

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5921180号
(P5921180)

(45) 発行日 平成28年5月24日(2016.5.24)

(24) 登録日 平成28年4月22日(2016.4.22)

(51) Int.Cl.

A61B 6/00 (2006.01)
G06T 1/00 (2006.01)

F 1

A 61 B 6/00 350 M
A 61 B 6/00 300 S
G 06 T 1/00 290 A

請求項の数 18 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2011-275086 (P2011-275086)
 (22) 出願日 平成23年12月15日 (2011.12.15)
 (65) 公開番号 特開2013-123589 (P2013-123589A)
 (43) 公開日 平成25年6月24日 (2013.6.24)
 審査請求日 平成26年11月21日 (2014.11.21)

(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、画像処理方法及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の画素が二次元的に配置された検出器から得られる放射線画像を処理する画像処理装置であって、

放射線線量に応じて前記検出器から出力される画素値の関係を示す入出力特性を取得し、前記入出力特性に基づいて第1の画素値を出力した画素が飽和状態を示す線量または画素値のいずれかの値を飽和特性値として取得する取得手段と、

前記検出器の第1の画素の飽和特性値と前記検出器に照射された放射線線量とに基づいて、前記第1の画素の第1の画素値に対する第1の重みづけ係数と、前記第1の画素とは異なる第2の画素の第2の画素値に対する第2の重みづけ係数とを制御する制御手段と、

前記第1の画素値、前記第1の重みづけ係数、前記第2の画素値、および前記第2の重みづけ係数に基づいて、前記取得された放射線画像における前記第1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 2】

前記制御手段は、前記飽和特性値が閾値より小さい画素の前記第1の画素値に対する重みづけ係数を、前記飽和特性値が閾値より大きい画素の前記第1の画素値に対する重みづけ係数よりも小さく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】

前記制御手段は、前記飽和特性値と前記第1の画素値に対応する線量相当値との差分の

10

20

大きさが所定の閾値よりも小さい場合には前記第2の画素に対する重みづけ係数の大きさを正値と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4】

前記制御手段は、前記第1の画素値に対応する線量相当値が前記飽和特性値よりも所定の閾値以上に大きい場合には、前記第2の画素に対する重みづけ係数を、前記所定の閾値以上には大きくない場合の前記第2の画素値に対する重みづけ係数よりも大きく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5】

前記第2の画素値は、前記第1の画素値を出力した画素に隣接する画素が出力した前記放射線画像における画素値を含むことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の画像処理装置。10

【請求項6】

前記放射線画像が複数のフレーム画像からなる動画像である場合、

前記第2の画素値は、前記第1の画素値を出力した画素が出力した、前記第1の画素値を含むフレーム画像とは異なるフレームにおける画素値を含むことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の画像処理装置。

【請求項7】

前記第2の画素値は、前記第1の画素値を出力した画素に隣接する画素が出力した、前記第1の画素値を含むフレーム画像とは異なるフレームにおける画素値を含むことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の画像処理装置。20

【請求項8】

前記検出器の画素から出力される画素値に基づいて、照射手段から照射され前記画素に入射する放射線量の相当値を計測する計測手段を更に有することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の画像処理装置。

【請求項9】

前記制御手段は、

前記計測手段で計測された前記第1の画素値に対応する放射線量と、前記飽和特性値との差分が、第1の基準より大きくなる場合、前記第1の画素の出力値に対する重みづけを0に設定し、前記第2の画素の出力値に対する正値の重みづけの値を算出することを特徴とする請求項8に記載の画像処理装置。30

【請求項10】

前記制御手段は、

前記計測手段で計測された前記第1の画素値に対応する放射線量と、前記飽和特性値との差分が、第1の基準値以下であり、かつ、前記第1の基準値より小さい第2の基準値を超える場合、前記第1の画素値を補正するために、前記第1の画素値に対する正値の重みづけの値と、前記第1の画素値を出力する画素に隣接する周辺画素の出力値である前記第2の画素に対する正値の重みづけの値と、を算出することを特徴とする請求項9に記載の画像処理装置。

【請求項11】

前記制御手段は、

前記計測手段で計測された前記第1の画素値に対応する放射線量と、前記飽和特性値との差分が第2の基準値以下になる場合、前記補正をせずに前記第1の画素値をそのまま出力させることを特徴とする請求項10に記載の画像処理装置。40

【請求項12】

複数の画素を一つのまとまりとし、当該一つのまとまりの画素データを画素平均として出力する画素ビニングを撮影条件として設定する設定手段を更に備えることを特徴とする請求項10に記載の画像処理装置。

【請求項13】

前記画素ビニングにより出力される一つのまとまりを構成する複数の画素のうち、前記第1の画素値と前記飽和特性値との差分が第1の基準値より大きくなる場合、前記制御手50

段は、前記第1の画素値に対する重み付けを0に設定し、前記第1の画素値を出力する画素に隣接する周辺画素の出力値である前記第2の画素値に対する正値の重みづけの値を算出することを特徴とする請求項1_2に記載の画像処理装置。

【請求項14】

前記画素ピニングにより出力される一つのまとまりを構成する複数の画素のうち、前記第1の画素値と前記飽和特性値との差分が第1の基準値以下であり、かつ、前記第1の基準値より小さい第2の基準値を超える場合、前記制御手段は、前記第1の画素の出力値を補正するために、前記第1の画素に対する正値の重みづけの値と前記一の画素に隣接する周辺画素の出力値に対する正値の重みづけの値とを算出することを特徴とする請求項1_3に記載の画像処理装置。

10

【請求項15】

前記画素ピニングにより出力される一つのまとまりを構成する複数の画素のうち、前記第1の画素値と前記飽和特性値との差分が前記第2の基準値以下になる場合、

前記制御手段は、前記補正をせずに前記第1の画素値をそのまま出力させることを特徴とする請求項1_4に記載の画像処理装置。

【請求項16】

前記第1の画素値を出力する画素に隣接する周辺画素の前記第2の画素値には、前記画素ピニングにより出力される一つのまとまりを構成する画素値と、前記一つのまとまりを構成していない画素値と、が使用されることを特徴とする請求項1_4または1_5に記載の画像処理装置。

20

【請求項17】

コンピュータを、請求項1乃至1_6のいずれか1項に記載の画像処理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18】

複数の画素が二次元的に配置された検出器から得られる放射線画像を処理する画像処理装置の画像処理方法であって、

放射線線量に応じて前記検出器から出力される画素値の関係を示す入出力特性を取得し、前記入出力特性に基づいて第1の画素値を出力した画素が飽和状態を示す線量または画素値のいずれかの値を飽和特性値として取得するステップと、

前記検出器の第1の画素の飽和特性値と前記検出器に照射された放射線線量とに基づいて、前記第1の画素の第1の画素値に対する第1の重みづけ係数と、前記第1の画素とは異なる第2の画素の第2の画素値に対する第2の重みづけ係数とを制御するステップと、

前記第1の画素値、前記第1の重みづけ係数、前記第2の画素値、および前記第2の重みづけ係数に基づいて、前記取得された放射線画像における前記第1の画素値を補正するステップと、

を有することを特徴とする画像処理方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、画像処理方法及びプログラムに関する。

40

【背景技術】

【0002】

被写体を透過した放射線像を撮影する放射線撮影装置として、近年画像のデジタル化の要求から、デジタル画像を出力する機能を有するデジタル撮影装置が使用され始めている。一般撮影では、スクリーン・フィルム系に代わって、放射線像を潜像として蓄積するイメージングプレートを使用する装置や、蛍光体と大面積アモルファスシリコンセンサとを密着させた放射線平面検出器（FPD）が実用化されている。

【0003】

FPDでは画素毎に電気的特性にばらつきが生じるため、補正処理が施されて最終的な画像を出力する技術が用いられている。FPDの入射X線に対してリニアリティが異なる

50

画素に対しては、モデル化して補正する技術が用いられている。例えば、特許文献1では補正によるモデルを利用して画素値を推定する技術が開示されている。

【0004】

特許文献2では、信号飽和する画素が、撮影の度に変化するような場合でも適切に画素欠陥を補正できる方法が開示されている。

【0005】

欠陥画素補正の重みづけ技術に関しては、例えば、特許文献3では、距離に応じて重みづけをして欠陥補正する方法が提案されている。

【0006】

特許文献4では動画/静止画の欠陥画素モードに応じて、時間的、空間的な重みづけを変える方法が提案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】米国特許第7632016号公報

【特許文献2】特開2002-034961号公報

【特許文献3】特開2008-18047号公報

【特許文献4】特開2010-263961号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0008】

しかしながら、放射線撮影装置では、補正では近似が外れる飽和画素値等に代表される線量特性について同一画素内での線量特性を用いたモデルでは上手く近似できず、必ずしも適切な補正とならないという問題があった。

【0009】

上記課題に鑑み、入射線量と入射線量に対する画素毎の出力値との関係を定める入出力特性とを用いて、各画素の出力値に対する重み付けの設定を制御することにより高画質な画像を形成することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

30

そこで上記目的を達成する本発明に係る画像処理装置は、複数の画素が二次元的に配置された検出器から得られる放射線画像を処理する画像処理装置であって、

放射線線量に応じて前記検出器から出力される画素値の関係を示す入出力特性を取得し、前記入出力特性に基づいて第1の画素値を出力した画素が飽和状態を示す線量または画素値のいずれかの値を飽和特性値として取得する取得手段と、

前記検出器の第1の画素の飽和特性値と前記検出器に照射された放射線線量とに基づいて、前記第1の画素の第1の画素値に対する第1の重みづけ係数と、前記第1の画素とは異なる第2の画素の第2の画素値に対する第2の重みづけ係数とを制御する制御手段と、

前記第1の画素値、前記第1の重みづけ係数、前記第2の画素値、および前記第2の重みづけ係数に基づいて、前記取得された放射線画像における前記第1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。

40

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、入射線量と、入射線量に対する画素毎の出力値との関係を定める入出力特性とを用いて、各画素の出力値に対する重み付けの設定を制御することにより高画質な画像を形成することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の実施形態に係る画像処理装置の概略ブロック図である。

50

【図2】実施形態に係る画像処理方法を説明する図である。

【図3】実施形態に係る画像処理方法における線量に応じた重みづけの算出処理の流れを説明する図である。

【図4】実施形態に係る画像処理装置における各画素の線量に対する入出力特性と飽和特性値を説明する図である。

【図5】実施形態に係る画像処理装置において、被写体がある場合の適用例を示す図である。

【図6】従来の欠陥補正例と本発明の欠陥補正例を示す図である。

【図7】実施形態に係る画像処理方法の欠陥補正と従来の方法とを比較する図である。

【図8】実施形態に係る画像処理方法の欠陥補正における重みづけを例示する図である。 10

【図9】実施形態に係る画像処理方法の欠陥補正における重みづけの飽和特性を示す図である。

【図10】第2実施形態に係る画像処理方法を説明する図である。

【図11】第2実施形態に係る画素ビニングの例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態に係る放射線撮影装置（画像処理装置）、画像処理方法について添付図面を参照して説明する。

【0015】

（第1実施形態）

20

図1は本発明の実施形態に係る画像処理装置100の概略ブロック図である。X線発生部1001は、撮影制御部1005の制御の下に、X線ビーム1002を被検体1003に照射する。X線発生部1001から照射され被検体1003を透過したX線は、二次元X線検出部1004によって検出される。X線発生部1001と二次元X線検出部1004とは被検体1003を挟んで対向して配置されている。

【0016】

撮影制御部1005は、操作パネル1016からの撮影指示に従って、X線発生部1001および二次元X線検出部1004の動作を制御する。二次元X線検出部1004で検出された情報（X線画像信号）は、データ収集部1006にて、A/D変換、アンプ増幅、画像並べ替え等の処理が行われる。データ収集部1006によって得られたデータ（X線画像データ）は前処理部1007により処理され、処理されたデータ（原画像データ）はメインメモリ1015に格納される。撮影制御部1005、データ収集部1006および前処理部1007は、CPUバス1024に接続されている。 30

【0017】

画像処理装置100はX線撮影で得られたX線画像を処理する。CPUバス1024には、メインメモリ1015、画像処理部1013、少なくとも1つのCPU1014、操作パネル1016、画像表示部1017が接続されている。更に、CPUバス1024には、入射線量換算部1008、線量記憶部1009、画素補正部1010、画素ビニング部1011、記憶部1012、線量特性保存部1023、重み付け制御部1018が接続されている。 40

【0018】

メインメモリ1015は後述する図2、図3のフローチャートに示す処理を実行するためのプログラムなど、CPU1014での処理に必要な各種のデータなどを記憶する。またメインメモリ1015はCPU1014のワーキング・メモリとして機能する。CPU1014はメインメモリに記憶されたプログラムに含まれる指示を実行する。そのほか、CPU1014はメインメモリ1015に記憶されている各種のデータを用いて、操作パネル1016からの操作に従い、画像処理装置100の全体的な動作制御を行う。

【0019】

前処理部1007は、二次元X線検出部1004の画素毎の感度のばらつきを補正するゲイン補正処理と、二次元X線検出部1004の画素毎の暗電流ばらつきを補正する暗電 50

流補正処理等を行う。また、前処理部 1007 は、ユーザが放射線撮影をする前に、ゲイン補正用画像および暗電流補正用画像を、メインメモリ 1015 に格納しており、補正時に必要に応じてゲイン補正用画像および暗電流補正用画像を呼び出す。

【0020】

操作パネル 1016 を介してユーザから撮影指示が入力されると、撮影指示内容は記憶部 1012 に保存され、操作パネル 1016 に表示される。

【0021】

二次元 X 線検出部 1004 の各画素の線量特性を示す情報は、工場出荷時に、検査工程において取得され、取得された各画素の情報が線量特性保存部 1023 に記憶される。10
線量特性を示す各画素の情報として、例えば、入射した X 線と二次元 X 線検出部 1004 から出力される X 線画像信号との関係を示す各画素の情報（入出力特性）、線量依存マップが線量特性保存部 1023 に記憶される。放射線の照射により得られた画像データは、入射線量換算部 1008 を用いて、線量が把握される。得られた線量は、各画素について、
線量特性保存部 1023 に保存される。

【0022】

画素補正部 1010 は、線量依存マップを用いて原画像データの欠陥画素値の補正と、
リニアリティのよくない画素値の補正とを行う。ここで、線量依存マップとは、二次元 X
線検出部 1004 の飽和特性値を含む各画素の入出力特性の分布を示す情報である。20
補正された画像データは、CPU 1014 の制御により CPU バス 1024 を介して、メイン
メモリ 1015 に転送される。

【0023】

ユーザが操作パネル 1016 を用いて X 線発生部 1001 から放射線（X 線）の照射の
指示を行うと、撮影制御部 1005 は X 線発生部 1001 及び二次元 X 線検出部 1004
を制御して放射線撮影を実行させる。

【0024】

放射線撮影では、先ず、X 線発生部 1001 が被検体 1003 に対して X 線ビーム 10
02 を放射する。放射された X 線ビーム X は被検体 1003 中を減衰しながら透過して
二次元 X 線検出部 1004 に到達し、二次元 X 線検出部 1004 より X 線画像信号が出力さ
れる。例えば、被検体 1003 を人体とした場合、二次元 X 線検出部 1004 から出力さ
れる X 線画像信号は人体画像となる。30

【0025】

データ収集部 1006 は、二次元 X 線検出部 1004 から出力された X 線画像信号を A
/ D 変換等を行い所定のデジタル信号に変換して X 線画像データとして前処理部 1007
に供給する。前処理部 1007 は X 線画像データに対して、暗電流補正処理やゲイン補正
処理等の前処理を行う。

【0026】

前処理が行われた X 線画像データは原画像データとして、CPU 1014 の制御により
CPU バス 1024 を介して、メインメモリ 1015 に転送される。線量特性保存部 10
23 に保存されている線量依存マップを用いて、画素補正部 1010 は、入射線量に対し
て反応を示さない画素である欠陥画素に対応する画素値の補正と、入射線量に対するリニ
アリティが成立しない出力値の補正とを行う。補正により得られた画像データは、CPU
1014 の制御により CPU バス 1024 を介して、記憶部 1012 に転送され、格納さ
れる。40

【0027】

重みづけ制御部 1018 は、入出力特性（線量依存マップ）と測定された画素毎の線量
とを用いて、二次元 X 線検出部 1004 の各画素の重みづけの設定を制御する。重みづけ
制御部 1018 によって設定された重みづけに応じて、画素補正部 1010 は、線量依存
の画素補正を行なう。

【0028】

重みづけ制御部 1018 は、自画素/周辺画素の重みづけ制御部 1019 および周辺画

素間の重みづけ制御部 1021 で構成される。自画素/周辺画素の重みづけ制御部 1019 は二次元 X 線検出部 1004 を構成する複数の画素のうち補正の対象となる一の画素(以下、自画素ともいう)または周辺画素の重みづけの一方をゼロに設定する設定部 1020 を有する。重みづけ制御部 1018 は、線量特性保存部 1023 に保存されている情報を元に、どの重みづけで空間的・時間的欠陥画素補正を行うかを制御する。

【0029】

画素の補正処理が行われた X 線画像データは原画像データとして、CPU1014 の制御により CPU バス 1024 を介して、メインメモリ 1015、画像処理部 1013 に転送される。画像処理部 1013 は、ノイズ低減処理、周波数処理、階調処理等の画像処理を行い、画像処理された画像データが、画像表示部 1017 に表示される。

10

【0030】

図 2 は、実施形態に係る画像処理装置における画像処理方法の流れを説明するフロー チャートである。ステップ S200 ~ S204 は、二次元 X 線検出部 1004 の線量特性を示す各画素の情報を取得する処理である。ステップ S200 からステップ S204 は製品出荷前の製品検査等で行われることが望ましい。また、ステップ S205 ~ S209 は、診断用に撮影された X 線画像における飽和特性値が小さい画素について、線量依存の画素補正を行う処理である。

【0031】

まず、ステップ S200 で CPU1014 により X 線撮影システムの検査工程が開始が指示され、撮影制御部 1005 が二次元 X 線検出部 1004 を起動する。ステップ S201 で撮影制御部 1005 は X 線発生部 1001 および二次元 X 線検出部 1004 を制御し、複数の線量で X 線画像の撮影を行う。本実施形態においては各画素の線量依存特性(入出力特性)を把握することが目的であるため、複数の線量において X 線画像を撮影して、画像を保存する。ここで保存された各 X 線量の各画素の入出力特性が、飽和特性値を求めるための基礎データとなる。

20

【0032】

ステップ S202 では、CPU1014 は S201 で得られた各 X 線量に対応する X 線画像の各画素の線量依存特性(入出力特性)を算出し、二次元 X 線検出部 1004 の各画素の入出力特性の分布を示す線量依存マップを作成する。CPU1014 は算出した線量依存特性(入出力特性)から、図 4 で説明される方法で飽和特性値を算出する。ここで飽和特性値とは、入出力特性のリニアリティが基準から 3 % 落ちる線量値を指す。線量依存マップは、飽和特性値の算出結果から各画素の入出力特性の分布を示す情報として作成される。

30

【0033】

ステップ S203 において、CPU1014 は線量依存マップを線量特性保存部 1023 に保存する。線量依存マップを 特性のように 1 つの変数であらわせるのが理想ではあるが、実際には二次元 X 線検出部 1004 の X 線量に対する入出力特性を、1 变数で表すことは困難なことが多い。このような二次元 X 線検出部 1004 においても、線量依存特性(入出力特性)、線量依存マップを線量特性保存部 1023 に保存し、これらの情報を用いることにより各画素の線量依存性を補正することが可能になる。例えば、高い X 線線量で撮影された診断用画像において、欠陥画素のように見える画素が見つかった場合であっても、各画素の線量依存性を適切に補正することが可能になる。

40

【0034】

ステップ S204 において、CPU1014 は X 線撮影システムの検査工程を終了する。放射線撮影装置(画像処理装置)の出荷前に各線量について画素毎の線量依存特性(入出力特性)が把握されているため、飽和画素値が基準に比べて低い画素または高い画素に対しても、自画素および周辺画素を用いた欠陥画素補正が可能である。なお、出荷前の検査は、X 線画像撮影に限定されない。例えば、蛍光体を用いて X 線を可視光に変換する画像処理装置においては、可視光を用いた検査でも良い。

【0035】

50

ステップS205～S209に示す処理は、X線システムの検査工程後に行われる診断用のX線撮影の処理である。X線撮影により得られたX線画像データについて、飽和特性値が小さい画素（線形性が成立しなくなる画素値が基準の値に比べて小さい画素）に関する線量依存の画素補正を行う。まず、ステップS205において、撮影制御部1005は診断用X線画像を撮影する。一般的には病院等で生体を被写体としてX線画像を撮影する。もちろん、本発明が適用できる範囲は、非診断用X線画像や、工業用X線画像等も含まれる。

【0036】

診断用X線画像の撮影に際して、操作パネル1016に入力された撮影部位情報、各撮影部位に対応する空間周波数強調パラメータはメインメモリ1015に保存される。また、二次元X線検出部1004に到達したX線線量、X線画像信号等はデータ収集部1006、前処理部1007によって処理され、メインメモリ1015に送られる。10

【0037】

ステップS206で入射線量換算部1008は、該当画素/周辺画素の画素値を元に該当画素/周辺画素に対応する入射線量の相当値（入射線量）を算出する。画素値の領域毎平均値または標準偏差値のうち少なくとも一つを元に入射線量を把握する。画像全体の線量指標値、例えばE_I値(Eposure Inde_x値)を入射線量として使用しても良いが、X線画像の各画素または各領域に線量を算出することが望ましい。

【0038】

ステップS207で、重みづけ制御部1018は、重み付けの算出を行うか否かを判定する。重み付けの算出を行わない場合は、ステップS209に処理を進める。一方、重み付けの算出を行う場合は、重みづけ制御部1018が線量依存マップと入射線量より、重み付けを算出して処理をステップS208に進める。20

【0039】

ステップS208において、画素補正部1010はステップS207で算出された重みづけに応じた制御に従って、周辺画素および自画素を用いて画素の出力値に対する補正を行う。

【0040】

ステップS209で画像処理部1013は、表示用の画像処理を行う。表示用画像処理は、大きく、諧調処理、周波数処理、画素数処理に分けられる。諧調処理とは、撮影された画像の関心濃度がモニタ等における表現諧調を表すようにする処理である。周波数処理とは、撮影画像の関心周波数を適切に表現するための周波数強調処理である。画素数処理とは、ビニング処理や切り出し処理などを含めた画素数処理でモニタ等に表示する際に、一般に1024画素や2048画素の画像を用いることが多いので、表示用に画素数を変換する処理を行う。前ステップで算出された重みづけに応じた制御に従って、周辺画素および自画素を用いて画素の出力値に対する補正を行う。30

【0041】

ステップS210においてCPU1014は、表示用の画像処理が施された画像が画像表示部1017に表示出力させる。

【0042】

図3は、線量に応じた重みづけの算出処理の流れを説明するフローチャートであり、図2のステップS207の処理を詳細に説明した図である。40

【0043】

ステップS301で、重みづけ制御部1018は線量特性保存部1023から各画素の飽和特性値を取得する。そして、二次元X線検出部1004を構成する複数の画素のうち一の画素（自画素）の出力値と、一の画素（自画素）に隣接する周辺画素の出力値とに対する重みづけの算出を行う。この処理では、飽和特性値が所定の閾値よりも高い場合には、自画素の出力値に対する重みづけが「1」、周辺画素の出力値に対する重みづけが「0」となる。逆に、飽和特性値が所定の閾値よりも小さい場合には、自画素の出力値に対する重みづけが「1」未満となり、その代わりに周辺画素の出力値に対する重みづけが「050

」より大きい値となる。

【0044】

この処理は、飽和特性値がある程度小さい画素のみを補正するための処理である。2次元センサの全出力から見るとリニアリティのよくない画素は一部と考えられるため、全画素についてステップS303以下の処理を行う負荷を削減することができる。

【0045】

ステップS302で、自画素と周辺画素の重みづけが、自画素「1」および周辺画素「0」であるか否かの判定結果により分岐が実行される。ステップS301で、自画素の重みづけが「1」で周辺画素の重みづけが「0」となった場合には、線量依存の画素補正を実施する必要がないため、自画素の値をそのまま使用するという重み付け出力により処理を終了する（ステップS310）。

【0046】

一方、ステップS302の判定で、自画素の重みづけが「1」未満となり、その代わりに周辺画素の重みづけが「0」より大きくなった場合には、処理をステップS303に進める。ステップS303からステップS308は、周辺画素間での重みづけを算出するフローである。

【0047】

ステップS303において、周辺画素も用いて補正を実施するようにステップS302で割り振られた画素に対して、周辺画素間での重みづけ算出の開始を行う。

【0048】

ステップS304で、該当画素の到達線量（入射線量）と出荷前に得られた飽和特性値を比較する。例えば、入射線量をX、出荷前に得られた飽和特性値をYとする。

【0049】

(a) 入射線量Xと、飽和特性値との差分が、画素の入出力特性（画素値）が飽和していることを示す第1の基準値より大きくなる場合、該当画素は飽和していると判定される。例えば、 $X - Y > 1000$ （第1の基準値）の時には、該当画素は完全に飽和していると判定され、処理はステップS305に進められる。

【0050】

(b) 入射線量Xと、飽和特性値との差分が、第1の基準値以下であり、かつ、画素の入出力特性が線形性を維持していることを示す第2の基準値を超える場合、飽和に近い状態と判定される。例えば、 1000 （第1の基準値） $< X - Y < 1000$ （第2の基準値）の時には、該当画素は、飽和に近い状態と判定され、処理はステップS305に進められる。

【0051】

(c) 入射線量Xと、飽和特性値との差分が、画素の入出力特性が線形性を維持していることを示す第2の基準値以下になる場合、該当画素の入出力特性は線形性が維持され、全く飽和していないと判定される。例えば、 -1000 （第2の基準値） $< X - Y$ の時には、該当画素の入出力特性の線形性は維持され、全く飽和していないと判定され、処理はステップS305に進められる。なお、ここで用いた第1の基準値、第2の基準値として 1000 、 -1000 という値は、あくまでも例示的なものであり、この内容に本発明は限定されるものでない。

【0052】

ステップS305で、到達線量に基づき自画素と各周辺画素間の重みづけの2次判定を行う。ステップS304の比較の結果、(a)該当画素は完全に飽和している状態と判定される場合、処理はステップS306に進められる。(b)該当画素は、飽和近い状態と判定される場合、処理はステップS307に進められる。(c)該当画素は、全く飽和していない状態と判定される場合、処理はステップS308に進められる。

【0053】

ステップS306では、該当画素は完全に飽和しているため、自画素の重みづけをゼロに設定する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

ステップ S 3 0 7 は、該当画素は飽和近いため、図 7 ~ 9 で説明する方法で、自画素と周辺画素間の重みづけの算出をする。本発明では、自画素と周辺画素の両方に 0 でない重みづけを設定することにより画素の出力値に対する補正を行う。このため、末梢血管を造影剤で撮影された時や、高精細な被写体が撮影された時に、より適切な画素補正が実施可能となる。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 3 0 8 は、該当画素は全く飽和していないため、該当線量においては、周辺画素を用いた補正をする必要がないため、周辺画素の重み付けをゼロに設定し、処理を終了する（ステップ S 3 1 0）。

10

【 0 0 5 6 】

ステップ S 3 0 9 では、自画素と周辺画素間の重み付けを合成する処理を行う。ステップ S 3 0 6 ~ S 3 0 7 において設定された周辺画素間の重みづけを合成し、合成した重み付けにより画素の出力値に対する補正を行う。特に完全に飽和した線量が二次元 X 線検出部 1 0 0 4 に到達した時、二次元 X 線検出部 1 0 0 4 のほとんどの領域で自画素の重みづけがゼロの画素が支配的になる。このような時には、合成時に、最大値でクリッピング処理を実施するような例外処理をすることも有用である。

【 0 0 5 7 】

ステップ S 3 1 0 で、前ステップまでで得られた、自画素および周辺画素間の線量依存による重みづけの算出結果を出力し、本処理を終了する。

20

【 0 0 5 8 】

図 4 は本発明の実施形態に係る放射線撮影装置（画像処理装置）における、各画素の線量に対する入出力特性と飽和特性値を説明する図であり、飽和特性として、特に線量に対する飽和特性が低い画素を例示的に説明する図である。

【 0 0 5 9 】

図 4 では横軸が X 線量を示し、縦軸がセンサ出力（二次元 X 線検出部 1 0 0 4 の出力）を示している。図 4 の画素 4 0 1 は、入射した X 線量に対して、センサ出力の線形性（リニアリティ）が高い画素を示している。画素 4 0 2 は、X 線量が高くなるに従いリニアリティが失われ、センサ出力の飽和がやや早く現われる欠陥画素を示している。画素 4 0 3 は、画素 4 0 2 に比べて、更にセンサ出力の飽和が、更に低い X 線量で現われる欠陥画素の例を示している。二次元 X 線検出部 1 0 0 4 を構成する全ての画素がリニアリティの高い画素 4 0 1 であれば、高線量でも画像中にセンサ出力の飽和が生じないため、出力画像に違和感は生じない。しかし、製造時の条件の違いや塵等の影響、逐次読み出しの影響もあり、画素毎の特性が、多少ばらつくことがある。また飽和特性に関してもばらつきが生じてしまう。飽和がやや早い画素 4 0 2 や飽和が早い画素 4 0 3 が、二次元 X 線検出部 1 0 0 4 の二次元的な検出部のランダムな位置にあると、高線量の画像中に点々が見えるようになり、徐々に変化していると画像中にシェーディングのように見える。本発明の実施形態による画素の出力値に対する補正は、低線量での自画素の出力を生かしながら、高線量でより適切な画素値を出力することがメリットである。

30

【 0 0 6 0 】

図 4 において、図 2 のステップ S 2 0 2 における各画素の線量依存特性を算出する際には、例えば、リニアリティが 3 % 落ちる線量を飽和特性値の基準値として用いる。飽和特性 4 0 4 はリニアリティが高い画素 4 0 1 の飽和特性値を示し、飽和特性 4 0 5 は飽和がやや早い画素 4 0 2 の飽和特性値を示し、飽和特性 4 0 6 は更に飽和が早い欠陥画素の飽和特性値を示す。得られた各画素の飽和特性値が、各画素の線量依存マップとして保存される（S 2 0 3）。

40

【 0 0 6 1 】

図 5 は、実施形態に係る画像処理装置において、被写体 5 0 6 がある場合の適用例を示す図である。図 5 (a) は被写体 5 0 6 を撮影した X 線画像と補正結果の例を示す。図 5 (b) は、被写体 5 0 6 と重なる画素の例を示す図である。図 5 (a) の 5 0 1 は、画素

50

(特異画素)がない場合の画素値の例を示す。図5(a)の501では、図4の画像を直感的にも理解しやすいように画素値を数値で表わしている。図5(a)の502では、白の背景部分510に正常な出力をする画素が示されている。また、黒色の網掛け部分512に飽和が早い欠陥画素、灰色の網掛け部分511に飽和がやや早い欠陥画素が存在する場合を示しており、これらの欠陥画素では、本来の画素値よりも実際の画素値の方が低くなる。

【0062】

図5(a)の503では、従来の欠陥補正を行った時の画素値の例を示している。従来の欠陥補正では、空間的周辺画素を用いて、該当画素の画素値を補正するものであり、画素と同程度の大きさの被写体を、空間的周辺画素を用いて欠陥画素の補正を行った結果の画素値を示す。図5(a)の503では、被写体の情報がほぼ消えていることが分かる。10

【0063】

図5(a)の504は、本発明の実施形態に係る補正後の画素値を示している。本発明の実施形態に係る補正では、線量に応じて自画素の情報(画素値)を用いて補正を行うため、画素と同程度の大きさの非常に高精細な被検体に関しても、適切に補正を行うことができる。

【0064】

図5(b)には、二次元X線検出部1004の各画素が例示的に示されている。実際に各画素は、連続した矩形形状ではなく離散(ピッチ)で捉えるものであるが、ここでは概念的に連続した矩形形状で示している。被写体506として、カテーテル、血管のような細いものを例示している。20

【0065】

図5(b)の512は飽和が早い欠陥画素を示しており、511は飽和がやや早い欠陥画素を示している。被写体(カテーテル、血管)が欠陥画素の位置に該当するため、従来の欠陥補正(図5(a)の503)のように周辺画素を用いた欠陥画素の補正を行うと、細かい被写体情報が落とされる可能性がある。

【0066】

本発明の実施形態に係る補正によれば、線量に応じて自画素の情報(画素値)を用いて補正を行うため、画素と同程度の大きさの被写体(カテーテル、血管)に関しても、適切に画素の出力値に対する補正を行うことができる。尚、本発明は、線量依存の画素値補正だけでなく、線量依存のビニング重みづけにも使用できる。例えば、ビニングまたは画素加算の際の重みづけを撮影線量と線量特性値に応じて、変更することも、本発明の適用範囲に入る。30

【0067】

図6は、従来の欠陥補正の例と、本発明の実施形態に係る補正の例との比較例を示す。図5(a)で説明した本発明の実施形態に係る補正の例と従来の欠陥補正例とを1次元化した図6に示すことで、実施形態に係る補正の有効性を明確にする。図6の横軸は、画素1ラインの空間的な位置(二次元X線検出部1004の検出領域の位置)を示し、縦軸は画素値(二次元X線検出部1004)を示す。正常な場合の画素値に対して、ある画素の飽和が低い場合にやや低い画素値が出力される。40

【0068】

該当画素(自画素)にX線を吸収するような被写体がある場合に、実際のセンサ出力(602)では低くなるべき位置であっても、従来の欠陥補正によるセンサ出力は全体的に一定値を示し、適切に欠陥補正ができなかった(603)。本実施形態では、自画素の情報を用いることにより、正常な画素値を示すセンサ出力(601)と同様に、低いセンサ出力となるべき位置において被写体の検出に対応したセンサ出力を得ることが可能になる(604)。

【0069】

図7は本実施形態にかかる補正方法を従来の方法と比較する図である。X線線量を切り口に3つに場合分けをして説明する。50

【0070】

(A) まずX線の線量が、低～中線量の場合を説明する。この場合、二次元X線検出部1004の各画素は、当然飽和の特性は表れていない。よって欠陥補正は行われず、自画素のみを使用する。

【0071】

(B) 次に高線量のX線が入射された画素の場合を説明する。この場合、該当画素は、少し飽和特性が顕れている。従来の欠陥補正方法では、自画素を用いた欠陥補正是行わないため、飽和が始まっていてもそのまま出力画素を出力する。しかし、本実施形態に係る補正方法では、自画素の重みづけを下げ、その代わりに周辺画素の重みづけが上がるるので、周辺画素の情報も用いて、より適切に自画素の出力値に対する補正が可能となる。

10

【0072】

(C) 次に非常に高いX線量が入射された画素が、周辺よりも飽和特性が低い場合には、該当画素は、適切な画素値を出力していないとして、周辺画素を用いた画素値情報が、該当画素に埋め込まれて出力画像が生成される。

【0073】

つまり、従来の欠陥補正方法では、飽和特性が低い画素に対して、(1)完全に欠陥画素扱いにするか、(2)飽和線量を超えるか否かで欠陥画素扱いにするか否かを判定していた。本実施形態に係る画像処理装置においては、飽和するX線量が近づくにつれて、徐々に自画素の重みづけを低くし、周辺画素の重みづけを高くする画素補正を適用した画像処理が可能である。このため、より適切な画像を出力できる。尚、図7の例では、 3×3 画素を用いて補正処理する例を図示しているが、本発明の趣旨はこの例に限定されるものではない。

20

【0074】

図8は、本実施形態に係る補正処理における重みづけテーブルの例を示す図である。撮影したX線画像から検出された画素値が低い時(6000以下の場合)は、自画素の重みづけは100(%)となる。この場合、周辺画素の影響は無い。撮影したX線画像から検出された画素値が6000を超えた場合、徐々に、自画素の重みづけにおいて周辺画素の重みづけの割合が増えていく。なお、自画素の重みづけと周辺画素の重みづけの合計は100(%)である。そして自画素がほぼ飽和した場合には、自画素の重みづけは0となり、通常の欠陥画素と同様に、周辺画素を用いて補正を行う。

30

【0075】

図9は本実施形態に係る補正処理における線量依存の補正の重みづけの飽和特性分布を例示的に示す図である。図9(a)は、飽和している画素がランダムに発生している場合を示す。この時、単独の画素において発生する確率はランダムと仮定できるため、検査で得られた各画素の線量依存マップに応じて図7のように補正を行うことができる。図9(b)は飽和している画素が1方向に分布している場合を示す。図9(c)は飽和特性マップに不連続線がある分布の場合を示す。この場合、図3におけるステップS303からS310に示されているフローにより、全体の飽和特性分布のマップを用いて重みづけを算出し、合成する。図9(b)では、飽和特性マップが1方向に分布している際に、より飽和特性が良い方向の画像の重みづけを大きくして欠陥補正を行うことがより適切である。図9(c)では、飽和特性マップに不連続線がある分布を示している際に、不連続線を境に特性に不連続なものが画像中にあらわれる可能性がある。このため、検査で図9(c)が検出された時には、欠陥補正の重みづけを変更するだけでなく、周辺画素数を増やすことで、飽和特性の不連続部分が顕在化しないように、周辺画素数の増加も含めた重みづけ処理が必要である。

40

【0076】

なお、本発明が適用できる飽和特性値を用いることにより、処理に要するメモリを少なくして適切な画素補正を行うことができる。最大でも1画像分の容量で全画素の飽和特性値を保存することができる。また汎用性のある画像であるため、更にメモリ量が削減することが可能であり、画像圧縮と同じ手順で容易に圧縮して保存することが可能となる。さ

50

らに、本発明では、飽和特性値が小さい画素のみの座標と量がわかれば十分であるため、必要な情報だけをメモリに保存することも可能である。飽和特性値が小さい画素のみを保存すれば十分であるため、メモリ量が削減され、動画等の高速処理を実行するチップ内のメモリにも入りやすい大きさとすることが可能である。

【0077】

上述の実施例では、CPU1014が入射線量に応じて出力される画素値の関係を示す入出力特性を取得し、さらに入出力特性に基づいて前記第1の画素値を出力した画素が飽和状態を示す線量の値を飽和特性値として取得する。この飽和特性値を基準に、入射した線量の大きさを見て画素値の飽和を判定することで、被写体本来の構造に由来する信号を利用しつつ検出部の特性を補正した画像を得ることができる。

10

【0078】

また重みづけ制御部1018がステップS301で、飽和特性値が閾値より小さい画素の第1の画素値（補正対象の画素値）に対する重みづけ係数を、飽和特性値が閾値より大きい画素の第1の画素値に対する重みづけ係数よりも小さくする。これにより飽和に近い画素ほど、より周辺画素による補正がかかるようにし、リニアリティ性の低下をカバーすることができる。

【0079】

より具体的には、入射線量換算部1008で計測された第1の画素値に対応する入射線量と飽和特性値との差分が、第1の基準値以下であり、かつ第1の基準値より小さい第2の基準値を超えるか否かを判定する。第2の基準値を超える場合、第1の画素値を補正するために、第1の画素値に対する正値の重みづけの値と、第1の画素値を出力する画素に隣接する周辺画素の出力値である第2の画素に対する正値の重みづけの値とを算出する。これにより、飽和特性値との差の大きさがそれほど大きくない場合には、対象画素と隣接画素との両方の画素値を使うことで、被写体の情報を残しつつリニアリティ性の低下をカバーできる。

20

【0080】

また重みづけ制御部1018は、飽和特性値と第1の画素値（補正対象の画素値）に対する線量相当値との差分の大きさが所定の閾値よりも小さい場合には第2の画素に対する重みづけ係数の大きさを正値とする。これにより、リニアリティ性の低下を補正対象の画素値とは異なる画素値により補正することができる。なお、補正に用いる画素値について、リニアリティ性の良い画素を予め選択しておくことで、より補正の精度が向上する。

30

【0081】

重みづけ制御部1018は、第1の画素値に対応する線量相当値が飽和特性値よりも閾値以上に大きい場合、第2の画素（補正に用いる画素値）に対する重みづけ係数を、所定の閾値以上に大きくない場合の第2の画素値に対する重みづけ係数よりも大きくする。これにより、よりリニアリティ性が悪い画素に対しては補正を強くかけることで、画質を向上させることができる。ここで補正に用いる第2の画素値として、画像において対象画素の周辺画素の画素値を用いることで、類似する構造に起因する画素値で補正することができ、補正の精度が向上する。

【0082】

40

また入射線量換算部1008が二次元X線検出部1004の画素から出力される画素値に基づいて、X線発生部1001から照射され画素に入射する入射線量の相当値を計測する。これにより、撮影された画像に対して画素毎に飽和特性値との比較が可能となる。

【0083】

また入射線量換算部1008で計測された第1の画素値（補正対象の画素値）に対応する入射線量と、飽和特性値との差分が第1の基準より大きくなる場合、第1の画素の出力値に対する重みづけを0に設定する。また第2の画素（補正に用いる画素値）の出力値に対する正値の重みづけの値を算出する。あまりにリニアリティ性が低下する場合には対象画素の画素値を用いず、周辺補間することで、より高画質な画像を得ることができる。

【0084】

50

なお、入射線量換算部 1008 で計測された第 1 の画素値に対応する入射線量と飽和特性値との差分が第 2 の基準値以下になる場合、画素補正部 1010 では第 1 の画素値を補正せずに、補正後の画素値として出力させる。より具体的には、第 1 の画素値の重みづけを 1、第 2 の画素値の重みづけを 0 に設定する。

【0085】

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態では、第 1 実施形態として説明した処理に加えて、飽和特性値を用いた線量依存の画素ビニング処理について説明する。画素ビニング処理とは、複数の画素を一つのまとまりとし、当該一つのまとまりの画素データを画素平均として出力する処理をいう。画素ビニング処理は複数の画素値をまとめて画像を作る処理を行うことで画素数を減らすことができる。特に動画等で、高速処理が必要とされる場合に、画像サイズが大きいと処理が遅くなる。このために処理の高速化のために画素ビニング処理が用いられる。10

【0086】

第 2 実施形態におけるシステムの構成については第 1 実施形態と同様であるが、メインメモリ 1015 に記憶されているプログラムに図 10 のフローチャートに示す処理を実行するためのプログラムが追加されている点が異なる。システムの構成については説明を省略する。以下、本実施形態の処理を図 10 のフローチャートに従い説明する。

【0087】

ステップ S1001 で、撮影条件が設定される。画素ビニングの設定（画素ビニング設定）もここで設定される。ビニングの設定は、操作パネル 1016 からの入力により直接ビニングをするかしないか設定の指示ができてもよい。また、特定の撮影部位の場合には特定のビニングをするように予め設定しておき、当該部位の選択に応じてビニングの設定がされることとしてもよい。N（画素：N は 2 以上の整数）× N（画素）ビニングとして、一般的には 2×2 ビニングや 4×4 ビニング等がよく用いられる。ステップ S1002 で、ステップ S1001 で設定された撮影条件に従って X 線画像が撮影される。なお、ビニング無しの設定がされた場合には、第 1 実施形態に記載の画素補正を実行するよう、CPU 1014 はビニングの設定情報をメインメモリ 1015 から参照し、画像処理を切り替える制御を行う。20

【0088】

ステップ S1003 で、画素ビニングに応じた該当画素/周辺画素の線量指標を算出する。ステップ S1004 で、線量依存の画素の補正の必要性が有るか否かが、画素の入出力特性と入射線量との情報を用いて判定される。線量依存の画素の補正の必要性が有りと判定された場合に、処理はステップ S1005 に進められる。一方、ステップ S1004 の判定で、線量依存の画素の補正の必要性は無いと判定された場合に、処理はステップ S1006 に進められる。30

【0089】

ステップ S1005 で、画素ビニングと画素の欠陥補正処理とを同時に行う。従来では、飽和特性の劣る画素（欠陥画素）もビニング時に他の画素と同様に画素ビニングの対象として用いられていた。第 2 実施形態では、画素の入出力特性として飽和特性が把握されているため、飽和特性の劣る画素について画素ビニング時の重みづけを低くすることが可能となる。更に、該当する画素の周辺画素が、N（画素）× N（画素）により定められるビニング画素の範囲外（例えば、 $N + 1$ 画素）となる画素であっても、画素ビニング前に周辺画素を用いて重みづけ処理が可能となるため、より適切な画素補正ができる。40

【0090】

重み付け制御部 1018 は、画素ビニングにより出力される一つのまとまりを構成する複数の画素のうち、一の画素から出力される出力値と入射線量との差分を算出する。重み付け制御部 1018 は、算出した差分と、画素の入出力特性が飽和していることを示す第 1 の基準値とを比較する。この比較の結果、差分が第 1 の基準値より大きくなる場合、重み付け制御部 1018 は、一の画素の出力値に対する重み付けをゼロに設定する。そして、重み付け制御部 1018 は、一の画素に隣接する周辺画素の出力値に対する重みづけの50

値を算出する。

【0091】

重み付け制御部1018は、一の画素から出力される出力値と入射線量との差分が、第1の基準値以下であり、かつ、一の画素の出入力特性が線形性を維持していることを示す第2の基準値を超えるかを判定する。この判定条件が満たされる場合、重み付け制御部1018は、一の画素の出力値を補正するために、一の画素に対する重みづけの値と一の画素に隣接する周辺画素の出力値に対する重みづけの値とを算出する。

【0092】

重み付け制御部1018は、一の画素から出力される出力値と入射線量との差分が、一の画素の出入力特性が線形性を維持していることを示す第2の基準値以下になるかを判定する。この判定条件が満たされる場合、重み付け制御部1018は、一の画素の出力値をそのまま出力し、一の画素に隣接する周辺画素の出力値に対する重みづけの値をゼロに設定する。ここで、一の画素に隣接する周辺画素の出力値には、画素ビニングにより出力される一つのまとまりを構成する画素の出力値と、一つのまとまりを構成していない画素の出力値と、が使用される。

【0093】

先のステップS1004の判定で、線量依存の画素の補正の必要がない場合には、ステップS1006で、画素ビニング処理が実行される。

【0094】

ステップS1007で、表示用の画像処理がなされ、ステップS1008で、画像出力がなされ。第2実施形態で説明した画素ビニングは、撮影後に画素ビニング処理を実行する例を示したが、本発明の趣旨は、この例に限定されるわけではない。

【0095】

図11は、本発明の第2実施形態に係る画素ビニングの例を説明する図である。図11(a)は画素ビニングの処理前の画素値の例を示す。図11(a)において、ハッチング1101、1102を付した画素は、表示画像において飽和が早い画素(飽和特性が劣る)画素であり、ハッチング1103を付した画素は、飽和がやや早い画素を示す。図11(a)に示す画像を入力画像として、従来のビニング処理後の画素値の例と、第2実施形態に係る画素ビニング処理後の画素値の例を図11(b)、(c)に示す。

【0096】

図11(b)は従来のビニング処理後の画素値を示す図であり、飽和特性が劣る画素を2(画素)×2(画素)でビニング処理をする。この場合、飽和特性が劣る画素の影響量は、ビニング処理により一つのまとまりとして構成される画素1104、1105、1106において1/4になる。しかしながら、ビニング処理後も飽和特性の劣る画素値が表示画像にも出力されてしまう。第2実施形態に係るビニング処理では、飽和特性の劣る画素に対して、線量に応じて重みづけを低くして、画素ビニング処理を行う。第2実施形態に係るビニング処理と第1実施形態で説明した画素の出力値に対する補正処理とを組み合せることにより、図11(c)に示されるように全て正常な値を出力するように補正することが可能となる。

【0097】

なお、本発明において欠陥画素とは異常または出力不良の画素のことであり、いずれかの線量において、その周囲の画素の画素値から大きく外れた画素である。例えば、画像を所定領域ごとに区切り、その区切られた各領域(部分領域画像)における画素の平均画素値から標準偏差値の8倍以上外れた画素を特異画素(欠陥画素)として定義する方法がある。本発明の実施形態においては、この特異画素のうち素子や回路等の異常により発生する欠陥画素を例として説明したが、この例に限定されるものではない。

【0098】

また、本発明における線量とは、X線線量を指すが、光量または相当する画素値であっても良い。特に、蛍光体でX線が可視光に変更された後に、光電変換を行う画像処理装置では、各画素に到達(入射)する光量とX線線量はほぼ同じ意味である。また、あるX線線量

10

20

30

40

50

または光量の時にリニアリティのあるX線線量または光量における感度に換算した時の想定画素値は、線量を計測する機器が異なるだけでほぼ同じ意味である。また必ずしも物理的な線量そのものだけでなく、画素値のように線量にほぼ比例した物理量も含まれる。

【0099】

このように本実施例では、複数の画素を一つのまとまりとし、当該一つのまとまりの画素データを画素平均として出力する画素ビニングを撮影条件として設定することができる。よって、画素ビニングにより出力される一つのまとまりを構成する複数の画素のうち、第1の画素値（補正対象の画素値）と飽和特性値との差分が第1の基準値より大きくなる場合がある。この場合、重みづけ制御部1018は、第1の画素値に対する重みづけを0に設定する。そして第1の画素値を出力する画素に隣接する周辺画素の出力値である第2の画素値に対する正值の重みづけの値を算出する。これにより、リニアリティの低下した画素については平均加算に用いないようにすることで、ビニング後の画像の画質を向上させることができる。10

【0100】

また、画素ビニングにより出力される一つのまとまりを構成する複数の画素のうち、第1の画素値と飽和特性値との差分が第1の基準値以下であり、かつ、第1の基準値より小さい第2の基準値を超える場合がある。この場合重みづけ制御部1018は、第1の画素の出力値を補正するために、第1の画素に対する正值の重みづけの値と一の画素に隣接する周辺画素の出力値に対する正值の重みづけの値とを算出する。これにより、リニアリティが少々低下した画素についてはビニング後の画素値に寄与することとなり、より被写体の情報を反映した画像とすることができます。また、平均加算数が局所的に変動することに起因する、局所的なS/N比の変動を抑え、画像全体として違和感を減らすことができる。20

【0101】

また、第1の画素値を出力する画素に隣接する周辺画素の出力である第2の画素値には、画素ビニングにより出力される一つのまとまりを構成する画素値と、一つのまとまりを構成していない画素値と、が使用される。よって、画素のリニアリティが低下していく補正を要する場合、N×Nのビニング領域外の画素値も用いて、第1の画素値を補正する。これにより、ビニング領域が補正に用いるべき画素数に対して小さい場合でも、対象画素を適切に補正した画素値を得ることができる。30

【0102】

なお、画素ビニングにより出力される一つのまとまりを構成する複数の画素のうち、第1の画素値と前記飽和特性値との差分が第2の基準値以下になる場合がある。この場合、重みづけ制御部1018は、画素ビニング部1011に第1の画素値の補正をさせない。より具体的には、重みづけ制御部1018は第1の画素の重みづけと、ビニングに用いる画素の重みづけとを等しくする。

【0103】

（その他の実施形態）

上述の実施例では、欠陥画素やリニアリティのよくない画素の補正を空間的に周辺の画素を用いた平滑化処理により行ったが、実施例はこれに限られない。1つの実施例としては、X線透視撮影や、CT撮影、トモシンセシス撮影など複数のフレーム画像あるいはスライス画像が得られる場合、このように時間的に異なるタイミングで撮影された複数の画像における対応する画素を用いて対象画素を補正する。透視撮影により得られる動画像であれば、時間的に前後のフレームにおける対応する画素や、当該対応する画素に隣接する画素の画素値を重みづけして補正処理しても良い。この場合に、重みづけ制御部1018は、適切な重みづけを決定し、画素補正部1010や画素ビニング部1011に出力する。フレームレート、画素ピッチ、スライス画像間の空間的な距離などをパラメータとして、適切な重みづけを決定する。例えば、画素ピッチが小さくなるほど、1つの画像における周辺画素の重みづけを大きくする。フレームレートが大きくなるほど、またはスライス画像間の空間的な距離が小さくなるほど、前後フレームや隣接スライスにおける画素の重みづけを大きくする。4050

【0104】

この実施例によれば、前後フレームや隣接スライスも用いることで、欠陥画素やリニアリティのよくない画素をより適切な画素値に補正することができる。処理対象の画像が複数のフレーム画像からなる動画像である場合、補正に用いる第2の画素値は、第1の画素値を出力した画素が出力した、第1の画素値を含むフレーム画像とは異なるフレーム画像における画素値と含ませることができる。この場合、時間的に構造が大きく動いたり変化したりしない場合には、類似する構造に起因する画素値で補正することができ、補正の精度が向上する。なお、同一画像の画素値と、他画像の画素値とを組み合わせて用いることで精度は更に向上する。特に、動き量、フレームレート、スライス間隔の情報を用いてより適切な画素を選択して補正に用いる、あるいは適切な重みづけでもって補正することで、被写体に動きや変化があっても精度高く補正することができる。動きや類似構造の観点からは、同一画像の隣接画素、直前直後フレームで同位置の画素やそれに隣接する画素が望ましい。

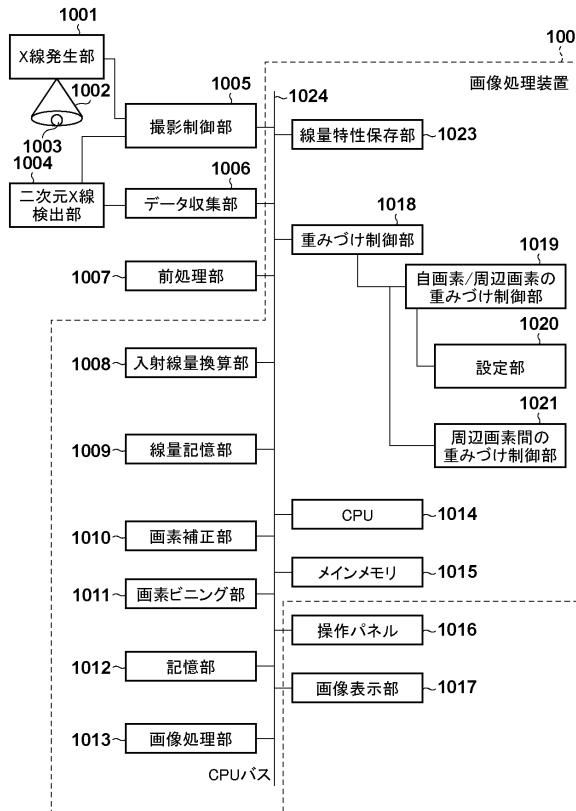
【0105】

また上述の実施例では、画素値から算出された線量相当値と、画素値が飽和状態であることを示す線量の値である飽和特性値とを比較してその差分から処理を切り替える制御を行っていた。別の実施例としては、画素値と、画素値が飽和状態であることを示す線量に対応する画素の値とを比較することとしてもよい。この場合、画素値から線量相当値を算出する際の近似処理を省けるため、最終的な補正の精度を向上させることができる。

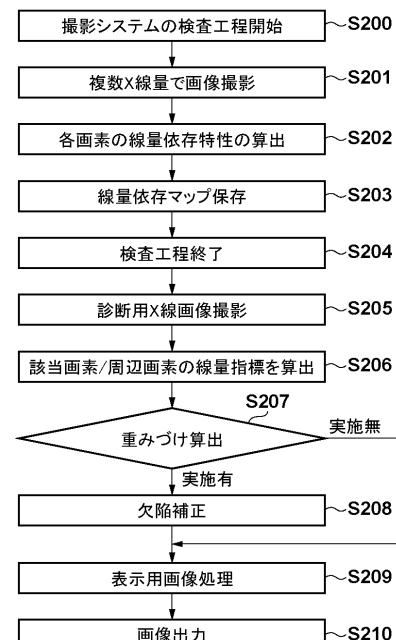
【0106】

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。

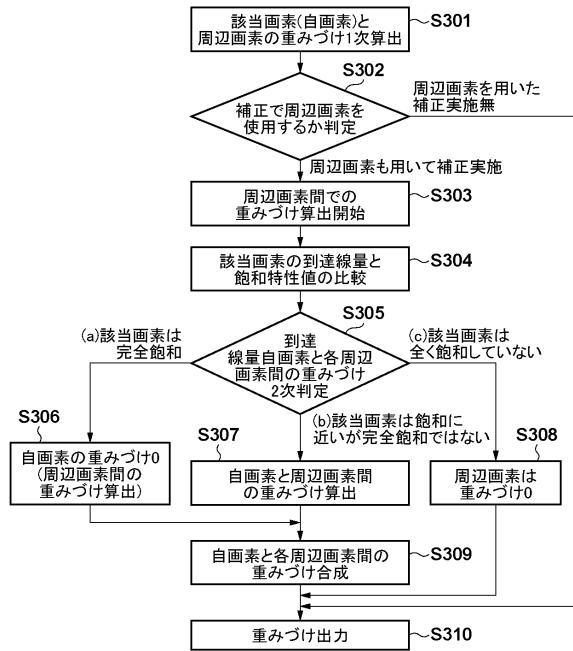
【図1】



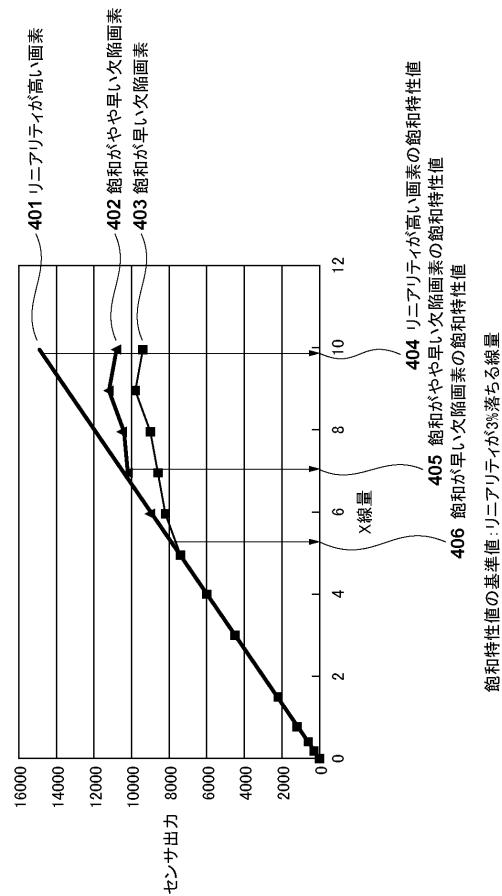
【図2】



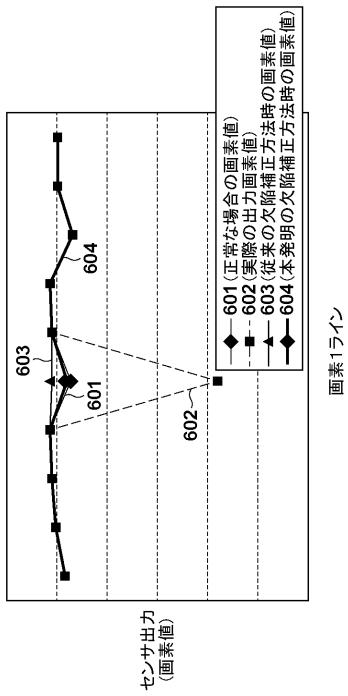
【図3】



【図4】



【図6】

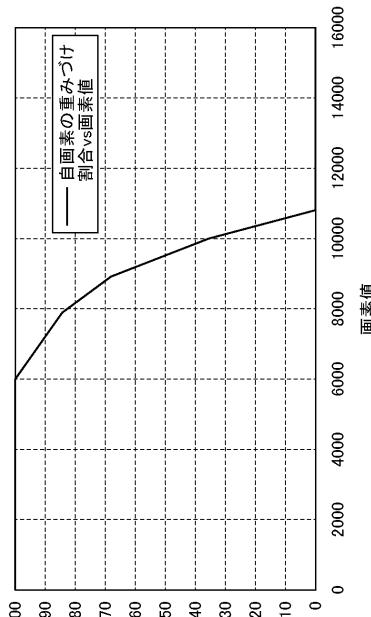


【図7】

	従来の欠陥補正方法(例)	本発明の欠陥補正方法(例)																		
(A) 低～中線量 (全く飽和していない)	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0																		
0	1	0																		
0	0	0																		
0	0	0																		
0	1	0																		
0	0	0																		
(B) 高線量 (少し飽和している)	<table border="1"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0.4</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	1	1	1	1	0.4	1	1	1	1
0	0	0																		
0	1	0																		
0	0	0																		
1	1	1																		
1	0.4	1																		
1	1	1																		
(C) 非常に高線量 (完全飽和している)	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1																		
1	0	1																		
1	1	1																		
1	1	1																		
1	0	1																		
1	1	1																		

【図 8】

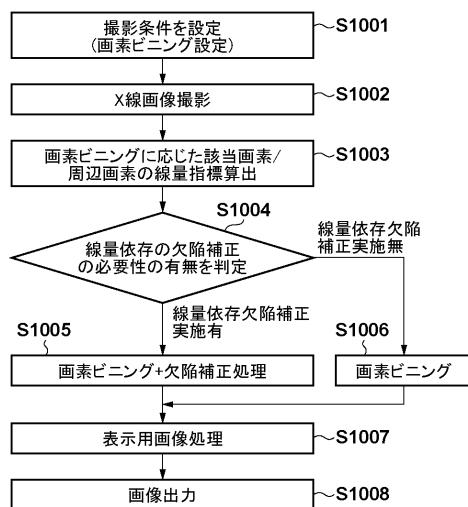
重みづけ算出テーブル(自画素/(自画素+周辺画素))



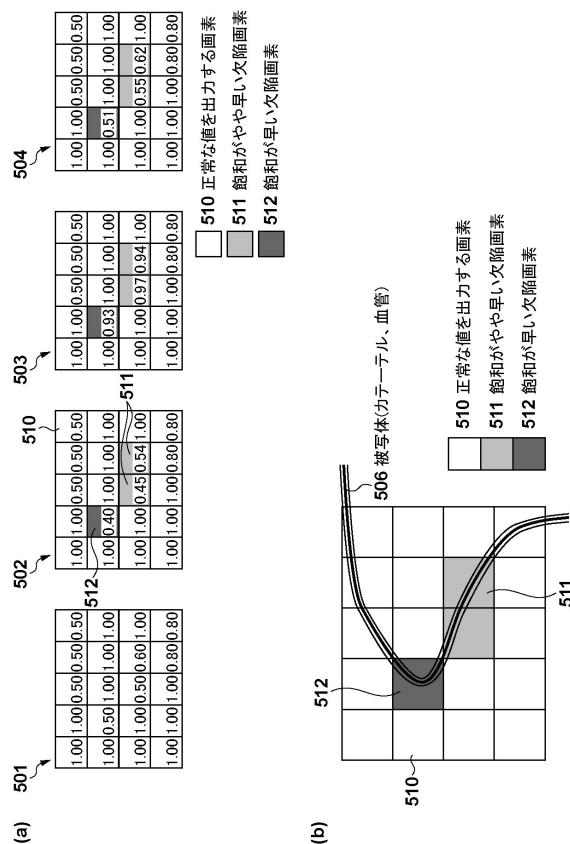
【図 9】

	本発明における欠陥補正量みつけマップ超高線量(例)	本発明における欠陥補正量みつけマップ中線量(例)	本発明における欠陥補正量みつけマップ低中線量(例)
(a)飽和特性マップがランダムに分布	9.9 9.9 9.9 9.7 9.9 9.9 9.9 9.9 9.9 9.9 9.9 7.9 9.9 9.9 9.9 9.9 9.9 9.9	1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1	2.2 2.2 2.2 2.1 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2
(b)飽和特性マップが1方向に分布	9.9 9.8 7.6 9.9 9.8 7.6 9.9 9.8 7.6 9.9 9.8 7.6 9.9 9.8 7.6 9.9 9.8 7.6	1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1	5.5 5.3 2.1 5.5 5.3 2.1 5.5 5.3 2.1 5.5 5.3 2.1 5.5 5.3 2.1 5.5 5.3 2.1
(c)飽和特性マップに不連続性がある分布	9.9 9.6 6.6 9.9 9.6 6.6 9.9 9.6 6.6 9.9 9.6 6.6 9.9 9.6 6.6 9.9 9.6 6.6	1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1	8.3 8.1 1.1 8.3 8.1 1.1 8.3 8.1 1.1 8.3 8.1 1.1 8.3 8.1 1.1 8.3 8.1 1.1

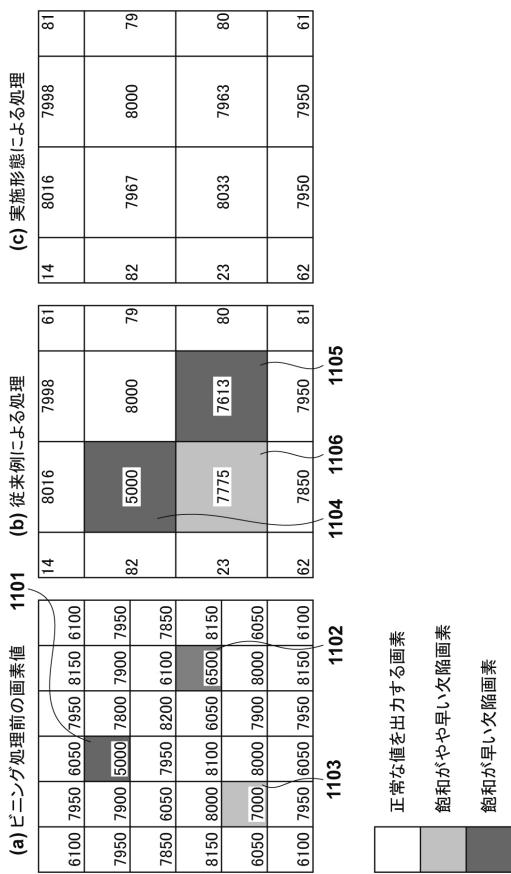
【図 10】



【図 5】



【図 1 1】



フロントページの続き

(72)発明者 林田 真昌

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 田邊 英治

(56)参考文献 特開2007-029233(JP,A)

特開2011-013180(JP,A)

特開2005-006196(JP,A)

特開2010-263961(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 6 / 00 - 6 / 14