



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104602606 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 06

(21) 申请号 201280075569. 3

代理人 刘新宇

(22) 申请日 2012. 08. 31

(51) Int. Cl.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2015. 02. 28

A61B 6/03(2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2012/005545 2012. 08. 31

(87) PCT国际申请的公布数据
W02014/033792 JA 2014. 03. 06

(71) 申请人 株式会社岛津制作所
地址 日本京都府

(72) 发明人 崎本智则 西野和义

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事
务所(普通合伙) 11277

权利要求书2页 说明书15页 附图13页

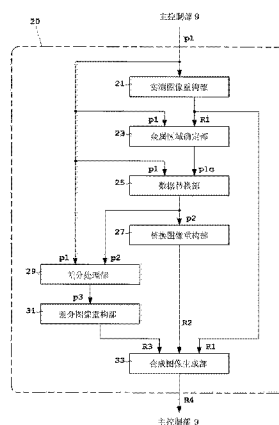
(54) 发明名称

放射线断层图像生成装置、放射线断层摄影
装置以及放射线断层图像生成方法

(57) 摘要

本发明根据实测投影数据 (p1) 和对实测投影数据 (p1) 进行图像重构而得到的实测重构图像 (R1) 来确定实测投影数据 (p1) 的金属区域, 来获取金属区域确定数据 (p1c)。在实测投影数据 (p1) 中, 成为例如引线、螺丝等金属区域的像素值与其它区域的像素值没有很大变化的图像, 难以准确地确定金属区域 (Y1), 但能够更高精度地确定金属区域 (Y1)。另外, 基于金属区域确定数据 (p1c), 对实测投影数据 (p1) 的金属区域 (Y1) 以基于金属区域 (Y1) 的邻近像素得到的数据 (Z) 进行数据替换, 来获取替换投影数据 (p2), 进行图像重构来生成无金属区域 (Y1) 的替换重构图像 (R2)。更高精度地确定金属区域 (Y1), 因此能够更高精度地复原断层图像 (替换重构图像 (R2)) 的金属区域 (Y1) 附近的组织。

CN 104602606 A



1. 一种放射线断层图像生成装置,其特征在于,具备:

实测图像重构部,其对针对包含放射线高吸收体的被检体从不同方向获取到的多个实测投影数据进行图像重构,来生成实测重构图像;

高吸收体区域确定部,其根据上述实测投影数据和上述实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域,来获取高吸收体区域确定数据;

数据替换部,其使用上述高吸收体区域确定数据,对上述实测投影数据的高吸收体区域以基于该高吸收体区域的邻近像素得到的数据进行数据替换,来获取替换投影数据;以及

替换图像重构部,其对上述替换投影数据进行图像重构来生成替换重构图像。

2. 根据权利要求 1 所述的放射线断层图像生成装置,其特征在于,具备:

差分处理部,其求出上述实测投影数据与上述替换投影数据的差分,来获取差分投影数据;

差分图像重构部,其对上述差分投影数据进行图像重构来生成差分重构图像;以及

合成图像生成部,其按每个区域选择上述实测重构图像、上述替换重构图像以及上述差分重构图像中的至少一个图像,来生成合成重构图像。

3. 根据权利要求 2 所述的放射线断层图像生成装置,其特征在于,

在上述实测重构图像和上述替换重构图像内的相同坐标的像素值是上述替换重构图像的像素值比上述实测重构图像的像素值大的情况下,上述合成图像生成部选择上述替换重构图像的像素值来生成合成重构图像。

4. 根据权利要求 2 或 3 所述的放射线断层图像生成装置,其特征在于,

在上述实测重构图像、上述替换重构图像以及上述差分重构图像内的相同坐标的像素值是上述替换重构图像的像素值与上述差分重构图像的像素值之和比上述实测重构图像的像素值小的情况下,上述合成图像生成部选择上述和的像素值来生成合成重构图像。

5. 根据权利要求 2 至 4 中的任一项所述的放射线断层图像生成装置,其特征在于,

在上述实测重构图像、上述替换重构图像以及上述差分重构图像内的相同坐标的像素值是上述替换重构图像的像素值与上述差分重构图像的像素值之和比上述差分重构图像的像素值大的情况下,上述合成图像生成部选择上述实测重构图像的像素值来生成合成重构图像。

6. 根据权利要求 1 至 5 中的任一项所述的放射线断层图像生成装置,其特征在于,

上述高吸收体区域确定部基于图割法,根据上述实测投影数据和上述实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域,来获取高吸收体区域确定数据。

7. 根据权利要求 6 所述的放射线断层图像生成装置,其特征在于,

上述高吸收体区域确定部基于上述实测投影数据的阈值处理结果和上述实测重构图像的阈值处理结果来设定图割法中的种子区域。

8. 根据权利要求 1 至 7 中的任一项所述的放射线断层图像生成装置,其特征在于,

上述实测图像重构部、上述替换图像重构部以及上述差分图像重构部中的至少任一个基于逐次近似法进行图像重构。

9. 一种放射线断层摄影装置,其特征在于,具备:

实测投影数据获取部,其针对包含放射线高吸收体的被检体从不同方向获取多个实测

投影数据；

实测图像重构部,其对上述实测投影数据进行图像重构来生成实测重构图像；

高吸收体区域确定部,其根据上述实测投影数据和上述实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域,来获取高吸收体区域确定数据；

数据替换部,其使用上述高吸收体区域确定数据,对上述实测投影数据的高吸收体区域以基于该高吸收体区域的邻近像素得到的数据进行数据替换,来获取替换投影数据；以及

替换图像重构部,其对上述替换投影数据进行图像重构来生成替换重构图像。

10. 一种放射线断层图像生成方法,其特征在于,包括以下步骤：

对针对包含放射线高吸收体的被检体从不同方向获取到的多个实测投影数据进行图像重构,来生成实测重构图像；

根据上述实测投影数据和上述实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域,来获取高吸收体区域确定数据；

使用上述高吸收体区域确定数据,对上述实测投影数据的高吸收体区域以基于该高吸收体区域的邻近像素得到的数据进行数据替换,来获取替换投影数据；以及

对上述替换投影数据进行图像重构来生成替换重构图像。

放射线断层图像生成装置、放射线断层摄影装置以及放射线断层图像生成方法

技术领域

[0001] 本发明涉及对针对被检体从多个不同方向获取到的投影数据进行图像重构来生成放射线断层图像的放射线断层图像生成装置、放射线断层摄影装置以及放射线断层图像生成方法。

背景技术

[0002] 以往,作为放射线断层摄影装置,存在与断层融合(tomosynthesis)对应的X射线断层摄影装置、X射线CT装置等(例如,参照专利文献1)。这样的以往装置具备:X射线管,其向被检体照射X射线;X射线检测器,其与该X射线管相向地配置,检测透过被检体的X射线;以及X射线断层图像生成装置,其根据由X射线检测器获取到的投影数据(投影图像)来生成X射线(放射线)断层图像(以下适当地设为“断层图像”)。

[0003] 以往装置使X射线管和X射线检测器成为一体或者连动地移动,并且从多个不同方向对被检体进行X射线摄影来获取投影数据。通过X射线断层图像生成装置对获取到的多个投影数据进行图像重构来获取断层图像。此外,断层融合是指在一次断层摄影中收集多个投影数据,对多个投影数据进行图像重构来生成任意的裁切高度的断层图像的方法。

[0004] 另外,以往,在被检体内包含例如由金属构成的X射线(放射线)高吸收体(以下适当地设为“高吸收体”)的情况下,X射线被高吸收体遮蔽,因此在进行图像重构而生成的断层图像中出现伪像。因此,提出了减少由高吸收体引起的伪像的各种方法。例如在专利文献1中,通过图14所示的流程图的方法获取了最终的断层图像。

[0005] 即,首先获取实测投影数据(步骤S101)。根据实测投影数据来确定高吸收体区域(步骤S102)。使用高吸收体区域附近的像素对实测投影数据的高吸收体区域进行数据替换(步骤S103)。根据进行数据替换而得到的投影数据来进行图像重构,生成第一重构图像(步骤S104)。通过将第一重构图像进行正投影来生成正投影数据(步骤S105)。调整正投影数据,对调整后的正投影数据进行图像重构来生成第二重构图像(步骤S106)。然后,通过将正投影、调整以及图像重构进行一次或者反复进行多次来获取最终的断层图像(重构图像)。

[0006] 如上所述,在以往方法中,通过替换来消除拍进各个实测投影数据中的高吸收体区域,并对它们进行重构,由此获得断层图像。由此,高精度地复原高吸收体周围的组织,获取高吸收体周围的伪像也减少的断层图像。另外,以往装置具有确定拍进实测投影数据中的高吸收体区域的过程。

[0007] 专利文献1:日本特开2009-201840号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的问题

[0009] 然而,以往装置存在以下问题:在图像重构中,引起伪像的高吸收体区域的确定不

充分。即，在仅基于实测投影数据确定高吸收体区域的情况下，在以往装置中难以进行该确定。例如引线等细的物体、螺丝等小物体虽然是高吸收体，但却成为实测投影数据的像素值与引线等以外的区域的像素值没有很大不同的图像。

[0010] 因此，难以准确地确定高吸收体区域，不能高精度地进行断层图像中的高吸收体区域周围的组织的复原。另外，在上述专利文献 1 的方法中，断层图像中理应存在高吸收体，但却成为高吸收体从断层图像消失那样的不自然的图像。

[0011] 本发明是鉴于这样的情况而完成的，其第一目的在于提供能够更高精度地复原断层图像的高吸收体区域附近的组织的放射线断层图像生成装置、放射线断层摄影装置以及放射线断层图像生成方法。

[0012] 另外，本发明的第二目的在于提供能够抑制由高吸收体引起的伪像，并且能够获得在高吸收体区域内示出高吸收体的断层图像的放射线断层图像生成装置、放射线断层摄影装置以及放射线断层图像生成方法。

[0013] 用于解决问题的方案

[0014] 本发明为了实现这样的目的，采用如下结构。

[0015] 即，本发明所涉及的放射线断层图像生成部的特征在于，具备：实测图像重构部，其对针对包含放射线高吸收体的被检体从不同方向获取到的多个实测投影数据进行图像重构，来生成实测重构图像；高吸收体区域确定部，其根据上述实测投影数据和上述实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域，来获取高吸收体区域确定数据；数据替换部，其使用上述高吸收体区域确定数据，对上述实测投影数据的高吸收体区域以基于该高吸收体区域的邻近像素得到的数据进行数据替换，来获取替换投影数据；以及替换图像重构部，其对上述替换投影数据进行图像重构来生成替换重构图像。

[0016] 根据本发明所涉及的放射线断层图像生成部，实测图像重构部对实测投影数据进行图像重构来生成实测重构图像。高吸收体确定部根据实测投影数据和实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域，来获取高吸收体区域确定数据。在实测投影数据中，成为例如引线、螺丝等高吸收体区域的像素值与其它区域的像素值没有很大不同的图像，难以准确地确定高吸收体区域。然而，在实测重构图像中，例如在高吸收体与生物体组织的边界处像素值明显变大。通过利用这点，能够更高精度地确定例如引线、螺丝等高吸收体与生物体组织的边界。另外，除了使用实测重构图像以外还使用实测投影数据，由此例如能够辨别高吸收体与生物体组织的边界的内侧是否为高吸收体。由此，能够更高精度地确定高吸收体区域。另外，数据替换部使用高吸收体区域确定数据，对实测投影数据的高吸收体区域以基于该高吸收体区域的邻近像素得到的数据进行数据替换，来获取替换投影数据。替换图像重构部对替换投影数据进行图像重构，来生成无高吸收体区域的替换重构图像。更高精度地确定了高吸收体区域，因此能够更高精度地对高吸收体区域进行数据替换。因而，能够抑制由高吸收体引起的伪像，并且能够更高精度地复原断层图像（替换重构图像）的高吸收体区域附近的组织。

[0017] 另外，在本发明所涉及的放射线断层图像生成部中，优选还具备：差分处理部，其求出上述实测投影数据与上述替换投影数据的差分，来获取差分投影数据；差分图像重构部，其对上述差分投影数据进行图像重构来生成差分重构图像；以及合成图像生成部，其按每个区域选择上述实测重构图像、上述替换重构图像以及上述差分重构图像中的至少一个

图像,来生成合成重构图像。

[0018] 差分处理部求出实测投影数据与替换投影数据的差分来获取差分投影数据。差分图像重构部对差分投影数据进行图像重构来生成只有高吸收体区域的差分重构图像。然后,合成图像生成部按每个区域选择实测重构图像、替换重构图像以及差分重构图像中的至少一个图像来生成合成重构图像。即,不仅根据替换重构图像,还根据实测重构图像和差分重构图像来生成合成重构图像。由此,按每个区域选择最佳的图像,因此能够抑制由高吸收体引起的伪像,并且能够获得在高吸收体区域内示出高吸收体的断层图像(合成重构图像)。

[0019] 另外,在本发明所涉及的放射线断层图像生成部中,优选的是,在上述实测重构图像和上述替换重构图像内的相同坐标的像素值是上述替换重构图像的像素值比上述实测重构图像的像素值大的情况下,上述合成图像生成部选择上述替换重构图像的像素值来生成合成重构图像。即,在实测重构图像中,高吸收体区域附近的像素由于高吸收体区域而易于变为比原来获得的像素值低的像素值。因此,通过在该高吸收体区域附近的像素中选择替换重构图像的像素值,能够使高吸收体区域附近的像素接近原来获得的像素值。

[0020] 另外,在本发明所涉及的放射线断层图像生成部中,优选的是,在上述实测重构图像、上述替换重构图像以及上述差分重构图像内的相同坐标的像素值是上述替换重构图像的像素值与上述差分重构图像的像素值之和比上述实测重构图像的像素值小的情况下,上述合成图像生成部选择上述和的像素值来生成合成重构图像。即,实测重构图像的高吸收体区域的像素值在图像重构时被过度评价而易于变为比原本能够获得的像素值高的像素值。因此,通过在该高吸收体区域的像素中选择替换重构图像的像素值与差分重构图像的像素值的和,能够使高吸收体区域的像素接近原本能够获得的像素值。

[0021] 另外,在本发明所涉及的放射线断层图像生成部中,优选的是,在上述实测重构图像、上述替换重构图像以及上述差分重构图像内的相同坐标的像素值是上述替换重构图像的像素值与上述差分重构图像的像素值之和比上述差分重构图像的像素值大的情况下,上述合成图像生成部选择上述实测重构图像的像素值来生成合成重构图像。即,在由于高吸收体而不能获得原本的像素值的区域以外的区域,选择对实测投影数据直接进行图像重构而生成的实测重构图像的像素值。由此,例如即使是在差分重构图像中被错误地辨别为高吸收体区域的区域,也能够使得不选择被错误地辨别的区域。

[0022] 另外,在本发明所涉及的放射线断层图像生成部中,优选的是,上述高吸收体区域确定部基于图割法,根据上述实测投影数据和上述实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域,来获取高吸收体区域确定数据。由此,能够高精度地确定高吸收体区域。

[0023] 另外,在本发明所涉及的放射线断层图像生成部中,优选的是,上述高吸收体区域确定部基于上述实测投影数据的阈值处理结果和上述实测重构图像的阈值处理结果来设定图割法中的种子区域。由此,能够基于阈值处理结果自动设定图割法中的种子区域。因此,能够使高吸收体区域的确定变得容易。

[0024] 另外,在本发明所涉及的放射线断层图像生成部中,优选的是,上述实测图像重构部、上述替换图像重构部以及上述差分图像重构部中的至少任一个基于逐次近似法进行图像重构。由此,能够高精度地进行图像重构。

[0025] 另外,本发明所涉及的放射线断层摄影装置的特征在于,具备:实测投影数据获取

部,其针对包含放射线高吸收体的被检体从不同方向获取多个实测投影数据;实测图像重构部,其对上述实测投影数据进行图像重构来生成实测重构图像;高吸收体区域确定部,其根据上述实测投影数据和上述实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域,来获取高吸收体区域确定数据;数据替换部,其使用上述高吸收体区域确定数据,对上述实测投影数据的高吸收体区域以基于该高吸收体区域的邻近像素得到的数据进行数据替换,来获取替换投影数据;以及替换图像重构部,其对上述替换投影数据进行图像重构来生成替换重构图像。

[0026] 根据本发明所涉及的放射线断层摄影装置,实测图像重构部对实测投影数据进行图像重构来生成实测重构图像。高吸收体确定部根据实测投影数据和实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域,来获取高吸收体区域确定数据。在实测投影数据中,成为例如引线、螺丝等高吸收体区域的像素值与其它区域的像素值没有很大变化的图像,难以准确地确定高吸收体区域。然而,在实测重构图像中,例如在高吸收体与生物体组织的边界处像素值明显变大。通过利用这点,能够更高精度地确定例如引线、螺丝等高吸收体与生物体组织的边界。另外,除了使用实测重构图像以外还使用实测投影数据,由此例如能够辨别高吸收体与生物体组织的边界的内侧是否为高吸收体。由此,能够更高精度地确定高吸收体区域。另外,数据替换部使用高吸收体区域确定数据,对实测投影数据的高吸收体区域以基于该高吸收体区域的邻近像素得到的数据进行数据替换,来获取替换投影数据。替换图像重构部对替换投影数据进行图像重构,来生成无高吸收体区域的替换重构图像。更高精度地确定高吸收体区域,因此能够更高精度地对高吸收体区域进行数据替换。因而,能够抑制由高吸收体引起的伪像,并且能够更高精度地复原断层图像(替换重构图像)的高吸收体区域附近的组织。

[0027] 另外,本发明所涉及的放射线断层图像生成方法的特征在于,包括以下步骤:针对包含放射线高吸收体的被检体从不同方向获取到的多个实测投影数据进行图像重构,来生成实测重构图像;根据上述实测投影数据和上述实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域,来获取高吸收体区域确定数据;使用上述高吸收体区域确定数据,对上述实测投影数据的高吸收体区域以基于该高吸收体区域的邻近像素得到的数据进行数据替换,来获取替换投影数据;以及对上述替换投影数据进行图像重构来生成替换重构图像。

[0028] 根据本发明所涉及的放射线断层图像生成方法,对实测投影数据进行图像重构来生成实测重构图像。根据实测投影数据和实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域,来获取高吸收体区域确定数据。在实测投影数据中,成为例如引线、螺丝等高吸收体区域的像素值与其它区域的像素值没有很大变化的图像,难以准确地确定高吸收体区域。然而,在实测重构图像中,例如在高吸收体与生物体组织的边界处像素值明显变大。通过利用这点,能够更高精度地确定例如引线、螺丝等高吸收体与生物体组织的边界。另外,除了使用实测重构图像以外还使用实测投影数据,由此例如能够辨别高吸收体与生物体组织的边界的内侧是否为高吸收体。由此,能够更高精度地确定高吸收体区域。另外,使用高吸收体区域确定数据,对实测投影数据的高吸收体区域以基于该高吸收体区域的邻近像素得到的数据进行数据替换,来获取替换投影数据。对替换投影数据进行图像重构,来生成无高吸收体区域的替换重构图像。更高精度地确定高吸收体区域,因此能够更高精度地对高吸收体区域进行数据替换。因而,能够抑制由高吸收体引起的伪像,并且能够更高精度地复原断层

图像（替换重构图像）的高吸收体区域附近的组织。

[0029] 发明的效果

[0030] 根据本发明所涉及的放射线断层图像生成装置、放射线断层摄影装置以及放射线断层图像生成方法，对实测投影数据进行图像重构来生成实测重构图像。根据实测投影数据和实测重构图像来确定实测投影数据的高吸收体区域，来获取高吸收体区域确定数据。在实测投影数据中，成为例如引线、螺丝等高吸收体区域的像素值与其它区域的像素值没有很大变化的图像，难以准确地确定高吸收体区域。然而，在实测重构图像中，例如在高吸收体与生物体组织的边界处像素值明显变大。通过利用这点，能够更高精度地确定例如引线、螺丝等高吸收体与生物体组织的边界。另外，除了使用实测重构图像以外还使用实测投影数据，由此例如能够辨别高吸收体与生物体组织的边界的内侧是否为高吸收体。由此，能够更高精度地确定高吸收体区域。另外，使用高吸收体区域确定数据，对实测投影数据的高吸收体区域以基于该高吸收体区域的邻近像素得到的数据进行数据替换，来获取替换投影数据。对替换投影数据进行图像重构，来生成无高吸收体区域的替换重构图像。更高精度地确定高吸收体区域，因此能够更高精度地对高吸收体区域进行数据替换。因而，能够抑制由高吸收体引起的伪像，并且能够更高精度地复原断层图像（替换重构图像）的高吸收体区域附近的组织。

[0031] 另外，根据本发明，求出实测投影数据与替换投影数据的差分来获取差分投影数据。对该差分投影数据进行图像重构来生成只有高吸收体区域的差分重构图像。然后，按每个区域选择实测重构图像、替换重构图像以及差分重构图像中的至少一个图像来生成合成重构图像。即，不仅根据替换重构图像，还根据实测重构图像和差分重构图像来生成合成重构图像。由此，按每个区域选择最佳的图像，因此能够抑制由高吸收体引起的伪像，并且能够获得在高吸收体区域内示出高吸收体的断层图像（合成重构图像）。

附图说明

[0032] 图 1 是表示实施例所涉及的 X 射线断层摄影装置的概要结构的图。

[0033] 图 2 是表示 X 射线断层图像生成部的结构的图。

[0034] 图 3 的 (a) 是表示实测重构图像的图，(b) 是表示替换重构图像的图，(c) 是表示差分重构图像的图。

[0035] 图 4 是表示金属区域确定部的结构的图。

[0036] 图 5 的 (a) 是表示阈值处理后的实测投影数据的图，(b) 是表示正投影数据的图，(c) 是表示图形的种子区域的图，(d) 是表示金属区域确定数据的图。

[0037] 图 6 是用于说明针对实测投影数据的阈值处理的分布图。

[0038] 图 7 是用于说明针对实测投影数据的阈值处理的直方图。

[0039] 图 8 的 (a) 是用于说明针对实测重构图像的阈值处理的分布图，(b) 是表示阈值处理后的实测重构图像的图。

[0040] 图 9 是用于说明图割法的图。

[0041] 图 10 的 (a) 是表示用于说明数据替换部的实测投影数据的图，(b) 是 (a) 的横切线 L1 的分布图。

[0042] 图 11 是用于说明合成图像生成部的流程图。

[0043] 图 12 是表示实施例的 X 射线断层摄影装置的动作的流程图。

[0044] 图 13 的 (a) 是表示变形例所涉及的阈值处理后的实测投影数据的图, (b) 是表示变形例所涉及的实测重构图像的阈值处理后的正投影数据的图, (c) 是表示变形例所涉及的金属区域确定数据的图。

[0045] 图 14 是表示以往装置的动作的流程图。

具体实施方式

[0046] 下面, 参照附图来说明本发明的实施例。图 1 是表示实施例所涉及的 X 射线断层摄影装置的概要结构的图。此外, 高吸收体以金属作为一例来进行说明。

[0047] 参照图 1。X 射线断层摄影装置 1 具备: 顶板 2, 其载置被检体 M; X 射线管 3, 其向被检体 M 照射 X 射线; 以及平板型 X 射线检测器 (以下适当地称为“FPD”) 4, 其与 X 射线管 3 相向地配置, 检测透过被检体 M 的 X 射线。此外, FPD 4 相当于本发明的实测投影数据获取部。

[0048] X 射线管 3 被 X 射线管控制部 5 控制。X 射线管控制部 5 具有产生 X 射线管 3 的管电压和管电流的高电压产生部 6。X 射线管控制部 5 根据管电压、管电流以及照射时间等 X 射线照射条件来使 X 射线管 3 照射 X 射线。

[0049] FPD 4 在检测对象的透射 X 射线像所投影的 X 射线检测面上将多个 X 射线检测元件排列为横向·纵向的二维矩阵状, 多个 X 摄像检测元件将 X 射线转换为电信号并进行检测。作为 X 射线检测元件的排列矩阵, 例如列举横向: 几千 × 纵向: 几千的矩阵。X 射线检测元件由直接转换型 X 射线检测元件或者间接转换型 X 射线检测元件构成, 其中, 该直接转换型 X 射线检测元件将 X 射线直接转换为电信号, 该间接转换型 X 射线检测元件在将 X 射线暂时转换为光之后再转换为电信号。

[0050] X 射线管 3 和 FPD 4 各自沿着被检体 M 的在图 1 中的体轴 ax 向彼此相反的方向同步地进行平行移动。X 射线管 3 和 FPD 4 构成为例如通过未图示的齿条、小齿轮、马达等进行驱动。FPD 4 与 X 射线管 3 同步地向相反方向移动, 并且针对包含金属的被检体 M 获取来自不同方向 (角度) 的多个实测投影数据 (X 射线图像) p1。

[0051] 在 FPD 4 的后级依次设置有 A/D 转换器 7、图像处理部 8 以及主控制部 9。A/D 转换器 7 将从 FPD 4 输出的模拟的实测投影数据 p1 分别转换为数字信号。图像处理部 8 对进行数字转换而得到的实测投影数据 p1 进行各种必要的处理。主控制部 9 统一控制 X 射线断层摄影装置 1 的各结构, 由中央运算处理装置 (CPU) 等构成。主控制部 9 例如进行使 X 射线管 3 或者 FPD 4 移动的控制。

[0052] X 射线断层摄影装置 1 具备显示部 11、输入部 12 以及存储部 13。显示部 11 由监视器等构成。输入部 12 由键盘、鼠标等构成。存储部 13 由 ROM (Read-only Memory: 只读存储器)、RAM (Random-Access Memory: 随机存取存储器) 或者硬盘等包括可拆卸的部分的存储介质构成。在存储部 13 中例如存储有多个实测投影数据 p1。

[0053] 另外, X 射线断层摄影装置 1 具备根据由 FPD 4 获取到的多个实测投影数据 p1 来生成断层图像的 X 射线断层图像生成部 20。图 2 是表示 X 射线断层图像生成部 20 的结构图。X 射线断层图像生成部 20 生成各种断层图像。作为 X 射线断层图像生成部 20 所生成的断层图像, 存在图 3 的 (a) 的实测重构图像 R1、图 3 的 (b) 的替换重构图像 R2 以及图

3 的 (c) 的差分重构图像 R3。另外, X 射线断层图像生成部 20 按每个像素选择这些断层图像中的至少一个图像来生成合成重构图像 R4。此外, 实测重构图像 R1 是对实测投影数据 p1 直接进行图像重构而得到的断层图像。替换重构图像 R2 是无金属区域 Y1 的断层图像。差分重构图像 R3 是只有金属区域 Y1 的断层图像。

[0054] 此外, 在图 3 的 (a) ~ 图 3 的 (c) 中, 附图标记 m1 表示骨组织, 附图标记 m2 表示肌肉、皮肤等软组织。另外, 附图标记 m3 表示被检体 M 以外的区域, 附图标记 m4 表示金属区域 Y1 以外的区域。

[0055] 返回到图 2。X 射线断层图像生成部 20 具备: 实测图像重构部 21, 其对实测投影数据 p1 进行图像重构来生成实测重构图像 R1; 以及金属区域确定部 23, 其根据实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1 来确定实测投影数据 p1 的金属区域 Y1, 来获取金属区域确定数据 p1c。另外, X 射线断层图像生成部 20 具备: 数据替换部 25, 其基于金属区域确定数据 p1c, 对实测投影数据 p1 的金属区域 Y1 以基于该金属区域 Y1 的邻近像素 K 得到的数据 Z 进行数据替换, 来获取替换投影数据 p2; 以及替换图像重构部 27, 其对替换投影数据 p2 进行图像重构来生成替换重构图像 R2。

[0056] 另外, X 射线断层图像生成部 20 具备: 差分处理部 29, 其求出实测投影数据 p1 与替换投影数据 p2 的差分, 来获取仅示出金属区域 Y1 的像素值的差分投影数据 p3; 以及差分图像重构部 31, 其对差分投影数据 p3 进行图像重构来生成差分重构图像 R3。X 射线断层图像生成部 20 还具备合成图像生成部 33, 该合成图像生成部 33 按每个像素选择实测重构图像 R1、替换重构图像 R2 以及差分重构图像 R3 中的至少一个图像来生成合成重构图像 R4。接着, 对 X 射线断层图像生成部 20 的各结构具体地说明。

[0057] 此外, 金属区域确定数据相当于本发明的高吸收体区域确定数据, 金属区域确定部 23 相当于本发明的高吸收体区域确定部。另外, X 射线断层图像生成部 20 相当于本发明的放射线断层图像生成装置。

[0058] < 实测图像重构部 >

[0059] 实测图像重构部 21 对针对包含金属的被检体 M 从不同方向获取到的多个实测投影数据 p1 进行图像重构, 来生成作为断层图像的一种的实测重构图像 R1。即, 实测图像重构部 21 对实测投影数据 p1 直接进行图像重构来生成实测重构图像 R1。关于图像重构, 例如使用逐次近似法和 FBP(filtered back-projection: 滤波反投影) 法中的任一种方法。作为逐次近似法, 例如使用 ML-EM(maximum likelihood-expectation maximization: 最大似然期望最大化) 法、OS-EM(ordered subsets-expectation maximization: 有序子集最大似然期望最大化) 法、RAMLA(row-action maximum likelihood algorithm: 行处理最大似然) 法以及 DRAMA(dynamic RAMLA: 动态行处理最大似然) 法。

[0060] < 金属区域确定部 >

[0061] 金属区域确定部 23 基于图割 (graph cuts) 法, 根据实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1 来获取确定了实测投影数据 p1 的金属区域 Y1 的金属区域确定数据 (投影数据) p1c。

[0062] 图 4 是表示金属区域确定部 23 的结构图。说明金属区域确定部 23 的各结构的概要。金属区域确定部 23 具备对实测投影数据 p1 进行阈值处理来获取阈值处理后的投影数据 p1a(参照图 5 的 (a)) 的实测投影数据阈值处理部 23a。另外, 金属区域确定部 23 具

备:实测重构图像阈值处理部 23b,其对实测重构图像 R1 进行阈值处理来获取二值化后的实测重构图像 R1a;以及正投影部 23c,其将二值化后的实测重构图像 R1a 进行正投影来获取正投影数据 p1b(参照图 5 的 (b))。

[0063] 而且,金属区域确定部 23 具备:图形制作部 23d,其使用阈值处理后投影数据 p1a 和正投影数据 p1b 来制作用于确定金属区域 Y1 的图形 G(参照图 5 的 (c));以及切割部 23e,其切割图形 G 并获取用于确定金属区域 Y1 的投影数据、即金属区域确定数据 p1c(参照图 5 的 (d))。此外,关于图割法的详细内容后述。另外,在图 5 的 (b)~图 5 的 (d) 中,附图标记 W 是引线部分。另外,为了便于说明,图 5 的 (a)~图 5 的 (d) 所示的阈值处理后投影数据 p1a 等用圆形的金属区域 Y1、引线 W 示出(后述的图 13 的 (a)~图 13 的 (c) 也相同)。因此,并非根据图 5 的 (d) 的金属区域确定数据 p1c 直接获取例如图 3 的 (b) 的替换重构图像 R2。另外,区域 Y4 是无数据的区域,区域 Y5 是非金属的区域。

[0064] 接着,进一步具体地说明金属区域确定部 23 的各结构。实测投影数据阈值处理部 23a 对实测投影数据 p1 进行阈值处理来获取阈值处理后实测投影数据 p1a。图 6 是表示实测投影数据 p1 的分布的一例的图。如图 6 所示,首先通过阈值处理(阈值 th1)来可靠地区分作为金属的金属区域 Y1。另外,通过阈值处理(阈值 th2)来可靠地区分作为非金属的非金属区域 Y2。由此,将实测投影数据 p1 可靠地分割为金属区域 Y1、非金属区域 Y2 以及不能区分是哪—个区域的不明区域 Y3 这三个区域。此外,设为图 6 位于图 5 的 (a) 中的附图标记 F1 的位置处。另外,图 7 是示出表示与实测投影数据 p1 的所有像素的像素值相对的频率的直方图 H 的一例的图。根据直方图 H 预先设定阈值 th1、th2。

[0065] 另一方面,实测重构图像阈值处理部 23b 对成为断层图像的实测重构图像 R1 进行阈值处理,并分割为金属区域 Y1 和除金属以外的区域。即,实测重构图像阈值处理部 23b 进行将金属区域 Y1 设为“1”、将除金属以外的区域设为“0”的阈值处理(二值化处理),来获取二值化后的实测重构图像 R1a。实测重构图像阈值处理部 23b 针对各个实测重构图像 R1 生成二值化后的实测重构图像 R1a。

[0066] 图 8 的 (a) 是表示实测重构图像 R1 的分布的一例的图。例如像逐次近似法那样通过多个重构算法生成的重构图像(例如实测重构图像 R1)的存在高亮度差(高像素值差)边的部分(以下设为“高亮度边部分”)HL 的像素值明显变大。关于高亮度边部分 HL,例如能够列举金属与生物体组织(骨·软组织)的边界。实测重构图像阈值处理部 23b 如图 8 的 (a) 所示那样通过阈值处理(阈值 th3)来提取该高亮度边部分 HL。

[0067] 图 8 的 (b) 是表示二值化后的实测重构图像 R1a 的一例的图。此外,将图 8 的 (a) 的阈值处理后的数据部分用附图标记 F2 表示。在实测重构图像 R1 中的金属区域 Y1 为圆形的情况下,在二值化后的实测重构图像 R1a 中,高亮度边部分 HL 被环状地提取。当将该二值化后的实测重构图像 R1a 进行正投影时,在正投影数据 p1b 上环状地出现高亮度边部分 HL。在如本实施例那样实测投影数据等的获取方法是断层融合的情况等下,当不存在来自一部分方向的实测投影数据时等出现环状的高亮度边部分 HL。

[0068] 正投影部 23c 将二值化后的实测重构图像 R1a 进行正投影。获取将进行正投影得到的像素值不为零“0”的区域设为金属区域 Y1、将像素值为零的区域设为无数据的区域 Y4 的正投影数据 p1b(参照图 5 的 (b))。

[0069] 图形制作部 23d 制作在图割法中使用的图形 G。该图割法是如下的方法:基于实

测投影数据 $p1$ 、阈值处理后投影数据 $p1a$ 以及正投影数据 $p1b$ 来生成图形 G ，基于该图形 G 来分割图形 G 的区域。因而，图割法是首先根据这三个图像来生成图 9 所示的图形 G 。图形 G 构成为包括与实测投影数据 $p1$ 的各像素对应的节点 N 、两个接线端 S 、 T 以及将节点之间以及节点与接线端之间进行连接的边 (edge)。在此，节点与实测投影数据 $p1$ 的各像素对应，两个接线端 S 、 T 用金属和非金属表示。基于实测投影数据 $p1$ 来设定要对各边赋予的成本，由此生成图形 G 。但是，在至此为止的过程中，在与被可靠地设为金属的像素对应的节点、即成为金属侧种子 (Seed) 的节点处，关于将金属侧接线端与该节点之间进行连接的边，设为不能被可靠地分割的成本，关于将非金属侧接线端与该节点之间进行连接的边，将成本设为 0。同样地，在至此为止的过程中，在与被可靠地设为非金属的像素对应的节点、即成为非金属侧种子 (Seed) 的节点处，关于将非金属侧接线端与该节点之间进行连接的边，设为不能被可靠地分割的成本，关于将金属侧接线端与该节点之间进行连接的边，将成本设为 0。之后，按照对边赋予的成本来对图形 G 进行区域分割，由此在图像内分割为金属和非金属两个区域。从而根据图割法进行的区域分割结束。

[0070] 具体地说明图形 G 的生成方法。如图 9 所示，此时制作的图形 G 构成为包含与实测投影数据 $p1$ 的各像素对应的节点 N 、金属的接线端 S 以及非金属的接线端 T 。图形制作部 23d 基于实测投影数据 $p1$ 和实测重构图像 $R1$ 的阈值处理结果以及节点与邻近的节点之间的像素值差来设定图割法中的边的成本。其中，根据阈值处理后投影数据 $p1a$ 和正投影数据 $p1b$ 来设定种子区域，对将对应于种子区域的节点与接线端进行连接的边设定上述成本。种子区域的节点用下述方法来决定。在图形 G 中的各节点 N 处，图形制作部 23d 将阈值处理后投影数据 $p1a$ 中的被辨别为金属区域 $Y1$ 或者非金属区域 $Y2$ 的区域设定为金属的种子和非金属的种子 (参照图 5 的 (c))。另外同样地，在图形 G 中的各节点 N 处，图形制作部 23d 将正投影数据 $p1b$ 中的被辨别为金属区域 $Y1$ 的区域定为高吸收体的种子 (参照图 5 的 (c))。

[0071] 另外，对边 $E1$ 赋予由实测投影数据 $p1$ 的各像素值产生的成本 $C1$ 。对将各节点之间连接的边 $E2$ 赋予基于实测投影数据 $p1$ 的各像素间的像素值差的成本 $C2$ 。例如，各像素间的像素值差越大，则被赋予边 $E2$ 的成本 $C2$ 成为越小的值。成本 $C1$ 、 $C2$ 作为用于进行区域分割的指标。

[0072] 在设定种子和成本 $C1$ 、 $C2$ 后制作出的图形 G 的不明区域 $Y3$ (参照图 5 的 (c)) 中，切割部 23e 对各图形 G 的不明区域 $Y3$ 进行切割，以使切割出的部分的成本 $C2$ 的总和最小。由此，确定金属区域 $Y1$ 。切割部 23e 输出仅提取金属区域 $Y1$ 的金属区域确定数据 (投影数据) $p1c$ 。此外，在如图 5 的 (c) 所示那样设定了种子的图形 G 中，实测投影数据 $p1$ 中的不明区域 $Y3a$ 的各像素的与周围的像素的像素值差小，因此不明区域 $Y3a$ 的成本 $C2$ 变大。因此，在不明区域 $Y3a$ 中不进行切割。

[0073] < 数据替换部 >

[0074] 返回到图 2。数据替换部 25 对实测投影数据 $p1$ 的确定后的金属区域 $Y1$ 以基于该金属区域 $Y1$ 的邻近像素 K 得到的数据 Z 进行数据替换，来获取替换投影数据 $p2$ 。关于数据替换，例如图 10 的 (a) 所示，当存在横切金属区域 $Y1$ 的横切线 ($L1$ 、 $L2$ 、 \dots 、 Lx) 时，替换像素值使得将金属区域 $Y1$ 外侧的两个像素连接。在图 10 的 (b) 中表示替换数据 Z 。替换数据 Z 将两个像素值直线状地连接并替换像素值，但也可以是曲线。也可以在数据替换后进

一步进行使像素值平滑的平滑化处理。作为该处理,例如使用二维的高斯滤波器、中值滤波器。此外,也可以用其它已知的方法来进行数据替换。

[0075] < 替换图像重构部 >

[0076] 替换图像重构部 27 对替换投影数据 p2 进行图像重构来生成替换重构图像 R2。生成的替换重构图像 R2 成为无金属区域 Y1 的图像。图像重构例如同样使用逐次近似法和 FBP 法中的某一种方法。

[0077] < 差分处理部和差分图像重构部 >

[0078] 差分处理部 29 求出实测投影数据 p1 与替换投影数据 p2 的差分,来获取仅示出金属区域 Y1 的差分投影数据 p3。差分图像重构部 31 对差分投影数据 p3 进行图像重构来生成差分重构图像 R3。生成的差分重构图像 R3 成为只有金属区域 Y1 的图像。图像重构例如使用逐次近似法。

[0079] < 合成图像生成部 >

[0080] 向合成图像生成部 33 发送实测重构图像 R1、替换重构图像 R2 以及差分重构图像 R3,并存储到未图示的存储部中。合成图像生成部 33 按每个像素选择实测重构图像 R1、替换重构图像 R2 以及差分重构图像 R3 中的至少一个图像来生成合成重构图像 R4。在此,实测重构图像 R1 是基于实测投影数据 p1 生成的断层图像,并拍进了金属区域 Y1。替换重构图像 R2 是根据从实测投影数据 p1 消除金属区域 Y1 后的图像组(替换投影数据 p2)进行重构而得到的断层图像。差分重构图像 R3 是根据作为实测投影数据 p1 与替换投影数据 p2 的差分的图像组(差分投影数据 p3)进行重构而得到的断层图像。

[0081] 实测重构图像 R1 在金属区域 Y1 的周围产生了暗的伪像,该伪像不应该出现在合成重构图像 R4 上。另外,在拍进实测重构图像 R1 中的金属区域 Y1 内拍进了光斑,该光斑也不应该出现在合成重构图像 R4 上。在替换重构图像 R2 中消除金属区域 Y1,仅通过这一点不会成为适于诊断的图像。同样地,差分重构图像 R3 此次是仅拍进金属区域 Y1 的图像,仅通过这一点不会成为适于诊断的图像。因此,合成图像生成部 33 将这三个断层图像进行组合来生成适于诊断的断层图像、即合成重构图像 R4。参照图 11 的流程图对合成图像生成部 33 进行说明。

[0082] (步骤 S01) 取出像素值

[0083] 取出实测重构图像 R1、替换重构图像 R2 以及差分重构图像 R3 内的相同坐标的任意的像素值 r1、r2、r3。

[0084] (步骤 S02) 第一像素值比较

[0085] 在替换重构图像 R2 的像素值 r2 比实测重构图像 R1 的像素值 r1 大 ($r2 > r1$) 的情况下,合成图像生成部 33 选择替换重构图像 R2 的像素值 r2 来作为合成重构图像 R4 的像素值 r4。即,在像素值为 $r2 > r1$ 的情况下,合成图像生成部 33 选择像素值 r2 并进入步骤 S04。在该步骤中,在合成重构图像 R4 中不使用构成实测重构图像 R1 上的暗的伪像的像素,取而代之地使用替换重构图像 R2 上的相同位置的像素。因此,合成重构图像 R4 上不会出现实测重构图像 R1 上的暗的伪像。

[0086] 替换重构图像 R2 是无金属区域 Y1 的图像。在实测重构图像 R1 中,金属区域 Y1 附近的像素由于金属区域 Y1 而易于变为比原本能够获得的像素值低的像素值。因此,通过在该金属区域附近的像素中选择替换重构图像 R2 的像素值 r2,能够使金属区域附近的像

素接近原本能够获得的像素值（下冲的像素值的校正）。

[0087] 另外，在步骤 S02 中，在替换重构图像 R2 的像素值 r_2 比实测重构图像 R1 的像素值 r_1 小 ($r_2 < r_1$) 的情况下，合成图像生成部 33 进入步骤 S03。此外，在像素值为 $r_2 = r_1$ 的情况下，可以选择像素值 r_1 、 r_2 中的任一个。为了简化处理，例如也可以在像素值为 $r_2 \geq r_1$ 的情况下选择像素值 r_2 ，并进入步骤 S04。

[0088] （步骤 S03）第二像素值比较

[0089] 在替换重构图像 R2 的像素值 r_2 与差分重构图像 R3 的像素值 r_3 之和 ($r_2 + r_3$) 比实测重构图像 R1 的像素值 r_1 小 ($r_2 + r_3 < r_1$) 的情况下，合成图像生成部 33 选择和 ($r_2 + r_3$) 的像素值来作为合成重构图像 R4 的像素值 r_4 。即，在像素值为 $r_2 + r_3 < r_1$ 的情况下，合成图像生成部 33 选择像素值 ($r_2 + r_3$)，并进入步骤 S04。在该步骤中，在合成重构图像 R4 中不使用实测重构图像 R1 上的金属区域中的明亮的区域（被过度评价的区域），取而代之地使用和 ($r_2 + r_3$) 的像素。因此，合成重构图像 R4 上不会出现实测重构图像 R1 上的金属区域中的明亮的区域。由此，在合成重构图像 R4 上的金属区域中不会出现光斑。

[0090] 实测重构图像 R1 的金属区域 Y1 的像素值 r_1 在图像重构时被过度评价而易于变为比原本能够获得的像素值高的像素值。因此，通过在该金属区域 Y1 的像素中选择替换重构图像 R2 的像素值 r_2 与差分重构图像 R3 的像素值 r_3 之和 ($r_2 + r_3$)，能够使高吸收体区域的像素接近原本能够获得的像素值（金属区域 Y1 等过冲的像素值的校正）。

[0091] 另外，在步骤 S03 中，在替换重构图像 R2 的像素值 r_2 与差分重构图像 R3 的像素值 r_3 之和 ($r_2 + r_3$) 比差分重构图像 R3 的像素值 r_3 大 ($r_2 + r_3 > r_1$) 的情况下，合成图像生成部 33 选择实测重构图像 R1 的像素值 r_1 来作为合成重构图像 R4 的像素值 r_4 。即，在步骤 S02 和步骤 S03 中均选择了“不符合（否）”的情况下，合成图像生成部 33 选择图像 R1 的像素值 r_1 ，并进入步骤 S04。

[0092] 在由于金属而不能获得原本的像素值的、在步骤 S02 和步骤 S03 的某一步骤中选择了“是”的区域以外的区域，选择对实测投影数据 p_1 直接进行图像重构而生成的实测重构图像 R1 的像素值 r_1 。由此，例如即使是在差分重构图像 R3 中被错误地辨别为金属区域 Y1 的区域，也能够使得不选择被错误地辨别的区域。

[0093] 此外，在像素值是 $r_2 + r_3 = r_1$ 的情况下，可以选择像素值 ($r_2 + r_3$)、 r_1 中的任一个。为了简化处理，例如也可以在像素值是 $r_2 + r_3 \leq r_1$ 的情况下选择像素值 ($r_2 + r_3$)，并进入步骤 S04。

[0094] （步骤 S04）生成合成重构图像

[0095] 合成图像生成部 33 将在步骤 S02 和步骤 S03 中选择出的图像 R1 ~ R3 的像素值 (r_2 、 $r_2 + r_3$ 、 r_1) 赋予合成重构图像 R4 的对应的坐标的像素 r_4 。由此，生成合成重构图像 R4。

[0096] （步骤 S05）合成重构图像已完成？

[0097] 在合成重构图像 R4 未完成的情况下，为了生成合成重构图像 R4 的未完成部分的像素 r_4 ，例如指定下一个像素 r_4 ，并返回到步骤 S01。在合成重构图像 R4 已完成的情况下（合成重构图像 R4 的所有像素 r_4 的选择结束的情况下），结束处理 (END)。如上所述，合成图像生成部 33 生成合成重构图像 R4。

[0098] 接着，参照图 12 对 X 射线断层摄影装置 1 的动作进行说明。

[0099] (步骤 S11) 获取实测投影数据

[0100] X 射线管 3 和 FPD 4 沿着被检体 M 的在图 1 中的体轴 ax 向彼此相反的方向同步地进行平行移动。此时, X 射线管 3 向被检体 M 照射 X 射线, FPD 4 检测透过被检体 M 的 X 射线。FPD 4 针对包含金属的被检体 M 获取来自多个不同方向的实测投影数据 p1。实测投影数据 p1 被存储在存储部 13 中。

[0101] (步骤 S12) 生成实测重构图像

[0102] 实测图像重构部 21 对实测投影数据 p1 进行图像重构来生成实测重构图像 R1 (参照图 3 的 (a))。

[0103] (步骤 S13) 确定金属区域

[0104] 金属区域确定部 23 基于图割法, 根据实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1 来确定实测投影数据 p1 的金属区域 Y1, 来获取金属区域确定数据 p1c。首先, 金属区域确定部 23 基于实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1 的阈值处理结果来决定图割法中的种子区域。

[0105] 通过对实测投影数据 p1 进行阈值处理来可靠地求出金属区域 Y1 并可靠地求出非金属区域 Y2。由此, 划分为金属区域 Y1、非金属区域 Y2 以及不能区分是哪个区域的区域 Y3 这三个区域。另外, 将金属区域 Y1、非金属区域 Y2 设定为图割法中的图形 G 的种子。另一方面, 通过对实测重构图像 R1 进行阈值处理 (二值化处理), 来获取划分为将金属区域设为“1”、将非金属区域设为“0”的两个区域的二值化后的实测重构图像 R1a。将二值化后的实测重构图像 R1a 进行正投影, 获取将进行正投影得到的像素值不为零“0”的区域设为金属区域、将像素值为零的区域设为无数数据的区域的正投影数据 p1b。将获取到的正投影数据 p1b 的金属区域 Y1 设定为种子。

[0106] 另外, 例如, 各像素间的像素值差越大, 则实测投影数据 p1 的各像素间的成本 C2 成为越小的值。设定种子和成本 C1、C2 来制作图形 G。在图形 G 中没有被设定为种子的不明区域 Y3 中, 切割各图形 G 的不明区域 Y3 以使成本 C2 的总和最小。由此, 确定金属区域 Y1。确定金属区域 Y1 后的金属区域确定数据 p1c 成为实测投影数据 p1 中的仅提取金属区域 Y1 的投影数据。

[0107] (步骤 S14) 数据替换

[0108] 数据替换部 25 基于金属区域确定数据 p1c, 对实测投影数据 p1 的金属区域 Y1 以基于该金属区域 Y1 的邻近像素 K 得到的替换数据 Z 进行数据替换, 来获取替换投影数据 p2 (参照图 10 的 (a) 和图 10 的 (b))。

[0109] (步骤 S15) 生成替换重构图像

[0110] 替换图像重构部 27 对替换投影数据 p2 进行图像重构来生成替换重构图像 R2 (参照图 3 的 (b))。生成的替换重构图像 R2 是无金属区域 Y1 的图像。

[0111] (步骤 S16) 差分处理

[0112] 差分处理部 29 求出实测投影数据 p1 与替换投影数据 p2 的差分, 来获取仅示出金属区域 Y1 的差分投影数据 p3。

[0113] (步骤 S17) 生成差分重构图像

[0114] 差分图像重构部 31 对差分投影数据 p3 进行图像重构来生成差分重构图像 R3。生成的差分重构图像 R3 是只有金属区域 Y1 的图像 (参照图 3 的 (c))。

[0115] (步骤 S18) 生成合成重构图像

[0116] 合成图像生成部 33 按每个像素选择实测重构图像 R1、替换重构图像 R2 以及差分重构图像 R3 中的至少一个图像来生成合成重构图像 R4。合成图像生成部 33 将选择出的图像 R1 ~ R3 的像素值 (r_2, r_2+r_3, r_1) 赋予合成重构图像 R4 的对应的坐标的像素 r_4 。由此,生成合成重构图像 R4。生成的合成重构图像 R4 显示于显示部 11,或者存储在存储部 13 中。

[0117] 如上所述,根据本实施例,实测图像重构部 21 对实测投影数据 p1 进行图像重构来生成实测重构图像 R1。金属区域确定部 23 根据实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1 来确定实测投影数据 p1 的金属区域 Y1,来获取金属区域确定数据 p1c。在实测投影数据 p1 中,成为例如引线、螺丝等金属区域的像素值与其它区域的像素值没有很大变化的图像,难以准确地确定金属区域 Y1。然而,在实测重构图像 R1 中,例如在金属与生物体组织的边界处像素值明显变大。通过利用这点,例如能够更高精度地确定引线、螺丝等金属与生物体组织的边界。另外,除了使用实测重构图像 R1 以外还使用实测投影数据 p1,由此例如能够辨别金属与生物体组织的边界的内侧是否为金属。由此,能够更高精度地确定金属区域。另外,数据替换部 25 基于金属区域确定数据 p1c,对实测投影数据 p1 的金属区域 Y1 以基于该金属区域 Y1 的邻近像素 K 得到的数据 Z 进行数据替换,来获取替换投影数据 p2。替换图像重构部 27 对替换投影数据 p2 进行图像重构来生成无金属区域 Y1 的替换重构图像 R2。更高精度地确定金属区域 Y1,因此能够更高精度地对金属区域 Y1 进行数据替换。因而,能够抑制由金属引起的伪像,并且能够更高精度地复原断层图像(替换重构图像 R2)的金属区域 Y1 附近的组织。

[0118] 另外,差分处理部 29 求出实测投影数据 p1 与替换投影数据 p2 的差分,来获取差分投影数据 p3。差分图像重构部 31 对差分投影数据 p3 进行图像重构来生成只有金属区域 Y1 的差分重构图像 R3。然后,合成图像生成部 33 按每个像素选择实测重构图像 R1、替换重构图像 R2 以及差分重构图像 R3 中的至少一个图像来生成合成重构图像 R4。即,不仅根据替换重构图像 R2,还根据实测重构图像 R1 和差分重构图像 R3 来生成合成重构图像 R4。由此,按每个像素选择最佳的图像,因此能够抑制由金属引起的伪像,并且能够获得在金属区域 Y1 中示出金属的断层图像(合成重构图像 R4)。

[0119] 另外,金属区域确定部 23 基于图割法,根据实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1 来确定实测投影数据 p1 的金属区域 Y1,来获取金属区域确定数据 p1c。由此,相对于其它方法能够高精度地确定金属区域 Y1。

[0120] 另外,金属区域确定部 23 基于实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1 的阈值处理结果来设定图割法中的种子区域。由此,能够基于阈值处理结果自动设定图割法中的种子区域。因此,能够使金属区域 Y1 的确定变得容易。

[0121] 另外,实测图像重构部 21、替换图像重构部 27 以及差分图像重构部 31 中的至少任一个基于逐次近似法进行图像重构。由此,能够高精度地进行图像重构。

[0122] 本发明不限于上述实施方式,能够如下述那样进行变形并实施。

[0123] (1) 在上述实施例中,金属区域确定部 23 基于图割法,根据实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1 来确定实测投影数据 p1 的金属区域 Y1,来获取金属区域确定数据 p1c,但并不限于此。例如,也可以通过使用静态阈值的方法、使用动态阈值的方法、使用动态轮廓(Snake)的方法、水平集法(Level Set Method)以及图形分割(Grab Cut)法等区域分割方

法来确定金属区域 Y1。此外,在这些方法中,实测重构图像 R1 的使用方法各不相同,但必定生成正投影数据。

[0124] 在此,作为确定金属区域 Y1 的方法的一例,具体地说明使用静态阈值的方法。首先,进行静态阈值处理来从实测投影数据 p1 提取金属区域 Y1 (=“1”) (参照图 13 的 (a))。此外,非金属区域 Y2 用“0”表示。接着,使用实测重构图像 R1 提取实测投影数据 p1 上的金属区域 Y1 (参照图 13 的 (b))。例如像实施例那样对实测重构图像 R1 进行静态阈值处理,将阈值处理后的实测重构图像 R1 进行正投影来生成正投影数据。由此,提取图 13 的 (b) 所示的实测投影数据 p1 上的金属区域 Y1。将在图 13 的 (a) 和图 13 的 (b) 中的至少任一个图中被辨别为金属区域 Y1 的区域设为作为最终结果的金属区域 Y1 (参照图 13 的 (c))。

[0125] (2) 在上述实施例和变形例 (1) 中,自动设定了在图割法中使用的图形 G 的种子。然而,例如在显示部 11 中显示实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1,在实测投影数据 p1 上通过输入部 12 指定金属区域 Y1 和非金属区域 Y2,在实测重构图像 R1 上通过输入部 12 指定金属区域 Y1。然后,将在实测投影数据 p1 上指定的金属区域 Y1 和非金属区域 Y2 设定为种子。另外,将指定了金属区域 Y1 的区域设为“1”、将除此以外的区域设为“0”并将实测重构图像 R1 进行正投影,将正投影数据的像素值不为“0”的区域设定为种子。即,金属区域确定部 23 通过来自输入部 12 的输入,根据实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1 来设定图割法中的种子区域。此外,如果是根据实测投影数据 p1 和实测重构图像 R1 设定种子,则也可以使用与上述实施例不同的图割法。

[0126] (3) 在上述实施例和各变形例中,合成图像生成部 33 按每个像素选择实测重构图像 R1、替换重构图像 R2 以及差分重构图像 R3 中的至少一个图像来生成合成重构图像 R4。然而,并不限于于此,例如也可以按每个 2×2 像素的区域进行选择并生成合成重构图像 R4。

[0127] (4) 在上述实施例和各变形例中,合成图像生成部 33 也可以在图 11 所示的流程图中省略校正下冲的像素值的步骤 S02 和校正金属区域 Y1 等过冲的像素值的步骤 S03 中的任一个步骤来生成合成重构图像 R4。也可以在省略步骤 S02 的情况下,当在步骤 S03 的判断中判断为“否”时,选择图像 R1 的像素值 r1。同样地,也可以在省略步骤 S03 的情况下,当在步骤 S02 的判断中判断为“否”时,选择图像 R1 的像素值 r1。

[0128] (5) 在上述实施例和各变形例中,X 射线断层图像生成部 20 也可以由个人计算机、工作站等构成。即,X 射线断层图像生成部 20 也可以具备:控制部,其由用于执行程序的 CPU 等构成;以及存储部,其由存储程序等的 ROM、RAM 等存储介质构成。也可以使用存储部存储各步骤 S01 ~ S05、S11 ~ S18 的动作用的程序,并由控制部来执行该程序。在该情况下,用输入部 12 输入该程序所需的操作,执行程序后的合成重构图像 R4 显示于显示部 11。

[0129] (6) 在上述实施例和各变形例中,也可以将各步骤 S01 ~ S05、S11 ~ S18 的动作用的程序存储到存储部 13 中,并由主控制部 9 执行。在该情况下,用输入部 12 输入该程序所需的操作,例如合成重构图像 R4 显示于显示部 11。另外,也可以设为能够由利用 LAN 等网络系统与 X 射线断层摄影装置 1 进行连接的个人电脑来执行该动作用的程序。

[0130] (7) 在上述实施例和各变形例中,如图 1 所示,X 射线断层摄影装置 1 使 X 射线管 3 和 FPD 4 向彼此相反的方向进行平行移动,来获取实测投影数据 p1。然而,X 射线断层摄影装置 1 也可以使 X 射线管 3 和 FPD 4 绕被检体 M 进行旋转来获取实测投影数据 p1。

[0131] (8) 在上述实施例和各变形例中,将与断层融合对应的X射线断层摄影装置1作为放射线断层摄影装置的一例进行了说明。然而,放射线断层摄影装置也可以是X射线CT装置。

[0132] (9) 在上述实施例和各变形例中,作为实测投影数据获取部,以FPD 4为例进行了说明,但也可以是图像增强器。

[0133] 附图标记说明

[0134] 1:X射线断层摄影装置;4:平板型X射线检测器(FPD);9:主控制部;20:X射线断层图像生成部;21:实测图像重构部;23:金属区域确定部;25:数据替换部;27:替换图像重构部;29:差分处理部;31:差分图像重构部;33:合成图像生成部;th1、th2、th3:阈值;Y1:金属区域;Y2:非金属区域;Y3、Y3a:不明区域;R4:合成重构图像;G:图形;p1:实测投影数据;p1a:阈值处理后投影数据;p1b:正投影数据;p1c:金属区域确定数据;p2:替换投影数据;p3:差分投影数据;R1:实测重构图像;R2:替换重构图像;R3:差分重构图像;R4:合成重构图像;r1~r4:像素值;Z:替换数据。

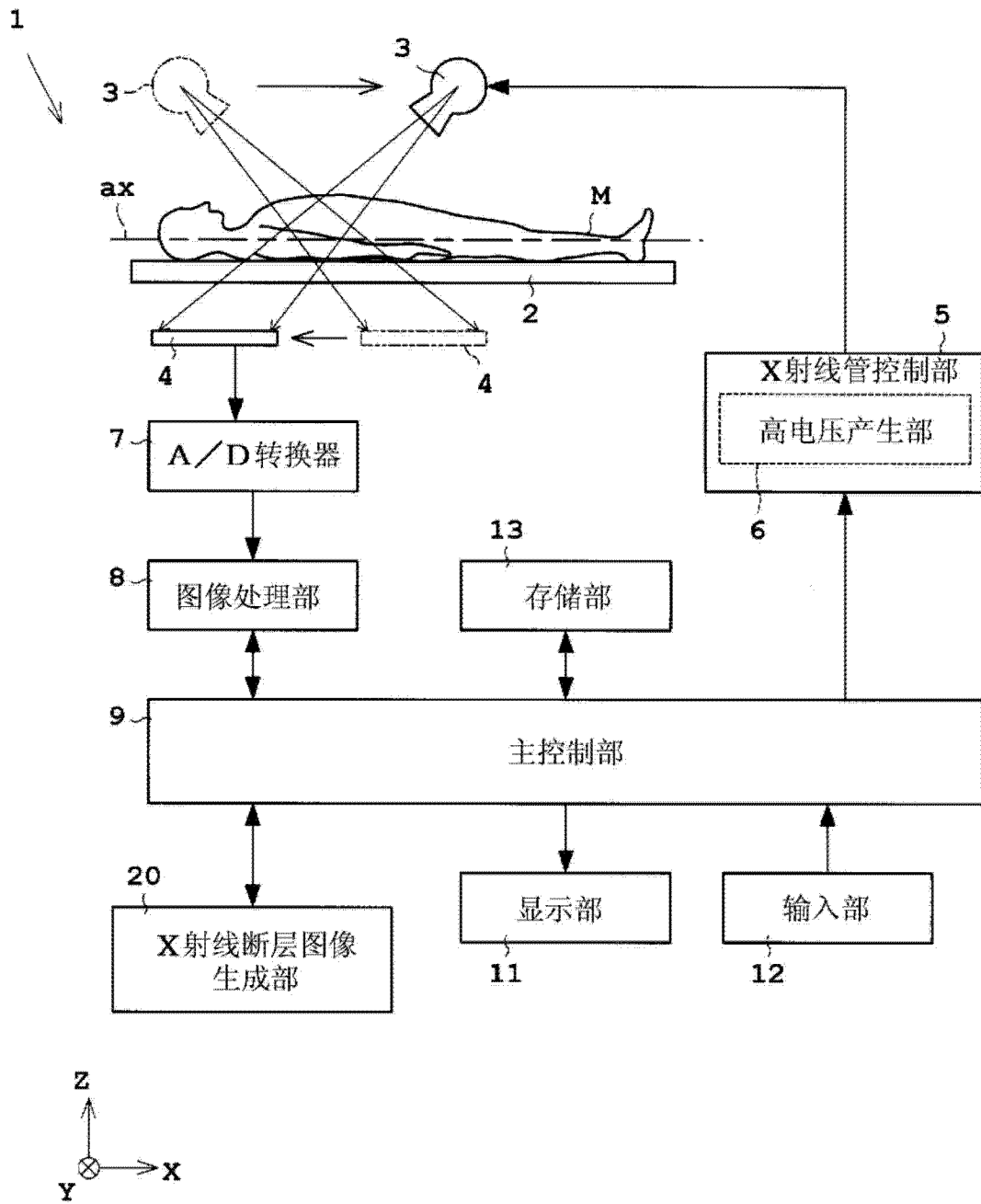


图 1

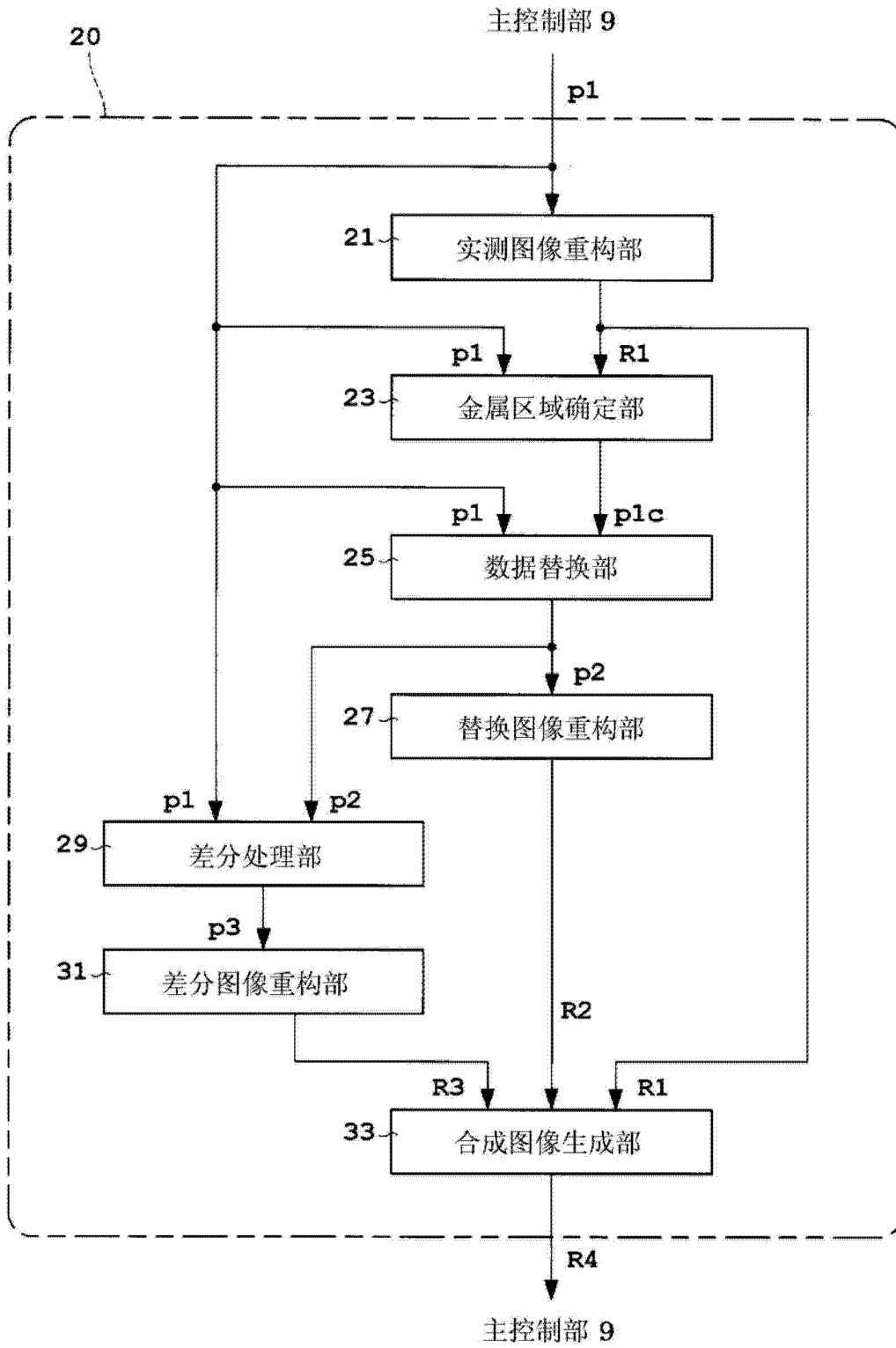


图 2

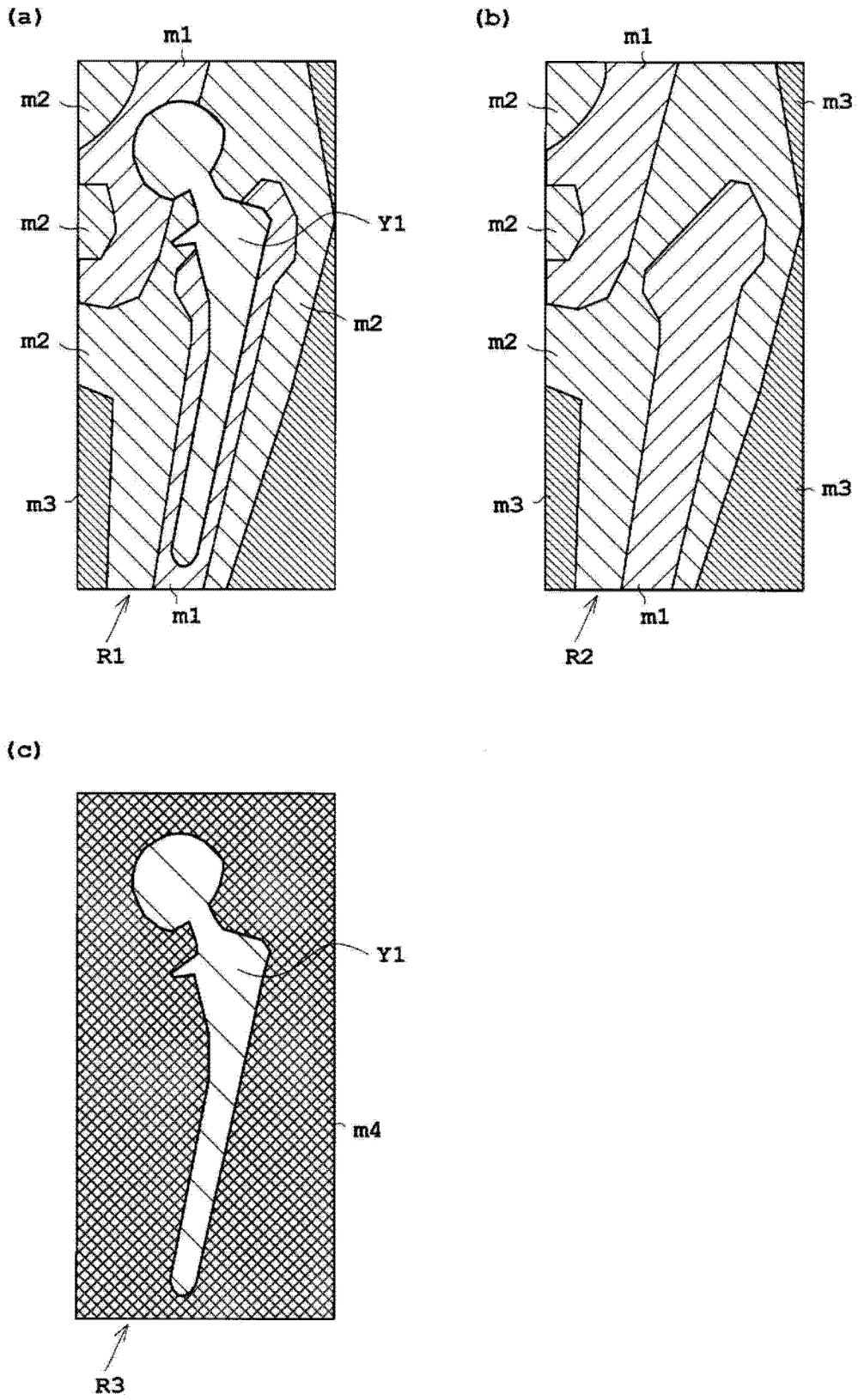


图 3

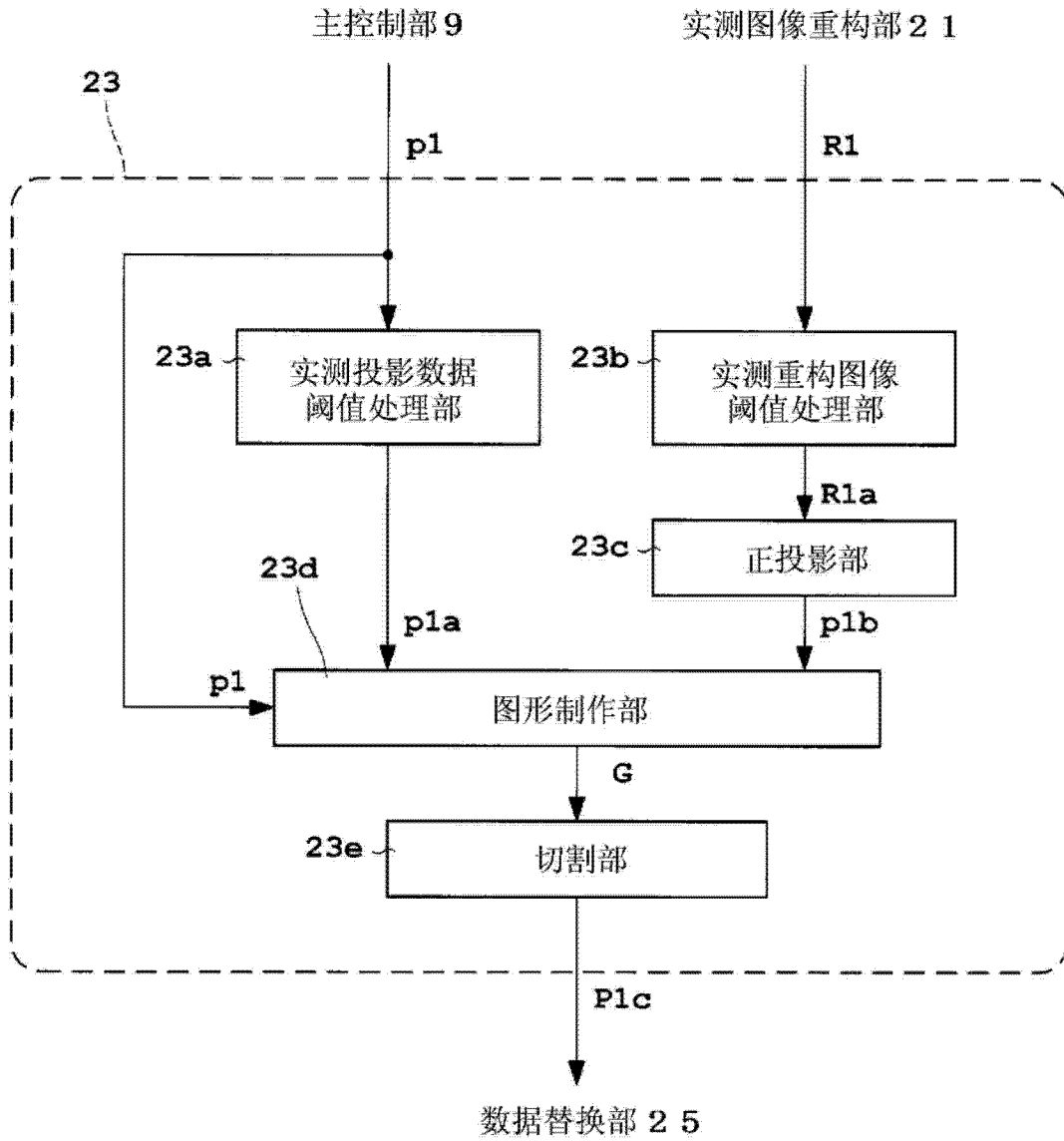


图 4

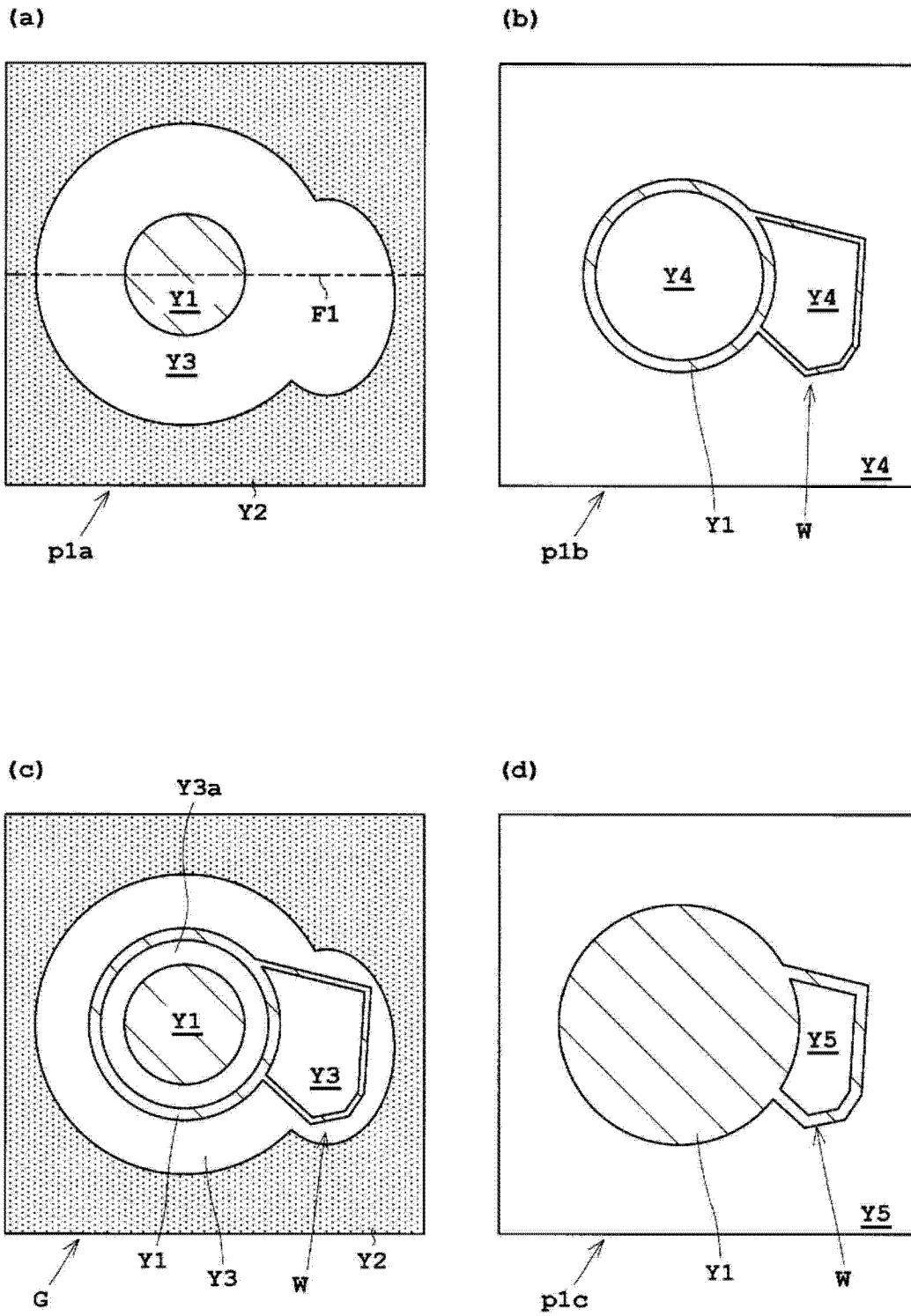


图 5

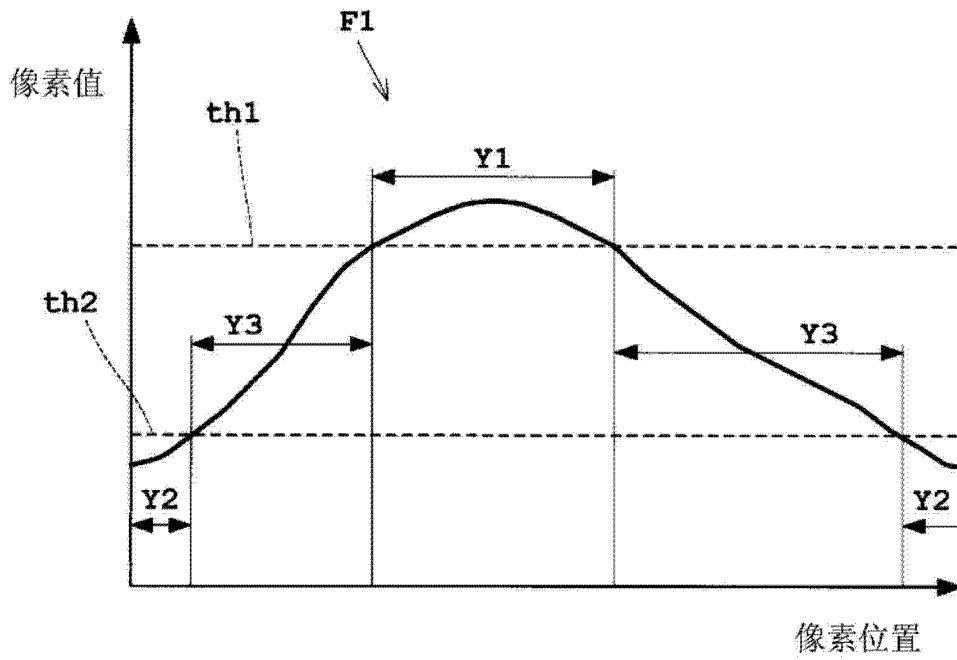


图 6

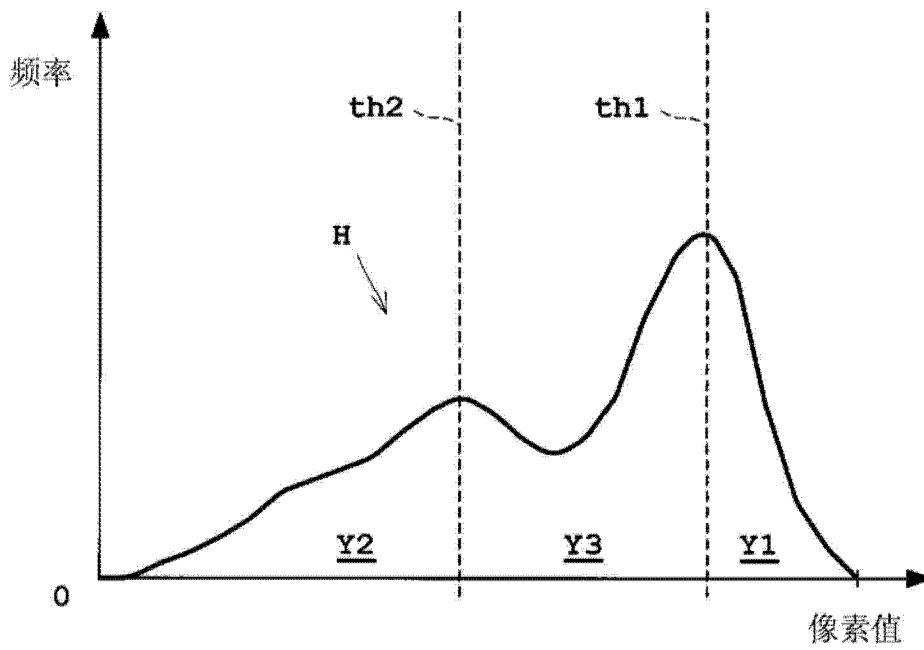
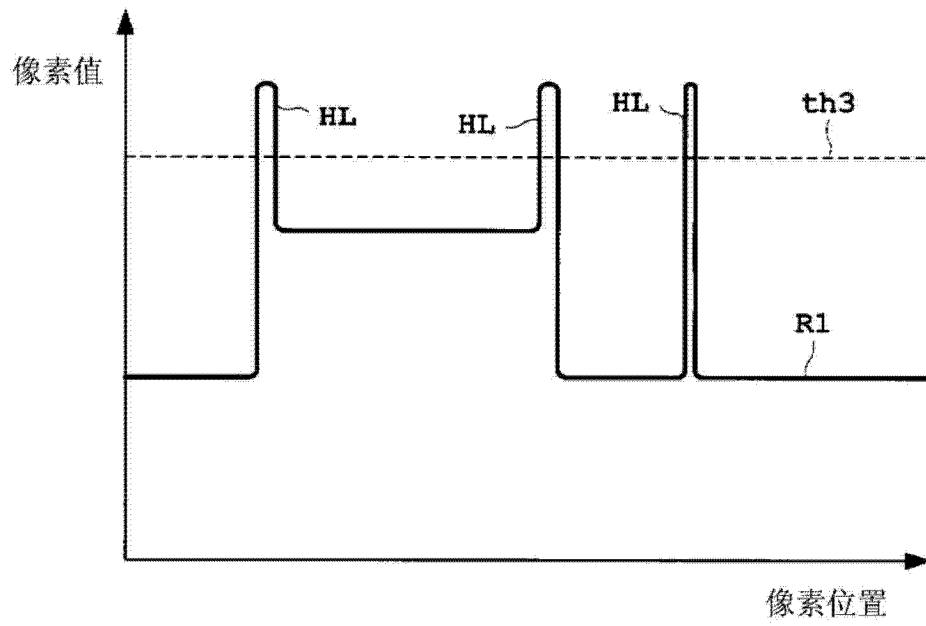


图 7

(a)



(b)

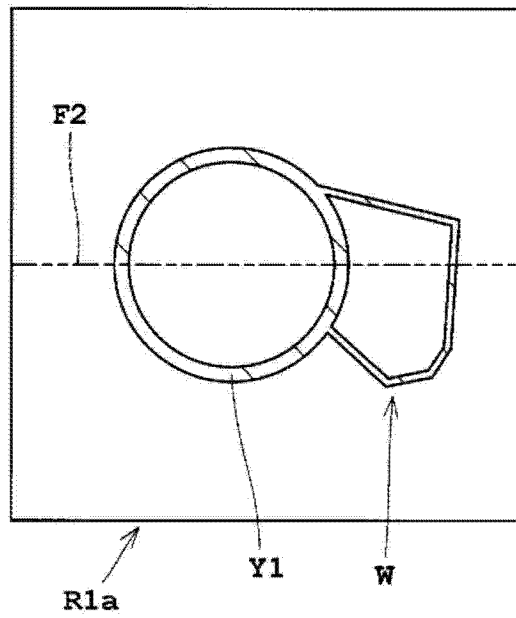


图 8

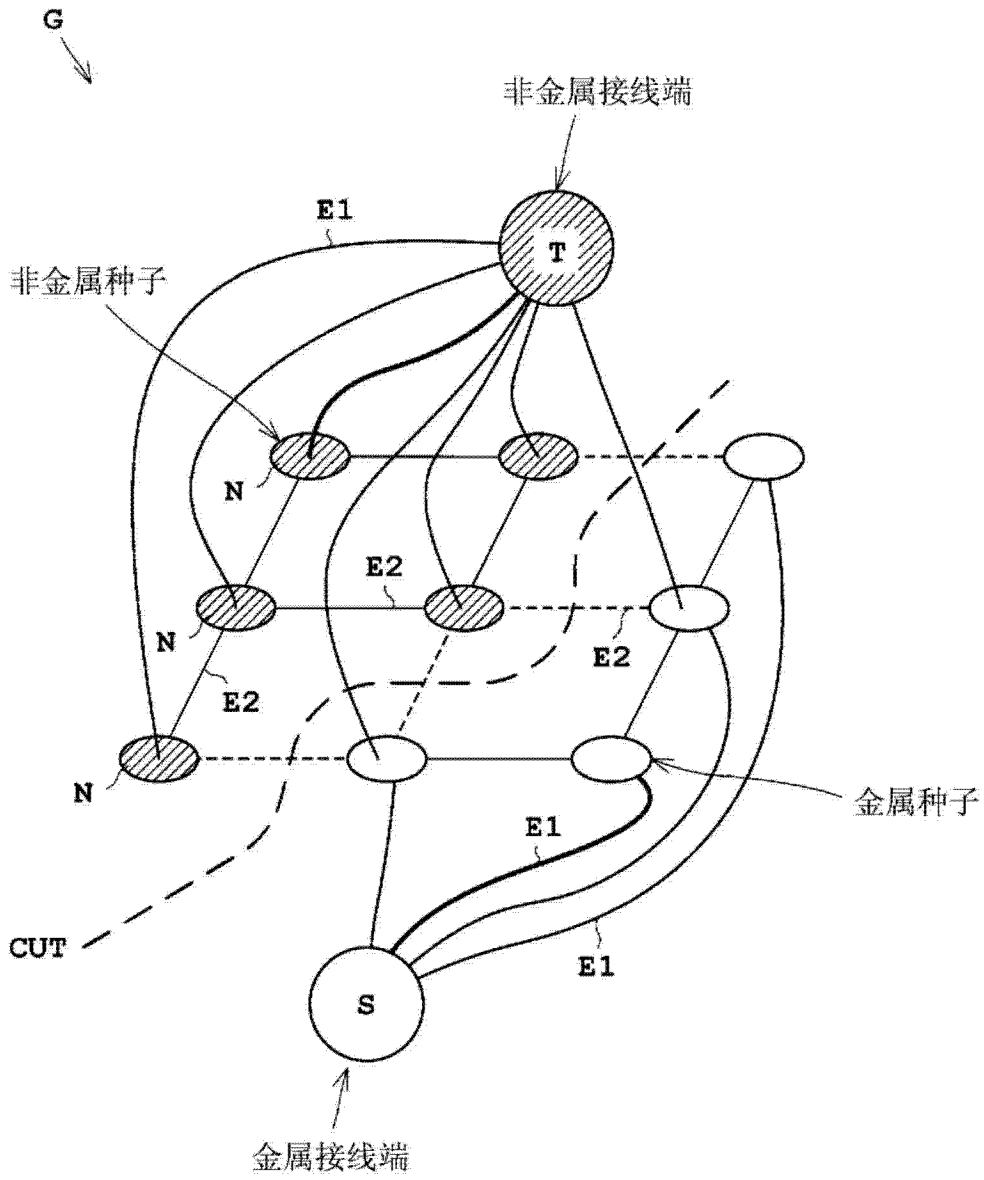
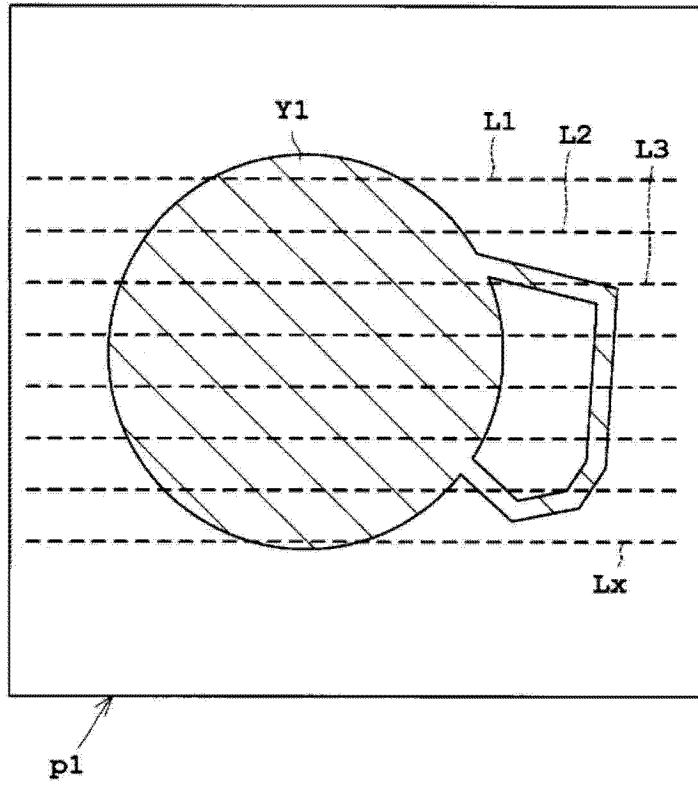


图 9

(a)



(b)

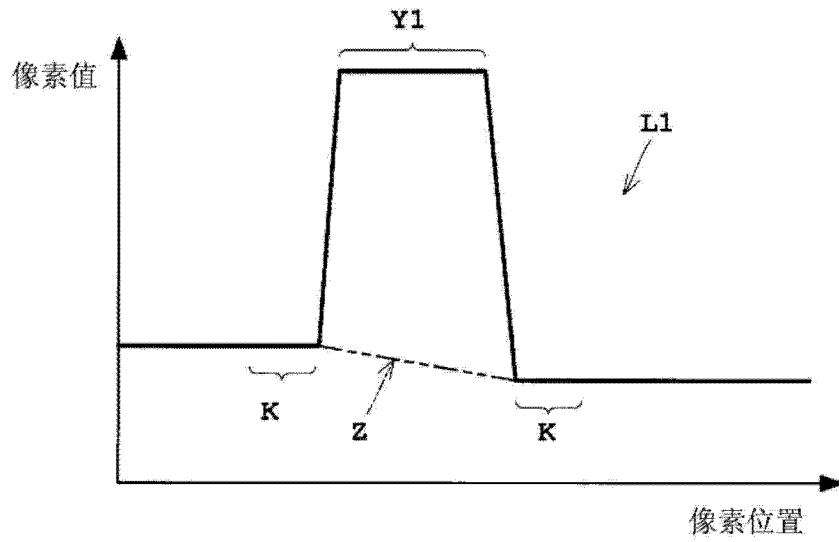


图 10

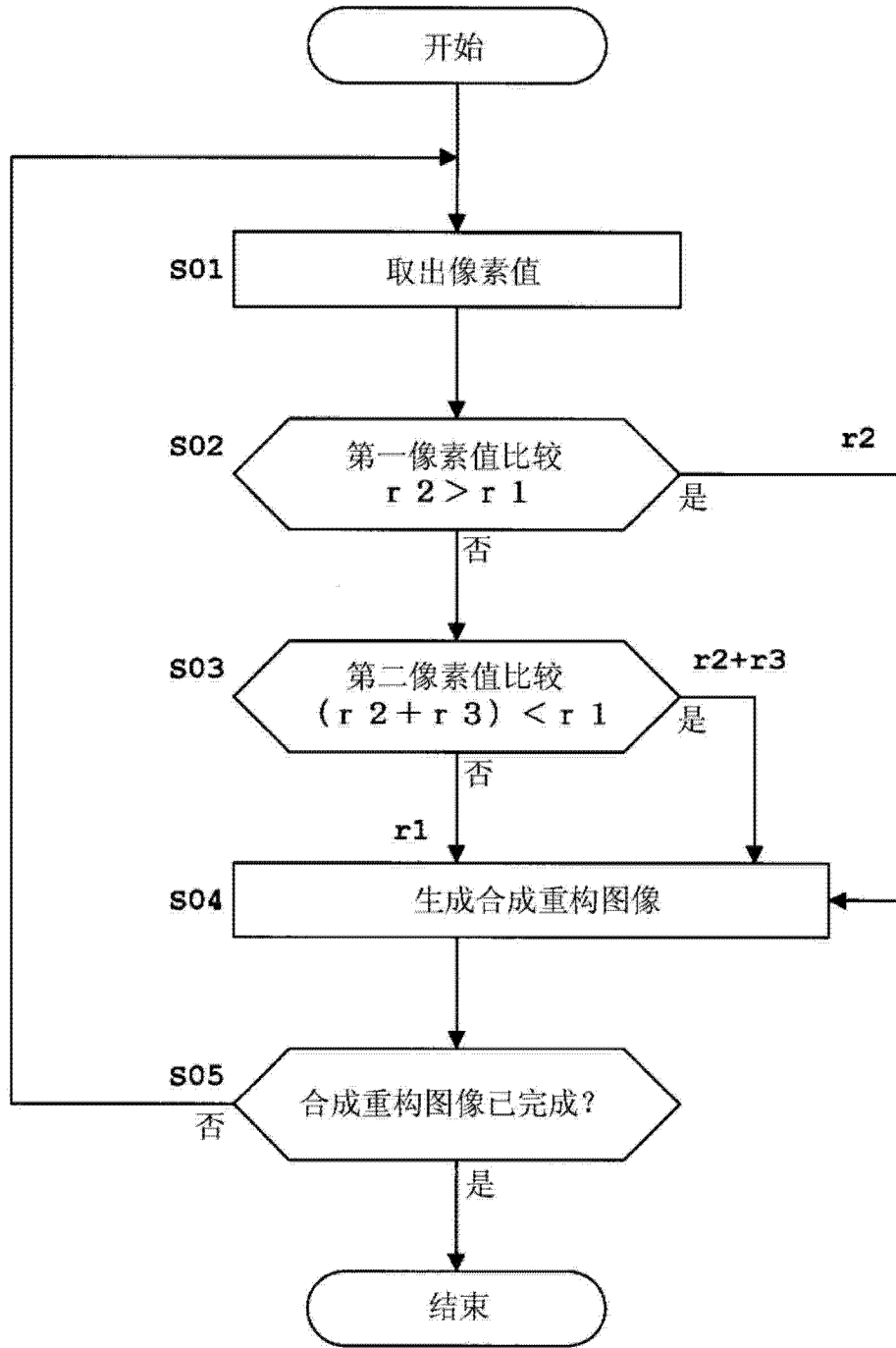


图 11

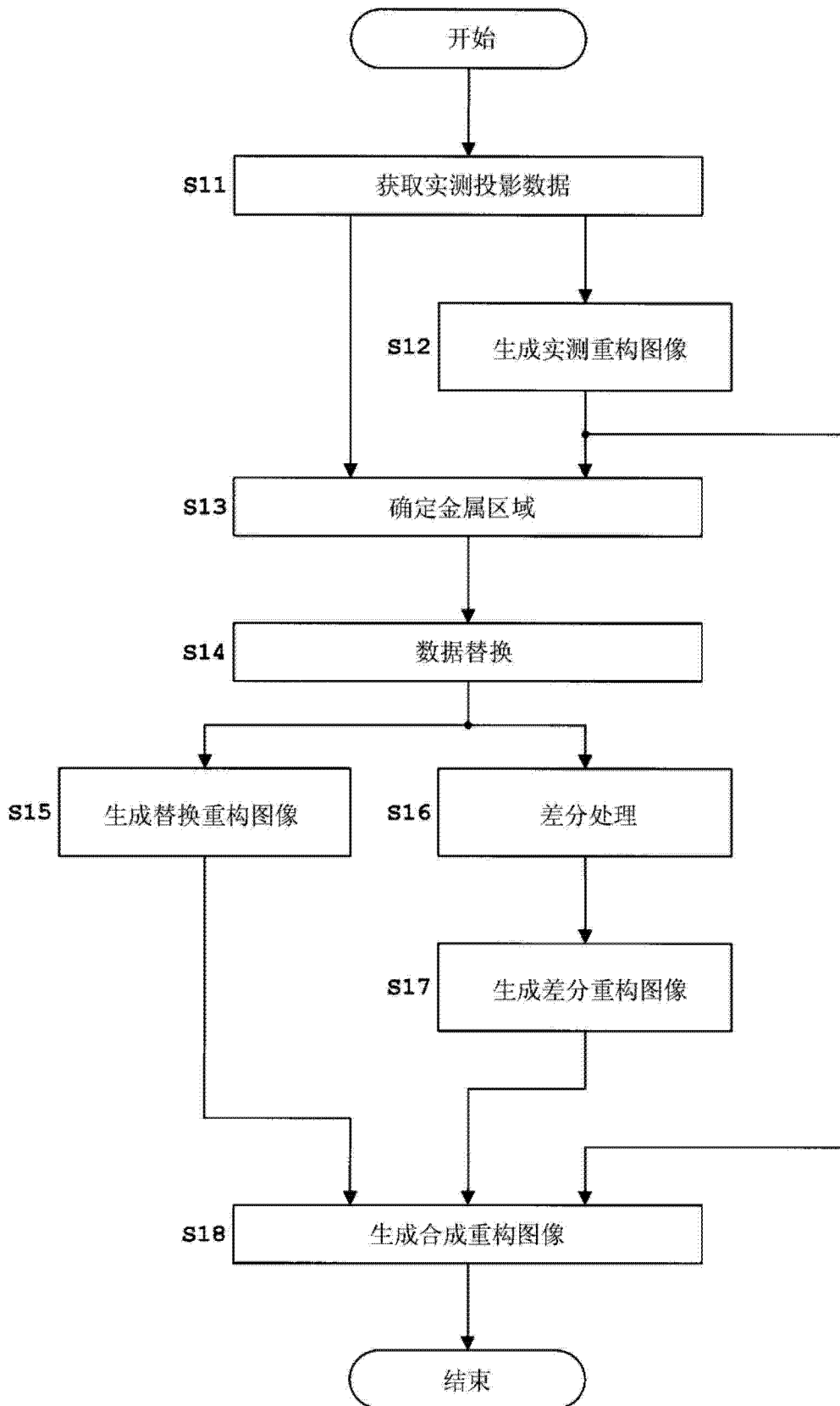


图 12

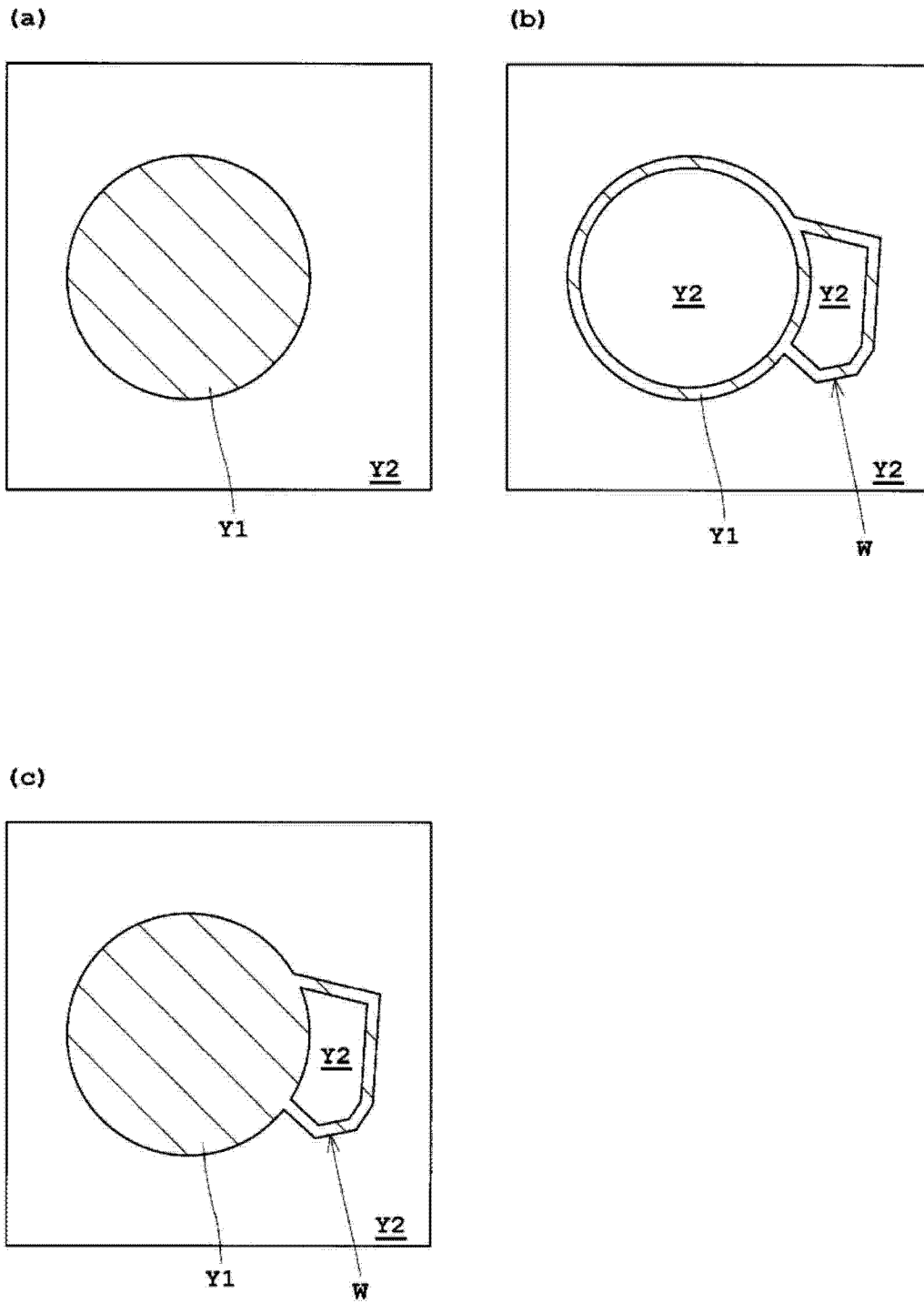


图 13

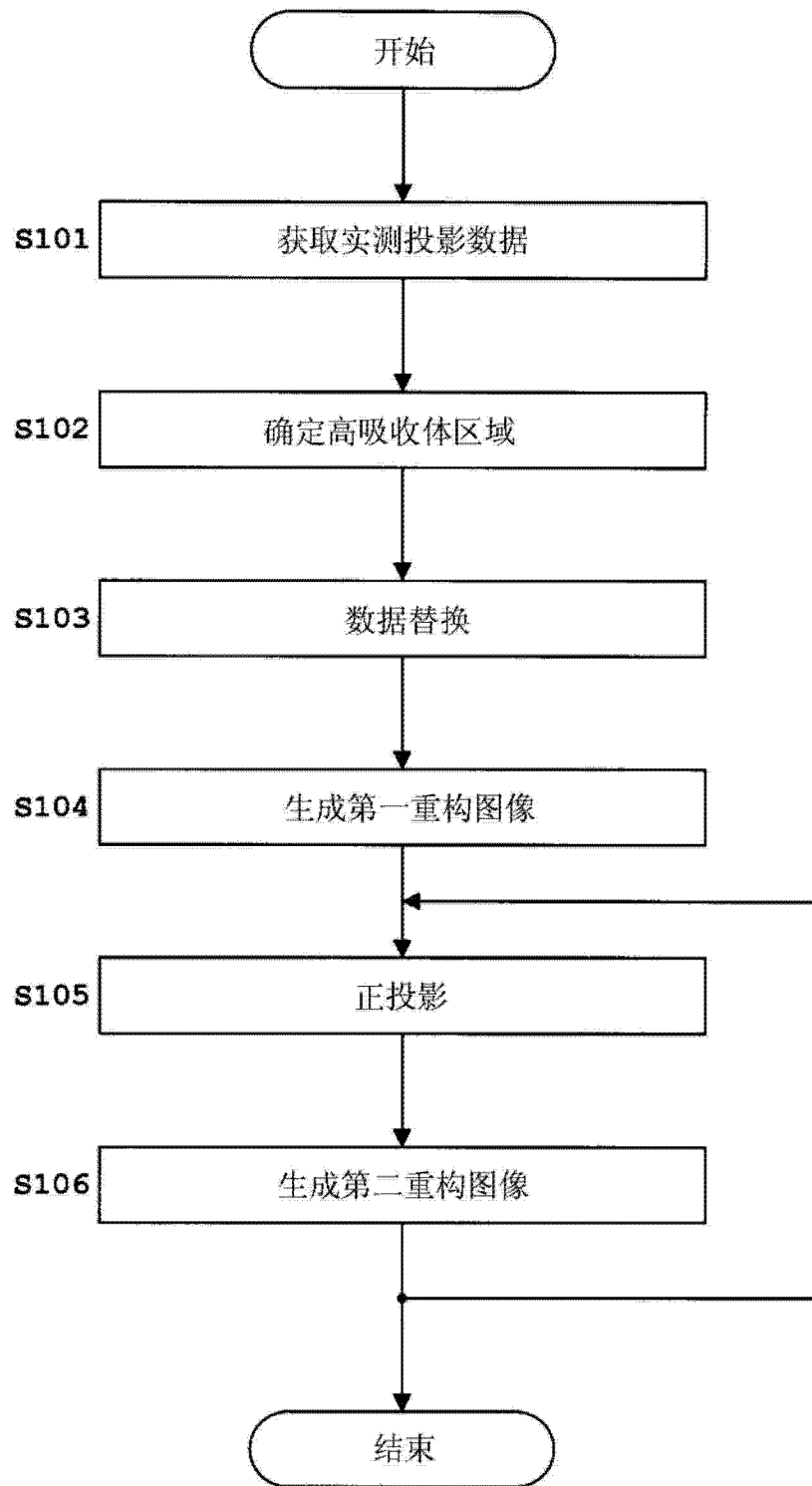


图 14