

(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2018-89065  
(P2018-89065A)

(43) 公開日 平成30年6月14日(2018.6.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 6/00 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 7 0	4 C 0 8 2
A 6 1 B 6/03 (2006.01)	A 6 1 B 6/03 3 7 7	4 C 0 9 3
A 6 1 N 5/10 (2006.01)	A 6 1 N 5/10 H	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2016-233960 (P2016-233960)  
(22) 出願日 平成28年12月1日 (2016.12.1)

(71) 出願人 000001993  
株式会社島津製作所  
京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地  
301032942  
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号  
(74) 代理人 100101753  
弁理士 大坪 隆司  
(72) 発明者 森 慎一郎  
千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号  
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 放射線医学総合研究所内

最終頁に続く

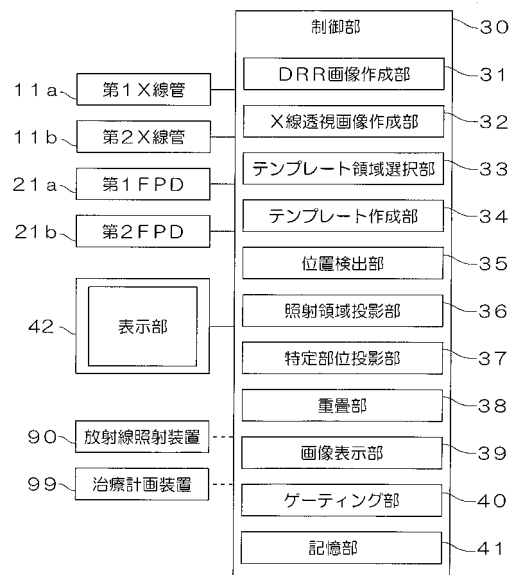
(54) 【発明の名称】 X線透視装置

(57) 【要約】

【課題】 特定部位の領域を考慮して治療ビームを正確に照射することができ、また、好ましくは、特定部位の視認性が低い場合であっても、特定部位の確認を容易に実行することが可能なX線透視装置を提供する。

【解決手段】 この制御部30は、DRR画像作成部31と、X線透視画像作成部32と、テンプレート領域選択部33と、テンプレート作成部34と、位置検出部35と、照射領域投影部36と、特定部位投影部37と、重畳部38と、画像表示部39と、ゲーティング部40と、画像のデータを含む各種のデータを記憶するための記憶部41とを備える。

【選択図】 図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

X線管と、前記X線管から照射され被検者を通過したX線を検出するX線検出器とを備え、前記被検者の特定部位を含むX線透視画像を収集して前記特定部位の位置を検出し、前記特定部位の動きを追跡することにより、放射線照射装置に対して治療ビームの照射信号を送信するX線透視装置であって、

治療計画時に作成された前記被検者のCT画像データ上において登録された前記治療ビームの照射領域に基づいて、前記CT画像データに対して前記X線管と前記X線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記治療ビームの照射領域を表す投影領域を作成する照射領域投影部と、

治療計画時に作成された前記被検者のCT画像データ上において登録された前記特定部位の領域に基づいて、前記CT画像データに対して前記X線管と前記X線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記特定部位の領域を表す投影領域を作成する特定部位投影部と、

前記X線透視画像に対して、前記治療ビームの照射領域を表す投影領域を重畳するとともに、前記X線透視画像に対して、前記特定部位の領域を表す投影領域を前記X線透視画像に基づいて検出した前記特定部位の位置に重畳する重畳部と、

前記重畳部により前記X線透視画像に重畳された前記前記特定部位の領域を表す投影領域が、前記重畳部により前記X線透視画像に重畳された前記治療ビームの照射領域を表す投影領域内に配置されたときに、放射線照射装置に対して前記治療ビームの照射信号を送信するゲーティング部と、

を備えたことを特徴とするX線透視装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 に記載のX線透視装置において、

前記重畳部により前記X線透視画像に対して重畳された前記治療ビームの照射領域を表す投影領域と、前記重畳部により前記X線透視画像に対して重畳された前記特定部位の領域を表す投影領域とを、前記X線透視画像とともに表示部に表示する画像表示部を備えるX線透視装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載のX線透視装置において、

前記X線透視画像から前記特定部位を含む領域を選択するテンプレート領域選択部と、前記テンプレート領域選択部により選択された前記特定部位を含む領域から、前記特定部位を示すテンプレートを作成するテンプレート作成部と、

前記X線透視画像と前記テンプレート作成部で作成されたテンプレートとを使用してテンプレートマッチングを行うことにより、前記X線透視画像における前記特定部位の位置を検出する位置検出部と、

を備えるX線透視装置。

## 【請求項 4】

請求項 3 に記載のX線透視装置において、

前記テンプレート領域選択部は、前記CT画像データに対して前記X線管と前記X線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより作成されたDRR画像、または、前記被検者を予めX線透視して得たX線透視画像を使用して学習させた機械学習により、前記X線透視画像から前記特定部位を含む領域を選択するX線透視装置。

## 【請求項 5】

請求項 4 に記載のX線透視装置において、

前記機械学習は、サポートベクターマシン、決定木、ブースティングまたはニューラルネットワークであるX線透視装置。

## 【請求項 6】

請求項 3 に記載のX線透視装置において

治療計画時に作成された前記被検者のCT画像データに対して前記X線管と前記X線検

10

20

30

40

50

出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記特定部位を含む D R R 画像を作成する D R R 画像作成部と、

前記テンプレート領域選択部により選択された前記特定部位を含む画像と、前記 D R R 画像作成部により作成された D R R 画像に対して前記特定部位投影部において作成された前記特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを、表示部に表示する画像表示部と

を備える X 線透視装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の X 線透視装置において、

治療計画時に作成された前記被検者の C T 画像データに対して前記 X 線管と前記 X 線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記特定部位を含む D R R 画像を作成する D R R 画像作成部と、

前記 X 線透視画像と、前記 D R R 画像作成部により作成された D R R 画像に対して前記特定部位投影部において作成された前記特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを、表示部に表示する画像表示部と、

を備える X 線透視装置。

【請求項 8】

請求項 6 または請求項 7 に記載の X 線透視装置において、

前記 C T 画像データは、前記被検者の連続する複数の呼吸位相における前記特定部位を含む領域の 3 次元の C T 画像データ群からなる 4 次元 C T 画像データであり、

前記 D R R 画像作成部は、前記 X 線透視画像に対応づけられた位相の C T 画像データに基づいて前記特定部位を含む D R R 画像を作成する X 線透視装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の X 線透視装置において、

前記 C T 画像データは、前記被検者の連続する複数の呼吸位相における前記特定部位を含む領域の 3 次元の C T 画像データ群からなる 4 次元 C T 画像データであり、

前記特定部位投影部は、前記 X 線透視画像に対応づけられた位相の C T 画像データに基づいて前記特定部位の領域を表す投影領域を作成する X 線透視装置。

【請求項 10】

X 線管と、前記 X 線管から照射され被検者を通過した X 線を検出する X 線検出器とを備え、前記被検者の特定部位を含む X 線透視画像を収集して前記特定部位の位置を検出し、前記特定部位の動きを追跡することにより、放射線照射装置に対して治療ビームの照射信号を送信する X 線透視装置であって、

治療計画時に作成された前記被検者の C T 画像データ上において登録された前記特定部位の領域に基づいて、前記 C T 画像データに対して前記 X 線管と前記 X 線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記特定部位の領域を表す投影領域を作成する特定部位投影部と、

治療計画時に作成された前記被検者の C T 画像データに対して前記 X 線管と前記 X 線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記特定部位を含む D R R 画像を作成する D R R 画像作成部と、

前記 X 線透視画像から前記特定部位を含む領域を選択するテンプレート領域選択部と、前記テンプレート領域選択部により選択された前記 X 線透視画像における前記特定部位を含む領域の画像と、前記 D R R 画像作成部により作成された D R R 画像に対して前記特定部位投影部において作成された前記特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを、表示部に表示する画像表示部と、

前記テンプレート領域選択部により選択された前記特定部位を含む領域から、前記特定部位を示すテンプレートを作成するテンプレート作成部と、

前記 X 線透視画像と前記テンプレート作成部で作成されたテンプレートとを使用してテンプレートマッチングを行うことにより、前記 X 線透視画像における前記特定部位の位置を検出する位置検出部と、

10

20

30

40

50

を備えたことを特徴とする X 線透視装置。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 に記載の X 線透視装置において、

前記テンプレート領域選択部は、前記 CT 画像データに対して前記 X 線管と前記 X 線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより作成された D R R 画像、または、前記被検者を予め X 線透視して得た X 線透視画像を使用して学習させた機械学習により、前記 X 線透視画像から前記特定部位を含む領域を選択する X 線透視装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載の X 線透視装置において、

前記機械学習は、サポートベクターマシン、決定木、ブースティングまたはニューラルネットワークである X 線透視装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

この発明は、X 線管から照射され被検者を通過した X 線を X 線検出器により検出して被検者の特定部位を含む画像を取得し、この被検者の特定部位を含む画像から特定部位の位置を検出し、特定部位の動きを追跡する X 線透視装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

腫瘍などの患部に対して X 線や陽子線等の放射線を治療ビームとして照射する放射線治療においては、放射線を患部に正確に照射する必要がある。しかしながら、被検者が体を動かしてしまう場合があるばかりではなく、患部自体に動きが生ずる場合がある。例えば、肺の近くの腫瘍は呼吸に基づき大きく移動する。このため、腫瘍の近傍に球形状を有する金製のマーカを留置し、このマーカの位置を X 線透視装置により検出して、治療ビームの照射のタイミングを制御する構成を有するマーカトラッキング方式の放射線照射装置が提案されている（特許文献 1 参照）。

20

【0 0 0 3】

このような放射線照射装置においては、第 1 X 線管と第 1 X 線検出器から成る第 1 X 線透視機構と、第 2 X 線管と第 2 X 線検出器から成る第 2 X 線透視機構とを使用して体内に留置されたマーカを撮影し、第 1 X 線透視機構による二次元の透視画像と第 2 X 線透視機構による二次元の透視画像を利用して三次元の位置情報を得る。そして、連続して X 線透視を行い、リアルタイムでマーカの三次元の位置情報を演算することで、移動を伴う部位のマーカを高精度で検出する。そして、検出されたマーカの位置情報に基づいて治療ビームの照射タイミングを制御することで、腫瘍の動きに応じた高精度の放射線照射を実行することが可能となる。このマーカの位置情報を得るときには、テンプレートを利用したテンプレートマッチングが実行される。

30

【0 0 0 4】

ところで、上述したようにマーカを利用して腫瘍の動きを検出するためには、被検者の体内に、予めマーカを留置する必要がある。一方、近年、患者の腫瘍の領域などの特定部位をマーカのかわりに使用することで、マーカの留置を省略するマーカレストラッキングと称される方法も提案されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【特許文献 1】特許第 3 0 5 3 3 8 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 6】

上述したマーカトラッキング方式を採用した場合においては、点状のマーカを追跡する

50

のに対して、マーカレストラッキングを採用した場合においては、所定の大きさを持った特定部位そのものを追跡する。しかし、従来追跡方法では、例えば、特定部位の中心等の、特定部位におけるいずれか一点の位置を算出する構成となっており、特定部位の領域を直接的に考慮したものではなかった。これに対して、治療ビームを照射する領域は、一定の大きさを持った領域として登録されており、特定部位についても、その領域を考慮することが望まれていた。

【 0 0 0 7 】

また、テンプレートマッチングを利用したマーカトラッキングにおいては、視認性の高いマーカ部分を選択してテンプレートを作成する。これに対し、マーカレストラッキングにおいては、特定部位の位置を選択してテンプレートを作成する。ここで、透視画像中における特定部位は視認性が低い場合が多く、特に、特定部位の境界部分はほとんど視認できない場合が多い。このような場合、特定部位の正確な位置を選択することが困難となり、特定部位の領域からずれた位置を選択してテンプレートが作成されしまう場合がある。このような場合には、テンプレートマッチングの精度が低下するという問題が生ずる。

10

【 0 0 0 8 】

また、特定部位領域の選択は、ユーザーがX線透視画像を見ながら、手動でその位置を指定していたが、正確なテンプレートマッチングを実行するためには、多数のテンプレートを作成する必要があることから、テンプレートの作成に時間を要していた。このため、その間、検診台に固定されたまま待たされる患者に苦痛を与えるだけでなく、治療のスループットも低下するという問題が生ずる。

20

【 0 0 0 9 】

さらに、特定部位の追跡に、テンプレートマッチングではなく、機械学習等の他の追跡方法を使用する場合においても、オペレータが特定部位の追跡を治療直前に確認し、あるいは、治療中に監視するときに、特定部位の視認性が低いことから、特定部位を正しく追跡できているか否かを認識することが困難であるという問題も生ずる。

【 0 0 1 0 】

この発明は上記課題を解決するためになされたものであり、特定部位の領域を考慮して治療ビームを正確に照射することができ、また、好ましくは、特定部位の視認性が低い場合であっても、特定部位の確認を容易に実行することが可能なX線透視装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

第1の発明は、X線管と、前記X線管から照射され被検者を通過したX線を検出するX線検出器とを備え、前記被検者の特定部位を含むX線透視画像を収集して前記特定部位の位置を検出し、前記特定部位の動きを追跡することにより、放射線照射装置に対して治療ビームの照射信号を送信するX線透視装置であって、治療計画時に作成された前記被検者のCT画像データ上において登録された前記治療ビームの照射領域に基づいて、前記CT画像データに対して前記X線管と前記X線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記治療ビームの照射領域を表す投影領域を作成する照射領域投影部と、治療計画時に作成された前記被検者のCT画像データ上において登録された前記特定部位の領域に基づいて、前記CT画像データに対して前記X線管と前記X線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記特定部位の領域を表す投影領域を作成する特定部位投影部と、前記X線透視画像に対して、前記治療ビームの照射領域を表す投影領域を重畳するとともに、前記X線透視画像に対して、前記特定部位の領域を表す投影領域を前記X線透視画像に基づいて検出した前記特定部位の位置に重畳する重畳部と、前記重畳部により前記X線透視画像に重畳された前記特定部位の領域を表す投影領域が、前記重畳部により前記X線透視画像に重畳された前記治療ビームの照射領域を表す投影領域内に配置されたときに、放射線照射装置に対して前記治療ビームの照射信号を送信するゲーティング部と、を備えたことを特徴とする。

40

【 0 0 1 2 】

50

第2の発明は、前記重畳部により前記X線透視画像に対して重畳された前記治療ビームの照射領域を表す投影領域と、前記重畳部により前記X線透視画像に対して重畳された前記特定部位の領域を表す投影領域とを、前記X線透視画像とともに表示部に表示する画像表示部を備える。

【0013】

第3の発明は、前記X線透視画像から前記特定部位を含む領域を選択するテンプレート領域選択部と、前記テンプレート領域選択部により選択された前記特定部位を含む領域から、前記特定部位を示すテンプレートを作成するテンプレート作成部と、前記X線透視画像と前記テンプレート作成部で作成されたテンプレートとを使用してテンプレートマッチングを行うことにより、前記X線透視画像における前記特定部位の位置を検出する位置検出部と、を備える。

10

【0014】

第4の発明は、前記テンプレート領域選択部は、前記CT画像データに対して前記X線管と前記X線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより作成されたDRR画像、または、前記被検者を予めX線透視して得たX線透視画像を使用して学習させた機械学習により、前記X線透視画像から前記特定部位を含む領域を選択する。

【0015】

第5の発明は、前記機械学習は、サポートベクターマシン、決定木、ブースティングまたはニューラルネットワークである。

20

【0016】

第6の発明は、治療計画時に作成された前記被検者のCT画像データに対して前記X線管と前記X線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記特定部位を含むDRR画像を作成するDRR画像作成部と、前記テンプレート領域選択部により選択された前記特定部位を含む画像と、前記DRR画像作成部により作成されたDRR画像に対して前記特定部位投影部において作成された前記特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを、表示部に表示する画像表示部と、を備える。

【0017】

第7の発明は、治療計画時に作成された前記被検者のCT画像データに対して前記X線管と前記X線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記特定部位を含むDRR画像を作成するDRR画像作成部と、前記X線透視画像と、前記DRR画像作成部により作成されたDRR画像に対して前記特定部位投影部において作成された前記特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを、表示部に表示する画像表示部と、を備える。

30

【0018】

第8の発明は、前記CT画像データは、前記被検者の連続する複数の呼吸位相における前記特定部位を含む領域の3次元のCT画像データ群からなる4次元CT画像データであり、前記DRR画像作成部は、前記X線透視画像に対応づけられた位相のCT画像データに基づいて前記特定部位を含むDRR画像を作成する。

【0019】

第9の発明は、前記CT画像データは、前記被検者の連続する複数の呼吸位相における前記特定部位を含む領域の3次元のCT画像データ群からなる4次元CT画像データであり、前記特定部位投影部は、前記X線透視画像に対応づけられた位相のCT画像データに基づいて前記特定部位の領域を表す投影領域を作成する。

40

【0020】

第10の発明は、X線管と、前記X線管から照射され被検者を通過したX線を検出するX線検出器とを備え、前記被検者の特定部位を含むX線透視画像を収集して前記特定部位の位置を検出し、前記特定部位の動きを追跡することにより、放射線照射装置に対して治療ビームの照射信号を送信するX線透視装置であって、治療計画時に作成された前記被検者のCT画像データ上において登録された前記特定部位の領域に基づいて、前記CT画像

50

データに対して前記 X 線管と前記 X 線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記特定部位の領域を表す投影領域を作成する特定部位投影部と、治療計画時に作成された前記被検者の CT 画像データに対して前記 X 線管と前記 X 線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、前記特定部位を含む D R R 画像を作成する D R R 画像作成部と、前記 X 線透視画像から前記特定部位を含む領域を選択するテンプレート領域選択部と、前記テンプレート領域選択部により選択された前記 X 線透視画像における前記特定部位を含む領域の画像と、前記 D R R 画像作成部により作成された D R R 画像に対して前記特定部位投影部において作成された前記特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを、表示部に表示する画像表示部と、前記テンプレート領域選択部により選択された前記特定部位を含む領域から、前記特定部位を示すテンプレートを作成するテンプレート作成部と、前記 X 線透視画像と前記テンプレート作成部で作成されたテンプレートとを使用してテンプレートマッチングを行うことにより、前記 X 線透視画像における前記特定部位の位置を検出する位置検出部と、を備えたことを特徴とする。

10

20

30

40

50

#### 【0021】

第11の発明は、前記テンプレート領域選択部は、前記 CT 画像データに対して前記 X 線管と前記 X 線検出器との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより作成された D R R 画像、または、前記被検者を予め X 線透視して得た X 線透視画像を使用して学習させた機械学習により、前記 X 線透視画像から前記特定部位を含む領域を選択する。

#### 【0022】

第12の発明は、前記機械学習は、サポートベクターマシン、決定木、ブースティングまたはニューラルネットワークである X 線透視装置。

#### 【発明の効果】

#### 【0023】

第1の発明によれば、X 線透視画像に対して、治療ビームの照射領域を表す投影領域を重畳するとともに、特定部位の領域を表す投影領域を X 線透視画像に基づいて検出した特定部位の位置に重畳することから、特定部位の領域を考慮して治療ビームを正確に照射することが可能となる。

#### 【0024】

第2の発明によれば、治療ビームの照射領域を表す投影領域と特定部位の領域を表す投影領域とを X 線透視画像とともに表示部に表示することにより、特定部位の視認性が低い場合においても、特定部位の確認を容易に実行することが可能となる。

#### 【0025】

第3の発明によれば、テンプレートマッチングを利用して検出した特定部位の位置に特定部位の領域を表す投影領域を重畳することが可能となる。

#### 【0026】

第4および第5の発明によれば、機械学習を利用して特定部位を含む領域を選択することができるので、テンプレートの作成時間を短縮することが可能となる。

#### 【0027】

第6の発明によれば、特定部位を含む画像と D R R 画像に特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを表示することから、特定部位の視認性が低い場合においても、テンプレートの作成時に両画像を比較することで、テンプレートの位置が適切であるか否かを確認することが可能となる。

#### 【0028】

第7の発明によれば、X 線透視画像と D R R 画像に特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを表示することから、特定部位の視認性が低い場合においても、動体追跡時に両画像を比較することで、動体追跡が正しく実行されているか否かを確認することが可能となる。

#### 【0029】

第 8 の発明によれば、4 次元 CT データを使用することにより、被検者の呼吸位相に対応した DR R 画像を作成することが可能となる。

【0030】

第 9 の発明によれば、4 次元 CT データを使用することにより、被検者の呼吸位相に対応した投影領域を作成することが可能となる。

【0031】

第 10 の発明によれば、テンプレートの作成時に、X 線透視画像における特定部位を含む領域の画像と DR R 画像に特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを表示することから、特定部位の視認性が低い場合においても、選択された特定部位を含む領域が正確であるか否かを確認することが可能となる。

10

【0032】

第 11 および第 12 の発明によれば、機械学習を利用して特定部位を含む領域を選択することができるので、テンプレートの作成時間を短縮することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図 1】この発明に係る X 線透視装置を、放射線照射装置 90 とともに示す斜視図である。

【図 2】この発明に係る X 線透視装置の主要な制御系を示すブロック図である。

【図 3】この発明に係る X 線透視装置を利用した動体追跡動作および治療ビームの照射動作を示すフローチャートである。

20

【図 4】テンプレート領域設定工程を示す説明図である。

【図 5】X 線透視画像の模式図である。

【図 6】DR R 画像の模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下、この発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図 1 は、この発明に係る X 線透視装置を、放射線照射装置 90 とともに示す斜視図である。これらの X 線透視装置と放射線照射装置 90 とにより、放射線照射装置が構成される。

【0035】

放射線照射装置 90 は、カウチとも呼称される検診台 29 上の被検者に対して放射線照射を行うものであり、治療室の床面に設置された基台 91 に対して揺動可能に設置されたガントリー 92 と、このガントリー 92 に配設された治療ビームを出射するヘッド 93 とを備える。この放射線照射装置 90 によれば、ガントリー 92 が基台 91 に対して揺動することにより、ヘッド 93 から照射される治療ビームの照射方向を変更することができる。このため、被検者における腫瘍等の患部に対して様々な方向から治療ビームを照射することが可能となる。

30

【0036】

この放射線照射装置 90 とともに使用される X 線透視装置は、被検者の患部の位置を特定する動体追跡を行うための X 線透視を実行するものである。すなわち、上述した放射線照射装置 90 を使用した放射線治療時においては、放射線を被検者の体動に伴って移動する患部に正確に照射する必要がある。このため、被検者における腫瘍等の特定の形状を有する部位を特定部位として予め登録し、この特定部位を連続的に X 線透視して、特定部位の三次元の位置情報を演算することで、特定部位を高精度で検出する、所謂、動体追跡を行う構成となっている。このように、従来 of 被検者における患部付近にマーカを留置する代わりに、被検者における腫瘍等の特定部位の画像をマーカとして使用する動体追跡の手法は、マーカレストラッキングと呼称されている。

40

【0037】

この X 線透視装置は、第 1 X 線管 11a および第 2 X 線管 11b と、第 1 フラットパネルディテクタ 21a および第 2 フラットパネルディテクタ 21b とを備える。第 1 X 線管 11a から照射された X 線は、検診台 29 上の被検者を透過した後、第 1 フラットパネル

50



ディテクタ 2 1 a により検出される。第 1 X 線管 1 1 a と第 1 フラットパネルディテクタ 2 1 a とは、第 1 X 線撮影系を構成する。第 2 X 線管 1 1 b から照射された X 線は、検診台 2 9 上の被検者を透過した後、第 2 フラットパネルディテクタ 2 1 b により検出される。第 2 X 線管 1 1 b と第 2 フラットパネルディテクタ 2 1 b とは、第 2 X 線撮影系を構成する。

【 0 0 3 8 】

図 2 は、この発明に係る X 線透視装置の主要な制御系を示すブロック図である。

【 0 0 3 9 】

この X 線透視装置は、論理演算を実行するプロセッサとしての CPU、装置の制御に必要な動作プログラムが格納された ROM、制御時にデータ等が一時的にストアされる RAM 等を備え、装置全体を制御する制御部 3 0 を備える。この制御部 3 0 は、上述した第 1 X 線管 1 1 a、第 2 X 線管 1 1 b と、第 1 フラットパネルディテクタ 2 1 a、第 2 フラットパネルディテクタ 2 1 b とに接続されている。また、この制御部 3 0 は、液晶表示パネル等から構成される表示部 4 2 と接続されている。

10

【 0 0 4 0 】

この制御部 3 0 は、機能的構成として、DRR 画像作成部 3 1 と、X 線透視画像作成部 3 2 と、テンプレート領域選択部 3 3 と、テンプレート作成部 3 4 と、位置検出部 3 5 と、照射領域投影部 3 6 と、特定部位投影部 3 7 と、重畳部 3 8 と、画像表示部 3 9 と、ゲーティング部 4 0 と、画像のデータを含む各種のデータを記憶するための記憶部 4 1 とを備える。

20

【 0 0 4 1 】

DRR 画像作成部 3 1 は、治療計画時に作成された、被検者の連続する複数の呼吸位相における特定部位を含む領域の 3 次元の CT 画像データ群からなる 4 次元 CT 画像データに対して、第 1 X 線管 1 1 a と第 1 フラットパネルディテクタ 2 1 a とからなる第 1 X 線撮影系と、第 2 X 線管 1 1 b と第 2 フラットパネルディテクタ 2 1 b とからなる第 2 X 線撮影系との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、特定部位を含む DRR 画像を作成する。また、X 線透視画像作成部 3 2 は、第 1 X 線管 1 1 a と第 1 フラットパネルディテクタ 2 1 a とから成る第 1 X 線撮影系および第 2 X 線管 1 1 b と第 2 フラットパネルディテクタ 2 1 b とから成る第 1 X 線撮影系による X 線透視に基づいて X 線透視画像を作成する。

30

【 0 0 4 2 】

テンプレート領域選択部 3 3 は、テンプレートマッチングを実行するためのテンプレートの作成時において、X 線透視画像から特定部位を含む領域を選択する。また、テンプレート作成部 3 4 は、テンプレート領域選択部 3 3 により選択された特定部位を含む領域から、特定部位を示すテンプレートを作成する。さらに、位置検出部 3 5 は、テンプレート作成部 3 4 で作成されたテンプレートと X 線透視画像とを使用してテンプレートマッチングを行うことにより、X 線透視画像における特定部位の位置を検出する。

【 0 0 4 3 】

照射領域投影部 3 6 は、治療計画時に作成された被検者の CT 画像データ上において登録された治療ビームの照射領域に基づいて、被検者の連続する複数の呼吸位相における特定部位を含む領域の 3 次元の CT 画像データ群からなる 4 次元 CT 画像データに対して、第 1 X 線管 1 1 a および第 2 X 線管 1 1 b と第 1 フラットパネルディテクタ 2 1 a および第 2 フラットパネルディテクタ 2 1 b との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、治療ビームの照射領域を表す投影領域を作成する。また、特定部位投影部 3 7 は、治療計画時に作成された被検者の CT 画像データ上において登録された特定部位の領域に基づいて、被検者の連続する複数の呼吸位相における特定部位を含む領域の 3 次元の CT 画像データ群からなる 4 次元 CT 画像データに対して、第 1 X 線管 1 1 a および第 2 X 線管 1 1 b と第 1 フラットパネルディテクタ 2 1 a および第 2 フラットパネルディテクタ 2 1 b との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、特定部位の領域を表す投影領域を作成する。重畳部 3 8 は、X 線透視画像に対して、治療ビー

40

50

ムの照射領域を表す投影領域を重畳するとともに、X線透視画像に対して、特定部位の領域を表す投影領域を、X線透視画像に基づいて位置検出部35により検出した特定部位の位置に重畳する。

【0044】

画像表示部39は、重畳部38によりX線透視画像に対して重畳された治療ビームの照射領域を表す投影領域と、重畳部38によりX線透視画像に対して重畳された特定部位の領域を表す投影領域とを、X線透視画像作成部32において作成されたX線透視画像とともに表示部42に表示する。また、この画像表示部39は、テンプレート領域選択部33により選択された特定部位を含む画像と、DRR画像作成部31により作成されたDRR画像に対して特定部位投影部37において作成された特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを、表示部42に表示する。さらに、この画像表示部39は、X線透視画像作成部32により作成されたX線透視画像と、DRR画像作成部31により作成されたDRR画像に対して特定部位投影部37において作成された特定部位の領域を表す投影領域を重畳した画像とを、表示部42に表示する。

10

【0045】

ゲーティング部40は、重畳部38によりX線透視画像に重畳された特定部位の領域を表す投影領域が、重畳部38によりX線透視画像に重畳された治療ビームの照射領域を表す投影領域内に配置されたときに、放射線照射装置90に対して治療ビームの照射信号を送信する。

【0046】

また、この制御部30は、上述した放射線照射装置90と、治療計画装置99とに接続されている。なお、制御部30と治療計画装置99とは、病院内の被検者管理システムの院内通信である放射線科情報システム(RIS)を介して接続されてもよい。ここで、治療計画装置99は、放射線治療を行うに先だって、治療計画を作成するためのものである。この治療計画装置は、CT撮影装置により被検者の3次元CT撮影を連続して複数回行うことにより得た、被検者の連続する複数の呼吸位相における特定部位を含む領域の3次元のCT画像データ群からなる4次元CT画像データを記憶している。そして、この4次元CT画像データと被検者のその他のデータとに基づいて、被検者の治療計画が作成される。

20

【0047】

次に、この発明に係るX線透視装置を利用した動体追跡動作および治療ビームの照射動作について説明する。図3は、この発明に係るX線透視装置を利用した動体追跡動作および治療ビームの照射動作を示すフローチャートである。

30

【0048】

X線透視を実行するときには、最初に、図2に示すDRR画像作成部31により、治療計画記憶時に作成された4次元CT画像データに基づいて、特定部位を含む複数のDRR画像を作成する(ステップS1)。ここで、治療計画時に作成される4次元CTデータとは、治療計画記憶時において、連続する複数の呼吸位相において、経時的に連続して撮影される特定部位を含む領域の3次元のCT画像データ群である。このDRR画像は、治療計画時に作成された被検者の4次元CT画像データに対して、第1X線管11aと第1フラットパネルディテクタ21aとからなる第1X線撮影系と、第2X線管11bと第2フラットパネルディテクタ21bとからなる第2X線撮影系との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより作成される。

40

【0049】

このDRR画像作成工程においては、治療計画時に作成された4次元CTデータのうち、少なくとも被検者に放射線照射装置90から治療ビームが照射される呼吸位相を含む複数の呼吸位相のCT画像データに基づいて、特定部位を含む複数のDRR画像が作成される。これらのDRR画像は、記憶部41に記憶される。

【0050】

次に、図2に示すX線透視画像作成部32により、テンプレートを作成するためのX線

50

透視画像を作成する（ステップS2）。このときには、第1X線管11aと第1フラットパネルディテクタ21aとからなる第1X線撮影系と、第2X線管11bと第2フラットパネルディテクタ21bとからなる第2X線撮影系とを利用してX線透視を実行することにより、複数の被検者における腫瘍等の特定部位のX線透視画像を取得する。このX線透視画像は、記憶部41に記憶される。

#### 【0051】

次に、図2に示す照射領域投影部36により、治療ビームの照射領域を表す投影領域を作成する照射領域投影工程を実行する（ステップS3）。すなわち、治療計画時に作成された4次元CTデータのうち、少なくとも被検者に放射線照射装置90から治療ビームが照射される呼吸位相を含む複数の呼吸位相のCT画像データを使用し、これらのCT画像データ上において登録された治療ビームの照射領域に基づいて、これらのCT画像データに対して、第1X線管11aと第1フラットパネルディテクタ21aとからなる第1X線撮影系と、第2X線管11bと第2フラットパネルディテクタ21bとからなる第2X線撮影系との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、治療ビームの照射領域を表す投影領域を作成する。この治療ビームの照射領域を表す投影領域は、X線透視画像上あるいはDRR画像上において治療ビームの照射領域を表す領域となる。なお、治療計画時には、治療ビームの照射領域は、CT画像データ上において予め登録されている。この照射領域投影工程においては、この予め登録された治療ビームの照射領域が利用される。

10

#### 【0052】

次に、図2に示す特定部位投影部37により、特定部位の領域を表す投影領域を作成する特定部位投影工程を実行する（ステップS4）。すなわち、治療計画時に作成された4次元CTデータのうち、少なくとも被検者に放射線照射装置90から治療ビームが照射される呼吸位相を含む複数の呼吸位相のCT画像データを使用し、これらのCT画像データ上において登録された特定部位の領域に基づいて、これらのCT画像データに対して、第1X線管11aと第1フラットパネルディテクタ21aとからなる第1X線撮影系と、第2X線管11bと第2フラットパネルディテクタ21bとからなる第2X線撮影系との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、特定部位の領域を表す投影領域を作成する。この特定部位の領域を表す投影領域は、X線透視画像上あるいはDRR画像上において特定部位を表す領域となる。なお、治療計画時には、特定部位の領域は、CT画像データ上において予め登録されている。この特定部位投影工程においては、この予め登録された特定部位の領域が利用される。

20

30

#### 【0053】

次に、特定部位の位置を検出するためのテンプレートマッチングに使用されるテンプレートを作成するために、識別器作成工程（ステップS5）と、テンプレート領域設定工程（ステップS6）と、テンプレート作成工程（ステップS7）とを実行する。なお、以下の実施形態においては、テンプレートマッチングを利用して特定部位の位置を検出しているが、機械学習を利用した識別により特定部位の位置を検出するようにしてもよい。また、テンプレートマッチングと機械学習を併用することにより、特定部位の位置を検出するようにしてもよい。

40

#### 【0054】

識別器作成工程（ステップS5）においては、DRR画像作成部31により作成された複数のDRR画像を使用して、機械学習により特定部位を認識するための識別器を作成する。このときには、4次元CT画像データにおいて、投影座標や角度などのDRR画像作成のためのパラメータを変化させて大量の正解画像を作成する。このとき、必要に応じ、治療計画で登録された4次元CT画像データにおける特定部位の位置と大きさから、DRR画像上の特定部位の位置と大きさを認識して自動的にトリミングを実行するようにしてもよい。また、正解画像の作成時には、必要に応じ、トリミング後の画像を自動的にわずかに平行移動、回転、変形、拡大縮小、コントラスト変化、ノイズ付加、エッジ強調した画像を機械学習のための正解画像としてもよい。トリミングした画像を平行移動、回転、

50

変形、拡大縮小した画像も正解画像として使用するの、腫瘍等の被検者の特定部位が被検者の体内で4次元CT画像データに対して再現性のない移動または変形した際にも特定部位をより確実に追跡できるようにするためである。また、トリミングした画像をコントラスト変化、ノイズ付加、エッジ強調した画像も正解画像として使用するの、DRR画像とX線画像の画質の違いを吸収し、特定部位をより確実に検出できるようにするためである。そして、作成後の正解画像と不正解画像とを利用して、識別器を作成する。

#### 【0055】

ここで、正解画像とともに使用される不正解画像は、例えば、以下の方法により作成される。すなわち、不正解画像を作成するときには、DRR画像作成部31により作成された特定部位を含むDRR画像から、特定部位を避けたランダムな位置、すなわち、特定画像の背景となる位置において、複数回のトリミングを行うことで、不正解画像が作成される。また、不正解画像を作成するときには、さらに、特定部位を含まないDRR画像を使用して不正解画像が作成される。

10

#### 【0056】

この識別器作成工程で利用される機械学習としては、例えば、畳み込みニューラルネットワーク(CNN/Convolutional Neural Network)に代表されるDeep Learning(深層学習)を利用することができる。この畳み込みニューラルネットワークは、パターン認識を実行するときに、多くの手法の中でも最も認識性能の高い学習モデルの一つである。また、認識性能に優れた機械学習として、畳み込みニューラルネットワークにかえて、決定木、SVM(Support Vector Machine/サポートベクターマシン)や、Haar like特徴量などによるBoosting(ブースティング)を利用してもよい。なお、上述した正解画像および不正解画像の作成と、識別器の作成とは、図2に示すテンプレート領域選択部33により実行される。

20

#### 【0057】

テンプレート領域設定工程(ステップS6)においては、腫瘍等の被検者の特定部位Cを含む領域をテンプレート領域として設定する。図4は、テンプレート領域設定工程を示す説明図である。なお、この図においては、100X、101X、102Xは、X線透視により得られたX線透視画像を示し、100D、101D、102Dは、それらのX線透視画像に対応する位相のDRR画像を示している。

30

#### 【0058】

この図においては、例えば、腫瘍等の被検者の特定部位Cを含むX線透視画像100X、101X、102Xを3枚連続で撮影した状態を示している。実際には、これらの画像は、所定のフレームレートでより多くの枚数が撮影される。そして、図2に示すテンプレート領域選択部33により、先に作成された識別器を使用して識別を行うことにより、これらのX線透視画像100X、101X、102Xから、特定部位Cの位置を検出する。そして、この特定部位Cを含む領域を、図4において破線で示すテンプレート領域として設定する(ステップS6)。

#### 【0059】

このX線透視と特定部位Cの位置の検出を連続して実行することにより、特定部位Cを含む領域が選択される。このとき、図2に示す画像表示部39により、DRR画像作成部31により作成された特定部位Cを含むDRR画像に対して、特定部位投影部37により作成した特定部位Cの領域を表す投影領域を重畳した画像100D、101D、102Dも並列して表示される。オペレータは、これらのX線透視画像100X、101X、102XおよびDRR画像100D、101D、102Dを見比べて、選択された特定部位Cの位置が適切であるか判断することが可能となる。特定部位Cの位置にずれがあるなど不適切であった場合は、オペレータがこれを修正するようにしてもよい。

40

#### 【0060】

なお、特定部位Cの領域としては、例えば、臨床標的体積CTV(Clinical Target Volume)等を採用することができる。これらは、治療計画に登録さ

50

れており、X線透視装置の幾何学的透視条件から、DRR画像100D、101D、102D上に投影された領域を計算する。この投影された領域の輪郭をDRR画像100D、101D、102Dに重畳して表示する。

【0061】

また、同様に、図2に示す画像表示部39により、X線透視画像100X、101X、102Xにおいて選択された特定部位Cの位置についても、特定部位投影部37により作成された特定部位Cの領域を表す投影領域を、X線透視画像100X、101X、102Xに重畳して表示する。

【0062】

図4においては、X線透視画像100X、101X、102XおよびDRR画像100D、101D、102Dに対して重畳表示された特定部位の領域を表す投影領域を符号CTVで示している。なお、この図においては、説明の便宜上CTVを円形で表示しているが、実際には、CTVは被検者の特定部位Cの形状に相似した形状となっている。

10

【0063】

なお、DRR画像100D、101D、102Dや特定部位Cの領域としては、X線透視画像100X、101X、102Xと位相の対応をとって、最も近い位相のものを表示する。この位相の同期をとるときには、例えば、被検者の胸部から腹部の動きをカメラや圧力センサなどで監視する外部機器からの信号を利用することができる。また、画像の一致度から最も近い位相を選択してもよく、オペレータが手動で選択するようにしてもよい。

20

【0064】

なお、X線透視画像100X、101X、102XとDRR画像100D、101D、102Dとは、必ずしも同時に並列して表示される必要はなく、それらを交互に表示してもよい。要するに、選択された特定部位Cの位置が適切であるか否かが判断できる表示形態であればよい。

【0065】

テンプレート作成工程(ステップS7)においては、X線透視画像100X、101X、102Xにおいて選択された特定部位Cを含む領域に対して、トリミングが実行される。図4に示すトリミング後の画像105、106、107の各々が、マルチテンプレートマッチングに使用されるテンプレートとして選択される。このテンプレートは、図2に示す記憶部41に記憶される。なお、これらの画像105、106、107を、次の治療以降に機械学習用の正解画像として使用してもよい。同様に、X線透視画像100X、101X、102Xの各々は、選択されたテンプレート105、106、107の位置を避けた上で、次の治療以降に機械学習用の不正解画像として使用してもよい。

30

【0066】

以上のように、識別器作成工程(ステップS5)、テンプレート領域設定工程(ステップS6)およびテンプレート作成工程(ステップS7)を実行する過程において、特定部位投影部37により作成した特定部位Cの領域を表す投影領域を重畳したX線透視画像100X、101X、102Xとともに、特定部位投影部37により作成した特定部位Cの領域を表す投影領域を重畳したDRR画像100D、101D、102Dが表示される。オペレータは、これらのX線透視画像100X、101X、102XおよびDRR画像100D、101D、102Dを見比べることが可能となる。これにより、X線透視画像100X、101X、102Xにおける特定部位Cの視認性が低い場合であっても、選択された特定部位Cの位置が適切であるか確実に判断することが可能となる。

40

【0067】

そして、上述した識別器作成工程(ステップS5)、テンプレート領域設定工程(ステップS6)およびテンプレート作成工程(ステップS7)は、機械学習により自動的に実行することが可能となる。このため、放射線治療の直前にオペレータが手動でテンプレートを選択する場合のように、被検者を時間的に拘束することなく、また、放射線治療のスループットを向上させることが可能となる。目視による確認を行うため、機械学習による

50

選択は必ずしもリアルタイムである必要はなく、位置精度を重視した計算コストの大きなアルゴリズムも使用することが可能となる。

【0068】

なお、上述した実施形態においては、X線透視画像作成部32により作成されたX線透視画像100X、101X、102Xに対して機械学習を実行することにより、テンプレート領域を選択する構成を採用しているが、X線透視画像100X、101X、102Xにかえて、DRR画像作成部31により4次元CT画像データに基づいて作成された、特定部位を含むDRR画像100D、101D、102Dに対して機械学習を実行することにより、テンプレート領域を選択する構成を採用してもよい。

【0069】

また、上述した実施形態においては、機械学習によりテンプレート領域を設定する構成を採用しているが、オペレータがX線透視画像100X、101X、102Xから特定部位C部分をトリミングするようにしてもよい。また、このようにオペレータがトリミングを行うかわりに、治療計画に用いる4次元CTデータにおける特定部位Cの位置から、各位相の特定部位Cの投影位置を取得し、X線透視画像100X、101X、102Xと4次元CTデータとの対応関係から、特定部位Cの位置を認識して自動的にトリミングを実行するようにしてもよい。さらに、4次元CTデータを利用して特定部位Cのおおよその位置を取得し、オペレータがこれを修正するようにしてもよい。

【0070】

以上の準備工程が完了すれば、被検者を、再度、検診台29上に載置し、この発明に係るX線透視装置によりX線透視による動体追跡を実行する(ステップS8)。このX線透視は、例えば30fps(frame per second)程度の、所定のフレームレートで実行される。そして、所定のフレームレートで取得された複数のX線透視画像に対して、テンプレート作成工程(ステップS7)で作成され、図2に示す記憶部41に記憶された複数のテンプレートを利用してマルチテンプレートマッチングを実行することにより、特定部位Cの位置を検出する(ステップS9)。

【0071】

このマルチテンプレートマッチングでは、例えば、X線透視画像をサーチし、そのサーチ領域の画像と記憶部41に記憶されている複数のテンプレート画像と比較して、その類似性を求め、類似度が所定の閾値以上の位置を特定部位Cの位置と判定する。このテンプレートマッチングによる特定部位Cの位置の検出は、X線透視のフレームレートと一致するタイミングで実行される。

【0072】

図5は、このときのX線透視画像の模式図である。また、図6は、図5に示すX線透視画像と同位相のDRR画像の模式図である。

【0073】

このテンプレートマッチング時においては、治療ビームを照射する前に、オペレータは正しく追跡が行われているか否かの確認を目視により行う。

【0074】

このときには、図5に示すように、図2に示す画像表示部39が、X線透視画像に対して、治療ビームの照射領域を表す投影領域を、表示部42に表示する(ステップS10)。このような照射領域は、例えば、計画標的体積PTV(Planning Target Volume)である。この計画標的体積PTVは、治療計画に登録されている。そして、図2に示す照射領域投影部36は、第1X線管11aと第1フラットパネルディテクタ21aとからなる第1X線撮影系と、第2X線管11bと第2フラットパネルディテクタ21bとからなる第2X線撮影系との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、X線透視画像上に投影すべき領域を計算する。そして、重畳部38はこの領域をX線透視画像上に重畳する。画像表示部39は、X線透視画像上に重畳された投影領域の輪郭を、X線透視画像とともに、図2に示す表示部42に表示する。この投影領域は、図5において符号PTVを付した一点鎖線で図示されている。なお、表示部42に

10

20

30

40

50

表示される実際の X 線透視画像上においては、この投影領域 P T V は特定の色からなる線で表示される。

【 0 0 7 5 】

また、同様に、図 5 に示すように、図 2 に示す画像表示部 3 9 が、X 線透視画像に対して、特定部位 C の領域を表す投影領域を、表示部 4 2 に表示する（ステップ S 1 0）。この特定部位 C の領域としては、例えば、上述した臨床標的体積 C T V である。この臨床標的体積 C T V は、上述したように、治療計画に登録されている。そして、図 2 に示す特定部位投影部 3 7 は、第 1 X 線管 1 1 a と第 1 フラットパネルディテクタ 2 1 a とからなる第 1 X 線撮影系と、第 2 X 線管 1 1 b と第 2 フラットパネルディテクタ 2 1 b とからなる第 2 X 線撮影系との幾何学的透視条件を模擬した仮想的透視投影を行うことにより、X 線透視画像上に投影すべき領域を計算する。そして、重畳部 3 8 はこの領域を、X 線透視画像に対して、X 線透視画像に基づいて位置検出部 3 5 により検出した特定部位の位置に重畳する。画像表示部 3 9 は、X 線透視画像上に重畳された投影領域の輪郭を、X 線透視画像とともに、図 2 に示す表示部 4 2 に表示する。この投影領域は、図 5 において符号 C T V を付した実線で図示されている。なお、表示部 4 2 に表示される実際の X 線透視画像上においては、この投影領域 C T V は、上述した P T V とは異なる特定の色からなる線で表示される。

10

【 0 0 7 6 】

なお、図 5 においては、テンプレートの領域を示す矩形の領域が、符号 T e m p l a t e を付した破線で図示されている。表示部 4 2 に表示される実際の X 線透視画像上においては、この領域 T e m p l a t e は、C T V や P T V とは異なる特定の色からなる線で表示される。

20

【 0 0 7 7 】

また、図 6 に示すように、画像表示部 3 9 は、X 線透視画像の場合と同様に、D R R 画像作成部 3 1 により作成された D R R 画像に対して、治療ビームの照射領域を表す投影領域 C T V を表示部 4 2 に表示する。オペレータは、表示部 4 2 に表示された X 線透視画像と D R R 画像とを比較することにより、被検者の特定部位 C の追跡が適切に実行されているか否かを確認することができる。

【 0 0 7 8 】

なお、図 5 および図 6 においては、説明の便宜上、C T V および P T V を円形で示しているが、実際には、C T V および P T V は、被検者の特定部位 C の形状に相似した形状となっている。

30

【 0 0 7 9 】

しかる後、放射線治療を開始する（ステップ S 1 1）。このときには、重畳部 3 8 により X 線透視画像における被検者の特定部位 C の位置に重畳された特定部位 C の領域を表す投影領域 C T V が、重畳部 3 8 により X 線透視画像に重畳された治療ビームの照射領域を表す投影領域 P T V 内に配置されたときに、図 2 に示すゲーティング部 4 0 が、放射線照射装置 9 0 に対して治療ビームの照射信号を送信する。これにより、放射線照射装置 9 0 のゲーティングが O N となって、放射線照射装置 9 0 におけるヘッド 9 3 から被検者に対して治療ビームが照射される。この特定部位 C の位置の検出と治療ビームの線の照射とは、治療が終了するまで繰り返される。

40

【 0 0 8 0 】

この照射ビームの照射による治療中においても、オペレータは、表示部 4 2 に表示された X 線透視画像と D R R 画像とを比較することにより、被検者の特定部位 C の追跡が適切であるかを常に監視する。このとき、特定部位 C の領域を表す投影領域 C T V が治療ビームの照射領域を表す投影領域 P T V 内に配置されたときに、ランプ等を点灯させ、また、音を発して、これをオペレータに通知するようにしてもよい。

【 0 0 8 1 】

なお、D R R 画像作成部 3 1 により作成された D R R 画像の位相と、X 線透視画像作成部 3 2 により作成された X 線透視画像の位相（すなわち、特定部位 C の画像の位相）とは

50

、必ずしも一致しない。このため、両者の位相の対応をとって、最も近い位相のものを選択するようにすればよい。このときの位相同期は、被検者の胸部から腹部の動きをカメラや圧力センサなどで監視する外部機器からの信号を利用すればよい。また、画像の一致度から最も近い位相を選択してもよい。

【 0 0 8 2 】

なお、上述した実施形態においては、複数のテンプレートを使用したテンプレートマッチングにより被検者の特定部位 C の位置を追跡する構成を採用しているが、機械学習による識別により被検者の特定部位 C の位置を追跡する構成を採用してもよい。

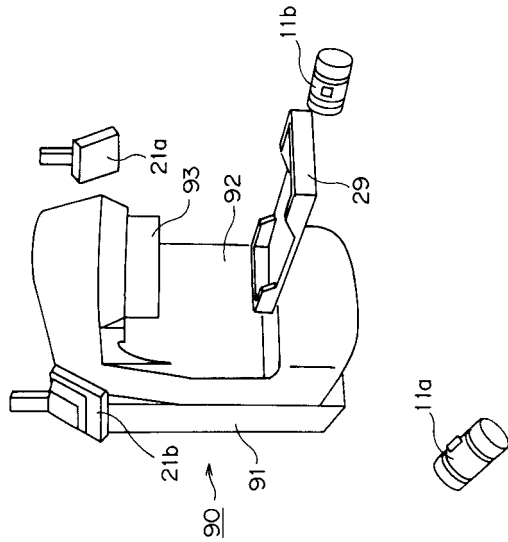
【 符号の説明 】

【 0 0 8 3 】

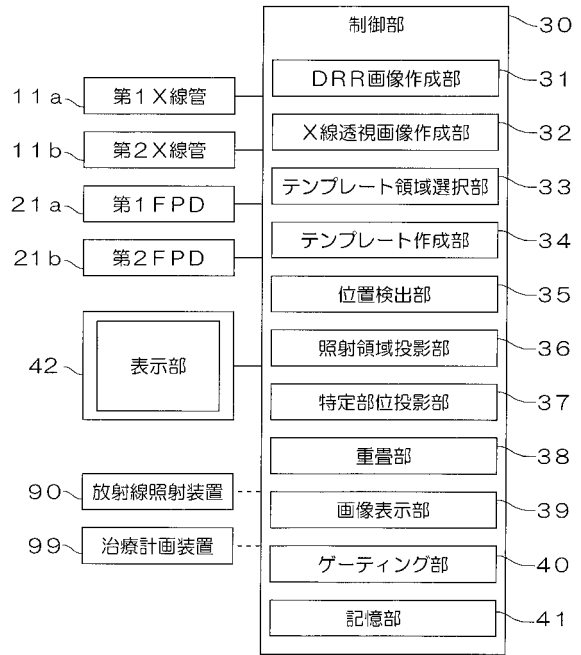
1 1 a	第 1 X 線管	
1 1 b	第 2 X 線管	
2 1 a	第 1 フラットパネルディテクタ	
2 1 b	第 2 フラットパネルディテクタ	
2 9	検診台	
3 0	制御部	
3 1	D R R 画像作成部	
3 2	X 線透視画像作成部	
3 3	テンプレート領域選択部	
3 4	テンプレート作成部	20
3 5	位置検出部	
3 6	照射領域投影部	
3 7	特定部位投影部	
3 8	重畳部	
3 9	画像表示部	
4 0	ゲーティング部	
4 1	記憶部	
4 2	表示部	
9 0	放射線照射装置	
9 9	治療計画装置	30
C	特定部位	



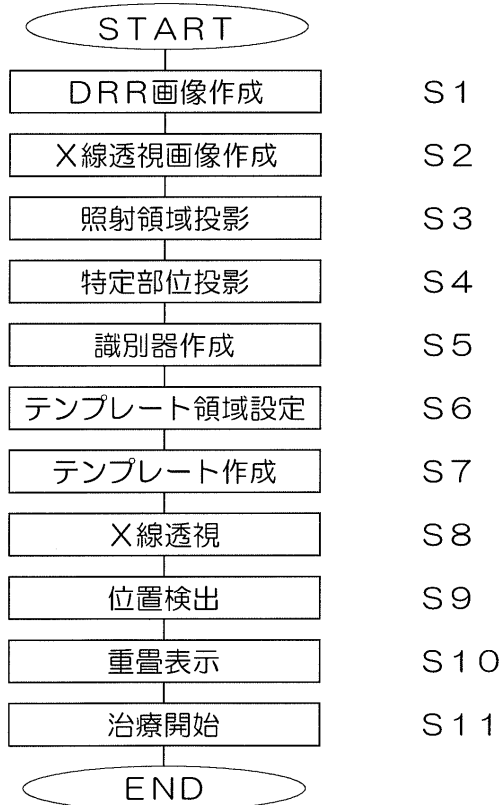
【 図 1 】



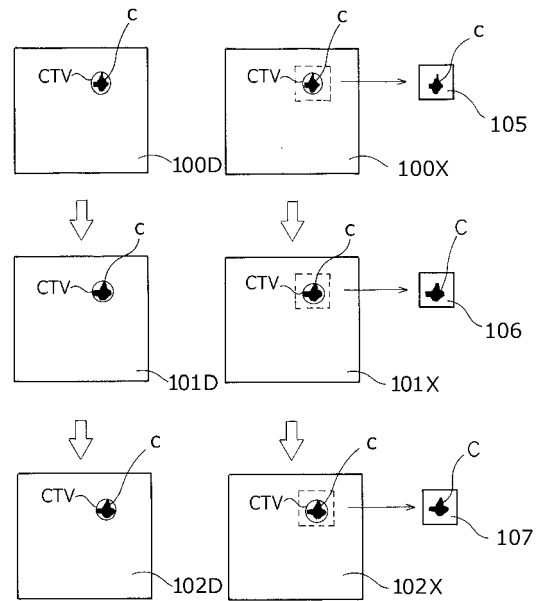
【 図 2 】



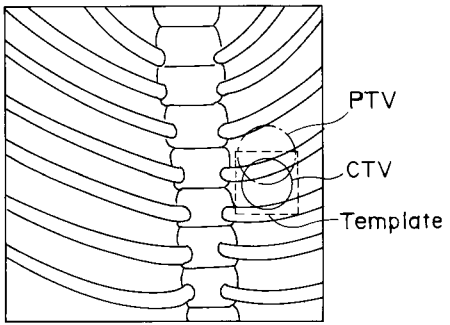
【 図 3 】



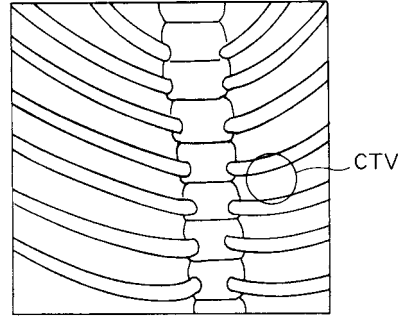
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 高橋 渉

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

Fターム(参考) 4C082 AA01 AC02 AC05 AE03 AG02 AG08 AG52 AJ05 AN02 AN04  
AP08  
4C093 AA01 BA17 CA15 CA35 EA06 EB12 EB13 EB17 FB12 FF07  
FF11 FF15 FF18 FF24 FF27 FF29 FF32 FF35 FG04 FG07  
FG13 FG15 FG16