



(10) DE 10 2015 014 908 A1 2016.05.19

219581EL

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: 10 2015 014 908.3
 (22) Anmeldetag: 18.11.2015
 (43) Offenlegungstag: 19.05.2016

(51) Int Cl.: **A61B 6/00 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
 2014-234672 19.11.2014 JP

(72) Erfinder:
 Taguchi, Yasunori, Tokyo, JP; Sakata, Yukinobu, Tokyo, JP; Hirai, Ryusuke, Tokyo, JP; Sugiura, Kyoka, Tokyo, JP; Takeguchi, Tomoyuki, Tokyo, JP; Mori, Shinichiro, Chiba, JP; Maruyama, Fumi, Tokyo, JP

(71) Anmelder:
 KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA, Tokyo, JP;
 National Institute of Radiological Sciences, Chiba, JP

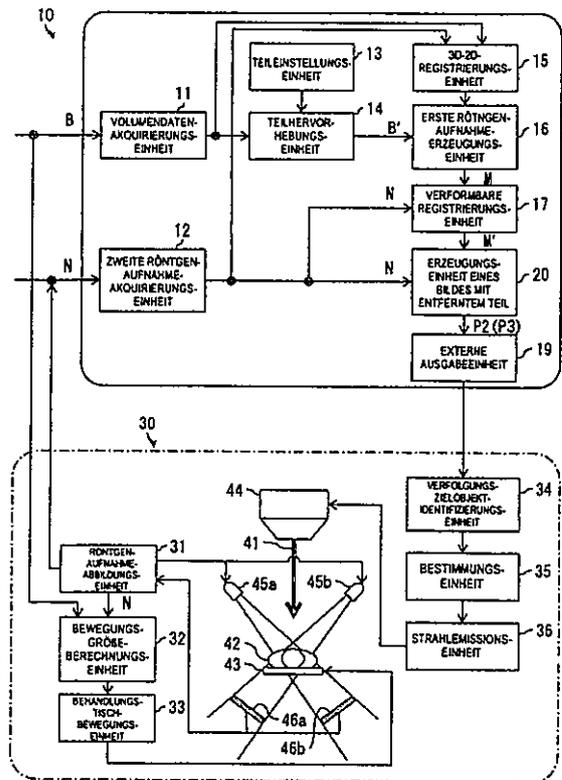
(74) Vertreter:
 Patentanwälte Henkel, Breuer & Partner, 80333 München, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung, Verfahren und Programm zum Verarbeiten eines medizinischen Bildes, und Röntgentherapievorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Gemäß einem Ausführungsbeispiel umfasst eine medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung: eine erste Akquirierungseinheit; eine zweite Akquirierungseinheit; und eine Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil, wobei die erste Akquirierungseinheit angepasst ist, um eine erste Röntgenaufnahme zu akquirieren, die eine virtuelle Röntgenaufnahme darstellt, die erzeugt ist, um einen spezifizierten Teil oder einen vorbestimmten Teil unter Teilen, die in Volumendaten enthalten sind, die eine dreidimensionale Struktur des Inneren eines Körpers eines Patienten anzeigen, hervorzuheben, die zweite Akquirierungseinheit angepasst ist, um eine zweite Röntgenaufnahme des Inneren des Körpers des Patienten zu akquirieren, und die Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil angepasst ist, um ein Bild mit entferntem Teil zu erzeugen, indem der spezifizierte oder vorbestimmte Teil oder andere Teile als der spezifizierte oder vorbestimmte Teil aus der zweiten Röntgenaufnahme mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme entfernt wird bzw. werden.



Beschreibung

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der am 19. November 2014 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. 2014-234672 und nimmt ihre Priorität in Anspruch, deren gesamter Inhalt hier unter Bezugnahme enthalten ist.

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine medizinische Bildverarbeitungstechnik zum Verarbeiten einer Röntgenaufnahme des Inneren eines Körpers eines Patienten und eine Röntgentherapievorrichtung, welche dieselbe verwendet.

Beschreibung des Stands der Technik

[0003] Bei der Röntgentherapie, die als eine Behandlung durchgeführt wird, indem eine Strahlung auf einen betroffenen Teil des Patienten emittiert wird, kann sich der betroffene Teil mit der Zeit mit der Atmung, Herzschlägen, Bewegungen von Darm und inneren Gasen und dergleichen in einigen Fällen ändern. In einem solchen Fall wird die Bewegung des betroffenen Teils verfolgt, um einen geeigneten Zeitpunkt zum Emittieren der Strahlung zu bestimmen, oder die Strahlung wird emittiert, während der betroffene Teil verfolgt wird.

[0004] Zur Verfolgung eines solchen veränderlichen betroffenen Teils ist ein Verfolgungsschema bekannt, bei welchem der betroffene Teil basierend auf einer Röntgenaufnahme, welche die Umgebung des betroffenen Teils zeigt, verfolgt wird.

[0005] Dieses Schema weist das Problem auf, dass ein in der Röntgenaufnahme reflektierter Knochen die Erfassungsgenauigkeit eines Verfolgungszielobjekts verringert. Zum Umgang mit diesem Problem wird eine medizinische Bildverarbeitungstechnik als nützlich betrachtet. Die medizinische Bildverarbeitungstechnik erzeugt aus einer Röntgenaufnahme eine Röntgenaufnahme, die nur Knochen zeigt und/oder eine Röntgenaufnahme, in welcher der Knochen entfernt ist. Beispielsweise wird in Patentschrift 1 (US-Patentnr. 7,545,965) eine Röntgenaufnahme verwendet, um eine Röntgenaufnahme zu erzeugen, die nur den Knochen zeigt. Die nur den Knochen zeigende Röntgenaufnahme wird von der Original-Röntgenaufnahme subtrahiert, um eine Röntgenaufnahme ohne den Knochen zu erzeugen.

[0006] Allerdings erfordert das Schema aus Patentschrift 1 ein Lernen im Voraus unter Verwendung eines Paares von Röntgenaufnahmen als Lehrbilder, wobei das Paar von Röntgenaufnahmen aus einer Röntgenaufnahme sowie einer nur den Knochen zei-

genden Röntgenaufnahme, welche im Voraus mit einer Dual-Röntgenstrahlabbildungsvorrichtung akquiriert werden, besteht.

[0007] Allerdings kann das Schema, das die Lehrbilder verwendet, eine Leistungsver schlechterung der medizinischen Bildverarbeitung bewirken, für den Fall, dass Röntgenaufnahmebedingungen zwischen den Lehrbildern und einem Verarbeitungszielobjektbild verschieden sind. Außerdem besteht das Problem, dass eine Person, die ein Objekt der Lehrbilder darstellt, durch Radioaktivität kontaminiert wird.

[0008] Es ist zu beachten, dass die Röntgenaufnahme ein Röntgenaufnahmebild, ein Röntgenbild und eine digital rekonstruierte Röntgenaufnahme (DRR: "digitally reconstructed radiograph") umfasst.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] In Anbetracht solcher Umstände besteht eine Aufgabe von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung darin, eine medizinische Bildverarbeitungstechnik vorzusehen, die eine Röntgenaufnahme, bei welcher ein Teil, wie etwa ein Knochen, mit hoher Genauigkeit entfernt ist, oder eine Röntgenaufnahme vorsehen kann, bei welcher andere Teile als der Teil, wie etwa ein Knochen, mit hoher Genauigkeit ungeachtet der Röntgenaufnahmebedingungen und ohne Lehrbilder entfernt sind.

[0010] Eine weitere Aufgabe der Ausführungsbeispiele besteht darin, eine Röntgentherapievorrichtung vorzusehen, welche die medizinische Bildverarbeitungstechnik verwendet, wobei die Vorrichtung in der Lage ist, eine Position eines durch Atmung und anderer Faktoren bewegbaren betroffenen Teils genau zu erkennen, und medizinische Strahlung nur auf den betroffenen Teil zu emittieren, damit der Einfluss auf gesunde Zellen minimiert wird. Hier umfasst die medizinische Strahlung Röntgenstrahlen, γ -Strahlen, Elektronenstrahlen, Protonenstrahlen, Neutronenstrahlen und Schwereteilchenstrahlen. Nachstehend wird die medizinische Strahlung auch als Strahl bezeichnet.

[0011] Eine medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung gemäß den Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung umfasst: eine erste Akquirierungseinheit; eine zweite Akquirierungseinheit; und eine Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil, wobei die erste Akquirierungseinheit angepasst ist, um eine erste Röntgenaufnahme zu akquirieren, die eine virtuelle Röntgenaufnahme darstellt, die erzeugt ist, um einen spezifizierten Teil oder einen vorbestimmten Teil unter Teilen, die in Volumendaten enthalten sind, die eine dreidimensionale Struktur des Inneren eines Körpers eines Patienten anzeigen, hervorzuheben, die zweite Akquirierungseinheit angepasst ist, um eine zweite Röntgenaufnahme des In-

neren des Körpers des Patienten zu akquirieren, und die Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil angepasst ist, um ein Bild mit entferntem Teil zu erzeugen, indem der spezifizierte oder vorbestimmte Teil oder andere Teile als der spezifizierte oder vorbestimmte Teil aus der zweiten Röntgenaufnahme mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme entfernt wird bzw. werden.

[0012] Die Röntgentherapievorrichtung gemäß den Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung umfasst: eine Röntgenaufnahme-Abbildungseinheit; eine Bewegungsgröße-Berechnungseinheit; eine Behandlungstisch-Bewegungseinheit; eine Identifizierungseinheit; und eine Strahlemissionseinheit, wobei die Röntgenaufnahme-Abbildungseinheit angepasst ist, um die zweite Röntgenaufnahme abzubilden, die durch die zweite Akquirierungseinheit akquiriert ist, die Bewegungsgröße-Berechnungseinheit angepasst ist, um eine Bewegungsgröße eines Behandlungstisches mit einem sich darauf befindenden Patienten basierend auf der abgebildeten zweiten Röntgenaufnahme zu berechnen, die Behandlungstisch-Bewegungseinheit angepasst ist, um den Behandlungstisch gemäß der Bewegungsgröße zu bewegen, die Identifizierungseinheit angepasst ist, um ein Verfolgungszielobjekt basierend auf dem Bild mit entferntem Teil, das von einer externen Ausgabereinheit der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung fortlaufend ausgegeben wird, zu identifizieren, und die Strahlemissionseinheit angepasst ist, um einen Strahl, der eine medizinische Strahlung, wie etwa einen Röntgenstrahl und einen Schwereteilchenstrahl, darstellt, auf einen betroffenen Teil des Patienten zu einem Zeitpunkt zu emittieren, wenn sich das Verfolgungszielobjekt in den fortlaufenden Bildern mit entferntem Teil in mehreren Übereinstimmungen mit einem Bestrahlungspunkt des Strahls ändert, oder die Strahlemissionseinheit angepasst ist, um den Strahl auf das Verfolgungszielobjekt zu emittieren, während das Verfolgungszielobjekt verfolgt wird.

[0013] Die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sehen eine medizinische Bildverarbeitungstechnik vor, die eine Röntgenaufnahme, bei welcher ein Teil, wie etwa ein Knochen, mit hoher Genauigkeit entfernt ist, oder eine Röntgenaufnahme vorsehen kann, bei welcher andere Teile als der Teil, wie etwa der Knochen, mit hoher Genauigkeit entfernt sind, ungeachtet der Röntgenaufnahmebedingungen und ohne Lehrbilder.

[0014] Außerdem sehen die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung eine Röntgentherapievorrichtung vor, welche die medizinische Bildverarbeitungstechnik verwendet, wobei die Vorrichtung in der Lage ist, eine Position eines durch Atmung und andere Faktoren bewegbaren betroffenen Teils genau zu erkennen, und einen Strahl nur auf den betroffe-

nen Teil zu emittieren, um einen Einfluss auf gesunde Zellen zu minimieren.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das eine medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung und eine Röntgentherapievorrichtung, welche dieselbe verwendet, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0016] Fig. 2 stellt eine erste Röntgenaufnahme dar, die eine DRR ist, in welcher ein Gebiet eines Knochens, das in den Volumendaten der Brust eines Patienten enthalten ist, hervorgehoben ist;

[0017] Fig. 3 stellt eine zweite Röntgenaufnahme der Brust des Patienten dar;

[0018] Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, das eine interne Konfiguration einer Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil in der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung gemäß dem Ausführungsbeispiel darstellt;

[0019] Fig. 5A, Fig. 5B und Fig. 5C sind erläuternde Ansichten, die Prozesse einer Bildverarbeitung in der Erzeugungseinheit für ein Bild mit entferntem Teil darstellen;

[0020] Fig. 6D, Fig. 6E und Fig. 6F sind erläuternde Ansichten, die Prozesse einer Bildverarbeitung in der Erzeugungseinheit für ein Bild mit entferntem Teil darstellen;

[0021] Fig. 7 ist eine erläuternde Ansicht, die ein Beispiel einer Glättungseinheit darstellt, welche die Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil bildet;

[0022] Fig. 8 ist eine erläuternde Ansicht, die ein anderes Beispiel der Glättungseinheit darstellt, welche die Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil bildet;

[0023] Fig. 9 ist eine schematische Ansicht, die ein Beispiel eines Bildes P3 mit entferntem Teil darstellt;

[0024] Fig. 10 ist eine erläuternde Ansicht, die ein Beispiel einer Inpainting-Einheit darstellt, welche die Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil bildet;

[0025] Fig. 11 ist ein Flussdiagramm, das den Betrieb in einem Verfahren und einem Programm zum Verarbeiten eines medizinischen Bildes und einer Röntgentherapievorrichtung, welche dieselben verwendet, gemäß dem Ausführungsbeispiel darstellt; und

[0026] Fig. 12 ist ein Blockdiagramm, das eine medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung und eine Röntgentherapievorrichtung, welche dieselbe verwendet, gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten

Ausführungsbeispiele

[0027] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachstehend mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

[0028] Wie in Fig. 1 dargestellt ist, umfasst eine medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung 10: eine Volumendaten-Akquirierungseinheit 11, die angepasst ist, um Volumendaten B zu akquirieren, die eine dreidimensionale Struktur des Inneren eines Körpers eines Patienten anzeigen; eine Teilhervorhebungseinheit 14, die angepasst ist, um Volumendaten B' zu erzeugen, die ein Gebiet eines spezifizierten Teils (z. B. Knochen) hervorheben; eine erste Röntgenaufnahme-Erzeugungseinheit 16, die angepasst ist, um eine erste Röntgenaufnahme M als eine virtuelle Röntgenaufnahme, welche eine digital rekonstruierte Röntgenaufnahme (DRR: "digitally reconstructed radiograph") darstellt, basierend auf den Volumendaten B' zu erzeugen; eine zweite Röntgenaufnahme-Akquirierungseinheit 12, die angepasst ist, um eine zweite Röntgenaufnahme N zu akquirieren, die das Innere des Körpers eines Patienten 42 aus einer vorgeschriebenen Richtung zeigt; und eine Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil, die angepasst ist, um einen spezifizierten Teil (z. B. Knochen) aus der zweiten Röntgenaufnahme N zu entfernen, um ein Bild P2 mit entferntem Teil zu erzeugen, oder um andere Teile als den spezifizierten Teil aus der zweiten Röntgenaufnahme N zu entfernen, um ein Bild P3 mit entferntem Teil zu erzeugen.

[0029] In der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 von Fig. 1 ist eine erste Akquirierungseinheit 51 (s. Fig. 12), die an einer stromaufwärtigen Seite der Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil angeordnet ist, und angepasst ist, um die erste Röntgenaufnahme M (M') zu akquirieren, ausgelassen.

[0030] In der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 akquiriert die zweite Röntgenaufnahme-Akquirierungseinheit 12 die zweite Röntgenaufnahme N fortlaufend. Die medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung 10 umfasst ferner: eine verformbare Registrierungseinheit 17, die angepasst ist, um eine verformbare Registrierung zum Verformen der ersten Röntgenaufnahme M in eine erste Röntgenaufnahme M' auf der Basis der akquirierten zweiten Röntgenaufnahme N auszuführen; und eine externe Ausgabeinheit 19, die angepasst ist, um ein Bild P2 mit

entferntem Teil korrespondierend zu der akquirierten zweiten Röntgenaufnahme N nach außen fortlaufend auszugeben.

[0031] Eine Röntgentherapievorrichtung 30 umfasst: eine Röntgenaufnahme-Abbildungseinheit 31, die angepasst ist, um eine zweite Röntgenaufnahme N, die durch die zweite Röntgenaufnahme-Akquirierungseinheit 12 der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 akquiriert ist, abzubilden; eine Behandlungstisch-Bewegungseinheit 33, die angepasst ist, um einen Behandlungstisch 43 mit dem sich darauf befindenden Patienten 42 so zu bewegen, dass auf ein eingestelltes Zielobjekt gezielt wird; eine Verfolgungszielobjekt-Identifizierungseinheit 34, die angepasst ist, um ein Verfolgungszielobjekt basierend auf dem Bild P2 mit entferntem Teil, das von der externen Ausgabeinheit 19 der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 fortlaufend ausgegeben wird, zu identifizieren; eine Bestimmungseinheit 35, die angepasst ist, um zu bestimmen, ob das in den fortlaufenden Bildern P2 mit entferntem Teil mehrfach veränderbare Verfolgungszielobjekt mit einem Bestrahlungspunkt eines Strahls 41 übereinstimmt; und eine Strahlemissionseinheit 36, die angepasst ist, um den Strahl zu dem Zeitpunkt zu emittieren, wenn bestimmt wird, dass das Verfolgungszielobjekt mit dem Bestrahlungspunkt übereinstimmt.

[0032] Die durch die Volumendaten-Akquirierungseinheit 11 akquirierten Volumendaten B stellen ein dreidimensionales Bild des Inneren des Körpers des Patienten dar, das z. B. mit einem Röntgenstrahl-CT-Scanner abgebildet wird. Außerdem können die Volumendaten B auch ein Bild darstellen, das mit einer MRI-Vorrichtung abgebildet wird. Die Volumendaten B können irgendein Bild darstellen, das die dreidimensionale Struktur des Inneren des Körpers des Patienten anzeigt.

[0033] Falls diese Volumendaten B verwendet werden, können Teile in dem Körper, wie etwa Knochen und verschiedene Organe, basierend auf Werten von jeweiligen Voxeln analysierbar sein.

[0034] In einer Teileinstellungseinheit 13 sind Namen von verschiedenen Teilen in einer Informationstabelle aufgelistet. Wenn ein Nutzer hofft, einen bestimmten Teil zu entfernen oder zu belassen, kann der Nutzer den Namen des Teils spezifizieren, so dass der Teil entfernt werden kann oder nicht entfernt wird.

[0035] Insbesondere spezifiziert der Nutzer letztlich in der Teileinstellungseinheit 13 einen zu entfernenden oder nicht zu entfernenden Teil in der zweiten Röntgenaufnahme N (Fig. 3). Obwohl in diesem Ausführungsbeispiel der Knochen spezifiziert ist, ist der zu spezifizierende Teil nicht beschränkt. Wenn ein zu entfernender Teil vorbestimmt wird, kann nicht

der durch den Nutzer spezifizierte Teil, sondern der vorbestimmte Teil eingestellt werden. In diesem Fall kann die Teileinstellungseinheit 13 ausgelassen werden. Nachstehend wird der in der Teileinstellungseinheit 13 eingestellte Teil als ein eingestellter Teil bezeichnet.

[0036] Die Teilhervorhebungseinheit 14 bestimmt automatisch ein Gebiet korrespondierend zu dem eingestellten Teil in den Volumendaten B basierend auf den Werten der Voxel. Die Teilhervorhebungseinheit 14 erzeugt Volumendaten B', indem Voxelwerte des Gebiets korrespondierend zu dem eingestellten Teil in der ersten Röntgenaufnahme M, die in der ersten Röntgenaufnahme-Erzeugungseinheit 16 erzeugt wird, überschrieben werden, so dass der eingestellte Teil hervorgehoben wird.

[0037] Wenn z. B. die Volumendaten B CT-Daten sind, werden die Volumendaten B' erzeugt, indem die Werte der Voxel des Gebiets korrespondierend zu dem eingestellten Teil auf 1 gesetzt werden, und die Werte der anderen Voxel auf 0 gesetzt werden. Andernfalls werden die Volumendaten B' erzeugt, indem die Werte der Voxel des Gebiets korrespondierend zu dem eingestellten Teil unverändert bleiben, während die Werte der anderen Voxel auf 0 gesetzt werden.

[0038] Die erste Röntgenaufnahme-Erzeugungseinheit 16 stellt einen virtuellen Ansichtspunkt und eine Bildebene um die Volumendaten B' ein und erzeugt eine erste Röntgenaufnahme M, die eine DRR der durch perspektivische Projektion erhaltenen Volumendaten B' darstellt.

[0039] Der virtuelle Ansichtspunkt und die Bildebene der ersten Röntgenaufnahme M werden durch eine 3D-2D-Registrierungseinheit 15 eingestellt. Die 3D-2D-Registrierungseinheit 15 empfängt eine Eingabe der Volumendaten B und der zweiten Röntgenaufnahme N. In der 3D-2D-Registrierungseinheit 15 werden der virtuelle Ansichtspunkt und die Bildebene, deren Geometrie ähnlich zu denen beim Aufnehmen der zweiten Röntgenaufnahme N ist (Fig. 3), durch 3D-2D-Registrierung berechnet. Indem die 3D-2D-Registrierung ausgeführt wird, werden Positionen eines Objekts in der zweiten Röntgenaufnahme N und der ersten Röntgenaufnahme M ausgerichtet.

[0040] Fig. 2 stellt ein Beispiel einer ersten Röntgenaufnahme M der Volumendaten B' mit einem Knochen als den hervorgehobenen eingestellten Teil dar. Fig. 2 ist ein Binärbild, das den Knochen in Schwarz und von dem Knochen verschiedene Teile in Weiß darstellt. Wie das Teilgebiet in der ersten Röntgenaufnahme M hervorgehoben ist, ist in Abhängigkeit davon, wie die Volumendaten B' in der Teilhervorhebungseinheit 14 erzeugt sind, verschieden. Beispielsweise kann die erste Röntgenaufnahme M ein mehrwertiges Bild sein, in welchem das Gebiet korrespon-

dierend zu dem eingestellten Teil schattiert ist, aber andere Gebiete nicht schattiert sind und nur einen Wert aufweisen.

[0041] Da die erste Röntgenaufnahme M, die ein zweidimensionales Bild darstellt, eine perspektivische Projektion der dreidimensionalen Volumendaten B' auf eine Bildebene ist, ist das hervorgehobene Gebiet ein Gebiet des eingestellten Teils (Knochen).

[0042] Die auf diese Weise erzeugte erste Röntgenaufnahme M umfasst Informationen, die Positionen der auf der zweiten Röntgenaufnahme N reflektierten Teile anzeigen, welche aus der zweiten Röntgenaufnahme N zu entfernen sind.

[0043] Eine in Fig. 3 dargestellte zweite Röntgenaufnahme N ist z. B. ein Röntgenstrahlradioskopiebild, welches mit einer Vorrichtung abgebildet wird, die konfiguriert ist, um das Innere des Körpers des Patienten zu durchleuchten, indem ein Röntgenstrahl von einer vorbestimmten Position emittiert wird. Strahlung, die von Röntgenstrahlung verschieden ist, kann zur Durchleuchtung verwendet werden.

[0044] Die somit abgebildete zweite Röntgenaufnahme N wird elektronisch übertragen und durch die zweite Röntgenaufnahme-Akquirierungseinheit 12 akquiriert.

[0045] Die dargestellte zweite Röntgenaufnahme N ist ein Bild des Patienten 42, das durch eine Röntgenstrahl-Emissionseinheit 45 und eine Röntgenstrahl-Erfassungseinheit 46 der Röntgentherapievorrichtung 30 in Echtzeit abgebildet wird.

[0046] In diesem Fall ändert sich in einer Vielzahl von zweiten Röntgenaufnahmen N, die mit der Zeit durch die zweite Röntgenaufnahme-Akquirierungseinheit 12 akquiriert werden, eine Form oder eine Position des eingestellten Teils (Knochen) sequentiell mit der Atmung.

[0047] Die erste Röntgenaufnahme M und die zweite Röntgenaufnahme N müssen nicht notwendigerweise in allen Gebieten miteinander übereinstimmen, aufgrund solcher Faktoren, wie einer abweichenden Aufnahmezeit, einem geringen Unterschied in der Haltung auf dem Bett, und einer Abweichung der Atmungsphase, obwohl ein identischer Patient aufgenommen wird.

[0048] Demgemäß führt die verformbare Registrierungseinheit 17 eine verformbare Registrierung aus, welche die erste Röntgenaufnahme M in eine erste Röntgenaufnahme M' auf der Basis der akquirierten zweiten Röntgenaufnahme N verformt.

[0049] Folglich stimmt die Position des Objekts in der ersten Röntgenaufnahme M' mit der Position in der zweiten Röntgenaufnahme N überein.

[0050] Wenn die Positionen des Objekts in der ersten Röntgenaufnahme M und der zweiten Röntgenaufnahme N übereinstimmen, muss die verformbare Registrierung nicht notwendigerweise ausgeführt werden.

[0051] Sogar wenn die Positionen nicht perfekt übereinstimmen, kann die verformbare Registrierungseinheit 17 ausgelassen werden. Damit die Einheit 17 ausgelassen wird, wird die erste Röntgenaufnahme M anstelle der ersten Röntgenaufnahme M' übernommen. Ein Auslassen der verformbaren Registrierungseinheit 17, wenn die Positionen nicht perfekt übereinstimmen, kann eine verschlechterte Anzeigqualität des Bildes mit entferntem Teil bewirken.

[0052] Hier sind Gewebeinformationen über eine Vielzahl von Teilen in dem Körper (Haut, Knochen, innere Organe, Blutgefäße, Bronchien und dergleichen), welche durch Strahlung durchdrungen werden, die jeden Bildpunkt der Röntgenstrahlerfassungseinheit 46 erreicht, auf Bildpunkte überlagert, welche die zweite Röntgenaufnahme N bilden.

[0053] Demgemäß kann, falls einige der Gewebeinformationen (Knocheninformationen), die in den Werten der jeweiligen Bildpunkte der zweiten Röntgenaufnahme N enthalten sind, entfernt werden, eine Röntgenaufnahme erhalten werden, bei welcher der korrespondierende Teil in dem Körper (Knochen) entfernt ist.

[0054] Die Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil erzeugt ein Bild P2 mit entferntem Teil, indem der eingestellte Teil (Knochen) aus der zweiten Röntgenaufnahme N entfernt wird.

[0055] Gemäß diesem Bild P2 mit entferntem Teil kann die Sichtbarkeit von anderem Körpergewebe (ein betroffener Teil), welches aufgrund der Existenz einiger Teile (Knochen) in der zweiten Röntgenaufnahme N schwer visuell erkannt werden kann, verbessert werden.

[0056] Wie in Fig. 4 dargestellt ist, weist die Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil eine Glättungseinheit 22, die angepasst ist, um ein Bild P3 mit entferntem Teil zu erzeugen, bei welchem andere Teile als der eingestellte Teil (Knochen) entfernt sind, und eine Differenz-Berechnungseinheit 23 auf, die angepasst ist, um eine Differenzberechnung der zweiten Röntgenaufnahme N und des Bildes P3 mit entferntem Teil auszuführen, um ein Bild P mit entferntem Teil zu erzeugen.

[0057] Die Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil weist ferner auf: eine Inpainting-Einheit 24 (d. h., Überlagerungseinheit), die angepasst ist, um ein Bild P4 mit entferntem Teil ohne den eingestellten Teil (Knochen) und genaue Bildmuster zu erzeugen; eine Additionsverarbeitungseinheit 25, die angepasst ist, um das Bild P mit entferntem Teil zu dem Bild P4 mit entferntem Teil zu addieren, um ein Bild P1 mit entferntem Teil zu erzeugen; und eine Einstellungseinheit 26, die angepasst ist, um Artefakt rauschen aus dem Bild P1 mit entferntem Teil zu entfernen, oder um eine Bildeinstellung des Bildes P1 mit entferntem Teil durchzuführen, um ein Bild P2 mit entferntem Teil zu erzeugen.

[0058] Ein linksseitiges Bild von Fig. 5A stellt eine Teilschnittansicht der zweiten Röntgenaufnahme N dar (Fig. 3). Eine rechtsseitige Diagrammansicht von Fig. 5A ist eine schematische Ansicht, welche die Intensität der Bildpunkte auf einem Liniensegment, das sich zu dem linksseitigen Bild erstreckt, darstellt. Eine horizontale Achse der Diagrammansicht stellt eine Position auf dem Liniensegment dar, und eine vertikale Achse stellt eine Intensität dar.

[0059] Wie in der Diagrammansicht dargestellt ist, weist ein Abschnitt in der Umgebung der Mitte des Liniensegments, auf welchem ein Knochen geplottet ist, eine Intensität auf, die relativ kleiner als die von Abschnitten (Lungenfeld) auf beiden Seiten des Liniensegments ist, auf welchen der Knochen nicht geplottet ist. Außerdem wird gemäß dem Diagramm das Vorliegen von Bildmustern, die von anderen Körpergeweben (Bronchien und dergleichen) abstammen, ungeachtet des Vorliegens des Knochens erkannt.

[0060] Ein linksseitiges Bild von Fig. 5B stellt ein Teilgebiet eines Bildes P3 mit entferntem Teil dar. Ein Beispiel der Glättungseinheit 22 wird mit Bezug auf ein Flussdiagramm von Fig. 7 beschrieben.

[0061] Irgendeiner der Vielzahl von Bildpunkten, welche die zweite Röntgenaufnahme N bilden (Fig. 5B) ist als Bildpunkt von Interesse eingestellt (S21). Wann immer der Fluss in Fig. 7 wiederholt wird, wird der Bildpunkt von Interesse zu einem anderen benachbarten Bildpunkt auf der zweiten Röntgenaufnahme N verschoben.

[0062] Wenn der Bildpunkt von Interesse zu dem eingestellten Teil (Knochen) korrespondiert (Ja in S22), wird eine erster repräsentativer Wert $Y(p)$ gemäß einer Berechnungsformel (1) berechnet, die einen Mittelwert der Werte der Bildpunkte, die den eingestellten Teil (Knochen) repräsentieren, berechnet, und der berechnete erste repräsentative Wert $Y(p)$ wird als ein Wert des Bildpunkts von Interesse des Bildes P3 mit entferntem Teil eingestellt (S23). Wenn der Bildpunkt von Interesse den eingestellten Teil (Knochen) nicht repräsentiert (Nein in S22), wird ein

zweiter repräsentativer Wert $Y(p)$ gemäß einer Berechnungsformel (2) berechnet, die einen Mittelwert der Werte der Bildpunkte, die den eingestellten Teil (Knochen) nicht repräsentieren, berechnet, und der berechnete zweite repräsentative Wert $Y(p)$ wird als ein Wert des Bildpunkts von Interesse des Bildes P3 mit entferntem Teil eingestellt (S24).

[0063] Hier wird mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme M' bestimmt, ob der Bildpunkt von Interesse den eingestellten Teil (Knochen) repräsentiert oder nicht. In den Formeln stellt p einen Positionsvektor des Bildpunkts von Interesse dar, $X(q)$ stellt einen Wert eines Bildpunkts von Interesse q dar, der als Bildpunkt in der Umgebung von p definiert ist, $\Omega(p)$ (s. Fig. 8) stellt einen Satz von Bildpunkten in der Umgebung des Bildpunkts von Interesse dar, $B(p)$ stellt einen Satz von Bildpunkten dar, die den eingestellten Teil (Knochen) unter den in $\Omega(p)$ enthaltenen Bildpunkten repräsentieren, und $S(p)$ stellt einen Satz von Bildpunkten dar, die den eingestellten Teil (Knochen) unter den in $\Omega(p)$ enthaltenen Bildpunkten nicht repräsentieren. Ausdrücke $|B(p)|$ und $|S(p)|$ stellen die Anzahl von Elementen jeweils des Satzes $B(p)$ und des Satzes $S(p)$ dar.

[0064] Außerdem stellt $\Omega(p)$ eine Vereinigung der Sätze $B(p)$ und $S(p)$ dar.

[0065] Nachdem der repräsentative Wert $Y(p)$ für alle in der zweiten Röntgenaufnahme N enthaltenen Bildpunkte berechnet worden ist (Ja in S25), wird ein Bild P3 mit entferntem Teil ausgegeben. Das Bild P3 mit entferntem Teil ist ein Bild mit entferntem Teil, das durch Entfernen von anderen Teilen als dem eingestellten Teil (Knochen) aus der zweiten Röntgenaufnahme N ausgebildet ist.

[0066] Eine rechtsseitige Diagrammansicht in Fig. 5B ist eine schematische Ansicht, die eine Intensität der Bildpunkte auf einem Liniensegment darstellt, das sich auf einem Bild P3 mit entferntem Teil auf der linken Seite von Fig. 5B erstreckt. Eine horizontale Achse der Diagrammansicht stellt eine Position auf dem Liniensegment dar, und eine vertikale Achse stellt eine Intensität dar.

[0067] Wie in der Diagrammansicht angezeigt ist, ist das Bild P3 mit entferntem Teil frei von genauen Bildmustern, die von Körpergeweben (Bronchien und dergleichen) abstammen, die von dem eingestellten Teil (Knochen) verschieden sind.

[0068] Ein anderes Beispiel der Glättungseinheit 22 wird mit Bezug auf ein Flussdiagramm von Fig. 8 beschrieben.

[0069] Irgendeiner der Vielzahl von Bildpunkten, die das Bild P3 mit entferntem Teil bilden (Fig. 5B), ist als ein Bildpunkt von Interesse eingestellt (S31). Wann

immer der Fluss von Fig. 8 wiederholt wird, wird der Bildpunkt von Interesse zu einem anderen benachbarten Bildpunkt auf dem Bild P3 mit entferntem Teil verschoben.

[0070] Andernfalls wird irgendeiner der Vielzahl von Bildpunkten, welche die zweite Röntgenaufnahme N bilden (Fig. 5A) als ein Bildpunkt von Interesse eingestellt (S31). Wann immer der Fluss von Fig. 8 wiederholt wird, wird der Bildpunkt von Interesse zu einem anderen benachbarten Bildpunkt auf der zweiten Röntgenaufnahme N verschoben.

[0071] Ein dritter repräsentativer Wert $Y(p)$ wird gemäß einer Berechnungsformel (3) berechnet, ungeachtet ob der Bildpunkt von Interesse den eingestellten Teil (Knochen) repräsentiert oder nicht (S32).

[0072] In der Formel stellt q einen Bildpunkt in $\Omega(p)$ dar, und $w(q)$ stellt eine auf jeden der Bildpunkte q in $\Omega(p)$ angewendete Gewichtung dar. Der Gewichtungskoeffizient $w(q)$ ist eingestellt, um größer zu sein, wenn der Wert des Bildpunkts von Interesse p in der ersten Röntgenaufnahme M' näher an dem Wert des Bildpunkts q in der ersten Röntgenaufnahme M' ist.

[0073] Wenn z. B. der Bildpunkt von Interesse p den eingestellten Teil (Knochen) repräsentiert und der Bildpunkt q den eingestellten Teil (Knochen) nicht repräsentiert, sind die Werte des Bildpunkts von Interesse p und des Bildpunkts q voneinander verschieden, so dass der Gewichtungskoeffizient $w(q)$ einen kleinen Wert annimmt.

[0074] Wenn andererseits sowohl der Bildpunkt von Interesse p als auch der Bildpunkt q den eingestellten Teil (Knochen) repräsentieren, oder wenn weder der Bildpunkt von Interesse p noch der Bildpunkt q den eingestellten Teil (Knochen) repräsentieren, liegen die Werte des Bildpunkts von Interesse p und des Bildpunkts q nahe beieinander, so dass der Gewichtungskoeffizient $w(q)$ einen hohen Wert annimmt.

[0075] Nachdem der dritte repräsentative Wert $Y(p)$ für alle in der zweiten Röntgenaufnahme N enthaltenen Bildpunkte berechnet worden ist (Ja in S33), wird ein Bild P3 mit entferntem Teil ausgegeben. Das Bild P3 mit entferntem Teil ist ein Bild mit entferntem Teil, das durch Entfernen von anderen Teilen als dem eingestellten Teil (Knochen) aus der zweiten Röntgenaufnahme N ausgebildet ist.

[0076] Ein linksseitiges Bild von Fig. 5C stellt einen Teil eines Bildes P3 mit entferntem Teil dar, das durch ein anderes Beispiel der vorstehend beschriebenen Glättungseinheit 22 (Fig. 4) geglättet ist.

[0077] Eine rechtsseitige Diagrammansicht von Fig. 5C ist eine schematische Ansicht, die eine In-

intensität eines Bildpunkts $Y(p)$ auf einem Liniensegment, das sich auf dem Bild P3 mit entferntem Teil erstreckt, darstellt. Eine horizontale Achse der Diagrammansicht stellt eine Position auf dem Liniensegment dar, und eine vertikale Achse stellt eine Intensität dar.

[0078] Es wird bestätigt, dass der Fall von Fig. 5C auch das Ergebnis ähnlich zu Fig. 5B vorsehen kann.

[0079] Die Berechnungsformeln (1) und (2) zum Berechnen eines Mittelwerts für jedes Gebiet und die Berechnungsformel (3) zum Berechnen einer gewichteten mittleren Effizienz sind als Verfahren zum Berechnen des repräsentativen Wertes $Y(p)$ in der Glättungseinheit 22 dargestellt worden. Allerdings ist das Verfahren auf die offenbarten Verfahren nicht beschränkt. Der in den Formeln (1) und (2) berechnete Mittelwert in jedem Gebiet kann durch einen Medianwert in jedem Gebiet oder einen Betragswert in jedem Gebiet ersetzt werden. Ein gewichteter Medianwert kann anstelle der in der Berechnungsformel (3) berechneten gewichteten mittleren Effizienz verwendet werden. Da auf die erste Röntgenaufnahme M' in jedem Fall Bezug genommen wird, ist ein randerhaltendes Glättungsfilter vorgesehen. Zum Berechnen des repräsentativen Wertes $Y(p)$ können andere Glättungsfilter, welche sich auf die erste Röntgenaufnahme M' beziehen, verwendet werden. Beispiele der Glättungsfilter umfassen ein bilaterales Filter, ein Epsilonfilter und ein Führungsbildfilter. Indem ein Glätten mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme M' durchgeführt wird, ist das randerhaltende Glättungsfilter vorgesehen.

[0080] Somit ist das in der Glättungseinheit 22 (Fig. 4) geglättete Bild P3 mit entferntem Teil ein Bild mit entferntem Teil, das durch Entfernen der anderen Teile als dem eingestellten Teil (Knochen) aus der zweiten Röntgenaufnahme N, wie in Fig. 9 dargestellt ist, ausgebildet ist.

[0081] Die Differenz-Berechnungseinheit 23 (Fig. 4) führt eine Differenzberechnung der Bildpunkte, welche das Bild P3 mit entferntem Teil bilden, und der Bildpunkte, welche die zweite Röntgenaufnahme N bilden, aus. Eine Bildausgabe als Ergebnis eines Ausführens der Differenzberechnung ist ein Bild P mit entferntem Teil, das die zweite Röntgenaufnahme N darstellt, bei welcher der eingestellte Teil (Knochen) entfernt ist.

[0082] Ein linksseitiges Bild von Fig. 6D stellt einen Teil eines Bildes P mit entferntem Teil dar. Eine rechtsseitige Diagrammansicht von Fig. 6D ist eine schematische Ansicht, die eine Intensität der Bildpunkte auf einem Liniensegment, das sich auf dem linksseitigen Bild erstreckt, darstellt. Eine horizontale Achse der Diagrammansicht stellt eine Position

auf dem Liniensegment dar, und eine vertikale Achse stellt eine Intensität dar.

[0083] Wie in der Diagrammansicht angezeigt ist, zeigt das Bild P mit entferntem Teil, bei welchem der Knochen entfernt ist, eindeutig Bildmuster, die von anderen Körpergeweben (Bronchien und dergleichen) abstammen, deren Vorliegen schwierig zu erfassen ist, während der Knochen dargestellt wird. Anders ausgedrückt, es wird möglich, die Sichtbarkeit anderer Gewebe zu verbessern, welche in dem Zustand, in welchem sie mit anderem Körpergewebe überlappen, schwer zu erkennen sind. Das Bild P mit entferntem Teil kann negative Werte aufweisen.

[0084] Die Inpainting-Einheit 24 (Fig. 4) erzeugt ein Bild P4 mit entferntem Teil, indem der eingestellte Teil (Knochen) und andere genaue Bildmuster aus der zweiten Röntgenaufnahme N mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme M' entfernt werden.

[0085] Ein Betrieb der Inpainting-Einheit 24 wird mit Bezug auf ein Flussdiagramm von Fig. 10 beschrieben.

[0086] Irgendeiner der Vielzahl von Bildpunkten, welche die zweite Röntgenaufnahme N bilden (Fig. 5B), ist als ein Bildpunkt von Interesse eingestellt (S41). Wann immer der Fluss von Fig. 10 wiederholt wird, wird der Bildpunkt von Interesse zu einem anderen benachbarten Bildpunkt auf der zweiten Röntgenaufnahme N verschoben.

[0087] Ein vierter repräsentativer Wert $Y(p)$ wird gemäß einer Berechnungsformel (4) berechnet, ungeachtet ob der Bildpunkt von Interesse den eingestellten Teil (Knochen) repräsentiert oder nicht (S42).

[0088] Insbesondere wird der vierte repräsentative Wert $Y(p)$ basierend auf einem Satz von Bildpunkten $S(p)$ erzeugt, die den eingestellten Teil (Knochen) in dem Satz von Bildpunkten $\Omega(p)$ in der Umgebung des Bildpunkts von Interesse p nicht repräsentieren (s. Fig. 8). Gemäß der Berechnungsformel (4) des vierten repräsentativen Werts $Y(p)$, wird ein Mittelwert von einem oder mehreren in dem Satz von Bildpunkten $S(p)$ enthaltenen Bildpunkten berechnet. Anstelle des in der Berechnungsformel (4) verwendeten Mittelwerts können Werte, wie etwa eine gewichtete mittlere Effizienz, ein Medianwert, ein gewichteter Medianwert und ein Betragswert verwendet werden.

[0089] Demgemäß ist der vierte repräsentative Wert $Y(p)$, wenn der Bildpunkt von Interesse p den eingestellten Teil (Knochen) repräsentiert, ein Wert, der von umgebenden Bildpunkten, die den eingestellten Teil (Knochen) nicht repräsentieren, überlagert ist.

[0090] Wenn der Bildpunkt von Interesse p den eingestellten Teil (Knochen) nicht repräsentiert, nimmt

der vierte repräsentative Wert $Y(p)$ einen Wert an, der durch Glätten der Werte von umgebenden Bildpunkten, die den eingestellten Teil (Knochen) nicht repräsentieren, erhalten wird.

[0091] Nachdem der vierte repräsentative Wert $Y(p)$ für alle in der zweiten Röntgenaufnahme N enthaltenen Bildpunkte berechnet worden ist (Ja in S43), wird ein Bild $P3$ mit entferntem Teil ausgegeben.

[0092] Ein linksseitiges Bild von Fig. 6E stellt einen Teil eines Bildes $P4$ mit entferntem Teil dar, das durch die vorstehend erwähnte Inpainting-Einheit 24 (Fig. 4) umwandlungsverarbeitet wird.

[0093] Eine rechtsseitige Diagrammansicht von Fig. 6E ist eine schematische Ansicht, die eine Intensität eines Bildpunkts $Y(p)$ auf einem Liniensegment, das sich auf dem Bild $P4$ mit entferntem Teil erstreckt, darstellt. Eine horizontale Achse der Diagrammansicht stellt eine Position auf dem Liniensegment dar, und eine vertikale Achse stellt eine Intensität dar.

[0094] Somit ist das überlagerte Bild $P4$ mit entferntem Teil ein Bild mit entferntem Teil, bei welchem der Knochen und anderes Gewebe (Bronchien und dergleichen) entfernt sind.

[0095] Die Additionsverarbeitungseinheit 25 (Fig. 4) addiert die Bildpunkte, die das Bild P mit entferntem Teil bilden, und die Bildpunkte, die das Bild $P4$ mit entferntem Teil bilden.

[0096] Ein linksseitiges Bild von Fig. 6F stellt einen Teil eines Bildes $P1$ mit entferntem Teil dar, das durch die vorstehend erwähnte Additionsverarbeitungseinheit 25 (Fig. 4) additionsverarbeitet ist.

[0097] Eine rechtsseitige Diagrammansicht von Fig. 6F ist eine schematische Ansicht, die eine Intensität eines Bildpunkts $Y(p)$ auf einem Liniensegment, das sich auf dem Bild $P1$ mit entferntem Teil erstreckt, darstellt. Eine horizontale Achse der Diagrammansicht stellt eine Position auf dem Liniensegment dar, und eine vertikale Achse stellt eine Intensität dar.

[0098] Das auf diese Weise additionsverarbeitete Bild $P1$ mit entferntem Teil ist ein Bild ohne einen negativen Wert, da der Knochen entfernt ist, so dass das Körpergewebe (Bronchien und dergleichen), das sich von dem Knochen unterscheidet, klar ist.

[0099] Die Einstellungseinheit 26 entfernt Artefakt- rauschen aus dem Bild $P1$ mit entferntem Teil oder führt eine Bildeinstellung des Bildes $P1$ mit entferntem Teil durch, um ein Bild $P2$ mit entferntem Teil zu erzeugen und auszugeben.

[0100] Das Artefakt- rauschen bezieht sich hier auf eine Unebenheit der Intensität, die in der Umgebung von Grenzen zwischen dem eingestellten Teil (Knochen) und anderen Teilen erzeugt ist, wenn die 3D-2D-Registrierungseinheit 15 oder die verformbare Registrierungseinheit 17 eine unzureichende Genauigkeit aufweist.

[0101] In diesem Fall kann das Artefakt- rauschen verringert werden, indem die Intensität in der Umgebung der Grenzen geglättet wird. Da die Informationen über die Grenzen in der ersten Röntgenaufnahme M' enthalten sind, wird das Artefakt- rauschen verringert, indem die Intensität mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme M' geglättet wird.

[0102] Beispiele der Bildeinstellung umfassen ein Hervorheben und ein Dämpfen von Bildmustern, indem ein unscharfes Maskenfilter oder ein Gaußfilter verwendet werden, welche die Sichtbarkeit von Körpergewebe verbessern können.

[0103] Obwohl die Einstellungseinheit 26 nach der Additionsverarbeitungseinheit 25 in Fig. 4 angeordnet ist, kann die Einstellungseinheit 26 an anderen Positionen angeordnet sein, oder die Vielzahl von Einstellungseinheiten 26 können angeordnet sein. Beispielsweise kann die Einstellungseinheit 26 auf die Differenz-Berechnungseinheit 23 folgend angeordnet sein, um das Bild P mit entferntem Teil zu verarbeiten.

[0104] In der vorstehend erwähnten Verarbeitung zum Entfernen des eingestellten Teils (Knochen) in der Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil, können die Werte der Bildpunkte, die den eingestellten Teil (Knochen) nicht repräsentieren, von den Werten der zweiten Röntgenaufnahme N geändert werden. Die Verarbeitung kann so modifiziert werden, dass die Bildpunkte, die den eingestellten Teil (Knochen) nicht repräsentieren, Originalwerte der zweiten Röntgenaufnahme N mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme M' annehmen.

[0105] In der vorstehend erwähnten Verarbeitung zum Entfernen der Teile, die sich von dem eingestellten Teil (Knochen) unterscheiden, in der Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil, können die Werte der Bildpunkte, die den eingestellten Teil (Knochen) repräsentieren, von den Werten der zweiten Röntgenaufnahme N geändert werden. Die Verarbeitung kann so geändert werden, dass die Bildpunkte, die den eingestellten Teil (Knochen) repräsentieren, Originalwerte der zweiten Röntgenaufnahme N mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme M' annehmen.

[0106] Die externe Ausgabereinheit 19 (Fig. 1) gibt das von der Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil ausgegebene Bild $P2$ mit entferntem

Teil nach außen aus. Wenn die Vielzahl von zweiten Röntgenaufnahmen N in der zweiten Akquirierungseinheit 12 fortlaufend akquiriert werden, gibt die externe Ausgabereinheit 19 korrespondierende Bilder P2 mit entferntem Teil nach außen in Synchronisation mit der Akquirierung fortlaufend aus.

[0107] Die externe Ausgabereinheit 19 muss nicht das Bild P2 mit entferntem Teil ausgeben, sondern kann irgendeines der Bilder P, P1, P3 und P4 mit entferntem Teil ausgeben. Wenn eine Ausgabe von der externen Ausgabereinheit 19 zu einer anderen als dem Bild P2 mit entferntem Teil geändert wird, können unnötige Komponenten von der Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil entfernt werden. Wenn z. B. eine Ausgabe von der externen Ausgabereinheit 19 zu dem Bild P mit entferntem Teil geändert wird, sind die Inpainting-Einheit 24, die Additionsverarbeitungseinheit 25 und die Einstellungseinheit 26, welche zum Erzeugen des Bildes P mit entferntem Teil nicht nützlich sind, für die Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil nicht notwendig.

[0108] Die vorstehend beschriebene medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung 10 umfasst einen dedizierten Chip, eine Steuerungsvorrichtung, wie etwa ein feldprogrammierbares Gatterarray (FPGA: "field programmable gate array"), eine Grafikverarbeitungseinheit (GPU: "graphics processing unit") oder eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU: "central processing unit"), eine Speichervorrichtung, wie etwa einen Nur-Lesespeicher (ROM: "read only memory") und einen Schreib-Lesespeicher (RAM: "random access memory"), eine externe Speichervorrichtung, wie etwa ein Festplattenlaufwerk (HDD: "hard disk drive") und ein Festkörperlaufwerk (SSD: "solid state drive"), eine Anzeigevorrichtung, wie etwa eine Anzeigeeinheit, eine Eingabevorrichtung, wie etwa eine Maus und eine Tastatur, und eine Kommunikations-I/F. Die medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung 10 kann durch eine Hardwarekonfiguration implementiert sein, die einen allgemeinen Computer verwendet.

[0109] Ein in der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 ausgeführtes Programm ist in einem ROM oder einer anderen Speichervorrichtung vorinstalliert vorgesehen. Andernfalls kann das Programm in einem computerlesbaren Speichermedium, wie etwa einer CD-ROM, einer CD-R, einer Speicherkarte, einer DVD und einer flexiblen Scheibe (FD: "flexible disk") gespeichert sein, und kann als eine Datei in einem installierbaren oder ausführbaren Format vorgesehen sein.

[0110] Das in der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 ausgeführte Programm gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel kann auf einem Computer gespeichert sein, der mit einem Netzwerk,

wie etwa dem Internet, verbunden ist, und durch Herunterladen über das Netzwerk vorgesehen sein.

[0111] Die Beschreibung wird erneut mit Bezug auf Fig. 1 fortgesetzt.

[0112] Die Röntgentherapievorrichtung 30 schießt auf einen betroffenen Teil im Inneren des Körpers des Patienten 42 mit dem Behandlungsstrahl 41 zur Behandlung des betroffenen Teils.

[0113] Wenn der Strahl 41, welcher ein Schwerteilchenstrahl ist, in den Körper dringt, verliert der Strahl 41 seine kinetische Energie in dem Prozess des Durchlaufens des Körpers. Sobald der Strahl 41 auf eine bestimmte vorgeschriebene Rate verlangsamt wird, stoppt er plötzlich und erzeugt eine hohe Dosis einer Strahlung, was als Bragg-Spitze bezeichnet wird. Mit der auf diese Weise in einem Punkt erzeugten hohen Dosis einer Strahlung können nur Krebszellen beschossen und getötet werden, während ein Einfluss auf die gesunden Zellen minimiert werden kann.

[0114] Demgemäß weist die Behandlungstechnik, die den Schwerteilchenstrahl 41 verwendet, exzellente Eigenschaften von hochtherapeutischen Effekten auf bösartige Tumore, wie etwa Krebs, geringere Nebenwirkungen, eine verringerte Belastung auf den Körper und dergleichen auf.

[0115] Ungeachtet der Typen des Behandlungsstrahls 41, ist erforderlich, dass die Röntgentherapievorrichtung 30 den auf den betroffenen Teil zu emittierenden Strahl 41 genau zielt, um zu verhindern, dass normales Gewebe beschädigt wird.

[0116] Demgemäß wird eine Position des betroffenen Teils durch eine Röntgenstrahlbeobachtung und dergleichen vor einer Emission des Strahls spezifiziert, und eine Position und ein Winkel des bewegbaren Behandlungstisches 43 mit dem sich darauf befindenden Patienten werden durch die Bewegungseinheit 33 in geeigneter Weise eingestellt, so dass der betroffene Teil innerhalb eines Emissionsbereichs des Strahls 41 genau angeordnet wird.

[0117] Die Röntgenaufnahme-Abbildungseinheit 31 steuert die Röntgenstrahl-Emissionseinheit 45 (45a, 45b) und die Röntgenstrahl-Erfassungseinheit 46 (46a, 46b), um eine zweite Röntgenaufnahme N des Patienten 42 abzubilden.

[0118] Die zweite abgebildete Röntgenaufnahme N wird an die Bewegungsgröße-Berechnungseinheit 32 gesendet, die zum Erzeugen einer Bewegungsgröße der Behandlungstisch-Bewegungseinheit 33 zu verwenden ist, die zum Zielen des Strahls 41 auf den betroffenen Teil notwendig ist. Die zweite abgebildete

te Röntgenaufnahme N wird auch durch die zweite Akquirierungseinheit 12 akquiriert.

[0119] Wenn der Strahl 41 auf einen betroffenen Teil emittiert wird, welcher sich in einem inneren beweglichen Organ befindet (Lunge und dergleichen), muss ein Emissionszeitpunkt unter Berücksichtigung einer durch Atmung, Herzschläge und dergleichen verursachten periodischen Verschiebung bestimmt werden, um die Genauigkeit der Strahlemission zu gewährleisten.

[0120] In einem solchen Fall wird zusätzlich zu dem Verfahren zum direkten Zielen des Strahls 41 auf den betroffenen Teil ein Verfahren angewendet zum Einbetten einer Goldmarkierung oder dergleichen in der Umgebung des betroffenen Teils, Verfolgen einer Bewegung der Markierung mit Hilfe der Röntgenstrahlungsaufnahme, und Identifizieren der Position des betroffenen Teils.

[0121] Die Identifizierungseinheit 34 identifiziert das Verfolgungszielobjekt (betroffener Teil oder Markierung) basierend auf dem Bild P2 mit entferntem Teil, das von der externen Ausgabereinheit 19 der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 fortlaufend ausgegeben wird.

[0122] Die Bestimmungseinheit 35 bestimmt, ob das sich in den fortlaufenden Bildern P2 mit entferntem Teil mehrfach ändernde Verfolgungszielobjekt mit dem Bestrahlungspunkt des Strahls 41 übereinstimmt oder nicht.

[0123] Die Strahlemissionseinheit 36 emittiert den Strahl zu einem Zeitpunkt, wenn bestimmt wird, dass das Verfolgungszielobjekt mit dem Bestrahlungspunkt übereinstimmt. Der auf den Patienten 42 emittierte Strahl 41 umfasst Röntgenstrahlen, γ -Strahlen, Elektronenstrahlen, Protonenstrahlen, Neutronenstrahlen und Schwerteilchenstrahlen.

[0124] Eine Beschreibung des Betriebs des Verfahrens und Programms zum Verarbeiten eines medizinischen Bildes gemäß dem Ausführungsbeispiel und der dieselben verwendenden Röntgentherapievorrichtung wird mit Bezug auf das Flussdiagramm von Fig. 11 (s. Fig. 1, wenn notwendig) gemacht.

[0125] Das Innere des Körpers eines Patienten wird mit einem Röntgenstrahl-CT-Scanner oder dergleichen abgebildet, um Volumendaten zu akquirieren (S11). Ein in den Volumendaten enthaltenes Teil (Knochen) wird eingestellt (S12), und eine DRR mit dem hervorgehobenen eingestellten Teil wird aus den Volumendaten als eine erste Röntgenaufnahme M erzeugt (S13).

[0126] Unterdessen werden die akquirierten Volumendaten verwendet, um eine Position und einen Be-

reich eines betroffenen Teils zu erkennen, und Emissionsbedingungen zum Emittieren des Strahls 41 auf den betroffenen Teil werden eingestellt (S14).

[0127] Der Patient 42 wird auf den Behandlungstisch 43 der Röntgentherapievorrichtung 30 gebracht, und der Behandlungstisch 43 wird direkt unter eine Mündung 44 bewegt (S15).

[0128] In diesem Zustand wird die Abbildungseinheit 31 betrieben, um eine Röntgenaufnahme des Patienten 42 abzubilden (S16), so dass die zum Zielen des Strahls 41 auf den betroffenen Teil erforderliche Bewegungsgröße des Behandlungstisches 43 erzeugt wird. Dann wird der Behandlungstisch 43 bewegt, bis auf den betroffenen Teil gezielt wird (Nein/Ja in S17).

[0129] Die Abbildungseinheit 31 wird erneut betrieben, um ein fortlaufendes Abbilden der zweiten Röntgenaufnahmen N des Patienten 41 zu starten (S18).

[0130] Die von der Röntgentherapievorrichtung 30 fortlaufend gesendete zweite Röntgenaufnahme N wird in der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 akquiriert, und für die erste Röntgenaufnahme M wird eine verformbare Registrierung auf der Basis von jedem der zweiten Röntgenaufnahmen N ausgeführt (S19).

[0131] Eine durch verformbare Registrierung erzeugte erste Röntgenaufnahme M' wird bezeichnet, um ein Bild P2 mit entferntem Teil zu erzeugen, bei welchem ein Knochen aus der zweiten Röntgenaufnahme N entfernt ist (S20), und das erzeugte Bild P2 mit entferntem Teil wird an die Röntgentherapievorrichtung 30 übertragen.

[0132] Die Röntgentherapievorrichtung 30 identifiziert und verfolgt das Verfolgungszielobjekt (betroffener Teil oder Markierung) aus den empfangenen Bildern P2 mit entferntem Teil (S21). Zu dem Zeitpunkt, wenn das Verfolgungszielobjekt mit einem Bestrahlungspunkt übereinstimmt (Nein/Ja in S22), wird der Strahl 41 emittiert (S23).

[0133] Der emittierte Strahl 41 erzeugt eine Bragg-Spitze an der Position des betroffenen Teils, die zu dem Bestrahlungspunkt verschoben ist, und dadurch werden Zellen dieses betroffenen Teils behandelt (ENDE).

[0134] Eine Ausgabe von der externen Ausgabereinheit 19 kann von dem Bild P2 mit entferntem Teil zu dem Bild P mit entferntem Teil oder dem Bild P1 mit entferntem Teil geändert werden. Da das Bild P mit entferntem Teil und das Bild P1 mit entferntem Teil den eingestellten Teil (Knochen) nicht enthalten, wird das Verfolgungszielobjekt (betroffener Teil oder Markierung) leicht erkannt. Für den Fall, dass z. B. ein Diaphragma als ein eingestellter Teil und ein Ver-

folgungszielobjekt eingestellt ist, kann eine Ausgabe von der externen Ausgabereinheit 19 von dem Bild P2 mit entferntem Teil zu dem Bild P3 mit entferntem Teil oder dem Bild P4 mit entferntem Teil geändert werden. Da die Teile, die sich von dem eingestellten Teil (Diaphragma) unterscheiden, aus dem Bild P3 mit entferntem Teil oder dem Bild P4 mit entferntem Teil entfernt sind, wird das Diaphragma leicht verfolgt.

[0135] Obwohl die Röntgentherapievorrichtung 30 das Verfolgungszielobjekt (betroffener Teil oder Markierung) verfolgt und den Strahl 41 zu dem vorbestimmten Zeitpunkt in dem offenbarten Beispiel emittiert, kann die Röntgentherapievorrichtung 30 den betroffenen Teil verfolgen und emittiert den Strahl 41, während der betroffene Teil verfolgt wird.

[0136] Im Folgenden wird eine medizinische Abbildungsvorrichtung 10 gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel mit Bezug auf Fig. 12 beschrieben. In Fig. 12 sind Komponenten, deren Konfiguration oder Funktion gleich zu denen in Fig. 1 ist, durch identische Bezugszeichen bezeichnet, um auf eine redundante Beschreibung zu verzichten.

[0137] Eine erste Röntgenaufnahme-Erzeugungseinheit 52 umfasst z. B. eine Volumendaten-Akquirierungseinheit 11, eine Teileinstellungseinheit 13, eine Teilhervorhebungseinheit 14, eine 3D-2D-Registrierungseinheit 15, eine erste Röntgenaufnahme-Erzeugungseinheit 16 und eine verformbare Registrierungseinheit 17 von Fig. 1.

[0138] Die medizinische Abbildungsvorrichtung 10 umfasst eine erste Akquirierungseinheit 51, eine zweite Röntgenaufnahme-Akquirierungseinheit 12, eine Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil und eine externe Ausgabereinheit 19.

[0139] Die erste Akquirierungseinheit 51 akquiriert eine erste Röntgenaufnahme M' und sendet sie zu der Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil. Die erste Röntgenaufnahme M' wird außerhalb der medizinischen Abbildungsvorrichtung 10 erzeugt.

[0140] Obwohl die erste Röntgenaufnahme M' durch Einheiten erzeugt werden kann, die von der ersten Röntgenaufnahme-Erzeugungseinheit 52 verschieden sind, wird die erste Röntgenaufnahme M' basierend auf den Volumendaten B und der zweiten Röntgenaufnahme N erzeugt.

[0141] Da das, was in die Erzeugungseinheit 20 eines Bildes mit entferntem Teil sowohl in der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 von Fig. 1 als auch der medizinischen Abbildungsvorrichtung 10 von Fig. 12 eingegeben wird, identisch ist, ist das, was von der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 ausgegeben wird, zu dem identisch, was von der medizinischen Abbildungsvorrichtung 10 ausge-

geben wird. Deshalb weist die medizinische Abbildungsvorrichtung 10 von Fig. 12 Effekte auf, die denen der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung 10 von Fig. 1 ähnlich sind.

[0142] Gemäß der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele wird ein Teil, der in einer zweiten Röntgenaufnahme enthalten ist, die durch Abbilden eines Patienten erhalten wird, unter Verwendung einer ersten Röntgenaufnahme spezifiziert, die basierend auf Volumendaten erzeugt ist, so dass eine Röntgenaufnahme mit dem spezifizierten Teil, wie etwa einen Knochen, der mit hoher Genauigkeit entfernt ist, ungeachtet der Röntgenaufnahmebedingungen und ohne Lehrbilder vorgesehen sein kann. Außerdem kann die Röntgentherapievorrichtung der Ausführungsbeispiele eine Position eines durch Atmung und andere Faktoren bewegbaren betroffenen Teils erkennen, und einen Strahl nur auf den betroffenen Teil emittieren, damit ein Einfluss auf gesunde Zellen minimiert wird.

[0143] Obwohl einige Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben worden sind, sind diese Ausführungsbeispiele in jeglicher Hinsicht darstellend und werden nicht als Basis einer einschränkenden Interpretation betrachtet. Es ist zu verstehen, dass diese Ausführungsbeispiele in verschiedenen Formen durchgeführt werden können, und dass verschiedene Entfernungen, Ersetzungen, Modifikationen und Kombinationen möglich sind, ohne von der Bedeutung der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Diese Ausführungsbeispiele und ihre Modifikationen liegen in dem Bereich und der Bedeutung der vorliegenden Erfindung und liegen insbesondere in der in dem Bereich der Patentansprüche und ihrer Äquivalenz offenbarten Erfindung.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2014-234672 [0001]
- US 7545965 [0005]

Patentansprüche

1. Medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung, aufweisend:

eine erste Akquirierungseinheit,
eine zweite Akquirierungseinheit, und
eine Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil, wobei
die erste Akquirierungseinheit angepasst ist, um eine erste Röntgenaufnahme zu akquirieren, die eine virtuelle Röntgenaufnahme darstellt, die erzeugt ist, um einen spezifizierten Teil oder einen vorbestimmten Teil unter Teilen, die in Volumendaten enthalten sind, die eine dreidimensionale Struktur des Inneren eines Körpers eines Patienten anzeigen, hervorzuheben,
die zweite Akquirierungseinheit angepasst ist, um eine zweite Röntgenaufnahme des Inneren des Körpers des Patienten zu akquirieren, und
die Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil angepasst ist, um ein Bild mit entferntem Teil zu erzeugen, indem der spezifizierte oder vorbestimmte Teil oder andere Teile als der spezifizierte oder vorbestimmte Teil aus der zweiten Röntgenaufnahme mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme entfernt wird bzw. werden.

2. Medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die zweite Akquirierungseinheit die zweite Röntgenaufnahme fortlaufend akquiriert, ferner aufweisend: eine externe Ausgabeinheit, die angepasst ist, um das Bild mit entferntem Teil fortlaufend auszugeben.

3. Medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung nach Anspruch 1, aufweisend:
eine Volumendaten-Akquirierungseinheit, die angepasst ist, um die Volumendaten zu akquirieren, und
eine erste Röntgenaufnahme-Erzeugungseinheit, die angepasst ist, um die erste Röntgenaufnahme zu erzeugen, wobei
die Volumendaten-Akquirierungseinheit und die erste Röntgenaufnahme-Erzeugungseinheit an einer stromaufwärtigen Seite der ersten Akquirierungseinheit vorgesehen sind.

4. Medizinische Bildverarbeitungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Erzeugungseinheit eines Bildes mit entferntem Teil eine Glättungseinheit aufweist, die angepasst ist, um ein Glättungsfilter, das mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme ausgebildet ist, auf die zweite Röntgenaufnahme anzuwenden.

5. Röntgentherapievorrichtung, aufweisend:
eine Röntgenaufnahme-Abbildungseinheit,
eine Bewegungsgröße-Berechnungseinheit,
eine Behandlungstisch-Bewegungseinheit,
eine Identifizierungseinheit, und
eine Strahlemissionseinheit, wobei

die Röntgenaufnahme-Abbildungseinheit angepasst ist, um die zweite Röntgenaufnahme abzubilden, die durch die zweite Akquirierungseinheit der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung nach Anspruch 2 akquiriert ist,

die Bewegungsgröße-Berechnungseinheit angepasst ist, um eine Bewegungsgröße eines Behandlungstisches mit einem sich darauf befindenden Patienten basierend auf der abgebildeten zweiten Röntgenaufnahme zu berechnen,
die Behandlungstisch-Bewegungseinheit angepasst ist, um den Behandlungstisch gemäß der Bewegungsgröße zu bewegen,
die Identifizierungseinheit angepasst ist, um ein Verfolgungszielobjekt basierend auf dem Bild mit entferntem Teil, das von der externen Ausgabeinheit der medizinischen Bildverarbeitungsvorrichtung fortlaufend ausgegeben wird, zu identifizieren, und
die Strahlemissionseinheit angepasst ist, um einen Strahl, der eine medizinische Strahlung, wie etwa einen Röntgenstrahl und einen Schwerteilchenstrahl, darstellt, zu einem betroffenen Teil des Patienten zu einem Zeitpunkt zu emittieren, wenn sich das Verfolgungszielobjekt in den fortlaufenden Bildern mit entferntem Teil in mehreren Übereinstimmungen mit einem Bestrahlungspunkt des Strahls ändert, oder die Strahlemissionseinheit angepasst ist, um den Strahl zu dem Verfolgungszielobjekt zu emittieren, während das Verfolgungszielobjekt verfolgt wird.

6. Verfahren zum Verarbeiten eines medizinischen Bildes, aufweisend:

einen ersten Akquirierungsschritt,
einen zweiten Akquirierungsschritt, und
einen Erzeugungsschritt, wobei
der erste Akquirierungsschritt dazu dient, eine erste Röntgenaufnahme zu akquirieren, die eine virtuelle Röntgenaufnahme darstellt, die erzeugt ist, um einen spezifizierten Teil oder einen vorbestimmten Teil unter Teilen, die in Volumendaten enthalten sind, die eine dreidimensionale Struktur des Inneren eines Körpers eines Patienten anzeigen, hervorzuheben,
der zweite Akquirierungsschritt dazu dient, eine zweite Röntgenaufnahme des Inneren des Körpers des Patienten zu akquirieren, und
der Erzeugungsschritt dazu dient, ein Bild mit entferntem Teil zu erzeugen, indem der spezifizierte oder vorbestimmte Teil oder andere Teile als der spezifizierte oder vorbestimmte Teil aus der zweiten Röntgenaufnahme mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme entfernt wird bzw. werden.

7. Medizinische Bildverarbeitungsprogramm zum Bewirken, dass ein Computer die folgenden Schritte ausführt:

einen ersten Akquirierungsschritt,
einen zweiten Akquirierungsschritt, und
einen Erzeugungsschritt, wobei
der erste Akquirierungsschritt dazu dient, eine erste Röntgenaufnahme zu akquirieren, die eine virtuelle

Röntgenaufnahme darstellt, die erzeugt ist, um einen spezifizierten Teil oder einen vorbestimmten Teil unter Teilen, die in Volumendaten enthalten sind, die eine dreidimensionale Struktur des Inneren eines Körpers eines Patienten anzeigen, hervorzuheben, der zweite Akquirierungsschritt dazu dient, eine zweite Röntgenaufnahme des Inneren des Körpers des Patienten zu akquirieren, und der Erzeugungsschritt dazu dient, ein Bild mit entferntem Teil zu erzeugen, indem der spezifizierte oder vorbestimmte Teil oder andere Teile als der spezifizierte oder vorbestimmte Teil aus der zweiten Röntgenaufnahme mit Bezug auf die erste Röntgenaufnahme entfernt wird bzw. werden.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

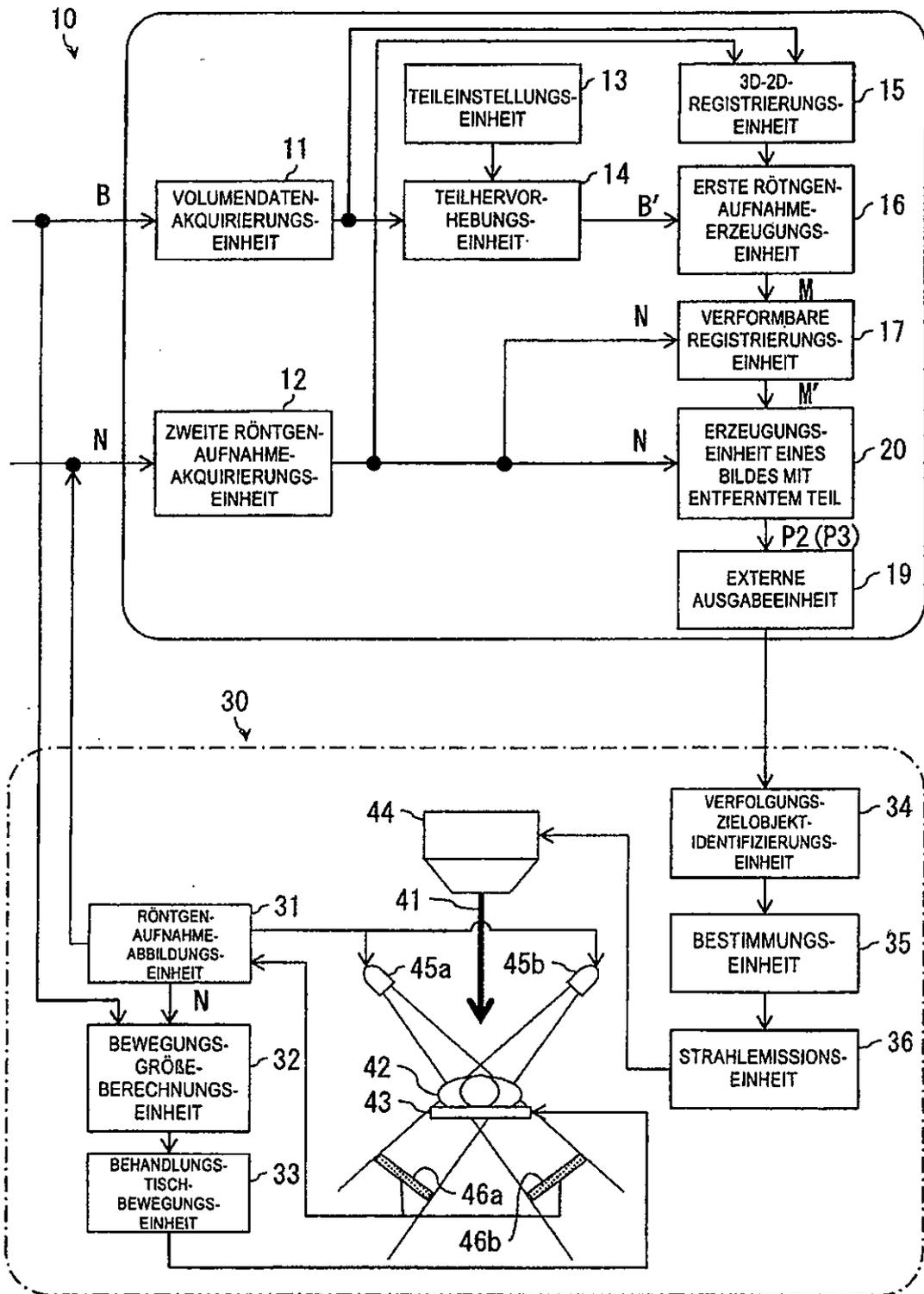


FIG. 1

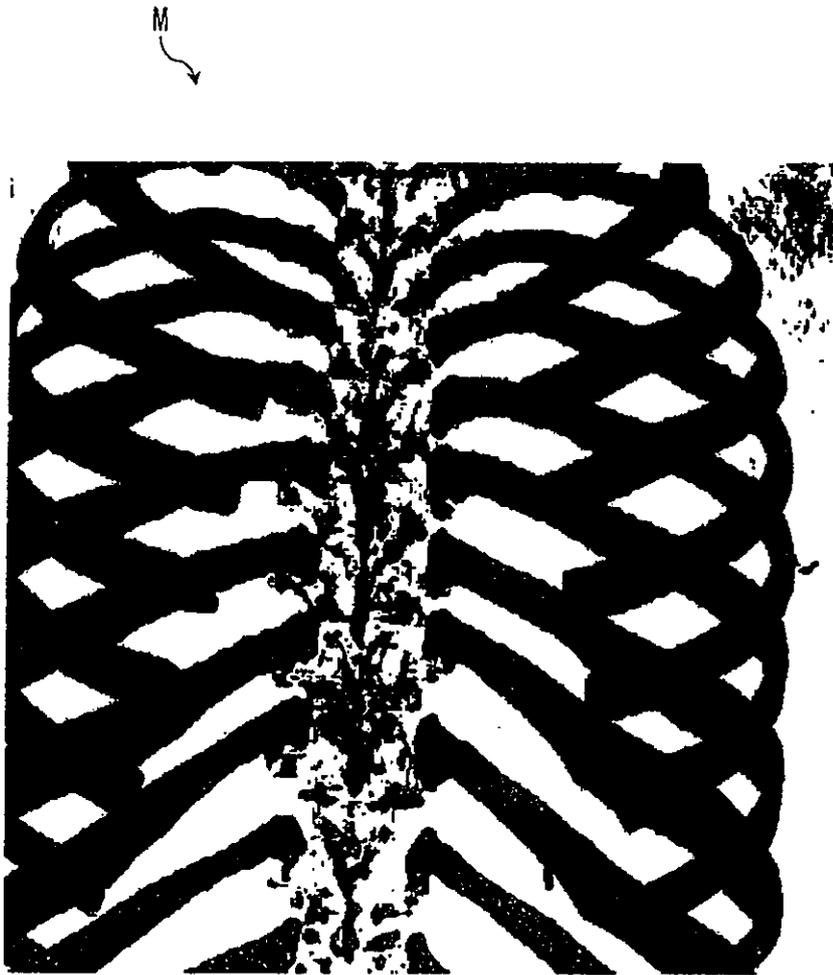


FIG. 2

N
↘



FIG. 3

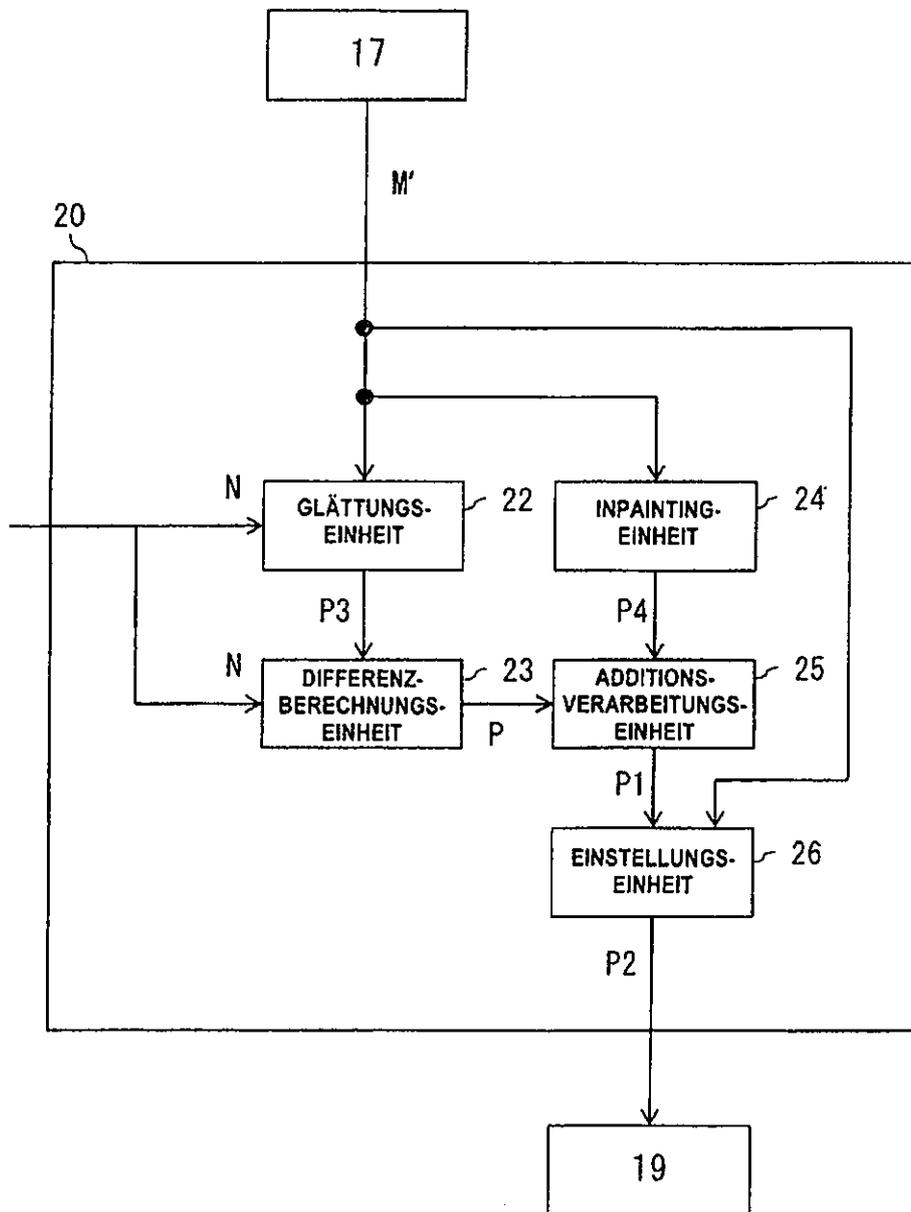


FIG. 4

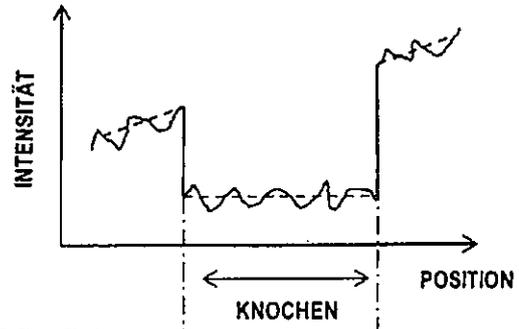


FIG. 5A

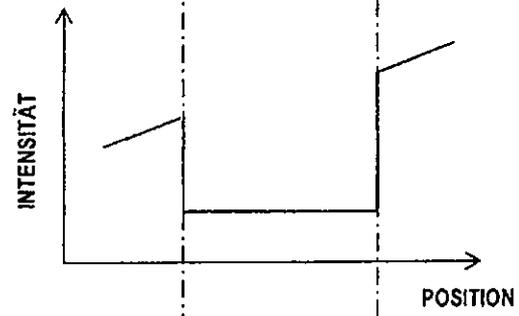
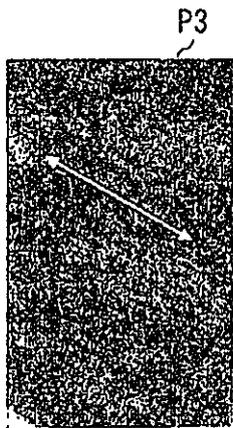


FIG. 5B

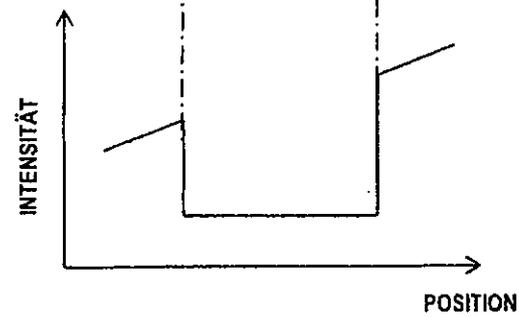
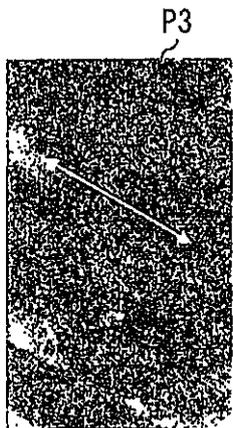


FIG. 5C

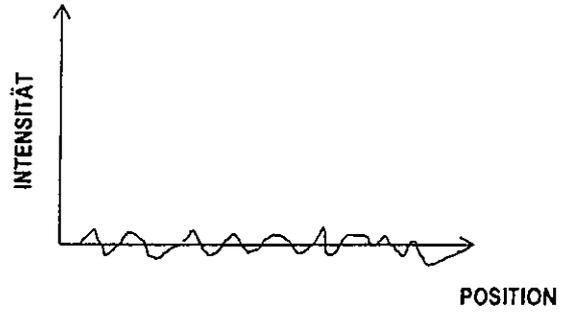


FIG. 6D

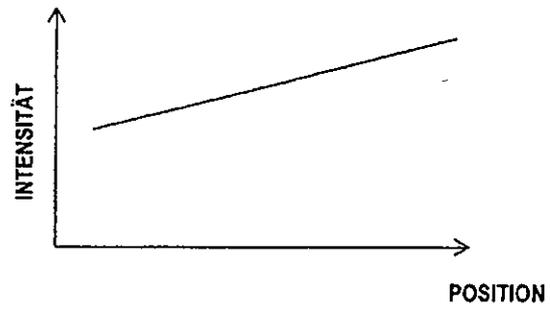
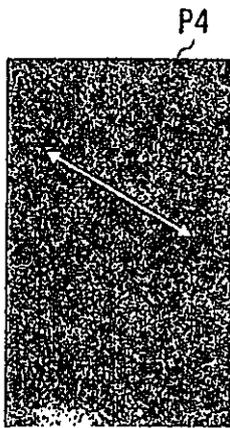


FIG. 6E

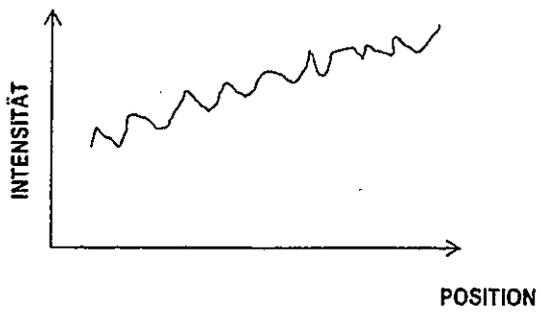


FIG. 6F

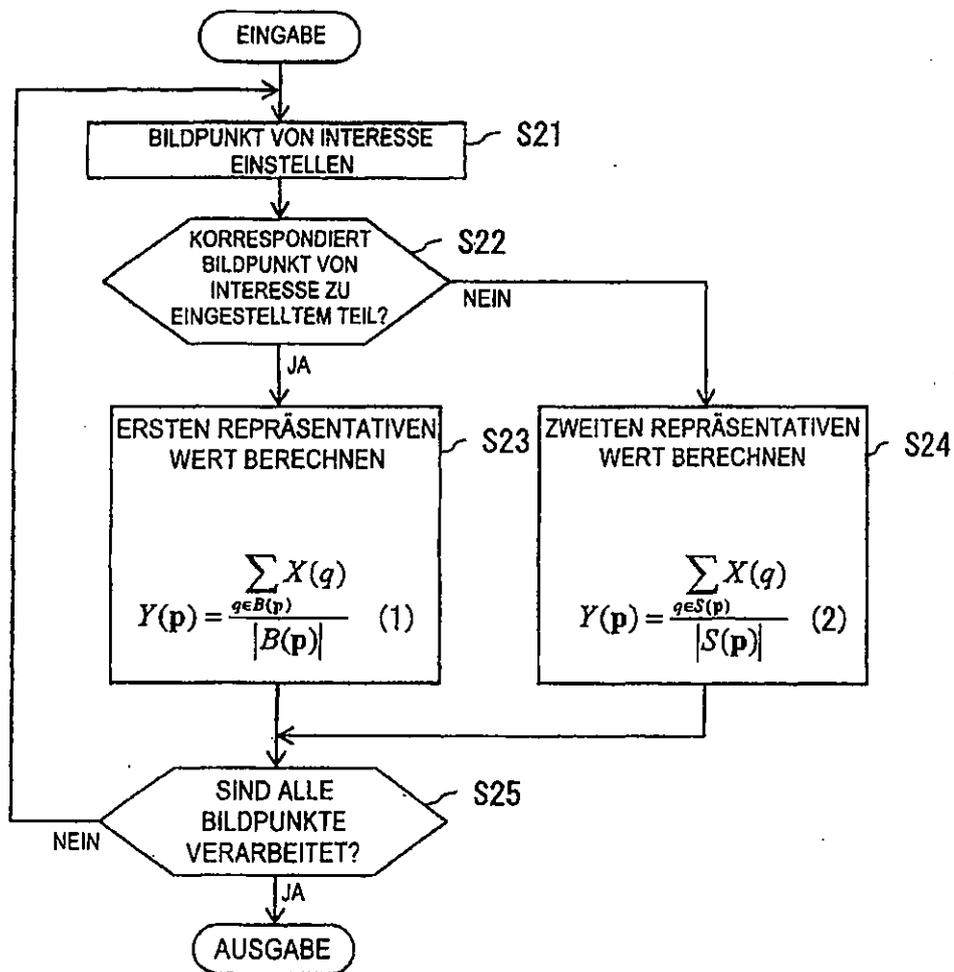


FIG. 7

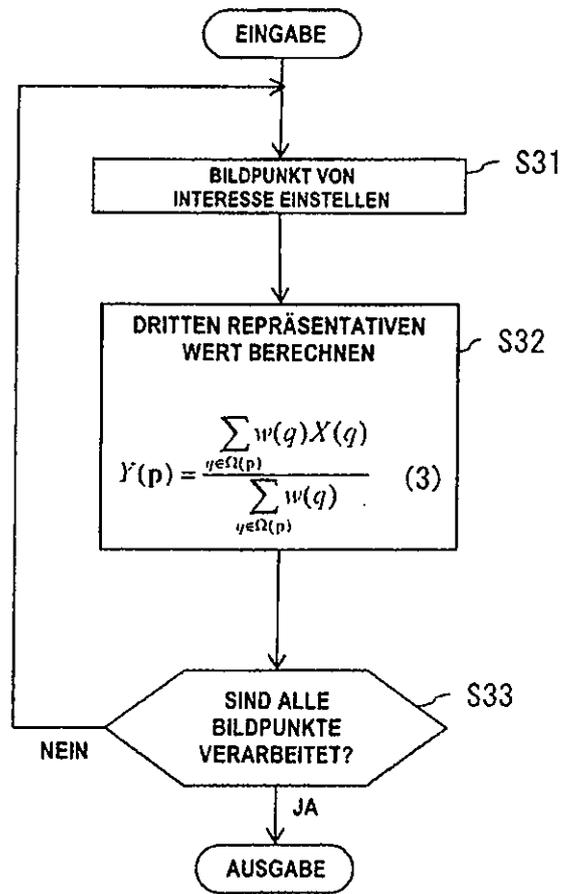


FIG. 8

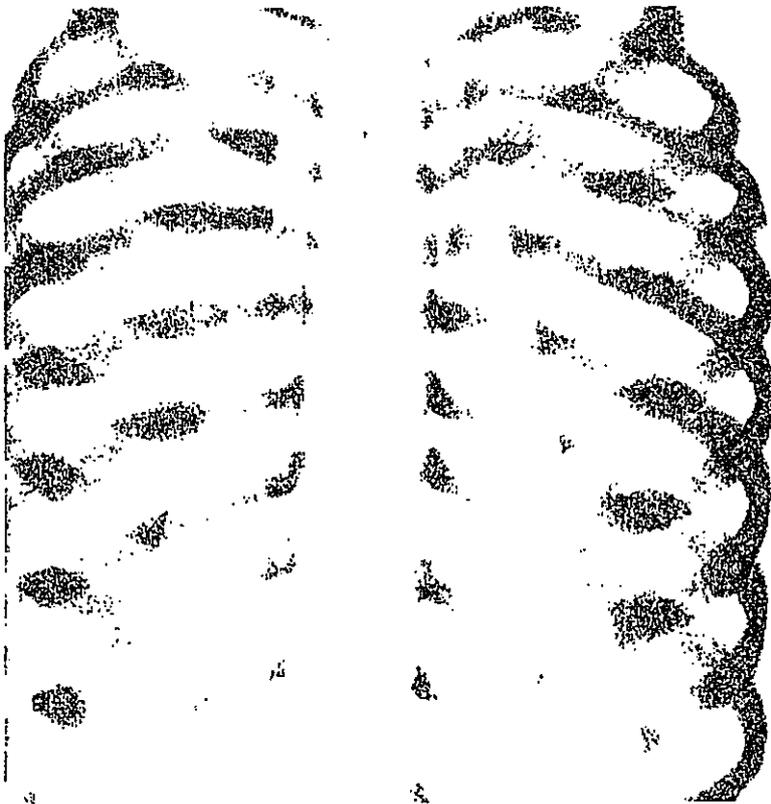


FIG. 9

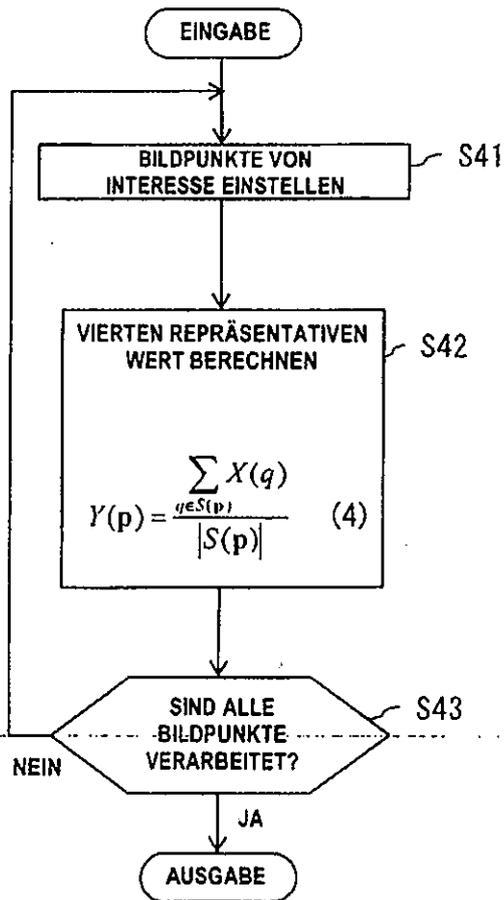


FIG. 10

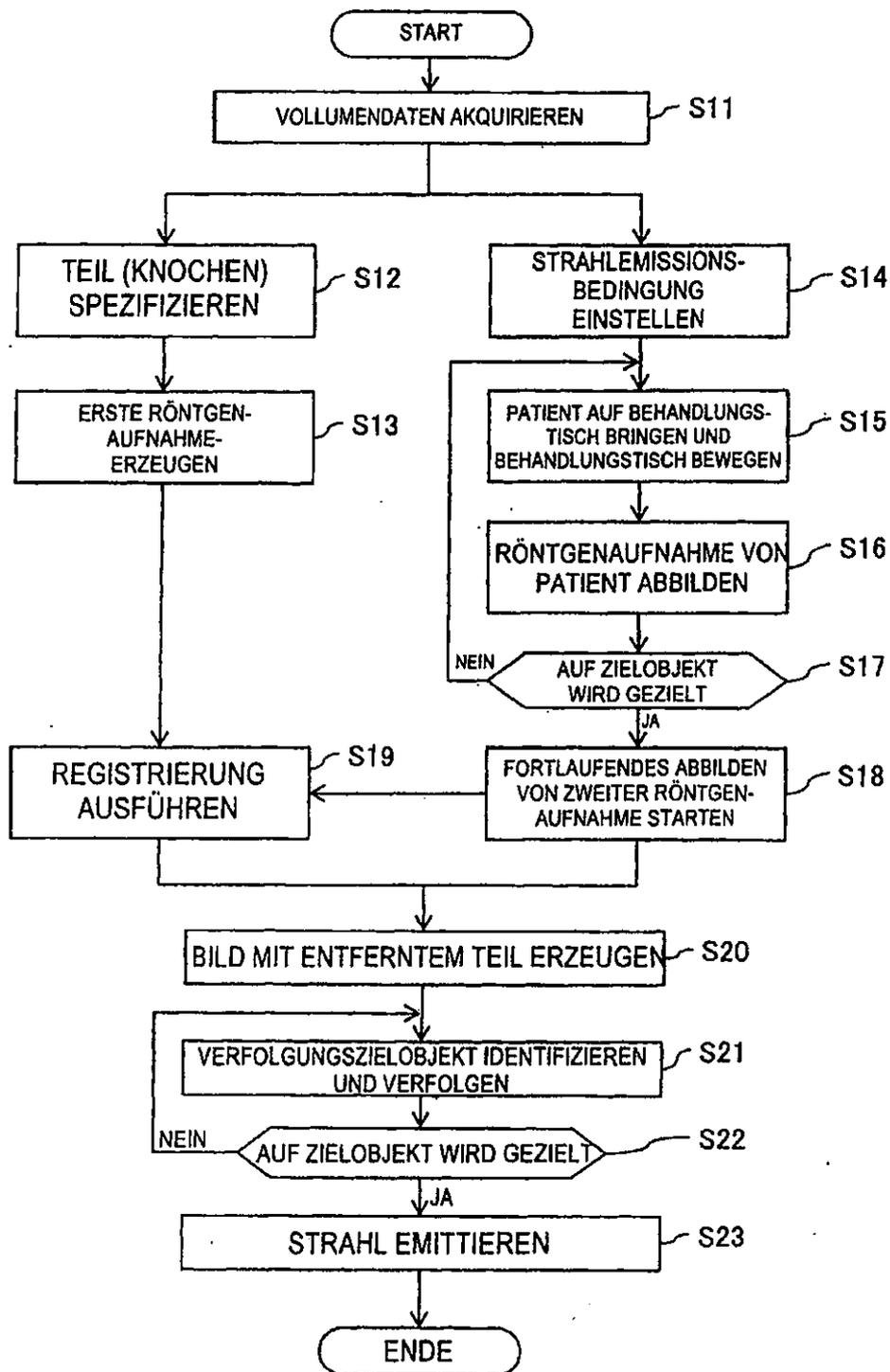


FIG. 11

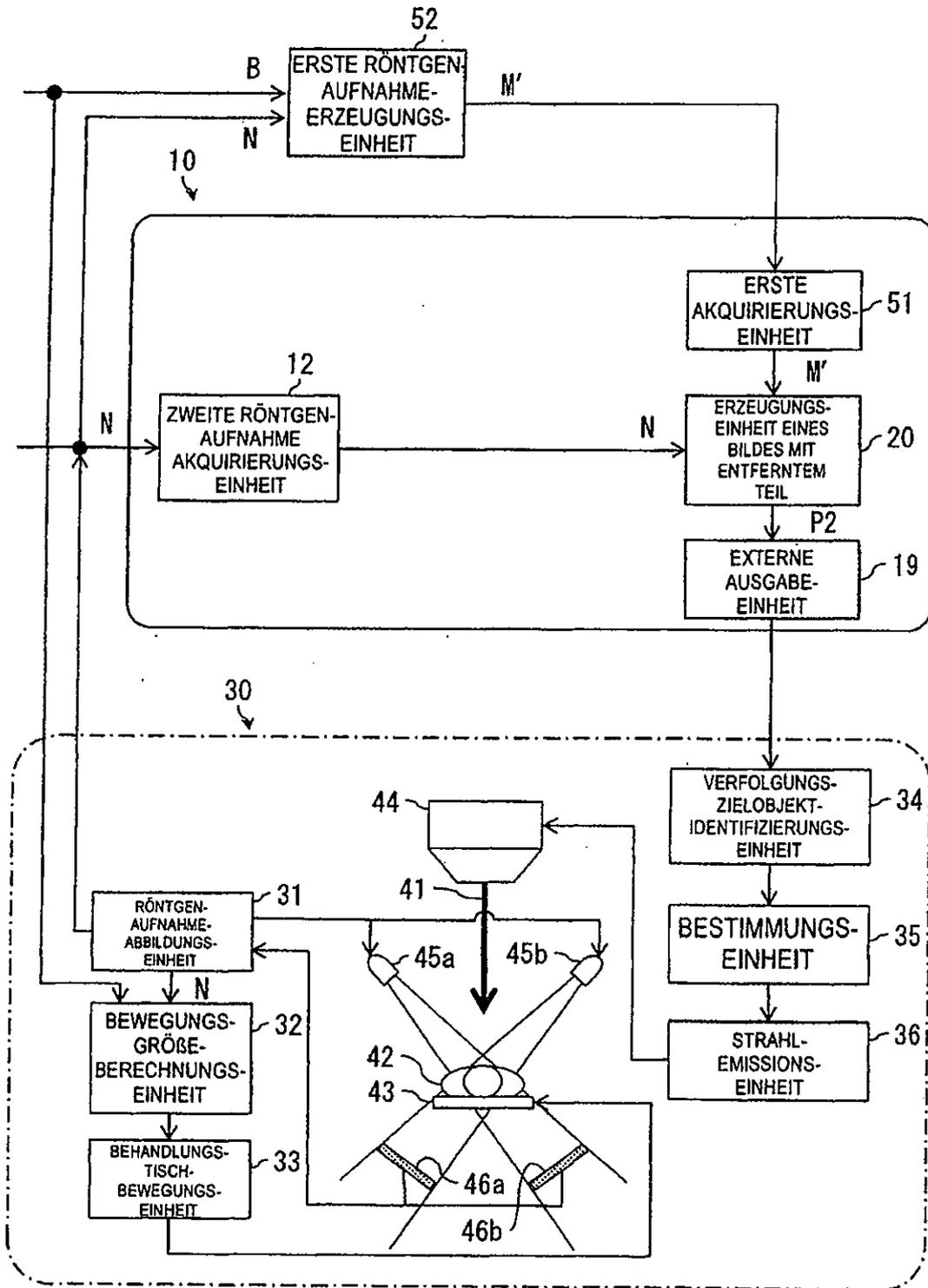


FIG. 12