

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年7月11日(11.07.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/147263 A1

(51) 国際特許分類:
A61N 5/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/044453

(22) 国際出願日: 2023年12月12日(12.12.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2023-000539 2023年1月5日(05.01.2023) JP

(71) 出願人: 株式会社 東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1050023 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP). 東芝エネルギーシステムズ株式会社 (TOSHIBA ENERGY SYSTEMS & SOLUTIONS

CORPORATION) [JP/JP]; 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 Kanagawa (JP).

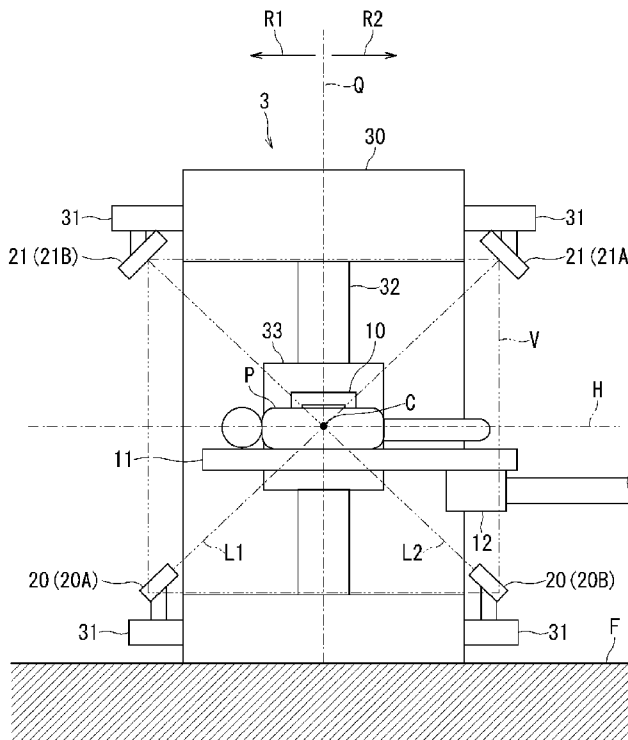
(72) 発明者: 龍頭 啓 充 (RYUTO, Hiromichi); 〒2120013 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝エネルギーシステムズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人 東京国際特許事務所 (TOKYO INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目13番地6 第一K・Sビル402号室 Kanagawa (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

(54) Title: PARTICLE BEAM IRRADIATION SYSTEM AND LAYOUT METHOD FOR X-RAY RADIOGRAPHY APPARATUS

(54) 発明の名称: 粒子線照射システムおよびX線撮影装置配置方法



(57) Abstract: A particle beam irradiation system (1) according to one embodiment of the present invention comprises an irradiation nozzle (10) and an X-ray radiography apparatus (4). When a first virtual line (L1) connecting one X-ray tube (20A) and one flat-panel detector (21A) and a second virtual line (L2) connecting the other X-ray tube (20B) and the other flat-panel detector (21B) are defined, the first virtual line (L1) and the second virtual line (L2) intersect with each other at an isocenter (C), and all of the X-ray tubes (20A, 20B) and all of the flat-panel detectors (21A, 21B) are

CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

arranged at positions where the first virtual line (L1) and the second virtual line (L2) do not overlap with the movement locus of the irradiation nozzle (10).

(57) 要約: 実施形態によれば、粒子線照射システム (1) は、照射ノズル (10) とX線撮影装置 (4) とを備え、一方のX線管 (20A) と一方のフラットパネルディテクタ (21A) とを結ぶ第1仮想線 (L1) と、他方のX線管 (20B) と他方のフラットパネルディテクタ (21B) とを結ぶ第2仮想線 (L2) とを規定した場合に、第1仮想線 (L1) および第2仮想線 (L2) がアイソセンタ (C) で交差し、かつ、第1仮想線 (L1) および第2仮想線 (L2) が照射ノズル (10) の移動の軌跡に重ならない位置に、全てのX線管 (20A, 20B) と全てのフラットパネルディテクタ (21A, 21B) が配置されている。

明 細 書

発明の名称：粒子線照射システムおよびX線撮影装置配置方法 技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、粒子線照射技術に関する。

背景技術

[0002] 従来、照射ノズルの照射方向を変更するための回転ガントリに、X線撮影装置が支持され、回転ガントリの回転方向とともにX線撮影装置が回転し、X線画像の撮影方向を変更する技術が知られている。回転ガントリにX線撮影装置が支持されることで、任意の撮影方向から患者のX線画像が撮影可能であるが、回転ガントリは、大型な装置であり、配置場所が限られるばかりか、建設コストが嵩んでしまう。そこで、粒子線照射システムの小型化が求められている。

[0003] また、回転ガントリが360度の全周に亘って回転せずに、その回転範囲が225度以下の所謂ハーフ回転ガントリが知られている。しかし、このようなハーフ回転ガントリは、X線撮影装置を支持する構成が無く、X線管およびフラットパネルディテクタが床面および天井に固定されている。そのため、照射ノズルが移動したときに、X線撮影装置の撮影範囲に照射ノズルが重なり、X線画像の撮影ができない場合がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許出願公開第2006/0067468号明細書

特許文献2：国際公開第2013/093020号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明が解決しようとする課題は、照射ノズルの位置が変化してもX線画像の撮影の邪魔にならず、かつX線撮影装置を含めた粒子線照射システム全体の小型化を図ることである。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]第1実施形態の粒子線照射システムを示すブロック図。

[図2]第1実施形態のノズル支持装置を示す正面図。

[図3]第1実施形態のノズル支持装置を示す側面図。

[図4]第2実施形態のノズル支持装置を示す正面図。

[図5]第2実施形態のノズル支持装置を示す側面図。

[図6]第3実施形態のノズル支持装置を示す正面図。

[図7]第3実施形態のノズル支持装置を示す側面図。

[図8]第4実施形態のノズル支持装置を示す正面図。

[図9]第4実施形態のノズル支持装置を示す側面図。

[図10]第5実施形態のノズル支持装置を示す正面図。

[図11]第5実施形態のノズル支持装置を示す側面図。

[図12]スリット型照射装置を示す側面図。

[図13]スリット型照射装置を示す正面図。

発明を実施するための形態

[0007] 本発明の実施形態に係る粒子線照射システムは、アイソセンタを中心として前記アイソセンタから等距離の位置を周方向に移動し、前記周方向に移動する範囲が240度以下であり、前記アイソセンタに対する荷電粒子ビームの照射方向を変更可能な照射ノズルと、少なくとも2つのX線管および少なくとも2つのフラットパネルディテクタで前記アイソセンタに配置された被写体のX線画像を撮影するX線撮影装置と、を備え、一方の前記X線管と一方の前記フラットパネルディテクタとを結ぶ第1仮想線と、他方の前記X線管と他方の前記フラットパネルディテクタとを結ぶ第2仮想線と、を規定した場合に、前記第1仮想線および前記第2仮想線が前記アイソセンタで交差し、かつ、前記第1仮想線および前記第2仮想線が前記照射ノズルの移動の軌跡に重ならない位置に、全ての前記X線管と全ての前記フラットパネルディテクタが配置されている。

[0008] 本発明の実施形態により、照射ノズルの位置が変化してもX線画像の撮影

の邪魔にならず、かつX線撮影装置を含めた粒子線照射システム全体の小型化を図ることができる。

[0009] 以下、図面を参照しながら、粒子線照射システムおよびX線撮影装置配置方法の実施形態について詳細に説明する。まず、第1実施形態について図1から図3を用いて説明する。

[0010] 図1の符号1は、第1実施形態の粒子線照射システムである。この粒子線照射システム1は、治療用放射線としての炭素イオンなどの荷電粒子ビームB（図3）を患者Pの病巣組織（がん）に照射して治療を行う所謂粒子線がん治療装置である。

[0011] 粒子線照射システム1を用いた放射線治療技術は、重粒子線がん治療技術などとも称される。この技術は、がん病巣（患部）を炭素イオンがピンポイントで狙い撃ちし、がん病巣にダメージを与えながら、正常細胞へのダメージを最小限に抑えることが可能とされる。なお、荷電粒子ビームBは、ヘリウム原子より重い重粒子線と定義される。

[0012] 重粒子線を用いるがん治療では、従来のエックス線、ガンマ線、陽子線を用いたがん治療と比較してがん病巣を殺傷する能力が高く、患者P（図3）の体の表面では放射線量が弱く、がん病巣において放射線量がピークになる特性を有している。そのため、照射回数と副作用を少なくすることができ、治療期間をより短くすることができる。

[0013] 例えば、荷電粒子ビームB（図3）は、患者Pの体内を通過する際に運動エネルギーを失って速度が低下するとともに、速度の二乗にほぼ反比例する抵抗を受け、ある一定の速度まで低下すると急激に停止する。この荷電粒子ビームBの停止点はブラッグピークと呼ばれ、高エネルギーが放出される。粒子線照射システム1は、このブラッグピークを患者Pの病巣組織（患部）の位置に合わせることで、正常組織のダメージを抑えつつ、病巣組織のみを死滅させることができる。

[0014] 図1に示すように、粒子線照射システム1は、ビーム照射装置2とノズル支持装置3とX線撮影装置4と制御装置5とを備える。

- [0015] ビーム照射装置 2 は、イオン発生器とビーム輸送ラインとハーフ回転ガントリとを備える。これらは陽子線照射装置などで用いられるイオン発生器とビーム輸送ラインとハーフ回転ガントリと同様の構成であり、従来公知のものであるため図示を省略する。なお、イオン発生器には、イオン源と線形加速器と円形加速器などが含まれることがある。
- [0016] 例えば、イオン発生器（図示略）は、荷電粒子である炭素イオンのイオン源を有し、この炭素イオンによって荷電粒子ビーム B が生成される。線形加速器（図示略）は、平面視で直線状を成し、イオン源で発生させたイオンを加速して荷電粒子ビーム B とする。そして、線形加速器は、この荷電粒子ビーム B を円形加速器（図示略）に導入する。
- [0017] 円形加速器は、シンクロトロンまたはシンクロサイクロトロンであり、平面視でリング状を成し、荷電粒子ビーム B をさらに加速する。ここで、荷電粒子ビーム B は、円形加速器を約百万回周回する間に光速の約 70% まで加速される。そして、円形加速器で加速された荷電粒子ビーム B が、ビーム輸送ライン（図示略）によりハーフ回転ガントリ（図示略）まで輸送される。なお、円形加速器は、サイクロトロンの場合もある。
- [0018] 粒子線照射システム 1 には、イオン発生器からハーフ回転ガントリまで一体的に延びる真空ダクト（図示略）が設けられている。この真空ダクトの内部が真空にされ、荷電粒子ビーム B を導く輸送経路が形成されている。
- [0019] ハーフ回転ガントリは、その回転の軸が水平方向を向くように設けられ、この水平軸を中心として回転するものである。ハーフ回転ガントリは、ビーム輸送ラインから続く真空ダクトの一部と、輸送経路を形成する偏向電磁石および収束電磁石を回転可能に支持する。
- [0020] このハーフ回転ガントリは、全周回転型の回転ガントリと比較して小型の装置である。一般的な全周回転型の回転ガントリは、360度の全周に亘って回転するものであるが、ハーフ回転ガントリは、その回転範囲が全周の3分の2以下（240度以下）の装置を示す。本実施形態のハーフ回転ガントリは、その回転範囲が180度の装置となっている。

[0021] 真空ダクトは、まず、ハーフ回転ガントリの端部からその水平軸に沿って導かれる。そして、真空ダクトは、ハーフ回転ガントリの水平軸から一旦離れた後、水平軸に対して垂直な方向に向けられる。この真空ダクトの先端部が配置される照射ノズル 10（図 2）は、患者 P に近接する位置に設けられている。

[0022] 図 3 に示すように、ノズル支持装置 3 は、照射ノズル 10 を周方向に移動可能に支持する装置である。X 線撮影装置 4 は、撮影用放射線としての X 線を用いて、被写体としての患者 P の X 線画像を撮影する装置である。X 線撮影装置 4 により取得した X 線画像は、荷電粒子ビーム B の照射前に行われる患者 P の位置決め用いられる。また、X 線画像は、荷電粒子ビーム B の照射時に患部（内臓）の動き（動体）を追跡することに用いられる。

[0023] 図 1 に示すように、制御装置 5 は、ビーム照射装置 2 とノズル支持装置 3 と X 線撮影装置 4 とを制御する。この制御装置 5 の各構成は、必ずしも 1 つのコンピュータに設ける必要はない。例えば、1 つの制御装置 5 が、ネットワークで互いに接続された複数のコンピュータで実現されてもよい。さらに、ビーム照射装置 2 とノズル支持装置 3 と X 線撮影装置 4 とがそれぞれ別個のコンピュータで制御されてもよい。

[0024] 本実施形態の制御装置 5 は、CPU（Central Processing Unit）、GPU（Graphics Processing Unit）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）、HDD（Hard Disk Drive）および SSD（Solid State Drive）などのハードウェア資源を有し、CPU が各種プログラムを実行することで、ソフトウェアによる情報処理がハードウェア資源を用いて実現されるコンピュータで構成される。

[0025] 制御装置 5 の処理回路は、例えば、CPU、GPU、専用または汎用のプロセッサを備える回路である。このプロセッサは、制御装置 5 の記憶部に記憶した各種のプログラムを実行することにより各種の機能を実現する。また、処理回路は、FPGA（Field Programmable Gate Array）、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）などのハードウェアで構成されて

もよい。これらのハードウェアによっても各種の機能を実現することができる。また、処理回路は、プロセッサとプログラムによるソフトウェア処理と、ハードウェア処理とを組み合わせ、各種の機能を実現することもできる。

[0026] なお、本実施形態では、制御装置 5 が自動的に各種の装置を制御する態様を例示するが、その他の態様でもよい。例えば、制御装置 5 は、粒子線照射システム 1 のユーザ（管理者）の入力操作を受け付けて各種の装置を制御するようにしてもよい。つまり、制御装置 5 は、ユーザの手動操作により各種の装置を制御するための遠隔操作装置でもよい。

[0027] 次に、ノズル支持装置 3 と X 線撮影装置 4 について図 2 から図 3 を用いて説明する。なお、図 3 の紙面右側を正面側として説明する。

[0028] 図 2 に示すように、照射ノズル 10 は、ハーフ回転ガントリ（図示略）に支持された真空ダクト（図示略）の先端側に設けられている。この照射ノズル 10 は、荷電粒子ビーム B を患者 P に向けて出射する部分である。

[0029] 照射ノズル 10 には、スキャニング電磁石（図示略）が設けられている。スキャニング電磁石は、荷電粒子ビーム B の進行方向を Z 方向とした場合に、この荷電粒子ビーム B を、X 方向に偏向走査する X 偏向走査磁石と Y 方向に偏向走査する Y 偏向走査磁石とを有している。そして、スキャニング電磁石は、荷電粒子ビーム B を制御することで、細い荷電粒子ビーム B を患者 P の患部の形状に合致させて走査することができる。つまり、照射ノズル 10 から照射される荷電粒子ビーム B は、進行方向に対して直交する 2 方向（X 方向および Y 方向）の所定の走査範囲に亘って走査される。また、照射ノズル 10 には、線量モニタ、位置モニタ、レンジシフタ、リッジフィルタなどが設けられてもよい。

[0030] 患者 P が配置される治療室には、荷電粒子ビーム B が最も集中して照射される位置であるアイソセンタ C が設定されている。治療開始前には、X 線撮影装置 4 で撮影した X 線画像などで患者 P の患部の位置を確認しつつ、患部がアイソセンタ C に配置される。

- [0031] 照射ノズル10は、アイソセンタCを中心としてアイソセンタCから等距離の位置を周方向に移動する。なお、アイソセンタCを通る軸であって照射ノズル10の周方向の移動の中心軸Hを規定した場合、この中心軸Hは、ハーフ回転ガントリの回転の中心である水平軸と一致している。なお、荷電粒子ビームBは、照射ノズル10から中心軸Hに対して直交する方向に照射される。
- [0032] 図3に示すように、照射ノズル10は、アイソセンタCを中心として、その周方向に移動する範囲が180度に設定されている。例えば、荷電粒子ビームBを水平方向に照射するときの照射ノズル10の位置を0度とした場合、+90度から-90度の範囲に亘って照射ノズル10が移動可能となっている。
- [0033] 照射ノズル10が移動する範囲内であれば、アイソセンタCに対する荷電粒子ビームBの照射方向が変更可能となっている。例えば、照射ノズル10が+90度の位置にあるときに、荷電粒子ビームBが患者Pの直上から照射される。また、照射ノズル10が-90度の位置にあるときに、荷電粒子ビームBが患者Pの直下から照射される。
- [0034] 被写体としての患者Pは、治療室に設けられた移動載置台11に載置される。この移動載置台11は、移動アーム12により支持され、患者Pを載置した状態で移動し、患者Pの患部をアイソセンタCに配置する。この移動載置台11の移動によって患者Pを荷電粒子ビームBの照射位置に移動させて位置合わせを行うことができる。そのため、患者Pの病巣組織に最適な精度で荷電粒子ビームBを照射することができる。なお、移動載置台11と移動アーム12は、制御装置5（図1）により制御されている。
- [0035] 患者Pは、アイソセンタCの位置に配置され、ハーフ回転ガントリ（図示略）を回転させることで、静止している患者Pを中心として照射ノズル10を回転させることができる。また、患者Pの向きを変更し、かつ照射ノズル10を回転させることで、患者Pの周囲のいずれの方向からも荷電粒子ビームBを照射させることができる。そのため、患者Pの負担を軽減しつつ、最

適な方向から荷電粒子ビームBを正確に患部に照射することができる。

[0036] また、X線撮影装置4は、ノズル支持装置3に支持されている。このX線撮影装置4は、アイソセンタCに配置された患者PのX線画像を撮影することができる。このようにすれば、照射ノズル10を支持するノズル支持装置3を、X線撮影装置4を支持する装置として兼用することができる。

[0037] なお、ノズル支持装置3は、ハーフ回転ガントリ（図示略）の先端側の一部を支持する装置である。このようにすれば、ハーフ回転ガントリの先端側に在る照射ノズル10が、ノズル支持装置3に案内され、周方向に移動可能な状態で安定的に支持される。

[0038] 図2から図3に示すように、X線撮影装置4は、2つのX線管20と2つのフラットパネルディテクタ21とを備える。例えば、一方のX線管20Aから出射されたX線は、一方のフラットパネルディテクタ21Aで検出される。他方のX線管20Bから出射されたX線は、他方のフラットパネルディテクタ21Bで検出される。

[0039] ノズル支持装置3は、固定フレーム30と支持アーム31とC字レール32とノズル基部33とを備える。

[0040] 固定フレーム30は、支持アーム31およびC字レール32を床面Fに固定する部材である。例えば、固定フレーム30は、正面視で矩形状を成し、側面視でC字形状（U字形状）に切り欠かれた開口を有する部材である。この開口に患者Pが配置される。この固定フレーム30の中央部には、1本のC字レール32が設けられている。

[0041] C字レール32は、側面視でC字形状（U字形状）を成し、周方向に沿って延びる部材である。ノズル基部33は、C字レール32を介して固定フレーム30に支持されている。このノズル基部33は、照射ノズル10を支持している部材である。ノズル基部33および照射ノズル10は、C字レール32に沿って移動する部材である。また、理解を助けるために図示を簡略化しているが、C字レール32は、荷電粒子ビームBの通過経路を確保したまま、ノズル基部33および照射ノズル10を移動させる構造を有している。

- [0042] なお、ノズル支持装置 3 は、ノズル基部 3 3 および照射ノズル 1 0 を C 字レール 3 2 に沿って移動させるための駆動モータ（図示略）を備える。この駆動モータは、制御装置 5 により制御される。
- [0043] なお、固定フレーム 3 0 が、治療室の床、壁、天井と一体的なデザイン（色彩）にされ、かつ化粧板で覆われてもよい。このようにすれば、ノズル支持装置 3 を構成する部材が患者 P から見えなくなる。つまり、ノズル支持装置 3 が目隠しの機能を有してもよい。
- [0044] 移動載置台 1 1 は、C 字レール 3 2 の開いている部分から患者 P（被写体）を進入させてアイソセンタ C に配置することができる。例えば、図 3 の白矢印 D の方向から、患者 P を載せた移動載置台 1 1 を進入させることができる。このようにすれば、患者 P を適切な方向から進入させてアイソセンタ C に配置することができる。
- [0045] なお、患者 P は、その身長方向に沿って延びる体軸が中心軸 H の向きと一致するように配置される。また、患者 P の体軸は、中心軸 H の向きと一致しなくてもよい。例えば、患者 P の頭頂部が照射ノズル 1 0 に向けられた状態で配置されてもよい。さらに、患者 P の配置は、頭と足の位置が図示した向きと逆向きであってもよい。荷電粒子ビーム B が照射される患部の位置に応じて、患者 P の配置が適宜変更されてもよい。
- [0046] 支持アーム 3 1 は、固定フレーム 3 0 の両側部の上下に設けられている。つまり、1 つの固定フレーム 3 0 の 4 箇所支持アーム 3 1 が設けられている。上部側の支持アーム 3 1 には、フラットパネルディテクタ 2 1 が設けられている。下部側の支持アーム 3 1 には、X 線管 2 0 が設けられている。
- [0047] 第 1 実施形態では、それぞれの X 線管 2 0 の直上に、それぞれのフラットパネルディテクタ 2 1 が配置されている。
- [0048] なお、上部側の支持アーム 3 1 に、X 線管 2 0 が設けられるとともに、下部側の支持アーム 3 1 に、フラットパネルディテクタ 2 1 が設けられてもよい。
- [0049] また、固定フレーム 3 0 における一方の側部（図 2 の紙面左側）の上下の

支持アーム 31 に、X線管 20 が設けられるとともに、他方の側部（図 2 の紙面右側）の上下の支持アーム 31 に、フラットパネルディテクタ 21 が設けられてもよい。

[0050] ここで、一方の X線管 20 A と一方のフラットパネルディテクタ 21 A とを結ぶ線を第 1 仮想線 L1 と規定する。他方の X線管 20 B と他方のフラットパネルディテクタ 21 B とを結ぶ線を第 2 仮想線 L2 と規定する。この場合、第 1 仮想線 L1 および第 2 仮想線 L2 がアイソセンタ C で交差している。

[0051] また、第 1 仮想線 L1 および第 2 仮想線 L2 が照射ノズル 10 の移動の軌跡に重ならない位置に、全ての X線管 20 と全てのフラットパネルディテクタ 21 が配置されている。ここで、照射ノズル 10 の移動の軌跡とは、C 字レール 32 が延びる方向であって、照射ノズル 10 が周方向に移動したときの円弧状を成す軌跡のことである。

[0052] なお、第 1 仮想線 L1 および第 2 仮想線 L2 がアイソセンタ C で交差するときの角度は、照射ノズル 10 と重ならないようになる角度であればいずれの角度でもよい。本実施形態では、第 1 仮想線 L1 および第 2 仮想線 L2 が交差する角度が、10 度以上、170 度以下の範囲となっている。

[0053] また、第 1 仮想線 L1 と第 2 仮想線 L2 を含む仮想面 V が、照射ノズル 10 の周方向の移動の中心軸 H を含む面となっている。つまり、中心軸 H が仮想面 V に沿って延びている。このようにすれば、照射ノズル 10 の移動の軌跡を避けつつ、適切な位置に、全ての X線管 20 と全てのフラットパネルディテクタ 21 を配置することができる。

[0054] さらに、照射ノズル 10 が移動する円弧を含む面であって中心軸 H に直角に交差する横断面 Q を規定する。この横断面 Q は、アイソセンタ C を含む面であり、アイソセンタ C の部分で中心軸 H と直角に交差している。

[0055] ここで、横断面 Q で患者 P（被写体）が配置される領域を第 1 領域 R1 と第 2 領域 R2 の 2 つに分けたとする。この場合に、一方の領域である第 1 領域 R1 に、一方の X線管 20 A と他方のフラットパネルディテクタ 21 B が

設けられている。他方の領域である第2領域R2に、他方のX線管20Bと一方のフラットパネルディテクタ21Aが設けられている。

[0056] 特に、粒子線照射システム1の製造時において、本実施形態のX線撮影装置配置方法を適用し、X線管20およびフラットパネルディテクタ21を配置することで、運用時に照射ノズル10の位置が変化してもX線画像の撮影の邪魔にならずに済む。なお、粒子線照射システム1を製造（生産）する方法に、本実施形態のX線撮影装置配置方法が含まれている。

[0057] 第1実施形態では、患者Pの体軸が中心軸Hの向きと一致するように配置されている場合において、患者Pの体軸の両方向、例えば、患者Pの頭側から足側へ、または足側から頭側へ向かってX線画像を撮影することができる。人間の内臓の位置関係は左右非対称な場合が多く、患者Pの体軸の両方向からX線画像を撮影することで、内臓が写るX線画像を医師が確認した場合に、患者Pの体の上下方向、前後方向、左右方向の位置関係が把握し易くなる。

[0058] 次に、第2実施形態について図4から図5を用いて説明する。なお、前述した実施形態に示される構成部分と同一構成部分については同一符号を付して重複する説明を省略する。図5の紙面右側を正面側として説明する。

[0059] 第2実施形態のノズル支持装置3Aは、側面視（図5）において、上部側の支持アーム31が正面側にずれて配置され、下部側の支持アーム31が背面側にずれて配置されている。そして、上部側の支持アーム31には、フラットパネルディテクタ21が設けられている。下部側の支持アーム31には、X線管20が設けられている。

[0060] 第2実施形態では、それぞれのフラットパネルディテクタ21が正面側にずれて配置され、それぞれのX線管20が背面側にずれて配置されている。つまり、それぞれのX線管20の直上よりも正面側の位置に、それぞれのフラットパネルディテクタ21が配置されている。

[0061] なお、上部側の支持アーム31に、X線管20が設けられるとともに、下部側の支持アーム31に、フラットパネルディテクタ21が設けられてもよ

い。

[0062] また、固定フレーム 30 における一方の側部（図 4 の紙面左側）の上下の支持アーム 31 に、X 線管 20 が設けられるとともに、他方の側部（図 4 の紙面右側）の上下の支持アーム 31 に、フラットパネルディテクタ 21 が設けられてもよい。

[0063] ここで、第 1 仮想線 L1 および第 2 仮想線 L2 がアイソセンタ C で交差している。また、第 1 仮想線 L1 および第 2 仮想線 L2 が照射ノズル 10 の移動の軌跡に重ならない位置に、全ての X 線管 20 と全てのフラットパネルディテクタ 21 が配置されている。さらに、第 1 仮想線 L1 と第 2 仮想線 L2 を含む仮想面 V が、照射ノズル 10 の周方向の移動の中心軸 H を含む面となっている。

[0064] 第 2 実施形態では、中心軸 H を含む仮想面 V が、前述の第 1 実施形態とは異なり垂直方向に延びず、任意の角度で傾いている。中心軸 H を含む仮想面 V が傾くことにより、第 1 仮想線 L1 および第 2 仮想線 L2 が移動アーム 12 に重ならない。なお、任意の角度は、移動アーム 12 と重ならないようになる角度であればいずれの角度でもよい。第 2 実施形態では、この任意の角度が、10 度以上、90 度以下の範囲となっている。

[0065] そして、第 1 仮想線 L1 および第 2 仮想線 L2 が移動アーム 12 に重ならない位置に、全ての X 線管 20 と全てのフラットパネルディテクタ 21 が配置されている。このようにすれば、移動アーム 12 が X 線画像の撮影の邪魔にならず、かつ、患者 P を適切にアイソセンタ C に配置することができる。

[0066] 次に、第 3 実施形態について図 6 から図 7 を用いて説明する。なお、前述した実施形態に示される構成部分と同一構成部分については同一符号を付して重複する説明を省略する。図 7 の紙面右側を正面側として説明する。

[0067] 第 3 実施形態のノズル支持装置 3B は、正面視（図 6）において、下部側の支持アーム 31 が固定フレーム 30 における一方の側部（紙面左側）に設けられ、上部側の支持アーム 31 が固定フレーム 30 における他方の側部（紙面右側）に設けられている。つまり、1 つの固定フレーム 30 の 2 箇所に

支持アーム 3 1 が設けられている。

[0068] そして、上部側の支持アーム 3 1 には、2つのフラットパネルディテクタ 2 1 が設けられている。下部側の支持アーム 3 1 には、2つのX線管 2 0 が設けられている。

[0069] なお、上部側の支持アーム 3 1 に、X線管 2 0 が設けられるとともに、下部側の支持アーム 3 1 に、フラットパネルディテクタ 2 1 が設けられてもよい。また、上部側の支持アーム 3 1 にX線管 2 0 およびフラットパネルディテクタ 2 1 が1つずつ設けられるとともに、下部側の支持アーム 3 1 にX線管 2 0 およびフラットパネルディテクタ 2 1 が1つずつ設けられてもよい。

[0070] ここで、第1仮想線 L 1 および第2仮想線 L 2 がアイソセンタ C で交差している。また、第1仮想線 L 1 および第2仮想線 L 2 が照射ノズル 1 0 の移動の軌跡に重ならない位置に、全てのX線管 2 0 と全てのフラットパネルディテクタ 2 1 が配置されている。

[0071] 第3実施形態では、第1仮想線 L 1 と第2仮想線 L 2 を含む仮想面 V が、照射ノズル 1 0 の周方向の移動の中心軸 H を横断する面となっている。つまり、第1仮想線 L 1 と第2仮想線 L 2 を含む仮想面 V が、患者 P の体軸を横断する面となっている。このようにすれば、患者 P (被写体) の身長の方に沿って延びる体軸の周囲から患者 P のX線画像を撮影することができる。

[0072] さらに、照射ノズル 1 0 が移動する円弧を含む横断面 Q は、正面視 (図 6) で垂直方向に延びる面となっているが、仮想面 V は、横断面 Q よりも任意の角度で傾いている。仮想面 V が傾くことにより、第1仮想線 L 1 および第2仮想線 L 2 が移動アーム 1 2 に重ならない。なお、任意の角度は、移動アーム 1 2 と重ならないようになる角度であればいずれの角度でもよい。第3実施形態では、この任意の角度が、10度以上、90度以下の範囲となっている。

[0073] また、横断面 Q で患者 P (被写体) が配置される領域を第1領域 R 1 と第2領域 R 2 の2つに分けたとする。そして、一方の領域である第1領域 R 1 に、患者 P の頭が配置され、他方の領域である第2領域 R 2 に、患者 P の足

が配置されている。つまり、患者Pの上半身と下半身が横断面Qで分けられているとする。

[0074] この場合に、第1領域R1に、全てのX線管20が設けられており、第2領域R2に、全てのフラットパネルディテクタ21が設けられている。このようにすれば、全てのX線管20が互いに近接して設けられ、かつ全てのフラットパネルディテクタ21が互いに近接して設けられるため、これらの機器の支持および配線の構成を簡素化することができる。

[0075] なお、第1領域R1に、全てのフラットパネルディテクタ21が設けられるとともに、第2領域R2に、全てのX線管20が設けられてもよい。

[0076] 次に、第4実施形態について図8から図9を用いて説明する。なお、前述した実施形態に示される構成部分と同一構成部分については同一符号を付して重複する説明を省略する。図9の紙面右側を正面側として説明する。

[0077] 第4実施形態のノズル支持装置3Cは、正面視（図8）において、上部側の支持アーム31が固定フレーム30における一方の側部（紙面左側）に設けられ、下部側の支持アーム31が固定フレーム30における他方の側部（紙面右側）に設けられている。つまり、1つの固定フレーム30の2箇所に支持アーム31が設けられている。

[0078] そして、上部側の支持アーム31には、2つのフラットパネルディテクタ21が設けられている。下部側の支持アーム31には、2つのX線管20が設けられている。

[0079] なお、上部側の支持アーム31に、X線管20が設けられるとともに、下部側の支持アーム31に、フラットパネルディテクタ21が設けられてもよい。また、上部側の支持アーム31にX線管20およびフラットパネルディテクタ21が1つずつ設けられるとともに、下部側の支持アーム31にX線管20およびフラットパネルディテクタ21が1つずつ設けられてもよい。

[0080] 第4実施形態では、前述の第3実施形態と同様に、第1仮想線L1および第2仮想線L2がアイソセンタCで交差している。また、第1仮想線L1および第2仮想線L2が照射ノズル10の移動の軌跡に重ならない位置に、全

てのX線管20と全てのフラットパネルディテクタ21が配置されている。さらに、第1仮想線L1と第2仮想線L2を含む仮想面Vが、照射ノズル10の周方向の移動の中心軸Hを横断する面となっている。さらに、仮想面Vは、横断面Qよりも任意の角度で傾いている。

[0081] また、第4実施形態では、前述の第3実施形態と異なり、一方の領域である第1領域R1に、患者Pの足が配置され、他方の領域である第2領域R2に、患者Pの頭が配置されている。このようにすれば、第3実施形態の逆の向きで患者PのX線画像を撮影することができる。

[0082] そして、第1領域R1に、全てのX線管20が設けられており、第2領域R2に、全てのフラットパネルディテクタ21が設けられている。

[0083] なお、第1領域R1に、全てのフラットパネルディテクタ21が設けられるとともに、第2領域R2に、全てのX線管20が設けられてもよい。

[0084] 次に、第5実施形態について図10から図11を用いて説明する。なお、前述した実施形態に示される構成部分と同一構成部分については同一符号を付して重複する説明を省略する。図11の紙面右側を正面側として説明する。

[0085] 第5実施形態のノズル支持装置3Dは、前述の第1実施形態のノズル支持装置3（図2）よりも照射ノズル10の移動範囲を限定することで、小型化されている。

[0086] この第5実施形態の照射ノズル10は、アイソセンタCを中心として、その周方向に移動する範囲が60度に設定されている。例えば、荷電粒子ビームBを水平方向に照射するときの照射ノズル10の位置を0度とした場合、+30度から-30度の範囲に亘って照射ノズル10が移動可能となっている。

[0087] ノズル支持装置3Dは、正面視（図10）において、固定フレーム30の中央部に、上部側の支持アーム31と下部側の支持アーム31が設けられている。つまり、1つの固定フレーム30の2箇所に支持アーム31が設けられている。

- [0088] そして、上部側の支持アーム 31 には、2つのフラットパネルディテクタ 21 が設けられている。下部側の支持アーム 31 には、2つのX線管 20 が設けられている。
- [0089] なお、上部側の支持アーム 31 に、X線管 20 が設けられるとともに、下部側の支持アーム 31 に、フラットパネルディテクタ 21 が設けられてもよい。また、上部側の支持アーム 31 にX線管 20 およびフラットパネルディテクタ 21 が1つずつ設けられるとともに、下部側の支持アーム 31 にX線管 20 およびフラットパネルディテクタ 21 が1つずつ設けられてもよい。
- [0090] ここで、第1仮想線 L1 および第2仮想線 L2 がアイソセンタ C で交差している。また、第1仮想線 L1 および第2仮想線 L2 が照射ノズル 10 の移動の軌跡に重ならない位置に、全てのX線管 20 と全てのフラットパネルディテクタ 21 が配置されている。
- [0091] 第5実施形態では、第1仮想線 L1 と第2仮想線 L2 を含む仮想面 V が、照射ノズル 10 が移動する円弧を含む横断面 Q と同一の平面上に設けられている。つまり、仮想面 V は、横断面 Q を含む面である。この仮想面 V は、正面視（図 10）で垂直方向に延びる面であり、照射ノズル 10 の周方向の移動の中心軸 H を横断する面となっている。この仮想面 V は、中心軸 H に直角に交わっている。
- [0092] ここで、第1仮想線 L1 と第2仮想線 L2 のなす角 θ を規定する。第5実施形態では、照射ノズル 10 が移動する周方向の範囲が、第1仮想線 L1 と第2仮想線 L2 のなす角 θ の範囲内となっている。なお、仮想面 V が長方形の場合（図 11）には、なす角 θ が2つ存在するが、いずれか大きい方のなす角 θ を例示する。この大きい方のなす角 θ が、照射ノズル 10 に対向して開いている。第5実施形態では、なす角 θ が120度となっている。そして、照射ノズル 10 が周方向に移動する範囲が60度となっている。
- [0093] 照射ノズル 10 が移動する周方向の範囲がなす角 θ の範囲内であることで、第1仮想線 L1 および第2仮想線 L2 が照射ノズル 10 の移動の軌跡に重ならない位置に、全てのX線管 20 と全てのフラットパネルディテクタ 21

を配置することができる。また、患者P（被写体）の身長の方角に沿って延びる体軸の周囲から患者PのX線画像を撮影することができる。さらに、ノズル支持装置3Dの小型化およびコンパクト化を図ることができる。

[0094] なお、第5実施形態では、第1仮想線L1と第2仮想線L2のなす角 θ のうち、大きい方のなす角 θ が例示されているが、その他の態様でもよい。例えば、小さい方のなす角 θ が、照射ノズル10に対向して開くようにし、照射ノズル10が移動する周方向の移動範囲が、このなす角 θ の範囲内であってもよい。

[0095] 以上、本発明が第1実施形態から第5実施形態に基づいて説明されているが、いずれかの実施形態において適用された構成が他の実施形態に適用されてもよいし、各実施形態において適用された構成が組み合わされてもよい。

[0096] なお、前述の実施形態では、荷電粒子ビームBの照射方向の変更可能な範囲が、全周の3分の2以下（240度以下）の装置として、ハーフ回転ガントリ（図示略）が例示されているが、その他の態様でもよい。例えば、前述の実施形態は、スリット型照射装置90についても適用可能である。

[0097] 次に、スリット型照射装置90について図12から図13を参照して説明する。なお、図12の紙面右側をスリット型照射装置90の正面側（前方側）として説明する。また、荷電粒子ビームBが進行する真空ダクトであるビームパイプ91が延びる方向であって、荷電粒子ビームBが飛んで来る方向をX方向とした場合に、これに直交する紙面上下方向をY方向とし、これらに直交する方向をZ方向として説明する。

[0098] まず、ビームパイプ91によって、荷電粒子ビームBをイオン発生器からスリット型照射装置90まで導く輸送経路が形成されている。つまり、ビームパイプ91は、荷電粒子ビームBを通過させるために、十分な真空度を有する密閉された連続空間である。

[0099] ビームパイプ91の端部に、偏向電磁石92が設けられている。この偏向電磁石92から側面視で三角形状（扇型）に広がる拡大ダクト93が設けられている。拡大ダクト93は、ビームパイプ91の端部からY方向に広がる

。この拡大ダクト93の先端部に本体94が接続されている。本体94は、側面視で縦長の長方形状をなしている。拡大ダクト93と本体94の内部は、ビームパイプ91から連続する真空度を有する密閉空間となっている。

[0100] 本体94の内部には、広い角度範囲から入射する荷電粒子ビームBを偏向し、アイソセンタCに収束させる多数の偏向電磁石95（図13）が設けられている。これらの偏向電磁石95は、有効磁場領域M（図12）を生成する。アイソセンタCは、荷電粒子ビームBが最も集中して照射される位置として設定されており、このアイソセンタCに患者P（図2）の患部が配置される。

[0101] 例えば、本体94の内部には、Z方向に一对を成す偏向電磁石95が設けられている。そして、Y方向に2組の偏向電磁石95が並んで配置されている。1組の偏向電磁石95で1つの有効磁場領域Mが生成される。図12に示すように、上下2組の偏向電磁石95で上下2つの有効磁場領域Mを生成することができる。

[0102] 有効磁場領域Mは、側面視で三日月形状（クレセント形状）をなすように生成される。有効磁場領域Mの強さを制御することで、荷電粒子ビームBの軌道を制御することができる。アイソセンタCを中心として、任意の角度で荷電粒子ビームBを照射することができる。例えば、荷電粒子ビームBの軌道を偏向しないときの基準軌道の傾きを0度とした場合、アイソセンタCを中心として、+85度から-85度の範囲に亘って荷電粒子ビームBの照射角度を変更することができる。

[0103] なお、基準軌道とは、荷電粒子ビームBがビームパイプ91からアイソセンタCに向かって真っすぐに飛ぶ軌道のことである。

[0104] 図12の例では、上下2つの有効磁場領域Mが同一形状で同一の強さとなっている。つまり、上下対称の有効磁場領域Mが生成されるが、その他の態様でもよい。例えば、有効磁場領域Mが上下非対称でもよい。つまり、上下2つの有効磁場領域Mが異なる形状と強さであってもよい。さらに、上下のいずれか一方に1つの有効磁場領域Mが生成される態様でもよい。なお、ア

アイソセンタCを中心として周方向に変化する荷電粒子ビームBの角度の範囲の中央が、荷電粒子ビームBの基準軌道からずれていてもよい。

[0105] 患者Pは、移動載置台11に載置される。この移動載置台11は、移動アーム12により支持され、患者Pを載置した状態で移動し、患者Pの患部をアイソセンタCに配置する。この移動載置台11の移動によって患者Pを荷電粒子ビームBの照射位置に移動させて位置合わせを行うことができる。そのため、患者Pの病巣組織に最適な精度で荷電粒子ビームBを照射することができる。

[0106] 本体94の正面側は、側面視で半円形に凹んだ凹部96となっている。この凹部96の半円の中心にアイソセンタCが設定され、このアイソセンタCに患者Pが配置される。ここで、移動載置台11は、本体94の正面側の凹部96に患者Pを進入させてアイソセンタCに配置することができる。例えば、スリット型照射装置90の正面の方向（図12の白矢印Dの方向）から、患者Pを載せた移動載置台11を進入させることができる。このようにすれば、患者Pを適切な方向から進入させてアイソセンタCに配置することができる。

[0107] 本体94の正面側には、患者Pが配置されるアイソセンタCを中心として周方向に延びるように開口されたスリット97が形成されている。例えば、縦長のスリット97（図13）が形成されている。スリット型照射装置90は、このスリット97からアイソセンタCに向かって任意の角度で荷電粒子ビームBを出射する。なお、スリット97は、超耐熱・超耐寒性ポリイミドフィルムで閉鎖されており、荷電粒子ビームBが通過可能な状態で本体94の内部の真空が保たれている。

[0108] スリット型照射装置90の近傍には、アイソセンタCに対する荷電粒子ビームBの照射方向を変更可能な照射ノズル10が設けられている。

[0109] この照射ノズル10は、照射対象としての患者P（図2）が配置されるアイソセンタCを中心として、アイソセンタCから等距離の位置を周方向に移動する。つまり、照射ノズル10は、周方向の一方と他方に所定の角度ずつ

回転させることができる。例えば、荷電粒子ビームBの基準軌道の傾きを0度とした場合、+85度から−85度の範囲に亘って照射ノズル10が移動可能となっている。この移動する範囲は、180度以下であって、例えば、170度以下の範囲である。

[0110] 照射ノズル10は、側面視で有効磁場領域Mの出射側の形状（境界形状）に沿うように移動する。有効磁場領域Mの出射側からアイソセンタCに向かう荷電粒子ビームBは、照射ノズル10を通過し、照射ノズル10により荷電粒子ビームBの進行方向が微調整される。

[0111] 図12から図13では、理解を助けるために、スリット型照射装置90のX方向と水平方向とを一致させた状態で図示している。しかし、実際にスリット型照射装置90を据え付ける場合は、スリット型照射装置90の全体が傾けられた状態となる。例えば、本体94の長手方向（Y方向）が傾斜した状態で床面F（図2）に据え付けられる。

[0112] 例えば、本体94の上部が患者Pに向かうように傾けられる。荷電粒子ビームBの照射範囲は、アイソセンタCを中心として任意の角度の範囲であるが、スリット型照射装置90が傾いていることで、患者Pの直上から荷電粒子ビームBを照射することができる。

[0113] つまり、スリット型照射装置90で荷電粒子ビームBの軌道を偏向しないときの基準軌道が水平方向（水平軸）から傾くように、スリット型照射装置90が傾けられた状態で据え付けられる。このようにすれば、荷電粒子ビームBの照射対象物である患者Pに対して荷電粒子ビームBが照射される角度の範囲が実用的なものとなる。

[0114] なお、スリット型照射装置90の本体94の上部が患者Pから離れるように傾けられてもよい。また、スリット型照射装置90が傾けられずに用いられてもよい。

[0115] 前述の実施形態の制御装置5は、制御デバイスと記憶デバイスと出力デバイスと入力デバイスと通信インターフェースとを備える。ここで、制御デバイスは、CPU（Central Processing Unit）、GPU（Graphics Processin

g Unit)、FPGA(Field Programmable Gate Array)、専用のチップなどの高集積化させたプロセッサを含む。記憶デバイスは、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)、HDD(Hard Disk Drive)、SSD(Solid State Drive)などを含む。出力デバイスは、ディスプレイパネル、ヘッドマウントディスプレイ、プロジェクタ、プリンタなどを含む。入力デバイスは、マウス、キーボード、タッチパネルなどを含む。この制御装置5は、通常のコンピュータを利用したハードウェア構成で実現できる。

[0116] なお、前述の実施形態の制御装置5で実行されるプログラムは、ROMなどに予め組み込んで提供される。追加的または代替的に、このプログラムは、インストール可能な形式または実行可能な形式のファイルとして、コンピュータで読み取り可能な非一時的な記憶媒体に記憶されて提供される。この記憶媒体は、CD-ROM、CD-R、メモリカード、DVD、フレキシブルディスク(FD)などを含む。

[0117] また、この制御装置5で実行されるプログラムは、インターネットなどのネットワークに接続されたコンピュータに格納し、ネットワーク経由でダウンロードさせて提供するようにしてもよい。つまり、プログラムがクラウドコンピューティングのリソースから提供されてもよい。また、クラウド上のサーバがプログラムを実行し、その処理結果のみがクラウドを介して提供されてもよい。また、この制御装置5は、構成要素の各機能を独立して発揮する別々のモジュールを、ネットワークまたは専用回線で相互に接続し、組み合わせ構成することもできる。

[0118] なお、前述の実施形態は、X線撮影の被写体として、人間である患者Pを例示しているが、その他の態様でもよい。例えば、犬、猫などの動物が被写体でもよい。これらの動物に対して放射線治療を施す際に粒子線照射システム1が用いられてもよい。また、被写体の体軸は、人間の場合は身長方向に延びる軸であり、犬、猫などの動物の場合は体長方向に延びる軸である。

[0119] なお、前述の実施形態は、2つのX線管20と2つのフラットパネルディテクタ21が設けられる態様を例示したが、その他の態様でもよい。例えば

、１つのＸ線管２０と１つのフラットパネルディテクタ２１が設けられる態様でもよい。さらに、３つ以上のＸ線管２０と３つ以上のフラットパネルディテクタ２１が設けられる態様でもよい。

[0120] なお、前述の実施形態において、軸（線）を含む面は、同じような作用効果を奏する範囲内で、面が軸（線）に対して若干傾いてもよい。また、「同一」であることは、同じような作用効果を奏する範囲内で、「ほぼ同一」であることを含む。さらに、「直角」であることは、同じような作用効果を奏する範囲内で、「ほぼ直角」であることを含む。

[0121] 以上説明した少なくとも１つの実施形態によれば、第１仮想線Ｌ１および第２仮想線Ｌ２が照射ノズル１０の移動の軌跡に重ならない位置に、全てのＸ線管２０と全てのフラットパネルディテクタ２１が配置されている。これにより、照射ノズル１０の位置が変化してもＸ線画像の撮影の邪魔にならず、かつＸ線撮影装置４を含めた粒子線照射システム１全体の小型化を図ることができる。

[0122] 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、組み合わせを行うことができる。これら実施形態またはその変形は、発明の範囲と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。なお、単数で表現されたものは、必ずしも１つのものだけに限定することを意図しておらず、単数で表現されたものが複数のものでもよい。

請求の範囲

- [請求項1] アイソセンタを中心として前記アイソセンタから等距離の位置を周方向に移動し、前記周方向に移動する範囲が240度以下であり、前記アイソセンタに対する荷電粒子ビームの照射方向を変更可能な照射ノズルと、
- 少なくとも2つのX線管および少なくとも2つのフラットパネルディテクタで前記アイソセンタに配置された被写体のX線画像を撮影するX線撮影装置と、
- を備え、
- 一方の前記X線管と一方の前記フラットパネルディテクタとを結ぶ第1仮想線と、
- 他方の前記X線管と他方の前記フラットパネルディテクタとを結ぶ第2仮想線と、
- を規定した場合に、
- 前記第1仮想線および前記第2仮想線が前記アイソセンタで交差し、かつ、前記第1仮想線および前記第2仮想線が前記照射ノズルの移動の軌跡に重ならない位置に、全ての前記X線管と全ての前記フラットパネルディテクタが配置されている、
- 粒子線照射システム。
- [請求項2] 前記アイソセンタを通る軸であって前記照射ノズルの前記周方向の移動の中心軸を規定した場合に、前記第1仮想線と前記第2仮想線を含む仮想面が、前記中心軸を含む面である、
- 請求項1に記載の粒子線照射システム。
- [請求項3] 前記照射ノズルが移動する円弧を含む面で前記被写体が配置される領域を2つに分けた場合に、
- 一方の前記領域に、一方の前記X線管と他方の前記フラットパネルディテクタが設けられており、
- 他方の前記領域に、他方の前記X線管と一方の前記フラットパネル

ディテクタが設けられている、

請求項 2 に記載の粒子線照射システム。

[請求項4] 移動アームにより支持され、前記被写体を載置した状態で移動し、
前記被写体を前記アイソセンタに配置する移動載置台を備え、

前記第 1 仮想線および前記第 2 仮想線が前記移動アームに重ならない位置に、全ての前記 X 線管と全ての前記フラットパネルディテクタが配置されている、

請求項 2 に記載の粒子線照射システム。

[請求項5] 前記アイソセンタを通る軸であって前記 X 線撮影装置の前記周方向の移動の中心軸を規定した場合に、前記第 1 仮想線と前記第 2 仮想線を含む仮想面が、前記中心軸を横断する面である、

請求項 1 に記載の粒子線照射システム。

[請求項6] 前記照射ノズルが移動する円弧を含む面で前記被写体が配置される領域を 2 つに分けた場合に、

一方の前記領域に、全ての前記 X 線管が設けられており、

他方の前記領域に、全ての前記フラットパネルディテクタが設けられている、

請求項 5 に記載の粒子線照射システム。

[請求項7] 前記第 1 仮想線と前記第 2 仮想線を含む仮想面が、前記照射ノズルが移動する円弧を含む面であり、

前記照射ノズルが移動する範囲が、前記第 1 仮想線と前記第 2 仮想線のなす角の範囲内となっている、

請求項 1 に記載の粒子線照射システム。

[請求項8] アイソセンタを中心として前記アイソセンタから等距離の位置を周方向に移動し、前記周方向に移動する範囲が 240 度以下であり、前記アイソセンタに対する荷電粒子ビームの照射方向を変更可能な照射ノズルと、

少なくとも 2 つの X 線管および少なくとも 2 つのフラットパネルデ

ィテクタで前記アイソセンタに配置された被写体のX線画像を撮影するX線撮影装置と、

が設けられており、

一方の前記X線管と一方の前記フラットパネルディテクタとを結ぶ第1仮想線と、

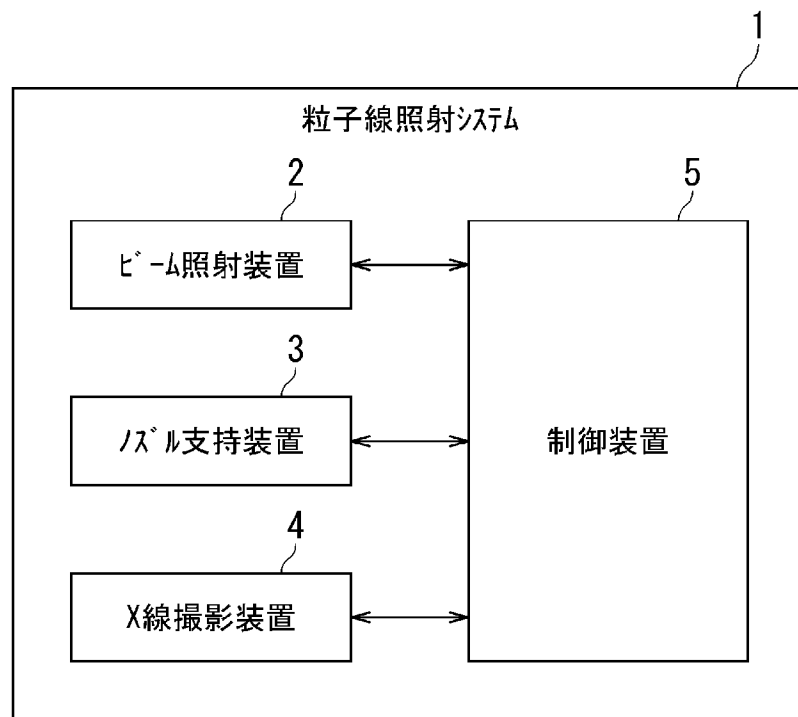
他方の前記X線管と他方の前記フラットパネルディテクタとを結ぶ第2仮想線と、

を規定した場合に、

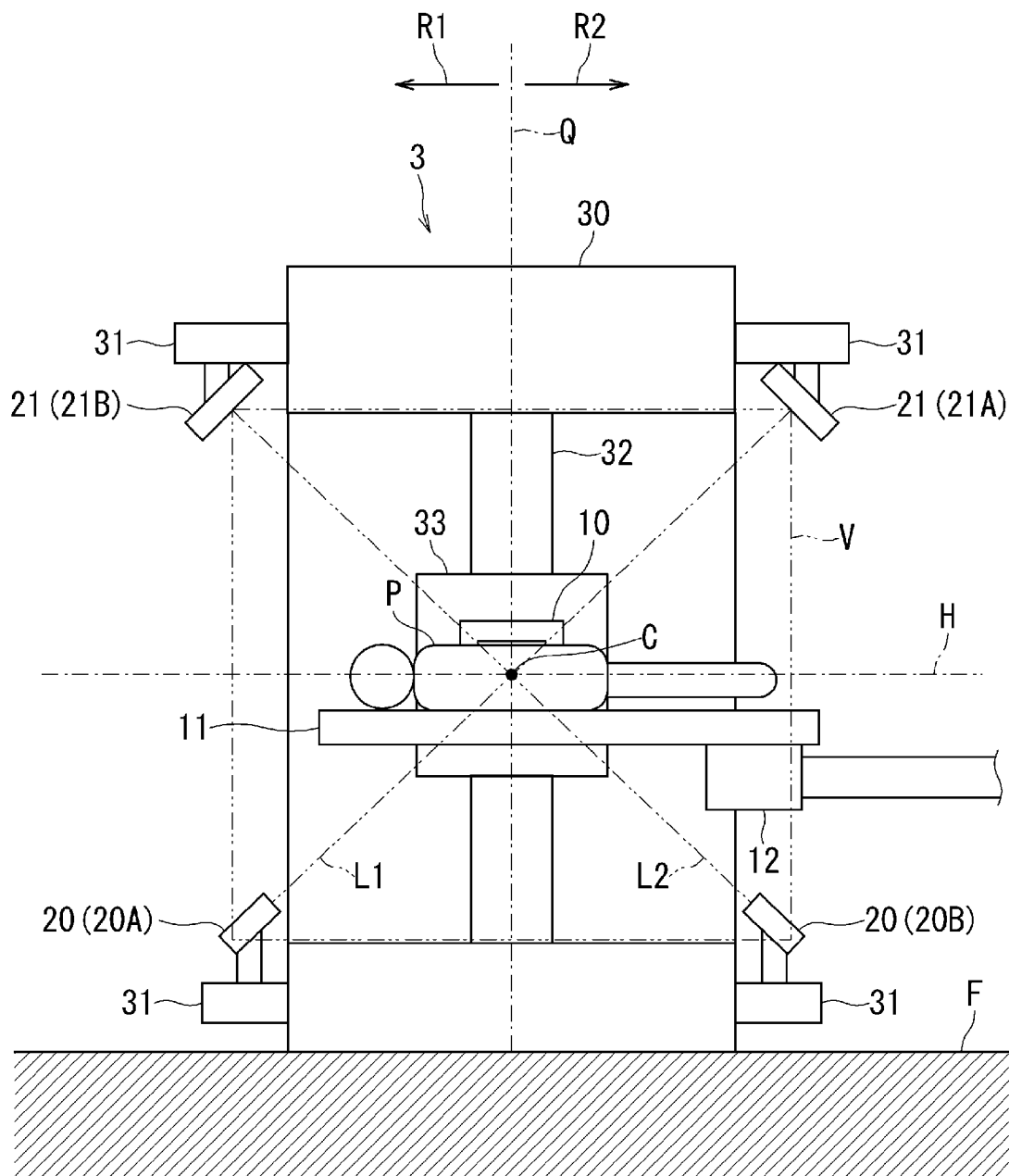
前記第1仮想線および前記第2仮想線が前記アイソセンタで交差し、かつ、前記第1仮想線および前記第2仮想線が前記照射ノズルの移動の軌跡に重ならない位置に、全ての前記X線管と全ての前記フラットパネルディテクタを配置する、

X線撮影装置配置方法。

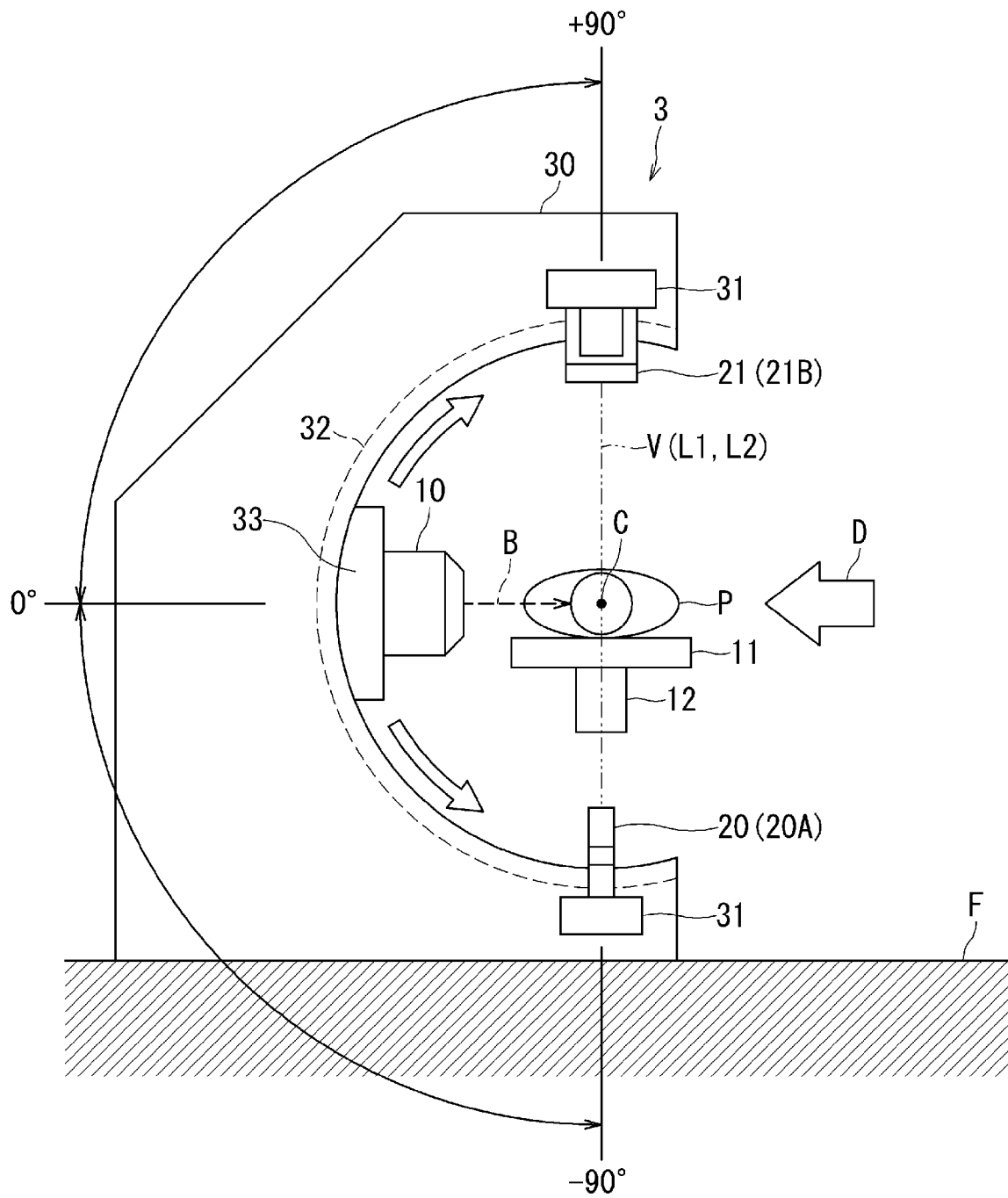
[図1]



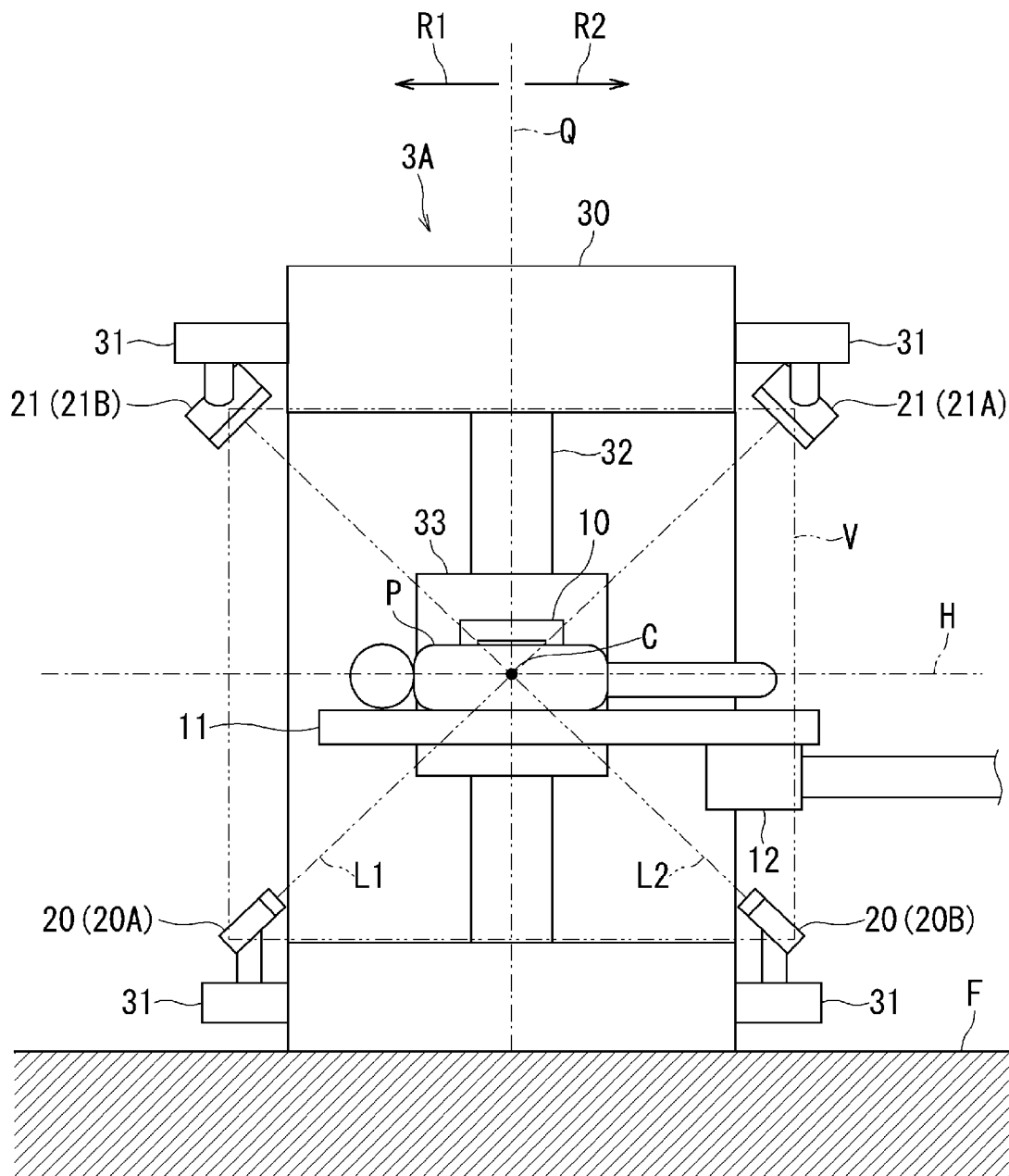
[図2]



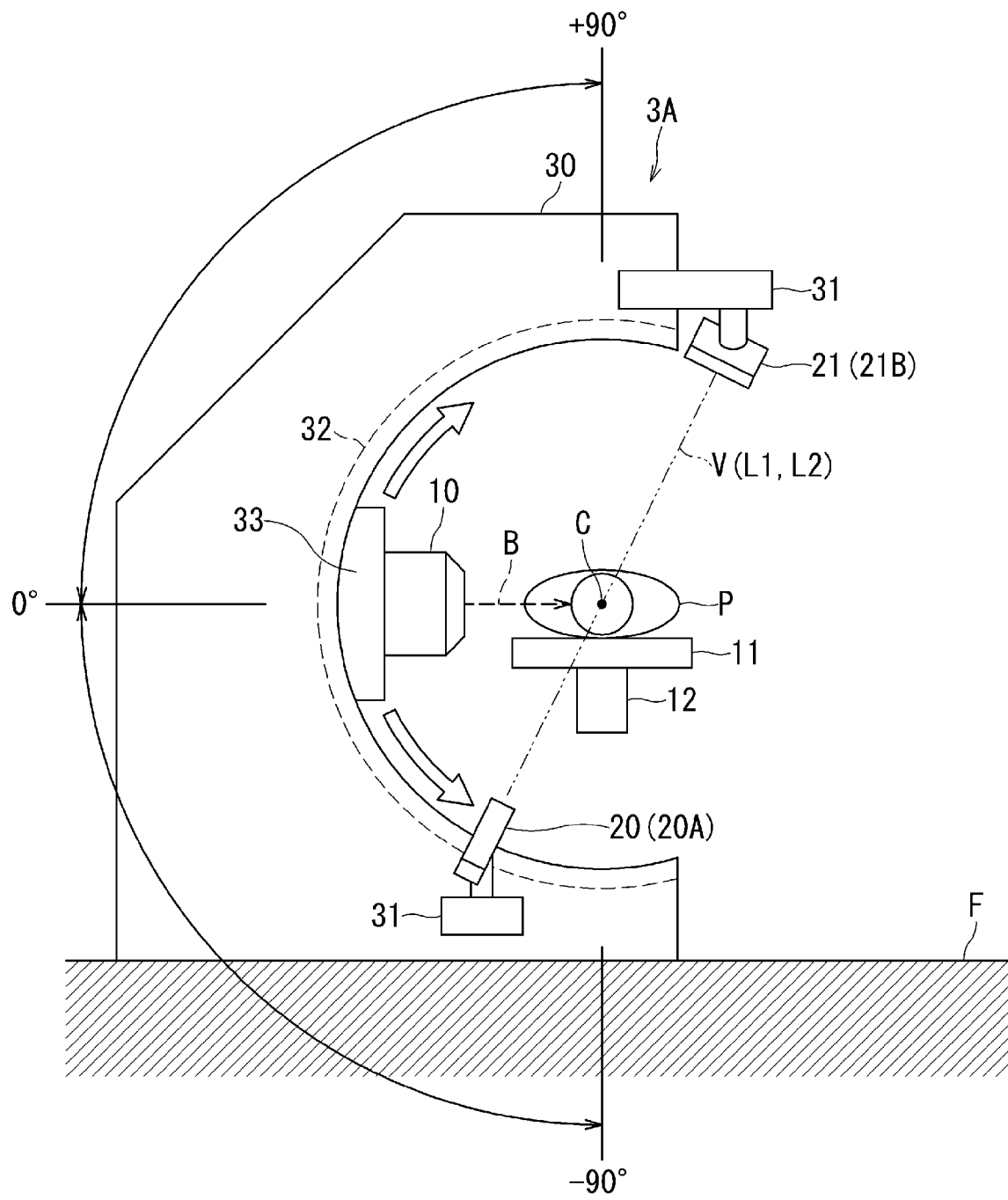
[図3]



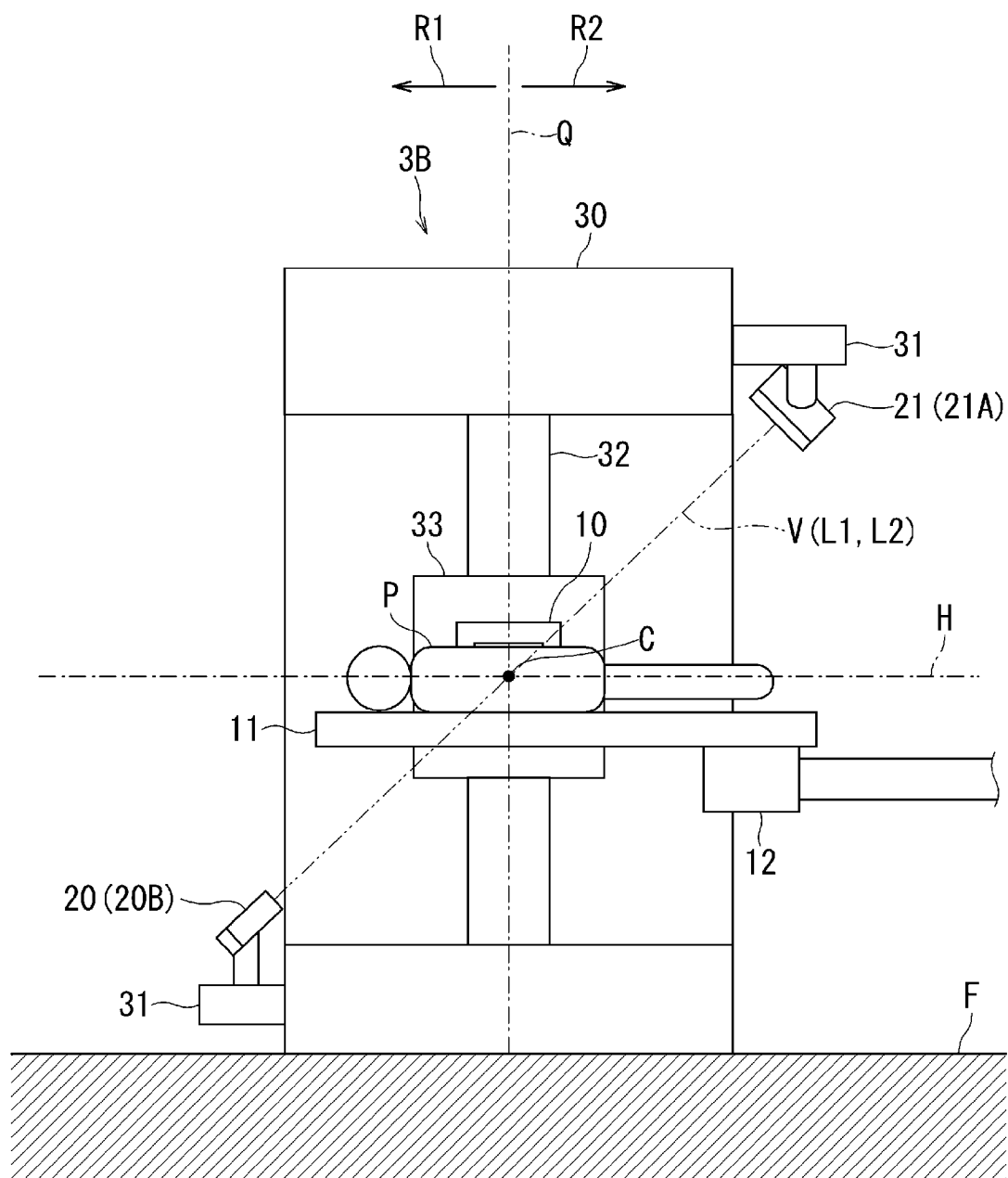
[図4]



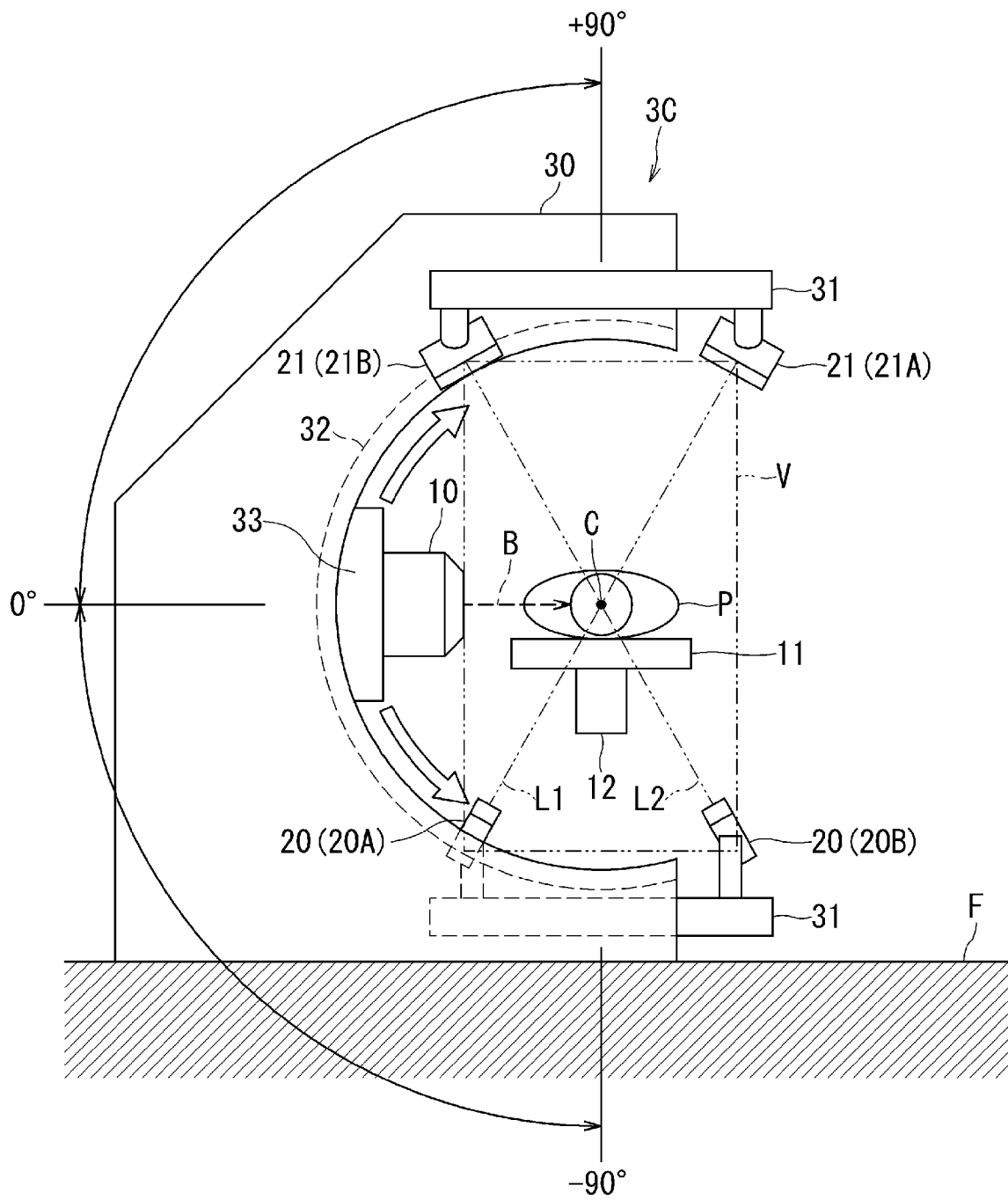
[図5]



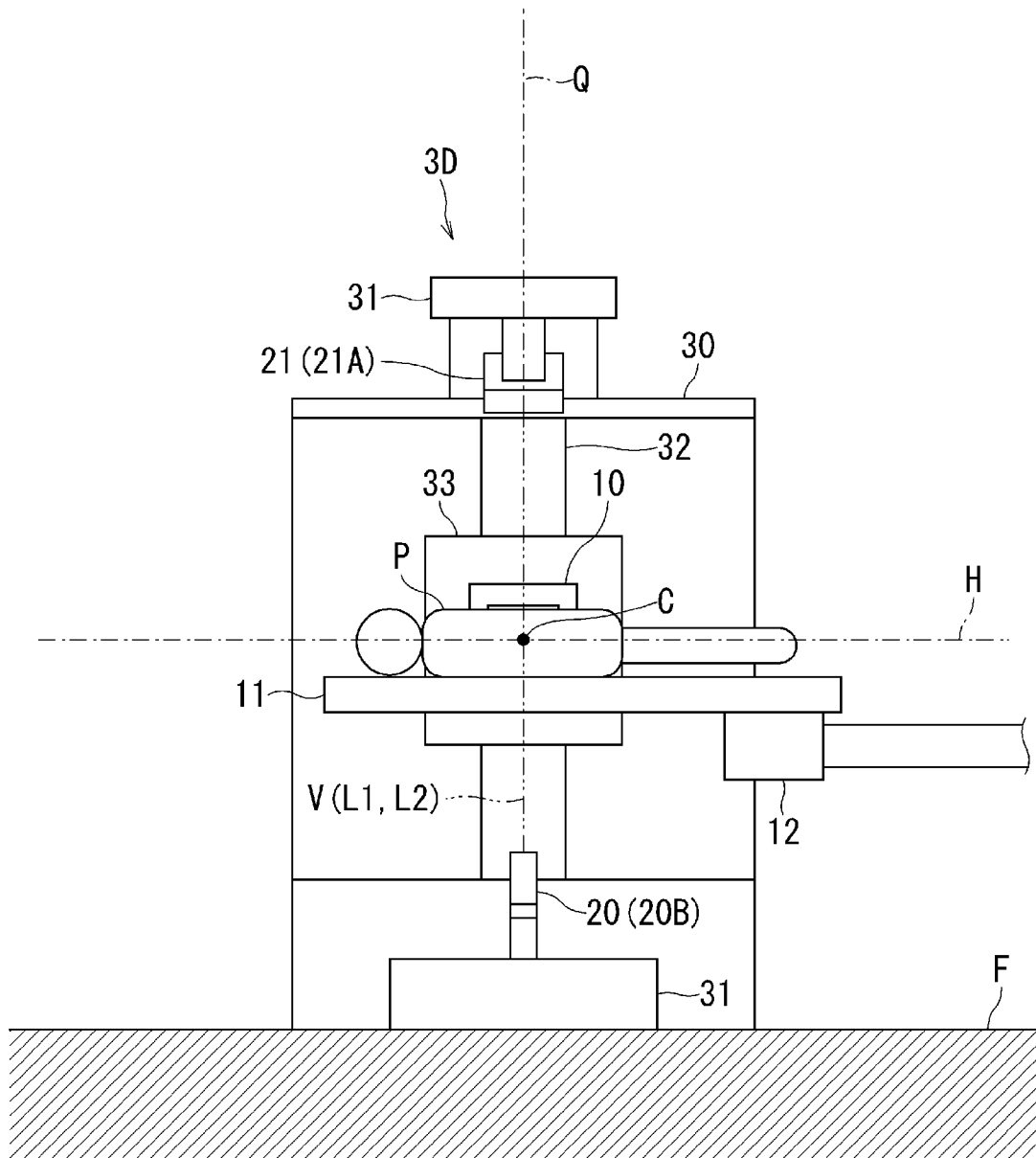
[図6]



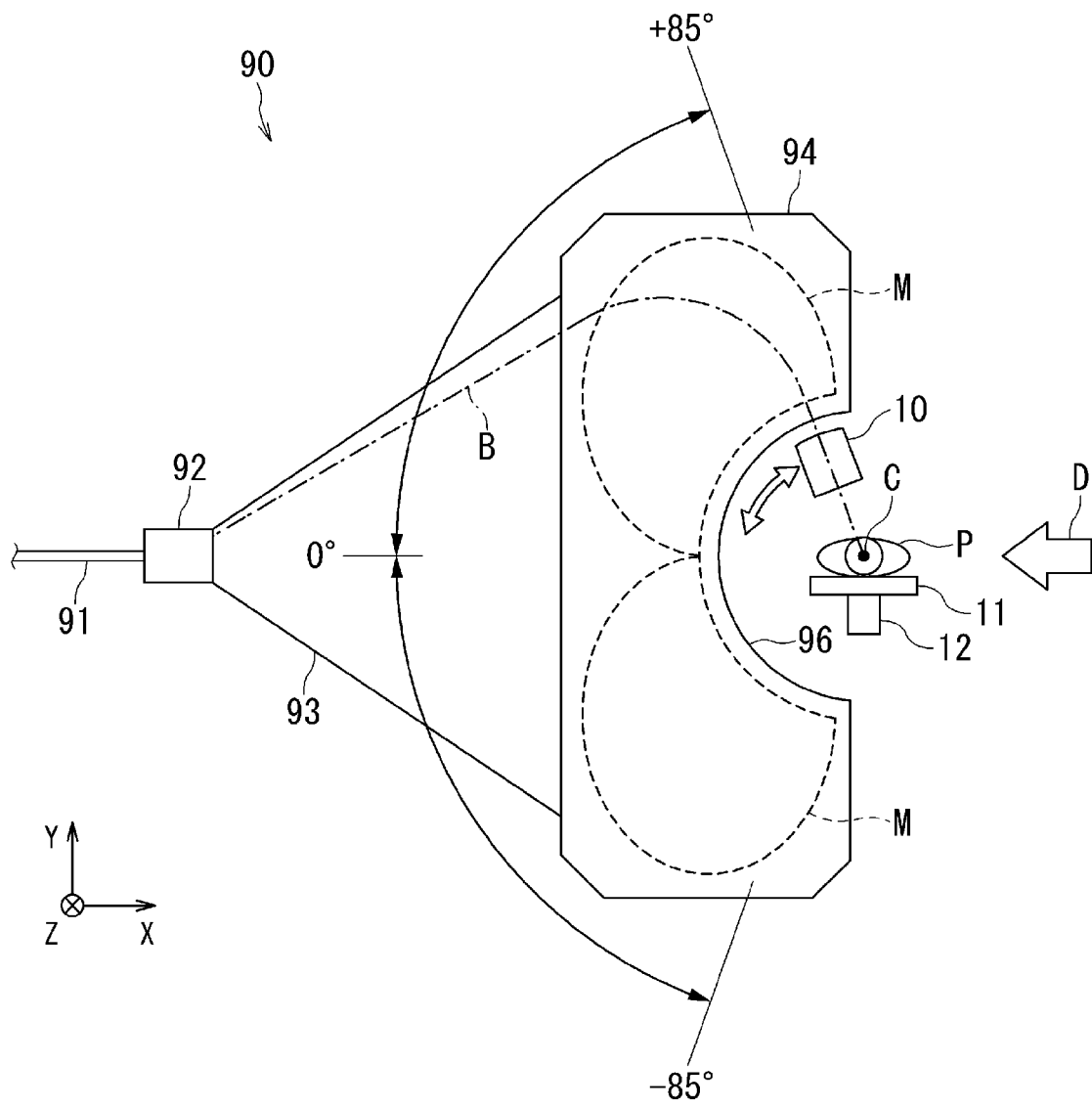
[図9]



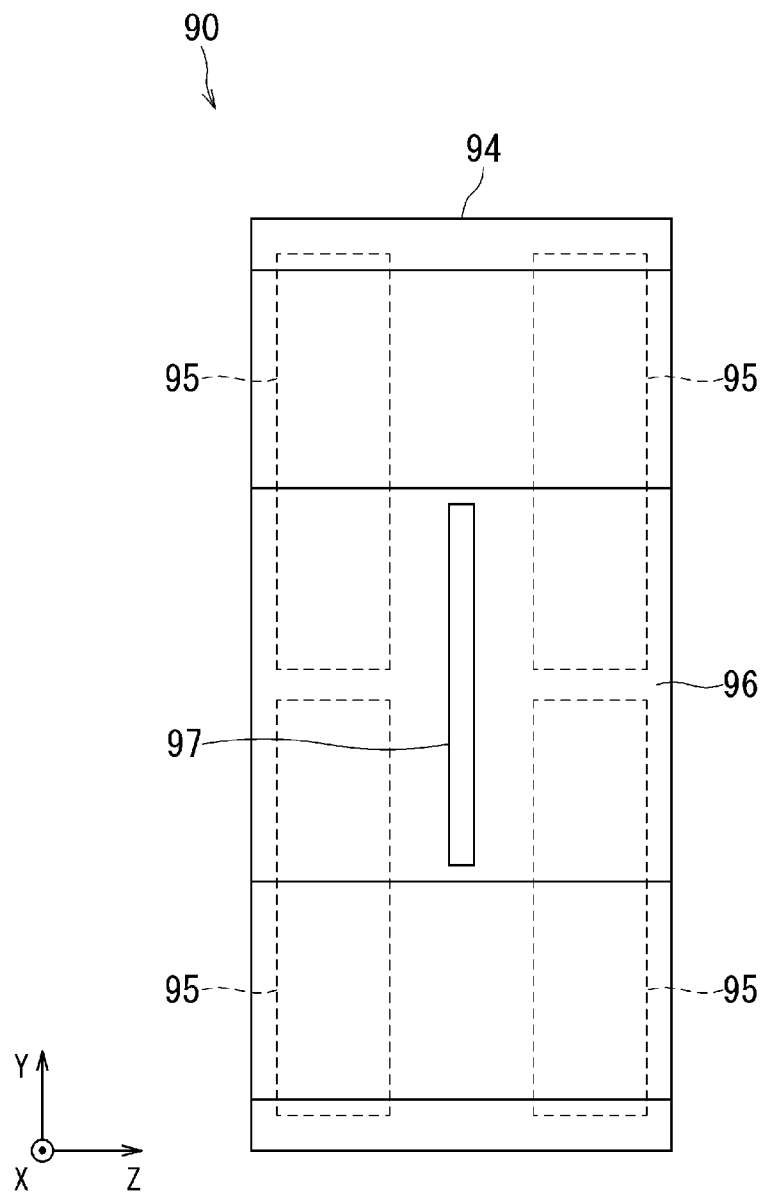
[図10]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/044453

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**A61N 5/10**(2006.01)i

FI: A61N5/10 M; A61N5/10 H

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61N5/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024

Registered utility model specifications of Japan 1996-2024

Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2022/052666 A1 (SHANGHAI UNITED IMAGING HEALTHCARE CO., LTD.) 17 March 2022 (2022-03-17) paragraphs [0001]-[0292], fig. 1-18	1, 5, 6, 8
A		2-4, 7
A	JP 2008-173182 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 31 July 2008 (2008-07-31) paragraphs [0001]-[0066], fig. 1-10	1-8
A	CN 115518306 A (PROTON INT. HOLDING CORPORATION) 27 December 2022 (2022-12-27) paragraphs [0011]-[0241], fig. 1A-15	1-8
A	US 2022/0305292 A1 (REFLEXION MEDICAL, INC.) 29 September 2022 (2022-09-29) paragraphs [0001]-[0169], fig. 1A-9	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 February 2024

Date of mailing of the international search report

27 February 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/044453

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2022/052666	A1	17 March 2022	US	2020/0406064	A1	
				CN	114470534	A	
				CN	113616943	A	

JP	2008-173182	A	31 July 2008	US	2008/0170663	A1	
				paragraphs [0001]-[0093], fig. 1-10			
				EP	1946795	A1	
				CN	101224323	A	

CN	115518306	A	27 December 2022	(Family: none)			

US	2022/0305292	A1	29 September 2022	WO	2021/061666	A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

A61N 5/10(2006.01)i
FI: A61N5/10 M; A61N5/10 H

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

A61N5/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922 - 1996年
日本国公開実用新案公報 1971 - 2024年
日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年
日本国登録実用新案公報 1994 - 2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2022/052666 A1 (SHANGHAI UNITED IMAGING HEALTHCARE CO., LTD.) 17.03.2022 (2022 - 03 - 17) [0001]-[0292], 第1-18図	1, 5, 6, 8
A		2-4, 7
A	JP 2008-173182 A (三菱重工業株式会社) 31.07.2008 (2008 - 07 - 31) [0001]-[0066], 第1-10図	1-8
A	CN 115518306 A (PROTON INT HOLDING CORPORATION) 27.12.2022 (2022 - 12 - 27) [0011]-[0241], 第1A-15図	1-8
A	US 2022/0305292 A1 (REFLEXION MEDICAL, INC.) 29.09.2022 (2022 - 09 - 29) [0001]-[0169], 第1A-9図	1-8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
15. 02. 2024

国際調査報告の発送日
27. 02. 2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

山口 賢一 3I 3511

電話番号 03-3581-1101 内線 3386

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/044453

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2022/052666	A1	17.03.2022	US	2020/0406064	A1	
				CN	114470534	A	
				CN	113616943	A	

JP	2008-173182	A	31.07.2008	US	2008/0170663	A1	
				[0001]-[0093]、第1-10図			
				EP	1946795	A1	
				CN	101224323	A	

CN	115518306	A	27.12.2022	(ファミリーなし)			

US	2022/0305292	A1	29.09.2022	WO	2021/061666	A1	
