

(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
2019年2月7日(07.02.2019)



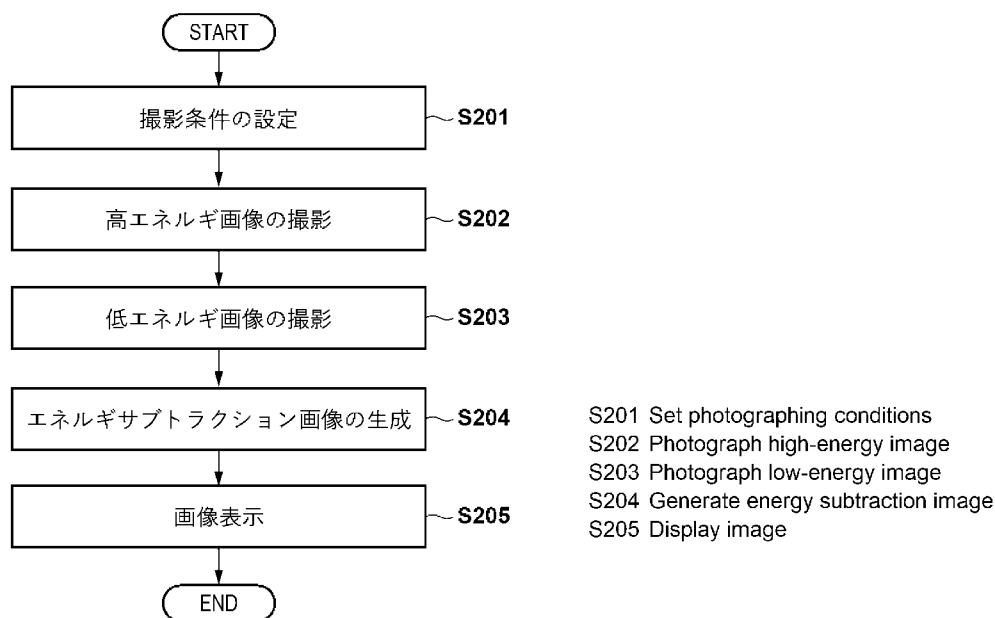
(10) 国際公開番号

WO 2019/026409 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 6/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/021209
- (22) 国際出願日: 2018年6月1日(01.06.2018)
- (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 2017-151760 2017年8月4日(04.08.2017) 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: 鳥居 聡太(TORII, Sota); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内 Tokyo (JP). 岩下 貴司(IWASHITA, Atsushi); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内 Tokyo (JP). 照井 晃介(TERUI, Kosuke); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内 Tokyo (JP). 佃 明(TSUKUDA, Akira); 〒1468501 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大塚 康德, 外(OHTSUKA, Yasunori et al.); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町3番6号 紀尾井町パークビル7F Tokyo (JP).

(54) Title: RADIATION IMAGE PICKUP DEVICE AND RADIATION IMAGE PICKUP SYSTEM

(54) 発明の名称: 放射線撮像装置および放射線撮像システム



(57) Abstract: This radiation image pickup device includes: a detection unit that generates image signals corresponding to radioactive rays applied from a radiation source; an image processing unit; and a control unit. The control unit performs, using radioactive rays having energies that are different from each other, first photographing and second photographing that is to be performed after the first photographing. The image processing unit generates an energy subtraction image using a first image signal generated by the detection unit in the first photographing, and a second image signal generated by



(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, 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))

the detection unit in the second photographing. The second photographing is performed under radioactive ray irradiation conditions corresponding to the quantity of noise included in the first image signal.

(57) 要約: 放射線源から照射される放射線に応じた画像用信号を生成する検出部と、画像処理部と、制御部と、を含む放射線撮像装置であって、制御部は、それぞれ異なるエネルギーの放射線による第1の撮影および第1の撮影の後に行われる第2の撮影を行い、画像処理部は、第1の撮影において検出部で生成される第1の画像用信号と、第2の撮影において検出部で生成される第2の画像用信号と、を用いてエネルギーサブラクション画像を生成し、第2の撮影が、第1の画像用信号において含まれるノイズ量に応じた放射線の照射条件で撮影される。

明 細 書

発明の名称：放射線撮像装置および放射線撮像システム

技術分野

[0001] 本発明は、放射線撮像装置および放射線撮像システムに関するものである。

背景技術

[0002] 医療画像診断や非破壊検査において、半導体材料によって構成される平面検出器（フラットパネルディテクタ：FPD）を用いた放射線撮像装置が広く使用されている。FPDを用いた撮影方法のひとつに、エネルギー成分が異なる放射線を用いてエネルギーサブトラクション画像を取得する方法が知られている。特許文献1には、高エネルギーと低エネルギーの放射線を繰り返し照射し、撮影を行うDXA（Dual X-ray Absorptiometry：二重X線吸収）法を用いた放射線撮像装置が示されている。一般的に、体厚が厚い被写体では、平均的な体格の被写体に比べて、低エネルギーの放射線撮影時の放射線の検出値（カウント数）が、高エネルギーの放射線撮影時の放射線のカウント数よりも大幅に減少する。特許文献1には、高エネルギーと低エネルギーとの放射線による撮影で検出される放射線のカウント数を揃えるために、放射線発生部が交互に繰り返し発生する低エネルギーの放射線と高エネルギーの放射線との発生時間の比率を制御することが示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-131564号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1では、低エネルギーの放射線の発生時間を高エネルギーの放射線の発生時間よりも比率が多くなるように制御することによって、それぞれ検出される放射線のカウント数を揃えている。しかしながら、検出される放射線

のカウンタ数が同じであっても、高エネルギーの放射線画像と低エネルギーの放射線画像とでは、それぞれの画像に含まれるノイズ量が異なりうる。エネルギーサブトラクション画像に含まれるノイズは、高エネルギーの放射線で撮影した放射線画像と低エネルギーの放射線で撮影した放射線画像とのそれぞれのノイズ量に依存しうる。エネルギーサブトラクション画像の画質を向上するためには、高エネルギー画像と低エネルギー画像とのそれぞれの画像に含まれるノイズ量を考慮する必要がある。

[0005] 本発明は、放射線撮像装置において、エネルギーサブトラクション画像の画質の向上に有利な技術を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題に鑑みて、本発明の実施形態に係る放射線撮像装置は、放射線源から照射される放射線に応じた画像用信号を生成する検出部と、画像処理部と、制御部と、を含む放射線撮像装置であって、制御部は、それぞれ異なるエネルギーの放射線による第1の撮影および第1の撮影の後に行われる第2の撮影を行い、画像処理部は、第1の撮影において検出部で生成される第1の画像用信号と、第2の撮影において検出部で生成される第2の画像用信号と、を用いてエネルギーサブトラクション画像を生成し、第2の撮影が、第1の画像用信号において含まれるノイズ量に応じた放射線の照射条件で撮影されることを特徴とする。

発明の効果

[0007] 上記手段によって、放射線撮像装置において、エネルギーサブトラクション画像の画質の向上に有利な技術を提供する。

[0008] 本発明のその他の特徴及び利点は、添付図面を参照とした以下の説明により明らかになるであろう。なお、添付図面においては、同じ若しくは同様の構成には、同じ参照番号を付す。

図面の簡単な説明

[0009] 添付図面は明細書に含まれ、その一部を構成し、本発明の実施の形態を示し、その記述と共に本発明の原理を説明するために用いられる。

[図1]本発明の実施形態に係る放射線撮像装置を用いた放射線撮像システムの構成例を示す図。

[図2]図1の放射線撮像装置を用いたエネルギーサブトラクション画像の撮影のフローを示す図。

[図3]図2のエネルギーサブトラクション画像の撮影の放射線の照射条件の例を示す図。

[図4]高エネルギー画像と低エネルギー画像とのノイズと、エネルギーサブトラクション画像のノイズと、の関係を示す図。

[図5]図1の放射線撮像装置を用いたエネルギーサブトラクション画像の撮影のフローを示す図。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明に係る放射線撮像装置の具体的な実施形態を、添付図面を参照して説明する。本発明における放射線には、放射線崩壊によって放出される粒子（光子を含む）の作るビームである α 線、 β 線、 γ 線などの他に、同程度以上のエネルギーを有するビーム、例えばX線や粒子線、宇宙線なども含む。

[0011] 第1の実施形態

図1～4を参照して、本発明の実施形態による放射線撮像装置の構成および動作について説明する。図1は、本発明の第1の実施形態における放射線撮像装置100を用いた放射線撮像システム110の構成例を示す図である。放射線撮像システム110は、放射線から変換される光学像を電氣的に撮像し、放射線画像を生成するための電氣的な信号（画像用信号）を得るように構成される。放射線撮像システム110は、例えば、放射線撮像装置100、放射線源101、曝射制御部103、撮影条件設定部104および画像表示部107を含む。放射線撮像装置100は、例えば、検出部102、画像処理部106および放射線撮像装置100の各構成要素を制御するための制御部105を含む。

[0012] 放射線源101は、被写体109に放射線を照射する。放射線源101は

、放射線を発生させる放射線発生部（管球）と、放射線発生部において発生した放射線のビーム広がり角を規定するコリメータと、を含む。曝射制御部 103 は、放射線源 101 から照射される放射線の線量を制御する。検出部 102 は、被写体 109 を透過して入射する放射線を検出し、画像用信号を生成する。制御部 105 は、撮影条件設定部 104 から出力される信号に基づいて検出部 102 を制御する。また、制御部 105 は、曝射制御部 103 を介して放射線源 101 からの放射線の照射を制御する。撮影条件設定部 104 は、ユーザが放射線画像を撮影するための放射線の照射条件など撮影条件を入力するためのコンピュータや、入力された撮影条件などを表示するディスプレイなどでありうる。画像処理部 106 は、検出部 102 から出力される複数の画像用信号を用いてエネルギーサブトラクション画像を生成する。図 1 に示される構成において、撮影条件設定部 104 は、放射線撮像装置 100 の外部に配される例を示すが、撮影条件設定部 104 の機能の一部またはすべてが、放射線撮像装置 100 に備わっていてもよい。また、図 1 に示される構成において、画像処理部 106 は、放射線撮像装置 100 の内部に配される例を示すが、画像処理部 106 で行われる画像処理の一部またはすべてが、放射線撮像装置 100 の外部に配された別の画像処理部で行われてもよい。画像表示部 107 は、画像処理部 106 から出力される画像データを表示するディスプレイなどのモニタでありうる。

[0013] 次いで図 2 を参照しながら、被写体の撮影からエネルギーサブトラクション画像を表示するまでの処理について説明する。ここでは、2 ショット法を用いてエネルギーサブトラクション画像を取得する場合について説明するが、2 ショット法以外にも、1 ショット法などの撮影方法に適応されうる。

[0014] まず、ステップ S 201 において、撮影条件設定部 104 に対するユーザの操作に応じて、放射線の照射線量や放射線源 101 の管電圧、管電流といった撮影時の放射線の照射条件が設定される。この場合、ユーザは被写体の構成物質や厚みなどの被写体の条件に応じて、予め設定された 2 回の撮影の放射線の照射条件の組み合わせから選択してもよい。このため、図 1 に示す

ように、放射線撮像装置 100 は、2 ショット法で行われる 2 回の撮影で用いる放射線の照射条件の組み合わせを予め記憶した記憶部 108 を備えていてもよい。また、放射線の照射条件の組み合わせを選択するために、低線量で事前に被写体の撮影を行い、透過線量から被写体厚などを推定してもよい。この場合、制御部 105 が、推定される被写体厚などから適当な放射線の照射条件の組み合わせを選択してもよい。

[0015] 撮影に使用する放射線の照射条件の組み合わせの例を図 3 に示す。放射線の照射条件は、例えば、放射線のエネルギー値を決める放射線源 101 の管電圧、管電流の値や、放射線の照射時間（検出部 102 における電荷の蓄積時間）を含む。この照射条件の組み合わせは、例えば、画像用信号に含まれると想定されるノイズ量に応じて作成されうる。ここでは、被写体を人体としているが、被写体は必ずしも人体である必要はない。例えば、有機化合物、軽金属、重金属など被写体を材質ごとに分類し、各々、放射線の照射条件の組み合わせを記憶部 108 が保持していてもよい。さらに、被写体が化合物である場合には、上述のような分類ごとに厚さの情報をユーザが撮影条件設定部 104 に入力することで、推奨する放射線の照射条件が、制御部 105 によって記憶部 108 から選択され、設定されるなどの機能を有していてもよい。

[0016] 放射線の照射条件が選択されると、ステップ S 202 において、制御部 105 は、曝射制御部 103 と同期して、高エネルギー画像の放射線の照射条件で放射線画像の撮影を行う。次いで、ステップ S 202 と同様に、ステップ S 203 においても、低エネルギー画像の放射線の照射条件で放射線画像の撮影を行う。本実施形態では、先に高いエネルギーの放射線を用いて撮影を行った後、低エネルギーの放射線を用いた撮影を行うが、順番はこれに限られることはなく、低エネルギーの放射線による撮影を先に行い、後から高エネルギーの放射線による撮影を行ってもよい。

[0017] それぞれ異なるエネルギーの放射線を用いた 2 回の撮影を行った後、ステップ S 204 において、エネルギーサブトラクション画像が生成される。具体的

には、画像処理部 106 が、高エネルギーの放射線を用いた撮影において検出部 102 で生成される画像用信号と、低エネルギーの放射線を用いた撮影において検出部 102 で生成される画像用信号と、を用いてエネルギーサブトラクション画像を生成する。次いで、ステップ S205 において、画像処理部 106 から出力されたエネルギーサブトラクション画像や、エネルギーサブトラクション処理前の高エネルギー画像、低エネルギー画像などが、画像表示部 107 に表示される。ユーザは、画像表示部 107 に表示された画像を用いた診断などを行うことができる。

[0018] 次に、図 3 に示す放射線の照射条件の組み合わせの作成方法について詳細に説明する。高エネルギー画像と低エネルギー画像との四則演算後のエネルギーサブトラクション画像のノイズ量は、以下に示される式 (1)、式 (2)、式 (3) で算出することが可能である。ここで、 M_1 は高エネルギー画像の画素値、 ε_1 は高エネルギー画像のノイズ値、 M_2 は低エネルギー画像の画素値、 ε_2 は低エネルギー画像のノイズ値である。

[0019] [数1]

$$(M_1 \pm \varepsilon_1) \pm (M_2 \pm \varepsilon_2) = (M_1 \pm M_2) \pm \sqrt{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2} \cdots (1)$$

[0020] [数2]

$$(M_1 \pm \varepsilon_1) \times (M_2 \pm \varepsilon_2) = (M_1 \times M_2) \pm \sqrt{(M_2 \times \varepsilon_1)^2 + (M_1 \times \varepsilon_2)^2} \cdots (2)$$

[0021] [数3]

$$(M_1 \pm \varepsilon_1) / (M_2 \pm \varepsilon_2) = \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \pm \sqrt{\left(\frac{1}{M_2} \times \varepsilon_1 \right)^2 + \left(\frac{M_1}{M_2^2} \times \varepsilon_2 \right)^2} \cdots (3)$$

[0022] 本明細書において、エネルギーサブトラクション処理の代表的な処理として、ボーンサプレッション処理を行う場合について説明する。ボーンサプレッション処理は、低エネルギー画像と高エネルギー画像とを用いて、得られた放射線画像から骨部を除去する画像処理である。ボーンサプレッション処理において、一般的に、式 (4) を用いて画像処理されることが多い。ここで、 M_0

ϵ_r はエネルギーサブトラクション画像の画素値、 ϵ_{cor} はエネルギーサブトラクション画像のノイズ値、 I は放射線の照射線量、 α は高エネルギー画像と低エネルギー画像との重みづけするための補正係数（定数）である。

[0023] [数4]

$$M_{cor} \pm \epsilon_{cor} = (M_1 \pm \epsilon_1) - \alpha \times (M_2 \pm \epsilon_2) \cdots (4)$$

[0024] エネルギーサブトラクション画像のノイズ値 ϵ_{cor} は、式（４）に式（１）を適用することによって式（５）のように表される。

[0025] [数5]

$$\epsilon_{cor} = \sqrt{\epsilon_1^2 + (\alpha \times \epsilon_2)^2} \cdots (5)$$

[0026] 相加相乗平均の関係式（式（６））から、式（５）においてエネルギーサブトラクション画像のノイズ値 ϵ_{cor} を最小にするには、式（７）を満たさなければならない。

[0027] [数6]

$$\epsilon_1^2 + (\alpha \times \epsilon_2)^2 \geq 2\alpha\epsilon_1\epsilon_2 \cdots (6)$$

[0028] [数7]

$$\epsilon_1^2 = (\alpha \times \epsilon_2)^2 \cdots (7)$$

[0029] つまり、次に示す式（８）を満たす必要がある。

[0030] [数8]

$$\epsilon_1 = \alpha \times \epsilon_2 \cdots (8)$$

[0031] [数9]

$$\epsilon \propto \sqrt{I} \cdots (9)$$

[0032] 式（９）には、放射線粒子の到達個数がポアソン分布に従うことから、放射線画像のノイズは透過線量の二乗根に比例することが示される。ここで、被写体の被曝線量を増加させずにエネルギーサブトラクション画像のノイズの

みを低減させることを考えると、式（７）、式（９）を用いて放射線の照射条件を求めることが可能となる。しかしながら、被写体の厚みや物質ごとに高エネルギー画像、低エネルギー画像のそれぞれのノイズ量であるノイズ値 ε_1 、 ε_2 は異なる。このため、必ずしも理想的な放射線の照射条件で撮影が行えるとは限らない。そこで、例えば $\varepsilon_1 / (\alpha \times \varepsilon_2)$ が、 $1/3 \sim 3$ の範囲に入るように、放射線の照射条件の組み合わせを作成する。換言すると、低エネルギーの放射線を用いた撮影が、補正係数が適用された低エネルギーの放射線を用いた撮影の画像用信号のノイズ量が高エネルギーの放射線を用いた撮影の画像用信号のノイズ量の $1/3$ 倍以上かつ 3 倍以下になる放射線の照射条件で撮影される。図４は、低エネルギー画像のノイズ量と高エネルギー画像のノイズ量とに対するエネルギーサブトラクション画像のノイズ量の推移を示したグラフである。図４から分かるように、 $\varepsilon_1 / (\alpha \times \varepsilon_2)$ が、 $1/3 \sim 3$ の範囲に入るように設定できれば、最適なエネルギーサブトラクション画像のノイズ量から 10% 程度以下のノイズ量の増加に抑えることが可能である。このように、放射線の照射条件の組み合わせが、四則演算における誤差伝播の関係式（式（１）、式（２）、式（３））に基づいて設定されてもよい。

[0033] 本実施形態では、低エネルギー画像と高エネルギー画像とを差分処理するなどして、骨画像と軟部組織画像とを分離するなどの処理を行う形態を説明した。しかしながら、本発明はこのような形態に限定されない。例えば、低エネルギー画像と高エネルギー画像とを用いて、非線形連立方程式を解くなどして、骨画像と軟部組織画像とを分離する場合や、電子密度画像と実効原子番号画像とに分離するなどの場合にも適用できる。また、本実施形態では、放射線のエネルギー値を放射線源 101 の管電圧、管電流を変更することで変化させているが、これに限られることはない。例えば、放射線源 101 の管電圧や管電流を変更せずに、ビームハードニングフィルターなどの挿入の有無によって、それぞれ異なるエネルギーの放射線による画像を取得してもよい。

[0034] 本実施形態において、低エネルギーの放射線を用いた撮影が、高エネルギーの放射線を用いた撮影で生成される画像用信号において含まれるノイズ量に応

じた放射線の照射条件で撮影されるように、放射線の照射条件の組み合わせが選択される。これによって、エネルギーサブトラクション画像のノイズを抑制し、良好な画質のエネルギーサブトラクション画像を取得することが可能となる。

[0035] 第2の実施形態

図5を参照して、本発明の実施形態による放射線撮像装置の構成および動作について説明する。図5は、本発明の第2の実施形態における放射線撮像装置100を用いた被写体の撮影からエネルギーサブトラクション画像を表示するまでの処理のフロー図である。放射線撮像装置100や放射線撮像システム110は、上述の第1の実施形態と同様であってもよいので、ここでは説明を省略する。

[0036] まず、ステップS301において、撮影条件設定部104に対するユーザの操作に応じて、放射線源101の管電圧、管電流といった放射線のエネルギー値や放射線の照射時間（検出部102での電荷の蓄積時間）などの撮影時の放射線の照射条件が設定される。この場合、ユーザは被写体の構成物質や厚みなどの被写体の条件に応じて、2回の撮影のうち少なくとも先に行われる撮影（本実施形態において、高エネルギーの放射線を用いた高エネルギー画像の撮影。）の放射線の照射条件を設定する。このとき、図1に示すように、放射線撮像装置100は、先の撮影で用いる放射線の照射条件を予め記憶した記憶部108を備えていてもよい。放射線撮像装置100が記憶部108を備える場合、ユーザは、被写体に応じて記憶部108に記憶された放射線の照射条件から適当な条件を選んでもよい。また、放射線撮像装置100が被写体の厚さを測定するためのカメラやゲージなどを備えていてもよい。この場合、制御部105が、検出された被写体の厚さなどの情報に応じて、記憶部108に記憶された放射線の照射条件から適当な条件を選んでもよい。また例えば、放射線の照射条件を選択するために、低線量で事前に被写体の撮影を行い、透過線量から被写体厚などを推定し、制御部105が、推定される被写体厚などから適当な放射線の照射条件を決定してもよい。

[0037] ステップS301で、高エネルギー画像の放射線の照射条件の設定を行った後、ステップ302において、高エネルギーの放射線を用いた高エネルギー画像の撮影が行なわれる。撮影された高エネルギー画像の画像用信号は、検出部102から画像処理部106に出力される。ステップS303において、制御部105は、ステップS302で取得し画像処理部106に出力された高エネルギー画像の画像用信号に含まれるノイズ量を解析する。ノイズ量の解析を行う関心領域は、検出部102のうち所定の領域の画像用信号を解析してもよい。制御部105は、領域抽出技術などを用いて検出部102のうち任意の部分の画像用信号を選択してもよい。例えば、制御部105は、骨の厚さが厚い腰椎などの透過線量が少ない領域を所定の領域として選択してもよい。また例えば、検出部102の視野内に適当なフィルタなどを配し、ユーザがフィルタの配された場所を所定の領域として選択してもよい。また、視野内にフィルタなどが配される場合、制御部105がフィルタの配された場所を、透過線量が少ない領域として認識し、所定の領域として選択してもよい。制御部105は、高エネルギー画像の画像用信号のうち所定の領域の画像用信号の標準偏差（ノイズ）を求めるなどの処理を行うことによって、高エネルギー画像の画像用信号に含まれるノイズ量を決定する。

[0038] 次いで、ステップS304において、制御部105は、ステップS303の高エネルギー画像に含まれるノイズ量の解析結果から決定したノイズ量を基に、低エネルギーの放射線を用いた低エネルギー画像の撮影の放射線の照射条件を決定する。制御部105は、低エネルギー画像の撮影の放射線の照射条件として、低エネルギーの放射線を用いた撮影における放射線のエネルギー値（管電圧や管電流など）および放射線の照射時間の両方を決定してもよい。また、制御部105は記憶部108に記憶された放射線の照射条件から、適当な放射線の照射条件を選択することによって、低エネルギー画像の放射線の照射条件を決定してもよい。また、例えば、ステップS301で、予め低エネルギー画像の撮影の仮の放射線の照射条件（放射線のエネルギー値や放射線の照射時間など）を選択しておく。そして、制御部105は、ステップS304にお

いて、この仮の放射線の照射条件のうち放射線のエネルギー値および放射線の照射時間の少なくとも一方を、決定したノイズ量に応じて修正することによって低エネルギー画像の放射線の照射条件を決定してもよい。低エネルギー画像を撮影する際の放射線の照射条件は、エネルギーサブトラクション画像のノイズ量を小さく、可能であれば最小にするように、上述の第1の実施形態と同様の方法で求める。このように、本実施形態においても、四則演算における誤差伝播の関係式（式（1）、式（2）、式（3））に基づいて、低エネルギー画像の放射線の照射条件が決定される。

[0039] 低エネルギー画像の放射線の照射条件を決定した後、ステップS305において、制御部105は、検出部102および曝射制御部103を制御し、低エネルギーの放射線を用いた低エネルギー画像を撮影する。このとき、所望の透過線量になると放射線の照射を停止させるAEC（Auto Exposure Control）機能や、フォトタイマーなどを用いて放射線の照射される線量を制御しても良い。この場合、ユーザなどによって予め設定された領域の透過線量が所望の線量となったとき、制御部105は、曝射制御部103に放射線源101から放射線の照射を停止するための信号を出力してもよい。この信号に応じて、曝射制御部103は、放射線の照射が停止するように放射線源101を制御する。

[0040] ステップS306において、検出部102から出力された高エネルギー画像の画像用信号と低エネルギー画像の画像用信号を用いて、画像処理部106はエネルギーサブトラクション処理を行う。エネルギーサブトラクション処理されたエネルギーサブトラクション画像は、ステップS307において、画像処理部106から出力され画像表示部107に表示される。このとき、エネルギーサブトラクション画像だけでなく高エネルギー画像や低エネルギー画像なども画像処理部106から画像表示部107に出力され、表示されてもよい。

[0041] 本実施形態において、先に高エネルギーの放射線を用いた撮影を行い、後に低エネルギーの放射線を用いた撮影を行う例を示したが、撮影の順番は、これに限られることはない。また、上述のそれぞれの実施形態において、2回の

撮影を行う例を示したが、3回以上の撮影を行い、エネルギーサブトラクション処理を行ってもよい。

[0042] 本実施形態において、高エネルギーの放射線を用いた撮影で生成される画像用信号において含まれるノイズ量を決定する。その後、ノイズ量に応じて、低エネルギーの放射線を用いた撮影の放射線の照射条件の設定が行われる。これによって、エネルギーサブトラクション画像のノイズを抑制し、良好な画質のエネルギーサブトラクション画像を取得することが可能となる。

[0043] 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。

[0044] 本願は、2017年8月4日提出の日本国特許出願特願2017-151760を基礎として優先権を主張するものであり、その記載内容の全てを、ここに援用する。

請求の範囲

- [請求項1] 放射線源から照射される放射線に応じた画像用信号を生成する検出部と、画像処理部と、制御部と、を含む放射線撮像装置であって、
- 前記制御部は、それぞれ異なるエネルギーの放射線による第1の撮影および前記第1の撮影の後に行われる第2の撮影を行い、
- 前記画像処理部は、前記第1の撮影において前記検出部で生成される第1の画像用信号と、前記第2の撮影において前記検出部で生成される第2の画像用信号と、を用いてエネルギーサブトラクション画像を生成し、
- 前記第2の撮影が、前記第1の画像用信号において含まれるノイズ量に応じた放射線の照射条件で撮影されることを特徴とする放射線撮像装置。
- [請求項2] 前記放射線撮像装置は、前記第1の撮影および前記第2の撮影で用いる放射線の照射条件の組み合わせを予め記憶した記憶部をさらに含み、
- 前記第1の撮影および前記第2の撮影の放射線の照射条件が、被写体に応じて、前記組み合わせから選択されることを特徴とする請求項1に記載の放射線撮像装置。
- [請求項3] 前記第1の撮影および前記第2の撮影で用いる放射線の照射条件が、前記第1の撮影および前記第2の撮影におけるそれぞれの放射線のエネルギー値および放射線の照射時間を含むことを特徴とする請求項2に記載の放射線撮像装置。
- [請求項4] 前記組み合わせが、四則演算における誤差伝播の関係式に基づいて設定されることを特徴とする請求項2または3に記載の放射線撮像装置。
- [請求項5] 前記制御部は、
- 前記第1の撮影において前記第1の画像用信号のうち所定の領域の画像用信号の標準偏差に基づいて前記第1の画像用信号に含まれる

ノイズ量を決定し、

決定したノイズ量に応じて、前記第2の撮影の放射線の照射条件を決定することを特徴とする請求項1に記載の放射線撮像装置。

[請求項6] 前記制御部は、前記第2の撮影の放射線の照射条件として、前記第2の撮影における放射線のエネルギー値および放射線の照射時間の少なくとも一方を決定することを特徴とする請求項5に記載の放射線撮像装置。

[請求項7] 前記放射線撮像装置は、前記第1の撮影で用いる放射線の照射条件を予め記憶した記憶部をさらに含み、

前記第1の撮影の放射線の照射条件が、被写体に応じて、前記記憶部に記憶された放射線の照射条件から選択されることを特徴とする請求項5または6に記載の放射線撮像装置。

[請求項8] 前記第1の撮影で用いる放射線の照射条件が、前記第1の撮影の放射線のエネルギー値および放射線の照射時間を含むことを特徴とする請求項7に記載の放射線撮像装置。

[請求項9] 前記記憶部は、前記第2の撮影で用いる放射線の照射条件をさらに含み、

前記制御部は、前記第2の撮影の前に選択された仮の放射線の照射条件を前記ノイズ量に応じて修正することによって前記第2の撮影の放射線の照射条件を決定することを特徴とする請求項7または8に記載の放射線撮像装置。

[請求項10] 前記制御部は、前記第1の画像用信号のうち透過線量が少ない領域の画像用信号を前記所定の領域の画像用信号として用いることを特徴とする請求項5乃至9の何れか1項に記載の放射線撮像装置。

[請求項11] 前記第2の撮影の放射線の照射条件が、四則演算における誤差伝播の関係式に基づいて決定されることを特徴とする請求項5乃至10の何れか1項に記載の放射線撮像装置。

[請求項12] 前記画像処理部は、エネルギーサブトラクション画像を生成する際に

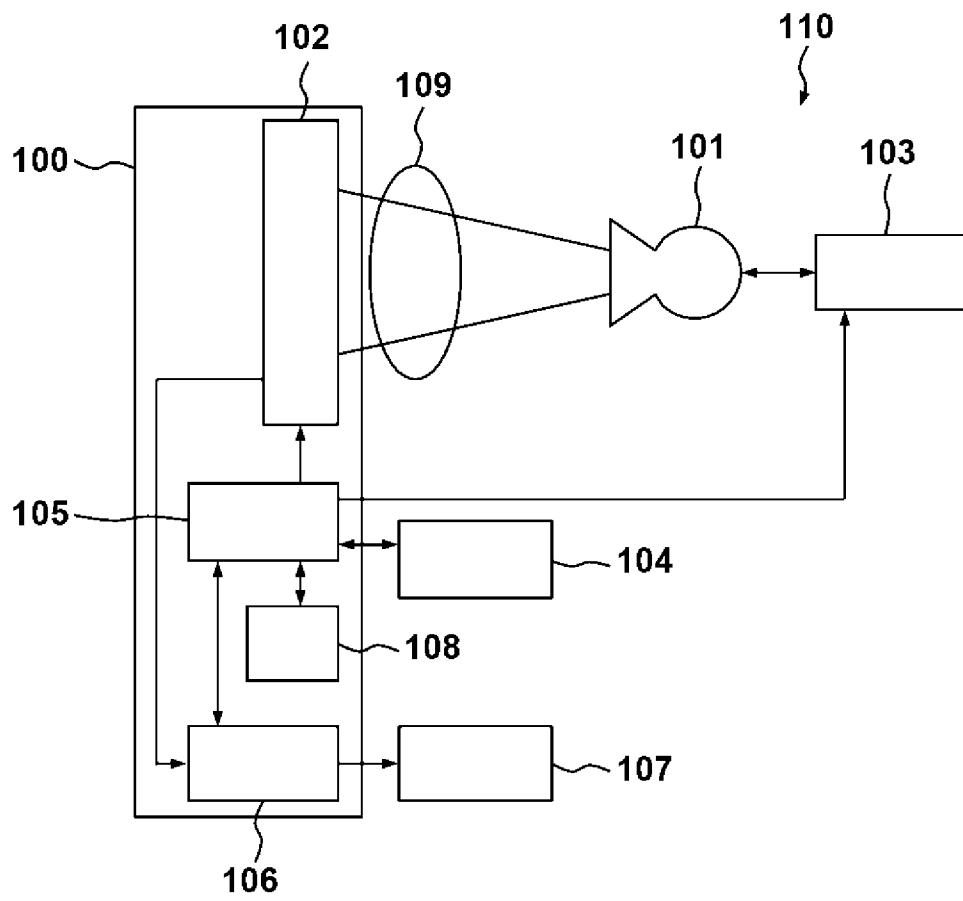
前記第 2 の画像用信号に補正係数を適用し、

前記第 2 の撮影が、補正係数が適用された前記第 2 の画像用信号のノイズ量が前記第 1 の画像用信号のノイズ量の $1/3$ 倍以上かつ 3 倍以下になる放射線の照射条件で撮影されることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

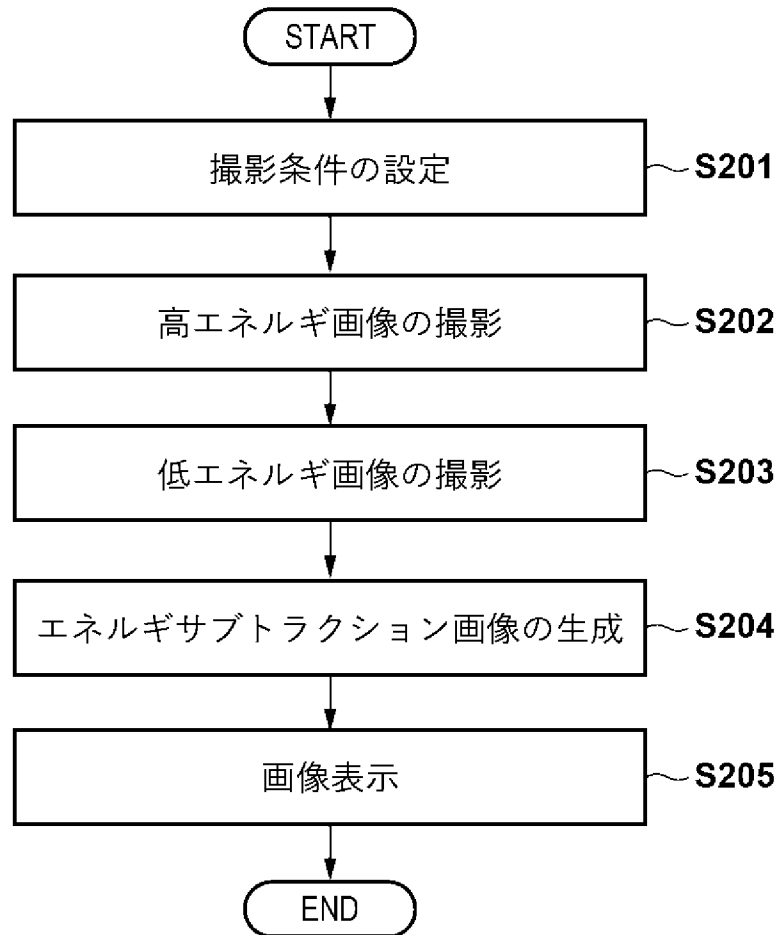
[請求項13] 前記第 1 の撮影における放射線のエネルギー値が、前記第 2 の撮影における放射線のエネルギー値よりも高いことを特徴とする請求項 1 乃至 12 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置。

[請求項14] 請求項 1 乃至 13 の何れか 1 項に記載の放射線撮像装置と、
放射線を照射するための放射線源と、
を含む放射線撮像システム。

[図1]



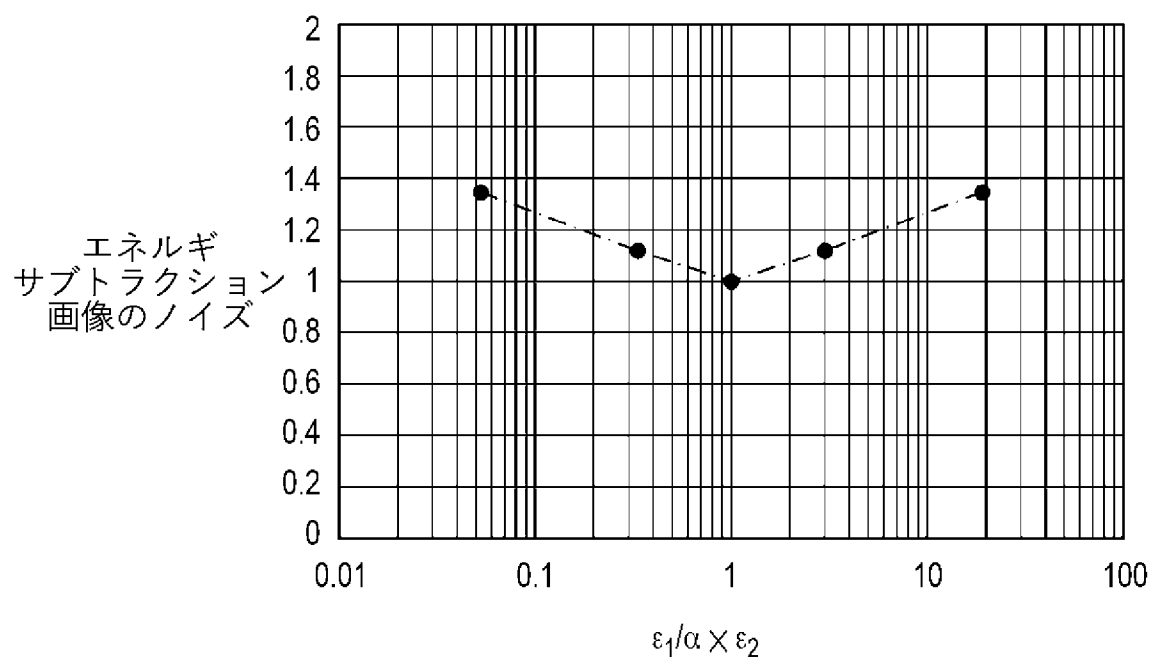
[図2]



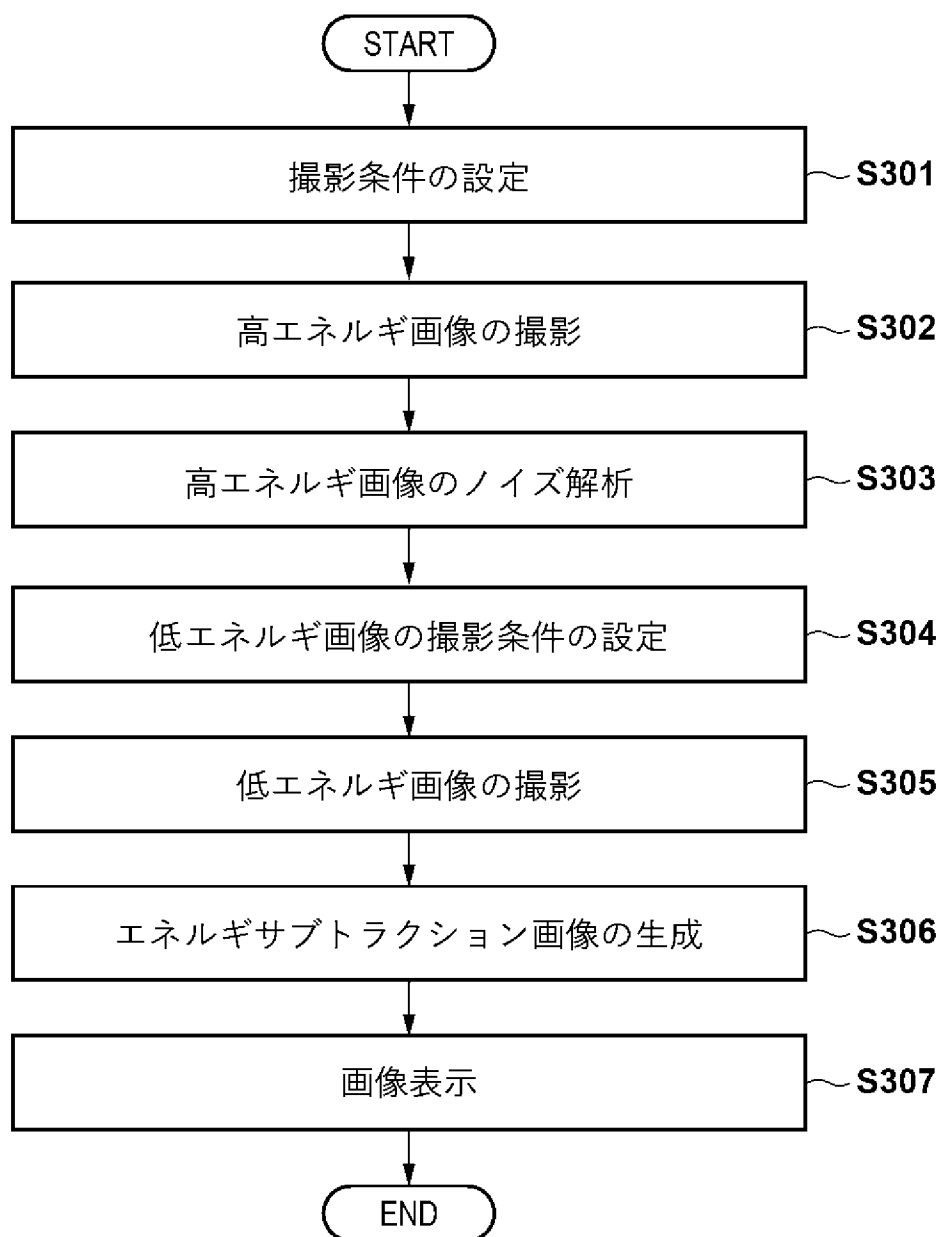
[図3]

体厚	撮影条件	
	高エネルギー画像	低エネルギー画像
薄い	140kV 10mA 10ms	100kV 50mA 20ms
普通	140kV 10mA 20ms	100kV 70mA 40ms
厚い	140kV 10mA 40ms	100kV 90mA 80ms

[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/021209

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. 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)

Int.Cl. A61B6/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
X A	JP 63-049142 A (TOSHIBA CORPORATION) 01 March 1988, entire text, fig. 2, 3 (Family: none)	1-4, 12-14 5-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☐ See patent family annex.
---	---

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 17.08.2018	Date of mailing of the international search report 04.09.2018
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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
X A	JP 63-049142 A（株式会社東芝）1988.03.01, 全文, 図2, 3（ファミリーなし）	1-4, 12-14 5-11

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
「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
「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）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.08.2018

国際調査報告の発送日

04.09.2018

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）

九鬼 一慶

2U

4404

電話番号 03-3581-1101 内線 3292