



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101169383 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 19

(21) 申请号 200710181786. 1

(22) 申请日 2007. 10. 29

(30) 优先权数据

2006-292156 2006. 10. 27 JP

(73) 专利权人 GE 医疗系统环球技术有限公司

地址 美国威斯康星州

(72) 发明人 萩原明

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 张雪梅 王忠忠

(51) Int. Cl.

G01N 23/04(2006. 01)

A61B 6/03(2006. 01)

G06T 11/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2005-80918 A, 2005. 03. 31, 全文.

JP 特开 2002-253546 A, 2002. 09. 10, 全文.

US 5933540 A, 1999. 08. 03, 全文.

US 6081577 A, 2000. 06. 27, 全文.

JP 特开 2002-153454 A, 2002. 05. 28, 全文.

审查员 王京阳

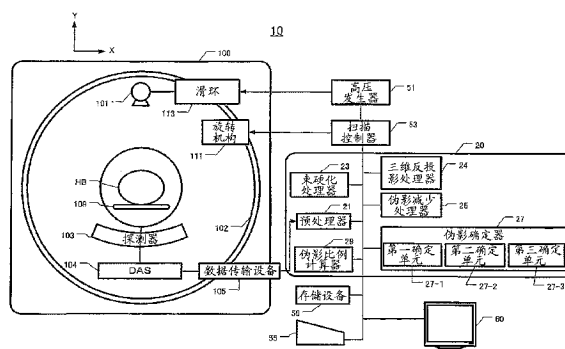
权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 14 页

(54) 发明名称

X-射线断层摄影设备和伪影减少方法

(57) 摘要

本发明提供一种减少伪影的 X-射线断层摄影设备(10)。该 X-射线断层摄影设备包括将 X 射线暴露于对象的扫描装置(103);CT 值改变指定装置(25),其针对通过反投影投影数据获得的断层摄影图像的目标像素,指定体轴方向上 CT 值改变量;第一伪影确定单元(27-1),其确定在包含目标像素的外围确定像素区域中 CT 值改变量是否包含在预定范围内;第二伪影确定单元(27-2),其确定当通过第一伪影确定包含在预定范围内的像素数量为第一阈值或以上时,目标像素为伪影;以及伪影减少单元,当第二伪影确定单元判断目标像素为伪影时,执行图像处理以减少伪影。



1. 一种 X-射线断层摄影设备 (10), 包括:

扫描装置 (103), 用于在台架 (100) 和平台 (109) 中至少一个正沿着对象 (HB) 的体轴方向移动的同时将 X 射线暴露于对象, 由此生成对象 (HB) 的投影数据;

第一伪影确定单元 (27-1), 被配置为用于根据通过对投影数据进行反射投影而获得的断层摄影图像中包含的多个像素的至少一个像素在体轴方向上计算的 CT 值改变量, 而将所述至少一个像素识别为伪影;

第二伪影确定单元 (27-2), 被配置为用于设置确定像素区域, 该确定像素区域包含作为目标像素的被识别为伪影的所述至少一个像素以及位于目标像素周围的区域, 以及当所述确定像素区域中由第一伪影确定单元识别为伪影的至少一个像素的数量超过第一预定参考值时, 再确定目标像素为伪影; 以及

伪影减少单元 (25), 被配置为对最终判断为伪影的每个像素执行用于减少伪影的图像处理。

2. 根据权利要求 1 的 X-射线断层摄影设备 (10), 还包括:

伪影比例计算装置 (29), 被配置为用于计算所述断层摄影图像中被识别为伪影的像素的数量与所述断层摄影图像中像素的总数的比例; 以及

第三伪影确定单元 (27-3), 被配置为用于当所述比例大于预定阈值时再识别所述至少一个像素作为伪影。

3. 根据权利要求 1 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中在反投影投影数据而获得的多个断层摄影图像中, 第一伪影确定单元 (27-1) 根据体轴方向上 CT 值改变量来确定伪影。

4. 根据权利要求 1 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中在伪影减少单元 (25) 处用于减少伪影的图像处理是用加权因子乘以体轴方向上多个像素, 并且把乘法的结果加起来, 并且减少相应断层摄影图像中每个目标像素的伪影。

5. 根据权利要求 4 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中伪影减少单元 (25) 根据体轴方向上多个像素区域的数量改变每个加权因子。

6. 根据权利要求 1 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中每个确定像素区域的形状为多边形。

7. 根据权利要求 6 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中所述多边形为四边形。

8. 根据权利要求 1 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中第二伪影确定单元 (27-2) 根据每个断层摄影图像的放大显示和其缩小显示, 改变构成确定像素区域的像素数量。

9. 根据权利要求 1 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中第二伪影确定单元 (27-2) 处的参考值可改变。

10. 根据权利要求 2 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中第二伪影确定单元 (27-2) 处的参考值可改变。

11. 一种减少断层摄影图像中伪影的方法, 包括:

在台架 (100) 和平台 (109) 中至少之一沿着对象体轴方向移动的同时, 将 X 射线发送于对象, 以产生投影数据;

通过反投影所述投影数据获得多个断层摄影图像;

根据所述多个断层摄影图像的每个断层摄影图像中包含的多个像素中的至少一个像素在体轴方向上计算的 CT 值改变量, 将所述至少一个像素识别为伪影 (S17);

设置确定像素区域,该确定像素区域包含作为目标像素的被识别为伪影的所述至少一个像素和目标像素周围的区域,并且当所述确定像素区域中的识别为伪影的所述至少一个像素的数量超过第一预定参考值时(S18),再确定目标像素是否伪影;以及

对最终判断为伪影的每个像素执行用于减少伪影的图像处理(S19)。

X- 射线断层摄影设备和伪影减少方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种 X- 射线断层摄影设备及其伪影减少方法,所述摄影设备在 X- 射线 CT(计算机断层摄影) 设备等上显示具有较少伪影影响的断层摄影图像,所述伪影为诸如锥形束伪影、风车伪影等。

背景技术

[0002] 在多层 X- 射线计算机断层摄影(X- 射线 CT) 设备中,层数现在增加到 64 或 256。已经知晓各种锥形束图像重建算法,使用 X- 射线 CT 设备的螺旋扫描。然而,锥形束图像重建算法中普遍的一个问题是对物体轴方向(也称作 z 方向或层方向)上的采样间隔不足。这些算法违反 Nyquist 定理并且由于高频成分而在每个重建图像中引起旋转风车形的伪影。即,当探测器的分辨率对于结构不够的并且使得螺距在螺旋扫描中较大时,不能理想地执行插值计算并且因而在图像上发生风车形的伪影。

[0003] 为了减少这种风车形伪影,在 z 方向上执行多点插值以减少目标信号的波动宽度,由此将风车形伪影投射成阴影。在日本未审专利公开号 No. 2003-325502,例如,在执行重建函数卷积处理之后,在 z 方向上执行插值处理由此尝试减少风车形伪影。

发明内容

[0004] 然而,在 z 方向上执行多点插值以减少伪影的方法中,即使对其中未显现伪影的图像区域也实施插值,因而导致 Z 方向上分辨率下降,由此不能通过分辨率的进一步增加而获得清楚的断层摄影图像。

[0005] 因而,本发明目的在于提供一种 X- 射线断层摄影设备,其确实提取伪影而不减少 Z 方向上的分辨率,由此以减少伪影,并且提供一种伪影减少方法。

[0006] 在本发明中,仅针对来自三维反投影(back-projection)断层摄影图像中的每一个其中显现有伪影的图像区域,减少伪影。对于没有发生伪影的区域,使用三维反投影断层摄影图像本身,并且显示断层摄影图像。因而,对于不发生伪影的图像区域可以获得清楚的断层摄影图像,而无需在 z 方向上减少分辨率。

[0007] 根据第一方面的 X- 射线断层摄影设备包括:扫描装置,用于在台架和平台中至少一个正沿着对象的体轴方向移动的同时将 X 射线暴露于对象,由此生成对象的投影数据;第一伪影确定单元,用于确定通过对投影数据进行反投影而获得的断层摄影图像中包含的每个像素作为伪影;第二伪影确定单元,用于以由第一伪影确定单元确定为伪影的像素作为目标,设置确定像素区域,该确定像素区域包含目标像素以及位于目标像素周围的区域,以及当在第一伪影确定单元处判断为可以产生伪影的像素的每个像素存在超过预定参考值时,再确定目标像素为伪影;以及伪影减少单元,对最终判断为伪影的每个像素实施用于减少伪影的图像处理。

[0008] 在根据第一方面的 X- 射线断层摄影设备中,第一伪影确定单元首先确定伪影存在于断层摄影图像中包含的每个像素中。此外,第二伪影确定单元在由第一伪影确定单元

判断为伪影的像素超出预定参考值或标准时,再确定该像素为伪影。因而,加倍确定断层摄影图像中每个像素是否为伪影。可以仅对这样判断为伪影发生之处的像素实现图像处理,以减少伪影。由于像素而不是伪影不经受插值处理,体轴方向的分辨率未降低。

[0009] 根据第二方面的 X-射线断层摄影设备包括伪影率计算装置,用于计算断层摄影图像中判断为伪影的每个像素所占据的比例,以及第三伪影确定单元,用于当比例大于预定阈值时再确定像素作为伪影。

[0010] 根据第二方面的 X-射线断层摄影设备,计算再确定作为伪影的目标像素在每幅断层摄影图像中占据的比率。即,存在断层摄影图像,其中根据比例未出现伪影。因而,即使当伪影再确定存在与图像中,也可以确定在小于整个断层摄影的预定比例的断层摄影图像中未发生伪影。因而,目标像素指定相应于伪影的像素,并且尽在其中显现有伪影的指定像素上可以实现图像处理以减少伪影。

[0011] 在根据第三方面的 X-射线断层摄影设备中,在反投影投影数据而获得的多个断层摄影图像中,第一伪影确定单元根据体轴方向上 CT 值中改变量而确定伪影。

[0012] 体轴方向上 CT 值改变量通过实验等指定。确定是否 CT 值改变量包含在预定范围中,由此确定其中正显现伪影的每个像素。在根据第三方面的断层摄影结构中,确定是否 CT 值中改变量包括在预定范围中,由此确定其中正显现伪影的每个像素。

[0013] 在根据第四方面的 X-射线断层摄影设备,在伪影减少单元处用于减少伪影的图像处理是用加权因子乘以体轴方向上多个像素,并且增加乘法的结果并且减少相应断层摄影图像中每个目标像素的伪影。

[0014] 在第三方面的结构中,体轴方向上多个像素区域乘以它们相应的加权因子,并且乘法结果叠加在一起,并且减少每个断层摄影图像的像素区域中显现的伪影。

[0015] 在根据第五方面的 X-射线断层摄影设备,伪影减少单元根据第四方面中体轴方向上多个像素区域的数量而改变加权因子。

[0016] 在第三方面的结构中,根据体轴方向中多个像素区域中的数量,加权因子可以改变,相应于例如目标区域的邻域中一个层图像情况中的 3 以及其邻域中 n 个层图像的情况中的 $2n+1$ 。

[0017] 在根据第六方面的 X-射线断层摄影设备,每个决定像素区域成为四边形或者多边形。

[0018] 在第六方面的结构中,根据断层摄影图像显示方法或者成像条件等,决定像素区域形状可以是四边形或多边形。

[0019] 在根据第七方面的 X-射线断层摄影设备,构成决定像素区域的像素数量根据每个断层摄影图像的放大显示和其缩小显示而改变。

[0020] 在第七方面的结构中,屏幕上伪影的尺寸或其上区域的尺寸通过断层摄影图像的放大显示和缩小显示而改变。根据其改变决定像素区域的尺寸使得可以更精确地指定相应于伪影的每个像素。

[0021] 在根据第八方面的 X-射线断层摄影设备,可以使得第一伪影决定单元处的参考值可改变。

[0022] 根据对象的成像条件或成像区域,伪影显现方式不同。如果,例如,采用几乎伪影不出现的区域,那么不发生任何问题,即使第一阈值放松到 90%至 85%。因而,如果考虑到

出现在断层摄影图像中的伪影和体轴方向上的分辨率可以使得第一伪影确定单元的参考值可变化,那么可以获得操作者期望的断层摄影图像。

[0023] 在根据第九方面的 X- 射线断层摄影设备,可以使得第二伪影确定单元的参考值可变化。

[0024] 在第九方面,根据对象的成像条件或图像区域等,伪影出现方式可以不同。存储相应于伪影的每个像素并且将其尽可能投影成阴影。一方面,优选地在每个正常像素上不实施插值处理。因而,如果考虑到出现在断层摄影图像中的伪影和体轴方向上分辨率,使得第二伪影确定单元的参考值可变化,那么可以获得操作者期望的断层摄影图像。

[0025] 根据本发明的 X- 射线断层摄影设备和伪影减少方法,可以可靠地指定其中显现伪影的每个像素,因为核实其中显现伪影的像素。仅对来自三维反投影断层摄影图像的每个其中显现有伪影的像素,减少伪影。可以显示这样的断层摄影图像,其中对于不发生伪影的区域,使用三维反投影断层摄影图像本身。

附图说明

[0026] 图 1 是示出根据本实施例的 X- 射线 CT 设备 10 的结构的结构图。

[0027] 图 2 是示出表示 X- 射线管 10 和多行 X- 射线探测器 103 的几何布置的图。

[0028] 图 3 是示意性示出本发明的 X- 射线 CT 设备 10 的断层摄影图像成像操作的流程图。

[0029] 图 4 是用于在确定反投影数据 D3 之前减少伪影的流程图。

[0030] 图 5 是示出基于反投影数据 $D3(x, y, z)$ 和其像素区域而示出断层摄影图像的像素的概念图。

[0031] 图 6 是其中执行伪影减少处理之前的断层摄影图像 $D3(x, y, z)$ 和经受伪影减少处理的断层摄影图像 $D31(x, y, z)$ 显示在显示器 60 上范例。

[0032] 图 7 是示出指数的函数的图。

[0033] 图 8(a) 是示出风车伪影的图,图 8(b) 是图 8(a) 的框架围绕的区域的放大图,而图 8(c) 是示出 CT 值改变量的图形。

[0034] 图 9(a) 是示出血管延伸方向突然改变的血管部分 HB-B 的图,而图 9(b) 是示出 CT 值改变量的图。

[0035] 图 10(a) 是示出延伸到 XY 平面的血管部分 HB-B 的图,而图 10(b) 是示出 CT 值改变量的图。

[0036] 图 11 是用于核实其中存在伪影的目标像素的流程图。

[0037] 图 12 是示出经受伪影减少处理之前、对象头部的断层摄影图像和重建区域 P 的图。

[0038] 图 13 是示出用于在检查伪影率之后执行伪影减少处理的流程图的图。

[0039] 图 14 是在体轴方向上从对象 HB 的胸部到其头部的横截面视图和伪影率。

具体实施方式

[0040] <X- 射线断层摄影设备的结构>

[0041] 图 1 是示出根据本实施例的 X- 射线计算机断层摄影设备 (X- 射线 CT 设备) 10 的

结构的框图。X-射线断层摄影设备 10 装配有台架 100 和平台 109,用于将对象 HB 插入到台架 100 的成像区域中。平台 109 在对应于对象 HB 的体轴方向的 Z 方向上移动。台架 100 具有旋转环 102,并且包括用于将锥形束形式的 X-射线束 XR 暴露到旋转环 102 的 X-射线管 101,以及布置成与 X-射线管 101 相对的多行 X-射线探测器 103。多行 X-射线探测器 103 探测透射通过对象 HB 的 X 射线。

[0042] 多行 X-射线探测器 103 包括闪烁体和光电二极管。通常称作 DAS(数据采集系统)的数据采集电路 104 连接到多行 X-射线探测器 103。对于数据采集电路 104 中每个通道,提供了用于将多行 X-射线探测器 103 的每个通道的电流信号转换成电压的 I-V 转换器、用于与 X-射线辐射循环或周期同步地周期性积分电压信号的积分器、用于放大从积分器输出的信号的前置放大器以及用于将从前置放大器中输出的信号转换成数字信号的模数转换器。从数据采集电路 104 发送的数字信号通过数据传输设备 105 发送到图像处理器 20。

[0043] 用于将电压提供到 X-射线的高压发生器 51 提供在操作控制台侧。该高压发生器 51 周期性地产生高电压并且将高电压通过滑环 113 提供到 X-射线管 101。

[0044] 操作控制台侧的扫描控制器 53 执行多种扫描形式,诸如轴扫描、螺旋扫描、可变螺距螺旋扫描。轴扫描是一种扫描方法,其在每次在 Z-轴方向上移动平台 109 预定螺距时,旋转 x-射线管 101 和多行 X-射线探测器 103,由此获得或采集投影数据。螺旋扫描是一种扫描方法,用于在 X-射线管 101 和多行 X-射线探测器 103 正旋转的状态下以预定速度移动平台 109,由此以采集原始数据。可变螺距螺旋扫描是一种扫描方法,用于以相似于螺旋扫描的方式在由旋转机构 111 正旋转 X-射线管 101 和多行 X-射线探测器 103 的同时,改变平台 109 的速度,由此以采集原始数据。扫描控制器 53 与高压发生器 51 同步驱动旋转机构 111,并且执行对扫描(诸如由数据采集电路 104 周期性采集原始数据等)的控制。

[0045] 输入设备 55 包括键盘或鼠标,其从操作者接收输入。存储设备 59 在其中存储程序、X-射线探测器数据、投影数据和 X-射线断层摄影图像。图像处理器 20 对从数据采集电路 104 发送的投影数据实现预处理、图像重建处理、后处理等。显示器 60 显示操作屏幕并且显示经图像重建的断层摄影图像。

[0046] < 图像处理器的结构 >

[0047] 图像处理器 20 包括预处理器 21、束硬化处理器 23、三维反投影处理器 24、伪影减少单元 25、伪影确定器 27(第一确定单元 27-1、第二确定单元 27-2 和第三确定单元 27-3)以及伪影比例计算器 29。

[0048] 预处理器 21 为数据采集电路 104 采集的原始数据,校正通道-通道灵敏性不均匀性,并且执行诸如 X-射线剂量校正的预处理,用于矫正由于 X-射线强吸收体(主要是金属部分)造成的信号强度的极度减少和信号遗漏。附带地,本实施例中,用预处理处理的数据称作投影数据。

[0049] 束硬化处理器 23 对投影数据的束硬化进行校正处理。束硬化是这样一种现象,即使在相同的材料的情况下,X射线的吸收由于透射厚度而改变,由此每个 CT 图像上的 CT 值(亮度)改变。尤其,这意味着透射过对象的辐射的能量分布偏向高能量侧。因而,束硬化在投影数据的切片方向以及其通道方向上进行校正。

[0050] 三维反投影处理器 24 接收由预处理器 21 预处理的投影数据并基于投影数据重

建图像。投影数据受到快速傅立叶变换 (FFT), 用于将其转换到频域, 并且在经受反傅立叶变换之后与重建函数 Kernel(j) 进行卷积。三维反投影处理器 24 对经受了重建函数 Kernel(j) 的卷积处理的投影数据执行三维反投影处理, 以确定对象 HB 的每个体轴方向 (Z 方向) 的断层摄影图像 (xy 平面)。三维反投影处理器 24 允许存储设备 59 存储断层摄影图像。

[0051] 伪影减少单元 25 在三维反投影之后从存储设备 59 读取断层摄影图像, 并且对其执行伪影减少处理。伪影减少单元 25 允许存储设备 59 存储伪影减少的断层摄影图像, 并且使得显示器 60 显示该图像。

[0052] 伪影确定器 27 具有第一确定单元 27-1、第二确定单元 27-2 和第三确定单元 27-3。第一确定单元 27-1 根据每幅断层摄影图像的像素的 CT 值的改变量评估伪影的发生。第二确定单元 27-2 使用包括像素的确定矩阵, 再确定评估为显现了伪影的相应像素。此外, 第三确定单元 27-3 确定伪影在每幅断层摄影图像中或者位于断层摄影图像中的对象 HB 中所占的比例, 并且核实伪影的存在。由于体轴方向上的图像分辨率随着执行伪影减少处理而下降, 所以如果伪影是可忽略的微弱伪影, 则可以不执行伪影减少处理。因此, 伪影确定器 27 具有多个确定单元。这些确定单元根据成像条件或环境等具有多个判断标准。

[0053] 伪影比例计算器 29 计算其中显现了伪影的像素在断层图像或者断层摄影图像中的对象 HB 中占多少比例。

[0054] 图 2(a) 和 2(b) 是示出 X-射线管 101 和多行 X-射线探测器 103 的几何布置的图。图 2(a) 是示出从 xy 平面所观察的 X-射线管 101 和多行 X-射线探测器 103 的几何布置的图, 而图 2(b) 是示出从 yz 平面所观察的 X-射线管 101 和多行 X-射线探测器 103 的几何布置的图。X-射线管 101 的阳极产生称作锥形束的 X-射线束 XR。当锥形束的中心轴的方向平行 y 方向时, 假设视角为 0° 。多行 X-射线探测器 103 具有对应于 z-轴方向 (切片方向) 上 J 行的 X-射线探测器行, 例如 256 行。每个 X-射线探测器行具有对应于在通道方向上观察的 I 个通道的 X-射线探测器通道, 例如 1024 个通道。在图 2(a) 中, 从 X-射线管 101 的 X-射线焦点发射的 X-射线束 XR 的较多 X-射线, 通过束形成 X-射线滤波器 121 施加到图像重建区域 P 的中心, 然而 X-射线束 XR 中的较少 X 射线施加到图像重建区域 P 周围的部分。因而, 在对 X-射线剂量进行空间控制之后, X 射线吸收入存在于图像重建区域 P 中的对象 HB 中, 并且透射的 X 射线由多行 X-射线探测器 103 采集作为原始数据。

[0055] 在图 2(b) 中, 从 X-射线管 101 的阳极发射的 X-射线束 XR 在断层摄影图像的切片厚度方向上受到 X-射线准直仪 123 的控制, 并且因而 X 射线吸收入存在于旋转中心轴 IC 附近的对象 HB 中, 并且穿透的 X 射线由多行 X-射线探测器 103 采集作为原始数据。在 X-射线已经施加到对象 HB 上之后, 由多行 X-射线探测器 103 采集的每个原始数据由数据采集电路 104 进行 A/D 转换如从多行探测器 103 所观察的, 随后经由数据传输设备 105 输入到图像处理器 20 中。输入到图像处理器 20 的原始数据由图像处理器 20 根据存储设备 59 的相应程序进行处理并且图像重建成断层摄影图像, 其随后显示在显示器 60 上。附带地, 虽然本实施例中已经应用了多行 X-射线探测器 103, 也可以应用由平板 X-射线探测器代表的矩阵结构的二维 X-射线面探测器。

[0056] < 用于断层摄影成像的操作流程 >

[0057] 图 3 是示出本发明的 X-射线 CT 设备 10 的断层摄影图像成像操作的要点的流程

图。

[0058] 在步骤 S11, 执行螺旋扫描, 当平台 109 线性移动时, 围绕对象 HB 旋转 X- 射线管 101 和多行 X- 射线探测器 103, 并且从多行 X- 射线探测器 103 中采集数据。z 方向位置 $Z_{table}(view)$ 添加到以视角 view、探测器行号 j 以及通道号 i 表达的原始数据 $D(view, j, i)$ (其中 $j = 1$ 至 ROW, 而 $i = 1$ 至 CH), 并且在恒速范围中执行数据采集。

[0059] 在步骤 S12, 原始数据 $D0(view, j, i)$ 受到预处理并且转换成投影数据。执行偏移量校正、对数转换、X- 射线剂量校正和灵敏度校正。

[0060] 在步骤 S13, 对经预处理的投影数据 $D01(view, j, i)$ 实施束硬化校正, 并且转换成经过束硬化校正的投影数据 D1。步骤 S13 处的束硬化校正可以通过例如多项式乘法计算执行。由于这时从多行 X- 射线探测器 103 的切片方向上观察, 可以每 j 行执行独立束硬化校正, 因此如果 X- 射线管电压根据成像条件不同, 则可以校正布置在每行的探测器之间的 X- 射线能量特性的差别。

[0061] 在步骤 S14, 对经过束硬化校正的投影数据 D1 实施用于暴露切片方向 (z 方向) 上的滤波器的 Z- 滤波卷积处理, 并且投影数据 D1 转换成经过滤波卷积处理的投影数据 D11。即, 在每个视角和每个数据采集系统处, 对多行 X- 射线探测器 103 的投影数据实施 z- 滤波器卷积处理。当行方向滤波器系数对于每个通道进行改变, 可以根据与图像重建中心的距离而控制切片厚度。

[0062] 在步骤 S15, 将重建函数 $Kernel(j)$ 与经过滤波卷积处理的投影数据 D11 进行卷积处理。即, 执行用于将经滤波卷积处理的投影数据 D11 转换成频域的快速傅立叶变换 (FFT), 并且对投影数据 D11 重建函数 $Kernel(j)$ 卷积处理。然后, 执行傅立叶逆变换以将其转换成经过重建函数卷积处理的投影数据 $D2(view, j, i)$ 。由于可以实施重建函数 $Kernel(j)$ 和在多行 X- 射线探测器 103 的每 j 行互相独立的重建函数的卷积处理, 可以校正每行的噪声特性之间和分辨率特性之间的差别。

[0063] 在步骤 S16, 对经受重建函数卷积处理的投影数据 $D2(view, j, i)$ 实施三维反投影处理, 以确定反投影数据 $D3(x, y, z)$ 。将待图像重建的图像在例如垂直于 z 轴的 xy 平面的平面上进行三维图像重建。假设下列重建区域 P 平行于 xy 平面。

[0064] 在步骤 S17, 伪影减少单元 25 基于 CT 值的体轴方向 (z 方向) 上 CT 值改变量, 从反投影数据 $D3(x, y, z)$ 中检测其中显现伪影的每个像素。如稍后将描述的, 其中显现有伪影的像素包含在预定范围的 CT 值的改变量中。因而, 如果获取预定范围中 CT 值的改变量, 则评估伪影存在。

[0065] 在步骤 S18, 伪影确定器 27 和伪影比例计算器 29 对评估了其中存在伪影的每个像素, 执行确定处理以进一步确保其评估。

[0066] 在步骤 S19, 伪影减少单元 25 仅对检测得的其中显现有伪影的图像区域实施滤波处理。至于其中未显现伪影的图像区域, 使用反投影数据 $D3(x, y, z)$ 本身作为断层摄影图像 $D31(x, y, z)$ 。因而, 保持了体轴方向上的分辨率, 从而可以获得更清楚的断层摄影图像。

[0067] < 用于伪影处理的操作流程 >

[0068] 图 4 是用于在确定反投影数据 $D3(x, y, z)$ 之后执行伪影减少的流程图, 并且是详细示出图 3 中所示流程的步骤 S17 至 S19 的流程图。图 5 是示出基于反投影数据 $D3(x, y, z)$ 的断层摄影图像的像素的概念图。附带地, 通过本流程图可以减少风车伪影或锥形束伪

影。

[0069] 在图 4(a) 中,在步骤 S171 指定操作者希望确认的对象 HB 的 z 位置。伪影减少单元 25 确定待处理的每个像素 $p(x, y, z)$ 。例如,如果假设平行于 xy 平面的 512×512 像素的正方形区域为图 5(a) 中所示的重建区域 P,那么 x 的范围从 1 至 512,并且 y 的范围也从 1 至 512。

[0070] 在步骤 S172,伪影减少单元 25 测量待处理的每个像素 $p(x, y, z)$ 的从 z 方向观察的 CT 值的改变。例如,假设重建区域 P 中待处理的像素 $p(x1, y1, z1)$ 的邻域中 z 方向上 CT 值的改变如下。

[0071] $p(x1, y1, z-1) = 10\text{HU}$ (Hounsfield 单位)

[0072] $p(x1, y1, z) = 30\text{HU}$

[0073] $p(x1, y1, z+1) = 50\text{HU}$

[0074] 从这中可以理解,从体轴方向上观察,在 $p(x1, y1, z)$ 邻域最小 CT 值和最大 CT 值之间差别中,存在 40HU 的改变量。

[0075] 在此,图 5(a) 示出了 $p(x1, y1, z1)$ 邻域中 z- 方向像素。下面将基于每个像素改变的假设,说明 VT 值的改变。然而,可以采用其中一个特定像素周围的多个像素组合在一起的像素区域 (X1, Y1, Z1) 中平均 CT 值,或者可以使用最高 CT 值或最低 CT 值。由多个像素组成的像素区域移动,针对每个特定像素移动。虽然如上测量待处理的像素 $p(x1, y1, z1)$ 的邻域中一个切片的 CT 值的改变量,但是也可以测量其邻域中 n 个切片的 CT 值改变量。

[0076] 其次,在步骤 S181,伪影确定器 27 (第一确定单元 27-1) 确定一指数 (index)。该指数可以由下列函数确定。在下列等式中,测量待处理的像素 $p(x, y, z)$ 的邻域中 n 个切片的 CT 值的改变,并且根据这些改变确定预期的指数。

[0077] 指数 = $f(p(x, y, z-n), p(x, y, z-n+1) \dots p(x, y, z) \dots p(x, y, z+n))$

[0078] 这意味着,对于其中正显现伪影的像素,指数设置成减少伪影,然而对于其中未显现伪影的像素,指数设置成照现在的样子利用待处理的像素 $p(x, y, z)$ 。使用图 7 将说明确定指数的函数。

[0079] 假设如前述范例中给出 CT 值改变为 $p(x1, y1, z-1) = 10\text{HU}$, $p(x1, y1, z) = 30\text{HU}$ 以及 $p(x1, y1, z+1) = 50\text{HU}$,达到指数 = 1。

[0080] 在步骤 S182,伪影确定器 27 (第二确定单元 27-2) 对其中已经评估存在伪影的每个像素执行确定处理,以进一步确保其评估。伪影确定器 27 确定其中存在伪影的像素 (指数 > 0) 是否数量上较大,甚至在目标像素周围的多个像素区域处。这是因为仅一个目标像素中伪影的发生率较低。稍后将在图 8 至图 11 中说明本第二确定单元 27-2。

[0081] 在步骤 S183,伪影比例计算器 29 计算已经评估伪影存在的像素 (指数 > 0) 在所有 512×512 个像素中占据的比例,其中每幅断层摄影图像以 512×512 像素的正方形表示。这是因为存在这样的可能性,即如果比例极端地低,其断层摄影图像中将不存在伪影。伪影确定器 27 (第三确定单元 27-3) 基于伪影比例计算器 29 计算得的比例而确定是否正显现伪影。稍后将参考图 12 至 14 将描述其细节。附带地,并非必须执行步骤 S183。这是因为在步骤 S182 基本上可以掌握其中存在伪影的每个像素。因而,如虚线所示,在完成步骤 S182 之后,伪影处理可以跳过步骤 S183 以进行到步骤 S191。

[0082] 接下来,在步骤 S191,伪影减少单元 25,基于指数值对待处理的像素 $p(x, y, z)$ 进

行图像处理,以确定其处理之后的像素 $p'(x, y, z)$ 。例如,在下列等式 1 中表达像素 p' :

[0083] [等式 1]

$$[0084] \quad p'(x, y, z) = \sum_{i=start_z}^{end_z} p(x, y, z+i) * g(i, index) \quad \dots (1)$$

[0085] 其中 $g(i, index)$ 是基于指数在 z 方向第 i 个切片的加权因子。例如,如下设置待处理的像素 $p(x_1, y_1, z_1)$ 的邻域中每个切片的加权因子。

[0086] 假设当指数 = 1 时,应用于或指定给 $p(x_1, y_1, z-1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.33$,指定给 $p(x_1, y_1, z)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.33$,并且指定给 $p(x_1, y_1, z+1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.33$ 。即,其中正显现伪影的每个像素校正成其邻域中切片图像被平均的像素。如果获取 n 幅切片图像,那么可以使用值 $g = 1/(2n+1)$ 。

[0087] 假设指数 = 0.5 时,应用于或指定给 $p(x_1, y_1, z-1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.2$,指定给 $p(x_1, y_1, z)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.6$,并且指定给 $p(x_1, y_1, z+1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.2$ 。待处理的像素 $p(x, y, z)$ 的影响强烈地保留在其中发生弱伪影的每个像素中,但是其像素邻域中切片图像也稍微地添加到其上。

[0088] 假设当指数 = 0 时,应用于或指定给 $p(x_1, y_1, z-1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0$,指定给 $p(x_1, y_1, z)$ 的加权因子 g 为 $g = 1$,并且指定给 $p(x_1, y_1, z+1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0$ 。待处理的像素 $p(x, y, z)$ 设置为没有伪影的每个像素,从而按原样对其进行使用。

[0089] 附带地,基于从实验等中获得的信息,可以将加权因子 $g(i, index)$ 存储在查找表等中,或者存储作为预定函数。

[0090] 在步骤 S192,基于伪影减少或减少处理之后的 $p'(x, y, z)$,获得断层摄影图像 $D31(x, y, z)$ 。然后,其显示在显示器 60 上。

[0091] 图 6 是其中在显示器 60 上显示在执行本实施例的伪影减少处理之前的断层摄影图像 $D3(x, y, z)$ 和经伪影减少处理的断层摄影图像 $D31(x, y, z)$ 的例子。在断层摄影图像 $D3(x, y, z)$ 上强烈显示有风车伪影和锥形束伪影。然而,在右侧图中示出的断层摄影图像 $D31(x, y, z)$ 的情况中,减少了风车伪影和锥形束伪影的影响。在右侧图中示出的断层摄影图像 $D31(x, y, z)$ 中,不具有伪影的像素区域变成与左侧图中所示的断层摄影图像 $D3(x, y, z)$ 相同的图像,并且保持相同的分辨率。

[0092] 图 4(b) 中所示的流程图是未使用在图 4(a) 的步骤 S181 中描述的指数函数(参考图 7)或指数的流程图。

[0093] 在图 4(b) 中所示的流程图中,在步骤 S172,在为待处理的每个像素 $p(x, y, z)$ 测量了 z 方向上观察的 CT 值的改变量之后,在步骤 S181 确定是否 CT 值的改变量落入预定范围中。例如,该预定范围从 3HU 至 300HU。接下来在步骤 S182' 确定是否即使在目标像素周围的多个像素区域,CT 值改变量落入预定范围中。当每个断层摄影图像表达成 512×512 像素的正方形,甚至在步骤 S183' 计算 CT 值改变量落入预定范围中的像素在所有像素中的比率或比例。在步骤 S191' 还基于 CT 值的改变量确定加权因子 g_v ,而不然后确定指数。

[0094] 在步骤 S191',基于指数值对待处理的像素 $p(x, y, z)$ 进行图像处理,以在其处理之后确定像素 $p'(x, y, z)$ 。像素 $p'(x, y, z)$ 表达在下列公式 2 中,例如:

[0095] [公式 2]

$$[0096] \quad p'(x, y, z) = \sum_{i=start_z}^{end_z} p(x, y, z+i) * gv(i, CTv) \quad \dots (2)$$

[0097] 其中 $gv(i, CTv)$ 是基于 CT 值改变量在 z 方向上第 i 个切片的加权因子。例如,如下设置待处理的像素 $p(x1, y1, z1)$ 的邻域中每个切片的加权因子。

[0098] 假设当 CT 值改变量为 40HU 时,应用于或指定给 $p(x1, y1, z-1)$ 的加权因子 gv 为 $gv = 0.33$,指定给 $p(x1, y1, z)$ 的加权因子 gv 为 $gv = 0.33$,并且指定给 $p(x1, y1, z+1)$ 的加权因子 gv 为 $gv = 0.33$ 。

[0099] 假设当 CT 值改变量为 120HU 时,应用于或指定给 $p(x1, y1, z-1)$ 的加权因子 gv 为 $gv = 0.2$,指定给 $p(x1, y1, z)$ 的加权因子 gv 为 $gv = 0.6$,并且指定给 $p(x1, y1, z+1)$ 的加权因子 gv 为 $gv = 0.2$ 。

[0100] 假设当 CT 值改变量为 200HU 时,应用于或指定给 $p(x1, y1, z-1)$ 的加权因子 gv 为 $gv = 0$,指定给 $p(x1, y1, z)$ 的加权因子 gv 为 $gv = 1.0$,并且指定给 $p(x1, y1, z+1)$ 的加权因子 gv 为 $gv = 0$ 。

[0101] 因而,加权因子 gv 可以根据 CT 值改变量直接确定。直接确定加权因子 gv 的方法需要确定 CT 值每个改变量的大量加权因子 gv 。因而,根据 CT 值改变量将存储在查找表等中的量增加,对加权因子 gv 的设置变得复杂。

[0102] < 指数函数的范例 >

[0103] 图 7 的范例示出用于确定在图 4(a) 的步骤 S181 或步骤 S191 处使用的每个指数的指数函数。

[0104] 图 7(a) 的指数函数是这样的函数,其中如果 CT 值改变量范围是 $X1$ 至 $X3$,那么指数线性地从 0 改变至 1,而如果 CT 值改变量范围是 $X3$ 至 $X2$,那么指数线性地从 1 改变至 0。假设,例如, $X1$ 是 10HU, $X3$ 是 90HU, $X2$ 是 170HU。当对于待处理的给定图像, $p(x1, y1, z-1) = 10HU$, $p(x1, y1, z) = 30HU$, 而 $p(x1, y1, z+1) = 50HU$ 时, CT 值改变量为 40HU。在这种情况下,在图 7(a) 中所示的指数函数中确定指数 = 0.5。

[0105] 根据成像条件,设置 $X1$ 、 $X2$ 和 $X3$ 从 3HU 至 300HU 至 10UH 至 200HU。当它们是 200HU 或以上时,这意味着部分或区域已经从软组织改变到骨,反之亦然。如果它们是 10HU 或以下,那么这意味着软组织在多个切片方向上连续或者骨在多个切片方向上连续。另一方面,根据 3HU 至 300HU 的 CT 值改变量或者 10HU 至 200HU 的 CT 值改变量,严格评估正显现风车伪影或锥形束伪影。附带地,伪影确定器 27(第一确定单元 27-1)可以根据摄影术的分辨率、中切片厚度或平台速度等适当地改变 CT 值改变量的设置。如果作为各种实验的结果,体轴方向上 CT 值改变量的范围是从 3HU 至 300HU,那么可以评估正显现伪影。

[0106] 图 7(b) 的指数函数是这样的函数,其中如果 CT 值改变量范围是从 $X1$ 至 $X3$,那么指数线性地从 0 变至 1,如果 CT 值改变量范围是从 $X3$ 至 $X4$,那么指数保持为 1,并且如果 CT 值的改变量范围是从 $X4$ 至 $X2$,那么指数线性地从 1 变至 0。假设,例如, $X1$ 是 10HU, $X3$ 是 40HU, $X4$ 是 160HU, $X2$ 是 190HU。根据指数函数,第一确定单元 27-1 确定,如果 CT 值改变量范围是从 40HU 至 160HU,那么显现伪影。

[0107] 图 7(c) 的指数函数是这样的函数,其中如果 CT 值改变量落在 $X1$ 和 $X3$ 之间,那么指数改变成从 0 至 1 的曲线形式,并且如果 CT 值改变量落在 $X3$ 和 $X2$ 之间,那么指数改变成从 1 至 0 的曲线形式。

[0108] 另一方面,至于图 7(d) 的指数函数,如果 CT 值改变量落在 X_1 和 X_2 之间,那么指数为 1 并且其它时候为 0。因而,如果 CT 值改变量为 X_1 或以下或者 CT 值改变量为 X_2 或以上,那么意味着按原样使用待处理的图像作为断层摄影图像。

[0109] 虽然如上在图 7 中示出 (a) 至 (d) 指数函数,并非必须使用一个函数。可以根据 z 方向上位置而改变指数函数。例如,可以在头部区域使用指数函数 (a),在颈部区域可以使用指数函数 (c),而在腿部区域可以使用指数函数 (d)。甚至在图 4(b) 所示的流程图的条件下,可以根据 z - 方向位置类似地设置加权因子 g_v 。

[0110] < 核实其中存在伪影的像素 >

[0111] 如果如上所述每个目标像素的 CT 值改变量范围是从 3HU 至 300HU,那么存在将其目标像素认作伪影的高度可能性。然而,当其中存在在血管延伸的方向和造影剂对比下不充分的血管部分和充分的血管部分时,由于其他成像条件中的区域改变,目标像素的 CT 值改变量落入预定范围中。因而,使用伪影确定器 27(第二确定单元 27-2) 确定是否目标像素为伪影。

[0112] 图 8 至 10 示出了核实是否每个目标像素对应于伪影的图,使用包括位于第 n 页断层摄影图像的目标像素 (x, y) 周围的像素的确定矩阵 MA-S 或确定矩阵 MA-T。

[0113] 图 8(a) 是示出风车伪影的图,图 8(b) 是以放大形式示出被图 8(a) 的框架 b 包围的区域,而图 8(c) 是示出第 $n-1$ 、 n 和 $n+1$ 页断层摄影图像的每一页中的两个像素的 CT 值改变量的图。

[0114] 如图 8(a) 中所示,风车伪影是由白色和黑色像素构成的羽状图像。在图 8(b) 中,确定矩阵 MA-S 的大小或尺寸由 $7 \times 7 = 49$ 个像素组成。当确定矩阵 MA-S 的中心目标像素 $p(x, y)$ 是白色像素,CT 值改变量在的预定范围中,如图 8(c) 所示。另一方面,确定矩阵 MA-S 中每个外周像素 $(x+i, y+j)$ 的 CT 值改变量落入预定范围中。即,大多数像素的 CT 值改变量落入预定范围中,即,3HU 至 300HU。在图 7 的每个指数中,像素为指数 = 1。在这种情况下,第二确定单元 27-2 确定,当确定矩阵 MA-S 中每个像素为第一阈值 SU 或以上并且 CT 值改变量落入预定范围中时,目标像素 $p(x, y)$ 为伪影。例如,伪影确定器 27 设置第一阈值例如为 45 个像素或以上,即,确定矩阵 MA-S 中 49 个像素的 90%或以上。附带地,考虑到有疑问的伪影出现形式,适当地确定该判断标准。

[0115] 图 9(a) 是示出在血管延伸方向上血管 HB-B 突然改变的图,而图 9(b) 是示出第 $n-1$ 、 n 和 $n+1$ 页断层摄影图像的每一页的两个像素的 CT 值改变量的图。在图 9(a) 中,确定矩阵 MA-T 的尺寸或大小由 25 个像素构成。确定矩阵 MA 的形状可以是除了四边形之外的多边形,并且也可以匹配于成像区域而改变。

[0116] 虽然图 9(a) 中所示的已造影血管 HB-B 在体轴方向 (z 方向) 上延伸,血管突然在不同的方向上弯曲,而不在 z 方向上笔直延伸。已造影的血管 HB-B 的体轴方向上 CT 值改变量落入预定范围中,即,图 9(b) 中所示的 3HU 至 300HU。包括图 9(a) 中所示的目标像素 $p(x, y)$ 的六个像素的 CT 值改变量落入预定范围中。即,在图 4 的步骤 S181,目标像素 $p(x, y)$ 确定为指数 > 0 ,并且评估为伪影。在除了已造影血管 HB-B 的软组织中,CT 值改变量为例如大约 2HU,并且未落入预定范围中。因而,25 个像素构成的确定矩阵 MA-T 的六个像素,即百分之 24 评估为看作伪影。在这种情况下,第二确定单元 27-2 确定目标像素 $p(x, y)$ 不作为伪影,因为确定矩阵 MA-T 中每个像素的第一阈值 SU 或以上不评估为伪影。

[0117] 图 10(a) 是示出在 XY 平面上延伸的血管 HB-B 的图, 而图 10(b) 是示出第 $n-1$ 、 n 和 $n+1$ 页断层摄影图像的每一页中两个像素的 CT 值改变量的图。在图 10(a) 中, 确定矩阵 MA-S 的尺寸由 49 个像素构成。

[0118] 图 10(b) 示出了其中图 10(a) 中所示的已造影的血管 HB-B 未充分造影并且仅造影血管部分的情况。因而, 已造影血管 HB-B 的体轴方向上 CT 值改变量落入预定范围中, 即如图 10(b) 中所示的 3HU 至 300HU。因而, 包含图 10(a) 中所示的目标像素 $p(x, y)$ 的约 14 像素的 CT 值改变量落入预定范围中。在除了已造影血管 HB-B 之外的软组织中, CT 值改变量例如是大约 2HU, 并且未落入预定范围中。因而, 49 个像素构成的确定矩阵 MA-S 的这十四个像素, 即百分之 29 评估为伪影。在这种情况下, 第二确定单元 27-2 确定目标像素 $p(x, y)$ 不是伪影, 因为确定矩阵 MA-S 中每个像素的第一阈值 SU 或以上不评估为伪影。

[0119] 伪影确定器 27 (第二确定单元 27-2) 可以在断层摄影图像的放大或缩小表示之后, 设置确定矩阵 MA-S 的尺寸为 11×11 的确定矩阵, 或者将其设置为 3×3 的确定矩阵。第一阈值 SU 可以根据成像条件改变至百分之 80 至 95。

[0120] 图 11 是用于核实伪影存在目标像素的流程图和详细示出图 4 的步骤 S182 或 S182' 的流程图。

[0121] 在步骤 S821, 指定用于目标像素 p 的确定矩阵 MT 的尺寸。操作者可以使用输入设备 55 对其进行设置。作为选择, 25 个像素构成的确定矩阵 MT 自动设置为默认。

[0122] 在步骤 S822, 伪影确定器 27 (第二确定单元 27-2) 读取在图 4 的步骤 S172 测得的确定矩阵 MT 中所有像素的 CT 值改变量。虽然在图 8 至 10 中示出体轴方向上的三页断层摄影图像, 但是如果拍摄了 $2n+1$ 页断层摄影图像, 则可以使用任何页的断层摄影图像。

[0123] 在步骤 S823, 确定是否确定矩阵 MT 中 CT 值改变量落入预定范围中的每个像素, 即, 评估为伪影的每个像素是第一阈值 SU 或以上。

[0124] 当评估为伪影的像素作为第一阈值 SU 或以上存在时, 伪影确定器 27 行进到步骤 S824。第二确定单元 27-2 确定目标像素 p 为伪影。当评估为伪影的像素是第一阈值 SU 或以下时, 伪影确定器行进到步骤 S825, 在图 4 的步骤 S181 中评估目标像素 p 为伪影被推翻, 并且目标像素确定为不对应于伪影的像素。

[0125] 虽然目标像素 p 的 CT 值改变量取决于区域碰巧落入预定范围中, 但目标像素 p 未认为是伪影, 除非多数确定矩阵 MT 判断为伪影。

[0126] < 指定其中存在伪影的断层摄影图像 >

[0127] 在下列实施例中, 提供了由伪影确定器 27 (第三确定单元 27-3) 进一步增强指定其中显现有伪影的区域的技术或方法。

[0128] 图 12 是示出对象头部和重建区域 p 在经受伪影减少处理之前的断层摄影图像。在图 12(A1) 中所示的上阶段断层摄影图像 D3-A 中存在许多风车伪影, 并且风车伪影几乎未保留于图 12(B1) 中所示的下阶段断层摄影图像 D3-B 中。图 12 中所示的重建区域 P 是 512×512 像素的正方形区域, 其平行于 xy 平面。作为确定关于断层摄影图像 D3-A 和断层摄影图像 D3-B 的指数, 填充入指数 > 0 的像素。在图 12(A2) 中所示的重建区域 P 中, 通过用指数 > 0 的像素的数量除以像素的整个数量而获得的伪影比例是 0.12。在图 12(B2) 中所示的重建区域 P 中, 通过用指数 > 0 的像素的数量除以像素的整个数量而获得的伪影比例是 0.30。该计算由图 1 中所示的伪影比例计算器 29 执行。

[0129] 当对指数 > 0 的每个像素实施等式 (1) 或 (2) 的处理, 而不考虑到断层摄影图像 D3-B 中几乎不存在风车伪影的事实时, z 方向上的分辨率下降。因而, 伪影比例计算器 29 核查伪影比例, 其相应于这样的一个比例, 该比例表示评估为指数 > 0 (即已经显现伪影) 的像素在重建区域 P 的整个像素中占据多少比例。当伪影比例大于预定第二阈值 SH, 伪影确定器 27 (第三确定单元 27-3) 对断层摄影图像 D3 实施等式 (1) 或 (2) 的处理。即, 第三确定单元 27-3 对识别为显现伪影进行更严格地确定。

[0130] 图 13 示出了在伪影比例检查之后执行伪影减少处理的流程。图 13 中所示的流程图是详细示出图 4 的步骤 S183 和 S183' 的流程。

[0131] 在步骤 S831, 伪影比例计算器 29 计算伪影比例。至于伪影比例, 计算指数 > 0 的像素在所有像素 (512×512) 中的比例。由于在步骤 S183' 未使用指数, 计算 CT 值改变量落入预定范围中的比例。

[0132] 附带地, 指定对象 HB 的区域代替所有像素, 并且可以在该区域中像素数量中计算指数 > 0 的像素之间的比例。代替指数 > 0 的像素之间的比例, 可以计算指数 $= 1$ 、指数 > 0.7 或指数 > 0.5 的点或地点 (spot) 之间的比例。作为伪影比例, 下列描述将所有像素 (512×512) 的指数 > 0 的像素之间的比例。

[0133] 在步骤 S832, 第三确定单元 27-3 确定是否伪影比例大于第二阈值 SH。例如, 使用伪影比例 $= 0.07$ 作为第二阈值 SH。如果目标断层摄影图像 D3 的伪影比例大于第二阈值 SH, 那么第三确定单元行进到步骤 S833。如果该伪影比例小于第二阈值 SH, 那么第三确定单元行进到步骤 S834。

[0134] 在步骤 S833, 第三确定单元 27-3 确定断层摄影图像 n 包含伪影。因而, 断层摄影图像 n 中判断为伪影的每个像素行进到图 4 的步骤 S191, 并且基于相应指数值图像处理待处理的像素 $p(x, y, z)$, 以确定其处理之后的像素 $p'(x, y, z)$ 。

[0135] 另一方面, 在步骤 S834, 第三确定单元 27-3 确定包含在目标断层摄影图像 n 中的所有像素未作为伪影。这是因为虽然有可能指数 > 0 的像素将导致重建区域 P 的伪影, 认为这些伪影不显眼, 由于指数 > 0.1 的像素在整个重建区域 P 中数量较低, 并且这种会降低体轴方向上分辨率的图像处理并非所需。

[0136] 图 14 是在其上阶段从对象 HB 的胸部到其头部的体轴方向的横截面视图, 并且是示出下阶段伪影比例和布置在体轴方向上断层摄影图像 n 的数量之间的关系的图。

[0137] 着眼于伪影和体轴方向之间的关系, 胸部到头部的眼睛或眉毛周围 (由图 14 中的白色虚线指示) 的伪影比例范围大约为从 0.9 至 2.2。在执行本实施例的伪影减少处理之前的断层摄影图像 D3(x, y, z) 中, 眼睛或眉毛周围和头顶部之间的伪影比例范围大约是从 0.3 至 0.5。如从图 14 中可理解的, 诸如骨的结构形状变得越复杂, 伪影越容易发生。相反, 当头顶附近的骨等的形状比较简单时, 伪影难以发生。在图 14 中, 伪影比例 $= 0.07$ 定义为阈值。因而, 根据图 13 的流程图, 在胸部附近到头部的眼睛或眉毛附近, 对断层摄影图像 D3 实施等式 1 等的图像处理。另一方面, 即使指数 > 0 的像素存在, 也不在眼睛或眉毛附近与头顶部之间的断层摄影图像 D3 的部分上实施等式 1 等的图像处理。

[0138] 附带地, 根据本实施例的图像重建方法可以是基于迄今已知的 Feldkamp 方法的三维图像重建方法。此外, 可以采用另一三维图像重建方法。作为选择, 可以采用二维图像重建方法。确定为每个区域的图像质量根据诊断应用、操作者偏好等改变, 并且以各种形式

存在。因而,操作者可以预先设定最适于每个区域的成像条件设置。

[0139] 虽然使用待处理的像素 $p(x1, y1, z1)$ 的邻域中一个切片或多个切片的最大和最小 CT 值之间的差别,说明了 CT 值改变量,但也可以使用 CT 值的平均改变量进行处理,该平均改变量通过用最大 CT 值和最小 CT 值之间的差除以切片数量获得。

[0140] 虽然本实施例已经示出其中判断再布置中 (in-relocation) 的范例,尽管伪影可以根据多幅断层摄影图像之间的体轴方向上 CT 值改变量而产生,也可以使用另一方法确定。

[0141] 在本实施例的伪影确定器 (第二确定单元 27-2) 中使用的第一阈值 SU 和在第三确定单元 27-3 中采用的第二阈值 SH 并不局限于本实施例中采用的那些。它们可以考虑到有疑问的伪影出现形式等而合适地进行改变。

[0142] 在本实施例中,在第二确定单元 27-2 确定处理之后,对由伪影确定器判断为伪影的每个像素实施第三确定单元 27-3 的判断处理已经。然而,第二确定单元 27-2 的判断处理可以对第三确定单元 27-3 判断为伪影的每个像素实施。

[0143] 特别地,本实施例不局限于特定扫描形式。即,即使在轴扫描、摄影扫描、螺旋扫描、可变螺距螺旋扫描和螺旋往返扫描的情况下,也可以实现相似的效果。本实施例不局限于台架 100 的倾斜或梯度。即,即使在台架 100 倾斜的所谓倾斜扫描的情况下,也可以实现相似的效果。本实施例甚至可以应用于心脏图像重建,其与生物信号、尤其是心脏信号同步图像重建每幅图像。

[0144] 虽然基于医学 X-射线 CT 设备 10 已经描述了本实施例,甚至可以用于与工业 X-射线 CT 设备或其他设备一同利用的 X-射线 CT-PET 设备,与其一同利用的 X-射线 CT-SPECT 设备等。

[0145] 附图清单

[0146] 图 1

[0147] 21 :预处理器

[0148] 23 :束硬化处理器

[0149] 24 :三维反投影处理器

[0150] 25 :伪影减少单元

[0151] 27 :伪影确定器

[0152] 27-1 :第一确定单元

[0153] 27-2 :第二确定单元

[0154] 27-3 :第三确定单元

[0155] 29 :伪影比例计算器

[0156] 51 :高压发生器

[0157] 53 :扫描控制器

[0158] 59 :存储设备

[0159] 103 :探测器

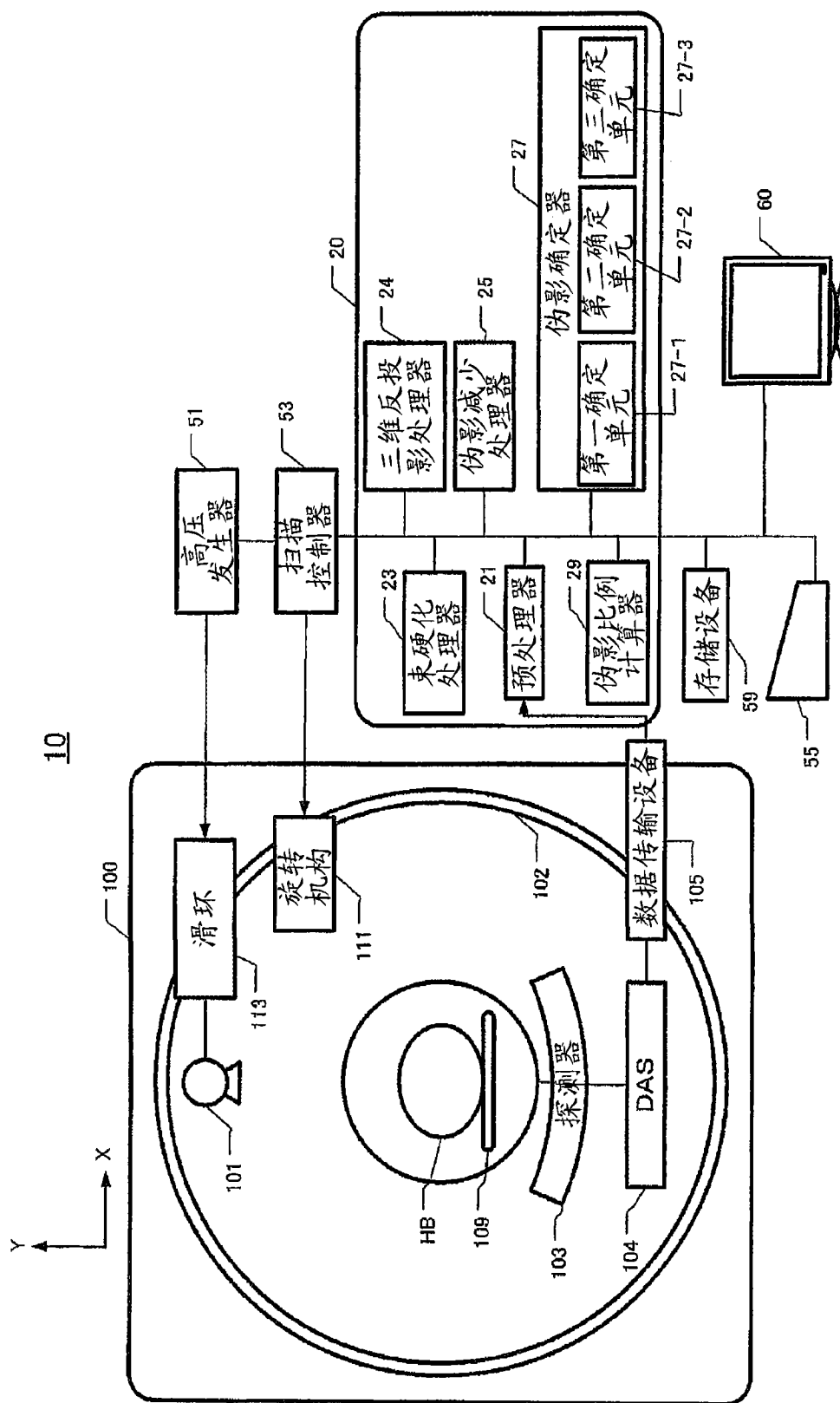
[0160] 105 :数据传输设备

[0161] 111 :旋转机构

[0162] 113 :滑环

- [0163] 图 2
- [0164] (a) 通道方向
- [0165] (b) 切片方向
- [0166] 图 3
- [0167] 开始
- [0168] S11 :采集数据
- [0169] S12 :预处理
- [0170] S13 :校正束硬化
- [0171] S14 :执行 Z- 滤波卷积处理
- [0172] S15 :执行重建函数卷积处理
- [0173] S16 :执行三维反投影处理
- [0174] S17 :指定目标像素的体轴方向上的 CT 值
- [0175] S18 :确定是否存在伪影
- [0176] S19 :执行伪影减少处理
- [0177] 结束
- [0178] 图 4
- [0179] (a)
- [0180] 开始伪影处理
- [0181] S171 :确定待处理的目标像素 $p(x, y, z)$
- [0182] S172 :测量 $p(x, y, z-1)$ 、 $p(x, y, z)$ 和 $p(x, y, z+1)$ 的 CT 值改变量
- [0183] S181 :根据 CT 值改变而计算指数值指数 > 0 ?
- [0184] S182 :目标像素周围的确定像素也指数 > 0 ?
- [0185] S183 :指数 > 0 的占据比例在断层摄影图像或有效对象的像素区域中大?
- [0186] S191 :根据指数值图像处理待处理的目标像素 $p(x, y, z)$
- [0187] S192 :在图像处理之后显示断层摄影图像
- [0188] 结束
- [0189] (b)
- [0190] 开始伪影处理
- [0191] S171 :确定待处理的目标像素 $p(x, y, z)$
- [0192] S172 :测量 $p(x, y, z-1)$ 、 $p(x, y, z)$ 和 $p(x, y, z+1)$ 的 CT 值改变量
- [0193] S181' :CT 改变量在预定范围中?
- [0194] S182' :即使待处理的像素周围的确定像素, CT 改变量在预定范围中?
- [0195] S183' :CT 改变量在预定范围中的像素所占比例在断层摄影图像或有效对象的像素区域中大?
- [0196] S191' :根据 CT 值改变量而图像处理待处理的目标像素 $p(x, y, z)$
- [0197] S192 :在图像处理之后显示断层摄影图像
- [0198] 结束
- [0199] 图 7
- [0200] CT 值改变量, CT 值改变量, CT 值改变量, CT 值改变量

- [0201] 图 8
- [0202] CT 值
- [0203] 改变 $CT(x, y)$
- [0204] 改变 $CT(x+i, y+j)$
- [0205] 图 9
- [0206] CT 值
- [0207] 改变 $CT(x, y)$
- [0208] 改变 $CT(x+i, y+j)$
- [0209] 图 10
- [0210] CT 值
- [0211] 改变 $CT(x, y)$
- [0212] 改变 $CT(x+i, y+j)$
- [0213] 图 11
- [0214] 核实其中存在伪影的像素
- [0215] S821 :指定目标像素 $p(x, y, z)$ 的确定矩阵 MT
- [0216] S822 :从 $p(x-i, y-j, z-1)$ 、 $p(x-i, y-j, z)$ 、 $p(x-i, y-j, z+1)$ $p(x, y, z-1)$ 、 $p(x, y, z)$ 、 $p(x, y, z+1)$ $p(x+i, y+j, z-1)$ 、 $p(x+i, y+j, z)$ 、 $p(x+i, y+j, z+1)$ 中读取 CT 值改变量
- [0217] S823 :确定矩阵 MT 中 CT 值改变量落入预定范围中的像素 (指数 > 0) 是第一阈值 SU 或以上?
- [0218] S824 :确定目标像素 $p(x, y, z)$ 为伪影
- [0219] S825 :确定目标像素 $p(x, y, z)$ 不为伪影
- [0220] 至图 4 的 S183 或 S191
- [0221] 图 12
- [0222] 伪影比例
- [0223] 伪影比例
- [0224] 图 13
- [0225] 指定其中存在伪影的断层摄影图像
- [0226] S831 :计算在所有像素或有效对象的像素区域中估计将是伪影的像素 (指数 = 1 的像素) 的比例 (伪影比例)
- [0227] S832 :伪影比例 $>$ 第二阈值 SH
- [0228] S833 :确定断层摄影图像 n 包括伪影
- [0229] S834 :确定断层摄影图像 n 不包括伪影
- [0230] 至图 4 的 S191



一
圖

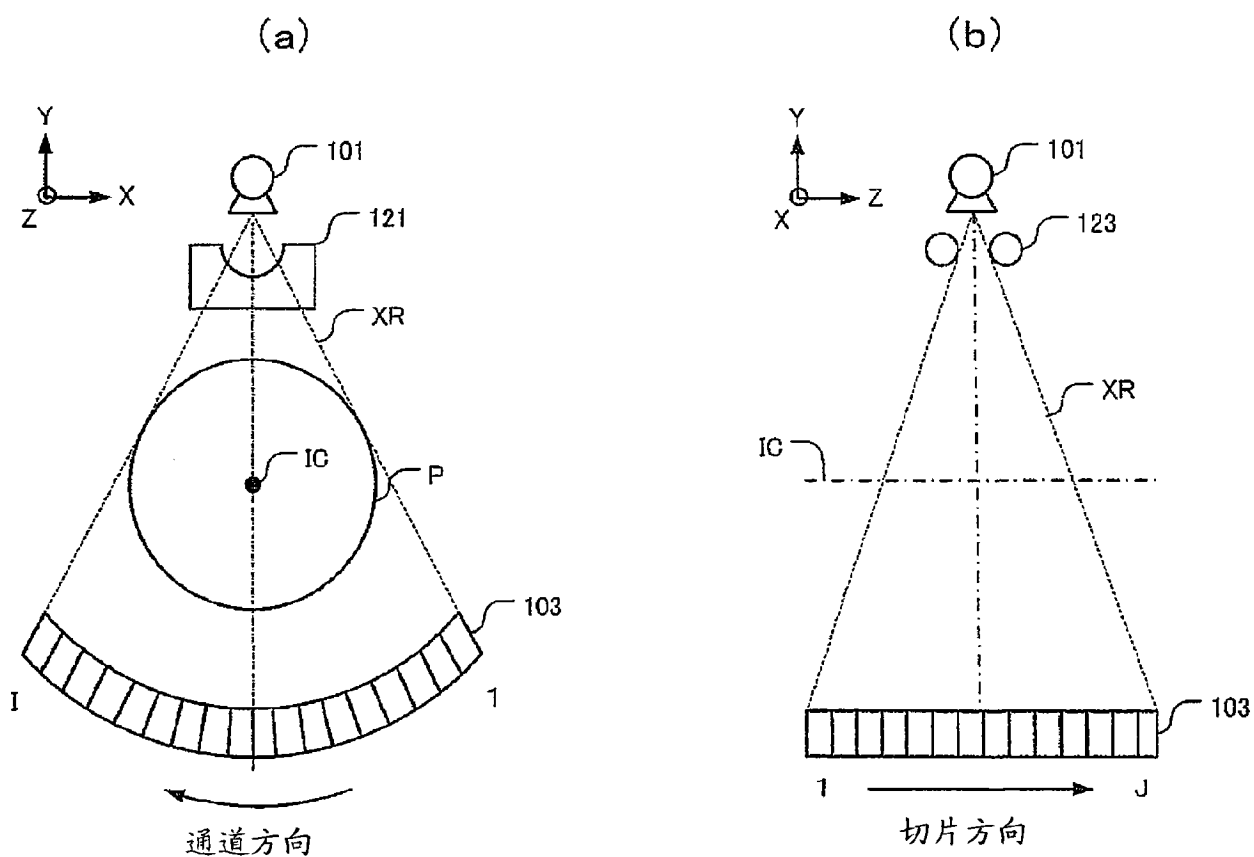


图 2

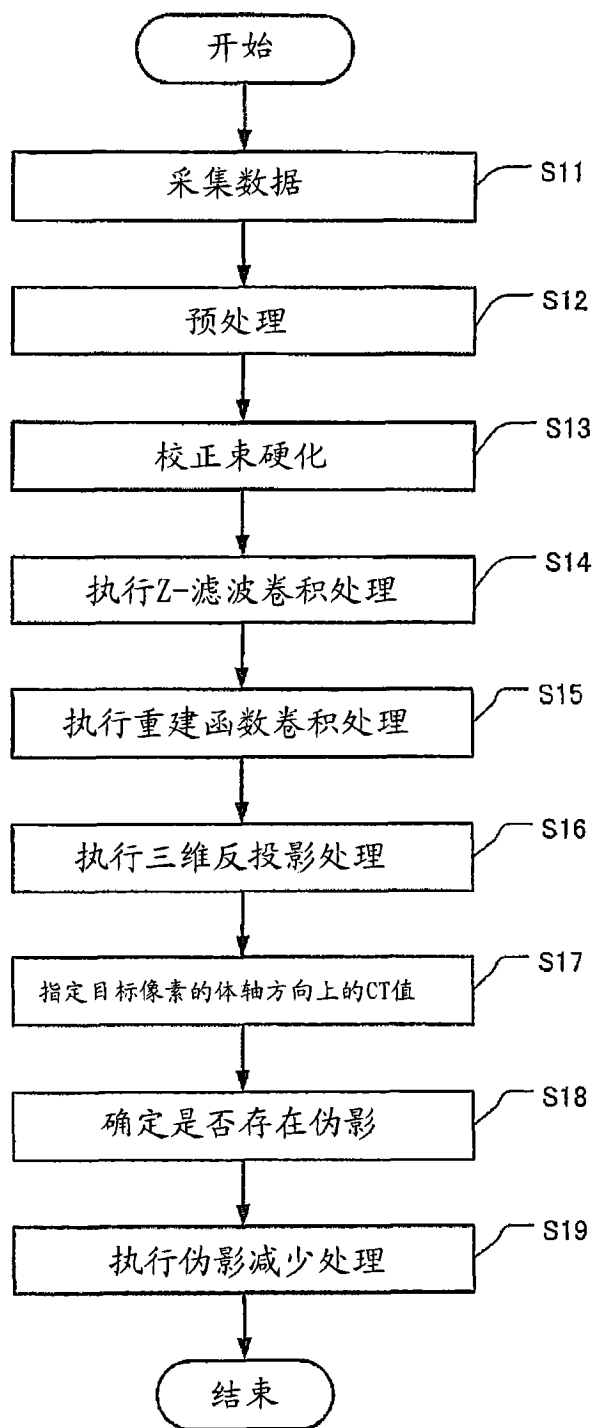


图 3

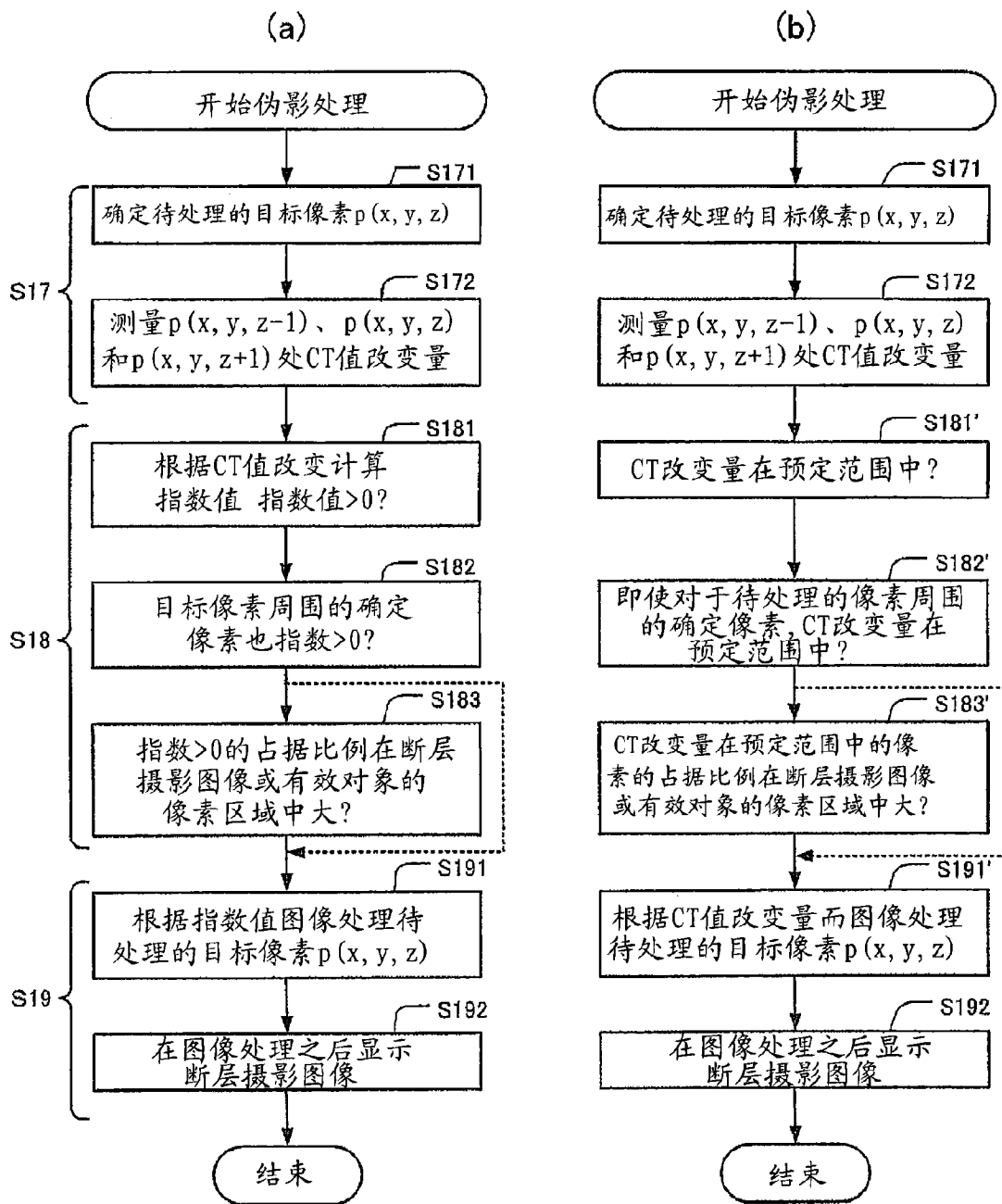


图 4

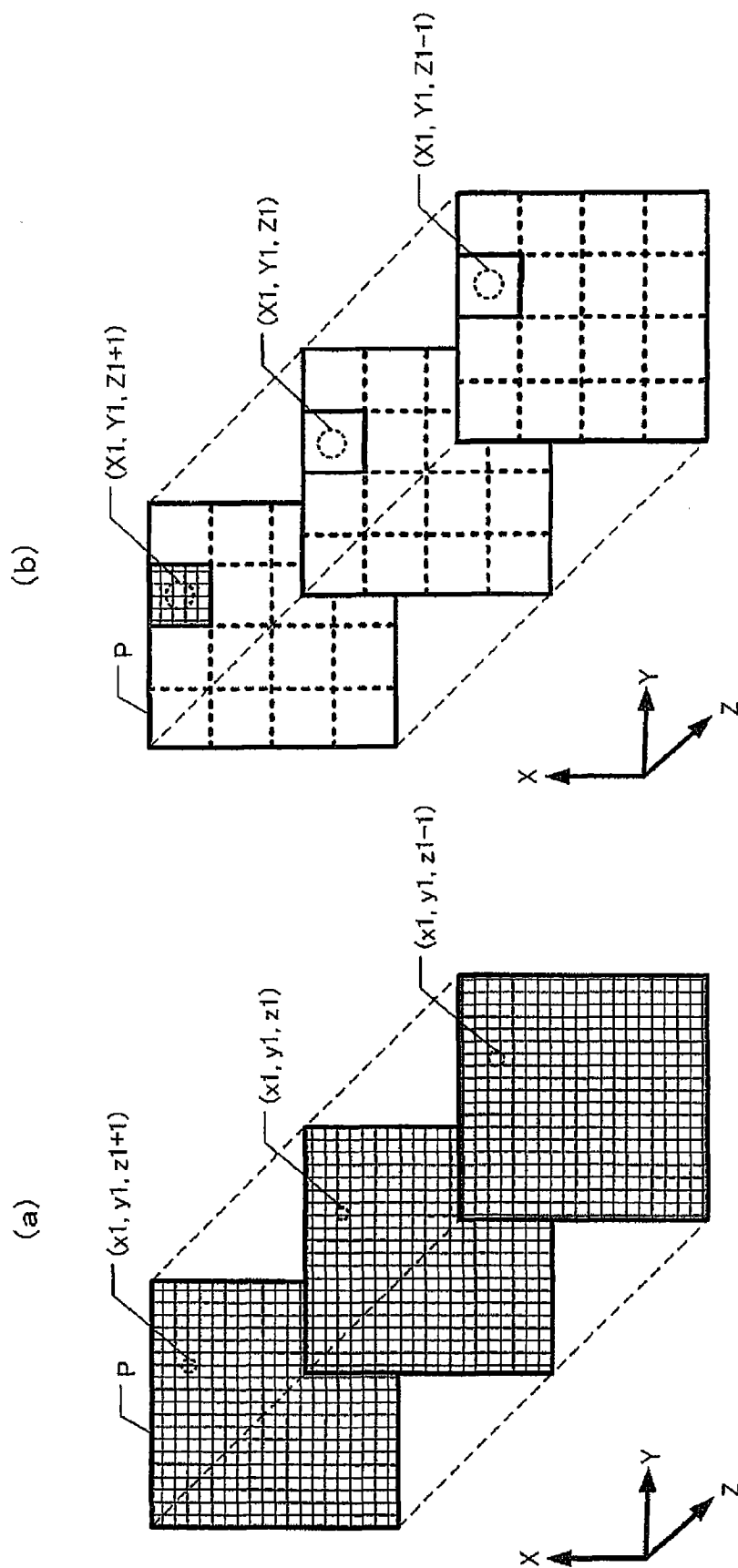


图 5

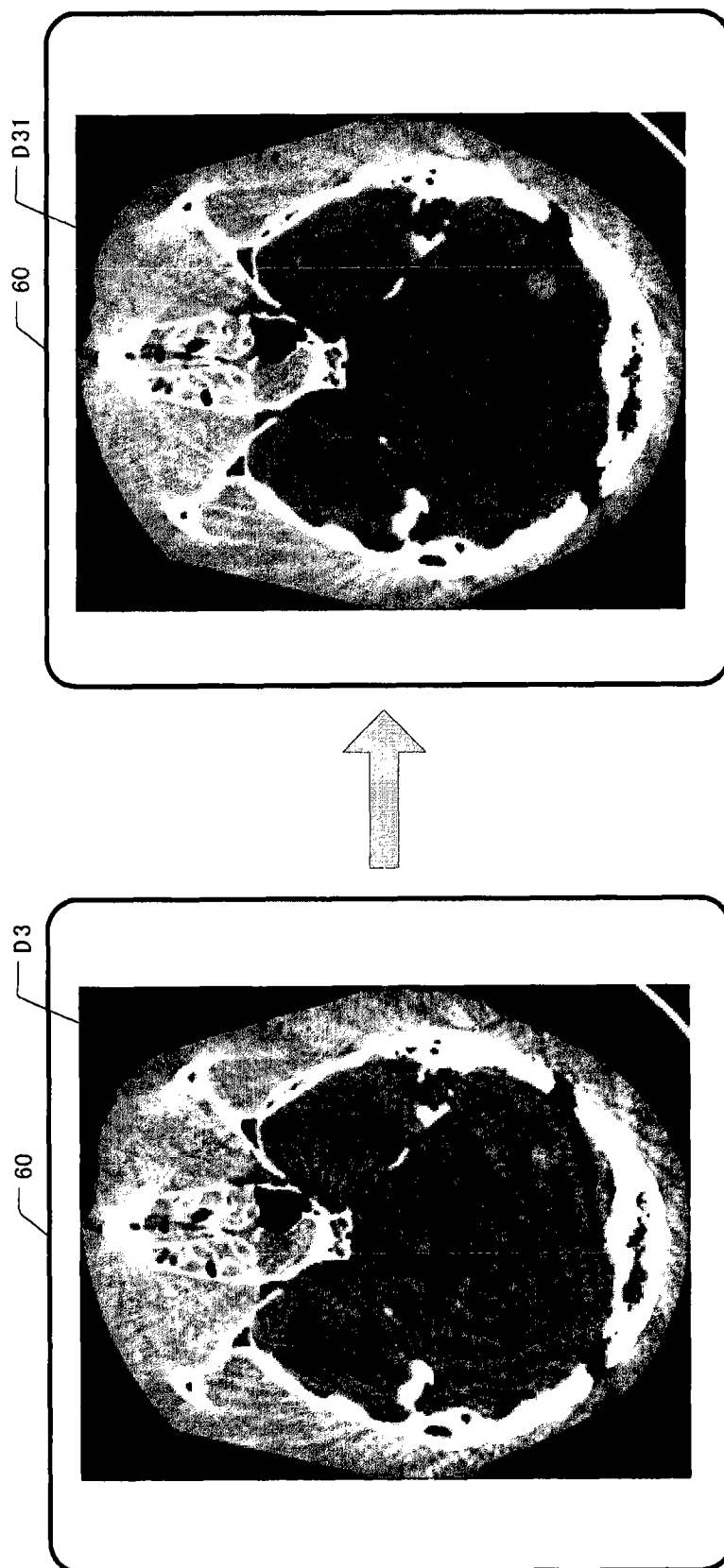


图 6

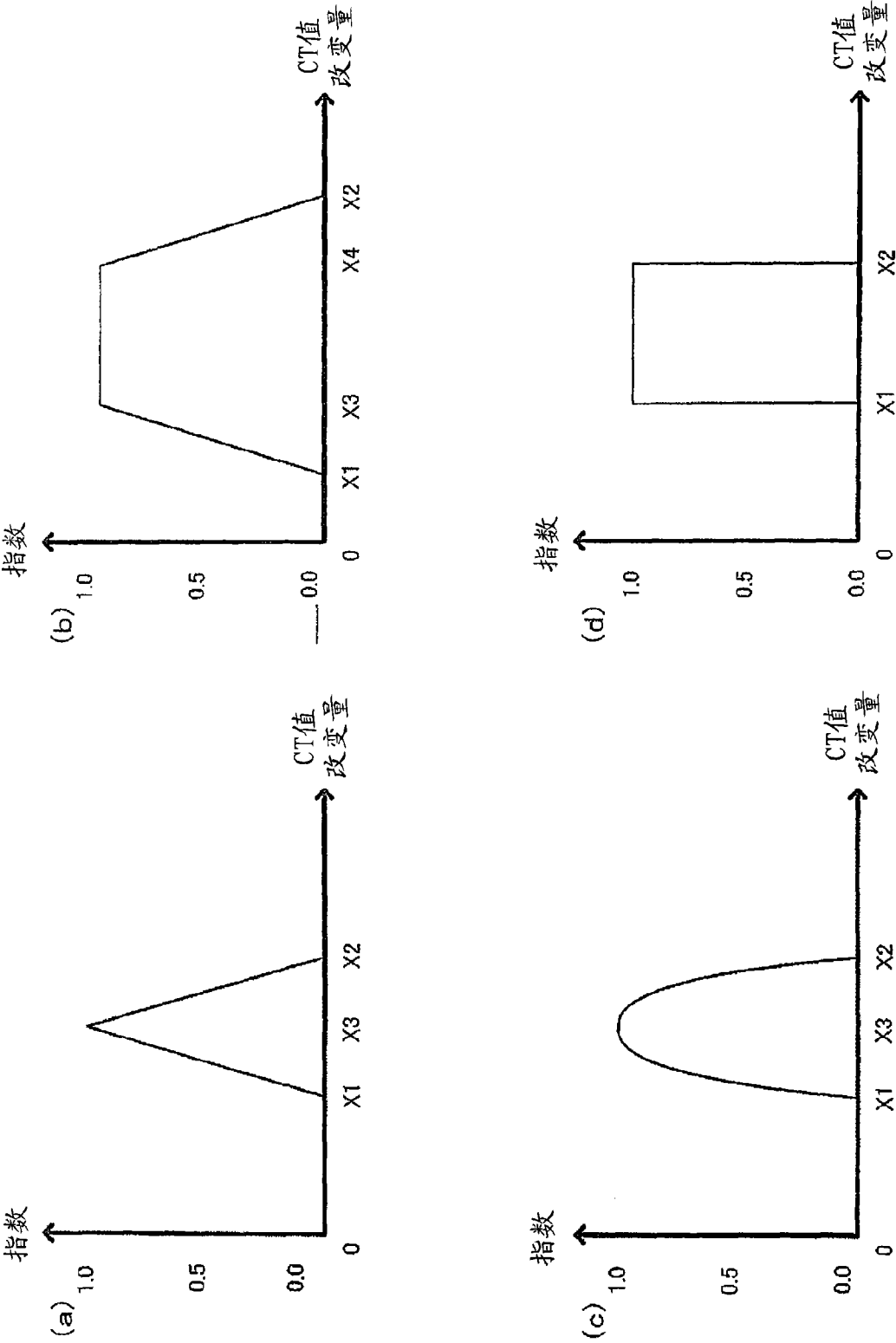


图 7

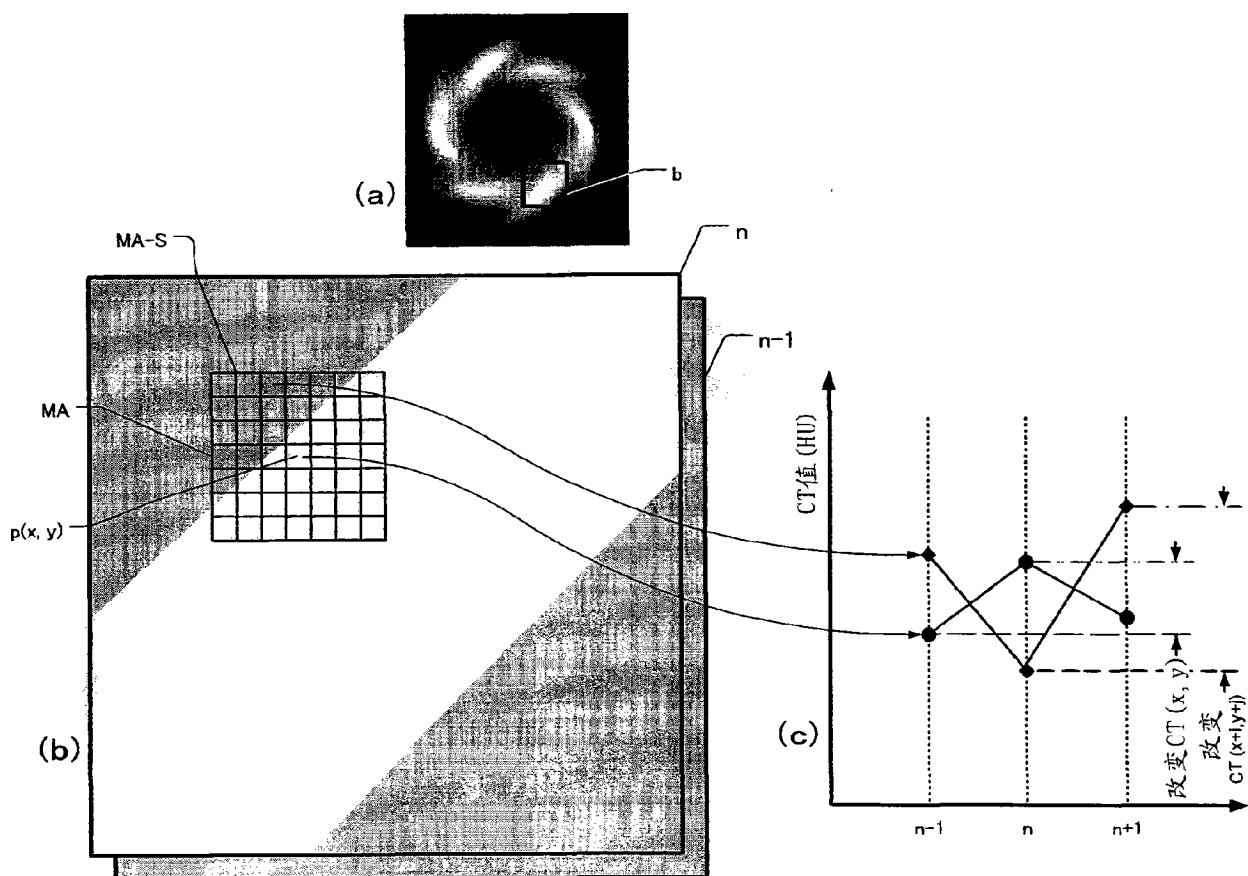


图 8

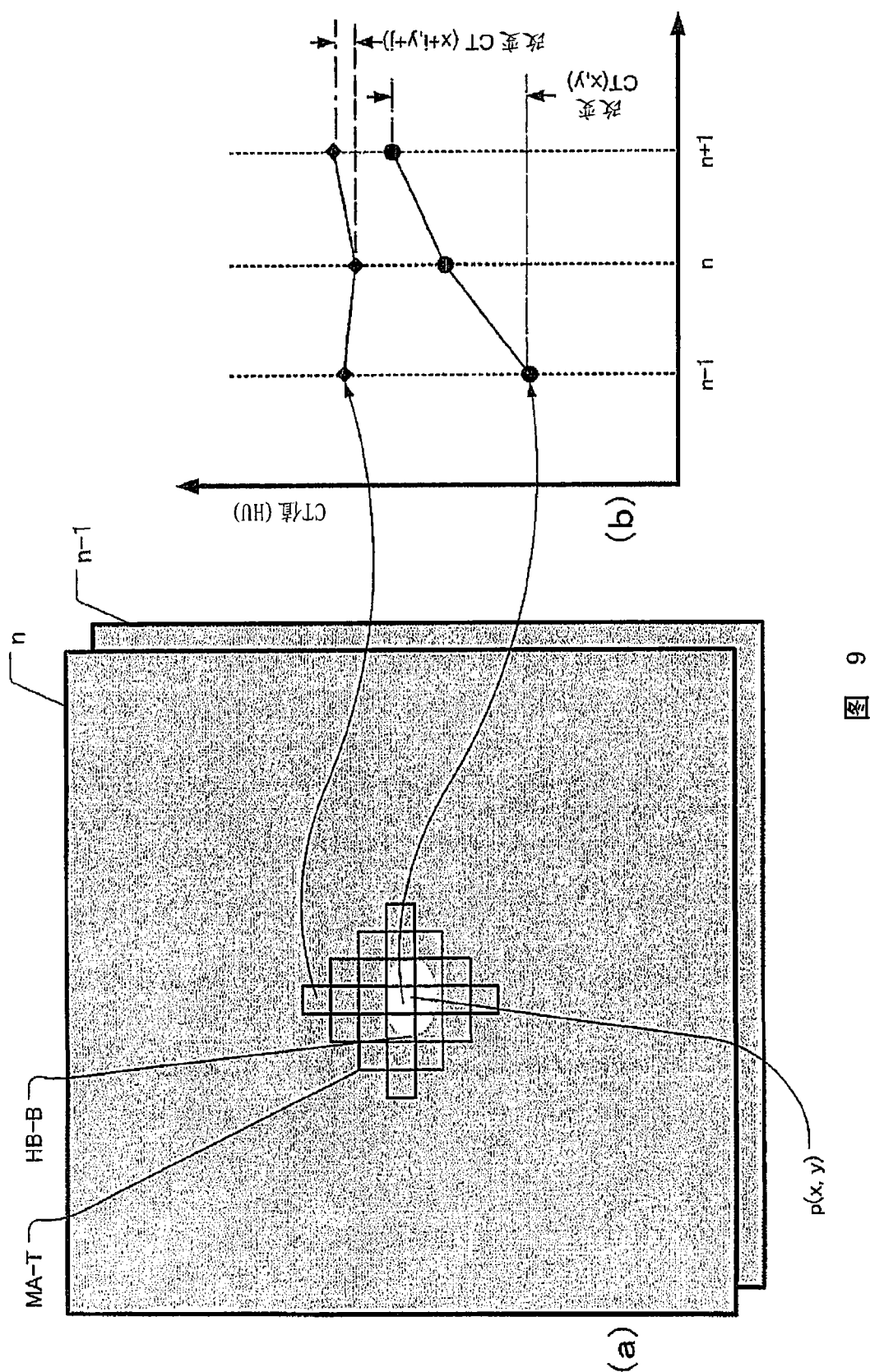


图 9

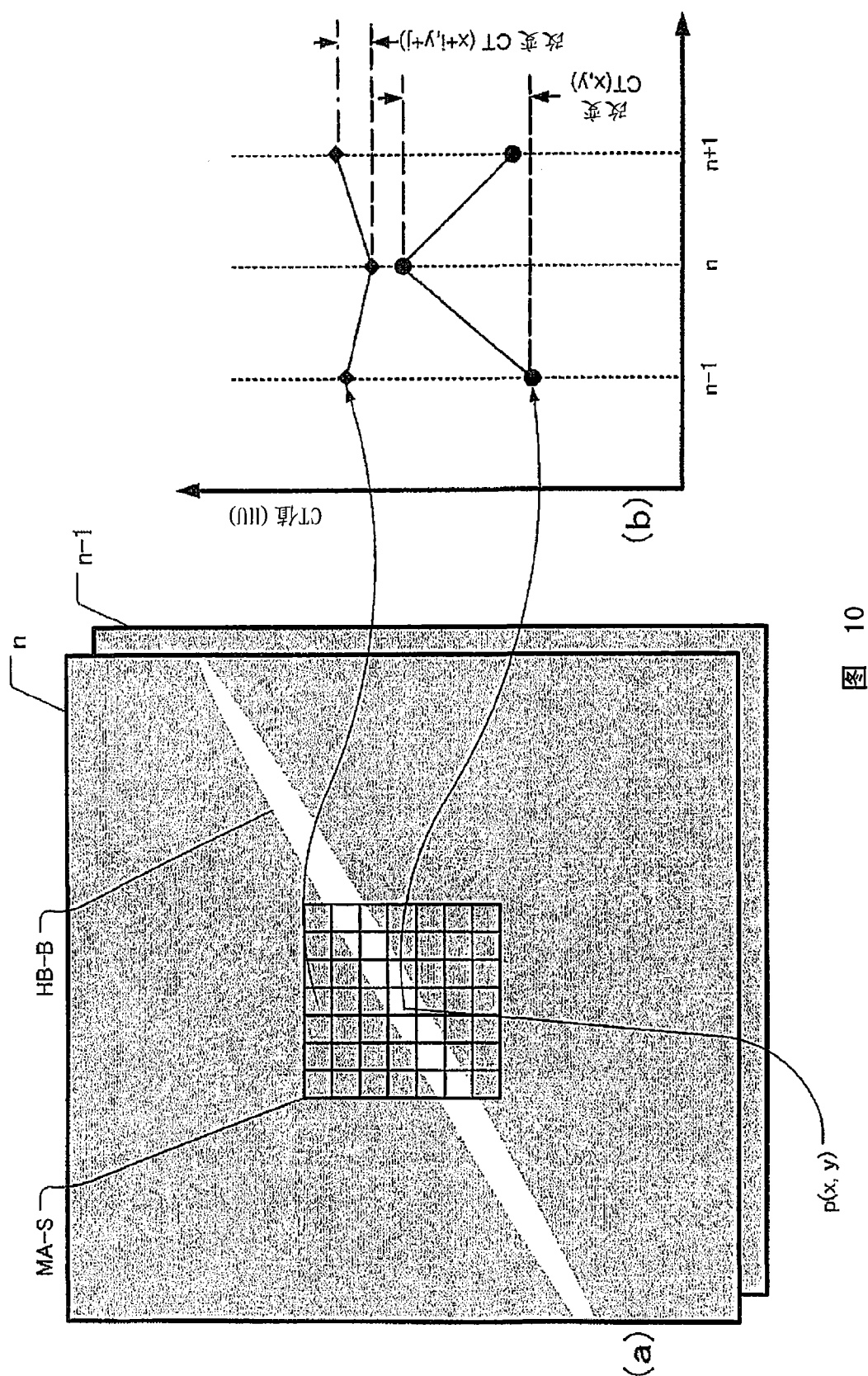


图 10

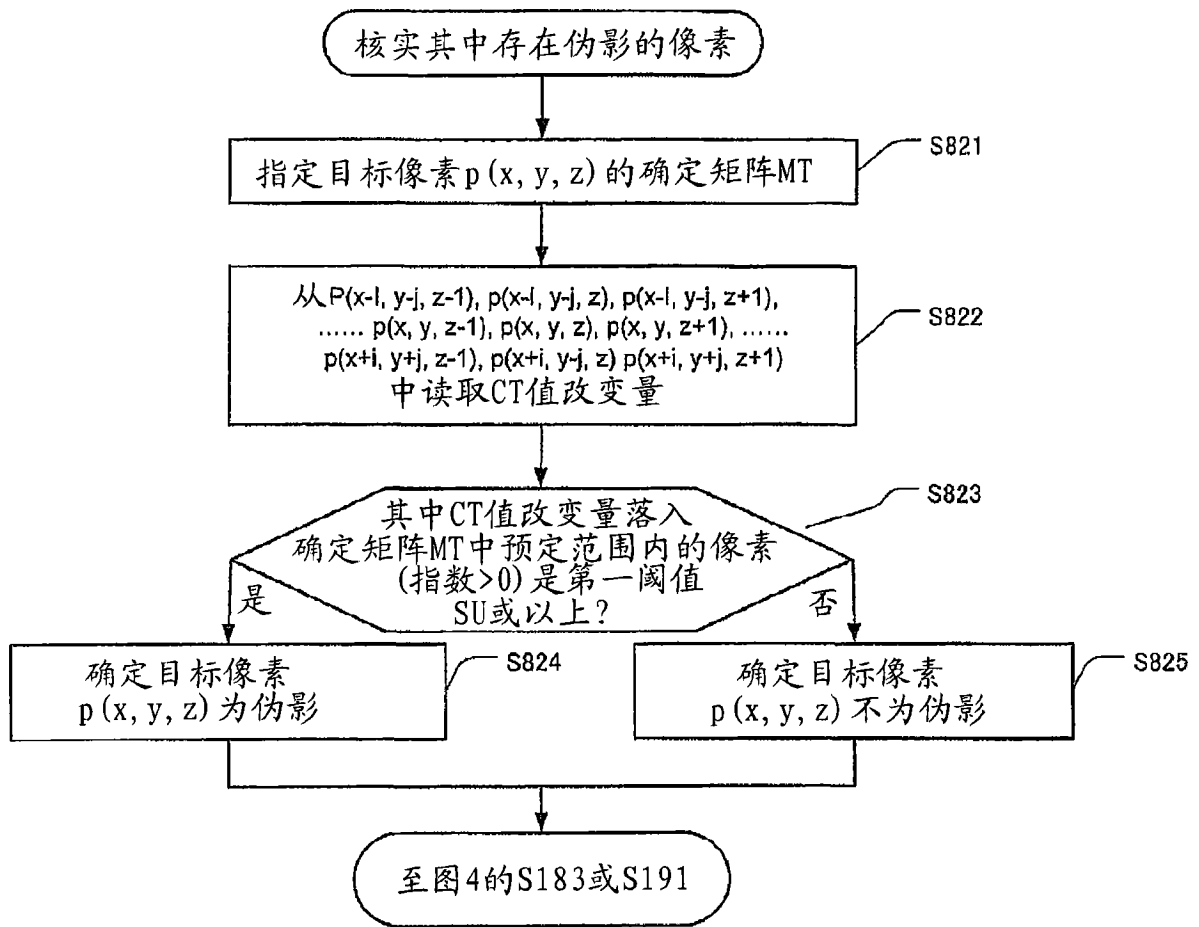


图 11

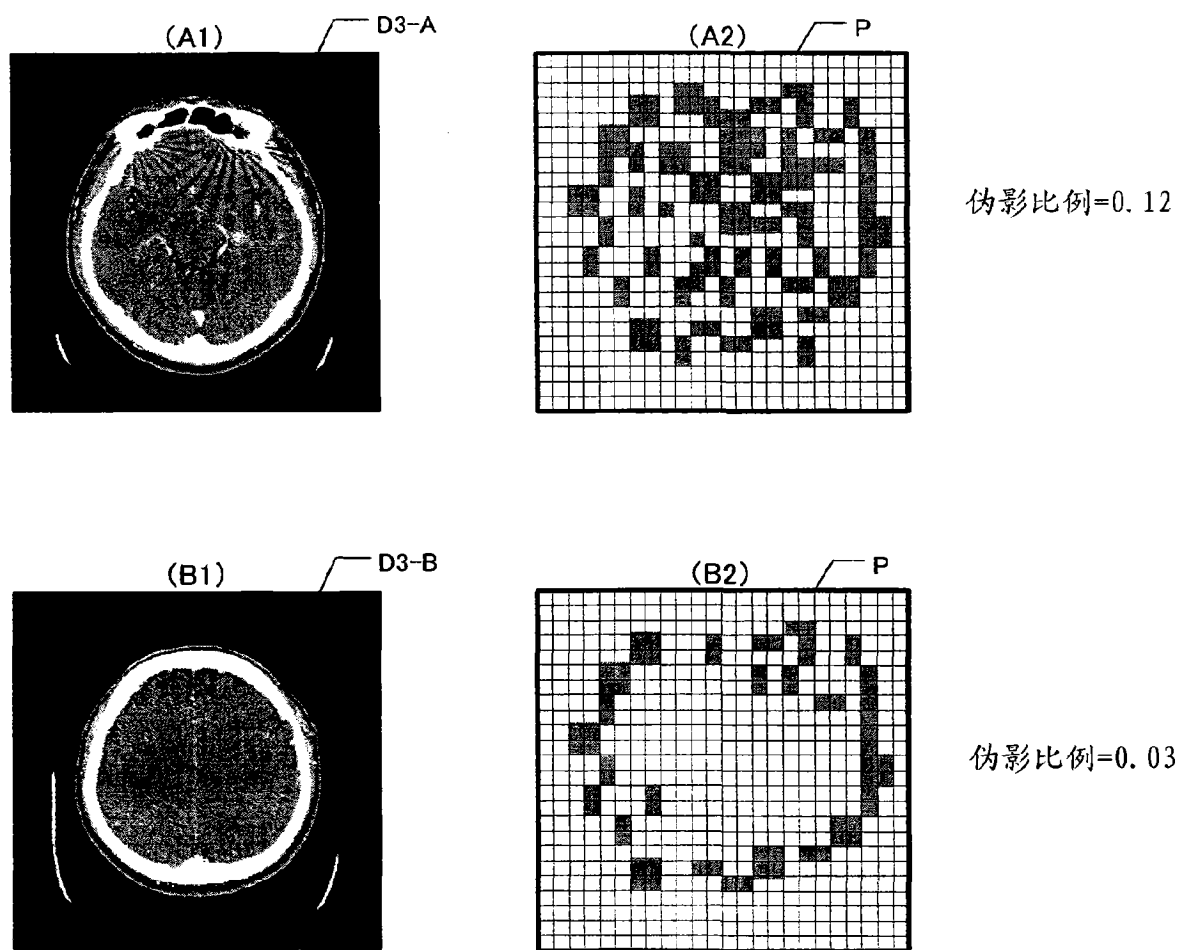


图 12

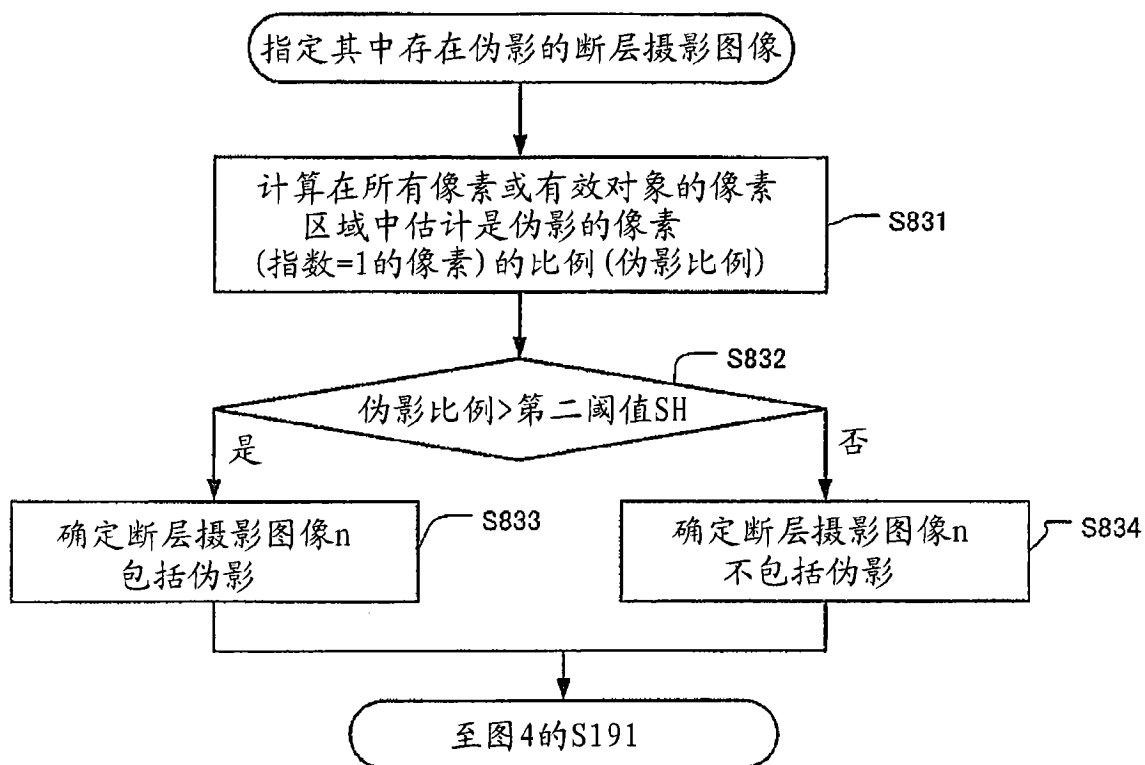


图 13

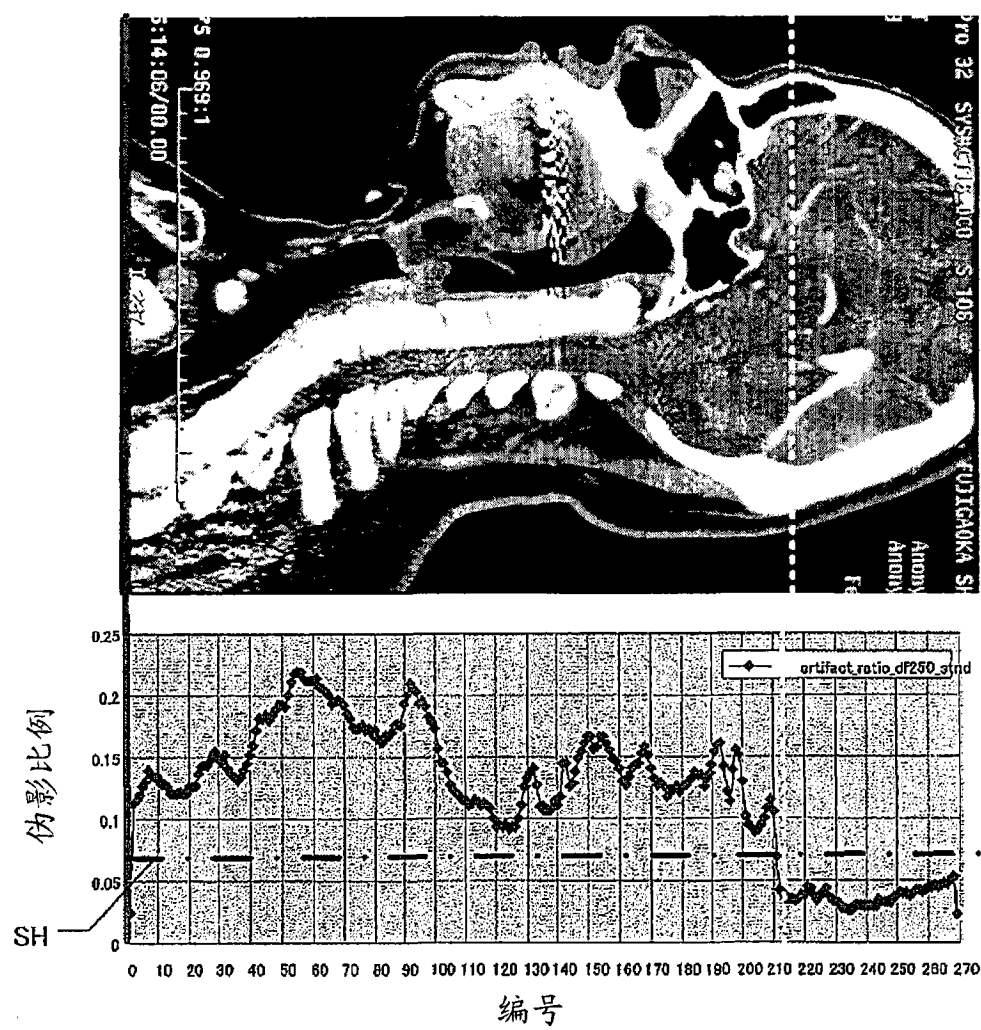


图 14