

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5677003号
(P5677003)

(45) 発行日 平成27年2月25日(2015.2.25)

(24) 登録日 平成27年1月9日(2015.1.9)

(51) Int. Cl.			F I		
GO 1 T	1/16	(2006.01)	GO 1 T	1/16	A
GO 1 T	7/00	(2006.01)	GO 1 T	7/00	A
GO 1 T	1/29	(2006.01)	GO 1 T	1/29	C
GO 1 T	1/17	(2006.01)	GO 1 T	1/17	D
A 6 1 N	5/10	(2006.01)	A 6 1 N	5/10	Q

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2010-220061 (P2010-220061)
 (22) 出願日 平成22年9月29日 (2010.9.29)
 (65) 公開番号 特開2012-73192 (P2012-73192A)
 (43) 公開日 平成24年4月12日 (2012.4.12)
 審査請求日 平成25年9月30日 (2013.9.30)

(73) 特許権者 307014555
 北海道公立大学法人 札幌医科大学
 北海道札幌市中央区南1条西17丁目29
 1番地85
 (73) 特許権者 504136568
 国立大学法人広島大学
 広島県東広島市鏡山1丁目3番2号
 (74) 代理人 100095407
 弁理士 木村 満
 (74) 代理人 100161551
 弁理士 植前 康平
 (74) 代理人 100165515
 弁理士 太田 清子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放射線源強度測定装置及び放射線源強度測定方法、放射線源強度測定プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

放射線源を患部に挿入する際に、放射線源の強度を測定する装置であって、挿入位置毎に測定パラメータを記憶する記憶部と、放射線源を患部に挿入する際に、ガイドに沿って移動中の放射線源からの放射線の強度を測定する測定部と、前記記憶部に記憶されている測定パラメータのうちから放射線源の挿入位置に対応する測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと前記測定部により測定された放射線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める制御部と、
 を備え、
 前記測定パラメータは、測定のサンプリング周期と、採用する測定値の数と、測定値から放射線源の強度を求めるための係数を含み、
 前記測定部は、前記測定パラメータによって指定されているサンプリング周期で測定を行い、
 前記制御部は、前記測定部により取得された一連の測定値を記録し、記録した測定値のうちから、前記測定パラメータによって指定されている数の測定値を抽出し、抽出した測定値と測定パラメータとに基づいて放射線源の強度を求める、
 ことを特徴とする放射線源強度測定装置。

【請求項2】

放射線源を患部に挿入する際に、放射線源の強度を測定する装置であって、

挿入位置毎に測定パラメータを記憶する記憶部と、
放射線源を患部に挿入する際に、ガイドに沿って移動中の放射線源からの放射線の強度
を測定する測定部と、

前記記憶部に記憶されている測定パラメータのうちから放射線源の挿入位置に対応する
測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと前記測定部により測定された放射線
強度とに基づいて、放射線源の強度を求める制御部と、

を備え、

前記測定パラメータは、前記挿入位置毎に、強度が既知の校正済放射線源を前記ガイド
 に沿って移動させ、該校正済放射線源からの放射線の強度を測定し、測定した放射線強度
 と該校正済放射線源の強度とから求められたものを含む、

10

ことを特徴とする放射線源強度測定装置。

【請求項 3】

前記測定部は、指向性を有し、放射線源からの放射線を適切に測定可能な一定の測定域
 を有し、

前記制御部は、記憶した一連の測定値のうちから、前記放射線源が前記測定域にあると
 きに測定された測定値を抽出する、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の放射線源強度測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の放射線源強度測定装置を備えた放射線源挿入装
 置。

20

【請求項 5】

放射線源を患部に挿入する際に、放射線源の強度を測定する方法であって、
 挿入位置毎に測定パラメータを求めておき、

挿入時に患部に向けて移動中の放射線源からの放射線の強度を測定し、

挿入位置に対応する測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと測定された放
 射線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める、

放射線源強度測定方法であって、

前記測定パラメータは、測定のサンプリング周期と、採用する測定値の数と、測定値か
ら放射線源の強度を求めるための係数を含み、

前記測定パラメータによって指定されているサンプリング周期で前記測定を行い、

30

前記測定によって取得された一連の測定値を記録し、記録した測定値のうちから、前記
測定パラメータによって指定されている数の測定値を抽出し、抽出した測定値と測定パラ
メータとに基づいて放射線源の強度を求める、

ことを特徴とする放射線源強度測定方法。

【請求項 6】

放射線源を患部に挿入する際に、放射線源の強度を測定する方法であって、
挿入位置毎に測定パラメータを求めておき、

挿入時に患部に向けて移動中の放射線源からの放射線の強度を測定し、

挿入位置に対応する測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと測定された放
射線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める、

40

放射線源強度測定方法であって、

前記測定パラメータは、前記挿入位置毎に、強度が既知の校正済放射線源を患部に向け
て移動させ、該校正済放射線源からの放射線の強度を測定し、測定した放射線強度と該校
正済放射線源の強度とから求められたものを含む、

ことを特徴とする放射線源強度測定方法。

【請求項 7】

コンピュータに、

放射線源を患部に挿入する位置毎に測定パラメータを記憶する処理、

患部に挿入するために移動中の放射線源からの放射線の強度を測定した測定装置の測定
 結果を記録する処理、

50

挿入位置に基づいて測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと記録した放射線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める処理、

を実行させるコンピュータプログラムであって、

前記測定パラメータは、測定のサンプリング周期と、採用する測定値の数と、測定値から放射線源の強度を求めるための係数を含み、

前記プログラムは、

前記測定装置に前記測定パラメータによって指定されているサンプリング周期で測定を実行させ、

前記記録する処理において、前記コンピュータに前記測定装置の一連の測定結果を記録させ、

前記強度を求める処理において、前記コンピュータに記録した測定値のうちから、前記測定パラメータによって指定されている数の測定値を抽出し、抽出した測定値と測定パラメータとに基づいて放射線源の強度を求めさせる、

コンピュータプログラム。

【請求項 8】

コンピュータに、

放射線源を患部に挿入する位置毎に測定パラメータを記憶する処理、

患部に挿入するために移動中の放射線源からの放射線の強度を測定した測定装置の測定結果を記録する処理、

挿入位置に基づいて測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと記録した放射線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める処理、

を実行させるコンピュータプログラムであって、

前記測定パラメータは、前記挿入位置毎に、強度が既知の校正済放射線源を患部に向けて移動させ、該校正済放射線源からの放射線の強度を測定し、測定した放射線強度と該校正済放射線源の強度とから求められたものを含む、

コンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線源を人体等に挿入する際に、放射線源の強度を測定することが可能な線源強度測定装置と線源強度測定方法とに関する。

【背景技術】

【0002】

密封小線源治療（ブラキセラピー）は、がん組織に放射線源を永久挿入（留置）することで、高い線量を腫瘍にのみ投与して、がんを死滅させる治療法である。この治療法は、舌癌、前立腺癌、子宮頸癌、等に適用されている。

【0003】

例えば、前立腺癌の治療では、放射線源を80～100個程度患部に永久挿入し、放射線により、周囲の癌細胞を破壊死滅させることにより、癌を治療する。

【0004】

癌組織に挿入される放射線源の強さ（線量率）はメーカーより一定の精度で供給されるが、実際には、規格値からずれた放射線源が含まれることがある。このような放射線源を永久挿入した場合には、期待した効果が得られないおそれがある。

【0005】

このため、線源を患部に挿入する前に各線源の線量（強度）を測定し、線量が多すぎる（強すぎる）場合には、隣接して挿入する線源の間隔を離し、線量が小さすぎる（弱すぎる）場合には、追加の線源を近傍に挿入する、等の処置が望まれる。

【0006】

しかしながら、挿入対象の線源の強度を通常の測定器を用いて1つ1つ測定する作業は時間がかかり、効率が低い。このため、挿入対象の放射線源の強度を効率良く測定する技

10

20

30

40

50

術が求められている。

また、挿入の前に強度を測定する手法では、測定後、放射線源の取り違えが発生しても、その事実を検出することができない。このため、放射線源の取り違えが発生しても、その事実を容易に検出できる技術が求められている。

【0007】

放射線の強度を効率良く・正確に測定する技術としては、例えば、特許文献1～3に記載のものがあある。しかし、特許文献1～3に記載の技術は、大型の設備・装置の放射線量を測定するのに適した技術であり、装置が大型複雑で、多数の微小な放射線源を効率的に測定するには不相当である。

また、これらの技術では、微小放射線源の取り違えを検出することができない。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2007-333463号公報

【特許文献2】特開2002-365268号公報

【特許文献3】特開平11-337648号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、患部挿入用の放射線源の強度を効率良く測定することが可能な放射線源強度測定装置及び放射線源強度測定方法を提供することを目的とする。

20

また、本発明は、放射線源の取り違えを検出することができる放射線源強度測定装置及び放射線源強度測定方法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】

【0010】

上記目的を達成するため、本発明の第一の観点に係る放射線源強度測定装置は、放射線源を患部に挿入する際に、放射線源の強度を測定する装置であって、挿入位置毎に測定パラメータを記憶する記憶部と、放射線源を患部に挿入する際に、ガイドに沿って移動中の放射線源からの放射線の強度を測定する測定部と、

30

前記記憶部に記憶されている測定パラメータのうちから放射線源の挿入位置に対応する測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと前記測定部により測定された放射線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める制御部と、

を備え、

前記測定パラメータは、測定のサンプリング周期と、採用する測定値の数と、測定値から放射線源の強度を求めるための係数を含み、

前記測定部は、前記測定パラメータによって指定されているサンプリング周期で測定を行い、

前記制御部は、前記測定部により取得された一連の測定値を記録し、記録した測定値のうちから、前記測定パラメータによって指定されている数の測定値を抽出し、抽出した測定値と測定パラメータとに基づいて放射線源の強度を求める、

40

ことを特徴とする。

【0011】

上記目的を達成するため、本発明の第二の観点に係る放射線源強度測定装置は、放射線源を患部に挿入する際に、放射線源の強度を測定する装置であって、挿入位置毎に測定パラメータを記憶する記憶部と、放射線源を患部に挿入する際に、ガイドに沿って移動中の放射線源からの放射線の強度を測定する測定部と、

前記記憶部に記憶されている測定パラメータのうちから放射線源の挿入位置に対応する

50

測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと前記測定部により測定された放射線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める制御部と、

を備え、

前記測定パラメータは、前記挿入位置毎に、強度が既知の校正済放射線源を前記ガイドに沿って移動させ、該校正済放射線源からの放射線の強度を測定し、測定した放射線強度と該校正済放射線源の強度とから求められたものを含むことを特徴とする。

【0012】

例えば、前記測定部は、指向性を有し、放射線源からの放射線を適切に測定可能な一定の測定域を有し、前記制御部は、記憶した一連の測定値のうちから、前記放射線源が前記測定域にあるときに測定された測定値を抽出する。

10

【0013】

上記目的を達成するため、本発明の第三の観点に係る放射線源挿入装置は、前記放射線源強度測定装置を備える。

【0014】

上記目的を達成するため、本発明の第四の観点に係る放射線源強度測定方法は、放射線源を患部に挿入する際に、放射線源の強度を測定する方法であって、挿入位置毎に測定パラメータを求めておき、挿入時に患部に向けて移動中の放射線源からの放射線の強度を測定し、挿入位置に対応する測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと測定された放射線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める、

20

放射線源強度測定方法であって、

前記測定パラメータは、測定のサンプリング周期と、採用する測定値の数と、測定値から放射線源の強度を求めるための係数を含み、

前記測定パラメータによって指定されているサンプリング周期で前記測定を行い、

前記測定によって取得された一連の測定値を記録し、記録した測定値のうちから、前記測定パラメータによって指定されている数の測定値を抽出し、抽出した測定値と測定パラメータとに基づいて放射線源の強度を求める、

ことを特徴とする。

【0015】

上記目的を達成するため、本発明の第五の観点に係る放射線源強度測定方法は、放射線源を患部に挿入する際に、放射線源の強度を測定する方法であって、挿入位置毎に測定パラメータを求めておき、挿入時に患部に向けて移動中の放射線源からの放射線の強度を測定し、挿入位置に対応する測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと測定された放射線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める、

30

放射線源強度測定方法であって、

前記測定パラメータは、前記挿入位置毎に、強度が既知の校正済放射線源を患部に向けて移動させ、該校正済放射線源からの放射線の強度を測定し、測定した放射線強度と該校正済放射線源の強度とから求められたものを含む、

ことを特徴とする。

40

【0016】

上記目的を達成するため、本発明の第六の観点に係るコンピュータプログラムはコンピュータに、

放射線源を患部に挿入する位置毎に測定パラメータを記憶する処理、

患部に挿入するために移動中の放射線源からの放射線の強度を測定した測定装置の測定結果を記録する処理、

挿入位置に基づいて測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと記録した放射線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める処理、

を実行させるコンピュータプログラムであって、

前記測定パラメータは、測定のサンプリング周期と、採用する測定値の数と、測定値か

50

ら放射線源の強度を求めるための係数を含み、

前記プログラムは、

前記測定装置に前記測定パラメータによって指定されているサンプリング周期で測定を
実行させ、

前記記録する処理において、前記コンピュータに前記測定装置の一連の測定結果を記録
させ、

前記強度を求める処理において、前記コンピュータに記録した測定値のうちから、前記
測定パラメータによって指定されている数の測定値を抽出し、抽出した測定値と測定パラ
メータとに基づいて放射線源の強度を求めさせる。

【 0 0 1 7 】

上記目的を達成するため、本発明の第七の観点に係るコンピュータプログラムは
放射線源を患部に挿入する位置毎に測定パラメータを記憶する処理、
患部に挿入するために移動中の放射線源からの放射線の強度を測定した測定装置の測定
結果を記録する処理、

挿入位置に基づいて測定パラメータを特定し、特定した測定パラメータと記録した放射
線強度とに基づいて、放射線源の強度を求める処理、

を実行させるコンピュータプログラムであって、

前記測定パラメータは、前記挿入位置毎に、強度が既知の校正済放射線源を患部に向け
て移動させ、該校正済放射線源からの放射線の強度を測定し、測定した放射線強度と該校
正済放射線源の強度とから求められたものを含む。

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

本発明によれば、患部に挿入される対象の放射線源の移動中にその強度を測定するので、挿入処理と並行して放射線源の強度を効率よく測定することが可能となる。また、挿入中の放射線源の強度を測定するので、取り違えが発生している場合等には、容易に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

【図 1】本発明の実施形態に係る放射線源挿入装置の構成を示す図である。

【図 2】図 1 に示すテンプレートの構成例を示す図である。

【図 3】図 1 に示す挿入装置の構成を示す図であり、(a) は、線源カートリッジが分離した状態、(b) は線源カートリッジを装着した状態を示す図である。

【図 4】微小放射線源の構成を示す図である。

【図 5】測定装置の構成を示すブロック図である。

【図 6】コンピュータに配置されるパラメータテーブルの一例を示す図である。

【図 7】測定手法を説明するための図である。

【図 8】術中の状態の一例を示す模式図である。

【図 9】コンピュータが実行する放射線源強度測定処理を説明するためのフローチャートである。

【図 1 0】1 回の測定 (1 つの微小放射線源の挿入) により得られる測定値の例を示す図である。

【図 1 1】(a) ~ (c) は、放射線源強度測定処理で生成される作業テーブルの例と生成過程を説明する図である。

【図 1 2】パラメータテーブルを設定する動作を説明するためのフローチャートである。

【図 1 3】校正済微小放射線源を所定速度で移動させることにより得られる測定値の例を示す図である。

【図 1 4】1 回の測定 (1 つの微小放射線源の挿入) により得られる測定値の他の例を示す図である。

【図 1 5】記憶部に記憶されているパラメータテーブルの変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

以下、本発明の実施するための形態に係る放射線源強度測定装置及び放射線源強度測定方法を、前立腺癌用の微小放射線源挿入装置に適用した例に基づいて、図面を参照しつつ説明する。

【 0 0 2 2 】

本実施の形態に係る微小放射線源挿入装置 1 は、微小放射線源を前立腺（患部）に挿入する際に挿入対象の微小放射線源の強度を自動的に計測する機能を備えるものであり、図 1 に示すように、本体 1 0 と、微小放射線源を患部に挿入するための挿入具 2 0 と、挿入具 2 0 内を移動中の微小放射線源からの放射線を測定し、微小放射線源の強度を求める測定部 3 0 と、から構成される。

10

【 0 0 2 3 】

本体 1 0 と挿入具 2 0 とは、基本的に、従来のものと同一の構成を有しており、本体 1 0 は、支持部 1 1 と超音波プローブ装置 1 2 とテンプレート 1 3 とを備える。

【 0 0 2 4 】

支持部 1 1 は、全体を支持する棒状、板状等の部材であり、高さ調整が可能な支持台・ステージ等に設置される。

【 0 0 2 5 】

超音波プローブ装置 1 2 は、支持部 1 1 に載置され、先端部に超音波プローブ 1 2 a が配置された棒状の形状を有する。超音波プローブ装置 1 2 は、図 8 に例示するように、術時には、先端部が碎石位にある患者の肛門から直腸に挿入される。超音波プローブ装置 1 2 の先端部には、超音波プローブ 1 2 a が配置されており、この超音波プローブ 1 2 a から超音波を放射し、その反射波を測定することで、患部及び挿入された微小放射線源等を画像化して出力する。

20

【 0 0 2 6 】

図 1 に示すテンプレート 1 3 は、図 2 に示すように、微小放射線源を体内に挿入する位置を規定するための複数の位置基準穴 1 3 a が形成されたプレートであり、支持部 1 1 に立設されている。テンプレート 1 3 は、術時には、図 8 に示すように、碎石位にある患者の会陰部に押し当てられ、後述するガイド針 2 1 が、いずれかの位置基準穴 1 3 a を貫通して患者の患部に挿入される。なお、位置基準穴 1 3 a が形成された全ての位置に微小放射線源が挿入される訳ではなく、患者の状態に応じて、微小放射線源を挿入する位置が決定され、その位置の位置基準穴 1 3 a が使用される。

30

【 0 0 2 7 】

一方、図 1 に示す挿入具 2 0 は、図 3 (a) に示すように、ガイド針 2 1 と、アプリケーション 2 2 と、アプリケーション 2 2 に装着される線源カートリッジ 2 3 と、から構成される。

【 0 0 2 8 】

ガイド針 2 1 は、放射線を透過する金属、例えば、チタン合金やステンレススチールから構成され、微小放射線源が通過する 1 mm 径程度の通路（貫通孔）を内部に有し、術時には、図 8 に示すように、テンプレート 1 3 の位置基準穴 1 3 a を貫通してその先端が患者の患部に至るまで挿入される。

【 0 0 2 9 】

アプリケーション 2 2 は、図 3 (a) に示すように、線源カートリッジ 2 3 が装着される装着部 2 4 と、ユーザ（泌尿器科医等の医師）により手動で操作される操作部 2 5 を備える。装着部 2 4 には、図 3 (b) に示すように、線源カートリッジ 2 3 が装着される。操作部 2 5 は、ユーザの操作に従って、装着部 2 4 に装着された線源カートリッジ 2 3 に内装されている微小放射線源 2 6 を、ガイド針 2 1 内を通して患者の患部に押し込む。

40

【 0 0 3 0 】

微小放射線源 2 6 は、図 4 に示すように、例えば、径 0 . 8 mm、長さ 4 . 5 mm 程度のチタン合金等のカプセル 2 6 a と、カプセル 2 6 a に封入された短半減期、低エネルギー核種（例えば、 ^{125}I 、 ^{103}Pd ）2 6 b とから構成される。

【 0 0 3 1 】

50

図 1 に示す測定部 30 は、微小放射線源 26 がガイド針 21 内を移動している最中に、その微小放射線源 26 から放射される放射線の強度を測定するための装置である。測定部 30 は、本体 11 に装着された放射線センサ 31 と、信号処理回路 32 と、コンピュータ 33 とから構成される。

【0032】

放射線センサ 31 は、例えば、NaIシンチレーション測定器などから構成され、ガイド針 21 内の微小放射線源 26 から放射された放射線の量を所定のサンプリング周期で測定し、測定値を出力する。放射線センサ 31 は、複数のサンプリング周期を備え、コンピュータ 33 からの制御信号により、切り替え可能である。また、放射線センサ 31 は、ある程度の指向性を有し、本実施形態では、正面方向（ガイド針 21 の方向）に指向性があるものとする。

10

【0033】

放射線センサ 31 と微小放射線源 26 との位置関係は、ガイド針 21 の位置（ガイド針 21 が挿入されるテンプレート 13 の位置基準穴 13a の位置）とガイド針 21 内での微小放射線源 26 の位置とに応じて変化する。放射線センサ 31 は、微小放射線源 26 が放射線センサ 31 のほぼ正面（指向性の方向）の所定範囲（測定域 S）に位置するときに、放射線の正しい測定値が得られる。

【0034】

信号処理回路 32 は、図 5 に示すように、増幅器 321 と A/D（アナログ - デジタル）変換器 322 とを備え、コンピュータ 33 の制御に従って、放射線センサ 31 の出力信号を増幅し、A/D 変換して、コンピュータ 33 に供給する。

20

【0035】

コンピュータ 33 は、パーソナルコンピュータ等から構成され、制御部 331 と、入出力 I/F（インタフェース）332 と、記憶部 333 と、入力部 335 と、表示部 336 と、放音部 337 とを備える。

制御部 331 は、プロセッサ等から構成され、放射線センサ 31 と信号処理回路 32 を制御し、放射線センサ 31 の出力信号を信号処理回路 32 を介して取りこみ、図 9 及び図 12 を参照して後述する放射線源強度測定処理及び測定パラメータ設定処理を実行する。

I/F（インタフェース）332 は、制御部 331 と外部装置との間で信号を送受信する。具体的には、I/F（インタフェース）332 は、制御部 31 からの制御信号を放射線センサ 31 と信号処理回路 32 に供給し、信号処理回路が出力する測定データを制御部 331 に供給する。

30

記憶部 333 は、RAM（Random Access Memory）、ハードディスク装置、フラッシュメモリなどから構成され、制御部 331 のワークメモリとして機能する。また、記憶部 333 は、制御部 331 が、図 9 及び図 12 を参照して後述する放射線源強度測定処理及び測定パラメータ設定処理を実行するためのコンピュータプログラムを記憶する。

【0036】

さらに、記憶部 333 は、図 6 に例示するパラメータテーブル 334 を記憶する。パラメータテーブル 334 は、テンプレート 13 に形成された複数の位置基準穴 13a の識別番号と、その位置基準穴 13a にガイド針 21 を挿通して微小放射線源 26 を挿入する際に、その強度を測定するための測定パラメータと、を対応付けて格納する。

40

【0037】

各測定パラメータは、測定のサンプリング周期、微小放射線源 26 の強度の特定に使用するデータ数（サンプル数）、測定値（放射線強度）から微小放射線源 26 の強度を求めるための係数、等を含む。

【0038】

これらの測定パラメータは、放射線センサ 31 と微小放射線源 26 との距離 D の変動、微小放射線源 26 の移動速度の変動などを考慮して、どのような条件下でも、適切に測定が可能となるように設計された測定パラメータである。

【0039】

50

具体的には、放射線センサ 3 1 の位置は固定であるため、図 7 に示す放射線センサ 3 1 と挿入対象の微小放射線源 2 6 が搬送されるガイド針 2 1 との距離 D は、挿入位置、即ち、使用する位置基準穴 1 3 a に応じて変化する。一般に、放射線量（放射線センサ 3 1 の測定値（カウント数 C ））は、微小放射線源 2 6 からの距離 D の 2 乗に反比例する（ $C \propto 1/D^2$ ）。従って、距離 D の変化に伴って、測定値から線源強度への変換も調整する必要がある。また、放射線センサ 3 1 が放射線を適切に測定できるのは、微小放射線源 2 6 が放射線センサ 3 1 のほぼ正面の所定範囲（測定域） S に位置するときのみである。しかし、微小放射線源 2 6 がどのタイミングでどの程度の期間、測定域 S に位置するかはユーザによって差があり特定できない。但し、通常、搬送速度は、 $5 \text{ cm/秒} \sim 20 \text{ cm/秒}$ である。一般に、搬送速度が遅い場合には、測定が容易であるが、搬送速度が高速になるに従って正確な測定が困難となる。従って、搬送速度が 20 cm/秒 程度でも正確な測定が可能ないように、計測パラメータを設定する必要がある。さらに、放射線のカウント数 C は、 $\pm C$ 程度の誤差が予定されている。このため、サンプリング周期とサンプル数がある程度確保して、誤差を抑える必要がある。

【 0 0 4 0 】

パラメータテーブル 3 3 4 に設定される測定パラメータは、これらの条件を満たすように予め設計された値である。なお、測定パラメータの具体的な設定手法については、後述する。

【 0 0 4 1 】

次に、上記構成の微小放射線源挿入装置 1 を用いて、微小放射線源 2 6 を患者の患部に挿入しつつ該微小放射線源 2 6 の強度を測定する動作を図 9 のフローチャートを参照しつつ説明する。

【 0 0 4 2 】

まず、通常、微小放射線源挿入時と同様に、患者の患部の断層画像等を用いて、どの位置にどの順番で微小放射線源 2 6 を挿入するかを決定する。

【 0 0 4 3 】

次に、決定した挿入位置に微小放射線源 2 6 を挿入するために使用するテンプレート 1 3 の基準位置穴 1 3 a を特定する。この例では、理解を容易にするため、第 0 0 1 の基準位置穴 1 3 a、第 0 0 7 の基準位置穴 1 3 a、第 0 2 4 の基準位置穴 1 3 a、... 第 n の基準位置穴 1 3 a という順に使用するものとする。次に、図 1 1 (a) に例示するように、記憶部 3 3 3 に、特定した基準位置穴 1 3 a の識別番号を含む作業テーブルを登録する。

【 0 0 4 4 】

続いて、ユーザは、第 0 0 1 の基準位置穴 1 3 a にガイド針 2 1 を挿通し、さらに、患者の患部にガイド針 2 1 を挿入する。挿入の深さは、超音波プローブ装置 1 2 等により確認可能である。

【 0 0 4 5 】

ユーザは、コンピュータ 3 3 に測定開始を指示すると共に使用している位置基準穴 1 3 a の識別番号 0 0 1 を入力する。

【 0 0 4 6 】

続いて、ユーザは、線源カートリッジ 2 3 を挿入具 2 0 の装着部 2 4 に装着し、操作部 2 5 を操作して、微小放射線源 2 6 をガイド針 2 1 内を移動させて、患者の患部に挿入する。

【 0 0 4 7 】

一方、コンピュータ 3 3 (の制御部 3 3 1) は、測定開始の指示及び位置基準穴 1 3 a の識別番号 0 0 1 の入力に回答して、記憶部 3 3 3 に記憶された動作プログラムを実行することにより図 9 に示す放射線源強度測定処理を開始し、まず、パラメータテーブル 3 3 4 より 0 0 1 番目のエントリの測定パラメータを読み出す（ステップ S 1 1）。例えば、図 6 の場合、サンプリング周期として 30 ms 、サンプル数 3、係数 1.02 を読み出す。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

次に、制御部 3 3 1 は、ステップ S 1 1 で読み出した動作パラメータに従って、放射線センサ 3 1 のサンプリング周期を設定する（ステップ S 1 2）。この例では、30ms に設定する。放射線センサ 3 1 は、設定されたサンプリング周期で、放射線量を測定する。

【 0 0 4 9 】

制御部 3 3 1 は、放射線センサ 3 1 から供給される測定値を順次取り込み、記憶部 3 3 3 に記憶する（ステップ S 1 3）。制御部 3 3 1 は、この動作を、挿入操作が終了したと判別するまで（ステップ S 1 4 ; Y e s）まで、繰り返す。挿入操作の終了は、例えば、カウント数 C が一旦大きくなった後、相対的に十分小さい測定値が複数サンプリング周期連続したことで、判定することが可能である。

10

【 0 0 5 0 】

この間に、ユーザは、操作部 2 5 を操作して、微小放射線源 2 6 をガイド針 2 1 を通して患者の患部に挿入する。

これにより、記憶部 3 3 3 には、図 1 0 に例示するような時間と測定値との関係が記録される。

【 0 0 5 1 】

次に、コンピュータ 3 3 は、微小放射線源 2 6 が測定域 S に位置している期間に取得された値を特定する（ステップ S 1 5）。特定手法は任意であるが、例えば、測定値のうちの最大のもの（ピーク値）を特定し、ピーク値の 90% 以上の値を有し、且つ、サンプリングタイミングが連続する一連の測定値を、微小放射線源 2 6 が測定域 S に位置している期間に取得された値として特定する。図 1 0 のデータで例示すると、ピーク値 P 2 の 90% 以上の値を有し且つサンプリングタイミングが連続する P 1 ~ P 5 が、微小放射線源 2 6 が測定域 S に位置している期間に取得された値として特定される。

20

【 0 0 5 2 】

次に、特定した測定値のうちから、測定パラメータに規定されているサンプル数だけ、測定値を抽出する（ステップ S 1 6）。このときは、測定域 S に位置している期間に測定された値であると特定した測定値のうちから、測定パラメータで特定されている個数だけ抽出する。この例では、サンプル数として 3 が設定されているので、5 つのうち 3 つを抽出する。抽出の手法は任意であるが、例えば、最初と最後のものを除いて、P 2 ~ P 4 の 3 つを抽出する。抽出する 3 つはサンプル期間が連続するデータである。

30

【 0 0 5 3 】

次に、抽出した 3 個の測定値の平均値を求め、この平均値に測定パラメータ中の係数 k を乗算して微小放射線源 2 6 の強度を $k \cdot$ 平均値として求める（ステップ S 1 7）。この例では、係数 1.02 を平均値に乗算する。

【 0 0 5 4 】

次に、求めた強度（実測強度）I が、その微小放射線源 2 6 の公称（定格）強度との差（誤差） ΔI が、予め設定された許容誤差内か否かを判別する（ステップ S 1 8）。許容誤差は任意であるが、例えば、 $\pm 10\%$ 程度を設定できる。

【 0 0 5 5 】

誤差 ΔI が許容誤差を超える場合（ステップ S 1 8 ; N o）、制御部 3 3 1 は、表示部 3 3 6 と放音部 3 3 7 を駆動して、異常を警告する（ステップ S 1 9）。この際、実測強度が、公称強度より大きいのか、小さいのか、誤差 ΔI がどの程度かが理解できるように報知する。医師は、報知内容を参照し、例えば、挿入した微小放射線源 2 6 の強度が公称よりも小さい場合には、隣接位置に他の微小放射線源 2 6 を挿入したり、隣接する微小放射線源 2 6 との間隔を詰める等の処理を行うことができる。また、挿入した微小放射線源 2 6 の強度が公称よりも大きい場合には、隣接する微小放射線源 2 6 との間隔を広げる等の処理を行うことができる。

40

【 0 0 5 6 】

誤差 ΔI が許容誤差内の場合（ステップ S 1 8 ; Y e s）、制御部 3 3 1 は、実測強度、誤差等を報知する表示する（ステップ S 2 0）。

50

制御部 331 は、測定結果を、図 11 (b) に例示するように、作業テーブルに登録し (ステップ S 21)、処理を終了する。

【 0057 】

以上で、1つの微小放射線源 26 を患部に挿入する共にその強度を測定する処理を終了したことになる。

【 0058 】

続いて、ユーザと制御部 331 とは、次の挿入位置、この例では、第 007 の位置基準穴 13 a について、同様の処理を実行し、微小放射線源 26 の挿入と測定とを実行する。

以下、全ての挿入を終了するまで同様の動作を繰り返す。

こうして、挿入と測定とが並行し実行され、効率良く挿入と測定とを行うことができる

10

。全ての作業が終了すると、記憶部 333 には、図 11 (c) に例示するように、作業テーブルが完成する。

なお、作業の途中で、挿入位置を変更・修正するような場合には、必要に応じて、入力部 335 を操作して、作業テーブルを修正してもよい。また、作業テーブルを表示部 336 に適宜表示することも可能である。

【 0059 】

次に、コンピュータ 33 の記憶部 333 に格納されたパラメータテーブル 334 に各測定パラメータを設定する方法の一例を説明する。この処理は、例えば、微小放射線源挿入装置 1 の使用開始時等に一度実行し、以後、適宜校正すればよい。

20

まず、強度が高精度に校正された校正済微小放射線源を用意する。

次に、放射線センサ 31 のサンプリング周期を、選択できる範囲内で十分短い期間に設定する。

【 0060 】

次に、コンピュータ 33 を操作して、記憶部 333 に記憶された動作プログラムを実行することにより図 12 に示す測定パラメータ設定処理を起動する。コンピュータ 33 は、処理を開始すると、まず、テンプレート 13 の識別番号 N を 001 とする (ステップ S 31)。

【 0061 】

次に、ユーザは、テンプレート 13 の第 N の位置基準穴 13 a にガイド針 21 を装着する。続いて、リニアアクチュエータ等を使用して、想定される最大速度 (通常、20 cm / 秒程度) で、少なくとも測定域 S を含む所定距離だけ校正済微小放射線源を移動させ、放射線センサ 31 で放射線強度を測定する。

30

【 0062 】

制御部 331 は、放射線センサ 31 から供給される測定値を順次取り込み、記憶部 333 に記憶する (ステップ S 32)。制御部 331 は、この動作を、校正済微小放射線源の移動が終了したと判別するまで (ステップ S 33 ; Yes)、繰り返す。これにより、記憶部 333 には、図 13 に例示するような時間と測定値との関係が記録される。

【 0063 】

次に、コンピュータ 33 は、校正済微小放射線源が測定域 S に位置している期間に取得された測定値を特定する (ステップ S 34)。特定手法は任意であるが、例えば、測定値のうちの最大のもの (ピーク値) を特定し、ピーク値の 90 % 以上の値を有し、且つ、サンプリング期間が連続する一連の測定値 (例えば、図 13 の SD) を、校正済微小放射線源が測定域 S に位置している期間に取得された値として特定する。特定した測定値のうち最初と最後の測定値を除外するようにしてもよい。また、サンプル周期 \times (測定値の数 - 1) $\leq LS / V$ (LS は測定域 S の長さ、V は校正済微小放射線源の移動速度) となるように、測定値の数を抑えても良い。測定域 S は、例えば、校正済微小放射線源を低速 (例えば、3 cm / 秒) で移動させつつ放射線センサ 31 で放射線の強度を測定することにより、容易に位置と長さを特定することができる。例えば、校正済微小放射線源を低速 (例えば、挿入時の微小放射線源 26 の速度よりも十分に低速、例えば 3 cm / 秒) で移動さ

40

50

せつつ放射線センサ 31 の測定値をプロットし、最大値の 95% 程度の測定値が得られる距離を測定域 S の距離として特定できる。

【0064】

次に、サンプリング周期 \times (測定値の数 - 1) = 校正済微小放射線源が測定域 S を通過するのに要する時間を有効に活用できるように、サンプリング周期とサンプル数を求める (ステップ S35)。例えば、放射線センサ 31 の選択可能なサンプリング周期とサンプル数の積が、校正済微小放射線源が測定域 S を速度 V で通過するのに要する時間の範囲内で最大値となる組み合わせを選択する。

【0065】

次に、測定値の平均値 AV を求め、この平均値 AV で校正済微小放射線源の放射能 (Bq) を除算して係数 k を求める (ステップ S36)。

次に、求めたサンプリング周期とサンプル数と係数 k を識別番号 N に対応付けて、記憶部 333 内のパラメータテーブル 334 に登録する (ステップ S37)。

【0066】

続いて、識別番号 N が最終値に達したか否かを判別し (ステップ S38)、達していなければ (ステップ S38; No)、識別番号 N を +1 して (ステップ S39)、処理を繰り返す。

【0067】

ユーザは、更新された識別番号で特定される位置基準穴 13a にガイド針 21 を装着し、校正済微小放射線源を移動させて、同様の処理を行う。

一方、終了していれば (ステップ S38; Yes)、測定パラメータ設定処理を終了する。

【0068】

なお、理解を容易にするため、識別番号 N を 001 から順番に更新して設定する例を示したが、識別番号 N の初期値と更新順序等は任意である。

なお、測定パラメータを設定する処理を、全挿入位置 (位置基準穴 13a) について実行する必要はなく、複数の挿入位置について実行し、他は補完法等により設定してもよい。

また、測定時に使用するコンピュータ 33 と測定パラメータ設定時に使用するコンピュータは同一である必要はない。

【0069】

以上説明したように、本実施の形態によれば、挿入対象の微小放射線源 26 がガイド針 21 を移動中にその強度を自動的に測定するので、微小放射線源 26 の強度を効率よく測定することが可能となる。また、取り違えが発生している場合でも、容易に検出することができる。さらに、微小放射線源の移動速度は、施術者により大きな差があるが、だれが担当した場合でも、適切な測定が可能となる。

【0070】

なお、この発明は上記実施の形態に限定されず、種々の変形及び応用が可能である。例えば、上記実施の形態において、患部に挿入した微小放射線源 26 の数が増加すると、挿入された微小放射線源 26 からの放射線が無視できなくなる。このような場合には、測定値は例えば図 14 に示すようになり、微小放射線源 26 が近傍に存在しない状態でも一定量の放射線を検出してしまう。このため、各微小放射線源 26 に関し、図 9 の放射線源強度測定処理の最初のステップ S13 で測定した、測定開始時点での測定値 (環境放射線量) I_{ini} を、以後の放射線源強度測定処理のステップ S13 での各測定値から減算し、減算後の値を上述のステップ S15 以下の処理に使用すればよい。

【0071】

また、上記実施の形態では、1 種類の微小放射線源を患部に挿入する例を示したが、複数種 (複数強度) の放射線源を挿入することも可能である。この場合、例えば、図 15 に示すように、作業テーブルに、基準位置穴毎の挿入予定の微小放射線源 26 の強度を登録し、実測強度と登録されている挿入予定強度との差 (誤差) が許容誤差を超える場合に、

10

20

30

40

50

警告を発するようにしてもよい。

【 0 0 7 2 】

測定パラメータの例として、サンプリング周期、サンプル数、係数 k を例示したが、他の測定パラメータを追加してもよい。また、例えば、サンプリング周期を位置基準穴毎に設定し、サンプル数を全位置基準穴に共通とし、或いは、サンプリング周期を全位置基準穴に共通とし、サンプリング周期を位置基準穴毎に設定する等してもよい。

また、理解を容易にするため、放射線センサ 3 1 の測定値に係数 k を乗算することで、微小放射線源 2 6 の強度を求めたが、他の処理、例えば、より複雑な演算を行って、その強度を求める等してもよい。

パラメータテーブル 3 3 4 を使用する例を示したが、測定パラメータをテーブル以外の形態で記憶しておいてもよい。また、作業テーブルを使用する例を示したが、作業テーブルを使用するか否かは任意である。

上記実施の形態においては、微小放射線源 2 6 の挿入位置を規定するためにテンプレート 1 3 (位置基準穴 1 3 a) を使用したが、挿入位置を調整できるならば他の手法を使用することも可能である。

また、警報又は報知を行う場合に満たすべき基準(条件)や警報及び報知の態様も任意である。例えば、基準を誤差の%で表現したが、例えば、許容誤差を $\pm 3 B q$ のように、強度の絶対値で定義してもよい。

【 0 0 7 3 】

また、ガイド針 2 1 を用いて微小放射線源 2 6 を患部に導く例を示したが、他の任意のガイドを用いて微小放射線源 2 6 を患部に導いてもよい。この場合は、微小放射線源 2 6 がガイドに沿って移動する際に、その強度を測定すればよい。

【 0 0 7 4 】

上述の各部の材質、サイズ等の数値、フローチャート、パラメータの種類等は例示であり適宜変更可能である。また、測定手法、測定パラメータの設定手法等についても、上記実施形態に限定されず、適宜変更可能である。

【 0 0 7 5 】

さらに、上記実施の形態においては、本願発明に係る測定装置と方法と前立腺に微小放射線源を挿入する挿入装置に適用した例を示したが、他の種類の癌に微小放射線源を挿入する挿入装置や挿入方法にも同様に本願発明を適用可能である。

【 0 0 7 6 】

なお、上述の放射線源強度測定処理、測定パラメータ設定処理等は、専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。例えば、一般のコンピュータに上述の放射線源強度測定処理、測定パラメータ設定処理等を実行するためのプログラムを格納した媒体(フレキシブルディスク、CD-ROM等)から該プログラムをインストールすることにより、上述の処理を実行するコンピュータシステムを構成することができる。また、これらのプログラム、プログラムを格納した記録媒体を頒布することも可能である。

【符号の説明】

【 0 0 7 7 】

- 1 微小放射線源挿入装置
- 1 0 本体
- 1 1 支持部
- 1 2 超音波プローブ装置
- 1 2 a 超音波プローブ
- 1 3 テンプレート
- 1 3 a 位置基準穴
- 2 0 挿入具
- 2 1 ガイド針
- 2 2 アプリケータ

10

20

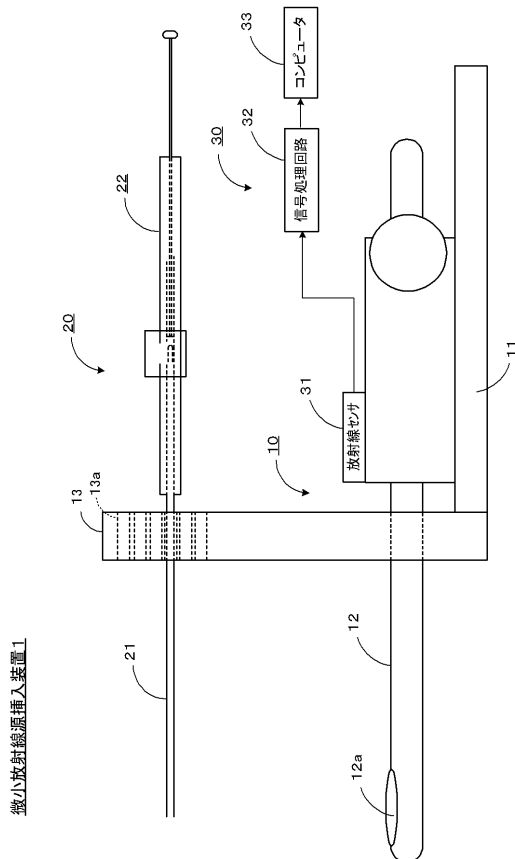
30

40

50

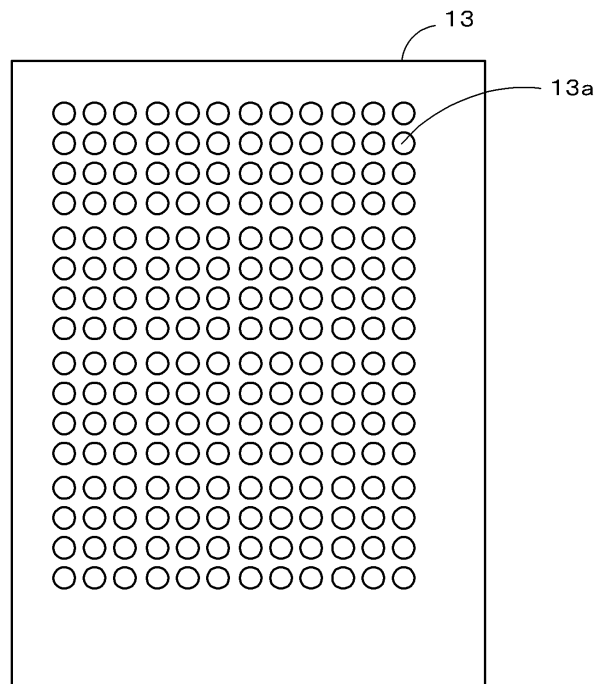
- 2 3 線源カートリッジ
- 2 4 装着部
- 2 5 操作部
- 2 6 微小放射線源
- 2 6 a カプセル
- 2 6 b 核種
- 3 0 測定部
- 3 1 放射線センサ
- 3 2 信号処理回路
- 3 3 コンピュータ
- 3 2 1 増幅器
- 3 2 2 A / D (アナログ - デジタル) 変換器
- 3 3 1 制御部
- 3 3 2 入出力 I / F (インタフェース)
- 3 3 3 記憶部
- 3 3 4 パラメータテーブル
- 3 3 5 入力部
- 3 3 6 表示部
- 3 3 7 放音部

【図 1】

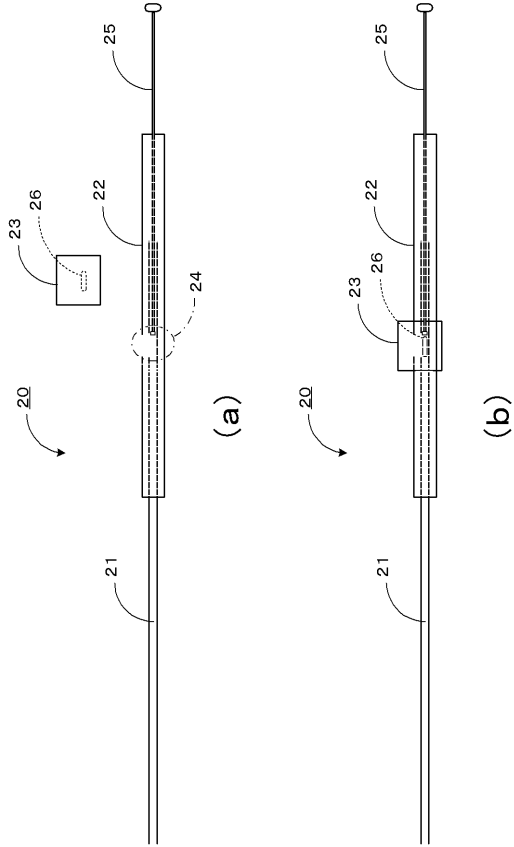


微小放射線源挿入装置 1

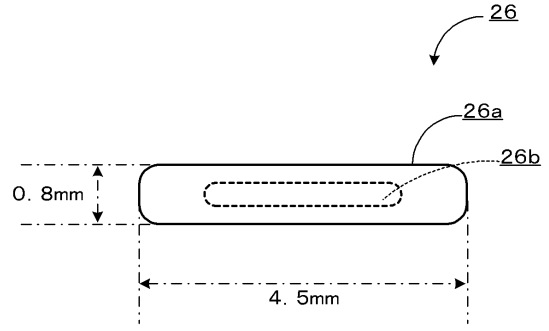
【図 2】



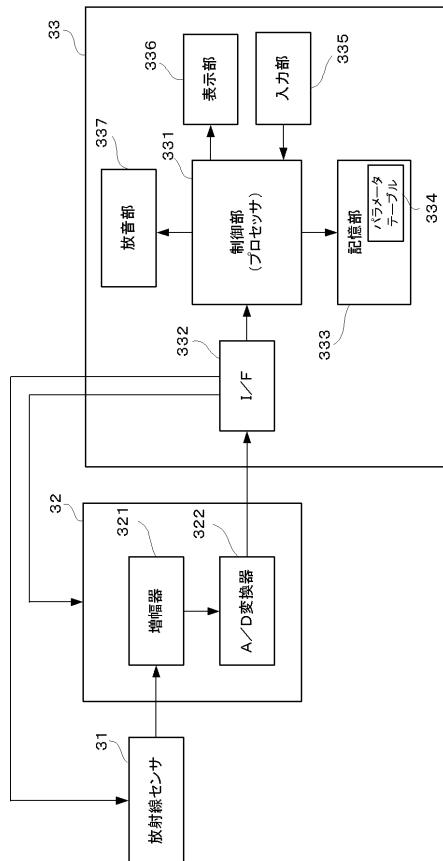
【図3】



【図4】



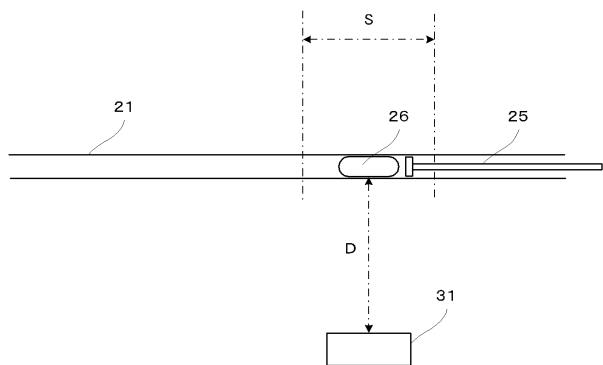
【図5】



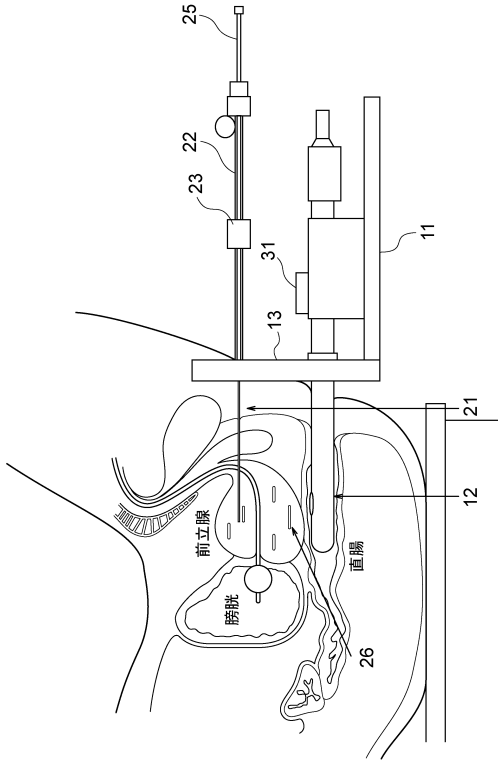
【図6】

位置基準穴の 識別番号	測定パラメータ		
	サンプリング周期	サンプル数	係数(Bq)
001	30ms	3	1.02
002	30ms	4	1.85
003	15ms	4	2.24
004	10ms	5	4.22
⋮	⋮	⋮	⋮
n	10ms	3	7.73

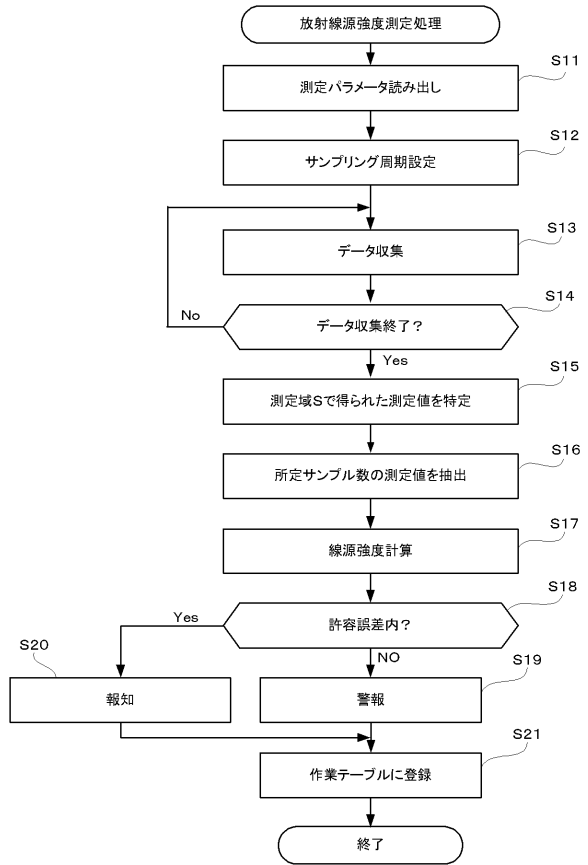
【図7】



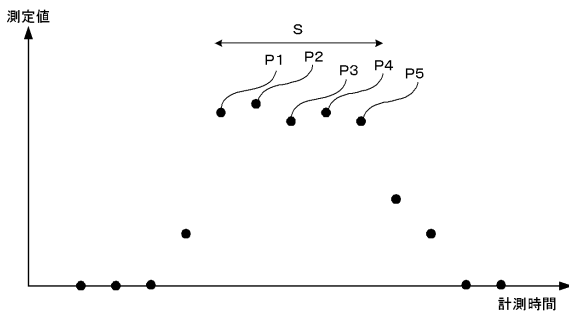
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

作業テーブル

位置基準穴の識別番号	放射線強度(Bq)	誤差	評価 (最大許容誤差10%)
001			
007			
024			
⋮			
n			

(a)

作業テーブル

位置基準穴の識別番号	放射線強度(Bq)	誤差	評価 (最大許容誤差10%)
001	22.3	+2.3	×
007			
024			
⋮			
n			

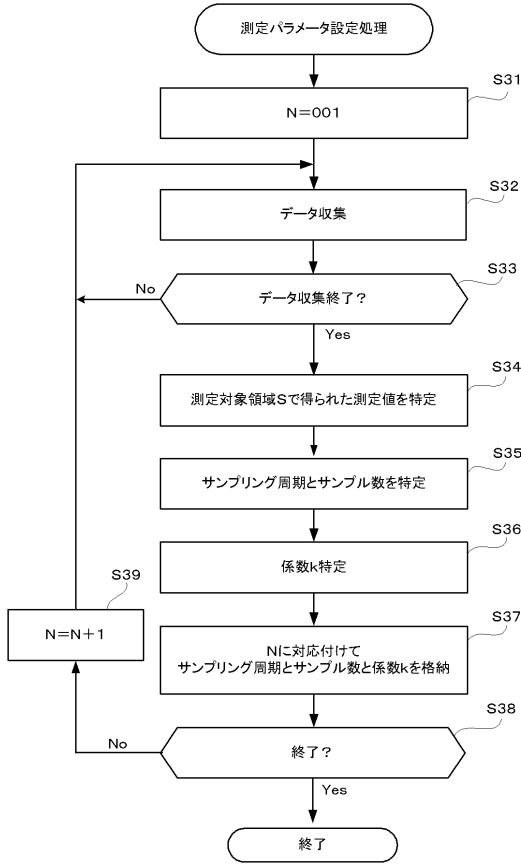
(b)

作業テーブル

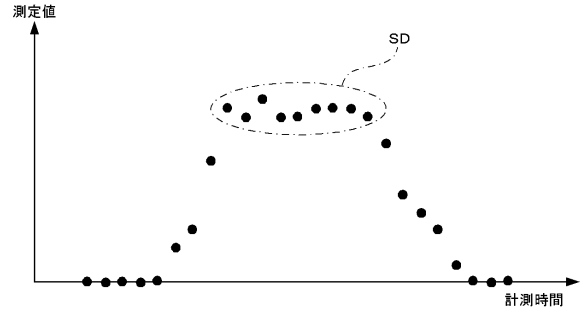
位置基準穴の識別番号	放射線強度(Bq)	誤差	評価 (最大許容誤差10%)
001	22.3	+2.3	×
007	19.0	-1.0	○
024	14.8	-5.2	×
⋮	⋮	⋮	⋮
n	20.21	0.21	○

(c)

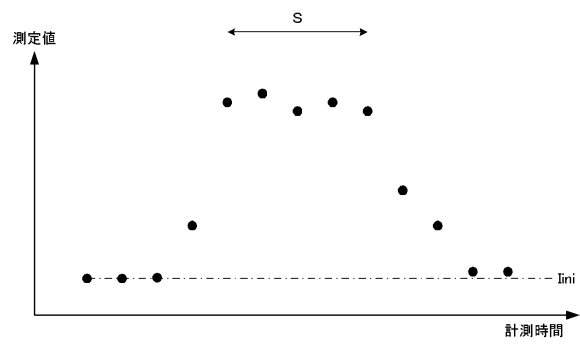
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

作業テーブル

位置基準穴の識別番号	挿入予定放射源強度	実測放射源強度(Bq)	誤差	評価
001	20			
007	10			
024	6			
⋮				
n	20			

(a)

位置基準穴の識別番号	挿入予定放射源強度	実測放射源強度	誤差	評価
001	20	21	+1(+5%)	○
007	10			
024	6			
⋮				
n	20			

(b)

フロントページの続き

- (72)発明者 田中 憲一
北海道札幌市中央区南1条西17丁目 北海道公立大学法人 札幌医科大学内
- (72)発明者 館岡 邦彦
北海道札幌市中央区南1条西17丁目 北海道公立大学法人 札幌医科大学内
- (72)発明者 浅沼 治
北海道札幌市中央区南1条西17丁目 北海道公立大学法人 札幌医科大学内
- (72)発明者 加茂 憲一
北海道札幌市中央区南1条西17丁目 北海道公立大学法人 札幌医科大学内
- (72)発明者 晴山 雅人
北海道札幌市中央区南1条西17丁目 北海道公立大学法人 札幌医科大学内
- (72)発明者 高田 純
北海道札幌市中央区南1条西17丁目 北海道公立大学法人 札幌医科大学内
- (72)発明者 遠藤 暁
広島県東広島市鏡山一丁目4番1号 国立大学法人広島大学大学院工学研究院内

審査官 藤本 加代子

- (56)参考文献 国際公開第2012/011914(WO, A1)
特開2009-077972(JP, A)
登録実用新案第3132529(JP, U)
特表2007-510508(JP, A)
特開2001-000563(JP, A)
特表2008-547023(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 T	1 / 1 6
G 0 1 T	1 / 1 6 7
G 0 1 T	1 / 2 0
G 0 1 T	1 / 2 4
G 0 1 T	7 / 0 0
G 0 1 T	1 / 1 7
G 0 1 T	1 / 2 9
A 6 1 N	5 / 1 0