

(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
2021年5月27日(27.05.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/100413 A1

(51) 国際特許分類:

A61B 6/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2020/040149

(22) 国際出願日:

2020年10月26日(26.10.2020)

(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 2019-210027 2019年11月20日(20.11.2019) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布2丁目26番30号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 川村 隆浩 (KAWAMURA, Takahiro);

〒2588538 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人太陽国際特許事務所

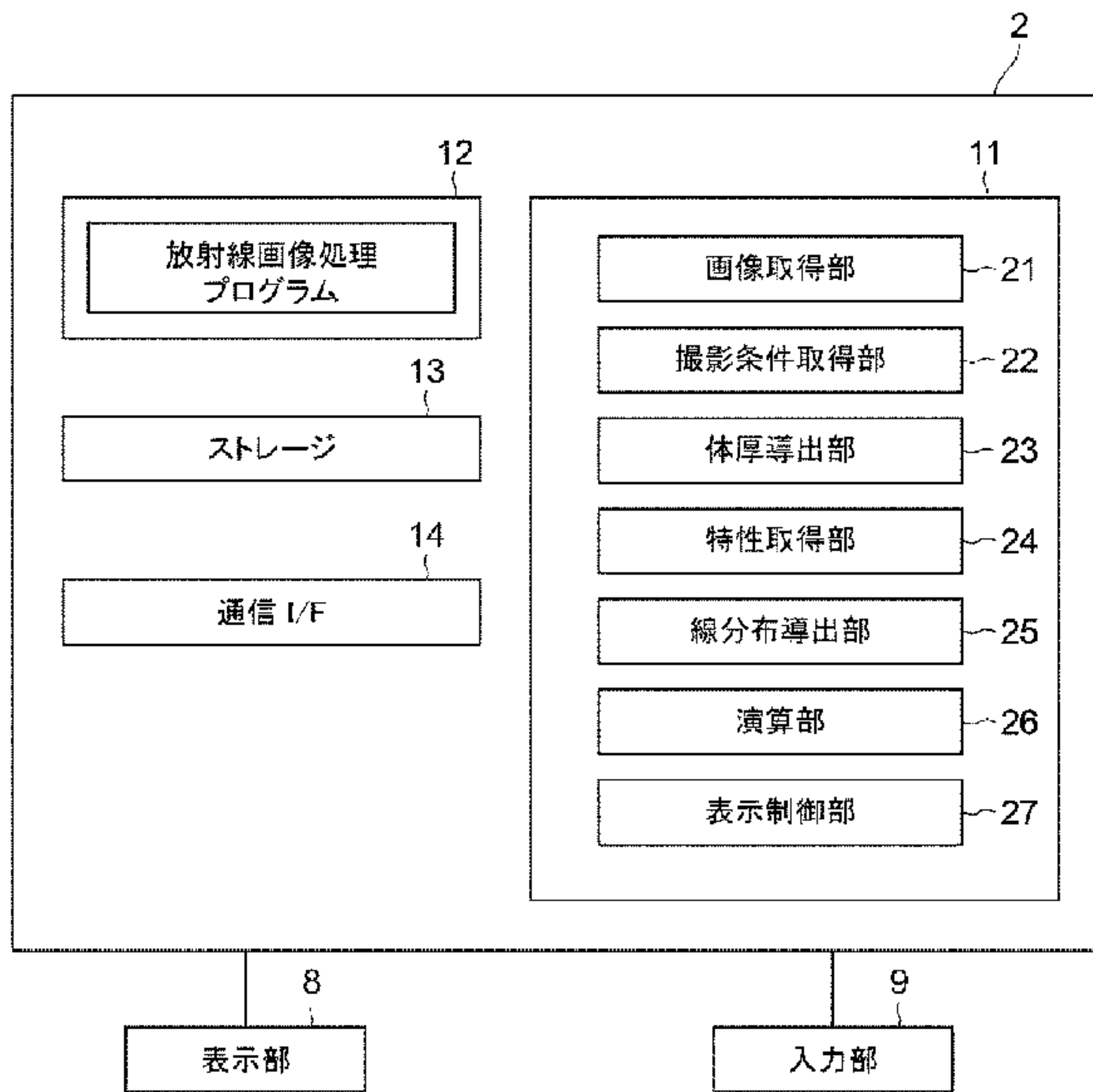
(TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 Tokyo (JP).

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: RADIOGRAPHIC IMAGE PROCESSING DEVICE, METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 放射線画像処理装置、方法およびプログラム



- 8 Display unit
- 9 Input unit
- 12 Radiographic image processing program
- 13 Storage
- 14 Communication interface
- 21 Image acquisition unit
- 22 Imaging condition acquisition unit
- 23 Body thickness deriving unit
- 24 Characteristic acquisition unit
- 25 Ray distribution deriving unit
- 26 Calculation unit
- 27 Display control unit

(57) Abstract: An imaging condition acquisition unit acquires an imaging condition for imaging a subject with an object interposed between the subject and a radiation detector. A body thickness deriving unit derives a body thickness distribution for the subject on the basis of a radiographic image and the imaging condition. A characteristic acquisition unit acquires radiation characteristics of the object according to the body thickness distribution. A ray distribution deriving unit derives a primary ray distribution and scattered ray distribution of the radiation detected by the radiation detector using the imaging condition, body thickness distribution, and radiation characteristics. A calculation unit updates the body thickness

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

distribution such that the error between the sum of the primary ray distribution and scattered ray distribution and pixel values at each location in the radiographic image is less than a predetermined threshold value and repeats derivation of the radiation characteristics based on the updated body thickness distribution and derivation of the primary ray distribution and scattered ray distribution.

(57) 要約: 撮影条件取得部が、被写体と放射線検出器との間に物体を介在させた状態で、被写体の撮影を行う際の撮影条件を取得する。体厚導出部が、放射線画像および撮影条件に基づいて被写体の体厚分布を導出する。特性取得部が、体厚分布に応じた物体の放射線特性を取得する。線分布導出部が、撮影条件、体厚分布および放射線特性を用いて、放射線検出器により検出される放射線の一次線分布および散乱線分布を導出する。演算部が、一次線分布および前記散乱線分布の和と、放射線画像の各位置における画素値との誤差が予め定められたしきい値未満となるように体厚分布を更新し、更新した体厚分布に基づく放射線特性の導出、並びに一次線分布および散乱線分布の導出を繰り返す。

明 細 書

発明の名称：放射線画像処理装置、方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、放射線画像に含まれる散乱線成分を除去する放射線画像処理装置、方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、被写体を透過した放射線により被写体の放射線画像を撮影する際、とくに被写体の厚さが大きいと、被写体内において放射線が散乱して散乱線が発生し、この散乱線により、取得される放射線画像のコントラストが低下するという問題がある。このため、放射線画像の撮影時には、放射線を検出して放射線画像を取得するための放射線検出器に散乱線が照射されないように、被写体と放射線検出器との間に散乱線除去グリッド（以下単にグリッドとする）を配置して撮影を行うことがある。グリッドを用いて撮影を行うと被写体により散乱された放射線が放射線検出器に照射されにくくなるため、放射線画像のコントラストを向上させることができる。

[0003] また、グリッドを使用することなく放射線画像の撮影を行い、グリッドによる散乱線の除去による画質改善の効果を、画像処理により放射線画像に対して付与することが行われている（特開２０１５－０４３９５９号公報参照）。特開２０１５－０４３９５９号公報の手法は、被写体の体厚分布を推定し、推定した体厚分布を用いて散乱線成分を推定して、散乱線除去処理を行う手法である。また、散乱線を除去するための散乱線除去信号を算出する際に、グリッドを使用した場合における放射線の選択度およびコントラスト改善度を、実際のグリッドを撮影することにより予め較正しておくことにより、放射線画像を実際にグリッドを使用した場合の画質に近づける手法も提案されている（特開２０１５－２３３４９２号公報参照）。

[0004] また、被写体と放射線検出器との間のエアギャップを考慮して放射線画像から散乱線成分を除去するために、放射線画像の取得時の撮影条件を取得し

、被写体と放射線検出器との間のエアギャップを含む距離を表す距離情報を取得し、撮影条件に基づいて、放射線画像に含まれる放射線の散乱線成分を表す散乱線成分情報を取得し、被写体の推定体厚分布および距離情報に応じた、放射線検出器に到達する散乱線量の割合を取得し、取得した割合に基づいて散乱線成分情報を補正し、補正された散乱線成分情報に基づいて、放射線画像の散乱線除去処理を行う手法も提案されている（特開2017-225525号公報参照）。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、実際に被写体の放射線撮影を行う場合、被写体と放射線検出器との間にグリッドが使用されたり、撮影台または撮影台の天板等の物体が介在されたりする場合がある。このような物体は固有の放射線特性を有しているため、物体を透過することにより一次線成分および散乱線成分の線質が、物体の放射線特性に応じて変化する。このため、被写体と放射線検出器との間に介在する物体の放射線特性を考慮しないと、被写体の体厚を精度よく推定したり、散乱線成分を精度よく除去したりすることができない。

[0006] 本発明は上記事情に鑑みなされたものであり、被写体と放射線検出器との間に介在する物体を考慮して、散乱線成分が精度よく除去された放射線画像を取得することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示による放射線画像処理装置は、少なくとも1つのプロセッサを備え、

プロセッサは、

被写体と放射線検出器との間に物体を介在させた状態で、被写体を透過した放射線を放射線検出器により検出することにより、被写体の放射線画像を取得した際の撮影条件を取得し、

放射線画像および撮影条件に基づいて、被写体の体厚分布を導出し、
体厚分布に応じた物体の放射線特性を取得し、

撮影条件、体厚分布および物体の放射線特性を用いて、放射線検出器により検出される放射線の一次線分布および散乱線分布を導出し、

一次線分布および散乱線分布の和と、放射線画像の各位置における画素値との誤差を導出し、誤差が予め定められたしきい値未満となるように体厚分布を更新し、更新した体厚分布に基づく放射線特性の導出、並びに一次線分布および散乱線分布の導出を繰り返すように構成される。

[0008] なお、本開示による放射線画像処理装置においては、プロセッサは、誤差がしきい値未満となる被写体の体厚分布に基づいて導出された一次線分布を画素値とする処理済み放射線画像を出力するように構成されるものであってもよい。

[0009] また、本開示による放射線画像処理装置においては、放射線画像を取得するための撮影系を用いて予め計測された放射線特性を記憶する記憶部をさらに備え、

プロセッサは、記憶部に記憶された放射線特性を取得するように構成されるものであってもよい。

[0010] また、本開示による放射線画像処理装置においては、物体は、被写体を載置する撮影台、天板、散乱線除去グリッドおよび空気層の少なくとも1つであってよい。

[0011] また、本開示による放射線画像処理装置においては、放射線特性は、一次線透過率および散乱線透過率であってよい。

[0012] また、本開示による放射線画像処理装置においては、プロセッサは、被写体を透過したそれぞれエネルギー分布が互いに異なる放射線に基づく2つの放射線画像のそれぞれについての処理済み放射線画像を取得し、

2つの処理済み放射線画像の相対応する画素間において重み付け減算を行うことにより、被写体の特定の構造物を抽出したサブトラクション画像を導出するように構成されるものであってもよい。

[0013] また、本開示による放射線画像処理装置においては、プロセッサは、骨部および軟部を含む被写体を透過したそれぞれエネルギー分布が互いに異なる

放射線に基づく２つの放射線画像のそれぞれについての処理済み放射線画像を取得し、

２つの処理済み放射線画像の相対応する画素間において重み付け減算を行うことにより、被写体の骨部を抽出した骨部画像を導出し、

撮影条件、体厚分布および骨部画像における骨部領域の画素値に基づいて、骨部領域の画素毎に骨部領域における骨塩量を表す骨塩情報を導出するように構成されるものであってもよい。

[0014] また、本開示による放射線画像処理装置においては、プロセッサは、複数の投影角度から被写体に放射線を照射し、複数の投影角度のそれぞれに対応する複数の放射線画像のそれぞれについての処理済み放射線画像を取得し、複数の処理済み放射線画像を再構成して、被写体の断層画像を生成するように構成されるものであってもよい。

[0015] 本開示による放射線画像処理方法は、被写体と放射線検出器との間に物体を介在させた状態で、被写体を透過した放射線を放射線検出器により検出することにより、被写体の放射線画像を取得した際の撮影条件を取得し、放射線画像および撮影条件に基づいて、被写体の体厚分布を導出し、体厚分布に応じた物体の放射線特性を取得し、撮影条件、体厚分布および物体の放射線特性を用いて、放射線検出器により検出される放射線の一次線分布および散乱線分布を導出し、一次線分布および散乱線分布の和と、放射線画像の各位置における画素値との誤差を導出し、誤差が予め定められたしきい値未満となるように体厚分布を更新し、更新した体厚分布に基づく放射線特性の導出、並びに一次線分布および散乱線分布の導出を繰り返す。

[0016] なお、本開示による放射線画像処理方法を、コンピュータに実行させる放射線画像処理プログラムとして提供してもよい。

発明の効果

[0017] 本開示によれば、被写体と放射線検出器との間に介在する物体を考慮して、散乱線成分が精度よく除去された放射線画像を取得することができる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]本開示の第1の実施形態による放射線画像処理装置を適用した放射線画像撮影システムの構成を示す概略ブロック図
- [図2]第1の実施形態による放射線画像処理装置の概略構成を示す図
- [図3]被写体の体厚に応じた散乱線透過率の計測を説明するための図
- [図4]被写体の体厚に応じた散乱線透過率の計測を説明するための図
- [図5]被写体の体厚分布と、被写体および放射線検出器の間に介在する物体の散乱線透過率との関係を表すテーブル
- [図6]被写体の体厚に応じた一次線透過率の計測を説明するための図
- [図7]被写体の体厚に応じた一次線透過率の計測を説明するための図
- [図8]被写体の体厚分布と、被写体および放射線検出器の間に介在する物体の一次線透過率との関係を表すテーブル
- [図9]第1の実施形態において行われる処理を示すフローチャート
- [図10]繰り返し処理のフローチャート
- [図11]天板とグリッドとの間に空気層が介在する状態を示す図
- [図12]本開示の第2の実施形態による放射線画像処理装置を適用した放射線画像撮影システムの構成を示す概略ブロック図
- [図13]第2の実施形態による放射線画像処理装置の概略構成を示す図
- [図14]第2の実施形態において行われる処理を示すフローチャート
- [図15]第3の実施形態による放射線画像処理装置の概略構成を示す図
- [図16]体厚に対する骨部と軟部とのコントラストの関係を示す図
- [図17]補正係数を取得するためのルックアップテーブルを示す図
- [図18]合成画像を示す図
- [図19]第3の実施形態において行われる処理を示すフローチャート
- [図20]本開示の第4の実施形態による放射線画像処理装置を適用した放射線画像撮影システムの構成を示す概略ブロック図
- [図21]第4の実施形態による放射線画像処理装置の概略構成を示す図
- [図22]第4の実施形態において行われる処理を示すフローチャート

発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面を参照して本開示の実施形態について説明する。図1は本開示の第1の実施形態による放射線画像処理装置を適用した放射線画像撮影システムの構成を示す概略ブロック図である。図1に示すように、第1の実施形態による放射線画像撮影システムは、散乱線除去グリッドを用いて被写体を撮影し、これにより取得された放射線画像に含まれる、被写体を透過した放射線の散乱線成分を除去するためのものであり、撮影装置1と、本実施形態による放射線画像処理装置を内包するコンソール2とを備える。

[0020] 撮影装置1は、X線源等の放射線源4から発せられ、被写体Hを透過した放射線を放射線検出器5に照射することにより、撮影台3に仰臥した被写体Hの放射線画像G0を取得するための撮影装置である。なお、放射線源4には不図示のコリメータ（照射野絞り）が設けられている。これにより、被写体Hに照射される放射線の範囲が規定される。放射線画像G0は、放射線画像処理装置であるコンソール2に入力される。ここで、本実施形態においては、撮影台3の天板3Aと放射線検出器5との間に、被写体Hを透過した放射線のうち、被写体Hにより散乱された散乱線成分を除去するための散乱線除去グリッド（以下単にグリッドとする）6が配置される。

[0021] グリッド6は、放射線を透過しない鉛等と、放射線を透過しやすいアルミニウムやファイバー等のインタースペース素材とが、例えば4.0本/mm程度の細かなグリッド密度で交互に配置されて構成されている。

[0022] グリッド6を使用することにより、被写体Hを透過した放射線の散乱線成分を除去することができるが、完全には除去することができない。このため、放射線検出器5により取得される放射線画像G0には、被写体Hを透過した放射線の一次線成分のみならず、散乱線成分も含まれる。

[0023] 放射線検出器5は、放射線画像の記録と読み出しを繰り返して行うことができるものであり、放射線の照射を直接受けて電荷を発生する、いわゆる直接型の放射線検出器を用いてもよい。また、放射線を一旦可視光に変換し、その可視光を電荷信号に変換する、いわゆる間接型の放射線検出器を用いる

ようにしてもよい。また、放射線画像信号の読出方式としては、T F T (thin film transistor) スイッチをオン／オフさせることによって放射線画像信号が読み出される、いわゆるT F T読出方式のもの、または読取り光を照射することによって放射線画像信号が読み出される、いわゆる光読出方式のものをを用いることが望ましいが、これに限らずその他のものをを用いるようにしてもよい。

[0024] また、放射線検出器5は、可搬型の放射線検出器であり、撮影台3の天板3Aの下面に設けられた取付部3Bにより、グリッド6とともに撮影台3に取り外し可能に取り付けられている。なお、放射線検出器5は、撮影台3に固定されたものであってもよい。

[0025] コンソール2には表示部8および入力部9が接続されている。表示部8は、C R T (Cathode Ray Tube) あるいは液晶ディスプレイ等からなり、撮影により取得された放射線画像等を表示したり、コンソール2において行われる処理に必要な各種入力の補助を行ったりする。

[0026] 入力部9は、キーボード、マウスまたはタッチパネル方式等の入力装置からなり、操作者による撮影装置1の操作の指示を受け付ける。また、撮影を行うために必要な、撮影条件等の各種情報の入力および情報の修正の指示も受け付ける。本実施形態においては、操作者が入力部9から入力した情報に従って、撮影装置1の各部が動作する。

[0027] コンソール2には、第1の実施形態による放射線画像処理プログラムがインストールされている。コンソール2が第1の実施形態による放射線画像処理装置に対応する。第1の実施形態においては、コンソール2は、操作者が直接操作するワークステーションあるいはパーソナルコンピュータでもよいし、それらとネットワークを介して接続されたサーバコンピュータでもよい。放射線画像処理プログラムは、ネットワークに接続されたサーバコンピュータの記憶装置、あるいはネットワークストレージに、外部からアクセス可能な状態で記憶され、要求に応じてコンピュータにダウンロードされ、インストールされる。または、D V D (Digital Versatile Disc)、C D - R O

M (Compact Disc Read Only Memory) 等の記録媒体に記録されて配布され、その記録媒体からコンピュータにインストールされる。

- [0028] 図2はコンソール2を構成するコンピュータに、第1の実施形態による放射線画像処理プログラムをインストールすることにより実現される第1の実施形態による放射線画像処理装置の概略構成を示す図である。図2に示すように、第1の実施形態による放射線画像処理装置は、標準的なコンピュータの構成として、CPU (Central Processing Unit) 11、メモリ12、ストレージ13および通信I/F (インターフェース) 14を備える。
- [0029] ストレージ13は、ハードディスクドライブまたはSSD (Solid State Drive) 等のストレージデバイスからなり、撮影装置1の各部を駆動するためのプログラムおよび放射線画像処理プログラムを含む各種情報が記憶されている。また、撮影により取得された放射線画像も記憶される。
- [0030] 通信I/F 14は、不図示のネットワークを介した外部装置とコンソール2との各種情報の伝送制御を行うネットワークインターフェースである。
- [0031] メモリ12には、各種処理をCPU 11に実行させるために、ストレージ13に記憶されたプログラム等が一時的に記憶される。放射線画像処理プログラムは、CPU 11に実行させる処理として、撮影装置1に撮影を行わせて放射線画像G0を取得する画像取得処理、被写体Hを撮影した際の撮影条件を取得する撮影条件取得処理、放射線画像G0および撮影条件に基づいて、被写体Hの体厚分布を導出する体厚導出処理、撮影装置1における被写体Hと放射線検出器5との間に介在する物体の、体厚分布に応じた放射線特性を取得する特性取得処理、撮影条件、体厚分布および物体の放射線特性を用いて、放射線検出器5により検出される放射線の一次線分布および散乱線分布を導出する線分布導出処理、一次線分布および散乱線分布の和と、放射線画像の各位置における画素値との誤差を導出し、誤差が予め定められたしきい値未満となるように、体厚分布を更新し、更新された体厚分布に基づく放射線特性の導出と、一次線分布および散乱線分布の導出とを繰り返し、誤差が予め定められたしきい値未満となる被写体Hの体厚分布に基づいて導出さ

れた一次線分布を画素値とする処理済み放射線画像 G_m を出力する演算処理、並びに処理済み放射線画像 G_m を表示部 8 に表示する表示制御処理を規定する。

[0032] そして、CPU 11 が放射線画像処理プログラムに従いこれらの処理を実行することで、コンソール 2 は、画像取得部 21、撮影条件取得部 22、体厚導出部 23、特性取得部 24、線分布導出部 25、演算部 26 および表示制御部 27 として機能する。

[0033] 画像取得部 21 は、放射線源 4 を駆動して被写体 H に放射線を照射し、被写体 H を透過した放射線を放射線検出器 5 により検出して、被写体 H の放射線画像 G_0 を取得する。本実施形態においては、被写体 H と放射線検出器 5 との間には、撮影台 3 の天板 3A およびグリッド 6 が介在している。このため、被写体 H を透過した放射線は、天板 3A およびグリッド 6 を透過して放射線検出器 5 に照射されることとなる。

[0034] なお、被写体 H の撮影に際しては、撮影条件が設定される。撮影条件としては、放射線の線質、線量および撮影時の撮影距離（線源受像面間距離（Source-to-Image receptor Distance、SID とする））が使用される。線質は、放射線源 4 における放射線発生器の管電圧 [kV]、総ろ過量 [mmAl 当量] および半価層 [mmAl] のうちの 1 つ以上を用いて規定される。管電圧は発生される放射線エネルギー分布の最大値を意味する。総ろ過量は放射線源 4 における放射線発生器およびコリメータ等の撮影装置 1 を構成する各構成部品が持つろ過量を、アルミニウムの厚さに換算したものである。総ろ過量は、大きいほど撮影装置 1 でのビームハードニングの影響が大きく、放射線の波長分布における高エネルギー成分が多いものとなる。半価層は発生された放射線エネルギー分布に対して、線量を半分に減衰させるために要するアルミニウムの厚さにより定義される。半価層のアルミニウムが厚いほど、放射線の波長分布における高エネルギー成分が多いものとなる。

[0035] 線量は、放射線源 4 における放射線発生器の管電流時間積 [mA s] および照射線量 [mR] のいずれかを用いて規定される。また、SID は放射線

源 4 と放射線検出器 5 の検出器との間の距離 [c m] である。

[0036] なお、被写体 H の撮影時においては、撮影手技に応じて撮影条件が定められている。このため、本実施形態においては、各種撮影手技と撮影条件とを対応付けたテーブルを、予めストレージ 13 に記憶しておくものとする。撮影時においては、操作者が入力部 9 から撮影手技を指定すると、ストレージ 13 に保存されたテーブルが参照されて、撮影手技に応じた撮影条件がテーブルから読み出され、読み出された撮影条件に従って、被写体 H の撮影が行われることとなる。撮影時に使用した撮影条件はメモリ 12 またはストレージ 13 に一時的に保存される。なお、撮影条件は、撮影手技に応じたものに限定されるものではなく、操作者が入力部 9 を用いて入力することにより指定されたものであってもよい。

[0037] 撮影条件取得部 22 は、被写体 H の撮影時に使用した撮影条件をメモリ 12 またはストレージ 13 から読み出すことにより取得する。

[0038] 体厚導出部 23 は、放射線画像 G0 および撮影条件に基づいて、被写体 H の体厚分布を導出する。以下、体厚導出部 23 が導出する体厚分布を初期体厚分布 t_0 と称する。以下、初期体厚分布 t_0 の導出について説明する。

[0039] まず、被写体 H が存在しない状態において、放射線源 4 を駆動して放射線検出器 5 に放射線を照射した場合、放射線源 4 から発せられた放射線の放射線検出器 5 への到達線量 $I_0(x, y)$ は、下記の式 (1) により表される。式 (1) において、撮影条件に含まれる mAs は管電流時間積、 kV は管電圧である。なお、半価層も考慮した場合、到達線量 $I_0(x, y)$ は、下記の式 (1-1) により表される。ここで、 F は基準となる SID (例えば 100 cm) にて、基準となる線量 (例えば 1 mAs) を被写体 H がいない状態で放射線検出器 5 に照射した場合に、放射線検出器 5 に到達する放射線量を表す非線形の関数である。 F は、管電圧毎または管電圧および半価層に依存して変化する。また、到達線量 I_0 は、放射線検出器 5 により取得される放射線画像 G0 の画素毎に導出されるため、 (x, y) は各画素の画素位置を表す。また、以降の説明においては、半価層を考慮する場合と考慮しない

場合との双方を含めるため、下記の式（１－２）に示すように、各式における括弧内に m m A l を含めることにより表すものとする。

$$I_0(x, y) = \text{mAs} \times F(\text{kV}) / \text{SID}^2 \quad (1)$$

$$I_0(x, y) = \text{mAs} \times F(\text{kV}, \text{mmAl}) / \text{SID}^2 \quad (1-1)$$

$$I_0(x, y) = \text{mAs} \times F(\text{kV}(\text{, mmAl})) / \text{SID}^2 \quad (1-2)$$

[0040] また、初期体厚分布を t_0 、初期体厚分布 t_0 を有する場合の被写体 H の減弱係数を $\mu(t_0)$ 、散乱線の広がりを見ない場合における、初期体厚分布 t_0 を有する被写体 H を透過後の放射線に含まれる散乱線量と一次線量との比である Scatter-to-Primary Ratio を $\text{STPR}(t_0)$ とすると、被写体 H を透過後の線量 I_1 は、下記の式（２）により表される。なお、式（２）においては、初期体厚分布 t_0 、到達線量 I_0 、および線量 I_1 は、放射線画像 G_0 の画素毎に導出されるが、 (x, y) を省略している。また、 STPR は体厚のみならず、管電圧 $[\text{kV}]$ および半価層 $[\text{mmAl}]$ にも依存する非線形関数であるが、式（２）においては、 kV 、 mmAl 表記を省略している。

$$I_1 = I_0 \times \exp\{-\mu(t_0) \times t_0\} \times \{1 + \text{STPR}(t_0)\} \quad (2)$$

[0041] 式（２）において、線量 I_1 は放射線画像 G_0 の各画素における画素値であり、到達線量 I_0 は上記式（１）、（１－１）により導出される。その一方で、 F および STPR は非線形な関数であるため、式（２）を t_0 について代数的に解くことはできない。このため、体厚導出部 23 は、下記の式（３）または式（３－１）に示すエラー関数 E_1 を定義する。そして、エラー関数 E_1 を最小とするか、またはエラー関数 E_1 が予め定められたしきい値 T_{h1} 未満となる t_0 を初期体厚分布として導出する。この際、体厚導出部 23 は、最急降下法および共役勾配法等の最適化アルゴリズムを用いて、初期体厚分布 t_0 を導出する。

$$E_1 = [I_1 - I_0 \times \exp\{-\mu(t_0) \times t_0\} \times \{1 + \text{STPR}(t_0)\}]^2 \quad (3)$$

$$E_1 = |I_1 - I_0 \times \exp\{-\mu(t_0) \times t_0\} \times \{1 + \text{STPR}(t_0)\}| \quad (3-1)$$

[0042] 特性取得部 24 は、撮影時に被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する

物体の放射線特性を取得する。ここで、被写体Hを透過した後の放射線が、被写体Hと放射線検出器5との間に介在する物体を透過する際には、被写体Hを透過した後の放射線の線質に応じて放射線の透過率が変化する。また、被写体Hを透過した後の放射線に含まれる一次線と散乱線とでは、放射線の進行方向および線質の相違により、透過率がそれぞれ異なるものとなる。このため、本実施形態においては、物体の放射線特性として、物体の一次線透過率および散乱線透過率を用いるものとする。

[0043] なお、上述したように、被写体Hを透過した後の放射線が、被写体Hと放射線検出器5との間に介在する物体を透過する際には、被写体Hを透過した後の放射線の線質に応じて放射線の透過率が変化する。また、被写体Hを透過した後の放射線の線質は、被写体Hの体厚 t に依存する。このため、一次線透過率および散乱線透過率は、被写体Hの被写体Hの体厚 t の関数としてそれぞれ $T_p(t)$ 、 $T_s(t)$ と表すことができる。

[0044] なお、被写体Hを透過した後の放射線の線質は、撮影条件に含まれる放射線源4の線質にも依存している。線質は管電圧および半価層に依存している。このため、一次線透過率および散乱線透過率は、厳密にはそれぞれ $T_p(kV(, mA), t)$ 、 $T_s(kV(, mA), t)$ と表される。なお、以降の説明においては、一次線透過率および散乱線透過率として、単に T_p 、 T_s と表す場合があるものとする。

[0045] ここで、被写体Hと放射線検出器5との間に介在する物体の一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s は、上述したように被写体Hの体厚 t に依存する。このため、本実施形態においては、被写体の体厚 t を模した各種厚さを有するファントムを用いて、被写体Hの体厚 t に応じた、物体の一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s を計測し、計測結果に基づいて被写体Hの体厚 t と物体の一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s との関係を規定するテーブルを生成し、ストレージ13に記憶しておくものとする。以下、被写体Hの体厚 t に応じた、物体の一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s の計測について説明する。

[0046] まず、散乱線透過率 T_s の算出について説明する。図3および図4は被写体Hの体厚に応じた散乱線透過率 T_s の計測を説明するための図である。まず図3に示すように、まず放射線検出器5の表面に人体を模したファントム41を載置し、さらにファントム41の上に鉛板42を載置する。ここで、ファントム41は5cm、10cm、20cm等の各種厚さを有し、例えば水と同様の放射線透過率を有するアクリル等の材料からなる。この状態において、放射線源4を駆動して放射線検出器5に放射線を照射することにより、特性取得部24は、計測用の放射線画像K0を取得する。放射線画像K0の信号値は、放射線検出器5における放射線が直接照射される領域において値が大きく、ファントム41の領域および鉛板42の領域の順に信号値が小さくなる。

[0047] なお、鉛板42は放射線を透過しないため、放射線画像K0における鉛板42の領域においては信号値は0となるはずである。しかしながら、放射線検出器5の鉛板42に対応する領域には、ファントム41により散乱された放射線が到達する。このため、放射線画像K0における鉛板42の領域は、ファントム41による散乱線成分に対応する信号値S0を有するものとなる。

[0048] 次に、図4に示すように、撮影装置1の天板3A上にファントム41を載置し、さらにファントム41の上に鉛板42を載置する。そして、被写体Hを撮影する場合と同様に、天板3Aの下方に放射線検出器5およびグリッド6を配置した状態で、放射線源4を駆動して放射線検出器5に放射線を照射することにより、特性取得部24は、計測用の放射線画像K1を取得する。放射線画像K1の信号値は、放射線画像K0と同様に、放射線検出器5における放射線が直接照射される領域において値が大きく、ファントム41の領域および鉛板42の領域の順に信号値が小さくなる。ここで、図4に示すように、ファントム41と放射線検出器5との間に、天板3Aおよびグリッド6を介在させた状態で撮影を行った場合、放射線検出器5の鉛板42に対応する領域には、ファントム41により散乱された放射線のみならず、天板3

Aおよびグリッド6により散乱された放射線も到達する。このため、放射線画像K1における鉛板42の領域は、ファントム41と天板3Aおよびグリッド6とによる散乱線成分に対応する信号値S1を有するものとなる。

[0049] なお、信号値S1は天板3Aおよびグリッド6による散乱線成分を含むため、図3に示す信号値S0より大きい値となる。したがって、厚さがtのファントム41を撮影した場合における、被写体Hと放射線検出器5との間に介在する物体、すなわち天板3Aおよびグリッド6の散乱線透過率Tsは、 $S1 / S0$ により算出することができる。

[0050] 本実施形態においては、特性取得部24は、厚さが異なる少なくとも2種類のファントムを用いて、図3および図4に示すようにして各厚さに対応する散乱線透過率Tsを算出する。また、特性取得部24は、ファントム41にない厚さの散乱線透過率Tsについては、計測した複数の厚さについての散乱線透過率Tsを補間することにより導出する。そしてこれにより、特性取得部24は、各厚さの間の厚さについての散乱線透過率を補間することにより、図5に示すように、被写体Hの体厚分布tと、被写体Hおよび放射線検出器5の間に介在する物体の散乱線透過率Tsとの関係を表すテーブルLUT1を生成する。

[0051] 次に、一次線透過率の算出について説明する。図6および図7は被写体Hの体厚に応じた一次線透過率Tpの計測を説明するための図である。まず図6に示すように、まず放射線検出器5の表面に人体を模したファントム41を載置する。ここで、ファントム41は散乱線透過率Tsを導出した場合と同様のものを用いる。そしてこの状態において、放射線源4を駆動して放射線検出器5に放射線を照射することにより、特性取得部24は、計測用の放射線画像K2を取得する。放射線画像K2におけるファントム41に対応する領域の信号値S2は、ファントム41を透過した放射線の一次線成分および散乱線成分の双方を含む。ここで、ファントム41を透過した放射線の散乱線成分は、上記図3に示す手法により求めた放射線画像K0における信号値S0である。このため、ファントム41を透過した放射線の一次線成分は

、 $S2 - S0$ により導出される。

[0052] 次に、図7に示すように、撮影装置1の天板3A上にファントム41を載置し、被写体Hを撮影する場合と同様に、天板3Aの下方に放射線検出器5およびグリッド6を配置した状態で、放射線源4を駆動して放射線検出器5に放射線を照射することにより、特性取得部24は、計測用の放射線画像K3を取得する。放射線画像K3のファントム41に対応する領域の信号値 $S3$ は、ファントム41並びに天板3Aおよびグリッド6を透過した放射線の一時線成分および散乱線成分の双方を含む。ここで、ファントム41並びに天板3Aおよびグリッド6を透過した放射線の散乱線成分は、上記図4に示す手法により求めた放射線画像K1における信号値 $S1$ である。このため、ファントム41と天板3Aおよびグリッド6とを透過した放射線の一次線成分は、 $S3 - S1$ により導出される。

[0053] したがって、ファントム41を撮影した場合における、被写体Hと放射線検出器5との間に介在する天板3Aおよびグリッド6の一次線透過率 Tp は、 $(S3 - S1) / (S0 - S2)$ により算出することができる。そして、本実施形態においては、特性取得部24は、厚さが異なる少なくとも2種類のファントムを用いて、図6および図7に示すようにして各厚さに対応する一次線透過率 Tp を算出する。また、特性取得部24は、ファントム41にない厚さの一次線透過率 Tp については、計測した複数の厚さについての一次線透過率 Tp を補間することにより導出する。そしてこれにより、特性取得部24は、図8に示すように、被写体Hの体厚分布 t と、被写体Hおよび放射線検出器5の間に介在する物体の一次線透過率 Tp との関係を表すテーブルLUT2を生成する。

[0054] 上記のように生成されたテーブルLUT1, LUT2は、ストレージ13に保存される。なお、テーブルは、各種撮影条件（すなわち、線質、線量および線源距離）、さらには使用するグリッド6の種類に応じて生成されて、ストレージ13に保存されるものとする。

[0055] 特性取得部24は、撮影条件取得部22が取得した撮影条件に応じて、ス

トレージ 13 に保存されたテーブル LUT1, LUT2 を参照して、被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体についての、初期体厚分布 t_0 に対応する一次線透過率 $T_p(t_0)$ および散乱線透過率 $T_s(t_0)$ を取得する。なお、一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s は線質にも依存するため、一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s はそれぞれ $T_p(kV(, mmAl), t_0)$ 、 $T_s(kV(, mmAl), t_0)$ と表すことができる。

[0056] 線分布導出部 25 は、撮影条件、体厚分布および被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体の放射線特性を用いて、放射線検出器 5 により検出される放射線の一次線分布および散乱線分布を導出する。ここで、被写体 H を透過した後の放射線の一次線分布 I_{p0} および散乱線分布 I_{s0} は、体厚分布を t とした場合、下記の式 (4)、(5) により表される。式 (5) における PSF は、1 つの画素から広がる散乱線の分布を表す点拡散関数 (Point Spread Function) であり、線質および体厚に応じて定義される。また、 $*$ は畳み込み演算を示す。一次線分布 I_{p0} および散乱線分布 I_{s0} は、放射線画像 G_0 の画素毎に導出されるが、式 (4)、(5) においては、 (x, y) は省略している。また、第 1 の実施形態においては、後述するように体厚分布と一次線分布 I_{p0} および散乱線分布 I_{s0} の導出を繰り返し行うものであるが、1 回目の一次線分布 I_{p0} および散乱線分布 I_{s0} の導出に際しては、体厚分布 t は初期体厚分布 t_0 が使用される。

$$I_{p0} = I_0 \times \exp\{-\mu(t) \times t\} \quad (4)$$

$$I_{s0} = I_{p0} \times \text{STPR}(kV(, mmAl), t) * \text{PSF}(kV(, mmAl), t) \quad (5)$$

[0057] さらに、線分布導出部 25 は、被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体の一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s を用いて、下記の式 (6)、(7) により、放射線検出器 5 に到達する一次線分布 I_{p1} および散乱線分布 I_{s1} を導出する。さらに、下記の式 (8) により、一次線分布 I_{p1} と散乱線分布 I_{s1} との総和 I_{w1} を導出する。式 (6)、(7) においても、1 回目の一次線分布 I_{p1} および散乱線分布 I_{s1} の導出に際しては

、体厚分布 t は初期体厚分布 t_0 が使用される。

$$I_{p1} = I_{p0} \times T_p(kV(, mmAl), t) \quad (6)$$

$$I_{s1} = I_{s0} \times T_s(kV(, mmAl), t) \quad (7)$$

$$I_{w1} = I_{p1} + I_{s1} \quad (8)$$

[0058] 演算部 26 は、一次線分布 I_{p1} および散乱線分布 I_{s1} の総和 I_{w1} と、放射線画像 G_0 の各画素位置における線量、すなわち画素値 I_1 との誤差 E_2 を導出する。誤差 E_2 の導出は、下記の式 (9) または式 (9-1) により行う。式 (9) および式 (9-1) において、 N は放射線画像 G_0 の画素数、 Σ は放射線画像 G_0 の全画素における和を表す。なお、式 (9-1) は、 $\log$ 内において I_1 / I_{w1} の演算を行っているため、被写体 H に照射される線量すなわち到達線量 I_0 に依存することなく、誤差 E_2 を導出することができる。

$$E_2 = (1/N) \times \Sigma \{I_1 - I_{w1}\}^2 \quad (9)$$

$$E_2 = (1/N) \times \Sigma |\log \{I_1 / I_{w1}\}| \quad (9-1)$$

[0059] そして、演算部 26 は、誤差 E_2 を最小とするか、または誤差 E_2 が予め定められたしきい値 T_{h2} 未満となるように体厚分布 t を更新する。そして、演算部 26 は、更新した体厚分布に基づく、一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s の取得、並びに一次線分布 I_{p1} および散乱線分布 I_{s1} の導出を繰り返す。ここで、演算部 26 が行う演算を繰り返し演算と称するものとする。また、本実施形態においては、演算部 26 は、誤差 E_2 が予め定められたしきい値 T_{h2} 未満となるように、繰り返し演算を行うものとする。そして、演算部 26 は、誤差 E_2 が予め定められたしきい値 T_{h2} 未満となる被写体 H の体厚分布 t_m に基づいて導出された一次線分布 I_{pm} を画素値とする処理済み放射線画像 G_m を出力する。

[0060] なお、一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s の繰り返しの取得、並びに一次線分布 I_{p1} および散乱線分布 I_{s1} の繰り返しの導出は、それぞれ特性取得部 24 および線分布導出部 25 が行う。演算部 26 が行う繰り返し処理については後述する。

[0061] 表示制御部 27 は、処理済み放射線画像 G_m を表示部 8 に表示する。

[0062] 次いで、第 1 の実施形態において行われる処理について説明する。図 9 は第 1 の実施形態において行われる処理を示すフローチャートである。なお、放射線画像 G_0 は、撮影により取得されてストレージ 13 に保存されているものとする。処理を開始する指示が入力部 9 から入力されると、画像取得部 21 が、放射線画像 G_0 をストレージ 13 から取得する（ステップ S T 1）。次いで、撮影条件取得部 22 が、撮影装置 1 における被写体 H を撮影した際の撮影条件を取得する（ステップ S T 2）。次に、体厚導出部 23 が、放射線画像 G_0 および撮影条件に基づいて、初期体厚分布 t_0 を導出する（ステップ S T 3）。さらに、特性取得部 24 が、撮影時において被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体の放射線特性、すなわち、一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s を取得する（ステップ S T 4）。続いて、線分布導出部 25 が、撮影条件、体厚分布および被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体の放射線特性を用いて、放射線検出器 5 により検出される放射線の一次線分布 I_{p1} および散乱線分布 I_{s1} を導出する（ステップ S T 5）。以上、ステップ S T 3～ステップ S T 5 の処理は、初期体厚分布 t_0 に基づいて行われる。

[0063] 次いで、演算部 26 が、繰り返し演算処理を行う（ステップ S T 6）。図 10 は繰り返し演算処理のフローチャートである。まず、演算部 26 は、一次線分布 I_{p1} および散乱線分布 I_{s1} の総和 I_{w1} と、放射線画像 G_0 の各位置における画素値 I_1 との誤差 E_2 を導出する（ステップ S T 11）。そして、演算部 26 は、誤差 E_2 が予め定められたしきい値 T_{h2} 未満であるか否かを判定する（ステップ S T 12）。ステップ S T 12 が否定されると、誤差 E_2 が小さくなるように体厚分布 t を更新する（ステップ S T 13）。そして、特性取得部 24 が、更新された体厚分布 t に基づいて、新たな放射線特性、すなわち一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s を取得する（ステップ S T 14）。また、線分布導出部 25 が、新たな一次線分布 I_{p1} および散乱線分布 I_{s1} を導出する（ステップ S T 15）。そして、演算

部 2 6 は、ステップ S T 1 1 の処理に戻り、ステップ S T 1 1 ～ステップ S T 1 5 の処理を繰り返す。ステップ S T 1 2 が肯定されると、繰り返し演算処理を終了する。

[0064] 図 9 に戻り、繰り返し演算処理が終了すると、演算部 2 6 は、誤差 E 2 が予め定められたしきい値 $T_h 2$ 未満となる被写体 H の体厚分布 t_m に基づいて導出された一次線分布 $I_{p m}$ を画素値とする処理済み放射線画像 G_m を出力する（ステップ S T 7）。そして、表示制御部 2 7 が、処理済み放射線画像 G_m を表示部 8 に表示し（ステップ S T 8）、処理を終了する。

[0065] このように、第 1 の実施形態においては、放射線画像 G_0 および撮影条件に基づいて、被写体 H の体厚分布を導出し、撮影条件、体厚分布 t および物体の放射線特性を用いて、放射線検出器 5 により検出される放射線の一次線分布 $I_{p 1}$ および散乱線分布 $I_{s 1}$ を導出する。そして、一次線分布 $I_{p 1}$ および散乱線分布 $I_{s 1}$ の総和 $I_{w 1}$ と、放射線画像 G_0 の各位置における画素値との誤差 E 2 を導出し、誤差 E 2 が予め定められたしきい値未満 $T_h 2$ となるように体厚分布を更新し、更新した体厚分布に基づく、放射線特性の取得、並びに一次線分布および散乱線分布の導出を繰り返すようにした。このため、被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体の放射線特性を考慮して、一次線分布 $I_{p 1}$ および散乱線分布 $I_{s 1}$ を導出することができる。このように導出された一次線分布 $I_{p 1}$ は、被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体の放射線特性を考慮したものであるため、散乱線成分は精度よく除去されたものとなっている。したがって、第 1 の実施形態によれば、被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体を考慮して、散乱線成分が精度よく除去された処理済み放射線画像 G_m を取得することができる。

[0066] なお、上記第 1 の実施形態においては、被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体として、撮影台 3 の天板 3 A およびグリッド 6 を用いているが、図 1 1 に示すように、天板 3 A とグリッド 6 との間に空気層 1 0 が介在する場合がある。このような場合は、線分布導出部 2 5 においては、空気層

10も被写体Hと放射線検出器5との間に介在する物体を含めて、一次線分布 I_{p1} および散乱線分布 I_{s1} を導出することが好ましい。この場合、一次線分布 I_{p1} および散乱線分布 I_{s1} は、下記の式(6-1)、(7-1)に示すように、上記式(6)、(7)に対して、空気層10の厚さ t_{air} に応じた点拡散関数 $PSF_{air}(kV(, mmAl), t_{air})$ を畳み込み演算することにより導出すればよい。なお、空気層10の厚さ t_{air} は、天板3Aの下面とグリッド6の被写体H側の面との距離となる。

$$I_{p1} = I_{p0} \times T_p(kV(, mmAl), t) * PSF_{air}(kV(, mmAl), t_{air}) \quad (6-1)$$

$$I_{s1} = I_{s0} \times T_s(kV(, mmAl), t) * PSF_{air}(kV(, mmAl), t_{air}) \quad (7-1)$$

[0067] 次いで、本開示の第2の実施形態について説明する。図12は本開示の第2の実施形態による放射線画像処理装置を適用した放射線画像撮影システムの構成を示す概略ブロック図である。なお、図12において図1と同一の構成には同一の参照番号を付与し、詳細な説明は省略する。図12に示すように、第2の実施形態による放射線画像撮影システムは、エネルギー分布が異なる2つの放射線画像を撮影し、2つの放射線画像を用いてエネルギーサブトラクション処理を行うためのものであり、撮影装置1Aと、第2の実施形態による放射線画像処理装置を内包するコンソール2Aとを備える。撮影装置1Aは、第1の放射線検出器5Aおよび第2の放射線検出器5Bを備える。

[0068] 第2の実施形態における撮影装置1Aは、第1の放射線検出器5Aおよび第2の放射線検出器5Bに、放射線源4から発せられ、被写体Hを透過した放射線を、それぞれエネルギーを変えて照射するいわゆる1ショットエネルギーサブトラクションを行うための撮影装置である。撮影時においては、図12に示すように、放射線源4に近い側から順に、第1の放射線検出器5A、銅板等からなる放射線エネルギー変換フィルタ7、および第2の放射線検出器5Bを配置して、放射線源4を駆動させる。なお、第1および第2の放射線検出器5A、5Bと放射線エネルギー変換フィルタ7とは密着されている。なお、第1の放射線検出器5Aの被写体H側には、第1の実施形態と同

様にグリッド6が配置されている。

[0069] これにより、第1の放射線検出器5Aにおいては、いわゆる軟線も含む低エネルギーの放射線による被写体Hの第1の放射線画像G1が取得される。また、第2の放射線検出器5Bにおいては、軟線が除かれた高エネルギーの放射線による被写体Hの第2の放射線画像G2が取得される。第1および第2の放射線画像は、コンソール2Aに入力される。

[0070] 図13はコンソール2Aを構成するコンピュータに、第2の実施形態による放射線画像処理プログラムをインストールすることにより実現される第2の実施形態による放射線画像処理装置の概略構成を示す図である。なお、図13において図2と同一の構成には同一の参照番号を付与し、詳細な説明は省略する。図13に示すように、第2の実施形態による放射線画像処理装置は、サブトラクション部28を備えた点が第1の実施形態と異なる。

[0071] サブトラクション部28は、下記の式(10)、(11)に示すように、後述するように散乱線成分が除去された第1および第2の放射線画像Gm1, Gm2を相対応する画素間で重み付け減算するサブトラクション処理を行うことにより、被写体Hにおける軟部が強調された軟部画像Gsおよび骨部が強調された骨部画像Gbを導出する。式(10)、(11)における α および β は重み係数である。

$$G_s = \alpha \cdot G_{m2} - G_{m1} \quad (10)$$

$$G_b = \beta \cdot G_{m2} - G_{m1} \quad (11)$$

[0072] 次いで、第2の実施形態において行われる処理について説明する。図14は第2の実施形態において行われる処理を示すフローチャートである。なお、第1および第2の放射線画像G1, G2は、撮影により取得されてストレージ13に保存されているものとする。処理を開始する指示が入力部9から入力されると、画像取得部21が、第1および第2の放射線画像G1, G2をストレージ13から取得する(ステップST21)。次いで、撮影条件取得部22が、撮影装置1における被写体Hを撮影した際の撮影条件を取得する(ステップST22)。次に、体厚導出部23が、第1または第2の放射

線画像 G_1 , G_2 および撮影条件に基づいて、初期体厚分布 t_0 を導出する（ステップ ST_{23} ）。さらに、特性取得部 24 が、撮影時において被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体の放射線特性、すなわち、一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s を取得する（ステップ ST_{24} ）。続いて、線分布導出部 25 が、撮影条件、体厚分布および被写体 H と放射線検出器 5 との間に介在する物体の放射線特性を用いて、第 1 および第 2 の放射線検出器 5A, 5B のそれぞれにより検出される放射線の一次線分布 I_{p1-1} , I_{p1-2} および散乱線分布 I_{s1-1} , I_{s1-2} を導出する（ステップ ST_{25} ）。以上、ステップ ST_{23} ～ステップ ST_{25} の処理は、初期体厚分布 t_0 に基づいて行われる。

[0073] 次いで、演算部 26 が、繰り返し演算処理を行う（ステップ ST_{26} ）。第 2 の実施形態においては、繰り返し演算は、第 1 の放射線検出器 5A により検出される一次線分布 I_{p1-1} および散乱線分布 I_{s1-1} 、並びに第 2 の放射線検出器 5B により検出される一次線分布 I_{p1-2} および散乱線分布 I_{s1-2} のそれぞれを用いて行われる。すなわち、第 1 の放射線画像 G_1 および第 2 の放射線画像 G_2 のそれぞれについて、誤差 E_2 が予め定められたしきい値 Th_2 未満となる被写体 H の体厚分布 t_m に基づいて、一次線分布 I_{pm-1} および一次線分布 I_{pm-2} が導出される。

[0074] 繰り返し演算処理が終了すると、演算部 26 は、誤差 E_2 が予め定められたしきい値 Th_2 未満となる被写体 H の体厚分布 t_m に基づいて導出された一次線分布 I_{pm-1} および一次線分布 I_{pm-2} をそれぞれ画素値とする第 1 の処理済み放射線画像 G_{m1} および第 2 の処理済み放射線画像 G_{m2} を出力する（ステップ ST_{27} ）。そして、サブトラクション部 28 が、サブトラクション処理を行う（ステップ ST_{28} ）。これにより、軟部画像 G_s および骨部画像 G_b が導出される。そして、表示制御部 27 が、軟部画像 G_s および骨部画像 G_b を表示部 8 に表示し（ステップ ST_{29} ）、処理を終了する。

[0075] このように、第 2 の実施形態においては、散乱線成分が精度よく除去され

た第1および第2の処理済み放射線画像 G_{m1} 、 G_{m2} を用いてサブトラクション処理を行うようにした。このため、散乱線成分が除去された高画質の軟部画像 G_s および骨部画像 G_b を導出することができる。

[0076] 次いで、本開示の第3の実施形態について説明する。図15はコンソール2Bを構成するコンピュータに、第3の実施形態による放射線画像処理プログラムをインストールすることにより実現される第3の実施形態による放射線画像処理装置の概略構成を示す図である。なお、図15において図13と同一の構成には同一の参照番号を付与し、詳細な説明は省略する。図15に示すように、第3の実施形態による放射線画像処理装置は、第2の実施形態における放射線画像処理装置のサブトラクション部28に加えて、骨塩情報導出部29および関連情報導出部30を備えた点が第2の実施形態と異なる。

[0077] 骨塩情報導出部29は、第1および第2の放射線画像 G_1 、 G_2 に含まれる骨部領域の画素毎に、骨部領域における骨塩量を表す骨塩情報を取得する。第3実施形態においては、骨塩情報導出部29は、骨部領域の画素値を、基準撮影条件により取得された骨画像の画素値に変換することにより、骨塩情報を導出する。

[0078] ここで、放射線源4に印加される管電圧が高く、放射線が高エネルギーであるほど、取得される放射線画像における軟部と骨部とのコントラストが小さくなる。また、放射線が被写体Hを透過する過程において、放射線の低エネルギー成分が被写体Hに吸収され、X線が高エネルギー化するビームハードニングが生じる。ビームハードニングによるX線の高エネルギー化は、被写体Hの体厚が大きいほど大きくなる。図16は体厚に対する骨部と軟部とのコントラストの関係を示す図である。なお、図16においては、80kV、90kVおよび100kVの3つの管電圧における、体厚に対する骨部と軟部とのコントラストの関係を示している。図16に示すように、管電圧が高いほどコントラストは低くなる。また、体厚がある値を超えると、体厚が大きいほどコントラストは低くなる。なお、骨部画像 G_b における骨部領域

の画素値が大きいほど、骨部と軟部とのコントラストは大きくなる。このため、図16に示す関係は、サブトラクション処理により導出される骨部画像G_bにおける骨部領域の画素値が大きいほど、高コントラスト側にシフトすることとなる。

[0079] 第3の実施形態においては、基準撮影条件を、例えば管電圧90kVに設定したルックアップテーブルを用意する。ルックアップテーブルは、撮影時の管電圧に応じたコントラストの相違、およびビームハードニングの影響によるコントラストの低下を補正するための補正係数を取得するためのものとなる。なお、ルックアップテーブルはストレージ13に記憶されている。図17は補正係数を取得するためのルックアップテーブルを示す図である。図17に示すようにルックアップテーブルLUT3は、管電圧が大きいほど、かつ体厚が大きいほど、補正係数の値が大きいものとなっている。なお、第3の実施形態においては、基準撮影条件が管電圧90kVであるため、管電圧が90kVで厚さが0の場合に、補正係数が1となっている。また、図17にはルックアップテーブルLUT3を2次元で示しているが、補正係数は骨部領域の画素値に応じて異なる。このため、ルックアップテーブルLUT3は、実際には骨部領域の画素値を表す軸が加わった3次元のテーブルとなる。

[0080] 骨塩情報導出部29は、撮影条件および誤差E₂がしきい値Th₂未満となる体厚分布t_mに応じた画素毎の補正係数C₀をルックアップテーブルLUT3を参照して取得する。補正係数C₀は骨部画像G_bの画素毎に取得される。そして、下記の式(12)に示すように、骨部画像G_bにおける骨部領域の各画素の画素値G_b(x, y)に対して、補正係数C₀(x, y)を乗算することにより、骨部領域の画素毎に骨塩情報B₀(x, y)を導出する。このように導出された骨塩情報B₀(x, y)は、基準撮影条件である90kVの管電圧により被写体を撮影することにより取得され、かつビームハードニングの影響が除去された放射線画像に含まれる骨部領域の骨部の画素値を表すものとなる。

$$B O (x, y) = C O (x, y) \times G b (x, y) \quad (12)$$

[0081] 関連情報導出部30は、骨塩情報に関連する関連情報を導出する。第3の実施形態においては、関連情報導出部30は、サブトラクション部28が生成した軟部画像Gsに骨塩情報BOを重畳した合成画像Gcを関連情報として導出する。なお、第3の実施形態においては、骨部画像Gbに対して骨塩情報BOを重畳して合成画像Gcを導出してもよく、第1または第2の放射線画像G1, G2のいずれかに対して骨塩情報BOを重畳して合成画像Gcを導出してもよい。

[0082] 第3の実施形態においては、表示制御部27は、関連情報を表示部8に表示する。図18は表示部8に表示された関連情報を示す図である。図18に示すように、関連情報は上述した合成画像Gcである。

[0083] 次いで、第3の実施形態において行われる処理について説明する。図19は第3の実施形態において行われる処理を示すフローチャートである。なお、第3の実施形態においては、サブトラクション部28が行うまでの処理は、図14に示す第2の実施形態におけるステップST21～ステップST28の処理と同一であるため、図19においては、図14におけるステップST28以降の処理について説明する。ステップST28の処理において、軟部画像Gsおよび骨部画像Gbが生成されると、骨塩情報導出部29が、撮影条件、体厚分布および骨部画像Gbにおける骨部領域の画素値に基づいて、骨部領域の画素毎に骨部領域における骨塩量を表す骨塩情報を導出する（ステップST31）。さらに、関連情報導出部30が、骨塩情報に関連する関連情報を導出し（ステップST32）、表示制御部27が、関連情報を表示部8に表示し（ステップST33）、処理を終了する。

[0084] このように、第3の実施形態においては、散乱線成分が精度よく除去された第1および第2の処理済み放射線画像Gm1, Gm2を用いてサブトラクション処理を行うことにより取得された骨部画像Gbを用いて、骨塩情報および関連情報を導出するようにした。このため、散乱線成分により影響されることなく、精度よく骨塩情報および関連情報を取得することができる。

[0085] 次いで、本開示による第4の実施形態について説明する。図20は本開示の第4の実施形態による放射線画像処理装置を適用した放射線画像撮影システムの構成を示す概略ブロック図である。なお、図20において図1と同一の構成には同一の参照番号を付与し、詳細な説明は省略する。図20に示すように、第4の実施形態による放射線画像撮影システムは、撮影装置1Bと、第4の実施形態による放射線画像処理装置を内包するコンソール2Cとを備える。撮影装置1Bは、例えば特開2000-139901号公報等に記載されたコーンビームCT等の三次元画像を生成することができる撮影装置1Bである。

[0086] 撮影装置1Bは、放射線源4と放射線検出器5およびグリッド6とが、撮影台3の天板3A上の被写体Hを挟んで互いに対向する位置に配置されている。放射線源4と放射線検出器5およびグリッド6とは、不図示の駆動部により天板3Aにおける回転中心O1の周りに一体に回転可能とされている。撮影装置1Bは、放射線源4と放射線検出器5およびグリッド6とにおける回転軌道上の複数の投影位置において被写体Hの撮影を行い、各位置に対応する複数の放射線画像を投影画像 P_k ($k = 1 \sim n$: n は投影画像の数)として取得する。第3の実施形態においては、取得された複数の投影画像 P_k は、コンソール2Cに入力される。

[0087] 図21はコンソール2Cを構成するコンピュータに、第4の実施形態による放射線画像処理プログラムをインストールすることにより実現される第4の実施形態による放射線画像処理装置の概略構成を示す図である。なお、図21において図2と同一の構成には同一の参照番号を付与し、詳細な説明は省略する。図21に示すように、第4の実施形態による放射線画像処理装置は、複数の投影画像を再構成して被写体Hの断層画像を生成する再構成部31を備えた点が第1の実施形態と異なる。

[0088] 再構成部31は、後述するように散乱線成分が除去された複数の投影画像 P_k を再構成して、被写体Hの複数の断層面のそれぞれを表す複数の断層画像 D_j ($j = 1 \sim m$: m は断層画像の数)を生成する。再構成の手法として

は、F e l d k a m p 法およびG r a n g e a t 法等、任意の手法を用いることができる。

[0089] なお、第4の実施形態において、体厚導出部23が導出する初期体厚分布 t_0 は、放射線源4が被写体Hと正対する位置、すなわち図21に示す状態において被写体Hを撮影することにより取得した投影画像に基づいて導出される。

[0090] 次いで、第4の実施形態において行われる処理について説明する。図22は第4の実施形態において行われる処理を示すフローチャートである。なお、複数の投影画像 P_k は、撮影により取得されてストレージ13に保存されているものとする。処理を開始する指示が入力部9から入力されると、画像取得部21が、複数の投影画像 P_k をストレージ13から取得する（ステップS T 4 1）。次いで、撮影条件取得部22が、撮影装置1における被写体Hを撮影した際の撮影条件を取得する（ステップS T 4 2）。次に、体厚導出部23が、放射線源4が被写体Hと正対する位置において取得した投影画像および撮影条件に基づいて、初期体厚分布 t_0 を導出する（ステップS T 4 3）。さらに、特性取得部24が、撮影時において被写体Hと放射線検出器5との間に介在する物体の放射線特性、すなわち、一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s を取得する（ステップS T 4 4）。

[0091] なお、第4の実施形態においては、被写体Hと放射線検出器5の間にはグリッド6の他、比較的広い空気層が存在する。このため、ストレージ13には、撮影装置1Bにおける空気層の厚さに応じた、体厚 t と一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s との関係を表すテーブルが保存されている。特性取得部24は、このテーブルを参照して、一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s を取得する。

[0092] 続いて、線分布導出部25が、撮影条件、体厚分布および被写体Hと放射線検出器5との間に介在する物体の放射線特性を用いて、複数の投影画像 P_k のそれぞれにより検出される放射線の一次線分布 I_{p1-k} および散乱線分布 I_{s1-k} を導出する（ステップS T 4 5）。以上、ステップS T 4 3

～ステップS T 4 5 の処理は、初期体厚分布 t_0 に基づいて行われる。

[0093] 次いで、演算部 2 6 が、繰り返し演算処理を行う（ステップS T 4 6）。第 4 の実施形態においては、繰り返し演算は、複数の投影画像 P_k のそれぞれについての一次線分布 I_{p1-k} および散乱線分布 I_{s1-k} について行われる。

[0094] 繰り返し演算処理が終了すると、演算部 2 6 は、誤差 E_2 が予め定められたしきい値 T_{h2} 未満となる被写体 H の体厚分布 t_m に基づいて導出された一次線分布 I_{pm-k} を画素値とする処理済み投影画像 P_{mk} を出力する（ステップS T 4 7）。そして、再構成部 3 1 が、複数の処理済み投影画像 P_{mk} を再構成する（ステップS T 4 8）。これにより、被写体 H の複数の断層面のそれぞれについての断層画像 D_j が導出される。そして、表示制御部 2 7 が、断層画像 D_j を表示部 8 に表示し（ステップS T 4 9）、処理を終了する。

[0095] このように、第 4 の実施形態においては、散乱線成分が精度よく除去された複数の処理済み投影画像 P_{mk} を用いて再構成処理を行って、複数の断層画像 D_j を生成するようにした。このため、散乱線成分が除去された高画質の断層画像 D_j を導出することができる。

[0096] なお、上記第 2 および第 3 の実施形態においては、1 ショット法により第 1 および第 2 の放射線画像 G_1 , G_2 を取得しているが、撮影を 2 回行ういわゆる 2 ショット法により第 1 および第 2 の放射線画像 G_1 , G_2 を取得してもよい。この場合、撮影条件取得部 2 2 は、第 1 の放射線画像 G_1 を取得した際の撮影条件および第 2 の放射線画像 G_2 を取得した際の撮影条件の双方を取得する。そして、第 1 の放射線画像 G_1 を取得した際の撮影条件に基づいて、第 1 の処理済み放射線画像 G_{m1} が取得され、第 2 の放射線画像 G_2 を取得した際の撮影条件に基づいて、第 2 の処理済み放射線画像 G_{m2} が取得される。

[0097] また、2 ショット法の場合、被写体 H の体動により、第 1 の放射線画像 G_1 および第 2 の放射線画像 G_2 に含まれる被写体 H の位置がずれる可能性が

ある。このため、第1の放射線画像G1および第2の放射線画像G2において、被写体の位置合わせを行った上で、本実施形態の処理を行うことが好ましい。位置合わせの処理としては、例えば特開2011-255060号公報に記載された手法を用いることができる。特開2011-255060号公報に記載された手法は、第1および第2の放射線画像G1、G2のそれぞれについての、周波数帯域が異なる構造物を表す複数の第1の帯域画像および複数の第2の帯域画像を生成し、対応する周波数帯域の第1の帯域画像および第2の帯域画像における、互いに対応する位置の位置ずれ量を取得し、位置ずれ量に基づいて第1の放射線画像G1と第2の放射線画像G2との位置合わせを行うようにしたものである。

[0098] また、上記第4の実施形態においては、コーンビームCT等の撮影装置1Bを用いて、断層画像を生成するための複数の投影画像の散乱線成分を除去しているが、断層画像の生成はコーンビームCTに限定されるものではない。例えば、放射線源を放射線検出器と平行に移動させて、複数の線源位置において被写体を撮影することにより複数の投影画像を取得し、単純逆投影法若しくはフィルタ逆投影法等の逆投影法、または逐次再構成法等を用いてこれらの投影画像を再構成して断層画像を生成するトモシンセシス撮影を行う場合にも本開示の技術を適用することができる。この場合、取得した投影画像に対して、第4の実施形態と同様に散乱線成分を除去する処理を行うようにすればよい。

[0099] また、上記各実施形態においては、グリッド6を用いて撮影を行っているが、これに限定されるものではない。グリッド6を使用することなく、撮影を行う場合にも本開示の技術を適用することができる。この場合、被写体Hと放射線検出器5との間に介在する物体は、グリッド6またはグリッド6と空気層となる。このため、被写体Hの体厚分布と一次線透過率 T_p および散乱線透過率 T_s との関係を規定するテーブルは、グリッド6を使用しない状況で上記各実施形態と同様に取得して、ストレージ13に保存しておけばよい。

- [0100] また、上記各実施形態においては、放射線検出器 5、並びに第 1 および第 2 の放射線検出器 5 A、5 B を用いて被写体 H の放射線画像を撮影するシステムにおいて取得した放射線画像を用いて画像処理を行っているが、蓄積性蛍光体シートを用いて放射線画像 G 0 並びに第 1 および第 2 の放射線画像 G 1、G 2 を取得する場合にも、本開示を適用できることはもちろんである。この場合、第 2 および第 3 の実施形態においては、2 枚の蓄積性蛍光体シートを重ねて被写体 H を透過した放射線を照射して、被写体 H の放射線画像情報を各蓄積性蛍光体シートに蓄積記録し、各蓄積性蛍光体シートから放射線画像情報を光電的に読み取ることにより第 1 および第 2 の放射線画像 G 1、G 2 を取得すればよい。
- [0101] また、上記各実施形態における放射線は、とくに限定されるものではなく、X 線その他、 α 線または γ 線等を適用することができる。
- [0102] また、上記実施形態において、例えば、放射線画像処理装置であるコンソール 2、2 A、2 B、2 C の画像取得部 2 1、撮影条件取得部 2 2、体厚導出部 2 3、特性取得部 2 4、線分布導出部 2 5、演算部 2 6、表示制御部 2 7、サブトラクション部 2 8、骨塩情報導出部 2 9、関連情報導出部 3 0 および再構成部 3 1 といった各種の処理を実行する処理部 (Processing Unit) のハードウェア的な構造としては、次に示す各種のプロセッサ (Processor) を用いることができる。上記各種のプロセッサには、上述したように、ソフトウェア (プログラム) を実行して各種の処理部として機能する汎用的なプロセッサである CPU に加えて、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等の製造後に回路構成を変更可能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス (Programmable Logic Device :PLD)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等の特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路等が含まれる。
- [0103] 1 つの処理部は、これらの各種のプロセッサのうちの 1 つで構成されてもよいし、同種または異種の 2 つ以上のプロセッサの組み合わせ (例えば、複数の FPGA の組み合わせまたは CPU と FPGA との組み合わせ) で構成

されてもよい。また、複数の処理部を1つのプロセッサで構成してもよい。

[0104] 複数の処理部を1つのプロセッサで構成する例としては、第1に、クライアントおよびサーバ等のコンピュータに代表されるように、1つ以上のCPUとソフトウェアとの組み合わせで1つのプロセッサを構成し、このプロセッサが複数の処理部として機能する形態がある。第2に、システムオンチップ (System On Chip:SoC) 等に代表されるように、複数の処理部を含むシステム全体の機能を1つのIC (Integrated Circuit) チップで実現するプロセッサを使用する形態がある。このように、各種の処理部は、ハードウェア的な構造として、上記各種のプロセッサの1つ以上を用いて構成される。

[0105] さらに、これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造としては、より具体的には、半導体素子等の回路素子を組み合わせた電気回路 (Circuitry) を用いることができる。

符号の説明

[0106] 1, 1 A, 1 B 撮影装置
 2, 2 A, 2 B, 2 C コンソール
 3 撮影台
 3 A 天板
 3 B 取付部
 4 放射線源
 5, 5 A, 5 B 放射線検出器
 6 散乱線除去グリッド
 7 放射線エネルギー変換フィルタ
 8 表示部
 9 入力部
 1 0 空気層
 1 1 CPU
 1 2 メモリ
 1 3 ストレージ

1 4	通信 I / F
2 1	画像取得部
2 2	撮影条件取得部
2 3	体厚導出部
2 4	特性取得部
2 5	線分布導出部
2 6	演算部
2 7	表示制御部
2 8	サブトラクション部
2 9	骨塩情報導出部
3 0	関連情報導出部
3 1	再構成部
4 1	ファントム
4 2	鉛板
G 1	第 1 の放射線画像
G 2	第 2 の放射線画像
G b	骨部画像
G c	合成画像
H	被写体
K 0 ~ K 3	計測用の放射線画像
L U T 1 ~ L U T 3	テーブル
O 1	回転中心
S 0 ~ S 4	信号値

請求の範囲

[請求項1]

少なくとも1つのプロセッサを備え、

前記プロセッサは、

被写体と放射線検出器との間に物体を介在させた状態で、前記被写体を透過した放射線を前記放射線検出器により検出することにより、前記被写体の放射線画像を取得した際の撮影条件を取得し、

前記放射線画像および前記撮影条件に基づいて、前記被写体の体厚分布を導出し、

前記体厚分布に応じた前記物体の放射線特性を取得し、

前記撮影条件、前記体厚分布および前記物体の放射線特性を用いて、前記放射線検出器により検出される前記放射線の一次線分布および散乱線分布を導出し、

前記一次線分布および前記散乱線分布の和と、前記放射線画像の各位置における画素値との誤差を導出し、該誤差が予め定められたしきい値未満となるように前記体厚分布を更新し、更新した体厚分布に基づく前記放射線特性の導出、並びに前記一次線分布および前記散乱線分布の導出を繰り返すように構成される、放射線画像処理装置。

[請求項2]

前記プロセッサは、前記誤差が前記しきい値未満となる前記被写体の体厚分布に基づいて導出された前記一次線分布を画素値とする処理済み放射線画像を出力するように構成される請求項1に記載の放射線画像処理装置。

[請求項3]

前記放射線画像を取得するための撮影系を用いて予め計測された前記放射線特性を記憶する記憶部をさらに備え、

前記プロセッサは、前記記憶部に記憶された前記放射線特性を取得するように構成される請求項1または2に記載の放射線画像処理装置。

[請求項4]

前記物体は、前記被写体を載置する撮影台、天板、散乱線除去グリッドおよび空気層の少なくとも1つである請求項1から3のいずれか

1 項に記載の放射線画像処理装置。

[請求項5] 前記放射線特性は、一次線透過率および散乱線透過率である請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の放射線画像処理装置。

[請求項6] 前記プロセッサは、被写体を透過したそれぞれエネルギー分布が互いに異なる放射線に基づく 2 つの放射線画像のそれぞれについての処理済み放射線画像を取得し、

前記 2 つの処理済み放射線画像の相対応する画素間において重み付け減算を行うことにより、前記被写体の特定の構造物を抽出したサブトラクション画像を導出するように構成される請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の放射線画像処理装置。

[請求項7] 前記プロセッサは、骨部および軟部を含む被写体を透過したそれぞれエネルギー分布が互いに異なる放射線に基づく 2 つの放射線画像のそれぞれについての処理済み放射線画像を取得し、

前記 2 つの処理済み放射線画像の相対応する画素間において重み付け減算を行うことにより、前記被写体の骨部を抽出した骨部画像を導出し、

前記撮影条件、前記体厚分布および前記骨部画像における骨部領域の画素値に基づいて、前記骨部領域の画素毎に該骨部領域における骨塩量を表す骨塩情報を導出するように構成される請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の放射線画像処理装置。

[請求項8] 前記プロセッサは、複数の投影角度から被写体に前記放射線を照射し、前記複数の投影角度のそれぞれに対応する複数の放射線画像のそれぞれについての処理済み放射線画像を取得し、

前記複数の処理済み放射線画像を再構成して、前記被写体の断層画像を生成するように構成される請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の放射線画像処理装置。

[請求項9] 被写体と放射線検出器との間に物体を介在させた状態で、前記被写体を透過した放射線を前記放射線検出器により検出することにより、

前記被写体の放射線画像を取得した際の撮影条件を取得し、

前記放射線画像および前記撮影条件に基づいて、前記被写体の体厚分布を導出し、

前記体厚分布に応じた前記物体の放射線特性を取得し、

前記撮影条件、前記体厚分布および前記物体の放射線特性を用いて、前記放射線検出器により検出される前記放射線の一次線分布および散乱線分布を導出し、

前記一次線分布および前記散乱線分布の和と、前記放射線画像の各位置における画素値との誤差を導出し、該誤差が予め定められたしきい値未満となるように前記体厚分布を更新し、更新した体厚分布に基づく前記放射線特性の導出、並びに前記一次線分布および前記散乱線分布の導出を繰り返す、放射線画像処理方法。

[請求項10]

被写体と放射線検出器との間に物体を介在させた状態で、前記被写体を透過した放射線を前記放射線検出器により検出することにより、前記被写体の放射線画像を取得した際の撮影条件を取得する手順と、

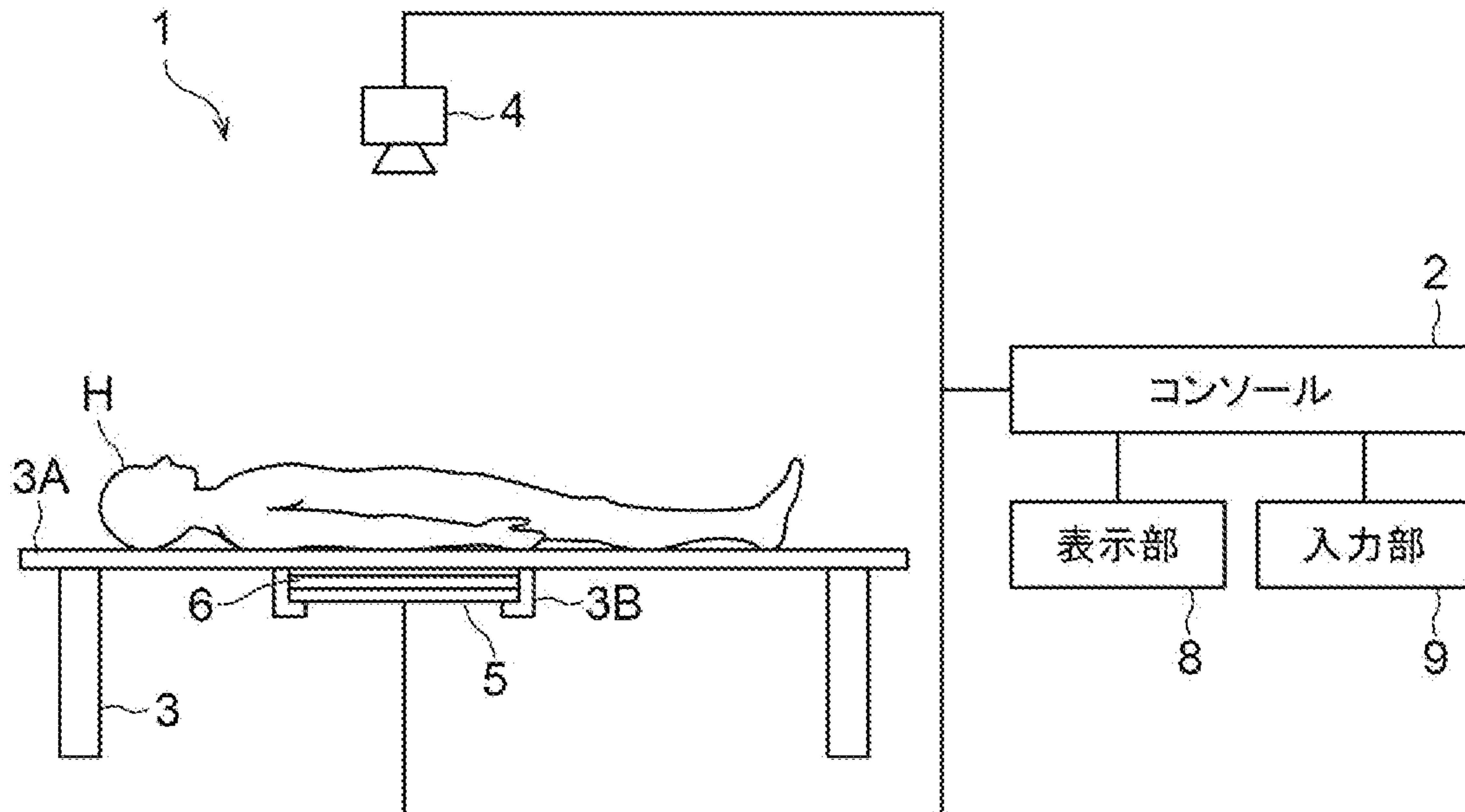
前記放射線画像および前記撮影条件に基づいて、前記被写体の体厚分布を導出し、

前記体厚分布に応じた前記物体の放射線特性を取得する手順と、

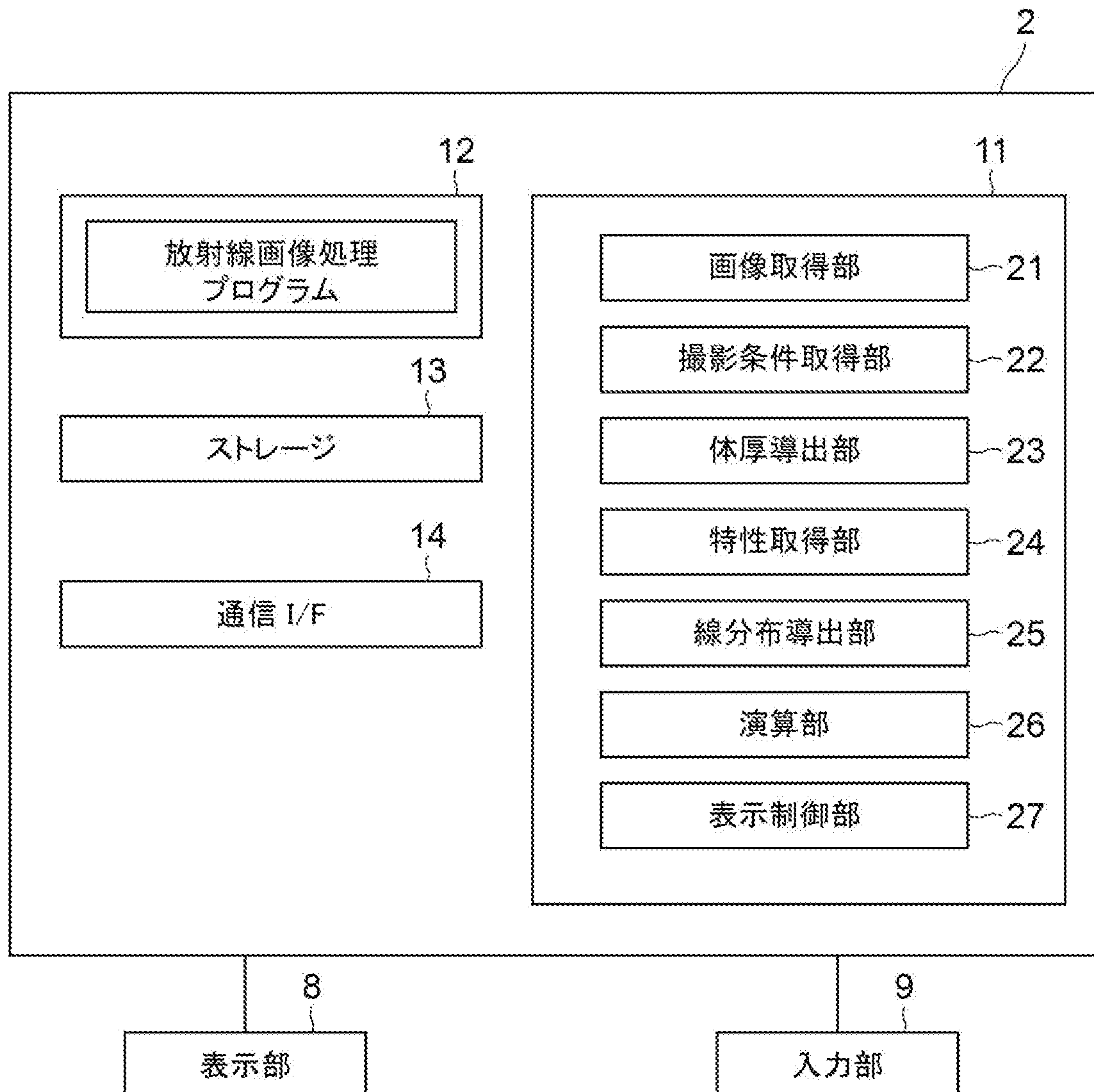
前記撮影条件、前記体厚分布および前記物体の放射線特性を用いて、前記放射線検出器により検出される前記放射線の一次線分布および散乱線分布を導出する手順と、

前記一次線分布および前記散乱線分布の和と、前記放射線画像の各位置における画素値との誤差を導出し、該誤差が予め定められたしきい値未満となるように前記体厚分布を更新し、更新した体厚分布に基づく前記放射線特性の導出、並びに前記一次線分布および前記散乱線分布の導出を繰り返す処理手順とをコンピュータに実行させる放射線画像処理プログラム。

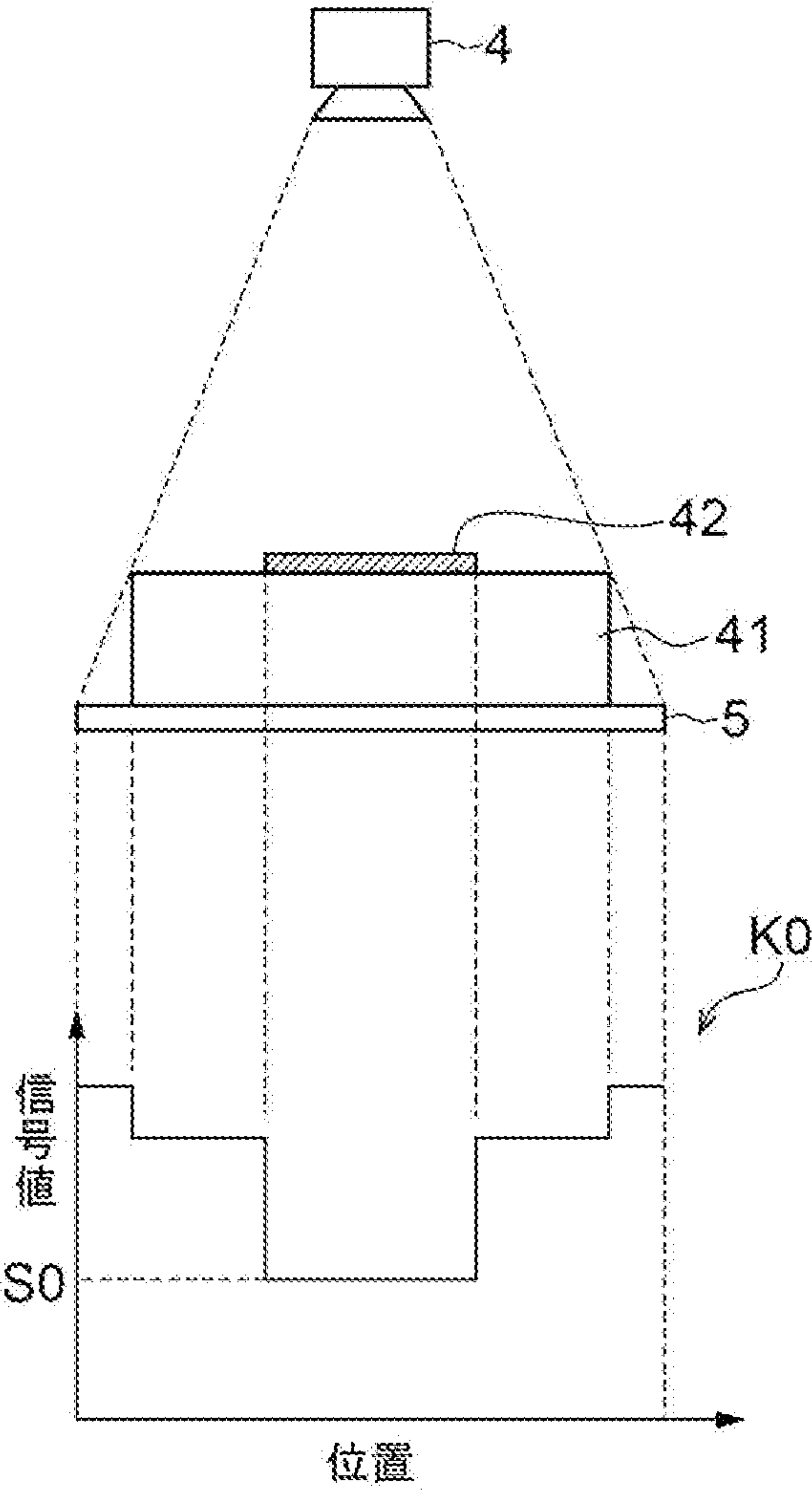
[図1]



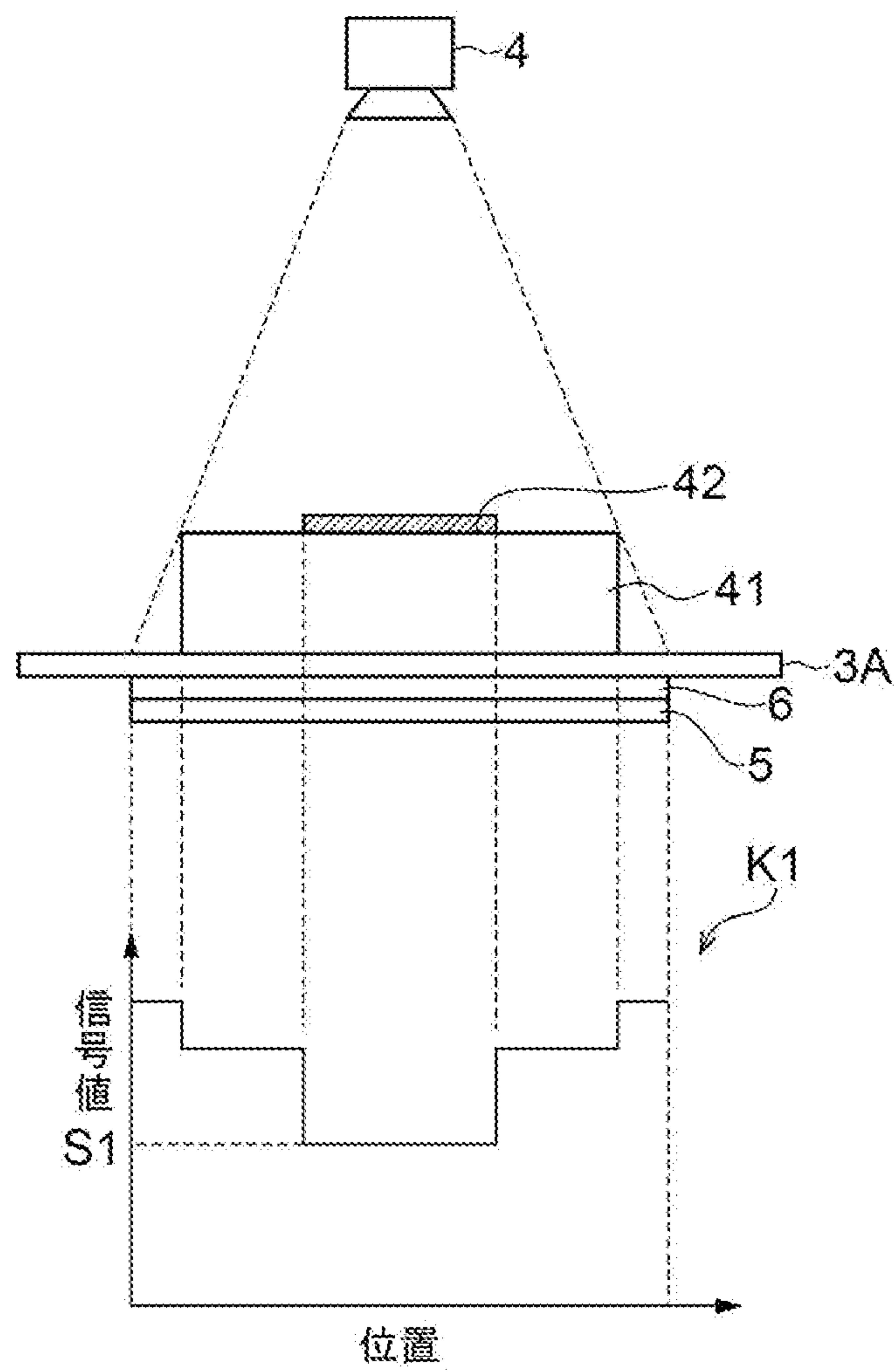
[図2]



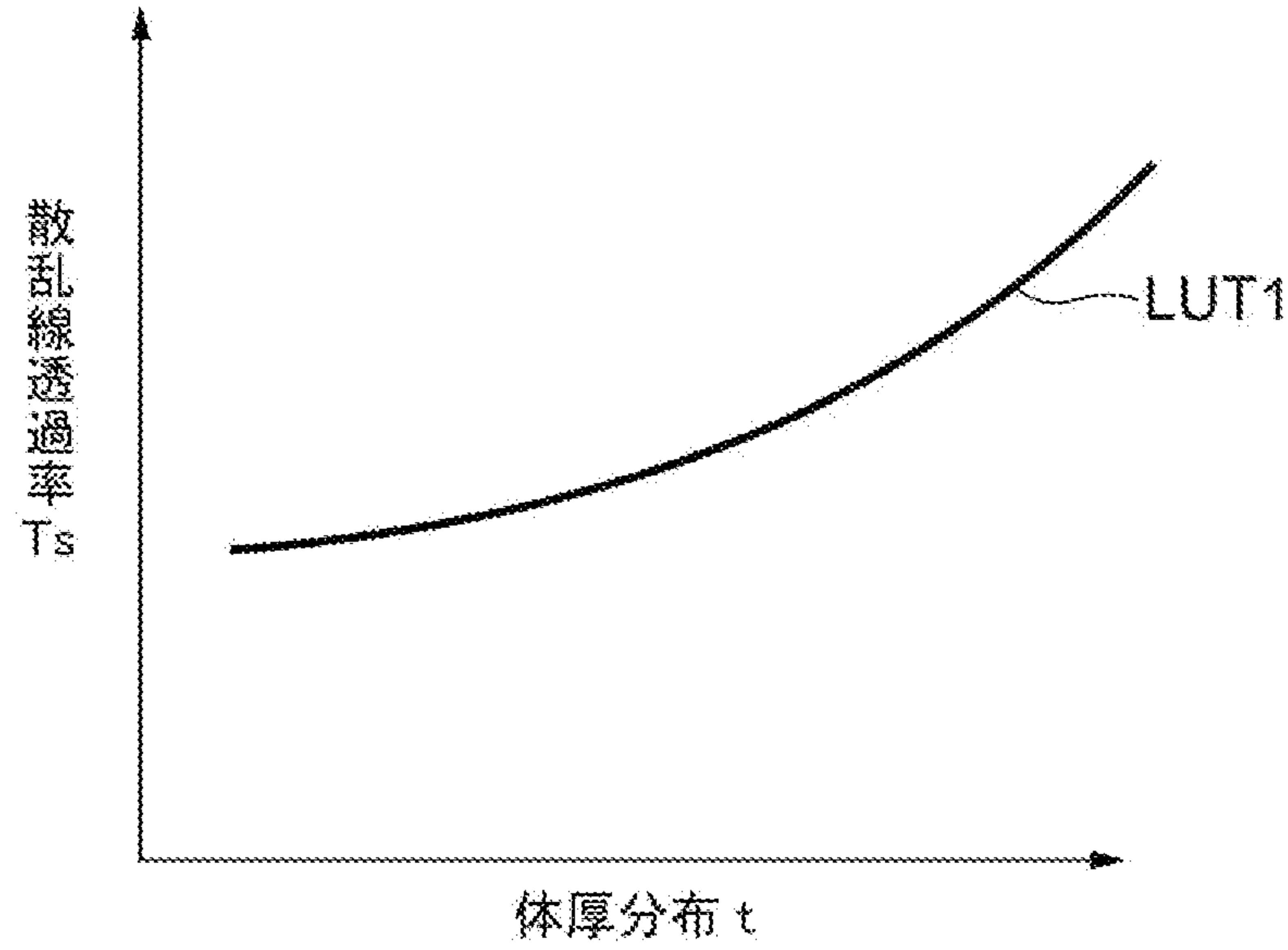
[図3]



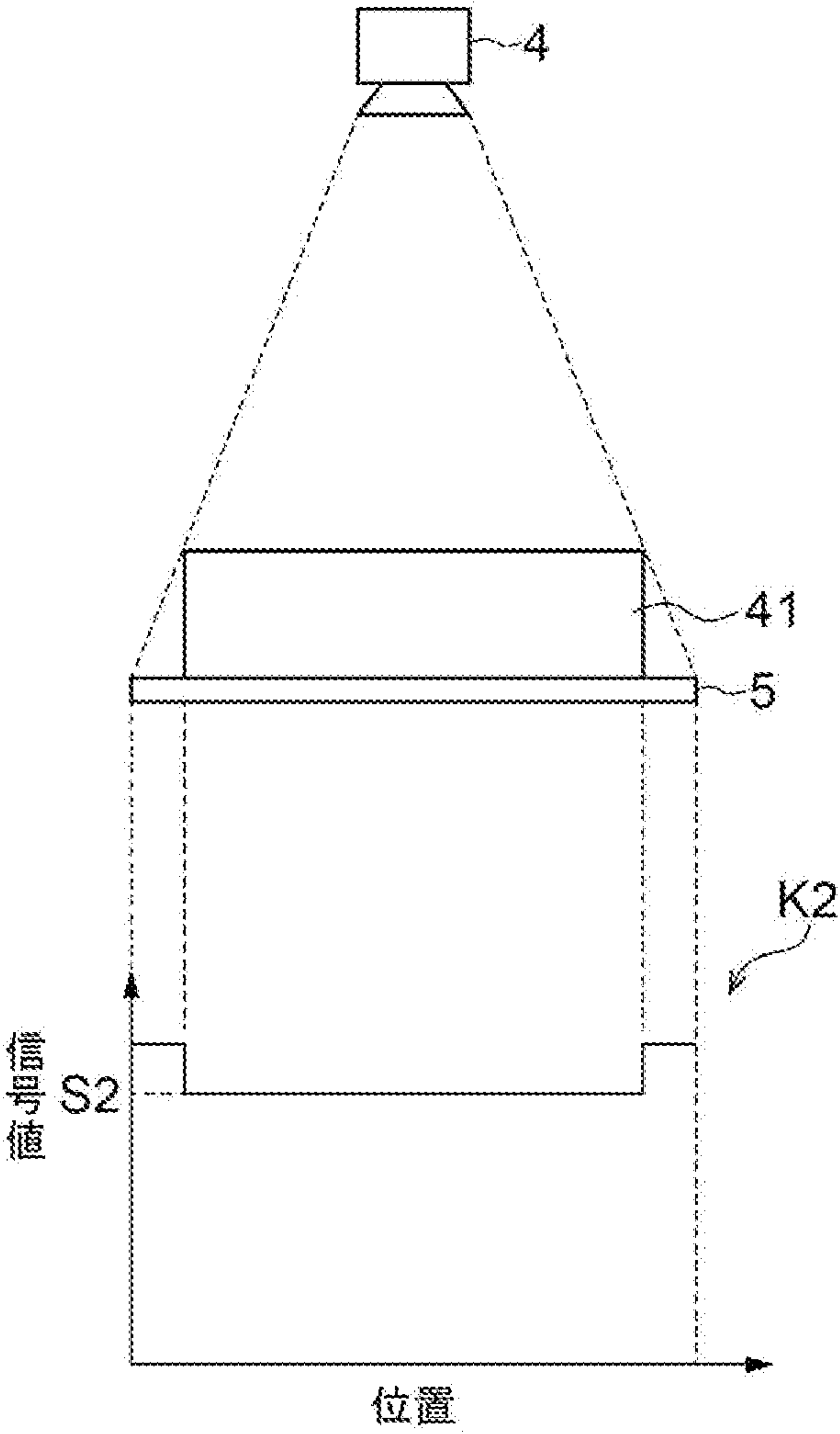
[図4]



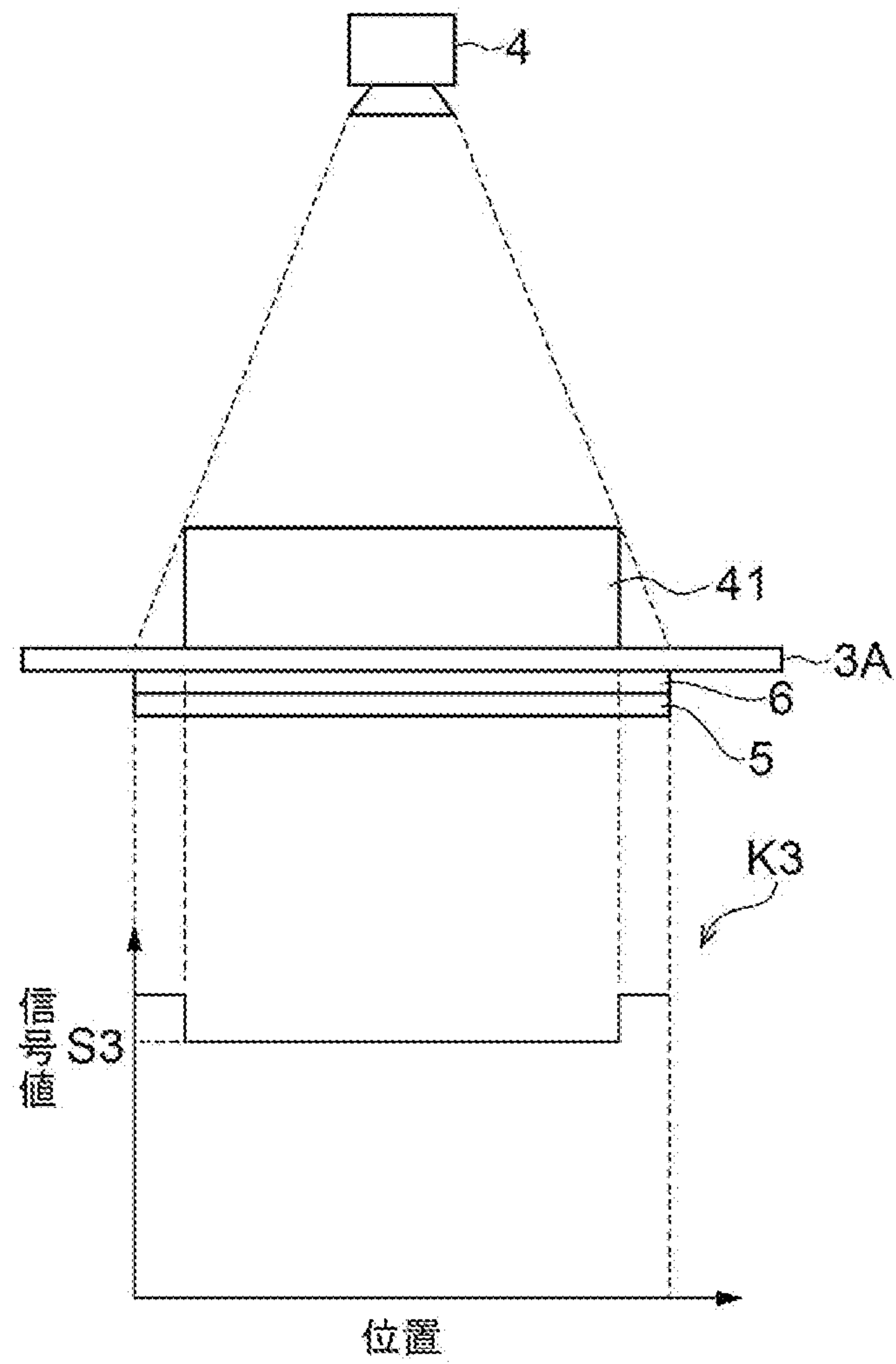
[図5]



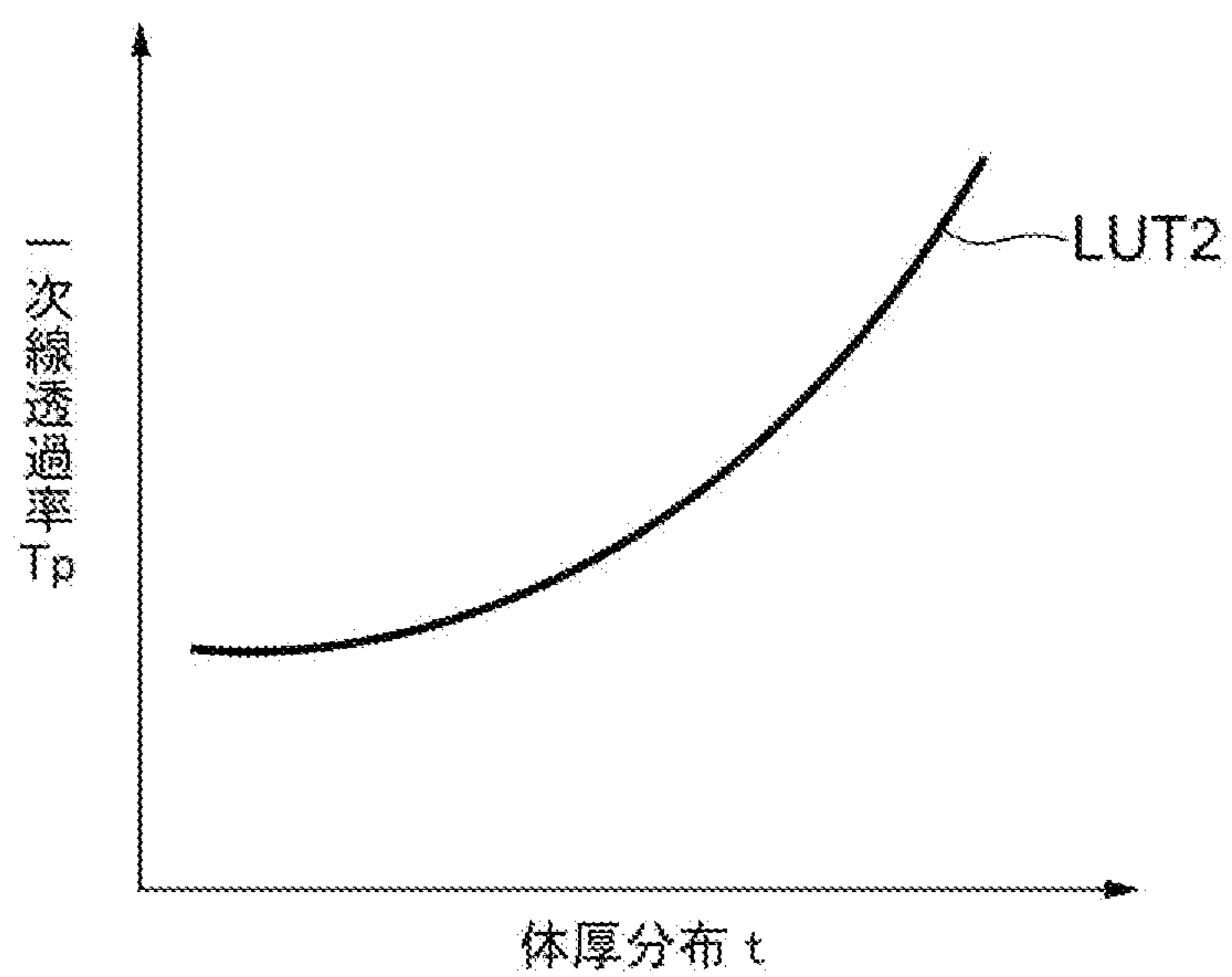
[図6]



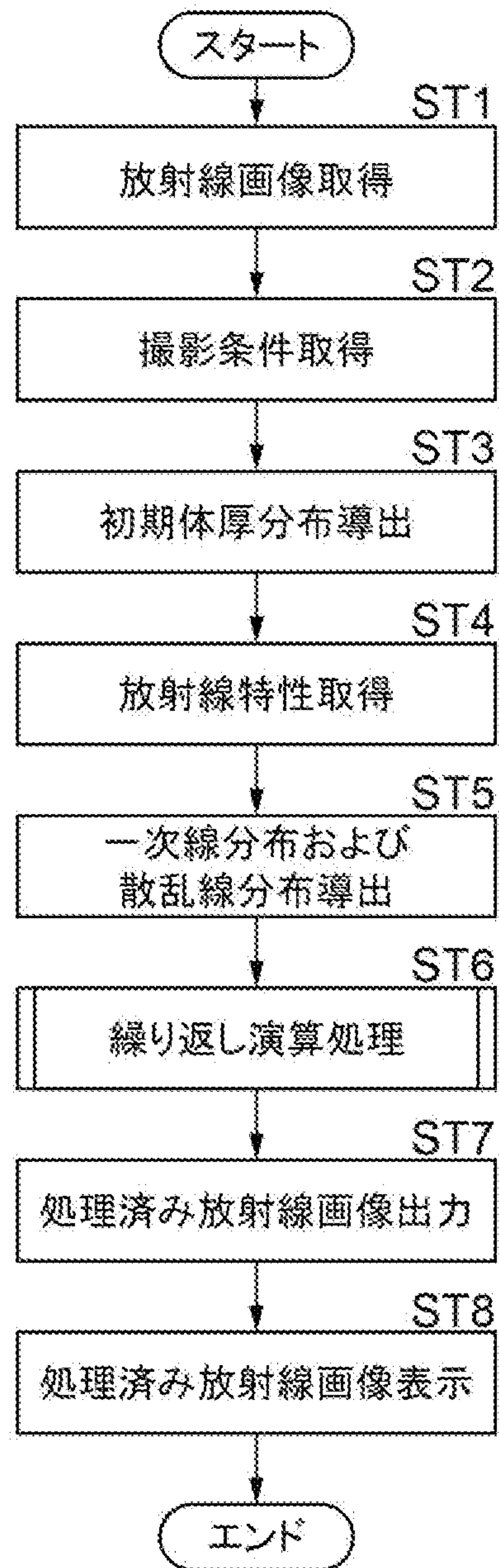
[図7]

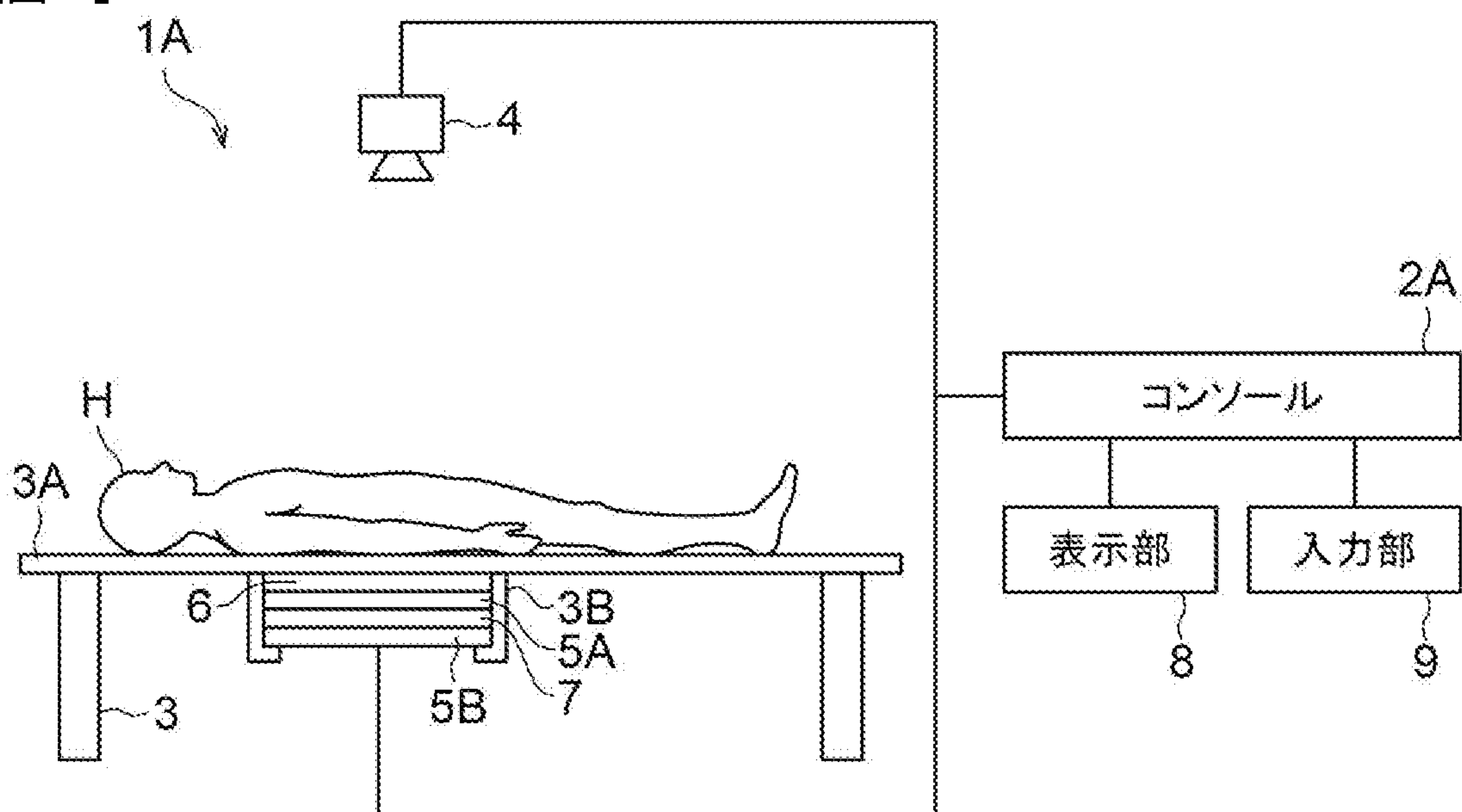
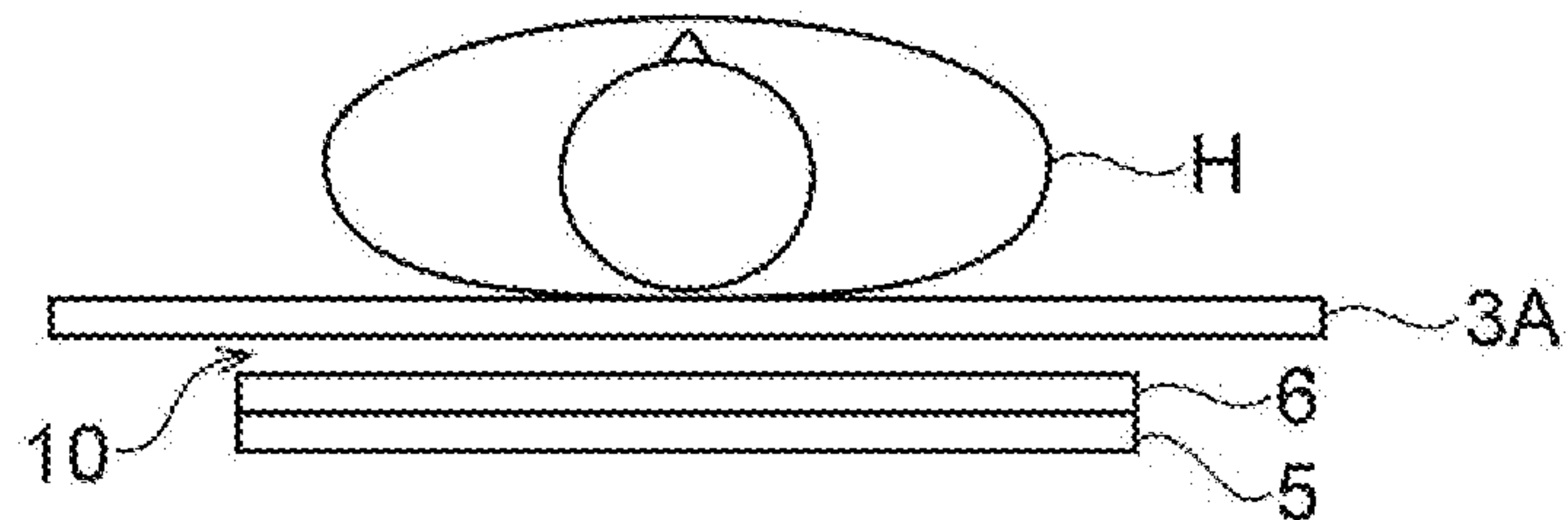
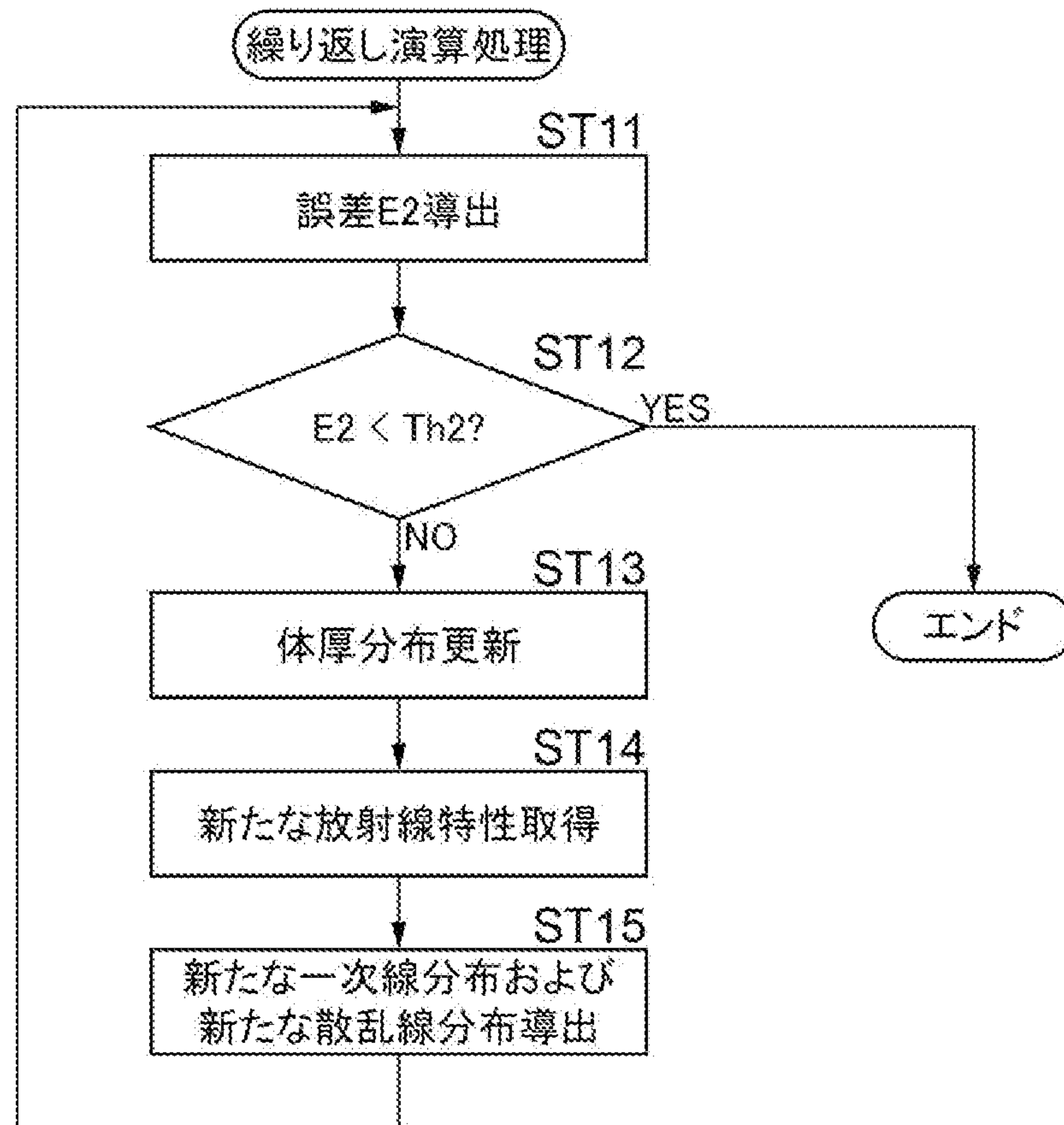


[図8]

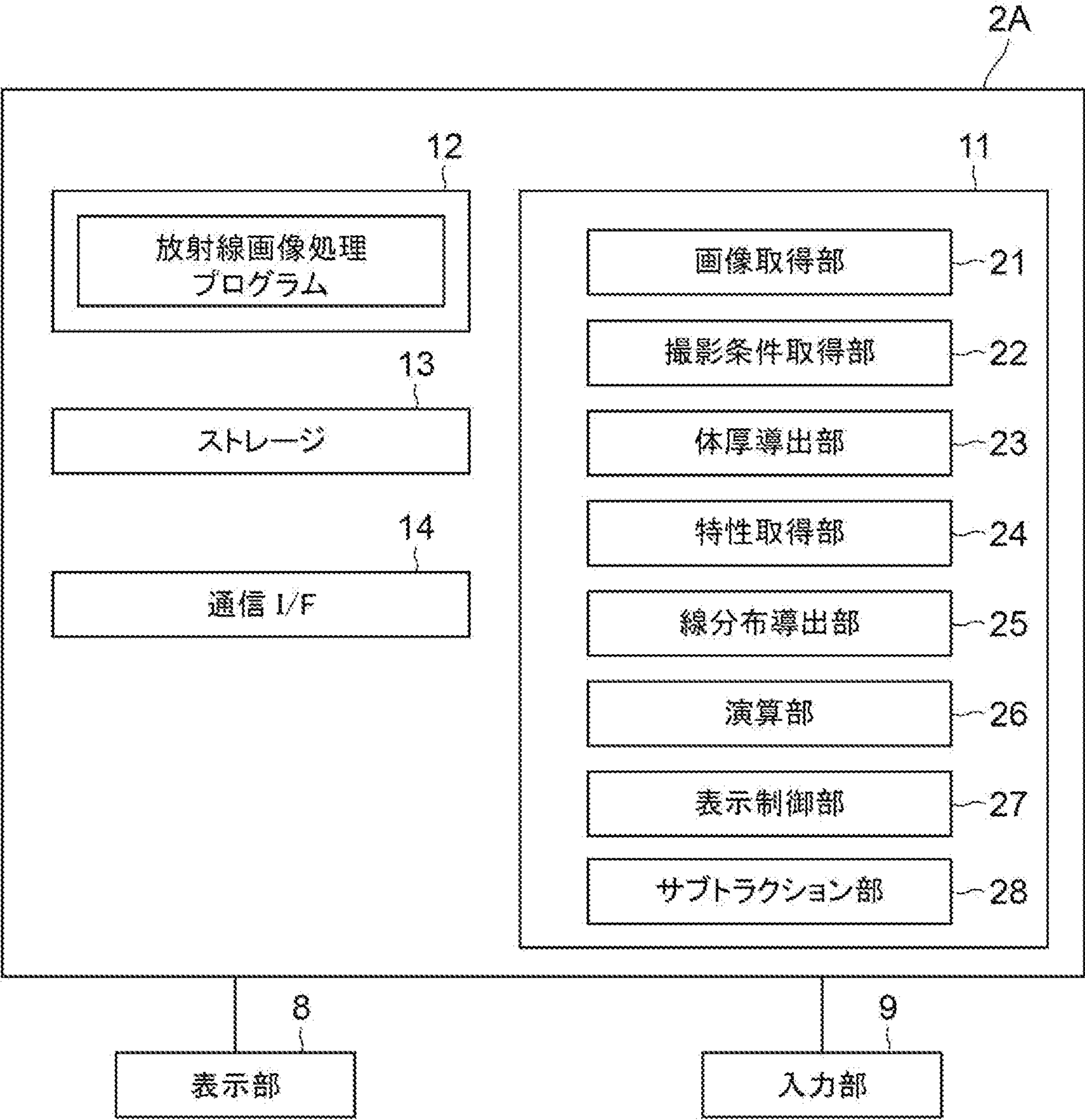


[図9]

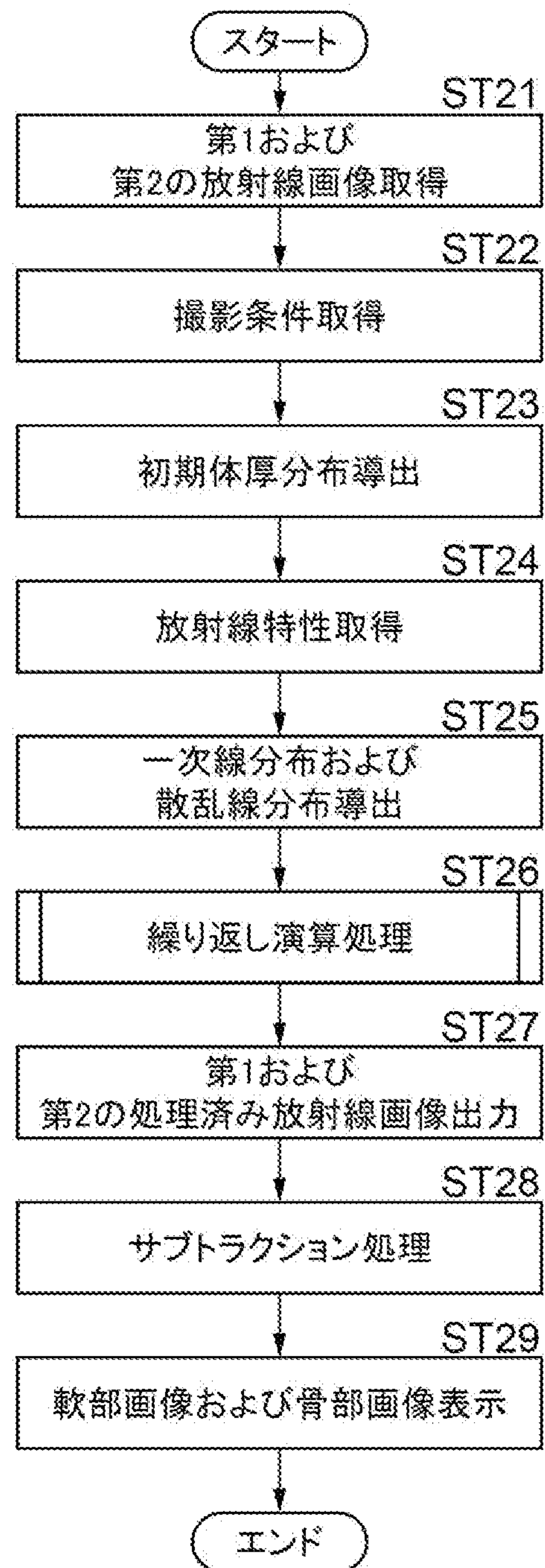




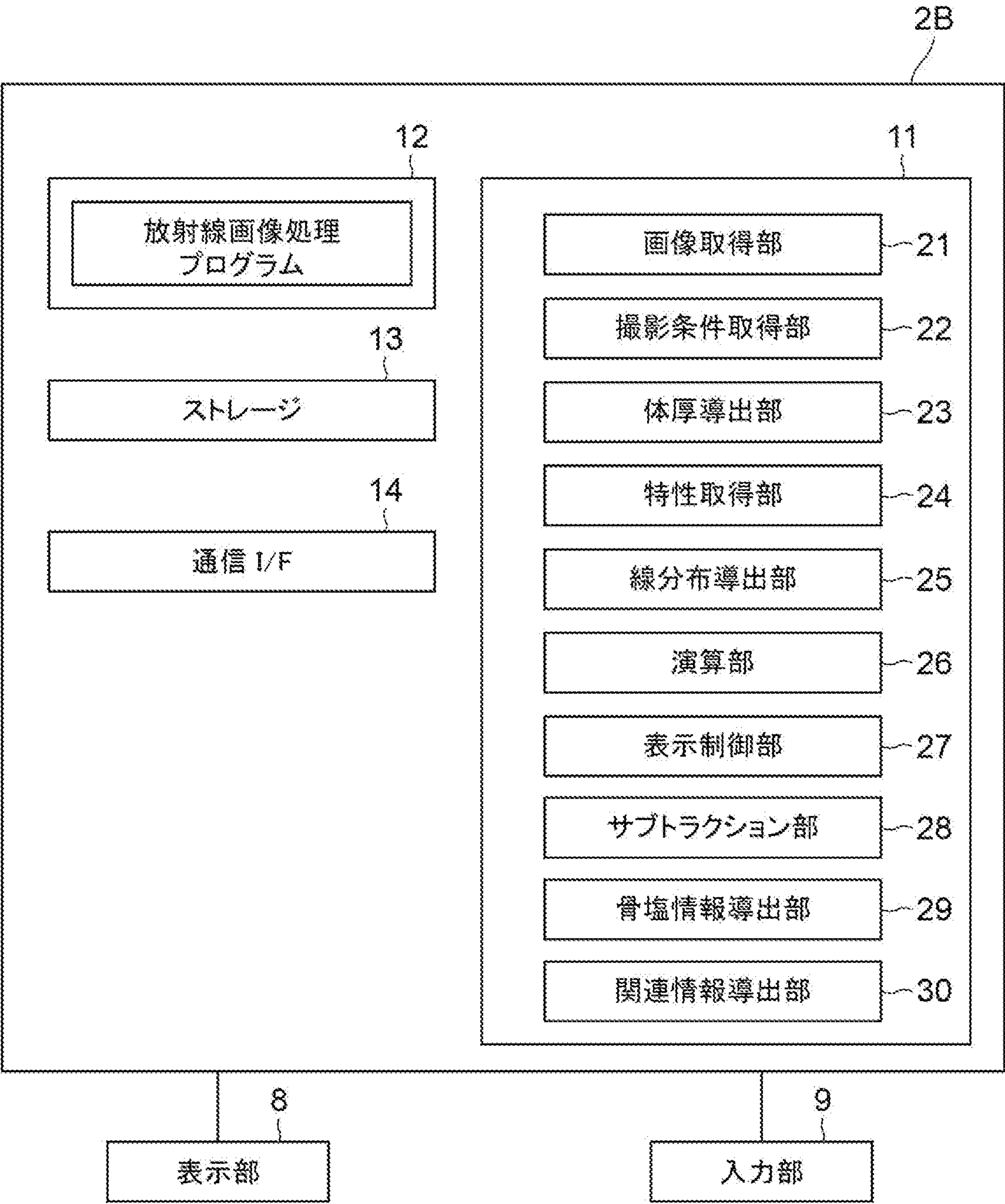
[図13]



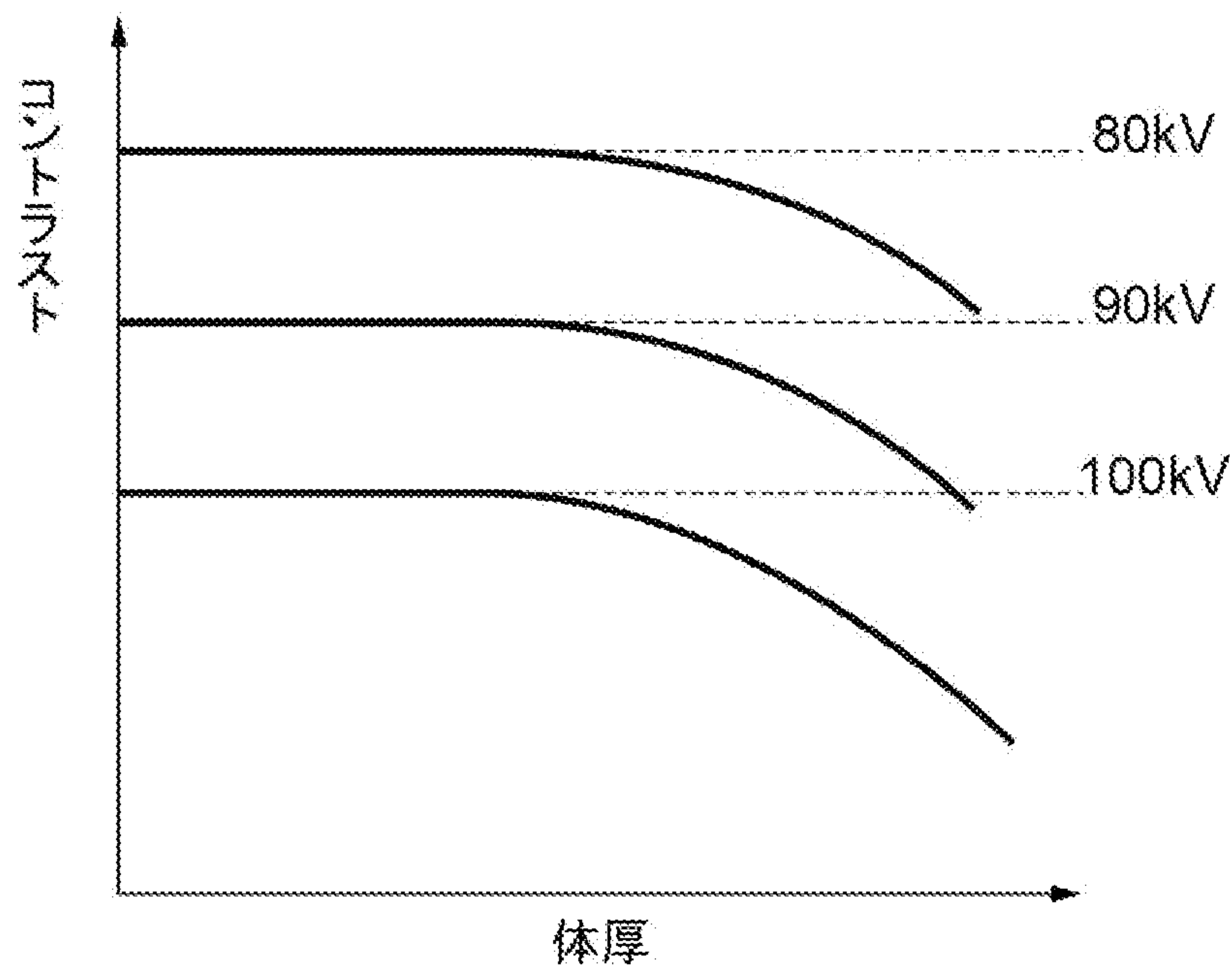
[図14]



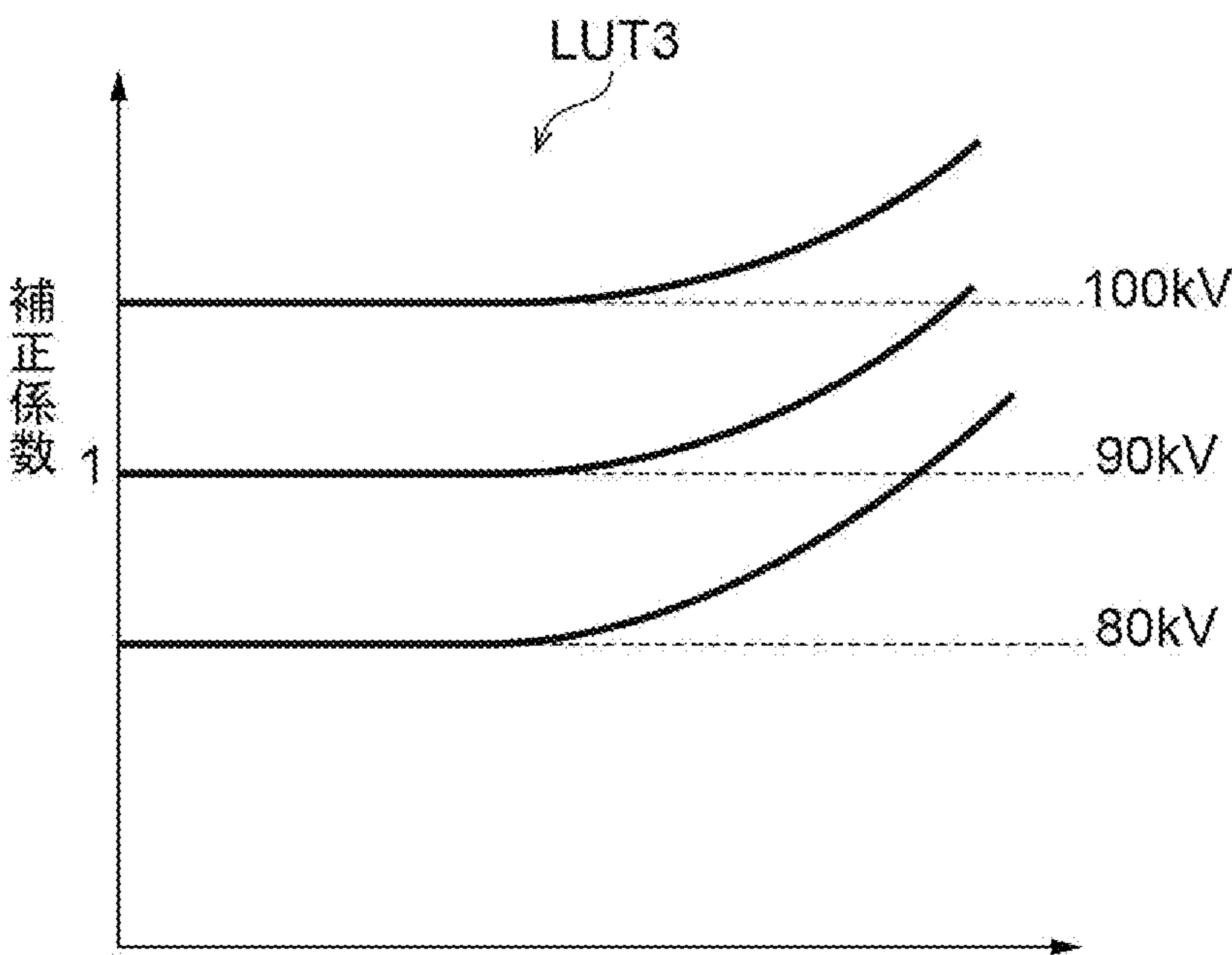
[図15]



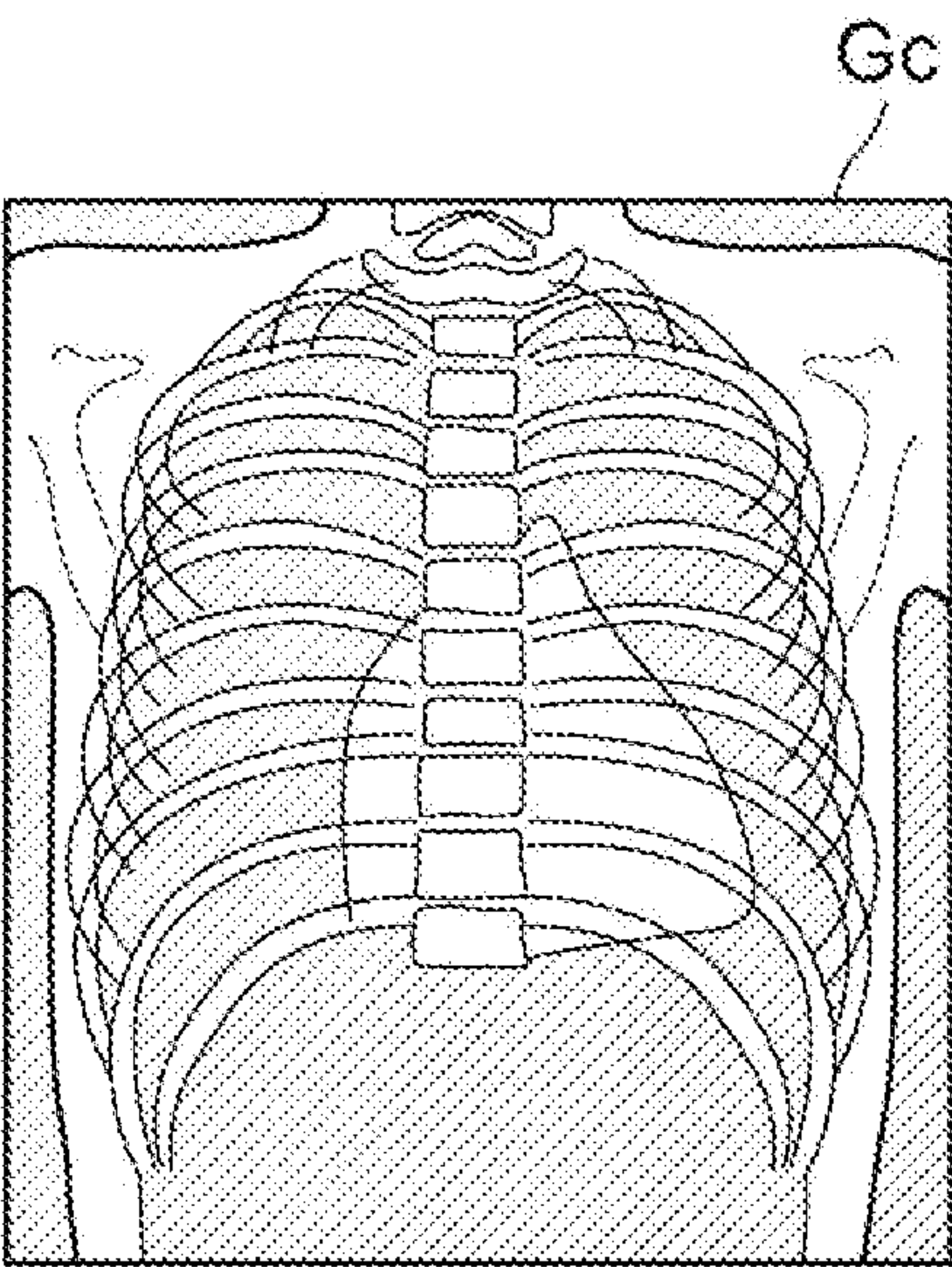
[図16]



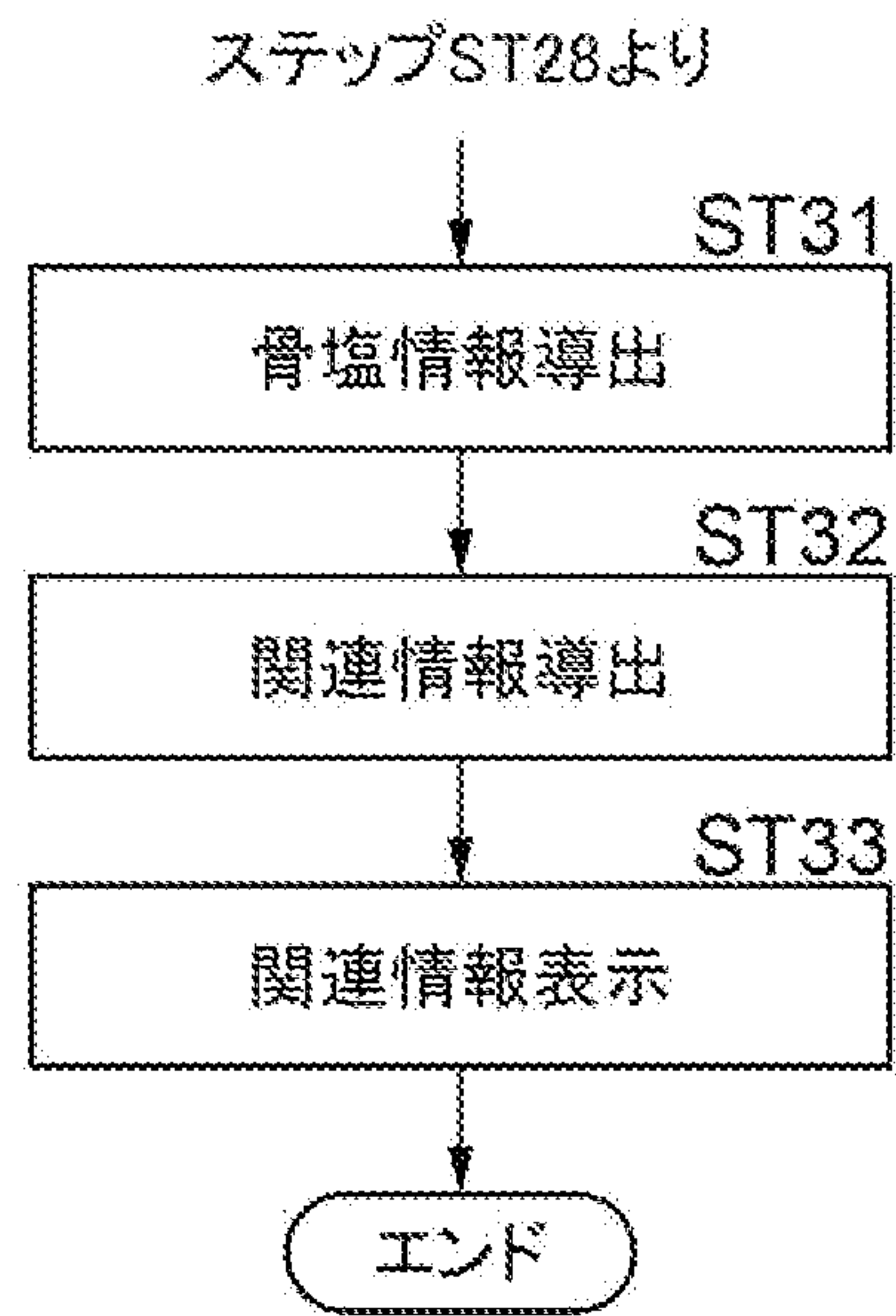
[図17]



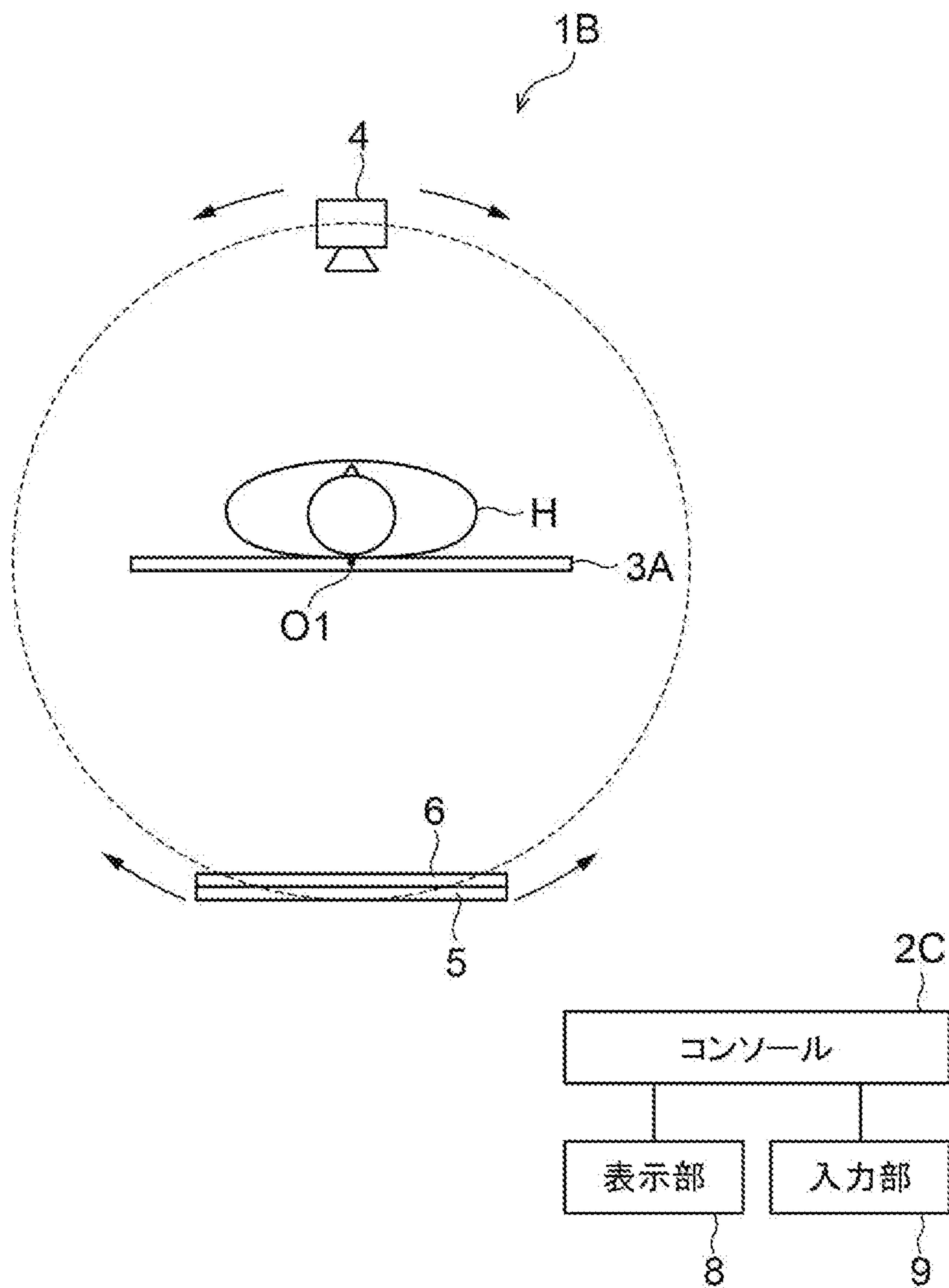
[図18]



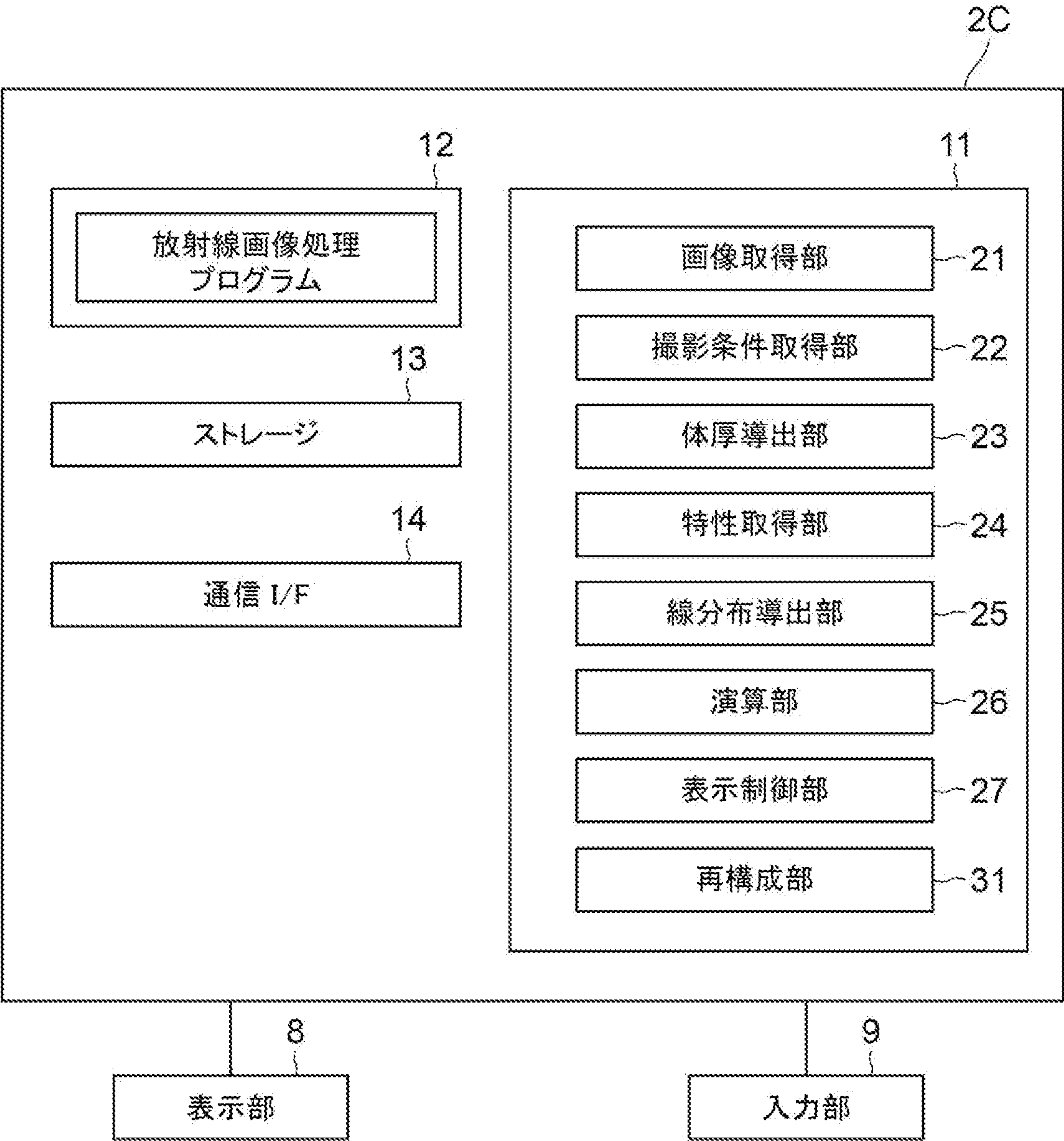
[図19]



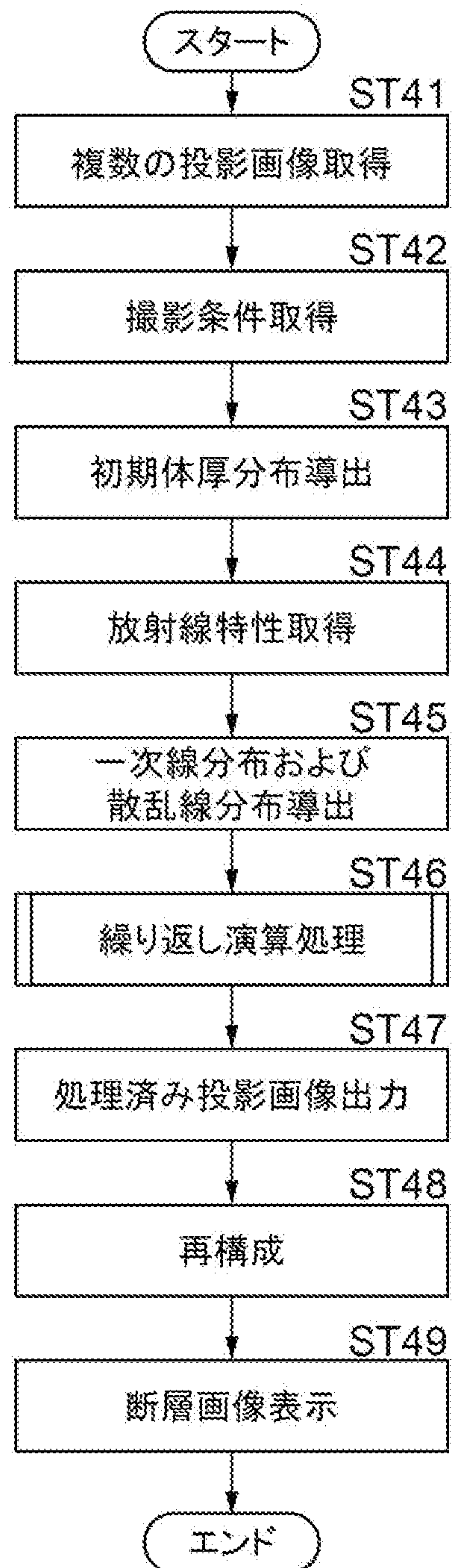
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/040149

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
A61B 6/00 (2006.01) i		
FI: A61B6/00 350M; A61B6/00 333; A61B6/00 350S		
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)		
A61B6/00; G06T11/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Published examined utility model applications of Japan 1922-1996		
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020		
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020		
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2017-225525 A (FUJIFILM CORPORATION) 28 December 2017 (2017-12-28) paragraphs [0022]-[0106], fig. 1-2, 5-12	1-10
A	JP 2016-67587 A (FUJIFILM CORPORATION) 09 May 2016 (2016-05-09) paragraphs [0025]-[0092], fig. 1-6	1-10
A	JP 2015-43959 A (FUJIFILM CORPORATION) 12 March 2015 (2015-03-12) paragraphs [0029]-[0148], fig. 1-8	1-10
☐ 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 18 December 2020 (18.12.2020)		Date of mailing of the international search report 12 January 2021 (12.01.2021)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/040149

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2017-225525 A	28 Dec. 2017	US 2017/0360391 A1 paragraphs [0035]- [0114], fig. 1-2, 5- 12	
JP 2016-67587 A	09 May 2016	US 2016/0093030 A1 paragraphs [0031]- [0097], fig. 1-6	
JP 2015-43959 A	12 Mar. 2015	US 2017/0116717 A1 US 2016/0140720 A1 paragraphs [0038]- [0158], fig. 1-8 US 2018/0122094 A1 WO 2015/015745 A1 JP 2017-51871 A	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2020/040149
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） A61B 6/00(2006.01)i FI: A61B6/00 350M; A61B6/00 333; A61B6/00 350S		
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（I P C）） A61B6/00; G06T11/00		
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 2 0 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 2 0 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 2 0 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）		
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	JP 2017-225525 A（富士フイルム株式会社）28.12.2017（2017 - 12 - 28） 段落[0022]-[0106], 図1-2, 5-12	1-10
A	JP 2016-67587 A（富士フイルム株式会社）09.05.2016（2016 - 05 - 09） 段落[0025]-[0092], 図1-6	1-10
A	JP 2015-43959 A（富士フイルム株式会社）12.03.2015（2015 - 03 - 12） 段落[0029]-[0148], 図1-8	1-10
☐ 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抵触するものではなく、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 18. 12. 2020		国際調査報告の発送日 12. 01. 2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 右田 純生 2U 4849 電話番号 03-3581-1101 内線 3291

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2017-225525	A	28.12.2017	US 2017/0360391 A1 段落[0035]-[0114], 図1-2, 5-12	
JP	2016-67587	A	09.05.2016	US 2016/0093030 A1 段落[0031]-[0097], 図1-6 US 2017/0116717 A1	
JP	2015-43959	A	12.03.2015	US 2016/0140720 A1 段落[0038]-[0158], 図1-8 US 2018/0122094 A1 WO 2015/015745 A1 JP 2017-51871 A	