

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6679563号
(P6679563)

(45) 発行日 令和2年4月15日 (2020.4.15)

(24) 登録日 令和2年3月23日 (2020.3.23)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 6/03 (2006.01)

A 6 1 B 6/03 3 2 O H

A 6 1 B 6/06 (2006.01)

A 6 1 B 6/06 3 1 O

G O 1 N 23/046 (2018.01)

G O 1 N 23/046

請求項の数 11 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2017-502602 (P2017-502602)
 (86) (22) 出願日 平成27年7月13日 (2015.7.13)
 (65) 公表番号 特表2017-524460 (P2017-524460A)
 (43) 公表日 平成29年8月31日 (2017.8.31)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2015/065993
 (87) 国際公開番号 W02016/008856
 (87) 国際公開日 平成28年1月21日 (2016.1.21)
 審査請求日 平成30年7月11日 (2018.7.11)
 (31) 優先権主張番号 14176988.5
 (32) 優先日 平成26年7月15日 (2014.7.15)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 欧州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーヘー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 2
 (74) 代理人 110001690
 特許業務法人M&Sパートナーズ
 (72) 発明者 ブロクサ ローランド
 オランダ国 5656 アーヘー アイン
 ドーフェン ハイ テック キャンパス
 5

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投影データ取得装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

投影データを取得するための投影データ取得装置であって、当該投影データ取得装置は、

物体を横切るパルス状放射ビームを発生させるための放射デバイスと、

前記物体を横切った後の前記パルス状放射ビームを示す投影データを発生させるための検出デバイスと、

前記物体に対する前記放射デバイスの異なる取得位置で前記投影データを発生させるため、当該放射デバイスと当該物体とを互いに対して相対的に移動させるための移動ユニットと、を備え、

前記放射デバイスは、放射ビームを発生させるための放射源と、異なる取得位置で前記放射ビームの異なる阻止及び／又は減衰を行うためのコリメータと、を備え、

前記放射デバイスは、異なる取得位置で、前記放射源で発生させた前記放射ビームの異なる阻止及び／又は減衰を行うことで、前記パルス状放射ビームを発生させ、

前記コリメータは、前記検出デバイス上に影になった領域と影になっていない領域とが発生するように前記放射ビームを部分的に阻止し、前記検出デバイスは、前記影になっていない領域に誘導されたパルス状放射ビームに基づいて前記投影データを発生させると共に、前記影になった領域へ散乱した放射に基づいて散乱データを発生させ、前記投影データ取得装置は更に、発生した前記投影データを前記散乱データに基づいて補正するための補正ユニットを備え、

前記コリメータは、いくつかの開口を有する回転可能なシリンダを備え、前記コリメータは、異なる取得位置で前記パルス状放射ビームを発生させるため、前記異なる取得位置では前記開口が前記放射源に対して異なる回転位置に配置されるように前記シリンダを回転させ、前記シリンダの前記開口は、当該シリンダの長手方向軸に沿って第 1 の位置に配置された第 1 の開口と、当該シリンダの長手方向軸に沿って第 2 の位置に配置された第 2 の開口と、を含み、前記第 1 の開口及び前記第 2 の開口は相互に対して円周方向のオフセットを有する、

投影データ取得装置。

【請求項 2】

前記放射源が前記放射ビームを発生させ、前記コリメータが、異なる取得位置で前記パルス状放射ビームを発生させるために当該パルス状放射ビームの異なる阻止又は減衰を行う、請求項 1 に記載の投影データ取得装置。

10

【請求項 3】

前記投影データ取得装置は更に、前記物体内の様々な空間領域について放射線量上限を規定する空間放射線量拘束値を与えるための放射線量拘束値提供ユニットを備え、前記放射デバイス、前記検出デバイス、及び前記移動ユニットは、与えられた前記空間放射線量拘束値が達成されるように前記投影データを発生させる、請求項 1 に記載の投影データ取得装置。

【請求項 4】

前記放射デバイスは、異なる取得位置で前記パルス状放射ビームのパルス持続時間が異なる、請求項 1 に記載の投影データ取得装置。

20

【請求項 5】

前記移動ユニットは、前記投影データ取得中に取得軌道に沿って前記物体に対して前記放射デバイスを移動させ、前記放射デバイス及び前記検出デバイスは、前記取得軌道に沿った異なる取得位置のグループごとの投影データ取得に対応すると共に、前記パルス状放射ビームを実際に発生させ、前記物体を横切った後の当該パルス状放射ビームを、前記異なる取得位置のグループのうちのサブグループのみで検出する、請求項 1 に記載の投影データ取得装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の投影データ取得装置の放射源によって発生した放射をコリメートするための前記コリメータの使用。

30

【請求項 7】

物体のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータ断層撮影システムであって、当該コンピュータ断層撮影システムは、

請求項 1 に記載の投影データ取得装置であって、前記物体の投影データを取得するための投影データ取得装置と、

取得された前記投影データに基づいて前記物体のコンピュータ断層撮影画像を再構成するための再構成ユニットと、

を備える、コンピュータ断層撮影システム。

40

【請求項 8】

投影データを取得するための投影データ取得方法であって、当該投影データ取得方法は、

放射デバイスが、物体を横切るパルス状放射ビームを発生させるステップと、

検出デバイスが、前記物体を横切った後の前記パルス状放射ビームを示す投影データを発生させるステップと、

移動ユニットが、前記物体に対する前記放射デバイスの異なる取得位置で前記投影データを発生させるため、当該放射デバイスと当該物体とを互いに対して相対的に移動させるステップと、を含み、

前記放射デバイスは、異なる取得位置で、放射源で発生させた放射ビームの異なる阻止及び / 又は減衰を行うことで、前記パルス状放射ビームを発生させ、

50

コリメータが、前記検出デバイス上に影になった領域と影になっていない領域とが発生するように前記パルス状放射ビームを部分的に阻止し、前記検出デバイスは、前記影になっていない領域に誘導されたパルス状放射ビームに基づいて投影データを発生させると共に、前記影になった領域へ散乱した放射に基づいて散乱データを発生させ、補正ユニットが、発生した前記投影データを、前記散乱データに基づいて補正し、

前記コリメータは、いくつかの開口を有する回転可能なシリンダを備え、前記コリメータは、異なる取得位置で前記パルス状放射ビームを発生させるため、前記異なる取得位置では前記開口が前記放射源に対して異なる回転位置に配置されるように前記シリンダを回転させ、前記シリンダの前記開口は、当該シリンダの長手方向軸に沿って第 1 の位置に配置された第 1 の開口と、当該シリンダの長手方向軸に沿って第 2 の位置に配置された第 2 の開口と、を含み、前記第 1 の開口及び前記第 2 の開口は相互に対して円周方向のオフセットを有する、投影データ取得方法。

10

【請求項 9】

物体のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータ断層撮影方法であって、当該コンピュータ断層撮影方法は、

請求項 1 に記載の投影データ取得装置によって、請求項 8 に記載の投影データ取得方法において規定される物体の投影データを取得するステップと、

再構成ユニットによって、取得された前記投影データに基づいて前記物体の前記コンピュータ断層撮影画像を再構成するステップと、
を含む、コンピュータ断層撮影方法。

20

【請求項 10】

投影データを取得するためのコンピュータプログラムであって、当該コンピュータプログラムは、請求項 1 に記載の投影データ取得装置を制御するコンピュータ上で実行された場合、前記投影データ取得装置に、請求項 8 に記載の投影データ取得方法のステップを遂行させるためのプログラムコード手段を備える、コンピュータプログラム。

【請求項 11】

物体のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータプログラムであって、当該コンピュータプログラムは、請求項 7 に記載のコンピュータ断層撮影システムを制御するコンピュータ上で実行された場合、前記コンピュータ断層撮影システムに、請求項 9 に記載のコンピュータ断層撮影方法のステップを遂行させるためのプログラムコード手段を備える、コンピュータプログラム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、投影データを取得するための投影データ取得装置、方法、及びコンピュータプログラムに関する。本発明は更に、その投影データ取得装置により使用され得るコリメータ、投影データ取得装置を備えるコンピュータ断層撮影システム、並びに対応するコンピュータ断層撮影方法及びコンピュータプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

40

コンピュータ断層撮影システムは、物体を横切る放射ビームを発生させるための放射デバイスと、物体を横切った後の放射を示す投影データを発生させるための検出デバイスと、物体に対する放射デバイスの異なる取得位置で投影データを発生させるために放射デバイスと物体とを互いに対して相対的に移動させるための移動ユニットと、発生させた投影データに基づいて物体のコンピュータ断層撮影画像を再構成するための再構成ユニットと、を備えている。物体に与えられる放射線量を低減するため、物体は、物体に対して放射デバイスを移動させる取得軌道に沿った全ての可能な取得位置ではなく、これらの取得位置の一部でのみ照射されることがある。しかしながら、これらの疎にサンプリングされた (s p a r s e l y s a m p l e d) 投影データに基づいて再構成されるコンピュータ断層撮影画像では、画像の品質が低下する恐れがある。

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の目的は、サンプリングした投影データに基づいて再構成されるコンピュータ断層撮影画像の品質が向上するような投影データのサンプリングを可能とする、投影データを取得するための投影データ取得装置、方法、及びコンピュータプログラムを提供することである。更に、本発明の目的は、投影データ取得装置、この投影データ取得装置を備えるコンピュータ断層撮影システム、並びに対応するコンピュータ断層撮影方法及びコンピュータプログラムによって使用され得るコリメータを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の第1の態様では、投影データを取得するための投影データ取得装置が提示される。この投影データ取得装置は、

- 物体を横切るパルス状放射ビームを発生させるための放射デバイスと、
- 物体を横切った後のパルス状放射ビームを示す投影データを発生させるための検出デバイスと、

- 物体に対する放射デバイスの異なる取得位置で投影データを発生させるため、放射デバイスと物体とを互いに対して相対的に移動させるための移動ユニットと、

を備え、放射デバイスは、異なる取得位置でパルス状放射ビームが異なる形状を有するようにパルス状放射ビームを発生させるように適合されている。異なる取得位置でパルス状放射ビームが異なる形状を有するので、すなわち異なる取得位置でパルス状放射ビームは異なるように阻止又は減衰されるので、各取得位置で放射デバイスによって提供可能な放射全体を用いるのではなく、少なくとも一部の取得位置で、より小さいパルス状放射ビームのみを用いる。少なくともいくつかの取得位置でこれらの小さいパルス状放射ビームを用いることにより、散乱放射を低減することができる。一般に散乱放射は画像アーチファクトを発生させるだけでなく、ノイズを増大させる。従って、少なくともいくつかの取得位置で小さいパルス状放射ビームを使用することにより、画像アーチファクトを低減させると共に信号対雑音比を増大させることができ、これによって、取得した投影データに基づいて再構成されるコンピュータ断層撮影画像の品質向上が達成できる。一実施形態において、放射デバイスは、放射ビームを発生させるための放射源と、異なる取得位置でパルス状放射ビームが異なる形状を有するようにパルス状放射ビームを発生させるために放射ビームを部分的に阻止及び/又は減衰するためのコリメータとを備えている。パルス状放射ビームの形状は、パルス状放射ビームを発生させる2つ以上の取得位置で異なっている。放射源がパルス状放射ビームを発生させるように適合され、コリメータが、異なる取得位置でパルス状放射ビームが異なる形状を有するようにパルス状放射ビームを発生させるためにパルス状放射ビームを部分的に阻止又は減衰するように適合されてもよい。放射源はグリッドスイッチ×線源とすればよい。グリッドスイッチ×線源は、パルス状放射ビームを極めて高速に、かつ時間的に正確に発生させることができ、これは最終的に再構成されるコンピュータ断層撮影画像の更なる品質向上を可能とする。しかしながら、一実施形態では、放射源が連続放射ビームを提供し、異なる取得位置でパルス状放射ビームが異なる形状を有するようにパルス状放射ビームを発生させるため、放射源が物体に対して移動する取得軌道に沿ったいくつかの位置では連続放射ビームを完全に阻止し、投影データが取得される取得軌道に沿った取得位置では連続放射ビームを部分的にかつ異なるように阻止することも可能である。

【0005】

一実施形態では、コリメータは、検出デバイス上に影になった領域と影になっていない領域とが発生するように放射ビームを部分的に阻止するよう適合されている。検出デバイスは、影にならない領域に誘導されたパルス状放射ビームに基づいて投影データを発生させると共に、影になった領域へ散乱した放射に基づいて散乱データを発生させるように適合されている。投影データ取得装置は更に、散乱データに基づいて発生した投影データを

10

20

30

40

50

補正するための補正ユニットを備えている。これによって、投影データ、及びこの投影データに基づいて再構成されるコンピュータ断層撮影画像の更なる品質向上が達成できる。

【0006】

コリメータは、いくつかの開口を有する回転可能シリンダを備えることができる。異なる取得位置でパルス状放射ビームが異なる形状を有するようにパルス状放射ビームを発生させるため、コリメータは、異なる取得位置では開口が放射源に対して異なる回転位置に配置されるようにシリンダを回転させるよう適合させることができる。具体的には、シリンダの開口は優先的に (preferentially)、シリンダの長手方向軸に沿って第1の位置に配置された第1の開口と、シリンダの長手方向軸に沿って第2の位置に配置された第2の開口とを含み、第1の開口及び第2の開口は相互に対して円周方向のオフセットを有する。このコリメータを使用することにより、異なる取得位置では開口が放射源に対して異なる位置に配置されるようにシリンダを回転させることで、異なる取得位置で正確かつ高速な異なる整形が可能となる。

10

【0007】

投影データ取得装置は更に、物体内の様々な空間領域について放射線量上限を規定する空間放射線量拘束値 (dose constraint) を与えるための放射線量拘束値提供ユニットを備えることができる。放射デバイス、検出デバイス、及び移動ユニットは、与えられた空間放射線量拘束値が達成されるように投影データを発生させるよう適合されている。このため、放射デバイス、検出デバイス、及び移動ユニットは、物体に与えられる放射線量が高すぎないように、特に、物体に悪影響を及ぼさない程度にできるだけ高いように、投影データを発生させるよう適合することができる。これは、取得した投影データの信号対雑音比の向上を可能とし、従って最終的に、取得した投影データに基づいて再構成されるコンピュータ断層撮影画像の更なる向上につながる。拘束値は、物体の異なる部分では異なる値とすることで、物体の各部分に与えられる放射線量をそれぞれの部分に限定して適用することができる。しかしながら、部分放射線量拘束値は、物体全体に対して同一の放射線量上限を規定することも可能である。

20

【0008】

更に、放射デバイスは、異なる取得位置でパルス状放射ビームのパルス持続時間が異なるように適合されることが好適である。異なる取得位置に応じてパルス状放射ビームのパルス持続時間を変化させることで、異なる取得位置に与えられる放射線量を変えることができる。このパルス持続時間の変化を、例えば、放射線量拘束値提供ユニットにより与えられる空間放射線量拘束値が達成されるように投影データを発生させるために用いることができる。

30

【0009】

好適な実施形態では、移動ユニットは、投影データ取得中に取得軌道に沿って物体に対して放射デバイスを移動させるように適合されている。放射デバイス及び検出デバイスは、取得軌道に沿った異なる取得位置のグループごとの投影データ取得に対応するように適合されると共に、パルス状放射ビームを実際に発生させ、物体を横切った後のパルス状放射ビームを、異なる取得位置のグループのうちのサブグループのみで検出するように適合されている。従って、優先的に投影データは疎にサンプリングされるので、物体に与えられる放射線量が低減する。

40

【0010】

本発明の別の態様において、投影データ取得装置の放射源によって発生した放射をコリメートするためのコリメータが提示される。このコリメータは、シリンダの長手方向軸に沿って第1の位置に配置された第1の開口と、シリンダの長手方向軸に沿って第2の位置に配置された第2の開口と、を含むいくつかの開口を有する回転可能シリンダを備えている。第1の開口及び第2の開口は相互に対して円周方向のオフセットを有する。

【0011】

本発明の更に別の態様において、物体のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータ断層撮影システムが提示される。このコンピュータ断層撮影システムは、

50

- 請求項 1 に規定されるような、物体の投影データを取得するための投影データ取得装置と、
 - 取得された投影データに基づいて物体のコンピュータ断層撮影画像を再構成するための再構成ユニットと、
- を備える。

【 0 0 1 2 】

本発明の別の態様において、投影データを取得するための投影データ取得方法が提示される。この投影データ取得方法は、

- 放射デバイスによって、物体を横切るパルス状放射ビームを発生させることと、
 - 検出デバイスによって、物体を横切った後のパルス状放射ビームを示す投影データを発生させることと、
 - 移動ユニットによって、物体に対する放射デバイスの異なる取得位置で投影データを発生させるため、放射デバイスと物体とを相対的に移動させることと、
- を含み、放射デバイスは、異なる取得位置でパルス状放射ビームが異なる形状を有するようにパルス状放射ビームを発生させる。

10

【 0 0 1 3 】

本発明の別の態様において、物体のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータ断層撮影方法が提示される。このコンピュータ断層撮影方法は、

- 請求項 1 に規定されるような投影データ取得装置によって、請求項 1 2 に規定されるように物体の投影データを取得することと、
 - 再構成ユニットによって、取得された投影データに基づいて物体のコンピュータ断層撮影画像を再構成することと、
- を含む。

20

【 0 0 1 4 】

本発明の更に別の態様において、投影データを取得するためのコンピュータプログラムが提示される。このコンピュータプログラムは、請求項 1 に規定されるような投影データ取得装置を制御するコンピュータ上で実行された場合、この投影データ取得装置に、請求項 1 2 に規定されるような投影データ取得方法のステップを遂行させるためのプログラムコード手段を備える。

【 0 0 1 5 】

30

本発明の更に別の態様において、物体のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータプログラムが提示される。このコンピュータプログラムは、請求項 1 1 に規定されるようなコンピュータ断層撮影システムを制御するコンピュータ上で実行された場合、このコンピュータ断層撮影システムに、請求項 1 3 に規定されるようなコンピュータ断層撮影方法のステップを遂行させるためのプログラムコード手段を備える。

【 0 0 1 6 】

請求項 1 の投影データ取得装置、請求項 1 1 のコンピュータ断層撮影システム、請求項 1 2 の投影データ取得方法、請求項 1 3 のコンピュータ断層撮影方法、請求項 1 4 の投影データを取得するためのコンピュータプログラム、請求項 1 5 のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータプログラムは、特に従属クレームで規定されるように、同様の及び / 又は同一の好適な実施形態を有することは理解されよう。

40

【 0 0 1 7 】

本発明の好適な実施形態は、従属クレーム又は上記の実施形態と各独立クレームとの任意の組み合わせとすることも可能であることは理解されよう。

【 0 0 1 8 】

本発明のこれら及び他の態様は、以下に説明する実施形態を参照して明らかになり、明瞭となるであろう。

【図面の簡単な説明】**【 0 0 1 9 】**

【図 1】 物体のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータ断層撮影シス

50

テムの一実施形態を概略的かつ例示的に示す。

【図2】フルサンプリング (full sampling) 投影データ取得技法を例示的に表すグラフを示す。

【図3】時間サブサンプリング投影データ取得技法を例示的に表すグラフを示す。

【図4】時間及び空間の組み合わせサブサンプリング投影データ取得技法を例示的に表すグラフを示す。

【図5】物体のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータ断層撮影方法の実施形態を例示的に表すフローチャートを示す。

【図6】コンピュータ断層撮影システムのコリメータの回転可能シリンダを概略的かつ例示的に示す。

【図7】放射ビームの一部がシリンダを通過するシリンダの回転位置を概略的かつ例示的に示す。

【図8】放射ビームの少なくとも一部がシリンダによって阻止されるシリンダの回転位置を概略的かつ例示的に示す。

【発明を実施するための形態】

【0020】

図1は、物体のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータ断層撮影システムの一実施形態を概略的かつ例示的に示す。コンピュータ断層撮影システム30は、z軸と平行に延出している回転軸Rを中心に回転することができるガントリー1を含む。ガントリー1上に放射デバイス32が搭載されている。放射デバイス32は、パルス状放射ビーム4を発生させるための放射源2と、発生させたパルス状放射ビーム4を整形するためのコリメータ3と、を備えている。具体的には、コリメータ3は、パルス状放射ビーム4を整形するためパルス状放射ビーム4を部分的に阻止するように適合されている。放射源2は、優先的にグリッドスイッチx線源である。

【0021】

放射4は、この実施形態では円筒形である検査ゾーン5内の人のような物体(図示せず)を横切る。検査ゾーン5を横切り、従って検査ゾーン5内の物体を横切った後、放射ビーム4は、2次元検出面を備える検出デバイス6に入射する。検出デバイス6もガントリー1上に搭載されている。

【0022】

コンピュータ断層撮影システム30は2つのモータ7、8を更に備え、ガントリー1はモータ7によって好ましくは一定であるが調節可能な角速度で駆動される。モータ8は、優先的にテーブルのような支持手段上に配置された物体を、検査ゾーン5内で回転軸R又はz軸の方向と平行に変位させるために設けられている。これらのモータ7、8は制御ユニット9によって制御されて、例えば、放射デバイス32及び物体をらせん状の取得軌道に沿って相対的に移動させるようになっている。しかしながら、物体を移動させずに放射デバイス32のみを回転させること、すなわち放射デバイス32が物体に対して円形の軌道に沿って移動することも可能である。モータ7、8は放射デバイス32及び物体を相対的に移動させるので、これらは、放射デバイス32及び物体を相対的に移動させるための移動ユニットを形成すると見なすことができる。

【0023】

放射デバイス32及び物体の相対的な移動の間、検出デバイス6は、検出デバイス6の検出面に入射する放射に応じた投影データを発生させる。相対的な移動のため、これらの投影データは、物体に対する放射デバイス32の異なる取得位置で発生される。放射デバイス32は、異なる取得位置でパルス状放射ビーム4が異なる形状を有するようにパルス状放射ビーム4を発生させるよう適合されている。すなわち、この実施形態においてコリメータ3は、異なる取得位置でパルス状放射ビーム4を異なるように阻止するよう適合されている。具体的には、モータ7、8は、投影データ取得中に取得軌道に沿って物体に対して放射デバイス32を移動させるように適合され、放射デバイス32及び検出デバイス6は、異なる取得位置のグループごとの投影データ取得に対応するように適合されると共

10

20

30

40

50

に、パルス状放射ビーム 4 を実際に発生させ、物体を横切った後の放射ビーム 4 を、異なる取得位置のグループのうちのサブグループのみで検出するように適合されている。従って、放射デバイス 3 2 及び検出デバイス 6 は、投影データの疎なサンプリングのみを行うため、取得軌道に沿った全ての可能な取得位置でなく取得軌道に沿った少数の取得位置でのみ投影データを取得する。

【 0 0 2 4 】

コンピュータ断層撮影システム 3 0 は更に、物体内の様々な空間領域について放射線量上限を規定する空間放射線量拘束値を与えるための放射線量拘束値提供ユニット 1 1 を備えている。放射デバイス 3 2、検出デバイス 6、及びモータ 7、8 は、与えられた空間放射線量拘束値が達成されるように投影データを発生させるよう適合されている。放射源 2 は、優先的に、異なる取得位置に応じてパルス状放射ビーム 4 のパルス持続時間も変化させるように適合され、このパルス持続時間の変化を、与えられた空間放射線量拘束値が達成されるように投影データを発生させるために用いることができる。従って、x 線フラックスパルスが物体の異なるエリアを照射し、これらのエリアの各々で、適宜パルス状放射ビームを阻止すること、更に任意選択として各パルスのパルス時間を調節することにより放射線量を適合させ得る仮想動的ボウタイフィルタ処理 (bow tie filtration) を提供することができる。このパルス時間調節は例えば、放射源がグリッドスイッチ x 線源である場合、グリッドスイッチのデューティサイクルを調節することで行われる。これにより、動的ボウタイフィルタで行われる放射の空間的制御と同様の放射の空間的制御が可能となる。

【 0 0 2 5 】

コリメータ 3 は、少なくともいくつかの取得位置でパルス状放射ビーム 4 を部分的に阻止するように適合されているので、各取得位置がパルス状放射ビーム 4 により照射されると、検出デバイス 6 上には影になった領域と影にならない領域とが発生する。検出デバイス 6 は、影にならない領域に誘導されたパルス状放射ビーム 4 に基づいて投影データを発生させると共に、影になった領域へ散乱した放射に基づいて散乱データを発生させるように適合されている。コンピュータ断層撮影システム 3 0 は更に、散乱データに基づいて発生した投影データを補正するための補正ユニット 1 2 を備えている。従って、影になった検出エリア内の画素の検出読み取り値を用いて、影になっていない検出エリアの散乱を推定し補正する。この補正を実行するため、補正ユニット 1 2 は、散乱放射すなわち散乱データは低い空間周波数成分のみを有するという仮定に基づく既知の散乱補正アルゴリズムを用いるように適合することができ、これらの低い空間周波数成分は散乱データに基づいて推定され、投影データを補正するために用いられる。例えば、「Scatter Correction Method for X-Ray CT Using Primary Modulation: Theory and Preliminary Results」(L. Zhu 等、IEEE Transactions on Medical Imaging, volume 25, number 12, 1573 ~ 1587 ページ (2006 年)) に開示された散乱補正アルゴリズム (これは引用により本願に含まれる)、又は別の既知の散乱補正アルゴリズムを、投影データの補正のために適合させることができる。

【 0 0 2 6 】

図 4 は、コンピュータ断層撮影システム 3 0 により実行される投影データ取得を概略的かつ例示的に示す。これに対して、投影データの他の取得が図 2 及び図 3 に概略的かつ例示的に示されており、これは他のコンピュータ断層撮影システムによって実行することができる。

【 0 0 2 7 】

図 2 から図 4 は、検出デバイス 6 の 1 行の検出要素の中のどの検出要素 d が、角度 で示されるどの取得位置でパルス状放射ビームにより照射されるかをそれぞれ示す、3 つのグラフである。図 2 は投影データの非パルス状の取得を示す。すなわち、各取得位置で、各検出行の全ての検出要素 d が照射される。図 3 は、異なる取得位置でパルス状放射

10

20

30

40

50

ビームの異なる阻止を行わない疎なサンプリングを示す。すなわち、パルス状放射ビームを発生させる取得位置で、各検出器行の中の常に同じ検出器要素がパルス状放射ビームにより照射される。これに対して、図4に示すように、図1を参照して上述したコンピュータ断層撮影システム30は、パルス状放射ビームを異なるように阻止することによって、異なる取得位置でパルス状放射ビームを異なるように整形するよう適合されている。従って、図2はフルサンプリングを示し、図3は、時間サブサンプリングと見なすこともできる角度サブサンプリングを示し、図4は、図1を参照して上述したコンピュータ断層撮影システム30により実行されるような、角度すなわち時間と空間との組み合わせサブサンプリングを示す。

【0028】

10

放射線量拘束値提供ユニット11及び補正ユニット12は、一体化して単一のユニット10とすることができる。更に、放射線量拘束値提供ユニット11は、放射線量拘束値がすでに記憶された記憶ユニットを備えることができ、この記憶ユニットから放射線量拘束値を検索して提供することができる。また、放射線量拘束値提供ユニット11は、ユーザによる所望の空間放射線量拘束値の入力を可能とするラフィカルユーザインタフェースも備えることができる。これら双方のユニットは制御ユニット9によって制御することができる。しかしながら、それらを別のコントローラによって制御してもよい。更に、放射デバイス32、検出デバイス6、ガントリー1、モータ7、8、制御ユニット9、放射線量拘束値提供ユニット11、及び補正ユニット12は全て、投影データを提供するために用いられる。従ってこれらのコンポーネントは、投影データ取得装置31のコンポーネント

20

【0029】

コンピュータ断層撮影システム30は更に、取得した投影データに基づいて検査ゾーン5内の物体のコンピュータ断層撮影画像を再構成するための再構成ユニット13を備えている。具体的には、再構成ユニット13は、取得した投影データに基づいてコンピュータ断層撮影画像を再構成するための反復再構成技法を用いるように適合されている。また、再構成ユニット13は制御ユニット9によって制御することができる。しかしながら、これを別のコントローラによって制御してもよい。更に、コンピュータ断層撮影システム30は、少なくとも再構成したコンピュータ断層撮影画像を表示するためのディスプレイ14を備えている。

30

【0030】

以下で、物体のコンピュータ断層撮影画像を発生させるためのコンピュータ断層撮影方法の一実施形態について、図5に示すフローチャートを参照して例示的に説明する。

【0031】

ステップ101では、投影データを取得する。具体的には、a)ガントリー1、物体が載っている支持手段、及びモータ7、8によって、放射デバイス32及び物体を相対的に移動させ、b)放射デバイス32によって、物体を横切るパルス状放射ビームを発生させ、c)物体に対する放射デバイス32の異なる取得位置で投影データを発生させるため、検出デバイス6によって、物体を横切った後のパルス状放射ビーム4を示す投影データを発生させる。投影データが取得軌道に沿った全ての可能な取得位置でなくこれらの取得位置の一部でのみ取得される疎なサンプリングを優先的に実行する。更に、投影データの取得中、放射デバイス32は、異なる取得位置ではパルス状放射ビーム4が異なる形状を有するように、特にコリメータ3を用いて異なるように阻止されるように、パルス状放射ビーム4を発生させる。また、異なる取得位置でパルス状放射ビームのパルス持続時間を変化させることも可能である。投影データを取得するためにステップ101で実行されるこれらのサブステップは、投影データを取得するための投影データ取得方法のステップであると見なすことができる。

40

【0032】

ステップ102では、再構成ユニット13が、ステップ101で取得された投影データに基づいてコンピュータ断層撮影画像を再構成する。優先的に、再構成ユニット13は、

50

取得された投影データに基づいてコンピュータ断層撮影画像を反復的に構築する。次いでステップ103において、再構成されたコンピュータ断層撮影画像をディスプレイ14に表示する。

【0033】

図1を参照して上述したコンピュータ断層撮影システムは、高x線フラックス及び大面積検出器のコンピュータ断層撮影システムと見なすことができる。このため、特に図1に概略的かつ例示的に示すように検出デバイスの検出面が完全に照射される場合、高x線フラックス及び大面積検出器によって超高速撮像が可能となる。しかしながら、いくつかの撮像用途では、この超高速撮像機能が必要ないことがある。従って、コンピュータ断層撮影システムは疎角度サンプリングを可能としている。すなわち、常時ビームを放射するのではなく、短いx線パルスを用いて撮像に用いることで、ガントリーの1回転当たりの投影数を減らす。これらの短いx線パルスは、優先的にグリッドスイッチx線管を用いて発生される。更に、コンピュータ断層撮影システムは、優先的にグリッドスイッチx線源を用いる疎角度サンプリングを、部分ビームサンプリングに拡張するように適合されている。すなわち、時間ビームブランキングに加えて、x線ビームは部分的に阻止される。この部分的な阻止は、スキャン中に異なるビーム形状を発生させる動的コリメータを用いて実行される。動的コリメータは、例えば、放射を阻止することができる2つ以上の可動リーフを備えている。異なる取得位置でパルス状放射ビームを異なるように阻止するため、異なる取得位置ではこれらのリーフを異なる位置に移動させることができる。あるいは、動的コリメータは、図6に概略的かつ例示的に示すように、開口44...47を有する回転可能中空シリンダ40と、矢印43で示される回転方向にシリンダ40を回転させるためのモータ(図示せず)と、を備えることができる。このモータも、制御ユニット9又は別の制御ユニットにより制御することができる。更に、このモータ又はコリメータの別のモータは、放射源により発生した放射の中に又は放射の外にシリンダ40を移動させるように適合することができる。これによって、検出面がシリンダ40による影響を受けない、特に検出面が放射源により放出される放射で完全に照射される投影データ取得装置の動作の第1のモードと、放射がシリンダ40による影響を受ける第2のモードと、を可能とする。また、コリメータは、放射源により発生した放射の中に又は放射の外にシリンダ40を手動で配置できるように適合することも可能である。

【0034】

シリンダ40の開口は、シリンダ40の長手方向軸に沿って第1の長手方向位置に配置された第1の開口44と、長手方向軸に沿って第2の長手方向位置に配置された第2の開口45と、長手方向軸に沿って第3の長手方向位置に配置された第3の開口46と、長手方向軸に沿って第4の長手方向位置に配置された第4の開口47とを含み、第1、第2、第3、及び第4の長手方向位置は相互に異なる。更に、異なる長手方向位置に配置された開口44...47は、相互に対して円周方向のオフセットを有する。すなわち開口は、異なる長手方向位置に配置されていることに加えて、シリンダ40の円周に沿って異なる円周方向位置に配置されている。開口44...47は矩形であり、矩形の開口44...47は円筒形の長手軸の方向の寸法の方が大きく、シリンダの円周方向の寸法の方が小さい。更に、この実施形態では、特定の長手方向位置にある開口は、シリンダ40の円周に沿って均等に、すなわち角度的に等距離に分布している。シリンダ40は、その長手方向軸がコンピュータ断層撮影システム30の回転軸Rに対してほぼ直交するように優先的に配置されている。

【0035】

シリンダは、タングステンのような強力なx線吸収材料で作製される。壁厚は数ミリメートルの範囲内とすればよく、例えば1~3mmの範囲内とすればよい。シリンダは、阻止能が(stopping power)約100パーセントであるか又は100パーセントに近いように優先的に構築される。システム全体の幾何学的形状に応じて、シリンダの直径は数センチメートルの範囲内、例えば1~4cmの範囲内とすればよい。

【0036】

図7は、シリンダ40の断面図を概略的かつ例示的に示す。図7において、シリンダ40は、図7では別のコリメート要素48の上方に配置されている放射源2によって発生された放射ビームが開口44を貫通するような向きに配されている。すなわち、図7に示す向きでは、放射源22によって発生された放射はシリンダ40を通過し、従ってコリメータ3を通過することができる。図8では、放射源2によって発生された放射が、少なくとも図示する断面においてシリンダ40の壁42で阻止されるように、シリンダ40を矢印43で示す方向に22.5度回転させた状態が示されている。

【0037】

回転可能シリンダに加えて、コリメータ3は別のコリメート要素48を備えている。これは、放射源によって発生した放射が回転可能シリンダ40を部分的に横切った後、又は回転可能シリンダにより阻止される前に、この放射をコリメートするためのスリットコリメート要素とすればよい。別のコリメート要素48は、優先的に、シリンダ40の長手方向軸に垂直なシリンダ40の断面における放射ビームの幅を規定して、放射ビーム4が幅方向でそれ以上コリメートされることなく各開口44...47を介してシリンダ40を通過できるようにする。すなわち、各断面における放射ビーム4の幅は別のコリメート要素48によって優先的に規定される。コリメータ3は、スリット幅を変更するためのモータを備えることができ、及び/又はスリット幅は、図7及び図8に示す断面における放射ビームの幅を変更するために手動で変更可能とすることができる。

【0038】

別のコリメート要素48は、放射源によって発生した放射をコリメートするため既知のコンピュータ断層撮影システムで用いられる標準的なコリメート要素とすることができるが、既知のコンピュータ断層撮影システムとは異なり、一実施形態では、コリメータ3は更に回転可能シリンダ40を備えている。

【0039】

放射源2によって発生した各放射パルスが所望の形状にコリメートされるように、シリンダ40の回転は優先的に投影データの取得と同期される。放射源2からの角度サブサンプリング及び正確な取得時間の規定は、動的コリメータに対する速度及び精度の要求を大きく緩和することができる。例えば、ガントリー1が0.5秒の回転時間を有し、4つのビーム形状で1000のビューが角度サンプリングされる場合、すなわち1回転当たり400の部分ビューが存在する場合、図6から図8に概略的かつ例示的に示すシリンダ40は、毎秒1200回転で回転すればよい。短いx線パルスが優先的に用いられ、投影データの取得に影響することなく、シリンダ角すなわちシリンダ40の回転位置には例えば約±5度のような比較的大きい公差が許容され得るので、コリメータ40の極めて正確な位置決めは必要ない場合がある。

【0040】

時間ビーム阻止と空間ビーム阻止の組み合わせにはいくつかの利点がある。例えば、コーンビームが小さくなると発生する散乱放射が低減する。散乱放射は一般に、画像アーチファクトを発生させるだけでなく、ノイズを増大させる。散乱補正方法によって小さい(mean)散乱寄与は補正され得るが、散乱放射からのノイズは取り去ることができない。発生する散乱が低減するので、直接的に信号対雑音比を向上させることができ、又は、同一のノイズに対する線量を低減することが可能となる。

【0041】

上述の実施形態では、放射デバイスがコーンビームを発生させるように適合され、これが特定の取得位置で部分的に阻止され、異なる取得位置では異なるように阻止されるが、他の実施形態では、放射源は、部分的に阻止され得るファンビームを発生させるように適合してもよい。上述の実施形態において、放射デバイスは部分的に阻止された放射ビームを与えるように適合されているが、他の実施形態では、放射デバイスは、部分的に減衰され、任意選択として更に阻止された放射ビームを与えるように適合することができ、異なる取得位置では放射ビームの減衰が異なるようにしてもよい。更に、上記では撮像される物体が人であることを例示的に述べたが、他の実施形態では、物体は動物、又は技術的対

象 (t e c h n i c a l o b j e c t) すなわち無生物とすることも可能である。

【 0 0 4 2 】

上述の実施形態では、放射源としてグリッドスイッチ×線源を用いるが、他の実施形態では別の放射源を用いることも可能である。例えば、パルス状放射ビームを発生させる別の放射源を用いればよい。あるいは、一定のすなわち連続放射ビームを発生させる放射源を使用してもよく、この場合は、異なる形状のパルス状放射ビームを発生させるため、シリンダ 40 を用いる上述のコリメータのようなコリメータによってパルス挙動を発生させればよい。

【 0 0 4 3 】

上述の実施形態では、コリメータの回転可能シリンダはシリンダの長手方向軸に沿って同一の長手方向位置に 4 つの開口を有するが、他の実施形態では、シリンダは同一の長手方向位置により多くの開口又はより少ない開口を備えてもよい。更に、一実施形態では、開口数は全ての長手方向位置で同じでなくてもよく、同一の長手方向位置の開口は、シリンダの円周で均等でなく、すなわち角度的に等距離でなく分布していてもよい。更に、いくつかの異なる長手方向位置では、開口は相互に対する円周方向のオフセットを有しなくてもよい。更に、上述の実施形態では、コリメータの回転可能シリンダは 4 つの異なる長手方向位置の開口を有するが、他の実施形態では、シリンダはより多くの又はより少ない長手方向位置に開口を備えることができる。

【 0 0 4 4 】

特許請求される本発明を実施する際に、当業者は、図面、本開示、及び添付の特許請求の範囲を精査することにより、開示される実施形態に対する他の変形を理解し実行することができる。

【 0 0 4 5 】

特許請求の範囲において、「備える (c o m p r i s i n g) 」という言葉は他の要素又はステップを除外せず、不定冠詞「 a 」又は「 a n 」は複数を除外しない。

【 0 0 4 6 】

単一の要素又はデバイスが、特許請求の範囲に列举されるいくつかのアイテムの機能を遂行し得る。相互に異なる従属クレームにいくつかの測度 (m e a s u r e s) が記載されているという単なる事実は、これらの測度の組み合わせを有利に使用できないことを示すものではない。

【 0 0 4 7 】

1 つ又はいくつかのユニット又はデバイスにより実行される、散乱に対する投影データの補正、放射線量拘束値の提供、コンピュータ断層撮影画像の再構成等の動作は、他のいかなる数のユニット又はデバイスによっても実行可能である。コンピュータ断層撮影方法に従ったコンピュータ断層撮影システムのこれらの動作及び / 又は制御、及び / 又は投影データ取得方法に従った投影データ取得装置の制御は、コンピュータプログラムのプログラムコード手段として及び / 又は専用ハードウェアとして実施することができる。

【 0 0 4 8 】

コンピュータプログラムは、他のハードウェアと共に又は他のハードウェアの一部として供給される光記憶媒体又は固体媒体のような適切な媒体上に記憶 / 配布することができるが、インターネット又は他の有線もしくは無線電気通信システムを介して等、他の形態で配布することも可能である。

【 0 0 4 9 】

特許請求の範囲における参照符号は範囲を限定するものと解釈されない。

【 0 0 5 0 】

本発明は投影データを取得するための投影データ取得装置に関する。投影データ取得装置は、物体を横切るパルス状放射ビームを発生させるための放射デバイスと、異なる取得位置におけるパルス状放射ビームを示す投影データを発生させるための検出デバイスと、を備えている。放射デバイスは、異なる取得位置でパルス状放射ビームが異なる形状を有するように、すなわち異なるように阻止 / 減衰されるようにパルス状放射ビームを発生さ

10

20

30

40

50

【図 5】

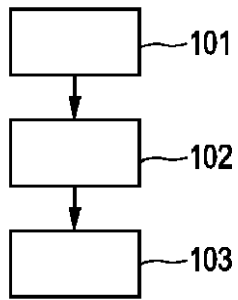


FIG. 5

【図 6】

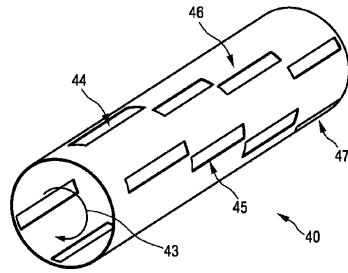


FIG. 6

【図 7】

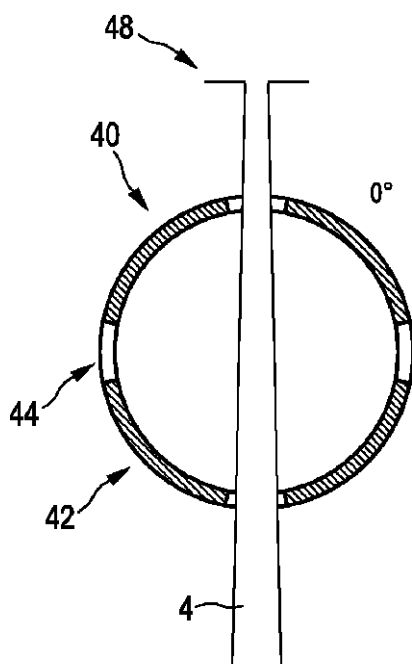


FIG. 7

【図 8】

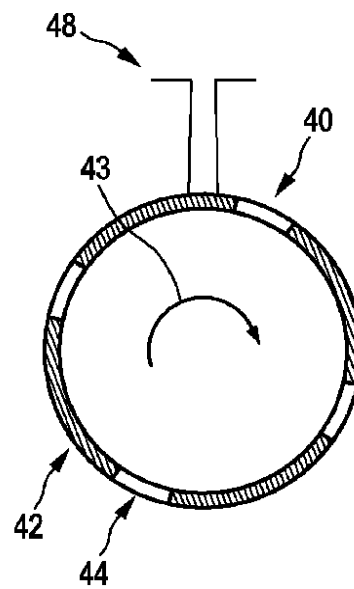


FIG. 8

フロントページの続き

(72)発明者 グラス ミカエル

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5

審査官 松岡 智也

(56)参考文献 特開昭52-125291(JP, A)

米国特許出願公開第2007/0172031(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 6/00 - 6/14