

(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2016-221156

(P2016-221156A)

(43) 公開日 平成28年12月28日(2016.12.28)

(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

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-113228 (P2015-113228)	(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
(22) 出願日	平成27年6月3日(2015.6.3)	(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
		(74) 代理人	100117787 弁理士 勝沼 宏仁
		(74) 代理人	100107582 弁理士 関根 毅
		(74) 代理人	100118876 弁理士 鈴木 順生

最終頁に続く

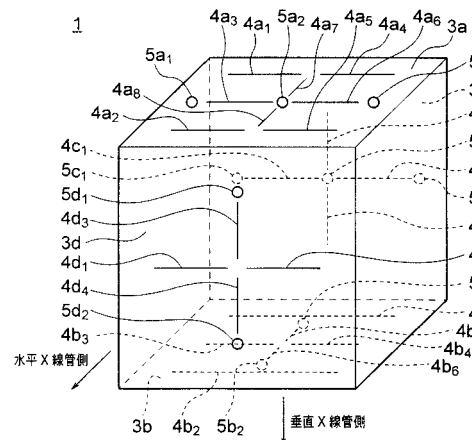
(54) 【発明の名称】放射線治療装置較正用ファントムおよびこれを用いた放射線治療装置の位置合わせ方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】放射線治療装置の可動軸の位置ずれを正確に判断することができるとともに、建屋基準との位置合わせおよび複数の装置との位置合わせに適用することのできる放射線治療装置較正用ファントムを提供する。

【解決手段】直方体の形状の直方体部材を有し、この直方体部材の各面は、可視光が透過する材料からなる板部材で形成される。直方体部材の一部の面あるいは全ての面に溝および穴が設けられている。これらの溝には金属線が埋め込まれているとともに、穴には金属球が埋め込まれている。直方体部材を構成する板部材としては、アクリル樹脂が用いられる。また、溝に埋め込まれる金属線としてはピアノ線が用いられ、金属球としてはステンレス球が用いられる。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対向する第 1 および第 2 面と、対向する第 3 および第 4 面と、を有し、可視光が透過可能な材料から形成された直方体形状の構造部材と、

前記第 1 面に設けられ互いに十字形状に配置された第 1 および第 2 金属線と、

前記第 1 金属線の一方の端部に設けられた第 1 金属球および前記第 1 金属線の他方の端部に設けられた第 2 金属球と、

前記第 2 面に設けられ互いに十字形状に配置された第 3 および第 4 金属線であって、前記第 2 面を前記第 1 面に平行投影したときに前記第 3 金属線は前記第 2 金属線と少なくとも一部が重なり、前記第 4 金属線は前記第 1 金属線と少なくとも一部が重なり、第 3 および第 4 金属線と、

10

前記第 3 金属線の一方の端部に設けられた第 3 金属球および前記第 3 金属線の他方の端部に設けられた第 4 金属球と、

前記第 3 面に設けられ互いに十字形状に配置された第 5 および第 6 金属線と、

前記第 5 金属線の一方の端部に設けられた第 5 金属球および前記第 5 金属線の他方の端部に設けられた第 6 金属球と、

前記第 4 面に設けられ互いに十字形状に配置された第 7 および第 8 金属線であって、前記第 4 面を前記第 3 面に平行投影したときに前記第 7 金属線は前記第 6 金属線と少なくとも一部が重なり、前記第 8 金属線は前記第 5 金属線と少なくとも一部が重なり、第 7 および第 8 金属線と、

20

前記第 7 金属線の一方の端部に設けられた第 7 金属球および前記第 7 金属線の他方の端部に設けられた第 8 金属球と、

を備えた放射線治療装置較正用ファントム。

【請求項 2】

前記第 1 乃至第 8 金属線はそれぞれ途中で分離された請求項 1 記載の放射線治療装置較正用ファントム。

【請求項 3】

前記第 1 金属線と前記第 2 金属線との交点に設けられた第 9 金属球と、前記第 5 金属線と前記第 6 金属線との交点に設けられた第 10 金属球と、を更に備えた請求項 1 または 2 記載の放射線治療装置較正用ファントム。

30

【請求項 4】

前記第 1 面に設けられ、前記第 1 金属線の両側に配置された第 9 および第 10 金属線と、

前記第 2 面に設けられ、前記第 4 金属線の両側に配置された第 11 および第 12 金属線と、

を更に備えた請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の放射線治療装置較正用ファントム。

【請求項 5】

前記構造部材は、前記第 1 面を有する第 1 板部材と、前記第 2 面を有する第 2 板部材と、前記第 3 面を有する第 3 板部材と、前記第 4 面を有する第 4 板部材と、前記第 5 面を有する第 5 板部材と、前記第 6 面を有する第 6 板部材と、を備え、

40

前記金属配線のそれぞれは、対応する板部材に設けられた溝内に埋め込まれ、

前記金属球のそれぞれは、対応する板部材の裏面側に配置されている請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の放射線治療装置較正用ファントム。

【請求項 6】

治療室内の支持台上に請求項 1 乃至 5 のいずれかの放射線治療装置較正用ファントムを載置する工程と、

水平光学機器および鉛直光学機器によって放射線治療装置較正用ファントムの金属線と前記治療室の壁および床に設けられた建屋基準とが一致するように、前記支持台を垂直移動および水平移動させる工程と、

前記支持台上に載置された前記放射線治療装置較正用ファントムに X 線撮像装置の各 X

50

線管から X 線を照射し、前記放射線治療装置較正用ファントムを通して対応する X 線検出器により検出し、各 X 線検出器により検出された金属線の画像に基づいて、前記放射線治療装置較正用ファントムの対向する面に設けられた十字形状の金属線が互いに重なるように各 X 線管の照射軸の位置および角度と前記 X 線検出器の位置および前記 X 線を受ける前記 X 線検出器の面の角度を調整するとともに、調整された後の各金属球の位置の第 1 位置座標を、前記 X 線検出器により検出された金属球の画像から求めて記憶する工程と、

前記支持台上に載置された前記放射線治療装置較正用ファントムに治療ビーム放射装置の各治療ビームポートから放射線治療ビームを照射し、前記放射線治療装置較正用ファントムを通して対応する治療ビームモニタにより検出し、各治療ビームモニタにより検出された金属線の画像に基づいて、前記放射線治療装置較正用ファントムの対向する面に設けられた十字形状の金属線が互いに重なるように各治療ビームポートの照射軸の位置および角度と前記治療ビームモニタの位置および前記治療ビームを受ける前記治療ビームモニタ面の角度を調整する工程と、

前記支持台を除去した後、治療台上に前記放射線治療装置較正用ファントムを載置し、前記 X 線撮像装置の放射線管から X 線を前記放射線治療装置較正用ファントムに照射し、前記放射線治療装置較正用ファントムの各金属球の第 2 位置座標を前記 X 線検出器により検出された金属球の画像から求める工程と、

各金属球の前記第 1 位置座標および前記第 2 位置座標に基づいて前記治療台の位置を較正する工程と、

を備えた放射線治療装置の位置合わせ方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、放射線治療装置較正用ファントムおよびこれを用いた放射線治療装置の位置合わせ方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、放射線を癌や腫瘍等の病変部に照射することにより、上記病変部の組織細胞の破壊や分裂阻止等を行うことで、その治療を目指す放射線治療が広く行われている。ここで、放射線とは、高い運動エネルギーを持って流れる物質粒子（イオン（ヘリウムイオン、炭素イオン、ネオンイオン、シリコンイオン、アルゴンイオン等）、電子、中性子、陽子、中間子などの）からなる粒子放射線と高エネルギーの電磁波（ガンマ線、X 線等）からなる電磁放射線との総称を云う。

【0003】

このような放射線治療装置は、放射線を発生する放射線源と、放射線源からの放射線を絞る絞り装置を有する医用ライナック（以下、架台とも云う）と、を備えている。

【0004】

この放射線治療装置を用いて放射線治療を実施するに当たって、上記病変部に対しては十分な治療効果を得るために必要な線量の放射線照射を行うとともに、病変部以外の他の正常組織に対しては障害が発生しないように正常組織に関する許容線量を超える放射線照射を可能な限り行わない、という条件を満たすことが望ましい。

【0005】

このため、放射線治療を開始する前に、病変部の位置、大きさ、形状、数等を正確に特定し、この特定結果に基づいて放射線を照射する領域（照射野）、照射角度、照射門数等を決定して、上記病変部に放射線が集中しかつ上記病変部の周囲の線量分布が適切なものとなる放射線治療計画を策定する。

【0006】

放射線治療装置における放射線の照射中心（アイソセンタ）がずれていた場合、上述した放射線治療計画が正しくとも結果的に所望の位置に放射線があたらず、病変部に放射線を正確に照射することができない。特に近年は高度な手法を用いた照射方法が確立されて

10

20

30

40

50

おり、放射線治療装置の調整が精密に行われる。放射線治療装置は複数の可動軸を有しているため、これらの可動軸の位置を正確に調整することで、放射線の照射中心の位置を正確に調整する。これらの調整は毎日治療開始前に位置調整を行うことが推奨されている場合もあるが、点検に時間がかかるため放射線技師への負担が増加している。

【0007】

そこで、放射線治療装置の可動軸の位置ずれを判断することができる放射線治療装置校正用ファントム（以下、単にファントムとも云う）が提案されている。このファントムは、放射線が透過可能な材質で形成された直方体の形状を有する直方体部材と、この直方体部材に放射線を一部遮蔽する遮蔽部とを備え、この遮蔽部は互いに直交する3つの部材を有している。このファントムは遮蔽部が互いに直交する部材だけで構成されているので、並進3軸および回転3軸からなる計6軸に対する較正が困難である。

10

【0008】

また従来、放射線治療装置の設置場所の建屋基準とファントムとの位置合わせは不要であるため、光学計測部の使用は不要であった。しかし、粒子放射線を用いた放射線治療装置を含むシステムは、複数の装置、例えば、粒子放射線装置およびX線撮像装置等を含む。このため、複数の装置の相互の位置を合わせることが望まれている。すなわち、建屋基準とファントムの位置を合わせることが望まれている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

20

【特許文献1】特開2010-178989号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本実施形態は、放射線治療装置の可動軸の位置ずれを正確に判断することができるように、建屋基準との位置合わせおよび複数の装置との位置合わせに適用することのできる放射線治療装置校正用ファントムおよびこれを用いた放射線治療装置の位置合わせ方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0011】

30

本実施形態による放射線治療装置校正用ファントムは、対向する第1および第2面と、対向する第3および第4面と、を有し、可視光が透過可能な材料から形成された直方体形状の構造部材と、前記第1面に設けられ互いに十字形状に配置された第1および第2金属線と、前記第1金属線の一方の端部に設けられた第1金属球および前記第1金属線の他方の端部に設けられた第2金属球と、前記第2面に設けられ互いに十字形状に配置された第3および第4金属線であって、前記第2面を前記第1面に平行投影したときに前記第3金属線は前記第2金属線と少なくとも一部が重なり、前記第4金属線は前記第1金属線と少なくとも一部が重なり、第3および第4金属線と、前記第3金属線の一方の端部に設けられた第3金属球および前記第3金属線の他方の端部に設けられた第4金属球と、前記第3面に設けられ互いに十字形状に配置された第5および第6金属線と、前記第5金属線の一方の端部に設けられた第5金属球および前記第5金属線の他方の端部に設けられた第6金属球と、前記第4面に設けられ互いに十字形状に配置された第7および第8金属線であって、前記第4面を前記第3面に平行投影したときに前記第7金属線は前記第6金属線と少なくとも一部が重なり、前記第8金属線は前記第5金属線と少なくとも一部が重なり、第7および第8金属線と、前記第7金属線の一方の端部に設けられた第7金属球および前記第7金属線の他方の端部に設けられた第8金属球と、を備えている。

40

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】一実施形態の放射線治療装置校正用ファントムを示す斜視図。

【図2A】一実施形態による放射線治療装置校正用ファントムにおける金属線の埋め込み

50

部を示す断面図。

【図 2 B】一実施形態による放射線治療装置較正用ファントムにおける金属球の埋め込み部を示す断面図。

【図 3】建屋基準と放射線治療装置較正用ファントムとの位置合わせを説明する図。

【図 4】X線撮像装置と放射線治療装置較正用ファントムとの位置合わせを説明する図。

【図 5】治療ビーム放射装置と放射線治療装置較正用ファントムとの位置合わせを説明する図。

【図 6】治療台と放射線治療装置較正用ファントムとの位置合わせを説明する図。

【図 7 A】基準点座標と並進ずれが生じた座標との関係を示す図。

【図 7 B】基準点座標と回転ずれが生じた座標との関係を示す図。

10

【発明を実施するための形態】

【0013】

本発明の実施形態について以下に図面を参照して説明する。

【0014】

(一実施形態)

一実施形態による放射線治療装置較正用ファントム(以下、単にファントムとも云う)の一例の斜視図を図 1 に示す。この実施形態のファントム 1 は、直方体の形状の直方体部材を有し、この直方体部材の各面は、可視光が透過する材料からなる板部材で形成される。直方体部材の一部の面あるいは全ての面に溝および穴が設けられている。これらの溝には金属線が埋め込まれているとともに、穴には金属球が埋め込まれている。例えば、直方体部材を構成する板部材としては、例えば P M M A (polymethylmethacrylate) すなわち広義の亚克力樹脂が用いられる。また、溝に埋め込まれる金属線としては例えばピアノ線が用いられ、金属球としては例えばステンレス球が用いられる。図 2 A に示すように、金属線 4 は板部材 2 に設けられた溝 2 a に埋め込まれる。また、図 2 B に示すように、金属球 5 は板部材 2 に設けられた穴 2 b に埋め込まれる。金属球 5 が穴 2 b に埋め込まれた後、穴 2 b の上部は P M M A からなる部材 2 c で栓がされる。なお、図 2 A および図 2 B において、上面から放射線が板部材に照射される。

20

【0015】

金属球は、対向する少なくとも 2 対の面に設けられるとともに各面にそれぞれ少なくとも 2 個配置される。そして、これらの金属球は、対向する一对の面のうちの一方の面を他方の面に平行投影した場合に、一方の面に設けられた少なくとも 2 個の金属球を結ぶ直線が、他方の面に設けられた少なくとも 2 個の金属球を結ぶ直線と直交するように配置される。各金属球は、前述したように、板部材の放射線が照射される面と反対側の面に近接して設けられる。

30

【0016】

金属線は対向する少なくとも 2 対の面にそれぞれ設けられる。これらの金属線は各面において十字形状に配置される。また金属線は、対向する一对の面のうちの一方の面を他方の面に平行投影した場合に、十字形状の交点が一致しかつ上記交点はそれぞれの面の中心に位置するように配置される。また、各面において、金属線は長さが異なるように設けられるか、または途中で分離された構成を有している。なお、各金属線の長さはそれぞれ所定値となっている。

40

【0017】

例えば、図 1 に示すように、対向する上下の面のうち上面 3 a には、8 個の溝にそれぞれ埋め込まれた金属線 4 a₁ ~ 4 a₈ と、3 個の穴にそれぞれ埋め込まれた金属球 5 a₁ ~ 5 a₃ とが設けられている。対向する上下の面のうち下面 3 b には、5 個の溝にそれぞれ埋め込まれた金属線 4 b₁ ~ 4 b₅ と、2 個の穴にそれぞれ埋め込まれた金属球 5 b₁ ~ 5 b₂ と、が設けられている。

【0018】

上面 3 a に設けられた金属線 4 a₁ ~ 4 a₈ のうち、金属線 4 a₁ ~ 4 a₃ は、向こう側から手前側に伸びる上面 3 a 上の第 1 直線、例えば中心線に対して上面 3 a の左側に配

50

置され、金属線 4 a₄ ~ 4 a₆ は、上記第 1 直線に対して上面 3 a の右側に配置される。金属線 4 a₇、4 a₈ は上記第 1 直線上に配置される。

【0019】

金属線 4 a₁ と金属線 4 a₂ は並列に配置され、金属線 4 a₃ は金属線 4 a₁ と金属線 4 a₂ との間に、互い平行となるように配置される。また、金属線 4 a₄ と金属線 4 a₅ は並列に配置され、金属線 4 a₆ は金属線 4 a₄ と金属線 4 a₅ との間に、互い平行となるように配置される。また、金属線 4 a₁ と金属線 4 a₄ は第 2 直線上に位置し、金属線 4 a₂ と金属線 4 a₅ は第 3 直線上に位置し、金属線 4 a₃ と金属線 4 a₆ は第 4 直線上に位置する。また、金属線 4 a₇、4 a₈ が位置する第 1 直線は第 2 乃至第 4 直線のそれぞれとは互いに直交する。

10

【0020】

また、金属球 5 a₂ は、金属線 4 a₃ および金属線 4 a₆ が位置する第 4 直線と、第 1 直線との交点に設けられる。金属球 5 a₁ は、金属線 4 a₃ に対して金属球 5 a₂ と反対側に設けられる。すなわち、金属球 5 a₁ と金属球 5 a₂ との間に金属線 4 a₃ が位置する。金属球 5 a₃ は、金属線 4 a₆ に対して金属球 5 a₂ と反対側に設けられる。すなわち、金属球 5 a₃ と金属球 5 a₂ との間に金属線 4 a₆ が位置する。したがって、金属球 5 a₁、金属線 4 a₃、金属球 5 a₂、金属線 4 a₆、および金属球 5 a₃ は、第 4 直線上に位置する。

【0021】

一方下面 3 b には、6 個の溝にそれぞれ埋め込まれた金属線 4 b₁ ~ 4 b₆ と、2 個の穴にそれぞれ埋め込まれた金属球 5 b₁、5 b₂ とが設けられている。上面 3 a を下面 3 b に平行投影した場合に、金属線 4 b₁ は、上面 3 a 上に設けられた金属線 4 a₁ および金属線 4 a₄ とそれぞれ重なる位置に設けられ、金属線 4 b₂ は、上面 3 a における金属線 4 a₂ および金属線 4 a₅ とそれぞれ重なる位置に設けられる。金属線 4 b₃ および金属線 4 b₄ は、上面 3 a における金属線 4 a₃ および金属線 4 a₆ にそれぞれ重なるように設けられる。すなわち、金属線 4 b₃ および金属線 4 b₄ は同一の直線上に位置する。金属線 4 b₅ および金属線 4 b₆ は、上面 3 a 上に設けられた金属線 4 a₇ および金属線 4 a₈ にそれぞれ重なる位置に設けられる。

20

【0022】

金属球 5 b₁ は金属線 4 b₅ の 2 つの端部のうち金属線 4 b₁ に近い端部に設けられ、金属球 5 b₂ は金属線 4 b₆ の 2 つの端部のうち金属線 4 b₂ に近い端部に設けられる。上面 3 a を下面 3 b に平行投影した場合に、金属球 5 b₁ と金属球 5 b₂ とを結ぶ直線は、金属球 5 a₁、5 a₂、5 a₃ を結ぶ直線と直交する。

30

【0023】

また、直方体部材の対向する一对の側面、例えば、向こう側の側面 3 c と手前側の側面 3 d にも溝に埋め込まれた金属線および金属球が設けられている。側面 3 c には、4 つの溝にそれぞれ埋め込まれた金属線 4 c₁ ~ 4 c₄ と、3 つの穴にそれぞれ埋め込まれた金属球 5 c₁ ~ 5 c₃ とが設けられている。金属線 4 c₁ および金属線 4 c₂ は同一直線（第 5 直線）上に配置される。金属線 4 c₃ および金属線 4 c₄ は同一直線（第 6 直線）上に配置され、この第 6 直線は金属線 c₁ および金属線 4 c₂ が配置される第 5 直線と直交する。金属球 5 c₁、5 c₂、5 c₃ は第 5 直線上に配置される。金属線 4 c₁ は金属球 5 c₁ と金属球 5 c₂ との間に配置され、金属線 4 c₂ は金属球 5 c₂ と金属球 5 c₃ との間に配置される。

40

【0024】

また、側面 3 d には、4 つの溝にそれぞれ埋め込まれた金属線 4 d₁ ~ 4 d₄ と、2 つの穴にそれぞれ埋め込まれた金属球 5 d₁、5 d₂ とが設けられている。金属線 4 d₁ および金属線 4 d₂ は同一直線（第 7 直線）上に配置される。金属線 4 d₃ および金属線 4 d₄ は同一直線（第 8 直線）上に配置され、この第 8 直線は金属線 d₁ および金属線 4 d₂ が配置される第 7 直線と直交する。金属球 5 d₁ は、金属線 4 d₃ に対して、第 7 直線と第 8 直線との交点と反対側の端部に配置される。金属球 5 d₂ は、金属線 4 d₄ に対し

50

て、第7直線と第8直線との交点と反対側の端部に配置される。側面3を側面3cに平行投影したとき、金属線4d₁、4d₂は、側面3cにおける金属線4c₁、4c₂に重なり、金属線4d₃、4d₄は、側面3cにおける金属線4c₃、4c₄に重なる。

【0025】

(建屋基準との位置合わせ方法)

次に、上述のように構成された一実施形態のファントムを用いて建屋基準との位置合わせ方法について図3を参照して説明する。図3は、放射線治療装置の粒子放射線装置およびX線撮像装置が設置された、建屋内の治療室を上面から見た図である。

【0026】

上記治療室には、床32上に支持台43が載置され、この支持台43上に、ファントム1が載置されるプレート42が設けられている。なお、支持台43は、図示しない駆動部によって、床32に対して平行な方向および垂直な方向に移動可能なように駆動される。また、プレート42および支持台43は可視光が透過する材料から構成される。

10

【0027】

上記治療室の対向する一对の壁にはそれぞれ壁面建屋基準64₁、64₂が貼付されている。また、上記対向する一对の壁に対してそれぞれ直交する対向する一对の壁にもそれぞれ壁面建屋基準64₃、64₄が貼付されている。なお、各壁面建屋基準64_i (i = 1, ..., 4)は、例えば十字マークを有している。壁面建屋基準64₁の十字マークの中心と壁面建屋基準64₂の十字マークの中心とを結ぶ直線と、壁面建屋基準64₃の十字マークの中心と壁面建屋基準64₄の十字マークの中心とを結ぶ直線とは互いに直交する。

20

【0028】

支持台43と壁面建屋基準64₃が貼付された壁との間に鉛直面光学機器(セオドライト)61が設けられ、支持台43と壁面建屋基準64₁が貼付された壁との間に鉛直面光学機器(セオドライト)62が設けられている。また、壁面建屋基準64₄が貼付されている壁に隣接して放射線治療ビームポート51が設けられている。

【0029】

セオドライト61は、自身の光軸が壁面建屋基準64₃の十字マークの鉛直部と壁面建屋基準64₄の十字マークの鉛直部とを含む面内に位置するとともに壁面建屋基準64₃の十字マークの水平部と壁面建屋基準64₄の十字マークの水平部とを含む面に対して傾いている。この傾き角度はセオドライト61から発射されるレーザ光が斜め上方からプレート42上に載置されたファントム1に照射する角度となっている。

30

【0030】

一方、セオドライト62は、自身の光軸が壁面建屋基準64₁の十字マークの鉛直部と壁面建屋基準64₂の十字マークの鉛直部とを含む面内に位置するとともに壁面建屋基準64₁の十字マークの水平部と壁面建屋基準64₂の十字マークの水平部とを含む面に対して傾いている。この傾き角度はセオドライト62から発射されるレーザ光が斜め上方からプレート42上に載置されたファントム1に照射する角度となっている。

【0031】

また、セオドライト61とセオドライト62の間には、水平面光学機器(オートレベル)63が設けられている。オートレベル63は、例えば望遠鏡である。このオートレベル63の光軸は、各壁面建屋基準64_i (i = 1, ..., 4)の十字マークの水平部と同じ高さとなるように調整されている。また、オートレベル63の光軸は、セオドライト61の光軸に対して例えば45度傾いている。

40

【0032】

セオドライト62と支持台43との間の床32の部分上に床面建屋基準65₁が設けられ、支持台43と壁面建屋基準64₂が貼付されている壁との間の床32の部分上に床面建屋基準65₂が設けられている。また、セオドライト61と支持台43との間の床32の部分上に床面建屋基準65₃が設けられ、支持台43と壁面建屋基準64₄が貼付されている壁との間の床32の部分上に床面建屋基準65₄が設けられている。なお、各床面

50

建屋基準 65_i ($i = 1, \dots, 4$) は、例えば十字マークを有している。

【0033】

壁面建屋基準 64_1 、 64_2 のそれぞれの中心（十字マークの中心）を結ぶ直線と床面建屋基準 65_1 、 65_2 のそれぞれの中心（十字マークの中心）を結ぶ直線は同一平面内に位置し、壁面建屋基準 64_3 、 64_4 のそれぞれの中心（十字マークの中心）を結ぶ直線と床面建屋基準 65_3 、 65_4 のそれぞれの中心（十字マークの中心）を結ぶ直線は同一平面内に位置する。

【0034】

このように構成された治療室において、ファントム 1 を建屋基準との位置合わせは以下のように行われる。

【0035】

まず、ファントム 1 をプレート 42 上に載置する。このとき、図 1 に示すファントム 1 の面 3b が下面となり、面 3a が上面となるように載置される。また、ファントム 1 の側面 3d が壁面建屋基準 64_3 、すなわちセオドライト 61 に対向するように載置される。

【0036】

この状態で、放射線技師がオートレベル 63 を覗いてファントムを見る。そして、ファントム 1 の側面 3d に設けられた金属線 $4d_1$ 、 $4d_2$ と、側面 3c に設けられた金属線 $4c_1$ 、 $4c_2$ と、が壁面建屋基準 64_2 の十字マークの水平部に一致するように、支持台 43 の高さを調整する。この調整により、壁面建屋基準 64_1 、 64_2 の十字マークの水平部をそれぞれ含む平面に関する位置合わせが終了する。

【0037】

次に、セオドライト 61 からレーザービームを発射し、ファントム 1 の上面 3a に設けられた金属線 $4a_7$ 、 $4a_8$ と側面 3c に設けられた金属線 $4c_3$ 、 $4c_4$ とが、床面建屋基準 65_4 の十字マークのうちの一方の線と同一の直線上に位置するように、ファントム 1 が床面建屋基準 65_1 の十字マークの中心と床面建屋基準 65_2 の十字マークの中心とを結ぶ直線に平行に水平移動するように支持台 43 を調整する。ここで、床面建屋基準 65_4 の十字マークのうちの上記一方の線とは、床面建屋基準 65_3 の中心と床面建屋基準 65_4 の中心とを結ぶ直線に平行な直線を意味する。この調整により、壁面建屋基準 64_3 、 64_4 の十字マークの鉛直部をそれぞれ含む平面に関する位置合わせが終了する。

【0038】

次に、セオドライト 62 からレーザービームを発射し、ファントム 1 の上面 3a に設けられた金属線 $4a_3$ 、 $4a_6$ と底面 3b に設けられた金属線 $4b_3$ 、 $4b_4$ とが、床面建屋基準 65_2 の十字マークのうちの一方の線と同一の直線上に位置するように、ファントム 1 が床面建屋基準 65_3 の十字マークの中心と床面建屋基準 65_4 の十字マークの中心とを結ぶ直線に平行に水平移動するように支持台 43 を調整する。ここで、床面建屋基準 65_2 の十字マークのうちの上記一方の線とは、床面建屋基準 65_1 の中心と床面建屋基準 65_2 の中心とを結ぶ直線に平行な直線を意味する。この調整により、壁面建屋基準 64_1 、 64_2 の十字マークの鉛直部をそれぞれ含む平面に関する位置合わせが終了する。

【0039】

以上のようにして、ファントム 1 と建屋基準との位置合わせが完了する。この位置合わせが完了した後、セオドライト 61、62 およびオートレベル 63 は、移動される。しかし、支持台 43 は移動せずかつファントム 1 はプレート 42 上に載置された状態となっており、建屋基準と位置合わせされた状態となっている。

【0040】

(X線撮像装置との位置合わせ方法)

次に、X線撮像装置との位置合わせについて図 4 を参照して説明する。図 4 は、X線撮像装置を壁面建屋基準 64_1 から見た正面図である。支持台 43 が位置する真下には、ピット 33 が設けられ、このピット 33 内に、X線管 12 が格納されている。この X線管 12 は、支持台 43 の真下からファントム 1 に向かって X線を放射する。ファントム 1 の真上には、X線管 12 からの X線を検出するフラットパネルディテクタ 22 が設けられてい

10

20

30

40

50

る。

【0041】

また、床面建屋基準 6 5₃、6 5₄ のそれぞれの中心を結ぶ直線上でかつピット 3 3 の両側の床 3 2 の部分にそれぞれピット 3 4、3 5 が設けられている。これらのピット 3 4、3 5 には X 線管 1 3、1 4 がそれぞれ格納されている。X 線管 1 3、1 4 はそれぞれ、プレート 4 2 上に載置されたファントム 1 に向かって、斜め下方から X 線を放射する。ファントム 1 の斜め上方（図面上で左側）には、X 線管 1 3 からの X 線を検出するフラットパネルディテクタ 2 3 が設けられている。また、ファントム 1 の斜め上方（図面上で右側）には、X 線管 1 4 からの X 線を検出するフラットパネルディテクタ 2 4 が設けられている。

10

【0042】

また、壁面建屋基準 6 4₃ と、ファントム 1 との間に X 線管 1 1 が設けられている。この X 線管 1 1 は支持台 3 1 上に載置され、ファントム 1 の側面 3 d に向かって X 線を放射する。ファントム 1 に対して X 線管 1 1 と反対側に、X 線管 1 1 からの X 線を検出するフラットパネルディテクタ 2 1 が設けられている。

【0043】

このように X 線管が配置された治療室において、ファントム 1 に対する X 線撮像装置（X 線管およびフラットパネルディテクタ）の位置合わせは、以下のように行われる。

【0044】

まず、X 線管 1 1 からファントム 1 に向かって X 線を放射する。この X 線は、ファントム 1 の側面 3 d からこの側面 3 d に対向する側面 3 c に向かって放射される。この放射された X 線はフラットパネルディテクタ 2 1 によって検出される。この検出された X 線の像（以下、X 線画像とも云う）に基づいて、X 線管 1 1 の放射軸の位置および角度を較正するとともにフラットパネルディテクタ 2 1 の位置および X 線を受ける面の角度を較正する。これらの較正は、側面 3 d に設けられた金属線 4 d₁、4 d₂ と側面 3 c に設けられた金属線 4 c₁、4 c₂ とが同一直線上に位置するとともに、側面 3 d に設けられた金属線 4 d₃、4 d₄ と側面 3 c に設けられた金属線 4 c₃、4 c₄ とが同一直線上に位置し、かつ側面 3 d に設けられた金属球 5 d₁、金属線 4 d₃、金属線 4 d₄、および金属球 5 d₂ を結ぶ直線と、側面 3 c に設けられた金属球 5 c₁、金属線 4 c₁、金属球 5 c₂、金属線 4 c₂、および金属球 5 c₃ を結ぶ直線とが直交するように行う。これにより、X 線管 1 1 およびフラットパネルディテクタ 2 1 は、ファントム 1 との位置合わせ、すなわち建屋基準との位置合わせが完了する。

20

30

【0045】

次に、X 線管 1 2 からファントム 1 に向かって X 線を放射する。この X 線は、ファントム 1 の下面 3 b からこの下面 3 b に対向する上面 3 a に向かって放射される。この放射された X 線はフラットパネルディテクタ 2 2 によって検出される。この検出された X 線画像に基づいて、X 線管 1 2 の放射軸の位置および角度を較正するとともにフラットパネルディテクタ 2 2 の位置および X 線を受ける面の角度を較正する。この較正は、下面 3 b に設けられた金属線 4 b₃、4 b₄ と上面 3 a に設けられた金属線 4 a₃、4 a₄ とが同一直線上に位置するとともに、下面 3 b に設けられた金属線 4 b₅、4 b₆ と上面 3 a に設けられた金属線 4 a₇、4 a₈ とが同一直線上に位置し、かつ下面 3 b に設けられた金属球 5 b₁、金属線 4 b₅、金属線 4 b₆、および金属球 5 b₂ を結ぶ直線と、上面 3 a に設けられた金属球 5 a₁、金属線 4 a₃、金属球 5 a₂、金属線 4 a₆、および金属球 5 a₃ を結ぶ直線とが直交するように行う。これにより、X 線管 1 2 およびフラットパネルディテクタ 2 2 は、ファントム 1 との位置合わせ、すなわち建屋基準との位置合わせが完了する。

40

【0046】

次に、X 線管 1 3 からファントム 1 に向かって X 線を放射する。この X 線は、図 4 上でファントム 1 の右斜め下方から左斜め上方に向かって放射される。この放射された X 線はフラットパネルディテクタ 2 3 によって検出される。この検出された X 線画像に基づいて

50

、X線管13の放射軸の位置および角度を較正するとともにフラットパネルディテクタ23の位置およびX線を受ける面の角度を較正する。この較正は、下面3bに設けられた金属線4b₂と上面3aに設けられた金属線4a₁、4a₄とが同一直線上に位置するように行う。これにより、X線管13およびフラットパネルディテクタ23は、ファントム1との位置合わせ、すなわち建屋基準との位置合わせが完了する。

【0047】

次に、X線管14からファントム1に向かってX線を放射する。このX線は、図4上で、ファントム1の左斜め下方から右斜め上方に向かって放射される。この放射されたX線はフラットパネルディテクタ24によって検出される。この検出されたX線画像に基づいて、X線管14の放射軸の位置および角度を較正するとともにフラットパネルディテクタ24の位置およびX線を受ける面の角度を較正する。この較正は、下面3bに設けられた金属線4b₁と上面3aに設けられた金属線4a₂、4a₅とが同一直線上に位置するように行う。これにより、X線管14およびフラットパネルディテクタ24は、ファントム1との位置合わせ、すなわち建屋基準との位置合わせが終了する。ここで、建屋基準との位置合わせが終了したときの、ファントム1の各金属球5a₁、5a₂、5a₃、5b₁、5b₂、5c₁、5c₂、5c₃、5d₁、5d₂のそれぞれのフラットパネルディテクタに撮像された像の座標を記憶しておく。これらの像の座標は、後述する治療台の位置ずれを補正するのに用いられる。

10

【0048】

以上説明したように、X線管11、12、13、14を含むX線撮像装置と建屋基準との位置合わせが完了する。この位置合わせが完了した後、X線管11の位置およびフラットパネルディテクタ21、22の位置は記憶される。その後、X線管11およびフラットパネルディテクタ22は上方に移動されるとともに、フラットパネルディテクタ21は、床面に水平に移動される。しかし、支持台43は移動せずかつファントム1はプレート42上に載置された状態となっており、建屋基準と位置合わせされた状態となっている。

20

【0049】

(治療ビーム放射装置(粒子放射線装置)との位置合わせ方法)

次に、治療ビーム放射装置との位置合わせについて図5を参照して説明する。図5は、治療ビーム放射装置を壁面建屋基準64₁から見た正面図である。図3において説明したように、壁面建屋基準64₄が貼付されている壁に隣接して放射線治療ビームポート(以下、治療ビームポートとも云う)51が設けられている。図5に示すように、ファントム1の真上には放射線治療ビームポート(以下、治療ビームポートとも云う)52が設けられている。ファントム1に対して治療ビームポート51と反対側に放射線治療ビーム(以下、治療ビームとも云う)を受ける放射線治療ビームモニタ(以下、治療ビームモニタとも云う)53が設けられている。また、ファントム1に対して治療ビームポート52と反対側に放射線治療ビームを受ける放射線治療ビームモニタ(以下、治療ビームモニタとも云う)54が設けられている。

30

【0050】

このような粒子放射線装置が配置された治療室において、ファントム1に対する粒子放射線装置(治療ビームポートおよび治療ビームモニタ)の位置合わせは、以下のように行われる。

40

【0051】

まず、治療ビームポート51からファントム1の側面3dに向かって治療ビームを照射する。この治療ビームは側面3dに入射した後、ファントム1を通過し、ファントム1の側面3cから治療ビームモニタ53に入射し、検出され、治療ビームの像が表示される。この治療ビームモニタ53によって表示された治療ビームの像に基づいて、治療ビームポート51の放射軸の位置および角度を較正するとともに治療ビームモニタ53の位置および治療ビームを受ける面の角度を較正する。これらの較正は、側面3cに設けられた金属線4c₁、4c₂と側面3dに設けられた金属線4d₁、4d₂とが同一直線上に位置するとともに、側面3cに設けられた金属線4c₃、4c₄と側面3dに設けられた金属線

50

4 d₃、4 d₄ とが同一直線上に位置し、かつ側面 3 d に設けられた金属球 5 d₁、金属線 4 d₃、金属線 4 d₄、および金属球 5 d₂ を結ぶ直線と、側面 3 c に設けられた金属球 5 c₁、金属線 4 c₁、金属球 5 c₂、金属線 4 c₂、および金属球 5 c₃ を結ぶ直線とが直交するように行う。これにより、治療ビームポート 5 1 および治療ビームモニタ 5 3 は、ファントム 1 との位置合わせ、すなわち建屋基準との位置合わせが完了する。

【0052】

続いて、治療ビームポート 5 2 からファントム 1 の上面 3 a に向かって治療ビームを照射する。この治療ビームは上面 3 a に入射した後、ファントム 1 を通過し、ファントム 1 の下面 3 b から治療ビームモニタ 5 4 に入射し、検出され、治療ビームの像が表示される。この治療ビームモニタ 5 4 によって表示された治療ビームの像に基づいて、治療ビームポート 5 2 の放射軸の位置および角度を校正するとともに治療ビームモニタ 5 4 の位置および治療ビームを受ける面の角度を校正する。この校正は、下面 3 b に設けられた金属線 4 b₃、4 b₄ と上面 3 a に設けられた金属線 4 a₃、4 a₄ とが同一直線上に位置するとともに、下面 3 b に設けられた金属線 4 b₅、4 b₆ と上面 3 a に設けられた金属線 4 a₇、4 a₈ とが同一直線上に位置し、かつ下面 3 b に設けられた金属球 5 b₁、金属線 4 b₅、金属線 4 b₆、および金属球 5 b₂ を結ぶ直線と、上面 3 a に設けられた金属球 5 a₁、金属線 4 a₃、金属球 5 a₂、金属線 4 a₆、および金属球 5 a₃ を結ぶ直線とが直交するように行う。これにより、治療ビームポート 5 2 および治療ビームモニタ 5 4 は、ファントム 1 との位置合わせ、すなわち建屋基準との位置合わせが完了する。

10

【0053】

以上説明したように、治療ビームポート 5 1、5 2 を含む治療ビーム放射装置と建屋基準との位置合わせが終了する。この位置合わせが終了すると、ファントム 1 は、プレート 4 2 が撤去されるとともに、支持台 4 3 およびプレート 4 2 も撤去される。その後、図 6 に示すように、治療台 4 5 と治療台 4 5 上に載置された天板 4 4 が治療室に搬入される。なお、天板 4 4 および治療台 4 5 は、X 線が透過する材料から形成される。

20

【0054】

(治療台の位置合わせ方法)

図 6 に示すように、天板 4 4 上に載置されたファントム 1 を用いて、治療台 4 5 の位置合わせを以下のように行う。

【0055】

まず、ファントム 1 を天板 4 4 上に載置するとともに、X 線撮像装置のフラットパネルディテクタ 2 1、2 2、2 3、2 4 を記憶された位置に戻し、かつ支持台 3 1 を移動させてこの支持台 3 1 上に載置された X 線管 1 1 を記憶された位置に戻す。このとき、ファントム 1 は、X 線撮像装置との位置合わせの場合と同じように、天板 4 4 上に載置される。すなわち、ファントム 1 の下面 3 b が天板 4 4 に接し、側面 3 d が X 線管 1 1 に対向するように配置される。

30

【0056】

この状態で、天板 4 4 上のファントム 1 の側面 3 d に向かって X 線管 1 1 から X 線を照射する。この照射された X 線にはファントム 1 を通過後、フラットパネルディテクタ 2 1 により検出される。このフラットパネルディテクタ 2 1 によって検出された X 線画像に基づいて、金属球 5 c₁、5 c₂、5 c₃、5 d₁、5 d₂ の座標を求める。

40

【0057】

続いて、ファントム 1 の下面 3 b に向かって X 線管 1 2 から X 線を照射する。この照射された X 線にはファントム 1 を通過後、フラットパネルディテクタ 2 2 により検出される。このフラットパネルディテクタ 2 1 によって検出された X 線画像に基づいて、金属球 5 c₁、5 c₂、5 c₃、5 d₁、5 d₂ の座標を求める。

【0058】

その後、ファントム 1 の下面 3 b に向かって X 線管 1 2 から X 線を照射する。この照射された X 線にはファントム 1 を通過後、フラットパネルディテクタ 2 2 により検出される。このフラットパネルディテクタ 2 2 によって検出された X 線画像に基づいて、金属球 5

50

c_1 、 $5c_2$ 、 $5c_3$ 、 $5d_1$ 、 $5d_2$ の座標を求める。

【0059】

その後、図6の右下方からファントム1に向かってX線管13からX線を照射する。この照射されたX線にはファントム1を通過後、フラットパネルディテクタ23により検出される。このフラットパネルディテクタ23によって検出されたX線画像に基づいて、金属球 $5a_1$ 、 $5a_2$ 、 $5a_3$ 、 $5b_1$ 、 $5b_2$ 、 $5c_1$ 、 $5c_2$ 、 $5c_3$ 、 $5d_1$ 、 $5d_2$ の座標を求める。

【0060】

更に、図6の左下方からファントム1に向かってX線管14からX線を照射する。この照射されたX線にはファントム1を通過後、フラットパネルディテクタ24により検出される。このフラットパネルディテクタ24によって検出されたX線画像に基づいて、金属球 $5a_1$ 、 $5a_2$ 、 $5a_3$ 、 $5b_1$ 、 $5b_2$ 、 $5c_1$ 、 $5c_2$ 、 $5c_3$ 、 $5d_1$ 、 $5d_2$ の座標を求める。

10

【0061】

このようにして、フラットパネルディテクタ21、22、23、24により検出されたX線画像から求めた金属球 $5a_1$ 、 $5a_2$ 、 $5a_3$ 、 $5b_1$ 、 $5b_2$ 、 $5c_1$ 、 $5c_2$ 、 $5c_3$ 、 $5d_1$ 、 $5d_2$ の座標と、X線撮像装置との位置合わせで得られたフラットパネルディテクタ21、22、23、24により検出されたX線画像から求めた金属球 $5a_1$ 、 $5a_2$ 、 $5a_3$ 、 $5b_1$ 、 $5b_2$ 、 $5c_1$ 、 $5c_2$ 、 $5c_3$ 、 $5d_1$ 、 $5d_2$ の座標とから、治療台45のずれ量を求める。

20

【0062】

(ずれ量の算出)

治療台45のずれ量は、以下のようにして求められる。

【0063】

得られたファントム1のX線画像から、ずれ量を算出する考え方の一例を説明する。この例では、X線撮像系(X線管、フラットパネルディテクタ)の位置は較正されており、治療台(寝台)の基準位置(アイソセンター)が並進と回転でずれているものとする。ファントム1の一つの金属球の正しい基準点座標(x 、 y 、 z)に対して、並進および回転ずれが生じたときの座標(x' 、 y' 、 z')は、次の(1)式で表すことができる。

【数1】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R & T \\ O & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

30

ここで、Rは回転ずれを表す 3×3 行列、Tは並進ずれを表す 3×1 行列、Oは 1×3 の零行列である。

【0064】

基準点座標(x 、 y 、 z)と、並進および回転ずれが生じた座標(x' 、 y' 、 z')との関係は、例えば、図7A、7Bに示すようになる。ローリング角、ピッチング角、ヨーイング角からなる回転ずれR、(p 、 q 、 r)からなる並進ずれTを考えると、上記(1)式は具体的には下記の(2)式のように書くことができる。

40

【数 2】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\phi\cos\theta & \cos\phi\sin\theta\sin\varphi - \sin\phi\cos\varphi & \cos\phi\sin\theta\cos\varphi + \sin\phi\sin\varphi & p \\ \sin\phi\sin\theta & \sin\phi\sin\theta\sin\varphi + \cos\phi\cos\varphi & \sin\phi\sin\theta\cos\varphi - \cos\phi\sin\varphi & q \\ -\sin\theta & \cos\theta\sin\varphi & \cos\theta\cos\varphi & r \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、基準点座標 (x、y、z) と、ずれを生じた座標 (x'、y'、z') は、3次元空間での座標であるが、これが X 線撮像系ではフラットパネルディテクタ上に 2 次元座標として観測される。これらの 2 次元座標をそれぞれ (X, Y), (X', Y') とする。X 線管を点光源とすれば、射影画像を考えればよい。L を点光源からフラットパネルディテクタまでの距離とすると、(X', Y') は次の (3) 式で表される。

10

【数 3】

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L/z' & 0 & 0 \\ 0 & L/z' & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} \quad (3)$$

20

ここで、求めるべき未知数は、ずれに関する (, , , p、q、r) の 6 つである。したがって、複数 (3 以上) の金属球の基準点座標 (x、y、z) に対して、観測座標 (X', Y') が得られれば、ずれに関する未知数を算出することができる。ただし、現実的には解析的に算出することが困難であり、また得られた観測座標 (X', Y') も画像処理で求めていることもあるので、最適化アプローチを使用する。例えば、求められた (, , , p', q', r') に対して算出される (x', y', z') に対応する撮像点 (X'', Y'') に関して、下記の (4) 式、すなわち偏差の二乗和が最小となるようにずれ量を求める。

【数 4】

$$\sum_i \{ (X_i'' - X_i')^2 + (Y_i'' - Y_i')^2 \} \quad (4)$$

30

ここで、i は観測に用いる金属球の番号に相当する。

【0065】

このずれ量に基づいて、治療台 45 の並進 3 軸および回転 3 軸に対する較正を行う。これにより、放射線治療装置の可動軸の位置ずれを較正することが可能となり、放射線治療装置と建屋基準との位置合わせを行うことができる。

【0066】

以上説明したように、ファントム 1 を用いて、建屋基準との位置合わせ、X 線撮像装置との位置合わせ、放射線治療装置との位置合わせを行うことができる。これにより、放射線治療装置の可動軸の位置ずれを正確に判断できるとともに、建屋基準との位置合わせおよび複数の装置との位置合わせに適用することができる。

40

【0067】

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。これらの実施形態は、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。これらの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。

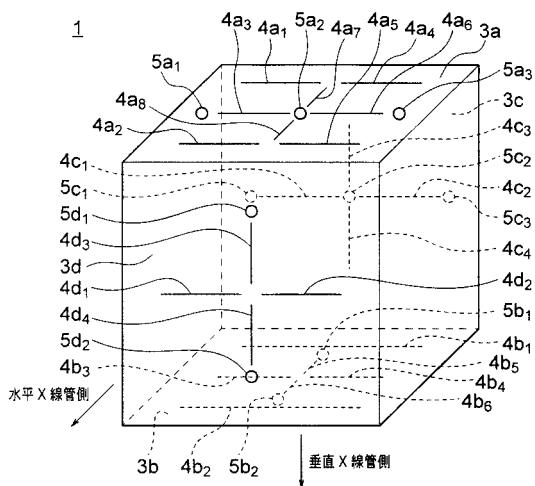
50

【符号の説明】

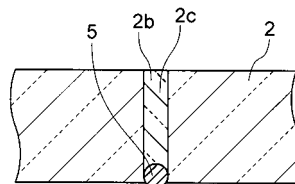
【0068】

- 1 放射線治療装置校正用ファントム（ファントム）
- 3 a 上面
- 3 b 下面
- 3 c、3 d 側面
- 4 a₁、4 a₂、4 a₃、4 a₄、4 a₅、4 a₆、4 a₇、4 a₈ 金属線
- 4 b₁、4 b₂、4 b₃、4 b₄、4 b₅、4 b₆ 金属線
- 4 c₁、4 c₂、4 c₃、4 c₄ 金属線
- 4 d₁、4 d₂、4 d₃、4 d₄ 金属線
- 5 a₁、5 a₂、5 a₃ 金属球
- 5 b₁、5 b₂ 金属球
- 5 c₁、5 c₂、5 c₃ 金属球
- 5 d₁、5 d₂ 金属球

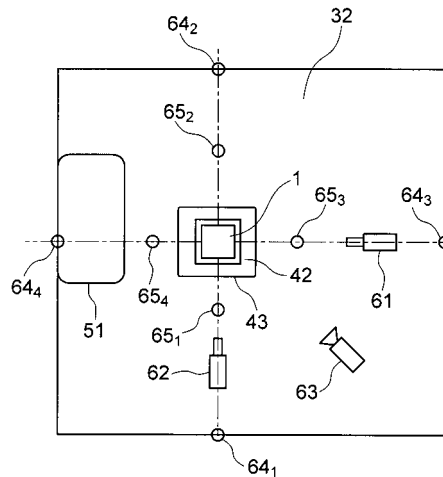
【図1】



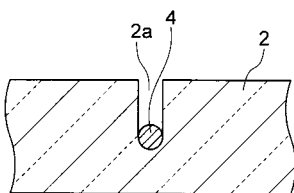
【図2B】



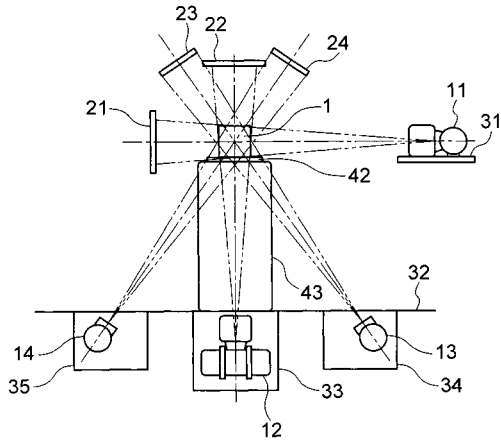
【図3】



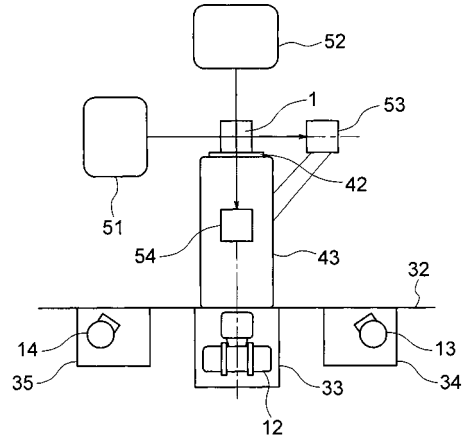
【図2A】



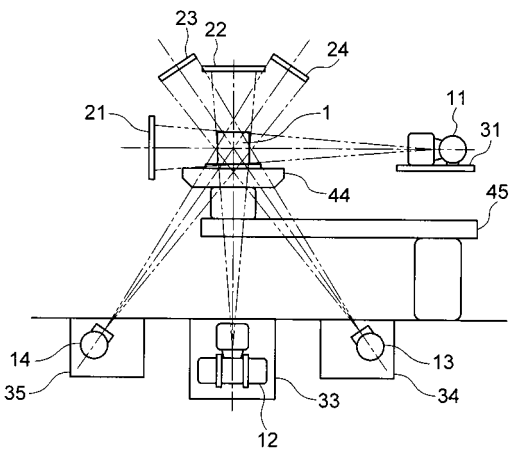
【 図 4 】



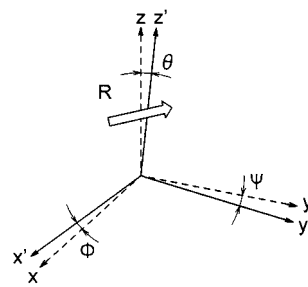
【 図 5 】



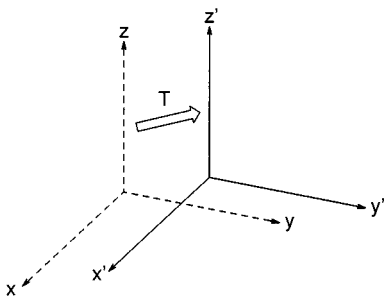
【 図 6 】



【 図 7 B 】



【 図 7 A 】



フロントページの続き

- (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 古川 卓司
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 笠井 茂
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 AC02 AC03 AC05 AC06 AC07 AE01 AN02 AN03 AP07