

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：82502

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12683

研究課題名（和文）部分リング型PET・コンプトンハイブリッドイメージング装置の基礎検討

研究課題名（英文）Basic study of a partial-ring type PET-Compton hybrid imaging system

研究代表者

田島 英朗（Hideaki, Tashima）

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・量子医科学研究所 先進核医学基盤研究部・主幹研究員

研究者番号：70572907

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：トンネルのようなフルリングのPET装置に対し、リングの一部を開放化した部分リングPETは患者へのアクセスが容易で、新たな応用や利便性の向上が期待できる。一方で、測定されるデータの方が限定されるため、画像に強い歪みが生じるという問題がある。本研究では、開放部と対向する部分をコンプトン検出器とし、欠損する方向の情報をコンプトンイメージングの原理で補い、画像の歪みの抑制が可能な新しいイメージング装置の基礎検討を行った。具体的には、PET・コンプトンハイブリッド画像再構成手法を開発し、シミュレーションによって歪みの抑制効果を明らかにした。また、測定イベントの最適な抽出・利用方法を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

部分リング型装置で歪みのないPET画像が得られるようになれば、開放部より患者へのアクセスが容易となるため、例えばPET撮像をリアルタイムに行いながら外科手術ができるようになるなど、新たなPETの応用が広がると期待できる。また、MRIに後付けできるアドオンPETを部分リング化することで、患者の上からかぶせるようにセットアップできるようになり、利便性の大幅な向上が期待できる。さらに、本研究で明らかにした測定イベントの最適な抽出方法は、提案装置に限らずPETとコンプトンカメラを組み合わせた様々な装置に適用できるため、今後のハイブリッド型の装置開発にも応用されることが期待される。

研究成果の概要（英文）：In contrast to a tunnel-like full-ring PET system, partial-ring PET, in which a part of the ring is open, offers easy access to the patient and is expected to have new applications and improved convenience. On the other hand, it has the problem of strong image distortion due to the limited direction of the measured data. In this study, we investigated a new imaging system that can suppress image distortion by using the Compton detector as the part opposite the open area and compensating for the missing directional information using the Compton camera principle. Specifically, we developed a PET/Compton hybrid image reconstruction method and clarified the effect of distortion suppression by simulation. We also clarified the optimal extraction and utilization of measurement events.

研究分野：医用画像工学

キーワード：PET コンプトンイメージング 核医学 ハイブリッド再構成 画像再構成 イベント抽出

1. 研究開始当初の背景

PET (Positron Emission Tomography: 陽電子断層撮像法) は、陽電子を放出する放射性の診断薬を生体に投与し、その分布を画像化することで、生体の代謝や神経活動などの機能情報を観察できる核医学の手法である。陽電子が対消滅する際にほぼ 180° 反対方向に対となって発生する消滅放射線を、周囲を囲むように配置した検出器で同時計数測定を行い、積算した測定イベントを画像再構成することで薬剤分布を画像化する。様々な方向に放出される放射線対を高感度に検出するため、通常 PET 装置は円筒型のフルリング形状となっている。しかしながら、長いトンネルのような装置は測定中の患者へのアクセスが困難であったり、近年開発が進められている MRI 装置の中で動作が可能な PET インサートでは、周囲をすべて囲うと患者セットアップが大変であったりという課題がある。この課題に対し、PET のリングの一部を開放化することは、患者へのアクセスやセットアップを容易にするなど利便性の大幅な向上が期待できる。一方で、測定されるデータの方向が限定され、検出器のない方向の情報が欠損するため、画像に強いアーチファクト(歪み)が生じるという問題がある。そこで本研究では、欠損情報を補う方法として、コンプトンカメラの手法(コンプトンイメージング)に着目した。図 1 に MRI コイル一体型 PET インサートとして構成した場合の提案装置の概念図を示す。PET リングの下側を開放化し、部分リングのジオメトリ(検出器配置)とすることで、ベッドとの干渉がなく、患者の上から被せるようにセットアップができるような構成となっている。一方、上下方向に発生した放射線対のうち、下方に飛んだ放射線は検出できなくなるため、同時計数測定では上下方向の測定データが欠損してしまう。そこで、提案手法では患者と PET 検出器の間に散乱検出器を追加し、PET 検出器を吸収検出器としても動作させるコンプトン検出器を構成することで、上方へ飛んだ放射線をコンプトンイメージングの原理で検出する。コンプトンイメージングでは、散乱検出器でコンプトン散乱し、吸収検出器で光電吸収した検出イベントを収集し、それぞれの検出器でのエネルギー情報を使ってクライン-仁科の式により散乱角度を求め、各イベントでの放射線発生位置を円錐表面上に限定することができる。そして、複数のイベントの重ね合わせで放射能分布を推定する。図 1 のように、左右方向の測定データは放射線対の同時計数によって PET イベントとして測定し、上下方向の測定データをコンプトンイベントとして測定すれば、3次元画像再構成のために十分な情報を取得できるようになり、アーチファクトの抑制が可能となると期待できる。

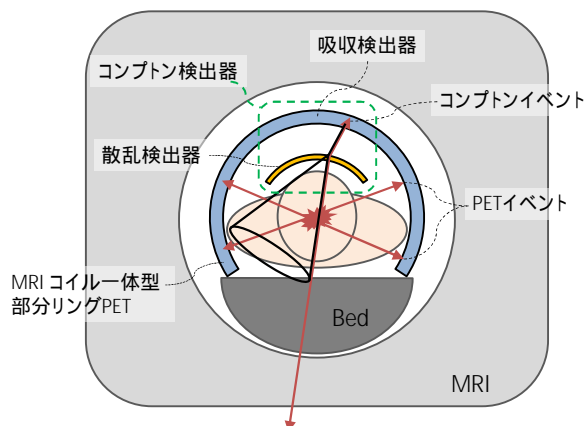


図 1 MRI と組み合わせた部分リング型 PET・コンプトンハイブリッドイメージング装置

2. 研究の目的

本研究では、部分リング型 PET とコンプトンイメージングを組み合わせた新しい核医学装置を提案し、提案装置実現に必要な PET イベントとコンプトンイベントを組み合わせた画像化手法の開発を行う。そして、イメージングシミュレーションによって実現可能性を明らかにすることを目的とする。具体的には、画像化手法として PET イベントとコンプトンイベントを効率的に組み合わせて元の放射能分布を推定する PET・コンプトンハイブリッド画像再構成手法を開発する。そして、現在最もコンプトンカメラの散乱検出器として適している素材として、シリコン (Si) に着目し、その特性を組み込んだモンテカルロシミュレーションにより提案装置によるアーチファクト低減効果の検証と装置の実現可能性の検証を行う。また、シミュレーションデータを利用し、測定データからの PET イベントとコンプトンイベントを抽出する方法の最適化を行う。

3. 研究の方法

(1) PET・コンプトンハイブリッド画像再構成法の開発

提案装置における PET イベントとコンプトンイベントは測定感度の分布が大きく異なり、1つのシステムマトリクスとして扱うと一方の特性に引っ張られ、双方の特性を補い合うことが難しくなるため、図2に示すようないったん別々に更新画像を作成し、足し合わせる新しいハイブリッド画像再構成法を提案した。

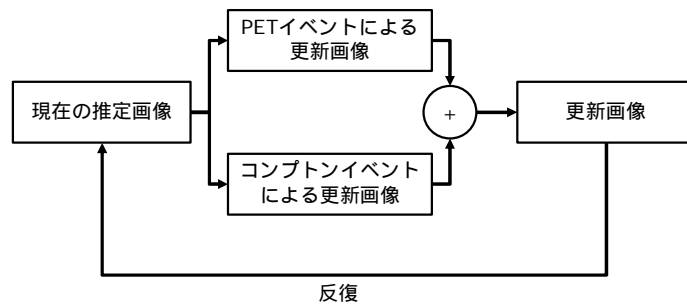


図2 PET・コンプトンハイブリッド画像再構成手法の概要

(2) モンテカルロシミュレーションによるアーチファクト低減効果の検証

提案装置及び開発した PET・コンプトンハイブリッド画像再構成法の有効性をモンテカルロシミュレーションにより検証した(図3)。画像化対象(ファントム)として、弱いバックグラウンドの放射能分布に点状の高い放射能集積がある状態を仮定した。モンテカルロシミュレーションには Geant4 ツールキット (Version 10.07.2) を用いた。PET/吸収検出器の素材は GSO 結晶 (2.85 × 2.85 × 7.5mm³ の 4 層) 散乱検出器は Si (1mm 角のピクセルサイズで 6mm 厚) とした。511keV に対するエネルギー分解能は PET/吸収検出器が 13.7%、散乱検出器が 2.5% とした。PET イベントとコンプトンイベントはそれぞれエネルギー情報を用いて識別、抽出した。PET イベントのみを用いた再構成画像と、PET イベントとコンプトンイベントの両方を用いたハイブリッド再構成画像のアーチファクトの度合いを視覚的に評価した。

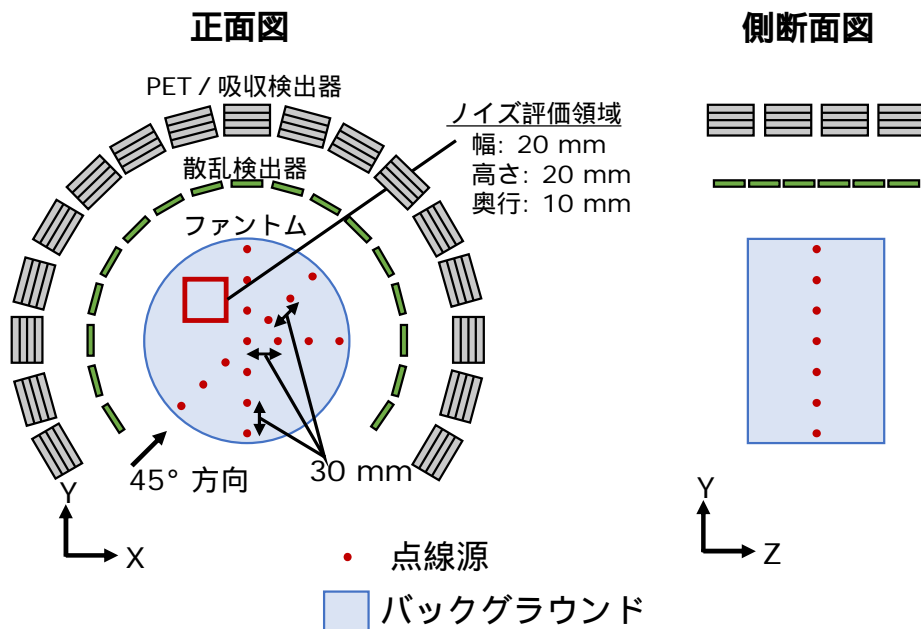


図3 モンテカルロシミュレーション設定

(3) イベント抽出方法の最適化

モンテカルロシミュレーションによって生成された測定イベントには、PET イベントとしても抽出可能なコンプトンイベントが含まれるマルチインタラクションイベントが存在する(図4)。具体的には、コンプトンイベント1つに対して、光電吸収イベントが同時に検出された3ヒットイベントと、コンプトンイベント2つが同時に検出された4ヒットイベントがある。これらの測定イベントからPET イベントを抽出する手法をPET リカバリーと呼ぶ。開発したハイブリッド画像再構成法では、PET イベントによる更新画像とコンプトンイベントによる更新画像を生成し、後で組み合わせる。そのため、PET リカバリーを適用したコンプトンイベントをコンプトンイベントによる画像更新にも用いることが可能である。しかしながら、同じマルチヒットイベントから抽出したものを両方に適用した場合の効果は未知であるため、モンテカルロシミュレーションで生成した測定データに適用し、最適なイベント抽出方法を検証した。その際、点線源の半値幅(FWHM: Full Width at Half Maximum)とバックグラウンド領域に設けたノイズ評価領域(図3)の画素値の変動計数(COV: Coefficient of Variation)のトレードオフを評価した。

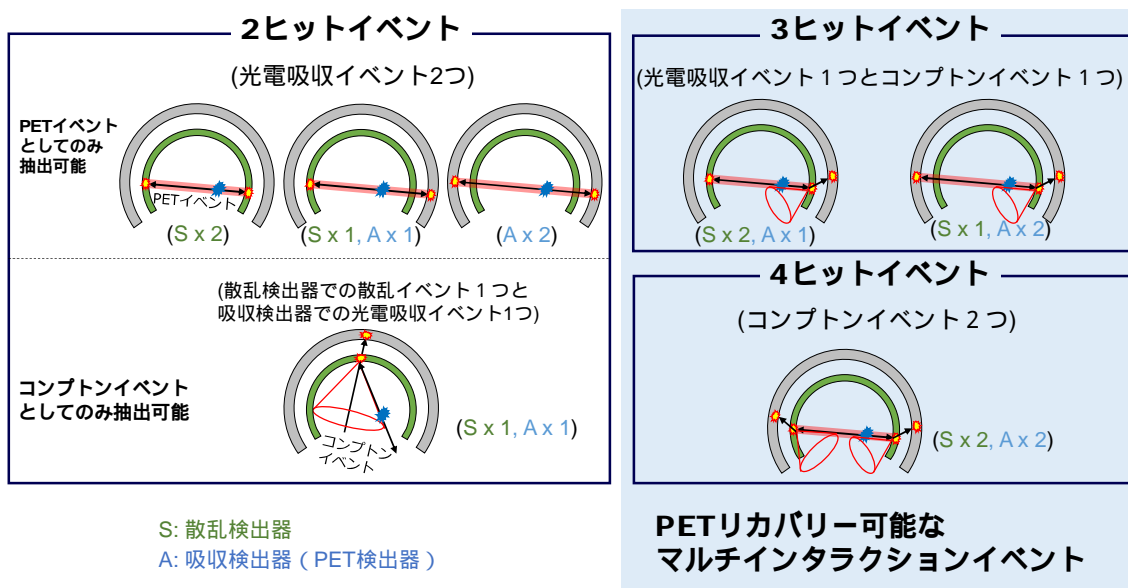


図4 提案装置における測定イベントの分類

4. 研究成果

(1) アーチファクト低減効果の検証

部分リング型の装置において、PET イベントのみでは発生してしまうアーチファクトを、散乱検出器の導入により測定可能となったコンプトンイベントを組み合わせ、PET・コンプトンハイブリッド再構成を適用することで低減できることを示した(図5)。左右に斜めに伸びていたバックグラウンド領域の歪みが低減され、真円に近づいた。輪郭がややぼけてしまっているのは、コンプトンイベントの持つ空間分解能がPET イベントと比較して低かったためと考えられる。なお、実測データを基に想定した散乱検出器の空間分解能とエネルギー分解能にはまだ改善の余地があり、今後の検出器の進歩によりぼけを低減できることが期待される。

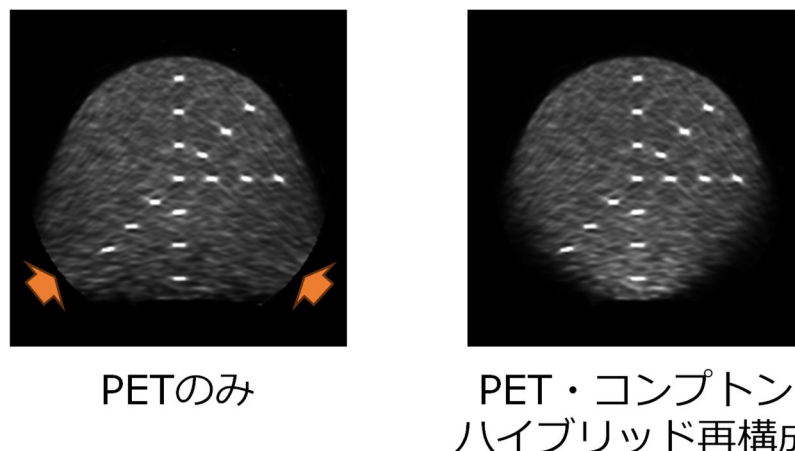


図5 再構成結果の比較

(2) イベント抽出方法の最適化

PET リカバリーなしと、マルチインタラクションイベントから PET イベントを抽出し PET イベントのみとして利用した場合 (PET リカバリー) そして、抽出した PET イベントに加えてマルチインタラクションイベントに含まれているコンプトンイベントを冗長的に利用した場合 (PET リカバリー + コンプトン冗長利用) について比較した (図 6)。PET リカバリーを適用することによって、空間分解能とノイズのトレードオフを改善させることが可能であった (図 7)。また、コンプトンイベントを冗長的に用いても、トレードオフの改善には寄与しないことが明らかになった。PET リカバリー可能なマルチインタラクションイベントは、PET イベントで抽出することが最適であると結論付けた。

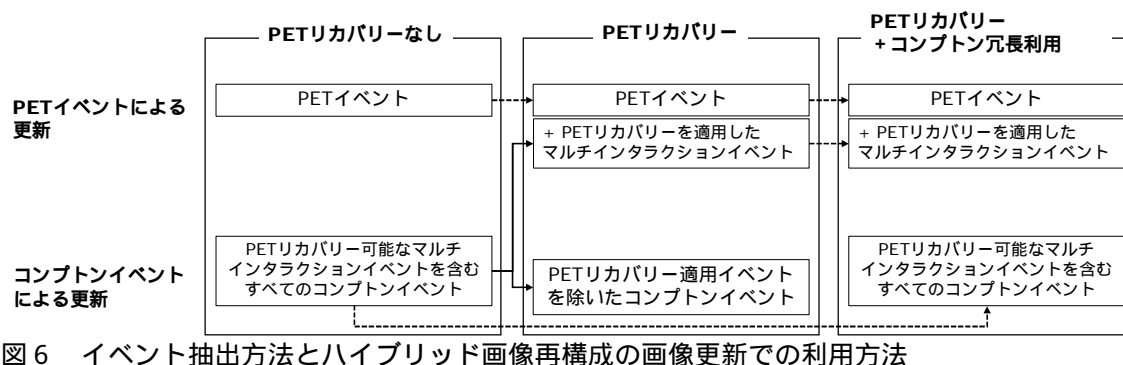


図 6 イベント抽出方法とハイブリッド画像再構成の画像更新での利用方法

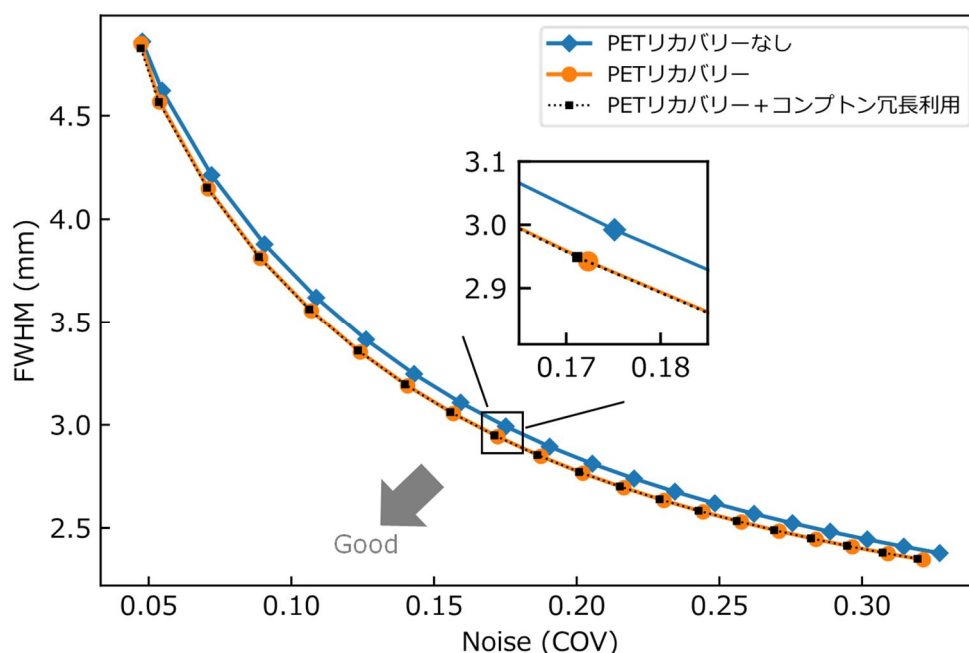


図 6 イベント抽出方法ごとの空間分解能とノイズのトレードオフ関係

引用文献

- Nishikido F, *et al.* Axial scalable add-on PET/MRI prototype based on four-layer DOI detectors integrated with a RF coil. Nucl Instrum Meth Phys Res A. 1024, pp. 167239, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2022.167239>
- Tashima H and Taiga Y. Compton imaging for medical applications. Radiol Phys Technol. 15, pp. 187-205, 2022. <https://doi.org/10.1007/s12194-022-00666-2>
- Tashima H, *et al.* Development of a Hybrid Image Reconstruction Algorithm Combining PET and Compton Events for Whole Gamma Imaging. 2020 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC), Boston, MA, USA, 2020, pp. 1-2. <https://doi.org/10.1109/NSS/MIC42677.2020.9507841>
- Agostinelli S, *et al.* GEANT4—a simulation toolkit. Nucl Instrum Meth Phys Res A. 506, pp. 250-303, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0168-9002\(03\)01368-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(03)01368-8)
- Tashima H, *et al.* Optimum selection for multi-interaction events in Compton-PET hybrid reconstruction: a Monte Carlo study. Radiol Phys Technol. 16, pp. 254-261, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12194-023-00714-5>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 仁科 匠、田島 英朗、田久 創大、錦戸 文彦、菅 幹生、山谷 泰賀	4. 巻 39
2. 論文標題 C型コンプトンPETのシミュレーション 検出器欠損影響の低減効果の検証	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medical Imaging Technology	6. 最初と最後の頁 176 ~ 182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11409/mit.39.176	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 Shibuya Kengo, Saito Haruo, Tashima Hideaki, Yamaya Taiga	4. 巻 67
2. 論文標題 Using inverse Laplace transform in positronium lifetime imaging	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Physics in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 025009 ~ 025009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/ac499b	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 田久 創大、田島 英朗、吉田 英治、錦戸 文彦、仁科 匠、山谷 泰賀	4. 巻 39
2. 論文標題 Whole Gamma Imaging の研究開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medical Imaging Technology	6. 最初と最後の頁 199 ~ 205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11409/mit.39.199	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 田島 英朗	4. 巻 39
2. 論文標題 特集 / 医学応用に向けたコンプトンカメラ/コンプトンイメージングシステム開発 - 序文 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medical Imaging Technology	6. 最初と最後の頁 197 ~ 198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11409/mit.39.197	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 Tashima Hideaki, Yoshida Eiji, Wakizaka Hidekatsu, Takahashi Miwako, Nagatsu Kotaro, Tsuji Atsushi B, Kamada Kei, Parodi Katia, Yamaya Taiga	4. 巻 65
2. 論文標題 3D Compton image reconstruction method for whole gamma imaging	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physics in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 225038 ~ 225038
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/abb92e	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 Tashima Hideaki, Nishina Takumi, Takyu Sodai, Nishikido Fumihiko, Suga Mikio, Yamaya Taiga	4. 巻 16
2. 論文標題 Optimum selection for multi-interaction events in Compton-PET hybrid reconstruction: a Monte Carlo study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 254 ~ 261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12194-023-00714-5	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 Tashima Hideaki, Yamaya Taiga	4. 巻 15
2. 論文標題 Compton imaging for medical applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 187 ~ 205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12194-022-00666-2	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23件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 仁科 匠, 田島 英朗, 田久 創大, 錦戸 文彦, 菅 幹生, 赤松 剛, 山谷 泰賀
2. 発表標題 半導体検出器とシンチレーション検出器を組み合わせたWhole Gamma Imagingの計算機シミュレーション
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 田島 英朗, 吉田 英治, 田久 創大, 錦戸 文彦, 仁科 匠, 菅 幹生, 脇坂 秀克, 高橋 美和子, 永津 弘太郎, 辻 厚至, 山谷 泰賀
2. 発表標題 3次元コンプトン画像再構成が可能な検出器ジオメトリ条件の実験的検証
3. 学会等名 第61回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nishina Takumi, Tashima Hideaki, Takyu Sodai, Nishikido Fumihiko, Suga Mikio, Yamaya Taiga
2. 発表標題 Effect on the Spatial Resolution of PET Event Recovery from Compton Events in C-shaped Compton-PET
3. 学会等名 2021 IEEE Nuclear Science Symposium (NSS) and Medical Imaging Conference (MIC)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田島 英朗, 吉田 英治, 仁科 匠, 菅 幹生, 脇坂 秀克, 高橋 美和子, 永津 弘太郎, 辻 厚至, 鎌田 圭, 吉川 彰, Katia Parodi, 山谷 泰賀
2. 発表標題 WGIコンプトン画像再構成条件の実験的検討
3. 学会等名 第40回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tashima Hideaki, Yoshida Eiji, Nishina Takumi, Suga Mikio, Wakizaka Hidekatsu, Takahashi Miwako, Nagatsu Kotaro, Tsuji Atsushi, Kei Kamada, Akira Yoshikawa, Katia Parodi, Yamaya Taiga
2. 発表標題 Experimental Verification of the Effect of the Full-ring Geometry in WGI Compton Imaging
3. 学会等名 第121回日本医学物理学学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Nishina, H. Tashima, S. Takyu, F. Nishikido, M. Suga, T. Yamaya
2. 発表標題 Simulation study of a C-shaped Compton-PET geometry
3. 学会等名 IEEE NSS&MIC 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田島 英朗, 吉田 英治, 仁科 匠, 田久 創大, 錦戸 文彦, 菅 幹生, 脇坂 秀克, 高橋 美和子, 永津 弘太郎, 辻 厚至, 鎌田 圭, 吉川 彰, Katia Parodi, 山谷 泰賀
2. 発表標題 PET・コンプトンハイブリッド画像再構成の応用
3. 学会等名 電子情報通信学会 JAMIT Frontier
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田島 英朗, 仁科 匠, 錦戸 文彦, 田久 創大, 菅 幹生, 山谷 泰賀
2. 発表標題 C型コンプトンPET装置のシミュレーション検討
3. 学会等名 応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田島 英朗, 仁科 匠, 錦戸 文彦, 田久 創大, 菅 幹生, 山谷 泰賀
2. 発表標題 オープンリング型コンプトンPET装置のシミュレーション検討
3. 学会等名 第60回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田島 英朗, 吉田 英治, 仁科 匠, 菅 幹生, 脇坂 秀克, 高橋 美和子, 永津 弘太郎, 辻 厚至, 鎌田 圭, 吉川 彰, Katia Parodi, 山谷 泰賀
2. 発表標題 WGIコンプトン画像再構成におけるリング状検出器の効果の実験的検証
3. 学会等名 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 田島 英朗, 赤松 剛, 田久 創大, 錦戸 文彦, 吉田 英治, 高橋 美和子, 山口 充孝, 河地 有木, 酒井 真理, 黒澤 俊介, 島添 健次, 武田 伸一郎, 山谷 泰賀
2. 発表標題 医用コンプトンカメラ標準性能評価法開発とフルリング型装置への適用
3. 学会等名 応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田島 英朗, 田久 創大, 錦戸 文彦, 菅 幹生, 赤松 剛, 高橋 美和子, 山谷 泰賀
2. 発表標題 PETを超えるZr-89 WGIイメージングの可能性: シミュレーション研究
3. 学会等名 第62回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田島 英朗, 田久 創大, 錦戸 文彦, 菅 幹生, 赤松 剛, 高橋 美和子, 山谷 泰賀
2. 発表標題 Whole Gamma Imaging による89Zr撮像において 909keV コンプトンイメージングが PET の空間分解能を超える可能性
3. 学会等名 第41回日本医用画像工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田島 英朗
2. 発表標題 画像処理におけるB2C
3. 学会等名 未来PET Bench to Clinical ワークショップ2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tashima Hideaki, Yoshida Eiji, Takyu Sodai, Nishikido Fumihiko, Nishina Takumi, Suga Mikio, Wakizaka Hidekatsu, Takahashi Miwako, Nagatsu Kotaro, Tsuji Atsushi, Kei Kamada, Akira Yoshikawa, Katia Parodi, Taiga Yamaya
2. 発表標題 Experimental assessment of completeness condition for WGI Compton image reconstruction
3. 学会等名 JSRT-JSMP Joint International Conference on Radiological Physics and Technology (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tashima Hideaki, Takyu Sodai, Akamatsu Go, Takahashi Miwako, Akram Mohammadi, Nishikido Fumihiko, Hangyu Kang, Wakizaka Hidekatsu, Iwao Yuma, Yamaya Taiga
2. 発表標題 Whole Gamma Imaging Utilizing All Detectable Gamma Rays
3. 学会等名 The 19th Conference of Peace through Mind/Brain Science (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tashima Hideaki, Takyu Sodai, Nishikido Fumihiko, Suga Mikio, Akamatsu Go, Takahashi Miwako, Yamaya Taiga
2. 発表標題 Simulation Study of Si/LGSO WGI: Working Towards 89Zr Imaging Outperforming PET
3. 学会等名 2022 IEEE Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference and Room Temperature Semiconductor Detector Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	Tashima Hideaki, Takyu Sodai, Nishikido Fumihiko, Suga Mikio, Akamatsu Go, Takahashi Miwako, Yamaya Taiga
2. 発表標題	Potential of whole gamma imaging to exceed PET spatial resolution: a simulation study
3. 学会等名	13th Congress of the World Federation of Nuclear Medicine and Biology, World Federation of Nuclear Medicine and Biology (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	田島 英朗
2. 発表標題	PETの物理限界を超える！WGIコンプトンイメージング
3. 学会等名	PETサマーセミナー2022 in 甲府 (招待講演)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	菊地智也, 田久創大, 菅幹生, 田島英朗, 山谷泰賀
2. 発表標題	Whole Gamma Imaging 4号試作機のシミュレーション設計
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	菊地智也, 田久創大, 菅幹生, 田島英朗, 錦戸文彦, 山谷泰賀
2. 発表標題	Whole Gamma Imaging 試作機のシミュレーションによる性能予測
3. 学会等名	第41回日本医用画像工学会大会
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 菊地智也, 田久創大, 菅幹生, 田島英朗, 錦戸文彦, 山谷泰賀
2. 発表標題 シミュレーションによるWhole Gamma Imaging 4号機の性能予測
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S. Takyu, T. Kikuchi, M. Suga, H. Tashima, F. Nishikido, T. Yamaya
2. 発表標題 Design of a Whole Gamma Imaging Prototype Using 3-layer DOI Scatterer Detectors: Simulation Study
3. 学会等名 2022 IEEE Nuclear Science Symposium, Medical Imaging Conference and Room Temperature Semiconductor Detector Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 情報処理装置、記録媒体及びプログラム	発明者 澁谷 恵悟, 齋藤 晴雄, 田島 英朗, 山谷 泰賀	権利者 東京大学, 量子科学技術研究開発機構
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-113791	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

次世代PET開発研究会報告書 https://www.nirs.qst.go.jp/usr/medical-imaging/ja/study/main.html イメージング物理研究グループ 量子医科学研究所 量子科学技術研究開発機構(QST) https://www.nirs.qst.go.jp/usr/medical-imaging/imaging-physics/

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	菅 幹生 (Suga Mikio) (00294281)	千葉大学・フロンティア医工学センター・准教授 (12501)	
研究分担者	錦戸 文彦 (Nishikido Fumihiko) (60367117)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・量子医科学研究 所 先進核医学基盤研究部・主任研究員 (82502)	

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