

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4119835号  
(P4119835)

(45) 発行日 平成20年7月16日 (2008. 7. 16)

(24) 登録日 平成20年5月2日 (2008. 5. 2)

(51) Int. Cl.

F 1

A 6 1 B 6/00 (2006. 01)

A 6 1 B 6/00 3 9 0 Z

A 6 1 B 6/00 3 0 2

請求項の数 4 (全 10 頁)

|           |                               |           |                       |
|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2003-432791 (P2003-432791)  | (73) 特許権者 | 300019238             |
| (22) 出願日  | 平成15年12月26日 (2003. 12. 26)    |           | ジーイー・メディカル・システムズ・グロ   |
| (65) 公開番号 | 特開2005-185648 (P2005-185648A) |           | ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル   |
| (43) 公開日  | 平成17年7月14日 (2005. 7. 14)      |           | エルシー                  |
| 審査請求日     | 平成16年10月21日 (2004. 10. 21)    |           | アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・5 3  |
| 前置審査      |                               |           | 1 8 8・ワウケシャ・ノース・グランドヴ |
|           |                               |           | ュー・ブルバード・ダブリュー・7 1 0  |
|           |                               |           | ・3 0 0 0              |
|           |                               | (74) 代理人  | 100085187             |
|           |                               |           | 弁理士 井島 藤治             |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 被曝線量計算方法およびX線撮影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

X線撮影時の被検体の被曝線量を求める方法であって、  
X線管の管電圧に対応するドースレートを、X線管のキャリブレーションの一環としてド  
ーシメータを用いた測定に基づき予め作成された第1のルックアップテーブルから求め、  
X線の照射範囲を規制するコリメータのブレード位置に対応する照射面積を、コリメータ  
のキャリブレーションの一環として複数のブレード位置の下での照射面積の実測に基づき  
予め作成された第2のルックアップテーブルから求め、  
ドースレート、照射面積、X線管の管電流およびX線照射時間の積を求める、  
ことを特徴とする被曝線量計算方法。

【請求項 2】

前記第2のルックアップテーブルは、前記コリメータを構成する絞りおよびシャッタにつ  
いてそれらのブレード位置と照射面積の対応関係を記憶している、  
ことを特徴とする請求項1に記載の被曝線量計算方法。

【請求項 3】

X線を利用して被検体を撮影する撮影手段とX線撮影時の被検体の被曝線量を検出する検  
出手段とを有するX線撮影装置であって、  
前記検出手段は、

X線管のキャリブレーションの一環としてドースメータを用いた測定により作成された、  
X線管の管電圧に対応するドースレートを記憶する第1のルックアップテーブルと、

コリメータのキャリブレーションの一環として複数のブレード位置の下での照射面積の実測に基づき作成された、X線の照射範囲を規制するコリメータのブレード位置に対応する照射面積を記憶する第2のルックアップテーブルと、

管電圧の現在値に対応するドースレートを前記第1のルックアップテーブルから求め、コリメータのブレードの現在位置に対応する照射面積を前記第2のルックアップテーブルから求め、ドースレート、照射面積、X線管の管電流およびX線照射時間の積を求める計算手段と、

を具備することを特徴とするX線撮影装置。

【請求項4】

前記第2のルックアップテーブルは、前記コリメータを構成する絞りおよびシャッタについてそれらのブレード位置と照射面積の対応関係を記憶している、

ことを特徴とする請求項3に記載のX線撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被曝線量計算方法およびX線撮影装置に関し、とくに、X線撮影時の被検体の被曝線量を求める方法、および、X線撮影時の被検体の被曝線量を求める手段を有するX線撮影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

X線撮影装置では、X線の被曝線量が予め定めた値となるように制御することが行われる。予め定めた値は例えば必要最小限の被曝線量である。そのような制御を行うために、撮影中のX線の線量を専用の検出器で検出して監視し、検出信号の時間積分値が予め定めた値に達したときにX線照射を停止するようにしている（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】米国特許明細書第5,694,449号（第3-5欄、図1-4）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

上記の方式では、撮影中のX線の線量を検出するために専用の検出器が必要とされ、また、その検出信号について時間積分を初めとする所定の処理を施す信号処理回路等が必要とされる。このため、例えば車載型（モバイルタイプ：mobile type）のX線撮影装置のように、構成の簡素化、軽量化、低コスト（cost）化等が要求されるものには適当でない。

【0004】

そこで、本発明の課題は、X線を検出することなく撮影中の被検体の被曝線量を計算によって求める方法、および、そのような被曝線量計算手段を有するX線撮影装置を実現することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

（1）上記の課題を解決するためのひとつの観点での発明は、X線撮影時の被検体の被曝線量を求める方法であって、X線管の管電圧に対応するドースレートを予め作成された第1のルックアップテーブルから求め、X線の照射範囲を規制するコリメータのブレード位置に対応する照射面積を予め作成された第2のルックアップテーブルから求め、ドースレート、照射面積、X線管の管電流およびX線照射時間の積を求める、ことを特徴とする被曝線量計算方法である。

（2）上記の課題を解決するための他の観点での発明は、X線を利用して被検体を撮影する撮影手段とX線撮影時の被検体の被曝線量を検出する検出手段とを有するX線撮影装置であって、前記検出手段は、X線管の管電圧に対応するドースレートを記憶する第1のルックアップテーブルと、X線の照射範囲を規制するコリメータのブレード位置に対応する照射面積を記憶する第2のルックアップテーブルと、管電圧の現在値に対応するドースレ

10

20

30

40

50

ートを前記第１のルックアップテーブルから求め、コリメータのブレードの現在位置に対応する照射面積を前記第２のルックアップテーブルから求め、ドースレート、照射面積、Ｘ線管の管電流およびＸ線照射時間の積を求める計算手段と、を具備することを特徴とするＸ線撮影装置である。

【０００６】

前記第１のルックアップテーブルは、ドースメータを用いたＸ線管のキャリブレーションにより作成されることが、Ｘ線管の管電圧とドースレートの対応関係を適切に求める点で好ましい。

【０００７】

前記第２のルックアップテーブルは、照射面積の実測を伴うコリメータのキャリブレーションにより作成されることが、コリメータのブレード位置と照射面積の対応関係を適切に求める点で好ましい。

【０００８】

前記第２のルックアップテーブルは、前記コリメータを構成する絞りおよびシャッタについてそれらのブレード位置と照射面積の対応関係を記憶していることが、絞りおよびシャッタの組み合わせによる照射野調節に対応する点で好ましい。

【発明の効果】

【０００９】

上記各観点での発明では、Ｘ線管の管電圧に対応するドースレートを予め作成された第１のルックアップテーブルから求め、Ｘ線の照射範囲を規制するコリメータのブレード位置に対応する照射面積を予め作成された第２のルックアップテーブルから求め、ドースレート、照射面積、Ｘ線管の管電流およびＸ線照射時間の積を求めるので、Ｘ線を検出することなく撮影中の被検体の被曝線量を計算によって求める方法、および、そのような被曝線量計算手段を有するＸ線撮影装置を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１０】

以下、図面を参照して本発明を実施するための最良の形態を詳細に説明する。なお、本発明は、発明を実施するための最良の形態に限定されるものではない。図１にＸ線撮影装置のブロック（block）図を示す。本装置は本発明を実施するための最良の形態の一例である。本装置の構成によって、Ｘ線撮影装置に関する本発明を実施するための最良の形態の一例が示される。本装置の動作によって、被曝線量計算方法に関する本発明を実施するための最良の形態の一例が示される。

【００１１】

同図に示すように、本装置はＸ線管１０を有する。Ｘ線管１０の焦点Ｆから発生したＸ線がコリメータ（collimator）２０を通じて被検体Ｐに照射され、透過Ｘ線がイメージンテンシファイヤ（image intensifier）３０の受光面に入射する。以下、イメージンテンシファイヤをＩ．Ｉ．ともいう。

【００１２】

Ｘ線管１０はＸ線管駆動部４０によって駆動される。Ｘ線管駆動部４０は、Ｘ線管１０に管電圧および管電流を供給してＸ線を発生させる。Ｘ線管駆動部４０はデータ（data）処理部５０によって制御される。データ処理部５０は例えばコンピュータ（computer）等によって構成される。

【００１３】

データ処理部５０はまたコリメータ２０を制御してＸ線の照射野を調節する。コリメータ２０は位置が可変なブレード（blade）を有し、その位置を変えることにより照射野を変えることができるようになっている。ブレード位置はコリメータ２０に内蔵された検出器によって検出されてデータ処理部５０にフィードバック（feedback）される。コリメータ２０については後にあらためて説明する。

【００１４】

データ処理部５０にはＩ．Ｉ．３０からＸ線検出信号が入力される。データ処理部５０

10

20

30

40

50

はこの入力信号に基づいて画像を形成する。画像はX線による被検体Pの透視像となる。透視像はデータ処理部50に備わる表示部60に表示されて診断に利用される。

【0015】

データ処理部50は、また、操作部70を備えている。操作部70は表示部60とともにユーザーインターフェース(user interface)を構成し、使用者による本装置のインタラクティブ(interactive)な操作が可能となっている。

【0016】

データ処理部50は、さらに、被曝線量計算部80を備えている。被曝線量計算部80は例えばコンピュータ等によって構成される。これはデータ処理部50に内蔵するようにしてもよい。被曝線量計算部80は、データ処理部50から入力されるデータに基づいて被検体Pの被曝線量を計算し、計算結果をデータ処理部50に出力する。データ処理部50は、被曝線量の計算値に基づいて撮影を制御する。X線管10から操作部70まで構成は本発明における撮影手段の一例である。被曝線量計算部80は本発明における検出手段の一例である。

10

【0017】

図2に、被曝線量計算部80のブロック図を示す。同図に示すように、被曝線量計算部80は計算ユニット(unit)802およびルックアップテーブル(look-up table)804、806を有する。計算ユニット802は、データ処理部50からの入力データに基づいてルックアップテーブル804、806を参照しつつ被曝線量を計算する。被曝線量の計算については後にあらためて説明する。

20

【0018】

計算ユニット802は本発明における計算手段の一例である。ルックアップテーブル804は本発明における第1のルックアップテーブルの一例である。ルックアップテーブル806は本発明における第2のルックアップテーブルの一例である。

【0019】

コリメータ20について説明する。図3および図4にコリメータ20の模式的構成を示す。図3は側面図、図4はX線の焦点Fとは反対側から見た平面図である。同図に示すように、コリメータ20は絞り22およびシャッター(shutter)24を有する。

【0020】

なお、コリメータ20はシャッター24を省略し絞り22だけを有するものとしてもよい。以下、絞り22とシャッター24を有する例で説明するが、絞り22だけとした場合も同様である。

30

【0021】

絞り22は例えば8枚のブレード222によって構成される。ブレード222の材料は例えば鉛(Pb)やタングステン(W)等のX線吸収性の材料である。8枚のブレード222は、絞り22の中央に八角形の窓を形成するように組み合わせられる。窓の大きさは8枚のブレード222を一斉に動かすことにより変更可能になっている。窓は破線で示すように内接円で近似される。

【0022】

ブレード222は図示しないアクチュエータ(actuator)で駆動されて変位する。ブレード222の位置は位置検出器224で検出されデータ処理部50にフィードバックされる。

40

【0023】

シャッター24は例えば2枚のブレード242によって構成される。ブレード242の材料もX線吸収性の材料である。2枚のブレード242は平行な一辺同士が互いに対向するように組み合わせられる。2枚のブレード242を互いに反対方向に一斉に動かすことにより対向間隔が変更可能になっている。ブレード242は図示しないアクチュエータで駆動されて変位する。ブレード242の位置は位置検出器244で検出されデータ処理部50にフィードバックされる。

【0024】

50

被曝線量計算について説明する。まず、被曝線量計算に用いられるルックアップテーブルについて説明する。ルックアップテーブル 804 には、予め求めた管電圧とドースレート (dose rate) の対応関係が記憶されている。管電圧とドースレートの対応関係は、ドースメータ (dosimeter) による実測に基づいて求められる。

【0025】

すなわち、被検体 P が不在状態で I . I . 30 の受光面にドースメータを設置し、複数の管電圧の下でのドースレートをそれぞれ測定する。なお、管電流は例えば 1 mA 等の一定値に維持される。これによって、例えば図 5 に示すような管電圧とドースレートの対応関係が得られる。このような測定は本装置の製造時に X 線管 10 のキャリブレーションの一環として行われる。

10

【0026】

この実測値に対して 2 次式

【0027】

【数 1】

$$\text{Doserate} = A (\text{kV})^2 + B (\text{kV}) + C \quad (1)$$

による関数フィッティング (fitting) を行う。関数フィッティングにより係数 A , B , C が確定し、管電圧とドースレートの対応を表す関係式が得られる。この関係式を用いて、様々な管電圧に対応するドースレートを求め、それら管電圧とドースレートの対応関係を数表としてルックアップテーブルに記憶する。

20

【0028】

ルックアップテーブル 806 には、予め求めたコリメータ 20 のブレード位置と照射面積の対応関係が記憶されている。コリメータ 20 のブレード位置と照射面積の対応関係は実測およびそれに基づく計算によって求められる。

【0029】

すなわち、被検体 P が不在状態で I . I . 30 の受光面に鉛製のスケール (scale) を設置し、複数のブレード位置の下でのコリメータ 20 の窓の投影像の大きさをそれぞれ測定する。投影像の大きさは照射面積を表す。

【0030】

30

絞り 22 に関しては、窓の投影像が図 6 に示すように円形となりその半径 r が測定される。シャッタ 24 に関しては、窓の投影像が図 7 に示すように帯状になるのでその半幅が測定される。

【0031】

これによって、例えば図 8 および図 9 に示すように、絞り 22 およびシャッタ 24 について、ブレード位置と投影像の半径 r および半幅の対応関係を示す実測値がそれぞれ得られる。ただし、ブレード位置はそれぞれの位置検出器のカウント値で表されている。このような測定は本装置の製造時にコリメータ 20 のキャリブレーションの一環として行われる。

【0032】

40

これらの実測値に対して 1 次式

【0033】

【数 2】

$$\begin{aligned} r &= D (\text{count}) + F \\ d &= D' (\text{count}) + F' \end{aligned} \quad (2)$$

による関数フィッティングを行う。関数フィッティングにより係数 D , D' , F , F' が確定し、ブレード位置と照射面積の対応を表す関係式が得られる。この関係式を用いて、

50

様々なブレード位置に対応する半径  $r$  および半幅  $d$  を求めることができる。

【 0 0 3 4 】

半径  $r$  および半幅  $d$  がわかれば、それらを用いて照射面積を計算することができる。照射面積の計算を図 1 0 によって説明する。同図に示すように半径  $r$  および半幅  $d$  が与えられたとき、照射面積は、半径  $r$  の円の面積から弦長が  $c$  の部分円の面積  $K$  の 2 倍を引いたものとなる。すなわち、

【 0 0 3 5 】

【 数 3 】

$$AREA = \pi r^2 - 2K \quad (3)$$

10

部分円の面積  $K$  は、頂角が  $\theta$  の扇形領域から、扇形領域と頂角を共有し底辺の長さが  $c$  の二等辺三角形を引いた面積となり、また、頂角  $\theta$  は、

【 0 0 3 6 】

【 数 4 】

$$\theta = 2\arccos(d/r) \quad (4)$$

で与えられ、二等辺三角形は、高さ  $d$  で底辺の長さ  $c$  が

【 0 0 3 7 】

【 数 5 】

$$c = 2r\sin(\theta/2) \quad (5)$$

20

で与えられる。そして、部分円の円弧の長さ  $s$  は

【 0 0 3 8 】

【 数 6 】

$$s = r\theta \quad (6)$$

で与えられるから、部分円の面積  $K$  は

【 0 0 3 9 】

【 数 7 】

$$K = r^2(\theta - \sin\theta)/2 \quad (7)$$

30

となる。これを ( 3 ) 式に代入することにより照射面積は

【 0 0 4 0 】

【 数 8 】

$$AREA = r^2(\pi - \theta + \sin\theta) \quad (8)$$

40

で与えられる。なお、コリメータ 2 0 が絞り 2 2 だけを用いる場合は照射面積は ( 3 ) において第 2 項を除いたもので与えられる。

【 0 0 4 1 】

( 8 ) 式による面積計算を、様々な半径  $r$  および半幅  $d$  について行うことにより、ブレード位置と照射面積との対応関係を表す数表を得ることができる。この数表がルックアップテーブル 8 0 6 に記憶される。

【 0 0 4 2 】

本装置の動作を説明する。図 1 1 に本装置の動作のフロー ( flow ) 図を示す。同図に示すように、ステップ ( step ) 1 0 1 で撮影範囲設定を行う。撮影範囲設定は使用

50

者により操作部 70 を通じて行われる。次に、ステップ 103 で、撮影条件設定を行う。撮影条件設定も使用者により操作部 70 を通じて行われる。これによって、管電圧および管電流が設定される。

【0043】

次に、ステップ 105 で、被曝線量設定を行う。被曝線量設定も使用者により操作部 70 を通じて行われる。これによって、撮影時に被検体 P に照射する X 線の被曝線量として所望の値が設定される。次に、ステップ 107 で、X 線照射を開始する。X 線照射は使用者が操作部 70 の照射ボタンを押すこと等により開始される。

【0044】

次に、ステップ 109 で被曝線量計算を行う。被曝線量計算は、被曝線量計算部 80 における計算ユニット 802 によって行われる。計算ユニット 802 は、データ処理部 50 から入力された管電圧、管電流、照射継続時間およびコリメータ 20 のブレード位置情報に基づいて被曝線量を計算する。

10

【0045】

すなわち、管電圧に基づいてルックアップテーブル 804 から対応するドースレート (DOSE RATE) を読み出し、ブレード位置情報に基づいてルックアップテーブル 806 から対応する照射面積 (AREA) を読み出し、これらの情報と管電流 (mA) および照射経過時間 (sec) を用いて次式により被曝線量を計算する。

【0046】

【数 9】

20

$$DAP = DOSE RATE * AREA * mA * sec \quad (9)$$

これによって、被検体 P の被曝線量すなわちドースエリアプロダクト (dose area product : DAP) が得られる。この計算に用いるドースレートおよび照射面積はいずれも I . I . 30 の受光面における値であるが、そのような値を用いて計算したドースエリアプロダクトであっても、これを被検体 P の体表におけるドースエリアプロダクトとして差し支えない。なぜなら、ドースレートは焦点 F からの距離の 2 乗に反比例するが、照射面積は焦点 F からの距離の 2 乗に比例するので、それらの積は焦点 F からの距離に無関係となるからである。

30

【0047】

次に、ステップ 111 で、被曝線量が設定量に到達したか否かを判定する。この判定はデータ処理部 50 によって行われる。被曝線量が設定量に到達しないときはステップ 113 で照射を継続し、ステップ 109 で被曝線量計算を行う。被曝線量は照射時間の経過とともに増加するのでやがて設定量に到達する。そこでステップ 115 で照射停止を行う。照射停止はデータ処理部 50 により自動的に行われる。このようにして、撮影時の被検体 P の被曝線量は、使用者が設定した通りに調節される。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図 1】X 線撮影装置のブロック図である。

40

【図 2】被曝線量計算部のブロック図である。

【図 3】コリメータの構成を示す図である。

【図 4】コリメータの構成を示す図である。

【図 5】コリメータの窓の投影像を示す図である。

【図 6】ドースレートの実測値を示す図である。

【図 7】コリメータの窓の投影像を示す図である。

【図 8】投影像半径の実測値を示す図である。

【図 9】投影像半幅の実測値を示す図である。

【図 10】照射面積計算を説明するための図である。

【図 11】X 線撮影のフロー図である。

50

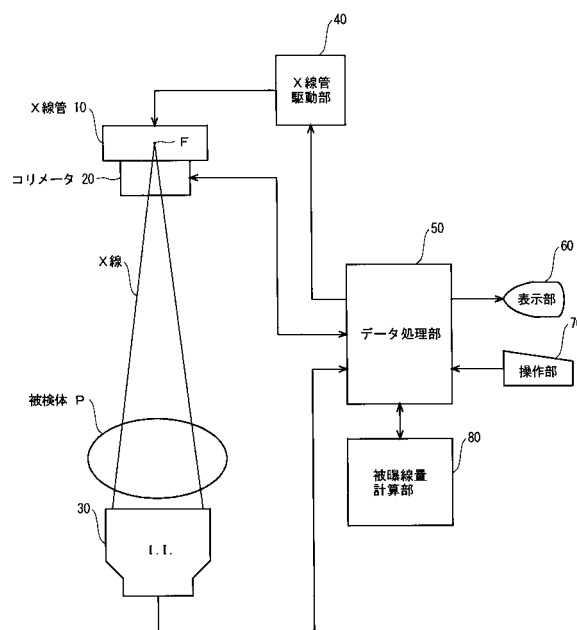
## 【符号の説明】

【 0 0 4 9 】

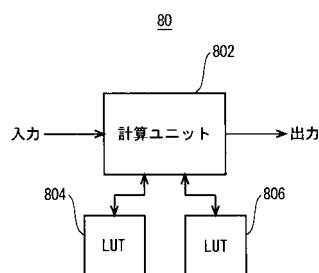
1 0 X線管  
 2 0 コリメータ  
 3 0 I . I .  
 4 0 X線管駆動部  
 5 0 データ処理部  
 6 0 表示部  
 7 0 操作部  
 8 0 被曝線量計算部  
 8 0 2 計算ユニット。  
 8 0 4 , 8 0 6 ルックアップテーブル  
 2 2 絞り  
 2 4 シャッタ  
 2 2 2 , 2 4 2 ブレード  
 2 2 4 , 2 4 4 位置検出器

10

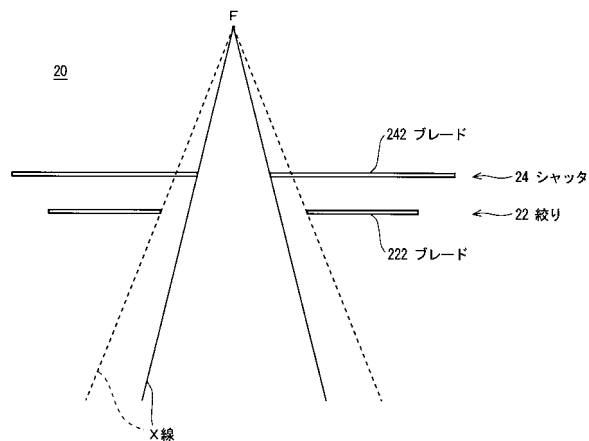
【図 1】



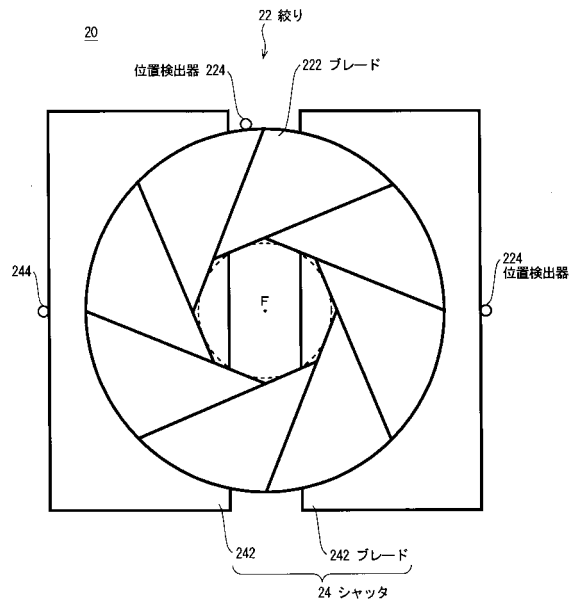
【図 2】



【図 3】



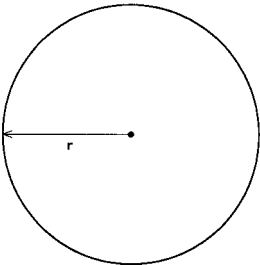
【図 4】



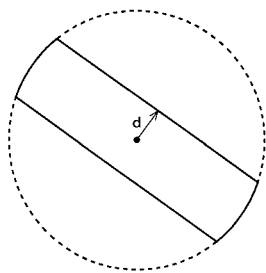
【図 5】

| 管電圧 | ドースレート ( $\mu\text{Gy/s}$ ) |
|-----|-----------------------------|
| 40  | 23.7                        |
| 50  | 42.3                        |
| 60  | 61.2                        |
| 70  | 81.6                        |
| 80  | 102.9                       |
| 90  | 125.6                       |
| 100 | 149.0                       |
| 110 | 173.0                       |

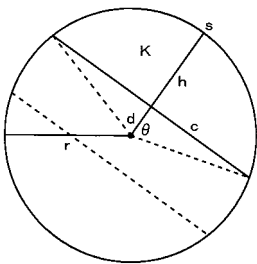
【図 6】



【図 7】



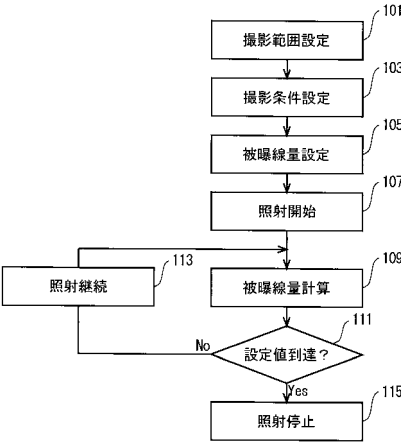
【図 10】



【図 8】

| 絞り位置 (カウント) | 投影像半径 $r$ (mm) |
|-------------|----------------|
| 295         | 7.81           |
| 443         | 5.72           |
| 527         | 4.32           |

【図 11】



【図 9】

| シャッター位置 (カウント) | 投影像半幅 $d$ (mm) |
|----------------|----------------|
| 222            | 14.92          |
| 442            | 7.81           |
| 830            | 0.20           |

---

フロントページの続き

(72)発明者 ナレシュ ラジャブハウ ムンギルワー  
インド国、カルナタカ 560037、バンガロール、ホワイトフィールド、イーピーアイピー  
#122、ジーイー メディカル システムズ ピーブイティー リミテッド

審査官 松谷 洋平

(56)参考文献 特開2003-203797(JP,A)  
特開2001-218761(JP,A)  
特開昭50-2587(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B6/00-6/14  
G01T1/00-7/12