

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5940471号
(P5940471)

(45) 発行日 平成28年6月29日 (2016. 6. 29)

(24) 登録日 平成28年5月27日 (2016. 5. 27)

(51) Int. Cl.

F 1

A 6 1 N 5/10 (2006.01)

A 6 1 N 5/10

T

A 6 1 N 5/10

H

請求項の数 4 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2013-37210 (P2013-37210)
 (22) 出願日 平成25年2月27日 (2013. 2. 27)
 (65) 公開番号 特開2014-161623 (P2014-161623A)
 (43) 公開日 平成26年9月8日 (2014. 9. 8)
 審査請求日 平成27年6月10日 (2015. 6. 10)

(73) 特許権者 000002107
 住友重機械工業株式会社
 東京都品川区大崎二丁目1番1号
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100113435
 弁理士 黒木 義樹
 (74) 代理人 100162640
 弁理士 柳 康樹
 (72) 発明者 菊地 雄司
 愛媛県新居浜市惣開町5番2号 住友重機
 械工業株式会社愛媛製造所内

審査官 松浦 陽

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中性子捕捉療法システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中性子線を被照射体に照射する中性子捕捉療法システムであって、
 前記中性子線を前記被照射体に照射するために前記被照射体が室内に配置可能であり、
 室内から室外への前記中性子線の放射を遮断するための遮蔽壁に覆われた照射室と、
 前記照射室の室内に前記中性子線を照射可能な中性子線発生部と、
 前記被照射体を載置し前記照射室の室内と室外との間で移動可能に構成された載置台と、
 を備え、
 前記載置台は、土台部と、前記土台部を床面上で移動させるための駆動部と、前記土台
 部上に配置され被照射体を支持する天板と、を有し、
 前記被照射体を載置した前記載置台全体が前記照射室内に移動し、前記載置台全体が前
 記照射室内で位置決めされた状態で、前記中性子線発生部から前記天板上の前記被照射体
 へ前記中性子線が照射される、中性子捕捉療法システム。

【請求項 2】

前記照射室に並設された準備室を更に備え、
 前記準備室の室内には、前記被照射体の位置合わせのための目印が設けられている請求
 項 1 に記載の中性子捕捉療法システム。

【請求項 3】

前記照射室の室内には、前記中性子線の照射範囲を規定するためのコリメータ及び前記
 照射室の室内における前記載置台の位置を規定するための第 1 位置規定部が設けられ、

前記準備室の室内には、前記準備室の室内における前記載置台の位置を規定するための第2位置規定部が更に設けられ、

前記目印と前記第2位置規定部との間の位置関係は、前記コリメータと前記第1位置規定部との間の位置関係と同じである請求項2に記載の中性子捕捉療法システム。

【請求項4】

前記天板は、前記土台部に対して鉛直軸回りに回転可能である請求項1～3のいずれか一項記載の中性子捕捉療法システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、中性子線を被照射体に照射する中性子捕捉療法システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、患者における照射目標に中性子線を照射する中性子線照射装置が記載されている。この中性子線照射装置は、コリメータの中性子取出口と照射目標との位置合わせを容易に行い、照射精度の向上を図ることを可能にする。中性子線照射装置は、患者を載置する載置台と、中性子を減速する減速装置と、中性子を収束するコリメータとを備えている。載置台及びコリメータは、中性子の取出方向に沿って減速装置に対して相対的に移動可能に設けられている。

【0003】

20

特許文献1に記載された中性子線照射装置では、減速装置が照射室の壁に埋め込まれ、載置台及びコリメータが照射室内に配置されている。中性子線照射装置を用いて治療を行う場合には、コリメータと載置台上の患者との位置合わせといった準備作業を実施した後に、中性子線を照射する。コリメータ及び載置台は照射室内に配置されているので、位置合わせ作業は照射室内で実施する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-189725号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、中性子線を用いた放射線治療法は、他の放射線治療法と比較して、患者に中性子線を照射するための照射室内の放射線量が高くなる傾向がある。したがって、中性子線を用いた放射線治療の分野では、照射室の室内における準備時間を短縮することが望まれている。

【0006】

上記事情に鑑み、本発明は、照射室における準備時間を短縮することができる中性子捕捉療法システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0007】

本発明の中性子捕捉療法システムは、中性子線を被照射体に照射する中性子捕捉療法システムであって、中性子線を被照射体に照射するために被照射体が室内に配置可能であり、室内から室外への中性子線の放射を遮断するための遮蔽壁に覆われた照射室と、照射室の室内に中性子線を照射可能な中性子線発生部と、被照射体を載置し照射室の室内と室外との間で移動可能に構成された載置台と、を備え、載置台は、土台部と、土台部を床面上で移動させるための駆動部と、土台部上に配置され被照射体を支持する天板と、を有し、被照射体を載置した載置台全体が照射室内に移動し、載置台全体が照射室内で位置決めされた状態で、中性子線発生部から天板上の被照射体へ中性子線が照射される。

【0008】

50

本発明の中性子捕捉療法システムでは、載置台が照射室の室内と室外との間を移動可能であるので、被照射体に中性子線を照射するための準備作業を、載置台を照射室の室外に移動させた後に照射室の室外において実施することができる。従って、照射室の室内における準備作業の一部を照射室の室外で実施できるため、照射室の室内における準備作業に要する時間を短縮することができる。

【0009】

本発明の中性子捕捉療法システムは、照射室に並設された準備室を更に備え、準備室の室内には、被照射体の位置合わせのための目印が設けられている。このような構成によれば、準備室において目印に対して被照射体を位置合わせすることにより、照射室における被照射体の位置合わせを模擬することができる。従って、照射室における被照射体の位置合わせ作業の時間を短縮することができる。

10

【0010】

また、照射室の室内には、中性子線の照射範囲を規定するためのコリメータ及び照射室の室内における載置台の位置を規定するための第1位置規定部が設けられ、準備室の室内には、準備室の室内における載置台の位置を規定するための第2位置規定部が更に設けられ、目印と第2位置規定部との間の位置関係は、コリメータと第1位置規定部との間の位置関係と同じである。このような構成によれば、準備室の室内において第2位置規定部により位置決めされた載置台に被照射体を載置した後に、目印に対して被照射体を位置合わせする。そして、被照射体を載置した載置台を照射室に移動させ、載置台の位置を第1位置規定部により位置決めすると、コリメータと被照射体との位置合わせがなされた状態になる。従って、照射室におけるコリメータと被照射体との位置合わせ作業を準備室において模擬的に実施することができるので、照射室における被照射体の位置合わせ作業の時間を更に短縮することができる。

20

【0011】

また、載置台は、土台部と、土台部に配置され被照射体を支持する天板と、を有し、天板は、土台部に対して鉛直軸回りに回転可能である請求項1～3のいずれか一項記載の中性子捕捉療法システム。このような構成によれば、土台部に対して天板を回転させることにより、天板の長手方向を載置台の移動方向に合わせることができる。このため、載置台が通過する出入り口等の大きさは、天板部の長手方向の長さではなく、土台部の大きさにより規定されることになる。従って、載置台が通過する出入り口等の大きさの拡大を抑制することができる。

30

【発明の効果】

【0012】

本発明の中性子捕捉療法システムによれば、照射室における準備時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1実施形態に係る中性子捕捉療法システムを示す模式図である。

【図2】第1実施形態に係る中性子捕捉療法システムの構成を示す図である。

【図3】第1実施形態に係る中性子捕捉療法システムの配置を示す図である。

40

【図4】第1実施形態に係る中性子捕捉療法システムの中性子線出力部の近傍を示す図である。

【図5】第1実施形態に係る中性子捕捉療法システムの治療台を示す斜視図である。

【図6】患者とコリメータとの位置合わせを説明するための図である。

【図7】変形例に係る中性子捕捉療法システムの構成を示す図である。

【図8】第2実施形態に係る中性子捕捉療法システムの構成を示す図である。

【図9】変形例に係る中性子捕捉療法システムの構成を示す図である。

【図10】第3実施形態に係る中性子捕捉療法システムの構成を示す図である。

【図11】第3実施形態に係る中性子捕捉療法システムの配置を示す図である。

【図12】患者とコリメータとの位置合わせを説明するための図である。

50

【図 1 3】変形例に係る中性子捕捉療法システムの構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。なお、以下の説明において、同一又は相当要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、後述する中性子線出力部 12A から出射される中性子線 N の出射方向に X 軸、中性子線出力部 12A から出射される中性子線 N の出射方向と直交する方向に Y 軸、床面に対して垂直方向に Z 軸を取った XYZ 座標系を設定し（図 3 参照）、各構成要素の位置関係の説明に X, Y, Z を用いるものとする。

【0015】

10

< 第 1 実施形態 >

第 1 実施形態に係る中性子捕捉療法システムについて説明する。図 1 は、第 1 実施形態に係る中性子捕捉療法システム 100 を示す模式図である。中性子捕捉療法システム 100 は、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT: Boron Neutron Capture Therapy）を用いたがん治療を行う装置である。中性子捕捉療法は、ホウ素（ ^{10}B ）が投与された患者（被照射体）に対して中性子線を照射することによりがん治療を行うものである。図 1 に示すように、中性子捕捉療法システム 100 を用いた中性子捕捉療法では、患者を治療台（載置台）80 に拘束する等の準備作業を準備室 50A の室内で実施し、患者ごと治療台 80 を照射室 30A へ移動させる。照射室 30A の室内において、患者に中性子線を照射する。

20

【0016】

図 2 は、中性子捕捉療法システム 100 の構成を示す図である。図 3 は、中性子捕捉療法システム 100 の配置を示す図である。図 2 及び図 3 に示すように、中性子捕捉療法システム 100 は、治療用中性子線 N を発生させて照射するための中性子線発生部 10 と、患者に中性子線 N を照射するための照射室 30A, 30B と、照射準備を行うための準備室 50A, 50B と、作業工程を管理するための管理室 70 とを備えている。

【0017】

中性子線発生部 10 は、後述する照射室 30A, 30B の室内に中性子線 N を発生させて患者 S へ中性子線 N を照射可能に構成されている。中性子線発生部 10 は、加速器 11（例えば、サイクロトロン）と、荷電粒子線 P から中性子線 N を生成する中性子線出力部 12A 及び中性子線出力部 12B と、荷電粒子線 P を中性子線出力部 12A 又は中性子線出力部 12B まで輸送するビーム輸送路 13 と、を備えている。加速器 11 及びビーム輸送路 13 は、Y 字状をなす荷電粒子線生成室 10a の室内に配置されている（図 3 参照）。荷電粒子線生成室 10a は、コンクリート製の遮蔽壁 W に覆われた閉鎖空間である。

30

【0018】

加速器 11 は、荷電粒子（例えば、陽子）を加速して、荷電粒子線 P（例えば、陽子線）を作り出し、出射する。加速器 11 は、例えば、ビーム半径 40mm、60kW（= 30MeV × 2mA）の荷電粒子線 P を生成する能力を有している。

【0019】

ビーム輸送路 13 は、荷電粒子線 P を中性子線出力部 12A 又は中性子線出力部 12B のうちのいずれか一方に選択的に出射する。ビーム輸送路 13 は、加速器 11 に接続された第 1 輸送部 14 と、荷電粒子線 P の進行方向を切り替えるビーム方向切替器 15 と、荷電粒子線 P を中性子線出力部 12A に輸送するための第 2 輸送部 16A と、荷電粒子線 P を中性子線出力部 12B に輸送するための第 2 輸送部 16B と、を有している。第 2 輸送部 16A は、ビーム方向切替器 15 及び中性子線出力部 12A に接続されている。第 2 輸送部 16B は、ビーム方向切替器 15 及び中性子線出力部 12B に接続されている。すなわち、ビーム輸送路 13 は、ビーム方向切替器 15 において第 2 輸送部 16A と、第 3 輸送部 16B とに分岐している。

40

【0020】

ビーム方向切替器 15 は、スイッチング電磁石を利用して荷電粒子線 P の進行方向を制

50

御するものである。なお、ビーム方向切替器 15 には、荷電粒子線 P を正規の軌道から外してビームダンプ（不図示）に導くことが可能になっている。ビームダンプは、治療前などにおいて荷電粒子線 P の出力確認を行うことができる。なお、中性子捕捉療法システム 100 は、ビームダンプを備えていない構成であってもよく、この場合、ビーム方向切替器 15 は、ビームダンプには接続されていないことになる。

【0021】

第 1 輸送部 14、第 2 輸送部 16 A 及び第 3 輸送部 16 B のそれぞれは、荷電粒子線 P のためのビーム調整部 17 を含んでいる。ビーム調整部 17 は、荷電粒子線 P の軸調整のための水平型ステアリング及び水平垂直型ステアリング、荷電粒子線 P の発散を抑制するための四重極電磁石、及び荷電粒子線 P の整形のための四方向スリット等を含んでいる。なお、第 1 輸送部 14、第 2 輸送部 16 A 及び第 3 輸送部 16 B のそれぞれは、ビーム調整部 17 を備えていない構成であってもよい。

10

【0022】

なお、第 2 輸送部 16 A 及び第 3 輸送部 16 B は、必要に応じて電流モニタを含んでもよい。電流モニタは、中性子線出力部 12 A 及び中性子線出力部 12 B に照射される荷電粒子線 P の電流値（つまり、電荷、照射線量率）をリアルタイムで測定するものである。また、第 2 輸送部 16 A 及び第 3 輸送部 16 B は、必要に応じて荷電粒子線走査部 18（図 4 参照）を含んでもよい。荷電粒子線走査部 18 は、荷電粒子線 P を走査し、ターゲット T（図 4 参照）に対する荷電粒子線 P の照射制御を行うものである。荷電粒子線走査部 18 は、例えば、荷電粒子線 P のターゲット T に対する照射位置を制御する。

20

【0023】

図 4 は、中性子捕捉療法システム 100 の中性子線出力部 12 A の近傍を示す図である。ここで、中性子線出力部 12 A と中性子線出力部 12 B とは互いに同様の構成を有する。従って、以下より中性子線出力部 12 A について説明をし、中性子線出力部 12 B の説明を省略する。図 4 に示すように、中性子線出力部 12 A は、中性子線 N を生成するためのターゲット T と、中性子線 N を減速するための減速材 12 a と、遮蔽体 12 b とを含んでいる。なお、減速材 12 a 及び遮蔽体 12 b は、モデレータを構成する。

【0024】

ターゲット T は、荷電粒子線 P の照射を受けて中性子線 N を発生させるものである。ターゲット T は、例えば、ベリリウム（Be）により形成され、直径 160 mm の円板状をなしている。

30

【0025】

減速材 12 a は、ターゲット T から出射される中性子線 N を減速させるものである。減速材 12 a により減速されて所定のエネルギーに低減された中性子線 N は治療用中性子線とも呼ばれる。減速材 12 a は、例えば異なる複数の材料から成る積層構造とされている。減速材 12 a の材料は、荷電粒子線 P のエネルギー等の諸条件によって適宜選択される。例えば、加速器 11（図 2 参照）からの出力が 30 MeV の陽子線であり、ターゲット T としてベリリウムターゲットを用いる場合には、減速材 12 a の材料は、鉛、鉄、アルミニウム、又はフッ化カルシウムとすることができる。また、加速器 11 からの出力が 11 MeV の陽子線であり、ターゲット T としてベリリウムターゲットを用いる場合には、減速材 12 a の材料は、重水（D₂O）又はフッ化鉛とすることができる。また、加速器 11 からの出力が 2.8 MeV の陽子線であり、ターゲット T としてリチウムターゲットを用いる場合には、減速材 12 a の材料は、フルエンタール（商品名；アルミニウム、フッ化アルミ、フッ化リチウムの混合物）とすることができる。また、加速器 11 からの出力が 50 MeV の陽子線であり、ターゲット T としてタングステンターゲットを用いる場合には、減速材 12 a の材料は、鉄又はフルエンタールとすることができる。

40

【0026】

遮蔽体 12 b は、中性子線 N 及び当該中性子線 N の発生に伴って生じたガンマ線等の放射線が外部へ放出されないよう遮蔽するものであり、荷電粒子線生成室 10 a と照射室 30 A とを隔てる壁 W1（図 3 参照）に少なくともその一部が埋め込まれている。

50

【 0 0 2 7 】

中性子線出力部 1 2 A においては、荷電粒子線 P がターゲット T に照射され、これにより中性子線 N が発生する。発生した中性子線 N は、減速材 1 2 a で減速される。そして、減速材 1 2 a から出射された中性子線 N が、コリメータ 8 6 を通過して治療台 8 0 上の患者 S へ照射される。中性子線 N 中には、速中性子線、熱外中性子線、及び熱中性子線が含まれており、またガンマ線も伴っている。このうちの熱中性子線が、主に、患者 S の体内の腫瘍中に取り込まれたホウ素と核反応して有効な治療効果を発揮する。なお、中性子線 N のビームに含まれる熱外中性子線の一部も、患者 S の体内で減速されて上記治療効果を発揮する熱中性子線となる。熱中性子線は、0.5 eV 以下のエネルギーの中性子線である。

10

【 0 0 2 8 】

〔 照射室 〕

照射室 3 0 A , 3 0 B について説明する。図 3 に示すように、中性子捕捉療法システム 1 0 0 は、2 つの照射室 3 0 A , 3 0 B を備えている。照射室 3 0 A は、第 2 輸送部 1 6 A が延びた方向の延長線上に配置されている。照射室 3 0 B は、第 3 輸送部 1 6 B が延びた方向の延長線上に配置されている。なお、中性子線 N は、第 2 輸送部 1 6 A 又は第 3 輸送部 1 6 B が延びた方向と交差する方向に取り出すこともできる。この場合には、照射室 3 0 A の配置は、第 2 輸送部 1 6 A が延びた方向の延長線上に制限されることはなく、中性子線 N の取り出し方向に対応する位置に照射室 3 0 A を配置することができる。同様に、照射室 3 0 B の配置も、第 3 輸送部 1 6 B が延びた方向の延長線上に制限されることはなく、中性子線 N の取り出し方向に対応する位置に照射室 3 0 B を配置することができる。ここで、照射室 3 0 B は照射室 3 0 A と同様の構成を有する。従って、以下より照射室 3 0 A について説明し、照射室 3 0 B の説明を省略する。

20

【 0 0 2 9 】

照射室 3 0 A は、中性子線 N を患者 S に照射するために、患者 S が室内に配置される部屋である。照射室 3 0 A の大きさは、一例として幅 3.5 m × 奥行 5 m × 高さ 3 m である。照射室 3 0 A は、遮蔽壁 W 2 に囲まれた遮蔽空間 3 0 S と、治療台 8 0 を出入りさせるための扉 D 1 とを備えている。

【 0 0 3 0 】

また、図 4 に示すように、照射室 3 0 A と遮蔽体 1 2 b との間には、カバー（壁体）3 1 が設けられている。カバー 3 1 は、照射室 3 0 A の側壁面の一部をなす。このカバー 3 1 には、中性子線 N の出力口となるコリメータ取付部 3 1 a が設けられている。コリメータ取付部 3 1 a は、後述するコリメータ 8 6 をはめ込むための開口である。

30

【 0 0 3 1 】

図 3 に示すように、遮蔽壁 W 2 は、照射室 3 0 A の室外から室内へ放射線が侵入すること、及び、室内から室外へ放射線が放出されることが抑制された遮蔽空間 3 0 S を形成する。すなわち、遮蔽壁 W 2 は、照射室 3 0 A の室内から室外への中性子線 N の放射を遮断するものである。この遮蔽壁 W 2 は、荷電粒子線生成室 1 0 a を画成する遮蔽壁 W と一体に形成されていてもよい。また、遮蔽壁 W 2 は、厚さが 2 m 以上のコンクリート製の壁であってもよい。荷電粒子線生成室 1 0 a と照射室 3 0 A の間には、荷電粒子線生成室 1 0 a と照射室 3 0 A とを隔てる壁 W 1 が設けられている。この壁 W 1 は、遮蔽壁 W の一部をなしている。

40

【 0 0 3 2 】

扉 D 1 は、遮蔽空間 3 0 S における放射線が連絡室 4 0 A に放射されることを抑制するためのものである。連絡室 4 0 A については後述する。扉 D 1 は、連絡室 4 0 A に連通する出入口を塞ぐように設けられている。扉 D 1 は、鉛等の放射線遮蔽部材からなるとともに所定の厚さを有している。扉 D 1 は、照射室 3 0 A の室内に設けられたレール上をモータ等により駆動力を与えられて移動する。扉 D 1 が重量物であるため、扉 D 1 を駆動するための機構には、高トルクモータや減速器等が用いられる。また、扉 D 1 は、照射室 3 0 A への作業者の出入りを報知する機能を有していてもよい。例えば、照射室 3 0 A の室内

50

に治療台 80 が配置された状態で、扉 D1 を閉めることにより照射室 30A からの作業者の退避を確認するものであってもよい。

【0033】

また、照射室 30A の室内には、カメラ 32 が配置されている。カメラ 32 は、照射室 30A の室内における患者 S の様子を観察するためのものである。カメラ 32 は、照射室 30A の室内において患者 S を撮影可能な位置に配置されている。カメラ 32 は、高精度の画像を取得する必要はなく、患者 S の状態を確認可能な画像を取得できればよい。カメラ 32 には、例えば CCD カメラを用いることができる。

【0034】

[準備室]

準備室 50A, 50B について説明する。中性子捕捉療法システム 100 は、2つの準備室 50A, 50B を備えている。準備室 50A は、Y 軸方向に沿って照射室 30A から離間するように配置されている。ここで、準備室 50B は準備室 50A と同様の構成を有する。従って、以下より準備室 50A について説明し準備室 50B の説明を省略する。

【0035】

準備室 50A は、照射室 30A おいて患者 S に中性子線 N を照射するために必要な作業を実施するための部屋である。準備室 50A では、例えば、治療台 80 への患者 S の拘束や、コリメータ 86 と患者 S との位置合わせが実施される(図 6 参照)。従って、準備室 50A は、治療台 80 が配置可能であり、治療台 80 の周囲で作業者が容易に準備作業をすることができる程度の大きさを有している。

【0036】

準備室 50A と照射室 30A との間には、準備室 50A と照射室 30A とを隔てる壁 W3 が設けられている。壁 W3 の厚さは、例えば 3.2m である。すなわち、準備室 50A と照射室 30A とは、Y 軸方向に沿って 3.2m だけ離間している。

【0037】

壁 W3 には、準備室 50A から照射室 30A まで連通する連絡室 40A が設けられている。連絡室 40A は、患者 S を拘束した治療台 80 を準備室 50A と照射室 30A との間で移動させるための部屋である。連絡室 40A は、治療台 80 が通過可能な幅を有している。また、連絡室 40A は、作業者が歩いて通行可能な高さを有している。従って、連絡室 40A の大きさは、一例として幅 1.5m × 奥行 3.2m × 高さ 2.0m である。準備室 50A と連絡室 40A との間には、扉 D2 が配置されている。なお、準備室 50B と照射室 30B とを隔てる壁 W3 には、連絡室 40B が設けられている。連絡室 40B は連絡室 40A と同様の構成を有する。

【0038】

なお、準備室 50A, 50B は、照射室 30A, 30B のように遮蔽壁 W に囲まれた遮蔽空間であってもよい。また、準備室 50A, 50B は、遮蔽壁 W に囲まれていない空間であってもよい。

【0039】

[管理室]

中性子捕捉療法システム 100 は、1つの管理室 70 を備えている。管理室 70 は、中性子捕捉療法システム 100 を用いて実施される全体工程を管理するための部屋である。管理室 70 には、少なくとも 1 名の管理者が入室し、管理室 70 の室内に配置された監視機器及び中性子線発生部 10 を操作するための制御装置 71 を用いて全体工程を管理する。例えば、管理室 70 に入室した管理者は、準備室 50A, 50B における準備作業の様子を管理室 70 の室内から目視により確認する。また、管理室 70 に入室した管理者は、制御装置 71 を操作して、例えば、中性子線 N を照射すべき照射室 30A に対応するターゲット T に荷電粒子線 P を照射するようにビーム輸送路 13 を制御する。さらに、管理室 70 に入室した管理者は、制御装置 71 を操作して、中性子線 N の照射の開始と停止とを制御する。なお、中性子捕捉療法では、患者 S には準備室 50A, 50B に入室する前にも種々の準備(例えば、PET 検査や、ホウ素(^{10}B)等の投与など)が行われる。管

10

20

30

40

50

理室 70 では、このような前準備の工程も管理することにより、中性子捕捉療法システム 100 による照射治療を含めた中性子捕捉療法の全体工程を管理するものであってもよい。

【0040】

管理室 70 は、2つの準備室 50A, 50B に隣接するように、準備室 50A と準備室 50B との間に配置されている。管理室 70 は、一の角部において準備室 50A と隣接し、別の角部において準備室 50B と隣接している。管理室 70 と準備室 50A との間には、準備室 50A の室内を目視するための窓 72A が配置されている。管理室 70 と準備室 50B との間には、準備室 50B の室内を目視するための窓 72B が配置されている。管理室 70 には、照射室 30A, 30B の室内に設けられたカメラ 32 の画像を表示するためのモニタ 73 が配置されている。管理者は、このモニタ 73 に表示されたカメラ画像により、照射室 30A の室内における患者 S の様子を確認することができる。

10

【0041】

[治療台]

治療台（載置台）80 について説明をする。図 5 は、中性子捕捉療法システム 100 の治療台 80 を示す斜視図である。治療台 80 は、中性子捕捉療法用の載置台である。治療台 80 は、患者 S を所定の姿勢に拘束すると共に、姿勢を拘束したまま準備室 50A から照射室 30A へ移動させるためのものである。図 5 に示すように、治療台 80 は、土台部 81 と、土台部 81 を床面上で移動させるための駆動部 82 と、患者 S を載置するための天板（載置部）83 と、天板 83 を土台部 81 に対して相対的に移動させるためのロボットアーム 84 と、中性子線 N の照射視野を規定するためのコリメータ 86 と、コリメータ 86 を土台部 81 に固定するためのコリメータ固定部 87 とを備えている。

20

【0042】

土台部 81 は、治療台 80 の基体部をなす。土台部 81 は、基礎部 81a と基礎部 81a 上に配置された支持部 81b とを有している。基礎部 81a は、平面視して第 1 の辺 81c と第 2 の辺 81d とを含む矩形状の形状を有している。例えば、第 1 の辺 81c は、第 2 の辺 81d よりも長くされている。この基礎部 81a の第 1 の辺 81c 又は第 2 の辺 81d の少なくとも一方の長さは、連絡室 40A, 40B の幅よりも小さくされている。支持部 81b は、直方体状の外形形状を有している。支持部 81b の下面は基礎部 81a の上面に固定されている。支持部 81b の上面には、ロボットアーム 84 とコリメータ固定部 87 とが配置されている。

30

【0043】

駆動部 82 は、土台部 81 における基礎部 81a の下面側に設けられている。駆動部 82 は、土台部 81、ロボットアーム 84、天板 83、コリメータ 86、コリメータ固定部 87 及び患者 S の全ての重量を支持すると共に、それらを床面上で移動可能にする。駆動部 82 は、例えば、4つの車輪を用いることができる。これら車輪には、床面上で移動させるための駆動力がモータ等により与えられる。

【0044】

ロボットアーム 84 は、天板 83 を土台部 81 に対して相対的に移動させるためのものである。すなわち、ロボットアーム 84 は、天板 83 の上に拘束された患者 S を、土台部 81 に固定されたコリメータ 86 に対して相対的に移動させるためのものである。床面から天板 83 までの高さには特に制限はないが、天板 83 上の患者 S の拘束等を容易に実施できる程度の高さに設定されていることが好ましい。ロボットアーム 84 は、土台部 81 の上面側に配置された昇降部 84a と、一端側が昇降部 84a に対して鉛直回転軸 A1 回りに回転可能に設けられた第 1 のアーム 84b と、一端側が第 1 のアーム 84b の他端側に対して鉛直回転軸 A2 回りに回転可能に設けられた第 2 のアーム 84c と、を含んでいる。すなわち、ロボットアーム 84 は、水平方向に互いに離間した 2つの鉛直回転軸 A1, A2 を有している。

40

【0045】

天板 83 は、長手方向を有する平板状の外形形状を有している。この天板 83 は、土台

50

部 8 1 に対する位置が調整可能に構成されている。天板 8 3 の長手方向の長さは、患者 S が身体を横たえることが可能な長さ、例えば 2 m の長さとしてされている。天板 8 3 の一端側は、第 2 のアーム 8 4 c の他端側において鉛直軸 A 3 回りに回転可能に取り付けられている。この天板 8 3 には、患者 S の体を固定するための拘束具（不図示）が設けられている。なお、拘束具は、天板 8 3 に取り付けられていてもよい。

【 0 0 4 6 】

このようなロボットアーム 8 4 によれば、第 1 のアーム 8 4 b を昇降部 8 4 a に対して鉛直回転軸 A 1 回りに回転させ、第 2 のアーム 8 4 c を第 1 のアーム 8 4 b に対して鉛直回転軸 A 2 回りに回転させ、天板 8 3 を第 2 のアーム 8 4 c に対して鉛直回転軸 A 3 回りに回転させることにより、X Y 平面内において所望の位置に天板 8 3 を移動させることができる。さらに、中性子線 N の照射方向に対して患者 S の身体を鉛直軸回りに回転させることができる。また、昇降部 8 4 a を支持部 8 1 b に対して上下動させることにより、天板 8 3 を Z 軸方向に移動させることができる。従って、このようなロボットアーム 8 4 によれば、土台部 8 1 に固定されたコリメータ 8 6 に対する患者 S の姿勢の自由度を高めることができる。

【 0 0 4 7 】

コリメータ 8 6 は、中性子線 N の照射範囲を規制するためのものである。コリメータ 8 6 には、照射範囲を規定するための例えば円形の開口 8 6 a が設けられている。以下、コリメータ 8 6 で規定される照射野の中心（開口 8 6 a の中心）を通り、治療台 8 0 を照射室 3 0 A, 3 0 B に配置して中性子線 N を照射したときに、中性子線 N の上下流方向に延在する仮想の軸線を「照射中心軸線」と称し、符号「C」を付して示す。また、コリメータ 8 6 は、例えば四角形の平板状をなしている。コリメータ 8 6 の外形形状は、照射室 3 0 A におけるコリメータ取付部 3 1 a の内面形状に対応している。

【 0 0 4 8 】

コリメータ固定部 8 7 は、土台部 8 1 の支持部 8 1 b における上面に固定されている。コリメータ固定部 8 7 は、コリメータ 8 6 を土台部 8 1 に対して一定の位置に保持するためのものである。コリメータ固定部 8 7 は、水平片 8 7 a と起立片 8 7 b とを有し、略 L 字状の形状をなしている。水平片 8 7 a は、一端部が支持部 8 1 b に固定され、他端部が支持部 8 1 b の側面 8 1 e から X 軸に沿った方向に突出している。水平片 8 7 a の水平方向（Y 軸）の幅は、土台部 8 1 の水平方向（Y 軸）の幅よりも小さくされている。起立片 8 7 b は、一端部が水平片 8 7 a の他端部に固定され上方向に延びた先の他端部にはコリメータ 8 6 が取り付けられている。

【 0 0 4 9 】

起立片 8 7 b は、土台部 8 1 の側面 8 1 e よりも X 軸に沿った方向に突出した水平片 8 7 a に固定されているので、コリメータ 8 6 は、土台部 8 1 の側面 8 1 e よりも水平方向に突出した位置に保持されている。このような位置にコリメータ 8 6 を保持することにより、コリメータ 8 6 をカバー 3 1 のコリメータ取付部 3 1 a に取り付ける際に、土台部 8 1 及び天板 8 3 等がカバー 3 1 に干渉することを抑制することができる。

【 0 0 5 0 】

コリメータ固定部 8 7 の水平方向の幅 H 1 は、土台部 8 1 の水平方向の幅 H 2 よりも小さくされている。ここで、コリメータ固定部 8 7 の水平方向の幅 H 1 とは、Y 軸に沿った方向におけるコリメータ固定部 8 7 の最大幅をいう。すなわち、幅 H 1 は、照射中心軸線 C の方向（X 軸）と鉛直方向（Z 軸）とに直交する方向（Y 軸）における最大幅である。また、土台部 8 1 の水平方向の幅 H 2 とは、Y 軸に沿った方向における土台部 8 1 の最大幅をいう。すなわち、幅 H 2 は、基礎部 8 1 a の第 1 の辺 8 1 c の長さである。また、コリメータ 8 6 の水平方向の幅 H 3 は、土台部 8 1 の水平方向の幅 H 2 よりも小さくされている。ここでコリメータ 8 6 の水平方向の幅 H 3 とは、Y 軸に沿った方向におけるコリメータ 8 6 の最大幅をいう。

【 0 0 5 1 】

治療台 8 0 には、土台部 8 1 に固定されたコリメータ 8 6 が取り付けられていると共に

10

20

30

40

50

、土台部 8 1 に対して相対的に移動可能な天板 8 3 が取り付けられている。このため、コリメータ 8 6 の開口 8 6 a に対して、天板 8 3 の上において拘束された患者 S の姿勢を所定の位置に保持することができる。従って、患者 S における所定の照射目標にコリメータ 8 6 の開口 8 6 a を通過した中性子線 N を照射することが可能となる。

【 0 0 5 2 】

治療台 8 0 には、駆動部 8 2 が設けられているので、コリメータ 8 6 に対する患者 S の姿勢を保持したまま移動することができる。従って、患者 S における照射目標と、コリメータ 8 6 の照射中心軸線 C との位置合わせを照射室 3 0 A において実施することなく、予め準備室 5 0 A , 5 0 B において実施することが可能となる。また、治療台 8 0 を照射室 3 0 A の室外に移動させて治療台 8 0 のメンテナンスを行うことにより、放射線量の高い場所における治療台 8 0 のメンテナンスに要する作業時間を低減することができる。

10

【 0 0 5 3 】

治療台 8 0 は、コリメータ固定部 8 7 の最大幅 H 1 が土台部 8 1 の最大幅 H 2 以下とされているので、治療台 8 0 が通過する場所において、治療台 8 0 が通過するために必要な幅は土台部 8 1 の最大幅 H 2 により決定される。従って、治療台 8 0 が通過する場所に付帯設備を設ける場合であっても、治療台 8 0 を通過させるために付帯設備を大型化することを抑制できる。すなわち、連絡室 4 0 A , 4 0 B の幅の拡大を抑制することができると共に、扉 D 1 及び扉 D 2 といった付帯設備の大型化を抑制することができる。さらに、扉 D 1 及び扉 D 2 の大型化が抑制されるため、扉 D 1 及び扉 D 2 の開閉時における安全性を高めることができると共に、扉 D 1 及び扉 D 2 を駆動機構の高出力化を抑制して駆動機構を簡易化することができる。そのうえ、扉 D 1 及び扉 D 2 の大型化が抑制され、扉 D 1 及び扉 D 2 の駆動機構が簡素化されるため、中性子捕捉療法システム 1 0 0 全体の施工コストの増加を抑制することができる。

20

【 0 0 5 4 】

治療台 8 0 は、コリメータ固定部 8 7 が土台部 8 1 の側面 8 1 e から突出しているので、コリメータ固定部 8 7 に固定されたコリメータ 8 6 は土台部 8 1 の側面 8 1 e から突出した位置に保持される。従って、コリメータ 8 6 をカバー 3 1 のコリメータ取付部 3 1 a に取り付けるときに、土台部 8 1 がカバー 3 1 に干渉することがないので、コリメータ 8 6 をコリメータ取付部 3 1 a に容易に取り付けることができる。

【 0 0 5 5 】

治療台 8 0 は、土台部 8 1 に対して天板 8 3 を回転軸 A 1 , A 2 , A 3 回りに回転させることにより、天板 8 3 の長手方向を治療台 8 0 の移動方向に合わせることができる。このため、治療台 8 0 が通過する出入り口等の大きさは、天板 8 3 の長手方向の長さではなく、土台部 8 1 の大きさにより規定されることになる。従って、治療台 8 0 が通過する出入り口等の大きさの拡大を一層抑制することができる。すなわち、治療台 8 0 が移動する連絡室 4 0 A , 4 0 B の幅は、治療台 8 0 の土台部 8 1 の第 1 の辺 8 1 c 又は第 2 の辺 8 1 d により規定されることになる。

30

【 0 0 5 6 】

[治療の流れ]

中性子捕捉療法システム 1 0 0 を用いた治療の流れを説明する。まず、中性子捕捉療法システム 1 0 0 に入室する前の所定の準備を患者 S に対して行う。続いて、患者 S 及び作業者を準備室 5 0 A へ誘導し、患者 S を天板 8 3 の上に横たわらせる。そして、作業者は、拘束具を用いて天板 8 3 に対して患者 S の身体を拘束する。次に、患者 S と、コリメータ 8 6 との位置合わせを実施する。より詳細には、患者 S における照射目標と、コリメータ 8 6 の照射中心軸線 C との位置合わせを実施する。

40

【 0 0 5 7 】

図 6 は、患者 S とコリメータ 8 6 との位置合わせを説明するための図である。図 6 (a) 及び図 6 (b) に示すように、患者 S が天板 8 3 の上に拘束された直後は、照射目標 R と照射中心軸線 C とは、Y Z 平面内においてずれていることがある。この説明では、照射目標 R は、照射中心軸線 C に対して Y 軸方向に Y d だけずれており、Z 軸方向に Z d だけ

50

ずれているものとする。そこで、図6(c)及び(d)に示すように、作業者は、ロボットアーム84の昇降部84aを駆動して天板83をZ軸方向に距離Zdだけ移動させると共に、ロボットアーム84の第1のアーム84b及び第2のアーム84cを駆動して天板83をY軸方向に距離Ydだけ移動させる。この移動により、照射目標Rを照射中心軸線C上に位置合わせすることができる。なお、必要に応じて、ロボットアーム84を駆動して、コリメータ86から照射目標Rまでの間のX軸方向に沿った距離を調整してもよい。さらに、必要に応じて、ロボットアーム84を鉛直回転軸A1~A3回りに回転駆動して、患者Sに対する中性子線Nの照射方向を調整してもよい。この準備室50Aの室内において実施される作業の様子は、隣接する管理室70に入室した管理者により監視される。

【0058】

10

図3に示すように、患者Sとコリメータ86との位置合わせが終了した後に、治療台80を照射室30Aへ移動させる。このとき、照射室30Aへの入室の可否は、管理室70の管理者が決定してもよい。例えば、準備室50Aにおける作業が完了した旨を、作業者が管理者に報告する。報告を得た管理者は、照射室30Aへの入室が可能であると判断すると、準備室50Aと連絡室40Aとを隔てる扉D2を開放する。そして、作業者は、治療台80の駆動部82を操作して治療台80を連絡室40Aへ移動させる。このとき、作業者は、治療台80に付き添って、治療台80と共に連絡室40Aに移動する。

【0059】

作業者と治療台80とが連絡室40Aに入室すると、管理者は扉D2を閉鎖する。閉鎖した後に、管理者は、連絡室40Aと照射室30Aとを隔てる扉D1を開放する。なお、扉D1、D2の開閉順序はこの順に限定されることはなく、例えば、扉D1と扉D2とを同時に開放してもよい。作業者は、治療台80の駆動部82を操作して、治療台80を照射室30Aの室内へ移動させるとともに、作業者自身も照射室30Aの室内に移動する。照射室30Aの室内で実施される作業は、主として、コリメータ86をカバー31に設けられたコリメータ取付部31aに取り付ける作業である(図6(e)参照)。コリメータ86の取り付けが完了すると、作業者は、連絡室40Aへ移動し、連絡室40Aの室内に設けられたスイッチ等を用いて、扉D1を閉鎖する。この閉鎖により、作業者が照射室30Aから退避したことが管理室へ報告される。

20

【0060】

作業者が準備室50Aまで退避したことを管理室70の管理者が目視で確認した後に、管理者は、制御装置71を操作して、中性子線Nの照射を開始する。照射時間は、一例として1時間程度である。照射中の患者Sの様子は、照射室30Aの室内に設けられたカメラ32の画像を管理室70のモニタ73を用いて監視する。なお、管理者が、治療中の患者Sに異常を認めた場合には照射中止の判断を行う。

30

【0061】

制御装置71に予め入力された照射時間が経過すると、制御装置71は自動的に中性子線Nの照射を停止する。そして、作業者が照射室30Aの室内へ入室し、治療台80を準備室50Aまで移動させる。準備室50Aの室内において、拘束具による患者Sの固定を解除し、患者Sを準備室50Aの室外へ誘導する。以上により、中性子捕捉療法システム100を用いた中性子捕捉療法が完了する。

40

【0062】

中性子捕捉療法システム100によれば、複数の照射室30A、30Bのそれぞれに選択的に中性子線Nを照射することができる。また、中性子捕捉療法システム100によれば、それぞれの準備室50A、50Bでは、患者Sに中性子線Nを照射するための準備作業が実施されるので、照射室30A、30Bにおける準備作業の時間が短縮される。従って、患者Sが照射室30A、30Bに配置されている時間における中性子線Nの照射時間が占める割合が高まるので、照射室30A、30Bの利用効率を高めることができる。さらに、中性子捕捉療法は、X線治療や陽子線治療といった放射線治療よりも照射時間が長い。このため、中性子捕捉療法システム100において、例えば一方の照射室30Aにおける治療と並行して、他方の照射室30B又は準備室50Bにおいて準備作業を実施する

50

ことによる効率化は、システム全体の稼働効率の向上に大きく貢献する。そして、中性子捕捉療法システム100によれば、中性子線Nを照射室30A, 30Bへ照射するための制御が一の管理室70において実施されるので、中性子線占有の調整を効率化して、加速器11の利用効率を高めることができる。従って、中性子捕捉療法システム100によれば、照射室30A, 30Bの利用効率を高めると共に加速器11の利用効率を高めることができるので、システム全体の稼働効率を高めることができる。

【0063】

中性子捕捉療法システム100は、管理室70から準備室50A, 50Bの室内を観察可能な窓72A, 72Bを備えている。この構成によれば、管理室70からそれぞれの準備室50A, 50Bの室内を観察可能であるので、それぞれの準備室50A, 50Bに対する患者Sの出入り及び準備室50A, 50Bの室内における準備作業の進行度合いを把握することができる。従って、中性子捕捉療法システム100の稼働効率をさらに高めることができる。

10

【0064】

中性子捕捉療法システム100は、管理室70から照射室30A, 30Bの室内を観察するためのカメラ32を更に備えている。この構成によれば、カメラ32を通じて管理室70からそれぞれの照射室30A, 30Bの室内を観察可能であるので、それぞれの照射室30A, 30Bにおける患者Sの様子を把握することができる。従って、中性子捕捉療法システム100の安全性を高めることができる。

【0065】

20

中性子捕捉療法システム100は、治療台80が照射室30A, 30Bの室内と室外との間を移動可能であるので、患者Sに中性子線Nを照射するための準備作業を、治療台80を照射室30A, 30Bの室外に移動させた後に照射室30A, 30Bの室外において実施することができる。従って、照射室30A, 30Bの室内における準備作業の一部を照射室30A, 30Bの室外で実施できるため、照射室30A, 30Bの室内における準備作業に要する時間を短縮することができる。

【0066】

中性子捕捉療法システム100は、加速器11で発生させた荷電粒子線PをターゲットTに照射して中性子を発生させる。このような中性子線発生部10によれば、中性子捕捉療法システム100を小型化することができる。

30

【0067】

本発明の中性子捕捉療法システムでは、準備室及び照射室の数は2つに限定されることはない。図7は、変形例に係る中性子捕捉療法システム101の構成を示す図である。図7に示すように、中性子捕捉療法システム101は、3つの照射室30A, 30B, 30Cと3つの準備室50A, 50B, 50Cとを備えていてもよい。この場合には、中性子線発生部10は、照射室30A, 30B, 30Cのそれぞれに対応する3つの中性子線出力部12A, 12B, 12Cを含んでいる。ビーム輸送路13は、荷電粒子線Pを中性子線出力部12Aに輸送する第2輸送部16Aと、荷電粒子線Pを中性子線出力部12Bに輸送する第3輸送部16Bと、荷電粒子線Pを中性子線出力部12Cに輸送する第4輸送部16Cと、を有している。さらに、管理室70は、全ての準備室50A, 50B, 50Cに隣接するように配置されている。また、管理室70と準備室50Aとの間には窓72Aが設けられ、管理室70と準備室50Bとの間には窓72Bが設けられ、管理室70と準備室50Cとの間には窓72Cが設けられている。

40

【0068】

変形例に係る中性子捕捉療法システム101は、中性子捕捉療法システム100と同様の効果を奏することができる。すなわち、中性子捕捉療法システム101は、中性子線Nを照射室30A, 30B, 30Cへ選択的に照射するための制御が一の管理室70において実施されるので、加速器11の利用効率が高まる。従って、システム全体の稼働効率を高めることができる。

【0069】

50

< 第 2 実施形態 >

第 2 実施形態に係る中性子捕捉療法システムについて説明する。図 8 は、第 2 実施形態に係る中性子捕捉療法システム 102 の構成を示す図である。図 8 に示すように、中性子捕捉療法システム 102 は、準備室を備えていない点、及び管理室 70 が 2 つの照射室 30A, 30B に隣接して配置されている点で第 1 実施形態に係る中性子捕捉療法システム 100 と相違する。その他の構成は中性子捕捉療法システム 100 と同様であるため、以下、重複する説明を省略する。

【 0070 】

第 1 実施形態に係る中性子捕捉療法システム 100 では、準備室 50A, 50B の室内において、治療台 80 への患者 S の拘束と、コリメータ 86 と患者 S との位置合わせを実施した。これらの作業は、照射室 30A, 30B に並設された準備室 50A, 50B とは別の場所で実施されてもよい。第 2 実施形態に係る中性子捕捉療法システム 102 では、治療台 80 を遮蔽壁 W に囲まれた照射室 30A, 30B の室内から遮蔽壁 W に囲まれていない室外へ搬出した後に、所定の場所へ移動させる。そして、所定の場所において、治療台 80 への患者 S の拘束と、コリメータ 86 と患者 S との位置合わせ等の準備作業を実施する。従って、中性子捕捉療法システム 102 は、準備室 50A, 50B を備えない構成とすることができる。

【 0071 】

中性子捕捉療法システム 102 では、中性子線 N を照射室 30A 又は照射室 30B へ照射するための制御が一の管理室 70 において実施されるので、中性子線 N の占有の調整を効率化して加速器 11 の利用効率を高めることができる。従って、中性子捕捉療法システム 102 によれば、加速器 11 の利用効率が高まるので、システム全体の稼働効率を高めることができる。

【 0072 】

図 9 は、変形例に係る中性子捕捉療法システム 103 の構成を示す図である。図 9 に示すように、中性子捕捉療法システム 103 は、3 つの照射室 30A, 30B, 30C を備えていてもよい。この場合には、中性子線発生部 10 は、照射室 30A, 30B, 30C のそれぞれに対応する 3 つの中性子線出力部 12A, 12B, 12C を含んでいる。さらに、管理室 70 は、全ての照射室 30A, 30B, 30C に隣接するように配置されている。

【 0073 】

中性子捕捉療法システム 103 は、中性子捕捉療法システム 102 と同様の効果を奏することができる。すなわち、中性子捕捉療法システム 103 は、中性子線 N を照射室 30A, 30B, 30C へ選択的に照射するための制御が一の管理室 70 において実施されるので、加速器 11 の利用効率が高まる。従って、システム全体の稼働効率を高めることができる。

【 0074 】

< 第 3 実施形態 >

第 3 実施形態に係る中性子捕捉療法システムについて説明する。図 10 は、第 3 実施形態に係る中性子捕捉療法システム 104 の構成を示す図である。図 11 は、中性子捕捉療法システム 104 の配置を示す図である。図 10 及び図 11 に示すように、中性子捕捉療法システム 104 では、治療台 80 にコリメータ 86 が取り付けられていない点、コリメータ 86 が照射室 30A, 30B に設けられている点、及びダミーコリメータ 51 が準備室 50A, 50B に設けられている点で第 1 実施形態に係る中性子捕捉療法システム 100 と相違する。上記相違する点の他、以下、第 1 実施形態に係る中性子捕捉療法システム 100 と異なる構成について詳細に説明をする。

【 0075 】

照射室 30A, 30B は、カバー 31 のコリメータ取付部 31a に取り付けられたコリメータ 86 を有している。また、照射室 30A, 30B は、照射室 30A, 30B の室内において治療台 80 を所定の位置に位置決めするための基準部（第 1 位置規定部）33 を

10

20

30

40

50

有している。この基準部 3 3 と治療台 8 0 の所定の場所に設けられた目印とを合わせることで、治療台 8 0 を常に同じ位置に配置することが可能となる。すなわち、コリメータ 8 6 に対する治療台 8 0 の位置を中性子線 N の照射毎に一定にすることができる。

【 0 0 7 6 】

準備室 5 0 A , 5 0 B は、ダミーコリメータ (目印) 5 1 を有している。ダミーコリメータ 5 1 は、患者 S の位置合わせのための目印である。ダミーコリメータ 5 1 は、照射室 3 0 A , 3 0 B のコリメータ 8 6 の開口 8 6 a と略同形状の開口を有している。また、準備室 5 0 A , 5 0 B は、準備室 5 0 A , 5 0 B の室内において治療台 8 0 を所定の位置に位置決めするための基準部 (第 2 位置規定部) 5 2 を有している。この基準部 5 2 と治療台 8 0 の所定の場所に設けられた目印とを合わせることで、治療台 8 0 を常に同じ位置に配置することが可能となる。なお、ダミーコリメータ 5 1 は、コリメータ 8 6 の形状を模擬した立体的な物体でなくてもよく、コリメータ 8 6 を平面視した形状を表す図形であってもよい。例えば、スクリーンに投影されたコリメータ 8 6 の投影像であってもよい。モニタに表示されたコリメータ 8 6 の画像であってもよい。また、ダミーコリメータ 5 1 は、準備室 5 0 A の壁面に描画された目印であってもよい。

10

【 0 0 7 7 】

ここで、照射室 3 0 A , 3 0 B におけるコリメータ 8 6 及び基準部 3 3 の関係と、準備室 5 0 A , 5 0 B におけるダミーコリメータ 5 1 及び基準部 5 2 の関係とについて説明する。ダミーコリメータ 5 1 に対する基準部 5 2 の位置関係は、コリメータ 8 6 に対する基準部 3 3 の位置関係と同じとされている。すなわち、中性子捕捉療法システム 1 0 4 の準備室 5 0 A , 5 0 B では、照射室 3 0 A , 3 0 B におけるコリメータ 8 6 と治療台 8 0 との位置関係を模擬することができる。このため、準備室 5 0 A , 5 0 B においてダミーコリメータ 5 1 に対して患者 S の位置合わせを実施することと、照射室 3 0 A , 3 0 B においてコリメータ 8 6 に対して患者 S の位置合わせを実施することとは、同じ意味を有する。

20

【 0 0 7 8 】

中性子捕捉療法システム 1 0 4 における患者 S とコリメータ 8 6 との位置合わせについてさらに説明をする。以下の説明では、照射室 3 0 A 及び準備室 5 0 A における作業を例に説明をする。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 は、患者 S とコリメータ 8 6 との位置合わせを説明するための図である。はじめに、コリメータ 8 6 を治療台 8 0 に配置すると共にダミーコリメータ 5 1 を準備室 5 0 A のダミーコリメータ取付位置に配置する。コリメータ 8 6 及びダミーコリメータ 5 1 は、患者 S 毎に準備する。続いて、図 1 2 (a) 及び図 1 2 (b) に示すように、治療台 8 0 を基準部 5 2 a , 5 2 b を用いて位置決めを行い、治療台 8 0 を固定する。ここで、基準部 5 2 a は、X 軸方向における治療台 8 0 の位置を規定するものである。また、基準部 5 2 b は、Y 軸方向における治療台 8 0 の位置を規定するものである。

30

【 0 0 8 0 】

次に、患者 S を天板 8 3 の上で拘束する。拘束直後は、ダミーコリメータ 5 1 の照射中心軸線 C に対して患者 S の照射目標 R の位置がずれている。そこで、図 1 2 (c) 及び図 1 2 (d) に示すように、治療台 8 0 の昇降部 8 4 a を操作して天板 8 3 を Z 軸に沿った方向に移動させることにより、照射中心軸線 C と患者 S の照射目標 R との Z 軸方向の位置を合せる。続いて、治療台 8 0 のロボットアーム 8 4 を操作して天板 8 3 を X Y 平面に沿った方向に移動させることにより、照射中心軸線 C と患者 S の照射目標 R との Y 軸方向の位置を合せる。

40

【 0 0 8 1 】

準備室 5 0 A での位置合わせが完了すると、治療台 8 0 を照射室 3 0 A に移動させる。そして、治療台 8 0 を、基準部 3 3 a , 3 3 b を用いて位置決めを行った後に固定する。ここで、基準部 3 3 a は、X 軸方向における治療台 8 0 の位置を規定するものである。また、基準部 3 3 b は、Y 軸方向における治療台 8 0 の位置を規定するものである。基準部

50

33a, 33bを用いた位置決めにより、準備室50Aで調整されたダミーコリメータ51と患者Sとの位置関係が、照射室30Aの室内において再現される。すなわち、コリメータ86の照射中心軸線Cの位置に対して、患者Sの照射目標Rが位置合わせされた状態が再現される。このように、中性子捕捉療法システム104によれば、照射室30Aでは基準部33を用いた位置決め作業を行うだけで、コリメータ86の照射中心軸線Cの位置に対して、患者Sの照射目標Rが位置合わせされた状態とすることができる。従って、照射室30Aの室内における作業時間を短縮することができる。

【0082】

中性子捕捉療法システム104によれば、第1実施形態に係る中性子捕捉療法システム100と同様の効果を奏することができる。すなわち、中性子捕捉療法システム104は、照射室30A, 30Bにおける作業の一部を予め準備室50A, 50Bで実施することが可能であるため、照射室30A, 30Bの利用効率を高めることができる。また、中性子捕捉療法システム104は、中性子線Nを照射室30A, 30B, 30Cへ選択的に照射するための制御が一の管理室70において実施されるので、加速器11の利用効率が高まる。従って、システム全体の稼働効率を高めることができる。

【0083】

中性子捕捉療法システム104によれば、準備室50A, 50Bにおいてダミーコリメータ51に対して患者Sを位置合わせすることにより、照射室30A, 30Bにおける患者Sの位置合わせを模擬することができる。従って、照射室30A, 30Bにおける患者Sの位置合わせ作業の時間を短縮することができる。

【0084】

中性子捕捉療法システム104によれば、準備室50A, 50Bの室内において基準部52a, 52bにより位置決めされた治療台80に患者Sを載置した後に、ダミーコリメータ51に対して患者Sを位置合わせする。そして、患者Sを載置した治療台80を照射室30A, 30Bに移動させ、治療台80の位置を基準部33a, 33bにより位置決めすると、コリメータ86と患者Sとの位置合わせがなされた状態になる。従って、照射室30A, 30Bにおけるコリメータ86と患者Sとの位置合わせ作業を準備室50A, 50Bにおいて模擬的に実施することができるので、照射室30A, 30Bにおける患者Sの位置合わせ作業の時間を更に短縮することができる。

【0085】

以上、本発明の中性子捕捉療法システムについて説明したが、本発明は、上記実施形態に限られるものではない。例えば、上記実施形態で例示した構成要素の具体的な寸法、距離等の数値は、説明の理解を容易にするための一例であり、本発明を限定するものではない。

【0086】

また、治療台80は、天板83に代えて、患者Sが座る座部と、座部に対して立設された背もたれと、背もたれの上端に設置された頭部保持部とを備える椅子であってもよい。

【0087】

例えば、中性子捕捉療法システムは、加速器11及びターゲットTにより発生させた中性子線Nを用いるものではなく、原子炉から直接出射される中性子線Nを用いてもよい。すなわち、中性子線発生部10は、原子炉により構成されてもよい。図13は、変形例に係る中性子捕捉療法システム105を示す図である。図13に示すように、中性子捕捉療法システム105では、中性子線発生部10が、加速器11、ビーム輸送路13及び中性子線出力部12A, 12Bを有する構成に代えて、原子炉91を有している。原子炉91からは直接に中性子線Nを出射させることができる。原子炉91を有する中性子線発生部10によれば、中性子捕捉療法システムの稼働に要する消費電力を抑制できる。なお、第1～第3実施形態のように加速器11及びターゲットTを用いて中性子線Nを発生させる構成によれば、原子炉91を有する中性子発生部10と比較して小型化することができる。

【0088】

また、中性子線発生部 10 には、中性子源として、中性子線を放出する放射線同位体や小型核融合炉を用いてもよい。

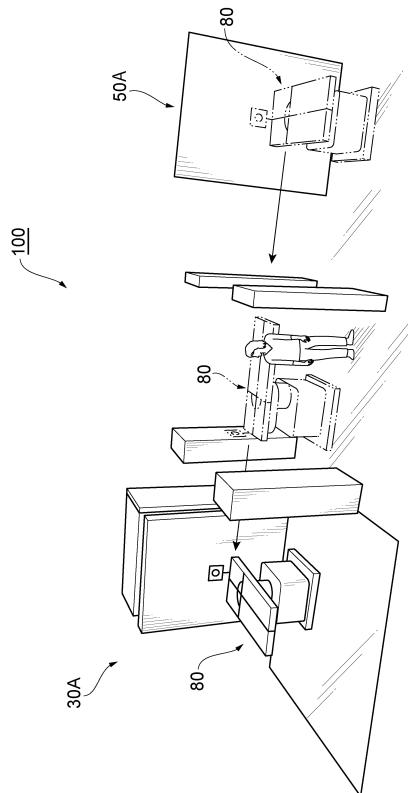
【符号の説明】

【0089】

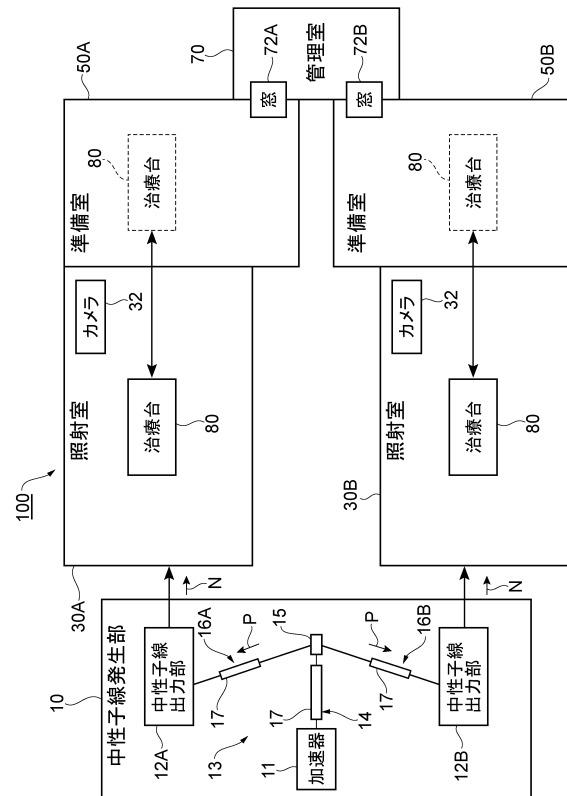
10 ... 中性子線発生部、11 ... 加速器、12A, 12B, 12C ... 中性子線出力部、13 ... ビーム輸送路、14 ... 第1輸送部、15 ... ビーム方向切替器、16A ... 第2輸送部、16B ... 第3輸送部、16C ... 第4輸送部、17 ... ビーム調整部、18 ... 荷電粒子線走査部、30A, 30B, 30C ... 照射室、31 ... カバー（壁体）、32 ... カメラ、33 ... 基準部（第1位置規定部）、40A, 40B ... 連絡室、50A, 50B, 50C ... 準備室、51 ... ダミーコリメータ（目印）、52 ... 基準部（第2位置規定部）、70 ... 管理室、71 ... 制御装置、72 ... 遮蔽体、72A, 72B, 72C ... 窓、73 ... モニタ、80 ... 治療台、81 ... 土台部、82 ... 駆動部、83 ... 天板、84 ... ロボットアーム、86 ... コリメータ、87 ... コリメータ固定部、91 ... 原子炉、100, 101, 102, 103, 104, 105 ... 中性子捕捉療法システム、A1, A2, A3 ... 回転軸、C ... 照射中心軸線、D1, D2 ... 扉、N ... 中性子線、P ... 荷電粒子線、R ... 照射目標、S ... 患者、T ... ターゲット、W ... 遮蔽壁、W1, W2, W3 ... 壁。

10

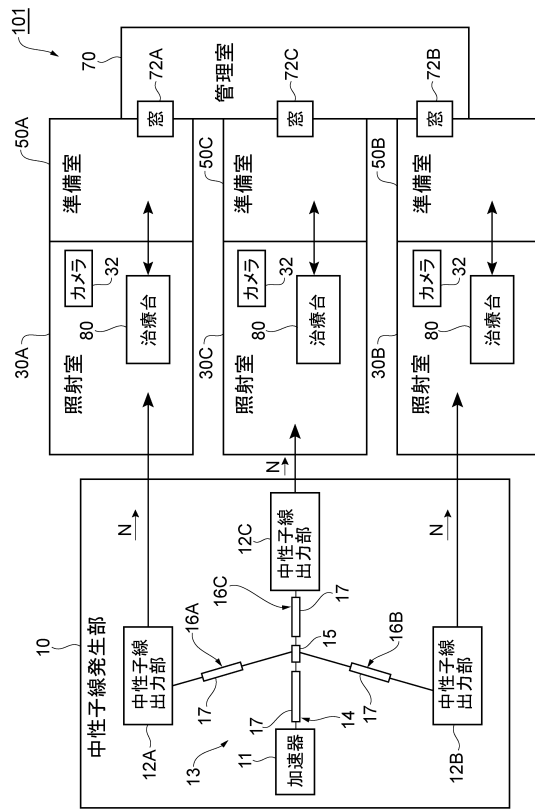
【図1】



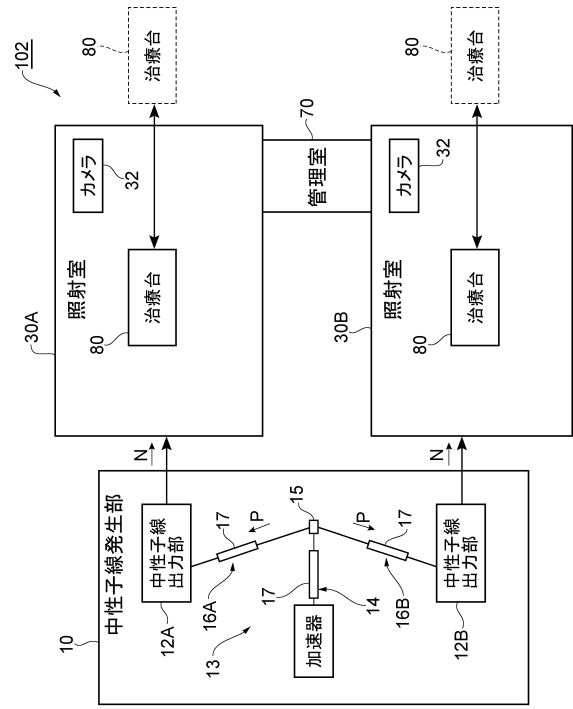
【図2】



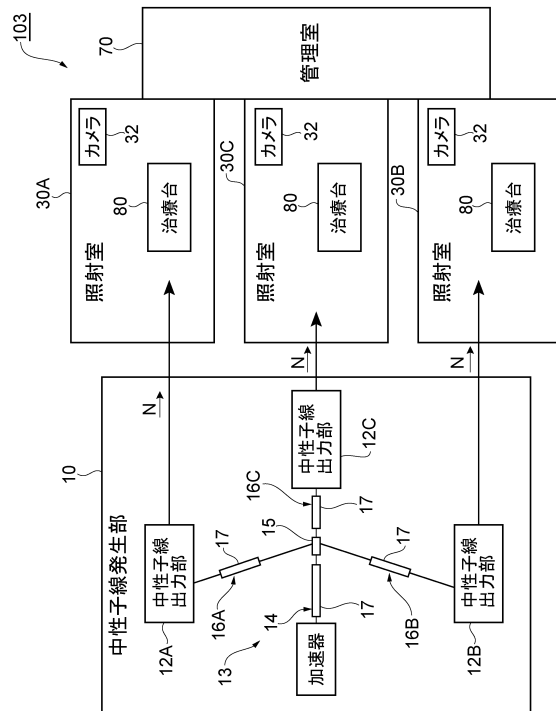
【図 7】



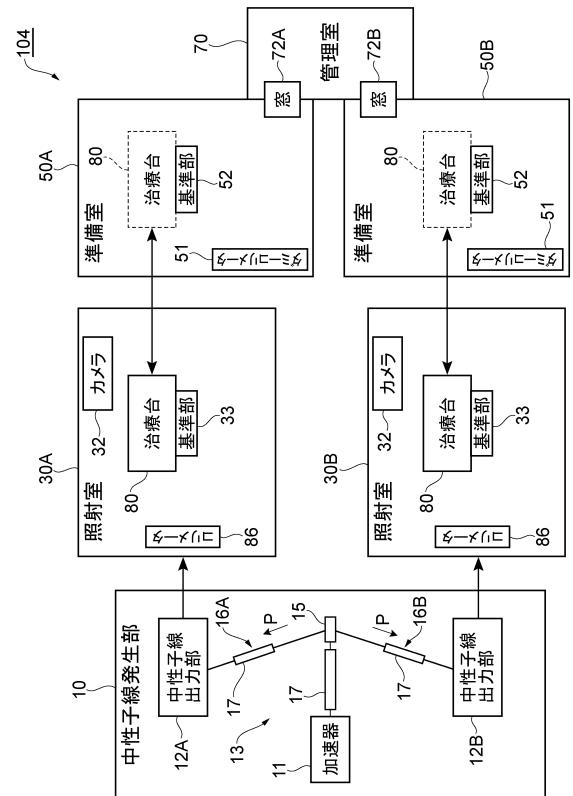
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-289373(JP,A)
特開平11-313900(JP,A)
特開平05-161720(JP,A)
特開平10-071213(JP,A)
特開2005-021311(JP,A)
特開2000-288102(JP,A)
国際公開第2012/029492(WO,A1)
特開2014-161624(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61N 5/10