、医療現場における以下の3つのエネルギー領域ごとの重要な研究課題の解決に挑むことを目的とした。まず、従来の 511keV 線の高感度イメージング技術を更に深化させることで、PET 薬剤 (^{18}F , ^{11}C) による院内汚染のモニタリングの実現をめざすと同時に、がん治療評価判定を背景とした核医学分野における新しい医療評価指標の開発を目指した。次に、低エネルギー線 ($100 \sim 250\text{keV}$) 向けの高感度イメージング技術を新たに構築し、これまで困難とされてきた核医学診断で頻繁に使用される放射性医薬品 ($^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{123}I , ^{131}I , ^{111}In など) による放射能汚染箇所の可視化に挑んだ。更に、 $>1\text{MeV}$ の線の高感度イメージング技術を新たに開拓することで、放射線治療室における低線量放射化物質の可視化、及び被写体内における治療ビームのオンライン可視化を目指した。

3. 研究の方法

本申請課題では、先に我々が開発した「高感度線コンプトンカメラ (ガンマアイ)⁶⁻⁸⁾」で使用したハードウェア、及びソフトウェアの各コンポーネント技術を最大限に利用することで、主に以下に示す3つのエネルギー領域ごとに更なる技術開発をそれぞれ遂行し、医療現場への応用の可能性についてそれぞれ検討を遂行した。

511keV 線イメージング技術: 先に開発を行ったオールスカイ型コンプトンカメラ⁸⁾の大幅な改良を遂行した。具体的には、従来から使用してきたプリアンプと電源一式をボード化し、結晶シンチレータの読み取りに使用していた光電子増倍管を小型のメタルパッケージ型に置き換えることで、リチウムバッテリーで動作可能な小型で可搬性に優れた検出器を実現した。加えて、コンプトンカメラの再構成画像に出現するゴーストを大幅に低減することを目的として、データ収集時に検出器部分を自動回転ステージで回転させることで、見かけ上の検出器配置パターンを増加させることによるゴーストの低減を実現した⁹⁾。ここでは、オンライン PC 上で、「データ収集プログラム」とは独立に「回転ステージ制御プログラム」を同時に走らせ、現在の回転角情報を共有メモリに格納・共有することで、収集イベントごとに回転角の情報を同時に保存可能とした。更に、2カウンター同時計数のトリガーロジックを、これまでの「2層トリガー (線カウンターを第1層と第2層に分け、それぞれの層で1hitが同時に起きた時のみデータ収集)」から「Any 2 hit トリガー (任意の2つのカウンターが同時に hit した時にデータ収集)」に変更することで、hit パターンの増加による感度向上を実現した。

100 ~ 250keV 線イメージング技術: 上述の技術を共有・継承すると同時に、従来の 3.5cm 角 CsI (TI) に代わり $\text{CaF}_2(\text{Eu})$ ($2.5\text{cm} \times 2.5\text{cm}$) 結晶を4つ用いたコンプトンカメラ (テトラタイプ) の製作を遂行し、実際の核医学施設において放射性医薬品の可視化撮影試験を遂行した。

1MeV 以上の高エネルギー線イメージング技術: Geant4 による大規模モンテカルロシミュレーションによる調査研究を実施した。

4. 研究成果

(1) ダイナミックデータ収集による 線画像の高精度化の実証 [Muraishi et al., JJAP(2020)] : 6 カウンター型コンプトンカメラを自動回転ステージに搭載し回転させながら測定可能なシステムを構築し、更に、断層撮像装置で用いられているフィルタ補正逆投影法に基づく解析的画像再構成手法を応用することで、シフトインバリエントな全方向 線イメージングが可能であることを実証した。実験で得られた 511keV 全方向 線画像の例を図 1 に示す (視野中心 (水平・垂直 0 度方向) に ^{22}Na 密封線源を配置、線源-検出器間距離 1m)。まず、従来法 (図 1(a) : 単純逆投影、検出器回転なし) では、視野中心に広がった 線ピークが現れるものの、線源以外に多数のゴーストが出現し、更にバックグラウンド領域がかさ上げされたゼロレベルでない画像が形成されるのが見て取れる。ここで、先の提案手法を適用すると (図 1(b) : フィルタ補正逆投影法、検出器回転なし) 視野中心のピークがシャープになると同時にバックグラウンド領域をゼロレベルにおさえた画像の取得が可能となる。しかしながら、ゴーストが残存してしまい画質の向上が困難であった。そこで、今回、検出器回転によるダイナミックデータ収集を更に適用したところ (図 1(c) : フィルタ投影逆投影法、検出器回転あり) たった 6 本の 線カウンターしか使用していないにもかかわらず、線源の鮮鋭化を維持しつつ、バックグラウンド領域においてゴーストがなくフラットなゼロレベルに抑えた画像の取得が可能であることを初めて実証することに成功した。この結果は、線源が視野内のあらゆる位置にある場合においても同様の傾向を示し (図 2 (左))、更に、2 つの線源がある場合においても独立な線源の重ね合わせとして画像が取得可能 (図 2 (右)) であることが確認された。すなわち、今回の提案手法は、コンプトンカメラ法においてこれまで困難とされてきたシフト不変な 線画像の取得が容易に可能 (言い換えると、シフト不変な線形システムの実現が可能) であることを意味している。

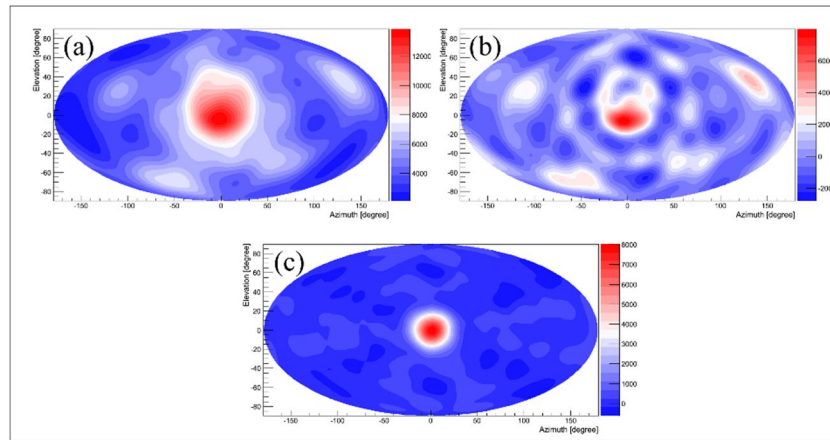


図 1 511keV 全方向 線画像の実測例 (視野中心に ^{22}Na 密封線源 (放射能 : 1.6MBq、511keV 線放出) 検出器-線源間距離 1m、エイトフ図法で表示 (左右が水平方向、上下が垂直方向を表す)) [Muraishi et al., JJAP(2020)の Fig.2 より抜粋]。 (a)単純逆投影、回転なし (従来法)。(b)フィルタ逆投影法、回転なし (先の提案手法 Watanabe et al., JJAP, 2018)。(c)フィルタ逆投影法、回転あり (本研究による提案手法)。

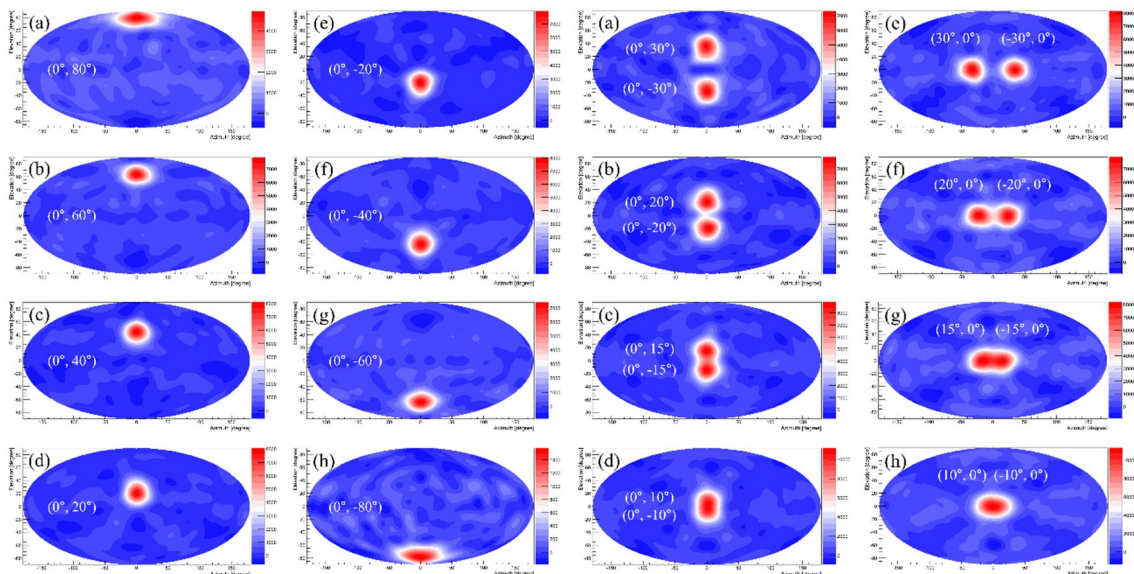


図 2 線源がさまざまな方向にある場合の実測例 (^{22}Na 密封線源、検出器-線源間距離 1m、画像フィルタあり、回転あり) [Muraishi et al., JJAP(2020)の Fig.3,5 より抜粋]。左側 (a)-(h) : 線源を 1 つ配置した場合。右側 (a)-(h) : 線源を異なる方向に 2 つ配置した場合。

(2)低エネルギー 線(100-250keV)の撮影が可能な高感度コンプトンカメラの検討[Katagiri et al., NIM-A(2021)]:我々が提案する全方向 線コンプトンカメラ技術において、CaF₂(Eu)結晶をカウンターに採用することで、低エネルギー 線放射放射性医薬品 (^{99m}Tc (141keV)、¹¹¹In(171,245keV))による汚染箇所の可視化が可能であることを実証した。図3は、CaF₂(Eu) (2.5cm x 2.5cm)結晶 + PMT からなるカウンターを4本用いたテトラ型コンプトンカメラを用いて、核医学施設内で撮影された^{99m}Tcからの141keV 線イメージ(赤)を全方向光学写真と重ねた結果である。これより、室内の遠隔にある^{99m}Tc線源の位置をわずか15秒で特定可能であることが示された。

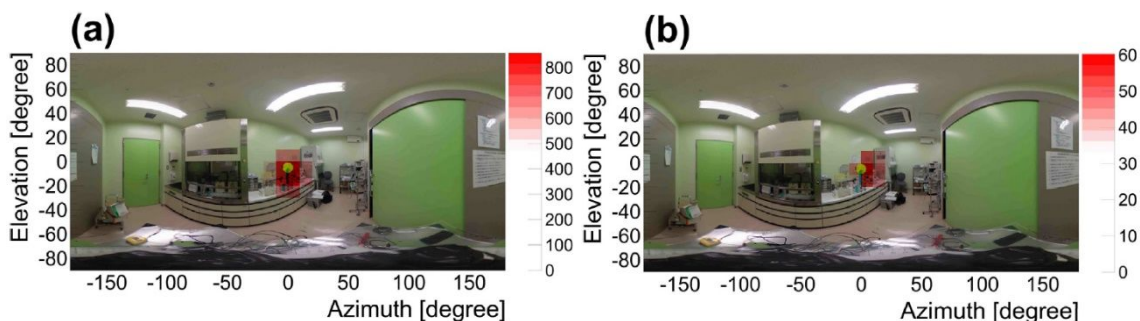


図3 核医学施設内での^{99m}Tcの測定結果(赤:141keV 線画像、カラー:全方向光学写真、放射能50MBq、線源-検出器間距離1.5m、測定時間(a)5分,(b)15秒)[Katagiri et al., NIM-A(2020)のFig.14より抜粋]。

(3)回転型コンプトンカメラの可搬型化[Ishikawa et al., IEEE NSS-MIC (2022)]:上述(1)で開発に成功した回転機能付き高感度コンプトンカメラを実際の医療現場で利用可能とするため、検出器の可搬型化を遂行した。エレクトロニクスの小型化・軽量化とリチウムバッテリーによる検出器駆動(10時間)を実現し、検出器の総重量を5kgに抑え、市販のカメラ用三脚に固定して動作可能とした。検出器回転モードを、従来の片道運転(0度~360度まで離散的に動作)から、往復運転(0度~360度を等速回転運動で動作、往復2分で繰り返し動作)に変更することにより、測定終了時間を任意に設定可能とした。検出器回転を考慮した再構成画像をオンラインPC上でリアルタイムで表示可能とした。

(4)放射性ガスの拡散の検知[石川 他、放射線(2022)]:上述(3)で開発した検出器を、国立がん研究センター東病院核医学施設内のPET薬剤調製を行うホットラボ室に設置して測定を行った結果、¹¹C薬剤合成中にホットセルからの漏洩線の可視化に加え、放射性ガスの拡散をイメージングにて検知することに成功した。図4(左)は、新しい合成装置を設置した初期において、ホットセル前で測定した線画像(赤)である。これを見ると、全面にあるクリーンルーム内の上方に広がった分布が見られ、¹¹CO₂が合成装置からクリーンルーム内にごく微量に漏れ出した可能性を示唆する結果となった。一方で、検出器付近での空間線量は、最大で0.26μSv/h程度と十分に低いレベルであった。この結果を受け、合成装置におけるガスの封じ込めを行うプロセスの見直しが行われた。改良後に同様の合成試験を行い、コンプトンカメラも同様の場所に配置して測定を行った。その結果、図4(右)に示すとおり、合成装置が設置されているホットセルの方向を中心に点源として分布のみが見られ、少なくともクリーンルーム内への¹¹CO₂の漏れ出しが改善されたことがわかる。以上より、¹¹CO₂のクリーンルームへの流出をイメージング技術により示すことができ、実際の核医学施設における環境線可視化の有用性を実証した。

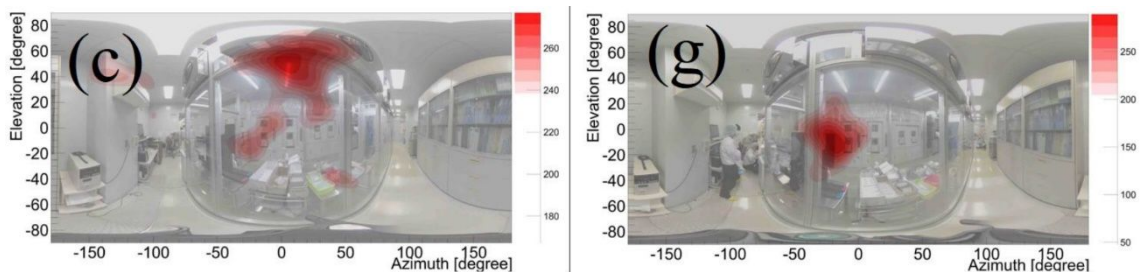


図4 ¹¹C薬剤合成試験中にホットセル前で測定した511keV 線画像(赤)を全方向光学写真と重ねて表示した結果[石川 他、放射線(2022)の図13より抜粋]。左:合成装置改良前、右:合成装置改良後。

(5)高感度全方向 線イメージングのデモ[Muraishi et al., JoVE(2020)]:アメリカの学術雑誌JoVEより環境放射線可視化測定に関する動画論文作成依頼を受け、11ch型コンプトンカメラ(3.5cm角CsI(Tl))を用いた低線量放射線源の可視化に関するレビュー論文を執筆した。動画撮影は、北里大学、及び同病院核医学施設で行われ、現在、webで公開中である(動画サイトは[その他]を参照、2023.6.7現在の動画再生回数:10828件)。

(6)核医学分野における新しい医療評価指標の開発(511keV 線)[渡辺 他、第59回日本核医学学会学術総会]: PET患者が排泄した便器内の尿中放射能を遠隔から測定可能な8ch型コンプトンカメラを製作した(CsI(Tl)結晶(1cm角)、メタルパッケージPMT(TO-8)を使用)。国立がん研究センター東病院核医学施設PET患者専用トイレ内で測定を行った結果、便器内の尿中放射能を0-150MBqの広範囲に渡り10秒以内で測定可能であることを実証した。現在、病院において実際の患者から排泄された尿中放射能の長期モニタリング測定を継続中であり、これらのデータをもとに、新しい医療評価指標提案の可能性について、後日、原著論文にて報告予定である。

(7)神経内分泌腫瘍をターゲットとした新しい放射線治療薬剤(^{177}Lu)による院内放射能汚染箇所の可視化に向けたコンプトンカメラの設計[塚本 他、第70回応用物理学会春季学術講演会(2023)]: Geant4モンテカルロシミュレーションにより ^{177}Lu から放出される低エネルギー線(208keV, 113keV)のイメージングに最適な結晶の種類・サイズ等について調査した。その結果、感度、角度分解能、及びContrast to noise ratioの観点から「2.5cm角サイズ以上の $\text{CaF}_2(\text{Eu})$ 結晶を6個用いた回転型コンプトンカメラ(オクタヘドロンタイプ)」が優れていることを見出した。現在、プロトタイプ機を実際に製作中であり、今後、病院の核医学施設での実際の ^{177}Lu 汚染モニタリング測定を遂行後に原著論文として報告する予定である。

(8)陽子線治療ビームのオンライン可視化を想定した基礎的検討[特許申請準備中]: 陽子線治療中に被写体内から治療ビームに沿ってわずかに発生する4.4MeV即発線をコンプトンカメラ技術にて最も高感度で測定・可視化が可能な方法について、3カウンター同時計数をキーワードとした大規模モンテカルロシミュレーション実験を遂行した。その結果、3カウンター同時計数に新たなアイデアを加えることで、実際の治療中における高線量率環境下においても4.4MeV線を効率よく可視化することが可能な新たな知見を得た。この内容は、2023年度科研費の新規採択課題(基盤(B)代表:村石、研究課題名:陽子線治療中に体内線量分布の可視化が可能な線コンプトンカメラの検討)において原理実証試験を遂行予定である。

参考文献

- 1) D. Tomono et al., Sci. Rep. 7, 41972 (2017)
- 2) J. Kataoka et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A912, 1 (2018)
- 3) K. Shimazoe et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A 954, 161499 (2020)
- 4) T. Nakano et al., Phys. Med. Biol. 65, 05LT01 (2020)
- 5) E. Yoshida et al., Phys. Med. Biol. 65, 125013 (2020)
- 6) M. Kagaya et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A804, 25 (2015)
- 7) H. Katagiri et al., J. Nucl. Sci. Technol. 55, 1172 (2018)
- 8) T. Watanabe et al., Jpn. J. Appl. Phys. 57, 026401 (2018)
- 9) 村石 浩、特許第7014423号、日本国特許庁(JPO)(2022)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 石川咲貴、村石 浩、榎本良治、片桐秀明、加賀谷美佳、渡辺 宝、加納大輔、中村哲志、渡邊祐介、石山博條	4. 巻 47(3)
2. 論文標題 核医学施設における回転機能付き高感度全方向コンプトンカメラを用いた測定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 放射線	6. 最初と最後の頁 80-88
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 Saki Ishikawa, Hiroshi Muraishi, Ryoji Enomoto, Hideaki Katagiri, Mika Kagaya, Takara Watanabe, Daisuke Kano, Satoshi Nakamura, Yusuke Watanabe, Hiromichi Ishiyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of a compact and portable high-sensitivity omnidirectional Compton camera with detector rotation function	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference 2021 (Conference Record)	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） 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 H. Katagiri, N. Narita, R. Enomoto, H. Muraishi, D. Kano, T. Watanabe, R. Wakamatsu, M. Kagaya, M. M. Tanaka	4. 巻 996
2. 論文標題 Development of an Omnidirectional Compton Camera Using CaF ₂ (Eu) Scintillators to Visualize Gamma Rays with Energy below 250 keV for Radioactive Environmental Monitoring in Nuclear Medicine Facilities	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A	6. 最初と最後の頁 165133
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.nima.2021.165133	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. Muraishi, R. Enomoto, H. Katagiri, M. Kagaya, T. Watanabe, N. Narita, D. Kano, S. Ishikawa, H. Ishiyama	4. 巻 59
2. 論文標題 Shift-invariant gamma-ray imaging by adding a detector rotation function to a high-sensitivity omnidirectional Compton camera	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 90911
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/abb20d	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 Muraishi, H., Enomoto, R., Katagiri, H., Kagaya, M., Watanabe, T., Narita, N., Kano, D.	4. 巻 155
2. 論文標題 Visualization of Low-Level Gamma Radiation Sources Using a Low-Cost, High-Sensitivity, Omnidirectional Compton Camera	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	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) 10.3791/60463	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 -

[学会発表] 計19件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Hikari Tsukamoto, Hiroshi Muraishi, Ryoji Enomoto, Hideaki Katagiri, Mika Kagaya, Takara Watanabe, Daisuke Kano, Yusuke Watanabe
2. 発表標題 Investigation of a high-sensitivity Compton camera for ¹⁷⁷ Lu radioactive contamination imaging: A Geant4 simulation.
3. 学会等名 第125回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 塚本ひかり、村石浩、榎本良治、片桐秀明、加賀谷美佳、渡辺宝、加納大輔、渡邊祐介
2. 発表標題 Lu-177放射能汚染イメージング用高感度コンプトンカメラの開発
3. 学会等名 2023年第70回応用物理学学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村石 浩、石川咲貴、榎本良治、片桐秀明、加賀谷美佳、渡辺 宝、加納大輔、塚本ひかり
2. 発表標題 核医学施設における高感度全方向コンプトンカメラを用いた測定
3. 学会等名 2022年 第83回応用物理学学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 渡辺 宝、加納大輔、村石 浩、榎本良治、片桐秀明、加賀谷美佳、中神佳宏
2. 発表標題 ルテチウムオキシドトレオチド(¹⁷⁷ Lu) 注射液を用いる核医学治療における放射能汚染の可視化
3. 学会等名 2022年 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 Saki Ishikawa, Hiroshi Muraishi, Ryoji Enomoto, Hideaki Katagiri, Mika Kagaya, Takara Watanabe, Daisuke Kano, Satoshi Nakamura, Yusuke Watanabe, Hiromichi Ishiyama
2. 発表標題 Development of a compact and portable high-sensitivity omnidirectional Compton camera with detector rotation function
3. 学会等名 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川咲貴、村石 浩、榎本良治、片桐秀明、加賀谷美佳、渡辺 宝、加納大輔、中村哲志、渡邊祐介、石山博條
2. 発表標題 回転型コンプトンカメラを用いた医療施設における環境放射能測定
3. 学会等名 2021年 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 渡辺 宝、加納大輔、村石 浩、榎本良治、片桐秀明、加賀谷美佳、石川咲貴、中神佳宏
2. 発表標題 コンプトンカメラを用いた ¹⁸ F-FDG PET 受診者の尿中放射能測定における放射能の算出方法の検討
3. 学会等名 2021年 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川咲貴、村石 浩、榎本良治、片桐秀明、加賀谷美佳、渡辺 宝
2. 発表標題 回転機能を備えた高感度全方向コンプトンカメラの小型化
3. 学会等名 2021年 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡辺 宝、加納大輔、村石 浩、榎本良治、片桐秀明、加賀谷美佳、石川咲貴、中神佳宏
2. 発表標題 18F-FDG PET受診者の尿中放射能を測定可能な高感度コンプトンカメラの開発
3. 学会等名 2020年 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村石 浩、榎本良治、片桐秀明、加賀谷美佳、成田尚史、渡辺 宝、加納大輔
2. 発表標題 回転型高感度コンプトンカメラによる全方向 線イメージング
3. 学会等名 2020年 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Narita, H. Katagiri, R. Enomoto, H. Muraishi, T. Watanabe, M. Kagaya, R. Kondo, D. Kano
2. 発表標題 Development of omnidirectional Compton camera which visualizes low energy gamma ray from Tc-99m with high sensitivity
3. 学会等名 第117回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 村石 浩, 榎本良治, 片桐秀明, 加賀谷美佳, 渡辺 宝, 成田尚史, 加納大輔
2. 発表標題 全方向コンプトンカメラを用いた環境中におけるさまざまな低線量 線源の可視化
3. 学会等名 2019年 第80回応用物理学会秋季学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺宝、加納大輔、村石 浩、榎本良治、片桐秀明、加賀谷美佳、成田尚史、細川翔太
2. 発表標題 高感度コンプトンカメラを用いたPET受診者の尿中放射能遠隔測定
3. 学会等名 第59回日本核医学学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Muraishi, Ryoji, Enomoto, Hideaki Katagiri, Mika Kagaya, Takara Watanabe, Naofumi Narita, Daisuke Kano, Hidetake Hara, Yusuke Watanabe, Hiromichi Ishiyama
2. 発表標題 Development of a high-sensitivity omnidirectional Compton camera with rotation function for radioactive environmental monitoring
3. 学会等名 19th Asia-Oceania Congress of Medical Physics (AOCMP) in conjunction with the 2019 Engineering & Physical Sciences in Medicine Conference (EPSM)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>大学プレスセンター https://www.u-presscenter.jp/article/post-44295.html プレスリリース https://www.u-presscenter.jp/item/ce864c88cf5e4c1c71698f8223d00453.pdf 北里大学ホームページ(ニュース) https://www.kitasato.ac.jp/jp/news/20200903-01.html 北里大学医療衛生学部NEWS 村石浩准教授の研究成果がアメリカの学術雑誌JoVEで動画公開 https://www.kitasato-u.ac.jp/ahs/rt/muraishi/news-japanese.html アメリカの学術雑誌JoVEにおける動画論文閲覧ページ https://www.jove.com/video/60463/visualization-low-level-gamma-radiation-sources-using-low-cost-high 北里大学医療衛生学部医療工学科診療放射線技術科学専攻 村石 浩 主な研究テーマ https://www.kitasato-u.ac.jp/ahs/subject/engineer/radiation/teacher/muraishi.html</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	榎本 良治 (Enomoto Ryoji) (80183755)	東京大学・宇宙線研究所・准教授 (12601)	
研究分担者	片桐 秀明 (Katagiri Hideaki) (50402764)	茨城大学・理工学研究科(理学野)・准教授 (12101)	
研究分担者	加賀谷 美佳 (Kagaya Mika) (10783467)	仙台高等専門学校・総合工学科・助教 (51303)	
研究分担者	加納 大輔 (Kano Daisuke) (70392347)	国立研究開発法人国立がん研究センター東病院・薬剤部・試験検査主任 (82606)	
研究分担者	渡邊 祐介 (Yusuke Watanabe) (90582742)	北里大学・医療衛生学部・准教授 (32607)	
研究分担者	石山 博條 (Ishiyama Hiromichi) (60343076)	北里大学・医学部・教授 (32607)	

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