

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4035320号
(P4035320)

(45) 発行日 平成20年1月23日(2008.1.23)

(24) 登録日 平成19年11月2日(2007.11.2)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 N 5/335 (2006.01)

H O 4 N 5/335 P

A 6 1 B 6/00 (2006.01)

A 6 1 B 6/00 3 O O S

G O 6 T 1/00 (2006.01)

G O 6 T 1/00 4 6 O E

H O 4 N 5/32 (2006.01)

A 6 1 B 6/00 3 5 O A

H O 4 N 5/32

請求項の数 22 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-388709 (P2001-388709)
 (22) 出願日 平成13年12月21日(2001.12.21)
 (65) 公開番号 特開2003-23572 (P2003-23572A)
 (43) 公開日 平成15年1月24日(2003.1.24)
 審査請求日 平成16年12月21日(2004.12.21)
 (31) 優先権主張番号 09/746830
 (32) 優先日 平成12年12月22日(2000.12.22)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 300019238
 ジーイー・メディカル・システムズ・グロ
 ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル
 エルシー
 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53
 188・ワウケシャ・ノース・グランドウ
 ユー・ブルバード・ダブリュー・710
 ・3000
 (74) 代理人 100093908
 弁理士 松本 研一
 (72) 発明者 ポール・リチャード・グランフォース
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サニ
 ーベイル、リリー・アベニュー、1053
 番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パネル検出器のピクセル置換の方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ディジタル式イメージング・システムにおいて置換ピクセル値を生成するための方法であって、所望のピクセル(92)の基本値を生成するステップ(104)と、前記所望ピクセルの統計的特性値を生成するステップ(106)と、前記基本値と前記統計的特性値を合成(108)し置換ピクセル値を取得するステップと、を含み、
 前記統計的特性値は、画像マトリックス(60)内の選択した一群のピクセルと比較して、置換ピクセル値が一貫したノイズ・レベルを維持するように選択されている、方法。

【請求項2】

前記基本値が、画像マトリックス(66)の横列(56)又は縦列(58)内で前記所望ピクセル(92)の近傍にあるピクセル(94)の値に基づいて生成されている、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記基本値が、画像マトリックス(60)の周囲の横列(56)及び縦列(58)内で前記所望ピクセルの近傍にあるピクセル(94)の値に基づいて生成されている、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記統計的特性値が、画像マトリックス(60)内で前記所望ピクセル(92)と近傍にあるピクセル(94)との間で一貫した統計的特性を維持するように生成されている、請求項1に記載の方法。

10

20

【請求項 5】

前記統計的特性が平均値及び標準偏差値を含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記所望のピクセル (9 2)、前記置換ピクセル値及び前記統計的特性値が複数あり、
前記複数の統計的特性値が、その平均値がゼロとなり、画像マトリックス (6 0) 内の選
択した一群のピクセルの標準偏差に等しい標準偏差とを維持するように生成されている (1 0 6)、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

デジタル検出器において欠陥ピクセルの置換値を生成するための方法であって、欠陥
があると判定された少なくとも 1 つのピクセル (9 2) を含む検出器 (2 2) のピクセル
(5 4) の横列 (5 6) 及び縦列 (5 8) に対する画像データ組を収集するステップ (1
0 2) と、前記画像データ組内で近傍にあるピクセル (9 4) の値に基づいて欠陥ピクセル
(9 2) の基本値を計算するステップ (1 0 4) と、前記画像データ組の統計データを
計算するステップ (1 0 6) と、前記基本値及び前記統計データに基づいて欠陥ピクセル
(9 2) の置換値を計算するステップ (1 0 8) と、を含み、
前記置換値が、欠陥ピクセル (9 2) の近隣域で一貫したノイズ・レベルを維持するよう
に計算されている、方法。

10

【請求項 8】

前記基本値が欠陥ピクセル (9 2) の近傍にあるピクセル (9 4) の平均値である、請
求項 7 に記載の方法。

20

【請求項 9】

前記基本値が横列 (5 6) 又は縦列 (5 8) 内で欠陥ピクセル (9 2) の近傍にあるピ
クセル (9 4) の平均値である、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記基本値が少なくとも 1 つの横列 (5 6) 及び少なくとも 1 つの縦列 (5 8) 内で欠
陥ピクセル (9 2) の近傍にあるピクセル (9 4) の平均値である、請求項 9 に記載の方
法。

【請求項 11】

前記統計データが欠陥ピクセル (9 2) の周りにあるピクセル (9 4) からなる少なく
とも近隣域の標準偏差データである、請求項 7 に記載の方法。

30

【請求項 12】

前記置換値が、欠陥ピクセル (9 2) の近傍にあるピクセル (9 4) の標準偏差値に等
しい標準偏差とを有する基本値からの偏差を提供するように計算されている、請求項 7 に
記載の方法。

【請求項 13】

デジタル検出器内の欠陥ピクセルに対する置換値を生成するための方法であって、
欠陥があると判定された少なくとも 1 つのピクセル (9 2) を含む検出器のピクセル (5
4) の横列 (5 6) 及び縦列 (5 8) に対する画像データ組にアクセスするステップ (1
0 2) と、
前記画像データ組内で近傍にあるピクセル (9 4) の平均値であるような欠陥ピクセル (9
2) の基本値を計算するステップ (1 0 4) と、
選択した欠陥ピクセルの特性値を、画像データ組内の所望のピクセルの組に対する標準偏
差値と等しい標準偏差とを有する基本値から所望の偏差を提供するように計算するステッ
プ (1 0 6) と、
前記基本値及び前記特性値に基づいて欠陥ピクセル (9 2) に対する置換値を計算するス
テップ (1 0 8) と、を含み、
前記置換値が、欠陥ピクセル (9 2) の近隣域で一貫したノイズ・レベルを維持するよう
に計算されている、方法。

40

【請求項 14】

前記近傍にあるピクセル (9 4) が横列 (5 6) 又は縦列 (5 8) 内で欠陥ピクセル (

50

９２）に隣接するピクセルを含む、請求項 １３ に記載の方法。

【請求項 １５】

前記近傍にあるピクセル（９４）が少なくとも１つの横列（５６）及び少なくとも１つの縦列（５８）内で欠陥ピクセル（９２）に隣接するピクセルを含む、請求項 １３ に記載の方法。

【請求項 １６】

前記所望のピクセル組が横列（５６）又は縦列（５８）内で欠陥ピクセル（９２）に隣接するピクセル（９４）を含む、請求項 １３ に記載の方法。

【請求項 １７】

前記所望のピクセル組が少なくとも１つの横列（５６）及び少なくとも１つの縦列（５８）内で欠陥ピクセル（９２）を取り囲んでいるピクセル（９４）を含む、請求項 １３ に記載の方法。

【請求項 １８】

欠陥があると指摘されたピクセル（９２）を含んでいるような、ピクセル（５４）の横列（５６）及び縦列（５８）からなる画像マトリックス（６０）を有する検出器（２２）と、前記検出器（２２）と結合されると共に前記検出器からのピクセル値をサンプリングし、基本値（１０４）及び統計的特性値（１０６）を計算することにより欠陥ピクセルに対する置換値を計算する（１０２～１０８）ように構成されている信号処理回路（２６、２８）であって、前記統計的特性値は前記置換値と欠陥ピクセル（９２）の少なくとも近隣域内のピクセル（９４）の値との間に一貫した統計的関係を提供しているような信号処理回路（２６、２８）と、を備え、

前記統計的特性値が前記置換値と欠陥ピクセル（９２）の少なくとも近隣域内のピクセル（９４）の値との間で一貫したノイズ・レベルを維持している、デジタル式イメージング・システム。

【請求項 １９】

X線源（１２）を備えると共に、前記検出器が該X線源からのX線ビーム（１６）に対する曝露により得られるピクセル値をサンプリングしている、請求項 １８ に記載のシステム。

【請求項 ２０】

X線源（１２）と、前記線源からのX線ビーム（１６）に対する曝露に応答してピクセル値を生成させるための検出器（２２）であって、欠陥があると指摘されたピクセル（９２）を含んでいるような、ピクセル（５４）の横列（５６）及び縦列（５８）からなる画像マトリックス（６０）を有する検出器（２２）と、前記検出器と結合されると共に前記検出器（２２）からのピクセル値をサンプリングし、基本値及び統計的特性値を計算すること（１０４、１０６）により欠陥ピクセルに対する置換値を計算する（１０４～１０８）ように構成されている信号処理回路（２６、２８）であって、前記統計的特性値は前記置換値と欠陥ピクセル（９２）の少なくとも近隣域内のピクセル（９４）の値との間に一貫した統計的関係を提供しているような信号処理回路（２６、２８）と、を備え、
前記統計的特性値が前記置換値と欠陥ピクセル（９２）の少なくとも近隣域内のピクセル（９４）の値との間で一貫したノイズ・レベルを維持している、デジタルX線システム

【請求項 ２１】

前記基本値が欠陥ピクセル（９２）の近隣域内のピクセル（９４）の平均値として計算されている、請求項 １８ 又は ２０ に記載のシステム。

【請求項 ２２】

前記統計的関係が標準偏差の値を含む、請求項 １８ 又は ２０ に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、全般的には、デジタル式X線イメージング・システムで使用する検出器など

の離散ピクセル型検出器に関する。さらに詳細には、本発明は、処理及び再構成のために有用な画像データを提供するためにパネル内の欠陥ピクセルに対する情報を置換するための技法に関する。

【 0 0 0 2 】

【発明の背景】

有用な画像に再構成することができるデジタル・データを生成させるために、デジタル式X線イメージング・システムなどの離散ピクセル型イメージング・システムがますます普及しつつある。現在のデジタル式X線イメージング・システムにおいて、医学的診断用途では、線源からの放射線が被検体（典型的には、患者）に向けて導かれる。この放射線の一部は患者を透過し検出器にあたる。検出器の表面はこの放射線を光学フォトンに変換し、このフォトンが検知を受ける。検出器は離散的な画像素子（すなわち、ピクセル）からなるマトリックスに分割されており、検出器は各ピクセル領域にあたる放射線の量、すなわち強度に基づいて出力信号をエンコードしている。この放射線強度は放射線の患者に対する透過に従って変化するため、出力信号に基づいて再構成した画像により従来の写真フィルム技法を通じて利用可能な患者組織の投影と同様な投影が提供される。

10

【 0 0 0 3 】

デジタル式X線イメージング・システムは、放射線医や診断担当医が要求する画像を再構成すると共に必要となるまでデジタル的に格納（すなわち、アーカイブ）しておくことが可能なデジタル・データを収集する能力があるため、特に有用である。従来のフィルムベースの放射線撮影技法では、放射線医が使用するためには、實際上、フィルムの準備、露出、現像、及び保存を行っていた。フィルムは、特に解剖学的細部を有効に捕捉できるため優秀な診断用ツールを提供してくれているが、フィルムは本来、撮影施設や撮影部門から担当医のいる様々な場所までの転送など、場所間での転送が困難である。一方、直接式デジタルX線システムで生成されるデジタル・データでは、処理及び強調、格納、ネットワークを介した転送、所望の任意の場所にあるモニタやその他のソフトコピー・ディスプレイ上に表示させることができる画像再構成での使用、が可能である。

20

【 0 0 0 4 】

離散ピクセル型のイメージング検出器、例えばデジタル式X線装置に用いられるイメージング検出器では、検出器の出力レベルがピクセル間でばらつくことは珍しいことではない。等しいレベルのX線照射を受けたピクセル間であっても、ばらつきが生ずる。このばらつきの原因は、検出器自体の感度が許容範囲をもつこと、さらに検出系で発生することがある様々な形態のノイズによるものである。同様の差違は、構造、並びに個々のピクセルに関連する回路の性能の標準的なばらつきに由来することがある。しかし、ある程度の標準的なばらつきであれば許容できるが、検出器からの出力にピクセル間で有意の差が出ることは望ましくない。

30

【 0 0 0 5 】

このピクセル間の出力のばらつきに関与すると考えられるものに、不活発ピクセル（すなわち、受けた放射線量が同じでも発生させる信号が他の領域より有意に低いピクセル領域）と過活発ピクセル（すなわち、受けた放射線量が同じでも発生させる出力レベルが他の領域より有意に高いピクセル領域）とがある。最終画像に誤った暗部アーチファクトや明部アーチファクトを生じさせるだけでなく、こうした不活発ピクセルや過活発ピクセルからのデータのため、画像に対して実行されるコントラスト調整や画像トーンの調整などの信号処理操作に悪影響を及ぼし、さらにダイナミック・レンジの検出誤りや画像強調の誤りを生ずる可能性がある。

40

【 0 0 0 6 】

半導体検出器のピクセルの欠陥は様々な原因により起こる。例えば、リーク電流が大きい、回路の開放、回路の短絡などのために、ピクセルはその位置に有意のレベルの放射線が照射されない場合でも出力を誤って発生させたり、ピクセルに放射線があたってもピクセルが発生させる信号のレベルが異常に低いことがある。したがって、検出器出力から生成される離散ピクセル画像のデータの誤りを避けるため、検出器ピクセルの潜在的な欠陥を

50

発見することができれば役に立つことになる。検出器のピクセル間で出力に有意の差が検出された場合には、これらのピクセルを欠陥ピクセルとして標識しておき、これらのピクセルがもたらす情報については特別な方法で処理、あるいは単に無視するなどの取り扱いをすることが有用となり得る。

【0007】

こうした状況において欠陥ピクセルにより残される情報欠落に対処するためには、様々な手法が提唱されている。例えば、ある種の処理技法では、再構成画像において欠陥ピクセル位置にあたる情報を単に無視するのではなく、その情報欠落を近傍にあるピクセルの平均値により埋め合わせることができる。しかし、こうした技法は画像データに対する統計学的な整合性（例えば、特徴的ノイズ）が保全されておらず、したがって、そのデータに

10

【0008】

したがって、ディジタル式イメージング・システム内の欠陥ピクセルやピクセル値の異常に起因する情報欠落に対処するための改良技法が必要である。特に、画像データ全体の統計的特性を変更することなしに有用な画像の作成を可能とするようなシステムが必要である。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本技法は、こうした必要に応じて設計された、ピクセル値置換に対する新規の手法を提供している。本技法は、ディジタル画像データを処理するように構成した新規のシステムまたはソフトウェア・パッケージで利用することができ、またさらに、画質を高めるように既存のシステムに対して後付けすることもできる。この手法により、検出器内または検出器データ処理モジュール内の1つまたは複数の欠陥ピクセル回路に起因することがあり得るような欠落したデータまたは異常なデータに対する値を提供できる。本技法はディジタル式X線イメージング・システムに特によく適合するが、異常なピクセル・データを認識することができ、かつ画像データのより意味のある組を提供する際に置換値が有用であるような広範な分野に適用することができる。

20

【0010】

本技法では、欠陥ピクセルに対する望ましい置換値を提供する際に、画像データの統計的性質を保全させている。一般に、欠落したピクセル・データまたは異常ピクセル・データに対する基本値は、例えば横列、縦列または近隣域内にある他のピクセルを基準として計算する。標準偏差の値など画像データの統計的特性が計算される。この統計的特性は、画像データまたは画像データの一部のノイズを反映することができる。統計的特性を保全している値を使用して基本値を補完し、これにより置換値の特性を保全することができる。

30

【0011】

【発明の実施の形態】

図1は離散ピクセル画像データを収集し処理するためのイメージング・システム10を図示したものである。図示した実施形態において、システム10は、本技法に従って原画像データを収集し、かつ表示のために画像データを処理するように設計したディジタルX線システムである。図1に示す実施形態では、イメージング・システム10は、コリメータ14に隣接して配置したX線放射源12を含む。コリメータ14により、放射線の流れ16が被検体（例えば、患者18）を配置した領域内を通過することができる。放射線20の一部分は、被検体内または被検体の周囲を透過してディジタル式X線検出器（全体を参照番号22で表す）にあたる。以下でより十分に説明するが、検出器22は、検出器表面で受け取ったX線フォトン、より低エネルギーのフォトンに変換し、さらに収集し処理して被検体内の特徴に関する画像を再構成させるための電気信号に変換している。

40

【0012】

線源12は、検査シーケンスのために電源信号と制御信号の両者を供給する電源/制御回

50

路 24 により制御される。さらに、検出器 22 は検出器制御装置 26 に結合されており、この検出器制御装置 26 は検出器で発生させた信号の収集を指令する。検出器制御装置 26 はまた、ダイナミックレンジの初期調整、デジタル画像データの挟み込み処理 (interleaving) などのために様々な信号処理及びフィルタ処理機能を実行することがある。電源 / 制御回路 24 と検出器制御装置 26 の両者はシステム制御装置 28 からの信号に応答する。一般に、システム制御装置 28 は、検査プロトコルを実行し、収集した画像データを処理するようにイメージング・システムの動作を指令する。この場合では、システム制御装置 28 はさらに、信号処理回路 (典型的には汎用または特定用途向けのデジタル・コンピュータに基づく)、コンピュータが実行するプログラム及びルーチンさらには構成パラメータ及び画像データを格納するための付属の記憶回路、インタフェース回路、並びにその他の回路を含んでいる。

10

【0013】

図 1 に示す実施形態では、システム制御装置 28 は、ディスプレイやプリンタ (参照番号 30 で示す) などの少なくとも 1 つの出力装置とリンクさせている。この出力装置は、標準または特殊用途のコンピュータ・モニタと、付属の処理回路とを含むことがある。さらに、システム・パラメータを出力する、検査を要求する、画像を観察するなどのために、システム内で 1 つまたは複数のオペレータ・ワークステーション 32 をリンクさせることもある。一般に、システム内で提供されるディスプレイ、プリンタ、ワークステーション及び同様の装置は、データ収集用構成要素の場所におく場合や、インターネット、仮想自家ネットワークなどの 1 つまたは複数の構成可能なネットワークを介して画像収集システムとリンクさせて、施設や病院内のどこかの場所、あるいは全く別の場所など、これらの構成要素から離れた場所におく場合もある。

20

【0014】

図 2 は、デジタル検出器 22 の機能構成要素を表した図である。図 2 にはさらに、典型的には検出器制御装置 26 内に構成されているイメージング検出器制御装置 (すなわち、IDC) 34 も示している。IDC 34 は、検出器からの検知信号の収集を指令するために、CPU またはデジタル信号処理装置、並びに記憶回路を含んでいる。IDC 34 は双方向光ファイバ導体を介して検出器 22 内の検出器制御回路 36 と結合している。これにより IDC 34 は、動作時に検出器内で画像データに関するコマンド信号をやり取りすることができる。

30

【0015】

検出器制御回路 36 は、電源 (全体を参照番号 38 で示す) から DC 電力を受け取る。検出器制御回路 36 は、システム動作のデータ収集フェーズの間に信号を伝達するために使用する横列及び縦列ドライバ向けにタイミング及び制御コマンドを発生させるように構成させる。したがって、回路 36 は、電力及び制御信号を基準 / 調節器回路 40 に伝達し、回路 40 からデジタル画像ピクセル・データを受け取っている。

【0016】

図示した目下のところ好ましい実施形態では、検出器 22 は、検査の間に検出器表面で受け取った X 線光子をより低エネルギーの (光の) フォトンに変換するシンチレータから構成されている。次いで、光検出器からなるアレイは、この光学フォトン、検出器表面の個々のピクセル領域にあたるフォトン数 (すなわち、放射線の強度) を表す電気信号に変換している。読み出し電子回路は得られたアナログ信号をデジタル値に変換し、このデジタル値が処理、格納され、画像の再構成に続いてディスプレイ 30 やワークステーション 32 などに表示される。本形態では、光検出器アレイは、ガラス基材上に堆積させたアモルファス・シリコンにより形成させる。このアレイの各素子は、その各々をフォトダイオード及び薄膜トランジスタから構成させて横列と縦列の形で配列させている。各ダイオードのカソードはトランジスタのソースに接続されており、すべてのダイオードのアノードは負のバイアス電圧に接続されている。各横列のトランジスタのゲートは互いに接続し、また横列電極は走査電子回路に接続している。縦列のトランジスタのドレインは互いに接続し、また各縦列の電極は読み出し電子回路に接続している。

40

50

【0017】

一例として、図2に示す具体的な実施形態では、横列バス42は、検出器の様々な縦列からの読み取りを可能すると共に、必要に応じて横列を無効にし選択した横列に電荷補償電圧を印加するための複数の導体を含んでいる。縦列バス44は、横列を順次有効にして行く間に縦列からの読み取りを指令するための追加の導体を含んでいる。横列バス42は、その各々が検出器内の一連の横列を有効にするように指令している一連の横列ドライバ46と結合させている。同様に、読み出し電子回路48は、検出器のすべての縦列の読み取りを指令するために縦列バス44と結合させている。

【0018】

図示した実施形態では、横列ドライバ46及び読み出し電子回路48は、複数のセクション52に細分することができる検出器パネル50と結合させている。各セクション52は、横列ドライバ46のうちの1つに結合させると共に、多数の横列を含んでいる。同様に、各縦列ドライバ48は一連の縦列と結合させている。したがって、上述したフォトダイオードと薄膜トランジスタの配置により、横列56と縦列58の形態に配列させた一連のピクセル(すなわち、離散画像要素)54が規定される。この横列及び縦列により、高さ62及び幅64を有する画像マトリックス60が規定される。

【0019】

さらに図2に示すように、各ピクセル54は、一般に、縦列電極68が横列電極70と交わる位置である横列と縦列の交点で規定される。上述したように、薄膜トランジスタ72は、フォトダイオード74の場合と同様に、各ピクセルに対する各交点位置に設けられる。横列ドライバ46により各横列を有効にすると、読み出し電子回路48を介して各フォトダイオードからの信号にアクセスし、これを後続の画像処理及び画像再構成のためにデジタル信号に変換することができる。

【0020】

図3は、図2で図示した構成要素の例示的な物理的配置の概要図である。図3に示すように、検出器は、以下に記載する構成要素をその上に配置させているガラス基材76を含むことがある。この基材上には縦列電極68及び横列電極70を設けており、上述した薄膜トランジスタ及びフォトダイオードを含むアモルファス・シリコンのフラットパネル・アレイ78が規定される。上述のようにして検査シーケンスの間に放射線を受け取るために、このアモルファス・シリコンアレイを覆うようにシンチレータ80を設けている。縦列及び横列の電極に出入りする信号を伝達するように接触フィンガ82を形成させており、また接触フィンガと外部回路の間で信号を伝達するために接触リード84を設けている。

【0021】

上述したX線システムなどのデジタル式イメージング・システムでは、あるピクセル位置において収集した情報が異常である、すなわち欠陥があると判明することがある。例えば、検出器が受け取ったフォトンを検知するために使用する回路は、製造後初期に欠陥となることや、時間を経るに連れて欠陥となることがあり、これにより画像マトリックス内の他の値と比較して一貫性のない高い値または一貫性のない低い値を生成することがある。こうした欠陥ピクセルを発見するためには多くの手法が提案されており、かつ現在利用可能である。例えば、既知の放射線レベルを検出器に導いてピクセル値を読み出すような構成用または較正用の照射を行うことがある。様々な照射レベルを基準とした1回または複数回の照射において、統計学的限界を超える出力値を提供するようなピクセルに対して欠陥があると標識付けすることができる。ある種のケースでは、こうしたピクセルは画像マトリックス内でまとまっている場合や、あるいは特定の位置または特定の横列や縦列に沿ってグループとなっている場合もある。本技法は、異常値を生成していると判定されたこうしたピクセルに対する置換値を提供するために利用される。

【0022】

図4は、デジタルX線システムでの実施に関連して上述したような画像マトリックスの一部分の図である。図4に示すように、ピクセル近隣域86は、画像マトリックスの一部分を構成していると共に、一連の横列88及び縦列90にわたって広がっている。図4の

10

20

30

40

50

図示では、矢印 8 8 と概して平行に延びている個々の横列はベース i に対する関係に基づいて指定しており、一方、縦列 9 0 と平行に延びている縦列はベース位置 j に対する関係により表している。欠陥ピクセル 9 2 は、座標 (i, j) に対応する位置である近隣域 8 6 の中心に位置させている。この場合も、欠陥ピクセル 9 2 は、実際に、欠陥データを生成する回路を含んでいるか、あるいは欠陥がある回路（例えば、読み出し用回路）に結合することがある。しかし、いずれの場合でも、ピクセルは置換値が要求されるような異常データを生成していると判定される。

【0023】

近隣域 8 6 内では、欠陥ピクセル 9 2 は近傍ピクセル 9 4 に取り囲まれている。図 4 で示している表記法では、これらのピクセルは、不良ピクセルの座標（すなわち、 (i, j) ）との位置関係により特定される。図 4 に示す例では、単一の不良ピクセル 9 2 が特定されていることに留意すべきである。しかし、ある種の状況では、局在グループを形成している一連のピクセル、あるいは検出器の特定の横列または縦列に沿って広がっている一連のピクセルを欠陥があると判定している。横列または縦列が不良である場合では、ピクセル内の欠陥が、事実上、ピクセル回路を上述した読み出し用やデータ処理用の構成要素とリンクさせるのに使用する読み出し回路や有効化回路の欠陥と結びついていることがある。

【0024】

従来から知られている技法でも図 4 のピクセル 9 2 などのピクセル値に対する置換を提供できるが、これらの技法では、典型的には、図 4 のピクセル 9 2 を取り囲んでいる横列（ $i - 1, j$ ）及び（ $i + 1, j$ ）のピクセルなど近傍にあるピクセルの単純な平均化に依っている。同様の手法では、図 4 のピクセル（ $i, j - 1$ ）及び（ $i, j + 1$ ）を基準にするなど横列に沿った値を平均することもある。しかし、こうした手法では画像データ全体の統計的特性が保全されないことが分かっている。具体的には、ピクセル置換値が同じ統計学的特性をもたないため、フィルタ処理、構造判定、画像強調などのその後の画像処理に歪みが生じたり、不正確となったり、最適でなくなったりすることがある。周辺のピクセル同士での補間などの別の手法でも同様の欠点が生じる。これらの欠点は、最終的には、最終の再構成画像内でのアーチファクトにつながる。例えば、置換値の統計的特性が保全されていない場合、こうした置換値を含んでいるフラット・フィールド画像は、周辺のピクセルと比べてより小さい（置換値が 2 つのピクセルの平均に基づく場合では 2 の平方根の比率だけ小さい）ノイズ成分を有することになることが知られている。こうしたアーチファクトは静止画像の場合と画像を順次観察する場合のいずれにおいても顕著となることがある。繰り返しになるが、こうしたアーチファクトはさらに、画像データに対して実施する定量解析にも悪影響を及ぼす。

【0025】

本技法は、こうしたアーチファクトの発生率を低下させると共に全体的な画質を向上させるために開発したものである。ピクセル置換基本値に対して無作為の値を付加することにより、画像データの統計的特性を維持することができることが知られている。具体的には、本実施において、無作為の値は、置換ピクセル値の統計的特性がその近隣値の特性、規定した近隣域や画像の一部の特性、あるいは画像全体の特性と同じにするようにゼロの平均値と標準偏差とを有している。

【0026】

一例として、ピクセル値を図 4 に示すような縦列に沿って置換する際に、所望の置換値を変数 $image(i, j)$ により示している場合、その置換値は次の関係式により決定することができる。

【0027】

$$image(i, j) = 0.5 (image(i, j - 1) + image(i, j + 1)) + RN$$

上式において、 $image(i, j - 1)$ と $image(i, j + 1)$ の値は近傍にある欠陥がないピクセルに関する値であり、 RN は、平均値がゼロであると共に周辺ピクセル

10

20

30

40

50

値の標準偏差を2の平方根で除した値に等しい標準偏差をもっている無作為の数である。

【0028】

この具体的な実施形態は、置換基本値を画像データの統計的特性と一致させるように値RNで補完させて平均値を決定するために、i番目の縦列に沿った近傍ピクセルを利用していることに留意すべきである。しかし、計算の際には、横列内で近傍にあるピクセル値からなる近隣域や、横列と縦列の拡張近隣域（例えば、図4に示すような3×3の近隣域）範囲内にある近傍ピクセル値を含め別の近隣域を使用することもできる。RNの値は、図4に示すタイプの3×3の近隣域での標準偏差など、画像の任意の対応部分の標準偏差に基づいて生成されることにも留意すべきである。別法として、置換値の統計的特性の成分を生成するためには、画像の選択した区画内または画像全体内の標準偏差を利用することもできる。またさらに、画像データに対して解析を実施する場合、例えば、構造上の特徴、バックグラウンドその他に関する標準偏差値など、こうした解析から導かれる標準偏差の値を利用することができる。最後に、RNの値を生成するための上述の検討における2の平方根による割り算は、2つの値を使用して置換のための基本値を生成させることに基づいている。この計算の際に3つ以上のピクセル値を使用する場合には、その整数値の対応する平方根が使用される。

10

【0029】

所望であれば、置換値を生成するために別の基本値を使用することもできる。実際に、置換値の統計的特性成分を導き出すためには受容可能な多くの手法を使用することができる。例えば、単一画像内の別のピクセルの統計的特性を基準とするのではなく、一連の画像に及ぶピクセルの値を用いて、RNの値の決定に使用するためのノイズの統計的特性を決定することができる。同様に、同じピクセルの値（例えば、間欠的に異常な値を発生させているピクセルの値）を用いてその統計的特性値を決定することができる。最後に、基本値と共に使用する統計的特性値は、計算済み基本値（例えば、ルックアップ・テーブルや同様の方法により実現されるような基本値）を参照するなど、校正用データベースや知識データベースからの同じピクセルあるいは別のピクセルに対するノイズ予測値または期待値に関する知見に基づくことができる。

20

【0030】

欠陥ピクセルの置換値を生成するための上述の方法を図5の流れ図で要約している。参照番号96で示す処理ロジックは、ステップ98で示す異常ピクセルすなわち不良ピクセルの特定で開始される。上で指摘したように、この特定は、校正またはテストのシーケンスや照射においてピクセルからサンプリングした値を解析するなど、適当な任意の方法により進められる。異常なピクセルの位置を特定した後、ステップ100において従来のように照射を行う。照射により得られるピクセルの値は、上述したようにしてステップ102において収集される。

30

【0031】

画像強調及びフィルタ処理技法の前に、異常なピクセルに対する置換値を計算しておくことが好ましい。したがって、図5では、ステップ104において上述した関係式の基本項または平均項を所望の近隣域に基づいて計算している。平均値の計算に使用する具体的な値は、異常なピクセル（または異常な複数のピクセル）が出現するパターンの関数とすることがあることに留意すべきである。例えば、横列全体に欠陥があると判定された場合、横列のピクセルに対する平均項は、近傍にある横列または拡張した近隣域を基準とすることによって、さらに適格に特定できる。次に、ステップ106において、その基本値を画像データの統計的特性に合わせるように修正するために使用するRNの値に対応した「ノイズ」または統計的特性の項を計算する。得られた平均項及びノイズ項に基づいて、ステップ108において置換ピクセル値が生成される。一方、以降の処理は従来 방식으로進めることができる。

40

【0032】

上で指摘したように、ステップ106におけるノイズ項の計算は、ステップ110における標準偏差値の計算及びステップ111における無作為値項の選択を含むような一連のサ

50

ブルーチンを含むことができる。上で指摘したように、ステップ 110 で計算した標準偏差項は局所的ピクセル近隣域、拡張した近隣域、あるいは画像データの所望の任意の論理的細区画に基づくことがある。さらに、ステップ 111 での無作為値項の選択は、RN の値に対して、ステップ 110 で計算したのと同じ標準偏差を有しながらゼロの平均値を提供するように実行される。

【0033】

上で指摘したように、統計的特性値は、一連の画像内の別のピクセルの値から、一連の画像内での同じピクセルの値から、計算済み基本値を参照するなど較正用データベースや知識データベースからの同じピクセルあるいは別のピクセルに対するノイズ予測値または期待値に関する知見から、導き出すことができる。

10

【0034】

本発明は様々な修正形態や代替形態とする余地があるが、具体的な実施形態を、一例として、図面に示すと共に本明細書に詳細に記載してきた。しかし、本発明を、開示した特定の形態に限定しようとする意図ではないことを理解されたい。むしろ、本発明は、特許請求の範囲で規定した本発明の精神及び範囲に属するすべての修正形態、等価形態、代替形態に及ぶものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本技法を組み込んだデジタル式 X 線イメージング・システムの概要図である。

【図 2】再構成用の画像データを作成するように図 1 のシステムの検出器内で画像データを生成するための幾つかの例示的機能回路の図である。

20

【図 3】画像データを生成するための例示的な検出器構造を表した部分断面図である。

【図 4】欠陥ピクセル位置が近傍にあるピクセルにより取り囲まれるように示した、図 1 ~ 3 で示したタイプのシステムにおいて画像の生成及び再構成に使用するタイプの画像マトリックスの一部分に関するより詳細な図である。

【図 5】異常なピクセル・データすなわち欠陥ピクセル・データに対する置換値を生成するための例示的な制御ロジックの流れ図である。

【符号の説明】

- 10 イメージング・システム
- 12 X 線放射源
- 14 コリメータ
- 16 放射線の流れ
- 18 被検体、患者
- 20 放射線
- 22 デジタル式 X 線検出器
- 22 検出器
- 24 電源 / 制御回路
- 26 検出器制御装置
- 28 システム制御装置
- 30 ディスプレイ、プリンタ
- 32 オペレータ・ワークステーション
- 34 イメージング検出器制御装置 (I D C)
- 36 検出器制御回路
- 38 電源
- 40 基準 / 調節器回路
- 42 横列バス
- 44 縦列バス
- 46 横列ドライバ
- 48 縦列ドライバ、読み出し電子回路
- 50 検出器パネル
- 52 セクション

30

40

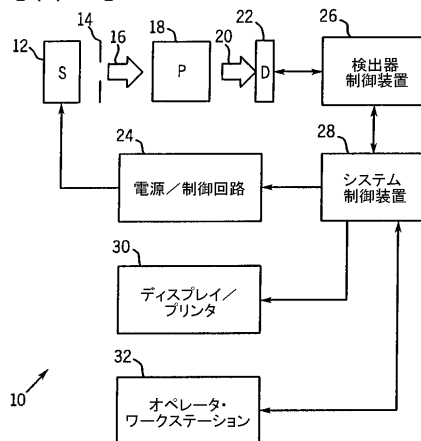
50

- 5 4 ピクセル
- 5 6 横列
- 5 8 縦列
- 6 0 画像マトリックス
- 6 2 高さ
- 6 4 幅
- 6 8 縦列電極
- 7 0 横列電極
- 7 2 薄膜トランジスタ
- 7 4 フォトダイオード
- 7 6 ガラス基材
- 7 8 フラットパネル・アレイ
- 8 0 シンチレータ
- 8 2 接触フィンガ
- 8 4 接触リード
- 8 6 ピクセル近隣域
- 8 8 横列
- 9 0 縦列
- 9 2 欠陥ピクセル
- 9 4 近傍ピクセル

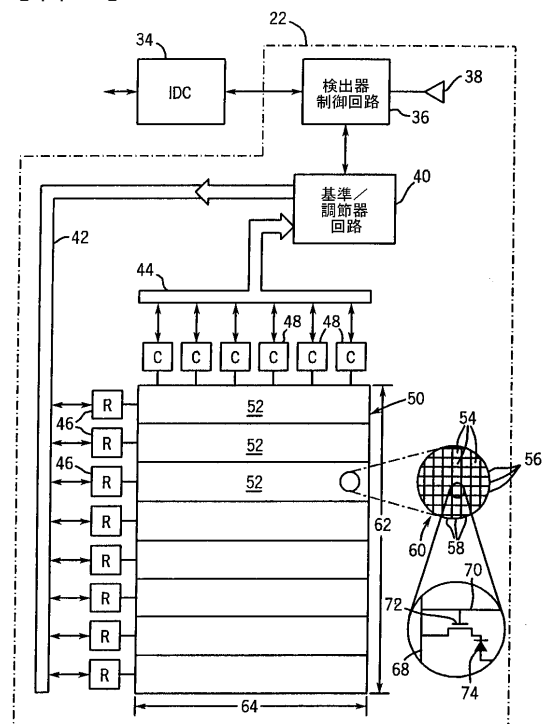
10

20

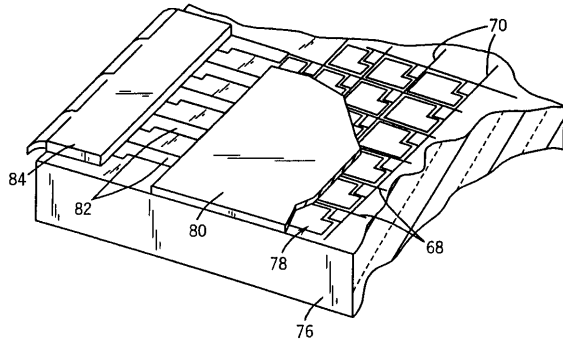
【図 1】



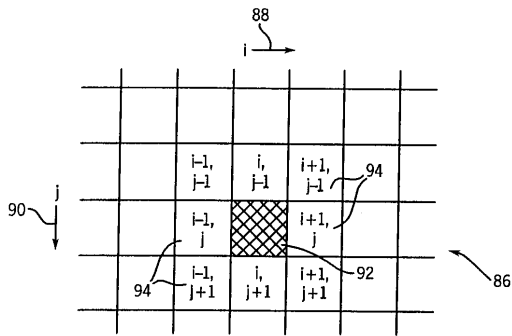
【図 2】



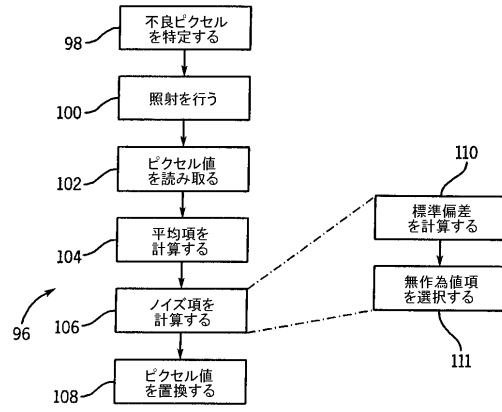
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 ゲルハルト・エイチ・ブランスト
アメリカ合衆国、カリフォルニア州、サニーベイル、カナリー・ドライブ、1675番

審査官 内田 勝久

(56)参考文献 特表2003-515376(JP,A)
特開昭62-043990(JP,A)
特開平11-205687(JP,A)
特開平10-233943(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04N 5/30 ~ 5/335
H04N 5/222 ~ 5/257