

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6202855号
(P6202855)

(45) 発行日 平成29年9月27日 (2017.9.27)

(24) 登録日 平成29年9月8日 (2017.9.8)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 6/00 (2006.01)

A 6 1 B 6/00 3 0 0 S

G 0 1 T 7/00 (2006.01)

G 0 1 T 7/00 C

A 6 1 B 6/00 3 5 0 M

請求項の数 15 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2013-74862 (P2013-74862)
 (22) 出願日 平成25年3月29日 (2013.3.29)
 (65) 公開番号 特開2014-198147 (P2014-198147A)
 (43) 公開日 平成26年10月23日 (2014.10.23)
 審査請求日 平成28年3月11日 (2016.3.11)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (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】 画像処理装置、画像処理装置の制御方法、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

行単位で電荷の解放または蓄積が可能な放射線検出器から取得した放射線画像を処理する画像処理装置であって、

前記放射線画像においてアーチファクトが発生した補正対象行の近隣行の画素値に基づいて、前記補正対象行の各画素の目標値を設定する目標値設定手段と、

前記補正対象行の各画素の画素値と前記目標値とに基づいて、前記補正対象行の画素のうち補正係数を算出するために使用する画素を有効画素として選定する画素選定手段と、

前記有効画素の画素値と前記目標値とを用いて前記補正係数を導出し、当該補正係数に基づいて前記補正対象行を補正する補正手段と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】

前記補正手段は、前記補正対象行の画素値と前記目標値と前記補正係数とを用いて、前記補正対象行を補正することを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記画素選定手段は、

前記補正対象行の画素値と前記目標値とに基づいて、仮補正係数を導出する仮補正係数導出手段と、

前記仮補正係数の分布を求める補正係数分布導出手段と、

前記仮補正係数の分布に基づいて前記有効画素を選定する有効画素選定手段と、

を備えることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の画像処理装置。

【請求項 4】

前記有効画素選定手段は、

前記仮補正係数の分布に基づいて前記仮補正係数の特徴値を算出し、

前記仮補正係数導出手段により各画素について他の 2 つの画素との組み合わせから導出された 2 つの仮の補正係数うち少なくとも一方が前記特徴値から閾値範囲内である場合、当該画素を前記有効画素として選定することを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記仮補正係数導出手段は、

前記目標値に基づいて前記補正対象行の各画素をソートし、

前記ソートされた各画素について異なる画素値を有する画素を複数抽出して画素の組み合わせを作成し、

各画素の前記組み合わせに対してそれぞれ前記仮補正係数を導出することを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

前記目標値設定手段は、

前記補正対象行の画素値と、当該画素の近隣画素の画素値との勾配を導出し、

前記近隣画素の画素値からノイズ量を導出し、

前記勾配と前記ノイズ量とに基づいて前記目標値を設定することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記画素選定手段は、前記放射線検出器の放射線量と画素値との線形性を満たさない飽和画素値以上の画素を無効画素と判定し、前記有効画素から除外することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 8】

目標値設定手段と、画素選定手段と、補正手段とを備えており、行単位で電荷の解放または蓄積が可能な放射線検出器から取得した放射線画像を処理する画像処理装置の制御方法であって、

前記目標値設定手段が、前記放射線画像においてアーチファクトが発生した補正対象行の近隣行の画素値に基づいて、前記補正対象行の各画素の目標値を設定する目標値設定工程と、

前記画素選定手段が、前記補正対象行の各画素の画素値と前記目標値とに基づいて、前記補正対象行の画素のうち補正係数を算出するために使用する画素を有効画素として選定する画素選定工程と、

前記補正手段が、前記有効画素の画素値と前記目標値とを用いて前記補正係数を導出し、当該補正係数に基づいて前記補正対象行を補正する補正工程と、

を有することを特徴とする画像処理装置の制御方法。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の画像処理装置の制御方法の各工程をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 10】

行単位で電荷の解放または蓄積が可能な放射線検出器から取得した放射線画像を処理する画像処理装置であって、

前記放射線画像においてアーチファクトが発生した補正対象行の近隣行の画素値に基づいて、前記補正対象行の各画素の目標値を設定する目標値設定手段と、

前記補正対象行の各画素の画素値と前記目標値とを用いて補正係数を導出し、当該補正係数に基づいて前記補正対象行を補正する補正手段と、を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 11】

放射線の照射開始を検知する検知手段と、前記検知手段により放射線の照射開始が検知されると、電荷の解放を止めて電荷の蓄積動作に移行する駆動制御手段とを有し、行単位で電荷の解放または蓄積が可能な放射線撮影装置から取得した放射線画像を処理する画像処理装置であって、

前記放射線の検知対象行以降における複数行の画素値から画素値の勾配を算出し、前記検知対象行の画素において本来取ると推測される画素値に関する目標値を設定する目標値設定手段と、

前記目標値に基づいて、前記放射線の検知対象行の画素の画素値を補正する補正手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 2】

10

放射線の照射開始を検知する検知手段と、前記検知手段により放射線の照射開始が検知されると、電荷の解放を止めて電荷の蓄積動作に移行する駆動制御手段とを有し、行単位で電荷の解放または蓄積が可能な放射線撮影装置から取得した放射線画像を処理する画像処理装置であって、

前記放射線の検知対象行の次の複数行における画素値から前記検知対象行以前の行における画素で本来取ると推測される画素値に関する目標値を設定する目標値設定手段と、

前記目標値に基づいて、前記放射線の検知対象行以前の行における画素の画素値を補正する補正手段と

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 3】

20

目標値設定手段と、補正手段とを有し、行単位で電荷の解放または蓄積が可能な放射線検出器から取得した放射線画像を処理する画像処理装置の制御方法であって、

前記目標値設定手段が、前記放射線画像においてアーチファクトが発生した補正対象行の近隣行の画素値に基づいて、前記補正対象行の各画素の目標値を設定する目標値設定工程と、

前記補正対象行の各画素の画素値と前記目標値とを用いて補正係数を導出し、当該補正係数に基づいて前記補正対象行を補正する補正工程と、

を有すること特徴とする画像処理装置の制御方法。

【請求項 1 4】

30

放射線の照射開始を検知する検知手段と、前記検知手段により放射線の照射開始が検知されると、電荷の解放を止めて電荷の蓄積動作に移行する駆動制御手段と、目標値設定手段と、補正手段とを有し、行単位で電荷の解放または蓄積が可能な放射線撮影装置から取得した放射線画像を処理する画像処理装置の制御方法であって、

前記目標値設定手段が、前記放射線の検知対象行以降における複数行の画素値から画素値の勾配を算出し、前記検知対象行の画素において本来取ると推測される画素値に関する目標値を設定する目標値設定工程と、

前記補正手段が、前記目標値に基づいて、前記放射線の検知対象行の画素の画素値を補正する補正工程と

を有することを特徴とする画像処理装置の制御方法。

【請求項 1 5】

40

放射線の照射開始を検知する検知手段と、前記検知手段により放射線の照射開始が検知されると、電荷の解放を止めて電荷の蓄積動作に移行する駆動制御手段と、目標値設定手段と、補正手段とを有し、行単位で電荷の解放または蓄積が可能な放射線撮影装置から取得した放射線画像を処理する画像処理装置の制御方法であって、

前記目標値設定手段が、前記放射線の検知対象行の次の複数行における画素値から前記検知対象行以前の行における画素で本来取ると推測される画素値に関する目標値を設定する目標値設定工程と、

前記補正手段が、前記目標値に基づいて、前記放射線の検知対象行以前の行における画素の画素値を補正する補正工程と

を有することを特徴とする画像処理装置の制御方法。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、画像処理装置の制御方法、及びプログラムに関し、特に、複数画素から構成される放射線検出器を用いた撮影により得られた画像に対して、放射線が放射線検出器に到達してから放射線検出器自身の機能により放射線を検知するまでの時間差、いわゆる放射線検知遅れにより生じるアーチファクトの補正を行う画像処理装置、画像処理装置の制御方法、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

10

現在、放射線、特にX線による医療画像診断や非破壊検査のために、半導体材料によって形成された平面検出器(Flat Panel Detector; 以下「FPD」)を用いた放射線撮影装置が普及している。放射線撮影装置は、例えば医療画像診断の分野においては、一般撮影のような静止画撮影や、透視撮影のような動画撮影などが可能なデジタル撮影装置として用いられている。

【0003】

一般に、このような放射線撮影装置では、放射線照射が始まるタイミングを得るために、放射線発生装置とFPDとの同期を行う構成となっている。しかし、通常FPDと放射線発生装置とを同期させるための接続装置が必要になるため、設置場所が制限されてしまうことがある。

20

【0004】

これに対して、近年では、特許文献1に記載のように、FPD自身で放射線照射開始を検知して撮影を行う技術が知られている。しかし、このような装置の場合、放射線照射のタイミングと、FPDが放射線照射開始を検知するタイミングとの間にずれが生じる。このずれに起因して、放射線画像にアーチファクト(以下、「検知遅れアーチファクト」とも称する)が発生することがあった。

【0005】

この検知遅れアーチファクトを補正する方法として、検知遅れアーチファクトが発生したFPD上の行の画素値と、その隣接行の画素値とを使用して、検知遅れアーチファクトが発生した箇所の本来あるべき画素値(以下、「真値」とも称する)を導出することが考えられる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-249891公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、単に検知遅れアーチファクトが発生したFPD上の行の画素値と、その隣接行の画素値とを使用して真値を導出しようとする場合、被写体によるエッジ等の影響により、誤差が大きくなるという課題がある。

40

【0008】

上記の課題に鑑み、本発明は、被写体の影響を低減した検知遅れアーチファクトの補正技術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】

【0009】

上記の目的を達成する本発明に係る画像処理装置は、
行単位で電荷の解放または蓄積が可能な放射線検出器から取得した放射線画像を処理する画像処理装置であって、
前記放射線画像においてアーチファクトが発生した補正対象行の近隣行の画素値に基づ

50

いて、前記補正対象行の各画素の目標値を設定する目標値設定手段と、

前記補正対象行の各画素の画素値と前記目標値とに基づいて、前記補正対象行の画素のうち補正係数を算出するために使用する画素を有効画素として選定する画素選定手段と、

前記有効画素の画素値と前記目標値とを用いて前記補正係数を導出し、当該補正係数に基づいて前記補正対象行を補正する補正手段と、

を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、被写体の影響を低減した検知遅れアーチファクトの補正が可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】(a)第1実施形態に係る放射線撮影システムの構成例を示す図、(b)第1実施形態に係る画像処理装置の機能構成例を示す図。

【図2】放射線検出器のハードウェア構成を示す図。

【図3】第1実施形態に係る画像処理装置が実施するアーチファクト補正処理の手順を示すフローチャート。

【図4】放射線を検知するためのセンサアレイの駆動手順を示すタイミングチャート。

【図5】第1実施形態に係る電荷解放方法での検知遅れアーチファクト画像とその画素値を示す図。

20

【図6】第1実施形態に係る目標値設定処理の説明図。

【図7】放射線を検知するためのセンサアレイの駆動手順を示すタイミングチャート。

【図8】第2実施形態に係る電荷解放方法での検知遅れアーチファクト画像とその画素値を示す図。

【図9】第1実施形態に係る画像処理装置が実施する画素選定処理の手順を示すフローチャート。

【図10】第1実施形態に係る画像処理装置が実施する仮補正係数導出処理の手順を示すフローチャート。

【図11】第1実施形態に係る画素値ソートの説明図。

【図12】第1実施形態に係る画素選定部が有効画素を選定する処理の説明図。

30

【図13】第1実施形態に係る画素選定部が無効画素を選定する処理の説明図。

【図14】第1実施形態に係る仮の補正係数の頻度分布図。

【図15】放射線を検知するためのセンサアレイの駆動手順を示すタイミングチャート。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、添付の図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。

【0013】

(第1実施形態)

<放射線撮影システムの構成>

まず図1(a)を参照して、第1実施形態に係る放射線撮影システムの構成例を説明する。放射線撮影システムは、放射線発生装置100と、放射線検出器200と、画像処理装置300と、表示装置400と、操作装置500とを有する。

40

【0014】

放射線発生装置100と放射線検出器200の間には被写体10が配置されており、当該被写体10を間に挟んだ状態で放射線検出器100から放射線検出器200に向けて放射線を照射する。照射された放射線を放射線検出器200によって検出して放射線画像を生成し、生成された放射線画像を放射線検出器200と接続されている画像処理装置300へ送信する。

【0015】

画像処理装置300は、I/O部301と、CPU302と、メモリ303と、記憶媒

50

体 3 0 4 とを備えている。I / O 部 3 0 1 は、各種データの送受信等を行う。C P U 3 0 2 は、画像処理装置 3 0 0 の動作を制御する。メモリ 3 0 3 は、C P U 3 0 2 が演算するプログラムやデータ等を読み書きする。記憶媒体 3 0 4 は、画像処理された放射線画像データ等を記憶する。また、画像処理装置 3 0 0 には、処理結果や放射線画像等を表示する表示装置 4 0 0 や、ユーザ操作を受け付けるための操作装置 5 0 0 が接続されている。

【 0 0 1 6 】

操作者は、操作装置 5 0 0 を用いて撮影を開始するための操作を入力する。この操作は、放射線検出器 2 0 0 と画像処理装置 3 0 0 との間で、撮影準備のための情報のやり取り全般を行うための操作を指す。放射線発生装置 1 0 0 は、放射線検出器 2 0 0 の全放射線検出素子へ放射線が照射されるように、放射線を発生させる。放射線を受けた放射線検出器 2 0 0 は、後述の図 2 と等価な回路を持ち F P D 上で行ごとに電荷の蓄積または解放が可能であり、照射された放射線を検知した F P D 上の行(以下、「検知行」と称する)の座標と、各放射線検出素子で受けた放射線をデジタル信号に変換した画像データ(以下、「アーチファクト画像」と称する)と、を画像処理装置 3 0 0 へ送信する。

10

【 0 0 1 7 】

画像処理装置 3 0 0 は、放射線検出器 2 0 0 から受信したアーチファクト画像に対して、図 3 を参照して後述する検知遅れアーチファクトの補正処理を、検知行から 1 行ごとに行い、検知遅れアーチファクトの補正処理をした画像(以下、「補正画像」と称する)を生成して表示装置 4 0 0 へ送信する。なお、画像処理装置 3 0 0 は、補正画像に対して公知の階調処理や周波数処理等の画像処理をさらに施してから表示装置 4 0 0 へ送信してもよい。表示装置 4 0 0 は、画像処理装置 3 0 0 から受信した補正画像を操作者に表示する。

20

【 0 0 1 8 】

< 画像処理装置 3 0 0 の機能構成 >

ここで、図 1 (b) は、画像処理装置 3 0 0 の機能構成図である。画像処理装置 3 0 0 は、行単位で電荷の解放または蓄積が可能な放射線検出器 2 0 0 から取得した放射線画像を処理する。画像処理装置 3 0 0 は、目標値設定部 3 5 1 と、画素選定部 3 5 2 と、補正係数導出部 3 5 3 と、補正部 3 5 4 とを備えている。画素選定部 3 5 2 は、仮補正係数導出部 3 5 2 1 と、補正係数分布導出部 3 5 2 2 と、有効画素設定部 3 5 2 3 とを備えている。

【 0 0 1 9 】

目標値設定部 3 5 1 は、放射線画像においてアーチファクトが発生した補正対象行の画素値と、当該補正対象行の近隣行の画素値とに基づいて、補正対象行が本来取るべき画素値を目標値として設定する。

30

【 0 0 2 0 】

画素選定部 3 5 2 は、補正対象行の画素値と目標値とに基づいて、補正対象行の画素のうち被写体の影響が少ない画素を有効画素として選定する。補正係数導出部 3 5 3 は、有効画素の画素値と目標値とを用いて、補正画像を生成するための補正係数を導出する。補正部 3 5 4 は、有効画素の画素値と目標値とを用いて、放射線画像におけるアーチファクトを補正した補正画像を生成する。

【 0 0 2 1 】

仮補正係数導出部 3 5 2 1 は、補正対象行の画素値と目標値とに基づいて、仮補正係数を導出する。補正係数分布導出部 3 5 2 2 は、仮補正係数の分布を求める。有効画素選定部 3 5 2 3 は、仮補正係数の分布に基づいて、補正対象行の画素のうち被写体の影響の少ない画素を有効画素として選定する。

40

【 0 0 2 2 】

図 2 に基づき放射線検出器 2 0 0 のハードウェア構成について説明する。放射線検出器は例えば、略方形上の筐体に二次元配置された放射線センサとその周辺回路とバッテリーとを有する可搬型の放射線検出器である。放射線検出器 2 0 0 の放射線センサは、放射線を可視光に変換する蛍光体と、センサアレイ 1 1 2 を有する。センサアレイ 1 1 2 は、可視光を電気信号に変換する光電変換素子 1 0 2 と、スイッチング素子である T F T 1 0 1 と

50

、を有する画素が行列状に配置されたセンサアレイ 1 1 2 を有する。図 2 に示す例では、説明上 S 1 1 - S 3 3 の 9 つの光電変換素子 1 0 1 と T 1 1 - T 3 3 の 9 つの T F T 1 0 1 が 3 × 3 の行列状に配置された例を示している。実際には縦横数千の画素が配置されることが望ましい。

【 0 0 2 3 】

光電変換素子 1 0 2 には一端に T F T 1 0 1 が接続され他端に給電線が接続され、給電線により光電変換素子 1 0 2 とバイアス電源 1 0 3 が接続する。T F T 1 0 1 のゲート側には各行で共通の行選択線 V g 1 - 3 を介して垂直駆動回路 1 1 4 に接続され、垂直駆動回路 1 1 4 のシフトレジスタからの導通電圧により T F T 1 0 1 のオンオフが制御される。T F T 1 0 1 のソースまたはドレイン側には列信号線 S i g 1 - 3 が接続され、T F T 1 0 1 がオンされると列信号線を介して光電変換素子 1 0 1 の電気信号が読み出される。読み出された電荷は読み出し回路 1 1 3 によって増幅される。読み出し回路 1 1 3 は、アンプ基準電源 1 1 1 が接続された積分アンプ 1 0 5 と、可変ゲインアンプ 1 0 4 と、サンプルホールド回路 1 0 7 と、を有する増幅回路 1 0 6 が各列毎に設けられる。増幅回路 1 0 6 はマルチプレクサ 1 0 8 に接続されここでパラレルーシリアル変換が行われる。マルチプレクサからの出力は出力バッファアンプ 1 0 9 を介して A / D コンバータ 1 1 0 に入力され、ここでデジタル値に変換される。デジタル値は処理回路 1 1 0 1 の制御により、放射線画像データとしてメモリ 1 1 0 2 に格納される。放射線画像データは通信回路 1 1 0 3 により画像処理装置 3 0 0 に有線または無線で送信される。

【 0 0 2 4 】

シフトレジスタ 1 1 4 に対する入力には垂直駆動回路 1 1 4 の駆動制御部 1 1 4 1 により制御される。シフトレジスタ 1 1 4 には、駆動タイミングを示す駆動クロック D - C L K 、駆動のさせ方を示す駆動データ D I O 、出力を一括で制御する出力有効信号 O E があり、これにより T F T 1 0 1 のオンオフタイミングと順序が制御される。積分アンプの動作タイミングは増幅制御部 1 1 5 1 からの信号 R C により制御される。サンプルホールドのタイミングはサンプルホールド制御部 1 0 7 1 からの信号 S H により制御される。マルチプレクサ 1 0 8 のパラシリ変換はパラシリ変換制御部 1 0 8 1 からの信号 C L K により制御される。これら駆動制御部 1 1 4 1 、増幅制御部 1 1 5 1 、サンプルホールド制御部 1 0 7 1 、パラシリ変換制御部 1 0 8 1 は撮影制御部 1 1 5 に接続され、制御される。

【 0 0 2 5 】

ここで、バイアス電源 1 0 3 と光電変換素子 1 0 2 とを接続する給電線に電流計 A が接続されており、給電線を通る電流を計測する。また電流計 A には照射判定回路 1 0 3 1 が接続され、電流計 A で計測される電流の量に基づいて放射線が照射されたことを判定する。

【 0 0 2 6 】

放射線が照射されると、光電変換素子 1 0 2 には電荷が発生されるが、T F T 1 0 1 がオフ状態となっていると、これに対応するかたちで給電線に電流が流れることとなる。また、放射線が照射され光電変換素子 1 0 2 により電荷が発生された後、T F T 1 0 1 をオン状態とすると電荷に対応する電気信号が出力されるが、これを補うように給電線に電流が流れることとなる。これらの電流を計測することにより、放射線の照射を検知することができる。T F T をオン状態とした際に給電線に流れる電流はオフ状態で給電線に流れる電流よりも大きく、放射線の照射の早期検出に有利である。

【 0 0 2 7 】

照射判定回路 1 0 3 1 は、放射線の照射があったと判定したタイミングでオン状態とされていた行選択線の行番号を判定タイミングのデータとして出力する。放射線を検知したタイミングのデータと、電流計で測定された電流の時系列データとはメモリ 1 1 0 2 に入力され、放射線画像データと関連付けられ、通信回路 1 0 3 1 により送信される。

【 0 0 2 8 】

図 4、図 7、図 1 5 のタイミングチャートを用いて放射線を検知するためのセンサアレイ 1 1 1 の駆動方法について説明する。これらタイミングチャートでは、横軸に時間、縦

10

20

30

40

50

軸には「駆動」として駆動のフェーズと、各行選択線 V_{gi} に導通電圧が印加されるタイミングと、 X 線の照射タイミングが示されたタイミングチャートである。図 4、図 7 に示す例では、行選択線 V_g が 6 つの例、図 15 に示す例では行選択線 V_g が 8 つの例をそれぞれ示したが、この数はセンサアレイ 111 の実装に応じて可変される。

【0029】

図 4 に示す例では、 V_{g1} 、 V_{g2} 、 V_{g3} ・・・と順に排他的なタイミングで導通電圧が印加される。最後の行選択線 V_{g6} まで導通電圧の印加が終わり、1 フレーム分の読み出しが完了すると、再度 V_{g1} から導通電圧が印加される。この駆動を「空読み」と表現している。ここで X 線が照射され、給電線により多くの電流が流れる。電流計 A はこれを所定の間隔で繰り返し計測する。照射判定回路 1031 は、計測値をデジタル値で得て、直前や前フレームとの差分処理等を行った値と閾値と比較する判定処理を繰り返す。閾値を超えた場合に、 X 線の照射があったと判定する。その後、シフトレジスタ 114 に OE 信号が入力され、全ての TFT101 がオフ状態とされる。この状態を「蓄積」と表現している。その後、シフトレジスタ 114 により順次電気信号が読み出され、読み出し回路 113 により増幅され、放射線画像データが得られる。

10

【0030】

図 7 に示す例では、 V_{g1} 、 V_{g3} 、 V_{g5} 、・・・と 1 つ飛ばしで導通電圧が印加され、隣り合う行が連続してオン状態とならないよう垂直駆動回路 114 により制御される。

【0031】

20

また図 15 に示す例では、あるタイミングで V_{g1} と V_{g3} に電圧を印加、次のタイミングで V_{g5} と V_{g7} に電圧を印加、次のタイミングで V_{g2} と V_{g4} に電圧を印加、次のタイミングで V_{g6} と V_{g8} に電圧を印加、と制御される。つまり、垂直駆動回路 114 は、複数の行の TFT101 を同時にオン状態としつつ、隣接する行の TFT101 は同時にオンしないように、各行の TFT を所定の順序でオンする制御を行う。

【0032】

< 検知遅れアーチファクトの発生原理 >

次に、検知遅れアーチファクトの発生原理について説明する。一般に FPD は、 X 線が照射されていない状態では、暗電流が画素内のコンデンサに溜まるのを防ぐために、各行(又は列)ごとに電荷を解放する回路駆動を行う。 X 線照射開始を FPD 自身で検知しないタイプの FPD は、 X 線照射開始タイミングを事前に X 線発生装置から取得したことに

30

応じて、電荷の解放を止め、電荷の蓄積動作に移行する。

【0033】

一方、 X 線照射開始を FPD 自身で検知するタイプの本実施形態に係る FPD (放射線検出器 200) は、上で述べたとおり X 線照射開始を FPD 内での検知処理(画素内の電荷を読みとり、電荷の量の多寡から判定する等、FPD によって検知方法は異なる)により検知したことに応じて、電荷の解放を止め、電荷の蓄積動作に移行する。ここで最後に電荷の解放を行った FPD 上の行が「検知行」である。

【0034】

このように、実際に X 線が照射されてから FPD が X 線照射開始を検知するまでにはタイムラグがあり、その間、 X 線照射によって画素に蓄積されていた電荷が解放されてしまうこととなる。この解放された電荷の分が、画像の画素値を部分的に低下させ、それが画像上にアーチファクトとして残ることとなる。

40

【0035】

ここで図 5 及び図 8 は、1 行ごとに電荷を解放するタイプの FPD のアーチファクト発生部分近傍を示している。図 5 と図 8 の違いは、図 5 の FPD が図 4 の駆動の様に電荷の解放を上方から順次行うのに対し、図 8 の FPD は図 7 の駆動の様に電荷の解放を上方から 1 行空きに行っていく方式を採用している点である。このように、FPD の電荷の解放の手法によって、アーチファクトが連続的に発生するのか、離散的に発生するのかは異なってくる。第 1 実施形態では図 5 を例に説明を行い、第 2 実施形態では図 8 を例に説明を

50

行う。

【 0 0 3 6 】

< 検知遅れアーチファクトの補正概念 >

次に、本実施形態に係る検知遅れアーチファクトの補正概念について説明する。先に述べたように、アーチファクトが発生する行では、画素値が全て失われるわけではなく、X線照射開始から電荷の解放を行うまでの間に蓄積されていた一部の電荷（画素値）のみが失われている状態になっている。

【 0 0 3 7 】

そのため、検知遅れアーチファクトを補正するためには、電荷の解放によって失われた画素値 $V_A(x,y)$ を補えばよい。したがって、式 1 に示すように、アーチファクト発生行の画素値 $V(x,y)$ と、失われた画素値 $V_A(x,y)$ との和により、アーチファクトが発生しなかった場合の真値 $V'(x,y)$ を求めることができる。

【 0 0 3 8 】

【 数 1 】

$$V'(x,y) = V(x,y) + V_A(x,y) \dots (1)$$

【 0 0 3 9 】

このとき失われる画素値 $V_A(x,y)$ は、式 2 に示すように、真値 $V'(x,y)$ から暗電流による蓄積成分 $V_{dark}(y)$ を減算したものと、X線が照射された全体の時間に対する、X線が照射されたタイミングから画素の電荷が解放されたタイミングまでの時間の比 $R(y)$ との積で表すことができる。ただし、電荷の解放はy軸方向に1行ずつ行うものとする。そのため、 $R(y)$ や $V_{dark}(y)$ はy方向にのみ依存する値であり、x方向には依存しない。

【 0 0 4 0 】

【 数 2 】

$$V_A(x,y) = R(y) \cdot (V'(x,y) - V_{dark}(y)) \dots (2)$$

【 0 0 4 1 】

ここで、失われる画素値 $V_A(x,y)$ は、真値 $V'(x,y)$ とアーチファクト発生行の画素値 $V(x,y)$ との差分であるため、式 3 のように表すことができる。

【 0 0 4 2 】

【 数 3 】

$$V_A(x,y) = V'(x,y) - V(x,y) = R(y) \cdot (V'(x,y) - V_{dark}(y)) \dots (3)$$

【 0 0 4 3 】

この真値 $V'(x,y)$ は未知の値であるため、代わりにアーチファクトの発生していない近傍の画素から導出した目標値 $V_0(x,y)$ を真値 $V'(x,y)$ と置き換えると、式 4 が得られる。この目標値 $V_0(x,y)$ の導出については、後述の図 3 の S 2 0 1 における目標値設定処理で説明する。

【 0 0 4 4 】

【 数 4 】

$$V_0(x,y) - V(x,y) = R(y) \cdot (V_0(x,y) - V_{dark}(y)) \dots (4)$$

【 0 0 4 5 】

ここで、式 4 の右辺を変形すると、式 5 が導出できる。

【 0 0 4 6 】

10

20

30

40

【数 5】

$$V_o(x,y) - V(x,y) = A(y) \cdot V_o(x,y) + B(y) \dots (5)$$

【0047】

ただし、 $A(y)$ は $R(y)$ であり、 $B(y)$ は $-R(y) \cdot V_{dark}(y)$ である。式 5 は 1 次方程式となり、同じ y 行の異なる画素について値を代入した連立方程式により係数 $A(y)$ 、 $B(y)$ を導き出すことができる。ただし、その場合、単に近隣画素から導出した目標値 $V_o(x,y)$ を真値 $V'(x,y)$ の代わりに使用すると、誤差が大きくなってしまう可能性がある。

【0048】

10

そこで、真値 $V'(x,y)$ に近い目標値 $V_o(x,y)$ の画素のみを使用する必要がある。有効な画素のみを使用することができれば、1 行ごとに信頼性の高い係数 $A(y)$ 、 $B(y)$ を求めることができる。なお、目標値 $V_o(x,y)$ が真値 $V'(x,y)$ に近い値かどうかを判定し、有効な画素を選定する処理については、後述の図 3 の S 202 における画素選定処理で説明する。最終的に、式 1 と式 5 より導き出した式 6 によって補正値 $V_c(x,y)$ を求めることができる。

【0049】

【数 6】

$$V_c(x,y) = V(x,y) + A(y) \cdot V_o(x,y) + B(y) \dots (6)$$

20

【0050】

< 画像処理装置 300 による検知遅れアーチファクト補正処理 >

以下、図 3 のフローチャートを参照して、第 1 実施形態に係る画像処理装置 300 が実施する検知遅れアーチファクトの補正処理の手順を説明する。

【0051】

まずは処理全体の概要について説明し、各処理の詳細については後述する。S 201 において、目標値設定部 351 は、アーチファクト画像と検知行から、検知遅れアーチファクト発生行の本来取ると推測される画素値（目標値）を導出する。

【0052】

S 202 において、画素選定部 352 は、S 201 で導出された目標値と、アーチファクト画像とから、被写体の影響による画素値の増減の影響が小さい画素（有効画素）を選定する。

30

【0053】

S 203 において、補正係数導出部 353 は、S 202 で導出された有効画素のみを抜き出して、当該有効画素に基づいて補正係数を導出する。S 204 において、補正部 354 は、S 203 で導出された補正係数を用いて、アーチファクト画像から補正画像を作成する。

【0054】

以下、図 5 に示すように画像の上方から下方へ順次、電荷の解放を行う放射線検出器 200 を例に詳細な説明を行う。図 5 の放射線検出器 200 の場合、検知行の次の行から検知遅れアーチファクトの無い正常な画素が存在する。しかし、検知行の以前の行は、隣接画素の全てで検知遅れアーチファクトが発生している。そのため、検知行から前の行に向かってアーチファクト補正の結果を用いながら逐次的に処理を行っていく必要がある。以降、図 5 に示す検知行から 1 行ごとに上方の行に向かい、検知遅れアーチファクト補正を行うことを前提とする。

40

【0055】

< 目標値設定処理：S 201 >

S 201 において、目標値設定部 351 は、上述した数式において真値 $V'(x,y)$ の代わりに使用する目標値 $V_o(x,y)$ を導出する。補正対象となるアーチファクト行の次の行以降が正常な画素値であるので、次の行の画素値を目標値として設定してもよいし、次の行以

50

降の近隣行を複数ライン用いて平均値を求めてそれを目標値としてもよいし、または外挿予測をしてもよい。外挿予測の方法は、線形予測を用いてもよいし、多次元多項式による予測やBurg法等による周波数を考慮した補間方法を用いてもよい。アーチファクトに干渉する周波数成分を低減する周波数低減処理を行ってもよい。

【0056】

ただし、線形予測では、低画素値で且つノイズ量が多い場合、真値と目標値との誤差が大きくなるため、ノイズ量と線形予測の勾配を比較し、ノイズ量が少なければ線形予測の結果を採用し、逆にノイズ量が多ければ線形予測の結果を採用しないようにする。

【0057】

例えば、図6に示すように、アーチファクト行（検知行）の次の行（ $+1$ 行）の画素値と、さらに次の行（ $+2$ 行）の画素値との差分から勾配値を導出する。次に、導出した勾配値と、アーチファクト行の次の行（ $+1$ 行）の画素値のノイズの標準偏差とを比較し、勾配値の方が大きい場合は勾配から線形補間した値を目標値として設定する。一方、ノイズ量の方が大きい場合は図6の $+1$ 行と $+2$ 行の値の平均値を目標値として設定する。なお、ここでのノイズ量は、事前に被写体を置かずに撮影し画素値と標準偏差の関係を求める等して導出することができる。

【0058】

<画素選定処理：S202>

S202において、画素選定部352は、S201で導出された各画素の目標値と、アーチファクト画像のアーチファクト行とから、被写体の影響による画素値の増減の影響が小さい画素（有効画素）を選定する。画素に映り込む被写体の差（段差等）によって目標値と真値との値に誤差が生じている画素を除外し、目標値と真値とが近い画素を選定する。

【0059】

ここで図9のフローチャートを参照して、S202における画素選定処理の手順を説明する。まず処理全体の流れを説明する。S601において、仮補正係数導出部3521は、アーチファクト行の画素値と目標値から、式5の各仮補正係数を、連立方程式を解いて導出する。

【0060】

次にS602において、補正係数分布導出部3522は、S601で導出した仮補正係数の頻度分布を作成する。最後にS603において、有効画素設定部3523は、目標値が被写体の段差の影響を受けていない画素の方が仮補正係数の数が多い（出現頻度が高い）という仮定の下で、有効な画素を選定する。

【0061】

以下、各処理の概要を説明する。図10のフローチャートを参照し、仮補正係数導出部3521の処理手順を説明する。まず処理全体の流れを説明する。入力したS201で導出された各画素の目標値を元に画素値でソートし（S1001）、それに対応するアーチファクト行の画素値も同じ並び変えを行う画素値ソート処理を行う（1002）。次にソートした目標値とアーチファクト行を画素値に従い領域を分割する画素値領域分け処理を行う（1003）。次に領域に分けた領域内でそれぞれナンバリングする各領域内のナンバリング処理を行う（1004）。ナンバリングされたナンバーを元に、別領域の同難波との組み合わせによる仮補正係数導出処理を行い（1005）、仮補正係数導出処理を完了する。

【0062】

次に、具体的な処理の説明を行う。

【0063】

式5の1次式の連立方程式から仮の補正係数を求める際に目標値の画素値が近いと、場合によっては目標値と画素値とが同じ値になるため、解を求めることができない。そのため、図11に示すように画素値・目標値でソートを行う。ただし、連立方程式を求める際に使用した2つの画素を除外すべきか否かは、1つの係数では分からないため、2回の別

10

20

30

40

50

の組み合わせの画素から係数を導出する必要がある。

【 0 0 6 4 】

そこで、ソートした画素を3つの領域（低画素値領域、中画素値領域、高画素値領域）に分割し、1つの画素に対し他の2つの領域の画素と2回係数を導出する。この際、3つの画素値領域で係数を算出する組み合わせを決めるために各領域内で図12に示すように各画素をナンバリングし、同じナンバーをもつ他の2領域の画素との組み合わせができるようにする。

【 0 0 6 5 】

次に、有効な画素か否かを定めるための前処理として、仮の係数の分布を導出する。そして、被写体のエッジが水平方向に大多数占める可能性が低い場合、仮の係数の分布の多くを占める係数近傍の画素を正常とし、その他を除外とするための閾値範囲を決め、各画素について2回導出した係数の両方が除外となる値であった場合には除外する無効画素として決定する。

10

【 0 0 6 6 】

< 仮補正係数導出処理 : S 6 0 1 >

図10、図11に示すように、目標値 $V_0(x)$ の画素値の大小関係でソートを行い、均等な画素数になるよう低画素値領域、中画素値領域、高画素値領域の3つの領域に分ける。この時、画素数によっては端数が出てしまうが、行全体の画素数からすると微小な画素数である。この端数は後のS 2 0 3の補正係数導出処理から除外する等してもよい。

【 0 0 6 7 】

20

3つの領域に分けた画素群は、図12に示すように各画素群についてナンバリングを行う。ナンバリングした画素は、自分の領域と異なる領域の画素と組みを作り、式4の連立方程式によって仮の補正係数を導出する。図12、図13に示すように、組は1つの画素に対し複数抽出し（2つ）、組に対応する仮の補正係数 $A(y)$ 、 $B(y)$ も2組導出できる。

【 0 0 6 8 】

< 補正係数分布導出処理 : S 6 0 2 >

補正係数分布導出部3522は、S 6 0 1で導出した仮の補正係数の頻度分布を作成する。S 6 0 1で求めた全ての仮の補正係数から、図14に示すような頻度のプロファイルを導出する。この時、使用する補正係数は、式3の $A(y)$ でもよいし、 $B(y)$ でもよい。また、プロファイルを作成した際に、S 6 0 1で導出した仮の補正係数の数が少ない場合、プロファイルが離散的になったり、突発的な偏りが生まれやすいため、ローパスフィルタや移動平均法等により平滑化を行ってもよい。

30

【 0 0 6 9 】

本来の補正係数は、行の中で1つの同じ値を取るはずなので、プロファイルは図10に示すように1つの特徴値（例えば、最頻値）に集中することになる。被写体の影響を受けている場合は、図14の被写体の影響を受けた係数の山のように、主となる山からずれた位置にその影響が出現することになる。

【 0 0 7 0 】

< 有効画素設定処理 : S 6 0 3 >

次に、有効画素設定部3523は、S 6 0 2で導出した頻度プロファイルから図10に示すように最頻値を導出し、S 6 0 1で求めた仮の補正係数の2つの組が、最頻値より一定の閾値範囲内に両方とも入らない場合には無効画素と判定し、一方でも閾値範囲内に入る場合有効画素と判定する。また、放射線検出器200の放射線量と画素値との線形性を満たさない飽和画素値以上の画素を無効画素と判定するようにさらに構成してもよい。

40

【 0 0 7 1 】

最頻値から求める閾値範囲は、最頻値から固定の距離範囲としてもよいし、プロファイルに使用した係数の全体数のうち一定割合が入る範囲としてもよい。具体的には、最頻値を中心に全体数の20%の画素数が入る範囲を閾値としている。

【 0 0 7 2 】

図12の例は、低画素値領域のI番目画素の仮の補正係数の導出組み合わせを示してい

50

る。このとき、中画素値領域の I 番目画素が被写体の影響が強い画素であったとすると、低画素値領域の I 番目画素の仮補正值導出で中画素領域との組では閾値範囲外、高画素値領域との組では閾値範囲内となるため、有効画素と判定できる。

【 0 0 7 3 】

図 1 3 の例は、中画素領域の I 番目画素の仮の補正係数の導出組み合わせを示している。このとき、中画素領域の I 番目画素が被写体の影響が強い画素であったとすると、他の領域との 2 組みの組み合わせで導出した仮の補正係数は両方とも閾値範囲外となるため、無効画素と判定できる。以上で図 9 の処理が終了し、図 2 の S 2 0 2 における画素選定処理が終了する。

【 0 0 7 4 】

< 補正係数導出処理 : S 2 0 3 >

S 2 0 3 において、補正係数導出部 3 5 3 は、S 2 0 1 で導出されたアーチファクト行の目標値と、S 2 0 2 で導出された有効画素とを用いて、補正係数を導出する。補正係数の導出には、式 5 を用いる。導出方法としては、S 2 0 2 の画素選定処理で導出した有効画素のみを用いた最少二乗法によって行う。最少二乗法を行う際には、ロバスト推定 (M 推定法、最少眼事案法、R A N S A C 等) によって精度を向上させてもよい。

【 0 0 7 5 】

< 補正処理 : S 2 0 4 >

S 2 0 4 において、補正部 3 5 4 は、S 2 0 3 で導出された各行の係数 (A (y) 、 B (y)) を用いて、式 6 によりアーチファクト行の画素値 $V(x, y)$ と目標値 $V_0(x, y)$ とから補正值 $V_c(x, y)$ を導出し、当該補正值に基づいて補正画像を生成する。以上で図 3 の各処理が終了する。

【 0 0 7 6 】

以上説明したように、本実施形態によれば、被写体の影響を低減した検知遅れアーチファクトの補正が可能となる。

【 0 0 7 7 】

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態では、図 8 に示すように、暗電流の電荷解放が少なくとも 1 行以上間隔を空けて行われる F P D を例に説明する。装置構成や処理の手順は第 1 実施形態と同様であるが、S 2 0 1 の目標値設定処理の内容が第 1 実施形態とは異なる。

【 0 0 7 8 】

目標値設定部 3 5 1 は、この場合、検知遅れアーチファクト発生行の両側の隣接する行が正常であるため、隣接する両側画素より線形予測してもよいし、近傍画素から位相進みもしくは位相遅れのローパスフィルタを正常画素のみに重みを付けて使用してもよい。ただし、ローパスフィルタは検知遅れアーチファクト発生行を除いて処理するため、2 分の 1 のダウンサンプリングをしたことと同じになるので、ナイキスト周波数の半分の周波数で減衰させるように設計する。なお、以降の S 2 0 2 S 2 0 4 の各処理は、第 1 実施形態と同様の処理となる。

【 0 0 7 9 】

(第 3 実施形態)

第 3 の実施形態では、第 2 の実施形態と同様に暗電流の電荷の解放が少なくとも 1 行以上間隔を空けて行われる F P D で、かつ図 1 5 の様に読み込む行が複数行である場合を示す。この場合アーチファクトの形状は、図 8 と同様に一行置きにアーチファクト行が発生することになり、全て第 2 の実施形態と同様な手段となる。

【 0 0 8 0 】

(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 C P U や M P U 等) がプログラムを読み出して実行する処理である。

10

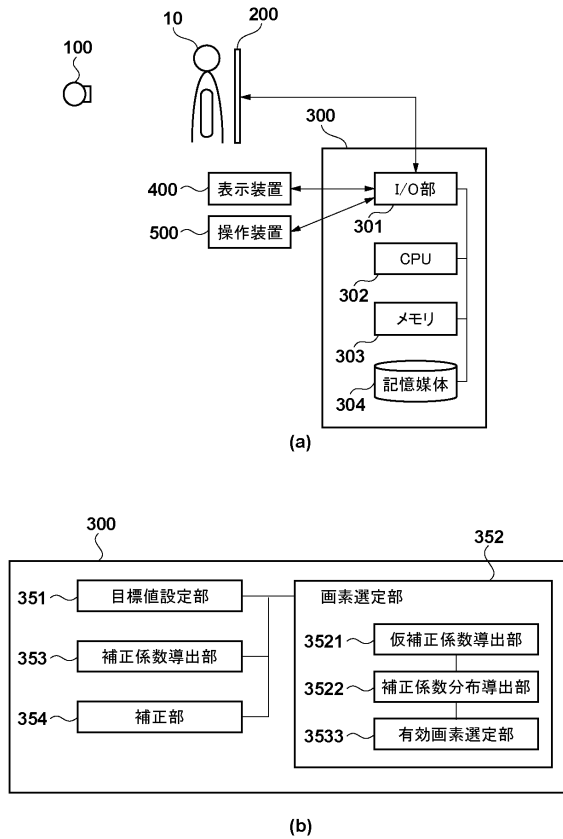
20

30

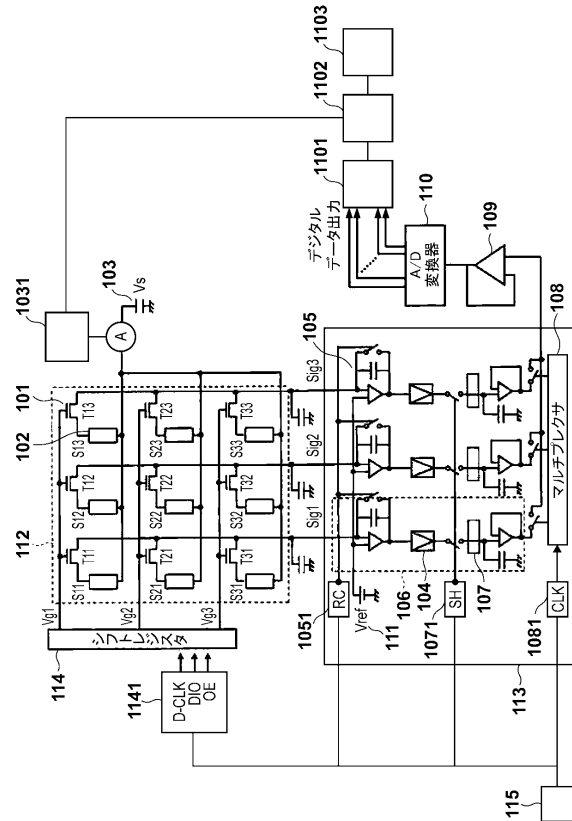
40

50

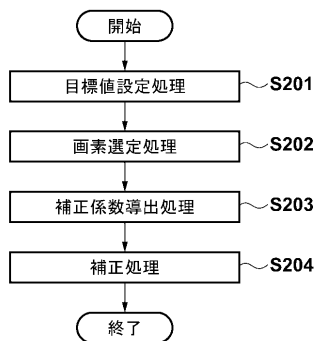
【図 1】



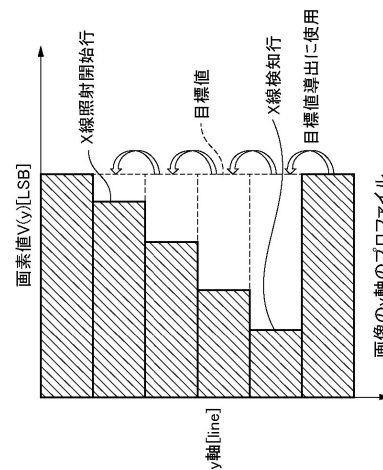
【図 2】



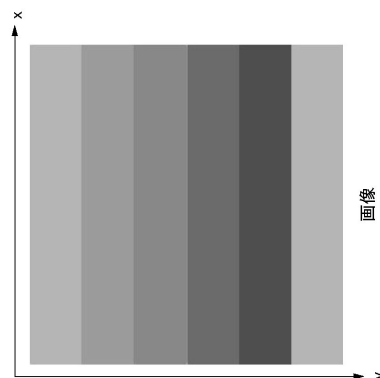
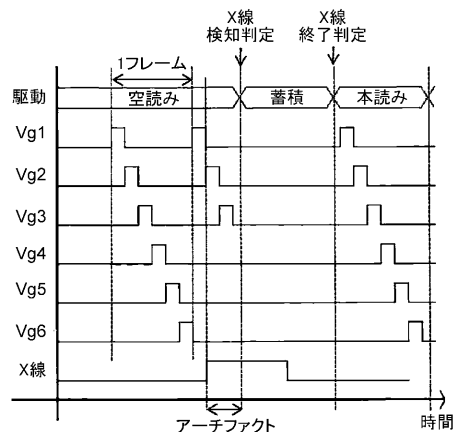
【図 3】



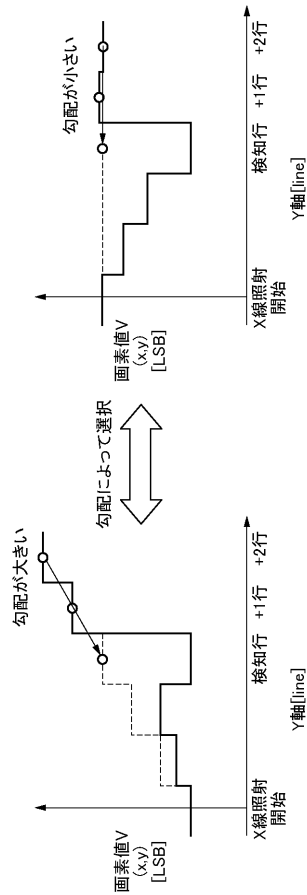
【図 5】



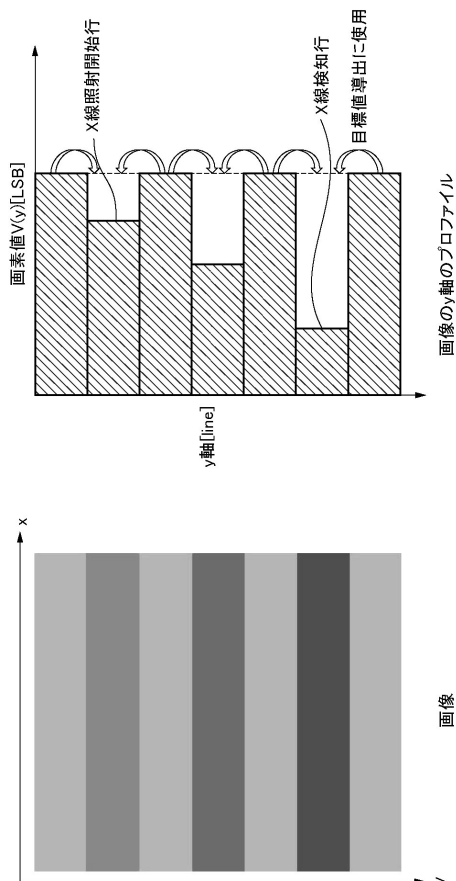
【図 4】



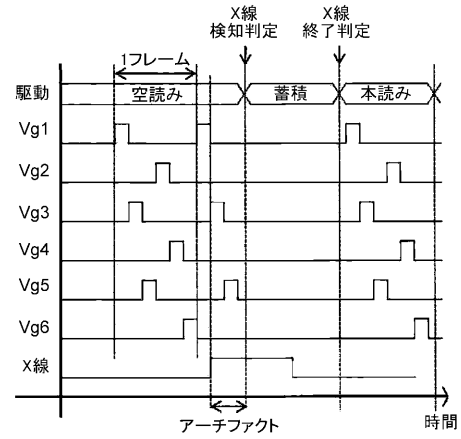
【図 6】



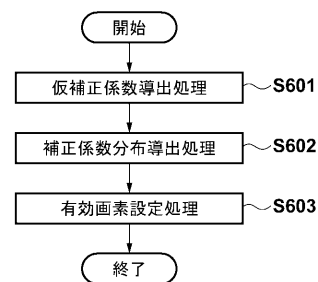
【図 8】



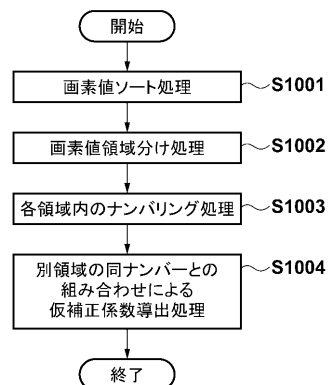
【図 7】



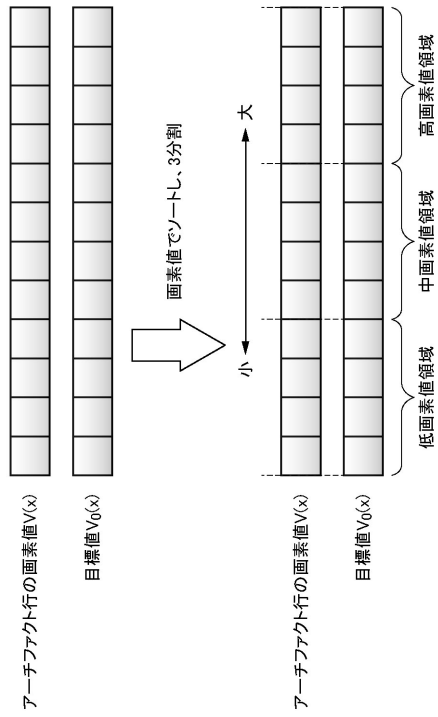
【図 9】



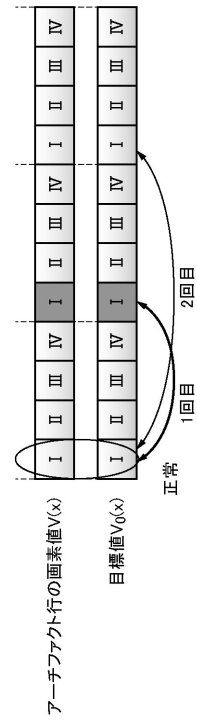
【図 10】



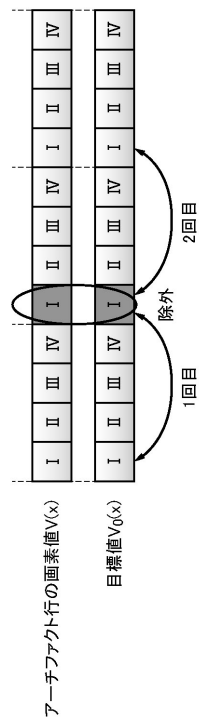
【図 1 1】



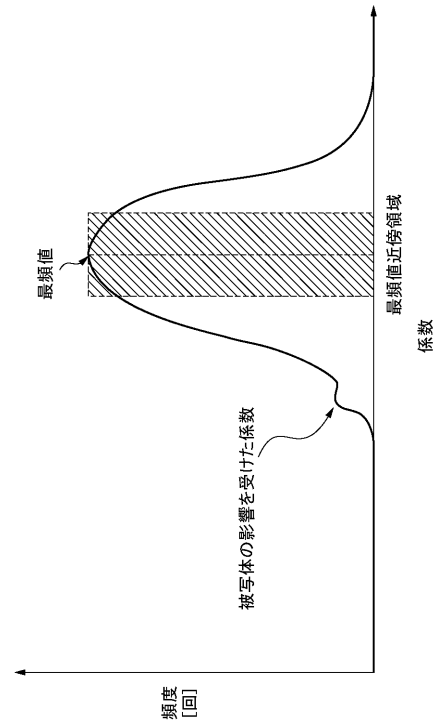
【図 1 2】



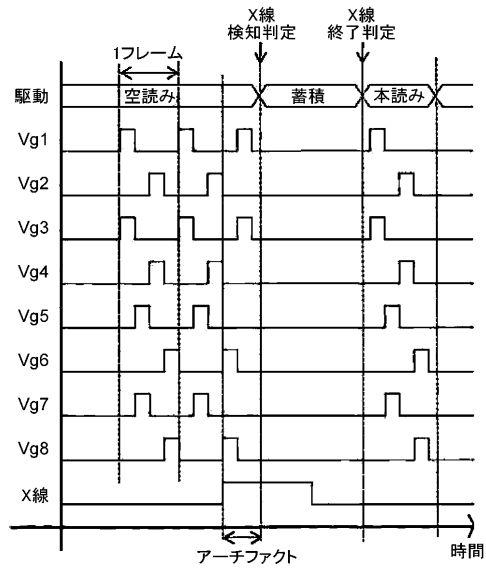
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 15】



フロントページの続き

(72)発明者 勝間田 真弥
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 伊知地 和之

(56)参考文献 特開2012-095967(JP,A)
特開2012-039656(JP,A)
特開2003-204955(JP,A)
特開2010-035900(JP,A)
特開2001-218763(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B	6/00	-	6/14
G01T	1/00	-	1/16
G01T	1/167	-	7/12
H04N	5/222	-	5/257
H04N	5/30	-	5/335