

令和 5 年 5 月 27 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H00881

研究課題名（和文）全方位3次元測距とガンマイメージングを融合した俯瞰画像下線源可視化・定量法の開発

研究課題名（英文）Omni-directional three-dimensional optical and quantitative gamma-ray imaging

研究代表者

島添 健次（Shimazoe, Kenji）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・准教授

研究者番号：70589340

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は全方位3次元測距とガンマイメージングを融合した俯瞰画像下線源可視化・定量法の開発である。コンプトンイメージングは高感度なガンマ線イメージング手法の一つであるが、これまでホットスポット等の検出に用いられてきており定量化が困難であった。またコンプトン散乱の反応順序の特定誤差から画像が劣化する問題があった。本研究では、3次元全方向コンプトンカメラを用いて複数の線源からの距離情報を用いた線源強度の推定に成功した。また結晶散乱の拘束時間測定を行うことでTOF(Time Of Flight)型のコンプトンカメラの製作、実地試験の実施、取得画像からの探索アルゴリズムの開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では全方向探索可能な3次元TOF(Time Of Flight)型のコンプトンカメラの製作と定量化試験を実施した。コンプトンカメラにおいては線源の定量化が課題であった。複数の検出器位置からの情報を用いることで、高い精度で線源強度を推定可能であることを確認した。また高速応答を行うASIC（～50ps）の開発を行い、高速シンチレータ(GFAG)と組み合わせることで200ps台のコンプトン散乱検出を可能にし、反応順序の特定に成功した。これにより定量性のあるガンマ線イメージングとしてのコンプトンカメラの改良の道筋をつけ、環境や宇宙、医療のガンマ線イメージングへの展開が見込まれる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research project is the development of omni-directional optical and quantitative gamma-ray imaging. Compton imaging is one of the promising gamma-ray imaging methods with high sensitivity compared with pin-hole gamma camera, however, the use of Compton camera is limited to the detection of Hotspot with relatively less quantitiveness. Also the unknown interaction order in Compton scattering degrades the image quality. In this research we have successfully confirmed the capability of radioactivity estimation with three-dimensional 4 pi Compton camera by utilizing the information with different position. The precise measurement of interaction time also enables the reconstruction of interaction order in Compton scattering. In addition, TOF-Compton camera prototype was fabricated, the field experiment was conducted and R1 finding algorithm based on image was developed.

研究分野：ガンマ線イメージング

キーワード：ガンマ線 コンプトンカメラ ガンマカメラ

1. 研究開始当初の背景

ガンマ線イメージングは、医療、宇宙、環境モニタリングなどにおいて非常に重要な技術である。従来はピンホール型のガンマカメラを用いた環境イメージングや医療においては SPECT (Single Photon Emission CT) などでは機械的なコリメータを用いた撮像装置が開発されてきた。一方で、近年ガンマ線のコンプトン散乱原理を用いたコンプトンカメラ(図 1)が、その高感度性や、広い帯域幅、広い視野の観点から注目され開発が行われてきた。一方で、コンプトンカメラはその撮像原理からコンプトンコーンに由来するアーチファクトの問題が存在し、環境モニタリングにおいては定量性のないホットスポットの検出などの領域で主に利用されてきた。また医用イメージングの領域においてもコンプトンカメラは利用され始めているが、これまでは定量的な評価が行われてこなかった。加えて自動的な環境モニタリングなどへの応用が不十分である。

2. 研究の目的

本研究では 1 で記載したような問題を解決するために、コンプトンイメージングに可視光情報を統合した自己位置推定、TOF (Time Of Flight) 機能、定量的な線源強度推定手法、画像再構成アルゴリズムを融合した 3 次元のガンマ線源可視化定量化という原理を探求することを目的とした。そこで本研究においては 3 次元方法(4 π)方向に等方的な感度を有するコンプトンカメラを用いて線源強度推定手法の開発を行う。具体的には検出器を球構造に配置したコンプトンカメラを用いて、複数の位置の撮像情報から、放射線源の距離と強度の逆二乗則に基づく原理を用いて正確な強度を推定する手法を確立することを目標の 1 つとした。また従来のコンプトンカメラ

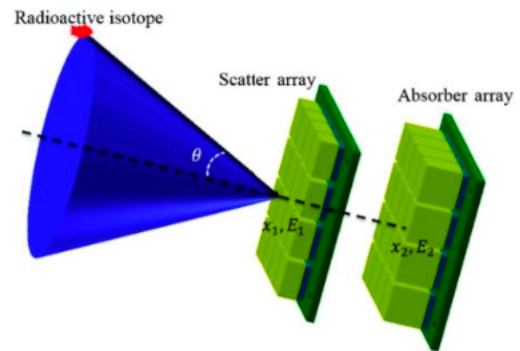


図 1 コンプトンカメラ

においては複数のピクセル間でのコンプトン散乱を検出する場合、時間応答の遅い検出器をもちいているので反応順序の特定が困難であった。そのため画像再構成においては、2 つの可能性を両方描画することで画質の低下に繋がっていた。そこで本研究では、高速応答のシンチレータ、高速応答の光センサ

(SiPM)、高速読出 ASIC の開発を行うことで数 100 ピコ秒での応答を計測可能なマルチチャンネルシステムを構築し、反応の順序を特定可能な TOF 型コンプトンカメラのプロトタイプを製作することを目的とした。加えて最終的に、可視光画像とガンマ線画像を統合し、自己位置推定が可能なシステム(図 2 概念図)を用いて、実地フィールド試験を行うところまでを目的とした。

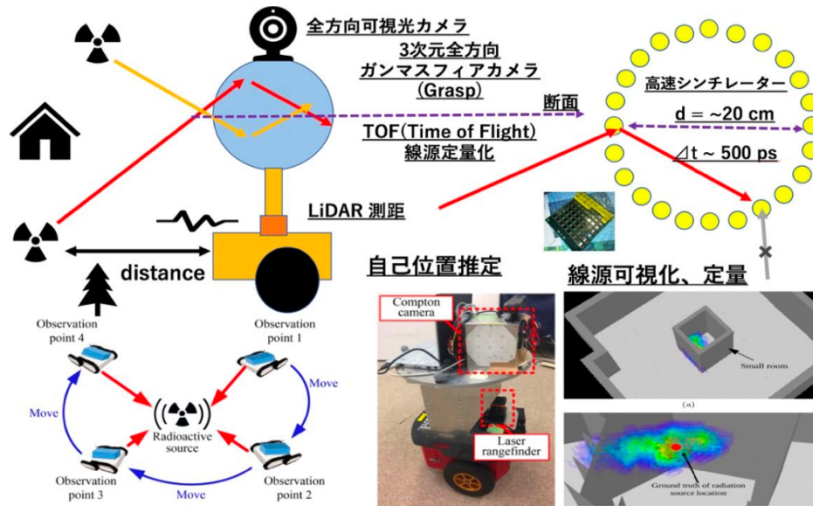


図 2 本研究の開発実施項目、概念図

3. 研究の方法

まず CdTe タイプの 4 π コンプトンガンマカメラを用いて、線源距離の逆 2 乗則に基づいて撮像画像から線源の強度推定が可能かどうかの検証試験を実施した。線源としては ¹³⁷Cs を使い、SLAM を用いて自己位置推定、コンプトンイメージングにより位置特定を行うことにより線源強度の推定を図 3 の手法に基づいて実施した。また得られた画像から、線源特定のための次の行動を決定する Path Planning の手法を検討し、最適な移動について検討を実施した。

新たな TOF 型のコンプトンカメラにおいては、40 ns 程度の高速の応答時定数を有する GFAG (Mg doped GAGG) 5mm 厚を選定し、8 \times 8 アレイを製作した。GFAG アレイを一对一で SiPM のアレイと接合した。GFAG-SiPM からの信号を読み出す slew-rate TOT (Time over Threshold) 型の ASIC および 62.5 ピコ秒で高速に動作するデータ取得システム (DAQ) の開発を行い、時間分解能、エ

エネルギー分解能の計測を実施した。開発した GFAG-SiPM アレイを用いて、コンプトン散乱における時間分解能の計測を実施した。開発した全方向コンプトンカメラをもちいてフィールド上に ^{60}Co および ^{137}Cs を配置した実験を実施した。

4. 研究成果

図4に ^{22}Na および ^{137}Cs を配置した空間中を自己位置推定を行いながらコンプトンイメージングを実施し、可視化した例を示す。各位置での線源強度を想定のアルゴリズムから算出し高い精度で推定することに成功した。開発した GFAG-SiPM-ASIC を用いてコインシデンス時間分解能測定を実施した。511 keV においては 250-300 ピコ秒の CTR (FWHM) が得られた(図5 左)。一方でコンプトン散乱検出のため Time walk および Time resolution のエネルギー依存性を計測した。200 keV 程度のエネルギーまでは 500 ピコ秒 (FWHM) を達成可能であることが確認された。加えて得られた画像から、線源の特定確率を最大化する移動経路の決定アルゴリズムの開発を行った [2][3]。

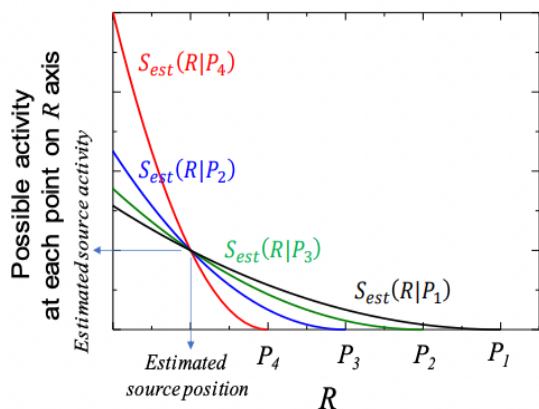


図3 線源強度推定 ([1]より転載)

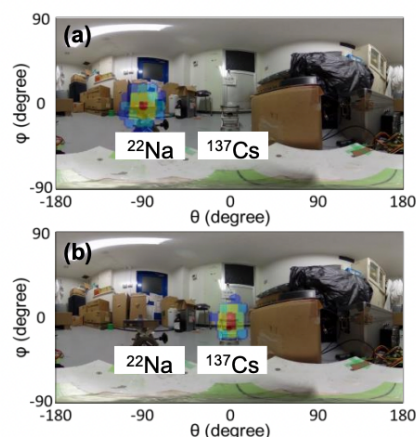


図4 イメージング(^{22}Na と ^{137}Cs)

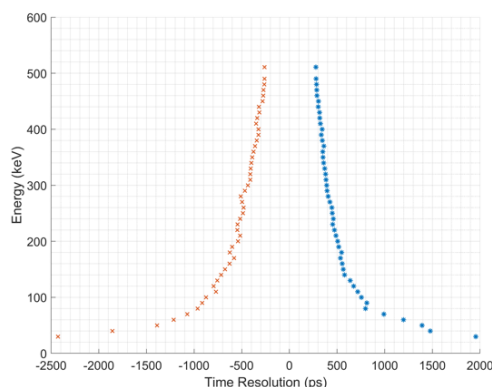
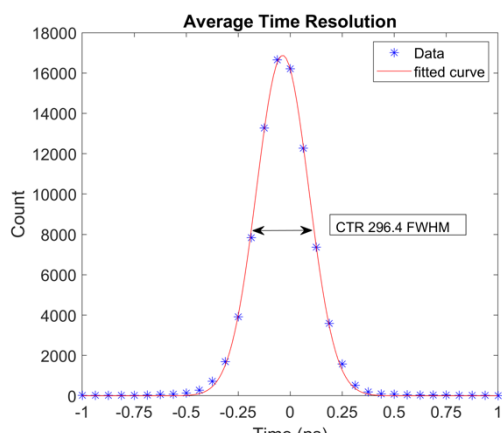


図5 Coincidence Time Resolution (CTR)とエネルギー依存性

以上によりコンプトンカメラ画像から線源強度を定量化する手法を提案し、実験により実証をおこなった。また可視光画像、SLAMによる自己位置推定、 4π コンプトンカメラによるガンマ線イメージングの実現、俯瞰画像下での表示、画像から次の行動の決定アルゴリズムの開発、最後に実地での実証試験までを完了した。

- [1] Tomita, H., Mukai, A., Kanamori, K., Shimazoe, K., Woo, H., Tamura, Y., ... & Iguchi, T. (2020, January). Gamma-ray source identification by a vehicle-mounted 4π Compton imager. In *2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)* (pp. 18-21). IEEE.
- [2] Kishimoto, T., Woo, H., Komatsu, R., Tamura, Y., Tomita, H., Shimazoe, K., ... & Asama, H. (2021). Path planning for localization of radiation sources based on principal component analysis. *Applied Sciences*, *11*(10), 4707.
- [3] Tomita, H., Hara, S., Mukai, A., Yamagishi, K., Ebi, H., Shimazoe, K., ... & Kamada, K. (2022). Path-Planning System for Radioisotope Identification Devices Using 4π Gamma Imaging Based on Random Forest Analysis. *Sensors*, *22*(12), 4325.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Masaaki Kaburagi, Kenji Shimazoe, Yutaka Otaka, Mizuki Uenomachi, Kei Kamada, Kyoung Jin Kim, Masao Yoshino, Yasuhiro Shoji, Akira Yoshikawa, Hiroyuki Takahashi, Tatsuo Torii	4. 巻 971
2. 論文標題 A cubic CeBr3 gamma-ray spectrometer suitable for the decommissioning of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 164118
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.nima.2020.164118	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, Takuya, Hanwool Woo, Ren Komatsu, Yusuke Tamura, Hideki Tomita, Kenji Shimazoe, Atsushi Yamashita, and Hajime Asama.	4. 巻 11
2. 論文標題 Path Planning for Localization of Radiation Sources Based on Principal Component Analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 4707
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/app11104707	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 Masaaki Kaburagi, Kenji Shimazoe, Masahiro Kato, Tadahiro Kurosawa, Kei Kamada, Kyoung Jin Kim, Masao Yoshino, Yasuhiro Shoji, Akira Yoshikawa, Hiroyuki Takahashi, Tatsuo Torii	4. 巻 988
2. 論文標題 Gamma-ray spectroscopy with a CeBr3 scintillator under intense γ -ray fields for nuclear decommissioning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 164900
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.nima.2020.164900	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 チョガディ アミン, 北島 瑞希, 上ノ町 水紀, 島添 健次, 高橋 浩之	4. 巻 70
2. 論文標題 2光子放出核種のためのコリメータ搭載型コインシデンスイメージング	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RADIOISOTOPES	6. 最初と最後の頁 271-277
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3769/radioisotopes.70.271	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 Kenji Shimazoe	4. 巻 46
2. 論文標題 Current status and future prospect of Compton gamma camera	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 放射線	6. 最初と最後の頁 20-27
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 Cong, F., Tamura, Y., Shimazoe, K., Takahashi, H., Ota, J., & Tong, S	4. 巻 953
2. 論文標題 Cong, Feiyun, et al. "Radioactive source recognition with moving Compton camera imaging robot using Geant4	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment	6. 最初と最後の頁 163108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.nima.2019.163108	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shimazoe, K., Toyoda, K., Uenomachi, M., Yoshihara, Y., Takahashi, H., & Takeda, A	4. 巻 15(02)
2. 論文標題 Simulation study on S01 based electron tracking Compton camera using deep learning method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 C02010
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 H. Tomita, A. Mukai, K. Kanamori, K. Shimazoe, H. Woo, Y. Tamura, S. Hara, R. Terabayashi, M. Uenomachi, A. Nurrachman, H. Takahashi, H. Ebi, F. Ishida, E. Takada, J. Kawarabayashi, K. Tsuchiya, T. Iguchi	4. 巻 2020
2. 論文標題 Gamma-ray Source Identification by a Vehicle-mounted 4 Compton Imager	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)	6. 最初と最後の頁 18-21
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 Takuya, Woo Hanwool, Komatsu Ren, Tamura Yusuke, Tomita Hideki, Shimazoe Kenji, Yamashita Atsushi, Asama Hajime	4. 巻 11
2. 論文標題 Path Planning for Localization of Radiation Sources Based on Principal Component Analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 4707 ~ 4707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app11104707	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 Tomita Hideki, Mukai Atsushi, Kanamori Kotaro, Shimazoe Kenji, Woo Hanwool, Tamura Yusuke, Hara Shintaro, Terabayashi Ryohei, Uenomachi Mizuki, Nurrachman Agus, Takahashi Hiroyuki, Ebi Hidetake, Ishida Fumihiko, Takada Eiji, Kawarabayashi Jun, Tsuchiya Ken'ichi, Iguchi Tetsuo	4. 巻 19431537
2. 論文標題 Gamma-ray Source Identification by a Vehicle-mounted 4 Compton Imager	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE/SICE	6. 最初と最後の頁 19431537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII46433.2020.9025865	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 Tomita Hideki, Hara Shintaro, Mukai Atsushi, Yamagishi Keita, Ebi Hidetake, Shimazoe Kenji, Tamura Yusuke, Woo Hanwool, Takahashi Hiroyuki, Asama Hajime, Ishida Fumihiko, Takada Eiji, Kawarabayashi Jun, Tanabe Kosuke, Kamada Kei	4. 巻 22
2. 論文標題 Path-Planning System for Radioisotope Identification Devices Using 4 Gamma Imaging Based on Random Forest Analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 4325 ~ 4325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s22124325	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 Shikaze Yoshiaki, Shimazoe Kenji	4. 巻 59
2. 論文標題 Improvement of analysis results from the GAGG scintillator Compton camera operated on an unmanned helicopter by selecting stable flight conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Science and Technology	6. 最初と最後の頁 44 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/00223131.2021.1948452	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22件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 向 篤志, 原 真太郎, 山岸 恵大, 寺林 稜平, 島添 健次, 田村 雄介, 禹 ハンウル, 岸本 卓也, Zhong Zhihong, 上ノ町 水紀, Agus Nurrachman, 高橋 浩之, 浅間 一, 富田 英生
2. 発表標題 全方向コンプトンイメージングに基づく放射線源可視化・定量法 の開発 (3) 無人ビークル搭載全方向コンプトンカメラを用いた実験的検証
3. 学会等名 日本原子力学会秋の大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 向 篤志, 原 真太郎, 山岸 恵大, 寺林 稜平, 島添 健次, 田村 雄介, 禹 ハンウル, 岸本 卓也, 湖上 碩樹, Zhong Zhihong, 上ノ町 水紀, Agus Nurrachman, 高橋 浩之, 浅間 一, 海老 秀虎, 石田 文彦, 高田 英治, 河原林 順, 田辺 鴻典, 鎌田 圭, 富田英生
2. 発表標題 全方向コンプトンカメラによる 放射性物質探知手法の開発 (7) 移動中逐次測定によるガンマ線源位置・強度推定の実証
3. 学会等名 応用物理学会 春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Agus Nur Rachman, Zhong Zhihong, Mizuki Uenomachi, Kenji Shimazoe, Hiroyuki Takahashi, Takuya Kishimoto, Hanwool Woo, Jun Kawarabayashi, Yusuke Tamura, Kei Kamada, Atsushi Mukai, Shintaro Hara, Keita Yamaishi, Ryohei Terabayashi, Hideki Tomita, et. al.
2. 発表標題 Prototype development of Sphere Compton imaging system with GFAG scintillators (1)
3. 学会等名 Atomic Energy Society of Japan 2020 Fall meeting
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Agus Nur Rachman, Zhong Zhihong, Mizuki Uenomachi, Kenji Shimazoe, Hiroyuki Takahashi, Takuya Kishimoto, Hanwool Woo, Jun Kawarabayashi, Yusuke Tamura, Kei Kamada, Atsushi Mukai, Shintaro Hara, Keita Yamaishi, Ryohei Terabayashi, Hideki Tomita, et. al.
2. 発表標題 Characterization of Time of Flight Compton Camera for Radiation Monitoring
3. 学会等名 Atomic Energy Society of Japan 2022 Annual Meeting
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山岸 恵大, 向 篤志, 原 真太郎, 寺林 稜平, 富田 英生, 鳥添 健次, 田村 雄介, 禹 ハンウル, 岸本 卓也, 湖上 碩樹, Zhong Zhihong, 上ノ町 水紀, Agus Nurrachman, 高橋 浩之, 浅間 一, 海老 秀虎, 石田 文彦, 高田 英治, 河原林 順, 田辺 鴻典, 鎌田 圭
2. 発表標題 全方向ガンマイメージングを用いた線源探知手法のための 自己位置推定と環境地図の構築
3. 学会等名 第35回研究会「放射線検出器とその応用」
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Tomita, A. Mukai, K. Kanamori, K. Shimazoe, H. Woo, Y. Tamura, S. Hara, R. Terabayashi, M. Uenomachi, A. Nurrachman, H. Takahashi, H. Ebi, F. Ishida, E. Takada, J. Kawarabayashi, K. Tsuchiya, T. Iguchi
2. 発表標題 Gamma-ray Source Identification by a Vehicle-mounted 4 Compton Imager
3. 学会等名 SII 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鳥添 健次
2. 発表標題 コンプトンガンマカメラの進展と活用
3. 学会等名 次世代放射線シンポジウム2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kotaro Kanamori, Atsushi Mukai, Hideki Tomita, Kohei Uema, Tetsuo Iguchi, Tetsuya Shimoyama, Jun Kawarabayashi, Eiji Takada, Yusuke Oshima, Yuri Yoshihara, Kenji Shimazoe, Hiroyuki Takahashi, Hanwool Woo, Yusuke Tamura
2. 発表標題 Development of 3D imaging of radioactive source using 4 sensitive Compton gamma camera
3. 学会等名 International Topical Workshop on Fukushima Decommissioning Research (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Mukai, Kotaro Kanamori, Hideki Tomita, Tetsuo Iguchi
2. 発表標題 Development of Compton Image Reconstruction on a Projection Sphere Pixelized by HEALPix
3. 学会等名 THE 10th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RADIATION SAFETY AND DETECTION Parkview Hotel, Taiyuan, China (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 向 篤志, 金森 滉太郎, 富田 英生, 海老 秀虎, 山岸 恵大, 石田 文彦, 高田 英治, 田村 雄介, 島添 健次, 原 真太郎, 井口 哲夫, 鎌田 圭, 土屋 兼一, 河原林 順
2. 発表標題 全方向コンプトンイメージングに基づく放射線源可視化・定量法の開発 (1)隠匿された線源の可視化・定量に関する基礎検討
3. 学会等名 日本原子力学会2019秋の大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金森 滉太郎, 向 篤志, 富田 英生, 原 真太郎, 海老 秀虎, 石田 文彦, 高田 英治, 島添 健次, 田村 雄介, 鎌田 圭, 土屋 兼一, 河原林 順, 井口 哲夫
2. 発表標題 全方向コンプトンカメラによる放射性物質探知手法の開発 (5) Origin Ensemble法を用いた 全方向イメージングによる線源推定
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideki Tomita, Kotaro Kanamori, Atsushi Mukai, Yusuke Oshima, Yuri Yoshihara, Kenji Shimazoe, Hiroyuki Takahashi, Hanwool Woo, Yusuke Tamura, Hidetake Ebi, Fumihiko Ishida, Eiji Takada, Jun Kawarabayashi, Ken'ichi Tsuchiya, Tetsuo Iguchi
2. 発表標題 Development of Radioactive source identification by 4 Compton gamma imaging using origin ensemble algorithm
3. 学会等名 2019 IEEE Nuclear Science Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田 英生
2. 発表標題 全方向コンプトンイメージングによる線源同定法の開発
3. 学会等名 Scintillator for Medical, Astroparticle and environmental Radiation Technologies (SMART2019) (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原 真太郎, 向 篤志, 金森 滉太郎, 富田 英生, 井口 哲夫, 寺林 稜平, 河原林 順, 堀 順一, 松本 哲郎, 島添 健次, 田村 雄介, 土屋 兼一, 高橋 浩之
2. 発表標題 全方向ガンマイメージングを用いた放射線源探知手法のための検出器移動アルゴリズムの開発
3. 学会等名 日本原子力学会中部支部第51回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田英生
2. 発表標題 全方向ガンマイメージングと自己位置推定・環境地図作成を用いた線源可視化・定量法の開発
3. 学会等名 第15回放射線計測フォーラム福島 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田英生
2. 発表標題 全方向ガンマイメージングによる線源強度・位置推定法とシンチレータ型イメージャの開発状況
3. 学会等名 シンチレータ利用技術研究会 (GAGGワークショップ) (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 富田英生
2. 発表標題 全方向ガンマイメージングと自己位置推定・環境地図作成を用いた線源探知プロトタイプシステムの開発
3. 学会等名 電気学会「放射線を利用した微量分析およびイメージング技術調査専門委員会」第3回委員会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 海老 秀虎, 向 篤志, 島添 健次, 田村 雄介, 兎 ハンウル, Zhong Zhihong, Agus Nurrachman, 高橋 浩之, 浅間 一, 石田 文彦, 高田 英治, 河原林 順, 田辺 鴻典, 土屋 兼一, 鎌田 圭, 富田 英生
2. 発表標題 全方向コンプトンイメージングに基づく放射線源同定におけるLIDAR-SLAMの導入と周辺構造物による遮蔽量の評価
3. 学会等名 次世代放射線シンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Mukai, Shintaro Hara, Keita Yamagishi, Hidetake Ebi, Fumihiko Ishida, Eiji Takada, Kenji Shimazoe, Yusuke Tamura, Hanwool Woo, Zhong Zhihong, Agus Nurrachman, Hiroyuki Takahashi, Hajime Asama, Mizuki Uenomachi, Jun Kawarabayashi, Kosuke Tanabe, Kei Kamada, and Hideki Tomita
2. 発表標題 Gamma-ray source identification based on fusion of 4 Compton imaging and 3D-LiDAR
3. 学会等名 International Topical Workshop on Fukushima Decommissioning Research 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Mukai, S. Hara, H. Tomita, K. Yamagishi, H. Ebi, F. Ishida, E. Takada, K. Shimazoe, Y. Tamura, H. Woo, H. Takahashi, H. Asama, J. Kawarabayashi, K. Tanabe, K. Kamada
2. 発表標題 Development of Path-planning System for Radioisotope Identification Device using 4 Gamma Imaging based on Random Forest Analysis
3. 学会等名 IEEE Nuclear Science Sympisium, Medical Imaging Conference 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 海老 秀虎, 向 篤志, 山岸 恵大, 原 真太郎, 石田 文彦, 高田 英治, 島添 健次, 田村 雄介, 禹 ハンウル, Zhong Zhihong, Agus Nurrachman, 高橋 浩之, 浅間 一, 上ノ町 水紀, 河原林 順, 田辺 鴻典, 鎌田 圭, 富田 英生
2. 発表標題 全方向コンプトンイメージングに基づく 放射線源可視化・定量法の開発(5)周辺構造物を考慮した線源同定と可視化
3. 学会等名 日本原子力学会 2022年春の年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 向 篤志, 原 真太郎, 山岸 恵大, 海老 秀虎, 石田 文彦, 高田 英治, 島添 健次, 田村 雄介, 禹 ハンウル, Zhong Zhihong, Agus Nurrachman, 高橋 浩之, 浅間 一, 上ノ町 水紀, 河原林 順, 田辺 鴻典, 鎌田 圭, 富田 英生
2. 発表標題 全方向コンプトンカメラによる放射性物質探知手法の開発(8) 放射線源とその周辺の障害物の環境地図上における特定と可視化
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 放射線分析方法、放射線検出器	発明者 島添健次、冠城雅晃	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-171244	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

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	高田 英治 (Takada Eiji) (00270885)	富山高等専門学校・その他部局等・教授 (53203)	
研究分担者	石田 文彦 (Ishida Fumihiko) (20345432)	富山高等専門学校・その他部局等・准教授 (53203)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	富田 英生 (Tomita Hideki) (20432239)	名古屋大学・工学研究科・准教授 (13901)	
研究分担者	田村 雄介 (Tamura Yusuke) (40515798)	東北大学・工学研究科・准教授 (11301)	
研究分担者	武田 彩希 (Takeda Ayaki) (40736667)	宮崎大学・工学部・准教授 (17601)	
研究分担者	鎌田 圭 (Kei Kamada) (60639649)	東北大学・未来科学技術共同研究センター・准教授 (11301)	
研究分担者	禹 ハンウル (Woo Hanwool) (80845272)	工学院大学・工学部・准教授 (32613)	

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