

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 1 部門第 2 区分

【発行日】平成27年1月8日 (2015.1.8)

【公開番号】特開2014-8281 (P2014-8281A)

【公開日】平成26年1月20日 (2014.1.20)

【年通号数】公開・登録公報2014-003

【出願番号】特願2012-147719 (P2012-147719)

【国際特許分類】

A 6 1 B 6/00 (2006.01)

A 6 1 B 6/03 (2006.01)

G 0 6 T 1/00 (2006.01)

G 0 6 T 3/00 (2006.01)

G 0 1 T 7/00 (2006.01)

【F I】

A 6 1 B 6/00 3 3 0 Z

A 6 1 B 6/03 3 6 0 Q

G 0 6 T 1/00 2 9 0 B

G 0 6 T 1/00 3 1 5

G 0 6 T 3/00 3 0 0

G 0 1 T 7/00 C

【手続補正書】

【提出日】平成26年11月18日 (2014.11.18)

【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】

試料に対してほぼ平行となる X 線を照射する、X 線発生部と、

前記試料に対して前記 X 線発生部の反対側に配置されるとともに、前記試料の透過画像を検出する検出領域を有する、2 次元検出器と、

前記試料を配置する、支持台と、

前記支持台を搭載し、前記 2 次元検出器の前記検出領域の平面に沿って、前記支持台を面内移動させることが可能な、ステージと、

前記 2 次元検出器が検出する前記試料の複数の透過画像に基づいて、合成透過画像データを生成する、制御部と、

を備える、X 線画像化装置であって、

前記制御部は、前記試料の異なる複数の位置における透過画像を張り合わせて、合成透過画像データを生成する、

ことを特徴とする、X 線画像化装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の X 線画像化装置であって、

前記支持台は、前記検出領域の平面に沿う方向を回転軸として、所定数の角度配置それぞれに前記試料を回転移動させることが可能な、回転駆動系を備え、

前記制御部は、

前記所定数の角度配置それぞれにおいて、前記試料の異なる複数の位置における透過画像を張り合わせて、合成透過画像データを生成し、

生成される前記所定数の合成透過画像データに画像再構成することにより、３次元Ｘ線ＣＴ画像を画像化する、
ことを特徴とする、Ｘ線画像化装置。

【請求項３】

請求項２に記載のＸ線画像化装置であって、
前記ステージが、前記支持台を順に移動させて、前記試料を前記異なる複数の位置のうちいずれかの位置とし、
該位置の配置において、前記回転駆動系が前記試料を順に回転移動させて、前記試料を前記所定数の角度配置のうちいずれかの角度配置とし、
当該配置において、前記２次元検出器が前記試料の透過画像を検出し、
前記所定数の角度配置それぞれにおける、前記試料の異なる複数の位置における複数の透過画像が検出される、
ことを特徴とする、Ｘ線画像化装置。

【請求項４】

請求項１乃至３のいずれかに記載のＸ線画像化装置であって、
前記試料の光学画像を検出する、光学撮影部と、
前記Ｘ線発生部と前記支持台との間に配置され、前記Ｘ線発生部からのＸ線を前記試料へ透過させるとともに前記検出領域の平面の法線方向に沿って前記試料から進む光を反射して前記光学撮影部へ入射させる、光学ミラーと、
をさらに備える、Ｘ線画像化装置。

【請求項５】

請求項４に記載のＸ線画像化装置であって、
前記光学ミラーは、前記Ｘ線発生部から２次元検出器の検出領域に達するＸ線を通過させる開口部を有している、
ことを特徴とする、Ｘ線画像化装置。

【請求項６】

請求項４に記載のＸ線画像化装置であって、
前記光学ミラーは、金属薄膜ミラーである、
ことを特徴とする、Ｘ線画像化装置。

【請求項７】

請求項１乃至６のいずれかに記載のＸ線画像化装置であって、
前記Ｘ線発生部から前記試料までの距離を L 、前記試料から前記２次元検出器までの距離を d とするとき、 d/L が 0.1 以下であることを特徴とする、
Ｘ線画像化装置。

【請求項８】

請求項１乃至７のいずれかに記載のＸ線画像化装置であって、
前記試料に入射して、前記試料を貫通して、前記２次元検出器の前記検出領域へ達するＸ線について、試料の入射箇所から出射箇所までの距離を t 、前記検出領域の法線方向とＸ線の進行方向がなす角を θ とするとき、 t が前記２次元検出器の空間分解能より十分に大きく、 $t \cdot \sin \theta$ が前記２次元検出器の空間分解能程度以下である、
ことを特徴とする、Ｘ線画像化装置。

【請求項９】

試料に対してほぼ平行となるＸ線を照射する、Ｘ線発生部と、
前記試料に対して前記Ｘ線発生部と反対側に配置されるとともに、前記試料の透過画像を検出する検出領域を有する、２次元検出器と、
前記試料を配置する、支持台と、
前記支持台を搭載し、前記２次元検出器の前記検出領域の平面に沿って、前記支持台を面内移動させることが可能な、ステージと、
前記２次元検出器が検出する前記試料の複数の透過画像に基づいて、合成透過画像データを生成する、制御部と、

を用いる、X線画像化方法であって、

前記制御部は、前記試料の異なる複数の位置における透過画像を張り合わせて、合成透過画像データを生成する、

ことを特徴とする、X線画像化方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

図9は、比較例1に係るX線画像化装置の駆動を示す模式図である。X線源110が射出するX線により拡大投影されるX線画像では、試料200のx-y平面において同じ位置にあってz方向において異なる位置にある2点を、2次元検出器112は異なる場所で検出する。ここで試料は平板形状しているとし、x-y平面において同じ位置にあって、X線源側の平面上にある点Aと、2次元検出器側の平面上にある点Bとを考える。図9(a)では、これら2点はX線源110に対して、図中上側に位置するので、X線源110側にある点Aを貫くX線は2次元検出器112側にある点Bを貫くX線よりさらに上側に発散され、2次元検出器112にて得られるX線画像では、点Aの像A_iは点Bの像B_iより図中上側に位置することとなる。これに対して、図9(b)では、これら2点はX線源に対して、図中下側に位置するので、点Aを貫くX線は点Bを貫くX線よりさらに下側に発散され、点Aの像A_iは点Bの像B_iより図中下側に位置することとなる。よって、これら2枚の透過画像をつなぎ合わせようとして、例えば点Aの像A_iの位置で画像を張り合わせても、点Bの像B_iは位置ずれを起こしてしまい、当該比較例1に係るX線画像化装置では、広い範囲であって高い分解能のX線画像の画像化は実現できない。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

(5) 上記(4)に記載のX線画像化装置であって、前記光学ミラーは、前記X線発生部から2次元検出器の検出領域に達するX線を通過させる開口部を有していてもよい。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0016】

(9) 本発明に係るX線画像化方法は、試料に対してほぼ平行となるX線を照射する、X線発生部と、前記試料に対して前記X線発生部と反対側に配置されるとともに、前記試料の透過画像を検出する検出領域を有する、2次元検出器と、前記試料を配置する、支持台と、前記支持台を搭載し、前記2次元検出器の前記検出領域の平面に沿って、前記支持台を面内移動させることが可能な、ステージと、前記2次元検出器が検出する前記試料の複数の透過画像に基づいて、合成透過画像データを生成する、制御部と、を用いる、X線画像化方法であって、前記制御部は、前記試料の異なる複数の位置における透過画像を張り合わせて、合成透過画像データを生成してもよい。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0027

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0027】

X線発生部11は、試料100に対してほぼ平行となるX線を照射する。本明細書において、ほぼ平行となるX線とは、以下のことを言う。図1に示す通り、X線発生部11ではなく2次元検出器12の近傍に試料100が配置されている。2次元検出器12の検出領域から平面の法線方向（z方向）に伸びて、試料100を貫き、X線源10に達する直線を考える。該直線のうち、X線発生部11のX線源10から試料100の中心までの線分の長さを、X線発生部11から試料100までの距離Lとし、試料100の中心から2次元検出器12の検出領域までの線分の長さを、試料100から2次元検出器12までの距離dとする。d/Lが1に比べて十分に小さいときに、試料100に照射されるX線をほぼ平行とすることが実現される。ここで、d/Lが1に比べて十分に小さいとは、0.1以下であることであり、望ましくは0.05以下である。なお、試料に対してほぼ平行となるX線を照射する技術については、特許文献2に記載されている。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0028

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0028】

試料100に照射されるX線がほぼ平行となっていることにより、2次元検出器12が検出する透過画像には、試料100のz方向の位置の違いによる位置ずれが抑制される。よって、試料100が2次元検出器12の空間分解能と比べて十分に大きい厚みtを有する場合であっても、2次元検出器12が検出する透過画像に、試料100のz方向の位置の違いによる位置ずれが発生しない程度に、X線の発散が抑制されていれば、複数の透過画像に基づいて、合成透過画像データを生成することが出来る。ここで、厚みtが空間分解能と比べて十分に大きいとは、tがの10倍以上のことを指すが、当該実施形態に係るX線画像化装置1は、ほぼ平行となるX線を試料100に照射することにより、空間分解能の100倍以上となる厚い試料100についても、X線画像化が可能である。なお、z方向の位置の違いによる位置ずれとは、例えば、図9で示す、z方向の位置の違い（点A、B）に起因して生じる、2次元検出器112が検出する透過画像における位置ずれ（像A_i、B_i）である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0036】

これに対して、当該実施形態に係るX線画像化装置1の場合、y方向において、2次元検出器の検出領域の長さが、試料（支持台13）の長さよりも3倍（n倍）である場合、試料100を3箇所（n箇所）の位置において測定すればよく、所望の領域を測定するために必要な透過画像の撮影の測定箇所は、当該実施形態に係るX線画像化装置が、比較例2に係るX線画像化装置と比較して、格段に少なく済む。試料が2次元検出器の検出領域よりも十分に大きいとき（nが十分に大きいとき）、比較例2に係るX線画像化装置だと、当該実施形態に係るX線画像化装置よりも、 $\{n^2 + (n - 1)^2\} / n^2$ （n - 1）倍の測定箇所が必要となる。なお、回転駆動系の回転軸方向（x方向）については、当該実施形態に係るX線画像化装置と比較例2に係るX線画像化装置とで異なる点はなく、x方向において、2次元検出器の検出領域の長さが試料の長さよりも3倍（n倍）であれば、3箇所（n箇所）の測定箇所が必要となる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】 0 0 4 9

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 4 9 】

i 回目 (i 番目の測定位置) の測定における、 j 番目の角度配置における透過画像を、 $Image_{i,j}(x,y)$ と表すこととする。制御部 15 は、 M 個の測定位置それぞれにおいて、 N 個の透過画像のデータを取得する。すなわち、合計で、 $M \times N$ 個の透過画像データ $Image_{i,j}(x,y)$ を取得する。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 4

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 5 4 】

j 番目の角度配置 (j は 1 ~ N) における、 2 枚の透過画像データ $Image_{i,j}(x,y)$ と $Image_{i+1,j}(x,y)$ それぞれの信号強度分布を調べて、 2 枚の透過画像データの重ね合わせ部分 (オーバーラップ量) について計算する (ステップ B 1) 。 i 回目の座標 (x , y) における信号強度と、 i + 1 回目の座標 (x' , y') における信号強度と、の差の 2 乗和が最小になるように、 j 番目の角度配置における画像のオーバーラップ量 α_j を求める (最小 2 乗法) 。これを N 箇所の角度配置すべてに対して行うことにより、それぞれの角度配置における透過画像の張り合わせ位置を決定する (ステップ B 2) 。ここでは、支持台 13 の回転駆動系の角度精度が、 2 次元 X Y ステージ 14 の位置精度よりも良いので、各角度配置におけるオーバーラップ量は等しい ($\alpha_1 = \dots = \alpha_j = \alpha_{j+1} = \dots = \alpha_N$) として、 i 回目の座標 (x , y) における信号強度と、 i + 1 回目の座標 (x' , y') における信号強度と、の差の 2 乗和を、 N 箇所の透過画像データのすべてのデータに対して求め、最小となるオーバーラップ量 α_j を求めている。これを、すべての隣り合う 2 個の測定位置それぞれに行うことにより、 N 枚の合成透過画像データ (大視野透過画像) を生成する (ステップ B 3) 。 N 枚の合成透過画像データを公知の画像再構成処理を行う (ステップ B 4) ことにより、所望の 3 次元 X 線 CT 画像の画像化が完了する。

【手続補正 10】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 5

【補正方法】 変更

【補正の内容】

【 0 0 5 5 】

当該実施形態に係る 3 次元 X 線 CT 装置の 3 次元 CT 測定の特徴は、 2 次元 X Y ステージ 14 が、支持台 13 を順に移動させて、試料 100 を i 番目の位置配置とし、試料 100 を i 番目の位置配置に固定して、該位置配置において、支持台 13 の回転駆動系が試料 100 を回転させて、 N 枚の透過画像を検出し、これを M 箇所の位置配置に対して繰り返して、 3 次元 CT 測定をするところにある。かかる測定方法とすることにより、回転駆動系の角度配置に固定して、 2 次元 X Y ステージ 14 が試料 100 を複数の位置配置に移動させて、 M 枚の透過画像を検出し、これを N 箇所の角度配置に対して繰り返す場合と比較して、測定時間を短縮することが可能であるとともに、より高精度の測定をすることが出来る。支持台 13 の回転駆動系の角度精度が、 2 次元 X Y ステージ 14 の位置精度よりも良く、回転駆動系の回転駆動は、 2 次元 X Y ステージの移動駆動よりも、高速で行うことが出来るからである。

【手続補正 11】

【補正対象書類名】 明細書

【補正対象項目名】 0 0 5 6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0056】

当該実施形態ではかかる3次元CT測定方法とすることにより、当該実施形態に係る3次元X線CT画像の画像化方法では、N枚すべての透過画像データに対して最小2乗法を適用することにより、それぞれN枚の透過画像データの張り合わせ位置を決定し、隣り合う2個の測定配置におけるオーバーラップ量を計算することが出来る。隣り合う2個の測定位置でそれぞれ得られるN枚の透過画像データをすべて活用して、隣り合う2個の測定位置における透過画像データの張り合わせをすることにより、高精度で容易に張り合わせ位置を決定することが出来ている。また、光学撮影部21が撮影する光学画像を記憶部に記憶し、隣り合う2個の測定位置における透過画像データのオーバーラップ量を求める際に、該光学画像を用いてオーバーラップ量の微調整などを行ってもよい。

【手続補正12】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0057

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0057】

なお、N箇所の角度配置の移動と、M個の測定位置の移動（並行移動）との、順序を入れ替えても、本発明は適用することが出来る。すなわち、試料100をj番目の角度配置に固定して、該角度配置において、2次元XYステージ14が試料100をM個の測定位置それぞれに移動させて、M枚の透過画像を検出し、これを、N箇所の角度配置に対して繰り返してもよい。こうして得られるM×N枚の透過画像データより、図7に示す3次元X線CT画像の画像化方法を用いて、N枚の合成透過画像データ（大視野透過画像）を生成し、N枚の合成透過画像データを画像再構成することにより、大画面3次元X線CT画像を画像化することが出来る。

【手続補正13】

【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 図 9 】

