

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4331923号  
(P4331923)

(45) 発行日 平成21年9月16日 (2009.9.16)

(24) 登録日 平成21年6月26日 (2009.6.26)

(51) Int. Cl.

F I

**A 6 1 B 6/00 (2006.01)****G 2 1 K 5/02 (2006.01)****G 2 1 K 5/10 (2006.01)**

A 6 1 B 6/00 3 7 0

A 6 1 B 6/00 3 0 0 D

A 6 1 B 6/00 3 0 0 X

G 2 1 K 5/02 X

G 2 1 K 5/10 M

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-219184 (P2002-219184)  
 (22) 出願日 平成14年7月29日 (2002.7.29)  
 (65) 公開番号 特開2004-57438 (P2004-57438A)  
 (43) 公開日 平成16年2月26日 (2004.2.26)  
 審査請求日 平成17年2月17日 (2005.2.17)

(73) 特許権者 000153498  
 株式会社日立メディコ  
 東京都千代田区外神田四丁目14番1号  
 (74) 代理人 110000350  
 ポレール特許業務法人  
 (74) 代理人 100068504  
 弁理士 小川 勝男  
 (74) 代理人 100086656  
 弁理士 田中 恭助  
 (72) 発明者 馬場 理香  
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
 株式会社日立製作所 中央研究所内  
 (72) 発明者 植田 健  
 東京都千代田区内神田一丁目1番14号  
 株式会社日立メディコ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元X線計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

X線を発生するX線源と、  
 被写体を透過したX線を検出するX線検出器と、  
 前記X線源と前記X線検出器とを支える支持体と、  
 前記支持体を回転させる回転機構を有する支柱と、  
 放射線を発生し、前記被写体の回りを回転する放射線源とを有するX線計測装置において、  
 前記回転機構の回転軸と、前記放射線源の回転軸は一致し、  
 前記回転軸が、前記放射線源と前記被写体の着目部位を結ぶ直線に直交するよう配置され、  
 前記放射線源は、前記回転軸に直交し、前記着目部位を含む面内を回転し、  
 前記X線源と前記X線検出器は、前記回転軸に直交し前記着目部位を含まない面内を回転し、  
 前記X線源と前記X線検出器の検出面の中心を結ぶ中心線が、前記回転機構の回転軸と前記中心線を含む面内において、前記回転軸に直交する軸に対して傾いた状態で、  
 前記支持体が前記放射線源と前記被写体の着目部位を結ぶ直線を通して前記回転軸を中心とする回転角が180度以上で360度より小さく、前記回転軸を中心として前記X線源と前記検出器を回転させ、前記X線源からX線を照射して前記検出器によって計測像を取得し、得られた前記計測像を再構成処理して3次元画像を得ることを特徴とす

10

20

る 3 次元 X 線計測装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の 3 次元 X 線計測装置において、前記支柱は、前記中心線が被検体の着目部位を貫通するよう支柱を調整させる調整手段を備えたことを特徴とする 3 次元 X 線計測装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の 3 次元 X 線計測装置において、前記支持体は、前記支柱により、前記中心線が被検体の着目部位を貫通して回転するよう保持されていることを特徴とする 3 次元 X 線計測装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は放射線治療装置や内視鏡外科手術装置や大腿骨掘削装置等の操作中に、操作に支障を与えることなく、被写体の着目部位の 3 次元像を得ることが可能な X 線計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

本発明は、既設の放射線治療装置や内視鏡外科手術装置や大腿骨掘削装置等の医療装置の機能向上のために増設される X 線計測装置に関し、これらの医療装置の操作中に、その操作の障害になることなく、被写体の着目部位の 3 次元像を得ることが可能な X 線計測装置に関する。

20

【0003】

腫瘍に放射線を照射して癌組織を破壊する放射線治療がある。放射線治療では非常に強い放射線を照射する。正常組織に及ぼす影響を抑えるために、放射線が正確に腫瘍に照射されることが要求される。事前に CT 等により計測された 3 次元データを用いた治療計画が行われている。

【0004】

正確な照射を行うために、3 次元データ計測時と放射線治療時において、計測結果として得られた腫瘍位置と照射される放射線とがずれないことが必要である。そのために、被写体を固定具を用いて固定することが行われている。しかし、硬い頭蓋に囲まれている頭頸部に比較して、柔らかい体幹部は固定が難しい。また、固定できても、体幹部では呼吸移動等により腫瘍の位置が移動してしまう。

30

【0005】

そのため、従来は、新医療 2001 年 12 月号 86 頁に記載があるように、圧迫や強制的呼吸法で呼吸運動を制限する方法、呼吸運動をモニタして同期を行う方法、マーカーを腫瘍内に挿入して腫瘍位置を追跡する方法がとられている。しかし、従来の呼吸制限法には、患者に負担をかける問題があった。従来の呼吸モニタ法には、時間がかかる問題があった。従来のマーカー法には、特定の腫瘍にしか適用できない問題があった。

【0006】

これらの問題を解決するために、放射線照射中に腫瘍の位置を 3 元的、且つ、リアルタイムに検出することにより、リアルタイムに照射位置の修正を加えることが望まれている。

40

【0007】

開胸や開腹を行わずに、先端にかん子の付いたロボットアームを体表にあけた小さな孔から差し込んで手術を行う内視鏡外科手術がある。日本コンピュータ外科学会誌 2000 年 12 月号 90 頁に記載があるように、拡大されたアーム操作が可能な特殊なコンソールを持ち、アームを正確に微細に動かすことが可能なシステムが開発されている。

【0008】

術者は、内視鏡の先端に取り付けられたカメラから得られる立体像を見ながら、手術を行う。アームは複数の関節を持っており、体腔内で自由な動きが可能である。しかし、内視

50

鏡の挿入位置や体腔内の空間は限られており、内視鏡カメラでは十分な３次元的情報は得られない問題があった。

【０００９】

これらの問題を解決するために、手術中にアームの先端と手術対象の位置を３次元的に検出することが望まれている。

【００１０】

股関節を人工股関節に置き換える股関節置換手術や、人工股関節を新しい人工股関節に置き換える人工股関節再置換手術がある。置換手術では人工股関節の足部分を入れるために大腿骨を掘削し、再置換手術では人工股関節の足部分を固定していたセメントを掘削する。掘削された孔と人工股関節の隙間は詰め物や接着剤で補う。これらの介在が少ないほど大腿骨と人工股関節は一体化して長持ちするため、３次元的に正確な掘削が望まれている。

10

【００１１】

従来、これらの掘削は、人が、のみを用いて徒手的に行っているが、３次元的に正確な掘削は困難である。そのため、日本コンピュータ外科学会誌２０００年１２月号１６５頁に記載があるように、事前にＣＴ等で計測された３次元データを元に、ロボットのアームをコントロールして掘削するシステムが開発されている。

【００１２】

手術中は、掘削ロボットと大腿骨の位置がずれないように、両者は固定されている。しかし、固定は患者に負担をかける問題があった。また、大腿骨は患者につながっており、移動する可能性がある問題があった。

20

【００１３】

これらの問題を解決するために、掘削中に骨と孔の位置を３次元のかつリアルタイムに検出することにより、掘削位置の修正を加えることが望まれている。

【００１４】

例えば、特開２００１－２５９０５９のように、予め放射線の照射ノズルと放射線の照射位置をリアルタイムに検出するためのＸ線照射装置を一体のシステムとして回転ガントリに実装するケースもあるが、しかしながら、上述したような治療装置の多くは、治療の操作中に治療対象位置を３次元のかつリアルタイムに検出するための装置を備えていない。

30

【００１５】

【発明が解決しようとする課題】

このため、医療装置による施術中に治療位置を３次元、且つ、リアルタイムに検出する装置を既設の医療装置にも簡単に付加することができ、リアルタイムに治療位置の修正を加えることが望まれる。本発明の目的は、放射線治療装置や内視鏡外科手術装置や大腿骨掘削装置等の医療装置の操作中に、操作に支障を与えることなく、被写体の着目部位（治療位置）の３次元像を得ることが可能な増設型のＸ線計測装置を提案することである。

【００１６】

既設の放射線治療装置や内視鏡外科手術装置や大腿骨掘削装置等の医療装置は、それ自体が操作しやすい構造とされているが、これに３次元像を得ることが可能なＸ線計測装置を増設する際には、これらの医療装置の操作に支障を及ぼすことなく、且つ、着目部位（治療位置）の３次元的位置情報を正確に得ることが可能なものに工夫する必要がある。しかも、連続的に３次元像を得ることができ、得られた３次元像は高空間分解能で、広視野であるとともに、被治療者の低被爆に配慮された３次元Ｘ線計測装置であることが必要である。

40

【００１７】

さらに考慮すべき点は、既設の医療装置の大きさに関わらず、簡単な調整のみで増設することができる３次元Ｘ線計測装置とすることである。

【００１８】

【課題を解決するための手段】

50

既設の医療装置は、それ自体が操作しやすい構造とされるため、一般に、医療装置のベッドに仰向けになっている被治療者の着目部位（治療位置）を真上から見下ろす位置に放射線照射装置あるいはロボットアーム等の治療器具が配置される。そして、真上から着目部位を見下ろす線を中心としたある範囲の広がりがあるが既設の医療装置の操作のために専有する領域として必要とされる。そのため、本発明は、３次元Ｘ線計測装置のＸ線源とＸ線検出器の検出面の中心を結ぶ中心線を、前記真上から着目部位を見下ろす線に対して所定角度傾けるものとすることによって目的を達成される。

【００１９】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を既設の放射線治療装置に３次元Ｘ線計測装置を増設する例について説明する。

【００２０】

（実施例１）

図１は既設の放射線治療装置に本発明の実施例１の３次元Ｘ線計測装置を増設した例を模式的に示す断面図である。ただし、図を簡潔にするため、断面を示すハッチングは省略した。

【００２１】

既設の放射線治療装置はＬ字構造の保持棒１２２の一端に放射線源１２１が保持された構造である。１３０は支柱であるとともに、保持棒１２２を回転可能に保持する。回転軸を１０５で示す。放射線源１２１は寝台１２４上に仰向けに寝かされている被治療者１２３の着目部位１２６の真上に位置するように寝台１２４は位置決めされ、放射線源１２１から領域１２７の面積の放射線が被治療者１２３の着目部位１２６に照射される。着目部位１２６に照射される放射線の強さおよび領域１２７の面積あるいは形は、治療指針に従って、放射線源１２１の前面に備えられるコリメータ（図示しない）によって調整される。

【００２２】

本発明の３次元Ｘ線計測装置はＸ線源１０１、Ｘ線検出器１０２を備え、Ｃ字型に形成された支持棒１０３の両端にＸ線源１０１、Ｘ線検出器１０２が保持される。１０４は支柱であるとともに支持棒１０３を回転可能に保持する。回転軸が既設の放射線治療装置の回転軸１０５と一致するように、支柱１０４に備えられる図示しない高さ調節装置で調整する。１０７は横軸調整装置であり、支柱１０４の位置を回転軸１０５の方向および回転軸１０５に垂直な方向に調整する。この３次元Ｘ線計測装置のＸ線源１０１およびＸ線検出器１０２を結ぶ線１０６が、寝台１２４上に仰向けに寝かされている被治療者１２３の着目部位１２６を貫通する関係となるように、横軸調整装置１０７により、支柱１０４が位置決めされる。Ｘ線源１０１およびＸ線検出器１０２を結ぶ線１０６が着目部位１２６を貫通する関係となるようにすることにより、着目部位１２６を３次元像の中心に据えることができる。また、支持棒１０３は支柱１０４によって、Ｘ線源１０１およびＸ線検出器１０２を結ぶ線１０６が着目部位１２６を貫通する関係を保ったままＣ字に沿ってスライドできるように保持される。

【００２３】

Ｘ線源１０１と被治療者１２３の間にＸ線遮蔽用コリメータ（図示しない）を設置し、被治療者１２３のＸ線の被爆量を抑制する。例えば、Ｘ線源１０１による照射範囲がＸ線検出器１０２の検出面と一致するように、コリメータを調整する。コリメータは上下左右の４枚の羽根で構成されている。中心線１０６に対する検出器１０２の傾きを検出し、傾きに応じて羽根を移動させ、開口を調整する。開口は検出器１０２が中心線１０６に対して垂直な場合に最も大きく、中心線１０６から傾くほど小さくなる。

【００２４】

放射線治療装置は回転軸１０５を回転中心として、紙面と直角方向に治療に必要な範囲で回転させながら、放射線源１２１から領域１２７の面積の放射線を被治療者１２３の着目部位１２６に照射する。３次元Ｘ線計測装置は、後述するように被治療者１２３の着目部位１２６を連続的にモニターして着目部位１２６の現在位置をリアルタイムで出力するも

10

20

30

40

50

のとされる。

【 0 0 2 5 】

図には示さなかったが、必要なプログラムを備える、いわゆるパーソナルコンピュータが設けられて、３次元Ｘ線計測装置の検出器（フラットパネルセンサ、Ｘ線イメージンテンシファイアとＣＣＤカメラの組み合わせ、イメージングプレート、ＣＣＤ検出器、固体検出器等）の出力する被治療者１２３の着目部位１２６の現在位置に対応した位置信号に対して、治療指針に応じた放射線源１２１からの放射線が照射されるように、放射線治療装置が制御される。リアルタイムで出力された着目部位１２６の現在位置の予定位置からのずれに対しては、前述したコリメータで制御される。

【 0 0 2 6 】

先にも述べたように、既設の放射線治療装置はそれ自体の作業性を考えたベストの構造とされているから、一般には図１に示すように、放射線源１２１が着目部位１２６の真上にあることになる。放射線源１２１は２点鎖線で囲まれた領域１２７内に放射線を照射する。放射線照射は治療計画に基づいて着目部位１２６に対して種々の方向からなされる必要があり、放射線源１２１は回転制御される。回転の結果、放射線照射範囲１２７は着目部位１２６を含み、回転軸１０５に垂直な面上の種々の方向から着目部位１２６に向かうことになる。したがって、着目部位１２６を含み、回転軸１０５に垂直な面に放射線を妨げる対象が存在すると、放射線治療の妨げになる。

【 0 0 2 7 】

本発明の実施例１の３次元Ｘ線計測装置の支持棒１０３はＣ字型になっており、両端にＸ線源１０１と検出器１０２が設置されている。支持棒１０３をＣ字に沿って支柱１０４によりスライドさせることにより、Ｘ線源と検出器の位置を移動することができる。これにより、本発明によれば、Ｘ線源と検出器が放射線源１２１による放射線の照射領域に入ること避けることができる。支持棒１０３の検出器１０２の設置端に近い位置（斜線部）は、支持棒１０３を回転軸１０５を中心として３６０°回転させるとき、放射線源１２１による放射線の照射領域を通過することになるが、支持棒１０３の回転と放射線源１２１による放射線の照射とを同期させれば、放射線の照射による治療の障害となることはない。支持棒１０３の回転軸１０５を中心とする回転角を３６０°より小さくして、支持棒１０３の検出器１０２の設置端に近い位置が、放射線源１２１による放射線の照射領域を通過しないようにすることでも、放射線の照射による治療の障害となることはない。

【 0 0 2 8 】

図２に本発明の実施例１の３次元Ｘ線計測装置の支持棒１０３の回転と放射線治療装置の放射線源１２１の放射線の照射領域１２７との関係を、図１の右側から紙面に平行な方向に見た状態を模式的に示す。上述したように、３６０°の回転では、支持棒１０３の検出器１０２の設置端に近い位置は、放射線源１２１による放射線の照射領域を通過することになるが、支持棒１０３の回転と放射線源１２１による放射線の照射とを同期させれば、放射線の照射による治療の障害となることはない。

【 0 0 2 9 】

支持棒１０３の回転軸１０５を中心とする回転角を３６０°より小さく、Ｘ線源１０１およびＸ線検出器１０２を結ぶ線１０６が、左回転では図のＡまで、右回転では図のＢまでとなるように制御すれば、支持棒１０３の検出器１０２の設置端に近い位置が、放射線源１２１による放射線の照射領域を通過しないようにすることができるから、放射線の照射による治療の障害となることはない。この場合、放射線源１２１を治療計画に従って回転移動させるときは、これに対応して範囲１２７が回転移動するから、位置Ａおよび位置Ｂもこれに対応して回転移動するように制御されるものとする事は明らかである。位置Ａおよび位置Ｂの成す角度は１８０°以上が望ましく、１８０°以上あれば支持棒１０３の回転に伴って得られたデータを用いて３次元再構成処理を行う上での支障はない。この再構成処理は、例えば、よく知られているように、Ｆｅｌｄｋａｍｐ法により可能である。

【 0 0 3 0 】

なお、実施例１ではＸ線検出器１０２は回転軸１０５に平行に配置され、Ｘ線源１０１お

10

20

30

40

50

よびX線検出器102を結ぶ線106に対して一定の角度を持つものとしているが、X線検出器102が線106に対して垂直になるように配置されても良いことは明らかである。図3は、両者の得失を簡単に説明するための説明図である。回転軸105に平行なX線検出器102の検出面を実線151で、X線源101によるX線の照射範囲を実線153で示し、中心線106に垂直なX線検出器102の検出面を破線152で、X線の照射範囲を破線154で示す。今、着目部位126が実線153で示すX線の照射範囲に確実にカバーされ、且つ、無用な照射範囲がないときは、検出面は実線151で示す広がりとなる。一方、実線151で示す検出面と同じ広がりを持って中心線106に垂直な面152でX線を検出すると破線154で示す範囲のX線の照射を検出することになる。

#### 【0031】

X線検出器102のセンサ素子の数は同じであるから、実線151の検出面の方が、破線152の検出面で着目部位126を検出するよりも空間分解能が高い。一方、破線152の検出面の照射範囲154は実線151の検出面の照射範囲153に比較して広がるため、破線の検出器152の方が実線の検出器151より視野が広がる。すなわち、検出面152の方が、検出面151よりも着目部位126の周辺も含めたモニターができるという面で有利である。

#### 【0032】

実施例1では、支柱104に図示しない高さ調節装置を備え、且つ、横軸調整装置107を備えるものとしたから、3次元X線計測装置の既設の治療装置に対する汎用性が高まり、製造コストが低減され、低価格化が可能となる。

#### 【0033】

##### (実施例2)

図4に、実施例2の3次元X線計測装置の側面図を示す。ここでも、実施例1と同様に断面を示すハッチング等は省略した。X線源101を回転ガントリ141に、検出器102を回転ガントリ142に、それぞれ、分離して設置した点を除けば実施例1と同じである。ガントリ141およびガントリ142は、放射線源121の2点鎖線で囲まれた領域127内に照射される放射線を妨げる領域を含まないように、離して配置される。ガントリ141にX線源101が設けられ、ガントリ142にX線検出器102が設けられる。X線源101とX線検出器102とを結ぶ中心線106が被治療者123の着目部位126を通るように、X線源101およびX線検出器102は各ガントリに設置される。ガントリ141およびガントリ142は、実施例1と同様に、各ガントリを回転可能に保持する支柱104、104'に支持されるとともに回転軸が既設の放射線治療装置の回転軸105と一致するように、支柱104に備えられる図示しない高さ調節装置で調整され、且つ、横軸調整装置107、107'により、支柱104の位置を回転軸105の方向および回転軸105に垂直な方向に調整可能とされる。ガントリ141およびガントリ142は同期して同一方向の回転を行うものとしても良いし、図2と同様に往復回転運動を行うものとしても良い。各ガントリをスリッピングを介して必要な信号の授受を行うものとするれば、連続回転運動とすることは容易である。

#### 【0034】

上記各実施例では、既設の治療装置として放射線治療装置を想定して説明を行ったが、内視鏡外科手術装置や大腿骨掘削装置等の場合も同様に実施できる。上記実施例の放射線照射源と照射領域を、上記装置のロボットアームと被治療者123の着目部位126へのアクセスと置き換えたものとすれば良い。また、既設の治療装置の主要な処置が被治療者123の真上からなされることを前提として説明したが、例えば、ロボットアームの本体装置が被治療者123の着目部位126の真横に設置されるものである場合、上述の説明の真上を真横と読み替えれば良いことは明白である。

#### 【0035】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、3次元X線計測装置のX線源とX線検出器の検出面の中心を結ぶ中心線を回転軸に対して傾けることにより、既設の放射線治療装置や内視鏡外科手術装置や大腿

10

20

30

40

50

骨掘削装置等の他の装置の機能および操作に支障を与えることなく、治療対象の３次元的位置情報をリアルタイムで得ることができる。これにより、治療中に着目部位の３次元位置を監視することが可能となり、治療の安全性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図１】既設の放射線治療装置に本発明の実施例１の３次元Ｘ線計測装置を増設した例を模式的に示す断面図。

【図２】実施例１の３次元Ｘ線計測装置の支持棒１０３の回転と放射線治療装置の放射線源１２１の放射線の照射領域１２７との関係を、図１の右側から紙面に平行な方向に見た状態を模式的に示す図。

【図３】実施例１のＸ線検出器１０２の検出面の２つの形態の得失を簡単に説明するための説明図。

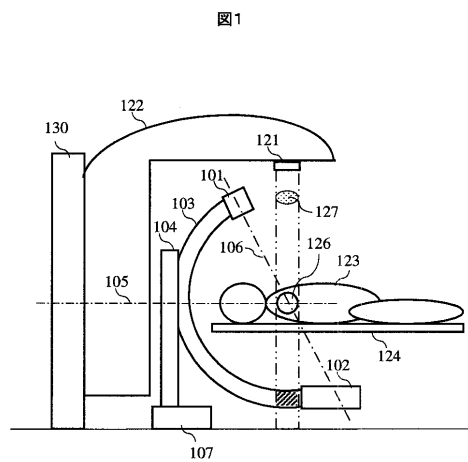
10

【図４】既設の放射線治療装置に本発明の実施例２の３次元Ｘ線計測装置を増設した例を模式的に示す断面図。

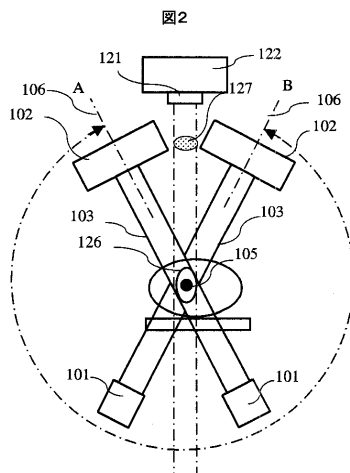
【符号の説明】

１０１：Ｘ線源、１０２：検出器、１０３：支持棒、１０４：支柱、１０５：回転軸、１０６：中心線、１０７：横軸調整装置、１２３：被写体、１２４：寝台、１２６：着目部位、１２７：放射線照射領域、１３０：支柱。

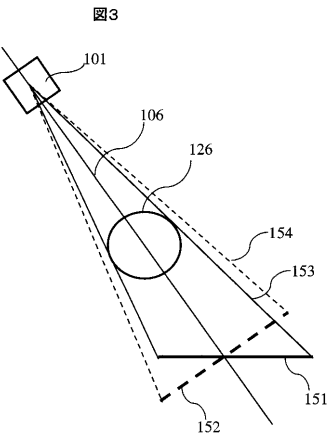
【図１】



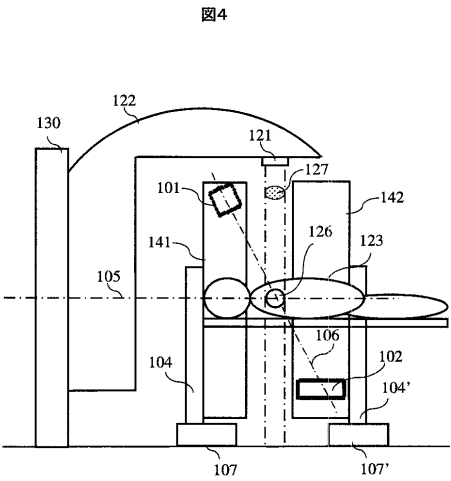
【図２】



【 図 3 】



【 図 4 】





---

フロントページの続き

審査官 松谷 洋平

(56)参考文献 特開平 0 7 - 1 7 8 1 1 1 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 1 6 7 0 7 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 1 3 6 5 0 7 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 2 5 9 0 6 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A61B 6/00  
G21K 5/02  
G21K 5/10