

令和元年6月16日現在

機関番号：34324

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K09015

研究課題名(和文) フォトンカウンティングマンモグラフィによる物質同定のための基礎的検討

研究課題名(英文) Fundamental study for the substance identified in photon counting mammography

研究代表者

小寺 吉衛 (Kodera, Yoshie)

京都医療科学大学・医療科学部・研究員

研究者番号：10124794

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：試作のフォトンカウンティングマンモグラフィ装置を用いて、乳がん患者の摘出乳房の組成組織の物質同定を行った。乳腺組織とがん組織の組成の分離は非常に難しいが、がんの種類によっては分離の可能性が示唆された。実効原子番号ごとの画像表示が可能で、吸収画像との融合画像で表示した。また、最適な画質と被曝低減を目指して撮影条件を実測とシミュレーションで検討した。デジタル画像では、被写体コントラストが低くてもコントラストを強調することが可能であり、アナログ画像のように低いエネルギー撮影する必要はなく、むしろ、高エネルギーで撮影して量子雑音の少ない高コントラスト対雑音比の画像が有効であることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

連続スペクトルを持つX線のスペクトル情報の利用は、多くの医療関係者の望むところであり、現在種々の研究開発が行われているが、いまだその最終目的は達成されていない。本研究は、独自の解析方法を用いることで精度よく生体内の物質の同定に成功し、その可視化も実現している。今後、本手法を用いることで、これまでにはない新たな生体情報の取得が可能になり、画像診断の可能性の大きく広がることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：In analog systems, high contrast images are necessary to identify breast cancer. However, in the digital system, high CNR (contrast-to-noise ratio) is required. A novel energy-resolved photon-counting mammography (ERPCM) is being developed using a cadmium zinc telluride detector. The purpose of this study is to examine whether to obtain the higher CNR image using higher tube voltage, and is to create a novel fusion medical image of anatomy and physics, and explore the clinical meaning of this image. It was suggested that there is the usefulness of using high tube voltage for thicker and dense breast. On the scatterplots, it could discriminate the tumor values from normal tissue values for each case by a case. And on the fusion images, by coloring to around 20% from the top of the scatter points, the tumors on the images which the same part was diagnosed as a tumor were colored.

研究分野：放射線画像工学

キーワード：フォトンカウンティング技術 マンモグラフィ 物質同定 実効原子番号 コントラスト対雑音比 被曝低減

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

乳がんは日本人女性で最も罹患率の高いがんであるが、早期発見の場合の生存率も高いことが知られている。乳房組織は脂肪と乳腺組織からなり、これらの組織と腫瘍組織を画像上で分離する目的でマンモグラフィが撮影される。マンモグラフィは、死亡率の減少が認められている唯一の診断法であるが、乳腺含有率の高い乳房(dens breast)に対しては、被曝線量が大きく、かつ診断が難しいことから、その場合には超音波診断が薦められている。特に、欧米に比較して東洋の女性の乳房は、乳房厚が薄い割に乳腺が発達して dens breast が多く、マンモグラフィは不適であるとさえ言われる場合がある。本研究は、フォトンカウンティング技術をマンモグラフィに応用することにより、物質同定を用いて乳腺含有率を画素ごとに決定して、適切なX線照射を行うとともに、さらに物質同定の精度をあげることで、乳腺と腫瘍の物質同定も視野に入れた画期的な撮影法の開発を目指している。

### 2. 研究の目的

乳腺組織と腫瘍組織は線減弱係数の差が 20keV で  $0.04\text{cm}^{-1}$  とわずかであり、マンモグラフィでは画像上でこの差を大きくするために低いX線エネルギーを使用している。しかし、低いエネルギーは乳腺組織での吸収が大きく、被曝線量の増大につながっている。マンモグラフィ装置がデジタル系に移行したことで、画像処理が可能になったことから、コントラストが低くてもコントラスト対雑音比(CNR)が大きければ、コントラストを強調することで見やすくかつ検出率の高い画像を得ることが可能である。また、フォトンカウンティングマンモグラフィ装置はすでに市販の装置があるが、この装置は、検出器の材質として Si (シリコン) を用いているため、高いエネルギーでの撮影が不可能であった。これは被曝の点で不利である。また、利用できるビン(エネルギー帯域)が二つしかなく、物質同定の精度も限られている。本研究で開発を目指す検出器は、検出部分の材質として CdTe 系を考えているため、高いエネルギーでの撮影が可能であり、劇的な被曝低減が望めることと、ビンの数を三つにすることで、より精度の高い物質同定が可能になった。予備的な研究では、被曝の低減といくつかの組織の物質同定に成功しており、実用的な装置の完成も極めて現実的なものになってきていた。本研究では、さらに実際のシステムに近い計算機シミュレーションを構築し、さらに開発したフォトンカウンティング用試作機を用いて正確な被曝線量の推定を行うとともに、臨床病院で摘出直後の乳癌を含む乳房組織を試作機で撮影し、乳腺組織の物質同定を行うことを目的とする。

### 3. 研究の方法

開発中の装置の原理を模擬したプログラムを用いてシミュレーションを行う。まず、透過X線を三つのエネルギー帯域に分割し、各エネルギー帯域を BIN1, BIN2, BIN3 として、それぞれの BIN において算出された線減弱係数にビームハードニング(BH)補正を施し、 $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\mu_3$  とする。この各  $\mu$  と被写体の厚さ  $t$  から AAL (average absorption length) を次の式で算出する。

$$\text{AAL} = t(\mu_1 + \mu_2 + \mu_3) / 3$$

この AAL をピクセル値とする AAL 画像を作成し評価を行う。管電圧は 50kV(W ターゲット/1.5mm 厚 Al フィルタ)と 75kV(W ターゲット/2.0mm 厚 Al フィルタ)とし、それぞれ、平均乳腺線量が等しくなるような光子数を設定する。乳房ファントムは、乳腺:脂肪=7:3 の混合物の中に腫瘍を設置した構造とし、乳房厚は 20, 40, 60, 80mm の 4 種類を用意した。得られた画像の腫瘍とバックグラウンドにそれぞれ ROI を設定して CNR を算出する。

#### 2) 乳腺組織と腫瘍組織の鑑別

当初の計画では、乳腺組織と腫瘍組織の組成を調べるために、三河乳がんクリニックにおいて過去に乳癌で摘出された乳房 900 症例を用いた。摘出標本はホルマリン固定され真空パックして保存されており、これらの標本を乳癌の種類ごとに分類し、乳腺組織部分と腫瘍部分をそれぞれX線で照射し、透過X線のスペクトルを測定することで透過部分の物質を同定した。しかし、本手法では、ホルマリンの影響を否定できず、その後、計画を変更し、術後すぐの摘出標本の撮影を行い、同様の実験を行った。透過スペクトルから物質を同定するためには、標本に対する高い精度のスペクトル計測と位置合わせが必要である。乳腺組織と腫瘍組織の間に微弱でも組成の違いがあれば、後述する成分の違いを高精度で鑑別できる方法を用いて腫瘍の有無を画像上にマークし、読影者に知らせることが可能となる。

#### 3) 物質同定の方法

我々が用いる光子計数型検出器は、エネルギーBIN を三つに分けて出力可能な装置で、低エネルギー側に含まれる電気ノイズを除き、三つのエネルギー帯域に分けてX線光子数をカウントできる。入射光子数と透過光子数をそれぞれ計測し、各 BIN の実効エネルギーが厚み  $t$  に寄らず一定であると、線源弱係数の正規化ベクトルとベクトル長を計算できる。ここで正規化ベクトルは物質に固有で厚みに依存しない。またベクトル長は、より低エネルギー側の特徴が反映された値として画像生成(擬似吸収画像と呼ぶ)されコントラストの大きいのが特徴である。このように新規考案の極座標表現で、物質の厚み  $t$  に依存せず物質同定と吸収画像を同時に取得出来るのが、今回の研究の最大の特徴である。

一方、厚みが既知で特定物質と類似のX線線源弱係数を持つ素材で画像取得を行い、BIN 毎に厚み  $t$  と画像から求められる各  $\mu t$  をグラフ化すると、厚み  $t$  が増すに従い、直線からずれる。これは各エネルギーBIN 内で  $t$  が厚くなるに従いビームハードニング(BH)が強くなることを示

す。我々は、このBHを補正する方法を提案する。この補正を行えば、三つの線減弱係数を三軸として持つ散布点で物質単位で厚みに依存せず一点を中心に散布図空間に分布する。本技術は、言わば光子計数型の三つのエネルギー-BIN設定からBHの影響をほぼ排除し、三つの単色X線で撮影したのと等価な情報を引き出し、物質同定精度を飛躍的に向上させる。そのため軟組織から構成され、精度の高い組織間の違いの検出が必要なマンモグラフィに必須の革新的な技術である。

#### 4. 研究成果

##### 1) 画質評価

開発中のエネルギー弁別型フォトンカウンティングマンモグラフィ装置(ERPCM)で用いているCdZnTe検出器の特性を生かし、高エネルギーX線(管電圧50kVと75kV)での乳癌腫瘍ファントム撮影時の各bin毎に得られる吸収特性から求めた値を画素値とした疑似吸収X線画像(AAL画像)の画質評価をシミュレーションによりcontrast-to-noise ratio(CNR)を用いて行った。ファントム厚が薄いと(40-60mm)は、50kVの方が75kVに比べCNRが良かったが、厚いと(80mm)は、両者におけるCNRがほぼ同等になった。これは、高いエネルギーで被写体を透過する光子数が増加し、雑音である量子モトルが減少する効果によるものと考えられ、被写体が厚くなるにつれ、さらにこの効果が増すことがわかった。このことは、圧迫乳房厚が厚い被検者や高濃度乳腺の被検者の撮影において高画質が得られる可能性を示唆した。(第74回日本放射線技術学会総会学術大会、横浜、2018、4で鈴木が発表)

ERPCMによるAAL画像の高エネルギーX線の有用性について、上記のシミュレーションでの結果に加えて試作実機での実測で検証した。40mm厚のマンモグラフィ画質評価用ファントム上に0-40mmのアクリル板を加えて最大80mm厚のファントムとし、信号用には低コントラストを評価するために1mm厚のアクリル板を用いた。管電圧50kVと75kVでの平均乳腺線量を同じにした場合の評価については、80mm厚において、50kVに対して75kVでのCNRが良好であることがわかった(鈴木)。(IWBI 2018, Atlanta, GA, USA, 2018, 7で佐々木、鈴木が発表)。次に、さらに高濃度乳腺に対して、シミュレーションを用いて画質の検討を行った。乳腺含有率70%のファントム中に乳癌ファントムを埋め込んだ形のもので、50kVと75kVでのCNRを比較すると、ファントム厚20mmでは50kVの方が良いが、40mmを超えると75kVの方が良いという結果となった(鈴木)。

これまでに行ってきたCNRを用いたAAL画像の画質評価について、平均乳腺線量を標準的な1.24mGyで統一して再計算し、管電圧50kV、75kVと乳腺量50%、70%の相互の組合せで見直しを行った。ここでは、モンテカルロシミュレーションの計算結果に基づいて、各条件に対しての入射光子数を決定し、ジョブ社のERPCMシミュレーションプログラムで画像データを得た。この結果、乳腺量50%では圧迫乳房厚に相当するファントム厚が40mmを超えると50kVに比べ75kVの方がCNRが向上し、乳腺量70%では、ファントム厚40mmかそれより薄い状態で75kVのCNRが向上していた。また、高濃度乳腺の被写体においてAAL画像の優位性が期待できることがわかった(鈴木)。(ECR 2019, Vienna, Austria, 2019, 2-3で佐々木、鈴木が発表。)

##### 2) 摘出直後の標本による物質同定の検討

三河乳がんクリニックにおいて、乳癌を含む乳房切除標本(ホルマリン固定されスライスされたもの)と基準ファントムをERPCM試作実機で撮影し組織の違いによる物質弁別能を調べた。得られた画像上に乳腺組織、脂肪組織、乳癌組織、基準ファントム(100%乳腺、50%乳腺、0%乳腺=脂肪100%)の関心領域を配置して、それらから得られた値を極座標グラフ上にプロットした。六つの症例につき、脂肪組織は他の組織と明瞭に鑑別できた。乳腺と乳癌については鑑別できた症例とできなかった症例が存在した。この原因として、それぞれの組織に染みこんでいるホルマリンの影響が考えられた(佐々木)。

ホルマリン固定の影響を排除するために、三河乳がんクリニックにおいて摘出直後の乳癌を含む乳房組織をERPCM試作実機で撮影した。画像上に、それぞれ、正常組織と考えられる組織、脂肪組織と考えられる組織、X線透過方向に正常組織と乳癌が存在する組織の部分に関心領域を配置し、それらから得られた値を極座標グラフ上にプロットした。評価を行った3症例において、それぞれのプロットはほぼきれいに分かれ、物質鑑別が可能であることが示唆された。ただし、乳癌主要部分に着目した場合、それを挟んでいる正常組織の厚みの割合がプロット位置に影響し変動を与えているようであった(佐々木)。

三河乳がんクリニックで撮影された摘出直後の乳癌を含む乳房組織2症例について、極座標グラフによる物質鑑別について検討した上で、株式会社ジョブ開発のXprismを用いて、画像上のピクセルごとに、実効原子番号に応じてカラースケールによる色付けを行い、AAL画像上に合成を行った。以前の検討で、乳癌組織とそれ以外の組織が鑑別できることがわかっているが、乳癌組織を挟む組織の影響で実効原子番号が一定でないため、カラースケールの割り当てには、ある程度手動でのしきい値調整が必要であった。

(SPIE Medical Imaging 2019, San Diego, CA, USA, 2019, 2で、佐々木が発表)

さらに、新たな摘出組織3症例について物質鑑別能の検討を行った。各組織上の複数の関心領域から得られる値を極座標グラフ上に平均値と標準偏差で示したところ、ほぼ重なりなく鑑別できることが示された。また、XprismとAALの融合画像においても乳癌や石灰化が抽出して色づけされた(佐々木)。これらの結果から、本研究の手法を用いて物質同定がある程度可能で

あり、これまでの診断法とは異なる生体情報の取得の可能性が示唆された。

## 5 . 主な発表論文等

### [ 雑誌論文 ] ( 計 7 件 )

- Ai Nakajima, Akiko Ithori, Hiroko Nishide, Shuji Koyama, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Masahiro Okada, Yoshie Kodera, Detection of microcalcifications and tumor tissue in mammography using a CdTe-series photon-counting detector, Proc. SPIE, Medical Imaging 2017: Physics of Medical Imaging, 査読無、10132 巻、2017、1013247-1-8  
DOI: 10.1117/12.2253576
- Ping Yan, Yoshie Kodera, Kazuhiro Shimamoto, Evaluation of Deformable Image Registration for Three-Dimensional Temporal Subtraction of Chest Computed Tomography Images, International Journal of Biomedical Imaging, 査読有、2017 巻、2017、1-11  
DOI: 10.1155/2017/3457189
- Chizuru Okamoto<sup>1</sup>, Yoshie Kodera, Physical image properties of a complementary metal-oxide-semiconductor imager for mammography systems, Radiological Physics and Technology, 査読有、11 巻、2018、284-293
- Hiroko Nishide, Kouji Ohta, Kaori Murata, Yoshie Kodera, Kazuhiro Shimamoto, Exposure Parameters and Average Glandular Dose in a Digital Mammography System in Japan, J. Med. Imaging Health Inf, 査読有、8 巻、2018、1030-1034  
DOI:10.1166/jmihi.2018.2417
- Mariko Sasaki, Shuji Koyama, Yoshie Kodera, Reina Suzuki, Ai Nakajima, Hiroko Nishide, Mitsuhiro Mizutani, Megumi Watanabe, Naoko Yoshida, Hiroaki Hayashi, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Daisuke Hashimoto, Masahiro Okada, Identification of breast tissue using the x-ray image measured with an energy-resolved cadmium telluride series detector based on photon-counting technique, Proc. SPIE, 14th International Workshop on Breast Imaging (IWBI 2018), 査読無、10718 巻、2018、107181Z-1-6  
DOI: 10.1117/12.2317819
- Reina Suzuki, Shuji Koyama, Yoshie Kodera, Ai Nakajima, Mariko Sasaki, Hiroto Kimura, Hiroaki Hayashi, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Daisuke Hashimoto, Masahiro Okada, Development of energy-resolved photon-counting mammography with a cadmium telluride series detector to reduce radiation exposure and increase contrast-to-noise ratio using the high energy X-rays, Proc. SPIE, 14th International Workshop on Breast Imaging (IWBI 2018), 査読無、10718 巻、2018、107181K-1-6  
DOI: 10.1117/12.2317813
- Mariko Sasaki, Shuji Koyama, Yoshie Kodera, Reina Suzuki, Hiroto Kimura, Hiroto Nishide, Mitsuhiro Mizutani, Megumi Watanabe, Naoko Yoshida, Hiroaki Hayashi, Natsumi Kimoto, Shuichiro Yamamoto, Daisuke Hashimoto, Masahiro Okada, A novel mammographic fusion imaging technique: the first results of tumor tissues detection from resected breast tissues using energy-resolved photon counting detector, Proc. SPIE, Medical Imaging 2019: Physics of Medical Imaging, 査読無、10948 巻、2019、1094864-1-9  
DOI: 10.1117/12.2512271

### [ 学会発表 ] ( 計 18 件 )

- 小寺吉衛, 中嶋愛, 井堀亜希子, 西出裕子, 小山修司, 山河勉, 山本修一郎, 岡田雅宏, CdTe 系フォトンカウンティング検出器を用いたマンモグラフィ装置開発における微小石灰化と腫瘍組織検出の検討、第 26 回日本乳癌検診学会学術総会、久留米、2016、11.
- Ai Nakajima, Akiko Ithori, Hiroko Nishide, Shuji Koyama, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Masahiro Okada, Yoshie Kodera, Detection of microcalcifications and tumor tissue in mammography using a CdTe-series photon-counting detector, SPIE Medical Imaging 2017, Orlando, FL, USA, 2017, 02.
- Mariko Sasaki, Akiko Ithori, Shuji Koyama, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Masahiro Okada, Yoshie Kodera, Identification of Resected Breast Specimens Using X-ray Spectrum with a Cadmium Telluride Detector, 第 73 回日本放射線技術学会総会学術大会, 横浜, 2017, 4.
- 鈴木 怜奈, 中嶋 愛, 井堀亜希子, 小山修司, 小寺吉衛, モンテカルロシミュレーションを用いた高エネルギー領域での入射光子数と平均乳腺線量、第 73 回日本放射線技術学会総会学術大会, 横浜, 2017, 4.
- Mariko Sasaki, Ai Nakajima, Akiko Ithori, Hiroko Nishide, Shuji Koyama, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Masahiro Okada, Mitsuhiro Mizutani, Yoshie Kodera,

Identification and differentiation of resected breast tissue specimens using a cadmium telluride series photon-counting X-ray detector, CARS 2017 31th Computer assisted radiology and surgery, Barcelona, Spain, 2017, 06.

Suzuki Reina, Shiori Tomita, Ai Nakajima, Akiko Ihori, Shuji Koyama, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Masahiro Okada, Yoshie Koder, Study of substance identification and effective atomic number visualization in mammography using photon-counting technique, CARS 2017 31th Computer assisted radiology and surgery, Barcelona, Spain, 2017, 06.

Ai Nakajima, Reina Suzuki, Akiko Ihori, Shuji Koyama, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Masahiro Okada, Yoshie Koder, A new imaging technique in mammography using a CdTe-series photon-counting detector, CARS 2017 31th Computer assisted radiology and surgery, Barcelona, Spain, 2017, 06.

佐々木穂子, 井堀亜希子, 小寺吉衛, 山河勉, 山本修一郎, 岡田雅宏, 橋本大輔, 小山修司, CdTe系エネルギー分解型フォトンカウンティング検出器を用いたマンモグラフィ装置の物理評価, 第45回日本放射線技術学会秋季学術大会, 広島, 2017, 10.

鈴木怜奈, 中嶋愛, 小寺吉衛, 山河勉, 山本修一郎, 岡田雅宏, 橋本大輔, 小山修司, エネルギー分解型 CdTe系検出器を用いた新しいフォトンカウンティングマンモグラフィの評価, 第45回日本放射線技術学会秋季学術大会, 広島, 2017, 10.

Reina SUZUKI, Shuji KOYAMA, Yoshie KODERA, Ai NAKAJIMA, Mariko SASAKI, Yoko IIDA, Fukiko ITO, Yumiko KOSHIBA, Tsutomu YAMAKAWA, Shuichiro YAMAMOTO, Daisuke HASHIMOTO, Masahiro OKADA, A proposed new image display method with high a contrast-to-noise ratio using energy-resolved photon-counting mammography with a CdTe-series detector, SPIE Medical Imaging 2018, Houston, TX, USA, 2018, 02.

Reina Suzuki, Mariko Sasaki, Yoshie Koder, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Masahiro Okada, Shuji Koyama, Image evaluation of photon-counting mammography at high-energy band in mammography, 第74回日本放射線技術学会総会学術大会, 横浜, 2018, 4.

Mariko Sasaki, Shuji Koyama, Yoshie Koder, Reina Suzuki, Ai Nakajima, Hiroko Nishide, Mitsuhiro Mizutani, Megumi Watanabe, Naoko Yoshida, Hiroaki Hayashi, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Daisuke Hashimoto, Masahiro Okada, Identification of breast tissue using the x-ray image measured with an energy-resolved cadmium telluride series detector based on photon-counting technique, The Fourteenth International Workshop on Breast Imaging (IWBI 2018), Atlanta, GA, USA, 2018, 07.

Reina Suzuki, Shuji Koyama, Yoshie Koder, Ai Nakajima, Mariko Sasaki, Hiroto Kimura, Hiroaki Hayashi, Tsutomu Yamakawa, Shuichiro Yamamoto, Daisuke Hashimoto, Masahiro Okada, Development of energy-resolved photon-counting mammography with a cadmium telluride series detector to reduce radiation exposure and increase contrast-to-noise ratio using the high-energy X-rays, The Fourteenth International Workshop on Breast Imaging (IWBI 2018), Atlanta, GA, USA, 2018, 07.

佐々木穂子, 小山修司, 小寺吉衛, 西出裕子, 水谷三浩, 渡辺恵美, 吉田直子, 山本修一郎, エネルギー弁別型フォトンカウンティングマンモグラフィ装置を用いた乳房組織鑑別の精度評価, 第46回日本放射線技術学会秋季学術大会, 仙台, 2018, 10.

鈴木怜奈, 小山修司, 小寺吉衛, 佐々木穂子, 木村浩都, 山本修一郎, 橋本大輔, 岡田雅宏, 高濃度乳腺に対するエネルギー弁別型フォトンカウンティングマンモグラフィ画像の撮影条件の検討, 第46回日本放射線技術学会秋季学術大会, 仙台, 2018, 10.

木村浩都, 小山修司, 小寺吉衛, 佐々木穂子, 鈴木怜奈, 山本修一郎, 橋本大輔, 岡田雅宏, エネルギー弁別型光子計数マンモグラフィにおける対象物の線束方向の位置の違いによる物質鑑別への影響, 第46回日本放射線技術学会秋季学術大会, 仙台, 2018, 10.

Mariko Sasaki, Shuji Koyama, Yoshie Koder, Reina Suzuki, Hiroto Kimura, Hiroko Nishide, Mitsuhiro Mizutani, Megumi Watanabe, Naoko Yoshida, Hiroaki Hayashi, Natsumi Kimoto, Shuichiro Yamamoto, Daisuke Hashimoto, Masahiro Okada, A novel mammographic fusion imaging technique: the first results of tumor tissues detection from resected breast tissues using energy-resolved photon counting detector, SPIE Medical Imaging 2019, San Diego, CA, USA, 2019, 02.

Mariko Sasaki, Shuji Koyama, Yoshie Koder, Hiroko Nishide, Mitsuhiro Mizutani, Megumi Watanaba, Naoko Yoshida, Hiroaki Hayashi, Shuichiro Yamamoto, A novel mammographic substance discrimination technique with fusion imaging: Initial results of detection of breast cancer from resected breast tissues by energy-resolved photon counting detector, European Congress of Radiology (ECR), Vienna, Austria, 2019, 02.

〔産業財産権〕  
出願状況（計 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年：  
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：小山修司  
ローマ字氏名：Shuji Koyama  
所属研究機関名：名古屋大学  
部局名：脳とこころの研究センター  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：20242878

研究分担者氏名：西出 裕子  
ローマ字氏名：  
所属研究機関名：岐阜医療科学大学  
部局名：保健科学部  
職名：准教授  
研究者番号（8桁）：80635730

### (2) 研究協力者

研究協力者氏名：水谷三浩，渡辺恵美，吉田直子，山本修一郎，橋本大輔，岡田雅宏，中嶋愛，  
佐々木毬子，鈴木怜奈，木村浩都  
ローマ字氏名：Mitsuhiro Mizutani, Megumi Watanabe, Naoko Yoshida, Shuichiro Yamamoto,  
Daisuke Hashimoto, Masahiro Okada, Ai Nakajima, Mariko Sasaki, Reina Suzuki, Hiroto  
Kimura,

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。