

(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2017-121324
(P2017-121324A)

(43) 公開日 平成29年7月13日(2017.7.13)

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

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2016-1339 (P2016-1339)
(22) 出願日 平成28年1月6日 (2016.1.6)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(71) 出願人 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 110001634
特許業務法人 志賀国際特許事務所
(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
国立研究開発法人放射線医学総合研究所内
(72) 発明者 平井 隆介
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 治療システム、医用画像処理装置、および治療プログラム

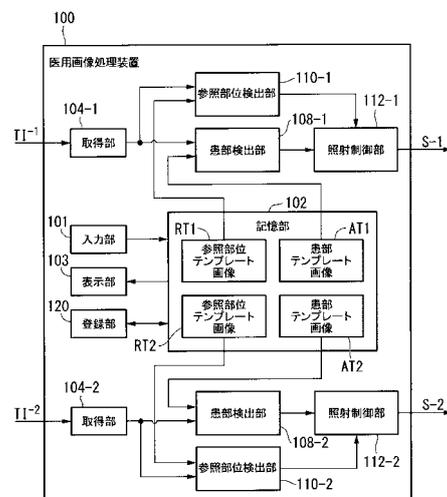
(57) 【要約】

【課題】より正確に治療ビームを照射することができる治療システム、医用画像処理装置、および治療プログラムを提供することである。

【解決手段】

実施形態の治療システムは、照射部と、取得部と、患部検出部と、参照部位検出部と、照射制御部とを持つ。前記照射部は、被検体に対して治療ビームを照射する。前記取得部は、前記被検体の透視画像を取得する。前記患部検出部は、前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体の患部を検出する。前記参照部位検出部は、前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体の参照部位を検出する。前記照射制御部は、前記患部検出部によって検出された前記患部と、前記参照部位検出部によって検出された前記参照部位との関係が所定の条件を満たす場合、前記治療ビームを前記被検体に照射するよう前記照射部を制御する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検体に対して治療ビームを照射する照射部と、
前記被検体の透視画像を取得する取得部と、
前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体の患部を検出する患部
検出部と、
前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体の参照部位を検出する
参照部位検出部と、
前記患部検出部によって検出された前記患部と、前記参照部位検出部によって検出され
た前記参照部位との関係が所定の条件を満たす場合、前記治療ビームを前記被検体に照射
するよう前記照射部を制御する照射制御部と
を備える治療システム。

10

【請求項 2】

前記照射制御部は、前記患部検出部によって検出された前記患部と、前記参照部位検出
部によって検出された前記参照部位との幾何学的関係が前記所定の条件を満たす場合、前
記照射部に対して前記治療ビームを照射させる
請求項 1 記載の治療システム。

【請求項 3】

前記照射制御部は、前記患部検出部によって検出された前記患部と、前記参照部位検出
部によって検出された前記参照部位との関係が所定の条件を満たさない場合、前記照射部
による前記治療ビームの照射を停止させる
請求項 1 記載の治療システム。

20

【請求項 4】

前記患部の画像が含まれ、被検体の呼吸位相に応じた複数の患部テンプレート画像を記
憶する記憶部を更に備え、
前記患部検出部は、前記取得部により取得された前記透視画像と、前記記憶部に記憶さ
れた前記複数の患部テンプレート画像とに基づき、前記患部の位置を検出する
請求項 1 記載の治療システム。

【請求項 5】

前記患部のデータが含まれる 3 次元ボリュームデータにおける、前記患部の位置データ
の入力を受け付ける入力部と、
前記 3 次元ボリュームデータに基づいて前記患部テンプレート画像を生成し、生成した
前記患部テンプレート画像と前記入力部により受け付けられた前記位置データとを対応付
けて前記記憶部に登録する登録部を更に備える
請求項 4 記載の治療システム。

30

【請求項 6】

前記参照部位の画像が含まれ、被検体の呼吸位相に応じた複数の参照部位テンプレート
画像を記憶する記憶部を更に備え、
前記参照部位検出部は、前記取得部により取得された前記透視画像と、前記記憶部に記
憶された前記複数の参照部位テンプレート画像とに基づき、前記参照部位の位置を検出す
る
請求項 1 記載の治療システム。

40

【請求項 7】

前記複数の参照部位テンプレート画像のそれぞれに対して特徴部位を抽出し、抽出した
前記特徴部位の位置を前記参照部位の位置として前記記憶部に登録する登録部を更に備え
る
請求項 6 記載の治療システム。

【請求項 8】

前記患部のデータが含まれる 3 次元ボリュームデータにおける、前記参照部位の位置デ
ータの入力を受け付ける入力部と、

50

前記 3 次元ボリュームデータに基づいて前記参照部位テンプレート画像を生成し、生成した前記参照部位テンプレート画像と前記入力部により受け付けられた前記位置データとを対応付けて前記記憶部に登録する登録部を更に備える

請求項 6 記載の治療システム。

【請求項 9】

前記参照部位検出部は、前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体に埋め込まれたマーカーを前記参照部位として検出するマーカー検出部を備える

請求項 1 記載の治療システム。

【請求項 10】

前記参照部位検出部は、前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記患部の周辺に存在する臓器の輪郭を導出し、導出した前記輪郭を前記参照部位として検出する
請求項 1 記載の治療システム。

10

【請求項 11】

前記参照部位検出部は、前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記患部が存在する臓器の領域を導出し、導出した前記領域を前記参照部位として検出する
請求項 1 記載の治療システム。

【請求項 12】

前記患部および前記参照部位の組合せの選択画面を表示する表示部と、
前記患部および前記参照部位の組合せの選択を受け付ける入力部と、を更に備える
請求項 1 記載の治療システム。

20

【請求項 13】

前記入力部は、前記所定の条件の入力を受け付け、
前記照射制御部は、前記患部検出部によって検出された前記患部と、前記参照部位検出部によって検出された前記参照部位との関係が、前記入力部によって受け付けられた前記所定の条件を満たす場合、前記治療ビームを前記被検体に照射するよう前記照射部を制御する

請求項 12 記載の治療システム。

【請求項 14】

被検体の透視画像を取得する取得部と、
前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体の患部を検出する患部検出部と、
前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体の参照部位を検出する参照部位検出部と、
前記患部検出部によって検出された前記患部と、前記参照部位検出部によって検出された前記参照部位との関係が所定の条件を満たす場合、治療ビームを前記被検体に照射するよう照射部を制御する照射制御部と
を備える医用画像処理装置。

30

【請求項 15】

コンピュータを、
被検体の透視画像を取得する取得部、
前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体の患部を検出する患部検出部、
前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体の参照部位を検出する参照部位検出部、
前記患部検出部によって検出された前記患部と、前記参照部位検出部によって検出された前記参照部位との関係が所定の条件を満たす場合、治療ビームを前記被検体に照射するよう照射部を制御する照射制御部、
として機能させるための治療プログラム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明の実施形態は、治療システム、医用画像処理装置、および治療プログラムに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

放射線治療は、放射線等の治療ビームを照射することにより患者の患部を破壊する治療方法であるが、患部の位置に正確に放射線を照射しないと正常な組織が破壊されてしまう。しかしながら、例えば、肺や肝臓に患部が存在する場合、呼吸や心拍によって患部の位置が移動してしまう。このため、患部の位置に正確に放射線を照射することが困難な場合があった。

10

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 0 - 1 6 7 0 7 2 号 公 報

【 特許文献 2 】 国際公開第 2 0 1 0 / 0 5 5 8 8 1 号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

本発明が解決しようとする課題は、より正確に治療ビームを照射することができる治療システム、医用画像処理装置、および治療プログラムを提供することである。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 5 】

実施形態の治療システムは、照射部と、取得部と、患部検出部と、参照部位検出部と、照射制御部とを持つ。前記照射部は、被検体に対して治療ビームを照射する。前記取得部は、前記被検体の透視画像を取得する。前記患部検出部は、前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体の患部を検出する。前記参照部位検出部は、前記取得部により取得された前記透視画像に基づき、前記被検体の参照部位を検出する。前記照射制御部は、前記患部検出部によって検出された前記患部と、前記参照部位検出部によって検出された前記参照部位との関係が所定の条件を満たす場合、前記治療ビームを前記被検体に照射するよう前記照射部を制御する。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 6 】

【 図 1 】 第 1 の実施形態の治療システムの一例を示すブロック図。

【 図 2 】 第 1 の実施形態の画像処理装置の一例を示すブロック図。

【 図 3 】 放射線検出器によって検出された患部周辺の透視画像の一例を示す図。

【 図 4 】 患部テンプレート画像の一例を示す図。

【 図 5 】 放射線検出器によって検出された患部周辺の透視画像および患部検出部によって検出された患部の一例を示す図。

【 図 6 】 参照部位テンプレート画像の一例を示す図。

【 図 7 】 第 1 の実施形態における治療ビームの照射制御の一例を示すフローチャート。

40

【 図 8 】 第 2 の実施形態における、参照部位テンプレート画像上の着目箇所の一列を示す図。

【 図 9 】 第 2 の実施形態における、参照部位テンプレート画像上の着目箇所における分割位置の一例を示す図。

【 図 1 0 】 第 2 の実施形態における、参照部位テンプレート画像上の着目箇所における分割位置の一例を示す図。

【 図 1 1 】 第 3 の実施形態の画像処理装置の一例を示すブロック図。

【 図 1 2 】 マーカーの一例を示す図。

【 図 1 3 】 マーカーを含む領域における輝度値の分布の一例を示す図。

【 図 1 4 】 マーカーおよび検出領域についての他の実施形態を示す図。

50

- 【図 15】 マーカーおよび検出領域についての他の実施形態を示す図。
 【図 16】 マーカーおよび検出領域についての他の実施形態を示す図。
 【図 17】 マーカーおよび検出領域についての他の実施形態を示す図。
 【図 18】 第 3 の実施形態における治療ビームの照射制御の一例を示すフローチャート。
 【図 19】 第 4 の実施形態の画像処理装置の一例を示すブロック図。
 【図 20】 臓器の輪郭の検出結果の一例を示す図。
 【図 21】 臓器の領域の検出結果の一例を示す図。
 【図 22】 第 4 の実施形態における治療ビームの照射制御の一例を示すフローチャート。
 【図 23】 第 5 の実施形態における、参照部位テンプレート画像の作成方法を説明するための図。

10

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、実施形態の治療システム、医用画像処理装置、および治療プログラムを、図面を参照して説明する。

【0008】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、第 1 の実施形態の治療システムの一例を示すブロック図である。治療システム 1 は、治療装置 10 と、医用画像処理装置 100 とを備える。治療装置 10 は、例えば、寝台 11 と、放射線源 12 - 1 および 12 - 2 と、放射線検出器 13 - 1 および 13 - 2 と、照射部 14 と、制御部 15 と、入力部 16 と、表示部 17 とを備える。以下、符号におけるハイフンおよびこれに続く数字は、いずれの放射線源および放射線検出器の組による透視用の放射線、或いは透視画像であるかを示すものとする。

20

【0009】

寝台 11 には、治療を受ける被検体（以下、患者と称す）P が固定される。放射線源 12 - 1 は、患者 P に対して透視用の放射線 r - 1 を照射する。放射線源 12 - 2 は、放射線源 12 - 1 とは異なる角度から、患者 P に対して透視用の放射線 r - 2 を照射する。透視用の放射線 r - 1 および r - 2 は、例えば X 線である。

【0010】

透視用の放射線 r - 1 は放射線検出器 13 - 1 によって検出され、透視用の放射線 r - 2 は放射線検出器 13 - 2 によって検出される。放射線検出器 13 - 1 および 13 - 2 は、例えばフラット・パネル・ディテクタ（FPD；Flat Panel Detector）やイメージインテンシファイアやカラーイメージインテンシファイアである。放射線検出器 13 - 1 は、放射線 r - 1 のエネルギーを検出してデジタル変換し、透視画像 TI - 1 として医用画像処理装置 100 に出力する。放射線検出器 13 - 2 は、放射線 r - 2 のエネルギーを検出してデジタル変換し、透視画像 TI - 2 として医用画像処理装置 100 に出力する。図 1 においては、2 組の放射線源および放射線検出器を示したが、治療装置 10 は、3 組以上の放射線源および放射線検出器を備えてもよい。

30

【0011】

照射部 14 は、治療段階において、患者 P に対して治療ビーム B を照射する。治療ビーム B には、例えば、X 線、 γ 線、電子線、陽子線、中性子線、重粒子線などが含まれる。図 1 においては、1 つの照射部 14 のみを示したが、治療装置 10 は複数の照射部を備えてもよい。図 1 においては、患者 P の垂直方向に照射部がある場合を示したが、治療装置 10 は患者 P の水平方向に照射部を備えてもよい。

40

【0012】

制御部 15 は、例えば、治療装置 10 が設置される治療室内に置かれるコンピュータ装置により実現される。制御部 15 は、治療計画に応じて、透視用の放射線 r - 1 および r - 2 の照射を行うように放射線源 12 - 1 および 12 - 2 を制御する。また、制御部 15 は、治療段階において、医用画像処理装置 100 から出力される信号 S - 1 および信号 S - 2 に基づき、治療ビーム B の照射を行うように照射部 14 を制御する。入力部 16 は、例えば専用キーやダイヤル、タッチパネル、汎用キーボード、マウスなどの入力デバイス

50

である。表示部 17 は、医用画像処理装置 100 から送られる画像等を表示する。

【0013】

図 2 は、第 1 の実施形態の画像処理装置の一例を示すブロック図である。医用画像処理装置 100 は、例えば、入力部 101 と、記憶部 102 と、表示部 103 と、取得部 104 - 1 および 104 - 2 と、患部検出部 108 - 1 および 108 - 2 と、参照部位検出部 110 - 1 および 110 - 2 と、照射制御部 112 - 1 および 112 - 2 と、登録部 120 とを備える。

【0014】

これらの機能部のうちの少なくとも一部は、例えば、CPU (Central Processing Unit) や GPU (Graphics Processing Unit) などのプロセッサが、記憶装置に記憶されたプログラムを実行することにより機能するソフトウェア機能部である。また、これらの機能部のうちの少なくとも一部は、FPGA (Field Programmable Gate Array) や LSI (Large Scale Integration) や ASIC (Application Specific Integrated Circuit) などのハードウェア機能部であってもよい。

10

【0015】

記憶部 102 は、RAM (Random Access Memory)、HDD (Hard Disk Drive)、フラッシュメモリなどの記憶装置により実現される。CPU や GPU などのプロセッサが実行するプログラムは、予め医用画像処理装置 100 の記憶部 102 に格納されていてもよいし、他のコンピュータ装置からネットワークを介してダウンロードされてもよい。また、可搬型記憶装置に格納されたプログラムが医用画像処理装置 100 にインストールされてもよい。

20

【0016】

記憶部 102 は、患部テンプレート画像 AT1 および AT2 と、参照部位テンプレート画像 RT1 および RT2 とを記憶する。患部テンプレート画像 AT1 および参照部位テンプレート画像 RT1 は、透視画像 TI - 1 用のテンプレート画像である。患部テンプレート画像 AT2 および参照部位テンプレート画像 RT2 は、透視画像 TI - 2 用のテンプレート画像である。これらのテンプレート画像の詳細については後述する。

【0017】

入力部 101 は、例えば、汎用キーボードやマウス等の入力デバイスである。表示部 103 は、記憶部 102 に格納された画像等を表示する。取得部 104 - 1 は、放射線検出器 13 - 1 から患者 P の透視画像 TI - 1 を取得する。取得部 104 - 2 は、放射線検出器 13 - 2 から患者 P の透視画像 TI - 2 を取得する。以下、いずれの透視画像であるのかを特定しない場合は、単に透視画像 TI と記載する。

30

【0018】

図 3 は、放射線検出器によって検出された患部周辺の透視画像の一例を示す図である。本実施形態においては、肝臓に存在する患部 (腫瘍) の治療の一例について説明する。図 13 において、透視画像 TI の横軸を x 軸、縦軸を y 軸とする。図 3 に示されるように、透視画像 TI には、患部 A の画像と横隔膜 D の画像が含まれる。患部 A は肝臓に存在する腫瘍であることから、患部 A は横隔膜 D より下に位置する。

【0019】

取得部 104 - 1 は、透視画像 TI - 1 を取得すると、取得した透視画像 TI - 1 を、患部検出部 108 - 1 および参照部位検出部 110 - 1 に出力する。患部検出部 108 - 1 は、取得部 104 - 1 により取得された透視画像 TI - 1 に基づき、患者 P の患部を検出する。例えば、患部検出部 108 - 1 は、取得部 104 - 1 により取得された透視画像 TI - 1 と、記憶部 102 に記憶された複数の患部テンプレート画像 AT1 とに基づき、患者 P の患部の位置を検出する。

40

【0020】

参照部位検出部 110 - 1 は、取得部 104 - 1 により取得された透視画像 TI - 1 に基づき、患者 P の参照部位を検出する。「参照部位」とは、コントラストが高いため検出し易く、かつ患部との位置関係が明らかな部位である。本実施形態において、参照部位検

50

出部 1 1 0 - 1 は、横隔膜 D を参照部位として検出する。例えば、参照部位検出部 1 1 0 - 1 は、取得部 1 0 4 - 1 により取得された透視画像 T I - 1 と、記憶部 1 0 2 に記憶された複数の参照部位テンプレート画像 R T 1 とに基づき、患者 P の参照部位の位置を検出する。

【 0 0 2 1 】

照射制御部 1 1 2 - 1 は、患部検出部 1 0 8 - 1 によって検出された患部と、参照部位検出部 1 1 0 - 1 によって検出された参照部位とに基づき、照射部 1 4 に対して治療ビーム B を照射させるための照射制御信号 S - 1 を制御部 1 5 に送信する。照射制御部 1 1 2 - 1 の詳細については後述する。

【 0 0 2 2 】

取得部 1 0 4 - 2 は、透視画像 T I - 2 を取得すると、取得した透視画像 T I - 2 を、患部検出部 1 0 8 - 2 および参照部位検出部 1 1 0 - 2 に出力する。患部検出部 1 0 8 - 2 は、取得部 1 0 4 - 2 により取得された透視画像 T I - 2 に基づき、患者 P の患部を検出する。例えば、患部検出部 1 0 8 - 2 は、取得部 1 0 4 - 2 により取得された透視画像 T I - 2 と、記憶部 1 0 2 に記憶された複数の患部テンプレート画像 A T 2 とに基づき、患者 P の患部の位置を検出する。

【 0 0 2 3 】

参照部位検出部 1 1 0 - 2 は、取得部 1 0 4 - 2 により取得された透視画像 T I - 2 に基づき、患者 P の参照部位を検出する。参照部位検出部 1 1 0 - 1 と同様に、参照部位検出部 1 1 0 - 2 は、横隔膜 D を参照部位として検出する。例えば、参照部位検出部 1 1 0 - 2 は、取得部 1 0 4 - 2 により取得された透視画像 T I - 2 と、記憶部 1 0 2 に記憶された複数の参照部位テンプレート画像 R T 2 とに基づき、患者 P の参照部位の位置を検出する。

【 0 0 2 4 】

照射制御部 1 1 2 - 2 は、患部検出部 1 0 8 - 2 によって検出された患部と、参照部位検出部 1 1 0 - 2 によって検出された参照部位とに基づき、照射部 1 4 に対して治療ビーム B を照射させるための照射制御信号 S - 2 を制御部 1 5 に送信する。照射制御部 1 1 2 - 2 の詳細については後述する。

【 0 0 2 5 】

図 4 は、患部テンプレート画像の一例を示す図である。以下、いずれの患部テンプレート画像であるのかを特定しない場合は、単に患部テンプレート画像 A T と記載する。患部テンプレート画像 A T は、治療の前に予め放射線検出器 1 3 によって検出された、患部の周辺の透視画像 T I に基づいて作成されてよいが、これに限らない。例えば、予め撮影された患者の C T (Computed Tomography) 画像に基づいて D R R (Digitally Reconstructed Radiograph) が作成され、作成された D R R に基づいて患部テンプレート画像 A T が作成されてもよい。

【 0 0 2 6 】

図 4 には、患者 P の 1 周期の呼吸波形 W が示されている。患者 P が息を吸うと、横隔膜 D が収縮することにより、図 3 に示される横隔膜 D および患部 A は下に移動する。一方、患者 P が息を吐くと、横隔膜 D が弛むことにより、図 3 に示される横隔膜 D および患部 A は上に移動する。このように、呼吸により患部 A が移動するため、患部 A の位置を検出した上で患部 A に治療ビーム B を照射する必要がある。

【 0 0 2 7 】

図 4 に示されるように、記憶部 1 0 2 には、患部の画像が含まれ、患者 P の呼吸位相に応じた複数の患部テンプレート画像 A T - 1 から A T - n が記憶される。患部テンプレート画像 A T - 1 から A T - n は、患者 P の呼吸周期における一定間隔ごとの患部の周辺の画像である。複数の患部テンプレート画像 A T - 1 から A T - n には、それぞれ患部の画像 A - 1 から A - n が含まれる。

【 0 0 2 8 】

患部テンプレート画像 A T - 1 から A T - n の各々には、患部の位置データ P D 1 が対

10

20

30

40

50

応付けられている。患部の位置データPD1は、利用者（医師や放射線技師等）によって入力される。例えば、表示部103が患部テンプレート画像ATを表示し、利用者が入力部101を用いて、患部テンプレート画像ATにおける患部の位置データPD1を入力してもよい。患部の位置データPD1は、患部テンプレート画像ATに対応付けられて記憶部102に記憶される。

【0029】

治療時において、患部検出部108は、放射線検出器13によって検出された透視画像TIから、患部の周辺の透視画像を抽出する。患部の周辺の透視画像の範囲は、医師または放射線技師によって、入力部101を用いて予め設定される。患部検出部108は、抽出した患部の周辺の透視画像と、患部テンプレート画像AT-1からAT-nとを比較することで、患部の位置を検出する。

10

【0030】

例えば、患部検出部108は、抽出した透視画像と最も類似する患部テンプレート画像ATを選択し、選択した患部テンプレート画像ATに対応付けられた患部の位置データPD1を取得する。患部検出部108は、透視画像TIの輝度値と患部テンプレート画像ATの輝度値との差分を算出し、算出した差分が最も小さい値となる患部テンプレート画像ATを選択してよいが、これに限らない。例えば、患部検出部108は、輝度値の正規化相互相関によって、最も相関の高い患部テンプレート画像ATを選択してもよいし、相互情報量に基づいて選択してもよい。

20

【0031】

図5は、放射線検出器によって検出された患部周辺の透視画像および患部検出部によって検出された患部の一例を示す図である。図5に示されるように、透視画像TIには、患部Aの画像と横隔膜Dの画像が含まれる。患部Aは肝臓に存在することから、患部Aは横隔膜Dより下に位置する。

【0032】

しかしながら、図5に示されるように、患部検出部108によって検出された患部Aの一部は、横隔膜Dよりも上に存在する。解剖学的知見によれば、横隔膜Dよりも上に肝臓が存在することはあり得ない。したがって、この状態で照射部14が治療ビームBを照射すると、患部A以外の部分に治療ビームBが照射され、正常な組織が破壊される可能性がある。

30

【0033】

本実施形態においては、正常な組織が破壊されるのを防止するため、照射制御部112は、患部検出部108によって検出された患部の位置と、参照部位検出部110によって検出された参照部位の位置とに基づいて、照射部14を制御する。この点について、以下詳細に説明する。

【0034】

図6は、参照部位テンプレート画像の一例を示す図である。以下、いずれの参照部位テンプレート画像であるのかを特定しない場合は、単に参照部位テンプレート画像RTと記載する。参照部位テンプレート画像RTは、治療の前に予め放射線検出器13によって検出された、参照部位（横隔膜D）の周辺の透視画像TIに基づいて作成されてよいが、これに限らない。例えば、予め撮影された患者のCT画像に基づいてDRRが作成され、作成されたDRRに基づいて参照部位テンプレート画像RTが作成されてもよい。

40

【0035】

図6には、患者Pの1周期の呼吸波形Wが示されている。記憶部102には、参照部位の画像が含まれ、患者Pの呼吸位相に応じた複数の参照部位テンプレート画像RT-1からRT-nが記憶される。参照部位テンプレート画像RT-1からRT-nは、患者Pの呼吸周期における一定間隔ごとの参照部位の周辺の画像である。複数の参照部位テンプレート画像RT-1からRT-nには、それぞれ参照部位の画像R-1からR-nが含まれる。

【0036】

50

参照部位テンプレート画像 R T - 1 から R T - n の各々には、参照部位の位置データ P D 2 が対応付けられている。参照部位の位置データ P D 2 は、利用者（医師や放射線技師等）によって入力される。例えば、表示部 1 0 3 が参照部位テンプレート画像 R T を表示し、利用者が入力部 1 0 1 を用いて、参照部位テンプレート画像 R T における参照部位の位置データ P D 2 を入力してもよい。参照部位の位置データ P D 2 は、参照部位テンプレート画像 R T に対応付けられて記憶部 1 0 2 に記憶される。

【 0 0 3 7 】

治療時において、参照部位検出部 1 1 0 は、放射線検出器 1 3 によって検出された透視画像 T I から、参照部位の周辺の透視画像を抽出する。参照部位の周辺の透視画像の範囲は、医師または放射線技師によって、入力部 1 0 1 を用いて予め設定される。参照部位検出部 1 1 0 は、抽出した参照部位の周辺の透視画像と、参照部位テンプレート画像 R T - 1 から R T - n とを比較することで、参照部位の位置を検出する。

10

【 0 0 3 8 】

例えば、参照部位検出部 1 1 0 は、抽出した透視画像と最も類似する参照部位テンプレート画像 R T を選択し、選択した参照部位テンプレート画像 R T に対応付けられた参照部位の位置データ P D 2 を取得する。参照部位検出部 1 1 0 は、透視画像 T I の輝度値と参照部位テンプレート画像 R T の輝度値との差分を算出し、算出した差分が最も小さい値となる参照部位テンプレート画像 R T を選択してよいが、これに限らない。例えば、参照部位検出部 1 1 0 は、輝度値の正規化相互相関によって、最も相関の高い参照部位テンプレート画像 R T を選択してもよいし、相互情報量に基づいて選択してもよい。

20

【 0 0 3 9 】

照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部の位置と、参照部位検出部 1 1 0 によって検出された参照部位の位置とに基づき、照射制御信号 S を生成する。照射制御部 1 1 2 は、生成した照射制御信号 S を、治療装置 1 0 の制御部 1 5 に送信する。

【 0 0 4 0 】

例えば、患部の位置（位置データ P D 1 ）を 2 次元ベクトル x 、参照部位の位置（位置データ P D 2 ）を 2 次元ベクトル y で表すと、位置関係 f は以下の式（ 1 ）で表される。

$$y = f(x) \quad \dots \text{式(1)}$$

【 0 0 4 1 】

例えば、 $f(x)$ は、以下の式（ 2 ）に示される 1 次元の式として表される。式（ 2 ）における係数 a および b は、複数の x の値および y の値を用いて回帰式を求めることにより、算出することができる。

30

$$f(x) = ax + b \quad \dots \text{式(2)}$$

【 0 0 4 2 】

照射制御部 1 1 2 は、以下の式（ 3 ）が成立するかどうかを判断する。定数 R は、医師または放射線技師によって適宜決定された値である。

$$|y - f(x)| < R \quad \dots \text{式(3)}$$

【 0 0 4 3 】

照射制御部 1 1 2 は、式（ 3 ）が成立すると判断した場合、照射部 1 4 に対して治療ビーム B を照射させるための照射制御信号 S を生成し、生成した照射制御信号 S を治療装置 1 0 の制御部 1 5 に送信する。一方、照射制御部 1 1 2 は、式（ 3 ）が成立しないと判断した場合、照射制御信号 S を治療装置 1 0 の制御部 1 5 に送信しない。

40

【 0 0 4 4 】

このように、照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部の位置と、参照部位検出部 1 1 0 によって検出された参照部位の位置との関係が所定の条件（式（ 3 ））を満たす場合、照射部 1 4 に対して治療ビーム B を照射させる。また、照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部の位置と、参照部位検出部 1 1 0 によって検出された参照部位の位置との関係が所定の条件（式（ 3 ））を満たさない場合、照射部 1 4 による治療ビーム B の照射を停止させる。これによって、より正確に治療ビー

50

ム B を照射することができ、患部以外の正常な組織に治療ビーム B が照射されることを防止することができる。

【 0 0 4 5 】

図 7 は、第 1 の実施形態における治療ビームの照射制御の一例を示すフローチャートである。まず、放射線検出器 1 3 は、透視画像 T I の動画（例えば X 線動画）の撮影を開始する（S 1 0 0）。取得部 1 0 4 は、放射線検出器 1 3 から透視画像 T I を取得すると、取得した透視画像 T I を患部検出部 1 0 8 および参照部位検出部 1 1 0 に出力する。

【 0 0 4 6 】

患部検出部 1 0 8 は、記憶部 1 0 2 から複数の患部テンプレート画像 A T - 1 から A T - n を読み出す（S 1 0 1）。参照部位検出部 1 1 0 は、記憶部 1 0 2 から複数の参照部位テンプレート画像 R T - 1 から R T - n を読み出す（S 1 0 2）。 10

【 0 0 4 7 】

患部検出部 1 0 8 は、取得部 1 0 4 により取得された透視画像 T I と、記憶部 1 0 2 から読み出した複数の患部テンプレート画像 A T - 1 から A T - n とに基づき、患者 P の患部の位置を検出する（S 1 0 3）。例えば、患部検出部 1 0 8 は、透視画像 T I から患部の周辺の透視画像を抽出し、抽出した透視画像の輝度値と患部テンプレート画像 A T の輝度値との差分を算出し、算出した差分が最も小さい値となる患部テンプレート画像 A T を選択する。患部検出部 1 0 8 は、選択した患部テンプレート画像 A T に対応付けられた患部の位置データ P D 1 を取得する。患部検出部 1 0 8 は、取得した患部の位置データ P D 1 を照射制御部 1 1 2 に出力する。 20

【 0 0 4 8 】

次に、参照部位検出部 1 1 0 は、取得部 1 0 4 により取得された透視画像 T I と、記憶部 1 0 2 から読み出した複数の参照部位テンプレート画像 R T - 1 から R T - n とに基づき、参照部位の位置を検出する（S 1 0 4）。例えば、参照部位検出部 1 1 0 は、透視画像 T I から参照部位の周辺の透視画像を抽出し、抽出した透視画像の輝度値と参照部位テンプレート画像 R T の輝度値との差分を算出し、算出した差分が最も小さい値となる参照部位テンプレート画像 R T を選択する。参照部位検出部 1 1 0 は、選択した参照部位テンプレート画像 R T に対応付けられた参照部位の位置データ P D 2 を取得する。参照部位検出部 1 1 0 は、取得した参照部位の位置データ P D 2 を照射制御部 1 1 2 に出力する。

【 0 0 4 9 】

照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 から出力された患部の位置データ P D 1 および参照部位検出部 1 1 0 から出力された参照部位の位置データ P D 2 に基づき、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たすか否かを判断する（S 1 0 5）。例えば、照射制御部 1 1 2 は、前述の式（3）が成立する場合、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たすと判断する。照射制御部 1 1 2 は、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たさないと判断した場合、後述するステップ S 1 0 7 に進む。 30

【 0 0 5 0 】

一方、照射制御部 1 1 2 は、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たすと判断した場合、照射部 1 4 に対して治療ビーム B を照射させるための照射制御信号 S を生成し、生成した照射制御信号 S を制御部 1 5 に出力する。制御部 1 5 は、照射制御部 1 1 2 から出力された照射制御信号 S に基づき、照射部 1 4 に駆動信号 D S を送信する。照射部 1 4 は、制御部 1 5 から駆動信号 D S を受信すると、患者 P に向けて治療ビーム B を照射する（S 1 0 6）。 40

【 0 0 5 1 】

なお、図 2 に示される例においては、医用画像処理装置 1 0 0 内に 2 つの照射制御部 1 1 2 - 1 および 1 1 2 - 2 が存在する。この場合、制御部 1 5 は、照射制御信号 S - 1 および S - 2 の両方を受信したことに応じて、照射部 1 4 に駆動信号 D S を送信する。すなわち、制御部 1 5 は、照射制御信号 S - 1 および S - 2 の一方しか受信していない場合は、照射部 1 4 に駆動信号 D S を送信しない。

【 0 0 5 2 】

10

20

30

40

50

その後、照射制御部 112 は、患部に照射された治療ビーム B の累計の量が所定の線量に至ったかどうかを判断する (S107)。照射制御部 112 は、患部に照射された治療ビーム B の累計の量が所定の線量に至っていないと判断した場合、前述のステップ S103 に戻る。一方、照射制御部 112 は、患部に照射された治療ビーム B の累計の量が所定の線量に至ったと判断した場合、本フローチャートによる処理を終了する。

【0053】

以上説明したように、第 1 の実施形態において、照射制御部 112 は、患部検出部 108 によって検出された患部と、参照部位検出部 110 によって検出された参照部位との関係が所定の条件 (式 (3)) を満たす場合、治療ビーム B を被検体 P に照射するよう照射部 14 を制御する。また、照射制御部 112 は、患部検出部 108 によって検出された患部と、参照部位検出部 110 によって検出された参照部位との関係が所定の条件 (式 (3)) を満たさない場合、照射部 14 による治療ビーム B の照射を停止させる。これによって、より正確に治療ビーム B を照射することができ、患部以外の正常な組織に治療ビーム B が照射されることを防止することができる。

【0054】

(第 2 の実施形態)

第 1 の実施形態においては、参照部位の位置データ PD2 は、利用者 (医師や放射線技師等) によって入力されることとした。これに対し、第 2 の実施形態においては、医用画像処理装置 100 の登録部 120 が、参照部位テンプレート画像 RT から特徴部位を自動的に抽出し、抽出した特徴部位の位置を参照部位の位置データ PD2 として記憶部 102 に登録する。以下、第 2 の実施形態について、第 1 の実施形態との相違点を中心に説明する。

【0055】

図 8 は、第 2 の実施形態における、参照部位テンプレート画像上の着目箇所の一例を示す図である。表示部 103 は、記憶部 102 から参照部位テンプレート画像 RT を読み出し、読み出した参照部位テンプレート画像 RT を表示する。入力部 101 は、利用者による着目箇所 ROI の指定を受け付ける。着目箇所 ROI は、入力画像から特徴部位を検出する際の計算領域として利用される幾何学的情報であり、線分、領域、その他の情報として指定される。

【0056】

利用者は、着目箇所 ROI の形状を線分にするか、矩形にするかを、例えば、ラジオボタンで選択し、その入力を入力部 101 が受け付ける。そして、利用者は、例えば、参照部位テンプレート画像 RT を眺めながらマウスを操作し、ドラッグすることで着目箇所 ROI を指定する。図 8 に示される例において、着目箇所 ROI は線分として指定されている。登録部 120 は、指定された着目箇所 ROI に基づいて、他の複数の参照部位テンプレート画像 RT に対しても同様に着目箇所 ROI を指定する。

【0057】

図 9 および図 10 は、第 2 の実施形態における、参照部位テンプレート画像上の着目箇所における分割位置の一例を示す図である。例えば、登録部 120 は、所定の刻み幅で分割位置を変えて、着目箇所 ROI を 2 つに分割する。図 9 に示されるように、参照部位テンプレート画像 RT 上には、分割位置 S と、分割された着目箇所 ROI (1) および ROI (2) とが示されている。

【0058】

そして、登録部 120 は、分割された着目箇所 ROI (1)、ROI (2) の輝度値から分離度を計算する。分離度とは、例えば、着目箇所 ROI (1) の輝度値の平均値と、着目箇所 ROI (2) の輝度値の平均値との差である。

【0059】

図 10 に示されるように、登録部 120 は、分離度が最大となる分割位置 S を、特徴部位として抽出する。特徴部位の位置は、例えば、参照部位テンプレート画像の座標系で表現される。特徴部位の位置は、(x, y) 座標で表現されてもよいし、x 座標だけ或いは

10

20

30

40

50

y座標だけで表現されてもよい。また、特徴部位の位置は、線分、或いは領域等で表現されてもよい。

【0060】

登録部120は、抽出した特徴部位の位置を、参照部位の位置データPD2として検出する。登録部120は、検出した参照部位の位置データPD2を、参照部位テンプレート画像RTに対応付けて記憶部102に登録する。登録部120は、他の参照部位テンプレート画像RTに対して同様の処理を行う。これによって、複数の参照部位テンプレート画像RT-1からRT-nに対して、それぞれ参照部位の位置データPD2-1~PD2-nに対応付けられる。

【0061】

以上説明したように、第2の実施形態において、登録部120は、複数の参照部位テンプレート画像RT-1からRT-nのそれぞれに対して特徴部位を抽出し、抽出した特徴部位の位置を参照部位の位置として記憶部102に登録する。これによって、利用者が参照部位の位置を入力する必要は無いため、利用者の利便性を向上することができる。

【0062】

(第3の実施形態)

第1の実施形態および第2の実施形態においては、参照部位検出部110は、参照部位テンプレート画像RTに基づいて参照部位の位置を検出することとした。これに対し、第3の実施形態においては、人体に埋め込まれたマーカーを参照部位として検出する。以下、第3の実施形態について、第1の実施形態および第2の実施形態との相違点を中心に説明する。

【0063】

図11は、第3の実施形態の画像処理装置の一例を示すブロック図である。図11において、図2の各部に対応する部分には同一の符号を付し、説明を省略する。医用画像処理装置100は、例えば、入力部101と、記憶部102と、表示部103と、取得部104-1および104-2と、患部検出部108-1および108-2と、参照部位検出部110-1および110-2と、照射制御部112-1および112-2とを備える。

【0064】

記憶部102は、患部テンプレート画像AT1およびAT2を記憶する。参照部位検出部110-1はマーカー検出部114-1を備え、参照部位検出部110-2はマーカー検出部114-2を備える。

【0065】

取得部104-1は、透視画像TI-1を取得すると、取得した透視画像TI-1を、患部検出部108-1および参照部位検出部110-1に出力する。患部検出部108-1は、取得部104-1により取得された透視画像TI-1に基づき、患者Pの患部を検出する。例えば、患部検出部108-1は、取得部104-1により取得された透視画像TI-1と、記憶部102に記憶された複数の患部テンプレート画像AT1とに基づき、患者Pの患部の位置を検出する。

【0066】

参照部位検出部110-1は、取得部104-1により取得された透視画像TI-1に基づき、患者Pの参照部位を検出する。本実施形態において、参照部位検出部110-1内のマーカー検出部114-1は、患者Pの体内に埋め込まれた金属製のマーカーを参照部位として検出する。

【0067】

照射制御部112-1は、患部検出部108-1によって検出された患部と、参照部位検出部110-1によって検出された参照部位とに基づき、照射部14に対して治療ビームBを照射させるための照射制御信号S-1を制御部15に送信する。

【0068】

取得部104-2は、透視画像TI-2を取得すると、取得した透視画像TI-2を、患部検出部108-2および参照部位検出部110-2に出力する。患部検出部108-

10

20

30

40

50

2 は、取得部 104 - 2 により取得された透視画像 T I - 2 に基づき、患者 P の患部を検出する。例えば、患部検出部 108 - 2 は、取得部 104 - 2 により取得された透視画像 T I - 2 と、記憶部 102 に記憶された複数の患部テンプレート画像 A T 2 とに基づき、患者 P の患部の位置を検出する。

【0069】

参照部位検出部 110 - 2 は、取得部 104 - 2 により取得された透視画像 T I - 2 に基づき、患者 P の参照部位を検出する。マーカー検出部 114 - 1 と同様に、マーカー検出部 114 - 2 は、患者 P の体内に埋め込まれた金属マーカーを参照部位として検出する。

【0070】

照射制御部 112 - 2 は、患部検出部 108 - 2 によって検出された患部と、参照部位検出部 110 - 2 によって検出された参照部位とに基づき、照射部 14 に対して治療ビーム B を照射させるための照射制御信号 S - 2 を制御部 15 に送信する。

【0071】

図 12 は、マーカーの一例を示す図である。参照部位検出部 110 は、取得部 104 によって取得された透視画像 T I から検出領域 A R を抽出する。図 12 に示されるように、取得部 104 によって取得された透視画像 T I の検出領域 A R には、人体領域 H およびマーカー領域 M が含まれる。金属製のマーカーは放射線を遮蔽するため、マーカー領域 M の輝度値は人体領域 H の輝度値よりも小さい。人体領域 H の輝度値とマーカー領域 M の輝度値との差は大きいいため、マーカー検出部 114 は高精度にマーカー（参照部位）を検出することができる。

【0072】

本実施形態において、マーカーは直径 2 [mm] の円形であるが、マーカーの形状および大きさはこれに限らない。例えば、マーカーは四角形や三角形等の多角形であってもよい。参照部位検出部 110 のマーカー検出部 114 は、縦 3 [mm] × 横 3 [mm] の検出領域 A R を透視画像 T I から抽出し、抽出した検出領域 A R にマーカーが含まれるか否かを判断する。

【0073】

図 13 は、マーカーを含む領域における輝度値の分布の一例を示す図である。図 13 において、横軸は各画素の輝度値を示し、縦軸は画素数を示す。マーカー検出部 114 は、検出領域 A R における各画素の輝度値に基づき、マーカー領域 M の輝度値に対応する第 1 のピーク値 P 1 と、人体領域 H の輝度値に対応する第 2 のピーク値 P 2 とを算出する。マーカー検出部 114 は、第 2 のピーク値 P 2 と第 1 のピーク値 P 1 との差分 (P 2 - P 1) を算出する。

【0074】

マーカー検出部 114 は、算出した差分 (P 2 - P 1) が所定の閾値 T H より大きい場合、検出領域 A R にマーカーが含まれると判断する。この場合、マーカー検出部 114 は、検出領域 A R の中心位置を、参照部位（マーカー）の位置データ P D 2 として導出する。マーカー検出部 114 は、導出した参照部位（マーカー）の位置データ P D 2 を照射制御部 112 へ出力する。

【0075】

図 14 から図 17 は、マーカーおよび検出領域についての他の実施形態を示す図である。図 14 に示されるように、検出領域 A R は、マーカー領域 M の中心から所定距離以内の領域であってもよい。

【0076】

図 15 に示されるように、2 つのマーカーが用いられる場合、検出領域 A R は、第 1 のマーカー領域 M 1 の中心から所定距離以内、かつ、第 2 のマーカー領域 M 2 の中心から所定距離以内の領域であってもよい。

【0077】

図 16 に示されるように、3 つのマーカーが用いられる場合、検出領域 A R は、第 1 の

10

20

30

40

50

マーカー領域 M 1 の中心と、第 2 のマーカー領域 M 2 の中心と、第 3 のマーカー領域 M 3 の中心とを結ぶことによって形成される三角形の領域であってもよい。

【 0 0 7 8 】

図 1 7 に示されるように、検出領域 A R は、マーカー領域 M を中心とした同心円によって囲まれる領域であってもよい。

【 0 0 7 9 】

図 1 8 は、第 3 の実施形態における治療ビームの照射制御の一例を示すフローチャートである。まず、放射線検出器 1 3 は、透視画像 T I の動画（例えば X 線動画）の撮影を開始する（S 2 0 0）。取得部 1 0 4 は、放射線検出器 1 3 から透視画像 T I を取得すると、取得した透視画像 T I を患部検出部 1 0 8 および参照部位検出部 1 1 0 に出力する。

10

【 0 0 8 0 】

患部検出部 1 0 8 は、記憶部 1 0 2 から複数の患部テンプレート画像 A T - 1 から A T - n を読み出す（S 2 0 1）。患部検出部 1 0 8 は、取得部 1 0 4 により取得された透視画像 T I と、記憶部 1 0 2 から読み出した複数の患部テンプレート画像 A T - 1 から A T - n とに基づき、患者 P の患部の位置を検出する（S 2 0 2）。例えば、患部検出部 1 0 8 は、透視画像 T I から患部の周辺の透視画像を抽出し、抽出した透視画像の輝度値と患部テンプレート画像 A T の輝度値との差分を算出し、算出した差分が最も小さい値となる患部テンプレート画像 A T を選択する。患部検出部 1 0 8 は、選択した患部テンプレート画像 A T に対応付けられた患部の位置データ P D 1 を取得する。患部検出部 1 0 8 は、取得した患部の位置データ P D 1 を照射制御部 1 1 2 に出力する。

20

【 0 0 8 1 】

次に、参照部位検出部 1 1 0 は、取得部 1 0 4 により取得された透視画像 T I に基づき、参照部位（マーカー）の位置を検出する（S 2 0 3）。例えば、参照部位検出部 1 1 0 のマーカー検出部 1 1 4 は、図 1 3 に示される第 2 のピーク値 P 2 と第 1 のピーク値 P 1 との差分（ $P 2 - P 1$ ）を算出する。マーカー検出部 1 1 4 は、算出した差分（ $P 2 - P 1$ ）が所定の閾値 T H より大きい場合、検出領域 A R にマーカーが含まれると判断する。この場合、マーカー検出部 1 1 4 は、検出領域 A R の中心位置を、参照部位（マーカー）の位置データ P D 2 として導出する。マーカー検出部 1 1 4 は、導出した参照部位（マーカー）の位置データ P D 2 を照射制御部 1 1 2 に出力する。

【 0 0 8 2 】

照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 から出力された患部の位置データ P D 1 および参照部位検出部 1 1 0 から出力された参照部位の位置データ P D 2 に基づき、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たすか否かを判断する（S 2 0 4）。例えば、照射制御部 1 1 2 は、前述の式（3）が成立する場合、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たすと判断する。照射制御部 1 1 2 は、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たさないと判断した場合、後述するステップ S 2 0 6 に進む。

30

【 0 0 8 3 】

一方、照射制御部 1 1 2 は、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たすと判断した場合、照射部 1 4 に対して治療ビーム B を照射させるための照射制御信号 S を生成し、生成した照射制御信号 S を制御部 1 5 に出力する。制御部 1 5 は、照射制御部 1 1 2 から出力された照射制御信号 S に基づき、照射部 1 4 に駆動信号 D S を送信する。照射部 1 4 は、制御部 1 5 から駆動信号 D S を受信すると、患者 P に向けて治療ビーム B を照射する（S 2 0 5）。

40

【 0 0 8 4 】

なお、図 1 1 に示される例においては、医用画像処理装置 1 0 0 内に 2 つの照射制御部 1 1 2 - 1 および 1 1 2 - 2 が存在する。この場合、制御部 1 5 は、照射制御信号 S - 1 および S - 2 の両方を受信したことに応じて、照射部 1 4 に駆動信号 D S を送信する。すなわち、制御部 1 5 は、照射制御信号 S - 1 および S - 2 の一方しか受信していない場合は、照射部 1 4 に駆動信号 D S を送信しない。

【 0 0 8 5 】

50

その後、照射制御部 112 は、患部に照射された治療ビーム B の累計の量が所定の線量に至ったかどうかを判断する (S206)。照射制御部 112 は、患部に照射された治療ビーム B の累計の量が所定の線量に至っていないと判断した場合、前述のステップ S202 に戻る。一方、照射制御部 112 は、患部に照射された治療ビーム B の累計の量が所定の線量に至ったと判断した場合、本フローチャートによる処理を終了する。

【0086】

以上説明したように、第 3 の実施形態において、参照部位検出部 110 は、取得部 104 により取得された透視画像 T I に基づき、患者 P に埋め込まれたマーカを参照部位として検出するマーカ検出部 114 を備える。これによって、高精度に参照部位を検出することができる。

10

【0087】

(第 4 の実施形態)

第 1 の実施形態および第 2 の実施形態においては、参照部位検出部 110 は、参照部位テンプレート画像 R T に基づいて参照部位を検出することとした。また、第 3 の実施形態においては、人体に埋め込まれたマーカを参照部位として検出することとした。これに対し、第 4 の実施形態においては、患者 P の臓器の輪郭または臓器の領域を参照部位として検出する。以下、第 4 の実施形態について、第 1 の実施形態から第 3 の実施形態との相違点を中心に説明する。

【0088】

図 19 は、第 4 の実施形態の画像処理装置の一例を示すブロック図である。図 19 において、図 2 の各部に対応する部分には同一の符号を付し、説明を省略する。医用画像処理装置 100 は、例えば、入力部 101 と、記憶部 102 と、表示部 103 と、取得部 104 - 1 および 104 - 2 と、患部検出部 108 - 1 および 108 - 2 と、参照部位検出部 110 - 1 および 110 - 2 と、照射制御部 112 - 1 および 112 - 2 とを備える。

20

【0089】

記憶部 102 は、患部テンプレート画像 A T 1 および A T 2 を記憶する。参照部位検出部 110 - 1 は輪郭・領域検出部 116 - 1 を備え、参照部位検出部 110 - 2 は輪郭・領域検出部 116 - 2 を備える。

【0090】

取得部 104 - 1 は、透視画像 T I - 1 を取得すると、取得した透視画像 T I - 1 を、患部検出部 108 - 1 および参照部位検出部 110 - 1 に出力する。患部検出部 108 - 1 は、取得部 104 - 1 により取得された透視画像 T I - 1 に基づき、患者 P の患部を検出する。例えば、患部検出部 108 - 1 は、取得部 104 - 1 により取得された透視画像 T I - 1 と、記憶部 102 に記憶された複数の患部テンプレート画像 A T 1 とに基づき、患者 P の患部の位置を検出する。

30

【0091】

参照部位検出部 110 - 1 は、取得部 104 - 1 により取得された透視画像 T I - 1 に基づき、患者 P の参照部位を検出する。本実施形態において、参照部位検出部 110 - 1 内の輪郭・領域検出部 116 - 1 は、患者 P の臓器の輪郭または臓器の領域を参照部位として検出する。

40

【0092】

照射制御部 112 - 1 は、患部検出部 108 - 1 によって検出された患部と、参照部位検出部 110 - 1 によって検出された参照部位とに基づき、照射部 14 に対して治療ビーム B を照射させるための照射制御信号 S - 1 を制御部 15 に送信する。

【0093】

取得部 104 - 2 は、透視画像 T I - 2 を取得すると、取得した透視画像 T I - 2 を、患部検出部 108 - 2 および参照部位検出部 110 - 2 に出力する。患部検出部 108 - 2 は、取得部 104 - 2 により取得された透視画像 T I - 2 に基づき、患者 P の患部を検出する。例えば、患部検出部 108 - 2 は、取得部 104 - 2 により取得された透視画像 T I - 2 と、記憶部 102 に記憶された複数の患部テンプレート画像 A T 2 とに基づき、

50

患者 P の患部の位置を検出する。

【 0 0 9 4 】

参照部位検出部 1 1 0 - 2 は、取得部 1 0 4 - 2 により取得された透視画像 T I - 2 に基づき、患者 P の参照部位を検出する。輪郭・領域検出部 1 1 6 - 1 と同様に、輪郭・領域検出部 1 1 6 - 2 は、患者 P の臓器の輪郭または臓器の領域を参照部位として検出する。

【 0 0 9 5 】

照射制御部 1 1 2 - 2 は、患部検出部 1 0 8 - 2 によって検出された患部と、参照部位検出部 1 1 0 - 2 によって検出された参照部位とに基づき、照射部 1 4 に対して治療ビーム B を照射させるための照射制御信号 S - 2 を制御部 1 5 に送信する。

10

【 0 0 9 6 】

図 2 0 は、臓器の輪郭の検出結果の一例を示す図である。図 2 0 においては、輪郭・領域検出部 1 1 6 によって検出された横隔膜 D の輪郭が示されている。輪郭・領域検出部 1 1 6 は、透過画像 T I 内のコントラストの差が大きい領域の境界線を、臓器（横隔膜）の輪郭として検出する。輪郭・領域検出部 1 1 6 は、臓器の輪郭を、 $x - y$ 座標系における関数として求めてもよいし、 (x, y) 座標の集合として求めてもよい。輪郭・領域検出部 1 1 6 は、検出した参照部位（横隔膜 D）の輪郭データ O D を照射制御部 1 1 2 に出力する。

【 0 0 9 7 】

患部が肝臓に存在する場合、横隔膜 D よりも上に患部が存在することはあり得ない。このため、照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部の位置が、輪郭・領域検出部 1 1 6 によって検出された横隔膜 D の輪郭（参照部位）よりも上に存在する場合、照射制御信号 S を制御部 1 5 に送信しない。一方、照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部の位置が、輪郭・領域検出部 1 1 6 によって検出された横隔膜 D の輪郭（参照部位）よりも下に存在する場合、照射制御信号 S を制御部 1 5 に送信する。これによって、より正確に治療ビーム B を照射することができ、患部以外の正常な組織に治療ビーム B が照射されることを防止することができる。

20

【 0 0 9 8 】

図 2 1 は、臓器の領域の検出結果の一例を示す図である。図 2 0 においては、輪郭・領域検出部 1 1 6 によって検出された肺の領域（肺野 L F 1 および L F 2）が示されている。輪郭・領域検出部 1 1 6 は、透過画像 T I 内のコントラストの差が大きい領域を、臓器（肺）の領域として検出する。輪郭・領域検出部 1 1 6 は、検出した領域の境界を、 $x - y$ 座標系における関数として求めてもよいし、 (x, y) 座標の集合として求めてもよい。輪郭・領域検出部 1 1 6 は、検出した肺野 L F 1 および L F 2（参照部位）の領域データ A D を照射制御部 1 1 2 に出力する。

30

【 0 0 9 9 】

患部が肺に存在する場合、肺の領域外に患部が存在することはあり得ない。このため、照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部の位置が、輪郭・領域検出部 1 1 6 によって検出された肺野 L F 1 または L F 2（参照部位）の領域外に存在する場合、照射制御信号 S を制御部 1 5 に送信しない。一方、照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部の位置が、輪郭・領域検出部 1 1 6 によって検出された肺野 L F 1 または L F 2（参照部位）の領域内に存在する場合、照射制御信号 S を制御部 1 5 に送信する。これによって、より正確に治療ビーム B を照射することができ、患部以外の正常な組織に治療ビーム B が照射されることを防止することができる。

40

【 0 1 0 0 】

このように、照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部と、参照部位検出部 1 1 0 によって検出された参照部位との幾何学的関係が所定の条件を満たす場合、照射部 1 4 に対して治療ビーム B を照射させる。一方、照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部と、参照部位検出部 1 1 0 によって検出された参照部位との幾何学的関係が所定の条件を満たさない場合、照射部 1 4 による治療ビーム B の照

50

射を停止させる。「幾何学的関係」とは、形状や位置に基づく関係を意味する。例えば、幾何学的関係は、患部の位置と横隔膜の輪郭との関係や、患部の位置と肺の領域との関係を意味する。

【0101】

図22は、第4の実施形態における治療ビームの照射制御の一例を示すフローチャートである。まず、放射線検出器13は、透視画像TIの動画(例えばX線動画)の撮影を開始する(S300)。取得部104は、放射線検出器13から透視画像TIを取得すると、取得した透視画像TIを患部検出部108および参照部位検出部110に出力する。

【0102】

患部検出部108は、記憶部102から複数の患部テンプレート画像AT-1からAT-nを読み出す(S301)。患部検出部108は、取得部104により取得された透視画像TIと、記憶部102から読み出した複数の患部テンプレート画像AT-1からAT-nとに基づき、患者Pの患部の位置を検出する(S302)。例えば、患部検出部108は、透視画像TIから患部の周辺の透視画像を抽出し、抽出した透視画像の輝度値と患部テンプレート画像ATの輝度値との差分を算出し、算出した差分が最も小さい値となる患部テンプレート画像ATを選択する。患部検出部108は、選択した患部テンプレート画像ATに対応付けられた患部の位置データPD1を取得する。患部検出部108は、取得した患部の位置データPD1を照射制御部112に出力する。

10

【0103】

次に、参照部位検出部110は、取得部104により取得された透視画像TIに基づき、参照部位(臓器)の輪郭または領域を検出する(S303)。例えば、参照部位検出部110の輪郭・領域検出部116は、透過画像TI内のコントラストの差が大きい領域の境界線を、参照部位(臓器)の輪郭データODとして検出する。また、例えば、輪郭・領域検出部116は、透過画像TI内のコントラストの差が大きい領域を、参照部位(臓器)の領域データADとして検出する。輪郭・領域検出部116は、検出した輪郭データODまたは領域データADを照射制御部112に出力する。

20

【0104】

照射制御部112は、患部検出部108から出力された患部の位置データPD1および参照部位検出部110から出力された参照部位の輪郭データODまたは領域データADに基づき、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たすか否かを判断する(S304)。例えば、照射制御部112は、肝臓に存在する患部が横隔膜(参照部位)の輪郭よりも下にある場合、所定の条件を満たすと判断する。また、例えば、照射制御部112は、肺に存在する患部が肺(参照部位)の領域内にある場合、所定の条件を満たすと判断する。照射制御部112は、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たさないと判断した場合、後述するステップS306に進む。

30

【0105】

一方、照射制御部112は、患部および参照部位の位置関係が所定の条件を満たすと判断した場合、照射部14に対して治療ビームBを照射させるための照射制御信号Sを生成し、生成した照射制御信号Sを制御部15に出力する。制御部15は、照射制御部112から出力された照射制御信号Sに基づき、照射部14に駆動信号DSを送信する。照射部14は、制御部15から駆動信号DSを受信すると、患者Pに向けて治療ビームBを照射する(S305)。

40

【0106】

なお、図19に示される例においては、医用画像処理装置100内に2つの照射制御部112-1および112-2が存在する。この場合、制御部15は、照射制御信号S-1およびS-2の両方を受信したことに応じて、照射部14に駆動信号DSを送信する。すなわち、制御部15は、照射制御信号S-1およびS-2の一方しか受信していない場合は、照射部14に駆動信号DSを送信しない。

【0107】

その後、照射制御部112は、患部に照射された治療ビームBの累計の量が所定の線量

50

に至ったかどうかを判断する（S306）。照射制御部112は、患部に照射された治療ビームBの累計の量が所定の線量に至っていないと判断した場合、前述のステップS302に戻る。一方、照射制御部112は、患部に照射された治療ビームBの累計の量が所定の線量に至ったと判断した場合、本フローチャートによる処理を終了する。

【0108】

以上説明したように、第4の実施形態において、参照部位検出部110は、取得部104により取得された透視画像TIに基づき、患部の周辺に存在する臓器の輪郭を導出し、導出した輪郭を参照部位として検出する。照射制御部112は、患部検出部108によって検出された患部と、参照部位検出部110によって検出された参照部位（臓器の輪郭）との関係が所定の条件を満たす場合、照射部14に対して治療ビームBを照射させる。また、照射制御部112は、患部検出部108によって検出された患部と、参照部位検出部110によって検出された参照部位（臓器の輪郭）との関係が所定の条件を満たさない場合、照射部14による治療ビームBの照射を停止させる。これによって、より正確に治療ビームBを照射することができ、患部以外の正常な組織に治療ビームBが照射されることを防止することができる。

10

【0109】

また、第4の実施形態において、参照部位検出部110は、取得部104により取得された透視画像TIに基づき、患部が存在する臓器の領域を導出し、導出した領域を参照部位として検出する。照射制御部112は、患部検出部108によって検出された患部と、参照部位検出部110によって検出された参照部位（臓器の領域）との関係が所定の条件を満たす場合、照射部14に対して治療ビームBを照射させる。また、照射制御部112は、患部検出部108によって検出された患部と、参照部位検出部110によって検出された参照部位（臓器の領域）との関係が所定の条件を満たさない場合、照射部14による治療ビームBの照射を停止させる。これによって、より正確に治療ビームBを照射することができ、患部以外の正常な組織に治療ビームBが照射されることを防止することができる。

20

【0110】

（第5の実施形態）

第1の実施形態においては、放射線検出器13によって検出された患部の周辺の透視画像TIに基づいて、テンプレート画像が生成されることとした。これに対し、第5の実施形態においては、患者のCT画像を用いてテンプレート画像が生成される。以下、第5の実施形態について、第1の実施形態から第4の実施形態との相違点を中心に説明する。

30

【0111】

図23は、第5の実施形態における、参照部位テンプレート画像の作成方法を説明するための図である。CT画像20は、治療計画段階において取得された、患者Pの患部を含む3次元ボリュームデータである。以降、CT画像20は、患者Pの頭部の3次元ボリュームデータであるとして説明する。

【0112】

CT画像20内に位置する重要臓器IMPは、照射部14によって治療ビームBが照射されることを禁止された臓器である。利用者（医師または放射線技師）は、入力部101を用いて重要臓器IMPの位置を入力する。例えば、表示部103は、CT画像20に基づいて患者Pの複数の輪切り画像を表示する。利用者は、表示部103に表示された複数の輪切り画像のそれぞれに対して、入力部101を用いて重要臓器IMPの位置を入力する。

40

【0113】

例えば、重要臓器IMPとして眼球の位置が入力されると、照射制御部112は、眼球の位置に治療ビームBを照射させないよう照射部14を制御する。これによって、治療ビームBが眼球に照射されて眼球の組織が破壊されることを防止できる。

【0114】

透視画像30および40は、実際に患者Pを撮影することにより生成された画像ではな

50

く、CT画像20を用いて生成されたDRRである。透視画像30は、放射線源12-1からCT画像20に放射線が仮想的に照射されることによって、放射線検出器13-1によって仮想的に検出される画像である。透視画像40は、放射線源12-2からCT画像20に放射線が仮想的に照射されることによって、放射線検出器13-2によって仮想的に検出される画像である。

【0115】

本実施形態においては、透視画像30および40が、それぞれ参照部位テンプレート画像RT1およびRT2として利用される。治療計画段階においては、呼吸位相に応じた複数のCT画像20が生成される。図2に示される登録部120は、これら複数のCT画像20に対して透視画像30を検出することで、複数の参照部位テンプレート画像RT1-1からRT1-nを生成する。また、登録部120は、これら複数のCT画像20に対して透視画像40を検出することで、参照部位テンプレート画像RT2-1からRT2-nを生成する。

10

【0116】

また、本実施形態においては、透視画像30における重要臓器IMPの位置を示す位置データが、参照部位の位置データPD2として利用される。したがって、登録部120は、参照部位の位置データPD2を参照部位テンプレート画像RT1に対応付けて記憶部102に登録する。また、透視画像40における重要臓器IMPの位置を示す位置データが、参照部位の位置データPD2として利用される。したがって、登録部120は、参照部位の位置データPD2を参照部位テンプレート画像RT2に対応付けて記憶部102に登録する。

20

【0117】

本実施形態においては、患者のCT画像に基づいて参照部位テンプレート画像RT1およびRT2が生成されることとしたが、患者のCT画像に基づいて患部テンプレート画像AT1およびAT2が生成されてもよい。登録部120は、患部の位置データPD1を、生成された患部テンプレート画像AT1およびAT2に対応付けて記憶部102に登録してもよい。

【0118】

また、本実施形態においては、重要臓器IMPを参照部位として利用することとしたが、マーカー、臓器の輪郭、および臓器の領域等を参照部位として利用してもよい。

30

【0119】

以上説明したように、第5の実施形態において、入力部101は、患部のデータが含まれるCT画像20(3次元ボリュームデータ)における、参照部位の位置データPD2の入力を受け付ける。登録部120は、CT画像20に基づいて参照部位テンプレート画像RTを生成し、生成した参照部位テンプレート画像RTと入力部101により受け付けられた位置データPD2とを対応付けて記憶部102に登録する。これによって、放射線検出器13によって参照部位テンプレート画像用の透視画像を予め検出する手間を省くことができる。

【0120】

また、第5の実施形態において、入力部101は、患部のデータが含まれるCT画像20(3次元ボリュームデータ)における、患部の位置データPD1の入力を受け付ける。登録部120は、CT画像20に基づいて患部テンプレート画像を生成し、生成した患部テンプレート画像ATと入力部101により受け付けられた位置データPD1とを対応付けて記憶部102に登録する。これによって、放射線検出器13によって患部テンプレート画像用の透視画像を予め検出する手間を省くことができる。

40

【0121】

なお、第1の実施形態から第5の実施形態において、表示部103は、患部および参照部位の組合せの選択画面を表示してもよく、入力部101は、患部および参照部位の組合せの選択を受け付けてもよい。これによって、利用者は、患部および参照部位の組合せを容易に設定することができる。

50

【 0 1 2 2 】

また、入力部 1 0 1 は、患部と参照部位との関係が満たすべき所定の条件の入力を受け付けてもよい。また、照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部と、参照部位検出部 1 1 0 によって検出された参照部位との関係が、入力部 1 0 1 によって受け付けられた所定の条件を満たす場合、治療ビーム B を被検体 P に照射するよう照射部 1 4 を制御してもよい。所定の条件とは、例えば、式 (3) を満たすこと、肝臓に存在する患部が横隔膜よりも下に位置すること、または肺に存在する患部が肺の領域に含まれることであるが、これに限られない。これによって、利用者が任意に所定の条件を設定することができる。

【 0 1 2 3 】

また、上記実施形態における治療装置 1 0 および医用画像処理装置 1 0 0 は、内部にコンピュータシステムを有している。そして、上述した治療装置 1 0 および医用画像処理装置 1 0 0 の各処理の過程は、プログラムの形式でコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムをコンピュータが読み出して実行することによって上記各種処理が行われる。ここで、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等をいう。また、このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータが当該プログラムを実行するようにしてもよい。

【 0 1 2 4 】

以上説明した少なくともひとつの実施形態によれば、照射部 1 4 と、取得部 1 0 4 と、患部検出部 1 0 8 と、参照部位検出部 1 1 0 と、照射制御部 1 1 2 とを持つ。照射部 1 4 は、被検体 P に対して治療ビーム B を照射する。取得部 1 0 4 は、被検体 P の透視画像 T I を取得する。患部検出部 1 0 8 は、取得部 1 0 4 により取得された透視画像 T I に基づき、被検体 P の患部を検出する。参照部位検出部 1 1 0 は、取得部 1 0 4 により取得された透視画像 T I に基づき、被検体 P の参照部位を検出する。照射制御部 1 1 2 は、患部検出部 1 0 8 によって検出された患部と、参照部位検出部 1 1 0 によって検出された参照部位との関係が所定の条件を満たす場合、治療ビーム B を被検体 P に照射するよう照射部 1 4 を制御する。

【 0 1 2 5 】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 6 】

1 ... 治療システム、1 0 ... 治療装置、1 4 ... 照射部、1 5 ... 制御部、1 0 0 ... 医用画像処理装置、1 0 1 ... 入力部、1 0 2 ... 記憶部、1 0 3 ... 表示部、1 0 4 - 1 ... 取得部、1 0 4 - 2 ... 取得部、1 0 8 - 1 ... 患部検出部、1 0 8 - 2 ... 患部検出部、1 1 0 - 1 ... 参照部位検出部、1 1 0 - 2 ... 参照部位検出部、1 1 2 - 1 ... 照射制御部、1 1 2 - 2 ... 照射制御部、1 1 4 - 1 ... マーカー検出部、1 1 4 - 2 ... マーカー検出部、1 1 6 - 1 ... 輪郭・領域検出部、1 1 6 - 2 ... 輪郭・領域検出部、1 2 0 ... 登録部

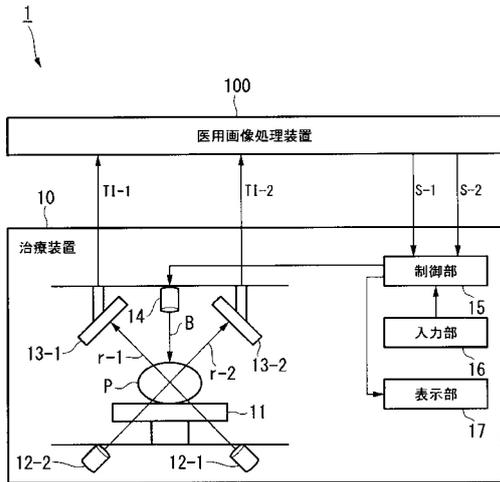
10

20

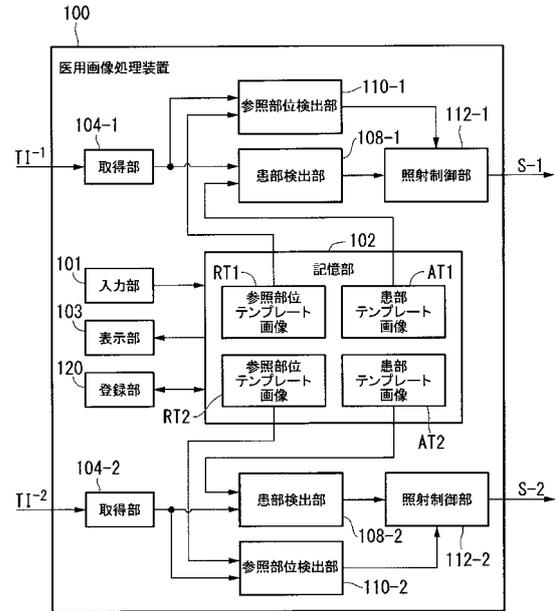
30

40

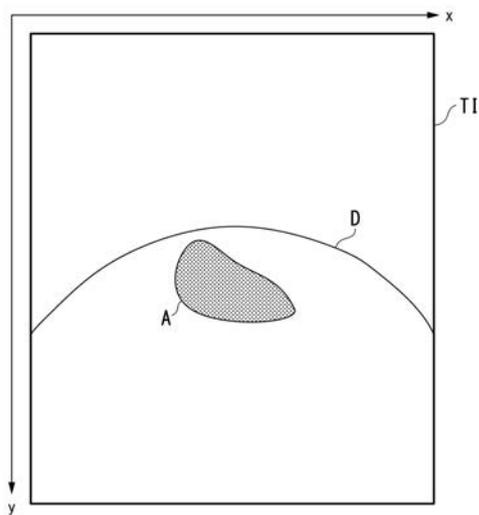
【 図 1 】



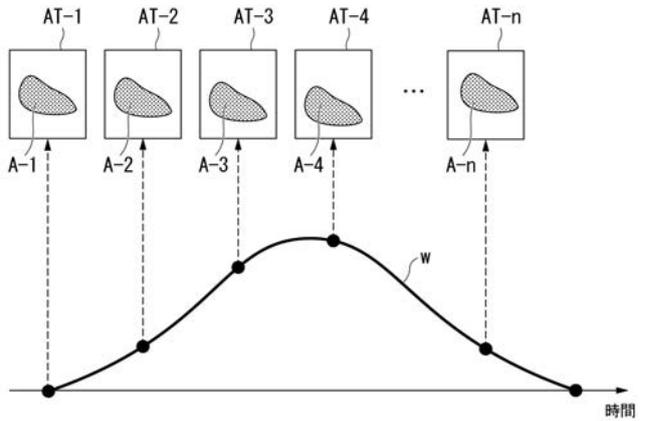
【 図 2 】



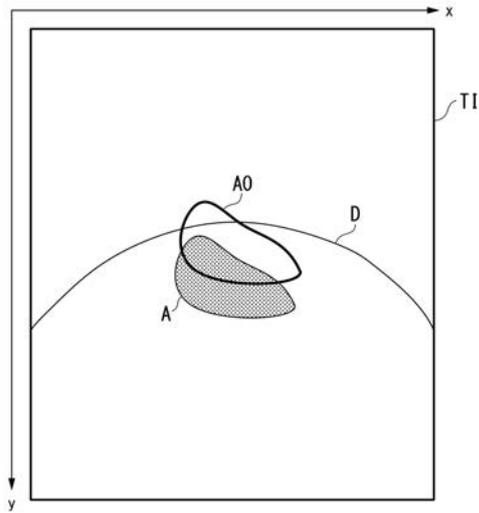
【 図 3 】



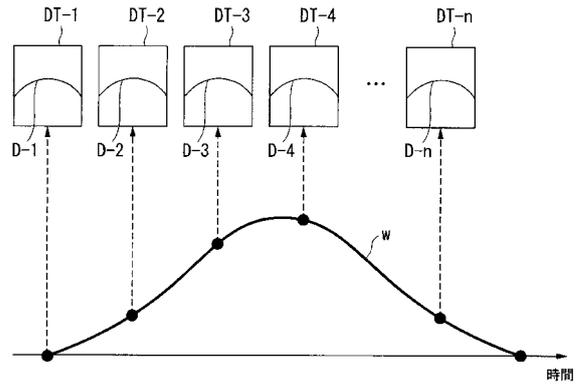
【 図 4 】



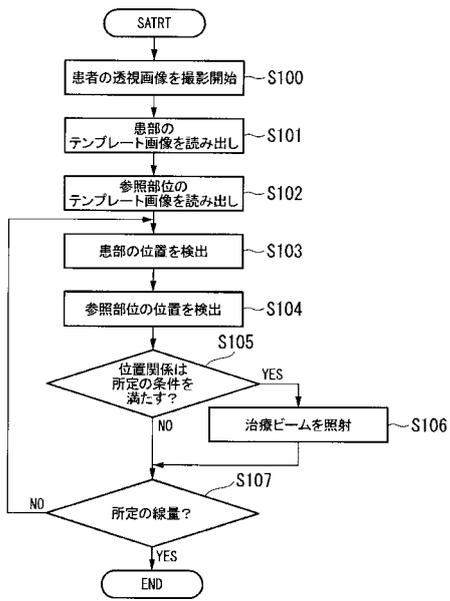
【 図 5 】



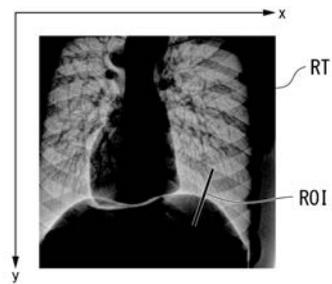
【 図 6 】



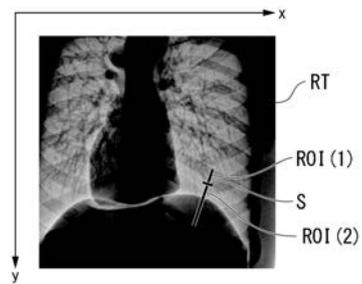
【 図 7 】



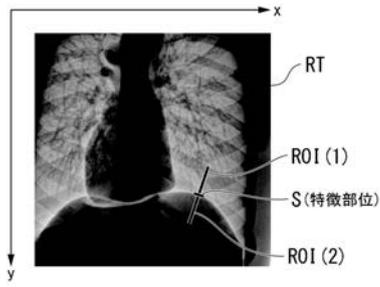
【 図 8 】



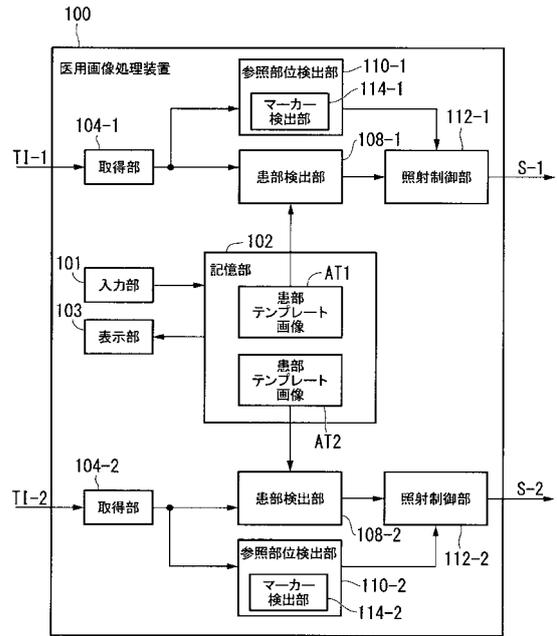
【 図 9 】



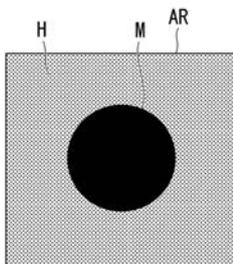
【 図 1 0 】



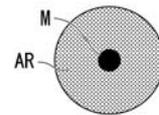
【 図 1 1 】



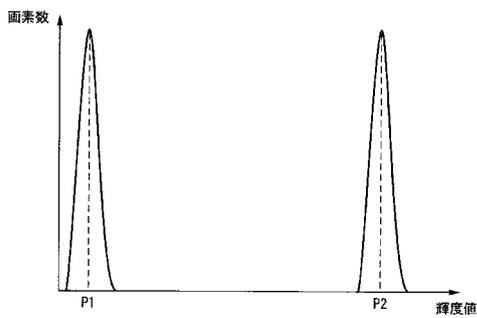
【 図 1 2 】



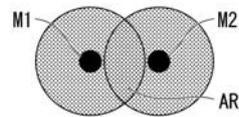
【 図 1 4 】



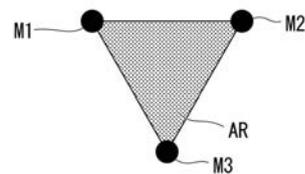
【 図 1 3 】



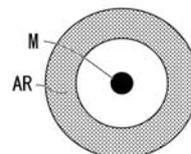
【 図 1 5 】



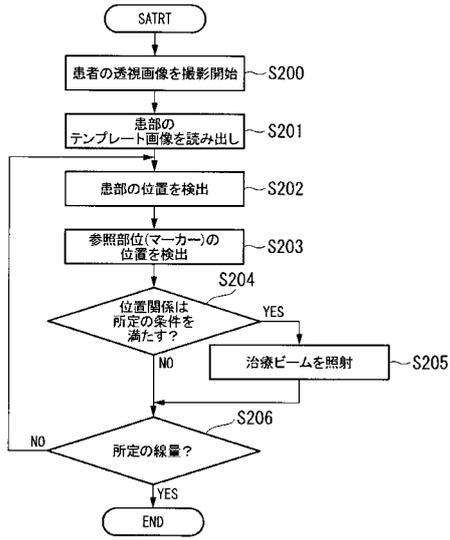
【 図 1 6 】



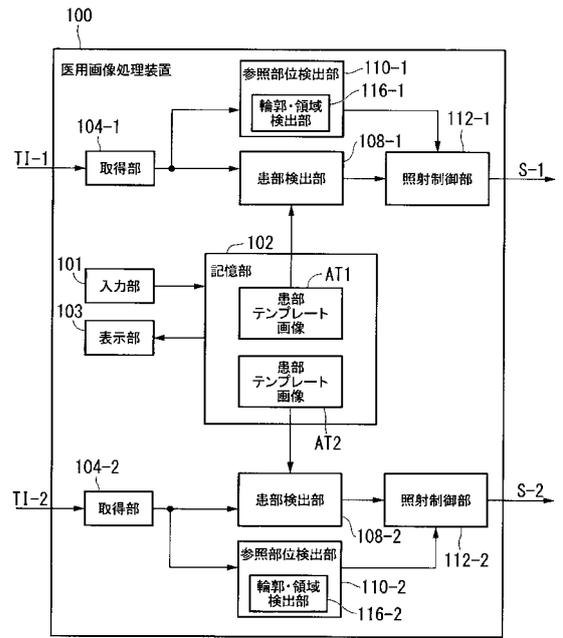
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



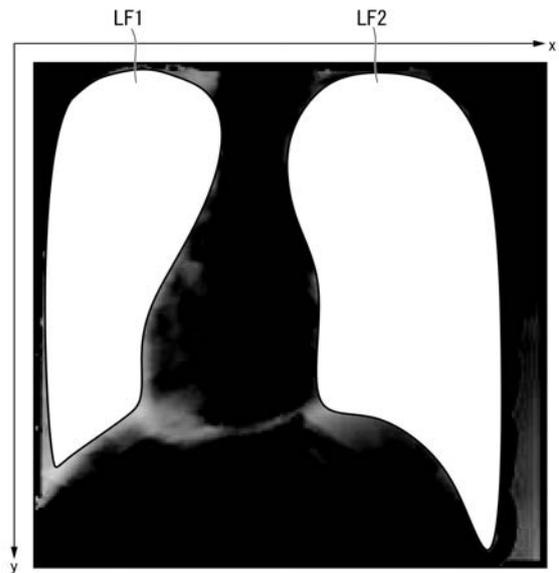
【 図 1 9 】



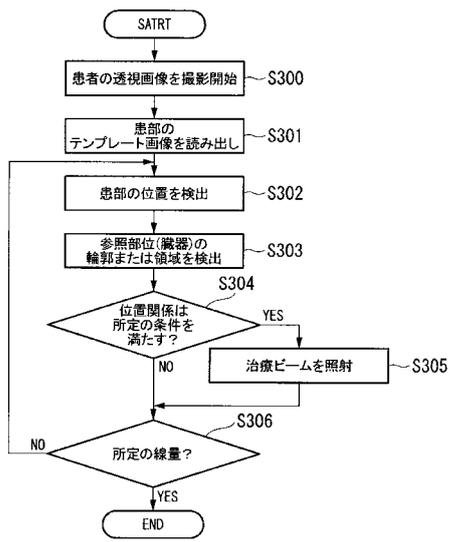
【 図 2 0 】



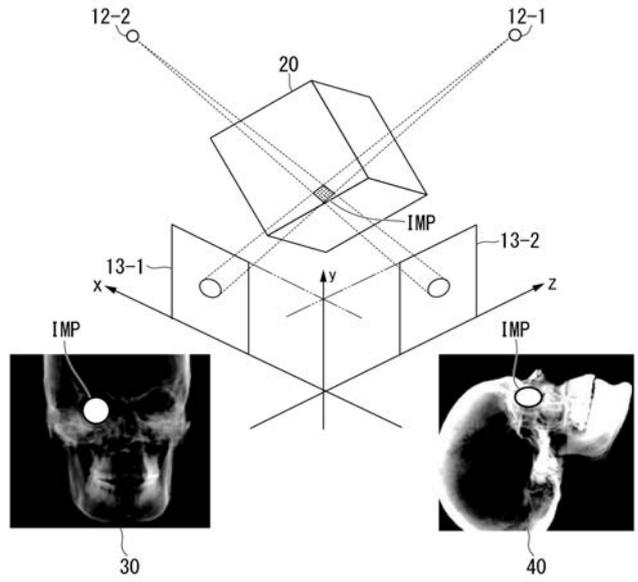
【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 坂田 幸辰

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 田口 安則

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 矢澤 孝

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 4C082 AA01 AC02 AC03 AC05 AC06 AC07 AE01 AG05 AJ07 AJ10

AN05 AP01 AP07 AP08

4C093 AA01 AA25 AA26 CA16 CA34 FD11 FF16 FF42