

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6254813号
(P6254813)

(45) 発行日 平成29年12月27日(2017.12.27)

(24) 登録日 平成29年12月8日(2017.12.8)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 6/00 (2006.01)
G 0 6 T 1/00 (2006.01)A 6 1 B 6/00 3 5 0 M
G 0 6 T 1/00 2 9 0 A

請求項の数 20 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2013-213224 (P2013-213224)
 (22) 出願日 平成25年10月10日 (2013.10.10)
 (65) 公開番号 特開2015-73800 (P2015-73800A)
 (43) 公開日 平成27年4月20日 (2015.4.20)
 審査請求日 平成28年9月21日 (2016.9.21)

(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】 X線画像処理装置および方法、並びにX線撮像装置、プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

X線センサにより連続して得られるフレームを画像処理するX線画像処理装置であって、

前記連続して得られるフレームの各々に対し、第1の領域と前記第1の領域とは異なる第2の領域の画素の値に基づいて第1の解析値と第2の解析値を得る解析手段と、

前記連続して得られるフレームの前記第1の解析値と前記第2の解析値の時間変動を示す統計量を第1の統計量と第2の統計量として算出する算出手段と、

前記第1の統計量と前記第2の統計量に基づいて、前記第1の解析値の時間変動を補正するか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段により補正すると判定された場合に、前記第1の統計量に基づいて前記第1の解析値の時間変動を抑制する補正手段と、を備えることを特徴とするX線画像処理装置。

【請求項 2】

前記判定手段は、前記第2の統計量に基づいてX線の線量が安定していると判定された場合に、前記第1の統計量と前記第2の統計量に基づいて前記第1の解析値を補正するか否かを判定することを特徴とする請求項1に記載のX線画像処理装置。

【請求項 3】

前記解析手段は、前記フレームの被写体領域を解析して前記第1の解析値を取得し、前記フレームの所定位置における所定サイズの領域を解析して前記第2の解析値を得ること

を特徴とする請求項1または2に記載のX線画像処理装置。

【請求項4】

前記判定手段は、前記第1の統計量と前記第2の統計量の比が閾値を超える場合に、前記第1の解析値の補正が必要であると判定することを特徴とする請求項1または2に記載のX線画像処理装置。

【請求項5】

前記補正手段は、前記比が前記閾値と等しくなるように前記第1の解析値を補正することを特徴とする請求項4に記載のX線画像処理装置。

【請求項6】

前記補正手段は、前記比が前記閾値に最も近づくように前記第1の解析値を補正することを特徴とする請求項4に記載のX線画像処理装置。

10

【請求項7】

前記算出手段は、前記第1の解析値と第2の解析値の分散または標準偏差を前記統計量として算出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X線画像処理装置。

【請求項8】

前記算出手段は、過去のフレームの解析値のうち、前記判定手段により補正が必要と判定された解析値を除外して前記統計量の算出を行う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X線画像処理装置。

【請求項9】

20

前記補正手段は、前記比を前記閾値と等しくするように得られた複数の解析値のうち、補正前の前記第1の解析値との差が最も小さい解析値を補正後の前記第1の解析値として出力することを特徴とする請求項5に記載のX線画像処理装置。

【請求項10】

過去の複数のフレームから得られた前記第1の解析値から、予測解析値を取得する予測手段を更に備え、

前記補正手段は、前記比を前記閾値と等しくするように得られた複数の解析値のうち、前記予測手段が予測した解析値との差が最も小さい解析値を補正後の前記第1の解析値として出力することを特徴とする請求項4に記載のX線画像処理装置。

【請求項11】

30

前記補正手段は、前記比を前記閾値と等しくするように得られた複数の解析値のうち、前記第1の解析値の時間方向の微分値の符号と前記第2の解析値の時間方向の微分値の符号とを一致させる解析値を補正後の前記第1の解析値として選択することを特徴とする請求項4に記載のX線画像処理装置。

【請求項12】

前記補正手段は、前記比を前記閾値と等しくするように得られた複数の解析値のうち、前記第1の解析値の時間方向の微分値と前記第2の解析値の時間方向の微分値との差が最も小さくなる解析値を補正後の前記第1の解析値として選択することを特徴とする請求項11に記載のX線画像処理装置。

【請求項13】

40

過去の所定数のフレームにおける前記第1の解析値を保持する保持手段と、

前記所定数のフレームの前記第1の解析値の時間方向の統計量に基づいて、現在のフレームで前記第1の解析値の取得に失敗したことを確認する確認手段と、を更に備え、

前記補正手段は、前記確認手段により現在のフレームで前記第1の解析値の取得に失敗したことを確認できない場合に、前記第1の解析値の補正を禁止することを特徴とする請求項1乃至12のいずれか1項に記載のX線画像処理装置。

【請求項14】

前記保持手段は、

保持されている最も古いフレームに対応する第1の解析値を破棄して新たに計算された前記第1の解析値を保持し、

50

前記補正手段による補正が必要とされた第1の解析値を保持しないことを特徴とする請求項13に記載のX線画像処理装置。

【請求項15】

前記保持手段は、最も古い第1の解析値に対応するフレームと現在のフレームとの間のフレーム数が所定フレーム数を超える場合は、該現在のフレームの第1の解析値を、補正が必要であったか否かに関わらず保持することを特徴とする請求項14に記載のX線画像処理装置。

【請求項16】

X線センサにより連続して得られるフレームを画像処理するX線画像処理装置であって、

10

前記連続して得られるフレームの各々に対し、第1の領域と前記第1の領域とは異なる第2の領域の画素の値に基づいて第1の解析値と第2の解析値を得る解析手段と、

前記連続して得られるフレームの前記第1の解析値と前記第2の解析値の時間変動を示す統計量を第1の統計量と第2の統計量として算出する算出手段と、

前記第1の統計量と前記第2の統計量に基づいて、前記第1の解析値の時間変動を補正するか否かを判定する判定手段と、を備えることを特徴とするX線画像処理装置。

【請求項17】

X線センサにより連続して得られるフレームを画像処理するX線画像処理方法であって、

20

前記連続して得られるフレームの各々に対し、第1の領域と前記第1の領域とは異なる第2の領域の画素の値に基づいて第1の解析値と第2の解析値を得る解析工程と、

前記連続して得られるフレームの前記第1の解析値と前記第2の解析値の時間変動を示す統計量を第1の統計量と第2の統計量として算出する算出工程と、

前記第1の統計量と前記第2の統計量に基づいて、前記第1の解析値の時間変動を補正するか否かを判定する判定工程と、

前記判定工程で補正すると判定された場合に、前記第1の統計量に基づいて前記第1の解析値の時間変動を抑制する補正工程と、を有することを特徴とするX線画像処理方法。

【請求項18】

X線センサにより連続して得られるフレームを画像処理するX線画像処理方法であって、

30

前記連続して得られるフレームの各々に対し、第1の領域と前記第1の領域とは異なる第2の領域の画素の値に基づいて第1の解析値と第2の解析値を得る解析工程と、

前記連続して得られるフレームの前記第1の解析値と前記第2の解析値の時間変動を示す統計量を第1の統計量と第2の統計量として算出する算出工程と、

前記第1の統計量と前記第2の統計量に基づいて、前記第1の解析値の時間変動を補正するか否かを判定する判定工程と、を有することを特徴とするX線画像処理方法。

【請求項19】

コンピュータに、請求項17または18に記載のX線画像処理方法の各工程を実行させるためのプログラム。

【請求項20】

40

請求項1乃至16のいずれか1項に記載されたX線画像処理装置と、

X線量に応じた電気信号を出力する前記X線センサと、

X線を発生するX線発生装置と、を備えることを特徴とするX線撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、X線画像を階調処理をするX線画像処理装置および方法、並びにX線撮像装置、プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

50

一般に、X線透視システムは、センサから出力されるX線画像の一定画質を保持するため、センサに到達しているX線の線量を監視し、その値が一定になるように入射線量を制御する。センサへの到達線量が少なければ入射線量を多くする命令が、センサへの到達線量が多ければ入射線量を少なくする命令が発行され、X線照射量が制御される。本明細書ではこのような線量の制御を自動線量制御（以下、ADC）と称する。

【0003】

X線画像の連続撮影によって同じ被写体を透視し続ける場合、ADCによってX線照射量を最適化した後は、一定の線量で透視しつづけることになる。このような状態を「ADCが安定した」という。ADCが安定している状態ではユーザが観察するX線画像の階調は変化することなく、輝度のふらつきのない画像が表示されることになる。

10

【0004】

しかしながら、X線発生装置は完全に一定の線量を出力することはできないため、ある程度のふらつきをもった出力になるのが一般的である。その結果、同じ被写体を透視し続けているのにも関わらず、ユーザが観察するX線画像に輝度のふらつきが発生してしまうことがある。そのためADCによって最適化されて得られた画像に対して、さらに画像処理を施すことによってX線画像を最適化し、輝度のふらつきを抑制することが行われている。たとえば、入力された画像を解析して、関心領域が常に一定の輝度値になるように階調変換カーブを作成し、作成された階調変換カーブを用いて画像を処理した結果が最終画像として出力される。

【0005】

ところで、X線発生装置のふらつきを抑えた最適な階調変換カーブを生成するには、X線画像がどのような状態であるか画像解析をする必要がある。このような画像解析では、X線画像内のコリメーション領域や、素抜け領域（X線が直接入射される領域）を抽出することにより被写体領域を抽出し、抽出した被写体領域が最適な階調になるための解析値を算出する。そして、このような解析の精度を高めることで、より最適な最終画像を出力することができる。

20

【0006】

しかしながら、解析の精度を高めれば高めるほど処理が困難になるため、画像解析が失敗する確率が高くなる。画像解析が失敗すると、最適な階調変換カーブを得ることができないため、輝度が不適切な画像が output される。同じ被写体を透視し続けている場合、画像解析に失敗したフレームは輝度が不適切な状態になるため、ユーザにはフリッカが発生したように感じられてしまう。

30

【0007】

そのようなフリッカの影響を補正する方法として、画像解析によって算出された解析値を時間軸方向で平滑化することで失敗した解析値の影響を低減する方法が挙げられる（特許文献1）。また別の方法として、画像を解析して解析値を算出し、この解析値と時間軸方向で平滑化した解析値との差分値を解析値に加算する方法がある（特許文献2）。時間方向の平滑化から安定するための値を算出し、その値に合わせ込むことでフリッカを取り除いている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平1-212983号公報

【特許文献2】特開2009-33293号公報

【特許文献3】特公平05-049143号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

特許文献1の方法では、平滑化によりフリッカの影響を低減することはできるが、失敗量が大きい場合は低減効果が弱くなり、フリッカが発生してしまう。特許文献2の方法に

50

おいても、X線発生装置のふらつきがあるため解析値もふらつくことになる。また、画像解析が失敗と判断された値に対し平均値を補正值として使用すると、X線発生装置のふらつきが考慮できなくなり、逆に輝度がふらついてしまう。

【0010】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、X線の照射量にふらつきが生じても効果的にフリッカを抑制可能にすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の目的を達成するための本発明の一態様によるX線画像処理装置は以下の構成を備える。すなわち、

X線センサにより連続して得られるフレームを画像処理するX線画像処理装置であって、

前記連続して得られるフレームの各々に対し、第1の領域と前記第1の領域とは異なる第2の領域の画素の値に基づいて第1の解析値と第2の解析値を得る解析手段と、

前記連続して得られるフレームの前記第1の解析値と前記第2の解析値の時間変動を示す統計量を第1の統計量と第2の統計量として算出する算出手段と、

前記第1の統計量と前記第2の統計量に基づいて、前記第1の解析値の時間変動を補正するか否かを判定する判定手段と、

前記判定手段により補正すると判定された場合に、前記第1の統計量に基づいて前記第1の解析値の時間変動を抑制する補正手段と、を備える。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、X線の照射量にふらつきが生じても効果的にフリッカを抑制することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施形態によるX線画像処理装置の機能構成例を示すブロック図。

【図2】X線画像処理装置のハードウェア構成例を示すブロック図。

【図3】階調処理のための解析値の取得処理を示すフローチャート。

【図4】解析値保存を説明する図。

【図5】第四実施形態によるX線画像処理装置の機能構成例を示すブロック図。

【図6】解の選択手順を説明するフローチャート。

【図7】第四実施形態の、階調処理のための解析値の取得処理を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、添付の図面を参照して本発明の好適な実施形態の例を説明する。

【0015】

<第一実施形態>

第一実施形態によるX線撮像装置におけるX線画像処理方法を実現するための機能構成例を図1に示す。本実施形態のX線画像処理方法は、解析部101、線量状態判定部102、統計量算出部103、解析値比較部104、解析値補正部105、階調処理部106を有するX線画像処理装置により実現される。

【0016】

解析部101は、X線センサにて取得されたX線画像に所定の前処理を施した画像（以下、前処理済み画像）を入力とし、階調処理で利用するための解析値を出力する。前処理とは、オフセット補正、ゲイン補正、欠陥補正などのセンサの特性を補正する処理であり、周辺画素との相関関係が保たれている状態にする処理である。線量状態判定部102は、解析部101から出力された解析値を入力とし、ADCが安定しているか否かの判定結果を出力する。統計量算出部103は、解析部101からの解析値と、線量状態判定部102からの判定結果を入力とし、解析値の時間方向の統計量を計算する。解析値比較部104

10

20

30

40

50

04は、統計量算出部103で算出された時間方向の統計量を入力とし、解析値が適切な値であるか否かを判定する。解析値補正部105は、解析値比較部104により解析値が適切な値ではないと判定された場合に、解析値を適切な値に補正した結果を出力する。階調処理部106は、解析部101から出力された解析値または解析値補正部105から出力された補正された解析値のいずれかを用いて前処理済み画像を階調処理する。なお、階調処理部106は、補正後の解析値を用いるか否かを解析値比較部104の判定結果に基づいて決定する。

【0017】

図1の構成を、コンピュータ等の情報処理装置（以下、コントロールPCという）を使って実現する場合、そのハードウェア構成例は図2のようになる。コントロールPC201とX線検出パネルであるX線センサ202、X線発生装置210がギガビットイーサ222でつながっている。なお、信号線はギガビットイーサに限られるものではなく、CAN（Controller Area Network）や光ファイバーなどであってもよい。X線センサ202はX線量に応じた電気信号を出力し、出力された電気信号は、たとえばX線画像として外部記憶部211に格納される。

【0018】

ギガビットイーサ222には、外部表示部209、外部記憶部211、ネットワークインターフェース部212が接続されている。コントロールPC201には例えば、バス221に対して、CPU（中央演算装置）203、RAM（Random Access Memory）204、ROM（Read OnlyMemory）205、入力部206、表示部207、記憶部208が接続される。このコントロールPC201を介して、X線センサ202や外部表示部209などにコマンドを送る。コントロールPC201では、撮影モードごとの処理内容がソフトウェアモジュールとして記憶部208に格納され、そのソフトウェアモジュールがRAM204に読み込まれ、CPU203により実行される。図1に示した各構成は、ソフトウェアモジュールとして記憶部208に格納されている。もちろん図1に示した各構成を専用の画像処理ボードとして実装してもよく、目的に応じて最適な実装を行うようにすればよい。以下、第一実施形態によるX線画像処理方法の詳細について説明する。

【0019】

本実施形態では、X線撮像装置としてX線透視システムを例示する。図1の構成図と図3のフローチャートを参照して、第一実施形態によるX線透視システムにおけるX線画像処理を説明する。本実施形態のX線画像処理では、X線センサ202より連続して得られるフレーム（前処理済みのX線画像）を画像処理（本実施形態では階調処理）する。解析部101は連続して得られるフレームの各々を解析して、後述の解析値1や解析値2を含む複数の解析値を出力する。なお、前処理済みの画像は、たとえば、外部記憶部211に格納されており、解析部101や階調処理部106により読み出されるものとする。

【0020】

本実施形態の解析部101は、1つのフレームの異なる領域について解析処理を行うことにより解析値1と解析値2を算出する。まず、解析部101は、前処理済み画像から被写体領域の画素値を代表する値を解析値1として出力する（ステップ301）。被写体領域の抽出には種々の方法があり、公知のいかなる手法が用いられてもよい。たとえば、画像からコリメーション領域と素抜け領域を抽出することにより被写体領域を抽出することができる。

【0021】

コリメーション領域の抽出には、例えば特許文献3に記載された方法がある。この方法では、矩形照射野の輪郭の隣り合う2辺に沿ってX軸とY軸を設定し、画像データを設定したX軸方向およびY軸方向に加算集計する。ここで、照射野内の加算集計データはX線が殆ど照射されない照射野外に比べ高くなる。よって、X軸方向の加算集計データが所定の閾値TH以上となるY軸上の位置と、Y軸方向の加算集計データが所定の閾値TH以上となるX軸上の位置を算出する。そして、算出したY軸上の位置にあるX軸方向の直線と、X軸上の位置にあるY軸方向の直線で囲まれる矩形領域をコリメーション領域とする。

10

20

30

40

50

【0022】

また、素抜け領域とは照射されたX線が被写体を通過せず、直接センサに到達した領域のことである。例えば画像ヒストグラムを算出すると、素抜け領域は高画素値領域に集中する。そのためヒストグラムレンジの高画素値側から数%を除去することで、素抜け領域を抽出・除去することができる。なお、コリメーション領域や素抜け領域の抽出方法はこれらに限定されるものではない。

【0023】

以上のようにして得られたコリメーション領域と素抜け領域をX線画像から取り除いた残りの領域が被写体領域となる。被写体領域を代表する値としては、例えば被写体領域の平均値や中間値等を利用することができる。算出された解析値1はたとえば外部記憶部211に保存される。なお、解析部101の処理対象となる画像を前処理済み画像としているが、前処理の他にLog変換、強調処理、ノイズ抑制処理などの処理を施した後の画像を入力としてもよい。

10

【0024】

次に、解析部101は、前処理済み画像からADCに使用される解析値2を算出する(ステップ302)。ADCに利用される解析値は、解析失敗のリスクを抑えるために、解析値1に比べて単純な方法で算出される。例えば、前処理済み画像の所定位置における所定サイズの領域の代表値を用いる。本実施形態では、前処理済み画像の中心における数インチ四方の領域の平均値を解析値2として算出する。算出された解析値1や解析値2は、たとえばフレーム番号と対応付けられて外部記憶部211に保存される。

20

【0025】

次に、線量状態判定部102は、連続して得られるフレームの解析値2について時間方向の統計量を算出し、X線の線量が安定しているか否かを判断する。より具体的には、線量状態判定部102は、現在のフレーム(以下、現フレーム)の解析値2と、過去のフレームで算出された解析値2を外部記憶部211から入力し、これら解析値を統計処理する。この統計処理により得られる統計量に基づいてADCが安定であるか不安定であるかが判定される(ステップ303、304)。ここで統計量としては、解析値2の分散または標準偏差を用いることができる。ADCが働くときは、解析値2が変動するタイミングとなるため、解析値2の変動量を計算し、閾値処理を行う。解析値2の値を $R_2(t)$ とし、tはフレーム番号とし、変動量を表す指標として分散 $V_2(t)$ を以下の数1のように算出する。なお、 n_2 は時間方向のサンプリング数を表す。

30

【数1】

$$V_2(t) = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{k=0}^{n_2-1} (R_2(t-k) - \bar{R}_2)^2$$

$$\bar{R}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{k=0}^{n_2-1} R_2(t-k)$$

【0026】

40

分散 $V_2(t)$ の値が閾値を超えない場合、X線制御が行われていないと判断し、ADCが安定であると判断する。ADCが不安定であると判定された場合は、解析値1が成功しているか失敗しているかを判定するのは困難であるため、解析値1の補正をしない。すなわち、階調処理部106は、補正されていない解析値1を階調処理に用いて前処理済み画像の階調処理を行う(ステップ305)。

【0027】

他方、ADCが安定であると判定された場合は、統計量算出部103と解析値比較部104により解析値1の補正処理を実行するか否かを判定する。この判定のために、統計量算出部103は、連続して得られるフレームの解析値1の時間方向の統計量を算出する。すなわち、統計量算出部103は現フレームでの解析値1と、過去のフレームで算出され

50

た解析値 1 の結果を外部記憶部 211 から読み出し、現フレームでの解析値 1 が成功しているか失敗しているかを判定するための統計量を算出する（ステップ 306）。この統計量には、解析値 2 の場合と同様に分散や標準偏差を用いることができ、本実施形態では、統計量として解析値 1 の時間方向の分散 $V_1(t)$ が数 2 を用いて算出される。なお、数 2 において、解析値 1 の値を $R_1(t)$ とし、t はフレーム番号、 n_1 は時間方向のサンプリング数を表す。

【数 2】

$$V_1(t) = \frac{1}{n_1 - 1} \sum_{k=0}^{n_1-1} (R_1(t-k) - \bar{R}_1)^2$$

10

$$\bar{R}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{k=0}^{n_1-1} R_1(t-k)$$

【0028】

次に、解析値比較部 104 が解析値 1 の分散 $V_1(t)$ と解析値 2 の分散 $V_2(t)$ とを入力とし、解析値 1 が失敗しているかを判断する（ステップ 307、308）。解析値比較部 104 は、この判断のために $V_1(t)$ を $V_2(t)$ で割った分散比を算出し、算出された比を閾値と比較する。ADC が安定している状態でかつ解析値 1 が失敗していないければ、分散 $V_1(t)$ と $V_2(t)$ はほぼ同じ値になるはずである。したがって分散比が閾値以下であるときは、解析値 1 は正しいと判断される。解析値 1 が正しいと判断されると、階調処理部 106 は解析値 1 を補正せずに用いて、前処理済み画像の階調処理を行う（ステップ 305）。

20

【0029】

ステップ 308 の比較の結果、解析値 1 が失敗である（解析値 1 の取得に失敗している）と判断された場合に、ステップ 310 による解析値 1 の補正を実行することも考えられる。しかしながら、サンプリングされた解析値 1 の中でどの解析値が失敗した解析値であるかは判らないため、単純にステップ 308 の結果に応じて解析値 1 を補正すると、補正する必要の無い解析値 1 を補正してしまう可能性がある。そこで本実施形態では、過去の所定数のフレームを参照することにより現フレームの解析値 1 の取得に失敗したかどうかを確認する（ステップ 309）。この確認処理により、現フレームの解析値 1 に対する補正の実行要否をより正確に判定することができる。なお、ステップ 309 で現フレームの解析値 1 の失敗を確認できなかった場合は、解析値 1 の補正是禁止され、当該解析値 1 がそのまま用いられる。以下、本実施形態の確認処理について説明する。

30

【0030】

ADC が安定している状態で分散比が閾値を超えた場合、分散 $V_1(t)$ の算出に用いられた解析値に失敗した解析値が含まれていることになる。本実施形態では、対象フレームでの解析が失敗したことを明確にするために、前フレームまでの分散比が閾値以下になっていることを確認する（ステップ 309）。前フレームまで分散比が閾値以下であったものが、新たに加えた現フレームでの解析値 1 によって分散比の閾値を超えることになれば、失敗した解析は現フレームでの解析であることになる。ここで、前フレームまでの分散比が閾値を超えている場合は、どのフレームでの解析が失敗しているのか断定できない。そのため、階調処理部 106 は、解析値 1 を補正せずに用いて前処理済み画像の階調処理を行う（ステップ 305）。

40

【0031】

前フレームまで分散比が閾値以下であった場合、解析値補正部 105 は、解析値 1 とその分散 $V_1(t)$ 、解析値 2 の分散 $V_2(t)$ とを入力とし、解析値 1 が補正された解析値 3 を出力する（ステップ 310）。本実施形態では、解析値補正部 105 は、現フレームの解析値 1 を含めた分散比が閾値 thF 以内に収まるように、数 3 を用いて解析値 1 を補正する。解析値 3 を $R_3(t)$ とすると、 $R_3(t)$ に関する二次方程式を解くことになる。

【0032】

【数3】

$$\frac{V_1(t)}{V_2(t)} = thF$$

$$\frac{1}{n_1-1} \cdot \left((R_3(t) - \bar{R}_1)^2 + (R_3(t-1) - \bar{R}_1)^2 + \cdots + (R_3(t-(n_1-1)) - \bar{R}_1)^2 \right) = thF \cdot V_2(t)$$

$$(1-1/n_1) \cdot R^2(t) - 2BR_3(t) + (A - n_1B^2) = (n_1-1) \cdot thF \cdot V_2(t)$$

$$R_3(t) = \frac{B \pm \sqrt{B^2 - (1-1/n_1) \cdot (A - n_1B^2 - (n_1-1) \cdot thF \cdot V_2(t))}}{(1-1/n_1)}$$

$$A = \sum_{i=1}^{t-1} R_1^2(i), B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{t-1} R_1(i)$$

【0033】

数3によれば、解が実数のときは2つの結果 $R_{31}(t)$ 、 $R_{32}(t)$ が得られることになる。2つ得られた結果からうち1つを選択する方法としては、たとえば、補正前の解析値1との差が最も小さくなる解を補正後の解析値として選択することが挙げられる。この処理を、図6(a)のステップ6011、6012、6013に示す。すなわち、 $R_{31}(t)$ 、 $R_{32}(t)$ のそれぞれと $R_1(t)$ との差の絶対値を算出し(ステップ6011)、 $R_{31}(t)$ 、 $R_{32}(t)$ のうち算出された差が小さい方が選択される(数4、ステップ6012、S6013)。こうして、 $R_{31}(t)$ 、 $R_{32}(t)$ のうち $R_1(t)$ に近い値が選択されることにより、 $R_1(t)$ の値の過補正が防止される。

【数4】

$$|R_{31}(t) - R_1(t)| \leq |R_{32}(t) - R_1(t)| \quad \cdots \quad R_3(t) = R_{31}(t)$$

$$|R_{31}(t) - R_1(t)| > |R_{32}(t) - R_1(t)| \quad \cdots \quad R_3(t) = R_{32}(t)$$

【0034】

一方、解が虚数になる場合は、分散比を閾値に最も近づける値、すなわち分散比を最小にする値を算出し直す。分散比を最小にするには、二次方程式の最小値を求めればよい。数3は下に凸の形状になるため、式3の微分値を計算すればよいことになる。

【数5】

$$2(1-1/n_1) \cdot R_3(t) - 2B = 0$$

$$R_3(t) = \frac{B}{(1-1/n_1)}$$

【0035】

以上のように、第一実施形態によれば、2つの異なる領域から得られた解析値1と解析値2の分散比を保持するように解析値1が補正される。そのため、解析値の変動にX線発生装置のふらつきが入っていたとしても、そのふらつき成分を保持するように補正することができる。その結果、フリッカを効果的に抑制することができる。また、フレームごとに算出される解析値2に基づいてX線量の状態の安定が確認された場合に、解析値1の補正の要否を判断するので、X線の照射量に多少のふらつきが生じても効果的にフリッカを抑制することができる。その後、階調処理部106が解析値3を用いて前処理済み画像に階調処理を行う(ステップ311)。なお、階調処理部106の処理対象となる画像を前処理済み画像としているが、前処理の他に強調処理やノイズ抑制処理などの処理をした後の画像であってもよい。

【0036】

なお、上記実施形態では、 $V_1(t)$ と $V_2(t)$ の比を用いたが、X線量の安定($V_2(t)$ が閾値

10

20

30

40

50

以下であること)が確認されているので、 $V_1(t)$ が所定値となるように解析値1を補正するようにしてもよい。すなわち、線量状態判定部102により解析値2の統計量に基づいてX線の線量が安定していると判定された場合に、解析値1の補正の要否の判定や解析値1の補正值の算出を解析値1の統計量に基づいて実行するようにしてもよい。

【0037】

本実施形態によれば、X線センサにより連続して得られるフレームを画像処理するX線画像処理装置であって、連続して得られるフレームの各々を解析して第1の解析値と第2の解析値を得る解析手段101と、連続して得られるフレームの第1の解析値と第2の解析値の時間方向の統計量を第1の統計量と第2の統計量として算出する算出手段103と、第1の統計量と第2の統計量に基づいて、第1の解析値を補正するか否かを判定する判定手段102と、判定手段により補正すると判定された場合に、第1の統計量に基づいて第1の解析値を補正する補正手段105と、を備える。よって、X線の照射量にふらつきが生じても効果的にフリッカを抑制することが可能になる。

【0038】

なお、X線センサにより連続して得られるフレームを画像処理するX線画像処理装置であって、連続して得られるフレームの各々を解析して解析値を得る解析手段101と、連続して得られるフレームの解析値の時間方向の統計量を算出する算出手段103と、統計量に基づいて解析値を補正する補正手段105を備える形態であっても実現することができる。

【0039】

<第二実施形態>

上記第一実施形態では、現フレームで解析値1が失敗した場合の処理を説明した。第二実施形態では、前フレームで解析値1が失敗したと判断された場合の次フレームでの処理を、図1の構成図と図3のフローチャートを参照して説明する。なお、本実施形態では、外部記憶部211を、過去の所定数のフレームを保持するための保持部として用いる。また、ステップ301から306までは前フレームまでの処理と同じであり、第一実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0040】

解析値比較部104は解析値1の分散 $V_1(t)$ と解析値2の分散 $V_2(t)$ とを入力とし、解析値1が失敗しているかを判断する(ステップ307、308)。この判断をするために、解析値比較部104は $V_2(t)$ を $V_1(t)$ で割った分散比を算出し閾値と比較する。ADCが安定している状態で分散比が閾値を超えた場合、分散 $V_1(t)$ を算出した解析値に失敗した解析値が含まれていることになる。対象フレームでの解析が失敗したことを明確にするために、保持部に保持されている前フレームまでの分散値が閾値以下になっていることを確認する(ステップ309)。第二実施形態では、ステップ309において前フレームまでの分散値を算出する際、解析値1が失敗したと判定されたフレームの解析値1を使用せずに分散値を算出する。すなわち、ステップ309において、解析に成功した解析値1を用いて分散値が算出される。

【0041】

過去フレームで算出した解析値1の選択方法を図4に示す。図4の(a)～(c)はサンプル数が4の場合の外部記憶部211の保持部における格納状況を示す図である。保持部には、フレーム番号tにおける解析値1の値 $R_1(t)$ が格納されており、過去の4つのフレームの解析値1が保持されている。図4(a)はt=5のときに、解析値1が成功であると判断された場合の保持部における保持動作を説明する図である。この場合、最も古い $R_1(1)$ の値が破棄され、新たに $R_1(5)$ の値が格納される。これはより最新の分散状態と比較したいため、古いものから破棄するようにしているためである。t=6のときはこれらの4つの値から $R_1(6)$ の判定を行うことになる。

【0042】

一方、図4(b)はt=5のときに、解析値1が失敗であると判断された場合の保持部における格納状況を示す図である。この場合、 $R_1(5)$ の値は保持部に格納されない。失敗し

10

20

30

40

50

た解析値 1 を使うと、対象フレームでの解析が失敗したことを明確にすることができないなるためである。しかし、解析値 1 が失敗し続けるといつまでも古い分散値が保持部に維持されてしまうため、トレンド成分などで少しづつ分散値が変わっている場合等に、正しい判定ができなくなってしまう。したがって、所定フレーム数にわたって保持部の保持内容が更新されなかった場合（最も古い解析値 1 のフレームから現フレームまでのフレーム数が所定フレーム数を超えた場合）は、強制的に現フレームの解析値 1 により保持部の保持内容を更新する。

【 0 0 4 3 】

図 4 (c) はその閾値を 9 フレームとした場合の保持部における格納状況を説明する図である。R₁(10) が失敗した解析値であったが、最も古い R₁(1) がその閾値（9 フレーム）を超えたため、強制的に破棄され R₁(10) の値が格納される。このとき、前フレームまでの分散値が閾値以上になってしまふため、解析値 R₁ の補正は行われない。このように過去フレームの解析値 1 が失敗している場合は、その値を使わないようにして判定を行う。

【 0 0 4 4 】

なお、本実施形態では古い解析値 1 を破棄していったが、メモリに余裕がある場合は破棄をせずに保持していくてもかまわない。選択方法として新しいものから選択する方法でもよい。ステップ 310 からステップ 311 の処理は第一実施形態と同様である。また、ステップ 307 の分散比の算出では、失敗した解析値 1 の除外を行っていないが、ステップ 309 と同様に、失敗した解析値 1 を除外して分散比を算出するようにしてもよい。

【 0 0 4 5 】

また、上記第二実施形態では、現フレームの解析値 1 が失敗であるか否かを判定する処理（ステップ 309）において、過去に失敗と判定された解析値 1 を用いないようにしたが、これに限られるものではない。たとえば、ステップ 306 における統計量算出部 103 において、過去のフレームの解析値 1 のうち、補正が必要と判定された解析値（失敗と判定された解析値 1）を除外して統計量の算出を行うようにしてもよい。

【 0 0 4 6 】

< 第三実施形態 >

第一実施形態では、解析値 3 に関する二次方程式の解が実数のときに、解を 1 つに選択する方法として図 6 (a) に示す方法を示したが、これに限られるものではない。第三実施形態では、そのような解の選択方法の変形例を示す。第三実施形態では以下のようないし 30 処理により解が選択される。

(1) 複数の解のうち、解析値 1 の時間方向の微分値の符号を解析値 2 の時間方向の微分値の符号と一致させる解を補正後の解析値 1 として選択する。

(2) 解析値 1 の時間方向の微分値が同じである複数解のうち、解析値 1 の時間方向の微分値と解析値 2 の時間方向の微分値との差が最も小さくなる解を補正後の解析値 1 として選択する。以下、詳述する。

【 0 0 4 7 】

ステップ 310 において、解析値補正部 105 が、解析値 1 とその分散 V₁(t)、解析値 2 の分散 V₂(t) を入力とし、失敗と判定された解析値 1 が補正された解析値 3 が生成される。解析値 1 の補正方法では、分散比が閾値 thF 以内に収まるように、第一実施形態で示したように、数 3 が用いられる。解が実数になるときは 2 つの解 (R₃₁(t)、R₃₂(t)) が得られるため、2 つのうち 1 つを選択する必要がある。本実施形態では、図 6 (b) に示される手順で解が選択される。

【 0 0 4 8 】

分散の主要原因が X 線発生装置のばらつきにあるため、解析値 1 の時間方向の微分値の符号 (R₃₁(t) - R₁(t-1) あるいは R₃₂(t) - R₁(t-1)) と解析値 2 の時間方向の微分値 (R₂(t) - R₂(t-1)) の符号とは等しくなる。そこで、2 つの解のうち、解析値 2 とそのような微分値の符号が等しくなる方が選択される（ステップ 6021、6022）。2 つの解の微分値の符号が等しい場合には、微分値の大きさに着目して選択が行われる。すなわち、ユーザがフリッカとして認識するのは前フレームとの輝度差、コントラスト差が大きい時で

10

20

30

40

50

ある。したがって、数 6 に示されるように微分値の小さい方が選択される（ステップ 6 0 2 3、6 0 2 4、6 0 2 5）。

【数 6】

$$|R_{31}(t) - R_3(t-1)| \leq |R_{32}(t) - R_3(t-1)| \quad \dots \quad R_3(t) = R_{31}(t)$$

$$|R_{31}(t) - R_3(t-1)| > |R_{32}(t) - R_3(t-1)| \quad \dots \quad R_3(t) = R_{32}(t)$$

なお、t-1 フレームの階調処理で使われた解析値が補正されたものでなければ、数 6 の $R_3(t-1)$ は $R_1(t-1)$ に等しくなる。

【0 0 4 9】

<第四実施形態>

解析値 3 に関する二次方程式の解が実数のときに、解を 1 つに選択する方法のさらに別の例を、図 5 の構成図と図 7 のフロー・チャートを参照して説明する。第四実施形態では、過去の複数フレームから得られた解析値 1 から、現フレームの解析値 1 の予測値（予測解析値）を取得し、この予測解析値に基づいて解の選択を行う。したがって、図 5 に示される X 線画像処理方法を実現する機能構成では、図 1 の構成に対して解析値予測部 5 0 7 が追加されている。解析値予測部 5 0 7 は過去フレームにおける解析値 1 を入力とし、現フレームにおける解析値 1 を予測した結果出る予測解析値を出力とする。ステップ 7 0 1 から 7 0 9 まではステップ 3 0 1 から 3 0 9 と同じになるため、省略する。

【0 0 5 0】

解析値補正部 1 0 5 は、解析値 1 とその分散 $V_1(t)$ 、解析値 2 の分散 $V_2(t)$ とを入力とし、失敗結果が補正された解析値 3 を出力する（ステップ 7 1 0）。ここで、解析値 1 は分散比が閾値 thF 以内に収まるように数 3 を用いて補正される。そして、解が実数になるときは 2 つの解 ($R_{31}(t)$ 、 $R_{32}(t)$) が得られる。

【0 0 5 1】

解析値予測部 5 0 7 は、解析値 1 と、過去のフレームで算出された解析値 1 の値を外部記憶部 2 1 1 から読み出して、予測解析値として $R_3(t)'$ を出力する（ステップ 7 1 1）。予測解析値を算出する方法としては、例えば、スプライン補間などを用いて、解析値 1 を時間方向に外挿する方法が挙げられる。本実施形態では、解析値補正部 1 0 5 はステップ 7 1 0 で得られた 2 つの解析値のうちの 1 つを、予測解析値 $R_3(t)'$ を用いて数 7 により選択する（ステップ 7 1 2）。

【数 7】

$$|R_{31}(t) - R_3'(t)| \leq |R_{32}(t) - R_3'(t)| \quad \dots \quad R_3(t) = R_{31}(t)$$

$$|R_{31}(t) - R_3'(t)| > |R_{32}(t) - R_3'(t)| \quad \dots \quad R_3(t) = R_{32}(t)$$

【0 0 5 2】

すなわち、図 6 (c) のフロー・チャートに示されるように、 $R_{31}(t)$ と $R_{32}(t)$ のそれぞれと $R_3(t)'$ との距離が計算され（ステップ 6 0 3 1）、計算された距離の近い方がより最適な解であると判定される（ステップ 6 0 3 2、6 0 3 3）。

【0 0 5 3】

<第五実施形態>

なお、上記第一実施形態から第四実施形態では、被写体領域を代表する値として計算された解析値 1 を利用したが、これに限られるものではない。たとえば、計算された被写体領域を代表する値に対してフリッカ対策処理などを施した結果を解析値 1 と定義して、上述した処理を行うようにしてもよい。この場合は、既存のフリッカ対策処理で抑制しきれなかったフリッカを補間する抑制方法として、上記各実施形態の処理を動作をさせることができある。

【0 0 5 4】

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

10

20

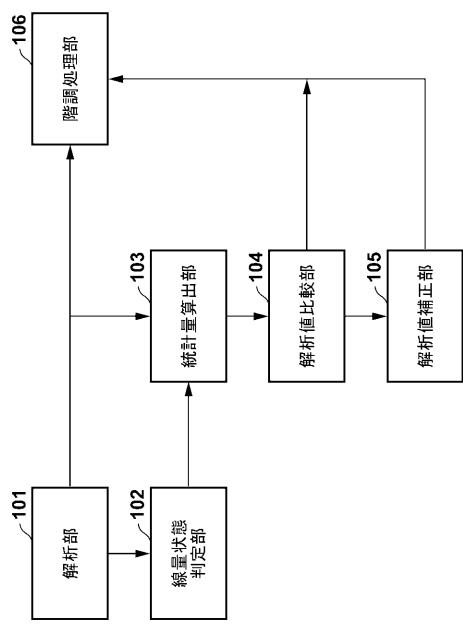
30

40

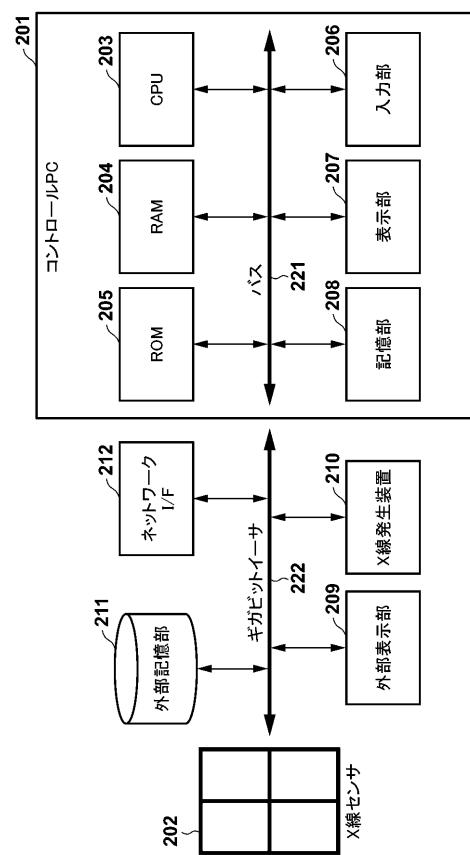
50

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。

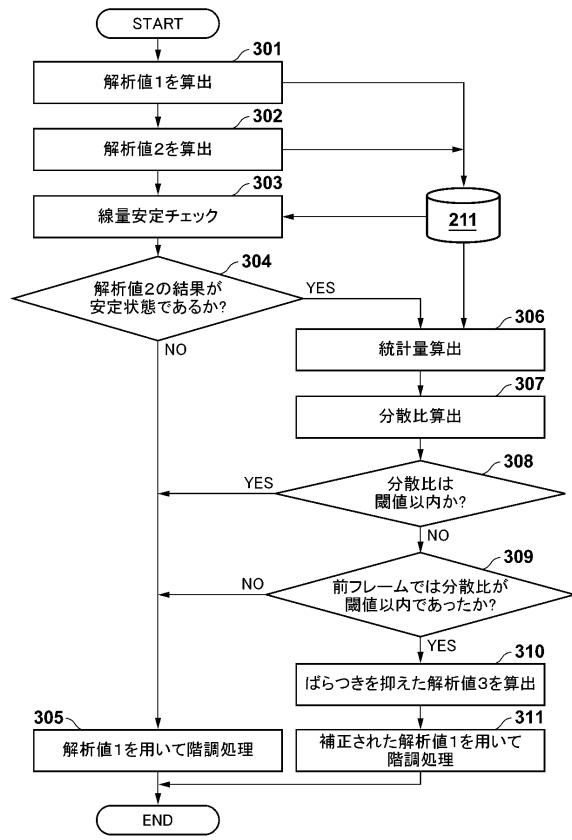
【図1】



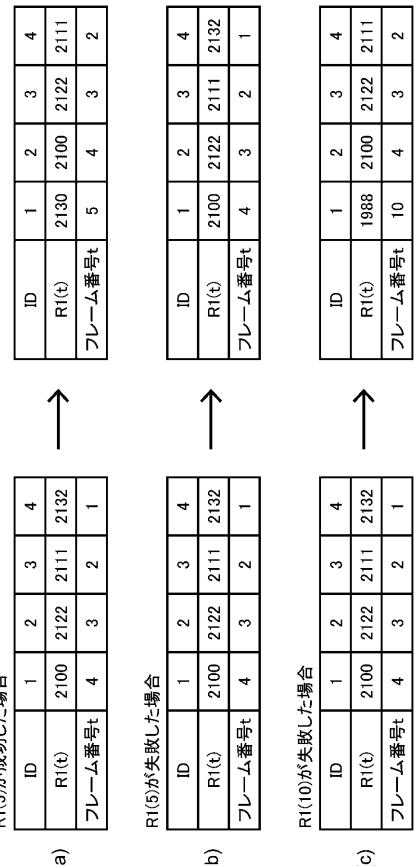
【図2】



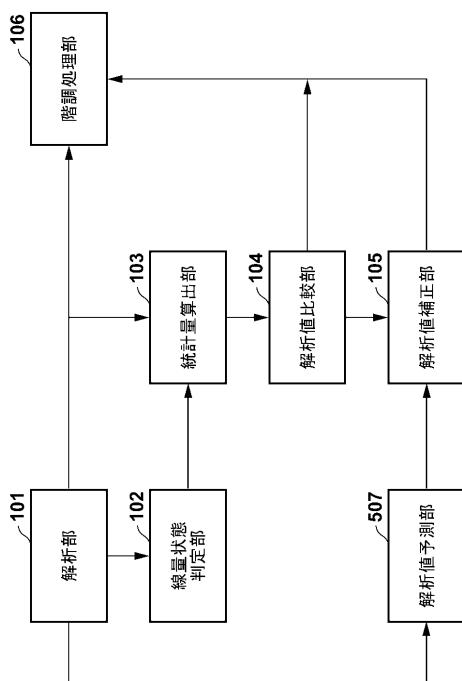
【図3】



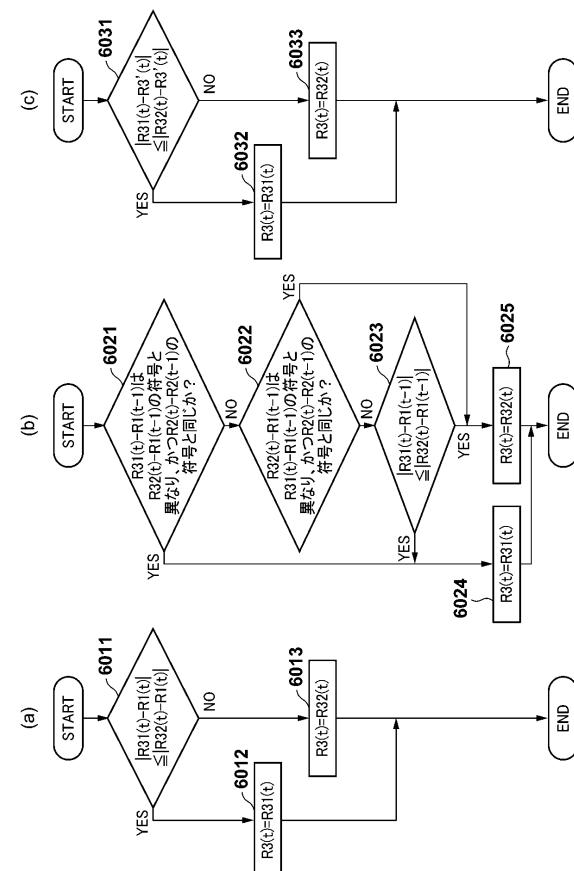
【図4】



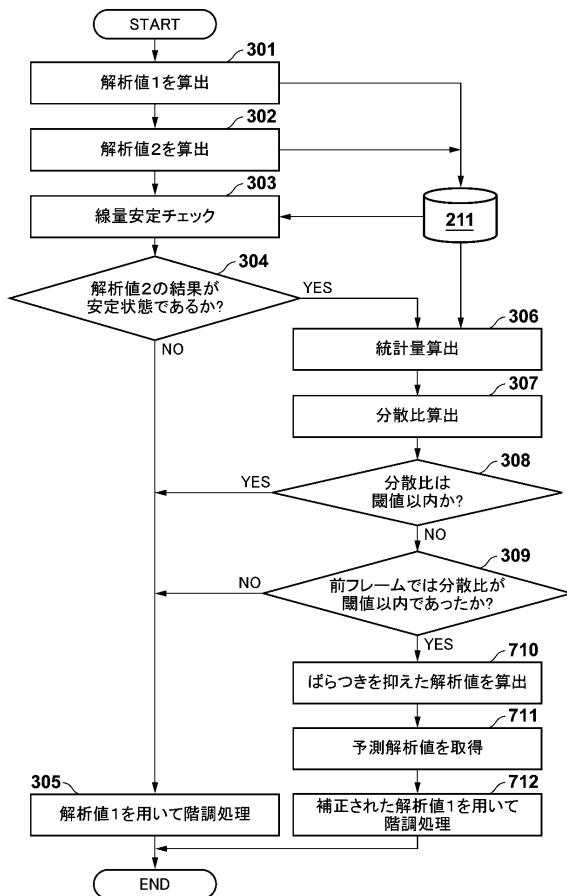
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 近江 裕行

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 田中 洋行

(56)参考文献 特開昭63-092336 (JP, A)

特開2011-125462 (JP, A)

特開平07-240886 (JP, A)

特開2013-127773 (JP, A)

特開平04-139587 (JP, A)

特開2009-033293 (JP, A)

特開平08-077329 (JP, A)

特開平06-268915 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 6 / 00 - 6 / 14

G 06 T 1 / 00