

(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 11 月 15 日(15.11.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/153769 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/17 (2006.01) *A61B 10/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/061892
- (22) 国際出願日: 2012 年 5 月 9 日(09.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-105488 2011 年 5 月 10 日(10.05.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号 Osaka (JP). 国立大学法人京都大学(KYOTO UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 3 6 番地 1 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 中路 晴雄(NAKAJI, Haruo) [JP/JP]; 〒2448588 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会社横

浜製作所内 Kanagawa (JP). 福山 秀直(FUKUYAMA, Hidenao) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田近衛町 国立大学法人京都大学大学院医学研究科内 Kyoto (JP). 磯 祐介(ISO, Yuusuke) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 国立大学法人京都大学大学院情報学研究科内 Kyoto (JP). 浦山 慎一(URAYAMA, Shini-chi) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田近衛町 国立大学法人京都大学大学院医学研究科内 Kyoto (JP). 大石 直也(OISHI, Naoya) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田近衛町 国立大学法人京都大学大学院医学研究科内 Kyoto (JP). 藤原 宏志(FUJIWARA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒6068501 京都府京都市左京区吉田本町 国立大学法人京都大学大学院情報学研究科内 Kyoto (JP).

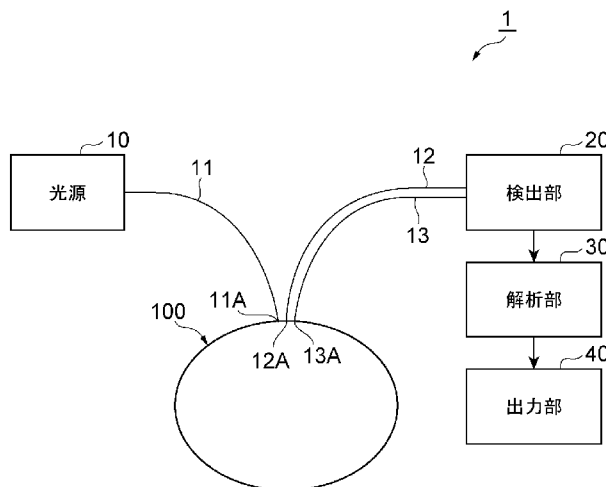
- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL TOMOGRAPHY DEVICE

(54) 発明の名称: 光トモグラフィ装置

[図1]



10 Light source 30 Analysis unit
20 Detection unit 40 Output unit

(57) Abstract: Provided is an optical tomography device (1) for obtaining tomographic information of a measurement subject at higher precision. In this optical tomography device (1), light-receiving fibers (12, 13) have mutually different numerical apertures. By adopting a configuration in which two types of light having different solid angle distributions are received in respective light-receiving fibers (12, 13), it is possible to obtain intensity information of light emitted from a measurement subject (100), as well as angle information. As a result, tomographic information of the measurement subject can be analyzed with greater precision.

(57) 要約: 測定対象物の断層情報をより高い精度で得る光トモグラフィ装置 1 を提供する。光トモグラフィ装置 1 によれば、受光ファイバ 12, 13 の開口数が互いに異なる。したがって、立体角分布が異なる 2 種類の光を、受光ファイバ 12, 13 においてそれぞれ受光する構成を有することで、測定対象物 100 から出射された光の強度情報のほか、角度情報を得ることも可能となる。その結果、測定対象物の断層情報に係る解析の精度を高めることができる。



(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, 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, QA, RO, RS, RU, RW, 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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：光トモグラフィ装置

技術分野

[0001] 本発明は、光トモグラフィ装置に関する。

背景技術

[0002] 生体の断層情報を得るための方法として、生体に対して安全であり且つ透過性の高い近赤外光を使用した拡散光トモグラフィが知られている。この拡散光トモグラフィで用いられる近赤外光は、X線と異なって生体に対する侵襲性が非常に低いことや、近赤外光の周波数帯域における分光特性が生体内の物質により大きく異なるために酸素を始めとする生体物質の様々な代謝情報を高い時間分解能で収集することができること等の利点がある。また、この拡散光トモグラフィを用いた測定装置は、装置自身が小型且つ安価であり、さらに、測定対象者に対して測定時に姿勢の維持が要求されない等、測定対象者にとっても負担も少ないため、生体機能のより詳細な分析への応用が期待されて種々の研究が進められており、近赤外光を測定対象物に照射することで得られる結果から生体の断層情報を得るための解析方法等が検討されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特表2003-528291号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、近赤外光は、生体内での散乱が大きいために、生体内に入射した光が生体内から出射されるまでの間に拡散してしまい、測定対象物である生体から出射された光の受光結果から得られる空間情報が少ないことから、近赤外光の受光結果から生体内の各部位の支配方程式内パラメータ（散乱係数や吸収係数など）の解析のために必要な時間が長く、且つ、解析結果

の精度も低くなる可能性がある。

[0005] 本発明は上記を鑑みてなされたものであり、測定対象物の断層情報をより高い精度で得ることができる光トモグラフィ装置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

[0006] 上記目的を達成するため、本発明の一側面に係る光トモグラフィ装置は、光源と、光源からの光を測定対象物に対して照射する照射ファイバと、照射ファイバによる光の照射に伴って測定対象物から出射される光を受光する受光ファイバと、受光ファイバにより受光された光の強度を検出する検出部と、検出部により検出された光の強度に基づいて、測定対象物の内部の光学特性値を求める解析部と、を備え、照射ファイバと受光ファイバの少なくとも一方は、複数本の光ファイバが束ねられてバンドル化されたものであり、複数本の光ファイバの開口数は2種類以上であることを特徴とする。

[0007] 上記の光トモグラフィ装置において、照射ファイバの開口数が2種類以上である場合には、異なる範囲の測定対象物に対して照射することができる。また、受光ファイバの開口数が2種類以上である場合には、異なる範囲の測定対象物からの光を受光することができる。このように立体角分布が異なる2種類以上の光を照射又は受光する構成とすることで、測定対象物からの光の強度情報のほか、角度情報を得ることが可能となる。その結果、測定対象物の断層情報に係る解析の精度を高めることができる。

[0008] ここで、解析部は、測定対象物での光伝搬を支配する支配方程式である輸送方程式に対して検出部で得られた結果を適用することにより、測定対象物の内部の光学特性値を求める態様とすることができる。

[0009] 測定対象物からの光の角度情報は、輸送方程式を用いて解析を行う際に最も有効に利用することができる。したがって、輸送方程式を用いて解析を行う場合に、解析の精度をより高めることが可能となる。

[0010] ここで、上記作用を効果的に奏する構成として、具体的には、光学特性値は測定対象物の内部の吸収係数である態様が挙げられる。また、光学特性値

は測定対象物の内部の散乱係数である態様とすることができる。さらに、光学特性値は測定対象物の内部の非等方散乱パラメータである態様とすることができる。

[0011] また、本発明の一側面に係る光トモグラフィ装置では、解析部は、測定対象物の内部の光学特性値の平均値と、測定対象物の内部における当該光学特性値の分布と、を求める態様とすることができる。

[0012] また、照射ファイバは、複数本の光ファイバがバンドル化されたものであり、バンドル化された照射ファイバは、複数個設けられている態様とすることができる。この場合、バンドル化された照射ファイバが複数個設けられていることで、光の照射位置を容易に変更することができ、その結果、解析により得られる断層情報の精度を高めることができる。

[0013] また、受光ファイバは、複数本の光ファイバがバンドル化されたものであり、バンドル化された受光ファイバは、複数個設けられている態様とすることができる。この場合、測定対象物からの光の受光位置を容易に変更することができ、その結果、解析により得られる断層情報の精度を高めることができる。

[0014] また、照射ファイバ及び受光ファイバはそれぞれ光源及び検出部に接続されていて、光路切替え装置により光源及び検出部に対する接続が切り替えられる態様とすることができる。この場合、照射ファイバと受光ファイバの機能を入れ替えることができ、簡単な構成で照射位置や受光位置の変更を行うことが可能となる。

[0015] また、照射ファイバと受光ファイバとは、束ねられてバンドル化されていることを特徴とする。この構成の場合、光トモグラフィ装置の簡略化が可能となる。

発明の効果

[0016] 本発明の一側面によれば、測定対象物の断層情報をより高い精度で得ることができる光トモグラフィ装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]光トモグラフィ装置の構成を説明する図である。

[図2]光トモグラフィ装置による解析方法について説明するフローチャートである。

[図3]変形例に係る光トモグラフィ装置の構成を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための形態を詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

[0019] 図1は、本実施形態に係る光トモグラフィ装置の構成を説明する図である。光トモグラフィ装置1は、測定対象物に対して近赤外光を照射し、その結果、測定対象物から出射される光を受光して解析を行い、この解析結果に基づいて測定対象物の断層画像を構成して出力する機能を有する。図1に示すように、本実施形態に係る光トモグラフィ装置1は、光源10、照射ファイバ11、受光ファイバ12、13、検出部20、解析部30及び出力部40を含んで構成される。また図1には、光トモグラフィ装置1により測定を行う測定対象物100が示されている。

[0020] 本実施形態の光トモグラフィ装置1により測定を行う測定対象物100は、例えば生体の頭部が挙げられ、生体の頭部を測定対象物とする場合には、MR情報としてこの測定対象物の内部の頭部の内部構造を特定する情報が取得される。測定対象物が生体の頭部である場合、MR情報には、頭部の外観形状を特定する情報と、表皮、頭蓋骨、脳脊髄液、脳実質（灰白質、白質）、血管構造（動脈、静脈）等の頭部の内部組織の空間分布を特定する情報とが含まれる。

[0021] 光源10は、測定対象物100に対して照射する光を出射する。光源10から出射される光としては、測定対象物100を透過する波長の光が用いられるが、測定対象物100が生体の頭部である場合には、波長700～2500nm（700nm以上2500nm以下の波長）の近赤外光が用いられる。また、この光源10から出射する前に、チョッパーなどである特定の周

波数で変調する態様とすることができる。光源 10 により出射された光は、光源 10 に対して光学的に接続された光ファイバである照射ファイバ 11 を伝播し、照射ファイバ 11 の出射端 11A から測定対象物 100 に対して出射される。

[0022] 測定対象物 100 への光源 10 からの光の出射により、測定対象物 100 から出射される光は、受光ファイバ 12, 13 の入射端 12A, 13A から受光ファイバ 12, 13 に入射し、受光ファイバ 12, 13 を伝播して検出部 20 で検出される。ここで、受光ファイバ 12, 13 としては、開口数が互いに異なるものが用いられる。例としては、開口数 NA が 0.8 (受光角 $\pm 53^\circ$ 、すなわち、受光角は、 -53° 以上 $+53^\circ$ 以下の範囲内) である受光ファイバ 12 と、開口数 NA が 0.7 (受光角 $\pm 44^\circ$ 、すなわち、受光角は、 -44° 以上 $+44^\circ$ 以下の範囲内) である受光ファイバ 13 と、が用いられる。これらの受光ファイバ 12, 13 は束ねられてバンドル化されている (束ねられてまとめられている)。また、バンドル化された受光ファイバ 12, 13 を複数個用いた装置構成とすることもできる。なお、図 1 では、照射ファイバ 11 と受光ファイバ 12, 13 とが別体となっているが、これらを束ねてバンドル化することができる。

[0023] 検出部 20 は、受光ファイバ 12, 13 により受光された光の強度を検出する。また、検出部 20 には、ロックインアンプが用いられる。測定対象物 100 の内部で散乱した光のうち外部に出射して受光ファイバ 12, 13 に入射した光は、検出部 20 に設けられる光電子増倍管やアバランシェフォトダイオードなどの光検出器で受光される。なお、受光された光のパワーが電気信号 (電圧) に変換されるが、その電気信号には雑音等が含まれている。ここで、光源 10 から出射された光が特定の周波数に変調されている場合には、ロックインアンプを用いることにより、雑音等が多く含まれる電気信号のうち特定の周波数成分だけを取り出す。これにより微弱光検出が可能である。検出部 20 により検出された電気信号に係る情報は、解析部 30 へ送られる。

[0024] 解析部 30 は、検出部 20 により得られた測定値に基づいて、測定対象物 100 の内部の光学特性値を解析する。具体的には、測定対象物での光伝搬を支配する支配方程式である輸送方程式に対して、検出部 20 で得られた結果を適用することにより、測定対象物 100 の内部の光学特性値を求める。光学特性値としては、散乱係数、吸収係数、及び、非等方散乱パラメータが挙げられる。また、測定対象物 100 の内部の光学特性値の平均値を算出するほか、測定対象物 100 の内部の光学特性値の分布、すなわち測定対象物 100 の内部の構造を、光学特性値の分布から求める態様とすることもできる。解析部 30 において解析された結果は出力部 40 へ送られる。解析部 30 は、CPU とメモリ（ROM 及び RAM 等）とを備え、解析部 30 では、メモリに格納されているコンピュータプログラム（例えば、図 2 のフローチャートに示す処理など）を CPU が実行することによって、測定対象物 100 の内部の光学特性値を解析する処理が実行される。

[0025] 出力部 40 は、解析部 30 による解析結果を外部に出力する。解析結果を外部に出力する方法としては、モニタ等の表示デバイスに対して表示させる方法や、プリンタ等に対して出力する方法、電子データとして出力する方法等が挙げられる。

[0026] ここで、解析部 30 における解析について説明する。測定対象物に光を入射させた場合の測定対象物内での光の伝搬は、輸送方程式という粒子運動を記述する方程式によって支配されていることが知られている。そして、この輸送方程式を用いることで、測定対象物内に入射させる光と、この光の入射によって測定対象物から出射される光との関係を正確にモデル化することができる。したがって、この輸送方程式に対して、各部位の組織に対応した散乱係数及び吸収係数の正しい値を適用することによって、特定の光を測定対象物に対して入射させたときに測定対象物から出射される光を正確に算出することができる。

[0027] 解析部 30 において解析に用いられる輸送方程式は以下の数式で表すことができる。下記の数式において μ_s が散乱係数であり、 μ_a が吸収係数である

。また、 g が非等方散乱パラメータに相当する。

[0028] [数1]

$$\frac{1}{c} \frac{\partial I(\vec{r}, \hat{s}, t)}{\partial t} + \hat{s} \cdot \nabla I(\vec{r}, \hat{s}, t) + \mu_t I(\vec{r}, \hat{s}, t) = \mu_s \int_{4\pi} A(\hat{s}' \cdot \hat{s}) I(\vec{r}, \hat{s}', t) d\Omega' + S(\vec{r}, \hat{s}, t)$$

c : 物質中の光の速さ

$\mu_t = \mu_s + \mu_a$: 散乱係数と吸収係数の和

$A(\hat{s}', \hat{s})$: 位相関数 ($g = \int_{4\pi} (\hat{s}' \cdot \hat{s}) A(\hat{s}', \hat{s}) d\Omega$ は散乱の異方性の強さ)

$S(\vec{r}, \hat{s}, t)$: 内部光源

$I(\vec{r}, \hat{s}, t)$: 光の強度

$\vec{r}$: 位置ベクトル

$\hat{s}$: 方向ベクトル

$\hat{s}'$: 散乱に関する方向ベクトル

t : 時間

Ω' : 立体角

[0029] 本実施形態に係る光トモグラフィ装置 1 では、開口数が互いに異なる 2 つの受光ファイバ 1 2, 1 3 をバンドル化し、これを散乱光の計測に用いている。上記実施形態の一例としては、 $NA = 0.8$ の光ファイバを受光ファイバ 1 2 として使用し、 $NA = 0.7$ の光ファイバを受光ファイバ 1 3 として用いる。受光ファイバ 1 2 は受光角が $\pm 53^\circ$ (-53° 以上 $+53^\circ$ 以下の範囲) であるので、この角度内にある散乱光は受光される。また、受光ファイバ 1 3 は受光角が $\pm 44^\circ$ (-44° 以上 $+44^\circ$ 以下の範囲) であるので、この角度内にある散乱光は受光される。この結果、受光ファイバ 1 2 で受光された光と受光ファイバ 1 3 で受光された光とのパワーの差分を計算することにより、 $\pm 44^\circ$ (-44° 以上 $+44^\circ$ 以下の範囲) より大きく $\pm 53^\circ$ (-53° 以上 $+53^\circ$ 以下の範囲) より小さい角度成分の光のパワーを算出することができる。

[0030] 支配方程式として輸送方程式を用いようとした場合、光の強度は、位置ベクトル、方向ベクトル、時間の関数で表されるため、測定対象物 100 から出射される光の散乱角も解析に重要な情報となる。しかしながら、この散乱角に係る情報を取得することが容易ではなく、また、輸送方程式を解くこと

は困難であることが知られている。したがって、従来は、輸送方程式を拡散近似した拡散方程式が用いられている。

[0031] しかしながら、上記実施形態によれば、互いに異なる開口数の光ファイバを受光ファイバ 12 、 13 として用いることで、受光する光の散乱角に係る情報を得ることができるため、従来の光トモグラフィ装置と比較して、測定対象物 100 に係る情報をより多く得ることができ、輸送方程式を利用したより詳細な解析を行うことが可能となる。

[0032] 本実施形態に係る光トモグラフィ装置 1 による解析方法、すなわち、光学特性値を算出する方法としては2つの方法を用いることができる。1つは逆問題的（逆問題：inverse problem）に光学特性値を算出する方法であり、測定により得られた光の強度の結果を利用して、散乱係数や吸収係数等を算出する方法である。もう1つの方法として、順問題的（順問題：forward problem）に解析を行う方法が挙げられる。ここでは順問題的に解析を行う方法について、図2を用いて説明する。図2は、光トモグラフィ装置による解析方法について説明するフローチャートである。図2のフローチャートに示す処理は、光トモグラフィ装置 1 の解析部 30 によって行われる。

[0033] まず、前提として、光トモグラフィ装置 1 において、測定対象物の内部に含まれる各部位について、部位毎に散乱係数や吸収係数等、測定対象の光学特性値の最大値及び最小値を対応付けた情報を格納しておく（すなわち、解析部 30 のメモリに格納する）。そして、輸送方程式を用いた光伝搬のシミュレーションの際に用いる係数であってこの測定対象物の内部の各部位に応じた組織の光学特性値として用いる情報を選択する（ $S01$ 、係数の初期化）。

[0034] 次に、測定対象物における光伝搬のシミュレーションが行われる。具体的には、前のステップで初期化した係数を輸送方程式に適用することで、計算値を算出する（ $S02$ ）。ここで、測定対象物の内部を構成する組織の光学特性値を輸送方程式に対して適用する際には、測定対象物の各部位に対応した散乱係数及び吸収係数が輸送方程式に対して適用される。そして、この計

算値と、光トモグラフィ装置 1 による測定対象物 100 の実測値との比較が行われる (S03)。そして、計算値と測定値との差が所定の閾値以下であるかどうか判断される (S04)。

[0035] ここで、計算値と測定値との差が閾値以下であると判断された場合には、輸送方程式に対して初期値として代入した光学測定値が測定対象物内の各部位の光学測定値と近い値であると判断することができる。一方、閾値よりも大きい場合には、初期値が不正確であったと判断することができる。よって、計算値と測定値との差が閾値以下であると判断された場合には、この結果は解析部 30 から出力部 40 に対して送られ、出力部 40 では、計算値の算出に用いられた光学特性値を用いた解析結果を用いて測定対象物の断層画像を形成して出力する (S05)。

[0036] 一方、計算値と測定値との差が閾値以下ではない（すなわち、閾値よりも大きい）と判断された場合には、初期値として選択した光学特性値に対して修正が行われ (S06)、2 回目の計算値の算出が行われ (S02)、この結果得られた 2 回目の計算値と測定値とが比較され (S03、S04)、その比較した結果（計算値と測定値との差）が閾値よりも大きい場合には、係数の修正が再度行われる (S06)。このように、計算値の算出、計算値と測定値の比較及び係数の修正 (S02、S03、S04、S06) を、計算値と測定値との差が所定の閾値よりも小さくなるまで繰返し行うことで、光学特性値を算出する方法を採用することもできる。

[0037] このように、本実施形態の光トモグラフィ装置 1 によれば、立体角分布が異なる 2 種類以上の光を、開口数が異なる受光ファイバ 12、13 において受光する構成を有することで、測定対象物 100 から出射された光の強度情報のほか、角度情報を得ることも可能となる。その結果、測定対象物の断層情報に係る解析の精度を高めることができる。

[0038] また、光トモグラフィ装置 1 の解析部 30 において、輸送方程式を用いて解析を行う態様とすることで、上記の光の角度情報をより有用に利用することができるため、より高い精度での断層情報の作成が可能となる。

[0039] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記の実施形態に限定されず、種々の変更を行うことができる。

[0040] 例えば、上記実施形態では、1本の照射ファイバ11と、開口数が互いに異なる2本の受光ファイバ12, 13を有する光トモグラフィ装置1について説明したが、この数は適宜変更することができ、例えば受光ファイバの本数を3本以上とし、開口数の種類を3種類以上とする態様とすることができる。この場合、検出部20において検出される光の角度情報がより多くなるため、より高精度な解析が可能となると考えられる。

[0041] また、受光ファイバを1本とし、バンドル化されて開口数が互いに異なる2本の照射ファイバを備える構成とすることができる。この場合であっても、2本の照射ファイバから出射される光の立体角分布が異なるため、受光ファイバに入射される光からその角度情報を得ることができる。したがって、上記実施形態と同様に、測定対象物の断層情報に係る解析の精度を高めることができる。

[0042] また、照射ファイバ11及びバンドル化された受光ファイバ12, 13（もしくは、受光ファイバ及びバンドル化された複数本の照射ファイバ）を複数組備える構成とすることができる。この場合、光源からの光の照射位置及び受光位置を容易に変更することができるため、簡単な装置構成でありながらより多種の測定結果を得ることができる。

[0043] また、1つの光ファイバを照射ファイバ及び受光ファイバとして機能させる構成とすることもできる。図3は、この変形例にかかる光トモグラフィ装置2の構成を説明する図である。図3に示す光トモグラフィ装置2では、照射ファイバ11及び受光ファイバ12, 13は光路切替え装置50に接続されていて、光路切替え装置50と測定対象物100との間には、照射ファイバ11及び受光ファイバ12, 13とは異なる別の3本の光ファイバ14, 15, 16が接続されている。このような構成を有し、光路切替え装置50により、照射ファイバ11及び受光ファイバ12, 13と、光ファイバ14, 15, 16との接続を切り替えることで、例えば、光ファイバ14と照射

ファイバ１１とを光学的に接続した場合には、光ファイバ１４は照射ファイバとして機能する一方で、光ファイバ１４を受光ファイバ１２と光学的に接続した場合には、光ファイバ１４は受光ファイバとして機能する。このように、光路切替え装置を設けることで、装置の簡略化（特に光ファイバの本数の削減）を図ることができる。

産業上の利用可能性

[0044] 測定対象物の断層情報をより高い精度で得ることができる光トモグラフィ装置に適用できる。

符号の説明

[0045] １，２…光トモグラフィ装置、１０…光源、１１…照射ファイバ、１２，１３…受光ファイバ、２０…検出部、３０…解析部、４０…出力部、５０…光路切替え装置、１００…測定対象物。

請求の範囲

- [請求項1] 光源と、
 前記光源からの光を測定対象物に対して照射する照射ファイバと、
 前記照射ファイバによる光の照射に伴って前記測定対象物から出射される光を受光する受光ファイバと、
 前記受光ファイバにより受光された光の強度を検出する検出部と、
 前記検出部により検出された光の強度に基づいて、前記測定対象物の内部の光学特性値を求める解析部と、
 を備え、
 前記照射ファイバと前記受光ファイバの少なくとも一方は、複数本の光ファイバが束ねられてバンドル化されたものであり、
 前記複数本の光ファイバの開口数は2種類以上である、
 ことを特徴とする光トモグラフィ装置。
- [請求項2] 前記解析部において、前記測定対象物での光伝搬を支配する支配方程式である輸送方程式に対して前記検出部で得られた結果を適用することにより、前記測定対象物の内部の光学特性値を求めることを特徴とする請求項1記載の光トモグラフィ装置。
- [請求項3] 前記光学特性値は前記測定対象物の内部の吸収係数であることを特徴とする請求項1又は2記載の光トモグラフィ装置。
- [請求項4] 前記光学特性値は前記測定対象物の内部の散乱係数であることを特徴とする請求項1又は2記載の光トモグラフィ装置。
- [請求項5] 前記光学特性値は前記測定対象物の内部の非等方散乱パラメータであることを特徴とする請求項1又は2記載の光トモグラフィ装置。
- [請求項6] 前記解析部は、前記測定対象物の内部の光学特性値の平均値と、前記測定対象物の内部における当該光学特性値の分布と、を求めることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の光トモグラフィ装置。
- [請求項7] 前記照射ファイバは、前記複数本の光ファイバがバンドル化された

ものであり、

バンドル化された前記照射ファイバは、複数個設けられていることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の光トモグラフィ装置。

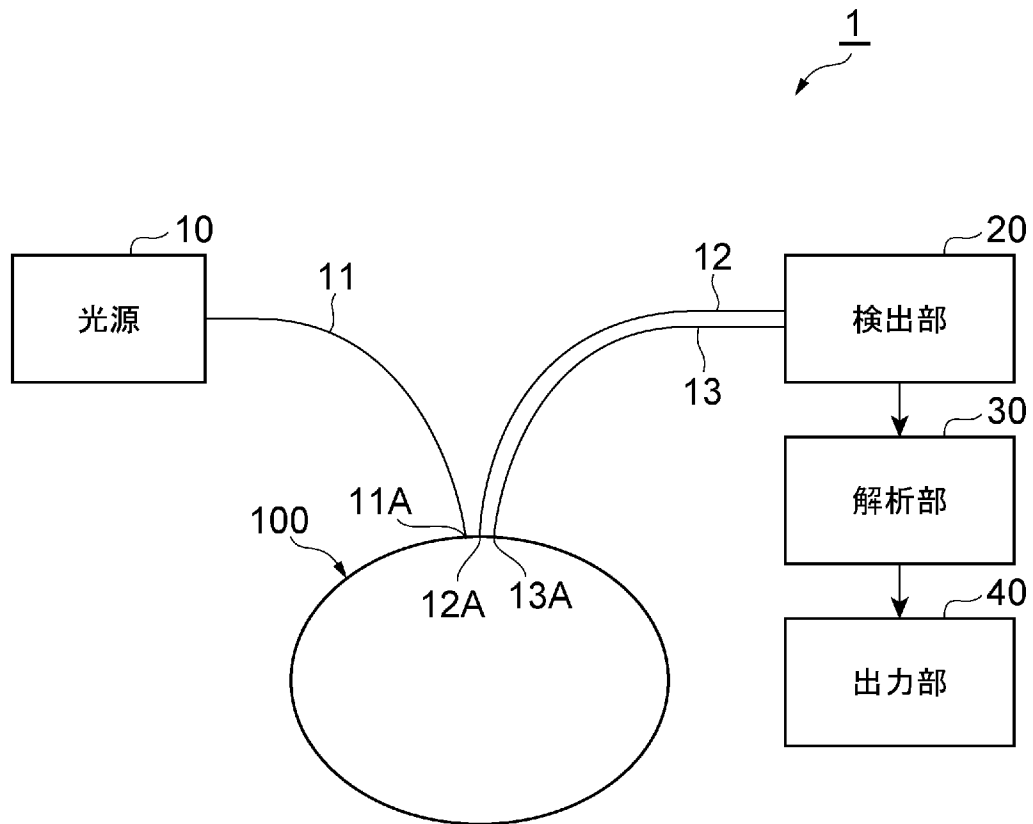
[請求項8] 前記受光ファイバは、前記複数本の光ファイバがバンドル化されたものであり、

バンドル化された前記受光ファイバは、複数個設けられていることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の光トモグラフィ装置。

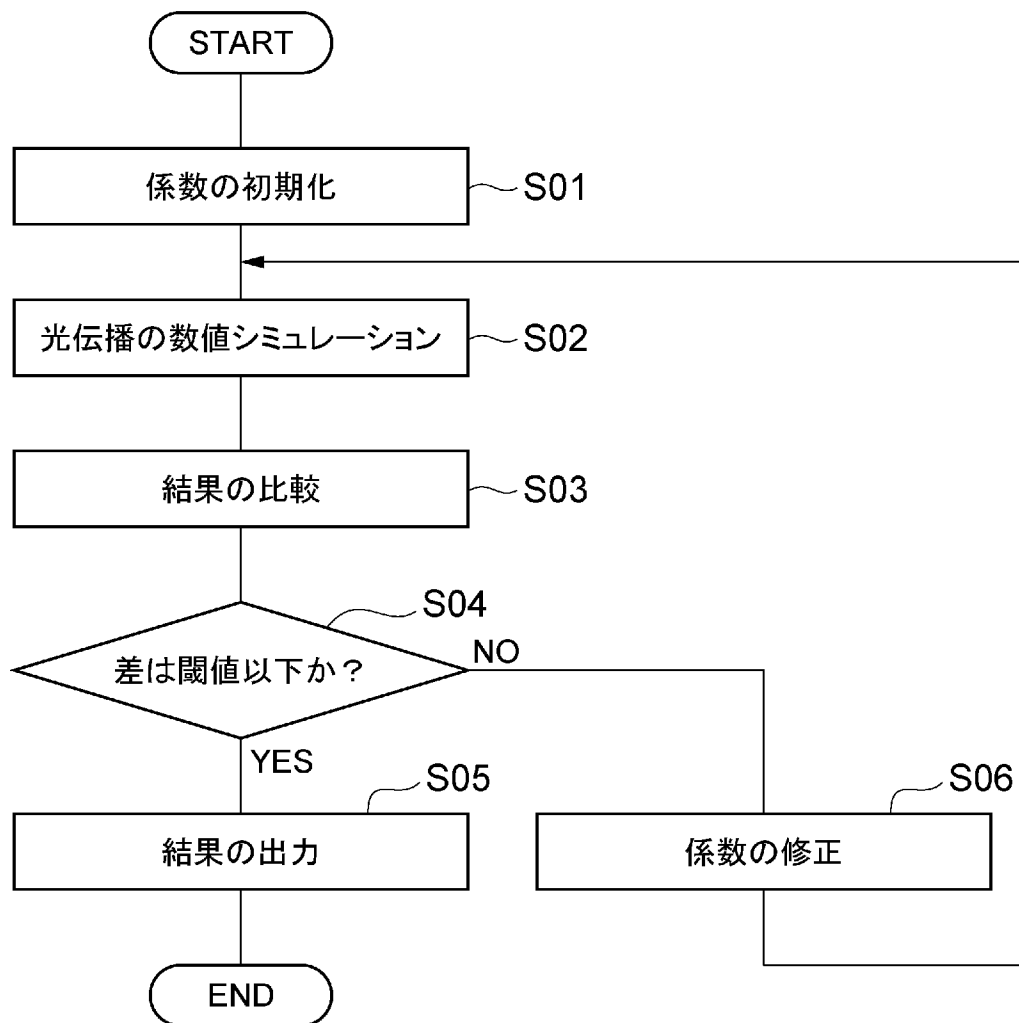
[請求項9] 前記照射ファイバ及び前記受光ファイバは、それぞれ前記光源及び前記検出部に接続されていて、光路切替え装置により前記光源及び前記検出部に対する接続が切り替えられることを特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の光トモグラフィ装置。

[請求項10] 前記照射ファイバと前記受光ファイバとは、束ねられてバンドル化されていることを特徴とする請求項 1 記載の光トモグラフィ装置。

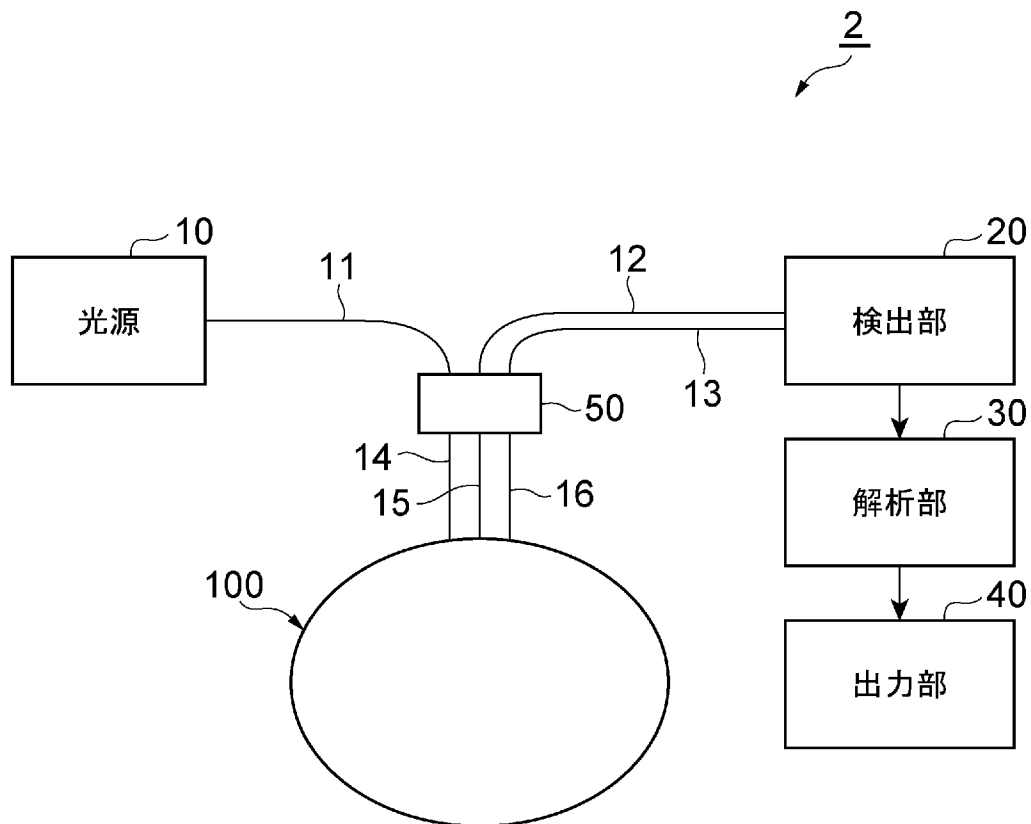
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061892

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/17(2006.01) i, A61B10/00(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N21/00-G01N21/61, A61B10/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamII), JMEDPlus (JDreamII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u> Y	JP 2009-537285 A (NORTHSHORE UNIVERSITY HEALTHSYSTEM), 29 October 2009 (29.10.2009), paragraphs [0027], [0032], [0037] to [0041], [0045], [0061] to [0064], [0090] to [0105], [0131]; fig. 10	<u>1-4, 6-10</u> 5
Y	HAYAKAWA, CK. "Use of the δ -P _i approximation for recovery of optical absorption, scattering, and asymmetry coefficients in turbid media", APPLIED OPTICS, 2004.08.20, Vol.43, No.24, pp.4677-4684	5
A	JP 2007-085775 A (Fujifilm Corp.), 05 April 2007 (05.04.2007), fig. 1 to 6	1

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 June, 2012 (01.06.12)Date of mailing of the international search report
12 June, 2012 (12.06.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061892

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-236973 A (Nagasaki Prefecture), 21 October 2010 (21.10.2010), fig. 1 to 2	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2012/061892

JP 2009-537285 A	2009.10.29	AU 2007254086 A1	2007.11.29
		CA 2653040 A1	2007.11.29
		CN 101489471 A	2009.07.22
		CN 101548153 A	2009.09.30
		CN 102348405 A	2012.02.08
		EP 2020910 A2	2009.02.11
		US 2009/009759 A1	2009.01.08
		US 8131348 B2	2012.03.06
		US 2007/129615 A1	2007.06.07
		US 2007/179368 A1	2007.08.02
		US 2009/148945 A1	2009.06.11
		US 2009/203977 A1	2009.08.13
		US 2009/325859 A1	2009.12.31
		WO 2007/136880 A2	2007.11.29
		WO 2007/136880 A3	2008.04.24
-----	-----	-----	-----
JP 2007-085775 A	2007.04.05	JP 4647447 B2	2011.03.09
		US 2007/073157 A1	2007.03.29
		US 7477393 B2	2009.01.13
-----	-----	-----	-----
JP 2010-236973 A	2010.10.21	(Family: none)	
-----	-----	-----	-----

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061892

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061892

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Document 1: JP 2009-537285 A (NORTHSHORE UNIVERSITY HEALTHSYSTEM), 29 October 2009 (29.10.2009), which has been publicly known before the priority date of the present application discloses an optical tomography device including all the matter that specifies claim 1 of the present application.

Therefore, the invention of claim 1 cannot be considered to be novel in the light of the invention disclosed in the document 1 and does not have a special technical feature.

As a result of judging special technical features with respect to claims dependent on claim 1, a plurality of inventions including the following main invention are involved.

Meanwhile, the inventions of claims 1-3, 6-7 and 9, which have no special technical feature in the light of said document 1, are classified as main invention for convenience.

(Main invention) the inventions of claims 1-3, 6-7 and 9:

The inventions of claims 1-3, 6-7 and 9 have no special technical feature.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N21/17(2006.01)i, A61B10/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01N 21/00 - G01N 21/61, A61B 10/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPlus(JDreamII), JMEDPlus(JDreamII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2009-537285 A (NORTHSHORE UNIVERSITY HEALTHSYSTEM) 2009.10.29 [0027], [0032], [0037]-[0041], [0045], [0061]-[0064], [0090]-[0105], [0131], 図 10	1-4, 6-10 5
Y	HAYAKAWA, CK. "Use of the δ -P ₁ approximation for recovery of optical absorption, scattering, and asymmetry coefficients in turbid media", APPLIED OPTICS, 2004.08.20, Vol.43, No.24, pp.4677-4684	5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

01.06.2012

国際調査報告の発送日

12.06.2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

高場 正光

2W

2910

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2007-085775 A (富士フイルム株式会社) 2007.04.05, 図 1-6	1
A	JP 2010-236973 A (長崎県) 2010.10.21, 図 1-2	1

JP 2009-537285 A	2009. 10. 29	AU 2007254086 A1	2007. 11. 29
		CA 2653040 A1	2007. 11. 29
		CN 101489471 A	2009. 07. 22
		CN 101548153 A	2009. 09. 30
		CN 102348405 A	2012. 02. 08
		EP 2020910 A2	2009. 02. 11
		US 2009/009759 A1	2009. 01. 08
		US 8131348 B2	2012. 03. 06
		US 2007/129615 A1	2007. 06. 07
		US 2007/179368 A1	2007. 08. 02
		US 2009/148945 A1	2009. 06. 11
		US 2009/203977 A1	2009. 08. 13
		US 2009/325859 A1	2009. 12. 31
		WO 2007/136880 A2	2007. 11. 29
		WO 2007/136880 A3	2008. 04. 24

JP 2007-085775 A	2007. 04. 05	JP 4647447 B2	2011. 03. 09
		US 2007/073157 A1	2007. 03. 29
		US 7477393 B2	2009. 01. 13

JP 2010-236973 A	2010. 10. 21	(ファミリーなし)	

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

（特別ページ参照）

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

本願の優先日前に公知であった文献 1:

JP 2009-537285 A (NORTHSHORE UNIVERSITY HEALTHSYSTEM) 2009.10.29

には、本願の請求項 1 を特定する事項を全て含む光トモグラフィ装置が記載されている。

よって、請求項 1 に係る発明は、文献 1 に記載された発明に対して新規でなく、特別な技術的特徴を有しない。

そこで、請求項 1 の従属請求項について特別な技術的特徴を判断すると、以下に示す主発明を含む、複数の発明が含まれる。

なお、当該文献 1 から見て特別な技術的特徴を有しない請求項 1-3, 6-7, 9 に係る発明は、便宜的に主発明として区分する。

(主発明) 請求項 1-3, 6-7, 9 に係る発明

請求項 1-3, 6-7, 9 に係る発明は特別な技術的特徴を有しない。