

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6396472号
(P6396472)

(45) 発行日 平成30年9月26日 (2018.9.26)

(24) 登録日 平成30年9月7日 (2018.9.7)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 6/00 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 0 0 J
A 6 1 B 6/03 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 3 0 Z
	A 6 1 B 6/00 3 9 0 A
	A 6 1 B 6/03 3 2 0 M

請求項の数 14 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2016-539315 (P2016-539315)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成26年12月3日 (2014.12.3)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ
(65) 公表番号	特表2016-540587 (P2016-540587A)		KONINKLIJKE PHILIPS N. V.
(43) 公表日	平成28年12月28日 (2016.12.28)		オランダ国 5656 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(86) 国際出願番号	PCT/EP2014/076325		High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhove n
(87) 国際公開番号	W02015/090949	(74) 代理人	110001690
(87) 国際公開日	平成27年6月25日 (2015.6.25)		特許業務法人M&Sパートナーズ
審査請求日	平成29年12月1日 (2017.12.1)		
(31) 優先権主張番号	13197763.9		
(32) 優先日	平成25年12月17日 (2013.12.17)		
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 走査微分位相コントラストシステムのための位相回復

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

走査型の位相コントラスト放射線撮影システムであって、
台座と、
前記台座に対して移動可能なアームと、
前記アームにおける取付部内の1以上の格子を含む干渉計のアセンブリと、
放射線を発生するX線源と、
前記アームに取り付けられると共に、前記放射線を前記干渉計の格子との相互作用の後に受けるべく走査運動で移動可能な検出器であって、当該位相コントラスト放射線撮影システムが使用される際に一連の読出情報にわたって該検出器により検出可能なドリフトするモアレの強度パターンを生成する検出器と、
前記アーム及び/又は前記干渉計の取付部に力を印加して、前記走査運動の前又は間に前記アームの剛性及び/又は前記干渉計の取付部の剛性を変化させるように動作し、前記格子の少なくとも2つの間に相対運動を付与することにより前記モアレの強度パターンの局所的な縞の位相を変化させる能力を提供するリジダイザと、
を有する、位相コントラスト放射線撮影システム。

【請求項 2】

前記リジダイザが、前記アーム及び/又は前記干渉計のアセンブリを間に係合させる少なくとも1対の顎部を備え、前記モアレの強度パターンの所望の量のドリフトを達成するために前記印加される力の量を選択的に調整することを可能にするクランプアクチュエー

タとして構成される、請求項 1 に記載の位相コントラスト放射線撮影システム。

【請求項 3】

前記リジダイザが手動で操作可能である、請求項 1 又は請求項 2 に記載の位相コントラスト放射線撮影システム。

【請求項 4】

前記クランプアクチュエータが、前記取付部に係合してユーザが前記印加される力の量を離散的ステップで選択的に調整することを可能にする 1 以上のキャリパを備えたマイクロメータ装置を含む、請求項 2 に記載の位相コントラスト放射線撮影システム。

【請求項 5】

前記リジダイザが、前記アーム及び / 又は前記干渉計取付部に取り付けられたバイメタルシートから形成される、請求項 1 ないし 4 の何れか一項に記載の位相コントラスト放射線撮影システム。

10

【請求項 6】

前記リジダイザの動作の間に前記一連の読出情報を表示ユニットに供給して、前記モアレの位相が前記印加される力に伴いどの様に変化するかの視覚的レンダリングを実現するビデオ信号発生器を有する、請求項 1 ないし 5 の何れか一項に記載の位相コントラスト放射線撮影システム。

【請求項 7】

前記検出器の前記一連の読出情報を入力すると共に、

前記ドリフトするモアレの強度パターンの複数の位相、並びに / 又は i) ピクセル当たりの強度及び ii) ピクセル当たりの視認性の少なくとも一方を含む複数の校正パラメータについて解くことにより前記読出情報を測定信号モデル関数に当てはめる、校正モジュールを有する、請求項 1 ないし 6 の何れか一項に記載の位相コントラスト放射線撮影システム。

20

【請求項 8】

当該位相コントラスト放射線撮影システムがマンモグラフィスキャナシステム又はコンピュータトモグラフィ (CT) スキャナシステムである、請求項 1 ないし 7 の何れか一項に記載の位相コントラスト放射線撮影システム。

【請求項 9】

走査型の位相コントラスト放射線撮影装置により供給されるデータを処理する方法であって、前記位相コントラスト放射線撮影装置は、台座と、前記台座に対して移動可能なアームと、前記アームにおける取付部内の 1 以上の格子を含む干渉計のアセンブリと、放射線を発生する X 線源と、前記アームに取り付けられる検出器と、前記アーム及び / 又は前記干渉計の取付部に力を印加するリジダイザとを有し、当該方法は、

30

ドリフトするモアレパターンを一緒に記録する一連の検出器読出情報を入力するステップであって、前記読出情報は空白走査の間に前記位相コントラスト放射線撮影装置の検出器における複数の検出器ピクセルにより検出され、前記ドリフトが前記走査の動作の間に前記干渉計の少なくとも 2 つの格子の間の相対運動により生じるステップと、

前記ドリフトするモアレパターンの複数の位相、並びに / 又は i) ピクセル当たりの強度及び ii) ピクセル当たりの視認性の少なくとも一方を含む複数の校正パラメータについて解くことにより前記読出情報を測定信号モデル関数に当てはめるステップと、

40

前記アームの剛性及び / 又は前記干渉計の取付部の剛性を調整して、前記モアレパターンのドリフトの量を制御するステップと、

を有する、方法。

【請求項 10】

前記当てはめるステップが、ピクセル当たりのピクセル変位について解くステップを含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記空白走査に関する前記検出器読出情報に位相回復処理を適用して少なくとも 1 つの補正位相コントラスト画像を生成するステップ、

50

を有する、請求項 9 又は 10 に記載の方法。

【請求項 12】

撮像されるべき被写体を走査して該被写体に関する検出器読出情報を取得するステップと、

前記被写体の位相コントラスト画像を得るために該被写体の検出器読出情報に位相回復処理を適用するに際して前記少なくとも 1 つの補正位相コントラスト画像を使用するステップと、

を有する、請求項 9 ないし 11 の何れか一項に記載の方法。

【請求項 13】

処理ユニットにより実行された場合に、前記位相コントラスト放射線撮影装置に請求項 9 ないし 12 の何れか一項に記載の方法のステップを実行させるようにシステムを制御する、コンピュータプログラム。

10

【請求項 14】

請求項 13 に記載のコンピュータプログラムを記憶した、コンピュータ読取可能な媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位相コントラスト放射線撮影システム、位相コントラスト放射線撮影システムにより供給されるデータを処理する方法、コンピュータプログラム要素、及びコンピュータ読取可能な媒体に関する。

20

【背景技術】

【0002】

走査型マンモグラフィシステム等の幾つかの走査型撮像システムにおいて、撮像されるべき被写体（被検体）は当該撮像システムの検出器の移動により走査される。これら走査型撮像システムの幾つかは、格子に基づく位相コントラスト撮像を可能にする干渉計装置を含んでいる。例えば、Rev. Sci. Instrum. 78, 043710 (2007)のC. Kottler他による「Grating interferometer based scanning setup for hard x-ray phase contrast imaging」を参照されたい。

【0003】

30

位相コントラスト撮像における命題は、検出器において検出される放射線強度が吸収に関する情報（伝統的 X 線撮影法は、これに基づいている）をエンコードするのみならず、撮像されるべき被写体を通過する際に当該放射線により受ける屈折に関する情報も保持するということである。この場合、位相コントラスト撮像法は、この屈折情報を検出された信号から抽出する作業である“位相回復（phase retrieval）”と称される数々の技術を使用する。

【0004】

固定された干渉計設備が使用される場合、即ち、画像収集の間において格子が互いに固定された設備が使用される場合、校正が極めて面倒であることが分かっている。例えば、幾つかの方法は、特別に設計されたファントム人体を使用する。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従って、校正手順を一層容易にさせる位相コントラスト撮像のための異なる方法及び関連するシステムに対する需要が存在する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の上記目的は独立請求項の主題により解決され、従属請求項には更なる実施態様が組み込まれる。尚、本発明の以下に記載する態様はコンピュータプログラム要素及びコンピュータ読取可能な媒体にも等しく当てはまることに注意されたい。

50

【 0 0 0 7 】

本発明の第 1 態様によれば、走査型の位相コントラスト放射線撮影システムが提供され、該システムは、

台座と、

前記台座に対して移動可能なアームと、

前記アームにおける取付部内の、2 以上の格子を含む干渉計のアセンブリと、

放射線を発生する X 線源と、

前記放射線を前記干渉計の格子との相互作用の後に受けるべく走査運動で移動可能な検出器であって、当該システムが使用される際に該検出器により一連の読出情報にわたって検出可能なドリフトするモアレの強度パターンを生成する検出器と、

10

前記アーム及び / 又は前記干渉計の取付部に力を印加して、前記走査運動の前又は間に該アーム及び / 又は干渉計の取付部の剛性を変化させるように動作し、前記少なくとも 2 つの格子の間に相対運動を付与することにより前記モアレのパターンの局所的な縞の位相を制御可能な態様で変化させる能力を提供するリジダイザ（剛性化装置）と、を有する。

【 0 0 0 8 】

上記リジダイザ要素により、ここに提案される撮影（撮像）システムは、大体が偶然に実現される特定の量のシフトに依存する代わりに、モアレ位相シフトを制御することを可能にする。モアレ位相シフトを制御することができることは、位相回復目的の検出器校正処理を一層安定にさせることができるという利点を有している。該システムの設計者は、モアレパターンがどのように速くドリフトするか（このことは、特にここで提案されるもののような校正手順の安定性に影響する）について一層良好に制御することができる。特に、提案される校正においては、モアレパターンを走査運動の間において少なくとも完全な周期でドリフトさせることが望ましい。一方、該パターンが過度に速くドリフトする場合、これは視認性の喪失を招き、全体としての画像品質を劣化させ得る。

20

【 0 0 0 9 】

例えば、全縞模様位相シフトのレベルを、アームが垂直から約 40% ~ 50% の平均角度にある内外斜方向（MLO）ビューと、ガントリが約垂直方向の平均角度にある CC ビューとの間で僅かに変化させることが有用であり得る。それ以外の制御されないモアレ位相シフトは、種々の角度位置に対して相違する種々の部品に対する重力の影響に依存し得る。

30

【 0 0 1 0 】

一実施態様によれば、前記リジダイザは、前記アーム及び / 又は前記干渉計アセンブリを間に係合させる少なくとも 1 対の顎部を備え、前記モアレパターンの所望の量のドリフトを達成するために前記印加される力の量を選択的に調整することを可能にするクランプ（締め付け）アクチュエータとして構成される。

【 0 0 1 1 】

一実施態様によれば、前記リジダイザは手動で操作可能である。

【 0 0 1 2 】

一実施態様によれば、前記クランプアクチュエータは、前記取付部に係合してユーザが前記印加される力の量を離散的ステップで選択的に調整することを可能にする 1 以上のキャリパを備えたマイクロメータ装置を含む。

40

【 0 0 1 3 】

調整可能性が離散的ステップに限定されるので、異なる剛性設定は再現性のあるものとなり、このことは一貫した画像品質を保証する。

【 0 0 1 4 】

一実施態様によれば、前記リジダイザは、前記アーム及び / 又は前記干渉計取付部に取り付けられたバイメタルシートから形成される。

【 0 0 1 5 】

一実施態様によれば、当該システムはビデオ信号発生器を有する。該ビデオ信号発生器

50

は、前記リジダイザの動作の間に前記一連の読出情報を表示ユニットに供給して、前記モアレの位相が前記印加される力に伴いどの様に変化するかの視覚的レンダリングを実現するように動作する。この実施態様は、操作者が特定の好ましい剛性設定を容易に選択することを可能にする。

【0016】

本発明の他の態様によれば、干渉計を含む走査型の位相コントラスト放射線撮影装置により供給されるデータを処理する方法が提供され、該方法は、

ドリフトするモアレパターンを一緒に記録する一連の検出器読出情報を入力するステップであって、前記読出情報は空白走査動作の間に前記装置の検出器における複数の検出器ピクセルにより検出され、前記ドリフトが前記走査動作の間に前記干渉計の少なくとも2つの格子の間の相対運動により生じるステップと、

前記ドリフトするモアレパターンの複数の位相 (ϕ_i)、及び i ピクセル当たりの強度 (A_i) 及び i ピクセル当たりの視認性 (V_i) の少なくとも一方を含む複数の校正パラメータについて解くことにより前記読出情報を測定信号モデル関数 f に当てはめる (適合させる) ステップと、
を有する。

【0017】

該方法は、校正作業が一層効率的に実行されることを可能にする。位相回復を実行することができるようになる前に、校正パラメータに関して学習するための幾らかの基準 (baseline) データ、即ち検出器ピクセルの個々の特性又はピクセル固有の挙動を取得する必要がある。このことは、過去には、乳房の代わりに検査領域に配置される固有のファントム人体を用いて実施されていた。しかしながら、本方法においては、これらの基準を校正ステップにおいて空白走査のみに基づいて取得することが提案される。

【0018】

言い換えると、ここでは、変数の “蓄え (pool)” を拡大すると共に、読出情報を当てはめる際に位相ドリフト変数 ϕ_i について解くことにより (先ず第1に) モアレパターンの未知の位相情報を導出するために、さもなければ望ましくない効果、即ちモアレパターンのドリフトを利用することが提案される。このことは、モアレパターンの位相を決定することを、専用のファントムを用いることもなく、又は格子の互いに対する絶対位置に関する知識もなしに可能にする。

【0019】

一実施態様によれば、前記当てはめる処理 (ステップ) は、ピクセル当たりのピクセル変位 (ϕ_i) について解くステップを含む。言い換えると、前記信号関数モデルは、検出器におけるピクセル配置の不完全さをモデル化する該ピクセル変位により増強される。このことは、当てはまり得る変数の蓄えを更に増加させ、かくして、典型的な純粋に正弦的なモアレパターンからのずれをモデル化することを可能にする (これらずれは、格子の不完全さにより発生し得るからである)。

【0020】

当てはめ問題は目的関数に体系化することができ、該目的関数は当てはめ処理を完遂するために最適化することができる。好適な最適化アルゴリズムは、滑降シンプレックスアルゴリズムを含み、共役勾配法又は他のものも用いることができる。

【0021】

一実施態様によれば、当該方法は、前記アームの及び/又は前記干渉計の取付部の剛性を調整して、前記モアレパターンのドリフトの量を制御するステップを更に有する。この実施態様は、前記リジダイザを有する、ここに提案された撮像装置を用いて実施することができる。

【0022】

一実施態様によれば、当該方法は、前記空白走査に関する前記検出器読出情報に位相回復処理を適用して少なくとも1つの補正位相コントラスト画像を生成するステップを更に有する。言い換えると、上記空白走査に関する検出器読出情報は、被写体走査において取

10

20

30

40

50

得されたかのように扱われる。空白走査においては、放射線源と検出器との間には被写体は配置されず、被写体走査においては配置される。上記位相回復処理を適用するステップは、特に、空白検出器読出情報を撮像空間、即ちX線源と検出器との間の空間を経る投影方向に従ってグループに再グループ化（又は再サンプリングする若しくは再分類する）ステップを含む。

【0023】

一実施態様によれば、当該方法は、

撮像されるべき被写体を走査して該被写体に関する検出器読出情報を取得するステップと、

前記被写体の位相コントラスト画像を得るために該被写体の検出器読出情報に位相回復処理を適用するに際して前記少なくとも1つの補正位相コントラスト画像を使用するステップと、

を更に有する。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】図1は、撮像装置を示す。

【図2】図2は、図1の撮像装置の走査動作を示す。

【図3】図3は、検出器ラインの検出器読出情報を示す。

【図4】図4は、図1の撮像装置の構成要素の第1実施態様を示す。

【図5】図5は、図1の撮像装置の構成要素の第2実施態様を示す。

【図6】図6は、画像データ処理方法のフローチャートを示す。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の実施態様を、図面を参照して説明する。

【0026】

図1を参照すると、位相コントラスト撮像放射線装置MAが示されている。一実施態様において、該位相コントラスト撮像装置は、スキャナタイプのマンモグラフィ装置であるが、以下のものは例えばコンピュータトモグラフィCTスキャナ等の位相コントラスト撮像のための他の走査型放射線撮影装置にも同様の用途を有することが分かる。ここで使用される“アーム”なる用語は、CTスキャナシステムにおける回転可能なガントリに対応することが理解される。

【0027】

撮像システムMAは、適切なインターフェース手段を介して、且つ、通信ネットワークを介してワークステーションWSに接続される。一般的に、ワークステーションWSは臨床医（“ユーザ”）が当該撮像システムの動作を制御することができるコンピュータシステムである。一実施態様によれば、ワークステーションWSにより制御されると共に、当該撮像システムにより収集された画像の表示を可能にする表示ユニット又はモニタMTが存在する。ワークステーションWSはオペレーティングシステムを実行し、該オペレーティングシステムは、その動作が以下に更に詳細に説明される複数のモジュールCAL、RECON及びCORRを含む画像データプロセッサIDPの実行を制御する。

【0028】

マンモグラフィ装置MAは、X線源XRが取り付けられた台座PDを含む。上記X線源は焦点FSPの回りに回転可能である。台座PDは回転可能な中空アームARを備えた回転可能なガントリを支持している。アームARは上記焦点FSPの回りに回転可能である。該アームは、以下に更に詳細に説明するように一緒になって位相撮像能力を提供する2以上の干渉格子（ソース格子G0、位相格子G1及び/又はアナライザ格子G2）を含んでいる。G1は/2位相格子又は他の好適な位相格子とすることもできる。好ましくはないが、G1に対して医療用途においては好ましい実施態様である位相格子の代わりに吸収格子を使用することさえも可能であるが、G1に対する斯かる吸収バージョンは非医療的前後関係で求められ得るものである。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 9 】

アーム A R の下端には、X 線源 X R により放出された放射線を検出するための照射線感知面を備えた検出器プレート D が取り付けられている。該アームの下部は、自身が上記検出器プレートの上部に取り付けられた格子取付部 G M も含んでいる。該取付部は 1 以上の（好ましくは 2 つの）格子 G 1、G 2 を、G 1 を G 2 より上にして、且つ、両者を前記検出器プレートより上にして（特に、両格子が検出器プレート D の放射線感知面より上に取り付けられるようにして）保持する。ソース格子 G 0 は、X 線源 X R の出射窓において当該アームの上端に配置される。多重コリメータ装置（好ましくは、前置コリメータ P R C 及び後置コリメータ P S C）も、一実施態様に含まれ、前記アームにより担持される。上記後置コリメータは散乱を除去するように作用するが、この構成要素は、G 2 格子も同様に散乱を除去するように作用するので、特定の実施態様では省略することができる。

10

【 0 0 3 0 】

マンモグラフィ装置 M A のハウジングには、例えば患者の乳房 B R 等の撮像されるべきサンプル被写体を配置する凹部として画定された検査領域が存在する。該マンモグラフィ装置のハウジングの一部は、上面が撮像期間の間に患者の乳房が配置される乳房サポート B S として働く検出器ハウジングを画定しており、これにより、上記乳房サポートは前記検査領域を下から区切っている。また、上記乳房サポート上に配置された場合に当該乳房を圧縮するために上下に往復動し得る圧縮プレート C P 又はパドルも存在する。

【 0 0 3 1 】

上述した様にアームが回転可能であることに加えて、ガントリ全体が概ね前記乳房サポートの高さにおいて支点の回りに回転可能となっている。これにより、ガントリ全体は、例えば C C（頭尾）ビュー（12 時位置における）又は約 2 時位置における M L O（内外斜方向）ビュー等の異なるビューで選択的に撮像することができるようすべくアプローチ角（進入角）を変更するために傾斜させることができる。

20

【 0 0 3 2 】

線源 X R により放出された放射線は出射窓を介してアームに侵入し、次いで該アームを前記検出器に向かって通過する。通過過程において、該放射波は第 1 格子 G 0（ソース格子 G 0 とも称する）と作用し合ってコヒーレンスを確立する。

【 0 0 3 3 】

簡潔に言うと、放射線の流れは次の通りである。即ち、放射波は 1 以上のコリメータによりコリメートされ、次いで、検査領域に存在するなら乳房 B R と作用し合い、その後、2 つの格子 G 1、G 2 と作用し合い、次いで検出されるべく検出器プレート D に入射する。

30

【 0 0 3 4 】

当該マンモグラフィ装置 M A は 2 つの基本モードで、即ち空白走査モードにおいて又は被写体走査モードにおいて動作することができる。通常の動作モードである被写体走査モードにおける場合、ユーザの乳房 B R 又は他のサンプルが検査領域に配置される。空白走査モードでは、被写体又は乳房は検査領域に存在しない。被写体走査においては、検出器の読出情報が収集され、該読出情報は位相回復処理において位相コントラスト投影画像（並びに、所望なら、（伝統的な）吸収コントラスト画像及び/又は小散乱（“暗視野”）コントラスト画像）を計算するために再構成器 R E C O N に供給することができる。位相再構成が働くためには、これだけではないが特にピクセル固有の特性等の特定の校正パラメータ又はデータが必要である。該校正データは、空白走査の間に収集された検出器読出情報から校正モジュール C A L により計算される。校正モジュール C A L 及び再構成器 R E C O N の動作は、後に図 6 において更に詳細に説明する。両モジュールは、ワークステーション W S 上で動作することが想定される。

40

【 0 0 3 5 】

被写体又は空白走査の間において、アーム（並びに、該アームと共に前記検出器プレート及び格子取付部 G M）の下部は、乳房サポート B S 下の検出器ハウジング内で移動するように電動化されている。図 1 の左端は、アーム A R を該アームに依存すると共に該アーム

50

ム内又は上に取り付けられた部品と共に側面図で示している。被写体又は空白の何れのモードにおいても、アームはX線源の焦点F S Pの回りでの回転と同期して移動され、かくして、検出器プレートは格子G 1及びG 2と一緒に、乳房B R（存在するなら）下のスキヤナ経路S Pを辿る。一般的に、該走査経路は図1に示されるように円弧である。

【0036】

一実施態様において、マンモグラフィ装置MAは単又は複スリットシステムである。言い換えると、検出器プレートDの放射線感知面は、フォトリソグラフィック工程又は他の好適な検出器製造技術により得られるウェファ基板上に堆積された単一の又は、通常は、複数（例えば8本）の半導体検出器ラインから形成される。図1の中央の正面図において、これらの検出器ラインDL又はストライプは、紙面内へと並置されて延在する。各検出器ラインは直線配列の検出器ピクセルから形成される。前置及び後置コリメータ装置により、当該X線ビームは実質的に複数の小扇形ビームに分割され、各扇形ビームは何れの一時点においても上記検出器ラインのうちの1つ、即ち当該検出器の移動の間において当該扇形ビームをたまたま通過する1つを正確に照射する。別の言い方をすると、検出器ラインは各小扇形ビームに暴露され、各小扇形ビームは走査の間に方向を変化させる。走査経路に沿って進行する間に、各検出器ラインは該経路上の異なる位置で対応する読出情報を生成する。言い換えると、全視野が単一のスナップ撮影で取得される2Dスキヤナとは異なり、本複スリットシステムにおいては、走査運動を完了した後に、該走査の間における検出器の順次の読出情報を用いて当該視野に関する単一の2D画像を作成する。図2は、複スリット走査方法における固有の冗長性（一実施態様においては、20程度の検出器ラインの数に等しい）を概略的に示している。検出器ライン（1～5と番号が付されている）は、走査方向に垂直に紙面内へと延びている。ここで使用される“読出情報”とは、当該検出器ラインが走査経路上の所与の位置Iにある場合に該所与の検出器ラインに沿うピクセルにより収集されるデータを意味する。別の言い方をすると、読出情報は検出器ライン位置毎のものである。

【0037】

各ピクセル又はラインのローカル位置は、2つの“座標”、即ち列又はラインインデックス及びピクセルインデックスにより固有のものであり得る。ピクセル幅、ピクセル間距離及びライン間距離は既知であり、従って経路S P上の如何なる時点における当該検出器プレートの位置も既知であるので、各検出器読出情報（即ち、ピクセル応答）は追跡器（図示略）により“空間的にスタンプを付す”ことができ、従って各検出器読出情報には、焦点F S Pから検査領域を介して検出器プレートDまで延びると考えることができる固定の幾何学的放射線のうちの特定の1つに関連付けることができる。複数の斯様な幾何学的放射線が存在する一方、検査領域内の各点に対しては該点を通る斯様な幾何学的放射線が存在し、これらの複数の放射線は焦点F P Sを頂点として持つ円錐を形成する。1つの斯様な幾何学的放射線が図2に太線で示されている。読出情報に関連付けられた空間スタンプは、再構成器RECONの動作を説明する際に図6で一層詳細に説明されるように、この冗長性を解決することを可能にする。

【0038】

本マンモグラフィ装置は位相コントラスト撮像法を用いる。言い換えると、該撮像器により生成される画像のコントラストは、従来のX線システムの場合のように吸収にのみ依拠するのではなく、乳房内の物質と作用し合う際に放射波面が受ける位相シフトから生じるコントラストにも依拠するものである。該位相シフト又は波形歪は、撮像される物質の局部的に異なる屈折挙動により生じる。

【0039】

しかしながら、位相シフト自体は、十分な空間的解像度の不足により検出器によっては検出することができない。代わりに、位相シフトは、検出器ラインに沿う適切な設定の後に検出可能な空間パターン、即ちモアレ画像パターンをサンプルするための干渉格子を使用することにより間接的に導出される。モアレパターンは、干渉縞の周期性がアナライザ格子G 2の構造の周期性と僅かに制御可能に異なる場合に発生する。これは、Optics Exp

10

20

30

40

50

ress, Vol 17, No 15, pp 12540, (2009)の論文“High-Speed X-ray phase imaging and X-ray phase tomography with Talbot interferometer and white synchrotron radiation”においてA. Momose他により教示されたアプローチである。先ず、X線源XRにより放出される放射線の平均波長及び格子 $G_0 \sim G_2$ の適切に選択された周期性 p_0, p_1, p_2 の関数として、コリメータ及び格子は、方位及び距離を合わせるにより検出器ラインに関して所望の次数の所望のタルボット距離に注意深く調整される。例えば、J. Appl. Phys. 106, 054703 (2009)のT. Donath他による論文“Inverse geometry for grating-based x-ray phase-contrast imaging”を参照されたい。次いで、例えばソース格子 G_0 と位相格子 G_1 (又は $\lambda/2$ 位相格子)との間の距離を変化させることにより、このタルボット設定の調整を注意深く外すことによって、空白走査の間において検出器ラインに沿って基準モアレパターンが出現する。この基準モアレパターンがどのように検出されるかは、校正データとの関係で前述した種々の検出器ピクセルの局部特性に依存する。当該事項は、この場合、被写体走査の間における介在する被写体BRが、このモアレパターンを妨害することである。該妨害は上記基準モアレパターンの位相シフトとして見え、このモアレパターンの位相シフトは、被写体を通過する際に当該波が受ける位相シフトの局部的勾配に関係されることが分かっている。従って、位相回復を実行することができるためには、モアレパターンの位相(“基準位相”)を知る必要がある。該モアレ位相基準を決定することは、上述した校正作業の一部である。

【0040】

以前の位相コントラスト撮像方法においては固定された干渉設定が用いられ、その場合において、位相回復目的で、“位相ステップング”により干渉パターンをサンプルするために格子のうちの1つが他のものに対して移動される。例えば、“Optics Express”, vol 13, No 16, pp 6296-6304 (2005)におけるT. Weitkamp他による論文を参照されたい。しかしながら、本方法においては、このような位相ステップングは必要とされない。代わりに、当該位相回復処理は、ここでは所望の位相コントラスト情報(及び、時には、有用であり得る吸収又は暗視野画像)を導出すべく検出器により自身の運動の間に記録されるモアレパターン縞を分析するために使用される走査運動(格子運動も一緒に伴う)に基づいている。従って、検出器の運動は、第1に全視野を得ることを可能にし(これは、元々の目的であった)、第2に該運動が位相回復目的で利用されるという機能を果たす。

【0041】

しかしながら、前記読出情報の冗長性は一層の複雑さを増す。走査運動により、モアレパターンは検出器ラインに沿う空間内に分散されるのみならず、当該経路に沿う異なる位置からの種々の検出器読出情報にまたがって時間的にも分散される。校正モジュールCALを更に詳細に説明する前に、空白走査の検出器読出情報の特定の特性を図2及び図3を参照して更に詳細に説明する。とりあえず、空白走査の場合におけるように、図2において被写体が存在しないと仮定する。当該検出器が自身の走査経路に沿って進むにつれて、特定の検出器ライン(例えば、図2におけるライン5)はX線源からの放射線を受け、該検出器ライン5(図2における検出器は紙面内へと延びる)のピクセル $p \times k$ に沿って基準モアレパターンが出現する。この場合、各読出時点におけるモアレパターンは同一であるかと期待し得る。要するに、当該放射線は、走査経路上の位置がどのようなであろうと如何なる検出器に対しても同一であるべき空気を通過するだけであると判断し得る。それにも拘わらず、これは当てはまらない。それどころではなく、出願人が観察したものは、走査運動の過程の間において全く同一の検出器ラインにより見られるモアレパターンは同一ではないということである。このことが図3に示されている。

【0042】

図3の左面aは、読出時間 l 対検出器ライン測定値を示し、 k は特定の単一のラインにおけるピクセル位置を示す。図3の如く複数の読出により定義される面にわたり斜めに走る暗い及び白い帯により見られるように、種々の読出時点にわたってドリフトが存在する。図3の右側の面bは、被写体走査の間における同じ幅のドリフト並びに空白及び被写体走査に対して該ドリフトが良好に再現するという注目すべき事実を示している。読出方向

10

20

30

40

50

1 に沿う約半行程には、走査アーム A R が水平位置を超えて移動した時点を示す“捻れ”が見られる。出願人は、このモアレのドリフトは走査アーム A R の剛性の機械的不完全さに起因し得ると認識した。言い換えると、アーム A R、従って該アームに配設された格子取付部 G M は、剛性の不足により走査アームの移動の間に僅かにたわむ。垂直に走る幅広の暗い帯は、一実施態様において検出器ライン上に堆積される読出電子回路から生じるもので、そこでは放射線を検出することはできない。例えば、該黒い帯は A S I C 又は他の電子部品の領域の境界を示している。しかしながら、他の実施態様では斯かる読出電子部品は検出器ライン上に配置されないため、これらの黒い帯の存在は例示的なものにすぎない。

【 0 0 4 3 】

ここでは、上記モアレパターンのドリフトを考慮に入れた信号モデル関数を確立することが提案されるものである。更に詳細には、通常の空白走査校正で決定したい検出器固有の量を含めるのみならず、該モデルをモアレパターンドリフトの未知数を含めることにより増強し、これにより当てはめるための変数の蓄え (pool) を拡大して一層安定した推定を達成することを提案するものである。以下のモデル化は各検出器ラインに対して同一であるので、以下ではコンパクトな表記の利益のためにラインのインデックスは省略する。当該走査の間における 1 つの検出器ラインの測定強度は $I_{k \ 1}$ で示し、ここで、 k は検出器の列のインデックス、 1 は読出のインデックスである。基本概念を解説するために、当該アイデアの簡単なバージョンを先ず説明する。この簡略化されたバージョンにおいて、 $I_{k \ 1}$ により測定されたモアレパターンは下記の信号関数に従うようモデル化される：

【 数 1 】

$$I_{kl} = A_k(1 + V_k \cos(\kappa k + \varphi_l)) \quad (1)$$

【 0 0 4 4 】

式 (1) による信号モデル関数は、2 つのパラメータ、即ち当該検出器及び当該格子の局部特性に関して特徴的である A_k 及び V_k を含む。パラメータ A_k は検出器ピクセル k の入力強度及び感度の積に関係し、パラメータ V_k は検出器ピクセル k に関する局所的な縞の視認性に関係する。これら 2 つのパラメータは検出器及び格子固有のパラメータであるので、これらは読出インデックス 1 に伴っては変化せず、代わりに、ピクセル位置 k のみに依存する。読み出しの間における縞模様の変化は、読出固有の位相 φ_l により表される当該縞模様の単純な位相シフトに完全に起因する。最後に、該モデルは、検出器ラインに沿って検出可能なモアレ縞の空間周波数に関係する全体的なパラメータ κ も含む。モアレパターンの如何なるドリフトもないシステムにおいては、全ての位相 φ_l は同一であろう。当該ドリフトが走査の間において各検出器ピクセル上でモアレパターンの数周期をカバーすることを保証することにより、 A_k 及び V_k の安定した推定を行うことができる。

【 0 0 4 5 】

しかしながら、理解されるように、ドリフトの量は、大概是、当該撮像器のアーム A R の瞬時的構成及び通常はシステム設計者の制御を超える特定の与えられる剛性次第である。ここでは、これを変更し、当該マンモグラフィ装置 M A に、適切な機械的作用により特に当該スキャナのアーム A R 及び全ての格子取付部 G M の剛性を制御することができるように機械的手段、即ちリジダイザ (剛体化装置) R G D を設けることを提案する。

【 0 0 4 6 】

図 4 は、スキャナアーム A R に配設された格子取付部 G M の剛性を直接的に制御するための一構成例を示す。図 4 は、一実施態様では検出器プレート D 上に取り付けられたフレーム (一実施態様では、鋼から形成される) である格子取付部 G M の斜視図を示す。図 4 の実施態様では、5 つの検出器ライン D L が検出器プレート D 上に堆積されて示されている。広い概念では、該リジダイザ R G D の構成は送りネジ装置と考えることができる。格子取付部 ケージ G M を 2 つの側から抱き込む 1 組の顎部 J W が存在する。該 2 つの顎部の各端部においては、ネジ付きシャフト T S が当該顎部の対応する小孔を貫通し、該顎部に剛性的に接続される。ガイドナット N T が上記ネジ付きシャフトの各一端上に取り付けら

れ、該ナット及びユーザ操作可能なサムホイールTと噛み合う適切なギア装置の動作により顎部JWの対応するものに向かって移動させることができる。操作時において、ユーザはサムホイールTを回転させ、これにより、係合ナットNTを対応するネジ付きシャフトに沿って進行させ、各々を顎部JWの対応するものに係合させる。このことは、ユーザがケージGMに力を付与して同ケージを実質的に圧縮し、これにより該格子取付部ケージGMの剛性を変化させることを可能にする。一実施態様によれば、歯合する前記ギアとサムホイールTとの間にラチェット機構が存在し、ケージGMに印加される力が、離散した歩進的なもののみで連続的には変化され得ないことを保証するようにする。この構成は、特定の力の印加に関連する特定のモアレパターンの一層高い再現性を保証する。図4には、ケージGM内に形成された、格子G1又はG2がスライド可能に受入される(スライドプロジェクトにおけるフライドと余り相違しない)軌道装置も図示されている(該図には、表示の容易さのために1つの格子G1のみが示されている)。しかしながら、格子取付部ケージGMに直接作用するリジダイザは種々の形態をとることができ、図4は一実施態様に過ぎないと理解されるべきである。図4による実施態様は手動操作作用であるが、入力にตอบสนองして作用又は剛性を変化させるコントローラを備えた電動バージョンも考えられる。また、図4において、両ナットNTはサムホイールTを操作した場合に同期して運動する。しかしながら、これは一実施態様に過ぎず、各ナットを互いから独立に作動させることができる他の実施態様も想定され、このことは手動バージョン及び電動バージョンの両方に当てはまる。例えば、ケージGMが2つのキャリパの間に位置するようにマイクロメータ型装置が配置されるマイクロメータ装置も考えられる。該マイクロメータのシンプルを操作することはスピンドルを前進させ、格子ケージGMがキャリパの間に係合されて、該格子ケージGMに圧縮作用を付与する。ここでも、当該力の印加が、計られた段階的な態様で離散的歩進に制限されることを保証するように適切なラチェット型メカニズムを配設することができる。

【0047】

図5は、図4の実施態様に代えて又は加えて用いることができる他の実施態様を示す。図5において、リジダイザRGDは、アームARの両側にアクチュエータBAを配置させることにより、当該格子取付部ケージに間接的に作用する。言い換えると、図5においてリジダイザはアームに直接作用して該アームの剛性を変化させる。図5のaは、例えばアームARの長さに沿って適切な対の数(1以上であり、限定するものでない例として3が示されている)で配設されたバー状エレメントのアクチュエータBAを示している。アクチュエータBAを駆動すると、力がアームAR上の各位置に印加され、これにより該アームARの全体的剛性を変化させる。異なる組のアクチュエータは同期して動作可能であるか又は独立に動作可能とすることもでき、これにより、剛性の一層高度の特注化された能力を可能にする。

【0048】

他の実施態様では、バイメタル箔が使用される。該箔の一方の面は接着によりアームARの内側又は外側に貼り付けられる。アームは該箔により実質的に“包まれる”か、又は裏打ちされる。該バイメタル金属は次いで種々の温度まで加熱され(特定の熱慣性を考慮することにより当該走査の前に)、このことは、走査の間における重力トルクの変化により当該アームの曲げに対する感受性を増加させるか又は減少させる。

【0049】

一実施態様において、リジダイザの動作は、これも想定される走査前又は後調整とは異なり、実際の走査運動の間に生じる。一実施態様においては、リジダイザのコントローラRGDCがリジダイザRGDを自動的に動作させる。例えば、図2に関連して先に考察されたように、モアレパターンの位相シフトの量は剛性又は剛性の不足の指示子である。特定の検出器ラインに関する図2による読出情報はコントローラRGDCに供給することができる。次いで、該コントローラRGDCはアクチュエータBAを動作させて、上記検出器の読出情報による検出されたモアレ位相ドリフト量に依存して剛性を動的に増加/減少させる。一層大きな変化は剛性を維持するために一層大きな力の印加を引き起こし、さも

10

20

30

40

50

なければ、力の印加は緩められる。このように、コントローラは、所望のモアレパターンシフトを維持すべく又は該シフトがユーザ定義可能な閾値より低く留まることを保証すべく、力を増加又は減少させるために閉ループ態様で動作することができる。

【 0 0 5 0 】

代替実施態様において、又は付与されるべき力（又はバイメタルの実施態様によるケースに応じて熱）の量を決定するために読出情報を監視することに加えて、リジダイザの動作は経路 S P 上における検出器プレートの特定の位置にリンクさせることができる。例えば、前述したように、アーム A R が垂直位置を通過する際に位相モアレ変化に捻れが存在する。これは、より大きな剛性が必要とされる時点であり得る。従って、コントローラ R G D C の動作は、力がアーム A R の経路 S P に沿う位置に应答して印加される（特に、アームが垂直位置を呈する場合に力が印加される）ようにプログラムすることができる。

10

【 0 0 5 1 】

また、全体の縞模様の位相シフトのレベルを、ガントリが垂直から約 4 0 % ~ 5 0 % の平均角度にある場合の M L O ビューと、ガントリが垂直方向周辺の平均角度にある場合の C C ビューとの間で僅かに変化させることも有効であり得る。アーム又はケージ G M を剛性化することにより上記シフトを制御することは、異なるビューに対して種々の角度進入位置で相違する種々の部品に対する重力により生じる、さもなければ望ましくないシフト効果を相殺する。

【 0 0 5 2 】

一実施態様によれば、リジダイザの動作の間における各読出情報がスクリーン上で見るためにレンダリングされ、力を変化させる間にモアレパターンがどの様に変化するかをユーザが直接調べることを可能にすることが想定される。一実施態様において、モアレパターンのドリフトのグラフィック表現は図 3 に示され、スクリーン上で見るためにレンダリングすることができる。

20

【 0 0 5 3 】

次に検出器読出情報の処理を説明する。後に更に詳細に説明するように、広い概念では、校正データは空白走査における検出器読出情報を校正ユニット（校正モジュール）C A L により処理させることにより収集される。該校正データは、次いで、再構成器 R E C O N に渡され、該再構成器は位相回復ステップを実行して、とりわけ、位相コントラスト画像、及び / 又は吸収及び / 又は散乱画像を生成するように動作する。

30

【 0 0 5 4 】

ここで、先ず校正モジュール C A L の動作を説明するために、図 6 のフローチャートを参照する。ステップ 6 0 5 において、アーム A R 及び / 又は格子取付部 G M の剛性が所望の剛性度に調整される。

【 0 0 5 5 】

ステップ 6 1 0 において、今や所望の剛性を持つアームにより空白走査が実行される。各ピクセルは、当該走査経路に沿う瞬時及び / 又は位置において対応するピクセルにより見られた放射線強度に依存する電気信号を発することにより应答する。これらの電気信号の集合は、次いで、データ収集ユニット D A S により数値の形態に A / D 変換され、対応する検出器読出情報として校正器（校正モジュール）C A L に受け渡される。モアレパターンを捕捉するためには検出器ライン当たり特定の最小数のピクセルが必要とされることが分かっている。約 2 0 0 又は 2 5 0 （特に、2 5 6 ）のピクセルカウントで良好に動作することが分かった。

40

【 0 0 5 6 】

次いで、各検出器読出情報 I_{k_1} は、ステップ 6 1 5 において、前記式（ 1 ）のモデルに適合される（当てはめられる）。適合（当てはめ）は、最小二乗法若しくは加重最小二乗法又は何らかの好適な数値曲線適合技術を用いて達成することができる。例えば、最小二乗法においては、式（ 1 ）は下記のように目的関数 2 として再構築することができる：

【数2】

$$\Delta^2 = \sum_{k,l} (I_{kl} - A_k(1 + V_k \cos(\kappa k + \varphi_l)))^2 \quad (2)$$

【0057】

これは、校正パラメータに関する3つの未知数 A_k 、 V_k 、 φ_l での相当に大きな非線形当てはめ問題である。

【0058】

最適化は、一実施態様では、反復座標降下法において数ステップで実行することができ、該方法は上記大きな問題を解くのが一層容易な一層小さな副問題に分割する。特に、読出インデックス l 毎に目的関数 Δ^2 を導入すると、式(2)は：

【数3】

$$\Delta_l^2 = \sum_k (I_{kl} - A_k(1 + V_k \cos(\kappa k + \varphi_l)))^2 \quad (3)$$

となる。

【0059】

これは、校正パラメータに関する3つの未知数 A_k 、 V_k 、 φ_l での非線形当てはめ演算であり、非線形目的(又は“費用”)関数による適切な最適化アルゴリズム又はシンプレックス滑降アルゴリズムにより解くことができる。上記式(3)による当てはめ手順は各検出器ラインに対して繰り返されることを要することが理解される。これは、順次に又は好ましくは並列に実行することができる。また、該当てはめ演算は、当該走査が進行中で、読出情報が利用可能になり次第、開始することができる。他の例として、読出情報が先ず収集され、走査運動が完了したら、DASが該読出情報を校正モジュールCALに転送し、当てはめ処理が順次に又は並列に進行する。

【0060】

当てはめステップ615における出力は、対応する検出器ラインの各ピクセル k に関する校正パラメータの三つ組みである。所与の検出器ライン上の各ピクセルのための校正三つ組みは2つのピクセル依存性パラメータ、即ち、(i)入力強度 A_k 、及び(ii)視認性 V_k を有する。また、ピクセル非依存性パラメータ、即ち各読出インデックス l に関する局部モアレ縞位相 φ_l も存在する。

【0061】

他の実施態様では、別のもっと詳細な信号モデル関数が代わりに使用される。式(1)で使用されたモデル関数は、単に、モアレ縞の純粋な正弦状変化である。当該干渉計の格子が完全に平面でない場合、この理想的モデルからのずれが存在し得る。このような状況では、測定されたデータをモデル化するために、恐らくは発見的パラメータによる一層複雑なモデルを使用することができる。実施化された追加のパラメータの1つの特定の組は、

【数4】

$$I_{kl} = A_k(1 + V_k \cos(\kappa(k + \Delta_k) + \varphi_l)) \quad (4)$$

による、検出器ライン内のピクセル固有の平均ピクセル位置である。

【0062】

基本的に、該モデルは式(1)によるモデルの改良版であり、完全な正弦形状からのずれを、検出器ピクセルが公称ピクセル間隔(一実施態様では50ミクロン程度であるが、これは限定するものでない例に過ぎない)の一定の割合 Δ_k だけ対応する検出器ラインに沿って変位されると仮定することにより許容する。勿論、これは当該ずれの真の原因を必ずしも表すものでないパラメータ Δ_k の“解釈”に過ぎない。実際に、格子の不完全さはモアレパターンの位相シフトにつながり得るもので、これもパラメータ Δ_k によって良好に表すことができる。式(1)の代わりに式(4)による信号モデル関数を使用する場合、前と同様の変数、即ち3つの変数 A_k 、 V_k 、 φ_l 及び変位パラメータ Δ_k を当てはめる。滑降シンプレックス又は他の好適な最適化技術による当てはめは、式(4)に関して

前述した通りであるが、ここでは余弦項が項 $\cos((k + k) + \varphi)$ により置換される。

【0063】

校正パラメータ A_k, V_k, φ_k が最適化演算により得られたなら（改良モデル（4）の場合、当てはめられたピクセル変位 φ_k も存在する）、これらパラメータは記憶部に保持することができ、再構成器RECONを参照する際に後に更に詳細に説明されるように、後続の被写体走査のデータに適用することができる。

【0064】

ステップ620aにおいて、被写体走査が実行される。ここでも、検出器読出情報は受け渡されるが、今度は、スイッチSWを介して再構成器RECONに受け渡される。

【0065】

ステップ625において実行されるべき位相回復ステップの動作を一層良く理解するために、校正モジュールCALの処理が先に考察した同一の幾何学的アレイに関する冗長性により妨げられなかったことを認識する価値があり得る。理解されるように、ステップ620aまでの前の計算は検出器ライン毎に進行したものであり、校正パラメータの各三つ組みは読出情報1当たりの各ピクセルkに割り当てられた。この“ライン毎に処理する”状況は、位相回復ステップには、最早、当てはまらない。代わりに、位相回復のための処理状況は、全てのデータが同じ幾何学的放射線に属するというものである。これは、再構成されるべき位相コントラスト画像におけるピクセルを形成するためには、当該画像における該ピクセルに貢献する全ての検出器測定値を収集することが、即ち前記幾何学的経路に沿う累積された位相シフトを表すことが必要であるからである。この場合、該累積された位相シフトは画像コントラストとして働く投影点を形成する。この幾何学的放射線毎の収集処理は、各読出情報に関して“空間スタンプ”を評価し、ピクセル読出情報を幾何学的放射線毎のグループに集めるデータグラバ（data grabber）の動作により実行することができる。

【0066】

位相回復は、各幾何学的放射線に対して独立に実行される。所与の放射線に関する測定値の数をnにより示す。更に、この幾何学的放射線に貢献するピクセルは、校正ステップにおいて先に決定されたように、校正パラメータ A_i, V_i 及び $\varphi_i = (\varphi_i + \varphi_i) + \varphi_i$ 又は $\varphi_i = \varphi_i + \varphi_i$ （モデル1a又は1が使用されたかに依存する）を有する。被写体走査の間に得られるピクセルの実際の測定値は g_i により示される。測定されるデータに対する被写体BRの影響は、3つの画像パラメータB（X線ビームの減衰）、S（小角散乱により干渉パターンの視認性の喪失、これは暗視野とも呼ばれる）及び φ_i （再構成されるべき実際の位相コントラスト画像に対応する（可能性のあるスケージングの後の）屈折によるビームの位相シフト）によりモデル化される。吸収画像及び暗視野に関する他の画像パラメータは、更なる処理又は表示において必要とされ得るか又は必要とされない。

【0067】

幾何学的放射線（即ち、画像格子点）毎の斯かる画像パラメータB, S, φ_i は、費用関数を最小化することにより推定される：

【数5】

$$\Delta^2 = \sum_{i=1}^n (g_i - B I_i (1 + S V_i \cos(\beta_i + \varphi)))^2 \quad (5)$$

【0068】

これは3つの未知数での非線形当てはめであり、これも、校正モジュールCALの当てはめステップに関連して前述したシプレックス滑降アルゴリズム又は他の適切な最適化アルゴリズムにより解くことができる。ステップ620における出力は、各幾何学的放射線に対する、減衰、視認性の喪失及び微分位相に関する結果的画像を集合的に（全ての幾何学的放射線にわたってとられて）定義する対応する画像点である。

【0069】

ステップ630において、減衰、視認性の喪失及び φ_i 又は微分位相に関する結果的画像が出力され、次いで、表示のためにモニタMT上でレンダリングすることができるか又は

10

20

30

40

50

それ以外で画像処理することができる。

【 0 0 7 0 】

補正モジュールCORRにより実施されるオプションとしてのアーチファクト補正ステップ620bも存在する。出願人は、時折、再構成された画像内のアーチファクトに気が付いた。更に詳細には、斯かるアーチファクトの主たる構造は依然としてモアレパターンに従うものである。これらのアーチファクトの起源は、式(4)による増強された信号モデルによってさえも、空白走査は十分な精度でモデル化されないという事実である。これらのドリフトアーチファクトに対処するために、ここでは、以下に概説されるようなアーチファクト相殺の概念を提案する。更に、特に式(4)による増強されたモデルにより取得される微分位相画像内にそれ自体が存在するアーチファクトは、空白走査を被写体走査として用いる場合に良く再現されることが分かった。言い換えると、ステップ625と同様に位相回復処理を実行することにより、校正パラメータ自体はステップ620bにおいて“被写体”走査から得られたかのように扱われる。換言すれば、校正パラメータ三つ組みは、被写体走査データに基づく“実際の”位相回復ステップ625に関して前述したように、幾何学的放射線毎にグラバによりグループにグループ化される。吸収、暗視野及び位相シフトの各画像は、対応する補正画像、即ち吸収補正画像、暗視野補正画像及び位相コントラスト補正画像と考えることができる。ここでも、空白走査校正データに対して位相回復処理を実行することにより当該空白走査を被写体走査として扱う該処理は、校正データ自体は、通常、表示は想定していない一方、位相回復処理は、通常、表示のための画像を得るために正確に実行されるので、非常に反直感的である。かくして、被写体走査に対して該追加の空白走査により幾らかのアーチファクトを再現することができることが分かったので、ここでは、この補正画像を前記画像再生器に戻して供給し、これらのアーチファクトを、この“純粋な”アーチファクト画像を位相回復の間に得られた真の被写体画像から減算することにより相殺することを提案する。言い換えると、該補正画像は被写体画像データに対して位相回復処理を実行する際に使用される。一実施態様において、該補正画像の適用は、

【数6】

$$\tilde{B} = \frac{B}{B'}, \tilde{V} = \frac{V}{V'}, \tilde{\varphi} = \varphi - \varphi'$$

によるもので、ここで、 B' 、 V' 、 φ' は各補正画像であり、 B 、 V 、 φ は被写体走査読出情報に対する位相回復ステップから得られた吸収、暗視野及び位相コントラスト画像であり、“波形符号”は各補正バージョンを示す。

【 0 0 7 1 】

該アーチファクト相殺ステップによる付加的なノイズの侵入を防止するために、アーチファクト画像は走査方向において僅かにローパスフィルタ処理される。

【 0 0 7 2 】

種々の処理ステップの効果、即ち式1及び1a(4)による縞模様の改善されたモデル化並びにステップ620bにおけるアーチファクト相殺は、ここでは、異なる位相コントラスト画像のみを用いて解説した。減衰コントラスト画像及び視認性画像に関しても、同様の改善を得ることができる。

【 0 0 7 3 】

一実施態様において、図1による画像データ処理システムIDPの要素は、全て、撮像装置MAのワークステーションWS等の単一のコンピュータシステム上で動作する。他の実施態様においては、少なくとも部分的に分散されたアーキテクチャを同様に想定することができ、その場合、上記要素の1以上は離れて配置され、互いに及び/又は画像データ処理システムIDPと適切な通信ネットワークを介して接続される。

【 0 0 7 4 】

一実施態様において、画像データ処理システムIPD(または、その要素の少なくとも幾つか)は、専用のFPGA又は結線された(独立型)チップとして配設される。

【 0 0 7 5 】

10

20

30

40

50

該画像データ処理システムの要素は、Matlab（登録商標）等の適切な科学計算プラットフォームにプログラムすることができると共に、コンピュータシステム（該撮像器のワークステーションWS等）上で実行するのに適したC++又はCルーチンに翻訳することができる。

【0076】

本発明の他の実施態様においては、上述した実施態様のうちの1つによる方法のステップを適切なシステム上で実行するように適合化されたことを特徴とするコンピュータプログラム又はコンピュータプログラム要素が提供される。

【0077】

従って、上記コンピュータプログラムは、本発明の実施態様の一部でもあり得るコンピュータユニット上に記憶することができる。このコンピュータユニットは、上述した方法のステップを実行し又は実行を惹起するよう適合化することができる。更に、該コンピュータユニットは上述した装置の要素を動作させるように構成することもできる。該コンピュータユニットは、自動的に動作し及び/又はユーザの指令を実行するように構成することができる。コンピュータプログラムはデータプロセッサの作業メモリにロードすることができる。該データプロセッサは、このようにして、本発明の方法を実行するように装備することができる。

【0078】

本発明の該実施態様は、本発明を正に最初から使用するコンピュータプログラム及び更新により既存のプログラムを、本発明を使用するプログラムに変えるコンピュータプログラムの両方をカバーする。

【0079】

更に、前記コンピュータプログラム要素は、上述した方法の実施態様の手順を満たすための全ての必要なステップを提供することができる。

【0080】

本発明の他の実施態様によれば、CD-ROM等のコンピュータ読取可能な媒体が提供され、該コンピュータ読取可能な媒体は先に説明されたコンピュータプログラム要素を記憶させる。

【0081】

コンピュータプログラムは、光記憶媒体又は他のハードウェアと一緒に若しくは該ハードウェアの一部として供給される固体媒体等の適切な媒体により記憶及び/又は分配することができるのみならず、インターネット又は他の有線若しくは無線通信システムを介して等の他の形態で分配することもできる。

【0082】

しかしながら、コンピュータプログラムは、ワールドワイドウェブ等のようにネットワーク上で提供することができると共に、斯様なネットワークからデータプロセッサの作業メモリにダウンロードすることができる。本発明の他の実施態様によれば、コンピュータプログラム要素をダウンロードすることを可能にさせる媒体が提供され、該コンピュータプログラム要素は本発明の前述した実施態様のうちの1つによる方法を実行するように構成される。

【0083】

本発明の実施態様は異なる主題に関連して説明されていることに注意すべきである。特に、幾つかの実施態様は方法のタイプの請求項に関連して説明される一方、他の実施態様は装置のタイプの請求項に関連して説明されている。しかしながら、当業者であれば、上記及び以下の説明から、そうでないと示されない限り、1つのタイプの主題に属するフィーチャの何れの組み合わせにも加えて、異なる主題に関係するフィーチャの間の何れの組み合わせも、この出願により開示されていると見なされることが分かるであろう。しかしながら、全てのフィーチャは、斯かるフィーチャの単なる和以上の相乗効果を提供するように組み合わせることができる。

【0084】

10

20

30

40

50

以上、本発明を図面及び上記記載において詳細に図示及び説明したが、斯かる図示及び説明は解說的又は例示的なものであって、限定するものではないと見なされるべきである。本発明は開示された実施態様に限定されるものではない。開示された実施態様に対する他の変形例は、当業者によれば、請求項に記載された本発明を実施するに際して、図面、開示内容及び添付請求項の精査から理解し、実施することができるものである。

【0085】

尚、請求項において“有する”なる文言は他の要素又はステップを排除するものではなく、単数形は複数を排除するものではない。また、単一のプロセッサ又は他のユニットは、請求項に記載された幾つかの項目の機能を満たすことができる。また、特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されているという単なる事実は、これらの手段の組み合わせを有利に使用することができないということを示すものではない。また、請求項における如何なる符号も当該範囲を限定するものと見なしてはならない。

【図1】

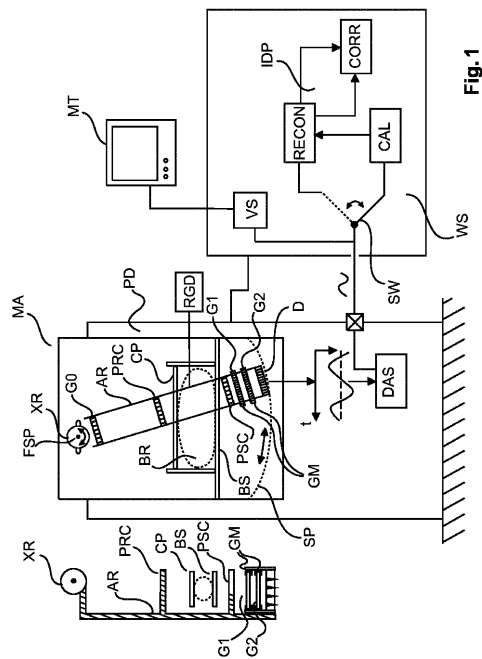


Fig.1

【図2】

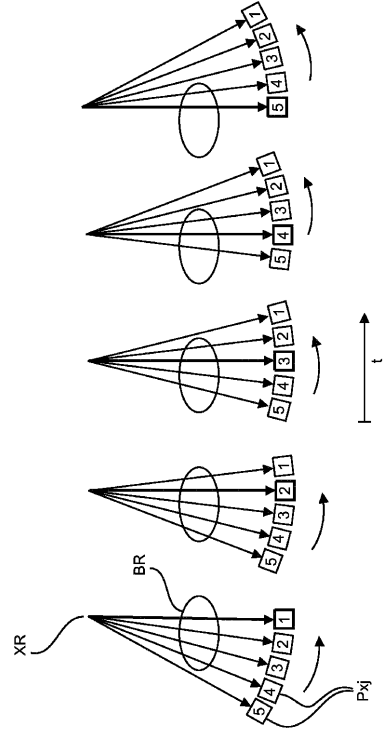


Fig.2

【 3 】

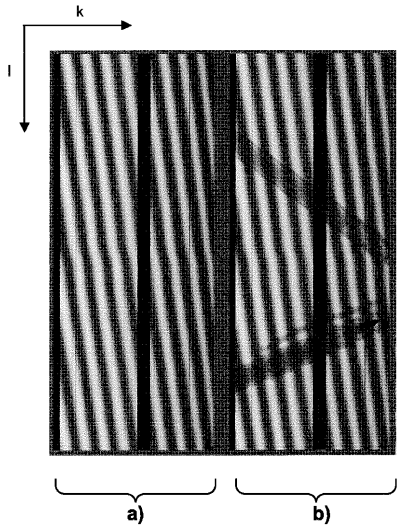


Fig. 3

【 4 】

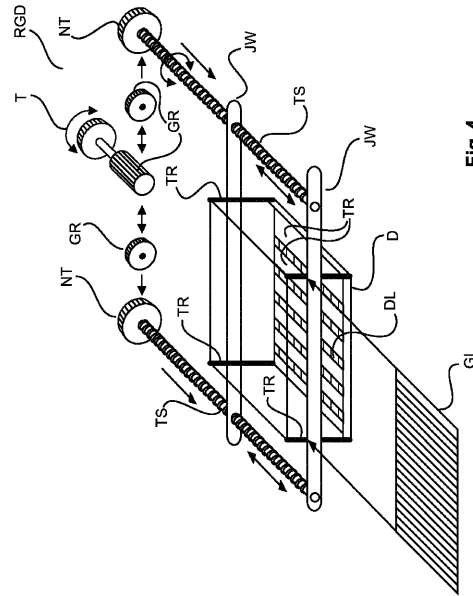
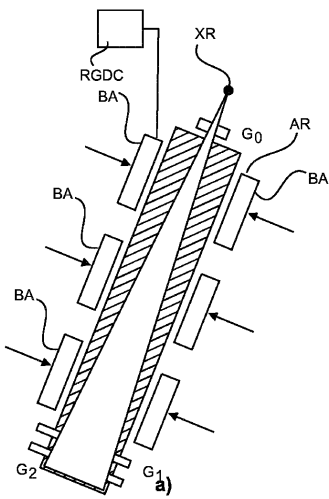
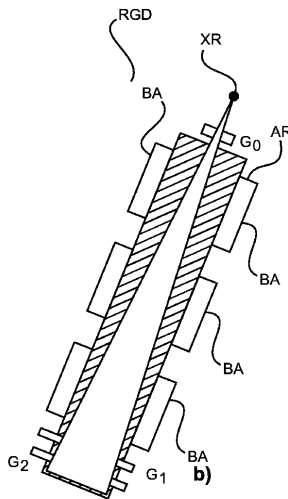


Fig. 4

【 5 a) 】



【 5 b) 】



【 図 6 】

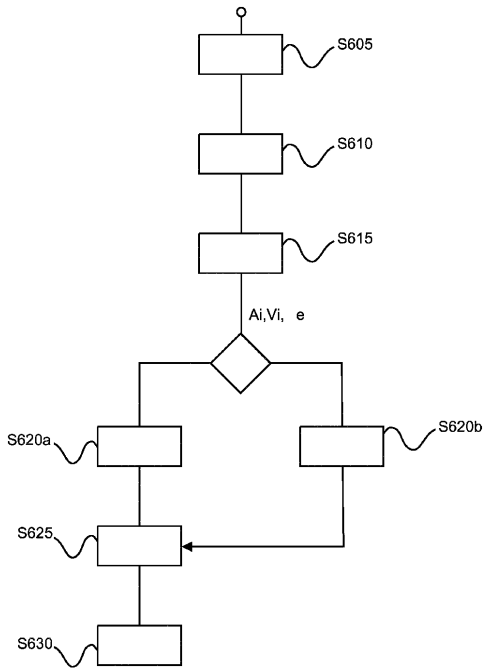


Fig.6

フロントページの続き

- (72)発明者 レッスル エワールド
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 パスティンク ヘンドリック アルバート
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 ケーラー トーマス
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 デア ハイナー
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 バン ステーベンダール ウド
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 メルテンス ゲルハルト
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

審査官 亀澤 智博

- (56)参考文献 国際公開第2012/056724(WO, A1)
特開2007-206075(JP, A)
米国特許出願公開第2005/0175154(US, A1)
特開2004-313546(JP, A)
米国特許第05291539(US, A)

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