

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012年7月19日(19.07.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/095981 A2

- (51) 国際特許分類:
G01T 1/20 (2006.01) *G01T 1/161* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/050475
- (22) 国際出願日: 2011年1月13日(13.01.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 独立行政法人放射線医学総合研究所 (National Institute of Radiological Sciences) [JP/JP]; 〒2638555 千葉県千葉市稲毛区穴川四丁目9番1号 Chiba (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 錦戸 文彦 (NISHIKIDO, Fumihiko) [JP/JP]; 〒2638555 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 Chiba (JP). 山谷 泰賀 (YAMAYA, Taiga) [JP/JP]; 〒2638555 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 Chiba (JP). 菅 幹生 (SUGA, Mikio) [JP/JP]; 〒2638555 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 Chiba (JP).
- (74) 代理人: 高矢 諭, 外 (TAKAYA, Satoshi et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木二丁目10番12号 南新宿ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 規則 4.17 に規定する申立て:
— 不利にならない開示又は新規性喪失の例外に関する申立て (規則 4.17(v))
- 添付公開書類:
— 第 17 条(2)(a)に基づく宣言; 要約なし; 国際調査機関により点検されていない発明の名称。



WO 2012/095981 A2

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DEFINING RESPONSE FUNCTION FOR DISCRIMINATING RADIATION POSITION BY RADIATION DETECTOR, AND METHOD AND DEVICE FOR DISCRIMINATING RADIATION POSITION

(54) 発明の名称: 放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法、装置及び放射線位置弁別方法、装置

(57) Abstract:

(57) 要約:

明 細 書

発明の名称：

放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法、装置及び放射線位置弁別方法、装置

技術分野

[0001] 本発明は、放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法、装置及び放射線位置弁別方法、装置に係り、特に、核医学イメージングの分野で用いるPET検出器、SPECT検出器、ガンマカメラや、放射線計測の分野で用いる放射線検出器に適用するのに好適な、放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法、装置、及び、これを用いた放射線位置弁別方法、装置に関する。

背景技術

[0002] 陽電子放出断層装置（PET装置）に用いられる放射線検出器として、放射線が入射した深さ方向の位置を検出可能なDepth of interaction（DOI）検出器が開発されている（非特許文献1参照）。このDOI検出器に放射線が入射して発光した位置を検出するため、一般的に、重心演算して事象（イベント）の位置を計算する方法（アンガー法と称する）が知られている（特許文献1－5参照）。

[0003] 図1（A）、（B）に示す通りにシンチレータ10と多数の受光素子（読み出しチャンネル）12からなる放射線検出器では、ガンマ線が相互作用を起こした位置が異なると信号の強度分布が変化する。それを利用して事前に各相互作用位置での出力分布（応答関数と称する）を測定しておき、最尤推定法を用いて相互作用位置を求める手法も提案されている（非特許文献2参照）。この最尤推定法による位置弁別手法は、アンガー法よりも高い位置弁別性能を追求することを目的としている。

[0004] 具体的な最尤推定法による位置弁別手法は、図2に示すように、以下の3つのステップから構成される。ここでは、説明を簡略化するため、1次元の

位置弁別としている。

[0005] (1) シンチレータ 10 とガンマ線との相互作用位置 x に応じた受光素子 i の平均受光素子出力 $f_i(x)$ (応答関数) を計測する (ステップ 100)

。

[0006] (2) 受光素子 i の応答関数 $f_i(x)$ と実際の受光素子出力 z_i を用いて尤度関数 $p(z|x)$ を計算する (ステップ 110)。

[数1]

$$p(z|x) = \prod_{i=1}^N \frac{f_i(x)^{z_i} e^{-f_i(x)}}{z_i!} \quad \dots (1)$$

ここで i ($= 1 \dots N$) は受光素子番号、 N は受光素子数である。

[0007] (3) 尤度関数 $p(z|x)$ が最大値をとる x を探し、相互作用位置 X と推定する (ステップ 120)。

[0008] 検出器構造を図 3 (A) に示す、受光素子 12 の数 N ($= 4$)、受光素子出力 z_i ($i = 1 \dots 4$) のモノリシックシンチレータ (分割されていない一塊のシンチレータ) 10 とした場合の平均受光素子出力 $f_i(x)$ の例を図 3 (B)、尤度関数 $p(z|x)$ の一例における最大値をとる座標 X を検出位置と推定する様子を図 3 (C) に示す。

[0009] この最尤推定法を用いるには、事前にガンマ線の相互作用位置と各受光素子での信号出力分布 (応答関数) を一対一に対応づけるためのテーブルを実験的に作成しておく必要がある。

[0010] 従来、最尤推定法は、図 3 に例示したような、大きな単一のシンチレータを用いた検出器で使用されてきた。そのため応答関数の作成には、図 4 に例示する如く、コリメータ 20 を使用することでシンチレータ 10 に入射する部分を制限して、シンチレータ 10 の 1 点にガンマ線をスポット照射し、各位置での受光素子出力の分布の作成を行い、必要な位置の数だけ照射位置を動かして、それぞれの位置での応答関数の作成を行う手法がとられてきた。

先行技術文献

特許文献

- [0011] 特許文献1：特開2005-43104号公報
特許文献2：米国特許第3,011,057号明細書
特許文献3：特開平7-325156号公報
特許文献4：特開2008-51701号公報
特許文献5：特表2008-523381号公報

非特許文献

- [0012] 非特許文献1：Mutayama H, Ishimashi H, Omura T: Depth encoding multicrystal detectors for PET. IEEE Trans Nucl Sci 45: 1152-1157, 1998
非特許文献2：T.D. Milster, et al, "DIGITAL POSITION ESTIMATION FOR THE MODULAR SCINTILLATION CAMERA", IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. NS-32, No. 1, February 1985.
非特許文献3：Yujiro Yazaki, et al, "Preliminary Study on a New DOI PET Detector with Limited Number of Photo-Detectors", The 5th KOREA-JAPAN Joint Meeting on Medical Physics, Y1-R2-3, 2008.
非特許文献4：横山貴弘、錦戸文彦、矢崎祐次郎、他：受光素子の3次元配置最適化に向けたDOI検出器シミュレータの開発. 医学物理 (Jpn J Med Phys) 29: 179-180, 2009

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0013] このスポット照射を用いる手法は2つの問題点を有する。1つ目は、コリメータ20を通してシンチレータ10にガンマ線を入射させる際に、多くのガンマ線はコリメータ20で止められてしまい、シンチレータ10に入射するガンマ線が非常に少なくなる為に応答関数の作成に非常に長い時間がかかってしまうことである。2つ目は、ガンマ線は確率的に相互作用を起こす為に、図5の様な深さ方向（ガンマ線の照射方向）に長いシンチレータ10を用いた場合に任意の深さで相互作用をさせることが出来ず、各深さ位置での応答関数を足しあわせた結果が受光素子出力となり、正しく応答関数を取得することができないことである。また、相互作用位置の推定の精度は照射位

置の精度に依存するため、コリメータやガンマ線源の位置や角度を高い精度で制御する大規模なシステムが必要となる。そのためPET装置を使用する病院等の現場において検出器の調整を行うことは現実的ではない。

[0014] 出願人らは、シンチレーション結晶ブロックの1面のみを受光素子を配置する従来のDOI検出器（非特許文献1参照）に加えて、図6に例示する如く、受光素子12を結晶ブロック10全面に分散して配置する、「クリスタルキューブ検出器」と称する次世代型のDOI検出器を提案している（非特許文献3参照）。図において、14は空隙である。

[0015] このクリスタルキューブ検出器では、シンチレーション結晶ブロック内には反射材を挿入せず、シンチレーション光の信号を3次元的にとらえることにより、従来のDOI検出器では困難であった等方的な分解能向上を目指している。3次元的な検出器内相互作用位置の特定は、PET装置における高感度・高分解能の両立に大きく貢献する。

[0016] 現在までにシミュレーションにおいて図6の様な深さ方向にも多数の結晶を組上げているクリスタルキューブ検出器でも、理想的な応答関数を用いれば、アンガー計算よりも最尤推定法のほうが優れた結晶弁別能を得られるという計算機シミュレーション結果が得られている。しかしながら前述の通り、クリスタルキューブ検出器の様に深さ方向に長い分割結晶型の3次元放射線検出器を用いる際には、スポット照射を用いた応答関数作成法では、ガンマ線の深さ方向での相互作用位置を制御して任意の結晶のみに照射できないため、各結晶での応答関数を得ることができない。

[0017] 以上のように、最尤推定方法では、結晶ブロックの発光位置に応じた受光素子出力信号の応答関数を実測する必要があるが、3次元検出器であるDOI検出器やクリスタルキューブ検出器では、従来2次元検出器で行われるガンマ線スポット照射を適用できないという問題点を有していた。

[0018] 本発明は、前記従来の問題点を解決するべくなされたもので、コリメータを使用することなく、且つ、深さ方向に長い検出器であっても、高精度の応答関数を得ることが出来、更に、現場での再調整も可能とすることを課題と

する。

課題を解決するための手段

- [0019] 本発明は、上記知見に基いてなされたもので、光学的不連続点を内蔵するシンチレータと、受光素子から構成される放射線検出器で、前記受光素子出力の応答関数を用いた前記シンチレータ内の発光位置演算手法において、前記放射線検出器に放射線を一様照射した時の測定結果から、前記光学的不連続点により区画される各シンチレータ内推定発光位置を求め、該シンチレータ内推定発光位置において放射線が相互作用を起こした複数のイベントを抽出し、同じシンチレータ内発光位置で放射線が相互作用したイベントに対し前記受光素子出力を加算平均して、前記応答関数を作成することにより、前記課題を解決したものである。
- [0020] ここで、前記シンチレータ内発光位置演算手法を、前記受光素子出力の応答関数を用いて尤度関数を作成し、前記シンチレータ内の発光位置を演算する、最尤推定法とすることができる。
- [0021] 又、前記シンチレータを、多数の結晶が積層されて構成された積層シンチレータブロック、あるいは、一つのシンチレータ塊にレーザー加工によりその内部が光学的不連続面を設けて区画された光学的不連続シンチレータブロックとすることができる。
- [0022] 又、前記結晶あるいは光学的不連続面で囲まれた区画の大きさを、前記受光素子の分解能よりも小さくすることができる。
- [0023] 又、各シンチレータ領域で放射線と相互作用したイベントを抽出する方法として、重心演算法により位置ヒストグラムを作成し、該位置ヒストグラム上のスポットに対し関心領域を設定することができる。
- [0024] 又、放射線の入射面に対して垂直な方向にも放射線検出器位置弁別を可能とし、前記位置ヒストグラムを3次元又は2次元位置ヒストグラムとすることができる。
- [0025] 又、前記放射線検出器を、多面体に形成されたシンチレータブロックの複数面に受光素子を分散して配置したものとすることができる。

- [0026] 又、前記重心演算法として、アンガー法を用いることができる。
- [0027] 又、前記重心演算によって得られたヒストグラム上の領域を限定することができる。
- [0028] 本発明は、又、光学的不連続点を内蔵するシンチレータと、受光素子から構成される放射線検出器で、前記受光素子出力の応答関数を用いた前記シンチレータ内の発光位置演算手法による放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置において、
- 前記放射線検出器に放射線を一樣照射した時の測定結果から、各シンチレータ領域で放射線と相互作用したイベントを抜き出す手段と、
- 同じシンチレータ領域で放射線と相互作用したイベントに対し前記受光素子出力を加算平均して、前記応答関数を作成する手段と、
- を備えたことを特徴とする放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置を提供するものである。
- [0029] 本発明は、又、前記の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法を用いて応答関数を作成し、
- 該応答関数を用いて、尤度関数を作成し、前記シンチレータ内の発光位置を演算することを特徴とする放射線検出器の放射線検出位置弁別方法を提供するものである。
- [0030] 又、前記の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法を用いて作成された応答関数を記憶する手段と、
- 該応答関数を用いて、尤度関数を作成し、前記シンチレータ内の発光位置を演算する手段と、
- を備えたことを特徴とする放射線検出器の放射線検出位置弁別装置を提供するものである。

発明の効果

- [0031] 本発明を利用することで、コリメータとガンマ線源を精度良く動かす必要がなくなり、応答関数の測定時間を短縮することが可能になる。加えて、今まで困難であったDOI検出器やクリスタルキューブ検出器の様に深さ方向

に長さを持つ検出器でも容易に応答関数が作成できるようになる。更に、工場出荷時だけでなく、現場での再調整も可能となる。

図面の簡単な説明

- [0032] [図1] 単一シンチレータを用いた放射線検出器での、相互作用位置の違いによる受光素子信号分布の違いを示す断面図
- [図2] 最尤推定法による位置弁別の処理手順を示す流れ図
- [図3] 同じく概念図
- [図4] 従来のコリメートしたガンマ線ビームをスキャンして応答関数を作成する手法を示す断面図
- [図5] 深さ方向に長さを持つ検出器にコリメートしたガンマ線を入射させた場合を示す断面図
- [図6] 3次元放射線検出器の一例であるクリスタルキューブ検出器の例を示す斜視図
- [図7] 本発明手法の処理手順を示す流れ図
- [図8] 本発明の概念を2次元で模式的に示す概念図
- [図9] 同じく3次元で模式的に示す概念図
- [図10] 3.0mmの結晶を用いた検出器について、理想的な応答関数と本発明法を用いて作成した応答関数の差をシミュレーションを用いて評価した結果を示す図
- [図11] 本発明の $3 \times 3 \times 3 \text{ mm}^3$ 結晶を用いた検出器への適用結果を示す図
- [図12] 本発明の $2 \times 2 \times 2 \text{ mm}^3$ 結晶を用いた検出器への適用結果を示す図
- [図13] 本発明の $1 \times 1 \times 1 \text{ mm}^3$ 結晶を用いた検出器への適用結果を示す図
- [図14] 応答関数を求める領域の変形例を示す図
- [図15] 本発明の他の適用対象を示す断面図

発明を実施するための形態

- [0033] 以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。
- [0034] 本実施形態では、図7に示す様な手順で応答関数を作成する。
- [0035] まず本発明の概念を2次元的に示す図8(A)に示す如く、ガンマ線の放

射線検出器への一様照射を行う（ステップ200）。

- [0036] 次いで、重み付け計算（例えばアングラー計算）を用いて、図8（B）に示すような位置ヒストグラム（図は所定断面におけるヒストグラムを示す）を作成する（ステップ210）。
- [0037] 位置ヒストグラムのスポットは各結晶で相互作用が起きたイベントの集りを表しているため、各スポットで関心領域を設定し、図8（C）に示すように、各結晶で相互作用を起こしたイベントを抽出する（ステップ220）。このように位置ヒストグラム上で関心領域を取ることで、ある一つの結晶で相互作用を起こしたイベントを抽出できる。
- [0038] 次いで、抽出されたある一つの結晶で相互作用を起こした全てのイベントを用いて、各受光素子ごとに受光素子出力の加算平均を算出し、その結晶の応答関数を求める（ステップ230）。
- [0039] 図8（A）、（B）に対応する3次元の状態を図9（A）、（B）に示す。図9（C）は、ステップ230に対応する加算の様子を示したものである。
- [0040] 本発明法の有効性をシミュレーションにより検証した。受光素子出力信号は、クリスタルキューブ検出器を想定した検出器シミュレータ（非特許文献4参照）を用いて作成した。本発明手法を検証するために想定した放射線検出器の構造は、図6と同様である。受光素子を配置するシンチレータブロック10は3種想定した。一つは $3.0 \times 3.0 \times 3.0 \text{ mm}^3$ のLSO結晶を $6 \times 6 \times 6$ に配列したもの、二つ目は $2.0 \times 2.0 \times 2.0 \text{ mm}^3$ のLSO結晶を $9 \times 9 \times 9$ に配列したもの、そして $1.0 \times 1.0 \times 1.0 \text{ mm}^3$ のLSO結晶を $16 \times 16 \times 16$ に配列したものである。各シンチレータブロック10の全6面の表面には、受光素子12を 4×4 に配列し、それ以外の表面には反射材を配置した。光学的不連続点の集合を形成する結晶間は空気層14を想定した。
- [0041] はじめに理想的な応答関数と本発明法を用いて作成した応答関数の差をシミュレーションを用いて評価を行った。理想的な応答関数は、ある一つの結

晶の中心から等方的にシンチレーション光を発生させ、各素子での検出光子数の分布から応答関数を導出した。3.0 mmの結晶を用いた場合の結果を図10に示す。ガンマ線入射面から3層目の各結晶での受光素子の出力分布の比較を示す。上段に理想的な応答関数を下段に本発明法を用いて作成した応答関数を示した。1つのマップに全6面の96chの出力を示してあり、各面の位置は右下図に示してある。図からどの位置でも本発明法を用いた場合でも理想的な場合と同様の応答関数が得られることが分る。

[0042] また、本発明法を用いて応答関数を作成した最尤推定法とアンガー法での結晶識別正答率を比較した。結晶識別正答率は各結晶における入射ガンマ線数に対する正しく判別されたガンマ線の割合と定義した。

[0043] 3種類のシンチレーション結晶サイズに対する結果を図11～13に示す。各図の(B)は2種類の位置弁別手法による結晶識別正答率を示し、(A)は(B)で注目した結晶位置を示している。また、表1に各手法、各結晶サイズにおける平均結晶識別正答率を示す。

[0044] [表1]

結晶サイズ	3 mm	2 mm	1 mm
アンガー法	80.3%	64.8%	52.4%
本発明法	83.5%	70.9%	63.3%

[0045] 結晶サイズが3 mmの場合では両手法に大きな差はなく、平均正答率も本発明法を用いた最尤推定法がアンガー法より3.2ポイント高い結果となった。正答率が高い、または低い結晶は両手法ともほぼ同様となった。

[0046] 結晶サイズが2 mmの場合では3 mmに比べると、本発明法を用いた最尤推定法、アンガー法共に正答率は低下したが、全体的に本発明法の方が正答率は高い傾向となった。平均正答率も両手法の差が6.1ポイントと3 mmの時よりも差は大きくなった。

- [0047] 結晶サイズが1 mmの場合では他の2種類の結晶サイズ時よりも本発明法を用いた最尤推定法、アンガー法との差は広がった。両手法の平均正答率の差は10.9ポイントと最も両手法の差が開いた。
- [0048] 以上の結果より3次元に組み上げた結晶ブロックに受光素子を分散配置した構造においても本発明法は有効な手法となりうる。
- [0049] 更に、校正用ソフトウェアに本発明手法を組み込むことにより、工場出荷時だけでなく、現場での再調整時にも、本発明を適用できる。
- [0050] なお、前記説明では、位置ヒストグラムを柵目状に区切って、位置ヒストグラム上の全ての領域を結晶位置に対応付けていたが、図14に例示する変形例の如く、位置ヒストグラム上の領域を各点の周囲近傍に限定することにより、多重散乱を除いて精度を高めることも可能である。
- [0051] 又、受光信号の比から位置演算してヒストグラムを作成する方法も、アンガー計算法に限定されない。
- [0052] 又、相互作用位置を特定する方法も、3次元ヒストグラムだけでなく、2次元ヒストグラムや波形弁別等を用いて複数のヒストグラムを作成する場合にも適用可能である。
- [0053] 又、応答関数を使う位置演算法も、最尤推定法に限定されない。
- [0054] 更に、対象もクリスタルキューブ検出器に限定されず、結晶が多段の一般的なDOI検出器や、一つの結晶の内側に不連続面を形成したDOI検出器の他、図15に例示するような、上下の受光素子62、64の間に短冊形シンチレータ60とライトガイド66が挟まれたサンドイッチ型の検出器や、結晶が1段の2次元の検出器にも同様に適用可能である。2次元検出器の場合であっても、本発明によりコリメータを使用する必要がなくなるので、応答関数を迅速に求めることが可能になる。
- [0055] 反射材の位置も結晶表面のみに限定されず、結晶間の全部又は一部に入っている場合も良い。
- [0056] 放射線検出器の適用対象もPET装置に限定されず、SPECT装置、ガンマカメラ等、他の核医学イメージング装置や、放射線計測装置一般に適用

できる。

産業上の利用可能性

[0057] 本発明法はアンガー計算より結晶弁別能の点では優れている為、信号処理回路が進歩すれば使われることになることが予想される。PET装置では感度は非常に重要な要素であるため、検出器は深さ方向に長くする必要がある。スポット照射と比べて簡易かつ高精度な手法であるため、応答関数作成法として本発明は確実に利用されると考えられる。

符号の説明

[0058] 10…シンチレータ
12…受光素子

請求の範囲

- [請求項1] 光学的不連続点を内蔵するシンチレータと、受光素子から構成される放射線検出器で、前記受光素子出力の応答関数を用いた前記シンチレータ内の発光位置演算手法において、
- 前記放射線検出器に放射線を一様照射した時の測定結果から、前記光学的不連続点により区画される各シンチレータ内推定発光位置を求め、該シンチレータ内推定発光位置において放射線が相互作用を起こした複数のイベントを抽出し、
- 同じシンチレータ内発光位置で放射線が相互作用したイベントに対し前記受光素子出力を加算平均して、前記応答関数を作成することを特徴とする放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法。
- [請求項2] 前記シンチレータ内発光位置演算手法が、前記受光素子出力の応答関数を用いて尤度関数を作成し、前記シンチレータ内の発光位置を演算する、最尤推定法であることを特徴とする請求項1に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法。
- [請求項3] 前記シンチレータが、多数の結晶が積層されて構成された積層シンチレータブロック、あるいは、一つのシンチレータ塊にレーザー加工によりその内部が光学的不連続面を設けて区画された光学的不連続シンチレータブロックであることを特徴とする請求項1又は2に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法。
- [請求項4] 前記結晶あるいは光学的不連続面で囲まれた区画の大きさが、前記受光素子の分解能よりも小さいことを特徴とする請求項3に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法。
- [請求項5] 各シンチレータ領域で放射線と相互作用したイベントを抽出する方法として、重心演算法により位置ヒストグラムを作成し、該位置ヒストグラム上のスポットに対し関心領域を設定することを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法。

- [請求項6] 放射線の入射面に対して垂直な方向にも放射線検出器位置弁別が可能であり、前記位置ヒストグラムが3次元又は2次元位置ヒストグラムであることを特徴とする請求項5に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法。
- [請求項7] 前記放射線検出器が、多面体に形成されたシンチレータブロックの複数面に受光素子を分散して配置したものであることを特徴とする請求項3に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法。
- [請求項8] 前記重心演算法として、アンガー法を用いることを特徴とする請求項5に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法。
- [請求項9] 前記重心演算によって得られたヒストグラム上の領域を限定することを特徴とする請求項5又は8に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法。
- [請求項10] 光学的不連続点を内蔵するシンチレータと、受光素子から構成される放射線検出器で、前記受光素子出力の応答関数を用いた前記シンチレータ内の発光位置演算手法による放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置において、
前記放射線検出器に放射線を一様照射した時の測定結果から、各シンチレータ領域で放射線と相互作用したイベントを抜き出す手段と、
同じシンチレータ領域で放射線と相互作用したイベントに対し前記受光素子出力を加算平均して、前記応答関数を作成する手段と、
を備えたことを特徴とする放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置。
- [請求項11] 前記シンチレータ内発光位置演算が、前記受光素子出力の応答関数を用いて尤度関数を作成し、前記シンチレータ内の発光位置を演算する、最尤推定法により行われることを特徴とする請求項10に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置。

- [請求項12] 前記シンチレータが、多数の結晶が積層されて構成された積層シンチレータブロック、あるいは、一つのシンチレータ塊にレーザー加工によりその内部が光学的不連続面を設けて区画された光学的不連続シンチレータブロックであることを特徴とする請求項10又は11に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置。
- [請求項13] 前記結晶あるいは光学的不連続面で囲まれた区画の大きさが、前記受光素子の分解能より小さいことを特徴とする請求項12に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置。
- [請求項14] 各シンチレータ領域で放射線と相互作用したイベントを抽出する方法として、重心演算法により位置ヒストグラムを作成し、該位置ヒストグラム上のスポットに対し関心領域を設定することを特徴とする請求項10乃至13のいずれかに記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置。
- [請求項15] 放射線の入射面に対して垂直な方向にも放射線検出器位置弁別が可能であり、前記位置ヒストグラムが3次元又は2次元位置ヒストグラムであることを特徴とする請求項14に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置。
- [請求項16] 前記放射線検出器が、多面体に形成されたシンチレータブロックの複数面に受光素子を分散して配置したものであることを特徴とする請求項12に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置。
- [請求項17] 前記重心演算法として、アンガー法を用いることを特徴とする請求項14に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置。
- [請求項18] 前記重心演算によって得られたヒストグラム上の領域を限定することを特徴とする請求項14又は17に記載の放射線検出器の放射線検出位置弁別用応答関数作成装置。
- [請求項19] 請求項1乃至9のいずれかに記載の放射線検出位置弁別用応答関数

作成方法を用いて応答関数を作成し、

該応答関数を用いて、尤度関数を作成し、前記シンチレータ内の発光位置を演算することを特徴とする放射線検出器の放射線検出位置弁別方法。

[請求項20]

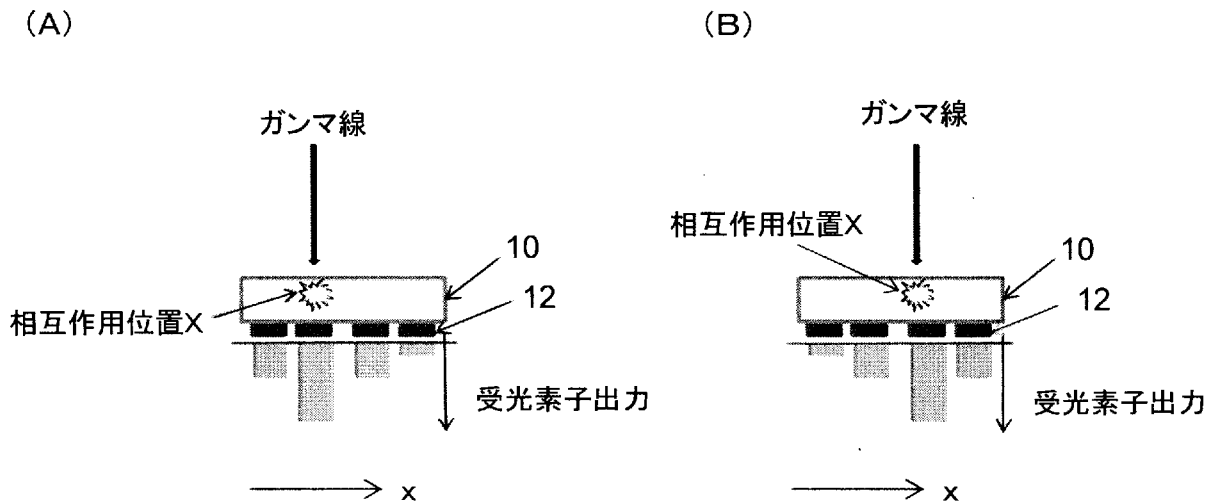
請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の放射線検出位置弁別用応答関数作成方法を用いて作成された応答関数を記憶する手段と、

該応答関数を用いて、尤度関数を作成し、前記シンチレータ内の発光位置を演算する手段と、

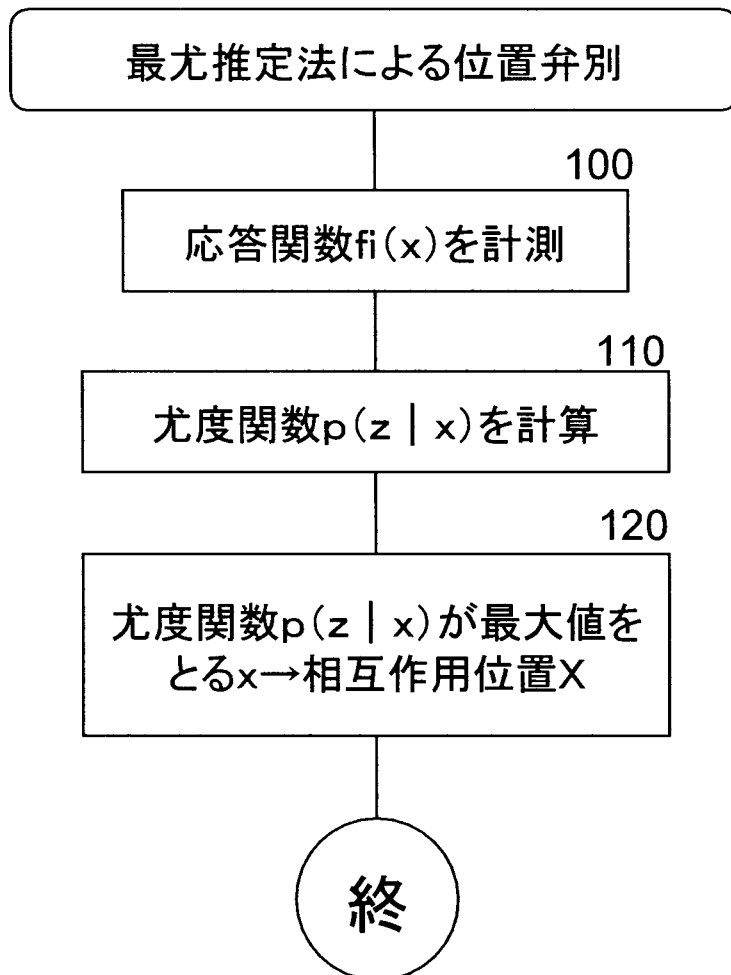
を備えたことを特徴とする放射線検出器の放射線検出位置弁別装置

。

[図1]

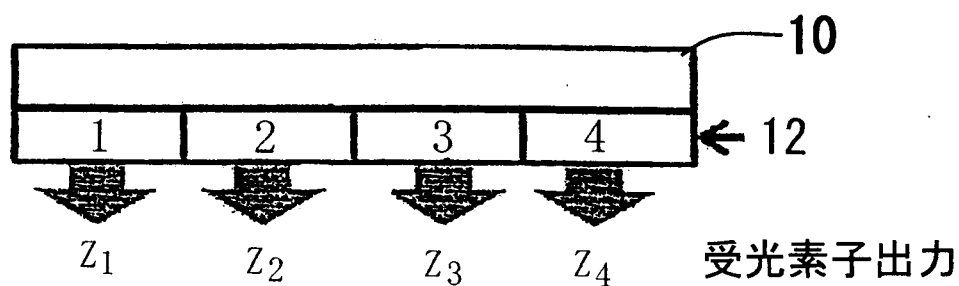


[図2]

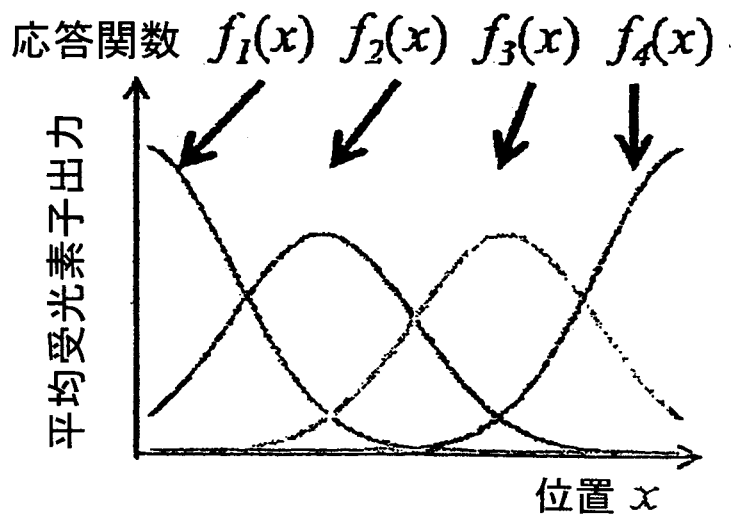


[図3]

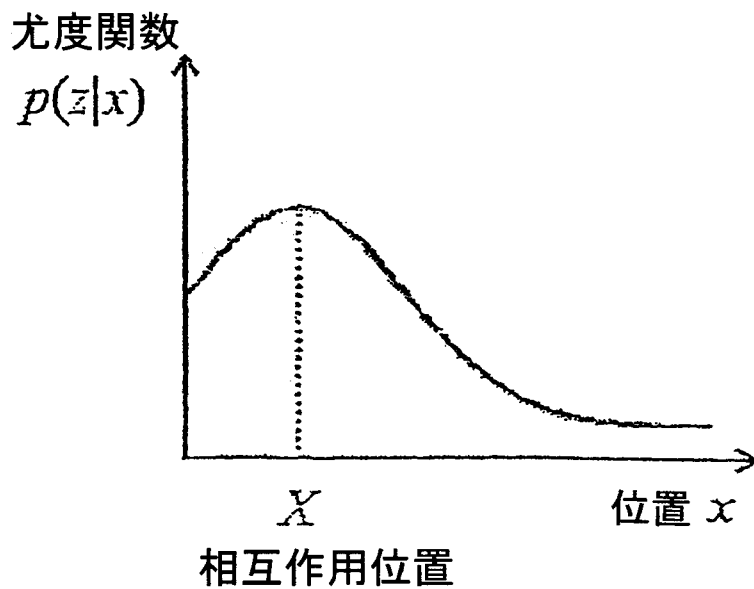
(A)



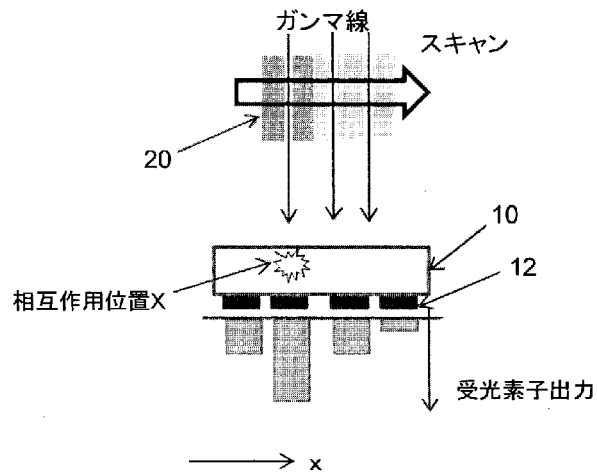
(B)



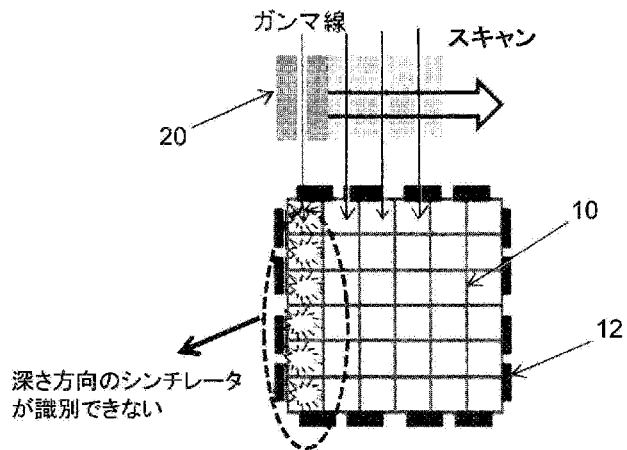
(C)



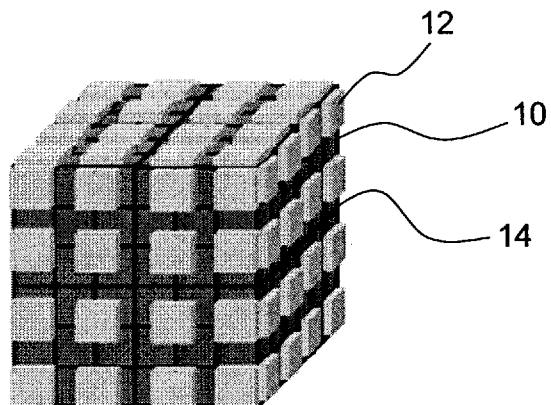
[図4]



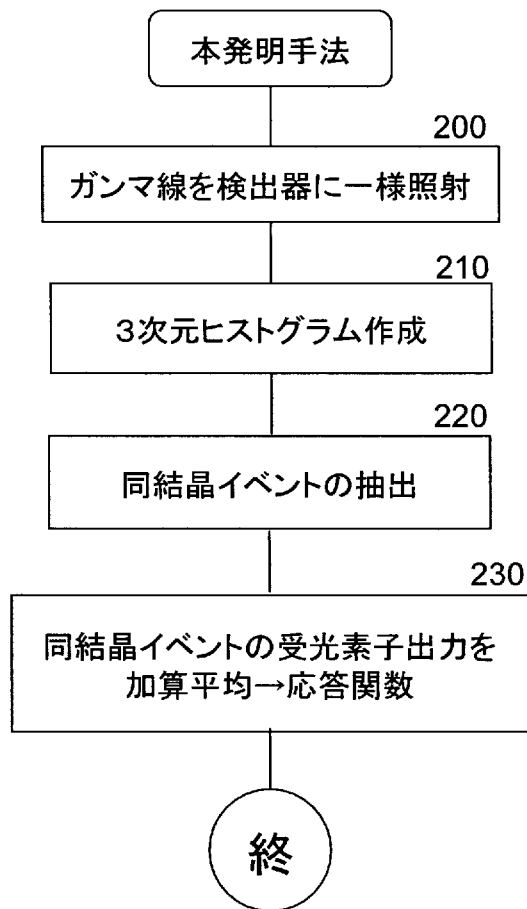
[図5]



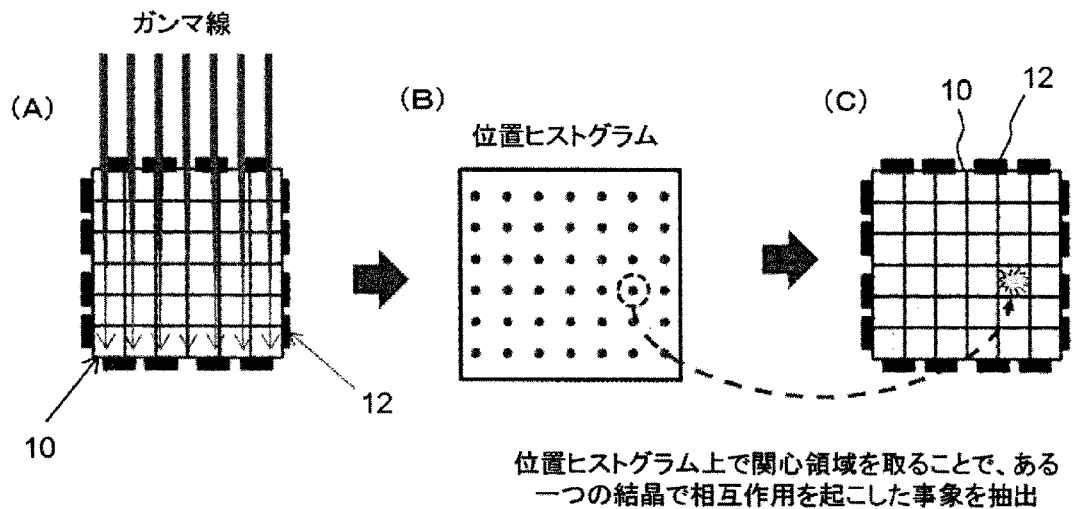
[図6]



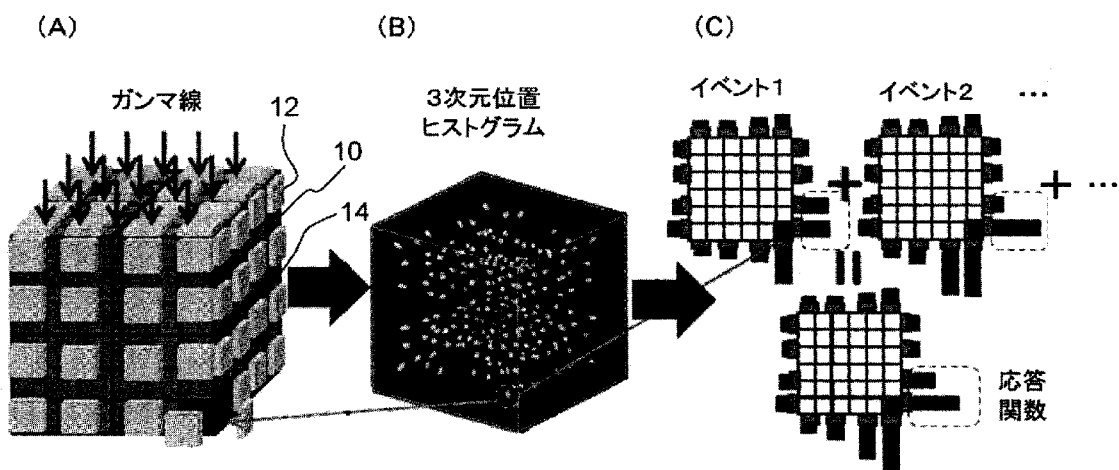
[図7]



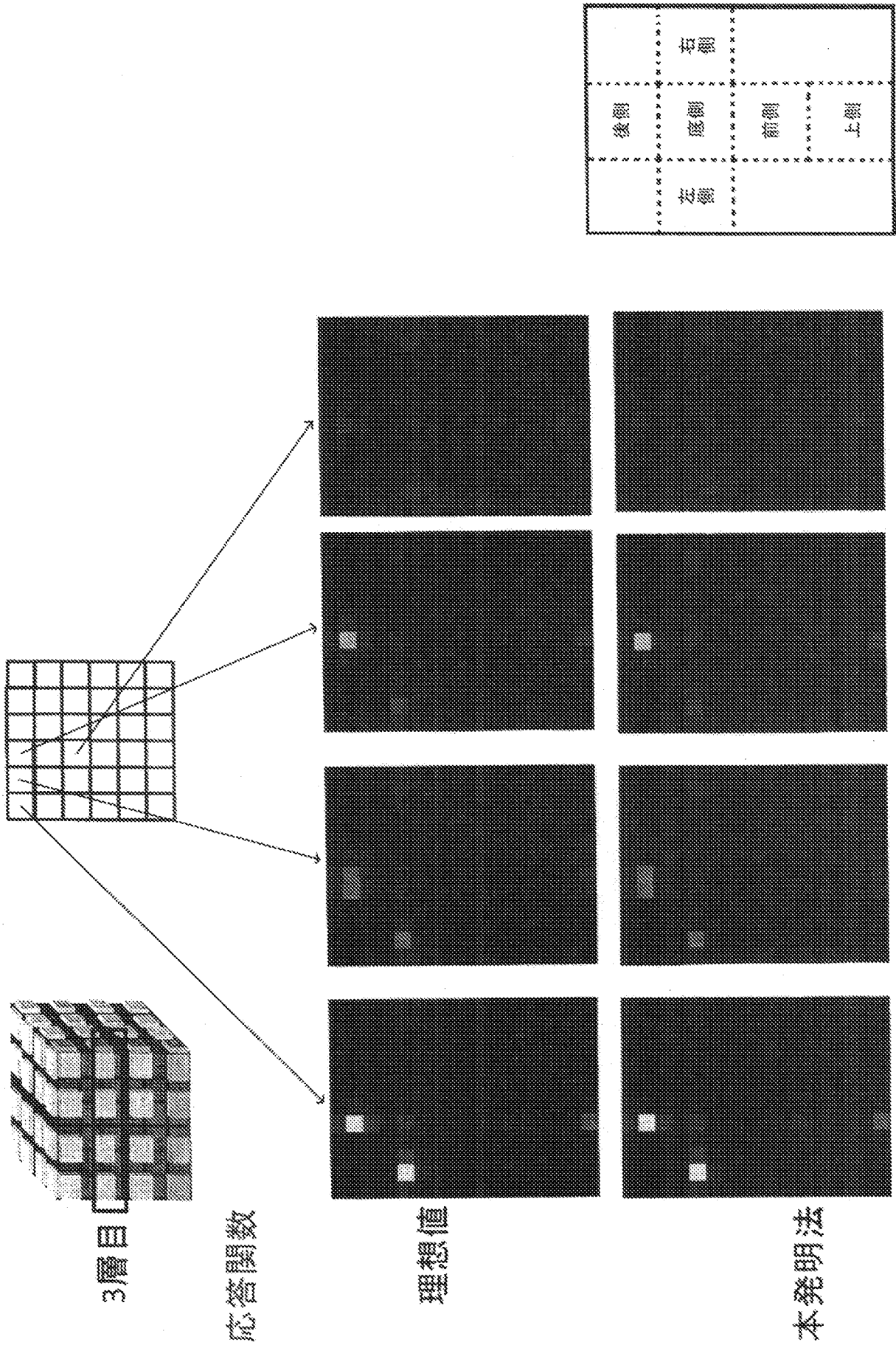
[図8]



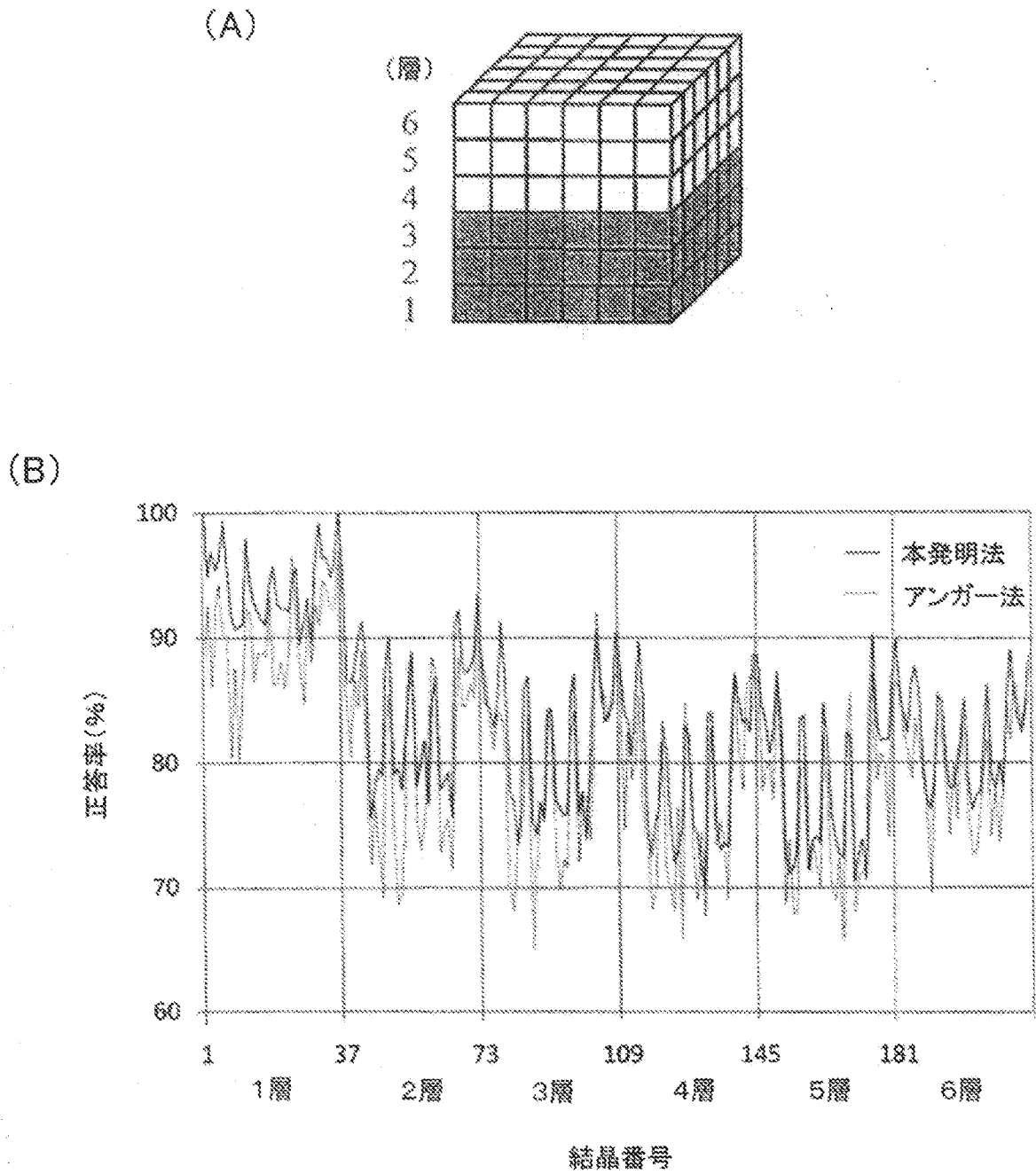
[図9]



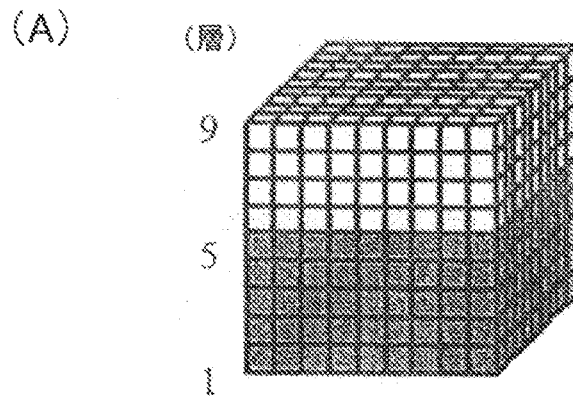
[図10]



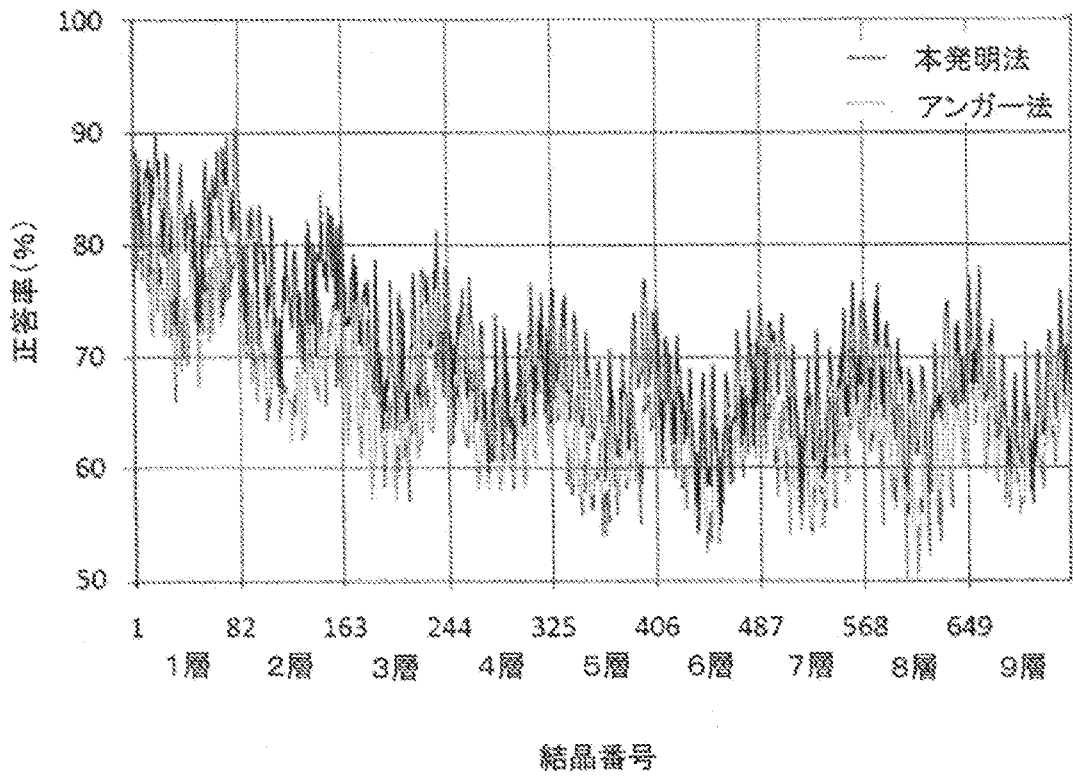
[図11]



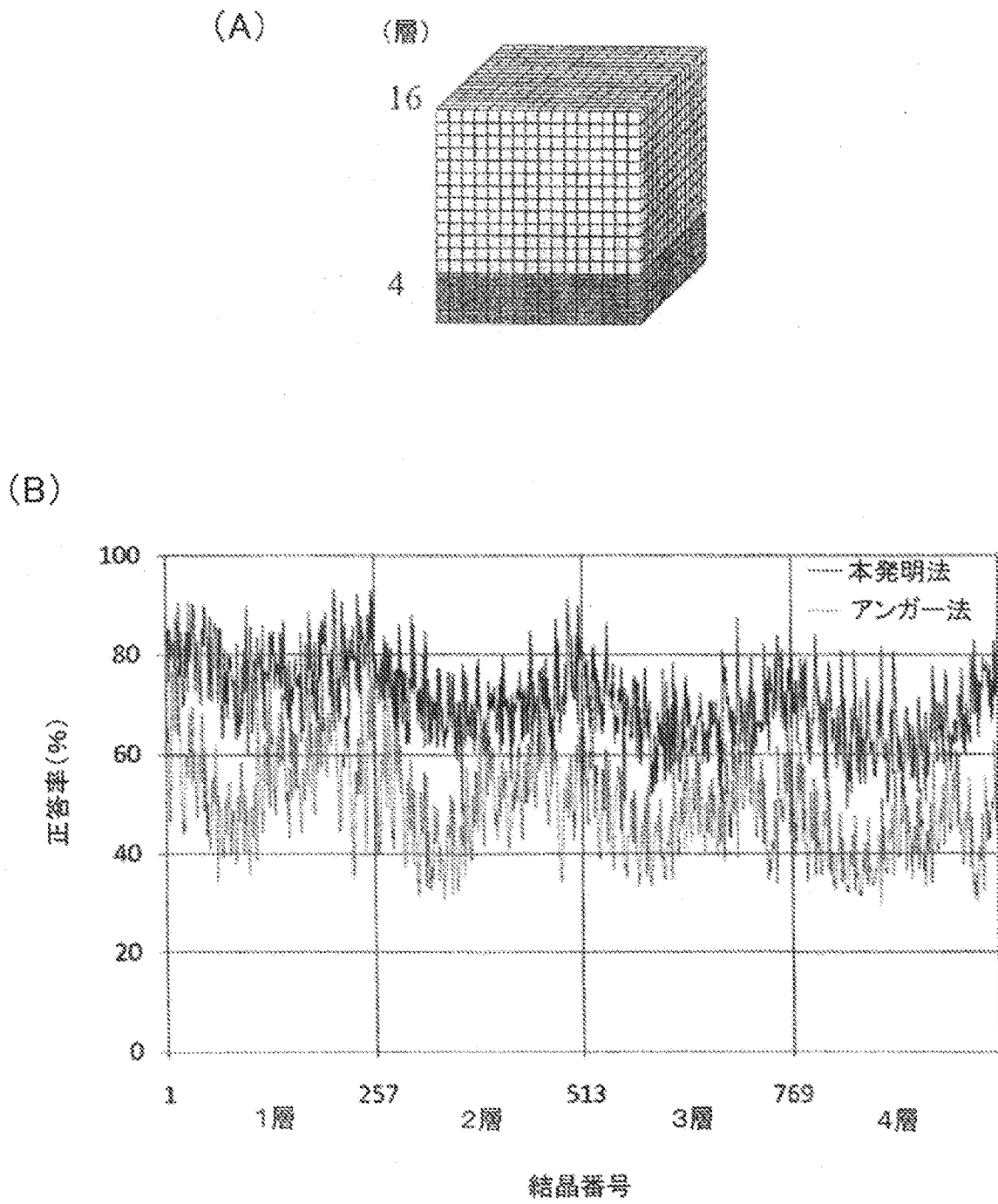
[図12]



(B)

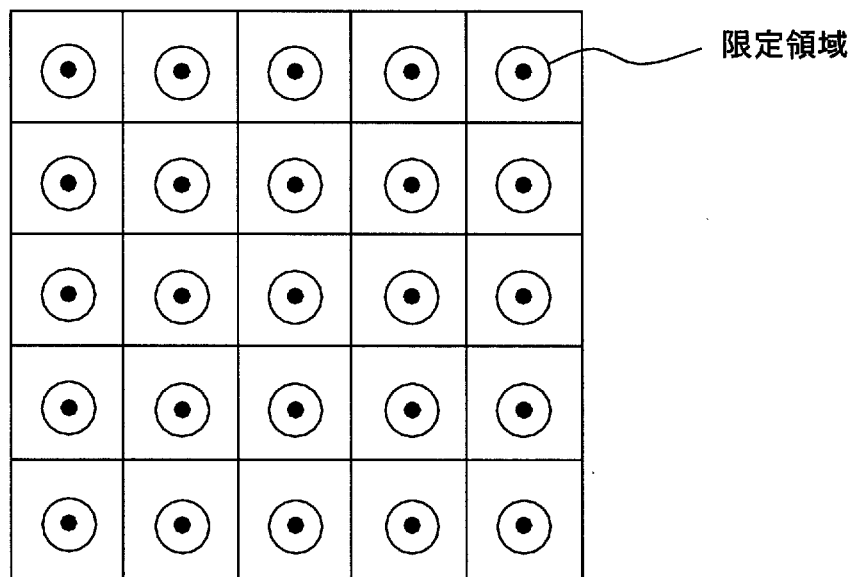


[図13]

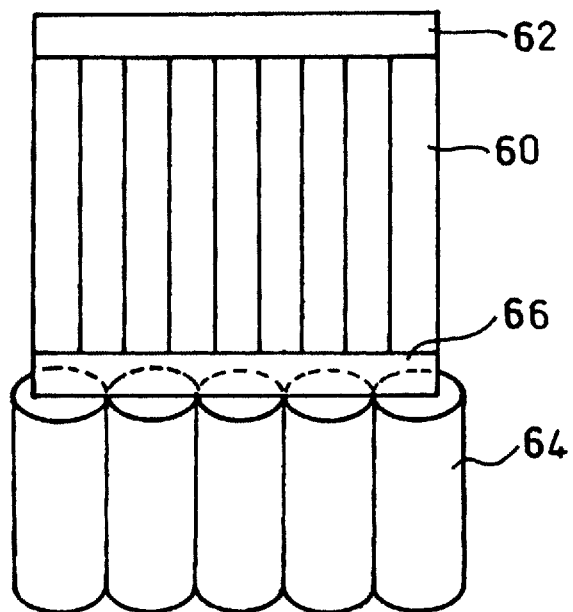


[図14]

位置ヒストグラム



[図15]



PATENT COOPERATION TREATY

PCT

DECLARATION OF NON-ESTABLISHMENT OF INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 17(2)(a), Rules 13ter.1(c) and 39)

Applicant's or agent's file reference ZPF131PCT	IMPORTANT DECLARATION	Date of mailing (<i>day/month/year</i>) 12 April 2011 (12.04.2011)
International application No. PCT/JP2011/050475	International filing date (<i>day/month/year</i>) 13 January 2011 (13.01.2011)	(Earliest) Priority Date (<i>day/month/year</i>)
International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC G01T1/20(2006.01) i, G01T1/161(2006.01) i		
Applicant National Institute of Radiological Sciences		

This International Searching Authority hereby declares, according to Article 17(2)(a), that **no international search report will be established** on the international application for the reasons indicated below.

1. The subject matter of the international application relates to:

- a. scientific theories.
- b. mathematical theories.
- c. plant varieties.
- d. animal varieties.
- e. essentially biological processes for the production of plants and animals, other than microbiological processes and the products of such processes.
- f. schemes, rules or methods of doing business.
- g. schemes, rules or methods of performing purely mental acts.
- h. schemes, rules or methods of playing games.
- i. methods for treatment of the human body by surgery or therapy.
- j. methods for treatment of the animal body by surgery or therapy.
- k. diagnostic methods practised on the human or animal body.
- l. mere presentations of information.
- m. computer programs for which this International Searching Authority is not equipped to search prior art.

2. The failure of the following parts of the international application to comply with prescribed requirements prevents a meaningful search from being carried out:

the description the claims the drawings

3. A meaningful search could not be carried out without the sequence listing; the applicant did not, within the prescribed time limit:

- furnish a sequence listing on paper complying with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions, and such listing was not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it.
- furnish a sequence listing in electronic form complying with the standard provided for in Annex C of the Administrative Instructions, and such listing was not available to the International Searching Authority in a form and manner acceptable to it.
- pay the required late furnishing fee for the furnishing of a sequence listing in response to an invitation under Rule 13ter.1(a) or (b).

4. Further comments:

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

特許協力条約

PCT

国際調査報告を作成しない旨の決定

(法第8条第2項、法施行規則第42条、第50条の3第7項)
〔PCT17条(2)(a)、PCT規則13の3.1(c)及び(d)、39〕

出願人又は代理人 の書類記号 ZPF131PCT	重要決定	発送日 (日.月.年) 12.04.2011
国際出願番号 PCT/JP2011/050475	国際出願日 (日.月.年) 13.01.2011	優先日 (日.月.年)
国際特許分類 (IPC) Int.Cl. G01T1/20(2006.01)i, G01T1/161(2006.01)i		
出願人 (氏名又は名称) 独立行政法人放射線医学総合研究所		

この出願については、法第8条第2項 (PCT17条(2)(a)) の規定に基づき、次の理由により国際調査報告を作成しない旨の決定をする。

1. この国際出願は、次の事項を内容としている。
 - a. 科学の理論
 - b. 数学の理論
 - c. 植物の品種
 - d. 動物の品種
 - e. 植物及び動物の生産の本質的に生物学的な方法 (微生物学的方法による生産物及び微生物学的方法を除く。)
 - f. 事業活動に関する計画、法則又は方法
 - g. 純粋に精神的な行為の遂行に関する計画、法則又は方法
 - h. 遊戯に関する計画、法則又は方法
 - i. 人の身体の手術又は治療による処置方法
 - j. 動物の身体の手術又は治療による処置方法
 - k. 人又は動物の身体の診断方法
 - l. 情報の単なる提示
 - m. この国際調査機関が先行技術を調査できないコンピューター・プログラム
2. この国際出願の次の部分が所定の要件を満たしていないので、有効な国際調査をすることができない。

<input checked="" type="checkbox"/> 明細書	<input checked="" type="checkbox"/> 請求の範囲	<input checked="" type="checkbox"/> 図面
---	---	--
3. 入手可能な配列表が存在せず、有意義な調査を行うことができなかった。
出願人は所定の期間内に、
 - 実施細則の附属書Cに定める基準を満たす紙形式の配列表を提出しなかったため、国際調査機関は、認められた形式及び方法で配列表を入手することができなかった。
 - 実施細則の附属書Cに定める基準を満たす電子形式の配列表を提出しなかったため、国際調査機関は、認められた形式及び方法で配列表を入手することができなかった。
 - PCT規則13の3.1(a)又は(b)に基づく命令に応じた、要求された配列表の遅延提出手数料を支払わなかった。

4. 附記

名称及びあて名 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 藤本 加代子 電話番号 03-3581-1101 内線 3273	21	4458
---	---	----	------