

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-75862
(P2012-75862A)

(43) 公開日 平成24年4月19日(2012.4.19)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 6/00 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 6/00 3 5 O C
A 6 1 B 6/00 3 5 O Z

テーマコード(参考)

4 C 0 9 3

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2011-178725 (P2011-178725)
 (22) 出願日 平成23年8月18日 (2011.8.18)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-201075 (P2010-201075)
 (32) 優先日 平成22年9月8日 (2010.9.8)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 306037311
 富士フィルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (72) 発明者 山口 義隆
 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地
 富士フィルム株式会社内
 F ターム(参考) 4C093 AA01 AA07 CA17 CA33 CA50
 EA14 EB12 EB13 EB17 EC03
 EC13 EC34 FA32 FA53 FB12
 FC13 FC25 FC27 FD20 FF11
 FF12 FF13 FF15 FF34 FF35
 GA01

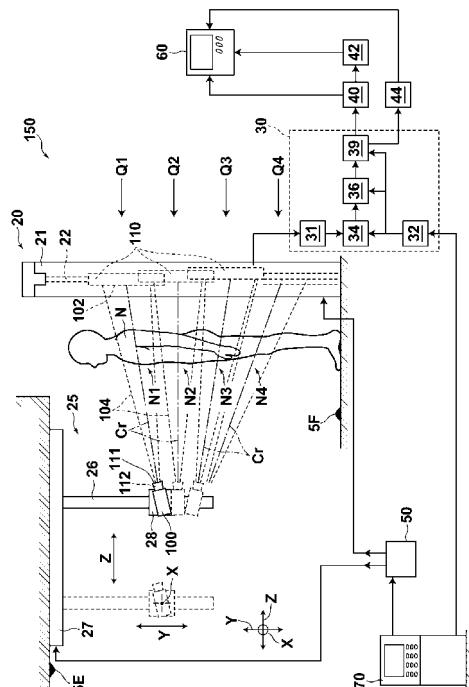
(54) 【発明の名称】体動検出装置、方法およびプログラム

(57) 【要約】

【課題】長尺撮影のように撮影毎に被写体が移動する可能性がある場合に、被写体の体動を精度良く検出できるようにする。

【解決手段】局所移動ベクトル算出部34が、隣接する2つの放射線画像の重複領域における局所的な移動ベクトル(局所移動ベクトル)を算出する。体動指標値算出部36が、局所移動ベクトルを用いて、被写体の平行移動、3次元の動きおよび2次元の動きの体動指標値を算出する。さらに、後処理選択部39が、これらの体動指標値に基づいて、体動補正の実施の有無の選択、体動補正方法の選択および画像表示部60に表示する体動指標値を選択する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

同一被写体に関して複数回の撮影を行うことにより得られた、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得する画像取得手段と、

前記複数の放射線画像の撮影時における前記被写体の動きの種類に応じた複数種類の体動指標値を取得する体動指標値取得手段とを備えたことを特徴とする体動検出装置。

【請求項 2】

前記体動指標値取得手段は、前記複数の放射線画像における重複領域内の局所的な前記被写体のズレを表す局所移動ベクトルを算出する局所移動ベクトル算出手段と、

前記局所移動ベクトルに基づいて前記複数種類の体動指標値を算出する体動指標値算出手段とを備えてなることを特徴とする請求項 1 記載の体動検出装置。

10

【請求項 3】

前記体動指標値算出手段は、前記被写体の平行移動量の指標値、前記被写体の 3 次元的な移動量の指標値および該被写体の 2 次元的な移動量の指標値の少なくとも 2 つを前記体動指標値として算出する手段であることを特徴とする請求項 2 項記載の体動検出装置。

【請求項 4】

前記複数種類の体動指標値または該複数種類の体動指標値のうちの主たる体動指標値に基づいて、前記複数の放射線画像に関連する後処理を選択する後処理選択手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の体動検出装置。

【請求項 5】

前記後処理選択手段は、前記複数種類の体動指標値または前記主たる体動指標値に基づいて体動がある前記動きの種類を判定し、該判定結果に応じて前記後処理を選択する手段であることを特徴とする請求項 4 記載の体動検出装置。

20

【請求項 6】

前記後処理選択手段は、前記複数の放射線画像に体動補正処理を施すか否かを選択する手段であることを特徴とする請求項 4 または 5 記載の体動検出装置。

【請求項 7】

前記後処理選択手段は、前記複数の放射線画像に施す体動補正処理の種類を選択する手段であることを特徴とする請求項 4 から 6 のいずれか 1 項記載の体動検出装置。

30

【請求項 8】

前記後処理選択手段は、表示する体動指標値の種類を選択する手段であることを特徴とする請求項 4 から 7 のいずれか 1 項記載の体動検出装置。

【請求項 9】

放射線検出器を移動させ、該移動により位置を変える毎に被写体を透過した放射線を該放射線検出器に照射して、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得する放射線画像撮影装置であって、

前記放射線検出器を所定の移動軸に沿って移動させ、該移動により位置を変える毎に前記被写体を透過した放射線を前記放射線検出器に照射する撮影手段と、

前記移動および前記放射線の照射を行う毎に前記放射線検出器から信号を読み出すことにより、前記被写体の複数の放射線画像を取得する放射線画像取得手段と、

40

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載の体動検出装置とを備えたことを特徴とする放射線画像撮影装置。

【請求項 10】

同一被写体に関して複数回の撮影を行うことにより得られた、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得し、

前記複数の放射線画像の撮影時における前記被写体の動きの種類に応じた複数種類の体動指標値を取得することを特徴とする体動検出方法。

【請求項 11】

同一被写体に関して複数回の撮影を行うことにより得られた、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得する手順と、

50

前記複数の放射線画像の撮影時における前記被写体の動きの種類に応じた複数種類の体動指標値を取得する手順とをコンピュータに実行させることを特徴とする体動検出プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、同一被写体に関して複数回の撮影を行うことにより得られた複数の放射線画像を用いて、撮影時における被写体の体動を検出する体動検出装置、方法およびプログラムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、医療分野等において、被写体を透過した放射線の照射により被写体に関する放射線画像を記録する放射線検出器（いわゆる「Flat Panel Detector」以下、FPDとする）が各種提案、実用化されている。このようなFPDとしては、例えば、放射線の照射により電荷を発生するアモルファスセレン等の半導体を利用したFPDがあり、そのようなFPDとして、いわゆる光読取方式のものやTFT読取方式のものが提案されている。

【0003】

一方、単純X線撮影において、背骨全体（全脊椎）や足全体（全下肢）等の長尺領域を撮影対象とした長尺撮影が行われることがあり、FPDを用いた長尺撮影も実施されてきている。ここで、FPDは、撮影したい対象より撮影可能な範囲が狭い場合があるため、長尺撮影を行うためには、FPDを所定の移動軸に沿って移動して、位置を変える毎に同一被写体を透過した放射線の照射を受けるようにする。そして、各回の放射線照射（放射線画像の記録）毎にFPDから読取操作がなされて、各回の読取操作毎に放射線画像を示す画像データが取得される。そして、後にそれらの画像データをつなぎ合わせるように合成することにより、被写体の長い部分を示す画像データが得られるようになる。

【0004】

ところで、FPDを使用した長尺撮影では、ショット間隔が3～5秒あることから、ショット間で被写体の体動が生じてしまう可能性があり、体動が生じた場合には、複数のX線画像の連結を適正に行うことができず、正確な計測に支障をきたすため、再撮影をする必要がある。また、途中で体動が起こっていても、合成画像を見て初めて気付くケースもあり、最後まで撮影してから再撮影を行うのは非効率である。さらに、体動が起こった後のショットは無意味になるので、被写体の被曝も増えることとなる。

【0005】

なお、体動は、被写体を構成する物質によって透過した放射線の減衰量が違うことを利用して、エネルギーが異なる2種類のエネルギーの放射線を被写体に照射して得られた2枚の放射線画像を用いたエネルギーサブトラクション処理を行うためのエネルギーサブトラクション撮影、および撮影時期が異なる2つの時系列的な放射線画像間の差異を表す差分画像を取得する、経時サブトラクション撮影を行う場合にも生じる。また、患部をより詳しく観察するために、X線管を移動させて異なる角度から被写体にX線を照射して撮影を行い、これにより取得した画像を加算して所望の断層面を強調した画像を得るトモシンセシス撮影、あるいは連続して被写体に放射線を照射して複数の画像を取得する連写撮影時にも生じる。

【0006】

このため、被写体の体動を検出して撮影を停止したり、体動を警告したりする手法が提案されている。例えば特許文献1には、センサを用いて撮影時の被写体の体動を検出し、体動が検出された場合に警告を行う手法が提案されている。また、特許文献2には、FPDの組み立て誤差および放射線画像撮影装置の設置誤差を考慮して、被写体の体動量を算出する手法が提案されている。具体的には、複数の放射線画像の重複領域においてテンプレートマッチングを行うことにより、局所的な複数のズレ量を求め、ズレ量の平均値を体動量として算出し、これをしきい値と比較して体動の有無を検出する手法が提案されてい

10

20

30

40

50

る。なお、特許文献1，2に記載の手法は、いずれもFPDの撮像面に対する被写体の平行移動を体動として検出している。さらに、特許文献1，2には、非線形ワーピングにより体動補正を行う手法も提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2009-240656号公報

【特許文献2】特願2010-074023号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、体動には、特許文献1，2に記載されたような平行移動のみならず、被写体のねじれおよびFPDの撮像面に対する前後方向の倒れという3次元的な動きも含む。さらには、撮像面に平行な面における被写体の回転および前後方向への平行移動による拡大縮小という2次元的な動きも含む。特許文献1，2に記載された手法は、体動を撮像面に平行な方向のズレ量としてのみ算出しているため、被写体の3次元的な動きおよび2次元的な動きは、平行移動に近似されてしまう。このように被写体の3次元的な動きおよび2次元的な動きが平行移動に近似されてしまうと、平行移動以外の被写体の動きが大きくて体動が小さいものとして検出される、あるいは体動が検出されなくなってしまうという問題がある。

【0009】

一方、体動が検出されない（すなわち体動が小さい）と、非線形ワーピングにて体動補正を行うこととなるが、上述したように平行移動以外の被写体の動きが大きくて体動が小さくなる場合があるため、3次元的な動きおよび2次元的な動きが大きくて体動補正が行われてしまうこととなる。このように被写体の動きが大きい場合に体動補正が行われると、過度に画像が補正されて歪みが大きくなるため、正確な診断に支障をきたすことがある。

【0010】

本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、長尺撮影のように撮影毎に被写体が移動する可能性がある場合に、被写体の体動を精度良く検出できるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明による体動検出装置は、同一被写体に関して複数回の撮影を行うことにより得られた、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得する画像取得手段と、

前記複数の放射線画像の撮影時における前記被写体の動きの種類に応じた複数種類の体動指標値を取得する体動指標値取得手段とを備えたことを特徴とするものである。

【0012】

「少なくとも一部が重複した」とは、一部が重複する場合のみならず、全部が重複する場合も含む。

【0013】

なお、本発明による体動検出装置においては、前記体動指標値取得手段を、前記複数の放射線画像における重複領域内の局所的な前記被写体のズレを表す局所移動ベクトルを算出する局所移動ベクトル算出手段と、

前記局所移動ベクトルに基づいて前記複数種類の体動指標値を算出する体動指標値算出手段とを備えてなるものとしてもよい。

【0014】

この場合、前記体動指標値算出手段を、前記被写体の平行移動量の指標値、前記被写体の3次元的な移動量の指標値および該被写体の2次元的な移動量の指標値の少なくとも2つを前記体動指標値として算出する手段としてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

また、本発明による体動検出装置においては、前記複数種類の体動指標値または該複数種類の体動指標値のうちの主たる体動指標値に基づいて、前記複数の放射線画像に関連する後処理を選択する後処理選択手段をさらに備えるものとしてもよい。

【 0 0 1 6 】

また、本発明による体動検出装置においては、前記後処理選択手段を、前記複数種類の体動指標値または前記主たる体動指標値に基づいて体動がある前記動きの種類を判定し、該判定結果に応じて前記後処理を選択する手段としてもよい。

【 0 0 1 7 】

また、本発明による体動検出装置においては、前記後処理選択手段を、前記複数の放射線画像に体動補正処理を施すか否かを選択する手段としてもよい。10

【 0 0 1 8 】

また、本発明による体動検出装置においては、前記後処理選択手段を、前記複数の放射線画像に施す体動補正処理の種類を選択する手段としてもよい。

【 0 0 1 9 】

また、本発明による体動検出装置においては、前記後処理選択手段を、表示する体動指標値の種類を選択する手段としてもよい。

【 0 0 2 0 】

本発明による放射線画像撮影装置は、放射線検出器を移動させ、該移動により位置を変える毎に被写体を透過した放射線を該放射線検出器に照射して、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得する放射線画像撮影装置であって、20

前記放射線検出器を所定の移動軸に沿って移動させ、該移動により位置を変える毎に前記被写体を透過した放射線を前記放射線検出器に照射する撮影手段と、

前記移動および前記放射線の照射を行う毎に前記放射線検出器から信号を読み出すことにより、前記被写体の複数の放射線画像を取得する放射線画像取得手段と、

本発明による体動検出装置とを備えたことを特徴とするものである。

【 0 0 2 1 】

本発明による体動検出方法は、同一被写体に関して複数回の撮影を行うことにより得られた、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得し、

前記複数の放射線画像の撮影時における前記被写体の動きの種類に応じた複数種類の体動指標値を取得することを特徴とするものである。30

【 0 0 2 2 】

なお、本発明による体動検出方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして提供してもよい。

【 発明の効果 】**【 0 0 2 3 】**

本発明の体動検出装置および方法によれば、複数の放射線画像の撮影時における被写体の体動に応じた複数種類の体動指標値が取得される。このため、被写体の体動に応じた適切な体動指標値を取得することができ、その結果、精度よく体動を検出することができる。また、検出した体動指標値に基づいて、後段で行われる複数の放射線画像に関連する後処理を適切に選択することができる。40

【 0 0 2 4 】

また、複数の放射線画像における重複領域内の局所領域毎に、重複領域における被写体のズレを表す局所移動ベクトルを算出し、局所移動ベクトルに基づいて体動指標値を算出することにより、比較的簡易な演算により体動指標値を取得することができる。

【 0 0 2 5 】

また、被写体の平行移動量の指標値、被写体の3次元的な移動量の指標値および被写体の2次元的な移動量の指標値の少なくとも2つを体動指標値として算出することにより、被写体の平行移動に起因する体動、被写体のねじれおよび倒れという3次元的な体動、並びに被写体の回転移動および拡大縮小という2次元的な体動の少なくとも2つを検出する

10

20

30

40

50

ことができる。

【0026】

また、本発明による体動検出装置および方法を、長尺撮影に適用することにより、長尺撮影により取得される複数の放射線画像間に生じる被写体の体動を精度良く検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明の第1の実施形態による体動検出装置を適用した放射線画像撮影装置の構成を示す概略図

【図2】局所移動ベクトルの算出を説明するための図

10

【図3】多重解像度変換を用いたテンプレートマッチングを説明するための図

【図4】テンプレートマッチングの他の手法を説明するための図

【図5】テンプレートマッチングの他の手法を説明するための図

【図6】ヒストグラムの例を示す図

【図7】3次元的な動きの体動指標値の算出を説明するための図

【図8】体動補正を説明するための図

【図9】第1の実施形態において行われる処理を示すフローチャート

【図10】画像表示部の表示画面における表示の例を示す図

【図11】画像表示部の表示画面における表示の他の例を示す図

【図12】本発明の第2の実施形態による体動検出装置を適用した放射線画像撮影装置の構成を示す概略図

20

【図13】第2の実施形態において行われる処理を示すフローチャート

【図14】複数の合成画像を表示した状態を示す図

【図15】複数の合成画像を表示した状態を示す図

【図16】第3の実施形態において行われる処理を示すフローチャート

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。図1は本発明の第1の実施形態による体動検出装置を適用した放射線画像撮影装置の構成を示す概略図である。図1に示すように第1の実施形態による放射線画像撮影装置150は、1つの放射線源100と1つのFPD110とを用いて、被写体N中の隣接する複数の領域N1、N2…を順次撮影し、これにより取得した複数の放射線画像を合成して被写体Nの大部分を示す長尺の放射線画像を得る、長尺撮影を行うことができるよう構成されたものである。

30

【0029】

なお、本実施形態による放射線画像撮影装置150は、長尺撮影のみならず、胸部、下肢等の被写体Nの特定の部位のみ撮影を行う通常の撮影にも用いることができるところもある。この場合、エネルギーサブトラクション撮影および経時サブトラクション撮影等を行うことが可能であるが、以降では長尺撮影についてのみ詳細に説明するものとする。

【0030】

放射線画像撮影装置150は、具体的には射出窓111からコリメータ112によって定められる照射範囲に放射線104を発する放射線源100と、被写体Nを透過した放射線104の照射を受けてこの放射線104を検出する撮像面(放射線検出面)102を有するFPD110と、FPD110を被写体Nに沿って移動させる検出器移動部20と、射出窓111の位置および向きが所望状態となるように放射線源100を配置する線源配置部25とを備える。なお図1においては、コリメータ112によって照射範囲が定められる放射線104の放射中心軸をCrで示してある。

【0031】

FPD110は、被写体Nを透過した放射線104を検出して電気信号に変換し、その被写体Nの放射線画像を表す画像データを出力する。なお、FPD110は、放射線を電

40

50

荷に直接変換する直接方式の F P D 、または放射線を一旦光に変換し、変換された光をさらに電気信号に変換する間接方式の F P D のいずれも利用可能である。直接方式の F P D は、アモルファスセレン等の光導電膜、キャパシタおよびスイッチ素子としての T F T (Thin Film Transistor) 等によって構成される。例えば、X 線等の放射線が入射されると、光導電膜から電子 - 正孔対 (e - h ペア) が発せられる。その電子 - 正孔対はキャパシタに蓄積され、キャパシタに蓄積された電荷が、T F T を介して電気信号として読み出される。

【 0 0 3 2 】

一方、間接方式の F P D は、蛍光体で形成されたシンチレータ層、フォトダイオード、キャパシタおよび T F T 等によって構成される。例えば、「 C s I : T l 」等の放射線が入射されると、シンチレータ層が発光（蛍光）する。シンチレータ層による発光はフォトダイオードで光電変換されてキャパシタに蓄積され、キャパシタに蓄積された電荷が、T F T を介して電気信号として読み出される。

10

【 0 0 3 3 】

検出器移動部 2 0 は、床面 5 F から鉛直方向（図中矢印 Y 方向）に起立して両者間に F P D 1 1 0 を保持する 2 つの支柱 2 1 と、F P D 1 1 0 を長尺方向である鉛直方向に移動させる移動機構 2 2 とを備えている。移動機構 2 2 としては、F P D 1 1 0 を従来知られているリニアスライド機構等で支持し、モータ等の駆動源を用いて移動させるものを採用することができる。

20

【 0 0 3 4 】

合成に供する放射線画像を取得するための撮影を実施する際に、被写体 N は F P D 1 1 0 の移動方向に沿って配置される。すなわち、被写体 N を床面に起立させた姿勢にして撮影が行われる。

【 0 0 3 5 】

線源配置部 2 5 は、被写体 N を間に置いて F P D 1 1 0 の撮像面 1 0 2 に対向するように、すなわち F P D 1 1 0 の方向を向くように放射線源 1 0 0 を保持し、かつ移動させるものである。この線源配置部 2 5 は、天井 5 E から鉛直方向に延びる支柱 2 6 と、この支柱 2 6 を天井 5 E に沿って図中矢印 Z 方向に移動させる天井ベース台 2 7 と、支柱 2 6 に係合されて図中矢印 Y 方向へ移動可能であるとともに、紙面に垂直な軸の回りを回転可能な回転台 2 8 とを有している。放射線源 1 0 0 はこの回転台 2 8 に搭載されている。これにより、放射線源 1 0 0 は、上下方向（図中矢印 Y 方向）および左右方向（図中矢印 Z 方向）に移動可能、かつ放射線源 1 0 0 の略中心を通る図中の X 軸に平行な軸の周りに回転可能とされている。なお線源配置部 2 5 も、従来知られているリニアスライド機構や回転機構、およびモータ等の駆動源を用いて形成することができる。

30

【 0 0 3 6 】

また、放射線画像撮影装置 1 5 0 は、検出器移動部 2 0 および線源配置部 2 5 の動作を制御する長尺撮影制御部 5 0 を有している。この長尺撮影制御部 5 0 は検出器移動部 2 0 の動作を制御して、F P D 1 1 0 を被写体 N の延びる方向に沿って放射線撮影を行うための各位置 Q 1 , Q 2 . . . へ順次移動させる。それとともに長尺撮影制御部 5 0 は線源配置部 2 5 の動作を制御して、放射線源 1 0 0 から発せられる放射線 1 0 4 の照射方向が、上記各位置に配置された F P D 1 1 0 の撮像面 1 0 2 の方向を向くように放射線源 1 0 0 を配置させる。こうした上で放射線源 1 0 0 が駆動されると、被写体 N 中の隣接する領域 N 1 、N 2 . . . が順次撮影され、各回の撮影毎に、被写体 N の全体を表すための複数の部分的な放射線画像を表す画像データが取得される。

40

【 0 0 3 7 】

放射線画像撮影装置 1 5 0 はさらに、撮影時における被写体 N の体動を検出する体動検出部 3 0 、体動に基づいて被写体 N のズレ量を補正する体動補正部 4 0 、上記各回の放射線撮影によって得られた各画像データを合成して、被写体 N の全体を表す長尺の放射線画像を生成する画像合成部 4 2 、および警告部 4 4 を備える。なお、画像合成部 4 2 が生成した長尺の放射線画像は、例えば C R T 表示装置、液晶表示装置等からなる画像表示部 6

50

0に表示される。

【0038】

体動検出部30は、画像取得部31、撮影情報取得部32、局所移動ベクトル算出部34、体動指標値算出部36および後処理選択部39を備える。なお、局所移動ベクトル算出部34および体動指標値算出部36が、体動指標値取得手段を構成する。

【0039】

画像取得部31は、FPD110から放射線画像を取得するための各種インターフェースからなる。なお、体動検出部30を放射線画像撮影装置150と別個に設け、これらをネットワークにより接続した場合、画像取得部31はネットワークインターフェースとなる。

10

【0040】

撮影情報取得部32は、放射線画像撮影装置150の全体の動作を制御するコンソール70から、撮影情報を取得する。ここで、撮影情報としては、撮影状況に関する情報および撮影対象に関する情報を取得する。撮影状況に関する情報としては、長尺撮影時においてすべての放射線画像を撮影するまでに要する撮影時間、隣接する2つの放射線画像の撮影間隔、撮影時における被写体Nの固定の有無等の情報が挙げられる。また、撮影対象に関する情報としては、被写体Nにおける撮影部位（胸部、下肢、全脊椎、全下肢等）および被写体Nの症状（重症か軽症か、術前か術後か等）等の情報が挙げられる。撮影情報取得部32は、これらの情報のうちの少なくとも1つを撮影情報として取得する。

20

【0041】

なお、撮影情報は、コンソール70に対して操作者が入力したものを用いてもよく、コンソール70において、撮影時間を計測したり、被写体Nの固定の有無を検出したり、取得した放射線画像の部位認識を行う等することにより、コンソール70が自動で算出したものを取得するようにしてもよい。また、撮影メニューに応じて撮影情報は異なるものとなることから、操作者が選択した撮影メニューに応じてコンソール70が自動で判断した撮影情報を取得するようにしてもよい。

【0042】

局所移動ベクトル算出部34は、隣接する2つの放射線画像の互いに重複する重複領域において、局所的な移動ベクトルを算出する。図2は局所移動ベクトルの算出を説明するための図である。図2に示すように、局所移動ベクトル算出部34は、隣接する2つの放射線画像S1, S2の重複領域K1, K2において、被写体Nの体動によって表れる画像の局所的な移動量、すなわち局所移動ベクトルを、一方の画像（放射線画像S1の重複領域K1中に存在する制御点を基準としたテンプレートT）と同じものが、他の画像（放射線画像S2の重複領域K2）中のどの部分に存在するかを探索するテンプレートマッチングによって算出する。

30

【0043】

具体的には、テンプレートTと、放射線画像S2の重複領域K2から順次探索される同一サイズの探索対象画像Iとの相関値を、所定の探索範囲R内において算出する。これにより、探索範囲Rと同一サイズの相関分布が得られる。そして、相関分布において、相関値が最大になったときのテンプレートTの基準位置（体動がない場合に相関が最大になる位置）からの画素ずらし量（移動量）を、局所移動ベクトルV0として算出する。

40

【0044】

なお、本実施形態においては、制御点は複数設定するものとする。これにより、重複領域K1内において複数の局所移動ベクトルが算出される。なお、制御点は、重複領域K1内の画像の全画素位置でもよく、所定の画素間隔で間引いた画素位置でもよい。また、重複領域K1内におけるエッジの交点、または分散が大きい画素位置等の代表画素位置であってもよい。ここで、代表画素位置は自動で検出してもよく、放射線画像S1の重複領域K1を表示することにより操作者が手動で設定するようにしてもよい。

【0045】

また、相関値が最大となる位置に基づいて局所移動ベクトルV0を算出するのみならず

50

、相関分布における相関値の重心位置に基づいて算出してもよい。なお、相関値の重心位置は、探索範囲 R 内における原点（例えば上述したテンプレートの基準位置）を基準として、探索範囲 R 内における画素位置の相関値による重みづけ平均位置を算出することにより求めることができる。この際、相関値が所定のしきい値以上となる画素位置のみを用いて重心位置を算出してもよい。なお、この重心位置を高相関重心位置と称する。

【0046】

また、局所移動ベクトル V_0 を算出する際に、図 3 に示すように、重複領域 K_1, K_2 の画像を多重解像度変換することにより、解像度が異なる複数の重複領域画像を生成し、各解像度の重複領域画像間において、低解像度から高解像度にかけて順次局所移動ベクトル V_0 を算出するようにしてもよい。なお、図 3 においては、2 回の解像度変換を行って $1/4$ の解像度まで多重解像度変換を行った状態を示している。また、図 3 においては、多重解像度変換前の重複領域画像を K_{1-1}, K_{2-1} とし、次の解像度の重複領域画像を K_{1-2}, K_{2-2} 、さらに次の解像度の重複領域画像を K_{1-3}, K_{2-3} としている。

10

【0047】

ここで、各解像度の重複領域画像は、解像度が $1/2$ ずつ異なる。したがって、2 回の解像度変換を行って $1/4$ の解像度まで多重解像度変換を行った場合において、局所移動ベクトル V_0 を 16 個算出するものとすると、まず最低解像度の重複領域画像 K_{1-3}, K_{2-3} を用いて、1 個の局所移動ベクトル V_0 を算出する。なお、図 3 の局所移動ベクトル V_0 を算出した状態を説明する箇所においては、重複領域画像のサイズを重複領域 K_{1-1}, K_{2-1} と同一サイズとしている。

20

【0048】

次いで、次に高い解像度の重複領域画像 K_{1-2}, K_{2-2} を用いて、4 つの局所移動ベクトル V_0 を算出する。この際、重複領域画像 K_{1-3}, K_{2-3} において算出した局所移動ベクトル V_0 を用いることにより、効率よく局所移動ベクトル V_0 を算出できる。例えば、図 3 に示すように、重複領域画像 K_{1-3}, K_{2-3} において右斜め上を向く局所移動ベクトル V_0 が算出された場合、次の解像度の重複領域画像 K_{1-2}, K_{2-2} においては、前の解像度にて算出した局所移動ベクトル V_0 を初期値として、図 4 に示すように、探索範囲 R の右斜め上付近の領域においてのみ（斜線で示す）テンプレートマッチングを行うようにすれば、相関値算出のための演算量を低減できるため、局所移動ベクトル V_0 の算出を効率よく行うことができる。

30

【0049】

また、上記ではテンプレートマッチングを行う際に、重複領域 K_2 内に探索範囲 R を設定しているが、図 5 に示すように、重複領域 K_2 を超えて探索範囲 R を設定するようにしてもよい。これにより、探索範囲を大きくすることができるため、より精度良く局所移動ベクトル V_0 を算出できる。

30

【0050】

また、上記では、放射線画像 S_1 の重複領域 K_1 にテンプレート T を設定して局所移動ベクトル V_0 を算出しているが、これに加えて、放射線画像 S_2 の重複領域 K_2 にテンプレート T を設定し、重複領域 K_2 を基準とした局所移動ベクトル V_0 を算出するようにしてもよい。

40

【0051】

また、上記では相関値を用いて局所移動ベクトル V_0 を算出しているが、テンプレート T と探索範囲 R 内の探索対象画像 I との類似度を表す指標であれば相関値に限定されるものではなく、例えば、残差および平均二乗誤差等の他の任意の指標を用いることが可能である。

【0052】

ここで、局所移動ベクトル算出部 34 は、上記のように各種手法を用いて局所移動ベクトル V_0 を算出することが可能であるが、本実施形態においては、撮影情報取得部 32 が取得した撮影情報に基づいて、局所移動ベクトル V_0 を算出する。具体的には、撮影情報

50

に応じて、局所移動ベクトルV₀の算出の手法を切り換える。例えば、撮影状況の情報が撮影枚数が多く撮影時間が長い、撮影間隔が長いおよび被写体の固定がない等の情報を含む場合、あるいは撮影対象の情報が撮影部位が胸部（長尺撮影でない場合）や全脊椎（長尺撮影の場合）である、被写体である患者が重症であり、撮影中に体を静止した状態に保持できない等の情報を含む場合は、体動が大きいと想定される。このため、撮影情報から体動が大きいと想定される場合には、局所移動ベクトル算出部34は、探索範囲Rを大きくしたり、重複領域を多重解像度変換してテンプレートマッチングを行うに際しては、より低解像度まで多重解像度変換を行ったりする。これにより、より精度良く局所移動ベクトルV₀を算出できる。なお、撮影時間が長いか否か、および撮影間隔が長いか否かはしきい値を用いて判断すればよい。

10

【0053】

なお、逆に、撮影情報が体動が小さいと想定される情報を含む場合には、探索範囲Rを小さくしたり、多重解像度変換の回数を少なくするか、多重解像度変換を行わないようすればよい。ここで、局所移動ベクトル算出部34は、体動が大きいか否かを判定するのみならず、段階的に体動の大きさを判定するようにしてもよい。この場合、体動の大きさに応じて段階的に探索範囲Rのサイズを変更したり、多重解像度変換の回数を段階的に変更したりすればよい。

20

【0054】

また、撮影情報が、2次元構造が多いと想定される撮影部位（例えば胸部、全脊椎等）の情報を含む場合、テンプレートマッチングの際に、相関値が最大となる位置に基づいて局所移動ベクトルV₀を算出するものとし、1次元構造が多いと想定される撮影部位（例えば下肢、全下肢等）である場合、相関値は1次元方向に沿ってぶれやすくなるため、重心位置または高相関重心位置に基づいて局所移動ベクトルV₀を算出するものとしてもよい。

30

【0055】

ここで、局所移動ベクトル算出部34は、上記のように撮影情報に基づいて局所移動ベクトルV₀を算出しているが、上記手法のうちのいずれかの手法を用いて局所移動ベクトルV₀を算出するかをあらかじめ定めておくようにしてもよい。この場合、撮影情報取得部32は不要となる。

40

【0056】

体動指標値算出部36は、局所移動ベクトル算出部34が算出した複数の局所移動ベクトルV₀を用いて体動指標値を算出する。まず、体動指標値算出部36は、平行移動の体動指標値を算出する。なお、平行移動とは、被写体NのFPD110の撮像面102に平行な直線的な動きである。このため、体動指標値算出部36は、局所移動ベクトル算出部34が算出した複数の局所移動ベクトルV₀について、縦ズレ、横ズレおよび頻度を3軸とする3次元ヒストグラムを作成する。ここで、縦ズレおよび横ズレは、放射線画像の重複領域の縦横に対応するものであり、図1に示す座標系を用いることにより、局所移動ベクトルV₀は、横方向をX座標、縦方向をY座標としたXY座標上の2次元のベクトルで表されることとなる。したがって、縦ズレおよび横ズレは、それぞれ局所移動ベクトルV₀のY方向およびX方向の大きさとなる。

【0057】

図6はヒストグラムの例を示す図である。図6に示すようにヒストグラムにおいては、縦ズレおよび横ズレの値に応じた局所移動ベクトルV₀の頻度が表されている。なお、ヒストグラムを作成する際には、局所移動ベクトルV₀算出の基準となる相関値が所定のしきい値以上となる局所移動ベクトルV₀のみを用いてもよい。また、局所移動ベクトルV₀を算出する際に使用したテンプレートT内の画素値の分散値を算出し、分散値が所定のしきい値より小さく、存在するエッジが多いテンプレートTを用いて算出した局所移動ベクトルV₀のみを用いてもよい。

【0058】

そして、体動指標値算出部36はヒストグラムに基づいて体動指標値を算出する。体動

50

指標値の算出方法としては、ヒストグラムの頻度が最大となる局所移動ベクトル V_0 を決定し、その局所移動ベクトル V_0 のヒストグラム上における位置（頻度最大位置）と基準位置（すなわちヒストグラムの原点）との距離を体動指標値として算出する方法が挙げられる。また、頻度が所定のしきい値以上となる局所移動ベクトル V_0 の重心位置（頻度重心位置）を算出し、頻度重心位置と基準位置との距離を体動指標値として算出する方法を用いてもよい。また、局所移動ベクトル V_0 の縦ズレの平均値および横ズレの平均値をそれぞれ算出して局所移動ベクトル V_0 の平均位置を算出し、平均位置と基準位置との距離を体動指標値として算出してもよい。さらに、局所移動ベクトル V_0 の縦ズレの中央値および横ズレの中央値をそれぞれ算出して局所移動ベクトル V_0 の中央位置を算出し、中央位置と基準位置との距離を体動指標値として算出してもよい。

10

【0059】

また、体動指標値算出部36は、被写体Nの3次元的な動きの体動指標値を算出する。なお、3次元的な動きとは、被写体NのねじれおよびFPD110の撮像面102に対する前後方向への倒れの動きである。3次元的な動きの体動指標値は、上述したように算出した局所移動ベクトル V_0 のヒストグラムを用いて算出する。図7は3次元的な動きの体動指標値の算出を説明するための図である。ここで、体動が平行移動のみである場合、ヒストグラムの分布は略一力所に集中するが、体動が3次元的な動きである場合、ヒストグラムの分布は広がることとなる。このため体動指標値算出部36は、ヒストグラムの分布の標準偏差または分散を、3次元的な動きの体動指標値として算出する。なお、標準偏差または分散が大きいほど、3次元的な動きが大きいこととなる。標準偏差または分散を算出する際の中心は、上述した頻度最大位置、頻度重心位置、平均位置および中央位置のいずれかを用いることができる。

20

【0060】

さらに、体動指標値算出部36は、被写体Nの2次元的な動きの体動指標値を算出する。なお、2次元的な動きとは、被写体NのFPD110の撮像面102に平行な面における回転、撮像面102の前後方向への平行移動および撮像面102に平行な方向の平行移動の動きである。なお、撮像面の前後方向への平行移動は、放射線画像においては拡大縮小の体動として現れるため、以降の説明においては、前後方向への移動は拡大縮小の体動として説明する。また、平行移動の動きは、上述したように局所移動ベクトル V_0 を用いて算出できるが、ここでは2次元的な動きとは、回転、拡大縮小および平行移動をすべて含む動きとしてその算出について説明する。

30

【0061】

体動指標値算出部36は、例えば「図形処理工学、山口富士夫、日刊工業新聞社刊、68-82頁、1981年」に記載された式に基づいて、被写体Nの2次元的な動きの体動指標値を算出する。具体的には、上述したように算出した局所移動ベクトル V_0 を2次元アフィン変換の式に適用し、複数の局所移動ベクトル V_0 から最小二乗法を用いて、平行移動、回転および拡大縮小の各要素を体動指標値として算出する。ここで、2次元アフィン変換において、横方向の移動量を t_x 、縦方向の移動量を t_y とすると、平行移動は下記の式(1)により表される。なお、式(1)および以降の式において、 (x, y) は移動前の2次元座標位置、 (x^*, y^*) は移動後の2次元座標位置である。

40

【数1】

$$(x \ y \ 1) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ tx & ty & 1 \end{pmatrix} = (xt^* \ yt^* \ 1) \quad (1)$$

ここで $I = (x \ y \ 1)$

$$Ht = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ tx & ty & 1 \end{pmatrix}$$

 $It^* = (xt^* \ yt^* \ 1)$ とすると、式(1)は

$$IHt = It^* \quad (1')$$

となる。

【0 0 6 2】

また2次元アフィン変換において、回転角を θ とすると、回転移動は下記の式(2)により表される。

【数2】

$$(x \ y \ 1) \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ x_{0\theta}(1 - \cos\theta) + y_{0\theta}\sin\theta & y_{0\theta}(1 - \cos\theta) - x_{0\theta}\sin\theta & 1 \end{pmatrix} = (x_\theta^* \ y_\theta^* \ 1) \quad (2)$$

但し $x_{0\theta}, y_{0\theta}$ は回転中心ここで $I = (x \ y \ 1)$

$$H_\theta = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ x_{0\theta}(1 - \cos\theta) + y_{0\theta}\sin\theta & y_{0\theta}(1 - \cos\theta) - x_{0\theta}\sin\theta & 1 \end{pmatrix}$$

 $I_\theta^* = (x_\theta^* \ y_\theta^* \ 1)$ とすると、式(2)は

$$IH_\theta = I_\theta^* \quad (2')$$

となる。

【0 0 6 3】

また、2次元アフィン変換において、拡大縮小のための拡大縮小パラメータを a (X方向), d (Y方向) とすると、拡大縮小は下記の式(3)により表される。

【数3】

$$(x \ y \ 1) \begin{pmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & d & 0 \\ x_{0ad}(1-a) & y_{0ad}(1-d) & 1 \end{pmatrix} = (x_{ad}^* \ y_{ad}^* \ 1) \quad (3)$$

但し x_{0ad} , y_{0ad} は拡大中心

ここで $I = (x \ y \ 1)$

10

$$H_{ad} = \begin{pmatrix} a & 0 & 0 \\ 0 & d & 0 \\ x_{0ad}(1-a) & y_{0ad}(1-d) & 1 \end{pmatrix}$$

$I_{ad}^* = (x_{ad}^* \ y_{ad}^* \ 1)$ とすると、式(3)は

$$IH_{ad} = I_{ad}^* \quad (3')$$

20

となる。

【0 0 6 4】

式(1) ~ (3)をまとめると、

【数4】

$$IH = I^* \quad (4)$$

$$H = H_t H_\theta H_{ad}$$

30

【0 0 6 5】

となり、Hは9個の要素からなる行列となる。ここで、局所移動ベクトルV₀は、($x^* - x$, $y^* - y$)と表すことができるため、複数の局所移動ベクトルV₀を上記の式(4)に適用し、最小二乗法により9個の要素を求めるこことにより、平行移動量、回転角度および拡大縮小パラメータを算出することができる。このようにして求めた平行移動量、回転角度および拡大縮小パラメータが2次元的な動きの体動指標値となる。なお、本実施形態においては、以降の処理において、平行移動の体動指標値は上述したようにヒストグラムに基づいて算出されたものを用いるものとし、2次元的な動きの体動指標値としては、回転角度および拡大縮小パラメータのみを用いるものとする。

【0 0 6 6】

ここで、体動指標値算出部36は、上記のように平行移動および3次元的な動きについて、各種手法を用いて体動指標値を算出することが可能であるが、本実施形態においては、撮影情報取得部32が取得した撮影情報に基づいて、体動指標値を算出する。具体的には、撮影情報に応じて体動指標値の算出の手法を切り換える。例えば、平行移動の体動指標値については、撮影部位が下肢（長尺撮影でない）や全下肢（長尺撮影）の場合、心臓または腸にたまたまガスのように被写体Nの体動とは別に動く構造物が含まれないため、撮影情報が、撮影部位が下肢である旨の情報を含む場合には、体動指標値を平均位置および中央位置を用いて算出することにより、できるだけ多くの局所移動ベクトルV₀を用いた指標値を算出する。また、3次元的な動きの体動指標値については、平均位置および中央位置を標準偏差または分散を算出する際の中心として用いることにより体動指標値を算出する。

40

50

【 0 0 6 7 】

一方、撮影部位が胸部（長尺撮影でない）や全脊椎（長尺撮影）の場合、心臓または腸にたまつたガスのように被写体Nの体動とは別に動く構造物が含まれる。このため、撮影情報が、撮影部位が胸部である旨の情報を含む場合には、平行移動の体動指標値については、体動指標値を頻度最大位置または頻度重心位置を用いて算出することにより、局所的な動きに影響されないように指標値を算出することができる。また、3次元的な動きの体動指標値については、頻度最大位置または頻度重心位置を標準偏差または分散を算出する際の中心として用いることにより体動指標値を算出する。

【 0 0 6 8 】

なお、体動指標値算出部36は、平行移動、3次元の動きおよび2次元の動きのすべての体動指標値を算出しているが、平行移動、3次元の動きおよび2次元の動きの少なくとも2つの体動指標値を算出するものであってもよい。しかしながら、平行移動の体動指標値を含むものであることが好ましい。

10

【 0 0 6 9 】

ここで、体動指標値算出部36は、上記のように撮影情報に基づいて体動指標値を算出しているが、上記手法のうちのいずれかの手法を用いて体動指標値を算出するかをあらかじめ定めておくようにしてもよい。この場合、撮影情報取得部32は不要となる。

【 0 0 7 0 】

後処理選択部39は、上述したように算出した被写体の動きに応じた複数種類の体動指標値に基づいて、後段で行う処理を選択する。このために、後処理選択部39は、まず体動指標値算出部36が算出した体動指標値をしきい値と比較し、体動指標値がしきい値以上の場合に体動があると判別する。なお、本実施形態においては、平行移動、3次元の動きおよび2次元の動きの複数の体動指標値が算出されているため、そのそれぞれについての体動指標値を、それぞれに応じたしきい値と比較して、個別に体動の有無を判別する。さらに、2次元の動きについては、回転および拡大縮小のそれぞれについてしきい値を用意しておき、回転および拡大縮小のそれぞれについて体動の有無を判別する。

20

【 0 0 7 1 】

ここで、本実施形態においては、後処理選択部39は、撮影情報取得部32が算出した撮影情報に基づいて、体動指標値をしきい値と比較することにより体動の有無を判別する。具体的には、撮影情報に応じてしきい値の大きさを切り換える。例えば、撮影部位が下肢（長尺撮影でない）や全下肢（長尺撮影）の場合、心臓または腸にたまつたガスのように被写体Nの体動とは別に動く構造物が含まれない。これに対して、撮影部位が胸部（長尺撮影でない）や全脊椎（長尺撮影）の場合、心臓または腸にたまつたガスのように被写体Nの体動とは別に動く構造物が含まれる。このため、撮影情報が、撮影部位が胸部である旨の情報を含む場合には、撮影部位が下肢の場合よりも判別のためのしきい値を大きくする。これにより、局所的な動きに影響されることなく、体動の有無を判別できる。

30

【 0 0 7 2 】

また、撮影部位が全脊椎（長尺撮影）である場合のように、要求される検出体動量が小さい撮影部位である場合には、しきい値を小さく設定し、撮影部位が全下肢（長尺撮影）である場合のように検出体動量が大きい撮影部位である場合には、しきい値を大きく設定する。

40

【 0 0 7 3 】

なお、撮影情報に基づくことなく、あらかじめ定められたしきい値を用いて体動の有無を判別してもよい。この場合、撮影情報取得部32は不要となる。

【 0 0 7 4 】

さらに、後処理選択部39は、体動補正部40において体動補正を行うか否かを選択する。具体的には、3次元的な動きの体動があると判別した場合には、平行移動および2次元的な動きの体動の有無に拘わらず体動補正を行わない。また、2次元的な動きの体動があると判別した場合にも、平行移動および3次元的な動きの体動の有無に拘わらず体動補正を行わない。なお、平行移動の体動については、3次元的な動きの体動および2次元的

50

な動きの体動がないと判別された場合にのみ、体動の有無に拘わらず体動補正を行う。すなわち、3次元的な動きおよび2次元的な動きのいずれかの体動があると判別された場合以外は体動補正を行う。

【0075】

また、後処理選択部39は、体動の有無の判別結果および体動指標値に基づいて、体動補正を行うと選択した場合の体動補正の方法を選択する。ここで、本実施形態においては、体動指標値をしきい値と比較し、体動指標値がしきい値未満となった場合に体動無しと判別しているため、体動無しと判別された場合でも、体動指標値は0でないことから体動は生じているものである。このため、3次元的な動きの体動が生じている場合には、非線形ワーピングを選択する。また、2次元的な動きにおける回転の体動が生じている場合には、上記式(2)を用いて回転により体動補正を行う方法を選択する。また、2次元的な動きにおける拡大縮小の体動が生じている場合には、上記式(3)を用いて拡大縮小により体動補正を行う方法を選択する。なお、2次元的な動きの体動が生じている場合には、非線形ワーピングを行う方法を選択してもよい。また、3次元的な動きおよび2次元的な動きの体動の双方が生じている場合には、非線形ワーピングを行う方法を選択する。なお、これ以外の場合には、局所移動ベクトル V_0 の方向に基づいて、平行移動の体動補正を行う方法を選択する。

10

【0076】

また、後処理選択部39は、体動の有無の判別結果および体動指標値に基づいて、後述する画像表示部60に表示する体動指標値を選択する。具体的には、3次元的な動きの体動があると判別した場合あるいは3次元的な動きの体動がないと判別したが、3次元的な動きの体動が生じている場合には、3次元的な動きの体動指標値(すなわち標準偏差または分散)を表示することを選択する。また、2次元的な動きにおける回転の体動があると判別した場合あるいは回転の体動がないと判別したが回転の体動が生じている場合には、回転の体動指標値(すなわち回転角)を表示することを選択する。また、2次元的な動きにおける拡大縮小の体動があると判別した場合あるいは拡大縮小の体動がないと判別したが拡大縮小の体動が生じている場合には、拡大縮小の体動指標値(すなわちパラメータ a, d)を表示することを選択する。なお、平行移動の体動については、平行移動の体動指標値を表示することを選択する。

20

【0077】

次に、体動補正部40による体動の補正について説明する。体動補正部40は、後処理選択部39が体動補正を行うと選択した場合において、さらに後処理選択部39が選択した体動補正の方法を用いて、被写体Nの体動に起因する画像歪みを解消するための補正を放射線画像に対して行う。ここで、平行移動の体動補正が選択された場合について説明すると、図8(a)に示すように、平行移動の体動指標値が検出されていることとなるため、図8(b)に示すように、体動指標値すなわち局所移動ベクトル V_0 に基づいて、2つの放射線画像 S_1, S_2 を相対的にずらすことにより体動補正を行う。また、非線形ワーピングが選択された場合には、複数の放射線画像を相対的に非線形ワーピングすることにより体動補正を行う。また、回転または拡大縮小の体動補正が選択されている場合には、上記式(2)または式(3)を用いて体動補正を行う。

30

【0078】

画像合成部42は、体動補正済みの放射線画像をつなぎ合わせるように合成して合成画像C1を生成する。

40

【0079】

警告部44は、後述するように体動が大きい場合に警告を行う。

【0080】

なお、放射線画像撮影装置150の全体の動作は、コンソール70によって制御される。したがってコンソール70には、被写体Nに関する情報や長尺の放射線画像を得るための撮影条件等が入力され、それらの情報は長尺撮影制御部50や、コリメータ112によって定められる放射線照射範囲等を設定するための撮影調節部(図示せず)等に入力され

50

る。この撮影調節部は、例えば4回の放射線撮影毎に所定サイズの合成用放射線画像が得られるように、各放射線撮影時の放射線源100の位置やコリメータ112の状態、そしてFPD110の位置等を調節するフレーム割りを行う。その後、コンソール70からの指令により、4つの放射線画像を撮影する動作が実行される。

【0081】

ここで、複数回撮影される放射線画像のサイズを決定するには、上述のようにコリメータ112等によって放射線照射範囲を規定する他、各回の撮影で得られた放射線画像の一部分を切り出して各画像部分の長さ、幅を調節するようにしてもよい。

【0082】

次いで、第1の実施形態において行われる処理について説明する。図9は第1の実施形態において行われる処理を示すフローチャートである。まず、FPD110を移動させつつ長尺撮影を行い、移動の各位置における放射線画像を取得する(ステップST1)。そして、局所移動ベクトル算出部34が、隣接する2つの放射線画像の重複領域における局所移動ベクトルV0を算出し(ステップST2)、体動指標値算出部36が体動指標値を算出する(ステップST3)。

【0083】

続いて、後処理選択部39が、体動指標値に基づいて体動の有無を判別する(ステップST4)。そして、後処理選択部39が、体動の有無の判別結果および体動指標値に基づいて、画像表示部60に表示する体動指標値を選択し(ステップST5)、体動の有無の判別結果に応じて体動補正を行うか否かを選択する(ステップST6)。ステップST6が肯定されると、後処理選択部39は、体動補正の方法を選択し(ステップST7)、体動補正に使用する体動指標値および選択した体動補正の方法の情報を体動補正部40に、表示すると選択した体動指標値を画像表示部60にそれぞれ出力する(情報出力、ステップST8)。

【0084】

次いで、後処理選択部39が選択した体動補正の方法を用いて、体動補正部40が複数の放射線画像の体動を補正し(ステップST9)、画像合成部42が体動補正済みの放射線画像を合成して合成画像C1を生成する(ステップST10)。そして、画像表示部60が合成画像C1を、表示すると選択された体動指標値とともに表示し(ステップST11)、処理を終了する。

【0085】

図10は画像表示部60の表示画面における表示の例を示す図である。図10に示すように表示画面61には、合成画像C1を表示する画像表示領域62と、体動指標値を表示する体動指標値表示領域63とが表示される。なお、体動指標値表示領域63には、表示すると選択された体動指標値のみが表示される。図10においては、平行移動、3次元的な動き、並びに2次元的な動きの回転および拡大縮小の体動指標値が表示された状態を示している。なお、図11に示すように、画像表示領域62に表示された合成画像C1の重複領域にカーソルを近づけると、体動指標値をポップアップ表示するようにしてもよい。

【0086】

一方、ステップST6が否定されると、後処理選択部39は、体動補正を行わない旨の選択結果を警告部44に、表示すると選択した体動指標値を画像表示部60に出力する(情報出力、ステップST12)。警告部44は、音声メッセージ(警告音声を含む)やブザー音(警告音)により警告を行う(ステップST13)。さらに画像表示部60が表示すると選択された体動指標値を表示し(ステップST14)、処理を終了する。この場合、音声メッセージは、例えば「体動が大きいため、撮影をやり直して下さい」等、操作者に再撮影を促す内容のものを用いればよい。また、画像表示部60の表示画面上に警告マークや警告メッセージを表示するようにしてもよい。また、音および表示の双方によって警告を発生するようにしてもよい。

【0087】

このように、本実施形態においては、複数の放射線画像の撮影時における被写体の体動

に応じた複数種類の体動指標値を取得するようにしたため、平行移動、3次元的な動きおよび2次元的な動きという、被写体の体動に応じた適切な体動指標値を取得することができ、その結果、精度よく体動を検出することができる。また、検出した体動指標値に基づいて、後段で行われる体動補正実行の有無の選択、体動補正方法の選択および表示する体動指標値を選択する処理を適切に行うことができる。

【0088】

次いで、本発明の第2の実施形態について説明する。図12は本発明の第2の実施形態による体動検出装置を適用した放射線画像撮影装置の構成を示す概略図である。なお、第2の実施形態において第1の実施形態と同一の構成については同一の参照番号を付与し、ここでは詳細な説明は省略する。第2の実施形態による放射線画像撮影装置150Aは、後処理選択部39Aが、平行移動、3次元の動きおよび2次元の動きの体動指標値のうちの、最も大きい体動指標値を主たる体動指標値に決定し、主たる体動指標値に基づいて体動補正の実施の選択、体動補正方法の選択および表示する体動指標値の選択を行うようにした点が第1の実施形態と異なる。

10

【0089】

すなわち、第2の実施形態においては、後処理選択部39Aは、体動指標値算出部36が算出した平行移動、3次元の動きおよび2次元の動きの体動指標値の大きさを判定する。この場合、平行移動、3次元の動きおよび2次元の動きの体動指標値は単位が異なるため、単位を正規化して体動指標値の大きさを判定すればよい。そして最も大きい体動指標値を主たる体動指標値に決定し、主たる体動指標値に基づいて、体動補正の実施の選択を行う。すなわち、主たる体動指標値が3次元的な動きまたは2次元的な動きの体動指標値である場合、その体動指標値をしきい値と比較して、体動補正を行うか否かを選択する。なお、主たる体動指標値が平行移動である場合は、3次元的な動きの体動および2次元的な動きの体動がないと判別された場合に、体動補正を行うことを選択する。

20

【0090】

また、体動補正を実施すると選択した場合には、体動補正の方法を選択する。すなわち、主たる体動指標値が3次元的な動きの体動指標値である場合には、非線形ワーピングを選択する。また、主たる体動指標値が2次元的な動きにおける回転の体動指標値である場合には、上記式(2)を用いて回転により体動補正を行う方法を選択する。また、主たる体動指標値が2次元的な動きにおける拡大縮小の体動指標値である場合には、上記式(3)を用いて拡大縮小により体動補正を行う方法を選択する。なお、2次元的な動きの体動が生じている場合には、非線形ワーピングを行う方法を選択してもよい。さらに、主たる体動指標値が平行移動の体動指標値である場合には、局所移動ベクトルV0の方向に基づいて、平行移動の体動補正を行う方法を選択する。

30

【0091】

次いで、本発明の第2の実施形態において行われる処理について説明する。図13は第2の実施形態において行われる処理を示すフローチャートである。まず、FPD110を移動させつつ長尺撮影を行い、移動の各位置における放射線画像を取得する(ステップST21)。そして、局所移動ベクトル算出部34が、隣接する2つの放射線画像の重複領域における局所移動ベクトルV0を算出し(ステップST22)、体動指標値算出部36が体動指標値を算出する(ステップST23)。

40

【0092】

続いて、後処理選択部39は、体動指標値の大きさを比較して、主たる体動指標値を決定する(ステップST24)。さらに、後処理選択部39は、主たる体動指標値に基づいて体動の有無を判別する(ステップST25)。そして、後処理選択部39は、主たる体動指標値を画像表示部60に表示する体動指標値として選択し(ステップST26)、主たる体動指標値の体動の有無の判別結果に応じて体動補正を行うか否かを選択する(ステップST27)。ステップST27が肯定されると、後処理選択部39は、主たる体動指標値に基づいて体動補正の方法を選択し(ステップST28)、主たる体動指標値および選択した体動補正の方法の情報を体動補正部40に、表示すると選択した主たる体動指標

50

値を画像表示部 6 0 にそれぞれ出力する（情報出力、ステップ S T 2 9）。

【 0 0 9 3 】

次いで、後処理選択部 3 9 が選択した体動補正の方法を用いて、体動補正部 4 0 が複数の放射線画像の体動を補正し（ステップ S T 3 0）、画像合成部 4 2 が体動補正済みの放射線画像を合成して合成画像 C 1 を生成する（ステップ S T 3 1）。そして、画像表示部 6 0 が合成画像 C 1 を、表示すると選択された体動指標値とともに表示し（ステップ S T 3 2）、処理を終了する。

【 0 0 9 4 】

一方、ステップ S T 2 7 が否定されると、後処理選択部 3 9 は、体動補正を行わない旨の選択結果を警告部 4 4 に、表示すると選択した主たる体動指標値を画像表示部 6 0 に出力する（情報出力、ステップ S T 3 3）。警告部 4 4 は、音声メッセージ（警告音声を含む）やブザー音（警告音）により警告を行う（ステップ S T 3 4）。さらに画像表示部 6 0 が表示すると選択された体動指標値を表示し（ステップ S T 3 5）、処理を終了する。

10

【 0 0 9 5 】

なお、上記第 1 の実施形態においては、後処理選択部 3 9 が複数種類の体動補正方法を選択する場合がある。例えば、平行移動、3 次元的な動きおよび 2 次元的な動きのすべてが生じている場合には、平行移動、非線形ワーピング、回転および拡大縮小のすべての体動補正方法が選択される。なお、2 次元的な動きについては、非線形ワーピングが選択される場合もある。このため、体動補正部 4 0 においては、後処理選択部 3 9 が選択した複数の体動補正方法について、取り得るすべての組み合わせまたは任意の組み合わせの体動補正方法を用いて体動補正を行うようにしてもよい。例えば、平行移動、非線形ワーピング、回転および拡大縮小のすべての体動補正方法が選択されている場合は、体動補正の方法は 4 種類あるため、4 種類すべての体動補正方法（1 通り）、4 種類のうちの 3 種類の体動補正方法（4 通り）、4 種類のうちの 2 種類の体動補正方法（6 通り）、4 種類のうちの 1 種類の体動補正方法（4 通り）の合計 15 通りの体動補正方法により体動補正を行うことが可能である。

20

【 0 0 9 6 】

この場合、体動補正部 4 0 は、15 通りのすべての体動補正方法またはこれらのうちの任意の数の体動補正方法を用いて体動補正を行う。画像合成部 4 2 は行われたすべての体動補正方法により補正された放射線画像を用いて複数の合成画像を生成する。そして、画像表示部 6 0 は、複数の合成画像を表示する。図 1 4 は複数の合成画像を表示した状態を示す図である。なお、図 1 4 においては、6 通りの体動補正が行われた場合における 6 つの合成画像を表示した状態を示している。図 1 4 に示すように、表示画面 6 1 の画像表示領域 6 2 には、複数の合成画像の縮小画像が一覧として表示される。この場合、複数の合成画像のうち、選択された合成画像を拡大して表示することが好ましい。これにより、操作者は好ましい補正方法により補正された合成画像を選択することができる。なお、この場合、図 1 5 に示すように、最も好ましい体動補正方法により補正された合成画像以外の画像をグレーアウトさせるようにしてもよい。なお、図 1 5 においてはグレーアウトした状態を斜線を付与することにより示している。

30

【 0 0 9 7 】

ここで、上記第 1 および第 2 の実施形態においては、平行移動、3 次元的な動きおよび 2 次元的な動きの体動指標値を算出しているが、とくに長尺撮影時における体動は、F P D 1 1 0 に対する被写体の縦横方向の移動、すなわち平行移動が主なものであることが分かっている。また、平行移動の体動は、複数の放射線画像を相対的にずらすことにより補正することができるため、放射線画像の画質を劣化させることがない。これにより、計測および診断に影響がない範囲の平行移動の体動であることが分かれれば、平行移動の体動を補正しても、放射線画像を合成することにより得られる合成画像の読影に影響を与えない。したがって、長尺撮影中に体動が平行移動であり、かつ計測および診断に影響がない範囲の体動であることが分かれれば、放射線画像を補正しても合成画像の読影に影響を与えないことから、再度の撮影は不要となり、その結果、被写体である患者が無用に被曝される

40

50

ことを防止できる。

【0098】

このため、体動指標値を算出するに際し、平行移動の体動指標値のみを算出するよう 10 してもよい。以下、これを第3の実施形態として説明する。なお、第3の実施形態においては、上記第1および第2の実施形態における体動指標値算出部36において行われる処理のみが異なるため、ここでは構成についての詳細な説明は省略する。

【0099】

第3の実施形態においては、体動指標値算出部36は、平行移動の体動指標値のみを算出する。具体的には、局所移動ベクトル算出部34が算出した複数の局所移動ベクトルV0を用いて図6に示すヒストグラムを作成し、ヒストグラムに基づいて平行移動の体動指標値を算出する。ここで、撮影部位が胸部（長尺撮影でない）や全脊椎（長尺撮影）の場合、心臓または腸にたまたまガスのように被写体Nの体動とは別に動く構造物が含まれる。すなわち、被写体Nを剛体と見なした場合における被写体Nの姿勢に関する動き以外の、局所的な動きが含まれる。体動指標値算出部34は、作成したヒストグラムにおける頻度最大位置または頻度重心位置を用いて体動指標値を算出する。なお、頻度が大きいほど重みづけを大きくしたヒストグラムの重みづけ平均値を体動指標値として算出するよう 20 してもよい。

【0100】

これにより、被写体Nを剛体と見なした場合における被写体Nの姿勢に関する動きである平行移動の体動指標値のみを、局所的な動きに影響されないように算出することができる。

【0101】

なお、平行移動の体動指標値を算出する手法は、ヒストグラムを用いる手法に限定されるものではない。例えば、複数の局所移動ベクトルV0を方向および大きさ毎にクラスタリングすることにより局所移動ベクトルV0を分離し、分離した局所移動ベクトルV0のうち、大きさが所定のしきい値未満の局所移動ベクトルV0を除去する、あるいは局所移動ベクトルV0の大きさが大きいほど重みづけを大きくする等の手法を用いることにより、局所的な動きを抑制して、平行移動の体動指標値を算出することが可能である。

【0102】

次いで、第3の実施形態において行われる処理について説明する。図16は第3の実施形態において行われる処理を示すフローチャートである。まず、FPD110を移動させつつ長尺撮影を行い、移動の各位置における放射線画像を取得する（ステップST41）。そして、局所移動ベクトル算出部34が、隣接する2つの放射線画像の重複領域における局所移動ベクトルV0を算出し（ステップST42）、体動指標値算出部36が平行移動の体動指標値を算出する（ステップST43）。

【0103】

続いて、後処理選択部39が、体動指標値に基づいて体動の有無を判別する（ステップST44）。そして、後処理選択部39が、体動の有無の判別結果に応じて体動補正を行うか否かを選択する（ステップST45）。ステップST45が肯定されると、後処理選択部39は、平行移動の体動指標値の情報を体動補正部40および画像表示部60にそれぞれ出力する（情報出力、ステップST46）。

【0104】

次いで、体動補正部40が複数の放射線画像の平行移動の体動を補正し（ステップST47）、画像合成部42が体動補正済みの放射線画像を合成して合成画像C1を生成する（ステップST48）。そして、画像表示部60が合成画像C1を平行移動の体動指標値とともに表示し（ステップST49）、処理を終了する。

【0105】

一方、ステップST45が否定されると、後処理選択部39は、体動補正を行わない旨の選択結果を警告部44に、平行移動の体動指標値を画像表示部60に出力する（情報出力、ステップST50）。警告部44は、音声メッセージ（警告音声を含む）やブザー音

(警告音)により警告を行う(ステップST51)。さらに画像表示部60が平行移動の体動指標値を表示し(ステップST52)、処理を終了する。

【0106】

これにより、第3の実施形態においては、被写体の平行移動の動きを精度よく体動を検出することができる。また、検出した平行移動の体動指標値に基づいて、後段で行われる体動補正実行の有無の選択を選択する処理を適切に行うことができる。

【0107】

なお、上記第1から第3の実施形態においては、長尺撮影により取得した放射線画像についての体動指標値を取得しているが、体動検出部30のみを単独で使用することにより、エネルギーサブトラクション撮影、経時サブトラクション撮影、およびトモシンセシス撮影および連写撮影等、同一被写体についてショット間で体動が生じる可能性がある撮影により取得した放射線画像についても、上記第1および第2の実施形態と同様に、撮影情報に基づく局所移動ベクトルV0の算出、体動指標値の算出および体動の有無の判別を行うことができる。

10

【0108】

また、上記第1から第3の実施形態においては、FPD110の移動中、すなわち撮影中において、2回目以降の移動の各位置毎、すなわち2回目の撮影以降の各撮影毎に、隣接する2つの放射線画像の重複領域に基づいて体動指標値の算出および体動の有無の判別を行い、体動ありと判別された場合に警告を発生するようにしてもよい。

20

【0109】

この場合、操作者は、長尺撮影中に警告等によって被写体Nの体動を確認すると、コンソール70に設けられた緊急停止スイッチを操作することによって、撮影を途中で停止させることができる。これにより、合成ができないほどの体動量があるにも拘わらず撮影を続けることにより、被写体Nが無用に被曝されることを防止できる。

30

【0110】

また、長尺撮影中に被写体の体動ありと判別された場合には、警告を発生させるようになつたが、警告の発生とともに、その後の撮影を自動的に停止させるようにしてもよい。これにより、操作者が警告等によって被写体の体動を確認してから、直ちに緊急停止スイッチを操作する必要がなくなり、あるいは緊急停止スイッチが操作されるまでの間に次の撮影が行われることを防止することができ、その結果、操作者に負担をかけることなく、被写体が無用に被曝されることを防止できる。

30

【0111】

また、上記第1および第2の実施形態においては、後処理選択部39において、体動補正の実施の有無の選択、体動補正方法の選択および画像表示部60に表示する体動指標値の選択を行っているが、これらのうちのいずれか1つまたは任意の組み合わせについての選択を行うようにしてもよい。

40

【0112】

以上、本発明の実施形態に係る装置150について説明したが、コンピュータを、上記の撮影情報取得部32、局所移動ベクトル算出部34、体動指標値算出部36、および後処理選択部39に対応する手段として機能させ、図9, 13, 16に示すような処理を行わせるプログラムも、本発明の実施形態の1つである。また、そのようなプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体も、本発明の実施形態の1つである。

【0113】

以下、本発明の実施態様項について説明する。

【0114】

[実施態様項1]

同一被写体に関して複数回の撮影を行うことにより得られた、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得する画像取得手段と、

前記複数の放射線画像における重複領域内の局所的な前記被写体のズレを表す局所移動ベクトルを算出する局所移動ベクトル算出手段と、

50

前記局所移動ベクトルに基づいて前記被写体の姿勢に起因する体動指標値を算出する体動指標値算出手段とを備えたことを特徴とする体動検出装置。

【0115】

「被写体の姿勢に起因する体動指標値」とは、被写体を剛体と見なした場合における、被写体の姿勢に起因する体動の指標値を意味し、被写体内部に含まれる心臓、肺、腸等の内臓の動きに起因する指標値は含まない。

【0116】

[実施態様項2]

前記体動指標値算出手段は、前記被写体の平行移動量の指標値を前記体動指標値として算出する手段であることを特徴とする実施態様項1記載の体動検出装置。

10

【0117】

[実施態様項3]

前記体動指標値算出手段は、さらに前記被写体の3次元的な移動量の指標値および該被写体の2次元的な移動量の指標値の少なくとも一方を前記体動指標値として算出する手段であることを特徴とする実施態様項2記載の体動検出装置。

【0118】

[実施態様項4]

前記体動指標値に基づいて、前記複数の放射線画像に関連する後処理を選択する後処理選択手段をさらに備えたことを特徴とする実施態様項3項記載の体動検出装置。

20

【0119】

[実施態様項5]

前記後処理選択手段は、前記複数の放射線画像に体動補正処理を施すか否かを選択する手段であることを特徴とする実施態様項4記載の体動検出装置。

【0120】

[実施態様項6]

前記後処理選択手段は、前記複数の放射線画像に施す体動補正処理の種類を選択する手段であることを特徴とする実施態様項4または5記載の体動検出装置。

30

【0121】

[実施態様項7]

前記後処理選択手段は、表示する体動指標値の種類を選択する手段であることを特徴とする実施態様項4から6のいずれか1項記載の体動検出装置。

【0122】

[実施態様項8]

前記撮影時の撮影状況および撮影対象を表す撮影情報を取得する撮影情報取得手段をさらに備えたことを特徴とする実施態様項1から7のいずれか1項記載の体動検出装置。

【0123】

[実施態様項9]

前記局所移動ベクトル算出手段は、前記撮影情報に基づいて前記局所移動ベクトルを算出する手段であることを特徴とする実施態様項8記載の体動検出装置。

40

【0124】

[実施態様項10]

前記体動指標値算出手段は、前記撮影情報に基づいて、前記局所移動ベクトルを統合して前記平行移動の体動指標値を算出する手段であることを特徴とする実施態様項8または9記載の体動検出装置。

【0125】

[実施態様項11]

前記撮影情報および前記体動指標値に基づいて、前記被写体の体動の有無を判別する体動判別手段をさらに備えたことを特徴とする実施態様項8から10のいずれか1項記載の体動検出装置。

50

【0126】

[実施態様項12]

前記体動指標値に基づいて、前記被写体の体動の有無を判別する体動判別手段をさらに備えたことを特徴とする実施態様項1から10のいずれか1項記載の体動検出装置。

【0127】

[実施態様項13]

放射線検出器を移動させ、該移動により位置を変える毎に被写体を透過した放射線を該放射線検出器に照射して、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得する放射線画像撮影装置であって、

前記放射線検出器を所定の移動軸に沿って移動させ、該移動により位置を変える毎に前記被写体を透過した放射線を前記放射線検出器に照射する撮影手段と、

前記移動および前記放射線の照射を行う毎に前記放射線検出器から信号を読み出すことにより、前記被写体の複数の放射線画像を取得する放射線画像取得手段と、

実施態様項1から12のいずれか1項記載の体動検出装置とを備えたことを特徴とする放射線画像撮影装置。

【0128】

[実施態様項14]

前記体動が検出された場合に、前記複数の放射線画像の再撮影を補助するための再撮影補助情報を生成する情報生成手段をさらに備えたことを特徴とする実施態様項13記載の放射線画像撮影装置。

【0129】

[実施態様項15]

前記再撮影補助情報を表示する表示手段をさらに備えたことを特徴とする実施態様項14記載の放射線画像撮影装置。

【0130】

[実施態様項16]

前記再撮影補助情報に基づいて、前記再撮影の制御を行う再撮影制御手段をさらに備えたことを特徴とする実施態様項14または15記載の放射線画像撮影装置。

【0131】

[実施態様項17]

同一被写体に関して複数回の撮影を行うことにより得られた、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得し、

前記複数の放射線画像における重複領域内の局所的な前記被写体のズレを表す局所移動ベクトルを算出し、

前記局所移動ベクトルに基づいて前記被写体の姿勢に起因する体動指標値を算出することを特徴とする体動検出方法。

【0132】

[実施態様項18]

同一被写体に関して複数回の撮影を行うことにより得られた、少なくとも一部の領域が重複した複数の放射線画像を取得する手順と、

前記複数の放射線画像における重複領域内の局所的な前記被写体のズレを表す局所移動ベクトルを算出する手順と、

前記局所移動ベクトルに基づいて前記被写体の姿勢に起因する体動指標値を算出する手順とを有することを特徴とする体動検出方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【符号の説明】

【0133】

30 体動検出部

31 画像取得部

32 撮影情報取得部

34 局所移動ベクトル算出部

10

20

30

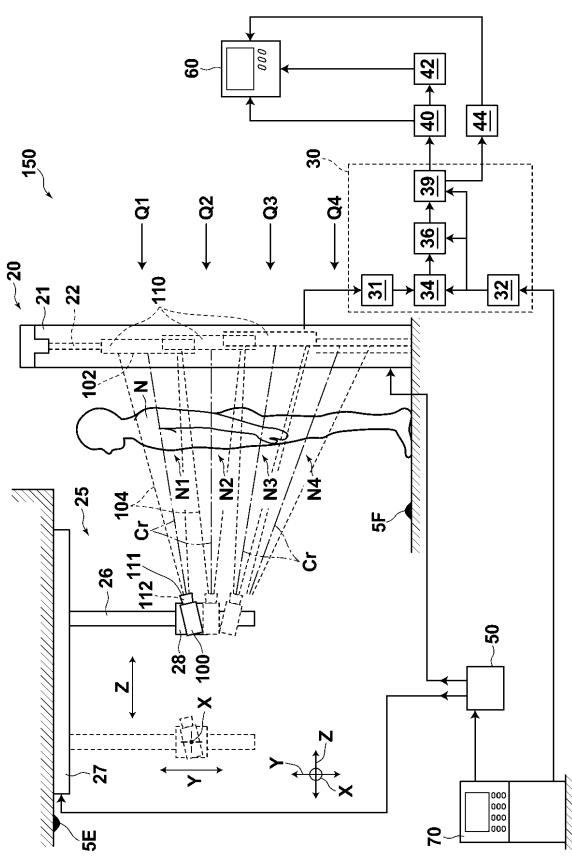
40

50

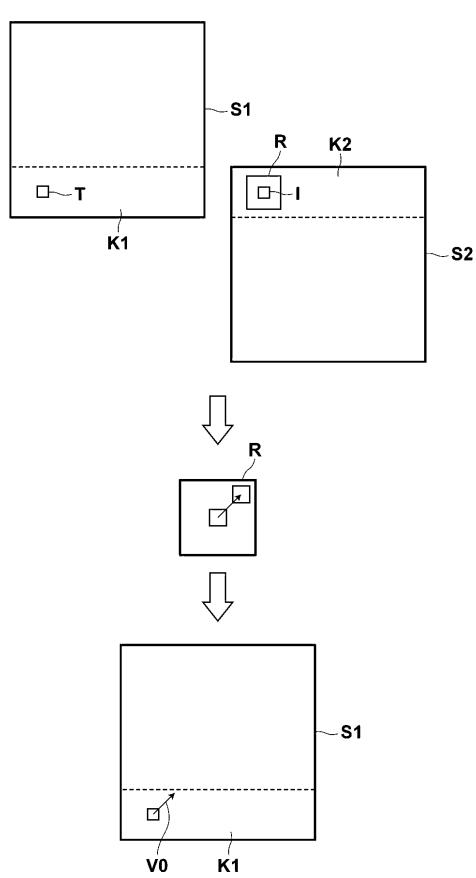
3 6	体動指標値算出部
3 9 , 3 9 A	後処理選択部
4 0	体動補正部
4 2	画像合成部
4 4	警告部
6 0	画像表示部
1 0 0	放射線源
1 0 2	撮像面
1 0 4	放射線
1 1 0	F P D
1 5 0 , 1 5 0 A	放射線画像撮影装置

10

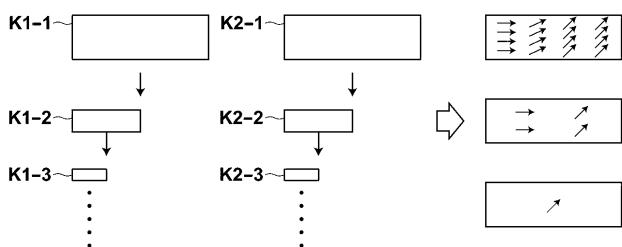
【 四 1 】



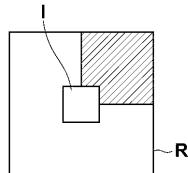
【 図 2 】



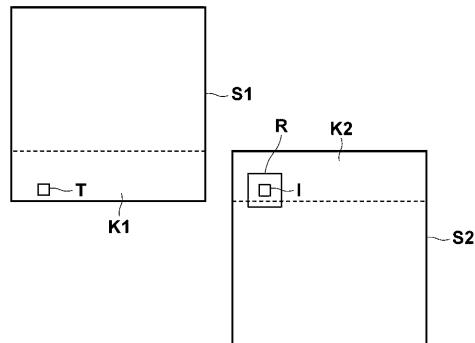
【図3】



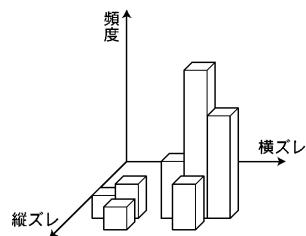
【図4】



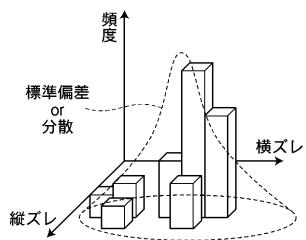
【図5】



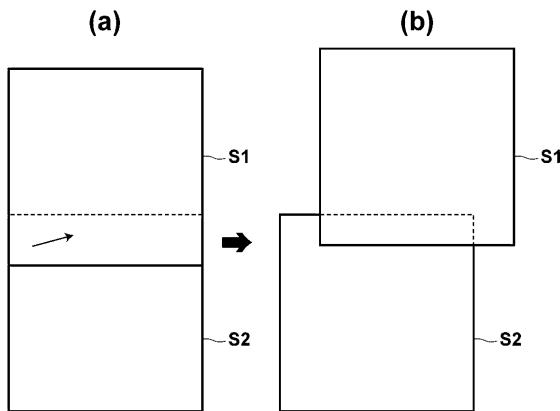
【図6】



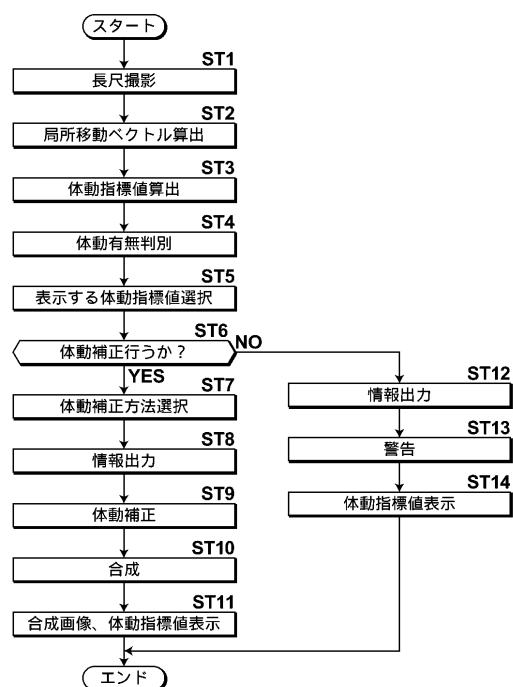
【図7】



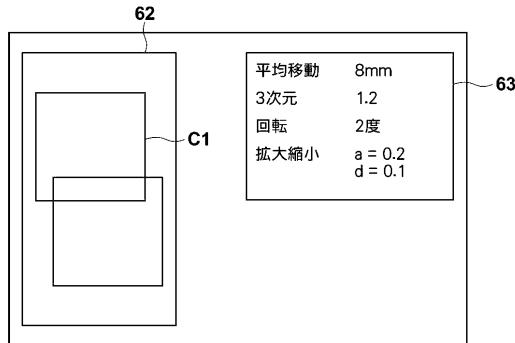
【図8】



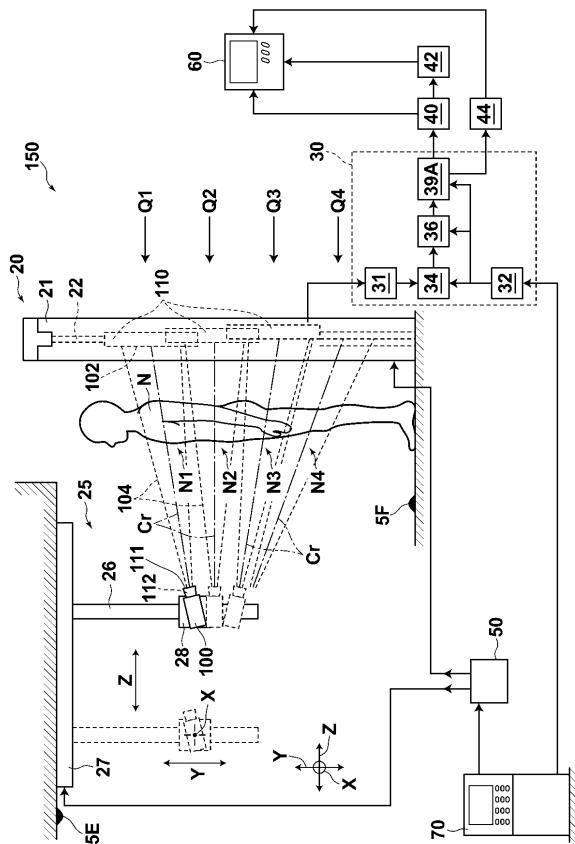
【図9】



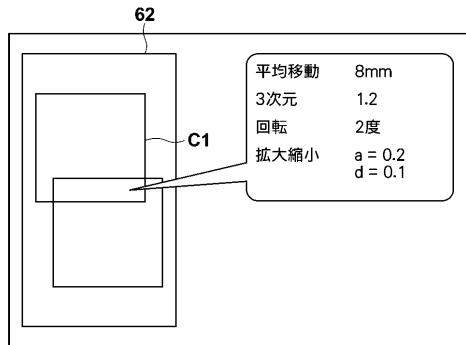
【図 1 0】



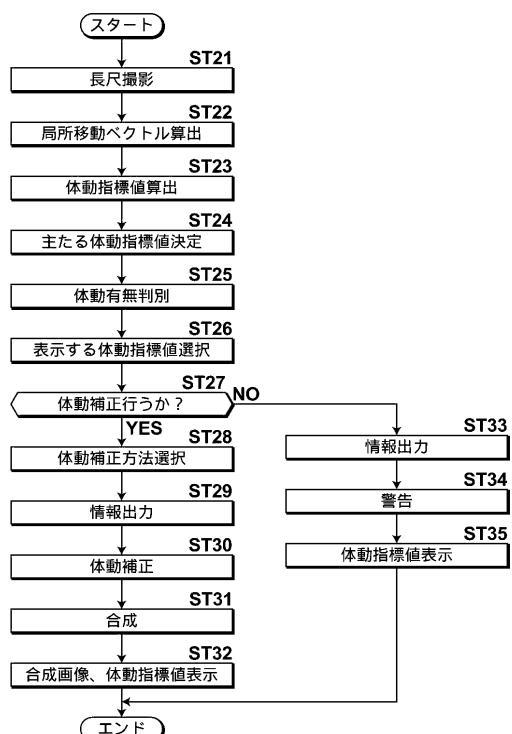
【図 1 2】



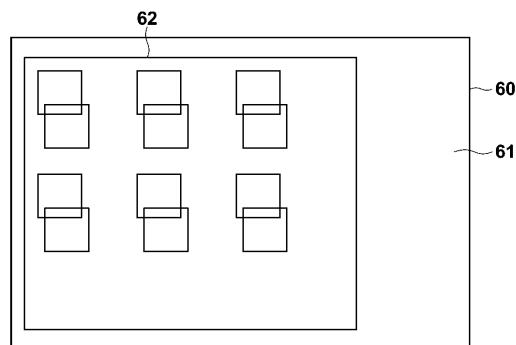
【図 1 1】



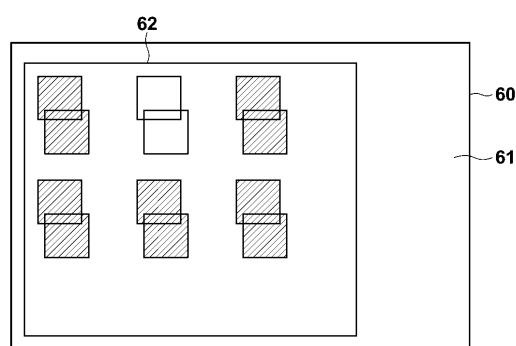
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



【図16】

