

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-210212

(P2013-210212A)

(43) 公開日 平成25年10月10日(2013.10.10)

(51) Int.Cl.		F I				テーマコード (参考)
GO1T	1/16	(2006.01)	GO1T	1/16	A	2G088
GO1T	1/29	(2006.01)	GO1T	1/29	C	2G188

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2012-78777 (P2012-78777)
 (22) 出願日 平成24年3月30日 (2012.3.30)

(71) 出願人 301032942
 独立行政法人放射線医学総合研究所
 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
 (71) 出願人 390029791
 日立アロカメディカル株式会社
 東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人YKI国際特許事務所
 (72) 発明者 白川 芳幸
 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号
 独立行政法人放射線医学総合研究所内
 (72) 発明者 山野 俊也
 東京都三鷹市牟礼6丁目22番1号 日立
 アロカメディカル株式会社内

最終頁に続く

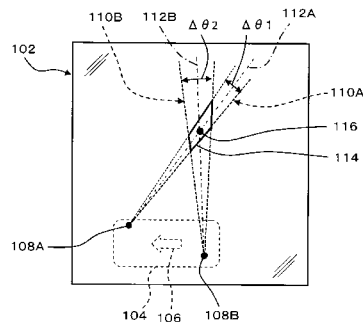
(54) 【発明の名称】 放射線測定装置

(57) 【要約】

【課題】 線の飛来方位を測定する放射線測定装置において、方位推定誤差までが表示されるようにする。

【解決手段】 複数の検出器を利用して得られた複数の計数値に基づいてそれらを応答関数と突き合わせることで、より方位を判別する場合において、その突き合わせの際に相関値から方位推定誤差を求める。個々の測定ユニットについて、放射線の飛来方位と誤差量が求められると、それらに基づいて線源探索用画像102を構成することができる。放射状の表示像110A, 112Bにおける角度方向の範囲1, 2が方位推定誤差に相当している。

【選択図】 図13



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

互いに異なる指向特性を有する複数の検出器からなる検出部と、

前記複数の検出器を用いて計測された複数の計数値に基づく実測比率情報を、放射線の飛来方向に応じて変化する理論比率情報を与える応答関数に対して照合することにより、前記実測比率情報が適合する特定の理論比率情報を判別し、当該特定の理論比率情報から現在検出している放射線の飛来方向を推定する飛来方向推定手段と、

前記実測比率情報が前記特定の理論比率情報に適合する度合いに基づいて飛来方向の推定誤差を演算する推定誤差演算手段と、

を含むことを特徴とする放射線測定装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の装置において、

前記飛来方向推定手段は、

前記実測比率情報と前記応答関数を構成する複数の理論比率情報との間で相関演算を行うことにより相関値グラフを生成する手段と、

前記相関値グラフにおけるピーク位置から前記現在検出している放射線の飛来方向を推定するピーク位置特定手段と、

を含み、

前記推定誤差演算手段は、前記相関値グラフに基づいて前記推定誤差を演算する、ことを特徴とする放射線測定装置。

20

【請求項 3】

請求項 2 記載の装置において、

前記推定誤差演算手段は、前記相関値グラフにおける少なくともピークレベルに基づいて前記推定誤差を演算する、

ことを特徴とする放射線測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の装置において、

更に、前記飛来方向を前記推定誤差と共に表す方向表示像を表示する表示器を含む、ことを特徴とする放射線測定装置。

【請求項 5】

請求項 4 記載の装置において、

前記方向表示像は、前記飛来方向を中心とした範囲であって前記推定誤差に応じて大きさが変化する角度範囲を示すものである、

ことを特徴とする放射線測定装置。

30

【請求項 6】

互いに水平方向に異なる位置に配置された複数の検出部からなる手段であって、各検出部が互いに異なる水平指向特性を有する複数の検出器からなるものである検出手段と、

前記検出部ごとに現在検出している放射線の飛来方向を推定する手段であって、前記検出部ごとに、前記複数の検出器を用いて計測された複数の計数値に基づく実測比率情報を、放射線の飛来方向に応じて変化する理論比率情報を与える応答関数に対して照合することにより、前記実測比率情報が適合する特定の理論比率情報を判別し、当該特定の理論比率情報から現在検出している放射線の飛来方向を推定する飛来方向推定手段と、

40

前記検出部ごとに、前記実測比率情報が前記特定の理論比率情報に適合する度合いに基づいて飛来方向の推定誤差を演算する推定誤差演算手段と、

前記複数の検出部について推定された複数の飛来方向及び前記複数の検出部について演算された複数の推定誤差に基づいて、線源が位置する可能性がある線源領域を表す線源領域画像を形成する手段と、

を含むことを特徴とする放射線測定装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の装置において、

50

前記線源領域画像上の前記線源領域は前記複数の検出部を示す複数の測定地点から出る複数の放射状領域の重合部分に相当し、

前記各放射状領域の中心線が推定方位に基づいて定められ、且つ、前記各放射状領域の広がり角度が前記推定誤差に基づいて定められた、

ことを特徴とする放射線測定装置。

【請求項 8】

請求項 1 又は 6 記載の放射線測定装置を搭載した放射線モニタリング用移動体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は放射線測定装置に関し、特に、放射線（特に 線）の飛来方向を測定可能な放射線測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

放射線測定器あるいは放射線測定設備として、サーベイメータ、モニタリングカー、モニタリングポスト等が知られている。それらは一般に指向性を有しておらず、線の空間線量あるいは空間線量率を計測するものである。

【0003】

線を測定する放射線測定装置において、その検出部に指向性をもたせるためには、検出器に対して鉛等で構成されたコリメータを付加し、そのように構成された検出部を回転駆動する構成が利用される。検出部の回転に伴う計数値グラフ上でピークを特定することにより放射線の飛来方向が推定される。しかし、かかる構成では検出部が非常に大型化しその重量も大きくなる。

【0004】

これに対し、特許文献 1 に開示された放射線測定装置では、互いに異なる水平指向性を有する複数の検出器を備え、それらによって計測された複数の計数値の相互比率（実測比率情報）から放射線の飛来方向が特定されている。具体的には、エネルギー区分ごとに、複数の計数値がそれらの総和で規格化されて複数の実測計数値比が演算される。一方、エネルギー区分ごとに飛来方向に応じて変化する複数の理論計数値比を与える応答関数が用意されている。エネルギー区分ごとに、複数の実測計数値比が応答関数に照合され、最も一致度が高くなる複数の実測計数値比を特定することにより、放射線の飛来方向とエネルギー区分とが同時に推定される。前提条件を変化させて複数のテンプレートを用意しておき、実測された計数比の組み合わせを複数のテンプレートに当て嵌めて、解を導き出すものであるから、上記手法は、テンプレート法あるいは探索的マッチング法の一種であると理解される。この手法によれば、検出部に重いコリメータや回転機構を設ける必要がなくなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2007-155332 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来、放射線の飛来方向を測定可能な放射線測定装置においては、測定された飛来方向を示す表示あるいは数値だけが提供されており、測定誤差あるいは推定誤差に関する情報までは提供されていない。このため、ユーザーにおいて、方位方向にける測定結果の不確かさの大小を認識できないという問題がある。これは飛来方向の誤認の可能性を引き起こすものである。特に、実測比率情報を応答関数に照合することにより飛来方向を推定する放射線測定装置においては、両者の一致度が高い場合もあれば低い場合もある。前者よりも後者の方が方位推定誤差が大きいとみなせるが、従来、そのような誤差の大小に関する

10

20

30

40

50

情報は提供されていない。

【0007】

本発明の目的は、飛来方向を測定可能な放射線測定装置において飛来方向の測定誤差に関する情報もユーザーに提供できるようにすることにある。

【0008】

本発明の目的は、線源の探知のための情報の提供に際して、線源が存在する可能性がある方位範囲をユーザーにおいて認識できるようにすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1) 本発明に係る放射線測定装置は、互いに異なる指向特性を有する複数の検出器からなる検出部と、前記複数の検出器を用いて計測された複数の計数値に基づく実測比率情報を、放射線の飛来方向に応じて変化する理論比率情報を与える応答関数に対して照合することにより、前記実測比率情報が適合する特定の理論比率情報を判別し、当該特定の理論比率情報から現在検出している放射線の飛来方向を推定する飛来方向推定手段と、前記実測比率情報が前記特定の理論比率情報に適合する度合いに基づいて飛来方向の推定誤差を演算する推定誤差演算手段と、を含むものである。

10

【0010】

上記構成によれば、互いに異なる指向特性を有する複数の検出器により複数の計数値が計測される。それらから実測比率情報が演算され、それが各方位ごとの理論比率情報からなる応答関数と比較される。実測比率情報は、望ましくは、複数の計数値をそれらの総和で除算(正規化)することによって得られる複数の比率からなるものである。それらの比率に比較されるものが理論比率情報であり、それは各方向(各方位)について定義される対照用の比率セットとして構成される。それはシミュレーションや実験等によって得られるものである。実測比率情報を各理論比率情報へ照合する場合、望ましくは、相関演算が実行され、相関が最も良好な特定の理論比率情報に対応する方位として、放射線の飛来方向が判別される。エネルギー(区分)ごとに、つまりエネルギーが異なる核種ごとに、異なる応答関数を用意しておき、エネルギーつまり核種の事前指定に基づいて、使用する応答関数を選択するようにしてもよい。あるいはエネルギー区分ごとに計数して応答関数照合等を並列的に実行するようにしてもよい。この構成によれば、飛来方向と同時にエネルギー区分つまり核種の判別を行える。

20

30

【0011】

上記構成によれば、実測比率情報が理論比率情報に適合する度合いに基づいて飛来方向の推定誤差が演算される。少なくとも、推定誤差は、厳密な誤差を示すものでなくてもよく、およそ誤差の大小を表すものであればよい。但し、それが方位範囲の大小として表示される場合、表示された方位範囲を信頼して線源の探索等を行うことになるから、その意味において推定誤差は線源存在の可能性が大きい角度範囲を示すものとして演算されるのが望ましい。推定誤差の情報は、表示画面上に表示され、あるいは、数値表示されるのが望ましいが、必ずしも表示されずに、記録されてもよく、あるいは他の演算に利用されてもよい。今まで誤差に関する情報が取得されていなかったが、上記構成によれば、誤差の大小をユーザーに提供あるいは演算上役立てることが可能である。

40

【0012】

望ましくは、前記飛来方向推定手段は、前記実測比率情報と前記応答関数を構成する複数の理論比率情報との間で相関演算を行うことにより相関値グラフを生成する手段と、前記相関値グラフにおけるピーク位置から前記現在検出している放射線の飛来方向を推定するピーク位置特定手段と、を含み、前記推定誤差演算手段は、前記相関値グラフに基づいて前記推定誤差を演算する。相関値グラフを生成すれば方位の変化による相関値の変化を的確に捉えることができ、つまり、ピーク位置を容易に特定可能である。また、そのような相関値グラフを利用して推定誤差が演算される。その場合、望ましくは、前記相関値グラフにおける少なくともピークレベルに基づいて前記推定誤差が演算される。但し、グラフから読み取れる他の情報に基づいて推定誤差を演算するようにしてもよい。推定誤差が

50

方位表示像における角度範囲を直接表現するものであってもよい。

【0013】

望ましくは、更に、前記飛来方向を前記推定誤差と共に表す方向表示像を表示する表示器を含む。望ましくは、前記方向表示像は、前記飛来方向を中心とした範囲であって前記推定誤差に応じて大きさが変化する角度範囲を示すものである。方向表示像が原点から放射状に広がるセクタ領域を示す像である場合、推定誤差の大小によってセクタ領域の広がり角度が変化する。セクタ領域が広がれば推定誤差が大きく、線源の特定をより広く行うべき状況を理解でき、一方、セクタ領域が狭まれば推定誤差が小さく、線源の特定を狭い範囲で行えば足りる状況を認識できる。

【0014】

(2) 本発明に係る放射線測定装置は、互いに水平方向に異なる位置に配置された複数の検出部からなる手段であって、各検出部が互いに異なる水平指向特性を有する複数の検出器からなるものである検出手段と、前記検出部ごとに現在検出している放射線の飛来方向を推定する手段であって、前記検出部ごとに、前記複数の検出器を用いて計測された複数の計数値に基づく実測比率情報を、放射線の飛来方向に応じて変化する理論比率情報を与える応答関数に対して照合することにより、前記実測比率情報が適合する特定の理論比率情報を判別し、当該特定の理論比率情報から現在検出している放射線の飛来方向を推定する飛来方向推定手段と、前記検出部ごとに、前記実測比率情報が前記特定の理論比率情報に適合する度合いに基づいて飛来方向の推定誤差を演算する推定誤差演算手段と、前記複数の検出部について推定された複数の飛来方向及び前記複数の検出部について演算された複数の推定誤差に基づいて、線源が位置する可能性がある線源領域を表す線源領域画像を形成する手段と、を含むものである。

【0015】

上記構成によれば、水平方向に隔てられた2点においてそれぞれ飛来方向及び推定誤差が演算され、それらに基づいて線源領域画像が形成される。それは線源探索時に探索範囲を決定する際の目安となるものである。単純に2つの推定方位をクロスさせて線源地点を表示した場合、推定誤差に依存してその表示内容の確からしさが大きく変化してしまう。それよりも推定誤差に応じて存在可能性の高い範囲のサイズを変動させれば線源探索の作業を効率化することが可能となる。

【0016】

望ましくは、前記線源領域画像上の前記線源領域は前記複数の検出部を示す複数の測定地点から出る複数の放射状領域の重合部分に相当し、前記各放射状領域の中心線が推定方位に基づいて定められ、且つ、前記各放射状領域の広がり角度が前記推定誤差に基づいて定められる。

【0017】

(3) 上記の放射線測定装置を搭載した放射線モニタリング用移動体を構成してもよい。そのような移動体は、モニタリングカー、モニタリング台車等である。上記放射線測定装置を手持ち可能な可搬型のサーベイメータとして構成するようにしてもよい。もちろん、上記のように構成される放射線測定装置をモニタリングポストとして機能させるようにしてもよい。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、放射線の飛来方向を測定可能な放射線測定装置において、飛来方向の測定誤差に関する情報もユーザーに提供できる。あるいは、線源の探知のための情報の提供に際して、線源が存在する可能性がある方位範囲をユーザーにおいて認識できる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明に係る放射線測定装置の第1実施形態を示すブロック図である。

【図2】第1核種用応答関数を示す図である。

【図3】第2核種用応答関数を示す図である。

10

20

30

40

50

【図4】第3核種用応答関数を示す図である。

【図5】第4核種用応答関数を示す図である。

【図6】第5核種用応答関数を示す図である。

【図7】相関値グラフを示す図である。

【図8】図1に示した装置の動作例を示すフローチャートである。

【図9】図1に示した放射線測定装置を搭載する台車システムを示す図である。

【図10】図9に示す表示器に表示される表示例を示す図である。

【図11】本発明に係る放射線測定装置の第2実施形態を示すブロック図である。

【図12】図11に示した装置を搭載した放射線モニタリングカーを示す図である。

【図13】線源探索用画像の一例を示す図である。

【図14】線源探索用マップを示す図である。

【図15】図11に示した装置の動作例を示すフローチャートである。

【図16】検出部の他の構成例を示す図である。

【図17】検出部の他の構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の好適な実施形態を図面に基づいて説明する。

【0021】

図1には、本発明に係る放射線測定装置の好適な実施形態が示されており、図1はその全体構成を示す概念図である。この放射線測定装置は特に放射線の飛来方向（飛来方位）を測定可能なものである。放射線測定装置が台車、車両等の移動体に搭載されてもよい。

【0022】

測定ユニット10は、本実施形態において3つのシンチレータブロック12, 14, 16を有している。それらは検出部を構成している。各シンチレータブロック12, 14, 16はそれぞれ上方から見て扇状に広がった形態を有し、それぞれの水平方向の指向特性は互いに異なっている。この構成は上記の特許文献1においても開示されている。3つのシンチレータブロック12, 14, 16に対応して3つの光電子増倍管20, 22, 24が設けられている。シンチレータブロック12, 14, 16に放射線としての線が進入すると、そこで光が生じ、その光が光電子増倍管20, 22, 24において検出され、電気信号となって出力される。図1に示す構成において、測定ユニット10、特に検出部18を回転駆動させる機構は設けられていない。

【0023】

演算ユニット28について説明する。演算ユニット28は、3つの信号処理部(SP)30, 32, 34とシングルチャンネルアナライザ(SCA)36, 38, 40と、処理部42と、メモリ44と、を備えている。信号処理部30, 32, 34は増幅、ノイズ除去等の処理を行うものである。SCA36, 38, 40は、ユーザーによって指定された測定対象核種に対応するエネルギー区分に入る信号すなわちパルスの計数(カウント)を行うものである。SCA36, 38, 40から計数值(カウント値)が出力されている。SCA36, 38, 40に代えてマルチチャンネルアナライザ(MCA)を設けるようにしてもよい。

【0024】

処理部42は例えばマイコン等により構成され、出力される3つの計数值、すなわち3つのシンチレータブロック12, 14, 16によって得られた3つの計数值 k_1 , k_2 , k_3 に基づいて、線の入射方向すなわち飛来方位を判定する機能を有している。具体的には、メモリ44には、以下に図2乃至図6を用いて例示する5つの応答関数が格納されており、ユーザーによって測定対象核種が指定されると、制御部48の作用により、5つの応答関数群の中から、指定された核種に対応する応答関数が読み出され、その応答関数がメモリ44上に格納される。

【0025】

処理部42は、以下に詳述するように、3つの計数值 k_1 , k_2 , k_3 から実測比率情

10

20

30

40

50

報を演算し、その実測比率情報をメモリ44上の応答関数に照合することにより、一致度が最も高くなる方位として線の飛来方位を判定する。これについて詳しく説明すると、3つの計数値 k_1 、 k_2 、 k_3 が加算されてトータル値 T が演算され、それを用いて3つの計数値を除算することにより3つの計数値比(3つの比率) k_1/T 、 k_2/T 、 k_3/T が演算される。一方、応答関数は、各方位ごとに用意された理論比率情報を有しており、各理論比率情報は上述した3つの比率に照合される3つの比率によって構成されている。具体的には、その3つの比率は後に説明するように N_1/T 、 N_2/T 、 N_3/T である。すなわち3つのシンチレータブロックの指向特性が反映された3つの理論比率が格納されたものである。そのような応答関数はシミュレーションによりあるいは実験により事前に求めておくことが可能である。

10

【0026】

したがって、処理部42は、実測された3つの比率を応答関数を構成する各方位ごとの3つの比率に照合し、それらの間で相関演算を実行し、もっとも相関結果が良好となる方位をもって放射線の飛来方位としている。その手法は上記の特許文献1にも開示されている。

【0027】

ただし、本実施形態においては、事前にユーザーにより測定対象核種すなわち注目するエネルギー区分が指定されており、エネルギー区分毎に実測比率情報と理論比率情報とを対比させる作業までは不要である。もちろん、そのような処理を行うようにしてもよい。

20

【0028】

処理部42は、上述したように線の飛来方位の特定とともに、以下に詳述するように、相関度合いの大小を示す相関値ピークレベルを出力している。図1においては、推定された方位が1で表されており、特定されたピークレベルが1で示されている。誤差量を示す情報としてはピークレベル以外にも各種の情報を利用することが可能である。

【0029】

制御部48は図1に示される各構成の動作制御を行っており、制御部48は本実施形態において誤差量推定部50を備えている。この誤差量推定部50は、入力されたピークレベル1に基づいて飛来方位の推定にあたっての誤差の大きさを表す誤差量を演算するものである。後に示すように、その誤差量は例えば1で表される。

30

【0030】

入力器52はキーボード等により構成され、入力器52を用いてユーザーにより測定に先立って測定対象核種が指定される。もちろん、予め自動的に指定されてもよい。また未知の核種の測定を行うことも可能である。その場合においてはメモリ44に格納された例えば5つの関数が並列的に利用される。制御部48は、入力器52によって測定対象核種が指定されると、上述したようにメモリ44上の関数群の中から、測定対象核種に対応する応答関数を選択し、またシングルチャンネルアナライザ36、38、40に対してパルスをカウントするゲート範囲を指定する信号を与える。

【0031】

表示器54上には、線源探索用の画像が表示される。その画像は、原点から見た線源の方位を表すものであり、本実施形態においては、その方位と共に推定誤差量を表す情報が表示されている。その具体例については後に図10を用いて説明する。

40

【0032】

図2乃至図6には応答関数の例が示されている。図2には第1核種用応答関数が示されており、図3には第2核種用応答関数が示されており、図4には第3核種用応答関数が示されており、図5には第4核種用応答関数が示されており、図6には第5核種用応答関数が示されている。それぞれの核種のエネルギー(エネルギー区分)が互いに異なっている。本実施形態においては5つの応答関数が用意されているが、その個数はそれ以下あるいはそれ以上であってもよい。それぞれの応答関数においては、方位ごとに3つのシンチレータブロックの指向特性に対応して3つの比率が与えられており、すなわち N_1/T 、 N_2/T 、 N_3/T の値が対応付けられている。

50

【 0 0 3 3 】

したがって、図 1 に示した処理部 4 2 は、実測された 3 つの比率を、選択された応答関数における各方位の 3 つの比率と突き合わせ、具体的には相関演算を実行することによりピークレベルが生じる方位として放射線の飛来方位を特定する。

【 0 0 3 4 】

これを図 7 を用いて説明する。図 7 には相関値グラフ 5 6 が示されている。横軸は方位を表しており、縦軸は相関値を示している。ここでは、相関値が大きい程マッチング度合いが高いものとなっている。相関値グラフ 5 6 においてピーク 5 7 が自動的に特定される。ただし、閾値 を超える地点として特定され、ピークレベル 5 7 が閾値 よりも小さい場合には判別不能であると判断される。ピーク値 5 7 が生じている方位が 1 であり、それが放射線の飛来方位である。但し、上述したように推定誤差が存在しており、本実施形態においてはピーク値 5 7 のレベル 1 をもって誤差量を表す情報であるとみなしている。この場合において、ピークレベルは符号 5 8 で示す相関値そのものであってもよいし、符号 6 0 で示すように閾値を超えた分であってもよい。

10

【 0 0 3 5 】

図 8 には、図 1 に示した装置の動作例がフローチャートとして示されている。以下の表示例説明に先立って、動作内容を説明しておく。

【 0 0 3 6 】

S 1 0 0 においては、ユーザーにより測定対象核種が指定される。例えば¹³⁷Cs が指定される。S 1 0 2 においては、対象核種用の応答関数が選択される。S 1 0 4 においては、上述した実測計数比列が特定され、それと応答関数との間で相関演算がくり返し実行される。相関演算は方位毎に行われる。これにより相関値グラフが生成される。

20

【 0 0 3 7 】

S 1 0 6 においては、相関値グラフ上において最大相関値すなわちピークレベル 1 が特定され、またそれが生じている方位として最大相関方位 1 が特定される。それらが出力される。S 1 0 8 においては、最大相関方位 1 と、最大相関値 1 に基づいて演算される角度推定誤差量 1 と、から飛来方向表示像が生成される。この飛来方向表示像は S 1 1 0 上において作成される線源探索用画像の一部をなすものである。S 1 0 8 と S 1 1 0 とが同時に実行されてもよい。生成された線源探索用画像は表示画面上に表示される。

30

【 0 0 3 8 】

ユーザーはそのような画像を観察することにより、どの程度の角度範囲に亘って線源の探索を行えばよいのかを把握することができ、従来のように特定の方位に線源が存在すると思込んでしまうといった問題を未然に防止することができる。線源探索用画像に含まれる飛来方位表示像は後に説明するように原点からセクタ状すなわち放射状に広がるおよそ三角形の形態をもったイメージであり、その広がり幅が誤差の大小を示している。

【 0 0 3 9 】

図 9 には、図 1 に示した装置を搭載した台車システムが示されている。台車 6 4 はベース 6 6 を含み、その後端部分にはハンドル 6 8 が取り付けられている。ベース 6 6 の下部には 4 つのキャスタ 6 7 が設けられている。使用者によって台車 6 4 が動かされ、線源の探索すなわち線源方位の特定を行いながら台車を押し進めることにより、ホットスポット等を迅速に特定することが可能である。

40

【 0 0 4 0 】

ベース 6 6 上にはフレーム 7 4 を介して上述した測定ユニット 1 0 が設けられており、これによって入射する 線 7 0 が測定される。測定ユニット 1 0 には、具体的には検出部の上面には、表示器 7 2 が配置されており、その表示器 7 2 は本実施形態において液晶表示器 (LCD) である。検出器の中心を通る垂直中心線上に表示器の表示原点が合わせられている。

【 0 0 4 1 】

フレーム 7 6 の上側には P C 7 8 が設けられ、その P C 7 8 は上述した制御部 4 8 等に

50

相当するものである。フレーム 76 の中には各ユニットへ電力を与えるバッテリー 80 が内蔵されている。符号 81 は汚染防止用のカバーを表している。必要に応じてそのようなカバーを利用するのが望ましい。

【0042】

図 10 には、図 9 に示した表示器 72 に表示される表示例が概念的に示されている。表示器 72 の表示面には、線源探索用画像 82 が表示されており、また、以下に説明する各種情報が表示されている。符号 83 は測定対象となった核種を示している。符号 84 は放射線の飛来方位を示している。具体的には推定誤差範囲における中心に相当する方位を数値として示している。符号 86 は現状の線量率を示している。すなわち、図 1 に示した構成において、SCA36, 38, 40 から出力される計数値に基づいて、処理部 42 において環境中の空間線量率が演算されている。

10

【0043】

線源探索用画像 82 について説明すると、その中心が原点 90 であり、そこからセクタ状の線源範囲像すなわち方向表示像 88 が表示されている。その中心にある矢印形態をもったマーカ 92 は放射線の飛来方位を示すものであり、推定誤差範囲内における中心方位に相当している。表示像 88 の角度方向の範囲 94 は上述したピークレベルに対応しており、すなわち誤差量に対応している。ピークレベルが高い場合には範囲 94 が大きくされ、ピークレベルが低い場合には範囲 94 が狭くされている。すなわち誤差の大きさによって表示像 88 の方位方向の幅を増減することにより、誤差の大きさに応じた探索範囲を認識することが可能となる。

20

【0044】

本実施形態においては、誤差量が表示像の大小として表されていたが、その誤差量を他の計算上のパラメータとして利用することも可能であり、また測定結果と共に記録することも可能である。

【0045】

本実施形態においては、図 7 に示したようにピーク 57 のレベル 1 に着目して、そのレベル 1 に基づいて誤差量の大小を判断したが、例えば符号 62 で示すように閾値を超える方位方向の範囲 62 をもって、それを誤差範囲として定義するようにしてもよい。またそのような範囲 62 が所定値以上の場合にはエラーを判定するようにしてもよい。更にピークが複数特定されるような場合にもエラーを判定するようにしてもよい。ピークレベル等から表示像の幅を決めるためにテーブルや関数を用意しておくのが望ましい。

30

【0046】

次に、図 11 ~ 15 を用いて第 2 実施形態について説明する。図 11 には第 2 実施形態に係る放射線測定装置の全体構成が概念図として示されている。なお、図 1 に示した構成と同様の構成には同一符号を付し、その説明を省略する。この実施形態においては、第 1 測定ユニット 10A と第 2 測定ユニット 10B とが設置されている。それらは地上において同じ高さであって互いに水平方向に隔てられた位置に設置されている。各測定ユニット 10A, 10B の構成は基本的に図 1 に示したものと同様である。ただし、図 11 に示す構成では、検出器 18A, 18B の上面上に GPS センサ 26A, 26B が設けられており、その検出原点が検出部 18A, 18B の検出原点と水平方向において一致している。すなわち個々の測定ユニット 10A, 10B の原点について地理上の三次元座標が特定されている。検出された測位情報あるいは位置情報は制御部 48 へ出力されている。

40

【0047】

2つの測定ユニット 10A, 10B に対応して2つの演算ユニット 28A, 28B が設けられている。2つの演算ユニット 28A, 28B に共用される関数群として、メモリ 46 上には5つの応答関数が格納されている。使用者において測定対象核種が指定されると、その核種に対応する応答関数がメモリ 46 から読み出され、それぞれの演算ユニット 28A, 28B 内におけるメモリ 44A, 44B にその応答関数が格納される。そして方位判別等においてその応答関数が利用される。

【0048】

50

2つの演算ユニット28A, 28Bにおいてそれぞれ方位推定及び誤差量ピークレベルの特定が行われ、すなわち第1演算ユニット28Aから飛来方位1及びピークレベル1が制御部48へ出力され、同様に、第2演算ユニット28Bから飛来方位2及びピークレベル2が制御部48に出力されている。

【0049】

制御部48においては、誤差量推定部50においてピークレベル1, 2に基づいてそれぞれに基づいて誤差量を定めて、すなわち角度記号1, 2を演算する。この場合において、ピークレベルから誤差量あるいは角度範囲を特定するために、予め変換関数あるいは変換テーブルを用意しておくようにするのが望ましい。そのような変換関数あるいは変換テーブルは実験によりあるいはシミュレーションにより適当なものを作成することが可能である。

10

【0050】

制御部48は、2つの演算された誤差量を反映する線源探索用画像を生成する。それについては後に図13及び14を用いて説明する。そのような画像が表示器54上に表示される。

【0051】

図12は、図11に示した放射線測定装置を搭載したモニタリングカーを概念的に示している。符号100がモニタリングカーを示している。(A)は上面図であり、(B)は側面図である。同じモニタリングカー100の天井すなわち上面には2つの測定ユニット10A, 10Bが設けられている。それらは(B)に示すように、地上から同一の高さに設けられており、一方、(A)に示すようにモニタリングカー100のルーフ上において対角方向に隔てられて設けられている。すなわち、できる限り両者の距離を離すように対角方向に2つの測定ユニット10A, 10Bが並んでいる。このモニタリングカー100によれば三角法を利用して線源の存在する可能性がある範囲を四角形の形態として測定することが可能である。以下にそれについて説明する。

20

【0052】

図13には、図1に示した制御部によって生成される線源探索用画像の例が示されている。画像102はモニタリングカーを模式的に示すグラフィック104及びその進行方向を示すグラフィック106を含んでおり、また、2つの測定ユニットの位置を示すマーカ108A, 108Bを有している。ここから放射状にすなわちセクタ状に広がった像が表示像110A, 110Bである。個々の表示像110A, 110Bは上述した推定誤差の大きさに応じた角度範囲1, 2を有しており、またその中心を通過する方位マーカー112A, 112Bを有している。2つの表示像110A, 110Bが重合するエリアとして線源の存在可能性を示す四角形のエリア114が特定される。すなわちそのエリア114内をまず探索すれば線源を特定できる可能性が高いものと理解される。もちろん、そこで発見されなければそこから周囲へ探索範囲を広げればよい。エリア114の中心が符号116で示されており、それは2つのラインマーカー112A, 112Bの交点を成している。したがって通常はその交点に相当する地点から周囲に探索を広げていくことになる。

30

【0053】

図13に示すような画像の表示によれば、モニタリングカーを基準として線源が存在している方位及びその範囲を2次元的に特定することが可能である。すなわち三角法に基づいて線源が存在しているエリアを特定することが可能である。

40

【0054】

図11に示した制御部48においてはデータベース98が接続されており、それには地図データが格納されている。また検出ユニット10A, 10BにはGPSセンサ26A, 26Bが設けられており、それによって各検出ユニット10A, 10Bごとの地理上の位置が特定されている。したがってそのような情報に基づいて、制御部48は図13に示した線源探索用画像を実際の地図上に表すことが可能であり、すなわち汚染が生じている可能性がある範囲を地理上の地点として特定することが可能である。もちろんそのような地

50

図の表示は任意に行うことが可能である。

【 0 0 5 5 】

図 1 4 には他の表示例が示されている。図 1 4 に示す線源マップ 1 1 8 は、背景としての地図画像 1 2 0 を有し、そこには道路等が表示されている。符号 1 2 2 はモニタリングカーにおいて測定を行った地点を表しており、また符号 1 2 6 も同様の地点を示している。地点 1 2 2 から放射状に表示像 1 2 4 が描かれており、同様に地点 1 2 6 から放射状に表示像 1 2 8 が示されている。それぞれの広がり範囲すなわち角度範囲は上述したように誤差量に対応付けられており、すなわち 1, 2 によってそれらが規定されている。符号 1 3 0 は 2 つの表示像がクロスするエリアを示しており、そこから探索を行うことが望ましい領域である。地図上にそのようなエリアを特定することが可能であるので、地図上における構造物あるいは地形をも考慮して探索を行えるという利点を得られる。モニタリングカーを移動させながらこのような画像を作成することにより、迅速に汚染箇所を特定することが可能である。これによってホットスポットを広範囲に亘って迅速に見つけられるという利点を得られる。

10

【 0 0 5 6 】

図 1 5 には第 2 実施形態の動作が示されている。S 2 0 0 では、最大相関値つまりピークレベル 1 から角度推定誤差量 1 が演算され、同様に、S 2 0 2 では、最大相関値つまりピークレベル 2 から角度推定誤差量 2 が演算される。S 2 0 4 では、最大相関方位つまり推定方位 1 と角度推定誤差量 1 とから第 1 の表示像が生成される。S 2 0 6 では、最大相関方位つまり推定方位 2 と角度推定誤差量 2 とから第 2 の表示像が生成される。S 2 0 8 では、それらを含む線源特定用マップが生成される。

20

【 0 0 5 7 】

以上のように、上記の第 1 実施形態及び第 2 実施形態とも、相関演算の結果に基づいて方位推定誤差の大きさを推定し、それについて探索を行うべきエリアの範囲を増減できるので、線源の探索にあたって有用な情報を提供できるという利点を得られる。

【 0 0 5 8 】

図 1 6 及び図 1 7 には測定ユニットの他の実施形態が示されている。図 1 6 に示すように、フィルタ部材 1 3 2 は円板状の部材であり、それは例えばシンチレータと質量数が同様の材料により構成されている。フィルタ部材 1 3 2 には 1 2 0 度の間隔をもって下向きに開けられた 3 つの窪み 1 3 4, 1 3 6, 1 3 8 が形成されており、それぞれに対しては検出器 1 4 0, 1 4 2, 1 4 4 が差し込まれている。各検出器 1 4 0, 1 4 2, 1 4 4 はシンチレータ 1 4 6 を有しており、それが存在しているヘッド部分が各窪みに挿入されている。ちなみに符号 1 4 8 は光電子増倍管を表している。図 1 7 には、フィルタ部材 1 3 2 の上面図が示されている。それぞれのシンチレータの形状は単純な円筒形状であるが、それがフィルタ部材 1 3 2 内に埋設されることにより、それぞれのシンチレータにおいて水平方向の指向特性を異ならせることが可能であり、その結果任意の方向から飛来する線 1 5 0 に対してそれぞれのシンチレータが固有の計数値を表示させるため、そのような計数値に基づいて上記同様に方位を判別することが可能である。またその際において相関演算の結果から誤差量の推定を行うことが可能である。

30

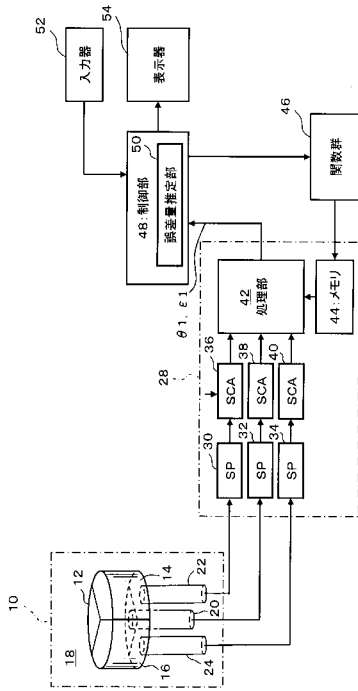
【 符号の説明 】

40

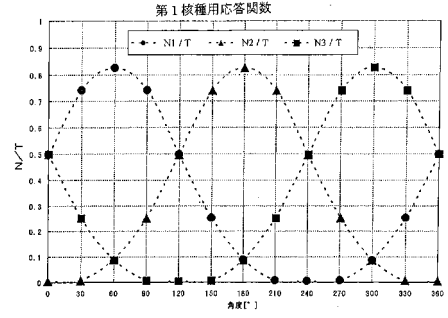
【 0 0 5 9 】

1 0 測定ユニット、1 2, 1 4, 1 6 シンチレータブロック、2 0, 2 2, 2 4 光電子増倍管、2 8 演算ユニット、4 8 制御部 5 0 誤差量推定部、5 4 表示器。

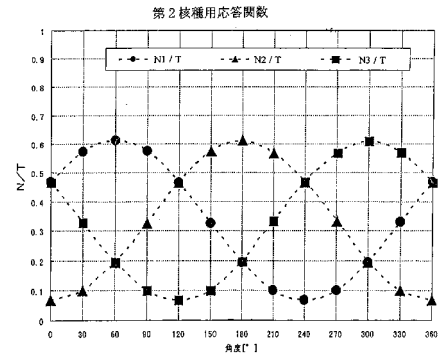
【 図 1 】



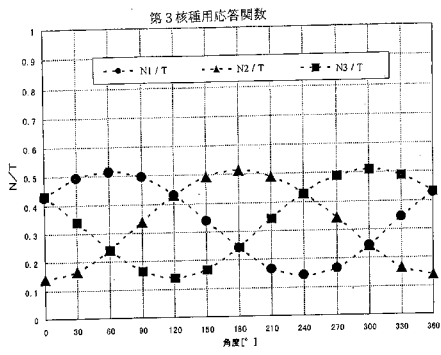
【 図 2 】



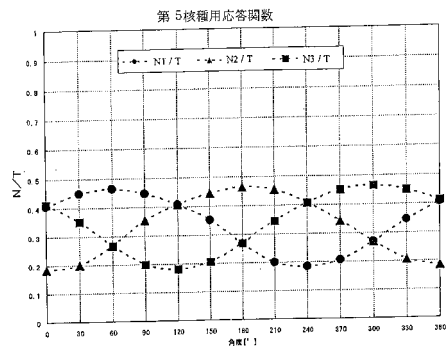
【 図 3 】



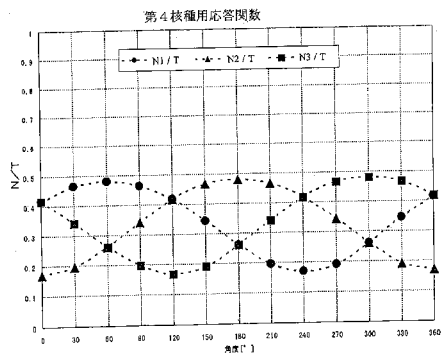
【 図 4 】



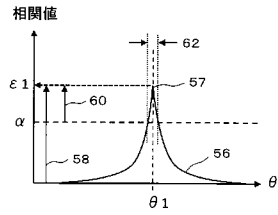
【 図 6 】



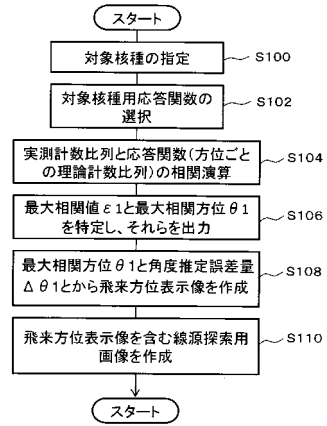
【 図 5 】



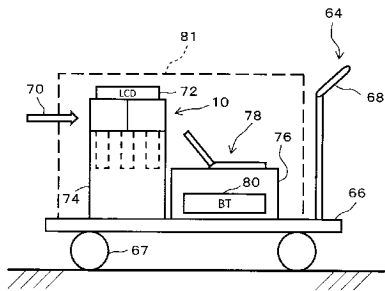
【 図 7 】



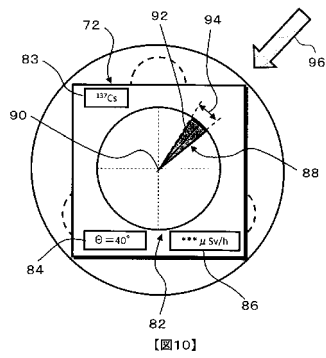
【 図 8 】



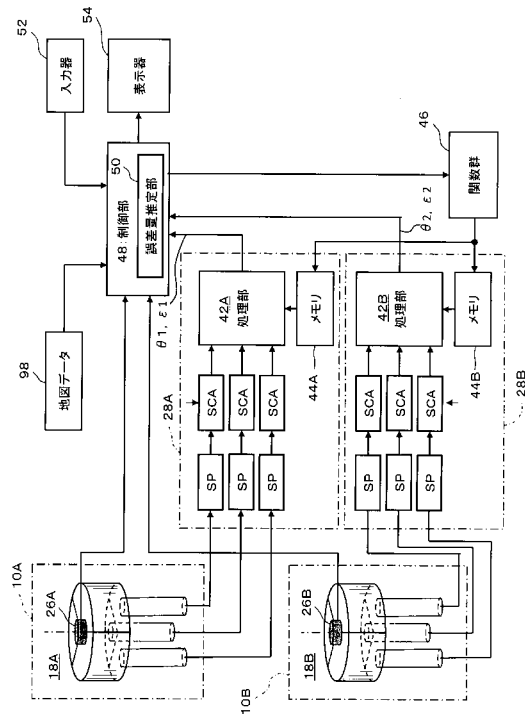
【 図 9 】



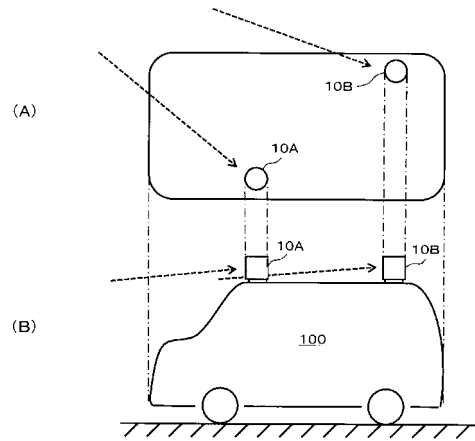
【 図 10 】



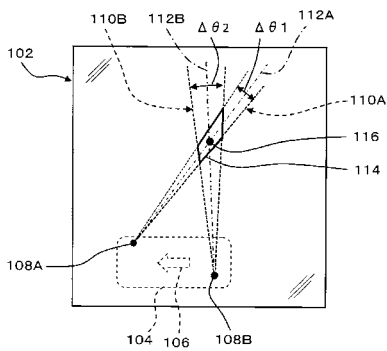
【図 1 1】



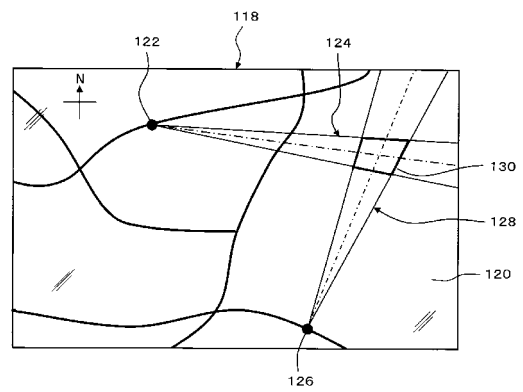
【図 1 2】



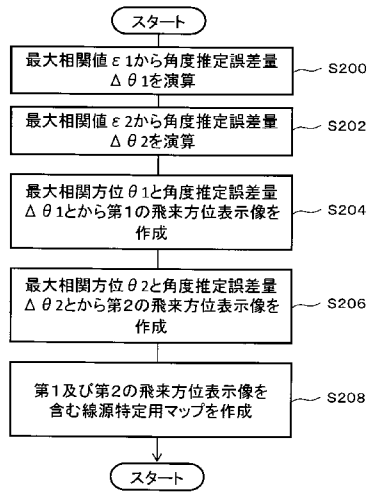
【図 1 3】



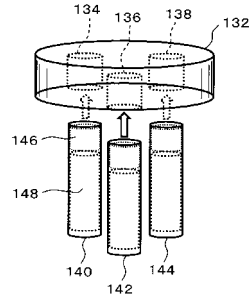
【図 1 4】



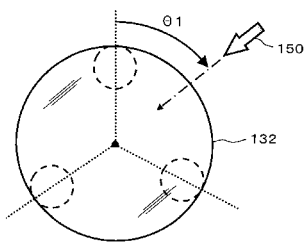
【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 1 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 小林 祐介

東京都三鷹市牟礼 6 丁目 2 番 1 号 日立アロカメディカル株式会社内

Fターム(参考) 2G088 EE09 EE11 FF04 FF18 GG18 KK29 KK35 MM01

2G188 AA09 AA10 BB04 BB18 CC21 EE29 EE39 GG01