

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6139897号
(P6139897)

(45) 発行日 平成29年5月31日 (2017.5.31)

(24) 登録日 平成29年5月12日 (2017.5.12)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 6/00 (2006.01)

A 6 1 B 6/00 3 5 0 A

A 6 1 B 6/06 (2006.01)

A 6 1 B 6/06 3 3 0

請求項の数 21 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2013-20832 (P2013-20832)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成25年2月5日 (2013.2.5)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-150844 (P2014-150844A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成26年8月25日 (2014.8.25)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成28年2月3日 (2016.2.3)		弁理士 大塚 康德
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像解析装置、放射線撮影装置、画像解析方法、プログラムおよび記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被写体からの散乱放射線を除去するためのグリッドを使用した放射線撮影により得られた画像に複数の測定領域を設定する設定手段と、

前記設定手段により設定された前記複数の測定領域の画像データに基づく統計情報をそれぞれ取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された統計情報を用いて前記複数の測定領域から少なくとも一つの測定領域を選択する選択手段と、

前記選択手段により選択された測定領域の画像データを解析することにより前記グリッドの配置による周期信号に対応する空間周波数を検出する検出手段と、

を備えることを特徴とする画像解析装置。

【請求項 2】

前記画像から前記周期信号を検出するための検出範囲を決定する検出範囲決定手段を更に備え、

前記設定手段は前記検出範囲から前記複数の測定領域を設定することを特徴とする請求項 1 に記載の画像解析装置。

【請求項 3】

前記設定手段により設定された測定領域の画像データにおいて画素値が飽和している飽和画素を閾値との比較により判定する飽和画素判定手段を更に備え、

前記取得手段は前記飽和画素を除いた画像データに基づく前記統計情報を取得すること

10

20

を特徴とする請求項 1 または 2 に記載の画像解析装置。

【請求項 4】

前記取得手段は、前記統計情報として、平均値、最頻値、順序統計値、総和値、分散、標準偏差の少なくとも何れか 1 つを取得することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の画像解析装置。

【請求項 5】

前記選択手段は、前記統計情報の示す値により前記測定領域を選択することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の画像解析装置。

【請求項 6】

前記設定手段は、前記画像の第 1 の方向および前記第 1 の方向に交差する第 2 の方向について、複数の測定領域をそれぞれ設定し、

前記選択手段は、前記統計情報を用いて、

前記第 1 の方向の複数の測定領域から少なくとも一つの測定領域を選択し、更に、前記第 2 の方向の複数の測定領域から少なくとも一つの測定領域を選択することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の画像解析装置。

【請求項 7】

前記検出手段は、前記選択された測定領域の画像データを解析する手段として、

前記選択された測定領域の画像データに対してフィルタリングを行うフィルタリング手段と、

前記フィルタリングされた測定領域の画像データからパワースペクトルを算出するパワースペクトル算出手段と、

前記算出されたパワースペクトルのピークに基づき前記グリッドの配置に対応した周期信号の有無を判断するための評価値を算出する評価値算出手段と、

前記評価値を用いて前記周期信号の有無、前記グリッドの配置の方向を判定する判定手段と、

を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の画像解析装置。

【請求項 8】

前記判定手段は、前記画像の第 1 の方向の測定領域の評価値および前記第 1 の方向に交差する第 2 の方向の測定領域の評価値を用いて、前記周期信号の有無および前記グリッドの配置の方向を判定することを特徴とする請求項 7 に記載の画像解析装置。

【請求項 9】

前記フィルタリングに用いる画像データの設定を行うクリッピング手段を更に備え、

前記クリッピング手段は、

前記選択された測定領域における画像データに画素値が飽和した飽和画素が存在する場合は当該飽和画素の画素値を固定値に変換し、前記固定値を前記フィルタリングに用いる画像データとして設定し、

前記選択された測定領域における画像データに前記飽和画素が存在しない場合は当該画像データの各画素の画素値を前記フィルタリングに用いる画像データとして設定する

ことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の画像解析装置。

【請求項 10】

前記フィルタリング手段は予め定めた周波数以上の周波数を通過させるハイパスフィルタを前記フィルタリングに用いることを特徴とする請求項 7 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の画像解析装置。

【請求項 11】

前記予め定めた周波数は、単位長さあたりのグリッドの配置数と放射線撮影に用いる検出手段の画素ピッチとを用いて決定されることを特徴とする請求項 10 に記載の画像解析装置。

【請求項 12】

前記評価値算出手段は、前記パワースペクトルのピークの値と、前記ピークの周辺のパワースペクトルの値との比を用いて前記評価値を算出することを特徴とする請求項 7 乃至

10

20

30

40

50

1 1 のいずれか 1 項に記載の画像解析装置。

【請求項 1 3】

前記評価値算出手段は、前記ピークから所定の周波数以上離れた周波数帯域に存在するピークと、前記周波数以上離れた周波数帯域に存在するピークの周辺のパワースペクトルとの比を更に用いて前記評価値を算出することを特徴とする請求項 1 2 に記載の画像解析装置。

【請求項 1 4】

前記検出範囲は、被写体に照射される放射線照射領域を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の画像解析装置。

【請求項 1 5】

被写体からの散乱放射線を除去するためのグリッドを使用した放射線撮影により得られた画像に複数の測定領域を設定する設定手段と、

前記設定手段により設定された前記複数の測定領域の画像データに基づく統計情報をそれぞれ取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された統計情報を用いて前記複数の測定領域から少なくとも一つの測定領域を選択する選択手段と、

前記選択手段により選択された測定領域の画像データを解析することにより、前記画像データに含まれる少なくとも一つの周期信号と、前記グリッドの配置の方向を判定する判定手段と、

を備えることを特徴とする画像解析装置。

【請求項 1 6】

被写体からの散乱放射線を除去するためのグリッドを使用した放射線撮影により得られた画像に複数の測定領域を設定する設定手段と、

前記設定手段により設定された前記複数の測定領域の画像データに基づく統計情報をそれぞれ取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された統計情報を用いて前記複数の測定領域から少なくとも一つの測定領域を選択する選択手段と、

前記選択手段により選択された測定領域の画像データのそれぞれのパワースペクトルにおけるピークのパワーとピークの周辺のパワーの比較に基づいて前記画像から周期信号を検出する検出手段と、

を備えることを特徴とする画像解析装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の画像解析装置と、

前記画像解析装置により検出された前記周期信号の低減処理を行う画像処理手段と、

を備えることを特徴とする放射線撮影装置。

【請求項 1 8】

前記画像処理手段により前記周期信号の低減処理が行われた画像を表示する表示手段を更に備えることを特徴とする請求項 1 7 に記載の放射線撮影装置。

【請求項 1 9】

画像解析装置の画像解析方法であって、

設定手段が、被写体からの散乱放射線を除去するためのグリッドを使用した放射線撮影により得られた画像に複数の測定領域を設定する設定工程と、

取得手段が、前記設定工程で設定された前記複数の測定領域の画像データに基づく統計情報をそれぞれ取得する取得工程と、

選択手段が、前記取得工程で取得された統計情報を用いて前記複数の測定領域から少なくとも一つの測定領域を選択する選択工程と、

検出手段が、前記選択工程で選択された測定領域の画像データを解析することにより前記グリッドの配置による周期信号に対応する空間周波数を検出する検出工程と、

を有することを特徴とする画像解析方法。

【請求項 2 0】

コンピュータを、請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の画像解析装置の各手段として機能させるためのプログラム。

【請求項 21】

請求項 20 に記載のプログラムを記憶したコンピュータにより読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像解析装置、放射線撮影装置、画像解析方法、プログラムおよび記憶媒体に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来から X 線に代表される放射線を被検体に照射し、被検体を透過した放射線成分を画像化することで、被検体内部を可視化する技術が用いられている。

【0003】

放射線は被検体内部で散乱線を発生するため、被検体を透過した直接線と共に、散乱線も画像化される。そこで、このような散乱線を除去するグリッドと呼ばれる器具を被検体と放射線の受像面の間に配置し撮影を行う場合がある。このグリッドは、鉛等の放射線遮蔽物質と、アルミニウムやカーボン等の放射線透過物質とを、所定の幅で交互に並べて構成することで散乱放射線を除去する。グリッドは散乱放射線を除去する際に放射線遮蔽物質を通る直接線の一部も除去するため、画像上に周期的な信号（グリッド縞とも言う）を発生させる。

20

【0004】

このような周期信号を低減する方法としては、放射線の照射中にグリッドのみを縞に直交する方向へ移動させ、積分効果により縞の成分を低減する方法がある。この方法は、グリッド縞を効果的に低減させることが可能であるが、グリッドを移動させるための機械的な制御が必要であるため装置規模が大きくなり、またコストの面でも不利になるという課題がある。

【0005】

近年では画像化されたデータから画像処理によってグリッドに起因する周期信号のみを低減する方法は、本出願人より、例えば、特許文献 1 により提案されている。

30

【0006】

画質の向上という観点から画像上からグリッドに起因する周期信号を検出し、周期信号が検出された場合のみ処理を実行する方法もある。例えば、特許文献 2 には、グリッドに起因する周期信号を検出する方法が開示されている。この方法では、複数の測定領域から垂直方向と水平方向の分散を F 検定により評価し、評価結果の投票によりグリッドの周期信号の有無および方向を検出するものである。

【0007】

また、画像上からグリッドの周期信号を精度良く検出するには、予め検出が困難な領域を測定領域から除外することも有効である。例えば、特許文献 1 では、ランダムサンプリングにより画像の推定平均値を求め、推定平均値未満の領域（すなわち S/N が低く検出が困難な領域）を測定領域から除外することで検出精度の向上を行っている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献 1】特許第 3445258 号公報

【特許文献 2】特開平 8 - 293020 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

50

しかしながら、画像の推定平均値を基準とした特許文献 1 の棄却条件のみでは、検出精度を向上させる条件として不十分な場合がある。具体的には、放射線量の少ない条件で撮影された場合や、コリメータにより部分的に放射線が遮蔽された条件で撮影された場合、総じて画像の推定平均値は小さくなり S/N が低い領域を適切に除外することができない場合がある。また、その他に推定平均値以上の測定領域すべてに対し評価を行うため計算コストがかかるという課題もある。

【 0 0 1 0 】

そこで、本発明は測定領域の統計情報に基づいた相対評価によって、グリッドの周期信号をより良く検出できる測定領域に限定して、検出精度の向上を図るとともに計算コストの削減が可能な技術の提供を目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

上記の目的を達成する本発明の一つの側面に係る画像解析装置は、
被写体からの散乱放射線を除去するためのグリッドを使用した放射線撮影により得られた画像に複数の測定領域を設定する設定手段と、

前記設定手段により設定された前記複数の測定領域の画像データに基づく統計情報をそれぞれ取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された統計情報を用いて前記複数の測定領域から少なくとも一つの測定領域を選択する選択手段と、

前記選択手段により選択された測定領域の画像データを解析することにより前記グリッドの配置による周期信号に対応する空間周波数を検出する検出手段と、を備えることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、測定領域の統計情報に基づいた相対評価によって、グリッドの周期信号をより良く検出できる測定領域に限定して、検出精度の向上を図るとともに計算コストの削減が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】実施形態にかかる放射線撮影装置の全体構成を例示する図。

30

【図 2】実施形態にかかる画像解析部の処理手順を示すフローチャート。

【図 3】実施形態にかかるグリッド検出部の処理手順を示すフローチャート。

【図 4】検出範囲を例示的に説明する図。

【図 5】測定領域の設定を例示的に説明する図。

【図 6】フィルタの振幅応答を例示的に説明する図。

【図 7】グリッドの周期信号のパワースペクトルを例示的に説明する図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

以下、図面を参照して、実施形態に係る画像解析装置および画像解析方法について説明する。ただし、実施形態に記載されている構成要素はあくまで例示であり、技術的範囲は、特許請求の範囲によって確定されるのであって、以下の個別の実施形態によって限定されるわけではない。

40

【 0 0 1 5 】

本発明は、例えば図 1 に示すような放射線撮影装置 100 に適用することができる。即ち、放射線撮影装置 100 は、被写体における散乱放射線を除去するためのグリッドの配置に対応した周期信号を検出するための画像解析機能を有する。放射線撮影装置は、放射線発生部 101、放射線検出器 104、データ収集部 105、前処理部 106、制御部として機能する CPU 108、メインメモリ 109、操作部 110、表示部 111、画像解析部 112、画像処理部 125 を備える。これらは CPU バス 107 を介して互いにデータの送受信が可能ないように接続されている。また、被検体 103 と放射線検出器 104 と

50

の間には、被検体 103 からの散乱放射線を除去するグリッド 150 が配置されている。

【0016】

また、画像解析部 112 は、放射線検出器 104 で撮影した画像からグリッド 150 の配置に対応した周期信号を検出するものである。画像解析部 112 は、検出範囲決定部 113、飽和画素判定部 114、測定領域設定部 115、統計量算出部 116、測定領域選択部 117、グリッド検出部 118 を備えている。また、グリッド検出部 118 は、クリッピング部 119、フィルタリング部 120、パワースペクトル算出部 121、評価値算出部 122、判定部 123 を備えている。また、これらの各構成部は CPU バス 107 に接続されている。

【0017】

放射線撮影装置 100 において、メインメモリ 109 は、CPU 108 での処理に必要な各種のデータを記憶すると共に、CPU 108 のワーキング・メモリとして機能する。CPU 108 は、メインメモリ 109 を用いて、操作部 110 からの操作に従った装置全体の動作制御等を行う。これにより放射線撮影装置 100 は、以下のように動作する。

【0018】

まず、操作部 110 を介してユーザから撮影指示が入力されると、この撮影指示は CPU 108 によりデータ収集部 105 に伝えられる。CPU 108 は、撮影指示を受けると、放射線発生部 101 および放射線検出器 104 を制御して放射線撮影を実行させる。

【0019】

放射線撮影では、まず放射線発生部 101 が、被検体 103 に対して放射線ビーム 102 を照射する。放射線発生部 101 から照射された放射線ビーム 102 は、被検体 103 を減衰しながら透過して、放射線検出器 104 に到達する。グリッド 150 は被検体 103 からの散乱放射線を除去する。そして、放射線検出器 104 は到達した放射線強度に応じた信号を出力する。なお、本実施形態では被検体 103 を人体とする例として説明する。よって、放射線検出器 104 から出力される信号は人体を撮影したデータとなる。尚、放射線検出器 104 は固定型のものに限定されず、可搬型のものでもよい。例えば、可搬型とすることにより、被検体 103 の撮影部位に応じて、被検体 103 およびグリッド 150 との相対的な位置の調整を容易に行うことが可能になる。

【0020】

データ収集部 105 は、放射線検出器 104 から出力された信号を所定のデジタル信号に変換して画像データとして前処理部 106 に供給する。前処理部 106 は、データ収集部 105 から供給された画像データに対して、オフセット補正やゲイン補正等の前処理を行う。この前処理部 106 で前処理が行われた画像データは、CPU 108 の制御により、CPU バス 107 を介して、メインメモリ 109、画像解析部 112 に順次転送される。

【0021】

画像解析部 112 は、転送された画像データからグリッド 150 の配置に対応した周期信号を検出する。画像処理部 125 は、画像データにグリッド 150 の周期信号が検出された場合は周期信号の低減処理を実行する。また、画像処理部 125 は、その他の各種画像処理を行う。画像処理部 125 は、その他の画像処理として、例えば、一般的な階調変換処理、鮮鋭化処理等を行うことが可能であり、画像処理の結果は、図示しないプリンタや表示部 111 等に出力される。表示部 111 は、画像処理部 125 により周期信号の低減処理が行われた画像を表示する。以上の処理により一連の撮影動作が終了する。

【0022】

以上のような構成を備えた放射線撮影装置 100 において、本実施形態の特徴である画像解析部 112 の動作について、図 2 および図 3 に示すフローチャートを用いて具体的に説明する。

【0023】

前処理部 106 によって得られた画像データは、CPU バス 107 を介して画像解析部 112 に転送される。画像解析部 112 の検出範囲決定部 113 は、S201～S202

10

20

30

40

50

の各ステップを実行することにより、グリッド１５０の配置に対応した周期信号（グリッド縞とも言う）を検出するためのおおよその検出範囲を決定する。この検出範囲は、被写体に照射される放射線照射領域を含むものである。放射線の受像面では、グリッド１５０の配置に対応した陰影としてグリッド縞が見られることになる。画像解析部１１２の処理によりグリッドの配置に対応した周期信号を精度よく検出し、画像データにグリッド１５０の周期信号が検出された場合、画像処理部１２５の処理により周期信号（グリッド縞）の低減処理を実行する。周期信号（グリッド縞）の低減処理により、放射線画像の観察者に対して、放射線画像上にグリッド縞が存在することの違和感を極力減らすことが可能になる。

【００２４】

10

ここで、放射線撮影においては、必要領域外への放射線による被曝を抑える目的で、必要領域のみに放射線を照射する照射野絞りが行われるのが一般的であり、画像上に放射線が照射されない領域が存在する。この放射線が照射されない領域、いわゆる素抜け領域は、信号成分が略存在しないためグリッド１５０の検出が困難である。そこで、この領域をおおよそ除外した範囲を検出範囲として設定する。

【００２５】

まず、ステップＳ２０１において、画像解析部１１２の検出範囲決定部１１３は、放射線が照射された検出範囲を決定するための閾値を算出する。ここで、閾値の決定方法は特に限定するものではないが、本実施形態では、判別基準に基づく大津の方法により、放射線が照射された領域と照射されていない領域を分離するための閾値を算出する。この方法は、画像を２つのクラスに分離したときのクラス間分散を算出し、このクラス間分散が最大となる画素値を、前景領域（放射線が照射された領域）と、背景領域（放射線が照射されない領域）とに分離するための最適閾値として決定する。

20

【００２６】

なお、大津の方法については公知の技術であり、詳細は述べないが、例えば「Nobuyuki Otsu, : " A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics ", Vol.SMC-9,No.1,pp.62-66,1979.」に詳しく記載されている。

【００２７】

次に、ステップＳ２０２において、画像解析部１１２の検出範囲決定部１１３は、求めた閾値に基づいて検出範囲を決定する。ここでは、閾値を超える領域を放射線が照射された領域（検出範囲）とみなし、図４のように、閾値を超える領域に外接する矩形領域を検出範囲として設定する。なお、本実施形態では外接する矩形領域を検出範囲とすることで、放射線が照射された領域内部の一部に閾値を超えない領域が存在した場合においても放射線が照射された領域を検出範囲として設定することができる。

30

【００２８】

次に、ステップＳ２０３において、画像解析部１１２の飽和画素判定部１１４は、画素が飽和しているか否かを判定するための閾値を算出する。ここで、閾値の決定方法は特に限定するものではないが、本実施形態では、例えば、本出願人により既に提案されている特開２００２－３３６２２３号公報の方法を用いる。具体的には、検出範囲のヒストグラムを２直線で構成される折れ線で近似し、近似した折れ線の折れ点に対応する画素値を画素が飽和している領域と飽和していない領域とを分離するための閾値として設定する。なお、画素が飽和した場合の出力値はセンサ依存で略推定可能であるため、センサ毎に予め固定の閾値を設定することで、推定処理が不要となるため処理負荷を軽減することができる。

40

【００２９】

次に、測定領域設定部１１５において、Ｓ２０４～Ｓ２０５の各ステップを実行することにより、検出範囲決定部１１３で求めた検出範囲内に複数の測定領域を設定する。ここで、測定とは以下に説明する統計情報（統計量）の測定であり、統計情報の測定を行うための検出範囲内の部分領域を測定領域という。本実施形態において測定領域は、例えば、

50

幅が１画素で構成される線状の部分領域（以下、「ライン」という）、または幅が２画素以上で構成される矩形領域とすることができる。以下の説明では、測定領域としてラインを使用した場合を例示的に説明する。尚、測定領域としては、ラインや矩形領域に限定されるものではなく、グリッド１５０を検出するために必要に応じた種々の部分領域の形状変形が可能である。

【００３０】

ステップＳ２０４では図５（ａ）のように、検出範囲の横方向（例えば、第１の方向）に対して等間隔に複数のラインを設定する。また、ステップＳ２０５では図５（ｂ）のように、検出範囲の縦方向（例えば、第１の方向に交差する第２の方向）に対して等間隔に複数のラインを設定する。なお、本実施形態では後段でのフーリエ変換を考慮して、ラインの長さ（サンプル数）が２の冪乗（“２”のｎ乗（ｎは正の整数））でない場合は、ラインの両端を２の冪乗となるようにラインのデータ点数を切り捨てることとする。

10

【００３１】

ここで、設定するライン数は任意に設定すれば良く、例えば、１００ラインを等間隔に設定すれば良い。尚、ラインの間隔は等間隔の場合に限定されるものではなく、ライン間の統計量を間隔に応じて補正する処理を組み合わせることにより、任意の間隔に設定することも可能である。また、検出範囲のうち全ての領域（全ライン）を測定領域として設定しても良い。

【００３２】

次に、画像解析部１１２の統計量算出部１１６において、ステップＳ２０６～Ｓ２０７の各ステップを実行することで、測定領域設定部１１５で設定された各ラインの統計量を算出する。具体的には、設定した１つのラインデータを $s[n]$ とした場合、下記式にて統計量 E を算出するものであり、横方向および縦方向に設定したすべてのラインに対して算出する。

20

【００３３】

【数１】

$$E = \sum_{n=0}^{N-1} s[n] \cdot I(s[n]), \quad I(x) = \begin{cases} 1, & x < TH \\ 0, & x \geq TH \end{cases} \quad \cdots (1)$$

30

【００３４】

ここで、 N はラインデータのサンプル数、すなわち、測定領域設定部１１５で設定されたサンプルとしてライン数を表す。 TH は飽和画素判定部１１４において算出した閾値を表す。

【００３５】

上述の式で求めた統計量 E は、ライン上に飽和した画素が少なく、かつ総画素値の大きい（到達線量の多い）ラインで値が大きくなるものである。すなわち、統計量 E は飽和によりグリッド１５０の周期信号が部分的に存在せず検出が困難なラインや S/N が低くグリッド１５０の周期信号の検出が困難なラインで値が小さくなる。この統計量 E を用いることでグリッド１５０の周期信号をより良く検出できるラインを評価することができる。

40

【００３６】

なお、本実施形態では、統計情報として、飽和した画素を除く画素値の総和値を統計量 E として算出したが、これに限定されるものでなく、例えば、総和値の代わりに平均値、最頻値、順序統計値、分散、標準偏差等のその他の統計情報を用いることもできる。

【００３７】

次に、測定領域選択部１１７はステップＳ２０８～Ｓ２０９の各ステップを実行して、測定領域設定部１１５で設定した複数の測定領域の中からグリッド１５０の周期信号をより良く検出できる測定領域として、少なくとも一つ（所定数）の測定領域を選択する。本

50

実施形態では、縦方向および横方向の測定領域として所定数M箇所を選択する例を説明する。尚、本発明の趣旨は、この例に限定されるものではなく、縦方向および横方向のそれぞれについて異なる数の測定領域を選択することも可能である。

【0038】

測定領域選択部117は、統計量算出部116で算出した各測定領域に対する統計量Eを比較し、統計量Eの示す値の大きい順に上位のM箇所の測定領域を選択する。ここで、本実施形態では横方向および縦方向のラインを別々に設定する構成であるため、ここでは、ステップS208において、まず、横方向に設定された複数の測定領域の統計量Eを比較し、統計量Eの示す値の大きい順に上位のM箇所の測定領域を選択する。また、ステップS209において、縦方向に設定された複数の測定領域の統計量Eを比較し、統計量Eの示す値の大きい順に上位のM箇所の測定領域を選択する。

10

【0039】

上述の如く統計量Eは、値が大きいほど、よりグリッド150の検出がし易い領域に対応するため、値の大きい順に上位のM箇所を選択することで、グリッド150の検出が困難な領域を予め測定領域から除外し、検出精度を向上させることができる。また、測定領域を所定数Mに制限することで、後段の処理にかかる処理コストを低減することができる。ここで、所定数Mは検出精度と処理コストを鑑みて経験的に決定すればよく、例えば、 $N = 10$ とする。

【0040】

次に、グリッド検出部118において、S210～S211の各ステップを実行することで、横方向および縦方向の各々で選択された測定領域から評価値を算出する。なお、ステップS210とステップS211は入力される測定領域が異なるが、同様の処理を実行する。具体的には、入力されるM箇所の測定領域、すなわちM個のラインデータを入力とし、図3のフローチャートに従った処理を行う。以下より図3のフローチャートを用いて評価値の算出処理の詳細に説明する。

20

【0041】

まず、ステップS301において、グリッド検出部118のクリッピング部119は、以下に(2)式に従って入力されたM個のラインデータの各々に対し、飽和に起因する補正ノイズを除去する目的で、クリッピングを行う。具体的には入力されたM個のラインデータのうち、i番目のラインデータを $s0_i[n]$ とすれば、下記式にてクリッピングされたラインデータ $s1_i[n]$ を算出するものであり、すべてのラインデータに対して算出する。クリッピング部119は、選択された測定領域におけるラインデータ中に画素値が飽和した飽和画素が存在する場合はその画素の画素値を固定値(閾値TH)に変換し、フィルタリングに用いるデータとして設定する。また、クリッピング部119は、ラインデータ中に飽和画素が存在しない場合はラインデータ中の各画素の画素値をフィルタリングに用いるデータとして設定する。クリッピング部119による上述の処理をクリッピング処理という。

30

【0042】

【数2】

40

$$s1_i[n] = \begin{cases} s0_i[n], & n < TH \\ TH, & n \geq TH \end{cases} \quad \dots (2)$$

【0043】

ここで、THは飽和画素判定部114において算出した閾値を表す。

【0044】

次に、ステップS302において、グリッド検出部118のフィルタリング部120は

50

、フィルタリングによりグリッド150の周期信号成分を抽出する。具体的には、画像上のグリッド周波数を f_g (rad/sample)とすれば、下記式で算出したN次のFIRフィルタ h を用いて、すべてのラインデータに対してフィルタリングを行う。

【0045】

【数3】

$$h[i] = \begin{cases} \frac{g(i - \frac{N}{2})}{\mu} - 1, & i = \frac{N}{2} \\ \frac{g(i - \frac{N}{2})}{\mu}, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad i \in \{0, 1, 2, \dots, N\} \quad \dots (3)$$

$$\mu = \sum_{i=0}^N g(i - \frac{N}{2}), \quad g(x) = e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}}, \quad \sigma = \frac{3}{f_g}, \quad N = 2\lceil 3\sigma \rceil$$

【0046】

ここで、 f_g が2.0 (rad/sample)の場合の上記式によるフィルタの振幅応答を図6に示す。図6のように、この場合のフィルタは2.0 (rad/sample)以上の周波数を通過させるハイパスフィルタになっている。このフィルタを用いることで、グリッド150の周期信号成分を残しつつ、主に低周波成分からなる画像成分を除去することができる。これにより、画像成分に起因するグリッド150の誤検出を抑制することができる。

【0047】

なお、グリッド周波数 f_g (rad/sample)は、使用されるグリッドの密度(単位長さあたりのグリッドの配置数)および放射線撮影に用いる検出部(センサ)の画素ピッチに基づいて決定されるものである。具体的には使用されるグリッドの密度を D (本/cm)、画素ピッチを S (mm)とすれば、グリッド周波数 f_g (rad/sample)は下記式にて求めることができる。

【0048】

【数4】

$$f_g = 2\pi \cdot \left| \frac{D \cdot S}{10} - n \right| \quad \dots (4)$$

【0049】

ただし、 n は下記の条件式を満たす整数である。

【0050】

【数5】

$$0 \leq f_g \leq \pi \quad \dots (5)$$

【0051】

ここで、使用されるグリッドの密度は各施設で既知であり、その値を事前に設定すれば良い。なお、グリッドの製造ばらつきや設置時の拡大率等と考慮して、グリッド密度に対してマージンをもたせた設定を行っても良い。複数の異なる密度のグリッドを使用する場

10

20

30

40

50

合、上記式で求めた各々のグリッド周波数のうち最小となる値をグリッド周波数 f_g とすれば、使用されるすべてのグリッドの周波数を通過させるハイパスフィルタとなるため、すべてのグリッド周波数に対応可能となる。

【 0 0 5 2 】

次に、ステップ S 3 0 3 において、グリッド検出部 1 1 8 のパワースペクトル算出部 1 2 1 は、フィルタリング部 1 2 0 によりフィルタリングされたラインデータの各々に対し、1次元の離散フーリエ変換を用いて、規格化したパワースペクトルを算出する。具体的には、パワースペクトル算出部 1 2 1 はフィルタリングされた M 個のラインデータのうち、i 番目のラインデータを $s_i[n]$ とすれば、下記式にてパワースペクトル $P_i[k]$ を算出するものであり、すべてのラインデータに対して算出する。ここで、本実施形態ではラインデータのサンプル数を 2 の冪乗とし、高速フーリエ変換を用いた演算を行う。

10

【 0 0 5 3 】

【数 6】

$$P_i[k] = \frac{1}{N^2} \cdot \left| \sum_{n=0}^{N-1} s_i[n] \cdot e^{-\frac{2\pi j}{N} \cdot k \cdot n} \right|^2, \quad k \in \{0, 1, 2, \dots, N-1\} \cdots (6)$$

【 0 0 5 4 】

ここで、j は虚数を表し、N はラインデータのサンプル数を表す。

20

【 0 0 5 5 】

なお、グリッドの縞目と直交する方向のラインデータのパワースペクトルでは、図 7 のようにグリッドの周期信号によるピークが現れる。よって、このピークを検出することで、グリッドの周期信号の縞の有無、縞の方向、周期信号の周波数を算出することができる。

【 0 0 5 6 】

次に、グリッド検出部 1 1 8 の評価値算出部 1 2 2 は、ステップ S 3 0 4 ~ S 3 1 8 の各ステップを実行することで、パワースペクトルのピークからグリッド 1 5 0 に対応した周期信号の有無を判断するための評価値を算出する。

【 0 0 5 7 】

30

まず、ステップ S 3 0 4 において、評価値算出部 1 2 2 は、処理するラインデータの番号 i_0 を 1、評価値 E_{max} を 0、グリッド周波数 F_r を 0 に初期化する。

【 0 0 5 8 】

次に、ステップ S 3 0 5 において、評価値算出部 1 2 2 は、設定された i_0 番目のラインデータのパワースペクトル $P_{i_0}[k]$ から第一のピークを検出する。ラインデータのパワースペクトル $P_{i_0}[k]$ において、周波数が $f_g \sim$ (rad/sample) の範囲、すなわち k が $f_g N / 2 \sim N / 2$ (N はラインデータのサンプル数) の範囲で値が最大となる点 $k_{m_{i_0}}$ とその時のパワースペクトル $P_{i_0}[k_{m_{i_0}}]$ を算出する。

【 0 0 5 9 】

次に、ステップ S 3 0 6 において、評価値算出部 1 2 2 は、設定された i_0 番目以外のラインデータのパワースペクトル $P_i[k]$ ($i \neq i_0$) から第一のピークを検出する。ここで、 i_0 番目で検出されたピークがグリッド 1 5 0 の周期信号のピークである場合、その他のラインデータのパワースペクトル $P_i[k]$ ($i \neq i_0$) においても略同じ周波数帯域にピークが存在する。そこで、 $k_{m_{i_0}} \pm$ の範囲で値が最大となる点 k_{m_i} とその時のパワースペクトル $P_i[k_{m_i}]$ を算出する。

40

【 0 0 6 0 】

ここで、 k はグリッド密度の面内ばらつき等を考慮して任意に設定すれば良く、例えば、本実施形態では、 k を $N / 40$ (N はラインデータのサンプル数) に設定する。

【 0 0 6 1 】

ステップ S 3 0 7 において、評価値算出部 1 2 2 は求めた M 個の第一のピーク $P_i[k_{m_i}]$

50

$i]$ ($i = 1, 2, 3 \dots M$)のうち、値が最大となる点 $k m_i$ に対応する周波数 $2 k m_i / N$ をグリッド周波数 F_r (rad/sample)として設定する。

【 0 0 6 2 】

次に、ステップ S 3 0 8 において、評価値算出部 1 2 2 は、求めた M 個の第一のピーク $P_i[k m_i]$ ($i = 1, 2, 3 \dots M$)から評価値 E を算出する。具体的には、 i 番目のラインデータのピーク点を $k m_i$ とすれば、下記式にて各々の評価値 E_i をすべてのラインデータに対して算出する。本ステップにおいて、評価値算出部 1 2 2 は、パワースペクトルのピークと、このピークの周辺のパワースペクトルとの比を用いて評価値を算出する。

【 0 0 6 3 】

【数 7】

10

$$E_i = \frac{P_i[k m_i - 1] + P_i[k m_i] + P_i[k m_i + 1]}{\frac{1}{2\Delta k + 1} \cdot \sum_{k=-\Delta k}^{k=\Delta k} P_i[k m_i + \Delta k]} \dots (7)$$

【 0 0 6 4 】

次に、評価値算出部 1 2 2 は、求めた M 個の評価値 E_i の平均値を下記 (8) 式により取得し、1つの平均評価値 E を算出する。

20

【 0 0 6 5 】

【数 8】

$$E = \frac{1}{M} \cdot \sum_{i=1}^M E_i \dots (8)$$

【 0 0 6 6 】

ここで、(7) 式により取得される評価値 E_i はピーク点を中心とした3点のパワースペクトル値の和とピーク点を中心とした周辺のパワースペクトル ($\pm k$ 範囲のパワースペクトルの平均値) の比を表したものである。周辺のパワースペクトルに比べてピークが大きくなるほど大きな値を示す。また、(8) 式により取得される平均評価値 E はすべてのラインデータから求めた評価値 E_i を平均したものである。グリッド 1 5 0 の周期信号のようにすべてのラインデータのパワースペクトル上に大きなピークを発生させる場合に平均評価値 E は大きな値を示すこととなり、この値を評価することでグリッド 1 5 0 に対応した周期信号の有無を判断することができる。

30

【 0 0 6 7 】

なお、本実施形態では、評価値 E_i の算出にピーク点を中心とした3点のパワースペクトル値の和を用いたが、これに限定されるものではなく、例えば、ピーク点のパワースペクトル値のみを用いても良い。また、本実施形態では、評価値 E_i の算出にピーク点を中心とした $\pm k$ 範囲のパワースペクトルの平均値を用いたが、これに限定されるものではなく、例えば、 $\pm k$ 範囲のパワースペクトルの中央値を用いても良い。また、 k は任意に設定すれば良く、例えば、本実施形態では、 k を $N / 10$ (N はラインデータのサンプル数) に設定する。

40

【 0 0 6 8 】

次に、ステップ S 3 0 9 において、評価値算出部 1 2 2 は、求めた平均評価値 E を評価値 E_i の最大値 E_{max} と比較する。平均評価値 E が評価値 E_i の最大値 E_{max} 以上場合 (S 3 0 9 - Y e s)、ステップ S 3 1 0 において、評価値算出部 1 2 2 は、新たに求めた平均評価値 E のほうがグリッドの評価値として、より信頼のおける値と判断する。そして、評価値算出部 1 2 2 は、最大値 E_{max} の値を平均評価値 E の値に更新するとともに、最大値 E_{max} に基づくグリッド周波数 F_r を平均評価値 E に基づくグリッド周波数 F に更新する。

50

【 0 0 6 9 】

一方、ステップ S 3 0 9 の判定で、平均評価値 E が評価値 E_i の最大値 E_{max} よりも小さい場合 (S 3 0 9 - N o)、評価値算出部 1 2 2 は、処理をステップ S 3 1 1 に進める。

【 0 0 7 0 】

次に、ステップ S 3 1 1 において、評価値算出部 1 2 2 は、設定された $i0$ 番目のラインデータのパワースペクトル $P_{i0}[k]$ から第二のピークを検出する。ここでは、前段で求めた第一のピークがグリッド 1 5 0 の周期信号に起因するものではない、例えば、外乱などに起因した誤ったピークを検出した場合を考慮して第二のピークについても第一のピークと同様に評価値を求めていく。具体的には、ラインデータのパワースペクトル $P_{i0}[k]$ において、周波数が $f_g \sim$ (rad/sample) の範囲、すなわち、 $f_g N / 2 \sim N / 2$ (N はラインデータのサンプル数) の範囲の中から第一のピークの周辺の周波数帯域 ($k m_{i0} \pm k$) を除外した範囲で、 k の値が最大となる点 $k m_{i0}$ とその時のパワースペクトル値 $i0[k m_{i0}]$ を算出する。すなわち、評価値算出部 1 2 2 は、第一のピークから所定の周波数以上離れた周波数帯域に存在するピーク (第二のピーク) と、この周波数帯域に存在するピークの周辺のパワースペクトルとの比を更に用いて評価値を算出する。

【 0 0 7 1 】

ここで、 k は任意に設定すれば良く、例えば、本実施形態では、 k を $N / 4 0$ (N はラインデータのサンプル数) に設定する。

【 0 0 7 2 】

次に、評価値算出部 1 2 2 は、求めた第二のピークに対し、S 3 1 2 ~ S 3 1 4 の各ステップを実行する。S 3 1 2 ~ S 3 1 4 の各ステップの処理は、ステップ S 3 0 6 ~ S 3 0 8 の処理内容と同様のものである。そして、ステップ S 3 1 5 において、評価値算出部 1 2 2 は、求めた平均評価値 E を評価値 E_i の最大値 E_{max} と比較する。平均評価値 E が評価値 E_i の最大値 E_{max} 以上の場合 (S 3 1 5 - Y e s)、ステップ S 3 1 6 において、評価値算出部 1 2 2 は、新たに求めた平均評価値 E のほうがグリッド 1 5 0 の評価値として、より信頼のおける値と判断する。そして、評価値算出部 1 2 2 は、最大値 E_{max} の値を平均評価値 E の値に更新するとともに、最大値 E_{max} に基づくグリッド周波数 F_r を平均評価値 E に基づくグリッド周波数 F に更新する。

【 0 0 7 3 】

一方、ステップ S 3 1 5 の判定で、平均評価値 E が評価値 E_i の最大値 E_{max} よりも小さい場合 (S 3 1 5 - N o)、評価値算出部 1 2 2 は、処理をステップ S 3 1 7 に進める。

【 0 0 7 4 】

ステップ S 3 1 7 において、評価値算出部 1 2 2 は、 $i0$ が M 未満の場合、すなわち、すべてのラインデータを基準として評価値を算出していないと判定する場合 (S 3 1 7 - Y e s)、 $i0$ の値を 1 つインクリメントする (S 3 1 8)。そして、評価値算出部 1 2 2 は、処理をステップ S 3 0 5 に戻し、ステップ S 3 0 5 以降の各ステップの処理をすべてのラインデータに対して実行する。

【 0 0 7 5 】

一方、ステップ S 3 1 7 の判定で、評価値算出部 1 2 2 は、 $i0$ が M 以上の場合、すなわち、すべてのラインデータを基準として評価値が算出されたと判定する場合 (S 3 1 7 - Y e s)、評価値算出部 1 2 2 は処理をステップ S 3 1 9 に進める。

【 0 0 7 6 】

そして、ステップ S 3 1 9 において、評価値算出部 1 2 2 は、最終的な評価値 E_{max} およびグリッド周波数グリッド周波数 F_r を出力する。評価値算出部 1 2 2 の出力は、C P U バス 1 0 7 を介して、表示部 1 1 1 に表示することが可能である。

【 0 0 7 7 】

以上、図 3 のフローチャートを用いて M 箇所の測定領域、すなわち M 個のラインデータから評価値 E_{max} およびグリッド周波数 F_r を算出する方法を説明した。上述の如く評価値 E_{max} は、すべてのラインデータを基準とした第一ピークおよび第二ピークから求めたピークとピーク周辺のパワースペクトルとの比の平均値が最大となる場合の値である。よっ

10

20

30

40

50

て、グリッドの周期信号のようにすべてのラインデータのパワースペクトル上に大きなピークを発生させる場合に大きな値を示すこととなる。

【 0 0 7 8 】

次に、図 2 のステップ S 2 1 2 において、判定部 1 2 3 は、上述の如く横方向に設定した測定領域から求めた横方向の E_{max} である評価値 E_h および、縦方向に設定した測定領域から求めた縦方向の E_{max} である評価値 E_v を比較する。そして、判定部 1 2 3 は、この比較の結果からグリッド 1 5 0 の有無、グリッド 1 5 0 に対応したグリッド縞の方向を判定し、その結果を出力する。判定部 1 2 3 は、評価値 E_h が評価値 E_v より大きくかつ所定の閾値 TH を超える場合、画像内に横方向のグリッド縞が有ると判定し、横方向に設定した測定領域から求めたグリッド周波数 F_r を合わせて出力する。

10

【 0 0 7 9 】

また、評価値 E_v が評価値 E_h より大きくかつ所定の閾値 TH を超える場合、判定部 1 2 3 は画像内に縦方向のグリッド縞が有ると判定し、縦方向に設定した測定領域から求めたグリッド周波数 F_r を合わせて出力する。また、それ以外の場合、判定部 1 2 3 は、画像内にグリッドの配置に対応したものでない、すなわち、グリッドに起因した周期信号が無いと判定する。

【 0 0 8 0 】

ここで、閾値 TH は評価値の有意性を評価するための閾値であり、グリッドが装着された画像データから求めた評価値 E_i の統計的な性質に基づき経験的に設定すれば良い。なお、本実施形態では、例えば、閾値 TH を 5 0 に設定する。

20

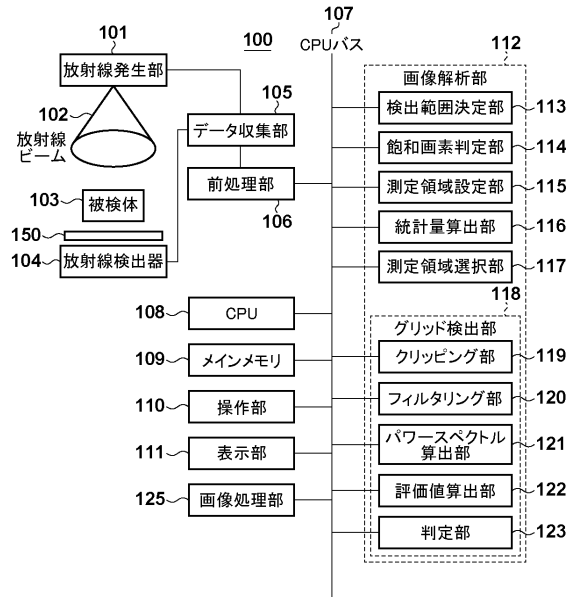
【 0 0 8 1 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記の実施形態に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

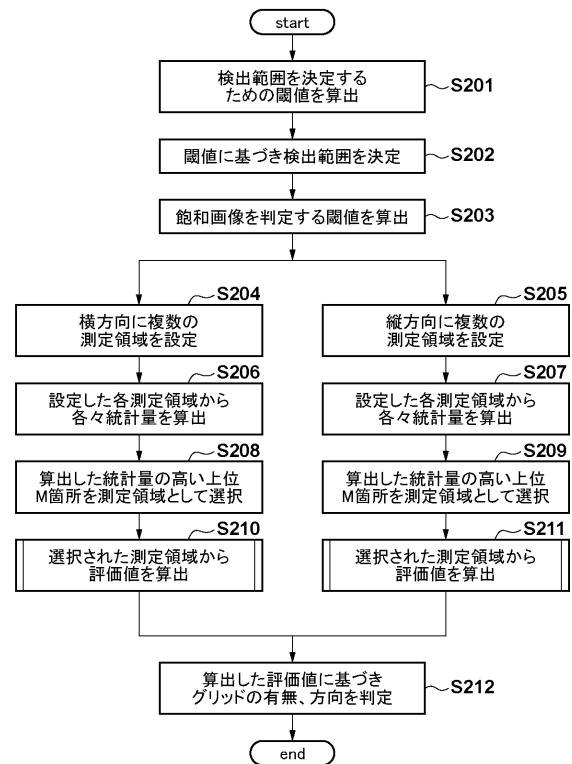
(その他の実施形態)

また、本発明は、以下の処理を実行することによっても実現される。即ち、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェア(プログラム)を、ネットワーク又は各種記憶媒体を介してシステム或いは装置に供給し、そのシステム或いは装置のコンピュータ(または CPU や MPU 等)がプログラムを読み出して実行する処理である。

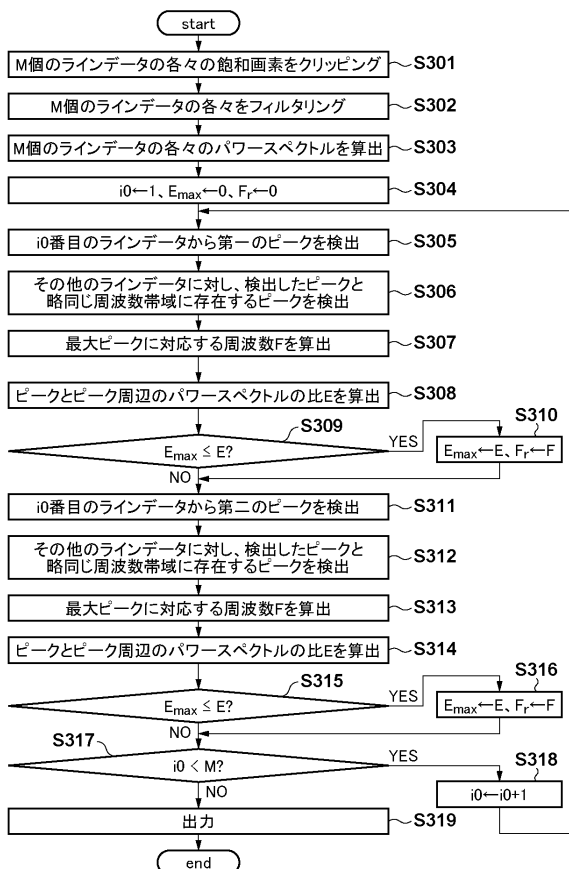
【図 1】



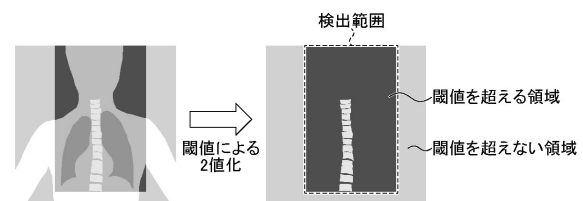
【図 2】



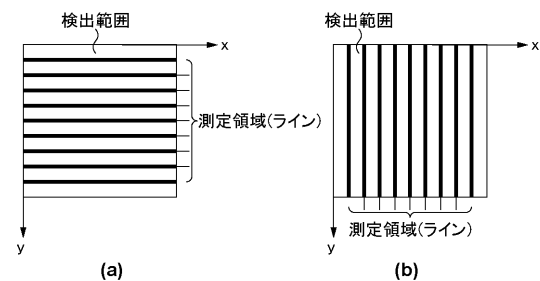
【図 3】



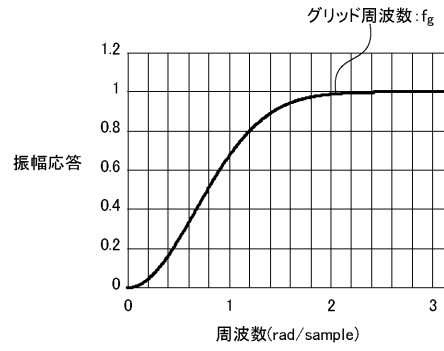
【図 4】



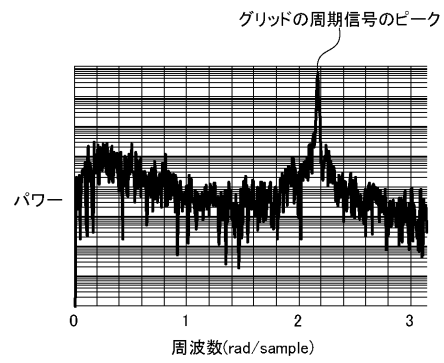
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 直人

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 小田倉 直人

(56)参考文献 特開2011-177373(JP,A)

特開2002-325755(JP,A)

特開2012-203503(JP,A)

特開2003-233818(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 6/00

A61B 6/06