(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6334899号
(P6334899)

(45)発行日　平成30年5月30日(2018.5.30)　(24)登録日　平成30年5月11日(2018.5.11)

(51)Int.Cl.			F I		
A61B	6/03	(2006.01)	A61B	6/03	320H
A61B	6/06	(2006.01)	A61B	6/06	350

請求項の数 19　(全 20 頁)

(21)出願番号	特願2013-241430(P2013-241430)
(22)出願日	平成25年11月22日(2013.11.22)
(65)公開番号	特開2014-104356(P2014-104356A)
(43)公開日	平成26年6月9日(2014.6.9)
審査請求日	平成28年11月4日(2016.11.4)
(31)優先権主張番号	201210489931.3
(32)優先日	平成24年11月27日(2012.11.27)
(33)優先権主張国	中国(CN)

(73)特許権者　300019238
ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー
アメリカ合衆国、５３１８８、ウィスコンシン州、ワウケシャ、ノース・グランドヴュー・ブールバード、３００
(74)代理人　100137545
弁理士　荒川　聡志
(74)代理人　100105588
弁理士　小倉　博
(74)代理人　100129779
弁理士　黒川　俊久
(74)代理人　100113974
弁理士　田中　拓人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ＣＴコリメータおよびＣＴコリメータを備えるＣＴシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ＣＴコリメータであって、

回転シャフト上に配置されて複数のブレードを有する回転スロット部分を備え、

各ブレードは異なる幅のスロットを有し、前記コリメータに入る放射線ビームは、前記複数のブレードの１つにおけるスロットのみを介して通ることができ、

各ブレード・スロットに接するブレードの長手方向に沿った各端部は凸状曲面構造を有し、前記ブレード・スロットの長手方向に沿った垂直面に接する前記スロットの２つの側端部は湾曲しており、

各ブレードは前記回転シャフトの中心と偏心して配設されている、ＣＴコリメータ。

【請求項２】

前記回転スロット部分を駆動して前記回転シャフトの周りに回転するように構成された単一のモータと、

前記回転シャフトの中心の周りの前記回転スロット部分の回転角度をモニタするためのエンコーダと、をさらに備えた請求項１に記載のＣＴコリメータ。

【請求項３】

前記回転スロット部分を駆動して前記回転シャフトの周りに回転するように構成された単一のモータをさらに備え、

前記単一のモータには、前記回転シャフトの中心の周りの前記回転スロット部分の回転角度をモニタするためのエンコーダが設けられている請求項１に記載のＣＴコリメータ。

【請求項４】
各ブレード端部の前記凸状曲面構造には、対応するブレードの前記長手方向に沿った垂直面内にある２つの曲線が含まれ、対応するブレードのブレード・スロットによって、前記２つの曲線に接する放射線ライン間の放射線ビームが通過することができる請求項１に記載のＣＴコリメータ。
【請求項５】
各ブレード端部の前記曲面構造には、このブレードの前記長手方向に沿った垂直面内にある２つの円弧が含まれ、このブレードのブレード・スロットによって、前記２つの円弧に接する放射線ライン間の放射線ビームが通過することができる請求項１に記載のＣＴコリメータ。
【請求項６】
前記２つの円弧に対する２つの円はそれぞれ、前記垂直面において、放射源の左側への最大シフト位置と放射線検出器の放射線検出面積の左および右端点との間の第１の接続ラインおよび第２の接続ラインの、前記放射源の右側への最大シフト位置と前記放射線検出面積の左および右端点との間の第３の接続ラインおよび第４の接続ラインに対する前記回転シャフトの中心の周りでの回転が、対応する交差部がブレード厚さ領域において前記第１の接続ラインと前記第３の接続ラインとの間および前記第２の接続ラインと前記第４の接続ラインとの間に存在する位置に到達したときに、前記位置において前記第１の接続ラインと前記第３の接続ラインとに接する第１の円、および前記位置において前記第２の接続ラインと前記第４の接続ラインとに接する第２の円である請求項５に記載のＣＴコリメータ。
【請求項７】
各ブレードは平面構造を有し、各ブレードのスロットの幅は、前記ブレードの前記長手方向に沿ってスロットの中心から前記スロットの２つの端部まで徐々に増加する請求項１に記載のＣＴコリメータ。
【請求項８】
各ブレードは円弧構造を有し、その円の中心は、前記ブレードを水平位置に置いたときに前記コリメータの外側の放射源の焦点上にある請求項１に記載のＣＴコリメータ。
【請求項９】
前記回転シャフトの中心が、前記対応するブレードの厚さ方向に沿った各スロットの延長領域内に配置されていないとき、前記対応するブレードは前記回転シャフトの中心と偏心している請求項１に記載のＣＴコリメータ。
【請求項１０】
ＣＴシステムであって、
請求項１～９のいずれか一項に記載のＣＴコリメータと、
放射線検出器上に配置されて、該放射線検出器上の放射線検出面積をモニタリングする放射線検出面積モニタリング・ユニットと、
コリメータ・コントローラであって、前記回転スロット部分の前記複数のブレードのうちの１つを、被検者の対象領域に従って選択して、所望の放射線ビームを前記被検者の前記対象領域に投影できるようにするコリメータ・コントローラと、を備え、
前記放射線検出面積モニタリング・ユニットは、ＣＴスキャン中に、放射線ビームが前記ＣＴコリメータの前記選択ブレードを介して前記放射線検出器に投影されるときに、放射源の焦点シフトによって生じる前記放射線検出器上の前記放射線検出面積のずれをモニタし、
前記コリメータ・コントローラは、前記ＣＴコリメータの前記回転スロット部分の回転角度を、前記放射線検出面積モニタリング・ユニットから受け取った前記モニタされたずれに従って補正して、前記放射源の前記焦点シフトによって生じる前記放射線検出面積の前記ずれをなくし、Ｚビーム・トラッキングを行なうことを図るように構成されている、ＣＴシステム。
【請求項１１】

前記ＣＴシステムはＸ線ＣＴシステムである請求項１０に記載のＣＴシステム。
【請求項１２】
前記コリメータ・コントローラは、メモリを備えるか、またはメモリに結合されている請求項１０に記載のＣＴシステム。
【請求項１３】
前記回転スロット部分内の各ブレードに対して予め決められた前記放射線検出面積の複数のずれと、Ｚビーム・トラッキングを行なうために前記回転スロット部分が回転する必要がある複数の対応する補正角度とが、テーブルの形態で前記メモリ内に記憶される請求項１２に記載のＣＴシステム。
【請求項１４】
前記コリメータ・コントローラは、前記選択ブレードに対する前記回転スロット部分の回転補正角度を、前記放射線検出面積の前記モニタされたずれに従って前記メモリ内の前記テーブル内を検索することによって決定し、前記回転スロット部分の前記決定された回転補正角度と前記選択ブレードの現在角度とに従って、Ｚビーム・トラッキングを行なうように構成されている請求項１３に記載のＣＴシステム。
【請求項１５】
前記コリメータ・コントローラは、
前記回転スロット部分の対応する回転補正角度を、前記テーブル内で、前記放射線検出面積の前記モニタされたずれに従って見出すことができなかった場合に、前記放射線検出面積の前記モニタされたずれに近接する２つのずれに対応する２つの回転補正角度を検索して、前記２つの回転補正角度の平均値もしくはそれらの間の補間を、前記回転スロット部分の前記決定された回転補正角度として使用するか、または、
前記回転スロット部分の対応する回転補正角度を、前記テーブル内で、前記放射線検出面積の前記モニタされたずれに従って見出すことができなかった場合に、前記放射線検出面積の前記モニタされたずれに最も近接するシフトに対応する回転補正角度を検索して、前記回転スロット部分の前記決定された回転補正角度として使用するように構成されている請求項１４に記載のＣＴシステム。
【請求項１６】
前記回転スロット部分内の各ブレードに対して予め決められた前記放射源の複数の焦点シフトと、Ｚビーム・トラッキングを行なうために前記回転スロット部分が回転する必要がある複数の補正角度とが、テーブルの形態で前記メモリ内に記憶される請求項１２に記載のＣＴシステム。
【請求項１７】
前記コリメータ・コントローラは、
前記放射源の焦点シフトを、前記放射線検出面積の前記モニタされたずれに従って決定し、
前記選択ブレードに対する前記回転スロット部分の回転補正角度を、前記決定された焦点シフトに従って前記メモリ内の前記テーブル内を検索することによって決定し、
前記回転スロット部分の前記決定された回転補正角度と前記選択ブレードの前記現在角度とに従ってＺビーム・トラッキングを行なうように構成されている請求項１６に記載のＣＴシステム。
【請求項１８】
前記コリメータ・コントローラは、
前記回転スロット部分の対応する回転補正角度を、前記テーブル内で、前記決定された焦点シフトに従って見出すことができなかった場合に、前記決定された焦点シフトに近接する２つの焦点シフトに対応する２つの回転補正角度を検索して、前記２つの回転補正角度の平均値もしくはそれらの間の補間を、前記回転スロット部分の前記決定された回転補正角度として使用するか、または、
前記回転スロット部分の対応する回転補正角度を、前記テーブル内で、前記決定された焦点シフトに従って見出すことができなかった場合に、前記決定された焦点シフトに最も

近接する前記焦点シフトに対応する回転補正角度を検索して、前記回転スロット部分の前記決定された回転補正角度として使用するように構成されている請求項１７に記載のＣＴシステム。

【請求項１９】

前記コリメータ・コントローラはさらに、

前記ＣＴコリメータの前記回転スロット部分の回転角度を補正した後に、前記放射線検出面積モニタリング・ユニットから受け取った前記放射線検出面積の最後のモニタされたずれを所定の閾値と比較して、前記放射線検出面積の最後のモニタされたずれが所定の閾値を超えていなかったら、前記Ｚビーム・トラッキングを停止するか、または、前記放射線検出面積の最後のモニタされたずれが前記所定の閾値を超えていたら、新しいＺビーム・トラッキングを、前記前記放射線検出面積の最後のモニタされたずれが前記所定の閾値を超えなくなるまで行なうように構成されている請求項１０～１８のいずれか一項に記載のＣＴシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本出願は、Ｘ線ＣＴの分野に関し、より詳細には、単一のモータ駆動システムを有するＣＴコリメータおよびＣＴコリメータを有する放射線ＣＴシステムに関する。

【背景技術】

【０００２】

現在、放射線ＣＴシステム（ｒａｄｉｏｇｒａｐｈ　ＣＴ）たとえばＸ線ＣＴシステムが、種々の医療機関において広く用いられている。これは、被検者の対象領域を三次元画像化して、臨床医が被検者の正確な医療診断を実現することを助けるためである。

【０００３】

放射線ＣＴシステムでは、円錐形放射線ビームを発生させる放射線管と、放射線ビームを検出する検出器とが、回転中心の周りに回転する。検出器は、放射線管と反対側に配置され、マトリックス状に配設された検出器素子からなる。被検者を通って送信される放射線ビームが発生させる投影データが収集され、収集された投影データに基づいて、被検者の対象領域の画像が再構成され、そして、再構成されたＣＴ画像が画像ディスプレイ装置上に表示される。

【０００４】

放射線ＣＴシステムでは、コリメータが一般的に、放射線管と検出すべき被検者との間に設けられている。コリメータの開口部の幅を調整することによって、被検者に平行な方向での放射線ビームの幅が制御されて、走査の厚みが制御される。

【０００５】

従来のコリメータは一般的に、マルチ・スロット開口部およびＺビーム・トラッキングの要求を満たすために、少なくとも２つの異なるモータ駆動システムを有している。このようなコリメータは、少なくとも２つのゲートまたはカムを備えている。これらは、少なくとも２つの異なるモータ駆動システムによって駆動されるため、コストが高くなる。

【０００６】

新たに開発されたコリメータの中には、スロット開口部およびＺビーム・トラッキングの要求を満たすために単一のモータ駆動システムを用いるものがある。たとえば、最近開発されたコリメータは、単一のモータ駆動システムによって駆動される複数のスロットを有するプレートを備えている。各スロットは、異なる幅のコリメータ開口部に対応している。従来の２つの駆動システムの代わりに単一のモータ駆動システムを用いて駆動システムのコストを下げているが、このようなコリメータはモータの回転運動を直線運動に変換する必要があるため、リード・スクリューおよびレールのような構成部品が必要である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】
したがって、ＣＴコリメータおよびＣＴシステムとして、ＣＴスキャン中に温度変化が原因で放射源の焦点シフトが生じた場合に、コリメータ開口部の位置を自動的に補正して、放射線ビームを被検者にコリメータを介して直接照射することを、回転運動しながら、所定の対象領域から外れることなく行なって、被検者を通った後に検出器まで投影される放射線ビームの検出面積が変わらないようにすることができるＣＴコリメータおよびＣＴシステムが求められている。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明によって、前述の問題を解決することができるＣＴコリメータおよびＣＴコリメータを備えるＣＴシステムが提供される。
【０００９】
本発明の第１の態様によれば、ＣＴコリメータが提供される。ＣＴコリメータは、回転シャフト上に配置されて複数のブレードを有する回転スロット部分を備え、各ブレードは異なる幅のスロットを有し、コリメータに入る放射線ビームは複数のブレードの１つにおけるスロットのみを介して通ることができ、このブレードの長手方向に沿った各ブレード・スロットの端部は凸状曲面構造を有し、各ブレード・スロットの長手方向に沿った垂直面においてスロットの２つの側端部は湾曲しており、各ブレードは回転シャフトの中心と偏心して配設されている。
【００１０】
本発明の第１の態様によるＣＴコリメータはさらに、回転スロット部分を駆動して回転シャフトの周りに回転するように構成された単一のモータと、回転シャフトの中心の周りの回転スロット部分の回転角度をモニタするためのエンコーダとを備える。
【００１１】
本発明の第１の態様によるＣＴコリメータはさらに、回転スロット部分を駆動して回転シャフトの周りに回転するように構成された単一のモータを備え、単一のモータには、回転シャフトの中心の周りの回転スロット部分の回転角度をモニタするためのエンコーダが設けられている。
【００１２】
本発明の第１の態様によるＣＴコリメータでは、各ブレード端部の曲面構造には、このブレードの長手方向に沿った垂直面内にある２つの曲線が含まれ、このブレードのブレード・スロットによって、２つの曲線に接する放射線ライン間の放射線ビームが通過することができる。
【００１３】
本発明の第１の態様によるＣＴコリメータでは、各ブレード端部の曲面構造には、このブレードの長手方向に沿った垂直面内にある２つの円弧が含まれ、このブレードのブレード・スロットによって、２つの円弧に接する放射線ライン間の放射線ビームが通過することができる。
【００１４】
本発明の第１の態様によるＣＴコリメータでは、２つの円弧に対する２つの円はそれぞれ、垂直面において、放射源の左側への最大シフト位置と放射線検出器の放射線検出面積の左および右端点との間の第１の接続ラインおよび第２の接続ラインの、放射源の右側への最大シフト位置と放射線検出面積の左および右端点との間の第３の接続ラインおよび第４の接続ラインに対する回転シャフトの中心の周りでの回転が、対応する交差部がブレード厚さ領域において第１の接続ラインと第３の接続ラインとの間および第２の接続ラインと第４の接続ラインとの間に存在する位置に到達したときに、前記位置において第１の接続ラインと第３の接続ラインとに接する第１の円、および前記位置において第２の接続ラインと第４の接続ラインとに接する第２の円である。
【００１５】
本発明の第１の態様によるＣＴコリメータでは、各ブレードは平面構造を有し、各ブレ

ードのスロットの幅は、ブレードの長手方向に沿ってスロットの中心から２つの端部まで徐々に増加する。

【００１６】

本発明の第１の態様によるＣＴコリメータでは、各ブレードがを円弧構造を有し、その円の中心は、このブレードを水平位置に置いたときに、コリメータの外側の放射源の焦点上にある。

【００１７】

本発明の第１の態様によるＣＴコリメータでは、回転シャフトの中心が、ブレードの厚さ方向に沿った各ブレード・スロットの延長領域内に配置されていないとき、前記ブレードは回転シャフトの中心と偏心している。

【００１８】

本発明の第２の態様によれば、ＣＴシステムが提供される。ＣＴシステムは、本発明の第１の態様によるＣＴコリメータと、放射線検出器上に配置された放射線検出面積モニタリング・ユニットと、コリメータ・コントローラであって、回転スロット部分の複数のブレードのうちの１つを被検者の対象領域に従って選択して、所望の放射線ビームを被検者の対象領域に投影できるようにするコリメータ・コントローラと、を備え、放射線検出面積モニタリング・ユニットは、ＣＴスキャン中に、放射線ビームがＣＴコリメータの選択ブレードを介して放射線検出器に投影されるときに、放射源の焦点シフトによって生じる放射線検出器上の放射線検出面積のずれをモニタし、コリメータ・コントローラは、ＣＴコリメータの回転スロット部分の回転角度を、放射線検出面積モニタリング・ユニットから受け取ったモニタされたずれに従って補正して、放射源の焦点シフトによって生じる放射線検出面積のずれをなくし、Ｚビーム・トラッキングを行なうことを図るように構成されている。

【００１９】

本発明の第２の態様によるＣＴシステムはＸ線ＣＴシステムである。

【００２０】

本発明の第２の態様によるＣＴシステムでは、コリメータ・コントローラは、メモリを備えるか、またはメモリに結合されている。

【００２１】

本発明の第２の態様によるＣＴシステムでは、回転スロット部分内の各ブレードに対して予め決められた放射線検出面積の複数のずれと、Ｚビーム・トラッキングを行なうために回転スロット部分が回転する必要がある複数の対応する補正角度とが、テーブルの形態でメモリ内に記憶される。

【００２２】

本発明の第２の態様によるＣＴシステムでは、コリメータ・コントローラは、選択ブレードに対する回転スロット部分の回転補正角度を、放射線検出面積のモニタされたずれに従って前記メモリ内の前記テーブル内を検索することによって決定し、回転スロット部分の決定された回転補正角度と選択ブレードの現在角度とに従ってＺビーム・トラッキングを行なうように構成されている。

【００２３】

本発明の第２の態様によるＣＴシステムでは、コリメータ・コントローラは、回転スロット部分の対応する回転補正角度を、前記テーブル内で、放射線検出面積のモニタされたずれに従って見出すことができなかった場合に、放射線検出面積のモニタされたずれに近接する２つのずれに対応する２つの回転補正角度を検索して、２つの回転補正角度の平均値もしくはそれらの間の補間を、回転スロット部分の決定された回転補正角度として使用するか、または、回転スロット部分の対応する回転補正角度を、前記テーブル内で、放射線検出面積のモニタされたずれに従って見出すことができなかった場合に、放射線検出面積のモニタされたずれに最も近接するシフトに対応する回転補正角度を検索し、回転スロット部分の決定された回転補正角度として使用するように構成されている。

【００２４】

本発明の第２の態様によるＣＴシステムでは、回転スロット部分内の各ブレードに対して予め決められた放射源の複数の焦点シフトと、Ｚビーム・トラッキングにとって必要な回転スロット部分の複数の回転補正角度とが、テーブルの形態でメモリ内に記憶される。

【００２５】

本発明の第２の態様によるＣＴシステムでは、コリメータ・コントローラは、放射源の焦点シフトを、放射線検出面積のモニタされたずれに従って決定し、選択ブレードに対する回転スロット部分の回転補正角度を、決定された焦点シフトに従って前記メモリ内の前記テーブル内を検索することによって決定し、回転スロット部分の決定された回転補正角度と選択ブレードの現在角度とに従ってＺビーム・トラッキングを行なうように構成されている。

【００２６】

本発明の第２の態様によるＣＴシステムでは、コリメータ・コントローラは、回転スロット部分の対応する回転補正角度を、前記テーブル内で、決定された焦点シフトに従って見出すことができなかった場合に、決定された焦点シフトに近接する２つの焦点シフトに対応する２つの回転補正角度を検索して、２つの回転補正角度の平均値もしくはそれらの間の補間を、回転スロット部分の決定された回転補正角度として使用するか、または回転スロット部分の対応する回転補正角度を、前記テーブル内で、決定された焦点シフトに従って見出すことができなかった場合に、決定された焦点シフトに最も近接する焦点シフトに対応する回転補正角度を検索して、回転スロット部分の決定された回転補正角度として使用するように構成されている。

【００２７】

本発明の第２の態様によるＣＴシステムでは、コリメータ・コントローラはさらに、ＣＴコリメータの回転スロット部分の回転角度を補正した後に、放射線検出面積モニタリング・ユニットから受け取った放射線検出面積の最後のモニタされたずれを所定の閾値と比較して、放射線検出面積の最後のモニタされたずれが所定の閾値を超えていなかったら、Ｚビーム・トラッキングを停止するか、または放射線検出面積の最後のモニタされたずれが所定の閾値を超えていたら、新しいＺビーム・トラッキングを、放射線検出面積の最後のモニタされたずれ所定の閾値を超えなくなるまで行なうように構成されている。

【００２８】

本発明によるＣＴコリメータおよび前記ＣＴコリメータを備えるＣＴシステムでは、ＣＴスキャンの必要性によりスロット幅が可変な複数のブレードをＣＴコリメータ内に設けることができる。各ブレード・スロットの、このブレードの長手方向に沿った端部は凸状曲面構造を有していて（すなわち、ブレード・スロットの長手方向に沿った垂直面において、スロットの２つの側端部が湾曲していて）、焦点シフト経路に沿って生じる放射源の焦点シフトが、温度変化の結果として起きたときに、選択ブレードを、ブレードと偏心している回転中心の周りに、焦点シフトに対応する補正角度だけ回転させることによって、放射線検出器にブレード・スロットを介して達する放射線ビームが、焦点シフトが起きていない状況と同じ領域に維持されるようになっている。したがって、本発明によるＣＴコリメータおよびＣＴシステムによって、放射源の焦点シフトが起きたときに、他の構成部品たとえば放射線検出器または被検者を再配置する必要がなくなる。

【００２９】

以下、本発明のいくつかの典型的な実施形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。図面では、同様または類似の要素は同じ参照数字によって示している。

【図面の簡単な説明】

【００３０】

【図１Ａ】本発明の典型的な実施形態による放射線ＣＴシステムを示す図である。

【図１Ｂ】本発明の典型的な実施形態による放射線ＣＴシステムを示す図である。

【図２】本発明の典型的な実施形態によるＣＴコリメータを示す図である。

【図３Ａ】本発明の典型的な実施形態によるＣＴコリメータ内の開口部アセンブリを示す図である。

【図３Ｂ】本発明の典型的な実施形態によるＣＴコリメータ内の開口部アセンブリを示す図である。
【図３Ｃ】本発明の典型的な実施形態によるＣＴコリメータ内の開口部アセンブリを示す図である。
【図３Ｄ】本発明の典型的な実施形態によるＣＴコリメータ内の開口部アセンブリを示す図である。
【図４Ａ】本発明の典型的な実施形態によるＣＴコリメータ内の開口部アセンブリにおけるブレード・スロットの内側円弧および外側円弧を決定するための方法を例示する図である。
【図４Ｂ】本発明の典型的な実施形態によるＣＴコリメータ内の開口部アセンブリにおけるブレード・スロットの内側円弧および外側円弧を決定するための方法を例示する図である。
【図４Ｃ】本発明の典型的な実施形態によるＣＴコリメータ内の開口部アセンブリにおけるブレード・スロットの内側円弧および外側円弧を決定するための方法を例示する図である。
【図４Ｄ】本発明の典型的な実施形態によるＣＴコリメータ内の開口部アセンブリにおけるブレード・スロットの内側円弧および外側円弧を決定するための方法を例示する図である。
【図５】Ｘ線管の焦点シフトが起こりＺビーム・トラッキングがコリメータにおいて用いられていないときのＸ線検出器上のＸ線検出面積のずれを示す図である。
【図６】本発明の典型的な実施形態によるＺビーム・トラッキングを示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００３１】
以下の詳細な説明では、本発明の典型的な実施形態について、添付図面を参照して説明する。しかし、当業者であれば分かるように、本発明はこれらの典型的な実施形態に限定されない。
【００３２】
図１Ａ～１Ｂに、本発明の典型的な実施形態による放射線ＣＴシステム１００を示す。一実施形態では、放射線ＣＴシステム１００はＸ線ＣＴシステムである。
【００３３】
図１Ａ～１Ｂに示すように、Ｘ線ＣＴシステム１００は主に、３つの部分を備えている。走査ガントリ１１０、検出すべき対象１１４を位置決めするための支持テーブル１１６、および操作コンソール１３０である。走査ガントリ１１０はＸ線管１０２を備えている。Ｘ線管１０２から発せられたＸ線１０６は、コリメータ１０４を通過して、扇状ビームおよび円錐形ビームのような形状のＸ線ビームを形成する。これらは、被検者１１４の対象領域に照射される。被検者１１４を通過したＸ線ビームは、は、被検者１１４の他方の側に配置されたＸ線検出器１１２に加えられる。Ｘ線検出器１１２は、複数の２次元Ｘ線検出部を、扇状Ｘ線ビームの伝搬方向（信号チャネル方向）および厚さＺ方向（コラム方向）に有している。
【００３４】
データ取得システム（ＤＡＳ）１２４が、Ｘ線検出器１１２に結合されている。データ取得システム１２４は、Ｘ線検出器１２４の各Ｘ線検出部によって検出されたデータを収集して、投影データとしての使用を図る。Ｘ線管１０２から出るＸ線放射は、Ｘ線コントローラ１２２によって制御される。図１Ｂでは、Ｘ線管１０２とＸ線コントローラ１２２との間の接続は示していない。
【００３５】
データ取得システム１２４は、Ｘ線コントローラ１２２によってＸ線管１０２に印加される管電圧および管電流に関するデータを収集する。図１Ｂでは、Ｘ線コントローラ１２２とデータ取得システム１２４との間の接続は省略している。
【００３６】

コリメータ１０４は、コリメータ・コントローラ１２０によって制御される。一実施形態では、コリメータ１０４とコリメータ・コントローラ１２０とは２つの別個の構成部品である。別の実施形態では、コリメータ・コントローラ１２０をコリメータ１０４内に配置しても良い。図１Ｂでは、コリメータ１０４とコリメータ・コントローラ１２０との間の接続は省略している。

【００３７】

Ｘ線管１０２、コリメータ１０４、Ｘ線検出器１１２、データ取得システム１２４、Ｘ線コントローラ１２２およびコリメータ・コントローラ１２０のような構成部品は、走査ガントリ１１０の回転部分１２８内に取り付けられている。回転部分１２８は、回転コントローラ１２６の制御下で回転する。図１Ｂでは、回転部分１２８と回転コントローラ１２６との間の接続は示していない。

【００３８】

駆動システムたとえばモータの作用下で、支持テーブル１１６は、その上に運ばれた被検者１１４とともに、被検者の長手軸１１８に沿って走査ガントリ１１０の開口部１０８内に移動することができて、被検者１１４の対象領域が、コリメータ１０４を通してそこに照射されるＸ線ビームに対して実質的に垂直となるようになっている。

【００３９】

操作コンソール１３０は、中央処理装置１３６たとえばコンピュータを有している。制御インターフェース１４０が中央処理装置１３６に接続されている。走査ガントリ１１０と支持テーブル１１６とは、制御インターフェース１４０に接続されている。中央処理装置１３６は、走査ガントリ１１０と支持テーブル１１６とを、制御インターフェース１４０を介して制御する。

【００４０】

走査ガントリ１１０内のデータ取得システム１２４、Ｘ線コントローラ１２２、コリメータ・コントローラ１２０、および回転コントローラ１２６は、制御インターフェース１４０を介して制御される。図１Ｂでは、当該部品と制御インターフェース１４０との間の別個の接続を示していない。

【００４１】

データ取得バッファ１３８が中央処理装置１３６に接続されている。走査ガントリ１１０のデータ取得システム１２４はデータ取得バッファ１３８に接続されている。データ取得システム１２４によって収集された投影データは、データ取得バッファ１３８を介して中央処理装置１３６に入力される。

【００４２】

中央処理装置１３６は、データ取得バッファ１３８から入力された投影データを用いて画像再構成を行なう。画像再構成を行なう際、フィルタ補正逆投影法および三次元画像再構成法のような方法を用いることができる。記憶装置１４２が中央処理装置１３６に接続されている。記憶装置１４２を用いて、データ、再構成画像、およびＸ線ＣＴシステム１００の種々の機能を実施するための手順を記憶しても良い。

【００４３】

ディスプレイ装置１３２と入力装置１３４とが、それぞれ中央処理装置１３６に接続されている。ディスプレイ装置１３２は、再構成画像および中央処理装置１３６から出力された他の情報を表示する。オペレータは、種々の命令およびパラメータを中央処理装置１３６に入力装置１３４を介して入力することができる。ディスプレイ装置１３２および入力装置１３４を通して、オペレータは、Ｘ線ＣＴシステム１００の対話型操作を実現することができる。

【００４４】

図２に、本発明の典型的な実施形態によるＸ線ＣＴコリメータ１０４の概略的な構造図を示す。図２に示すように、コリメータ１０４は４つの主要部分を備えている。コリメータ・ケース２０３、コリメータ・カバー２０２、フィルタ・アセンブリ２０１、および開口部アセンブリ２０４である。開口部アセンブリ２０４によって、異なるスロット幅のブ

レードが選択されて、所望のＸ線ビームがＸ線検出器１１２に到達することができる。フィルタ・アセンブリ２０１は、Ｘ線管１０４からのＸ線ビームをフィルタリングして、散乱Ｘ線ビームをなくす。コリメータ・ケース２０３を用いて、コリメータ１０４の種々の構成部品の支持、固定、および収容を図る。コリメータ・カバー２０２によって、コリメータ１０４に対するシールディングが得られる。

【００４５】

図３Ａ～３Ｄに、図２に示す開口部アセンブリ２０４の典型的な構造を示す。図３Ａに示すように、開口部アセンブリ２０４は主に３つの部品を備えている。回転スロット部分２０４１、回転スロット部分２０４１の回転を駆動する単一のモータ駆動システム２０４３、および回転スロット部分２０４１の回転角度を検出するエンコーダ２０４２である。一実施形態では、モータ駆動システム２０４３とエンコーダ２０４２とは２つの別個の部品である。別の実施形態では、エンコーダ２０４２をモータ駆動システム２０４３内に配置しても良い。回転スロット部分２０４１とエンコーダ２０４２とは、モータ駆動システム２０４３によって駆動されると、一緒に回転することができる。

【００４６】

回転スロット部分２０４１は、モータ駆動システム２０４３によって直接駆動されるため、回転運動を直線運動に変換するためのレール、ボール・ネジ、リード・スクリューが必要ではなく、そのため、コリメータ１０４の駆動システムの機械構造が単純である。

【００４７】

図３Ｂに、図３Ａに示す回転スロット部分２０４１の典型的な構造を示す。図３Ｂでは、回転スロット部分の長手方向に垂直な方向における回転スロット部分２０４１の断面図を示す。図３Ｂに示すように、回転スロット部分２０４１は、回転シャフト２０４４と、回転シャフト２０４４に固定された複数のブレード２０４５とを備えている。ブレード２０４５は、回転シャフト２０４４と一緒に回転する。各ブレードは、異なる幅のスロットを有し、コリメータ１０４に入る望ましくないＸ線ビームを遮蔽するためのシールディング材料が設けられている。そのため、Ｘ線ビームは、被検者１１４の対象領域に照射されるためにブレード内のスロットのみを介して通ることができる。

【００４８】

図３Ｂに示す回転スロット部分２０４１は、４つのブレード、したがって４つの異なるスロット幅を有している。４つのブレードは、回転シャフト２０４４の周りへの配置を、均等間隔に配置または不均等間隔に配置されるように行なってｓも良い。回転スロット部分２０４１上のブレードの数は、実際の必要性に従って決定することができ、たとえば、２、３、４、５などに設定することができる。

【００４９】

一実施形態では、各ブレードは平面構造を有し、また図３Ｃに示すように、各ブレードのスロットの幅は、ブレードの長手方向に沿ってスロットの中心から２つの端部まで徐々に増加する。別の実施形態では、各ブレードおよびブレード・スロットは円弧構造を有し、その円の中心は、被検者１１４の他方の側に配置されたＸ線検出器１１２の円弧構造と同様に、Ｘ線管１０２の焦点上にある。

【００５０】

各ブレード・スロットの２つの端部は、ブレードの長手方向に沿って凸状曲面構造を有する。図３Ｄに示すように、各ブレード２０４５のスロットの端部は、ブレードの長手方向に垂直な厚さ方向に沿った断面図において湾曲形状を有する。各ブレードは、回転スロット部分２０４１の回転中心と偏心して配置されていて、ブレード回転中心がブレードの厚さ方向に沿ったスロットの延長領域にはないようになっている。以下に説明するように、各ブレード・スロットの端部を凸状曲面構造を有するように構成すること、および各ブレードが回転スロット部分２０４１の回転中心と偏心するようにすることによって、Ｘ線管１０２の焦点がシフトしたときに、ブレードの回転角度を調整することによってＸ線検出器１１２上のＸ線検出面積を不変に保つことが可能になる。

【００５１】

被検者１１４に対してＣＴ試験を続けるときに、オペレータは、入力装置１３４を介してコリメータ１０４の開口部アセンブリ２０４のスロット幅を選択する。制御コマンドが、中央処理装置１３６からコリメータ・コントローラ１２０に送られる。コリメータ・コントローラ１２０の作用下で、モータ駆動システム２０４３は、所望のスロット幅を有する回転スロット部分２０４１のブレードを、実質的に水平位置まで回転させて、前記ブレードが、Ｘ線管から発せられた中心Ｘ線ビームと実質的に垂直になるようにする。その結果、コリメータ１０４に入るＸ線ビームは、被検者１１４の対象領域に前記ブレードのスロットを通してのみ照射されて、被検者１１４を通過することができ、Ｘ線検出器１１２まで投影されることが図られる。その結果、Ｘ線検出面積が形成される。

【００５２】

動作中に、Ｘ線管１０２の焦点は、管温度の変化とともにシフトする。コリメータ１０４の選択ブレードの位置が、焦点シフトが生じていない状況と比べて変わっていない場合には、対応するシフトが、ブレード・スロットを介して被検者１１４に照射されるＸ線ビームに対して生じ、最終的に、Ｘ線検出器１１２上のＸ線検出面積の比較的大きなずれが生じることになる。

【００５３】

図５に示すように、ＣＴスキャン中にＸ線管１０２の焦点シフトがない場合について、コリメータ１０４の選択ブレードのスロットを介してＸ線検出器１１２に投影されるＸ線ビームの左端Ｄ１と右端Ｄ２との間のＸ線検出面積をＡ１で示す。Ｘ線管の焦点が、ＣＴスキャン中の温度変化が原因で、焦点シフト経路に沿って焦点シフト経路の左端までシフトしたときの、選択ブレードのスロットを介してＸ線検出器１１２まで投影されるＸ線ビームに対するＸ線検出面積の変化をＡ４で示す。図示したように、Ｘ線検出器１１２のＸ線検出面積の右端は、点Ｄ２から点Ｄ４へずれる。同様に、温度変化が原因でＸ線管１０２の焦点が焦点シフト経路に沿って焦点シフト経路の右端までシフトしたときの、ブレード・スロットを介してＸ線検出器に投影されるＸ線ビームに対するＸ線検出面積の変化をＡ５で示す。図示したように、Ｘ線検出器１１２のＸ線検出面積の左端は、点Ｄ１から点Ｄ３へずれする。したがって、焦点シフトがＸ線管１０２に対して生じたときに、コリメータ１０４の選択ブレードの位置が補正されていない場合には、すなわち、Ｚビーム・トラッキングを行なわない場合には、コリメータ１０４の選択ブレードを介してＸ線検出器１１２まで投影されるＸ線ビームに対する検出面積は、焦点シフトがＸ線管１０２に対して生じていないときのＸ線検出面積Ａ１からずれる。

【００５４】

一実施形態では、図３Ｄに示すようなブレードの長手方向に垂直な厚さ方向に沿った断面図における各ブレード・スロット端部の曲面構造の曲線は円弧であり、ブレードの回転中心に近い円弧を内側円弧と言い、ブレードの回転中心から離れた円弧を外側円弧と言う。

【００５５】

以下、本発明のさらなる説明を、ブレード・スロットの長手方向に沿った垂直面における各ブレード・スロット端部の曲面構造の曲線が円弧である実施例を取り上げて行なう。当業者であれば分かるように、ブレード・スロットの長手方向に沿った垂直面における各ブレード・スロット端部の曲面構造の曲線は、楕円弧であっても良いし、または他の任意の曲線であっても良い。

【００５６】

一実施形態では、図４Ａ～４Ｄを参照して以下に説明する不等角トラッキング方法を用いて、ブレード・スロットの内側および外側円弧を決定することができる。説明の便宜上、ブレードの長手方向に垂直な厚さ方向に沿ったブレード・スロット中心の断面図を一例として用いて説明を図る。

【００５７】

図４Ａに示すのは、Ｘ線管１０２の典型的な焦点位置ＦＰ１～ＦＰ５と、これらの焦点位置においてＸ線管１０２から発せられたＸ線ビームが、ブレード・スロットを介してＸ

線検出器１１２まで投影されたときのＸ線ビームの端線Ｌ１～Ｌ１０である。焦点位置ＦＰ１およびＰＦ５は、焦点シフト経路に沿ったＸ線管１０２の焦点の最大シフトを表わす。Ｘ線管の焦点シフト経路および範囲は、その構造およびサイズによって決定される。

【００５８】

図４Ａに示すように、Ｘ線管１０２の焦点がＦＰ１にあるとき、ブレード・スロットによって、ラインＬ１およびＬ６間のＸ線ビームが通過することができ、Ｘ線管の焦点がＦＰ２にあるとき、ブレード・スロットによって、ラインＬ２およびＬ７間のＸ線ビームが通過することができ、同様に、Ｘ線管の焦点がＦＰ５にあるとき、ブレード・スロットによって、ラインＬ５およびＬ１０間のＸ線ビームが通過することができる。

【００５９】

ブレード・スロットの幅およびその内側および外側円弧の位置を、ＣＴスキャン中のＸ線検出器１１２のＸ線検出面積の幅に対する要求とともにＣＴシステムの種々の構成部品の位置およびサイズに基づいて、決定することができる。

【００６０】

具体的には、図４Ｂに示すように、二次元座標系ＹＯＺの設定を、ブレードの回転中心Ｏを座標中心として用いて行なう。回転中心Ｏの水平線は二次元座標系のＯＺ軸である。設定した二次元座標系ＹＯＺでは、Ｘ線検出器１１２のＸ線検出面積（すなわち、図６Ａに示すようにＸ線検出面積の端点Ｄ１およびＤ２）、ブレード・スロットの位置、Ｘ線管１０２の焦点位置、および最大シフト位置が分かっている。したがって、Ｘ線管１０２の焦点が右の最大シフト位置ＦＰ５にあるときに、Ｘ線検出器１１２のＸ線検出面積の左端点Ｄ１（図６Ａを参照）にブレード・スロットの左端点を介して達するＸ線ラインＬ１０の位置と、二次元座標系ＹＯＺにおけるブレード・スロットの右端点を介してＸ線検出器１１２のＸ線検出面積の右端点Ｄ２（図６Ａを参照）に達するＸ線ラインＬ５の位置とを、決定することができ、また、Ｘ線管１０２の焦点が左の最大シフト位置ＦＰ１にあるときに、ブレード・スロットの左端点を介してＸ線検出器１１２のＸ線検出面積の左端点Ｄ１に達するＸ線ラインＬ６の位置と、二次元座標系ＹＯＺにおけるブレード・スロットの右端点を介してＸ線検出器１１２のＸ線検出面積の右端点Ｄ２に達するＸ線ラインＬ１の位置とを、決定することができる。

【００６１】

さらに図４Ｂを参照して、Ｘ線管１０２の焦点が右の最大シフト位置ＦＰ５であるときのブレード・スロットの左および右端点を介して送信されるＸ線ラインＬ１０およびＬ５の位置を不変に保ち、ブレードを水平位置に保ち、Ｘ線管１０２の焦点が左の最大シフト位置ＦＰ１にあるときのブレード・スロットの左および右端点を介して送信されるＸ線ラインＬ６およびＬ１を、角度Ｂだけ、ブレード回転中心Ｏの周りに回転させて、ラインＬ６およびＬ１０が、ブレードの厚さ方向に沿った領域において交差部を有することができるようにし、またラインＬ１およびＬ５が、同じ領域において交差部を有することができるようにする。これを図４Ｃに示す。ラインＬ６およびＬ１をブレード回転中心Ｏの周りに回転させる間、ラインＬ６およびＬ１０の交差部とラインＬ１およびＬ５の交差部とが、ブレードの厚さ方向に沿った領域にない場合、ブレードの厚さとブレード・スロットおよび回転中心Ｏ間の偏心距離との調整を、ラインＬ６およびＬ１がブレード回転中心Ｏの周りに回転するときにラインＬ６およびＬ１０の交差部とラインＬ１およびＬ５の交差部とがブレードの厚さ方向に沿った領域内に存在するようになるまで、行なうことができる。

【００６２】

その後、図４Ｄに示すように、所定の半径Ｒｏを用いて、外側円弧を、前述したようなラインＬ６およびＬ１０の交差部の付近に設定する。外側円弧が存在する円は、Ｘ線ラインＬ６およびＬ１０に接している。同様に、所定の半径Ｒｎを用いて、内側円弧をラインＬ１およびＬ５の交差部の付近に設定する。内側円弧が存在する円は、Ｘ線ラインＬ１およびＬ５に接している。ブレード・スロットの幅は、上述のように設定された内側および外側円弧によって決定される。外側および内側円弧の半径ＲｏおよびＲｎの設定を、たと

えば、外側および内側円弧の湾曲に対する要求に従って行なっても良い。外側および内側円弧の半径ＲｏおよびＲｎを適切に選択して、外側および内側円弧が存在する円の直径が、ブレード厚さを下回らないようにする。さらに、比較的大きな値がＲｏおよびＲｎに対して選択されたときには、外側および内側円弧は、長手方向に沿ったブレード・スロットの端部が凸状曲面構造を有するように、適切な湾曲を有さなければならない。

【００６３】

別の実施形態では、前述した不等角トラッキング方法と同様の等角トラッキング方法または他の同様の方法を用いて、ブレード・スロットの長手方向に沿った垂直面における各ブレード・スロット端部の曲面構造の曲線を決定しても良い。

【００６４】

一実施形態では、ブレード・スロットの長手方向に沿った垂直面における各ブレード・スロット端部の端の曲面構造の形状（たとえば内側および外側円弧の内側および外側曲線）を決定した後で、内側および外側曲線をスロット端部の形状に従って中心位置からスロットの２つの端部まで延長することで、長手方向に沿ったブレード・スロットの端部が凸状曲面構造を有することができる結果、Ｘ線検出器１１２上に投影されたＸ線のＺ方向の幅が等しくなる。別の実施形態では、ブレードおよびそのスロットを複数のスロット・セグメントに分割しても良く、また前述した不等角トラッキング方法または等角トラッキング方法を用いて、各スロット・セグメントに対して、ブレード・スロットの長手方向に沿った垂直面におけるスロット・セグメントの内側および外側曲線（たとえば内側および外側円弧）の形状を決定する。そして、内側および外側曲線を前記スロット・セグメントまで、スロット・セグメントが配置されるブレードの端部に沿って延長して、各スロット・セグメントのブレード・スロット端部上に凸状曲面構造を形成し、最後に、ブレード・スロット全体の端部に対する凸状曲面構造をブレードの長手方向に沿って形成する。こうして、Ｘ線検出器１１２上に投影されるＸ線のＺ方向の幅は等しい。

【００６５】

前述したように、Ｘ線管１０２の動作中に、その焦点は温度変化とともにシフトするため、検出器１１２のＸ線検出面積は初期Ｘ線検出面積からずれる。Ｘ線管１０２の構造に応じて、Ｘ線管の焦点のシフト経路は、水平線、斜線、または他の形状となる可能性がある。簡単にするために、以下の説明は、Ｘ線管の焦点のシフト経路が水平線の場合の実施例に基づいている。

【００６６】

本発明によるコリメータ１０４では、Ｘ線管１０２の焦点がシフトすると、コリメータ・コントローラ１２０がコリメータ１０４内の回転スロット部分２０４１を制御して、ある特定の角度だけ回転させ、ブレード・スロットを通るＸ線ビームのルートを補正することができる。その結果、ブレードの長手方向に沿ったブレード端部の凸状曲面構造がＸ線ビームの一部をＸ線管から遮蔽することができるために、Ｘ線検出器１１２上に投影されるＸ線ビームを補正して、Ｘ線管１０２の焦点が変化したときにＸ線検出器１１２のＸ線検出面積が変わらないようにすることができる。このトラッキング処理をＺビーム・トラッキングと言う。

【００６７】

次に、図６Ａ～６Ｄを参照して、本発明のＺビーム・トラッキング・プロセスについて説明する。このプロセスでは、コリメータ１０４のコリメータ・コントローラ１２０による制御を、Ｘ線管１０２の焦点がシフトしたときにＸ線検出器１１２のＸ線検出面積が変わらないように行なう。

【００６８】

図６Ａに示すように、Ｘ線管１０２の焦点が焦点シフト範囲の中心にあるとき、回転スロット部分２０４１の選択ブレードのスロットを介してＸ線検出器１１２まで投影されるＸ線のＸ線検出面積は、右端点Ｄ２および左端点Ｄ１を有している。Ｘ線管１０２の焦点シフト範囲は、Ｘ線管１０２の構造に依存する。ブレードの長手方向に垂直な厚さ方向に沿ったブレード・スロットの中心の典型的な断面図において、二次元座標系ＹＯＺが、ブ

レード回転中心を座標原点として用いて設定されている。ＣＴシステムの種々の構成部品（たとえば、Ｘ線管１０２、コリメータ１０４、コリメータ１０４の回転スロット部分２０４１およびブレード、ならびにＸ線検出器１１２）のサイズ、構造、および位置関係に基づいて、回転スロット部分２０４１の複数のブレードのうちの選択ブレードの水平位置、Ｘ線管１０２の焦点位置およびＸ線検出器１１２の位置、ならびにＸ線検出器１１２のＸ線検出領域における左および右端点Ｄ１およびＤ２の位置を、設定されたＹＯＺ次元座標系において決定することができる。

【００６９】

図６Ｂに示すように、Ｘ線管１０２の焦点シフト範囲の右端点Ｆ０がＺビーム・トラッキングの初期基準位置として選択されている。Ｘ線ビームが、水平位置にある選択ブレードのスロットを介してＸ線検出器１１２に投影されると、右端点Ｄ２および左端点Ｄ１によって画定されるＸ線検出面積が形成される。当業者であれば分かるように、焦点シフト範囲の他の位置のうちの１つをＺビーム・トラッキングの初期基準位置として選択することも、選択ブレードのスロットを通るＸ線ビームによってＸ線検出器１１２上に形成されるＣＴスキャンにとって必要なＸ線検出面積が点Ｄ１およびＤ２間にある限り、可能である。

【００７０】

ＣＴスキャン中に温度変化が原因でＸ線管１０２の焦点がシフトすると、たとえば、図６Ｃに示すように焦点の初期基準位置に対して左シフトｐが焦点シフト経路に沿って生じると、ブレード・スロットを介してＸ線検出器１１２上にＸ線ビームが投影されることによって形成されるＸ線検出面積に変化が生じる。Ｘ線検出面積の変化を、Ｘ線検出器１１２上に設けられたＸ線検出面積ずれモニタリング・ユニットによって決定することができる。

【００７１】

一実施形態では、Ｘ線検出面積ずれモニタリング・ユニットによって、Ｘ線検出器１１２上のＸ線検出面積の変化が、Ｘ線管１０２の焦点が初期基準位置にあるときのＸ線検出面積と比べて検出されたらすぐに、ブレードを水平位置にしても良い。水平位置は、図６Ｂに示す位置と比べて、ブレードの角度Ｂ１がゼロである。ブレードは他の箇所にあっても良い。たとえば、図６Ｃに示す位置である。ここでは、ブレードの角度はＢ１であり、これは、コリメータ１０４内に配置されたエンコーダ２０４２によって決定しても良い。図６Ｃに示すように、Ｘ線検出器１１２上の新しいＸ線検出面積は、右端点Ｄ３および左端点Ｄ４を有する。これらは、２つのＸ線Ｌ１２およびＬ２２に、それぞれ対応する。２つのＸ線は、選択ブレードの内側円弧および外側円弧間のスロットを通過することができるＸ線ビームの２つの端を表わしている。Ｘ線検出面積ずれモニタリング・ユニットは、Ｘ線検出面積の決定されたずれ、すなわち、点Ｄ３と点Ｄ２との間の距離ｍおよび／または点Ｄ４と点Ｄ１との間の距離ｎを、コリメータ・コントローラ１２０に送っても良い。

【００７２】

コリメータ１０４内に配置されたエンコーダ２０４２によって、回転中心Ｏの周りの選択ブレードの回転角度Ｂ１を測定して、測定された角度Ｂ１をコリメータ・コントローラ１２０へ送ることができる。受信角度Ｂ１ならびにＸ線検出面積のずれｍおよび／またはｎとともに、選択ブレード、回転スロット部分２０４１、Ｘ線管１０２、およびＸ線検出器１１２の二次元座標系ＹＯＺにおける位置関係に基づいて、コリメータ・コントローラ１２０は、Ｘ線管１０２の焦点の、初期基準位置に対するシフトｐを決定することができる。

【００７３】

具体的には、一実施形態において、コリメータ・コントローラ１２０は、二次元座標系ＹＯＺにおける内側円弧の位置を、エンコーダ２０４２によって測定された角度Ｂ１と、回転中心Ｏの周りの選択ブレードの回転半径とに基づいて決定する。そして、Ｘ線検出面積ずれモニタリング・ユニットによって決定されたＸ線検出面積のずれｍとともに、選択ブレード、回転スロット部分２０４１、Ｘ線管１０２、およびＸ線検出器１１２の二次元

座標系ＹＯＺにおける位置関係に基づいて、コリメータ・コントローラ１２０は、点Ｄ３を通り二次元座標系ＹＯＺにおける内側円弧に接する直線Ｌ１２を決定する。直線Ｌ１２は、Ｘ線管１０２の焦点が右端点Ｆ０から新位置Ｆ１までシフトするときの、Ｘ線ビームの最も右側のＸ線を表わし、選択ブレードは回転角度Ｂ１にある。決定されたラインＬ１２とＸ線管１０２の焦点シフト経路との交点は、Ｘ線管１０２のシフトした焦点の新位置Ｆ１である。

【００７４】

別の実施形態では、コリメータ・コントローラ１２０によって、二次元座標系ＹＯＺにおける外側円弧の位置の決定が、選択ブレードの回転角度Ｂ１、回転中心Ｏの周りの選択ブレードの回転半径、内側円弧の位置、ならびに内側および外側円弧の位置関係に基づいて行なわれる。そして、Ｘ線検出面積ずれモニタリング・ユニットによって決定されるずれｎとともに、選択ブレード、回転スロット部分２０４１、Ｘ線管１０２、およびＸ線検出器１１２の二次元座標系ＹＯＺにおける位置関係に基づいて、コリメータ・コントローラ１２０は、点Ｄ４を通り二次元座標系ＹＯＺにおける外側円弧に接する直線Ｌ２２を決定する。直線Ｌ２２は、Ｘ線管１０２の焦点が右端点Ｆ０から新位置Ｆ１までシフトするときの、Ｘ線ビームの最も左側のＸ線を表わし、選択ブレードは回転角度Ｂ１にある。決定されたラインＬ２２とＸ線管１０２の焦点シフト経路との交点は、Ｘ線管１０２のシフトした焦点の新位置Ｆ１である。

【００７５】

さらに別の実施形態では、コリメータ・コントローラ１２０が、２つの焦点シフト新位置Ｆ１を、二次元座標系ＹＯＺにおける直線Ｌ１２およびＬ２２に基づいてそれぞれ決定した後に、２つの新位置の平均値を最終的な焦点シフト新位置Ｆ１として用いる。

【００７６】

コリメータ・コントローラ１２０は、焦点シフト経路に沿ったＸ線管１０２の焦点シフトｐと選択ブレードの回転角度Ｂ１とを決定した後に、Ｘ線検出器１１２上のＸ線検出器領域のずれｍおよびｎをなくすのに必要なブレードの回転補正角度を決定し、そして、回転スロット部分２０４１（モータ駆動システム２０４３によって駆動される）を、前記補正角度だけ回転シャフトの中心２０４２の周りに回転させても良い。その結果、Ｘ線管１０２の焦点が焦点シフト経路に沿って初期基準位置Ｆ０に対して新しい箇所Ｆ１までシフトするときに、選択ブレードのスロットを介してＸ線検出器１１２までＸ線が投影されることによって形成されるＸ線検出面積は変わらない。こうして、Ｘ線管１０２の焦点シフトに対するＺビーム・トラッキングが終了する。

【００７７】

具体的には、図６Ｄに示すように、一実施形態では、Ｘ線管１０２の焦点シフトｐを決定した後に、コリメータ・コントローラ１２０は、二次元座標系ＹＯＺにおける焦点の新位置Ｆ１の位置を決定して、そして、二次元座標系ＹＯＺにおける点Ｆ１と点Ｄ２とを通る直線Ｌ１１を、決定された焦点の新位置Ｆ１とＸ線検出器１１２上の初期Ｘ線検出面積の右端点Ｄ２とに基づいて決定することができる。Ｘ線管１０２の焦点が焦点シフト経路に沿って距離ｐだけシフトした後に、ブレードが回転中心Ｏの周りに補正角度だけ回転する結果、ブレード・スロットを介してＸ線検出器１１２上で得られるＸ線検出面積が変わらない場合、選択ブレードのスロットの内側円弧は、Ｘ線に、二次元座標系ＹＯＺにおけるラインＬ１１において接する。したがって、ラインＬ１１が既知の場合には、ブレードが回転中心Ｏの周りに回転する補正角度Ｂを、内側円弧がラインＬ１１に接する位置関係とブレードの回転半径のような既知のパラメータとに基づいて決定することができる。

【００７８】

別の実施形態では、二次元座標系ＹＯＺにおける焦点の新位置Ｆ１の位置を決定した後に、コリメータ・コントローラ１２０は、二次元座標系ＹＯＺにおける点Ｆ１と点Ｄ１とを通る直線Ｌ２１を、決定された焦点の新位置Ｆ１とＸ線検出器１１２上の初期Ｘ線検出面積の左端点Ｄ１とに基づいて決定する。Ｘ線管１０２の焦点が焦点シフト経路に沿って距離ｐだけシフトした後に、ブレードが回転中心Ｏの周りに補正角度だけ回転する結果、

ブレード・スロットを介してＸ線検出器１１２上で得られるＸ線検出面積が変わらない場合、選択ブレードのスロットの外側円弧は、Ｘ線に、二次元座標系ＹＯＺにおけるラインＬ２１において接する。したがって、ラインＬ２１が既知である場合、ブレードが回転中心Ｏの周りに回転する補正角度Ｂを、外側円弧がラインＬ２１に接する位置関係、ブレード・スロットの内側および外側円弧の位置関係、ならびにブレードの回転半径のような既知のパラメータに基づいて決定することができる。

【００７９】

さらに別の実施形態では、コリメータ・コントローラ１２０は、ブレードが回転中心Ｏの周りに直線Ｌ１１およびＬ２１に基づいてそれぞれ回転する２つの補正角度Ｂを決定した後に、２つの値の平均値を最終的な補正角度Ｂとして用いて、Ｚビーム・トラッキングを行なうことを図っても良い。

【００８０】

あるいは、コリメータ・コントローラ１２０はさらに、Ｘ線管１０２の焦点シフトに対する第１のＺビーム・トラッキングを終了した後に、Ｘ線検出面積モニタリング・ユニットによってリアル・タイムで決定されたＸ線検出面積のずれｍおよび／またはｎを、所定の閾値と比べるように構成されている。リアル・タイムで決定されたずれｍおよび／またはｎがそれらの対応する閾値を上回らない場合、Ｚビーム・トラッキングは終了する。リアル・タイムで決定されたずれｍおよび／またはｎがそれらの対応する閾値を上回っている場合、Ｚビーム・トラッキングの前述の手順を、Ｘ線検出面積の最新のずれｍおよび／またはｎがそれらの対応する閾値を上回らなくなるまで繰り返しても良い。

【００８１】

一実施形態では、ＣＴスキャンの間に焦点シフト経路に沿って生じるＸ線管１０２の複数の焦点シフトｐと、選択ブレードが、Ｚビーム・トラッキングを実現するために回転する必要がある複数の対応する補正角度Ｂ（回転方向を含む）とを、回転スロット部分２０４１における各ブレードに対して、シミュレーションまたは実際の測定値に基づいて予め決定しても良い。複数のシフトｐおよび対応する補正角度Ｂを、テーブルの形態で、コリメータ・コントローラ１２０内のメモリに、またはコリメータ・コントローラ１２０に結合された外部メモリ（図示せず）に記憶する。被検者１１４のＣＴスキャン中に温度変化が原因で焦点シフト経路に沿ってＸ線管１０２の焦点がシフトすると、コリメータ・コントローラ１２０は、Ｘ線管の焦点シフトｐを、Ｘ線検出器１１２上に配設されたＸ線検出面積モニタリング・ユニットによって決定されるＸ線検出面積のずれｍおよび／またはｎに基づいて決定し、メモリ内で、Ｘ線管の焦点シフトｐに対応するブレード回転補正角度Ｂを検索し、そして、ブレードを、モータ駆動システム２０４３の作用下で回転中心の周りに前記補正角度だけ回転させることを、エンコーダ２０４２によって見出されたブレード回転補正角度Ｂおよび決定されたブレードの現在角度Ｂ１に基づいて行なうことができる。その結果、Ｘ線検出器１１２上のＸ線検出面積のずれｍおよび／またはｎをなくして、Ｚビーム・トラッキングを実現することができる。

【００８２】

コリメータ・コントローラ１２０が、メモリ内でＸ線管の焦点シフトｐを見出せない場合、コリメータ・コントローラ１２０は、Ｘ線管の焦点シフトｐに近接する２つの焦点シフトに対応する２つの補正角度Ｂを検索することができる。Ｘ線管の焦点シフトｐとその隣接する２つの焦点シフトとの間の関係に基づいて、最終的な補正角度Ｂを、見出した２つの補正角度Ｂ間で補間を行なうことによって決定することができる。別の実施形態では、コリメータ・コントローラ１２０がメモリ内でＸ線管の焦点シフトｐを見出せない場合、Ｘ線管の焦点シフトｐに最も近接する焦点シフトに対応する補正角度Ｂを検索して、最終的な補正角度Ｂとして用いることができる。さらに別の実施形態では、コリメータ・コントローラ１２０がメモリ内でＸ線管の焦点シフトｐを見出せない場合、コリメータ・コントローラ１２０は、Ｘ線管の焦点シフトｐに近接する２つの焦点シフトに対応する２つの補正角度Ｂを検索して、そして、２つの補正角度Ｂの平均値を最終的な補正角度Ｂとして用いることができる。

【００８３】
別の実施形態では、Ｘ線検出器１１２上のＸ線検出面積の複数のずれｍおよび／またはｎと、Ｚビーム・トラッキングを実現するためにブレードが回転する必要がある複数の対応する補正角度Ｂ（回転方向を含む）とを、シミュレーションまたは実際の測定値に基づいて予め決定しても良い。Ｘ線検出面積の複数のずれｍおよび／またはｎと、対応する補正角度Ｂとを、テーブルの形態で、コリメータ・コントローラ１２０内のメモリに、またはコリメータ・コントローラ１２０に結合された外部メモリ（図示せず）に記憶する。被検者１１４のＣＴスキャン中に温度変化が原因で焦点シフト経路に沿ってＸ線管１０２の焦点がシフトすると、コリメータ・コントローラ１２０は、対応するブレード回転補正角度Ｂを、メモリ内で、Ｘ線検出器１１２上に配設されたＸ線検出面積モニタリングによって決定されるＸ線検出面積のずれｍおよび／またはｎユニットに基づいて検索し、そして、ブレードを、モータ駆動システム２０４３の作用下で回転中心の周りに前記補正角度だけ回転させることを、エンコーダ２０４２によって見出されたブレード回転補正角度Ｂおよび決定されたブレードの現在角度Ｂ１に基づいて行なうことができる。その結果、Ｘ線検出器１１２上のＸ線検出面積のずれｍおよび／またはｎをなくして、Ｚビーム・トラッキングを実現することができる。

【００８４】
コリメータ・コントローラ１２０が、Ｘ線検出面積モニタリング・ユニットによって決定されたＸ線検出面積のずれｍおよび／またはｎをメモリ内で見出せない場合、コリメータ・コントローラ１２０は、Ｘ線検出面積のずれｍおよび／またはｎに近接する２つのずれに対応する２つの補正角度Ｂを検索することができる。Ｘ線検出面積のずれｍおよび／またはｎとその近接する２つのずれとの間の関係に基づいて、最終的な補正角度Ｂを、見出した２つの補正角度Ｂ間で補間を行なうことによって決定することができる。別の実施形態では、コリメータ・コントローラ１２０が、Ｘ線検出面積モニタリング・ユニットによって決定されたＸ線検出面積のずれｍおよび／またはｎをメモリ内で見出せない場合、Ｘ線検出面積のずれｍおよび／またはｎに最も近接するずれに対応する補正角度Ｂを検索して、最終的な補正角度Ｂとして用いることができる。さらに別の実施形態では、コリメータ・コントローラ１２０が、Ｘ線検出面積モニタリング・ユニットによって決定されたＸ線検出面積のずれｍおよび／またはｎをメモリ内で見出せない場合、コリメータ・コントローラ１２０は、Ｘ線検出面積のずれｍおよび／またはｎに近接する２つのずれに対応する２つの補正角度Ｂを検索し、そして、２つの補正角度Ｂの平均値を最終的な補正角度Ｂとして用いることができる。

【００８５】
図５に戻って、Ｘ線管１０２の焦点が温度変化が原因で焦点シフト経路に沿ってシフトすると、コリメータ・コントローラ１２０がコリメータ１０４内の選択ブレードを制御して、回転中心の周りに補正角度だけ回転させ、選択ブレードのスロットを介してＸ線検出器１１２までＸ線が投影されることによって形成されるＸ線検出面積のずれをなくす。その結果、Ｘ線検出面積が実質的に、焦点シフトが起きていないときの初期位置まで復元される。図示したように、Ｚビーム・トラッキングを行なった後、Ｘ線検出器１１２上で得られるＸ線検出面積Ａ２は、焦点シフト前のＸ線検出面積Ａ１と実質的に一致している。またシミュレーションおよび実際の測定値が示すところによれば、Ｚビーム・トラッキングの後では、焦点シフト前のＸ線検出面積Ａ１と比べて、Ｘ線検出器１１２上で得られるＸ線検出面積Ａ２の差は、極めてわずかである。正確なトラッキングがＸ線検出器１１２上のＸ線検出面積のＤ２サイドで実現され、Ｄ１サイド内に観察される差がわずかであり、正確なトラッキングが、Ｘ線管の角度シフトに対して最も左側および最も右側の位置で実現される。

【００８６】
本発明によるＣＴコリメータでは、単一のモータ駆動システムを用いて、スロット幅選択とＣＴスキャン中のＺビーム・トラッキングとを行なう。少なくとも２つ以上のモータ駆動システムを用いる従来のＣＴコリメータと比べて、本発明によるＣＴコリメータで実

現される製造コストはより低い。単一のモータ駆動システムを用いてコリメータの回転スロット部分を直接駆動することによって、本コリメータでは、レール、ボール・ネジ、リード・スクリューを必要とせず、したがって、従来のコリメータよりも構造が単純であり、そのため、信頼性がより高く、保守性がより良好である。本発明によるＣＴコリメータでは、ＣＴスキャンの必要性により、回転スロット部分にスロット幅が異なる複数のブレードを設けることができる。ブレードの長手方向に沿った各ブレード・スロットの端部は凸状曲面構造を有しているため、温度変化の結果として焦点シフト経路に沿って放射源の焦点シフトが起きると、選択ブレードを、ブレードと偏心している回転中心の周りに、焦点シフトに対応する補正角度だけ回転させることによって、ブレード・スロットを介して放射線検出器に到達する放射線ビームが、焦点シフトが起きていない状況と同じ領域および同じ幅に維持される。したがって、本発明によるＣＴコリメータおよびＣＴシステムによって、放射源の焦点シフトが起きた場合でも、構成部品たとえば放射線検出器の余分な調整を行なう必要がなくなる。

【００８７】

本発明を特定の実施形態を参照して説明してきたが、本発明はこれらの特定の実施形態に限定されないことを理解されたい。当業者であれば理解するように、種々の変更、代用、変形などを本発明に対して行なっても良い。たとえば、前述の実施形態において１つのステップまたは構成要素を複数のステップまたは構成部品に分割しても良いし、または、それどころか、前述の実施形態での複数のステップまたは構成部品を、１つのステップまたは１つの構成要素において実現しても良い。このような変形はすべて、本発明の趣旨から逸脱しない限り、保護の範囲内である。加えて、本明細書および請求項において用いる用語は限定的ではなく、記述的である。また、実際の必要性により、１つの特定の実施形態で説明した特徴の全部または一部を別の実施形態に組み込むことができる。

【図１Ａ】

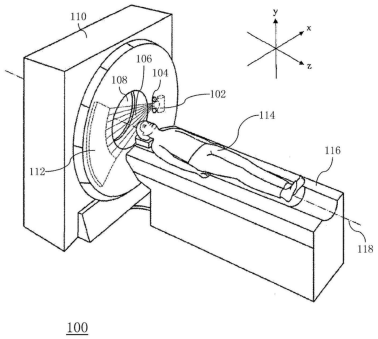

Fig. 1A

【図１Ｂ】

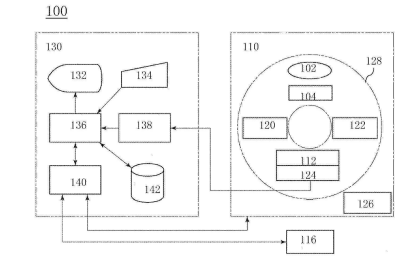

Fig. 1B

【図２】

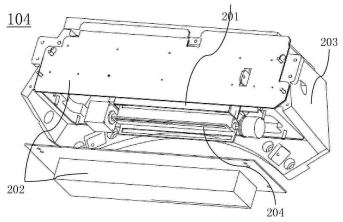

Fig. 2

【図３Ａ】

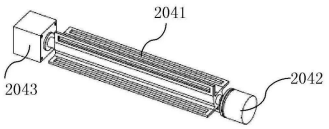

Fig. 3A

【図３Ｂ】

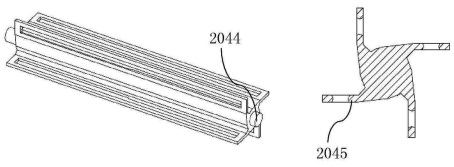

Fig. 3B

【図３Ｃ】

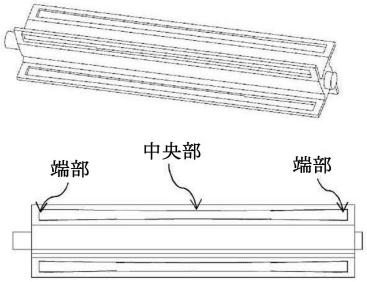

Fig. 3C

【図３Ｄ】

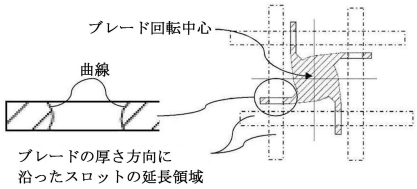

Fig. 3D

【図４Ａ】

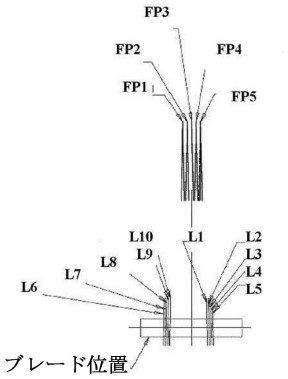

Fig. 4A

【図４Ｂ】

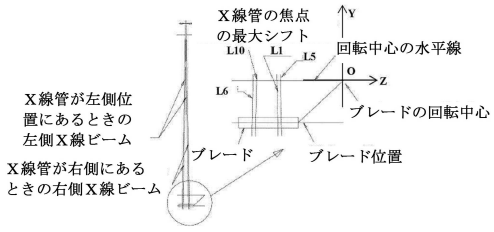

Fig. 4B

【図４Ｃ】

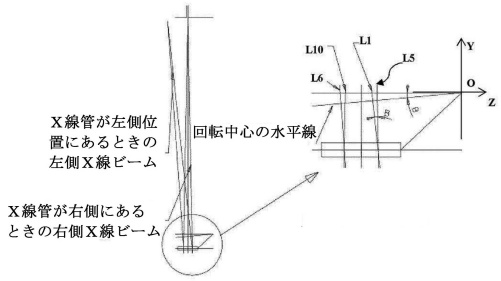

Fig. 4C

【図４Ｄ】

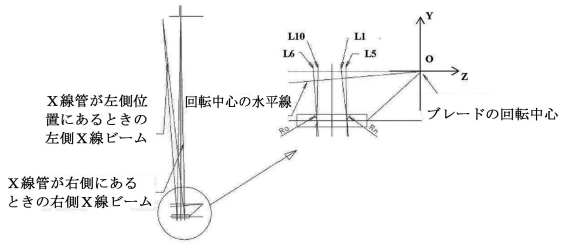

Fig. 4D

【図５】

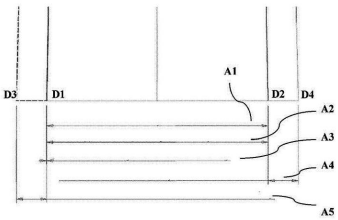

Fig. 5

【図６】

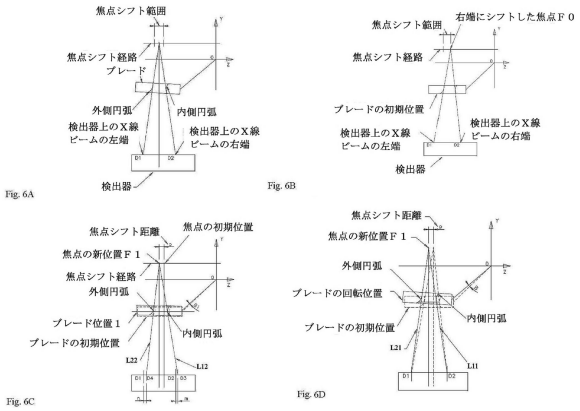

Fig. 6A Fig. 6B Fig. 6C Fig. 6D

フロントページの続き

(72)発明者　シャオヤン・ツァン
中華人民共和国・ベイジン・１０００３９、ベイジン、ベイジン・エコノミック・テクノロジー・デベロプメント・エイリア、ヨンチャン・ノース・ロード、２番
(72)発明者　ジュン・グォ
中華人民共和国・ベイジン・１０００３９、ベイジン、ディストリクト・デクシング、ヨンチャン・ロード、２番
(72)発明者　シューヨン・ヤン
中華人民共和国・ベイジン・１０００３９、ベイジン、ベイジン・エコノミック・テクノロジー・デベロプメント・エイリア、ヨンチャン・ノース・ロード、２番

審査官　亀澤　智博

(56)参考文献　特開昭６３－０３３６５３（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－２２７２３８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０７９７００（ＪＰ，Ａ）
米国特許第０４５３４０５２（ＵＳ，Ａ）
実開平０２－０８８６０６（ＪＰ，Ｕ）
米国特許第０６３９６９０２（ＵＳ，Ｂ２）
特表２００５－５３８７８６（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－０６８０９２（ＪＰ，Ａ）
特表２００６－５００５７３（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－０２０１０２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ　６／００　－　６／１４