

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-50737
(P2014-50737A)

(43) 公開日 平成26年3月20日(2014.3.20)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)	
A 6 1 B	6/00	(2006.01)	A 6 1 B	6/00	3 0 0 A	2 G 1 8 8	
G 0 1 T	7/00	(2006.01)	A 6 1 B	6/00	3 3 0 Z	4 C 0 9 3	
G 2 1 K	1/02	(2006.01)	G 0 1 T	7/00	C		
G 2 1 K	1/00	(2006.01)	G 2 1 K	1/02	C		
			G 2 1 K	1/00	X		

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2013-221538 (P2013-221538)
 (22) 出願日 平成25年10月24日 (2013.10.24)
 (62) 分割の表示 特願2008-68355 (P2008-68355) の分割
 原出願日 平成20年3月17日 (2008.3.17)

(71) 出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

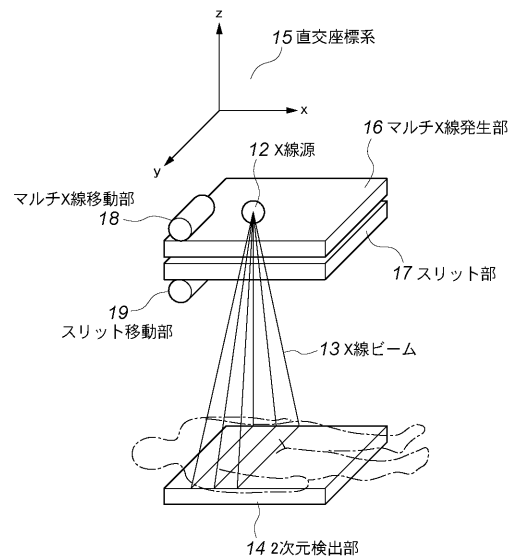
(54) 【発明の名称】 X線撮影装置及びその制御方法

(57) 【要約】

【課題】マルチX線源を用いたX線撮影において、X線源のピッチ間に生じるデータ欠損領域を減少または解消するとともに、散乱線による影響を低減する。

【解決手段】X線撮影装置は、第1の方向に所定のピッチを有して、複数のX線焦点が2次元状に配置されたマルチX線発生部と、複数のX線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット部とを有する。ここで、複数のスリット部材の各々は第1の方向に並ぶ複数のスリットを有し、複数のスリットの各々は第1の方向とは異なる第2の方向を長手方向とするスライス状のX線ビームを成型する。2次元検出部は、成形されたX線ビームの検出面におけるX線強度を検出する。X線撮影装置は、マルチX線発生部とスリット部とを、相対的な位置関係を保ちながら第1の方向へ、所定のピッチだけ移動する間の複数位置においてX線撮影を実行し、得られたX線強度に基づいてX線画像を再構成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 の方向に所定のピッチを有して、複数の X 線焦点が 2 次元状に配置されたマルチ X 線発生手段と、

前記複数の X 線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、前記複数のスリット部材の各々は前記第 1 の方向に並ぶ複数のスリットを有し、前記複数のスリットの各々は、対向する X 線焦点からの X 線を前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向を長手方向とするスライス状の X 線ビームに整形し、

前記スリット手段で整形された X 線ビームの、検出面における X 線強度を検出する 2 次元検出手段と、

前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を保ちながら前記第 1 の方向へ移動する移動手段と、

前記移動手段により前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを前記所定のピッチだけ移動する間の複数位置において X 線撮影を行う実行手段と、

前記実行手段による X 線撮影によって得られた X 線強度に基づいて X 線画像を再構成する再構成手段とを備えることを特徴とする X 線撮影装置。

【請求項 2】

前記再構成手段は、

前記複数のスリット部材の複数のスリットのうちの、X 線源との相対的な位置関係が同じであるスリットにより整形された X 線ビームにより得られた X 線画像データをパラレルデータとし、パラレルデータ毎に X 線画像データを並べ替える並べ替え手段を有し、

前記並べ替え手段で並べ替えられた X 線画像データに基づいて 3 次元画像を再構成することを特徴とする請求項 1 に記載の X 線撮影装置。

【請求項 3】

1 つの X 線源から発生し、対向するスリット部材によって整形された X 線ビームを前記 2 次元検出手段が検出することで得られた X 線画像データから、散乱線による影響を除去する補正手段を更に備え、

前記再構成手段は、前記補正手段により補正された後の X 線画像データを用いることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の X 線撮影装置。

【請求項 4】

第 1 の方向に所定のピッチを有して、複数の X 線焦点が 2 次元状に配置されたマルチ X 線発生手段と、

前記複数の X 線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、前記複数のスリット部材の各々は前記第 1 の方向に並ぶ複数のスリットを有し、前記複数のスリットの各々は、対向する X 線焦点からの X 線を前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向を長手方向とするスライス状の X 線ビームに整形し、

前記スリット手段で整形された X 線ビームの、検出面における X 線強度を検出する 2 次元検出手段と、

前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を変化させながら前記第 1 の方向へ移動する移動手段と、

前記移動手段により前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを前記所定のピッチだけ移動する間の複数位置において X 線撮影を行う実行手段と、

前記実行手段による X 線撮影によって得られた X 線強度に基づいて X 線画像を再構成する再構成手段とを備えることを特徴とする X 線撮影装置。

【請求項 5】

第 1 の方向に所定のピッチを有して、複数の X 線焦点が 2 次元状に配置されたマルチ X 線発生手段と、

前記複数の X 線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、前記複数のスリット部材の各々は前記第 1 の方向に並ぶ複数のスリットを有し、前記複数のスリットの各々は、対向する X 線焦点からの X 線を前記第 1 の方向とは異なる第 2

10

20

30

40

50

の方向を長手方向とするスライス状の X 線ビームに整形し、

前記スリット手段で整形された X 線ビームの、検出面における X 線強度を検出する 2 次元検出手段とを備えた X 線撮影装置の制御方法であって、

前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を保ちながら前記第 1 の方向へ移動する移動工程と、

前記移動工程により前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを前記所定のピッチだけ移動する間の複数位置において X 線撮影を行う実行工程と、

前記実行工程による X 線撮影によって得られた X 線強度に基づいて X 線画像を再構成する再構成工程とを備えることを特徴とする X 線撮影装置の制御方法。

【請求項 6】

10

第 1 の方向に所定のピッチを有して、複数の X 線焦点が 2 次元状に配置されたマルチ X 線発生手段と、

前記複数の X 線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、前記複数のスリット部材の各々は前記第 1 の方向に並ぶ複数のスリットを有し、前記複数のスリットの各々は、対向する X 線焦点からの X 線を前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向を長手方向とするスライス状の X 線ビームに整形し、

前記スリット手段で整形された X 線ビームの、検出面における X 線強度を検出する 2 次元検出手段とを備えた X 線撮影装置の制御方法であって、

前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を変化させながら前記第 1 の方向へ移動する移動工程と、

20

前記移動工程により前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを前記所定のピッチだけ移動する間の複数位置において X 線撮影を行う実行工程と、

前記実行工程による X 線撮影によって得られた X 線強度に基づいて X 線画像を再構成する再構成工程とを備えることを特徴とする X 線撮影装置の制御方法。

【請求項 7】

請求項 5 または 6 に記載の制御方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 8】

請求項 5 または 6 に記載の制御方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、マルチ X 線源を使用した X 線撮像装置、特に X 線断層画像を提供する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

カーボンナノチューブを冷陰極に使用したマルチ X 線源が知られている。公知の X 線発生装置では、電子を放出する陰極としてカーボンナノチューブを用いた X 線管を複数使用するとともに、X 線管の X 線を取り出す X 線放射窓を二次元に配置することで、二次元 X 線源を形成する。X 線発生装置の二次元 X 線源から放射された X 線は、被写体を透過して X 線画像検出器に照射される。X 線画像検出器では、照射された X 線の強度に基づいて X 線画像の画像信号を生成する。X 線発生装置の二次元 X 線源と被写体との間には、空孔が篩状に二次元的に配されたコリメータが、この空孔の軸方向が二次元 X 線源と被写体の方向となるように配置される（特許文献 1）。

40

【0003】

他方、複数 X 線源による X 線透過画像から被検体の断層画像を計算する技術が知られている。公知技術では、電子ビームをターゲット面に照射して X 線を発生させ、該 X 線をコリメータホールを通すことでビーム状に形成する放射線源を使用する。コリメータホールは面上に多数設けられている。電子ビームを走査してコリメータホールを順次切り替えながら、被写体を透過した X 線を放射線検出器で順次検出する。透過画像形成手段により、

50

各画素点の被写体画像情報を担持する放射線検出器からの各検出信号に基づいて、透過画像情報を求める。放射線検出器にはコリメータホールから直進してくるX線が入射され、散乱線は殆ど入射されないため、透過画像情報には散乱線の情報が含まれず、よって散乱線の情報を含まない3次元画像情報が求められる(特許文献2)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-089445号公報

【特許文献2】特開2000-060835号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献2に記載されているようにX線撮影系は焦点から検出器に向かって四角錐状に形成される。そのため、被検体の検出器に近い領域では広い範囲が撮影され、検出器から離れた領域では狭い範囲が撮影される。この現象をX線発生源近傍で観察すると、複数のX線源のピッチ間分は被検体の投影データが撮影できないことになる。即ち、X線源のピッチ間にデータ欠損領域が生じる。この課題は撮影系の拡大率が大きくなるに従って顕著となる。

【0006】

他の課題として、散乱線除去とX線利用効率の相反現象がある。従来のX線撮影においては、X線ビームが形成する四角錐状のコーン角を大きくしてX線利用効率を高め、一度に広い被写体領域を撮影している。しかし、一度に広い領域にX線を照射すると散乱線により画像の解像度が低下する。そこで、このような散乱線を抑制するために散乱線抑制グリッドが使用されるが、散乱線抑制グリッドは有効な直接線も減衰させてしまうというデメリットがある。そこで、特許文献2ではコーン角を小さくして散乱線を低減させているが、コーン角を小さくするとX線の利用効率を低下させてしまう。

20

【0007】

本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、マルチX線源を用いたX線撮影において、X線源のピッチ間に生じるデータ欠損領域を減少または解消するとともに、散乱線による影響を低減することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の目的を達成するための本発明の一態様によるX線撮影装置は以下の構成を備える。すなわち、

第1の方向に所定のピッチを有して、複数のX線焦点が2次元状に配置されたマルチX線発生手段と、

前記複数のX線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、前記複数のスリット部材の各々は前記第1の方向に並ぶ複数のスリットを有し、前記複数のスリットの各々は、対向するX線焦点からのX線を前記第1の方向とは異なる第2の方向を長手方向とするスライス状のX線ビームに整形し、

40

前記スリット手段で整形されたX線ビームの、検出面におけるX線強度を検出する2次元検出手段と、

前記マルチX線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を保ちながら前記第1の方向へ移動する移動手段と、

前記移動手段により前記マルチX線発生手段と前記スリット手段とを前記所定のピッチだけ移動する間の複数位置においてX線撮影を行う実行手段と、

前記実行手段によるX線撮影によって得られたX線強度に基づいてX線画像を再構成する再構成手段とを備える。

【0009】

また、上記の目的を達成するための本発明の他の一態様によるX線撮影装置は以下の構

50

成を備える。すなわち、

第 1 の方向に所定のピッチを有して、複数の X 線焦点が 2 次元状に配置されたマルチ X 線発生手段と、

前記複数の X 線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、前記複数のスリット部材の各々は前記第 1 の方向に並ぶ複数のスリットを有し、前記複数のスリットの各々は、対向する X 線焦点からの X 線を前記第 1 の方向とは異なる第 2 の方向を長手方向とするスライス状の X 線ビームに整形し、

前記スリット手段で整形された X 線ビームの、検出面における X 線強度を検出する 2 次元検出手段と、

前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を変化させながら前記第 1 の方向へ移動する移動手段と、

前記移動手段により前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを前記所定のピッチだけ移動する間の複数位置において X 線撮影を行う実行手段と、

前記実行手段による X 線撮影によって得られた X 線強度に基づいて X 線画像を再構成する再構成手段とを備える。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、マルチ X 線源を用いた X 線撮影において、X 線源のピッチ間に生じるデータ欠損領域を減少または解消するとともに、散乱線による影響を低減することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】第 1 実施形態の X 線撮影装置における撮影系を説明する図である。

【図 2】第 1 実施形態による撮影系の X Z 面を示す図である。

【図 3】第 1 実施形態による撮影系の Y Z 面を示す図である。

【図 4】第 1 実施形態の撮影系の X Y 面であり、スリット部の詳細な構成を示す図である。

【図 5】第 1 実施形態の X 線撮影装置のシステム構成例を示すブロック図である。

【図 6】第 1 実施形態による散乱線補正を説明する概念図である。

【図 7 A】第 1 実施形態における再構成空間とデータ欠損の関係を示す図である。

【図 7 B】第 1 実施形態における再構成空間とデータ欠損の関係を示す図である。

【図 8】第 1 実施形態における、切替曝射を行った場合の、各 X 線源 X_{mn}が 2 次元検出部 14 上に形成する X 線像を示す図である。

【図 9 A】第 1 実施形態のデータ収集処理を説明するフローチャートである。

【図 9 B】第 1 実施形態による X 線源の 2 次元配置例を示す図である。

【図 10】第 1 実施形態によるデータ再構成処理を説明するフローチャートである。

【図 11】第 2 実施形態の撮影系の X Z 面を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付図面（図 1 乃至図 10）を参照しながら、本発明の好適な実施形態を詳細に説明する。

【0013】

[第 1 実施形態]

図 1 は第 1 実施形態の X 線撮影システムの構成例を示す図である。マルチ X 線発生部 16 は、X 線ビーム 13 を発生する複数の X 線焦点としての X 線源 12 と、X 線源 12 からの X 線ビーム 13 を一次的に整形するコリメータ 20 とを有する。X 線源 12 は例えばカーボンナノチューブ等の冷陰極からの電子を加速しターゲットに衝突させることにより X 線を発生する構造である。マルチ X 線発生部 16 の内部には、X 線源 12 が 2 次元状に、例えば格子状に 26 列 × 26 行 = 676 個、格子ピッチ = 1.5 mm で配置されている。ただし、X 線源 12 は冷陰極を用いたものに限定されものではなく、熱電子源を用いたもので

10

20

30

40

50

あってもよい。

【0014】

X線ビーム13はスリット部17により二次的に整形される。スリット部17はX線源12毎に設けられたスリット部材としてのスリット板21(図4で後述する)の集合体である。これらのスリット板21はX線源12毎に個別に配置される。より具体的には、スリット板21は、2次元検出部14の検出面に到達しないX線ビーム13がスリット板21から透過しないように製造、配置される。これは被写体の撮影に寄与しないX線ビーム13を出力させないためである。

【0015】

スリット板21に入力されたコーン状のX線ビーム13は、スリット板21に設けられた複数のスリットにより複数のスライスビームに変化する。ただし、スリット部17によるX線ビーム整形は、スライスビームへの整形に限られるものではなく、格子状への整形であってもよい。X線ビーム13をスライス状に整形する場合はスリット板21におけるX線透過孔は溝(細長い孔)で構成され、X線ビーム13を格子状に整形する場合はスリット板21におけるX線透過孔は小孔の列で構成される。なお、X線ビームが格子状に整形される場合であっても、複数のX線透過孔を通過する複数のX線ビームにより、スライス状のX線ビームが形成されることになる。よって、本明細書では、このような小孔の列を透過して得られたX線ビームも、スライス状に整形されたX線ビームの範疇にあるものとする。このようにスリット部17は、複数のX線焦点の各々に対向設置された複数のスリット板21を有し、複数のスリット板21の各々は第1の方向としてのX方向に並ぶ複数のスリットを有する。そして、これら複数のスリットの各々は、対向するX線焦点からのX線を上記第1の方向とは異なる第2の方向であるY方向を長手方向とするスライス状のX線ビームに整形する。2次元検出部14は、前記スリット手段で整形されたX線ビームの、検出面におけるX線強度を検出する。

【0016】

スリット部17の目的は散乱線の低減である。X線ビーム13を2次元検出部の全面に同時照射すると、散乱線は2次元検出部14の検出面内に予測不可能な程度に発生する。そこで、従来技術では散乱線除去グリッドが被検体と2次元検出部14との中間に設置される。散乱線除去グリッドは、通常は、撮影焦点を有するように製造され、X線ビームの焦点と散乱線除去グリッドの撮影焦点が合致するように撮影系が調整される。しかし、本実施形態のようにX線ビーム焦点が複数ある撮影系では散乱線除去グリッドを使用することは出来ない。

【0017】

他方、散乱線除去グリッドを構成する鉛スリットは有効なX線ビーム13も減衰させる副作用を有する。本実施形態では散乱線を計算により低減する。具体的にはX線ビーム13をスライス状、格子状に形成して、2次元検出部14においてX線が入射しない領域を設定する。しかし、X線が入射しない領域であっても実際には散乱線が入射する。よって、当該領域では、散乱線信号のみを検出することができる。これらの散乱線信号に基づいて、2次元検出部14の全域の散乱線分布を内挿計算により予測する。そして、2次元検出部14で検出されたX線入射領域の信号値から内挿計算された散乱線信号を減算することで散乱線を低減することができる。上記の過程を図6を参照して、更に説明する。

【0018】

図6のG0信号は、1つのX線源から射出したX線ビーム13が、スリット部17のスリットを経て、被検体を透過した後に2次元検出部14で検出される理想的なプロファイル信号を示す。これは理想的な補正がされた後の信号でもある。しかし、現実には被検体内での散乱により、2次元検出部14はG1のような信号値を出力する。G1信号からX線ビーム13の直進成分が入力する領域をゼロにした信号がG2であり、G2信号は散乱線のみを表している。G3信号は、G2信号に基づいてX線ビーム13の直進成分が入力する領域の散乱線を予測したものである。なお、G2信号中のX線ビーム13の直進成分が入力する領域に近接する領域の寄与を小さくして、予測計算する必要がある。近接する

10

20

30

40

50

領域の範囲は、経験的に決定されてもよいし、直進成分が入力する領域の信号値の高さを元に決定されてもよい。こうして、予測された散乱信号 G 3 を信号 G 1 から減算した信号 G 4 が散乱補正後の信号となる。

【0019】

なお、予測計算には公知の内挿計算技術を用いることができる。そのような公知技術にはいろいろあるが、resampling、線形（直線）内挿、多項式補間（スプラインなど）、関数のあてはめ（fitting）、重みつき平均、変分法などを使用することができる。例えば、X線ビーム13の直進成分が入力する領域を除外して多項式補間を行う、或いは、X線ビーム13の直進成分が入力する領域の重みを小さくして重みつき平均を行う、ことで散乱信号の予測を行うことができる。

10

【0020】

図1に戻り、X線ビーム13は被検体を直進透過し、或は被検体で散乱した後に2次元検出部14に到達する。2次元検出部14は格子状に配列された複数の画素から構成される。本実施形態では、各画素（検出器）は半導体検出器により構成されるが、他の光電変換素子でもよい。検出器の画素サイズは、検出する病変のサイズにより決定される。数ミリの石灰化を検出する乳房撮影であれば画素サイズは100ミクロン程度が、1cm程度の結節を検出する胸部撮影であれば画素サイズは200～400ミクロン程度が要求される。また、2次元検出部14の外形サイズも撮影対象に依存して決定される。乳房撮影であれば外形サイズは200×240mm程度、胸部撮影であれば430×430mm程度が要求される。

20

【0021】

次に、撮影の直交座標系15について説明する。X、Y軸はマルチX線発生部16及び2次元検出部14の各格子が配列される方向で、Z軸はX線ビーム13が発射される方向である。X軸はマルチX線発生部16及びスリット部17がそれぞれの移動機構によりスライドする方向である。マルチX線発生部16を移動するための機構はマルチX線移動部18、スリット部17を移動するための機構はスリット移動部19である。一般に医師は画像を観察するとき、人体の体軸を上下方向にして画像を観察する。人間の目は水平方向の分解能の方が高いので、診断画像においても水平方向の分解能を高くすることが好ましい。そこで、図1に示すように体軸方向とX軸方向が合致するように人体を配置した場合は、Y軸方向に伸びたX線ビームスライスの方が分解能的に有利である。即ち、Y軸方向に伸びたX線ビームスライスがX軸方向にスライドする撮影系が望ましい。

30

【0022】

図4はスリット部17をZ軸方向の上方に位置するマルチX線発生部16から観察した図である。マルチX線発生部16において、X線源12は格子状に複数個配置されており、スリット部17にはそれぞれに対応してスリット板21が設けられている。スリット板21は、X線遮蔽効率の高い鉛板にX線ビーム13を形成する為のスリットが複数個設けられた構成を有する。X線ビーム13をスライス状に形成する場合は、図4のようにスリットはY方向に伸びる長方形を有する。図示しないが、X線ビーム13を格子状の小正方形にする場合のスリット板21は、小正方形のスリットが格子状に配置されたものとなる。

40

【0023】

図2は図4のスリット部17を使用した場合の撮影系のXZ面を示している。図2では3つのX線源i, j, kが同時にX線曝射するように描かれているが、実際には複数のX線源12は同時に曝射するのではなく、高速に切替曝射するように制御される。他方、切替曝射されると同時にマルチX線移動部18とスリット移動部19により、マルチX線発生部16とスリット部17が相対位置固定のまま、2次元検出部14に対してスライドする。スライド距離はマルチX線発生部16の格子ピッチpと同じである。後述のように、マルチX線発生部16とスリット部17を格子ピッチp分スライドする間に複数回の撮影を実行することにより、複数のX線源12間の投影データを過不足なく収集することができる。

50

【0024】

X線源 i, j, k を例に説明すると、X線ビーム i_1, j_1, k_1 は平行ビームを形成するが、X線ビームの間隔は概略、格子ピッチ p である。概略 p である理由は、X線源 i, j, k の曝射間隔に依存した時間 t 分だけ、マルチX線発生部 16 が移動しているからである。即ち、各曝射間隔を t の間に L 移動すると仮定すると、X線ビームの間隔は $L + p$ となる。ところで、マルチX線発生部 16 のスライドによりX線源 i がX線 j の位置に移動する中間地点 28 でX線源 i を曝射することにより、平行ビームの間隔を約半分の $p/2$ にすることができる。X線源 i がX線 j の位置に移動する間に、等間隔で n 回の撮影を行えば、平行ビームの間隔を p/n にすることができる。これにより画像再構成空間 27 での投影データの欠損領域（データ欠損領域 31（図7A））をなくすことができる。

10

【0025】

なお、図7A, Bを使用して画像再構成空間 27 でのデータ欠損領域 31 について説明する。仮定として、

- ・ X線源 12 の焦点サイズが 0.5 mm 、
- ・ X線源 12 の格子ピッチ p が 1.5 mm 、
- ・ X線源 12 から2次元検出部 14 までの距離が 450 mm 、
- ・ X線源 12 からスリット板 21 までの距離が 1.5 mm 、
- ・ スリット板 21 のX軸方向のスリット幅を 1 mm 、
- ・ X線源 12 から画像再構成空間 27 までの距離を 230 mm とする。

20

【0026】

上記の仮定を用いると、画像再構成空間 27 のX線源 12 に最も近い位置でのX軸方向のX線ビーム幅は約 8 mm ($= 0.5\text{ mm} \times \text{拡大率 } 1.5 \text{ 倍} + 0.5\text{ mm}$) となる。この条件でマルチX線発生部 16 のスライド中間位置でデータ収集しない場合は、図7Aの斜線で示した部分（データ欠損領域 31）のデータが欠損することになる。これに対し、図7Bに示すように、スライド中間位置（中間地点 28）でデータ収集を行うとデータ欠損領域 31 は解消される。

【0027】

図7A, 図7Bの例では、格子ピッチ p を2等分する中間地点 28 で曝射を行っているが、本発明はこれに限定されるものではない。マルチX線発生部 16 とスリット部 17 とを所定のピッチ（格子ピッチ p ）だけ移動する間の複数位置においてX線撮影が実行されるようにすればよい。一般的には格子ピッチ p を N 等分した地点での $N - 1$ 回の追加的な曝射（撮影）をすることが可能である（ N は2以上の自然数）。格子ピッチ p の間隔で $N - 1$ 回の追加的な曝射を行うことの効果は、図7Aで示す空間的なデータ欠損領域 31 の発生を回避する他に、投影データのSN比改善にも貢献する。

30

【0028】

図3は第1実施形態の撮影系のXY面を示している。図4のようにY方向に延びるスライス状のX線ビーム 13 に整形する場合は、XY面では各X線源 12 からのX線ビーム 13 により2次元検出部 14 の全幅が照射されるように設計される。なお図3では3つのX線源 i, j, k が同時にX線曝射するように描かれているが、上述したように、実際には複数のX線源 12 は同時にX線曝射することなく、高速に切替曝射される。X線源 12 を冷陰極で構成する場合、1 msec 周期程度の高速の切替曝射が容易に行える。図8は切替曝射を行った場合、各X線源 X_{mn} が2次元検出部 14 上に形成するX線像を示している。図8では、各X線源 12 は6個のX線スライス X_{mn-h} ($h = 1 \dots 6$) を形成している。X線源 X_{mn} がXY軸のどの方向にfast-scanするかに制限はない。X軸方向に並んだX線源 12 からのデータ（X線画像データ）をパラレルデータとして同時に逆投影する場合は、図9Aで示すような手順で、X軸方向にfast-scanすることが好ましい。同時に処理するデータを短時間中に撮影するためである。

40

【0029】

図5は第1実施形態のX線撮影システムの構成例を示すブロック図である。第1実施形

50

態のシステムはコンピュータ 11 及び図示しないプログラムによりその全体が制御される。被写体の撮影開始の指示、画像再構成の指示、画像表示は操作部 22 を介して行われる。操作部 22 により撮影開始が指示されると、制御部 23 が撮影系を構成する各部の制御を開始する。

【0030】

即ち、撮影開始の指示に応じて、制御部 23 は、データ収集部 25 に指令を出して、2次元検出部 14 をデータ収集可能状態にする。続いて制御部 23 は、高電圧発生部 24 に指令を出して複数の X 線源 12 を順次曝射状態にする。制御部 23 は、各曝射に同期して 2次元検出部 14 に被写体の X 線投影データを収集させる。2次元検出部 14 は、X 線投影データをデジタル化してデータ収集部 25 に転送する。制御部 23 は、上記複数の曝射データ収集に並行してマルチ X 線移動部 18 及びスリット移動部 19 を制御して、マルチ X 線発生部 16 及びスリット部 17 を、それらの相対的な位置関係を保ちながらスライドする。

10

【0031】

図 9 A は、データ収集部 25 によるデータ収集処理を示すフローチャートである。図 9 A の処理手順では、X 軸方向へ fast-scan が行われている。ここで、図 9 B に示すように、M は X 軸方向の X 線源 12 の配列数、N は Y 軸方向の配列数、K はマルチ X 線発生部 16 が S p だけスライドする間に各 X 線源 (Xmn) が曝射する回数を示している。ステップ S 102 では、Xmn の X 線曝射によりデータ収集が開始され、同時にマルチ X 線発生部 16 のスライドが開始される。第 1 実施形態においては、スリット部 17 もマルチ X 線発生部 16 との相対位置を同じくしたままでスライドする。ステップ S 103 では、Xmnk の曝射による画像 I mnk がデータ収集部 25 に保存される。ここで、k はマルチ X 線発生部 16 が S p 分スライドする間に各 X 線源 Xmn が曝射する回数を示している。ステップ S 103、S 104 において、まず X 方向に並ぶ M 個の X 線源を順次駆動して X 線画像を収集する。M 個の撮影が終わると、ステップ S 105、S 106 により、次の列 (Y 方向に隣の列) について、X 方向に並ぶ M 個の X 線源を順次駆動して X 線画像を収集する。こうして、N 列目まで処理を繰り返す。以上の処理がスライド期間中に K 回繰り返される (ステップ S 107、S 108)。

20

【0032】

次に、操作部 22 により画像再構成が指示されると、データ収集部 25 に保存されている投影データが順次に画像再構成部 26 に転送されて 3次元ボリュームデータが再構成される。画像再構成はフィルタ補正逆投影法が適当であるが、逐次近似法による画像再構成でもよい。本実施形態の特徴として投影データがパラレルデータを構成することに特徴がある。図 2 に示すように X 線ビーム i_1, j_1, k_1 、X 線ビーム i_2, j_2, k_2 はそれぞれ平行ビームを構成する。同様に図 7 B に示すようにマルチ X 線発生部 16 及びスリット部 17 のスライド途中 (S p / 2 や S p / 3) で収集される同一曝射方向のデータも、X 線ビーム i_1, j_1, k_1 、X 線ビーム i_2, j_2, k_2 に平行なビームを構成する。投影データは各曝射単位でデータ収集部 25 に保存されるが、画像再構成部 26 にはパラレルデータを構成するように処理した後 (並べ替えられた後) に転送される。

30

【0033】

次に、パラレルデータを構成するためのデータ切出し処理、及びデータ並替え処理を説明する。図 6 の G0 信号が示すように X 線透過データは 2次元検出部 14 上に局所的に形成される。図 6 に示した散乱線補正が行われた後にデータ切出し処理が行われる。データ切出し処理、データ並替え処理以前に散乱線補正を行うことで、作業用メモリの削減、メモリアクセス回数の削減が行える。

40

【0034】

データ切出し処理は、図 8 に示す 2次元検出部 14 の全体画像中から X11-1 に例示されるような X 線入射領域を幾何学的に切出す処理である。2次元検出部 14 の全体画像中の X 線入射部分 Xmn-h の位置は、X 線曝射タイミングで計算することができる。ただし、パラレルデータは X 線スライス Xmn-h に対応する X 線スライス画像 I mn-h を連続させて構成

50

することに限定されない。例えば、X線スライス画像 I_{mn-h} を X 軸方向に L 分割したスライスをそれぞれ連続させて構成することもできる。分割数を増加させることでパラレルデータの平行度を増加させることができる。例えば、画像 I_{mn-h} は厳密にはファンデータであり、つなぎ合わせても厳密なパラレルデータになっていない。2次元検出器の素子列まで分解するとより完全なパラレルデータを得ることができる。

【0035】

以上のように、図8で例示する I_{11-1} 、 I_{21-1} 、 I_{31-1} のセット、 I_{11-2} 、 I_{21-2} 、 I_{31-2} のセット、 I_{12-1} 、 I_{22-1} 、 I_{32-1} のセットは、それぞれパラレルデータを構成している。データ並替え処理は、このことに注目して、各セット毎（パラレルデータ毎）に1枚の画像に繋ぎ合わせる処理である。

10

【0036】

図10は上記に説明したデータ再構成の処理を示すフローチャートである。ここで、図9Bに示したように、MはX軸方向のX線源12の配列数、NはY軸方向の配列数、KはマルチX線発生部16がSpスライドする間に各X線源 X_{mn} が曝射する回数を示している。ステップS201では、画像再構成部26は、データ収集部25に保存された I_{mnk} に対して画像 I_{mnk} を単位として、図6で説明した散乱線補正を実行する。ステップS202～S204で各変数に初期値が設定される。そして、ステップS205～S209では、画像 I_{mnk} を散乱線補正した後の補正後画像 I'_{mnk} から h 番目のスリットに対応するものを切出して I'_{mnk-h} とする。こうして、ステップS205～S209では、同じ h 番目のスリットのX線画像（X線源との相対的な位置関係が一致するスリットにより成形されたスライスビームにより得られたX線画像）が切り出される。そして、ステップS210では切り出した画像 I'_{mnk-h} がパラレルデータを構成することに注目して1枚の画像に繋ぎ合わせる。繋ぎ合わせた後の画像を画像再構成部26に転送してフィルタ補正逆投影処理が行われる。なお、各セットに対しては、例えば、入射方向の異なるパラレルデータとして別々に逆投影を施せばよい。ここで、スリット位置の個数Hは、実際のスリット数に制限されず、実際のスリット数の整数倍でもよい。スリット位置の個数Hを増加させることにより繋ぎ合わせ画像のパラレル度を向上させることができる。

20

【0037】

画像再構成部26は、データ収集部25から転送される画像を内部の3Dメモリ空間に逆投影する。逆投影アルゴリズムは公知技術を使用することができる。フィルタ補正逆投影処理の場合は、データ収集部25から転送された画像に対して直流成分を除去するフィルタ処理を行った後にデータ収集された幾何学系に従ってデータが逆投影される。前述の説明では、データをパラレルデータに並べ替えた後に逆投影する再構成法を説明したが、これに限られずファンデータのままで再構成する直接再構成でもよい。

30

【0038】

以上説明したように、第1実施形態によれば、被写体領域を構成する3D空間に対して密度の高い投影データを収集することが可能になる。同時にX線ビームはスリット状に構成されるので、画像処理による散乱線補正の精度を向上することができる。また、画像処理による散乱線補正を可能にすることにより、散乱線補正グリッドが不要になり被写体（患者）の被曝を低減することが可能になる。

40

【0039】

[第2実施形態]

図11は、第2実施形態によるX線撮影システムの構成例を示す図である。以下では、第1実施形態との相違を説明する。第1実施形態では、マルチX線発生部16とスリット部17が相対位置関係を一致させたままスライドする。これに対して、第2実施形態では、マルチX線発生部16とスリット部17の相対位置関係が変位するようにスライドする。相対位置が変化するように移動する趣旨は、被検体に入射するX線ビームスライスの方角数を増加させ、再構成画像の画質を上げることにある。図11は、マルチX線発生部16の位置が固定されているとして、スリット部17が(1)の位置29、(2)の位置30でのスリットを通過するX線ビーム13を示している。被写体が構成する3D空間に対

50

して入射方法の異なるX線ビーム13を発生していることがわかる。なお、第2実施形態においても、マルチX線発生部16は撮影終了までに2次元検出部14に対して格子ピッチpだけ移動する。そして、スリット部17は、マルチX線発生部に対して往復運動をする。この往復運動の間にX線データを取ると、異なる方向の平行投影データが撮影可能となる。

【0040】

なお、図11では、(1)と(2)の2つの相対位置のみでX線の曝射を行っているが、マルチX線発生部16とスリット部17が異なる相対位置関係になる場合は複数個存在する。即ち、3以上の相対位置関係においてX線の曝射を行うようにしてもよい。なお、移動は、スリットのX方向のピッチ間隔となる。また、マルチX線発生部16とスリット部17と相対関係をX線源12毎に同一にすることが難しいため、再構成アルゴリズムは各投影画像をそのまま逆投影する直接法を使用する。また、相対位置の変位はマルチX線発生部16のスライド方向に限定されることはなく、スライド方向に直行するように変位しても入射角度の異なる投影データを収集することができる。

10

【0041】

以上説明したように、第2実施形態によれば、被写体領域を構成する3D空間に対して入射角度の分解数を向上することが可能になり再構成画像の分解能、SNを向上させることが可能になる。

【0042】

以上、実施形態を詳述したが、本発明は、例えば、システム、装置、方法、プログラムもしくは記憶媒体等としての実施態様をとることが可能である。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良いし、また、一つの機器からなる装置に適用しても良い。

20

【0043】

尚、本発明は、ソフトウェアのプログラムをシステム或いは装置に直接或いは遠隔から供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータが該供給されたプログラムコードを読み出して実行することによって前述した実施形態の機能が達成される場合を含む。この場合、供給されるプログラムは実施形態で図に示したフローチャートに対応したコンピュータプログラムである。

【0044】

従って、本発明の機能処理をコンピュータで実現するために、該コンピュータにインストールされるプログラムコード自体も本発明を実現するものである。つまり、本発明は、本発明の機能処理を実現するためのコンピュータプログラム自体も含まれる。

30

【0045】

その場合、プログラムの機能を有していれば、オブジェクトコード、インタプリタにより実行されるプログラム、OSに供給するスクリプトデータ等の形態であっても良い。

【0046】

コンピュータプログラムを供給するためのコンピュータ読み取り可能な記憶媒体としては以下が挙げられる。例えば、フロッピー(登録商標)ディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、MO、CD-ROM、CD-R、CD-RW、磁気テープ、不揮発性のメモ리카ード、ROM、DVD(DVD-ROM、DVD-R)などである。

40

【0047】

その他、プログラムの供給方法としては、クライアントコンピュータのブラウザを用いてインターネットのホームページに接続し、該ホームページから本発明のコンピュータプログラムをハードディスク等の記録媒体にダウンロードすることが挙げられる。この場合、ダウンロードされるプログラムは、圧縮され自動インストール機能を含むファイルであってもよい。また、本発明のプログラムを構成するプログラムコードを複数のファイルに分割し、それぞれのファイルを異なるホームページからダウンロードすることによっても実現可能である。つまり、本発明の機能処理をコンピュータで実現するためのプログラムファイルを複数のユーザに対してダウンロードさせるWWWサーバも、本発明に含まれる

50

ものである。

【0048】

また、本発明のプログラムを暗号化してCD-ROM等の記憶媒体に格納してユーザに配布するという形態をとることもできる。この場合、所定の条件をクリアしたユーザに、インターネットを介してホームページから暗号を解く鍵情報をダウンロードさせ、その鍵情報を使用して暗号化されたプログラムを実行し、プログラムをコンピュータにインストールさせるようにもできる。

【0049】

また、コンピュータが、読み出したプログラムを実行することによって、前述した実施形態の機能が実現される他、そのプログラムの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているOSなどとの協働で実施形態の機能が実現されてもよい。この場合、OSなどが、実際の処理の一部または全部を行ない、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される。

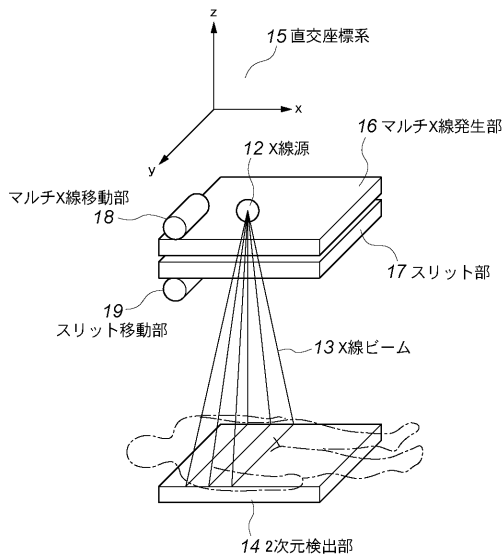
10

【0050】

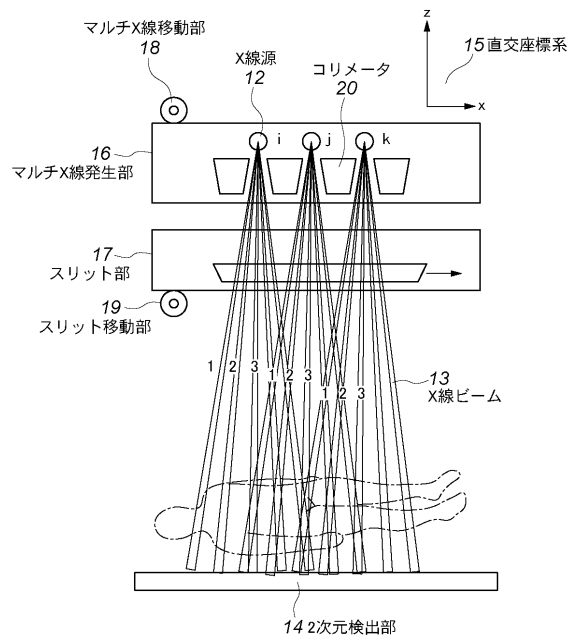
さらに、記録媒体から読み出されたプログラムが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれて前述の実施形態の機能の一部或いは全てが実現されてもよい。この場合、機能拡張ボードや機能拡張ユニットにプログラムが書き込まれた後、そのプログラムの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行なう。

20

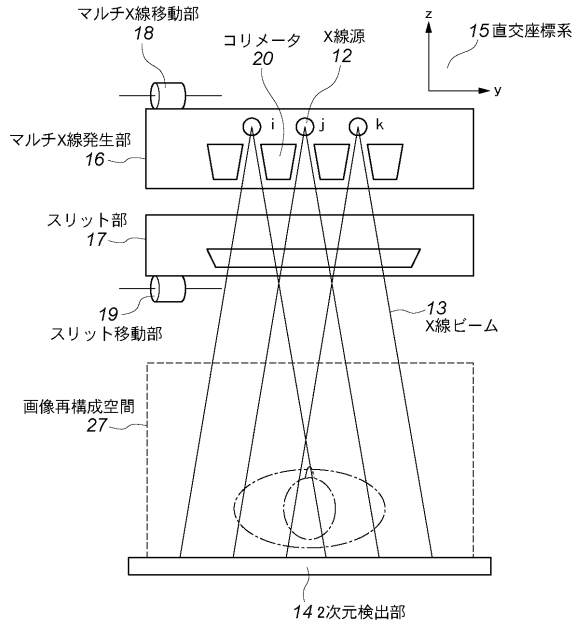
【図1】



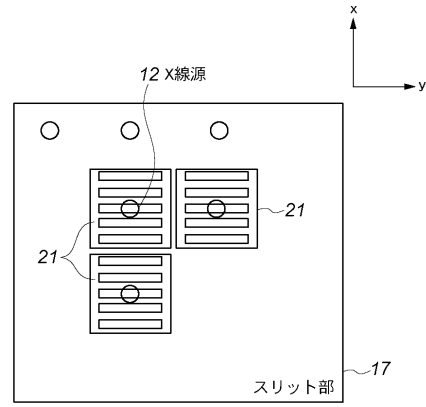
【図2】



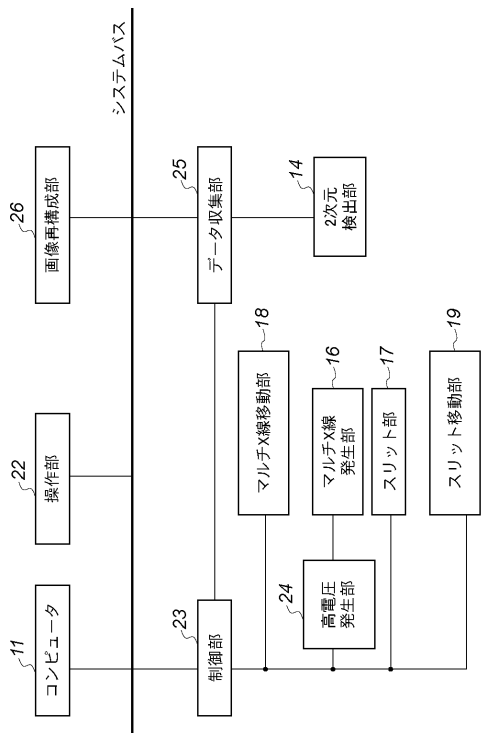
【 図 3 】



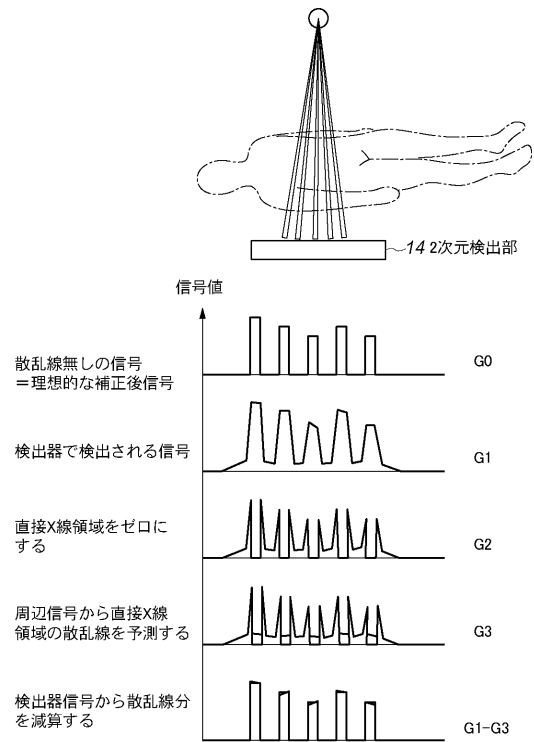
【 図 4 】



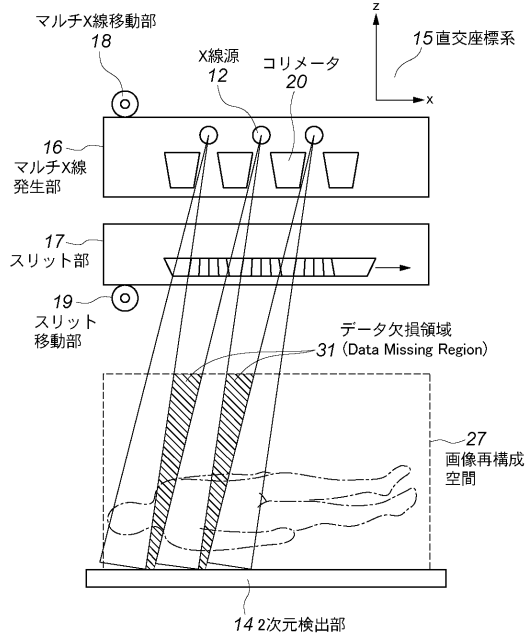
【 図 5 】



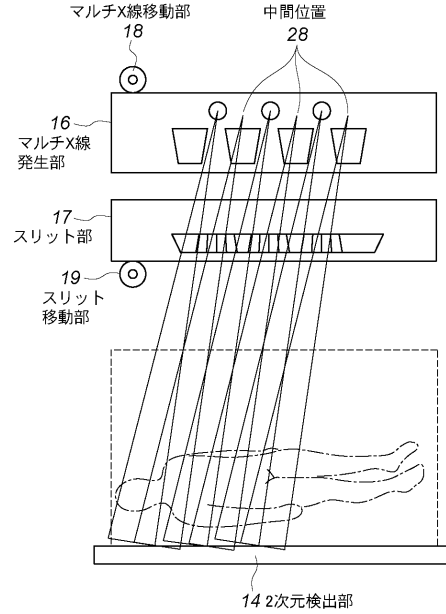
【 図 6 】



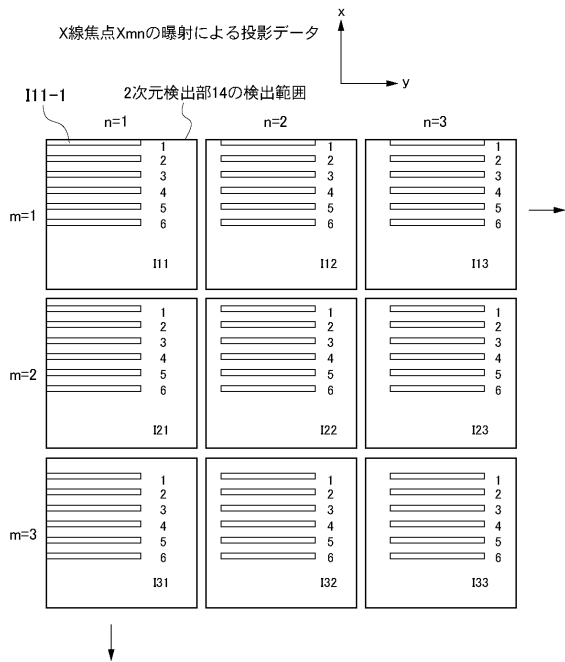
【図7A】



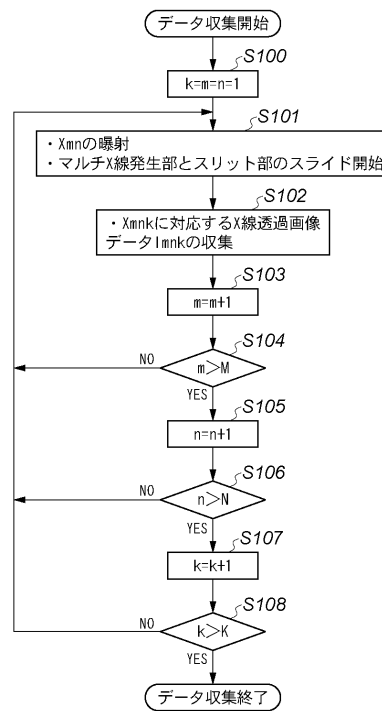
【図7B】



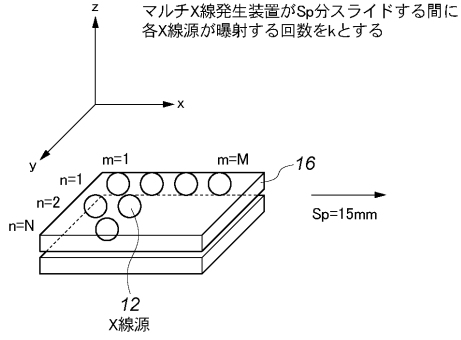
【図8】



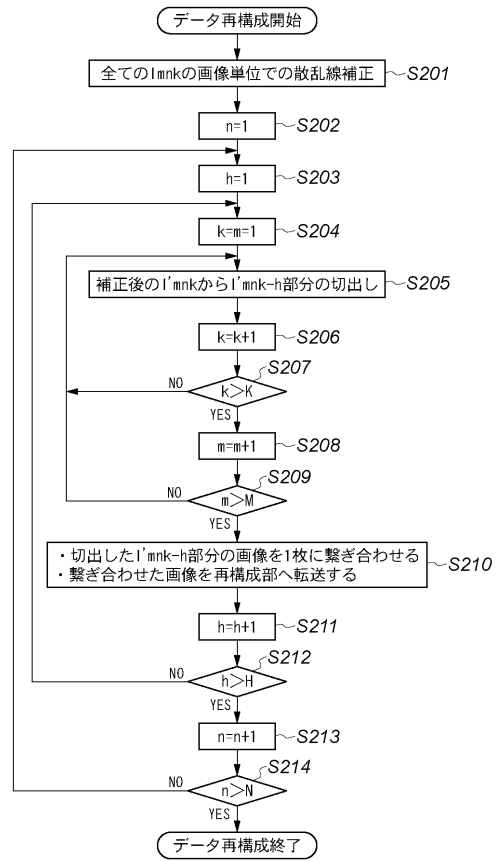
【図9A】



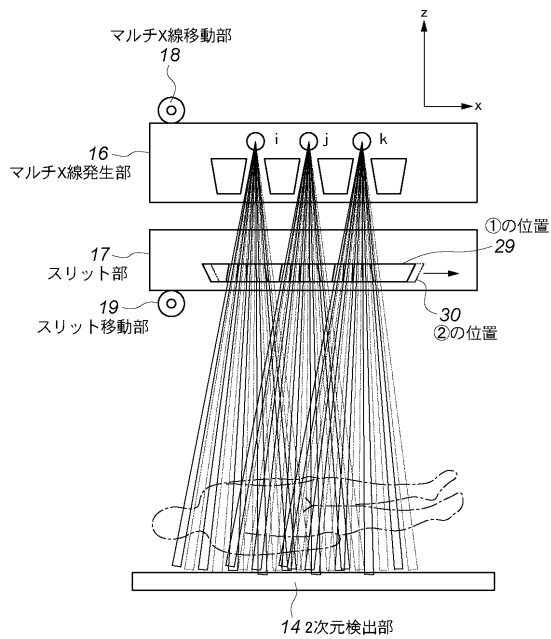
【 図 9 B 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【手続補正書】

【提出日】平成25年11月25日(2013.11.25)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のX線焦点が所定のピッチで2次元状に配置されたマルチX線発生手段と、
前記複数のX線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、

前記スリット手段で整形されたX線ビームの、検出面におけるX線強度を検出する2次元検出手段と、

前記マルチX線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を保ちながら前記2次元検出手段に対して相対的に移動させる移動手段と、

前記移動手段により移動する間の複数位置においてX線撮影を行う実行手段と、

前記実行手段によるX線撮影によって得られたX線強度に基づいてX線画像を再構成する再構成手段と、を備えることを特徴とするX線撮影装置。

【請求項2】

前記再構成手段は、

前記複数のスリット部材の複数のスリットのうちの、X線源との相対的な位置関係が同じであるスリットにより整形されたX線ビームにより得られたX線画像データをパラレルデータとし、パラレルデータ毎にX線画像データを並べ替える並べ替え手段を有し、

前記並べ替え手段で並べ替えられたX線画像データに基づいて3次元画像を再構成することを特徴とする請求項1に記載のX線撮影装置。

【請求項3】

1つのX線源から発生し、対向するスリット部材によって整形されたX線ビームを前記2次元検出手段が検出することで得られたX線画像データから、散乱線による影響を除去する補正手段を更に備え、

前記再構成手段は、前記補正手段により補正された後のX線画像データを用いることを特徴とする請求項1または2に記載のX線撮影装置。

【請求項4】

複数のX線焦点が所定のピッチで2次元状に配置されたマルチX線発生手段と、
前記複数のX線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、

前記スリット手段で整形されたX線ビームの、検出面におけるX線強度を検出する2次元検出手段と、

前記マルチX線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を変化させながら前記2次元検出手段に対して相対的に移動させる移動手段と、

前記移動手段により移動する間の複数位置においてX線撮影を行う実行手段と、

前記実行手段によるX線撮影によって得られたX線強度に基づいてX線画像を再構成する再構成手段と、を備えることを特徴とするX線撮影装置。

【請求項5】

複数のX線焦点が所定のピッチで2次元状に配置されたマルチX線発生手段と、

前記複数のX線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、

前記スリット手段で整形されたX線ビームの、検出面におけるX線強度を検出する2次元検出手段と、を備えたX線撮影装置の制御方法であって、

前記マルチX線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を保ちながら前記

2次元検出手段に対して相対的に移動させる移動工程と、

前記移動工程において移動する間の複数位置においてX線撮影を行う実行工程と、
前記実行工程におけるX線撮影によって得られたX線強度に基づいてX線画像を再構成する再構成工程と、を備えることを特徴とするX線撮影装置の制御方法。

【請求項6】

複数のX線焦点が所定のピッチで2次元状に配置されたマルチX線発生手段と、
前記複数のX線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、

前記スリット手段で整形されたX線ビームの、検出面におけるX線強度を検出する2次元検出手段とを備えたX線撮影装置の制御方法であって、

前記マルチX線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を変化させながら前記2次元検出手段に対して相対的に移動させる移動工程と、

前記移動工程において移動する間の複数位置においてX線撮影を行う実行工程と、
前記実行工程におけるX線撮影によって得られたX線強度に基づいてX線画像を再構成する再構成工程と、を備えることを特徴とするX線撮影装置の制御方法。

【請求項7】

請求項5または6に記載の制御方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項8】

請求項5または6に記載の制御方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを格納したコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

上記の目的を達成するための本発明の一態様によるX線撮影装置は以下の構成を備える。すなわち、

複数のX線焦点が所定のピッチで2次元状に配置されたマルチX線発生手段と、
前記複数のX線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、

前記スリット手段で整形されたX線ビームの、検出面におけるX線強度を検出する2次元検出手段と、

前記マルチX線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を保ちながら前記2次元検出手段に対して相対的に移動させる移動手段と、

前記移動手段により移動する間の複数位置においてX線撮影を行う実行手段と、
前記実行手段によるX線撮影によって得られたX線強度に基づいてX線画像を再構成する再構成手段と、を備える。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

また、上記の目的を達成するための本発明の他の一態様によるX線撮影装置は以下の構成を備える。すなわち、

複数のX線焦点が所定のピッチで2次元状に配置されたマルチX線発生手段と、
前記複数のX線焦点の各々に対向設置された複数のスリット部材を有するスリット手段と、

前記スリット手段で整形されたX線ビームの、検出面におけるX線強度を検出する2次元

元検出手段と、

前記マルチ X 線発生手段と前記スリット手段とを、相対的な位置関係を変化させながら
前記 2 次元検出手段に対して相対的に移動させる移動手段と、

前記移動手段により移動する間の複数位置において X 線撮影を行う実行手段と、

前記実行手段による X 線撮影によって得られた X 線強度に基づいて X 線画像を再構成する再構成手段と、を備える。

フロントページの続き

(72)発明者 辻井 修

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

(72)発明者 土谷 佳司

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

(72)発明者 奥貫 昌彦

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

Fターム(参考) 2G188 DD05 DD16 DD22 EE27

4C093 AA07 CA07 CA13 EA03 EB17 EC22 EE02 FA15 FA20 FA33

FC26 FF03 FF42