

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年4月12日(12.04.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/066570 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 6/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/036019
- (22) 国際出願日: 2017年10月3日(03.10.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-198468 2016年10月6日(06.10.2016) JP
- (71) 出願人: キヤノン株式会社 (CANON KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 野田 剛司 (NODA Takeshi); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 阿部 琢磨, 外 (ABE Takuma et al.); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: RADIOGRAPHY DEVICE, RADIOGRAPHY SYSTEM, RADIOGRAPHY METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 放射線撮影装置、放射線撮影システム、放射線撮影方法、及びプログラム

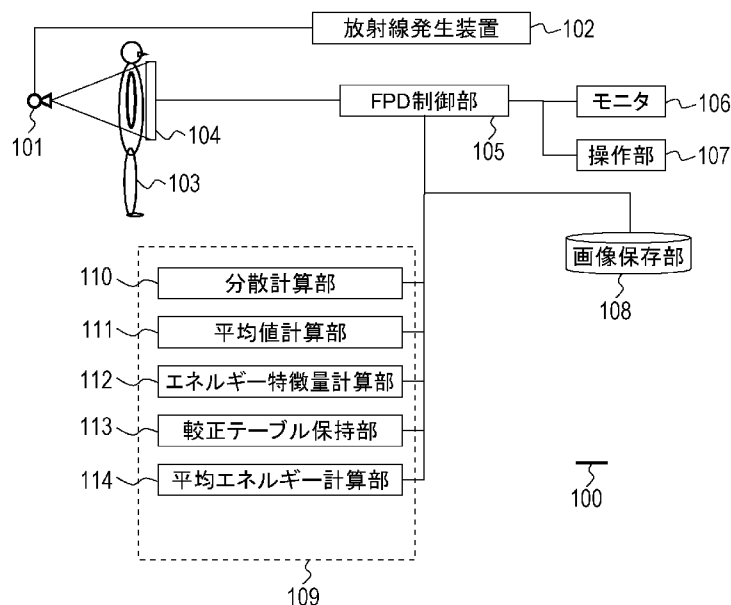


FIG. 1:

- 102 Radiation emission device
105 FPD control unit
106 Monitor
107 Operation unit
108 Image storage unit
110 Variance calculation unit
111 Mean value calculation unit
112 Energy feature value calculation unit
113 Calibration table retaining unit
114 Mean energy calculation unit

(57) Abstract: Provided is a radiography device with which, by correcting an energy feature value which is computed from a variance value and a mean value of pixel values of a radiographic image, it is possible to acquire a high-precision mean energy image. This radiography device comprises: a computation means which computes an energy feature value of radiation from a variance value and a mean value of pixel values of a radiographic image; and a correction means which, by correcting variations of the energy feature value on the basis of the mean value, computes the mean energy of the radiation.

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 放射線画像の画素値の分散値と平均値から算出されたエネルギー特徴量を補正することで、精度の高い平均エネルギー画像を取得することが可能となる。本発明の放射線撮影装置は、放射線画像の画素値の分散値と平均値から放射線のエネルギー特徴量を算出する算出手段と、前記エネルギー特徴量の変動を前記平均値に基づいて補正することにより、前記放射線の平均エネルギーを算出する補正手段と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

放射線撮影装置、放射線撮影システム、放射線撮影方法、及びプログラム 技術分野

[0001] 本発明は、放射線撮影装置、放射線撮影システム、放射線撮影方法、及びプログラムに関するものである。

背景技術

[0002] 現在、医療画像診断や非破壊検査に用いる放射線撮影装置として、半導体材料によって形成された平面検出器（Flat Panel Detector：以下「FPD」と略す）が普及している。このような放射線撮影装置は、例えば医療画像診断においては、一般撮影のような静止画撮影や透視撮影のような動画撮影のデジタル撮影装置として用いられている。FPDは、放射線による撮影情報をデジタル画像として処理可能なため、様々なアプリケーションが実用化されている。

[0003] そのうちの1つの技術として、エネルギーサブトラクションがある。一般的に、放射線が物質中を透過するときに減衰する程度を表す減弱係数は、物質によって異なる。そして、減弱係数は、放射線のエネルギーに依存する。したがって、2種類のエネルギーの放射線で撮影し2つの画像を取得し、対数変換した後に適切な係数を演算して差分することで、減弱係数の異なる2つの物質を分離した画像を生成することができる。

[0004] 一方で、FPDの画素値は、入射放射線のエネルギーとフォトン数の積に比例するが、同じ画素値でも、エネルギーが高い放射線の場合は、入射フォトン数が少なくなるため、フォトンノイズ（ポアソンノイズ）が増大する性質がある。これを利用することで、放射線フォトン数や平均エネルギーを推定する方法が提案されている（特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2013-236962号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1には、放射線のフォトンノイズの分散から平均エネルギーを推定する方法が記載されている。しかしながら、実際に入射放射線のエネルギーの測定を行ってみると、推定値と一致しない場合がある。

[0007] この結果、特許文献1に記載された発明により特定の撮影条件で推定された平均エネルギーを用いて較正を行っても、正確な平均エネルギー画像を取得することができない。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の放射線撮影装置は、放射線画像の画素値の分散値と平均値から放射線のエネルギー特徴量を算出する算出手段と、前記エネルギー特徴量の変動を前記平均値に基づいて補正することにより、前記放射線の平均エネルギーを算出する補正手段と、を備える。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1の実施形態の機能構成例を示す図である。

[図2]第1の実施形態の手順を示すフローチャートである。

[図3]平均値とエネルギー特徴量との関係を示す図である。

[図4]放射線エネルギースペクトルの変化を示す図である。

[図5]平均値とエネルギー特徴量との関係を関数で近似した図である。

[図6]平均エネルギーと係数との関係を示す図である。

[図7]第2の実施形態の機能構成例を示す図である。

[図8]第2の実施形態の手順を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0010] (第1の実施形態)

以下、本発明の第1の実施形態について図面を参照して説明する。図1は、第1の実施形態の機能構成例を示す図である。

- [0011] 本発明の放射線撮影システム１００は、放射線管１０１、放射線発生装置１０２、ＦＰＤ（放射線検出部）１０４、ＦＰＤ制御部１０５、モニタ１０６、操作部１０７、画像保存部１０８、及び画像処理部１０９を備える。
- [0012] 放射線管１０１は、被写体１０３に放射線を照射する。放射線発生装置１０２は、曝射スイッチの押下により、放射線管１０１に高電圧パルスを与え、放射線を発生させる。ＦＰＤ１０４は、放射線を検出し、放射線画像の画像データを出力する。ＦＰＤ１０４は、ＦＰＤ制御部１０５に制御されて、被写体１０３を通過した放射線を蛍光体により可視光に変換し、フォトダイオードで検出する。検出された電気信号は、ＡＤ変換されてデジタル画像（放射線画像）として、ＦＰＤ制御部１０５に送信される。
- [0013] ＦＰＤ制御部１０５は、画像保存部１０８及び画像処理部１０９を備え、１つ又は複数のコンピュータに内蔵される。コンピュータには、例えば、ＣＰＵなどの主制御手段、ＲＯＭ（Read Only Memory）、ＲＡＭ（Random Access Memory）などの記憶手段が具備される。また、コンピュータには、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）などのグラフィック制御手段、ネットワークカード等の通信手段、キーボード、ディスプレイ又はタッチパネルなどの入出力手段などが具備されていてもよい。
- [0014] なお、これら各構成手段は、バスなどにより接続され、記憶手段に記憶されたプログラムを主制御手段が実行することで制御される。
- [0015] モニタ１０６は、ＦＰＤ制御部１０５で受信されたデジタル画像や画像処理部１０９で画像処理されたデジタル画像を表示し、放射線撮影技師の撮影確認や医師の診断用にデジタル画像を供する。
- [0016] 操作部１０７は、ＦＰＤ１０４や画像処理部１０９に指示を入力することができ、ユーザーインターフェイスを具備してもよい。画像保存部１０８は、ＦＰＤ制御部１０５から出力されたデジタル画像や画像処理部１０９で画像処理されたデジタル画像を保存する。
- [0017] 画像処理部１０９は、ＦＰＤ１０４で撮影された放射線デジタル画像から

平均エネルギー画像を生成する。その構成として、画像処理部 109 は、分散計算部（分散算出部）110、平均値計算部（平均値算出部）111、エネルギー特徴量計算部（算出部）112、校正テーブル保持部 113、及び平均エネルギー計算部（補正部）114 を具備する。

[0018] 次に、本実施形態の処理について、図 2 に示すフローチャートを用いて詳細に説明する。

[0019] <平均エネルギー E の推定>

F P D 制御部 105 によって、F P D 104 で撮影された複数の放射線画像は画像保存部 108 に保存されるとともに画像処理部 109 に転送される（ステップ S 201）。

[0020] ステップ S 201 では、平均値計算部 111 は、入力された複数の放射線画像 $M(x, y, t)$ から、式 (1) に従い、平均値画像 $A(x, y)$ を生成する。ここで、 x と y は放射線画像の画素の座標である。 t は、整数であり、時系列に撮影された放射線画像のフレーム番号を表す。ブラケット $\langle \rangle$ は、時間平均を表す。このように、平均値計算部 111 は、放射線画像の画素値の平均値を算出する。

[0021] [数1]

$$A(x, y) = \langle M(x, y, t) \rangle_t \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

[0022] ステップ S 202 では、分散計算部 110 は、入力された複数の放射線画像 $M(x, y, t)$ と平均値画像 $A(x, y)$ から式 (2) に従い、分散画像 $V(x, y)$ を生成する。このように、分散計算部 110 は、放射線画像の画素値の分散を算出する。

[0023] [数2]

$$V(x, y) = \langle M^2(x, y, t) \rangle_t - \langle M(x, y, t) \rangle_t^2 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$$

[0024] ステップ S 203 では、エネルギー特徴量計算部 112 は、式 (3) に従い、エネルギー特徴量画像 $E_s(x, y)$ を生成する。式 (3) に示すように、エネルギー特徴量計算部（算出部）112 は、放射線画像の画素値の分散

値 $V(x, y)$ と平均値 $A(x, y)$ から放射線のエネルギー特徴量 $E_s(x, y)$ を算出する。このように、エネルギー特徴量計算部 112 は、分散と平均値からエネルギー特徴量を算出する。

[0025] [数3]

$$E_s(x, y) = \frac{\langle M^2(x, y, t) \rangle_t - \langle M(x, y, t) \rangle_t^2}{\langle M(x, y, t) \rangle_t} \quad \dots \quad (3)$$

[0026] 特許文献 1 にも開示されているように、式 (3) は、FPD 104 に到達した放射線の平均エネルギーを表す。つまり、FPD 104 に到達した放射線の光子数と各光子が持っているエネルギーの積に比例した出力をするため、式 (3) は式 (4) となる。

[0027] [数4]

$$\begin{aligned} E_s(x, y) &= \frac{\langle M^2(x, y, t) \rangle_t - \langle M(x, y, t) \rangle_t^2}{\langle M(x, y, t) \rangle_t} \\ &= \frac{E^2(\langle N^2(x, y, t) \rangle_t - \langle N(x, y, t) \rangle_t^2)}{E \langle N(x, y, t) \rangle_t} \quad \dots \quad (4) \end{aligned}$$

[0028] また、FPD 104 に到達する放射線の光子数のゆらぎは、ポアソン分布に従い、ポアソン分布は、期待値と分散が等しい性質がある。したがって、FPD 104 に到達した放射線の光子数 N には、以下の関係が成り立つ。

[0029] [数5]

$$\langle N^2 \rangle_t - \langle N \rangle_t^2 = \langle N \rangle_t \quad \dots \quad (5)$$

[0030] ここで、式 (4) の分母を式 (5) で置き換えると、式 (6) となり、式 (3) のエネルギー特徴量 E_s は、平均エネルギー E に相当する量であることがわかる。なお、エネルギー特徴量 E_s とエネルギー E とは単位が異なるため、エネルギー特徴量 E_s に所定の係数を乗算することにより、エネルギー特徴量 E_s を平均エネルギー E に一致させてもよい。

[0031]

[数6]

$$E_s(x, y) = \frac{E^2 \langle N(x, y, t) \rangle_t}{E \langle N(x, y, t) \rangle_t} = E \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (6)$$

[0032] しかしながら、実際に F P D 1 0 4 がエネルギー特徴量 E_s を計算すると、図 3 に示すように、エネルギー特徴量 E_s は、放射線画像の画素値の平均値に応じて変化することがわかった。

[0033] <エネルギー特徴量 E_s の補正>

図 3 は、放射線画像の画素値の平均値 L S B とエネルギー特徴量 E_s との関係を、実際の放射線の平均エネルギー E (43.7 keV, 48.7 keV, 51.7 keV, 53.9 keV) ごとにプロットしたグラフである。それぞれの平均エネルギー E は、エネルギー spektrometer を用いて測定した値である。

[0034] 式 (6) によれば、平均エネルギー E が一定である場合、エネルギー特徴量 E_s は、放射線画像の画素値の平均値にかかわらず一定となるはずであるが、実際のエネルギー特徴量 E_s は、放射線画像の画素値の平均値に応じて変化することがわかった。

[0035] すなわち、平均エネルギー E を特定するためには、エネルギー特徴量 E_s を補正する必要がある。一般に、F P D 1 0 4 の内部では、放射線フォトンが蛍光体により可視光に変換してから、フォトダイオードで受光し、電子へ変換する複雑な物理過程を経るため、式 (6) では、正確な平均エネルギー E が算出されないと考えられる。

[0036] そこで、本発明では、この課題を解決して、平均エネルギー E を高い精度で推定するため、図 3 のような放射線画像の画素値の平均値とエネルギー特徴量 E_s との関係を校正テーブル (2 軸エネルギー校正テーブル) L U T 2 D で表す。校正テーブル L U T 2 D を参照して、エネルギー特徴量 E_s は画素値の平均値 A により補正される。校正テーブル L U T 2 D は、校正テーブル保持部 1 1 3 に保存される。校正テーブル保持部 1 1 3 は、算出されたエネルギー特徴量 E_s の変動を補正するための校正テーブル L U T 2 D を保持する。

[0037] エネルギー特徴量 E_s は、式 (7) に従い、画素値の平均値 A により補正され、平均エネルギー E が補正される。

[0038] [数7]

$$E = LUT2D(A, E_s) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (7)$$

[0039] ステップ S 2 0 5 では、平均エネルギー計算部 1 1 4 は、校正テーブル $LUT2D$ を用いて、平均値 $A(x, y)$ による平均値画像とエネルギー特徴量 $E_s(x, y)$ による特徴量画像から、平均エネルギー $E(x, y)$ による平均エネルギー画像を生成する。平均エネルギー計算部 (補正部) 1 1 4 は、校正テーブル $LUT2D$ に基づいてエネルギー特徴量 E_s を補正する。このように、平均エネルギー計算部 (補正部) 1 1 4 は、エネルギー特徴量 E_s の変動を平均値 A に基づいて補正することにより、放射線の平均エネルギー E を算出する。

[0040] これにより、図 3 のように、エネルギー特徴量 E_s から平均エネルギー E が一意に推定されず、エネルギー特徴量 E_s が放射線画像の画素値の平均値 A に応じて変化する場合であっても、エネルギー特徴量 E_s を適切に補正することができる。この結果、高精度で平均エネルギー E を特定し、高精度の平均エネルギー画像を提供することができる。

[0041] なお、本実施形態では、校正テーブル $LUT2D$ を参照して、平均エネルギー E が算出されるが、図 3 のような、エネルギー特徴量 E_s と画素値の平均値 A との関係を近似関数などの関数で表し、関数を用いることで、平均エネルギー E が算出されてもよい。

(校正テーブルの作成)

[0042] 次に、ステップ S 2 0 5 で用いられる校正テーブル $LUT2D$ の作成について詳細に説明する。校正テーブル $LUT2D$ は、厚さが異なるファントムを撮影して取得された放射線画像に基づいて生成される。図 4 は、ファントムであるアクリル板を放射線撮影した際の放射線エネルギーと正規化フォトン数の関係をアクリル板の厚さごとに表した放射線エネルギースペクトルである。

[0043] 図4に示すように、放射線スペクトルは、アクリル板が厚くなるにつれて、放射線エネルギーが低いほど、正規化フォトン数が少なくなり、放射線を減弱する。放射線エネルギーが低い放射線ほど物質中を透過するときに減衰するため、放射線スペクトルのピークは、放射線が透過する物質が厚くなるにつれて（放射線の物質透過距離が長くなるにつれて）、高エネルギー側にシフトする。図4では、ピークP1よりもピークP2のほうが、高エネルギー側にシフトしている。これをビームハードニング（線質硬化）と呼ぶ。

[0044] したがって、放射線が透過する物質が厚くなるほど、ビームハードニングにより放射線スペクトルのピークが高エネルギー側にシフトすることで、放射線の平均エネルギーが高くなる。

[0045] なお、本実施形態ではアクリル板の厚さを変化させて、ビームハードニングにより平均エネルギーの測定を行っているが、単純に放射線管電圧を変化させて放射線エネルギーを変化させることにより平均エネルギーの測定を行ってもよい。校正テーブルLUT2Dは、管電圧を変化させて取得された放射線画像に基づいて生成される。

[0046] ただし、放射線管電圧の変化による平均エネルギーの変化とビームハードニングによる平均エネルギーの変化では、放射線スペクトル形状の変化が異なるため、本実施形態では、アクリルの厚さを変化させて平均エネルギーを変化させている。物質の厚さを変化させて平均エネルギーの変化を測定するほうが、実際に被写体を透過した放射線の平均エネルギーの変化に近いからである。

[0047] 前述したように、平均エネルギー E が一定であっても、エネルギー特徴量 E_s が平均値 A に応じて変化するため、エネルギー特徴量 E_s を実際の平均エネルギー E に相当する量に補正する必要がある。

[0048] そこで、図5に示すように、平均値 A に対するエネルギー特徴量 E_s の挙動を関数で近似する。平均エネルギー計算部（補正部）114は、エネルギー特徴量 E_s と平均値 A との関係を表す第1の関数に基づいて、エネルギー特徴量 E_s の変動を補正する。第1の関数は、平均値 A の高次関数である。

[0049] 本実施形態では、図5に示すように、図3でプロットされた点を平均値Aの3次関数（第1の関数）でそれぞれ近似する。この場合、エネルギー特徴量 E_s の関数は式（8）で表される。

[0050] [数8]

$$E_s = C_1 A^3 + C_2 A^2 + C_3 A + C_4 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (8)$$

[0051] 平均エネルギーE（43.7 keV, 48.7 keV, 51.7 keV, 53.9 keV）ごとにそれぞれの係数 C_1 , C_2 , C_3 , C_4 を算出する。

[0052] また、所定の平均エネルギーEの係数 C_1 , C_2 , C_3 , C_4 を算出し、係数 C_1 , C_2 , C_3 を他の平均エネルギーEに共通に用いてもよい。この場合、平均エネルギーEに応じて C_4 を変化させることで様々な平均エネルギーEに適用することができる。また、所定の複数の平均エネルギーEの係数 C_1 , C_2 , C_3 から、他の平均エネルギーEに共通に用いられる係数を算出してもよい。

[0053] 本実施形態では、平均エネルギーEに共通に用いられる係数 C_1 , C_2 , C_3 を算出し、平均エネルギーEに依存する係数 C_4 をDとして、式（9）によりエネルギー特徴量 E_s が表され、エネルギー特徴量 E_s 、平均値A、及び平均エネルギーEの関係が表される。

[0054] [数9]

$$E_s = C_1 A^3 + C_2 A^2 + C_3 A + D(E) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (9)$$

[0055] 図5は、式（9）用いて3次関数で近似した結果である。図6は、平均エネルギーEとD（E）との関係を示すグラフである。図6に示すように、D（E）は、平均エネルギーEに応じて線形に変化することがわかる。この場合、式（10）に示すように、D（E）は、平均エネルギーEの1次関数で表すことができる。

[0056] [数10]

$$D(E) = L_1 E + L_2 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (10)$$

[0057] 式（10）に示すように、式（8）の3次関数（第1の関数）における平

均値 A の 0 次項の係数 C_4 は、平均エネルギー E を変数とする 1 次関数（第 2 の関数）である。式（9）及び式（10）から式（11）が導かれる。

[0058] [数11]

$$E_s = C_1 A^3 + C_2 A^2 + C_3 A + L_1 E + L_2 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot (11)$$

[0059] 式（8）の 3 次関数（第 1 の関数）又は式（10）の 1 次関数（第 2 の関数）は、ファントムや管電圧などを変化させながら測定された放射線のエネルギー測定値から導かれる。前述のように、式（8）の 3 次関数（第 1 の関数）又は式（10）の 1 次関数（第 2 の関数）は、放射線のエネルギー測定値に基づいて、エネルギー特徴量 E_s 、平均値 A 、及び平均エネルギー E の関係を近似する関数である。

[0060] 予め算出された係数、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 L_1 、 L_2 に基づいて、校正テーブル $LUT2D$ が作成される。校正テーブル保持部 113 に保存された校正テーブル $LUT2D$ を参照し、式（11）にエネルギー特徴量 E_s 及び平均値 A を入力すると、校正された平均エネルギー E が算出され、高精度のエネルギー校正が可能になる。

[0061] 前述のステップ S205 で、平均エネルギー計算部（補正部）114 は、式（8）の 3 次関数（第 1 の関数）及び式（10）の 1 次関数（第 2 の関数）の係数 C_1 、 C_2 、 C_3 、 L_1 、 L_2 を保持する校正テーブル $LUT2D$ を参照する。これにより、エネルギー特徴量の変動が補正される。

[0062] 平均エネルギー計算部（補正部）114 は、エネルギー特徴量 E_s 、平均値 A 、及び平均エネルギー E の関係を保持する校正テーブルを参照することにより、エネルギー特徴量 E_s の変動を補正する。

[0063] 平均エネルギー計算部（補正部）114 は、式（8）の 3 次関数（第 1 の関数）及び式（10）の 1 次関数（第 2 の関数）の係数 C_1 、 C_2 、 C_3 、 L_1 、 L_2 を共通させて、係数に基づいて、エネルギー特徴量 E_s 及び平均値 A から平均エネルギー E を算出する。

[0064] 平均エネルギー計算部（補正部）114 は、補正されたエネルギー特徴量 E_s に基づいて平均エネルギー画像を生成する。平均エネルギー計算部 114

は、較正テーブルLUT2Dを用いて、平均値 $A(x, y)$ による平均値画像とエネルギー特徴量 $E_s(x, y)$ による特徴量画像から、平均エネルギー $E(x, y)$ による平均エネルギー画像を生成する。この結果、高精度で平均エネルギー E を特定し、高精度の平均エネルギー画像を提供することができる。

[0065] (第2の実施形態)

第1の実施形態では、平均値 $A(x, y)$ による平均値画像とエネルギー特徴量 $E_s(x, y)$ による特徴量画像から、平均エネルギー $E(x, y)$ による平均エネルギー画像が生成される。

[0066] 第2の実施形態では、平均エネルギー計算部(補正部)114は、放射線画像におけるエネルギー特徴量 E_s の面内分布を補正する。エネルギー特徴量 $E_s(x, y)$ にフレームの面内分布補正を施し、補正エネルギー特徴量 $E_{gs}(x, y)$ が算出される。そして、平均エネルギー計算部114は、平均値 $A(x, y)$ による平均値画像と補正エネルギー特徴量 $E_{gs}(x, y)$ による特徴量画像から、平均エネルギー $E(x, y)$ による平均エネルギー画像を生成する。

[0067] <エネルギー特徴量 E_s の面内分布補正>

図7は、第2の実施形態の機能構成例を示す図である。図8は、第2の実施形態の処理を示すフローチャートである。なお、第1の実施形態と同様の構成、機能、及び動作についての説明は省略し、主に本実施形態との差異について説明する。

[0068] 画像処理部109は、面内分布補正部115を具備する。ステップS204では、ステップS205で較正テーブルLUT2Dを適用する前に、エネルギー特徴量 E_s の面内分布が補正される。面内分布補正部115が、被写体がない状態で撮影された放射線画像から算出された基準エネルギー特徴量 E_{s0} に基づいて、式(12)に従い、エネルギー特徴量 E_s の面内分布(空間分布)を補正し、補正エネルギー特徴量 E_{gs} を算出する。

[0069]

[数12]

$$E_{gs}(x, y) = \frac{E_s(x, y)}{E_{s0}(x, y)} \overline{E_{s0}} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (12)$$

[0070] エネルギー特徴量計算部 112 は、式 (3) に従い、被写体がない状態で撮影された放射線画像からエネルギー特徴量 $E_{s0}(x, y)$ を生成する。ここで、 E_{s0} のオーバーラインは、基準エネルギー特徴量 $E_{s0}(x, y)$ の面内平均値（空間平均値）である。

[0071] エネルギー特徴量計算部（算出部） 112 は、被写体がない状態で撮影された放射線画像の画素値の分散値と平均値から放射線の基準エネルギー特徴量 $E_{s0}(x, y)$ を算出する。面内分布補正部（補正部） 115 は、基準エネルギー特徴量 $E_{s0}(x, y)$ の放射線画像における面内平均値に基づいて、エネルギー特徴量 E_s の面内分布を補正する。これにより、画素の位置 (x, y) にかかわらず、同じ校正テーブル LUT2D を適用することで、平均エネルギー E の算出が可能になる。

[0072] ステップ S205 では、平均エネルギー計算部 114 は、校正テーブル LUT2D を用いて、平均値 $A(x, y)$ による平均値画像と補正エネルギー特徴量 $E_{gs}(x, y)$ による特徴量画像から、平均エネルギー $E(x, y)$ による平均エネルギー画像を生成する。

[0073] つまり、本実施形態では、エネルギー特徴量 E_{gs} が、式 (7) の代わりに式 (13) に従い、画素値の平均値 A により補正され、平均エネルギー E が算出される。

[0074] [数13]

$$E = LUT2D(A, E_{gs}) \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (13)$$

[0075] 以上が本発明の代表的な実施形態の例であるが、本発明は、上記及び図面に示す実施形態に限定することなく、その要旨を変更しない範囲内で適宜変形して実施できるものである。

[0076] また、本発明は、例えば、システム、装置、方法、プログラム、若しくは

記憶媒体などとしての実施態様を採ることもできる。具体的には、複数の機器から構成されるシステムに適用してもよいし、また、1つの機器からなる装置に適用してもよい。

[0077] 本発明は、上記の実施形態の機能を実現するソフトウェア（プログラム）をネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、システム又は装置のコンピュータ（CPUやMPUなど）がプログラムを読み出すことにより実行されてもよい。また、本発明は、システム又は装置のコンピュータにおける1つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能であり、1以上の機能を実現する回路（例えば、ASIC）によっても実現可能である。

[0078] 本発明は上記実施の形態に制限されるものではなく、本発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、本発明の範囲を公にするために以下の請求項を添付する。

[0079] この出願は2016年10月6日に提出された日本国特許出願第2016-198468からの優先権を主張するものであり、その内容を引用してこの出願の一部とするものである。

請求の範囲

- [請求項1] 放射線画像の画素値の分散値と平均値から放射線のエネルギー特徴量を算出する算出手段と、
前記エネルギー特徴量の変動を前記平均値に基づいて補正することにより、前記放射線の平均エネルギーを算出する補正手段と、
を備えることを特徴とする放射線撮影装置。
- [請求項2] 前記補正手段は、前記エネルギー特徴量と前記平均値との関係を表す第1の関数に基づいて、前記エネルギー特徴量の変動を補正する請求項1に記載の放射線撮影装置。
- [請求項3] 前記第1の関数は、前記平均値の高次関数であることを特徴とする請求項2に記載の放射線撮影装置。
- [請求項4] 前記第1の関数における前記平均値の0次項の係数は、前記平均エネルギーを変数とする第2の関数であることを特徴とする請求項2又は3に記載の放射線撮影装置。
- [請求項5] 前記第2の関数は、前記平均エネルギーの1次関数であることを特徴とする請求項4に記載の放射線撮影装置。
- [請求項6] 前記第1の関数又は前記第2の関数は、前記放射線のエネルギー測定値から導かれることを特徴とする請求項2乃至5の何れか1項に記載の放射線撮影装置。
- [請求項7] 前記第1の関数又は前記第2の関数は、前記放射線のエネルギー測定値に基づいて、前記エネルギー特徴量、前記平均値、及び前記平均エネルギーの関係を近似する関数であることを特徴とする請求項2乃至6の何れか1項に記載の放射線撮影装置
- [請求項8] 前記補正手段は、前記第1の関数及び前記第2の関数の係数を共通させて、前記係数に基づいて、前記エネルギー特徴量及び前記平均値から前記平均エネルギーを算出することを特徴とする請求項2乃至7の何れか1項に記載の放射線撮影装置。
- [請求項9] 前記補正手段は、前記第1の関数及び前記第2の関数の係数を保持

する前記較正テーブルを参照することにより、前記エネルギー特徴量の変動を補正する請求項2乃至8の何れか1項に記載の放射線撮影装置。

[請求項10] 前記補正手段は、前記エネルギー特徴量、前記平均値、及び前記平均エネルギーの関係を保持する較正テーブルを参照することにより、前記エネルギー特徴量の変動を補正する請求項1乃至9の何れか1項に記載の放射線撮影装置。

[請求項11] 前記補正手段は、前記放射線画像における前記エネルギー特徴量の面内分布を補正することを特徴とする請求項1乃至10の何れか1項に記載の放射線撮影装置。

[請求項12] 前記算出手段は、被写体がない状態で撮影された放射線画像の画素値の分散値と平均値から放射線の基準エネルギー特徴量を算出し、
前記補正手段は、前記基準エネルギー特徴量の前記放射線画像における面内平均値に基づいて、前記エネルギー特徴量の面内分布を補正することを特徴とする請求項11に記載の放射線撮影装置。

[請求項13] 前記補正手段は、補正された前記エネルギー特徴量に基づいて平均エネルギー画像を生成することを特徴とする請求項1乃至12の何れか1項に記載の放射線撮影装置。

[請求項14] 放射線画像の画素値の分散を算出する分散算出手段と、
放射線画像の画素値の平均値を算出する平均値算出手段と、
前記分散と平均値からエネルギー特徴量を算出する算出手段と、
該算出されたエネルギー特徴量の変動を補正するための較正テーブルを保持する保持手段と、
前記較正テーブルに基づいてエネルギー特徴量を補正する補正手段とを備えることを特徴とする放射線撮影装置。

[請求項15] 放射線を発生させる放射線発生手段と、
前記放射線を検出し、放射線画像の画像データを出力する放射線検出手段と、

前記放射線画像の画素値の分散値と平均値から放射線のエネルギー特徴量を算出する算出手段と、

前記エネルギー特徴量の変動を前記平均値に基づいて補正することにより、前記放射線の平均エネルギーを算出する補正手段と、
を備えることを特徴とする放射線撮影システム。

[請求項16] 放射線画像の画素値の分散値と平均値から放射線のエネルギー特徴量を算出する工程と、

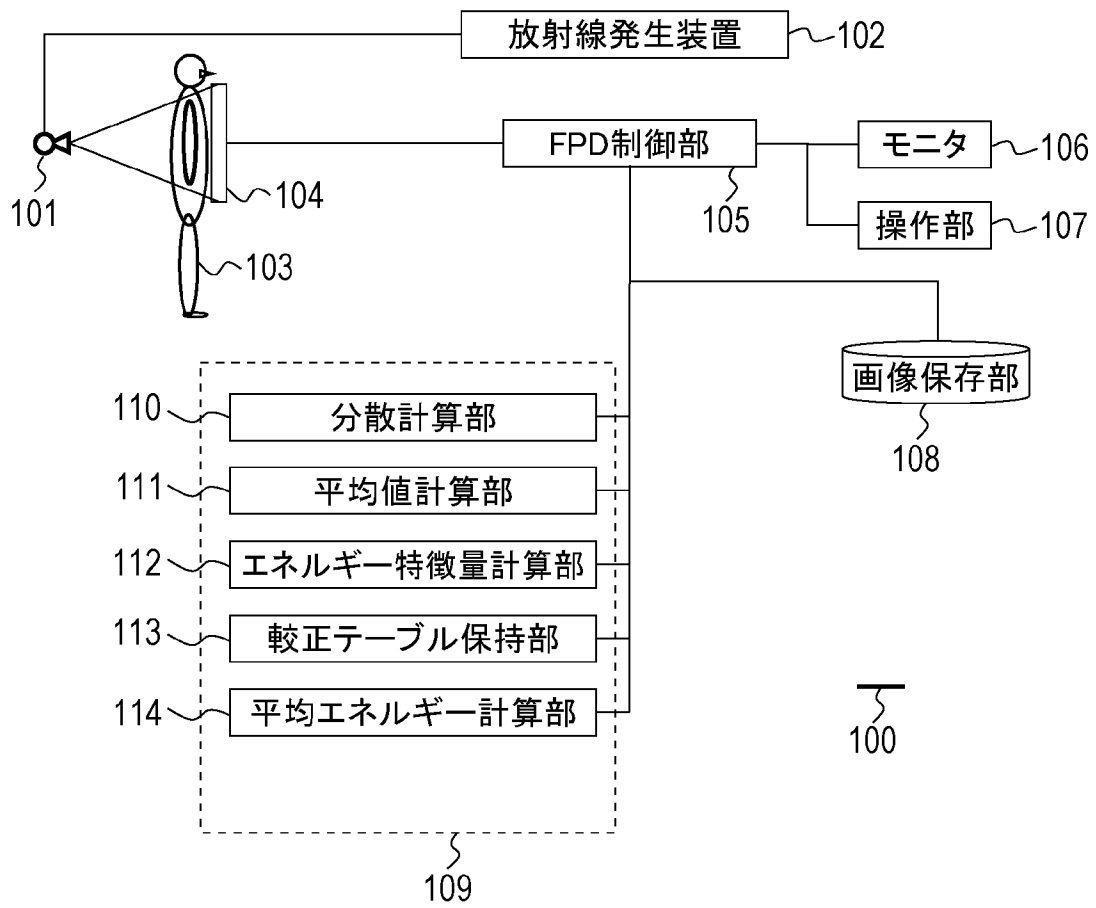
前記エネルギー特徴量の変動を前記平均値に基づいて補正することにより、前記放射線の平均エネルギーを算出する工程と、
を備えることを特徴とする放射線撮影方法。

[請求項17] 放射線画像の画素値の分散を算出する工程と、
放射線画像の画素値の平均値を算出する工程と、
前記分散と平均値からエネルギー特徴量を算出する工程と、
該算出されたエネルギー特徴量の変動を補正するための校正テーブルを保持する工程と、

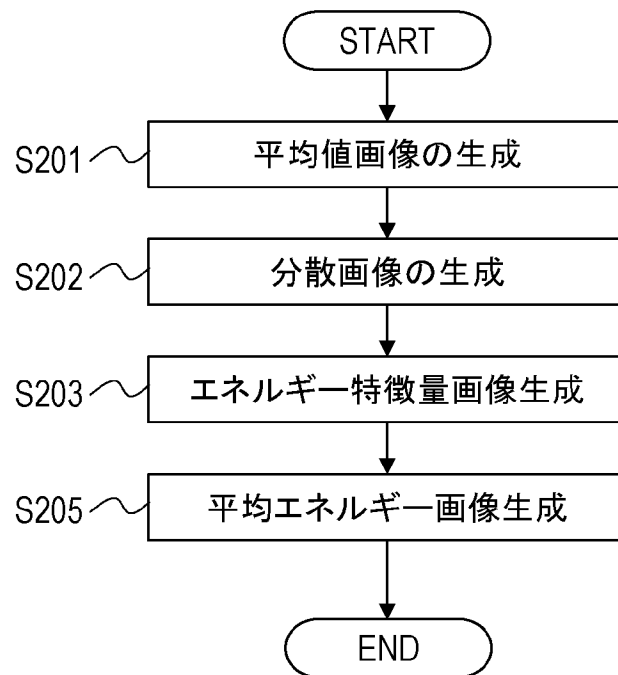
前記校正テーブルに基づいてエネルギー特徴量を補正する工程と、
を備えることを特徴とする放射線撮影方法。

[請求項18] コンピュータを請求項1乃至14の何れか1項に記載の放射線撮影装置の各手段として機能させるためのプログラム。

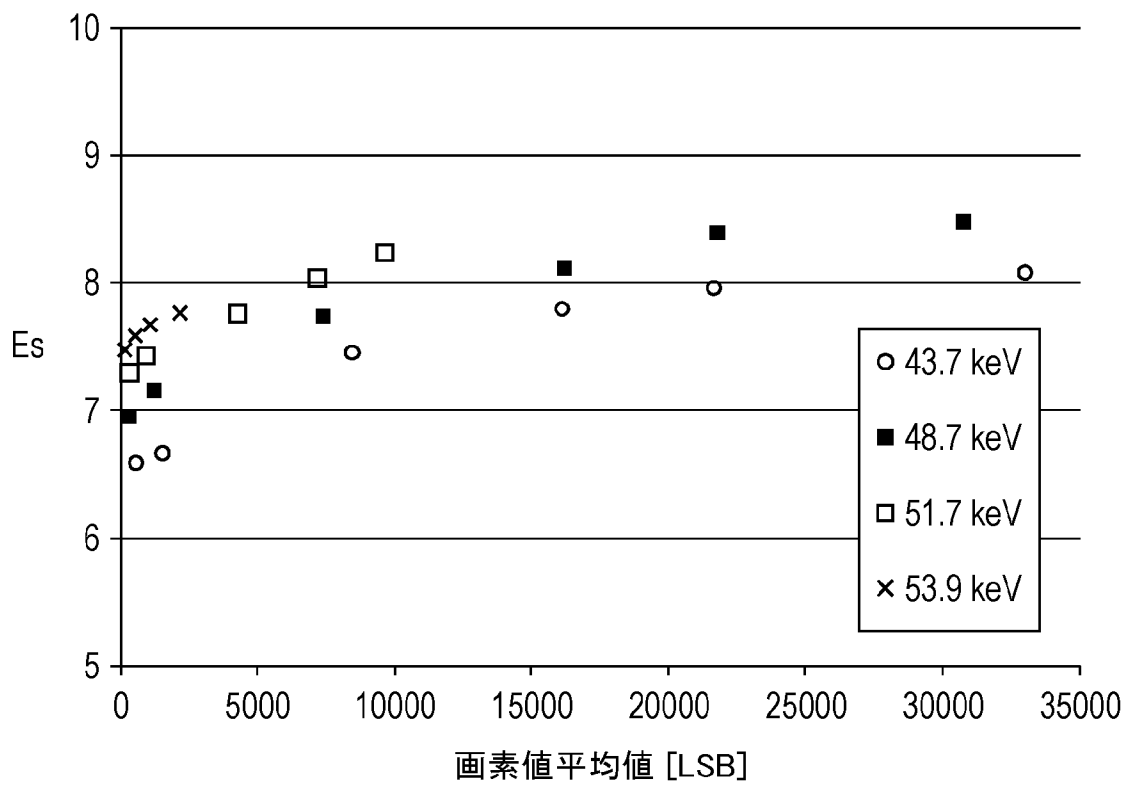
[図1]



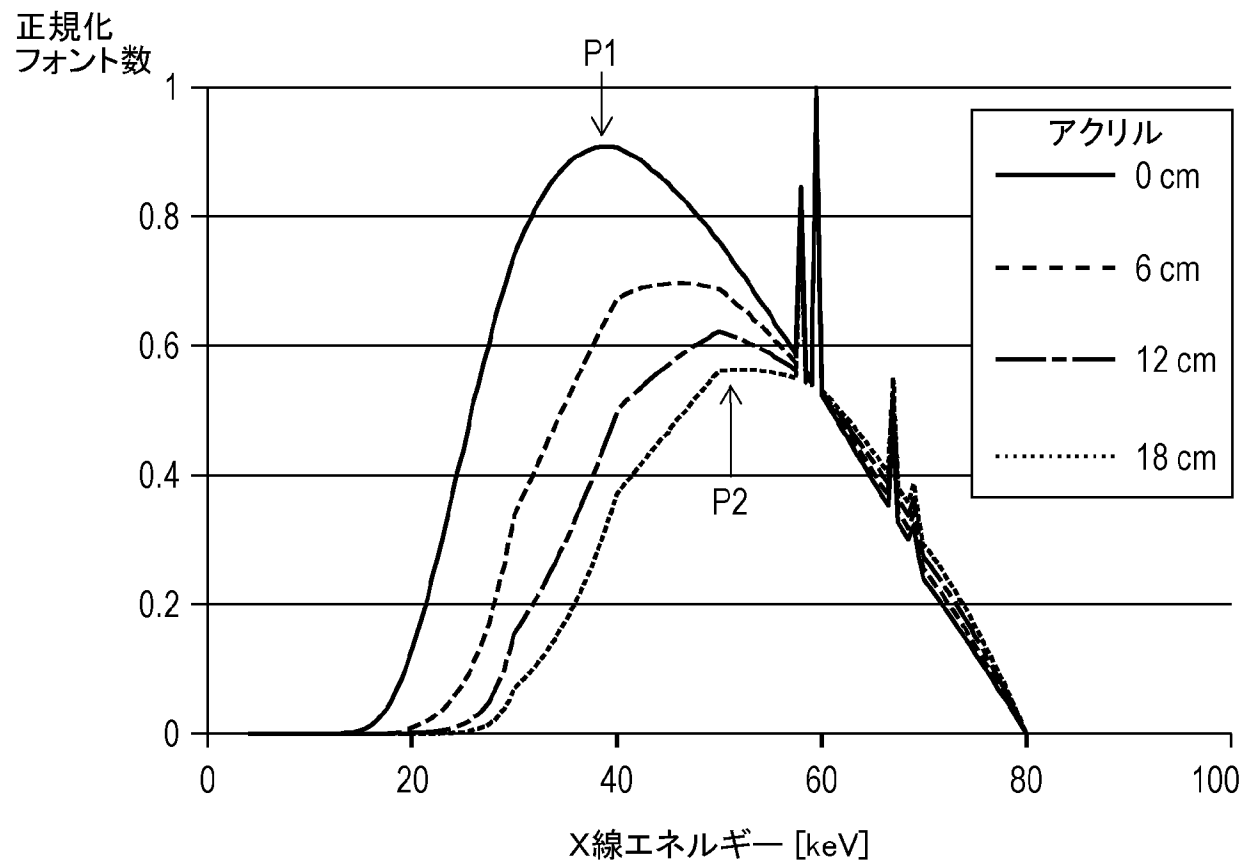
[図2]



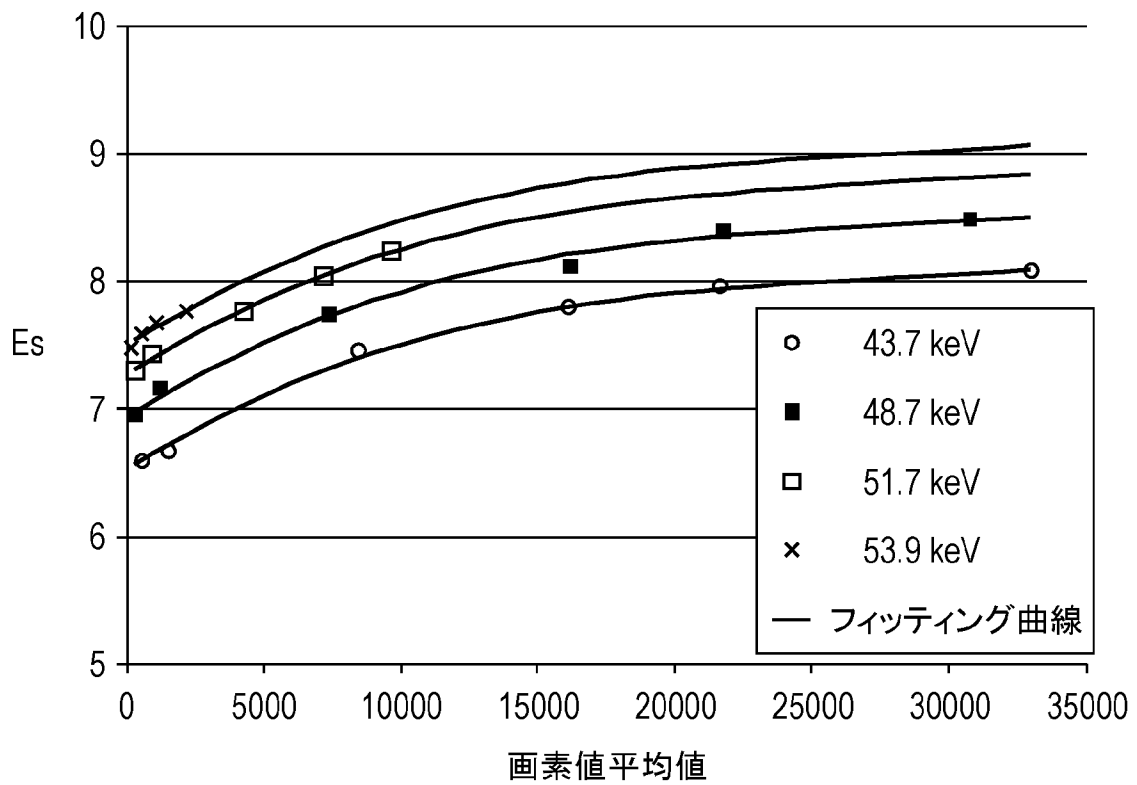
[図3]



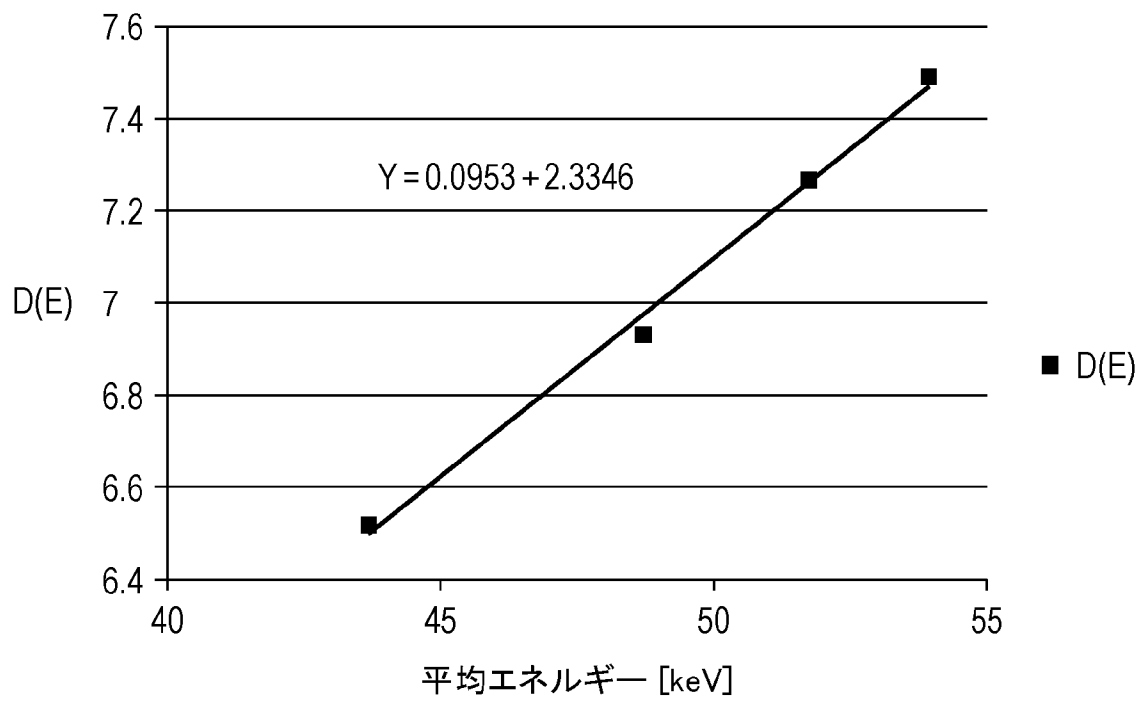
[図4]



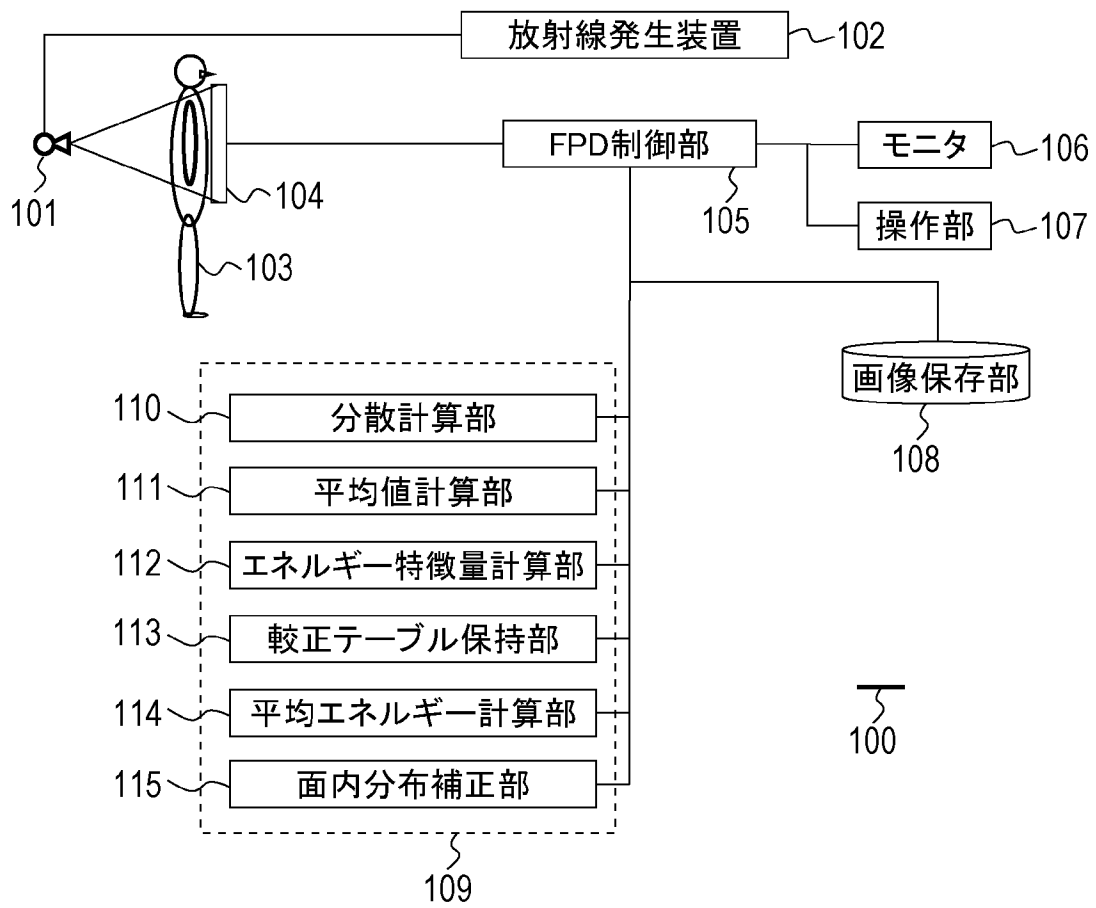
[図5]



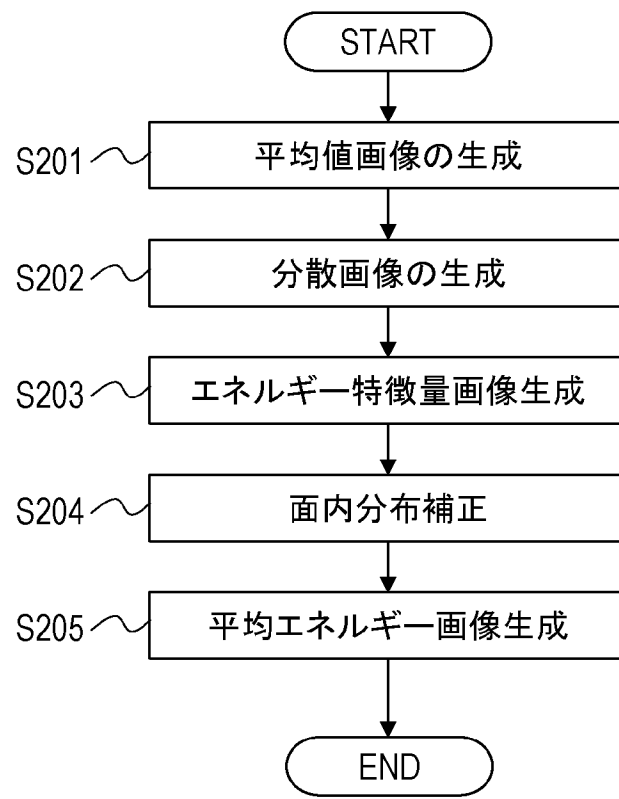
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036019

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B6/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B6/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-128456 A (Toshiba Corp.), 10 July 2014 (10.07.2014), paragraph [0030] & US 2015/0287221 A1 paragraph [0037] & WO 2014/104314 A1	1-18
A	JP 2013-236962 A (Fujifilm Corp.), 28 November 2013 (28.11.2013), paragraph [0004] & US 2012/0177278 A1 paragraph [0006] & EP 2026276 A2 & JP 2009-61253 A	1-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 October 2017 (26.10.17)

Date of mailing of the international search report
07 November 2017 (07.11.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61B6/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61B6/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2014-128456 A（株式会社東芝）2014.07.10, 【0030】 & US 2015/0287221 A1, [0037] & WO 2014/104314 A1	1 - 18
A	JP 2013-236962 A（富士フイルム株式会社）2013.11.28, 【0004】 & US 2012/0177278 A1, [0006] & EP 2026276 A2 & JP 2009-61253 A	1 - 18

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

26.10.2017

国際調査報告の発送日

07.11.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

伊藤 昭治

2U

4077

電話番号 03-3581-1101 内線 3292