(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2007-309687
(P2007-309687A)
(43)公開日　平成19年11月29日(2007.11.29)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
G01N 23/04 (2006.01)	G01N 23/04	2G001

審査請求 未請求　請求項の数 9　ＯＬ　（全 22 頁）

(21)出願番号　特願2006-136646 (P2006-136646)
(22)出願日　平成18年5月16日 (2006.5.16)

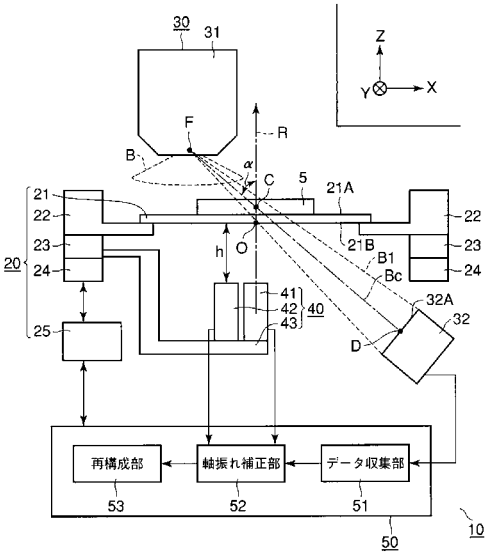
(71)出願人　391017540
東芝ＩＴコントロールシステム株式会社
東京都中央区日本橋本町四丁目９番１１号
(74)代理人　100058479
弁理士　鈴江　武彦
(74)代理人　100091351
弁理士　河野　哲
(74)代理人　100088683
弁理士　中村　誠
(74)代理人　100108855
弁理士　蔵田　昌俊
(74)代理人　100075672
弁理士　峰　隆司
(74)代理人　100109830
弁理士　福原　淑弘

最終頁に続く

(54)【発明の名称】断層撮影装置

(57)【要約】
【課題】被検体の形状に依存せずに回転振れの影響を除去した断層像データを作成する。
【解決手段】断層撮影装置１０は、被検体５が載置される表面部２１Ａの反対側にマークMが形成された裏面部２１Ｂを備えたテーブル部材２１と、テーブル部材２１に載置された被検体５にX線ビームＢ１を照射するX線管３１と、X線ビームＢ１を検出するX線検出器３２と、X線管３１およびX線検出器３２とテーブル部材２１とを、テーブル部材２１の表面部２１Ａに垂直な回転軸Rに沿って相対的に回転させる回転機構２３と、被検体５の透過画像データを収集するためのデータ収集部５１と、マークMの位置を検出するためのマーク位置検出部４０と、マークMの位置データに基づいて、透過画像データを回転振れの無い透過画像データに補正する軸振れ補正部５２と、補正された透過画像データから断層像データを作成するための再構成部５３とを備える。
【選択図】　図１

図1



【特許請求の範囲】
【請求項１】
被検体が載置される表面部と、前記表面部の反対側にマークが形成された裏面部とを備えたテーブル部材と、
前記テーブル部材に載置された前記被検体に放射線を照射する放射線源と、
前記被検体を透過した放射線を検出する放射線検出手段と、
前記放射線源および前記放射線検出手段と前記テーブル部材とを、該テーブル部材の表面部に垂直な回転軸に沿って相対的に回転させる回転機構と、
前記被検体が前記テーブル部材に載置された場合、前記放射線検出手段により検出された放射線量から前記被検体の透過画像データを収集するためのデータ収集手段と、
前記マークの位置を検出するためのマーク位置検出手段と、
前記マーク位置検出手段により得られたマーク位置データに基づいて、前記データ収集手段により収集された透過画像データを回転振れの無い透過画像データに補正する軸振れ補正手段と、
前記軸振れ補正手段により補正された複数の透過画像データを再構成処理して断層像データを作成するための再構成手段と
を備えたことを特徴とする断層撮影装置。
【請求項２】
被検体が載置される表面部を有するテーブル部材と、
前記テーブル部材に載置された前記被検体に放射線を照射する放射線源と、
前記被検体を透過した放射線を検出する放射線検出手段と、
前記放射線源および前記放射線検出手段と前記テーブル部材とを、該テーブル部材の表面部に垂直な回転軸に沿って相対的に回転させる回転機構と、
前記テーブル部材を支持するとともに、前記表面部に沿って該テーブル部材を平行移動させる平行移動機構と、
前記テーブル部材の表面部の反対側に該表面部と平行になるように前記平行移動機構に固定され、マークが形成された表面部を有するマークプレートと、
前記テーブル部材の表面部に前記被検体が載置された場合、前記放射線検出手段により検出された放射線量から前記被検体の透過画像データを収集するためのデータ収集手段と、
前記マークの位置を検出するためのマーク位置検出手段と、
前記マーク位置検出手段により得られたマーク位置データに基づいて、前記データ収集手段により収集された透過画像データを回転振れの無い透過画像データに補正する軸振れ補正手段と、
前記軸振れ補正手段により補正された複数の透過画像データを再構成処理して断層像データを作成するための再構成手段と
を備えたことを特徴とする断層撮影装置。
【請求項３】
請求項１または請求項２に記載の断層撮影装置において、
前記軸振れ補正手段は、前記マーク位置データと、予め設定された基準位置とに基づいて回転振れ量を算出し、算出した回転振れ量に応じて、回転振れの無い透過画像データに補正する
ことを特徴とする断層撮影装置。
【請求項４】
請求項３に記載の断層撮影装置において、
前記基準位置は、前記マーク位置検出手段がマーク位置データを収集する際の画像の中心点である
ことを特徴とする断層撮影装置。
【請求項５】
請求項１または請求項２に記載の断層撮影装置において、

前記軸振れ補正手段は、前記マーク位置検出手段により得られたマーク位置データと、予め設定された回転振れの無い基準マーク位置データとに基づいて回転振れ量を算出し、算出した回転振れ量に応じて、回転振れの無い透過画像データに補正する
ことを特徴とする断層撮影装置。
【請求項６】
請求項２に記載の断層撮影装置において、
前記軸振れ補正手段は、前記マーク位置検出手段により得られたマーク位置データと、予め設定された回転振れの無い基準マーク位置データとに基づいて回転振れ量を算出し、算出した回転振れ量に対応する距離を移動するように前記平行移動機構を制御する
ことを特徴とする断層撮影装置。
【請求項７】
請求項１乃至請求項６のいずれか１項に記載の断層撮影装置において、
前記放射線の中心線と前記回転機構の回転軸との交差角が、２０°～７０°の範囲内のいずれかの角度である
ことを特徴とする断層撮影装置。
【請求項８】
請求項１乃至請求項７のいずれか１項に記載の断層撮影装置において、
前記マーク位置検出手段は、前記マークを撮影するためのＴＶカメラ
を備えたことを特徴とする断層撮影装置。
【請求項９】
請求項１乃至請求項８のいずれか１項に記載の断層撮影装置において、
前記マーク位置検出手段は、前記マークが形成された面までの距離を検出する距離計
を備えたことを特徴とする断層撮影装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、放射線源と被検体とを相対的に回転させ、予め設定された回転角度毎に放射線の透過画像データを取り込み、その透過画像データから断層像データを作成する断層撮影装置に関し、例えば、被検体の形状に依存せずに回転振れの影響を除去した断層像データを作成し得る断層撮影装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来から、被検体の断層像を得るために、断層撮影装置が用いられている。例えば、ラミノグラフ(Laminograph)［トモシンセシス(Tomosynthesis)装置ともいう］、あるいはCT(ComputerTomograpy)装置等の断層撮影装置が用いられる。
【０００３】
円錐軌道タイプの断層撮影装置は、放射線源から発生する放射線を被検体に照射する。それから、その被検体を透過した放射線を２次元分解能の放射線検出器で検出する。放射線を照射する際に、放射線の光軸に対し傾斜した角度の回転軸を中心として、放射線源および放射線検出器と被検体とを相対的に回転させる。そして、設定された角度を回転する毎に、放射線検出器から透過画像データを得る。それから、透過画像データを再構成処理して、被検体の断層像データおよび３次元画像データを作成する。なお、放射線と被検体とを相対的に回転させるには、放射線源および放射線検出器に対して被検体を回転させてもよいし、被検体に対して放射線源および放射線検出器を回転させてもよい。
【０００４】
しかしながら、上述した断層撮影装置において、回転軸を中心として放射線と被検体とを回転させる際、回転軸が振れてしまい、断層象データがぼやけてしまうことがある。
【０００５】
そこで、断層撮影装置における回転軸の振れ（以下、「回転振れ」ともいう。）の影響を除去した断層像データを作成する方法が検討されている。

【０００６】
例えば、特許文献１には、Ｘ線検出器で得られた透過画像から回転振れの大きさを求め、この振れを打ち消すように回転機構を移動させる断層撮影装置について記載されている。また、画像から回転振れの大きさを求める代わりに、特定部分の位置を検出して回転振れの大きさを求める方法についても記載されている。具体的には、回転テーブルの外周面を真円に仕上げ、この外周面の１箇所の位置を、接触式もしくは非接触式のセンサを用いて検知することにより回転振れの大きさを求めている。
【特許文献１】特開２００５－１０６５１５号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
しかしながら、上述したような特許文献１に記載されている断層撮影装置では、以下の問題が生じる。
【０００８】
（１）被検体の透過画像において、特徴点が明瞭に現われるケースはまれであるという問題がある。すなわち、Ｘ線検出器で得られた被検体の透過画像データから回転軸の振れの大きさを求めるためには、透過画像上に基準となる特徴点が必要とされる。さらに、被検体を回転させて透過方向が変わったときでも、常に被検体上の１点にこの特徴点が固定されている必要がある。そのため、透過画像上に被検体の特徴点が明瞭に、かつ被検体に固定して現われない場合には、回転振れの大きさを算出できない場合が生じる。
【０００９】
（２）回転テーブルの外周面を正確に真円に加工することは容易ではないという問題がある。また、外周面の傷・加重時のテーブルの歪み・外部の熱環境等の影響により、外周面を真円の状態とすることは困難である。それゆえ、真円に対する回転テーブルの外周のズレの大きさが回転軸の振れの大きさより大きくなると、回転振れの大きさを算出できなくなる。すなわち、回転振れを正確に補正できない場合が生じる。
【００１０】
本発明は、上記実情を鑑みてなされたものであり、被検体の形状に依存せずに回転振れの影響を除去した断層像データを作成し得る断層撮影装置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】
【００１１】
本発明は上記課題を解決するために以下の手段を講じる。
【００１２】
請求項１に対応する発明は、被検体が載置される表面部と、前記表面部の反対側にマークが形成された裏面部とを備えたテーブル部材と、前記テーブル部材に載置された前記被検体に放射線を照射する放射線源と、前記被検体を透過した放射線を検出する放射線検出手段と、前記放射線源および前記放射線検出手段と前記テーブル部材とを、該テーブル部材の表面部に垂直な回転軸に沿って相対的に回転させる回転機構と、前記被検体が前記テーブル部材に載置された場合、前記放射線検出手段により検出された放射線量から前記被検体の透過画像データを収集するためのデータ収集手段と、前記マークの位置を検出するためのマーク位置検出手段と、前記マーク位置検出手段により得られたマーク位置データに基づいて、前記データ収集手段により収集された透過画像データを回転振れの無い透過画像データに補正する軸振れ補正手段と、前記軸振れ補正手段により補正された複数の透過画像データを再構成処理して断層像データを作成するための再構成手段とを備えた断層撮影装置である。
【００１３】
請求項２に対応する発明は、被検体が載置される表面部を有するテーブル部材と、前記テーブル部材に載置された前記被検体に放射線を照射する放射線源と、前記被検体を透過した放射線を検出する放射線検出手段と、前記放射線源および前記放射線検出手段と前記テーブル部材とを、該テーブル部材の表面部に垂直な回転軸に沿って相対的に回転させる

回転機構と、前記テーブル部材を支持するとともに、前記表面部に沿って該テーブル部材を平行移動させる平行移動機構と、前記テーブル部材の表面部の反対側に該表面部と平行になるように前記平行移動機構に固定され、マークが形成された表面部を有するマークプレートと、前記テーブル部材の表面部に前記被検体が載置された場合、前記放射線検出手段により検出された放射線量から前記被検体の透過画像データを収集するためのデータ収集手段と、前記マークの位置を検出するためのマーク位置検出手段と、前記マーク位置検出手段により得られたマーク位置データに基づいて、前記データ収集手段により収集された透過画像データを回転振れの無い透過画像データに補正する軸振れ補正手段と、前記軸振れ補正手段により補正された複数の透過画像データを再構成処理して断層像データを作成するための再構成手段とを備えた断層撮影装置である。

【００１４】

請求項３に対応する発明は、請求項１または請求項２に対応する断層撮影装置において、前記軸振れ補正手段は、前記マーク位置データを、予め設定された基準位置に一致させることにより回転振れの無い透過画像データを得る断層撮影装置である。

【００１５】

請求項４に対応する発明は、請求項３に対応する断層撮影装置において、前記基準位置は、前記マーク位置検出手段がマーク位置データを収集する際の画像の中心点である断層撮影装置である。

【００１６】

請求項５に対応する発明は、請求項１または請求項２に対応する断層撮影装置において、前記軸振れ補正手段は、前記マーク位置検出手段により得られたマーク位置データと、予め設定された回転振れの無い基準マーク位置データとに基づいて回転振れ量を算出し、算出した回転振れ量に応じて、回転振れの無い透過画像データに補正する断層撮影装置である。

【００１７】

請求項６に対応する発明は、請求項２に対応する断層撮影装置において、前記軸振れ補正手段は、前記マーク位置検出手段により得られたマーク位置データと、予め設定された回転振れの無い基準マーク位置データとに基づいて回転振れ量を算出し、算出した回転振れ量に対応する距離を移動するように前記平行移動機構を制御する断層撮影装置である。

【００１８】

請求項７に対応する発明は、請求項１乃至請求項６のいずれか１項に対応する断層撮影装置において、前記放射線の中心線と前記回転機構の回転軸との交差角が、２０°～７０°の範囲内のいずれかの角度である断層撮影装置である。

【００１９】

請求項８に対応する発明は、請求項１乃至請求項６のいずれか１項に対応する断層撮影装置において、前記マーク位置検出手段は、前記マークを撮影するためのＴＶカメラを備えた断層撮影装置である。

【００２０】

請求項９に対応する発明は、請求項１乃至請求項８のいずれか１項に対応する断層撮影装置において、前記マーク位置検出手段は、前記マークが形成された面までの距離を検出する距離計を備えた断層撮影装置である。

【００２１】

＜作用＞

従って、本発明は以上のような手段を講じたことにより、以下の作用を有する。

【００２２】

請求項１に対応する発明は、被検体が載置される表面部と、表面部の反対側にマークが形成された裏面部とを備えたテーブル部材と、マークの位置を検出するためのマーク位置検出手段と、マーク位置検出手段により得られたマーク位置データに基づいて、透過画像データを回転振れの無い透過画像データに補正する軸振れ補正手段とを備えた構成により、３次元的にマークＭｃの位置を検出して回転振れ量を３次元的に求めることができる。

【００２３】
請求項２に対応する発明は、テーブル部材を支持するとともに、表面部に沿って当該テーブル部材を平行移動させる平行移動機構と、テーブル部材の表面部の反対側に表面部と平行になるように平行移動機構に固定され、マークが形成された表面部を有するマークプレートと、マークの位置を検出するためのマーク位置検出手段と、マーク位置検出手段により得られたマーク位置データに基づいて、透過画像データを回転振れの無い透過画像データに補正する軸振れ補正手段とを備えた構成により、３次元的にマークＭｃの位置を検出して回転振れ量を３次元的に求めることができる。
【００２４】
請求項３に対応する発明は、請求項１・２に対応する作用に加え、軸振れ補正手段は、マーク位置データと、予め設定された基準位置とに基づいて、回転振れが生じた場合に、その回転振れの大きさを求めることができる。それゆえ、回転振れの無い透過画像データを得ることができる。
【００２５】
請求項４に対応する発明は、請求項３に対応する作用に加え、基準位置は、マーク位置検出手段がマーク位置データを収集する際の画像の中心点であるので、この中心点からの回転振れの大きさを求めることができる。それゆえ、回転軸の振れを補正できる。
【００２６】
請求項５に対応する発明は、請求項１・２に対応する作用に加え、軸振れ補正手段は、マーク位置検出手段により得られたマーク位置データと、予め設定された回転振れの無い基準マーク位置データとに基づいて回転振れ量を算出するので、回転振れが生じた場合に、その回転振れの大きさを求めることができる。それゆえ、回転振れの無い透過画像データを得ることができる。
【００２７】
請求項６に対応する発明は、請求項２に対応する作用に加え、軸振れ補正手段は、マーク位置検出手段により得られたマーク位置データと、予め設定された回転振れの無い基準マーク位置データとに基づいて回転振れ量を算出するので、回転振れが生じた場合に、その回転振れの大きさを求め、平行移動機構を制御して回転振れを打ち消すことができる。それゆえ、回転振れの無い透過画像データを得ることができる。
【００２８】
請求項７に対応する発明は、請求項１～６に対応する作用に加え、放射線の中心線と回転機構の回転軸との交差角が、２０°～７０°の範囲内のいずれかの角度であるので、回転振れを補正した円錐軌道の断層撮影が可能なる。
【００２９】
請求項８に対応する発明は、請求項１～７に対応する作用に加え、マーク位置検出手段は、マークを撮影するためのＴＶカメラを備えた構成により、テーブル部材の裏面部に沿った方向のマーク位置を検出できる。
【００３０】
請求項９に対応する発明は、請求項１～８に対応する作用に加え、マーク位置検出手段は、マークが形成された面までの距離を検出する距離計を備えた構成により、テーブル部材の裏面部の法線方向のマーク位置を検出できる。
【発明の効果】
【００３１】
本発明によれば、被検体の形状に依存せずに回転振れの影響を除去した断層像データを作成できる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００３２】
以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。
【００３３】
＜第1の実施形態＞

（１－１．構成）

図１は本発明の第１の実施形態に係る断層撮影装置１０の構成を示す模式図である。

【００３４】

断層撮影装置１０は、被検体５の断層像データを作成するものであり、被検体載置部２０・Ｘ線照射部３０・マーク位置検出部４０・データ処理部５０とを備える。

【００３５】

被検体載置部２０は、被検体５を載置するテーブル部材２１とＸＹ機構（平行移動機構）２２・回転機構２３・昇降機構２４・機構制御部２５とを備える。この被検体載置部２０において、昇降機構２４が支持部材等（図示せず）によりフロアに固定され、その上に、回転機構２３・ＸＹ機構２２・テーブル部材２１の順に設置される。

【００３６】

テーブル部材２１は、被検体５が載置される載置面（表面部）２１Ａと、載置面２１Ａの反対側に位置し、多数の点状のマークＭが形成されたマーク面（裏面部）２１Ｂとを備えている。また、テーブル部材２１は、ＸＹ機構２２により支持される。このテーブル部材２１が平行移動や昇降・回転することにより、載置面２１Ａに載置された被検体５の任意の部位にＸ線を照射できるようになる。また、テーブル部材２１は、Ｘ線を透過し易い材質で作成される。これにより、Ｘ線ビームＢの無駄な減衰を無くしている。なお、マークＭは、格子状に規則正しく形成してもよく、図２に示すように不規則に形成してもよい。

【００３７】

ＸＹ機構２２は、機構制御部２５の制御信号に応じて、テーブル部材２１を載置面２１Ａに沿って移動させるものである。また、ＸＹ機構２２は、回転機構２３により支持される。便宜上、図１において、左から右に向かう方向をＸ方向とし、手前から奥に向かう方向をＹ方向とし、載置面２１ＡはＸＹ平面に平行であるとする。

【００３８】

回転機構２３は、機構制御部２５からの制御信号に応じて、ＸＹ機構２２を回転させるものである。詳しくは、回転機構２３は中空の軸部材を有する大口径のベアリングによりＸＹ機構２２を支持しており、ＸＹ平面と直交するＺ方向にＸＹ機構２２を回転させる。また、ベアリングの中空部を、Ｘ線ビームＢ１が通過できるようにしている。これにより、Ｘ線管３１およびＸ線検出器３２とテーブル部材２１とを、回転機構２３の回転軸Ｒに対して相対的に回転させている。また、回転機構２３は、昇降機構２４により支持される。なお、回転機構２３自身は回転するものではない。以下の説明において、このような回転しない構成の総称を「非回転側」と記載する場合がある。

【００３９】

昇降機構２４は、回転機構２３を、回転軸Ｒの方向であるZ方向に昇降させるものである。この昇降機構２４は、図示してない支持部材によりフロアから支持される。また、昇降機構２４は、Ｘ線ビームＢ１を遮らないように配置される。

【００４０】

機構制御部２５は、データ処理部５０から制御信号を受け取ると、ＸＹ機構２２・回転機構２３・昇降機構２４を駆動する制御を実行する。すなわち、機構制御部２５は、ＸＹ機構２２・回転機構２３・昇降機構２４に制御信号を送出して、テーブル部材２１の位置を調整することができる。

【００４１】

Ｘ線照射部３０は、Ｘ線管３１とＸ線検出器３２とを備える。Ｘ線照射部３０において、Ｘ線管３１とＸ線検出器３２とは、テーブル部材２１を挟み、そのテーブル部材２１の回転軸Ｒ上の撮影領域中心点Ｃに対して対向するように配置される。なお、Ｘ線管３１とＸ線検出器３２とは、図示していない支持部材によりフロアから支持される。その他にも図示していないが、Ｘ線照射部３０には、Ｘ線管３１に高電圧を供給する高圧発生器や管電圧・管電流を制御するＸ線管制御部が備えられている。

【００４２】

Ｘ線管３１は、テーブル部材２１に載置された被検体５にＸ線ビームＢを照射するものである。詳しくは、Ｘ線管３１のＸ線焦点Ｆから放射状に放射されるＸ線ビームＢは、被検体５およびテーブル部材２１を透過する。そして、Ｘ線ビームＢのうちの一部Ｂ１が、Ｘ線検出器３２で検出される。なお、Ｘ線の中心線（以下、光軸ともいう）Ｂｃと回転機構２３の回転軸Ｒとは、２０°～７０°の範囲内のいずれかの角度αで交わるようにする。Ｘ線管３１には、焦点サイズが１μｍ程度のマイクロフォーカスＸ線管を用いることができる。なお、「Ｘ線焦点」とは、照射されるＸ線ビームを逆に辿った時の収束点のことをいう。

【００４３】

Ｘ線検出器３２は、被検体５を透過したＸ線を２次元分解能で検出するものであり、検出した信号を「透過画像データ」としてデータ収集部５１に送出する機能を有する。このようなＸ線検出器３２には、ＦＰＤ(フラットパネルディテクタ)を用いることができる。ＦＰＤは、Ｘ線検出素子をマトリックス状に並べたものである。この他、ＦＰＤを用いる代わりにＸ線Ｉ．Ｉ．（Ｘ線イメージインテンシファイア）とＴＶカメラ（テレビカメラ）とを用いることもできる。本実施形態に係るＸ線検出器３２には、デジタル出力のものを用いるが、アナログ出力のものでもＡＤコンバータを備えれば使用可能である。

【００４４】

マーク位置検出部４０は、マークＭの位置を検出するためのものであり、マーク面２１Ｂの画像を「マーク画像データ」として軸振れ補正部５２に送出する。本実施形態ではマーク位置検出部４０は、ＴＶカメラ４１と距離計４２との組み合わせにより構成される。なお、マーク位置検出部４０において、ＴＶカメラ４１と距離計４２とには、Ｘ線ビームＢの照射による劣化を起こさないように、Ｘ線の遮蔽が行なわれるが、図１では省略している。Ｘ線の遮蔽は、例えば、ＴＶカメラ４１と距離計４２との前面に鉛ガラスを設置したり、本体の周囲を鉛で覆ったりすることにより行なわれる。遮蔽物を設置した場合には、鏡等により測定光を折り曲げて検出する。

【００４５】

ＴＶカメラ４１は、支持フレーム４３を介して回転機構２３(非回転側：回転しない構成)に支持されている。また、ＴＶカメラ４１は、その光軸が回転軸Ｒに一致するように調整される。すなわち、ＴＶカメラ４１の視野中心である中心点Ｏは（設置誤差内で）回転軸Ｒと一致する。ＴＶカメラ４１は、マーク面２１Ｂにおける回転軸Ｒ上の点Ｒｃに一番近いマークＭｃを撮影する。それゆえ、視野の範囲を狭くすることができ、高拡大率で撮影することができる。ＴＶ力メラ４１により検出されるマーク面２１Ｂのマーク画像データは、軸振れ補正部５２に送出される。なお、マーク画像データには、マークＭｃの位置を示す「マーク位置データ」のＸ成分およびＹ成分の値が含まれる。

【００４６】

また、ＴＶカメラ４１は、顕微鏡の光学系に、動画が撮影できるＣＣＤなどの撮像素子を組み合わせたものである。ここでは、デジタル出力のものを用いるが、アナログ出力のものにＡＤコンバータを設けて使用することもできる。また、被写界深度の深い光学系を有するものを用いると、マーク面２１Ｂの高さが振れたときに画像がぼやけないようにすることができる。

【００４７】

距離計４２は、ＴＶカメラ４１の近傍に支持フレーム４３を介して回転機構２３(非回転側：回転しない構成)に支持されている。距離計４２は、マーク面２１Ｂまでの距離を計測する。すなわち、マーク面２１Ｂの法線方向（Ｚ方向）の位置を検出するものであり、マークＭｃまでの高さhを非接触で検出する。このような距離計４２としては、例えばレーザ変位計などの光を用いた非接触の距離計を用いることができる。また、距離計４２により検出されるマークＭｃまでの高さを示すデータは、「マーク距離データ」として、軸振れ補正部５２に送られる。なお、マーク距離データは、マーク位置データのＺ成分の値となる。

【００４８】

データ処理部５０は、データ収集部５１・軸振れ補正部５２・再構成部５３を備える。具体的には、データ処理部５０は、ＣＰＵ・主メモリ・ハードディスク・キーボード・マウス・プリンタ・表示部・各種インターフェース等を備えた一般的な計算機により構成される。データ処理部５０は、透過画像データを記憶したり、順次送られてきた透過画像データをそのまま動画像として表示部に表示したりする。また、透過画像データを再構成処理して作成した断層像データや３次元画像データを記憶したり表示したりする。また、各インターフェースからの入力に基づき、機構制御部２５に制御信号を送出し、断層撮影のスキャン動作を行なわせたりする。

【００４９】

また、データ処理部５０は、データ収集部５１や軸振れ補正部５２・再構成部５３などのソフトウェアの機能ブロックをハードディスクに記憶しており、これらのソフトウェアをハードディスクから主メモリに読み込ませて機能を発揮させている。

【００５０】

データ収集部５１は、被検体５がテーブル部材２１に載置された場合、Ｘ線検出部３２により検出された被検体５の透過画像データを収集するためのものである。また、データ収集部５１は、収集した透過画像データを、軸振れ補正部５２に送出する。

【００５１】

軸振れ補正部５２は、ＴＶカメラ４１からマーク面２１Ｂのマーク画像データを取得し、距離計４２からマークＭｃまでのマーク距離データを取得する。そして、軸振れ補正部５２は、これらのデータに基づき、データ収集部５１から送出された透過画像データを、回転振れの無い透過画像データに補正する。具体的には、軸振れ補正部５２は、マーク面２１Ｂのマーク画像データから、マークＭｃの位置を示すマーク位置データのＸ成分およびＹ成分を算出する。そして、回転機構２３がテーブル部材２１を回転させる度に、マークＭｃの位置と、予め設定された基準位置とに基づいて回転振れ量を算出する。ここでは、基準位置は、データ収集部５１が透過画像データを収集する際の中心点である。このように、回転機構２３によりテーブル部材２１を回転して、被検体５の透過画像データを撮影する度に、ＴＶカメラ４１により撮影されるマーク画像の中心点Ｏと選択したマークＭｃの位置とに基づいて回転振れ量を算出している。具体的には、図３に示すマーク画像において、マーク画像の中心点Ｏからマーク位置Ｍｃまでの距離（ΔＸ，ΔＹ）を回転振れ量として求める。ここで求める回転振れ量（ΔＸ，ΔＹ）は、正確に言えば、実際の回転軸Ｒの振れた量と振れが無い場合のマークＭｃの円運動による移動量とが加算された値であるが、この回転振れ量を用いて、後述するステップＳ７～Ｓ１１の処理により、回転振れの無い透過画像データを得ることができる。また、補正された回転振れの無い透過画像データは、再構成部５３に送出される。

【００５２】

再構成部５３は、複数の透過画像データを再構成処理するためのものであり、断層像データを作成する機能を有している。ここでは、再構成部５３は、軸振れ補正部５２から透過画像データを受け取り、被検体５の断層像データを作成する。

【００５３】

なお、上述したもの以外の構成として、断層撮影装置１０は、マーク面２１Ｂを照らす照明やＸ線を遮蔽する遮蔽箱（図示せず）等を備えている。遮蔽箱は、被検体５・被検体載置部２０・Ｘ線照射部３０・マーク位置検出部４０を格納して外部にＸ線をもらさないようにするとともに、それらの部材を支持する筐体の役目を果たすものである。

【００５４】

（１－２．動作）

次に、本実施形態に係る断層撮影装置１０の動作を図４のフローチャートを用いて説明する。

【００５５】

（断層撮影のスキャン）

始めに、操作者により、被検体５がテーブル部材２１に載置される（ステップＳ１）。

この際、リアルタイムあるいはそれに準じたフレームレートの動画像の透過画像データがディスプレイ等の表示部に表示される。そこで、操作者は、ディスプレイに表示される透過画像を観察しながら、ＸＹ機構２２・回転機構２３・昇降機構２４を手動操作する。そして、被検体５の所望の部位と撮影領域中心Ｃとが一致するようにする（ステップＳ２）。

【００５６】

次に、Ｘ線の照射条件や１回転あたりの収集点数などの撮影条件、さらにスライス幅・スライスピッチ・スライス枚数などの再構成条件等が操作者によりデータ処理部５０に入力される。そして、これらの条件に基づき、1回転の走査の間に多数点でデータ収集を行なう断層撮影のスキャンが開始される（ステップＳ３）。

【００５７】

断層撮影のスキャンが開始されると、入力された撮影条件に従って回転機構２３を回転させる制御信号がデータ処理部５０から機構制御部２５へ送出される。そして、機構制御部２５が回転機構２３を回転させ、１回転あたりの収集点数で決まる回転ピッチ毎にＸ線検出器３２から透過画像データがデータ収集部５１へ送出される（ステップＳ４）。また、透過画像データが収集される回転ピッチに対応して、ＴＶカメラ４１・距離計４２から、マーク画像データおよびマーク距離データが軸振れ補正部５２にそれぞれ送出される（ステップＳ５）。

【００５８】

なお、断層撮影のスキャンは、連続回転で行なうことも、回転ピッチごとに停止させて行なうことも可能である。また、データ処理部５０に収集される透過画像データ、マーク画像データおよびマーク距離データは、データ容量が多く、主メモリだけでは記憶できない。そのため、ハードディスクに一旦記憶して、処理を行なうときに主メモリに読み込まれるようにしている。すなわち、処理途中のデータあるいは処理終了後のデータは主メモリ上にあるが、データ量が多い場合や不揮発記憶したい場合は適時ハードディスクに記憶されるようにしている。以下、メモリの記載は省略する。

【００５９】

以上説明したようなデータ収集の実行後に、マークＭｃの位置がマーク画像の中心点Ｏに存在し、かつ、マーク高さｈが1回目のデータ収集点でのマーク高さｈ０と同じ場合、テーブル部材２１の回転軸Ｒが振れていないとして、回転振れの補正は実行されずに、次のデータ収集が実行される（ステップＳ６－Ｙｅｓ，ステップＳ１２）。

【００６０】

一方、データ収集の実行後に、マークＭｃの位置がマーク画像の中心点Ｏから外れた場合、あるいは、マーク高さｈが1回目のマーク高さｈ０と同じでない場合、回転振れが生じたものとして、回転振れの補正処理が実行される（ステップＳ６－Ｎｏ）。

【００６１】

（回転振れの補正）

回転振れの補正は、以下の手順により行なわれる。

【００６２】

まず、マーク位置データに基づいて、「第１振れベクトルＳ」が軸振れ補正部５２により算出される（ステップＳ７）。

【００６３】

具体的には、マークＭｃの位置とマーク画像の中心点Ｏとの距離（ΔＸ，ΔＹ）が求められる。すなわち、図３に示すようなマーク画像データがマーク位置検出部４０から軸振れ補正部５２に送出される。実際にはマーク画像には多数のマークが写ることになるが、図３においては測定対象のマークＭｃのみを模式的に示している。軸振れ補正部５２は、多数のマークのうち、マーク画像の中心Ｏに一番近いマークＭｃを選び、このマークを追跡して測定の対象とする。そこで、軸振れ補正部５２では、このマークＭｃの重心のマーク画像の中心から計ったＸ方向およびＹ方向のずれの実長(㎜)を△X，△Yとして算出する。この際、マーク画像の1画素がマーク面２１Ｂの何ｍｍに相当するかを予め較正してお

くことでΔＸ，ΔＹを求めることができる。

【００６４】

また、軸振れ補正部５２では、マークＭｃまでの高さｈと、1回目のデータ収集の際に測定されたマークの高さｈ０との差ΔＺを、式、

ΔＺ＝ｈ－ｈ０　……（１）

により求める。

【００６５】

以上説明した手順により、マーク面２１Ｂにおける第1振れベクトルＳ（ΔＸ，ΔＹ，ΔＺ）が軸振れ補正部５２により算出される。

【００６６】

続いて、第１振れベクトルに基づいて、「第２振れベクトルＳｄ」が軸振れ補正部５２により算出される（ステップＳ８）。

【００６７】

前提として、直交座標ＸＹＺを角度αだけ傾斜させた直交座標ξ,η,ζを、図５に示すように規定する。ζは光軸Ｂｃ方向、ηはY方向とする。また、検出面３２Ａ上の直交座標ξd，ηdを図５のようにする。ξd，ηdは画素の方向で、それぞれξ,η方向と一致する。

【００６８】

このようなξ,η,ζ座標への、第1振れベクトルＳ（ΔＸ，ΔＹ，ΔＺ）の変換は、式、

Δξ=△X・cos(α)+△Z・sin(α)　……（２）

Δη=△Y　……（３）

Δζ=－△X・sin(α)+△Z・cos(α)　……（４）

により算出することができる。

【００６９】

これらの値を用いると、第1振れベクトルの検出面３２Ａへの射影である第２ベクトルＳｄ(△ξd，△ηd)は、式、

mag'=FDD/(FCD－△ζ)　……（５）

Δξd=mag'・△ξ　……（６）

Δηd=mag'・△η　……（７）

により算出することができる。

【００７０】

但し、FDDはFとDとの距離、FCDはFとCとの距離を表わす。また、mag'は振れが生じたときの幾何拡大率を表わす。

【００７１】

以上説明した手順により、検出面３２Ａにおける第２振れベクトルＳｄ（Δξｄ，△ηd）が軸振れ補正部５２により算出される。

【００７２】

続いて、第２振れベクトルに基づいて、「第３振れベクトルＳｇ」が軸振れ補正部５２により算出される（ステップＳ９）。

【００７３】

具体的には、検出面３２Ａ上での1画素サイズは既知の値であるので、検出面３２Ａ上での第２振れベクトルＳｄ（△ξd，△ηd）から、式、

△ｉ=△ξd/検出面上での1画素サイズ　……（８）

△ｊ=△ηd/検出面上での1画素サイズ　……（９）

に基づいて透過データが作る透過画像上における第３振れベクトルＳｇ（△ｉ，△ｊ）を求めることができる。

【００７４】

また、振れが生じたときの画像は、振れが生じなかったときの画像に比して、第３振れベクトルＳｇだけ画像がずれているとともに、ファクタｆｍだけ拡大率が変化している。

この拡大率ファクタｆｍは、式、

fm=mag'/(△ζ=0のmag')=FCD/(FCD－△ζ)　……（１０）

のように表わされる。

【００７５】

以上説明した手順により、第３振れベクトルＳｇ（△ｉ，△ｊ）と拡大率変化ファクタｆｍとが軸振れ補正部５２によりデータ収集する度に求められる。

【００７６】

続いて、第３振れベクトルＳｇに基づき、データ収集部５１が収集する透過画像データに対して回転軸Ｒの振れの補正が実行される。

【００７７】

具体的には、データ収集部５１が収集した透過画像データを、第３振れベクトルＳｇだけ逆方向に移動する(すなわち－Ｓｇだけずらす)処理が行なわれる（ステップＳ１０）。それから、透過画像の画面中心を固定点とし、１／ｆｍの拡大処理が行なわれる（ステップＳ１１）。これにより、回転振れによる画像のずれと拡大率変化の補正が行われ、回転軸Ｒの振れが無い場合の透過画像データが得られる。

【００７８】

なお、この補正では、マーク画像上で、マークＭｃが常に中心点Ｏにくるように補正される。これにより、透過画像は、マークＭｃを中心として理想的な回転がおこなわれた時の透過画像に補正される。

【００７９】

（再構成処理）

そして、断層撮影のスキャンが終了すると（Ｓ１２－Ｙｅｓ）、補正された透過画像データが再構成部５３により再構成処理されて、断層像データが作成される（ステップＳ１３）。一方、スキャンが終了していなければ（Ｓ１２－Ｎｏ）、回転機構２３が予め設定された角度だけ回転し、次のデータ収集が実行される。

【００８０】

なお、透過画像データから断層像データを再構成するには、Feldkampのコーンビーム CT再構成アルゴリズム(L.A.Feldkamp,L.C.Davis and J.W.Kress,Practical cone-beam algorithm,J.Opt.Soc.Am.A/Vol.1,No.6/June1984)等の方法を用いることができる。図６に概念図を示して補足すると、まず、収集した多数の透過画像データＤ１を対数変換し、複数の投影画像データＤ２を得る。それから、これらの投影画像データＤ２のそれぞれに対して空間フィルタ処理を行なう。空間フィルタ処理は、検出器傾動面Ｇに沿ったＧＸ方向にハイカット処理を行ない、ＧＸ方向に直交するＧＹ方向に高域強調処理(CTにおけるRamachandran & Lakshminarayananフィルタ処理等に相当)を行なう。次に、空間フィルタ処理をした投影画像データＤ２を、被検体５に固定した仮想の断面マトリックスＣＳＭに、Ｘ線焦点Ｆに向けて３次元的に逆投影する。そして、逆投影したデータを積算すると、断層像データが得られる。逆投影する際には、傾斜角αが大きいほどＧＸ方向へのハイカット処理におけるカットオフ周波数を大きくする。

【００８１】

以上説明した手順で断層像データを作成することができる。また、断層像データを1枚だけでなく、等間隔に並んだ多数枚の断層像データも作成できる。この結果、３次元画像データを得ることもできる。なお、一般的には、断層像データは載置面２１Ａに沿った面で再構成するが、他の面であっても再構成することができる。

【００８２】

（１－３．効果）

以上説明したように本実施形態に係る断層撮影装置１０によれば、マークＭｃが形成されたマーク面２１Ｂを備えたテーブル部材２１と、マークＭｃの位置を検出するためのＴＶカメラ４１および距離計４２と、ＴＶカメラ４１および距離計４２により得られたマークＭｃの位置データに基づいて、透過画像データを回転振れの無い透過画像データに補正する軸振れ補正部５２とを備えた構成により、３次元的にマークＭｃの位置を検出して回

転振れ量を３次元的に求めることができる。そして、この回転振れ量から、透過画像データの収集点毎に、第３振れベクトルＳｇと、拡大率変化ファクタｆｍとを求めることができる。それゆえ、透過画像データに対し正確な回転振れの補正をすることができる。

【００８３】

補足すると、ＴＶカメラ４１により、回転軸Ｒ上あるいは回転軸Ｒに一番近いマークＭｃを可視光で検出するので、撮影するＴＶカメラ４１の視野を狭くできるとともに、高拡大率にできる。それゆえ、高精度でマークＭｃの位置を検出することができる。この結果、透過画像データに対し正確な回転振れの補正が可能となる。

【００８４】

さらに、被検体５を載置したテーブル部材２１の回転振れ量を求めているので、ＸＹ機構２２のガタつきによるテーブル部材２１の振れや、テーブル部材２１の回転中の反りの変化による振れなども補正できる。

【００８５】

なお、マークＭｃを撮影して回転振れ量を求めているので、テーブル部材２１の外周面を真円に仕上げるような機械加工が不要となる。補足すると、直径が１ｍ程度のテーブル部材２１を真円加工して、数μｍの回転軸Ｒの振れを高精度に検出するのは極めて困難である。これに対し、本実施形態に係る断層撮影装置１０を用いれば、マークＭの位置を高拡大率で検出することができるので、回転軸Ｒの振れを高精度に検出することができる。

【００８６】

また、本実施形態に係る断層撮影装置１０は、円錐軌道タイプの断層撮影装置であるので、平板状の被検体であっても短いＸ線透過経路で断層撮影ができる。また、平板状の被検体であっても撮影領域中心点ＣをＸ線焦点に近づけて高拡大率の断層撮影ができる。特に、部品が実装された基板等の検査を好適に実施することができる。

【００８７】

なお、本実施形態においては、テーブル部材２１には多数のマークが形成されており、マーク画像の中心点Ｏに一番近いマークＭｃの位置を追跡して測定している。ここで、「追跡」とは、前回のスキャンで得たマーク面２１Ｂの画像におけるマークＭｃの位置に最も近いマークを新たなマークＭｃとすることであり、１データ収集ごとのマークの移動距離が隣接するマークとの距離の１／２以下であれば、1つのマークを追跡し続けることができる。

【００８８】

＜第２の実施形態＞

図７は本発明の第２の実施形態に係る断層撮影装置１０Ｓの概念図である。なお、既に説明した部分と同一部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する。また、以下の各実施形態も同様にして重複した説明を省略する。

【００８９】

本実施形態に係る断層撮影装置１０Ｓは、テーブル部材２１の裏面側にはマークＭを形成せずに、テーブル部材２１の表面部と平行にＸＹ機構２２（ＸＹ非移動側）に固定されたマークプレート２６を備えている。このマークプレート２６の表面部には、点状のマークＭが形成される。このマークＭは回転軸Ｒに合わせるようにするが、完全に合わなくてもよい。また、1個でなく複数個であってもよい。なお、マークＭを1個だけ形成した場合は、マーク画像の視野中心（中心点Ｏ）に一番近いマークＭの選択と、選んだマークＭの追跡が不要となる。なお、マークプレート２６は、Ｘ線を透過し易い部材で形成される。

【００９０】

上述したように本実施形態に係る断層撮影装置１０Ｓは、テーブル部材２１にマークＭを形成せずに、マークプレート２６を備えているので、 第１の実施形態に係る断層撮影装置１０に比して、広い面積に多数のマークを付ける必要がなくなる。

【００９１】

＜本発明の実施形態の変形例＞

以下、本発明の実施形態の変形例について説明する。

【００９２】
（変形例１）
第１及び第２の実施形態では、第1振れベクトルＳをマーク画像の視野中心を基準に測定している。そして、データ収集の度に、マークＭｃをマーク画像の中心点Ｏに戻すようにして回転軸Ｒの振れの補正を行なう。すなわち、マークＭｃを基準点として、マークＭｃがあたかも回転中心であるかのように透過画像を補正している。これに対し、基準点をマークＭｃ以外に設定することもできる。
【００９３】
例えば、１回目のデータ収集点での視野中心を基準点として回転軸Ｒの振れを補正することができる。図８は変形例１における振れベクトルＳの求め方の説明図である。ここで、１回目のデータ収集におけるマークＭの位置を点Ｍ０で表わす。そうすると、回転軸Ｒに振れが無い場合、角度φ回転したときのマークＭの位置は、点Ｍ０とマーク画像の中心点Ｏとを半径とする円周上の点Ｍφ０で表わされることになる。これは、角度φ回転したときに、回転軸Ｒの振れが無かった場合のマークＭの位置を意味する。そこで、実際に測定したマークＭの位置を示す点Ｍφと、この点Ｍφ０との差を振れベクトルＳとして求めることができる。これにより、1回目のデータ収集の際のマーク画像の視野中心を基準点として透過画像データの補正ができるようになる。
【００９４】
（変形例２）
第１及び第２の実施形態では、マーク位置検出部４０は、ＴＶカメラ４１と距離計４２とを用いたが、ＴＶカメラ４１のみとすることもできる。この場合、ＴＶカメラ４１として、オートフォーカス型のものを用いる。すなわち、自動的にマーク面２１Ｂにピントを合わせてマーク画像を撮影するので、オートフォーカスの作動量からマーク高さｈを求めることができる。オートフォーカスの原理の一例を図９に示す。ＴＶカメラ４１は、光学系９１・撮像部９２・制御部９３・機構部９４よりなる。撮像部９２は画像を制御部９３に出力し、制御部９３はこの画像の高周波成分の大きさを求め、この大きさが大きくなる方向に機構部９４を制御し、機構部９４は光軸９５に沿って光学系９１、あるいは光学系９１と撮像部９２とを移動させる。これにより、ピントを合わせが自動で行われるとともに機構部９４の移動量からマークＭまでの高さｈを算出することができる。なお、オートフォーカスの方式には、他にも色々な方式があるが、そのいずれであっても使用可能である。
【００９５】
また、オートフォーカス型のＴＶカメラ４１と距離計４２とを併用してもよい。併用する場合、マークＭまでの高さhを距離計４２で求め、ＴＶカメラ４１のオートフォーカス機能を単にピント合わせにのみ用いる。
【００９６】
また、距離計４２は、レーザ変位計により距離を測るものでも、通常光を用いた三角測量方式で距離を測るものでも、オートフォーカシングの作動により距離を測るものでもよい。
【００９７】
（変形例３）
第１及び第２の実施形態では、昇降機構２４の上に回転機構２３およびＸＹ機構２２を設けているが、昇降機構２４を、テーブル部材２１とＸＹ機構２２との間に設けてもよいし、ＸＹ機構２２と回転機構２３との間に設けてもよい。ただし、ＸＹ機構２２と回転機構２３との間に設ける場合、昇降によりＴＶカメラ４１とマーク面との距離が大きく変化する場合に、ピントの合わせ直し（オートフォーカス）が必要となる。また、距離の変化が大きい場合には、マーク画像の拡大率が変化するので、これを補正する必要も生じる。すなわち、マーク画像の1画素がマーク面の何ｍｍに相当するかの値を距離に応じて変更する必要がある。
【００９８】

（変形例４）
第１及び第２の実施形態において、ＴＶカメラ４１と距離計４２とは非回転側（回転しない構成）から支持すればよく、フロア側から支持してもよい。ただし、昇降によりＴＶカメラ４１とマーク面との距離が大きく変化する場合には、ピントの合わせなおし(オートフォーカス)が必要である。また、距離の変化が大きい場合、マーク画像の拡大率が変化するので、これを補正する必要が生じる。
【００９９】
（変形例５）
第１の実施形態では、被検体５を回転させているが、Ｘ線管３１とＸ線検出器３２とを備えるＸ線照射部３０を回転させてもよい。この場合、マーク位置検出部４０（ＴＶカメラ４１および距離計４２）をＸ線照射部３０に固定して一緒に回転させるようにする。
【０１００】
図１０（Ａ）～図１０（Ｃ）は、変形例５における断層撮影装置１０Ａ～１０Ｃの模式図である。第１及び第２の実施形態と同一の構成要素には同一の番号を付し、その説明を省略する。変形例５における断層撮影装置１０は、回転フレーム４４を備えている。回転フレーム４４は、Ｘ線照射部３０（Ｘ線管３１とＸ線検出器３２）とマーク位置検出部４０（ＴＶカメラ４１と距離計４２）とを一体で回転させるように互いを固定する部材である。また、図１０（Ａ）～図１０（Ｃ）において、“ＦＬ．”はフロア側から支持されていることを意味する。
【０１０１】
図１０（Ａ）に示す断層撮影装置１０Ａは、第１の実施形態の変形例であり、Ｘ線管３１とＸ線検出器３２・マーク位置検出部４０・回転フレーム４４とが一体で回転するものである。また、ＸＹ機構２２がテーブル部材２１を移動させて撮影領域を変更する。
【０１０２】
図１０（Ｂ）に示す断層撮影装置１０Ｂは、断層撮影装置１０ＡにおいてＸＹ機構２２を回転機構２３とフロアとの間に配置換えしたものである。この断層撮影装置１０Ｂでは、撮影領域の変更はＸ線照射部３０を移動することで行なう。
【０１０３】
図１０（Ｃ）に示す断層撮影装置１０Ｃは、第２の実施形態の変形例であり、Ｘ線管３１とＸ線検出器３２・マーク位置検出部４０・回転フレーム４４とが一体で回転するものである。
【０１０４】
なお、図１０（Ａ）～図１０（Ｃ）においては、昇降機構２４は図示を省略している。昇降機構２４は色々な位置に配置することが可能である。例えば、図１０（Ａ）および図１０（Ｃ）に示す断層撮影装置１０Ａ・１０Ｃでは、テーブル部材２１とＸＹ機構２２との間、ＸＹ機構２２とフロアとの間、回転フレーム４４と回転機構２３との間、もしくは回転機構２３とフロアとの間に配置できる。また、図１０（Ｂ）では、テーブル部材２１とフロアとの間、回転フレーム４４と回転機構２３との間、回転機構２３とＸＹ機構２２との間、ＸＹ機構２２とフロアとの間に配置できる。
【０１０５】
（変形例６）
第１及び第２の実施形態では、Ｘ線焦点Ｆと検出面３２Ａの中心Ｄとの距離ＦＤＤ，Ｘ線焦点Ｆと撮影領域中心Ｃとの距離ＦＣＤ，撮影領域中心Ｃと検出面３２Ａの中心Ｄとの距離ＣＤＤは、それぞれ、連続的あるいはステップ的に可変にして調整することができる。これにより幾何拡大率が可変となる。これは、回転機構２３・Ｘ線管３１・Ｘ線検出器３２のうちの任意の２つ、あるいはすべてを平行移動および／または傾斜をふくむ位置変動させる機構を設けることで可能である。
【０１０６】
また、この位置変動させる機構により、回転軸Ｒと光軸Ｂｃとの交差角αを、連続的あるいはステップ的に可変とすることができる。交差角αが９０°に近づくにつれ、断面像

データのZ方向の分解能が大きくなる。一方、交差角αが、０°になるとＺ方向の分解能がなくなる。交差角αが９０°に近づくと、被検体５（基板などの板状物体)のＸ線吸収が大きくなり断層像の画質が低下する。そこで、交差角αを０°から９０°の範囲で可変とすると、さまざまな被検体５に対応できる装置となる。

【０１０７】

（変形例７）

第１及び第２の実施形態は、断層像データを作成する断層撮影装置に係るものであるが、透視装置としても用いることができる。変形例６で説明したように、距離ＦＤＤ・ＦＣＤ・ＣＤＤのそれぞれを可変とする機能をつければ、幾何拡大率を可変にでき、交差角αを可変にする機能をつければ透視角度を変えることができる。交差角αが可変のときに、α=０°付近とした場合には、マーク位置検出部４０（ＴＶカメラ４１および距離計４２）とＸ線ビームＢ１とが干渉してしまう。そこで、透視装置として使用する時は、マーク位置検出部４０を退避する機構を設ける。

【０１０８】

（変形例８）

第１及び第２の実施形熊と他の変形例とにおいて、回転軸Ｒと光軸Ｂｃとの交差角αを９０°とすると、一般的なコーンビームＣＴ装置として使用できる。図１１は変形例８における断層撮影装置１０Ｄの模式図である。図１１において、第１の実施形態に係る断層撮影装置１０と同一の構成要素には同一の番号を付し、その説明は省略する。また、マーク位置検出部４０は、第１の実施形態のＴＶカメラ４１と距離計４２とを合わせたものである。ＦＬ．はフロア側から支持されていることを示す。断層撮影装置１０Ｄは第１の実施形態に係る断層撮影装置１０を変形したものであるが、第２の実施形態に係る断層撮影装置１０Ｓに対しても同じ変形をすることができる。

【０１０９】

また、変形例５に係る断層撮影装置に対しても同様の変形が可能である。この場合には、Ｘ線照射部３０が回転するコーンビームＣＴ装置となる。

【０１１０】

さらに、Ｘ線検出器３２を１次元検出器に置き換えると、Ｘ線ビームＢのうち、回転軸Ｒに垂直な面内に照射されるものだけを検出するシングルスライスのＣＴ装置となる。

【０１１１】

このように、本発明はコーンビームＣＴ装置やシシグルスライスのＣＴ装置にも適用できる。

【０１１２】

（変形例９）

第1及び第２の実施形態では、点状のマークＭをマーク面に形成しているが、マークの形成には色々な方法を用いることができる。例えば、印刷やレーザマーカやエッチングを用いることができる。また、吹き付け塗装で点状マークをランダムに形成することもできる。テーブル部材２１またはマークプレート２６の素材の模様をマークとして用いてもよい。また、マーク自体の形は円形でなくてもよい。

【０１１３】

また、マーク画像におけるマークＭの位置の測定も、必ずしも重心を求めて測定する必要はなく、パターンマッチングのような方法を用いてもよい。例えば、1回目のスキャンの際のマーク画像（φ＝０°）を記憶して、この１回目のマーク画像を（所定の点、たとえば中心点Ｏなどに対して）角度φだけ回転させ、さらにずらして回転角度φにおけるマーク画像とマッチングを取ることで２回目以降のズレを測定してもよい。ここで、マッチングが最もよくなるずらし量が振れベクトルとなる。さらに、このマッチングの方法を用いる場合は、個々のマークを識別する必要はなく、マーク画像全体を一つのパターンとしてあつかえばよい。これにより、マークは1つ1つが分離したマークである必要はなく、（たとえば唐草文様のような）繋がったマークであってもよい。

【０１１４】

（変形例１０）
第１及び第２の実施形態では、軸振れ補正部５２は、マーク位置検出部４０が出力したマーク位置データより、回転振れ量を求め、この回転振れ量から透過画像データを補正している。これに対し、透過画像データを補正する代わりに、テーブル部材２１とＸ線照射部３０とを相対的に移動させることで回転軸の振れを補正してもよい。具体的には、軸振れ補正部５２は、テーブル部材２１とＸ線照射部３０とを回転振れ量に相当する距離だけ相対的に移動することで回転軸Ｒの振れを補正できる。この場合、テーブル部材２１とＸ線照射部３０とを相対的に移動させる移動機構としては、既存の機構を流用することもできるし、新たな機構を追加することもできる。なお、軸振れ補正部５２は、機構制御部２５を介して、この移動機構を制御する。

【０１１５】
また、第１及び第２の実施の形態に係るＸＹ機構２２を流用してＸ・Ｙ方向の移動を制御し、昇降機構２４を流用してＺ方向の移動を制御することができる。なお、断層撮影中（回転中）はＸＹ機構２２と昇降機構２４とは静止しているので流用しても問題はない。また、これらを流用せずに追加してもよい。また、相対的な移動であればよいので、Ｘ線照射部３０を逆方向に移動させてもよい。

【０１１６】
変形例５でも、既存のＸＹ機構２２を流用してＸ・Ｙ方向の移動を制御し、昇降機構２４を流用してＺ方向の移動を制御することができる。同様に、断層撮影中（回転中）はＸＹ機構２２と昇降機構２４とは静止しているので流用しても問題はない。また、これらを流用せずに追加してもよい。また、相対的な移動であればよいので、Ｘ線照射部３０を逆方向に移動させてもよい。

【０１１７】
（変形例１１）
第１及び第２の実施形態において、断層像データを求める際、いわゆる「横割り方式」であっても「縦割り方式」であってもよい。ここで、「横割り方式」とは、全ての透過画像データに対して回転振れ量を求めてから、その全ての透過画像データについてそれぞれ補正し、その後に再構成処理を実行して断層像データを作成する方式である。また、「縦割り方式」とは、１つのデータ収集点毎に、回転振れ量を求めて透過画像データの補正および再構成処理を実行する方式である。この縦割り方式では、再構成処理により作成される断層像データに、次のデータ収集点において再構成処理した断層像データを積算する。また、横割り方式と縦割り方式とを組み合わせた方法により断層像データを作成してもよい。

【０１１８】
また、第１及び第２の実施形態で、断層像データを作成する方法として、ART(Algebraic Reconstruction Technique)のような公知のアルゴリズムを用いてもよい。

【０１１９】
（変形例１２）
第１及び第２の実施形態では、Ｘ線検出器３２により検出された透過画像データや、それを処理した断層像データおよび３次元画像データ、ＴＶカメラ４１で撮影されたマーク画像データは、表示部に表示される。この際、表示部に表示されたデータを、プリンタにより印刷したり、デジタルデータとして記録したり、回線を通じて送信したりすることも可能である。

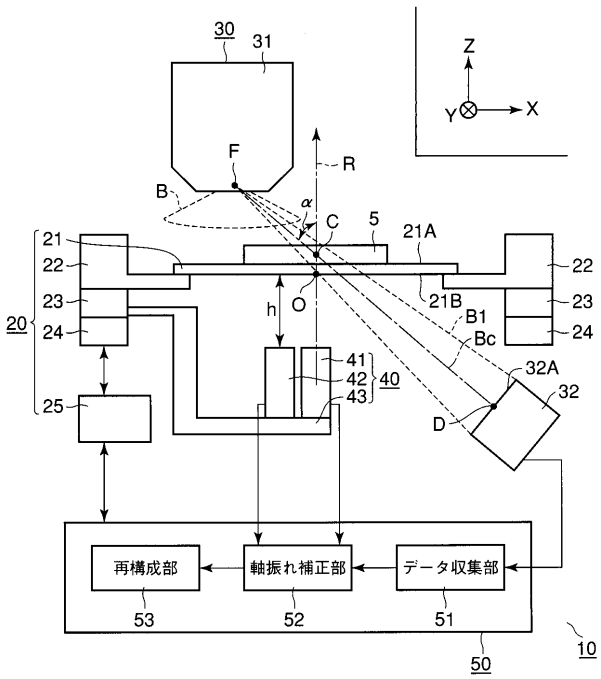
【０１２０】
（変形例１３）
第１及び第２の実施形態では、テーブル部材２１の上方にＸ線管３１を配置しているが、下方にＸ線管３１を配置しても良い。この場合、Ｘ線検出器３２を上方に配置して、上下を逆にした構成にする。また、装置はどの方向に向けて設置してもよい。例えば載置面２１Ｂは水平面でも、垂直面でも、傾斜面でもよい。

【０１２１】

（変形例１４）
第１及び第２の実施形態では、放射線としてＸ線を用いているが、透過性の放射線なら他の放射線を用いることもできる。たとえばγ線、中性子線、マイクロ波、透明物体に対する可視光線等を用いることもできる。
【０１２２】
（変形例１５）
第１及び第２の実施形態に、変形例１～変形例１４の構成および処理方法を組み合わせて用いてもよい。
【０１２３】
＜その他＞
なお、本発明は、上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。更に、異なる実施形態に構成要素を適宜組み合わせてもよい。
【図面の簡単な説明】
【０１２４】
【図１】本発明の第１の実施形態に係る断層撮影装置１０の構成を示す模式図である。
【図２】同実施形態に係るマーク面２１Ｂの概念を示す図である。
【図３】同実施形態に係るマーク画像の概念を示す図である。
【図４】同実施形態に係る断層撮影装置１０の動作を説明するためのフローチャートである。
【図５】同実施形態における回転振れの補正処理を説明するための図である。
【図６】同実施形態における断層像データの再構成処理を説明するための図である。
【図７】本発明の第２の実施形態に係る断層撮影装置１０Ｓの概念図である。
【図８】変形例１における振れベクトルＳの求め方の説明図である。
【図９】一般的なオートフォーカスの原理の一例を示す図である。
【図１０】変形例５における断層撮影装置１０Ａ～１０Ｃの模式図である。
【図１１】変形例８における断層撮影装置１０Ｄの模式図である。
【符号の説明】
【０１２５】
５…被検体、１０，１０Ｓ，１０Ａ，１０Ｂ，１０Ｃ，１０Ｄ…断層撮影装置、
２０…被検体載置部、２１…テーブル部材、２１Ａ…載置面、２１Ｂ…マーク面、
２２…ＸＹ機構、２３…回転機構、２４…昇降機構、２５…機構制御部、
２６…マークプレート、３０…Ｘ線照射部、３１…Ｘ線管、３２…Ｘ線検出器、
４０…マーク位置検出部、４１…ＴＶカメラ、４２…距離計、４３…支持フレーム、
４４…回転フレーム、５０…データ処理部、５１…データ収集部、５２…軸振れ補正部、
５３…再構成部、９１…光学系、９２…撮像部、９３…制御部、９４…機構部、
Ｂ…Ｘ線ビーム、Ｃ・・・撮影領域中心点、Ｏ…マーク画像の中心点、
Ｍ…マーク、Ｒ…回転軸。

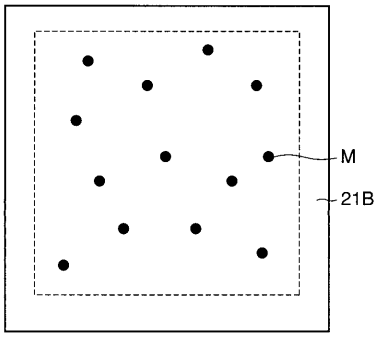
【図１】

図１



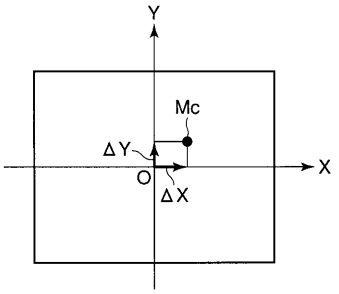
【図２】

図２



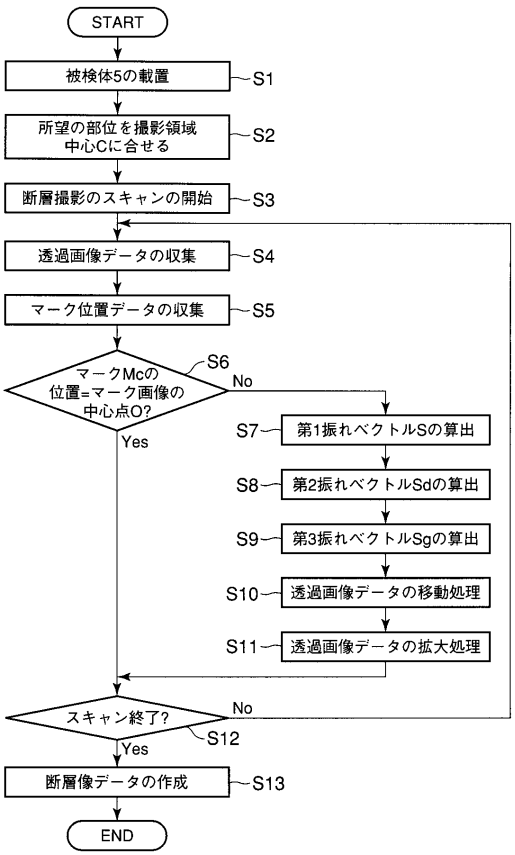
【図３】

図３



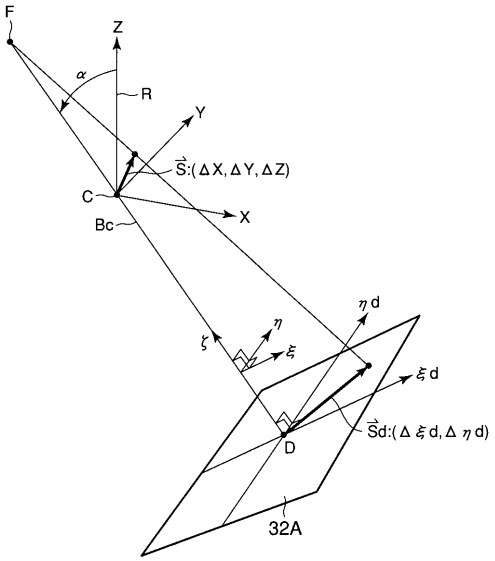
【図４】

図４



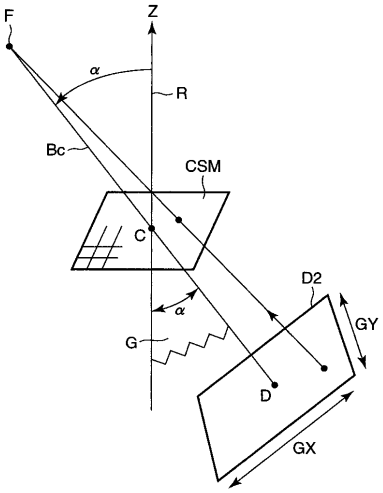
【図５】

図５



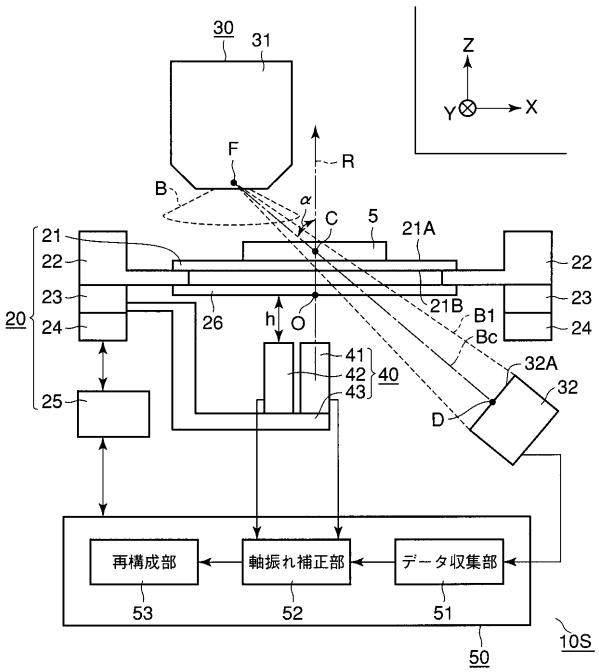
【図６】

図６



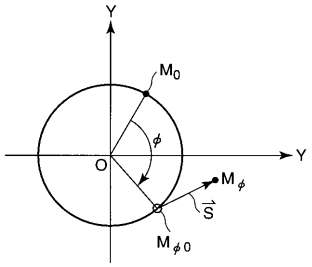
【図７】

図７



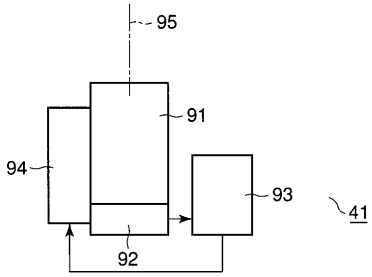
【図８】

図８



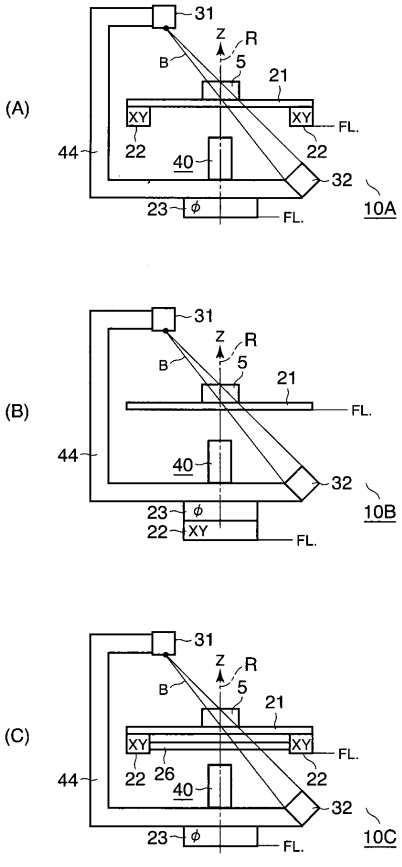
【図９】

図９



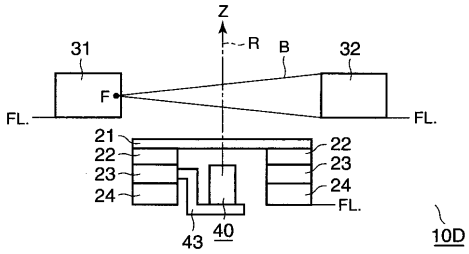
【図１０】

図１０



【図１１】

図11



フロントページの続き

(74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
(74)代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎
(72)発明者 宇山 喜一郎
東京都府中市晴見町２丁目２４番地の１ 東芝ＩＴコントロールシステム株式会社内

Ｆターム(参考) 2G001 AA01 BA11 CA01 DA09 FA08 GA06 GA08 HA09 HA12 HA13
HA14 JA08 KA01 QA01 RA06 SA07