

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K07746

研究課題名(和文) CT撮影における多段階線量評価法の開発と評価

研究課題名(英文) Development and Evaluation of Multi-step Dose Evaluation Method in X-ray Computed Tomography

研究代表者

松原 孝祐 (Matsubara, Kosuke)

金沢大学・保健学系・教授

研究者番号：30507372

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：CTの撮影前および撮影後のそれぞれで必要とされる被ばく線量情報を、簡便かつ精度よく評価するための研究を行った。CT撮影前のsize-specific dose estimate (SSDE) の推定精度向上のためには、体軸方向における各横断面で補正手法を適用する必要があった。また、各臓器の線量データを解析し、その等価線量とSSDEとの間には正の相関が認められた。CT撮影後に各臓器の線量を詳細に推定するために、CTに対応した線量計算プログラムを開発し、高い精度で線量が計算できることを示した。さらに、この線量計算プログラムを各種方式のdual-energy CTに対応できるよう改良を進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、CT撮影前にsize-specific dose estimate (SSDE) を簡便かつ精度よく推定するための方法を考案できた。さらに、SSDEから各臓器の線量を高い精度で推定できることを示した。得られた線量情報は、その後実施するCT撮影の撮影条件を最適化するために役立てることができる。また、本研究で開発したCTに対応した線量計算プログラムは高い精度で線量が計算できるとともに、近年広く普及しているdual-energy CTにも対応したプログラムとなっており、得られた線量情報は、詳細な臓器線量の解析やリスク評価に役立てることができる。

研究成果の概要(英文)：A study was conducted with the aim of easily and accurately acquiring the patient dose information required before and after CT imaging. In order to improve the estimation accuracy of size-specific dose estimate (SSDE) before CT scan, it was necessary to apply the correction method to each cross section in the body axis direction. In addition, the dose data of each organ of the patients was analyzed, and a positive correlation was found between the equivalent dose and SSDE in all the organs included in the acquisition range. In order to estimate the organ doses in detail after CT imaging, a dose calculation program corresponding to CT was developed using the Monte Carlo simulation code and it was shown that the absorbed doses can be calculated with high accuracy. Furthermore, improvements have been made to make the dose calculation program compatible with various types of dual-energy CT.

研究分野：放射線科学

キーワード：コンピュータ断層撮影 被ばく線量 最適化 放射線技術学 医学物理学

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 放射線診断は国民の健康に多大な恩恵をもたらしているが、一方で患者の医療被ばくが増加している。安全かつ安心できる放射線診断を提供するためには、放射線診断の際の被検者の被ばく線量を適切に評価するとともに、可能な限り被ばく線量を抑えていくことが必要である。

(2) これまでに研究代表者らは、特に被ばく線量が多いとされる冠動脈 CT 撮影の被ばく線量が撮影方式や臓器によっては 200 mGy を超える可能性があり( ), さらに被ばく線量の個人差も大きいことを明らかにした( )。これらの研究は、CT 撮影における個々の被検者の被ばく線量評価が必要である一方、用いられている CT 線量指標による評価のみでは不十分であることを示したものである。

(3) 米国医学物理士会 (American Association of Physicists in Medicine, 以下 AAPM) より、個々の体格に基づいて患者線量を推定することを目的とした size-specific dose estimate (SSDE) が提案された。CT 位置決め画像から算出された SSDE にはいくつかの誤差要因があり、主に患者ポジショニング時の患者中心とガントリー中央のずれに起因する位置決め画像の拡大および縮小が SSDE の精度に大きく影響するとされている( , )。また、SSDE と各臓器・組織の等価線量との関係は明らかにされておらず、SSDE から各臓器・組織の等価線量を簡易的に推定できるようにすることで、被検者の被ばく線量推定値を CT 撮影前に、より精度よく把握できると考えた。

(4) CT 撮影後の被検者の臓器線量や実効線量の評価を行う手法としてモンテカルロ計算コード (シミュレーション) による方法が用いられているが、CT は X 線管を回転させて撮影するために、それを模擬したソースコードを作成する必要がある。また、X 線のエネルギー分布を表すエネルギースペクトル、およびそのエネルギー分布を被検者の体内で均一にし、被ばくを低減する働きをもつボウタイフィルタの形状・組成は公表されていないため、コンピュータ上で再現することが困難である。この点は正確な被ばく線量情報を取得する際の障壁となり、臓器線量の解析やリスク評価の精度にも影響を及ぼしていた。さらに、近年は dual-energy CT (以下 DECT) が広く普及しており、DECT に対応した線量計算プログラムの開発が急務とされていた。

### 2. 研究の目的

CT 撮影の撮影前および撮影後のそれぞれで必要とされる被ばく線量情報を簡便かつ精度よく取得するために、以下を目的とした研究を行った。

- 1) SSDE の推定精度を向上させるとともに、SSDE から各臓器・組織の等価線量を簡易的に推定できるようにすること
- 2) CT 撮影を想定した線量計算プログラムを開発し、その精度を評価すること、および DECT に対応した線量計算プログラムを開発し、その精度を評価すること。

### 3. 研究の方法

#### 3.1 SSDE の推定精度向上に関する研究

##### 1) 寝台変位による SSDE の比較

1 歳と 20 歳の標準的な日本人体型を模擬した自作ファントムを用いて、CT 位置決め画像と横断像を取得した。寝台の高さ方向に変位させた場合 (中心から -50, -25, 0, 25, 50 mm) における、CT 横断像から算出した SSDE に対する位置決め画像から算出した SSDE の相対差を算出した。

##### 2) 被写体中心偏差の患者間比較

腹部 CT 矢状断像を使用して、各患者の最大中心偏差および SSDE 過大評価指標を計測した。小児患者のデータは 2016 年 10 月から 2019 年 10 月、成人患者のデータは 2019 年 8 月から 2019 年 10 月の期間を対象とし、合計 110 名の患者 (43 名の小児患者、67 名の成人患者、年齢: 0~91 歳、男女比: 60:50) の画像を解析した。

#### 3.2 SSDE を用いた等価線量の簡易推定に関する研究

##### 1) 線量データの解析

2019 年 4 月から 2020 年 3 月までに実施された頭部 CT 822 件 (年齢: 21~98 歳、男女比: 225:242)、胸部 CT 1453 件 (年齢: 21~96 歳、男女比 591:862)、腹部骨盤部 CT 468 件 (年齢 21~93 歳、男女比: 225:242) の線量データを線量管理システム Radimetrics (バイエル薬品) によって SSDE および等価線量を取得し、それぞれ解析した。対象とした臓器は、撮影範囲内にある臓器のうち、頭部は脳と水晶体、胸部は肺と食道 (女性のみ乳房も解析)、腹部骨盤部は肝臓、胃、結腸、膀胱、生殖腺とした。

##### 2) WAZA-ARIv2 による検証

Radimetrics によって算出された等価線量について、ソフトウェア間の差を検証するために、CT による被ばく線量を評価するための Web システムである WAZA-ARIV2 (放射線医学総合研究所, 他) によって算出される等価線量と比較した。WAZA-ARIV2 に登録されている標準、肥満 (2 ), 痩せ型 (-2 ) の各男女、計 6 つのファントムそれぞれの体重と同じ臨床データの等価線量と比較した。その際、WAZA-ARIV2 に入力する volume CT dose index (以下  $CTDI_{vol}$ ) は、臨床データにおける体重と  $CTDI_{vol}$  の関係より得られた回帰直線の式に WAZA-ARIV2 の登録ファントムの体重を代入することにより決定した。WAZA-ARIV2 に入力した他の条件は、データ取得時の撮影条件と同一とした。

### 3.3 CT 撮影を想定した線量計算プログラムの開発

線量計算プログラムには汎用モンテカルロコード Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) ver.3.20 (日本原子力研究開発機構, ) を使用した。SOMATOM Emotion (Siemens Healthineers) を CT 装置としてコンピュータ上に再現し、付与エネルギーを取得するタリーである [t-deposit] によって吸収線量を取得できるようにした。また、光子の Cut-off エネルギーは 1 keV、1 回転あたりのプロジェクション数は 24 (15° 間隔で照射) として、それぞれのプロジェクションでシミュレーションを行い、全ての結果を Sumtally 機能によって均等に足し合わせることで、CT の被ばくの状況を再現した。

光子のエネルギースペクトルは X-Tucker-4 ( ) を用いて、管電圧 80 kV および 130 kV のそれぞれについて推定した。推定の際に必要な銅半価層は、モデル化したものと同一の CT 装置を用いて、X 線管を 6 時方向に固定した状態で、銅減弱法により取得した ( )。

仮想ボウタイフィルタの形状は、Characterization Of Bow-tie Relative Attenuation (COBRA) 法 ( ) により推定した。実際の CT 装置では管電圧によらず同じ形状のボウタイフィルタが使用されているが、仮想ボウタイフィルタは管電圧ごとに異なる形状となる。

開発した線量計算プログラムにより推定された線量の精度を検証するために、モデル化したものと同一の CT 装置を用いて、直径 32 cm のポリメタクリル酸メチル樹脂製円柱型ファントムの中心および周辺 4 か所で  $CTDI_{100}$  (以下  $CTDI_{100}$ ) を測定し、これらの値より weighted  $CTDI$  (以下  $CTDI_w$ ) を算出した。

### 3.4 Fast kV switching 方式の DECT に対応した線量計算プログラムの開発

Fast kV switching 方式の DECT 撮影が可能な Revolution CT (GE Healthcare) について、3.3 に示す方法でコンピュータ上に再現した。

次に、管電圧 80 kV と 140 kV の照射割合を 2:1、X 線管 1 回転あたりのプロジェクション数を 48 に設定し、管電圧 80 kV と 140 kV のエネルギーを交互に照射するように線量計算プログラムを構築し、全ての結果を Sumtally 機能によって足し合わせることで、Fast kV switching 方式の DECT における被ばくの状況を再現した。その後、線量計算プログラムと実測法において  $CTDI_{100}$  および  $CTDI_w$  を求め、両者を比較した。

開発した線量計算プログラムを用いて、ボクセル化した人体ファントムを被写体とした場合のヘリカルスキャンを想定し、ビーム幅 80 mm、X 線源 1 回転あたりの移動量を 79.4 mm と設定した場合の吸収線量分布を算出した。

### 3.5 Dual source 方式の DECT に対応した線量計算プログラムの開発

Dual source 方式の DECT 撮影が可能な SOMATOM Force (Siemens Healthineers) について、3.3 に示す方法でコンピュータ上に再現した。

次に、管電圧 100 kV と Sn150 kV の照射割合を 2:1、X 線管 1 回転あたりのプロジェクション数を 24 に設定し、管電圧 Sn150 kV の照射位置を管電圧 100 kV より 95 度進めてそれぞれ計算するように線量計算プログラムを構築し、全ての結果を Sumtally 機能によって足し合わせることで、Dual source 方式の DECT の被ばくの状況を再現した。その後、線量計算プログラムと実測法において  $CTDI_{100}$  および  $CTDI_w$  を求め、両者を比較した。

開発した線量計算プログラムを用いて、ボクセル化した人体ファントムを被写体とした場合のヘリカルスキャンを想定し、ビーム幅 57.6 mm、X 線源 1 回転あたりの移動量を 57.6 mm と設定した場合の吸収線量分布を算出した。

## 4. 研究成果

### 4.1 SSDE の推定精度向上に関する研究

#### 1) 寝台変位による SSDE の比較

寝台の高さの影響は、ファントムの大きさによって異なった。1 歳、20 歳の日本人体型に相当するファントムの SSDE の相対差は、それぞれ -2.45% (寝台の高さ: 50 mm) ~ 1.88% (-50 mm), -4.22% (50 mm) ~ 3.79% (-50 mm) の範囲であった (図 1)。

#### 2) 被写体中心偏差の患者間比較

全ての患者の最大中心偏差は -43.1 mm ~ 21.5 mm (中央値: -14.4 mm) の範囲であった。最大中心偏差が最小値 (-43.1 mm) を示した患者の水等価直径は 33.4 cm と、全ての患者の中で最大であった。全ての患者の SSDE 過大評価指数は -16.2 mm ~ 6.9 mm (中央値: -2.2 mm) の範囲であり、患者の 71% (78/110) で負の値となった。

患者中心とガントリー中心のずれの影響は、患者体型に依存して変化した。寝台が X 線管に近い場合、患者中心とガントリー中央のずれの影響は、寝台が X 線管から離れている場合と比較して大きいことが示された (図 2)。以上より、各患者の被写体中心偏差を補正するには、体軸方向における各横断面で補正手法を適用する必要があることが明らかとなった。

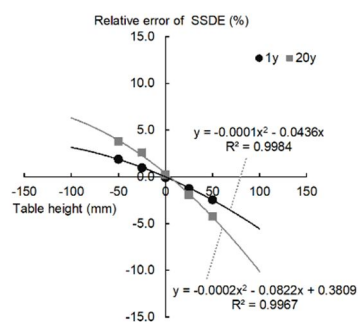


図 1 寝台変位による SSDE の 相対誤差

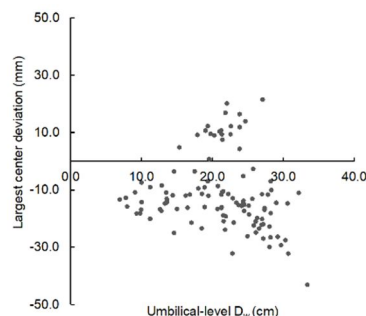


図 2 体軸方向における最大中心 偏差

#### 4.2 SSDE を用いた等価線量の簡易推定に関する研究

##### 1) 線量データの解析

頭部 CT における脳等価線量と SSDE および水晶体等価線量と SSDE にはそれぞれ正の相関が認められた ( $r = 0.75, 0.92$ )。また、胸部 CT における肺等価線量、乳房等価線量、食道等価線量と SSDE にもそれぞれ正の相関が認められた ( $r = 0.95 \sim 0.98$ )。さらに、腹部骨盤部 CT における肝臓等価線量、胃等価線量、結腸等価線量、膀胱等価線量、卵巣等価線量、精巣等価線量と SSDE にもそれぞれ正の相関が認められた ( $r = 0.78 \sim 0.97$ )。以上より、SSDE から各臓器の等価線量を推定できる可能性が示唆された。

##### 2) WAZA-ARIV2 による検証

WAZA-ARIV2 に対する Radimetrics の等価線量の差は、頭部 CT では脳 43%、水晶体 95% となり、胸部 CT、腹部骨盤部 CT と比べて大きかった。また、胸部 CT および腹部骨盤部 CT においては、両者の等価線量の差は 10% 程度であったが、食道 (25%) と乳房 (36%) では特に差が大きかった。以上より、頭部 CT では脳と水晶体、胸部 CT では乳房と食道、腹部骨盤部 CT では生殖腺において、ソフトウェアによる等価線量の差が大きく、SSDE から各臓器の等価線量を推定する際には考慮する必要があることが明らかとなった。

#### 4.3 CT 撮影を想定した線量計算プログラムの開発

推定された仮想ポウタイフィルタの形状を図 3 に示す。図 3 の横軸は中心からの距離、縦軸はその位置における厚みである。材質をアルミニウムと仮定している影響で、中心からの距離が大きくなるにつれて、管電圧による推定形状の違いが大きくなった。

実測と線量計算プログラムによる各測定点の  $CTDI_{100}$  および  $CTDI_w$  を表 1 に示す。中心で実測とプログラムの相対差が最も大きく、80 kV で 6.88%、130 kV で 6.53% であった。周辺では、実測とプログラムの相対差は 80 kV では 2.11 ~ 3.29%、130 kV では 3.47 ~ 4.62% であった。全ての測定点で、実測とプログラムの相対差は 7% を下回っていた。 $CTDI_w$  の相対差は、80 kV では 0.464%、130 kV では 4.59% であった。

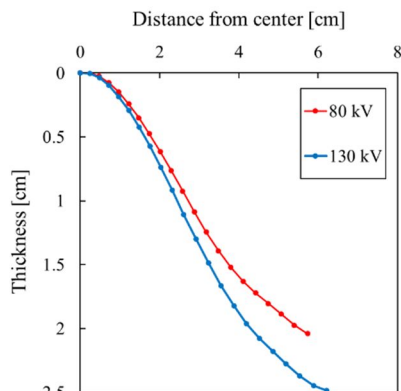


図 3 推定された仮想ポウタイ フィルタの形状

表 1 実測とプログラムによる CTDI の比較

Location	80 kV		130 kV	
	Measurement	Program	Measurement	Program
$CTDI_{100,c}$ [mGy]	3.46 ± 0.02	3.23	14.2 ± 0.02	13.2
12 O'clock	8.04 ± 0.004	8.05	27.2 ± 0.04	25.9
3 O'clock	7.86 ± 0.01	8.06	26.6 ± 0.03	25.4
6 O'clock	7.12 ± 0.02	7.35	24.6 ± 0.07	23.7
9 O'clock	7.80 ± 0.01	8.02	26.5 ± 0.03	25.5
$CTDI_w$	6.29	6.32	22.2	21.2

Mean ± standard deviation  
 $CTDI_{c,100}$ : computed tomography dose index 100 measured at the center  
 $CTDI_{p,100}$ : average computed tomography dose index 100 measured at the periphery

#### 4.4 Fast kV switching 方式の DECT に対応した線量計算プログラムの開発

Fast kV Switching 方式の DECT (管電圧 80 kV/140 kV) に対応した線量計算プログラムと実測法により求めた  $CTDI_{100}$  は、中心の相対差は 1.21%、周辺の相対差は 3.55 ~ 4.99%であった。また、 $CTDI_w$  の相対差は 1.80%であった。以上より、Fast kV Switching 方式の DECT に対応した線量計算プログラムは高い計算精度を有していることが確認できた。

Fast kV switching 方式の DECT に対応した線量計算プログラムにより得られた吸収線量分布を図 4 に示す。このように、Fast kV switching 方式の DECT (管電圧 80 kV/140 kV) における吸収線量分布を取得できることが確認できた。

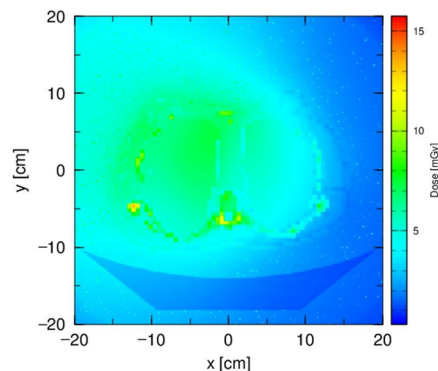


図 4 DECTにおける吸収線量分布(Fast kV switching 方式)

#### 4.5 Dual source 方式の DECT に対応した線量計算プログラムの開発

Dual source 方式の DECT(管電圧 100 kV/Sn150 kV) に対応した線量計算プログラムと実測法により求めた  $CTDI_{100}$  は、中心の相対差は 1.12%、周辺の相対差は 2.96 ~ 9.96%であった。また、 $CTDI_w$  の相対差は 4.98%であった。以上より、Dual source 方式の DECT に対応した線量計算プログラムは高い計算精度を有していることが確認できた。

Dual source 方式の DECT に対応した線量計算プログラムにより得られた吸収線量分布を図 5 に示す。このように、Dual source 方式の DECT(管電圧 100 kV/Sn150 kV)における吸収線量分布を取得できることが確認できた。

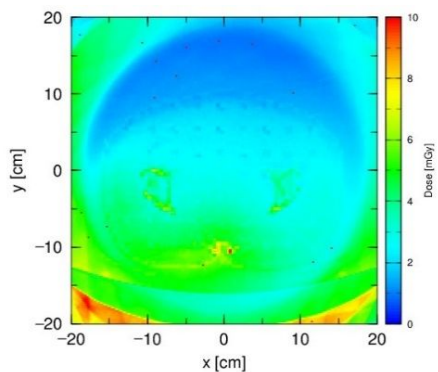


図 5 DECT における吸収線量分布 (Dual source 方式)

#### <引用文献>

- Matsubara K, Nunome H, Sakuda K, et al. Radiation dose and physical image quality in 128-section dual-source computed tomographic coronary angiography: a phantom study. *J App Clin Med Phys* 2012; 13(5): 252-261.
- Matsubara K, Sakuda K, Nunome H, et al. 128-slice dual-source CT coronary angiography with prospectively electrocardiography-triggered high-pitch spiral mode: radiation dose, image quality, and diagnostic acceptability. *Acta Radiol* 2016; 57(1):25-32.
- AAPM Task Group 204. Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations. AAPM Report No. 204, AAPM, College Park, MD, 2011.
- AAPM Task Group 220. Use of Water Equivalent Diameter for Calculating Patient Size and Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in CT. AAPM Report No. 220, AAPM, College Park, MD, 2014.
- Sato T, Iwamoto Y, Hashimoto S, et al. Features of Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 3.02. *J Nucl Sci Technol* 2018; 55(6): 684-690.
- 加藤秀起. 放射線技術学に関連する自作ソフトウェアの紹介. *日放技学誌* 2019; 75(1): 104-110.
- Matsubara K, Ichikawa K, Murasaki Y, et al. Accuracy of measuring half- and quarter-value layers and appropriate aperture width of a convenient method using a lead-covered case in X-ray computed tomography. *J Appl Clin Med Phys* 2014; 15(1): 4602.
- Boone JM. Method for evaluating bow tie filter angle-dependent attenuation in CT: theory and simulation results. *Med Phys* 2010; 37(1): 40-48.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Hirosawa Ayaka, Matsubara Kosuke, Morioka Yusuke, Kitagawa Masayasu, Chusin Thunyarat, Takemura Akihiro	4. 巻 44
2. 論文標題 Use of optically stimulated luminescence dosimeter and radiophotoluminescent glass dosimeter for dose measurement in dual-source dual-energy computed tomography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical and Engineering Sciences in Medicine	6. 最初と最後の頁 1311 ~ 1319
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13246-021-01063-6	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 Matsubara Kosuke	4. 巻 11
2. 論文標題 Assessment of Radiation Dose in Medical Imaging and Interventional Radiology Procedures for Patient and Staff Safety	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Diagnostics	6. 最初と最後の頁 1116 ~ 1116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/diagnostics11061116	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 Matsubara Kosuke	4. 巻 77
2. 論文標題 4. Phantoms for Dose Evaluation in Computed Tomography	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Radiological Technology	6. 最初と最後の頁 406 ~ 409
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.6009/jjrt.2021_JSRT_77.4.406	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 Sako Kenji, Matsubara Kosuke, Matsumoto Makoto	4. 巻 77
2. 論文標題 An Evaluation of Radiation Dose for Wide Volume Scan during Chest CT	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Radiological Technology	6. 最初と最後の頁 284 ~ 292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.6009/jjrt.2021_JSRT_77_3.284	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 Matsubara Kosuke, Kawashima Hiroki, Kobayashi Masanao, Fukuda Atsushi	4. 巻 10
2. 論文標題 Performance evaluation of near-real time angular tube current modulation in X-ray computed tomography using real-time dosimeter: a phantom study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Health and Technology	6. 最初と最後の頁 1437 ~ 1443
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12553-020-00473-y	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 Matsubara Kosuke, Nagata Hiroji, Okubo Rena, Ogawa Yoshinori, Chusin Thunyarat, Hirokawa Ayaka	4. 巻 1248
2. 論文標題 Axial absorbed dose distributions during abdominal computed tomography acquisitions: Measurement and the Monte Carlo simulation study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012020 ~ 012020
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1248/1/012020	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 Okubo Rena, Matsubara Kosuke, Chusin Thunyarat, Hibino Tomoya, Ito Yusuke	4. 巻 20
2. 論文標題 Feasibility of the new copper pipe method for evaluating half value layer in computed tomography: A measurement and Monte Carlo simulation study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 186 ~ 192
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acm2.12780	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

〔学会発表〕 計21件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 野村彩香、豊田真咲、松原孝祐
2. 発表標題 ワイドビームCTにおける線量評価測定法のファントムの長さによる影響
3. 学会等名 第13回中部放射線医療技術学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中西輝良々、松原孝祐、高森美保
2. 発表標題 肝臓dynamic CTにおける逐次近似再構成法と深層学習を用いた再構成法との比較および被ばくの最適化の検討
3. 学会等名 第13回中部放射線医療技術学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉川諒、松原孝祐
2. 発表標題 Fast kV Switching方式のDual Energy CTに対応した線量計算プログラムの開発および精度評価
3. 学会等名 日本放射線技術学会第49回秋季学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊田真咲、松原孝祐、野村彩香
2. 発表標題 肝臓ダイナミックCT における放射線被ばくによる生涯寄与リスクの評価
3. 学会等名 日本CT技術学会第9回学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柴田英輝、浅田恭生、松原孝祐、小澤功
2. 発表標題 被ばく線量ソフトウェアで用いるボクセルファントムの体格推定
3. 学会等名 日本放射線技術学会第76回総会学術大会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 松原孝祐
2. 発表標題 DRLs 2020がもたらしたもの 新時代における線量管理方法
3. 学会等名 第13回中部放射線医療技術学術大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松原孝祐
2. 発表標題 CT線量管理の必要性和DRLs 2020に基づく線量の最適化
3. 学会等名 第39回関西SOMATOM研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松原孝祐
2. 発表標題 CTにおけるDRLの運用
3. 学会等名 日本放射線技術学会第49回秋季学術大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Matsubara Kosuke
2. 発表標題 Outline and Expected Outcome of the Updated National Diagnostic Reference Levels (DRLs 2020) for Computed Tomography and Diagnostic Fluoroscopy in Japan
3. 学会等名 日本放射線技術学会第77回総会学術大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松原孝祐、吉川諒、秦美鈴、廣澤文香
2. 発表標題 汎用モンテカルロコードによるDual-energy CTを想定した線量計算プログラムの開発
3. 学会等名 日本CT技術学会第8回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松原孝祐
2. 発表標題 CT撮影における線量測定法および測定精度について
3. 学会等名 第14回SCCT研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Matsubara Kosuke, Chusin Thunyarat, Ogawa Yoshinori, Okubo Rena
2. 発表標題 Accuracy of Size-specific Dose Estimates for Different-sized Phantoms during Abdominal CT Acquisitions
3. 学会等名 The 17th South-East Asia Congress of Medical Physics in conjunction with the 3rd Annual Scientific Meeting on Medical Physics and Biophysics（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉沢綾香、松原孝祐
2. 発表標題 CTの線量シミュレーションにおける各種パラメータの最適化について
3. 学会等名 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 壽原秀、栗山和、梁野伸貴、飯嶋恵、庄司友和、加藤洋、松原孝祐
2. 発表標題 Evaluation of Size-Specific Dose Estimates Calculated by Localizer Radiographs of Different Image Filters
3. 学会等名 日本放射線技術学会第75回総会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松原孝祐、Chusin Thunyarat、大久保玲奈、小川善紀
2. 発表標題 腹部CT撮影時の吸収線量とSize-Specific Dose Estimatesの関係 - 実測およびシミュレーションを併用した検証 -
3. 学会等名 日本放射線技術学会第75回総会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsubara Kosuke、Nagata Hiroji、Okubo Rena、Chusin Thunyarat、Ogawa Yoshinori
2. 発表標題 Accuracy of axial absorbed dose distributions during abdominal CT based on Monte Carlo method
3. 学会等名 31st European Congress of Radiology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsubara Kosuke
2. 発表標題 Patient safety in computed tomography: dose optimization and safe use of contrast media
3. 学会等名 11th Annual Scientific Meeting of Thai Medical Physicist Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsubara Kosuke、Nagata Hiroji、Okubo Rena、Ogawa Yoshinori、Chusin Thunyarat、Hirosawa Ayaka
2. 発表標題 Axial absorbed dose distributions with different tube voltages during abdominal CT: Measurement and the Monte Carlo simulation study
3. 学会等名 18th Asia-Oceania Congress of Medical Physics & 16th South-East Asia Congress of Medical Physics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Matsubara Kosuke
2. 発表標題 Patient Dosimetry in Computed Tomography
3. 学会等名 18th Asia-Oceania Congress of Medical Physics & 16th South-East Asia Congress of Medical Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松原孝祐
2. 発表標題 シミュレーションによるCT線量評価 - 活用法および問題点 -
3. 学会等名 日本放射線技術学会第46回秋季学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松原孝祐
2. 発表標題 Size-specific dose estimates (SSDE) について
3. 学会等名 日本CT技術学会第6回学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Ichikawa Katsuhiko, Matsubara Kosuke, Kozaka Kazuto, Kobayashi Satoshi	4. 発行年 2019年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 203
3. 書名 CT super basics	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>金沢大学研究者情報  <a href="http://ridb.kanazawa-u.ac.jp/public/detail.php?id=2012">http://ridb.kanazawa-u.ac.jp/public/detail.php?id=2012</a>                  金沢大学放射線計測・防護研究室（松原研究室）ウェブサイト  <a href="http://matsuk.w3.kanazawa-u.ac.jp/">http://matsuk.w3.kanazawa-u.ac.jp/</a></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	福田 篤志  (Fukuda Atsushi)  (00811704)	福島県立医科大学・保健科学部・准教授    (21601)	

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
---------	---------