

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01424

研究課題名(和文) スペクトラルX線CTと7T-MRIを使った癌のマルチモーダルイメージング

研究課題名(英文) Multimodal imaging of cancerous regions utilizing spectral X-ray CT and 7T-MRI

研究代表者

渡邊 学 (Watanabe, Manabu)

東邦大学・医学部・教授

研究者番号：30297709

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ヨウ素(I)やガドリニウム(Gd)の造影剤を使ったKエッジ強調造影による癌のイメージングを行うため、我々は第1と第3世代のスペクトラルX線CT(SP-CT)スキャナーを開発した。第1と第3世代スキャナーの空間分解能はそれぞれ0.25と0.1mmで、微小血管が高コントラストで撮影された。7T-MRIでは、まず酸化ガドリニウム(Gd203)ナノ粒子懸濁液とT2*WIを使って癌造影を行った。ウサギの大腿静脈からの懸濁液の注射により、ウサギ大腿に生着したVX2の癌組織に粒子が効率よく残留し、グレイ濃度が著しく低下した。次に、耳からの懸濁液の点滴では、点滴直後に癌部位の陰性造影効果が見られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではフォトンカウンティングを利用したスペクトラルX線CTと7T-MRIの医療診断における先端技術を取り入れて、さらに新しい技術の開発を試みた。第1世代CTではデュアル、トリプル、クアッドエネルギーのスキャナーが開発され、撮影エネルギー範囲を変化させることにより、血管のコントラストが著しく変化した。第3世代では空間分解能が0.1mm程度まで改善され、3D-CTも実現された。一方、7T-MRIでは陰性造影剤としての酸化ガドリニウムナノ粒子懸濁液が開発され、造影効果が確認された。磁性ナノ粒子はハイパーサーミアにも利用できることから、癌治療への応用も期待される。

研究成果の概要(英文)：To visualize cancerous region utilizing enhanced K-edge angiography using I and Gd media, we developed both the first- and third-generation X-ray spectral CT (SP-CT) scanners. The spatial resolutions of the first and third scanners were 0.25 and 0.1mm, respectively, and fine blood vessels were observed at high contrasts. Using 7T-MRI and T2*WI, we carried out cancer-region visualization using Gd203-nanoparticle suspension. The nanoparticles remained effectively in the rabbit-thigh cancer utilizing femoral-vein injection, and the gray-value density in the cancer substantially decreased. In the infusion of the nanoparticle suspension from a rabbit ear, a negative contrast effect in the cancerous region was observed immediately after the infusion.

研究分野：外科

キーワード：X線CT CdTe検出器 フォトンカウンティング CdTeアレー スペクトラルCT 7T-MRI ナノ粒子懸濁液
陰性造影剤

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。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我々は X 線スペクトルの測定で用いる冷却式 CdTe 検出器を用いて第 1 世代のエネルギー弁別 SP-CT の基礎研究を行い、I と Gd 造影剤を用いた K エッジ強調撮影に成功した。CdTe 検出器のエネルギー分解能は 1% at 59.5 keV で、さらなる分解能の向上がはかられている。研究当初、撮影に用いる X 線光子はマルチチャンネルアナライザーなどにより選択され、カウントレートを増し画質を向上させることが難しかった。よって、カウントレートの増加と空間分解能を向上させる必要があった。

近年、高い空間・コントラストの分解能を有する 7T-MRI が共同利用されるようになり、我々はこのスキャナーを癌診断に用いることを考えた。また、磁性ナノ粒子は MRI の造影剤として、さらに交流磁場を使ったハイパーサーミアにも利用できることから、我々は Gd₂O₃ を用いた癌の診断と治療に興味を持った。

2. 研究の目的

癌診断を主目的として、エネルギー分解能 1% at 59.5 keV の CdTe 検出器を用いた光子カウント式 SP-CT スキャナーを構築し、K エッジ強調法やエネルギーサブトラクション法によりファントム内の濃度 1.0~10 mg/mL の Gd や I の原子を描出した。次いで、CdTe アレーを用いた前臨床 SP-CT スキャナーを構築し、3D イメージングも行った。

高い空間分解能の超高磁場 7T-MRI スキャナーと Gd₂O₃ ナノ粒子陰性造影剤を用い、静脈注射により血中 Gd 濃度を 0.5~2.0 mg/ml に調整し、T2*強調イメージング (T2*WI) により癌内の Gd 原子を描出した。次にガドペンタ酸メグルミン・ブドウ糖溶液をつくり、T1WI による癌造影効果について検討した。

3. 研究の方法

3.1 CdTe を用いた第 1 世代 SP-CT スキャナーの構築

CdTe 検出器を使ったトリプルエネルギー SP-CT スキャナーでは X 線源と検出器が固定された。第 1 と 2 のピンホールを用いて線ビームを形成し、被写体に照射した。被写体からの散乱線を第 3 ピンホールで除去し、直径 0.25mm の第 4 ピンホールを通して CdTe で検出した。ターンテーブル上の被写体が並進と回転を繰り返すことにより、プロジェクション出力が得られ、断層像が再構成された。

X 線光子の吸収により CdTe で発生する電流を検出器に取り付けられた電荷有感増幅器で電圧に変換し、整形増幅器でさらに増幅した。整形増幅器から発生するイベントパルスをも 3 個のコンパレーターに同時に入力し、スレッシュホールドエネルギーを決定する。スレッシュホールドエネルギー間の光子は光子セレクターでカウントされ、カウントレートは直流電圧に変換される。電圧出力は ADC を介して PC に送られ、3 断層像が同時に再構成された。ここで I と Gd の造影剤を使った K エッジ CT のエネルギー範囲はそれぞれ 33-50 と 50-90keV であった。

3.2 CdTe アレーを用いた第 3 世代 SP-CT スキャナーの構築

トリプルエネルギーの SP-CT ではピクセルサイズが 0.1mm の CdTe アレーを用いた。アレーのスレッシュホールドエネルギーを 33 と 50keV に設定し、エネルギーサブトラクション分も含めて 3 つのエネルギー範囲で同時に撮影した。実験では 0.1mm フォーカス X 線管を用い、X 線管の検出器を固定し、ターンテーブルで被写体を回転することにより、撮影が行われた。

3.3 7T-MRI スキャナーとナノ粒子懸濁液を用いた癌のイメージング

生理食塩水と Gd₂O₃ ナノ粒子を混合し、血中の Gd₂O₃ 濃度が最大で 2mg/mL となるようにして、ウサギ VX2 大腿癌の T2*WI による造影を試みた。

3.4 7T-MRI スキャナーとガドペンタ酸メグルミン・ブドウ糖を用いた癌のイメージング

まずガドペンタ酸メグルミンと生理食塩水を混合して点滴し、耳からの点滴により VX2 癌組織の造影効果を確認した。次いで、5%ブドウ糖溶液とガドペンタ酸メグルミンを混合させ、ウサギの耳から点滴して、T1WI による癌造影効果の時間変化を確認した。

4. 研究成果

4.1 CdTe を用いた第 1 世代 SP-CT

エネルギー分解能は 1% at 59.5keV で空間分解能は 0.25mm まで改善することができた。I や Gd の造影剤を使った K エッジ CT では、動物ファントム中の微小血管が高コントラストで撮影できた。

4.2 CdTe アレーを用いた第 3 世代 SP-CT

CdTe ピクセル個々のエネルギー分解能は高いが、アレー全体では散乱線等のため、エネルギー範囲の変化による画像コントラストの変化は第 1 世代のものと比較して小さい。しかし、空間分解能は 0.1mm 程度まで改善でき、微小血管を 3D で描出することが容易であった。

4.3 7T-MRI とナノ粒子懸濁液を用いた癌のイメージング

大腿静脈からの Gd_2O_3 ナノ粒子懸濁液の注射により、ナノ粒子が癌部位に残留し、 $T2^*WI$ を用いて癌部位のグレイ濃度が著しく減少した。一方、生理食塩水やブドウ糖などの溶媒による濃度変化は見られなかった。次にウサギの耳からの生理食塩水懸濁液の点滴では、点滴直後に癌部位のグレイ値が減少し、大腿静脈からの注射と比較してナノ粒子の癌組織への残留量は少なかった。また、粒子の分散をじゅうぶんに行った場合には、ウサギが死亡することはなかった。加えて、ブドウ糖懸濁液の点滴から3日後において、 $T1WI$ により癌組織のグレイ濃度は若干増加した。これは脂肪の増加によると考えられる。

4.4 7T-MRI とガドペン ト酸メグルミン・ブドウ糖を用いた癌のイメージング

ガドペン ト酸メグルミンと生理食塩水を用いた造影では癌の辺縁のグレイ濃度は増加したが、低酸素領域のグレイ濃度はそれほど増加しなかった。一方、ガドペン ト酸メグルミン・ブドウ糖溶液を点滴した場合には、 $T1WI$ により癌辺縁と低酸素領域のグレイ濃度は増加し、造影効果は90分以上継続した。これはガドペン ト酸メグルミン分子がブドウ糖と一緒に癌細胞に取り込まれたからと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Moriyama Hodaka, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya, Oda Yasuyuki, Sato Eiichi	4. 巻 199
2. 論文標題 Low-dose low-scattering X-ray computed tomography with high-spatial-energy resolutions using a cooled cadmium telluride detector	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ultramicroscopy	6. 最初と最後の頁 62 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ultramic.2019.01.014	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 Enomoto, T., Sato, E., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Watanabe, M., Kusachi, S.	4. 巻 7
2. 論文標題 Zero-dark-counting brief measurement of X-ray spectra using a lutetium-oxorthosilicate multipixel-photon detector driven in pre-Geiger mode.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Int. J. Sci. Res	6. 最初と最後の頁 1751 ~ 1756
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21275/ART20182699	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 Watanabe, M., Sato, E., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Kusachi, S.	4. 巻 7
2. 論文標題 Dual-energy low-dose X-ray computed tomography scanner using a room-temperature cadmium telluride detector.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Int. J. Sci. Res.	6. 最初と最後の頁 184 ~ 189
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.21275/ART20182964	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 Watanabe Manabu, Sato Eiichi, Oda Yasuyuki, Moriyama Hodaka, Hagiwara Osahiko, Matsukiyo Hiroshi, Enomoto Toshiyuki, Kusachi Shinya	4. 巻 7
2. 論文標題 Enhanced K-Edge Radiography Using a High-Spatial-Resolution Cadmium Telluride Array Detector	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology	6. 最初と最後の頁 296 ~ 307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/ijmpcero.2018.73024	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 8)Watanabe, M., Sato, E., Oda, Y., Yoshida, S., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Kusachi, S.	4. 巻 10763
2. 論文標題 Dual-energy x-ray computed tomography scanner using a room-temperature cadmium-telluride detector and a range-region counter	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SPIE 10763	6. 最初と最後の頁 1076302-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2323756	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 Moriyama Hodaka, Oda Yasuyuki, Sato Yuichi, Yoshida Sohei, Yamaguchi Satoshi, Hagiwara Osahiko, Matsukiyo Hiroshi, Enomoto Toshiyuki, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya, Sato Eiichi	4. 巻 10763
2. 論文標題 Triple-energy high-count-rate x-ray computed tomography scanner using a cooled cadmium-telluride detector	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SPIE 10763	6. 最初と最後の頁 107630H-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2320172	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 Sato Eiichi, Oda Yasuyuki, Yoshida Sohei, Yamaguchi Satoshi, Sato Yuichi, Hagiwara Osahiko, Matsukiyo Hiroshi, Enomoto Toshiyuki, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya, Moriyama Hodaka	4. 巻 10763
2. 論文標題 Dual-energy high-count-rate x-ray computed tomography using a cerium-doped yttrium-aluminum-perovskite crystal and a photomultiplier tube	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SPIE 10763	6. 最初と最後の頁 107630I-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2320174	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 Sato, E., Oda, Y., Sagae, M., Yoshida, S., Yamaguchi, S., Sato, Y., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.	4. 巻 53
2. 論文標題 Development of an amplifier module for measuring X-ray spectra using a photomultiplier tube.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ann. Rep. Iwate Med. Univ. Center Lib. Arts Sci.	6. 最初と最後の頁 1-6
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 Sato, E., Oda, Y., Sagae, M., Yoshida, S., Yamaguchi, S., Sato, Y., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.	4. 巻 53
2. 論文標題 High-sensitivity compact dosimeter using two silicon X-ray diode.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ann. Rep. Iwate Med. Univ. Center Lib. Arts Sci.	6. 最初と最後の頁 7-12
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 Sato Eiichi, Kosuge Yoshiyuki, Yamanome Hayato, Mikata Akiko, Miura Tatsuya, Oda Yasuyuki, Ishii Tomotaka, Hagiwara Osahiko, Matsukiyo Hiroshi, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya	4. 巻 130
2. 論文標題 Investigation of dual-energy X-ray photon counting using a cadmium telluride detector with dual-energy selection electronics	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Radiation Physics and Chemistry	6. 最初と最後の頁 385 ~ 390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radphyschem.2016.09.018	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 Matsukiyo Hiroshi, Sato Eiichi, Oda Yasuyuki, Yamaguchi Satoshi, Sato Yuichi, Hagiwara Osahiko, Enomoto Toshiyuki, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya	4. 巻 130
2. 論文標題 Investigation of quad-energy high-rate photon counting for X-ray computed tomography using a cadmium telluride detector	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Applied Radiation and Isotopes	6. 最初と最後の頁 54 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apradiso.2017.09.011	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 Hagiwara Osahiko, Sato Eiichi, Oda Yasuyuki, Yamaguchi Satoshi, Sato Yuichi, Matsukiyo Hiroshi, Enomoto Toshiyuki, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya	4. 巻 6
2. 論文標題 Dual-Energy X-Ray Computed Tomography Scanner Using Two Different Energy-Selection Electronics and a Lutetium-Oxyorthosilicate Photomultiplier Detector	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Medical Physics, Clinical Engineering and Radiation Oncology	6. 最初と最後の頁 266 ~ 279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/ijmpcero.2017.63024	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 Sato Eiichi, Oda Yasuyuki, Ishii Tomotaka, Hagiwara Osahiko, Matsukiyo Hiroshi, Enomoto Toshiyuki, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya	4. 巻 107
2. 論文標題 Brief measurement of X-ray spectra using a lutetium-yttrium-oxyorthosilicate crystal and a micro-photomultiplier tube	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 94 ~ 101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2017.09.007	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 Sato Eiichi, Oda Yasuyuki, Sato Yuichi, Yoshida Sohei, Ishii Tomotaka, Hagiwara Osahiko, Matsukiyo Hiroshi, Enomoto Toshiyuki, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya, Yamaguchi Satoshi	4. 巻 103930U
2. 論文標題 Investigation of a high-sensitivity near-infrared-ray computed tomography scanner	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPIE	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2275290	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 Sato Eiichi, Oda Yasuyuki, Yoshida Sohei, Yamaguchi Satoshi, Hagiwara Osahiko, Sato Yuichi, Ishii Tomotaka, Matsukiyo Hiroshi, Enomoto Toshiyuki, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya	4. 巻 103930J
2. 論文標題 Measurement of x-ray spectra using a recent YAP(Ce)-MPPC detector	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 SPIE 10393	6. 最初と最後の頁 1 ~ 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2275288	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 Sato E, Oda Y, Sagae M, Yoshida S, Yamaguchi S, Sato Y, Moriyama H, Hagiwara O, Matsukiyo H, Enomoto T, Watanabe M, Kusachi S	4. 巻 51
2. 論文標題 Development of a compact dosimeter using a silicon X-ray diode and a long USB cable.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ann. Rep. Iwate Med. Univ. Center Lib. Arts Sci.	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) 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 Sato E, Oda Y, Sagae M, Yoshida S, Yamaguchi S, Sato Y, Moriyama H, Hagiwara O, Matsukiyo H, Enomoto T, Watanabe M, Kusachi S	4. 巻 51
2. 論文標題 Measurement of X-ray spectra using a photomultiplier tube in conjunction with a simple inverse amplifier.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Ann. Rep. Iwate Med. Univ. Center Lib. Arts Sci.	6. 最初と最後の頁 7~12
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 Sato Tsukuru, Sato Eiichi, Oda Yasuyuki, Sato Yuichi, Yamaguchi Satoshi, Hagiwara Osahiko, Yoshida Sohei, Matsukiyo Hiroshi, Enomoto Toshiyuki, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya	4. 巻 -
2. 論文標題 Dual-energy high-count-rate X-ray computed tomography scanner using a cerium-doped yttrium aluminum perovskite crystal and a small-photomultiplier tube	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Health and Technology	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) 10.1007/s12553-018-0234-6	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 Sato Eiichi, Sato Tsukuru, Oda Yasuyuki, Sato Yuichi, Yoshida Sohei, Yamaguchi Satoshi, Hagiwara Osahiko, Matsukiyo Hiroshi, Enomoto Toshiyuki, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya	4. 巻 -
2. 論文標題 Triple-energy high-count-rate X-ray computed tomography scanner using a cadmium telluride detector	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Health and Technology	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) 10.1007/s12553-018-0236-4	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 Sato Yuichi, Takaoka Akiko, Sato Tsukuru, Sato Eiichi, Oda Yasuyuki, Yoshida Sohei, Moriyama Hodaka, Hagiwara Osahiko, Matsukiyo Hiroshi, Enomoto Toshiyuki, Watanabe Manabu, Kusachi Shinya	4. 巻 -
2. 論文標題 850-nm-peak high-sensitivity near-infrared-ray computed tomography scanner in the living-body window	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Health and Technology	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) 10.1007/s12553-018-0237-3	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 -

〔学会発表〕 計17件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 13件）

1. 発表者名 Sato, E. Oda, Y., Sato, Y., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2. 発表標題 850-nm-peak high-spatial-resolution near-infrared-ray computed tomography in the living-body window.
3. 学会等名 Asia-Oceania Congress on Medical Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sato, E. Oda, Y., Sato, Y., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2. 発表標題 Low-dose tripe-energy X-ray computed tomography using a cadmium telluride detector with high-spatial and -energy resolutions.
3. 学会等名 Asia-Oceania Congress on Medical Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sato, E., Oda, Y., Sato, Y., Morikaya, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2. 発表標題 Intense nickel-K-photon irradiation from weakly-ionized linear plasma X-ray source with a zinc reflector.
3. 学会等名 32nd Int. Congr. High-Speed Imaging and Photonics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Watanabe, M., Sato, E., Oda, Y., Sato, Y., Yamaguchi, S., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Kusachi, S.
2. 発表標題 High-speed tripe-energy X-ray photon counter using a room-temperature cadmium-telluride detector and its application to high-spatial-resolution low-dose computed tomography.
3. 学会等名 32nd Int. Congr. High-Speed Imaging and Photonics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Sato, Y., Sato, E., Oda, Y., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2 . 発表標題 High-speed dual-energy X-ray photon counter using a YAP(Ce)-photomultiplier detector and its application to low-dose computed tomography.
3 . 学会等名 32nd Int. Congr. High-Speed Imaging and Photonics (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Watanabe, M., Sato, E., Oda, Y., Yoshida, S., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Kusachi, S.
2 . 発表標題 Dual-energy X-ray computed tomography scanner using a room-temperature cadmium-telluride detector and a range-region counter.
3 . 学会等名 SPIE Optics+Photonics (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Moriyama, H., Sato, E., Oda, Y., Sato, Y., Yoshida, S., Yamaguchi, S., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2 . 発表標題 Triple-energy high-count-rate X-ray computed tomography scanner using a cooled cadmium-telluride detector.
3 . 学会等名 SPIE Optics+Photonics (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Sato, E., Oda, Y., Yoshida, S., Yamaguchi, S., Sato, Y., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2 . 発表標題 Dual-energy high-count-rate X-ray computed tomography using a cerium-doped yttrium-aluminum-perovskite crystal and a photomultiplier tube.
3 . 学会等名 SPIE Optics+Photonics (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Sato, E., Oda, Y., Yoshida, S., Yamaguchi, S., Sato, Y., Ishii, T., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2. 発表標題 Measurement of x-ray spectra using a recent YAP(Ce)-MPPC detector.
3. 学会等名 SPIE Optics+Photonics. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sato, E., Oda, Y., Yoshida, S., Yamaguchi, S., Sato, Y., Ishii, T., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2. 発表標題 Investigation of a high-sensitivity near-infrared-ray computed tomography scanner.
3. 学会等名 SPIE Optics+Photonics. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤英一, 小田泰行, 森山穂高, 萩原令彦, 松清大, 榎本俊之, 渡邊学, 草地信也
2. 発表標題 CdTe 検出器を使った高カウントレートクアドエネルギー X線 CT スキャナー.
3. 学会等名 高速度イメージングとフォトニクスに関する総合シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤英一, 小田泰行, 森山穂高, 萩原令彦, 松清大, 榎本俊之, 渡邊学, 草地信也
2. 発表標題 マイクロ光電子増倍管を用いた高速 線フォトンカウンティングとデュアル エネルギーCT への応用.
3. 学会等名 高速度イメージングとフォトニクスに関する総合シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡邊 学, 佐藤 英一, 小田 泰行, 萩原 令彦, 松清 大, 榎本 俊行, 森山 穂高, 草地 信也
2. 発表標題 高空間分解能デュアル CdTe アレー検出器の特性と 線イメージング.
3. 学会等名 高速度イメージングとフォトニクスに関する総合シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森山穂高, 佐藤英一, 小田泰行, 萩原令彦, 松清大, 榎本俊之, 渡邊 学, 草地信也
2. 発表標題 小型光電子増倍管を用いた高速 線フォトンカウンティングとデュアルエネルギー CT への応用.
3. 学会等名 高速度イメージングとフォトニクスに関する総合シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sato, Y., Takaoka, A., Sato, T., Sato, E., Oda, Y., Yoshida, S., Moriyama, H., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2. 発表標題 850-nm-peak high-sensitivity near-infrared-ray computed tomography scanner in the living-body window.
3. 学会等名 17th Asia Oceania Congress of Medical Physics, (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sato, E., Sato, T., Oda, Y., Sato, Y., Yoshida, S., Yamaguchi, S., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2. 発表標題 Triple-energy high-count-rate X-ray computed tomography scanner using a cadmium telluride detector.
3. 学会等名 17th Asia Oceania Congress of Medical Physics, (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sato, T., Sato, E., Oda, Y., Sato, Y., Yoshida, S., Yamaguchi, S., Hagiwara, O., Matsukiyo, H., Enomoto, T., Watanabe, M., Kusachi, S.
2. 発表標題 Dual-energy high-count-rate X-ray computed tomography scanner using a cerium-doped yttrium aluminum perovskite crystal and a small-photomultiplier tube.
3. 学会等名 17th Asia Oceania Congress of Medical Physics, (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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