

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5247565号
(P5247565)

(45) 発行日 平成25年7月24日(2013.7.24)

(24) 登録日 平成25年4月19日(2013.4.19)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 N 5/10 (2006.01) A 6 1 N 5/10 K

請求項の数 9 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2009-90777 (P2009-90777)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成21年4月3日(2009.4.3)	(74) 代理人	100101454 弁理士 山田 卓二
(65) 公開番号	特開2010-240085 (P2010-240085A)	(74) 代理人	100081422 弁理士 田中 光雄
(43) 公開日	平成22年10月28日(2010.10.28)	(74) 代理人	100100479 弁理士 竹内 三喜夫
審査請求日	平成23年9月30日(2011.9.30)	(72) 発明者	生田 剛一 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
		(72) 発明者	平澤 宏祐 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチリーフコリメータ観察装置および放射線治療装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の可動リーフを有し、放射線の照射軸周りに回転自在に保持され、線源からの放射線の照射野を規定するマルチリーフコリメータを観察するための観察装置であって、

マルチリーフコリメータの線源側に設けられ、マルチリーフコリメータのリーフ開口形状を撮像するための撮像部と、

マルチリーフコリメータの照射軸周りの回転角を検出するための回転角検出部と、

データの保存、演算および表示を行うためのデータ処理部とを備え、

該データ処理部は、回転角検出部で検出された回転角に基づいて、予め保存された治療計画データのリーフ開口形状を座標変換する座標変換手段と、

座標変換された参照リーフ開口形状および撮像部で撮像された実リーフ開口形状を、目視照合のために表示する目視照合手段と、

参照リーフ開口形状および実リーフ開口形状を画像処理により照合する画像処理照合手段とを含むことを特徴とするマルチリーフコリメータ観察装置。

【請求項2】

画像処理照合手段は、実リーフ開口形状の輪郭を抽出する輪郭抽出手段をさらに含み、

画像処理照合手段は、抽出された実リーフ開口形状の輪郭および参照リーフ開口形状を、画像処理により照合することを特徴とする請求項1記載のマルチリーフコリメータ観察装置。

【請求項3】

撮像部は、2次元状に配列した複数の画素を有し、

撮像部またはデータ処理部は、故障画素を補正するための故障画素補正手段を含むことを特徴とする請求項1記載のマルチリーフコリメータ観察装置。

【請求項4】

目視照合手段は、参照リーフ開口形状および実リーフ開口形状を重ね合わせて表示する画像オーバーラップ手段を含むことを特徴とする請求項1記載のマルチリーフコリメータ観察装置。

【請求項5】

所定の光学パターンをマルチリーフコリメータ上に投影するためのパターン投影部を備えることを特徴とする請求項1記載のマルチリーフコリメータ観察装置。

10

【請求項6】

パターン投影部は、参照リーフ開口形状に対応した光学パターンを投影することを特徴とする請求項5記載のマルチリーフコリメータ観察装置。

【請求項7】

撮像部は、パターン投影部で投影された光学パターンを撮像し、

画像処理照合手段は、撮像された光学パターンおよび参照リーフ開口形状を画像処理により照合することを特徴とする請求項6記載のマルチリーフコリメータ観察装置。

【請求項8】

データ処理部は、各リーフの原点位置を補正するリーフ原点位置補正手段を含むことを特徴とする請求項1記載のマルチリーフコリメータ観察装置。

20

【請求項9】

請求項1～8のいずれかに記載のマルチリーフコリメータ観察装置と、

患部に向けて放射線を発生する線源とを備えることを特徴とする放射線治療装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、患部に向けてX線等の放射線や粒子線（以下、放射線と総称）を照射して、腫瘍等を治療する放射線治療において、放射線の照射野を規定するマルチリーフコリメータを観察するための観察装置、およびこれを用いた放射線治療装置に関する。

【背景技術】

30

【0002】

放射線治療装置、特に照射に粒子線を用いる放射線治療装置では、照射により患部周辺の正常部位へも与える影響が大きい。このため患部周辺の正常組織への照射量を最小に抑え、最適なエネルギー分布（照射野及び照射量）で放射線を照射する必要がある。

【0003】

放射線治療装置の照射ノズル内には、患部形状とほぼ一致するように照射野を絞るためのマルチリーフコリメータ（多葉コリメータとも称する）が設置される。このマルチリーフコリメータは、リーフと呼ばれる金属板を複数枚組み合わせ構成されており、各リーフは、個別のモータによって独立して長手方向に沿った移動および位置決めが可能である。

【0004】

40

典型的なマルチリーフコリメータでは、1つのライン毎に左右一对の可動リーフが配置されており、左リーフ群と右リーフ群の間に位置するリーフ開口は所望の形状に変更できる。従って、各リーフのエッジ位置を正確に制御することにより、治療ビームの照射野を様々な患部形状に一致させることができる。

【0005】

また、マルチリーフコリメータ全体は、治療ビームの照射軸を中心に回転可能に保持されており、これによりリーフ開口の回転角制御が可能になり、患部形状への適合性が高くなっている。

【0006】

通常、リーフ開口形状は、患部の形状に対応するように治療計画時に計算され、設定さ

50

れている。しかし、各リーフを駆動するモータや位置検知用のエンコーダに故障が発生した場合、治療計画通りの形状になっていない可能性が考えられる。そのため安全を期して、放射線を照射する際、このリーフ開口形状が治療計画どおりの形状に設定できたか否かを確認する必要がある。

【0007】

このリーフ開口形状の事前確認方法としては、照射開始前にリーフ開口を照射ノズル内部から可視光で照射して患部付近の表面に投影し、この投影画像と治療計画形状をオペレータの目視で比較することが一般的に行われている。

【0008】

しかし、目視による単純比較確認のため、微細な形状の違いについては、検出が困難である。また、連続的に異なるコリメータ形状で照射を行う積層原体照射や多門照射においては、このような方法で比較照合することが非常に困難となる。

10

【0009】

下記特許文献1では、リーフ移動用のモーターシャフトに磁気エンコーダを接続して、モータの回転量に応じて所定のレートおよび位相でパルス信号を出力し、このパルスをカウントすることにより、各リーフの位置を検出する方法が提案されている。

【0010】

また下記特許文献2では、各リーフの先端に、照明手段からの照明光を強く反射する反射体を設け、この反射体の位置をカメラで撮像することによってリーフ開口形状を検出する方法が提案されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特表平11-507253号公報

【特許文献2】特許第2644007号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

リーフは、リーフ間の低摩擦化や放射線耐久性を考えて、通常、金属で製作される。照明光を用いてリーフ開口を撮像した場合、リーフ素材が金属であるため、照射角度によっては若干の鏡面反射が起こることがあり、鮮明な画像が得られない可能性がある。

30

【0013】

特許文献1で提案された方法では、リーフ移動用のモーターシャフトに磁気エンコーダを設置してリーフ位置を検出していることから、位置検出用の磁気エンコーダを新たに追加することになる。これは、マルチリーフコリメータの基本部分の変更となるため、新規開発の製品については適用可能であるが、既に稼動しているマルチリーフコリメータに適用するのは困難となる。さらに、目視による最終確認を想定していないため、治療計画図の取り違いなどの人為的ミスや、磁気エンコーダ等の機器の故障などを事前に回避することは困難である。

【0014】

40

また特許文献2で提案された方法では、各リーフに反射体またはパターン画像を設けてリーフ位置を確認していることから、反射体を個別のリーフに取り付ける必要があり、その結果、設置の負担が高くなる。また、リーフ面の鏡面反射と同様に、リーフの角度による反射光強度の変動が大きいため、検出の不安定性が懸念される。

【0015】

本発明の目的は、マルチリーフコリメータのリーフ開口形状を容易に精度良く確認できるマルチリーフコリメータ観察装置および放射線治療装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0016】

上記目的を達成するために、本発明は、複数の可動リーフを有し、放射線の照射軸周り

50

に回転自在に保持され、線源からの放射線の照射野を規定するマルチリーフコリメータを観察するための観察装置であって、

マルチリーフコリメータの線源側に設けられ、マルチリーフコリメータのリーフ開口形状を撮像するための撮像部と、

マルチリーフコリメータの照射軸周りの回転角を検出するための回転角検出部と、

データの保存、演算および表示を行うためのデータ処理部とを備え、

該データ処理部は、回転角検出部で検出された回転角に基づいて、予め保存された治療計画データのリーフ開口形状を座標変換する座標変換手段と、

座標変換された参照リーフ開口形状および撮像部で撮像された実リーフ開口形状を、目視照合のために表示する目視照合手段と、

参照リーフ開口形状および実リーフ開口形状を画像処理により照合する画像処理照合手段とを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、治療計画データから得られる参照リーフ開口形状および撮像によって得られる実リーフ開口形状を目視照合のために表示することによって、人為的ミスや機器の故障などに起因した誤照射を事前に防止することができる。

また、実リーフ開口形状および参照リーフ開口形状を画像処理により照合することによって、患部形状と照射野との同一性を容易かつ精度良く確認できる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の実施の形態1を示す概略構成図である。

【図2】マルチリーフコリメータの一例を示す斜視図である。

【図3】本発明の実施の形態2を示す概略構成図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

実施の形態1 .

図1は、本発明の実施の形態1を示す概略構成図である。放射線治療装置は、放射線を発生する線源を有する放射線照射装置1と、患者2を固定するための治療台TBなどで構成される。放射線照射装置1は、3次元位置決め機構（不図示）に搭載された照射ヘッドHDに固定され、所望の方向から患者2の患部に向けて治療ビームBMを照射できるように構成される。治療台TBについても別の3次元位置決め機構（不図示）に搭載され、患者2の位置および姿勢が調整できるように構成される。照射ヘッドHDのビーム出射側には、線源からの放射線の照射野を規定して、患部以外の部位への照射量を低減するためのマルチリーフコリメータ3が設置される。

【0020】

図2は、マルチリーフコリメータ3の一例を示す斜視図である。マルチリーフコリメータ3は、金属板で形成された複数のリーフ31がY方向に積層されて構成される。各リーフ31は、個別のモータによって独立にX方向移動が可能であり、典型的には1つのXライン毎に左右一対のリーフ31が配置されている。左リーフ群と右リーフ群の間にはリーフ開口32が形成され、その形状は各リーフ31の内エッジで決定される。

【0021】

こうしたマルチリーフコリメータ3は、図1の照射ヘッドHDに対して回転機構（不図示）を介して設置され、治療ビームBMの軸周りに回転自在に保持される。従って、リーフ開口32は、XY面に沿った2次元形状およびZ軸周りの回転角について任意に制御可能になり、これによりZ方向に沿って照射される治療ビームBMの照射野を様々な患部形状に一致させることができる。

【0022】

放射線治療の前段階である治療計画では、X線CT(Computed Tomography)等の断層像撮影装置を用いて患者の病巣部を撮影し、得られた3次元CTデータの診断結果に基づい

10

20

30

40

50

て、腫瘍患部の位置や形状を特定し、放射線を照射する領域、照射方向、照射線量など治療計画データを決定する。こうした治療計画データに基づいて、患者別にリーフ開口32の形状が設定される。

【0023】

図1を参照して、本実施形態に係るマルチリーフコリメータ観察装置は、撮像部4と、回転角検出部5と、データ処理部DPなどで構成される。

【0024】

撮像部4は、例えば、2次元状に配列した複数の画素を有する固体撮像素子などを備え、マルチリーフコリメータ3の線源側であって、照射ヘッドHDの内部または外部に設けられ、リーフ開口32の形状を撮像する機能を有する。撮像部4は、ビームBMの軸に対して傾斜した方向に設置してもよく、その傾斜角度を考慮することにより、ビームBMの軸方向から撮像した画像に変換することが可能である。こうした得られたコリメータ画像41は、実リーフ開口形状を含むものであり、データ処理部DPに転送される。

10

【0025】

撮像部4は、画像処理が容易なデジタル出力のカメラであってもよく、あるいはアナログ出力カメラをデジタルキャプチャ装置とともに使用する構成でもよい。また、図1では単一の撮像部4を設けた場合を例示しているが、複数の方向から撮像可能なように複数の撮像部4を設けてもよい。なお、撮像用の照明光をリーフ開口32に向けて照射するために、単一または複数の照明光源が設けられる。

【0026】

放射線治療を実施した場合、撮像部4は、長期間強い放射線に曝されるため、撮像素素に故障が起こる可能性が高く、その結果、画質が極端に劣化してしまう。放射線被曝によった故障した画素は、一般に、画素値が常時飽和した状態になってしまう症状が多い。その対策として、故障画素の値と、故障画素に隣接する数画素（例えば、隣接8画素）の値との差分をとり、その差分が一定の閾値を超えた場合に、中間値または平均値により補間することによって、故障画素を補正することが好ましい。

20

【0027】

また、放射線被曝では孤立して画素が損傷することが多く、カラーカメラの場合、RGBの特定の色成分が突出する状態となる。このためカラーカメラの場合、突出している色成分のみを周りの画素の色相と同様になるように補正することで、自然な画像の復元が可能となる。

30

【0028】

これにより画素故障がある程度生じてても、目視する際の画像品質を良好に保ち、照合を容易にすることができる。こうした故障画素補正手段は、撮像部4の信号処理部に設けてもよく、あるいはデータ処理部DPに設けてもよい。

【0029】

次に、回転角検出部5は、照射ヘッドHDに設けられ、マルチリーフコリメータ3のZ軸周りの回転角を検出する機能を有する。回転角検出部5は、照射ヘッドHDに対するマルチリーフコリメータ3の回転角を実際に測定する機器、例えば、ロータリエンコーダなどで構成してもよく、あるいは、マルチリーフコリメータ3を回転駆動するモータの制御装置への回転角設定値を取得する構成でも構わない。

40

【0030】

データ処理部DPは、コンピュータ、ディスプレイ、マスタストレージ等を備え、所定のソフトウェアに従って各種データの保存、演算および表示を行う機能を有する。データ処理部DPには、治療計画で使用した3次元CTデータ、その診断結果に伴う腫瘍患部の位置や形状、放射線の照射領域、照射方向、照射線量、リーフ開口32の形状などの治療計画データが予め保存されている。

【0031】

回転角検出部5で検出された回転角は、座標変換手段6に送られる。座標変換手段6は、ソフトウェア等で構成され、回転角検出部5で検出された回転角に基づいて、予め保存

50

された治療計画データのリーフ開口形状を座標変換し、撮像部4で撮像された実際のリーフ開口形状の座標系と一致させる。こうして得られたリーフ開口形状は、照合用の参照リーフ開口形状として用いられる。

【0032】

撮像部4からのコリメータ画像41および座標変換手段6で座標変換された参照リーフ開口形状は、目視照合手段7に送られる。目視照合手段7は、ソフトウェア等で構成され、参照リーフ開口形状およびコリメータ画像41に含まれる実リーフ開口形状をディスプレイ上で表示して、オペレータの目視照合に使用される。

【0033】

目視照合手段7は、参照リーフ開口形状および実リーフ開口形状を重ね合わせて表示する画像オーバーラップ手段を含むことが好ましく、これによりオペレータの目視照合作業を支援できる。画像オーバーラップ手段は、ソフトウェア等で構成され、参照リーフ開口形状の輪郭線を単純に重ね合わせるだけでなく、目視照合が容易になるように、オペレータの操作により自由に明滅または、一定間隔で明滅させてもよい。また、輪郭部分だけでなく、リーフ開口形状内部を塗りつぶした状態で重ね合わせ表示してもよい。

10

【0034】

撮像部4からのコリメータ画像41および座標変換手段6で座標変換された参照リーフ開口形状は、画像処理照合手段8にも送られる。画像処理照合手段8は、ソフトウェア等で構成され、参照リーフ開口形状および実リーフ開口形状を画像処理により照合する。画像処理による照合は、コリメータ画像41における各リーフ端部の位置を画像処理によって抽出して照合を行う方法や、治療計画時に算出された各リーフの位置を所定の変換によりコリメータ画像41に重ねて表示し照合を行う方法等があり、既存の画像処理ソフトウェアを使用することも可能である。

20

【0035】

画像処理照合手段8は、例えば、実リーフ開口形状のエッジ部分を検出して輪郭線を抽出し、得られた輪郭線および参照リーフ開口形状を画像処理により照合してもよい。こうした輪郭線抽出により、画像処理照合に必要な演算量を削減でき、処理速度の向上が図られる。

【0036】

輪郭線抽出の手法として、リーフ開口32の内部と外部の階調差を利用して階調を2値化することにより、開口部内部領域を検出した後、境界線として輪郭部分を検出してもよい。また、2つの撮像部4の視差を利用してステレオ撮像を行い、各リーフ31の上部平面对応する画像のみを抽出することによって、リーフ開口32を除いたリーフ部分が検出でき、これによって輪郭を抽出してもよい。

30

【0037】

このように目視照合手段7を用いて、参照リーフ開口形状および実リーフ開口形状を目視照合のために表示することによって、人為的ミスや機器の故障などに起因した誤照射を事前に防止することができる。

【0038】

また、画像処理照合手段8を用いて、実リーフ開口形状および参照リーフ開口形状を画像処理により照合することによって、患部形状と照射野との同一性を容易かつ精度良く確認できる。

40

【0039】

次に、本実施形態に係る放射線治療装置を用いた放射線照射の手順について説明する。患者に対して放射線の照射を行う際には、事前に、医師により患部領域(腫瘍)への照射野が決定される。決定された照射野は、治療計画データとして、照射制御装置(不図示)およびデータ処理部DPに格納される。照射制御装置は、放射線照射装置1、マルチリーフコリメータ3、照射ヘッドHDの3次元位置決め機構、治療台TBの3次元位置決め機構等を制御するためのものである。

【0040】

50

照射制御装置に格納された治療計画データに基づいて、マルチリーフコリメータ3のリーフ開口形状およびマルチリーフコリメータ回転角が、治療計画時に算出された値に設定される。

【0041】

次に、撮像部4によって得られたコリメータ画像41は、目視照合手段8により目視照合され、実リーフ開口形状が、座標変換された治療計画形状である参照リーフ開口形状と異なっていないかチェックされる。両者が一致していると判断された場合、データ処理部DPは照射許可信号を照射制御装置に出力し、一方、両者が異なると判断された場合には照射停止信号を出力する。

【0042】

この目視照合と独立して、画像処理照合手段8は、参照リーフ開口形状（あるいはその輪郭線）および実リーフ開口形状を画像処理により照合する。両者が予め設定された誤差範囲以内で一致した場合、データ処理部DPは照射許可信号を照射制御装置に出力し、一方、一致しない場合には照射停止信号を出力する。

【0043】

従って、目視照合および画像処理照合の両方が正常である場合のみ、マルチリーフコリメータ3の設定が問題なしと判断され、治療ビームBMの照射が可能になる。これにより人為的ミスや機器の故障などに起因した誤照射を確実に防止できる。

【0044】

以上のように本実施形態では、目視による照合と画像処理による自動照合の双方を用いている。従来のように目視で高精度のチェックを行う場合、オペレータに高い負荷がかかり、かなりの照合時間が要するが、本実施形態では、高精度の照合については画像処理照合が担当するため、オペレータはパターン全体の相違に注力でき、効率的な放射線治療操作が可能である。

【0045】

また、画像処理照合を用いた場合、患部形状と照射野との同一性を容易かつ精度良く確認できる。そのため、患部以外の正常組織に照射される不要線量、治療に必要な照射回数、照射門ごとに必要な患者コンペンセータの数などを低減できる。

【0046】

実施の形態2

図3は、本発明の実施の形態2を示す概略構成図である。本実施形態では、図1に示す照射ヘッドHDの内部または外部に、パターン投影部9を設置している。パターン投影部9は、ディスプレイスクリーンおよび投影ズーム光学系などを備え、データ処理部DPから伝送されたパターン画像をディスプレイスクリーン上に表示し、この光学パターンをマルチリーフコリメータ3上に投影する機能を有する。投影位置、投影方向および投影倍率が調整可能なように、パターン投影部9は3次元位置決め機構（不図示）に搭載することが好ましい。

【0047】

パターン投影部9は、図3に示すように、治療計画データのリーフ開口形状を座標変換した参照リーフ開口形状に対応した光学パターン91を投影することが好ましい。このとき投影位置、投影方向および投影倍率は、光学パターン91とマルチリーフコリメータ3のリーフ開口32の形状とがほぼ一致するように調整される。実際のリーフ開口32の形状が光学パターン91と異なる場合、光学パターン91の部分的な欠落や膨張が生ずる。これにより実際のリーフ開口32の形状と参照リーフ開口形状との同一性がオペレータの目視によって容易に確認できる。

【0048】

投影した光学パターン91とリーフ開口32のエッジとの照合が見やすいように、光学パターン91を上下左右に任意に移動もしくは周期的に移動する構成にしてもよい。また、投影する光学パターン91の輪郭をリーフ開口32より僅かに大きめに設定することが好ましく、これによりエッジ付近での照合が容易になる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

また、撮像部 4 がリーフ開口 3 2 に投影した光学パターン 9 1 を撮像してデータ処理部 D P へ伝送するとともに、画像処理照合手段 8 は、撮像された光学パターンおよび参照リーフ開口形状を画像処理により照合することも可能である。このとき光学パターン 9 1 がリーフ開口 3 2 の内側だけに投影された場合、その投影部分は見えないので、光学パターン 9 1 を正規の投影位置からずらしながら撮像することにより、実際のリーフ位置がどれくらいずれているかの情報を得ることができる。

【 0 0 5 0 】

さらに、迅速な観測を行うために、参照リーフ開口形状を僅かに縮小した光学パターン 9 1、および僅かに拡大した光学パターン 9 1 の 2 種類の投影パターンを使用することが好ましい。このときリーフ位置が正常であれば、拡大パターンを投影した場合、輪郭線の全体が観察でき、一方、縮小パターンを投影した場合、輪郭線の全てが見えなくなるため、パターン照合が短時間で完了する。

10

【 0 0 5 1 】

実施の形態 3 .

マルチリーフコリメータ 3 を長期間使用すると、各リーフ 3 1 の原点位置が微妙にずれてくる場合がある。その対策として、本実施形態では、図 1 に示すデータ処理部 D P は、各リーフ 3 1 の原点位置を補正するリーフ原点位置補正手段を含む。原点位置補正手段は、ソフトウェア等で構成され、画像処理照合手段 8 による照合が正常でない場合、実リーフ開口形状と参照リーフ開口形状とのずれ量を算出し、ずれ量を解消するための原点補正データを照射制御装置に伝送する。照射制御装置は、この原点補正データに基づいて、各リーフ位置を制御するモータ制御回路の原点位置を更新し、その結果、実リーフ開口形状と参照リーフ開口形状が一致するようになる。こうした原点位置補正により、常に精度の高い照合が可能となる。

20

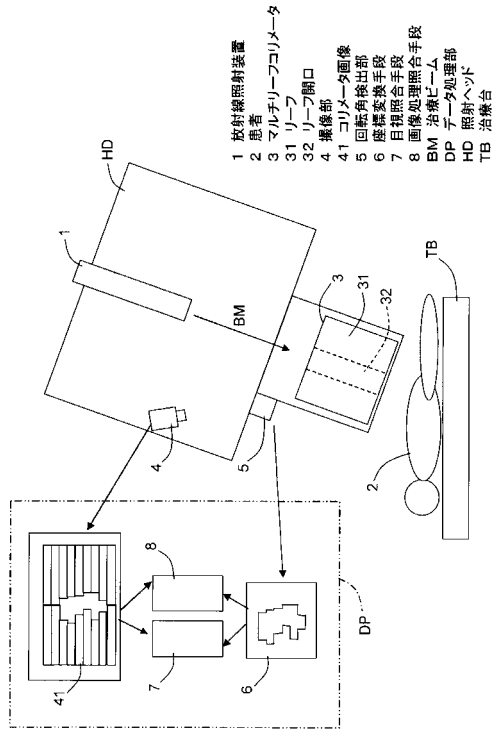
【 符号の説明 】

【 0 0 5 2 】

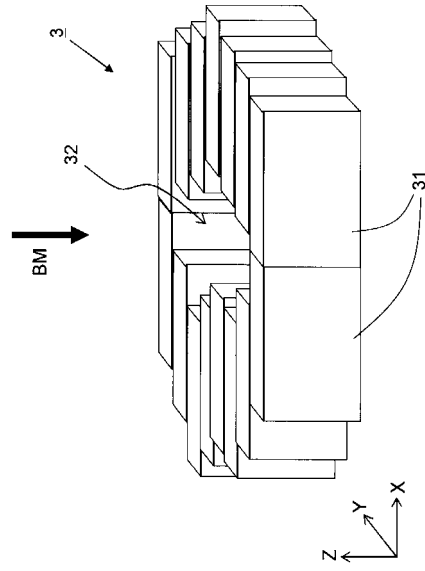
1 放射線照射装置、 2 患者、 3 マルチリーフコリメータ、 3 1 リーフ、
 3 2 リーフ開口、 4 撮像部、 4 1 コリメータ画像、
 5 回転角検出部、 6 座標変換手段、 7 目視照合手段、
 8 画像処理照合手段、 9 パターン投影部、 9 1 光学パターン、
 B M 治療ビーム、 D P データ処理部、 H D 照射ヘッド、 T B 治療台。

30

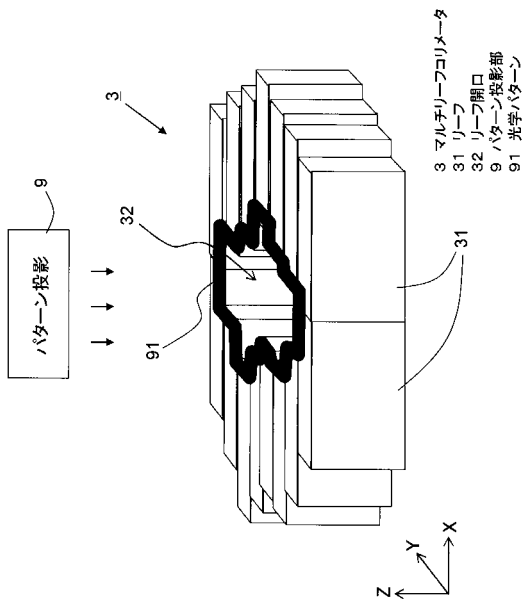
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

- (72)発明者 鹿毛 裕史
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 鷲見 和彦
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 石川 薫

(56)参考文献 特開2010-240085(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61N 5/10