



(45) 授权公告日 2011.08.03

G06T 11/00 (2006.01)

Figure 1 is a block diagram of a CT system. The diagram shows a cross-sectional view of a patient (101) inside a gantry (100). A detector (102) and a source (103) are positioned around the patient. A data acquisition system (DAS) (104) is connected to the detector. A computer system (105) is connected to the DAS. The computer system includes a high voltage generator (51), a detector controller (52), a data processor (23), a 3D projection processor (24), a projection reduction unit (25), a value change determination unit (26), a determination unit (29), a projection ratio calculation unit (27), and a storage device (55). A monitor (80) is connected to the computer system. A coordinate system (X, Y) is shown in the top left corner.

1. 一种 X-射线断层摄影设备 (10), 包括:

扫描装置 (102, 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 (HB), 由此生成对象 (HB) 的投影数据;

CT 值改变指定装置 (26), 针对包含在通过对投影数据进行反投影获得的多幅断层摄影图像中的每个像素区域, 指定所述断层摄影图像之间的体轴方向上的 CT 值改变量;

图像处理条件选择装置 (28), 其根据所指定的 CT 值改变量来选择用于执行减少伪影的图像处理的图像处理条件;

伪影减少装置 (25), 其使用由图像处理条件选择装置所选的图像处理条件来执行图像处理; 以及

伪影比例计算装置 (27), 用于计算其中 CT 值改变量是预定范围的每个像素区域在包含在每幅断层摄影图像中的预定区域中所占据的比例, 以及

确定装置 (29), 用于当所述比例大于阈值时确定对所述像素区域实施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), 其中伪影减少装置 (25) 的图像处理包括这样的处理: 将体轴方向上多个像素区域乘以加权因子并且将乘积结果加在一起。

3. 根据权利要求 2 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中当 CT 值改变量具有预定范围时, 图像处理条件选择装置 (28) 设置加权因子为大于 0。

4. 根据权利要求 2 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中图像处理条件选择装置 (28) 根据体轴方向上像素区域的数量, 改变加权因子。

5. 根据权利要求 2 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中图像处理条件选择装置 (28) 根据 CT 值改变量来改变加权因子。

6. 根据权利要求 1-5 中任意一项的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中 CT 值改变指定装置 (26) 根据 CT 值改变量确定指数值。

7. 根据权利要求 6 的 X-射线断层摄影设备, 其中体轴方向上多个像素区域根据指数值乘以与所述像素区域相关的加权因子, 并且把乘法结果加起来。

8. 根据权利要求 1 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中预定范围是从 3HU 至 300HU。

9. 根据权利要求 1 的 X-射线断层摄影设备 (10), 其中每个像素区域包括一个像素或多个像素。

X- 射线断层摄影设备

技术领域

[0001] 本发明涉及一种 X- 射线断层摄影设备,其在 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,所述伪影诸如锥形束伪影、风车伪影等,并且涉及其伪影减少方法。

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 方向或切片方向) 中的采样间隔不足。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充分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 中,例如,在执行重建功能卷积处理之后,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,在用于在 z 方向上执行多点插值以减少伪影的方法中,即使在其中未显现伪影的图像区域上也实施插值,因而导致 Z 方向上分辨率下降,由此不能通过分辨率更多的增加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,其有效地提取伪影而不减少 Z 方向上的分辨率,由此以减少伪影,以及一种伪影减少方法。

[0006] 在本发明中,仅针对来自三维反投影 (back-projected) 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。对于不会发生伪影的区域,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,对于没有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体轴方向移动的同时将 X 射线暴露到对象、由此生成对象的投影数据;CT 值改变指定装置,针对包含在通过对投影数据进行反投影获得的多幅断层摄影图像中的每个像素区域,指定所述断层摄影图像之间的体轴方向上的 CT 值改变量;图像处理条件选择装置,其根据所指定的 CT 值改变量来选择用于执行减少伪影的图像处理的图像处理条件;以及伪影减少装置,其使用由图像处理条件选择装置所选的图像处理条件来执行图像处理。

[0008] 在根据第一方面的 X- 射线断层摄影设备中,针对反投影的断层摄影图像的每个像素区域指定体轴方向上 CT 值改变量。基于指定的 CT 值改变量选择图像处理条件。基于指定的 CT 值改变量确定其中显现有伪影的图像区域和不具有伪影的区域。如果未发生伪影,那么选择利用图像区域为原样的图像的图像处理条件。仅在其中显现有伪影的图像区

域上实施图像处理,从而减少伪影。附带地,CT 值改变量包括体轴方向上 CT 值改变的平均值或者体轴方向上 CT 值改变的最大和最小值之间的差值。

[0009] 根据第二方面的 X-射线断层摄影设备包括伪影比例计算装置,用于计算 CT 值改变量在预定范围的每个像素区域在包含在每幅断层摄影图像中的预定区域中占据的比例,以及确定装置,用于确定当所述比例大于阈值时,在所述像素区域上实施用于减少伪影的图像处理。

[0010] 在根据第二方面的 X-射线断层摄影设备中,虽然很有可能如果 CT 值改变量在预定范围中,具有伪影的像素将存在,但是 CT 值改变量可能取决于诸如成像条件的影响而落在预定范围中。因而,计算其中 CT 值改变量在预定范围中的像素区域在包含在每幅断层摄影图像中预定区域中所占据的比例。如果比例较低,那么从体轴方向观察的高分辨率像素维持原样,而不执行伪影减少处理。如果比例较高,那么存在显现伪影的高度可能性。因而,仅在其断层摄影图像中显现伪影的图像区域上实施图像处理,以使得减少伪影。

[0011] 在根据第三方面的 X-射线断层摄影设备中,伪影减少装置的图像处理包括这样的处理,其将多幅断层摄影图像的图像区域乘以每一个均选择为图像处理条件的加权因子并且把乘法结果加起来。

[0012] 在第三方面的结构中,确定当 CT 值改变量在预定范围中时,存在其中显现伪影的图像区域。对于其中显现伪影的每个图像区域,体轴方向上多个像素区域乘以加权因子并且乘积结果加在一起,由此减少每幅断层摄影图像的像素区域中的伪影。

[0013] 在根据第四方面的 X-射线断层摄影设备中,当 CT 值改变量在预定范围中时,图像处理条件选择装置设置加权因子大于 0。

[0014] 在第四方面的结构中,对于其中显现伪影的图像区域,体轴方向上多个像素区域乘以设置为大于 0 的加权因子,并且由此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-射线断层摄影设备中,图像处理选择装置根据体轴方向上像素区域的数量来改变加权因子。

[0016] 在第五方面的结构中,图像处理条件选择装置可以根据体轴方向上像素区域的数量而改变加权因子。

[0017] 在根据第六方面的 X-射线断层摄影设备中,图像处理条件选择装置根据第三或第四方面中 CT 值改变量而改变加权因子。

[0018] 在第六方面的结构中,加权因子可以根据 CT 值改变量而改变,例如改变量为诸如 20HU、100HU 等。即,对于其中强烈显现伪影的图像区域和其中微弱显现伪影的图像区域可以分别进行合适的伪影减少。

[0019] 在根据第七方面的 X-射线断层摄影设备中,CT 值改变指定装置根据 CT 值改变量确定指数值。

[0020] 在第七方面的结构中,根据 CT 值改变量确定指数值。因而指数值能够在其中显现伪影的图像区域和其中无伪影的图像区域之间进行区分。使用指数值使得易于设置图像处理。

[0021] 在根据第八方面的 X-射线断层摄影设备中,体轴方向上的多个像素区域根据指数值乘以与所述像素区域有关的加权因子,并且乘积结果加在一起。

[0022] 在第八方面的结构中,对于体轴方向上的多个像素区域,加权因子根据指数值改变,并且它们互相相乘,由此使得可以减少每幅断层摄影图像的像素区域中的伪影。即,对于其中强烈显现伪影的图像区域和其中微弱显现伪影的图像区域可以分别进行合适的伪影减少。

[0023] 在第九方面,当在第二或第四方面中 CT 值改变量范围是从 3HU 至 300HU 时,伪影减少装置对每个像素区域减少伪影。

[0024] 判断当 CT 值改变量范围是从 3HU 至 300HU 时,伪影显现。假设 CT 值改变量为例如 300HU 或以上,这意味着一区域已经从软组织改变到骨等,或者一区域反之亦然地改变。如果 CT 值改变量是 3HU 或以下,那么这意味着软组织或骨在多个切片方向上连续。另一方面,从 3HU 至 300HU 的 CT 值改变意味着正显现风车伪影或锥形束伪影。

[0025] 在根据第十方面的 X-射线断层摄影设备中,每个像素区域包括一个像素或多个像素。

[0026] 在第十方面中,目标断层摄影图像的像素区域可以作为一个像素或多个像素处理。

[0027] 根据第十一方面的用于减少 X 射线断层摄影图像的伪影的方法,包括下列步骤:对于包含在多个断层摄影图像中的每个像素区域,指定所述断层摄影图像之间体轴方向上 CT 值改变量,所述断层摄影图像通过反投影当台架和平台中至少一个正沿着对象体轴方向移动时将 X-射线暴露到对象而获得的对象反投影数据而获得;根据指定的 CT 值改变量选择用于执行减少伪影的图像处理的图像处理条件;以及使用所选的图像处理条件执行图像处理。

[0028] 在根据第十一方面的伪影减少方法中,关于反投影的断层摄影图像的每个像素区域指定体轴方向上 CT 值改变量。基于 CT 值改变量选择图像处理条件。即,关于其中显现伪影的图像区域和无伪影的图像区域,基于指定的 CT 值改变量做出决定。如果发现已经显现伪影,那么选择利用其原样图像的图像处理条件。可以仅在其中显现伪影的图像区域上实施图像处理,从而减少伪影。

[0029] 根据第十二方面的伪影减少方法,包括如下步骤:计算其中 CT 值改变量在预定范围中的像素区域在包含在每幅断层摄影图像中预定区域中所占据的比例,以及确定当所述比例大于阈值时在每个像素区域上实施减少伪影的图像处理。

[0030] 虽然很有可能如果 CT 值改变量在预定范围,具有伪影的像素将存在,但是 CT 值改变量可能取决于诸如成像条件的影响落在预定范围中。因而,根据 [0001] CT 值改变的平均量进行处理。

[0031] 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。

[0032] 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。

- [0033] 附图清单
- [0034] 图 1
- [0035] 21 :预处理器
- [0036] 23 :束硬化处理器
- [0037] 24 :三维反投影处理器
- [0038] 25 :伪影减少单元
- [0039] 26 :CT 值改变指定单元
- [0040] 27 :伪影比例计算器
- [0041] 28 :图像处理条件选择器
- [0042] 29 :确定器
- [0043] 51 :高压发生器
- [0044] 53 :扫描控制器
- [0045] 59 :存储设备
- [0046] 103 :探测器
- [0047] 105 :数据传输设备
- [0048] 111 :旋转机构
- [0049] 113 :滑环
- [0050] 图 2
- [0051] 通道方向
- [0052] 切片方向
- [0053] 图 3
- [0054] 开始
- [0055] S11 :采集数据
- [0056] S12 :预处理
- [0057] S13 :校正束硬化
- [0058] S14 :执行 Z- 滤波卷积处理
- [0059] S15 :执行重建函数卷积处理
- [0060] S16 :执行三维反投影处理
- [0061] S17 :执行伪影减少处理
- [0062] 结束
- [0063] 图 4
- [0064] (a)
- [0065] 开始伪影处理
- [0066] S171 :确定待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0067] S172 :测量 $p(x, y, z-1)$ 、 $p(x, y, z)$ 和 $p(x, y, z+1)$ 处的 CT 值改变量
- [0068] S173 :根据 CT 值改变计算指数值
- [0069] S174 :根据指数值图像处理待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0070] S175 :在图像处理之后显示断层摄影图像
- [0071] 结束

- [0072] (b)
- [0073] 开始伪影处理
- [0074] S171 :确定待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0075] S172 :测量 $p(x, y, z-1)$ 、 $p(x, y, z)$ 和 $p(x, y, z+1)$ 处的 CT 值改变量
- [0076] S174 :根据 CT 值改变量而图像处理待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0077] S175 :在图像处理之后显示断层摄影图像
- [0078] 结束
- [0079] 图 7
- [0080] CT 值改变量
- [0081] CT 值改变量
- [0082] CT 值改变量
- [0083] CT 值改变量
- [0084] 图 8
- [0085] CT 值改变量
- [0086] CT 值改变量
- [0087] 图 9
- [0088] 伪影比例
- [0089] 伪影比例
- [0090] 图 10
- [0091] 开始伪影处理
- [0092] S171 :确定待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0093] S172 :测量 $p(x, y, z-1)$ 、 $p(x, y, z)$ 和 $p(x, y, z+1)$ 处的 CT 值改变量
- [0094] S173 :根据 CT 值改变计算指数值
- [0095] S271 :计算所有像素或对象处有效像素中的指数 = 1 的像素 (估计为伪影的像素) 之间的比例 (伪影比例)
- [0096] S272 :伪影比例 > 阈值 SH
- [0097] S273 :显示未处理的断层摄影图像 D3
- [0098] S174 :根据指数值图像处理待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0099] S175 :在图像处理之后显示断层摄影图像 D31
- [0100] 结束
- [0101] 第十二方面的伪影减少方法计算其中 CT 值改变量在预定范围中的像素区域在包含在每幅断层摄影图像中预定区域中所占据 的比例。如果比例较低,那么从体轴方向观察的高分辨率像素保持原样,而不执行伪影减少处理。如果比例较高,那么存在显现伪影的高度可能性。因而,仅在其断层摄影图像中显现伪影的图像区域上实施图像处理,以使得减少伪影。
- [0102] 在根据第十三方面的伪影减少方法中,用于减少伪影的图像处理包括如下的处理 :将断层摄影图像的图像区域乘以每一个均选作图像处理条件的加权因子并且把乘积结果加起来。
- [0103] 在第十三方面的伪影减少方法中,确定当 CT 值改变量在预定范围时,存在其中显

现伪影的图像区域。对于其中显现伪影的每个图像区域,体轴方向上多个像素区域乘以加权因子并且乘积结果加在一起,由此减少每幅断层摄影图像的像素区域中的伪影。

[0104] 在根据第十四方面的用于 X-射线断层摄影图像的伪影减少方法中,当 CT 值改变量在预定范围时,图像处理条件选择步骤设置加权因子大于 0。

[0105] 在根据第十四方面的伪影减少方法中,对于其中显现伪影的图像区域,体轴方向上多个像素区域乘以设置为大于 0 的加权因子,并且由此减少每个断层摄影图像的像素区域中显现的伪影。

[0106] 在根据第十五方面的伪影减少方法中,加权因子根据体轴方向上像素区域的数量而改变。

[0107] 在根据第十五方面的伪影减少方法中,加权因子可以根据体轴方向中像素区域中的数量而改变,对应于例如目标区域的邻域中一个切片情况中的 3,以及其邻域中 n 个切片的情况中的 $2n+1$ 。

[0108] 在根据第十六方面的伪影减少方法中,加权因子根据 CT 值改变量而改变。

[0109] 在第十六方面的结构中,加权因子可以根据 CT 值改变量而改变,例如改变量为诸如 20HU、100HU 等。即,对于其中强烈显现伪影的图像区域和其中微弱显现伪影的图像区域可以分别进行合适的伪影减少。

[0110] 在根据第十七方面的伪影减少方法中,根据指定的 CT 值改变量确定指数值。

[0111] 在第十七方面的伪影减少方法中,根据 CT 值改变量确定指数值。因而指数值能够在其中显现伪影的图像区域和其中无伪影的图像区域之间进行区分。使用指数值使得易于设置图像处理。

[0112] 在根据第十八方面的伪影减少方法中,加权因子根据对象的每个区域而改变。

[0113] 在根据第十八方面的伪影减少方法中,即使呈现相同的 CT 值改变量,加权因子也可以根据头、颈、胸等而改变。这是因为软组织的类型、骨的厚度、形状复杂性等取决于对象区域而改变。

[0114] 在根据第十九方面的伪影减少方法中,当 CT 值改变量范围是从 3HU 至 300HU 时,对每个像素区域减少伪影。

[0115] 在第十九方面的结构中,判断当 CT 值改变量范围是从 3HU 至 300HU 时,伪影显现。假设 CT 值改变量为例如 300HU 或以上,这意味着一区域已经从软组织改变到骨等,或者一区域反之亦然地变化。如果取决于成像环境,CT 值改变量是 3HU 或以下以及 10HU 或以下,那么这意味着软组织或骨在多个切片方向上连续。在从软组织过渡到骨或者相反地从骨过渡到软组织的像素区域中,以及从肺过渡到软组织或相反亦然的像素区域中,存在范围从 200HU 以上至 300HU 以上的改变量。因而,另一方面,根据从 3HU 至 300HU 的 CT 值改变,可以评估已经显现风车伪影或锥形束伪影。

[0116] 在根据第二十方面的伪影减少方法中,当 CT 值改变量范围是从 0HU 至 300HU 时,对每个像素区域减少伪影并且对该像素区域减少噪声。

[0117] 在第二十方面的结构中,当 CT 值改变量为 3HU 或以下时,实施噪声减少。这意味着,如果 CT 值改变量为 3HU 或以下时,软组织或骨在多个切片方向上连续。然而,当 CT 值改变量为 3HU 或以下时,对多个切片图像上实施加权,从而也实施每幅断层摄影图像的噪声减少。

[0118] 根据本发明的 X-射线断层摄影设备和伪影减少方法,仅对三维反投影的断层摄影图像中每个其中显现有伪影的图像区域减少伪影。可以显示这样地断层摄影图像,其中对于不发生伪影的区域,按原样使用三维反投影断层摄影图像。

附图说明

[0119] 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。

[0120] 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。

[0121] 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。

[0122] 图 4 是用于在确定反投影数据 D3 之后减少伪影的流程图。

[0123] 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。

[0124] 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 上的范例。

[0125] 图 7 是示出指数函数的图。

[0126] 图 8 是示出其它指数函数的图。

[0127] 图 9 是示出经受伪影减少处理之前的对象头部的断层摄影图像和重建区域 P 的图。

[0128] 图 10 是示出用于在检查伪影比例之后执行伪影减少处理的流程图的图。

[0129] 图 11 是从对象 HB 的胸部到其头部的体轴方向上的横截面视图和伪影比例。

具体实施方式

[0130] <X-射线断层摄影设备的结构>

[0131] 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 的结构的结构图。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 在相应于对象 HB 的体轴方向的 Z 方向上移动。台架 100 具有旋转环 102,并且包括用于将成形为锥形束的 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 检测透射穿过对象 HB 的 X 射线。

[0132] 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。

[0133] 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 上。

[0134] 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,其用于在每次在 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,而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 正旋转的状态中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,用于在由旋转机构 111 以相似于螺旋扫描的方式正旋转 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,并且执行对扫描的控制,所述扫描为诸如由数据采集电路 104 周期性采集原始数据等。

[0135] 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 发送的投影数据实施预处理、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。

[0136] < 图像处理部分的结构 >

[0137] 图像处理部分或设备 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、CT 值改变指定单元 26、伪影比例计算器 27、图像处理条件选择器 28 以及确定器 29。

[0138] 预处理器 21 针对数据采集电路 104 采集的原始数据,校正通道 - 通道灵敏度不均匀性,并且执行诸如 X- 射线剂量校正的预处理,用于校正由主要是金属部分的 X- 射线强吸收体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,经预处理的数据称作投影数据。

[0139] 束硬化处理器 23 对投影数据的束硬化实施校正处理。束硬化是一种现象,其中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,在投影数据的切片方向以及其通道方向上校正束硬化。

[0140] 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,并且在经受傅立叶逆变换之后用重建函数 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实施三维反投影处理,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。

[0141] 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 对其进行显示。

[0142] CT 值改变指定单元 26 指定体轴方向上 CT 值改变量。这是因为,如果体轴方向上 CT 值改变量落入预定范围中,那么可以估计正显现伪影。

[0143] 伪影比例计算器 27 计算其中显现了伪影的图像区域在断层图像中或者断层摄影图像的对象区域中所占的比例。

[0144] 图像处理条件选择器 28 选择当伪影减少单元 25 执行图像处理以减少伪影时安排何种图像处理条件。图像处理条件选择器 28 例如选择在体轴方向上观察用于将权重分配给多个像素的值。

[0145] 确定器 29 根据伪影比例计算器 27 计算的比例,确定是否伪影减少单元 25 应当执行伪影减少处理。

[0146] 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 中较多 X-射线,由束形成 X-射线滤波器 121 施加到图像重建区域 P 的中心,而 X-射线束 XR 中较少的 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 射线吸收到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。

[0147] 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方向上受到 X-射线准直仪 123 的控制,并且因而 X 射线吸收到存在于旋转中心轴 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-射线区域探测器。

[0148] < 用于断层摄影成像的操作流程 >

[0149] 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。

[0150] 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、探测器行数 j 以及通道数 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。

[0151] 在步骤 S12,原始数据 $D0(view, j, i)$ 经过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。

[0152] 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,由此将其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的乘法计算而执行。由于这时可以 每 j 行执行独立束硬化校正,如从多行 X-射线探测器 103 的切片方向上观察的,如果 X-射线管电压根据成像条件不同,则可以校正每行布置的探测器之间的 X-射线能量特性的差别。

[0153] 在步骤 S14,对经过束硬化校正的投影数据 D1 实施用于在切片方向(z 方向)上应用滤波器的 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,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。当行方向滤波系数对于每个通道进行改变时,可以根据与图像重建中心的距离来控制切片厚度。

[0154] 在步骤 S15,对经过滤波卷积处理的投影数据 D11 进行重建函数 Kernel(j) 卷积处理。即,执行用于将经受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 卷积处理重建函数 Kernel(j)。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。

[0155] 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。

[0156] 在步骤 S17,对反投影数据 D3(x, y, z) 实施诸如伪影减少处理、CT 值转换等的的后处理,以获得断层摄影图像 D31(x, y, z)。在伪影减少处理中,根据在 Z 方向上观察的 CT 值改变量,检测正显现伪影的图像区域。仅对检测到的其中正产生伪影的图像区域实施滤波处理。对于无伪影的图像区域,使用原样的反投影数据 D3(x, y, z) 作为断层摄影图像 D31(x, y, z)。

[0157] < 用于伪影处理的操作流程 >

[0158] 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。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及其像素区域的概念图。附带地,通过本流程图可以减少风车伪影或锥形束伪影。

[0159] 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。

[0160] 在步骤 S172,CT 值改变指定单元 26 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。

[0161] $p(x1, y1, z-1) = 10\text{HU}$ (Hounsfield 单位)

[0162] $p(x1, y1, z) = 30\text{HU}$

[0163] $p(x1, y1, z+1) = 50\text{HU}$

[0164] 从这中可以理解,在体轴方向上,在 p(x1, y1, z) 邻域中最小 CT 值和最大 CT 值之差中,存在 40HU 的改变量。

[0165] 在此,图 5(a) 示出了像素 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) 中的平均 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。虽然已经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。

[0166] 接着,在步骤 S173,CT 值改变指定单元 26 确定指数。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。

[0167] 指数 = $f(p(x, y, z-n), p(x, y, z-n+1), \dots, p(x, y, z), \dots, p(x, y, z+n))$

[0168] 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 $p(x, y, z)$ 。将使用图 7 和 8 说明确定指数的函数。

[0169] 假设当如前述范例中给出 CT 值改变为 $p(x1, y1, z-1) = 10\text{HU}$, $p(x1, y1, z) = 30\text{HU}$ 及 $p(x1, y1, z+1) = 50\text{HU}$ 时,达到指数 = 1。

[0170] 接着,在步骤 S174,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' :

[0171] [等式 1]

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

[0173] 其中 $g(i, index)$ 是基于指数的在 z 方向第 i 个切片的加权系数或因子。例如,图像处理条件选择器 28 如下对在待处理的像素 $p(x1, y1, z1)$ 的邻域中的每个切片设置加权因子:

[0174] 假设当指数 = 1 时,应用于或指定给 $p(x1, y1, z-1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.33$,指定给 $p(x1, y1, z)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.33$,并且指定给 $p(x1, y1, z+1)$ 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到其邻域中切片图像被平均的像素。如果获取了 n 幅切片图像,那么可以使用值 $g = 1/(2n+1)$ 。

[0175] 假设指数 = 0.5 时,指定给 $p(x1, y1, z-1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.2$,指定给 $p(x1, y1, z)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.6$,并且指定给 $p(x1, y1, z+1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0.2$ 。待处理的像素 $p(x, y, z)$ 的影响强烈地保持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。

[0176] 假设当指数 = 0 时,指定给 $p(x1, y1, z-1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0$,指定给 $p(x1, y1, z)$ 的加权因子 g 为 $g = 1$,并且指定给 $p(x1, y1, z+1)$ 的加权因子 g 为 $g = 0$ 。设置待处理的像素 $p(x, y, z)$ 为无伪影的每个像素,以按原样使用。

[0177] 附带地,基于从实验等获得的信息,可以将加权因子 $g(i, index)$ 存储在查找表等中,或者存储为预定函数。由于在先或随后切片不存在,加权因子不能如前所述地设置到初始或第一切片或最终切片。因而,需要单独使用仅一侧方向上的每幅图像来对第一切片或最终切片执行校正处理,并且也改变加权因子。

[0178] 在步骤 S175,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。

[0179] 图 6 是这样的一个例子,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 $D31(x, y, z)$ 。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,如在右侧图中示出的断层摄影图像 $D31(x, y, z)$ 的情况中,风车伪影和锥形束伪影的影响减少。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成为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。

[0180] 图 4(b) 中所示的流程图是未使用在图 4(a) 的步骤 S173 中描述的指数函数 (参考图 7 或图 8) 或指数的流程图。

[0181] 在图 4(b) 中所示的流程图中, 在步骤 S172, 对于待处理的每个像素 $p(x, y, z)$ 已经测量了 z 方向上观察的 CT 值的改变量之后, 在步骤 S174' 还基于 CT 值的改变量确定加权因子 gv , 而后再确定指数。

[0182] 在步骤 S174', 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 $p'(x, y, z)$ 表达在下列等式 2 中, 例如:

[0183] [等式 2]

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

[0185] 其中 $gv(i, CTv)$ 是基于 CT 值改变量在 z 方向上第 i 个切片的加权系数或因子。例如, 图像处理条件选择器 28 如下对在待处理的像素 $p(x1, y1, z1)$ 的邻域中的每个切片设置加权因子:

[0186] 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 $gv = 0.33$ 。

[0187] 假设当 CT 值改变量为 120HU 时, 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 $gv = 0.2$ 。

[0188] 假设当 CT 值改变量为 200HU 时, 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 g 为 $gv = 0$ 。

[0189] 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, 因而对加权因子 gv 的设置变得复杂。

[0190] < 指数函数的范例 >

[0191] 图 7 和 8 是示出用于确定在图 4 的步骤 S173 处使用的指数的指数函数的图。

[0192] 图 7(a) 的指数函数是这样的函数, 其中如果 CT 值改变量范围是从 $X1$ 至 $X3$, 那么指数线性地从 0 改变至 1, 而如果 CT 值改变量范围是从 $X3$ 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, 而 $X2$ 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。

[0193] 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, 这意味着一区域或部分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, 从 3HU 至 300HU 的 CT 值改变量或者从 10HU 至 200HU 的 CT 值改变量, 严格地评估正显现风车伪影或锥形束伪影。附带地, 可以根据摄影时的分辨率、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 值改变量的范围从 3HU 至 300HU, 那么可以评估正显现伪影。

[0194] 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 变动至 1, 如果 CT 值改变量范围是从 X3 至 X4, 那么指数保持为 1 不变, 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 变动至 0。假设, 例如, X1 是 10HU, X3 是 40HU, X4 是 160HU, 而 X2 是 190HU。根据指数函数, 如果 CT 值改变量范围是从 40HU 至 160HU, 那么判断是伪影。

[0195] 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。

[0196] 另一方面, 至于图 7(d) 的指数函数, 如果 CT 值改变量落在 X1 和 X2 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 X1 或以下, 或者 CT 值改变量为 X2 或以上, 那么这意味着按原样使用待处理的图像作为断层摄影图像。

[0197] 图 8(e) 的指数函数是这样的函数, 其中如果 CT 值改变量落入在 0HU 和 X3 之间, 那么指数为 1, 而如果 CT 值改变量落入 X3 和 X2 之间, 那么指数线性地从 1 改变至 0。至于图 8(f) 的指数函数, 如果 CT 值改变量落入在 0HU 和 X2 之间, 那么指数为 1 并且其它时候为 0。假设现在 X3 的范围是从 40HU 至 200HU, 而 X2 的范围是从 80HU 至 300HU。

[0198] CT 值改变量近似为 0HU 的指示意味着, 相同的软区域或骨区域在多个切片方向上连续。由于 CT 值改变量近似为 0HU 而指数 = 1.0, 这意味着根据等式 (1) 用预定加权因子平均了相应的像素。即, 在 CT 值改变量从 0HU 到约 10HU 的范围内进行了噪声减少, 而不执行伪影减少。即, 图 8(e) 或 8(f) 指数函数在 CT 值改变从约 10HU 以上至 200HU 以下或 300HU 以下的范围中使用等式 (1) 执行伪影减少, 并且在 CT 值改变量为大约 10HU 或以下的情况下以类似方式使用等式 (1) 执行噪声减少。

[0199] 虽然如上在图 7 和 8 中示出 (a) 至 (f) 的指数函数, 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 (e)。甚至在图 4(b) 所示的流程图的情况下, 可以根据 z- 方向位置设置加权因子 g_v 。

[0200] < 指定其中存在伪影的断层摄影图像 >

[0201] 在上述实施例已经评估当像素 $p(x_1, y_1, z_1)$ 或像素 p 周围多个像素组合在一起的像素区域 (X_1, Y_1, Z_1) 中 CT 值改变量为预定范围时, 如图 5 中所示在其像素中显现伪影。等式 (1) 或 (2) 的处理已经在待处理的像素 $p(x_1, y_1, z_1)$ 上实施。下列实施例是一种进一步增强地指定或确定其中正显现伪影的区域的一种方法。

[0202] 图 9 是示出经受伪影减少或减少处理之前的对象头部的断层摄影图像和重建区域 P 的图。在图 9(A1) 中所示的前期断层摄影图像 D3-A 中存在许多风车伪影, 并且风车伪影在图 9(B1) 中所示的后期断层摄影图像 D3-B 中几乎保持不存在。图 9 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 的指数的结果, 填充指数 = 1.0 的像素。在图 9(A2) 中所示的重建区域 P 中, 通过使指数 = 1.0 的像素数目除以像素的总数目而获得的伪影比例是 0.12。在图 9(B2) 中所示的重建区域 P 中, 通过使指数 = 1.0 的像素数目除以像素的总数目而获得的伪影比例是 0.03。该计算由图 1 中所示的伪影比例计算器 27 执行。

[0203] 当等式 (1) 或 (2) 的处理在指数 = 1.0 的每个像素上实施, 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 27 检查伪影比例, 其相应于这样的比例, 该比例表示评估为指数 = 1.0 (即已经显现伪影) 的像素在重建区域 P 的整个像素中占多少。当伪影比例大于预定阈值 SH, 确定器 29 对断层摄影图像 D3 实施等式 (1) 或 (2) 的处理。即, 更严格地作出识别为伪影正显现的决定。

[0204] 图 10 示出了用于在伪影比例检查之后执行伪影减少处理的流程。在图 10 中所示的流程图中, 与用于减少伪影的图 4(a) 中流程相同的步骤具有相同的步骤序号。部分省略了对相同步骤序号的说明。

[0205] 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 $p(x, y, z)$ 。

[0206] 在步骤 S172, 在待处理的每个像素 $p(x, y, z)$ 测量 z 方向的 CT 值的改变。

[0207] 在步骤 S173, 确定待处理的像素 $p(x, y, z)$ 的指数。如果重建区域 P 是 512×512 像素的正方形区域, 那么在 x 从 1 至 512 的范围和 y 也从 1 至 512 的范围中测量 z 方向上 CT 值改变量。

[0208] 接下来, 伪影减少处理行进到步骤 S271, 作为图 9 特有的步骤。在步骤 S271, 伪影比例计算器 27 计算伪影比例。至于伪影比例, 计算所有像素 (512×512) 的指数 = 1 的像素之间的比例。

[0209] 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 = 1 的像素之间的比例。代替指数 = 1 的像素之间的比例, 可以计算指数 = 0.7 或以上或者指数 = 0.5 或以上的点或地点 (spot) 之间的比例。至于伪影比例, 下列描述将关于所有像素 (512×512) 的指数 = 1 的像素之间的比例。

[0210] 在步骤 S272, 确定器 29 确定是否伪影比例大于阈值 SH。例如, 使用伪影比例 = 0.07 作为阈值 SH。如果目标断层摄影图像 D3 的伪影比例大于阈值 SH, 那么确定器行进到步骤 S174。如果该伪影比例小于阈值 SH, 那么确定器行进到步骤 S273。

[0211] 在步骤 S174, 基于根据上述等式 1 的指数值, 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 $p'(x, y, z)$ 。在目标断层摄影图像 D3 的所有像素 (512×512) 上执行该计算。在步骤 S175, 基于伪影减少处理之后的 $p'(x, y, z)$ 获得断层摄影图像 D31 (x, y, z)。然后, 在显示器 60 上显示断层摄影图像 D31 (x, y, z)。

[0212] 另一方面, 在步骤 S273, 目标断层摄影图像 D3 在显示器 60 上显示, 同时保持不经受任何图像处理。这是因为虽然存在这样的可能性, 即, 指数 = 1 的像素将在重建区域 P 中导致伪影, 但是认为伪影不显眼, 这是由于指数 = 1 的像素在整个重建区域 P 中数量较低, 并且关于降低体轴方向上分辨率的这种图像处理是不需要的。

[0213] 图 11 是在前期从对象 HB 的胸部到其头部的体轴方向上的横截面视图, 并且是示出后期伪影比例和布置在体轴方向上断层摄影图像 n 的数量之间的关系图。

[0214] 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附近 (由图 11 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, 眼睛或眉毛附近和头顶之间的伪影比例范围大约从 0.3 至 0.5。如从图 11 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 11 中, 伪影比例 = 0.07 定义为阈值 SH。因而, 根据图 10 的流程图, 等式 1 等的图像处理在胸部附近到头部的眼睛或眉毛附

近的断层摄影图像 D3 上实施。另一方面,即使指数 = 1 的像素存在,等式 1 等的图像处理也不在眼睛或眉毛附近和头顶之间的断层摄影图像 D3 的部分上实施。

[0215] 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。

[0216] 虽然已经使用待处理的像素 $p(x1, y1, z1)$ 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,也可以使用通过用最大 CT 值和最小 CT 值之间的差除以切片数量获得的 CT 值改变的平均量进行处理。

[0217] 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。

[0218] 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。

[0219] 附图清单

[0220] 图 1

[0221] 21 :预处理器

[0222] 23 :束硬化处理器

[0223] 24 :三维反投影处理器

[0224] 25 :伪影减少单元

[0225] 26 :CT 值改变指定单元

[0226] 27 :伪影比例计算器

[0227] 28 :图像处理条件选择器

[0228] 29 :确定器

[0229] 51 :高压发生器

[0230] 53 :扫描控制器

[0231] 59 :存储设备

[0232] 103 :探测器

[0233] 105 :数据传输设备

[0234] 111 :旋转机构

[0235] 113 :滑环

[0236] 图 2

[0237] 通道方向

[0238] 切片方向

[0239] 图 3

[0240] 开始

- [0241] S11 :采集数据
- [0242] S12 :预处理
- [0243] S13 :校正束硬化
- [0244] S14 :执行 Z- 滤波卷积处理
- [0245] S15 :执行重建函数卷积处理
- [0246] S16 :执行三维反投影处理
- [0247] S17 :执行伪影减少处理
- [0248] 结束
- [0249] 图 4
- [0250] (a)
- [0251] 开始伪影处理
- [0252] S171 :确定待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0253] S172 :测量 $p(x, y, z-1)$ 、 $p(x, y, z)$ 和 $p(x, y, z+1)$ 处的 CT 值改变量
- [0254] S173 :根据 CT 值改变计算指数值
- [0255] S174 :根据指数值图像处理待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0256] S175 :在图像处理之后显示断层摄影图像
- [0257] 结束
- [0258] (b)
- [0259] 开始伪影处理
- [0260] S171 :确定待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0261] S172 :测量 $p(x, y, z-1)$ 、 $p(x, y, z)$ 和 $p(x, y, z+1)$ 处的 CT 值改变量
- [0262] S174 :根据 CT 值改变量而图像处理待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0263] S175 :在图像处理之后显示断层摄影图像
- [0264] 结束
- [0265] 图 7
- [0266] CT 值改变量
- [0267] CT 值改变量
- [0268] CT 值改变量
- [0269] CT 值改变量
- [0270] 图 8
- [0271] CT 值改变量
- [0272] CT 值改变量
- [0273] 图 9
- [0274] 伪影比例
- [0275] 伪影比例
- [0276] 图 10
- [0277] 开始伪影处理
- [0278] S171 :确定待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0279] S172 :测量 $p(x, y, z-1)$ 、 $p(x, y, z)$ 和 $p(x, y, z+1)$ 处的 CT 值改变量

- [0280] S173 :根据 CT 值改变计算指数值
- [0281] S271 :计算所有像素或对象处有效像素中的指数 = 1 的像素 (估计为伪影的像素) 之间的比例 (伪影比例)
- [0282] S272 :伪影比例 > 阈值 SH
- [0283] S273 :显示未处理的断层摄影图像 D3
- [0284] S174 :根据指数值图像处理待处理的像素 $p(x, y, z)$
- [0285] S175 :在图像处理之后显示断层摄影图像 D31
- [0286] 结束

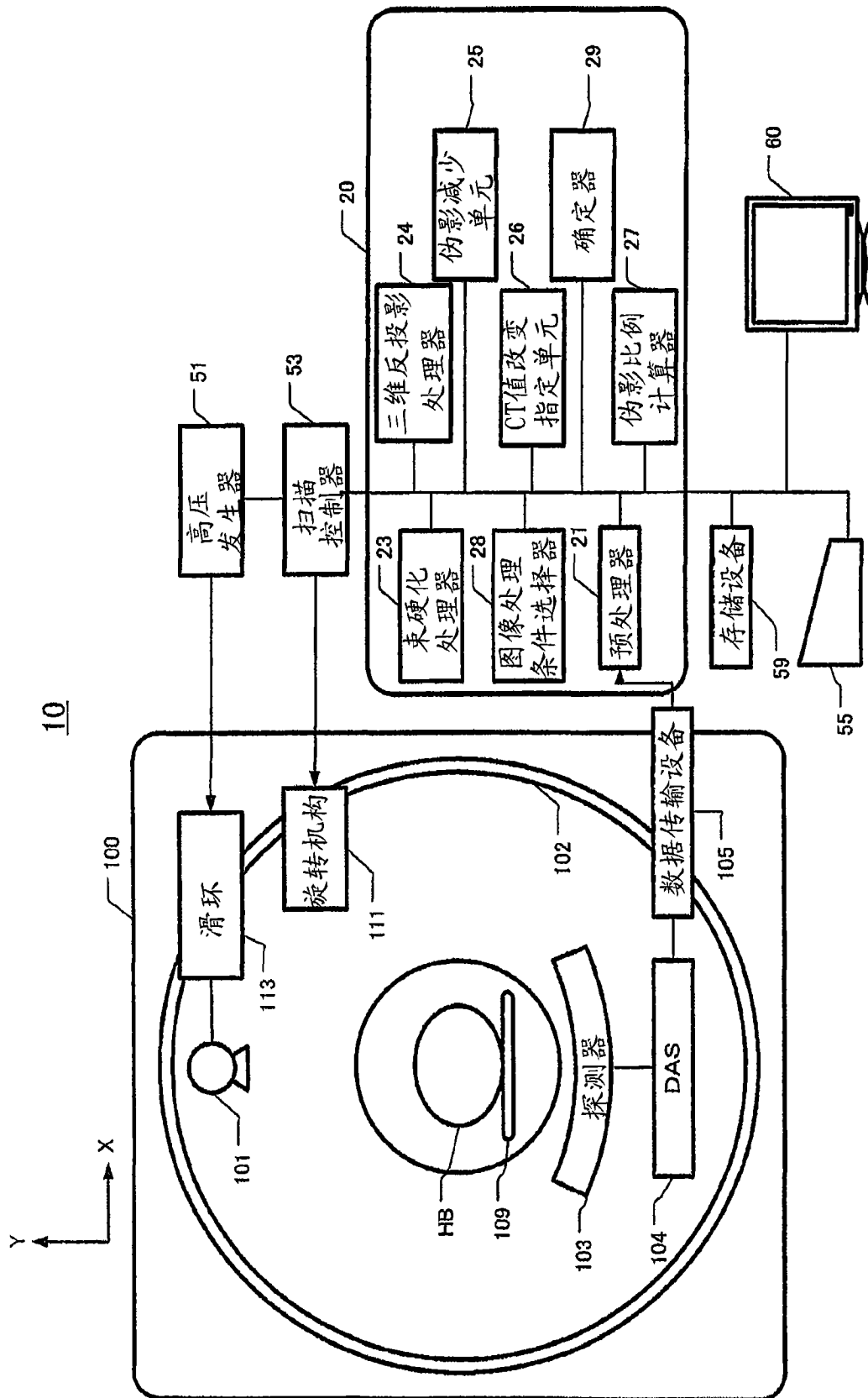


图 1

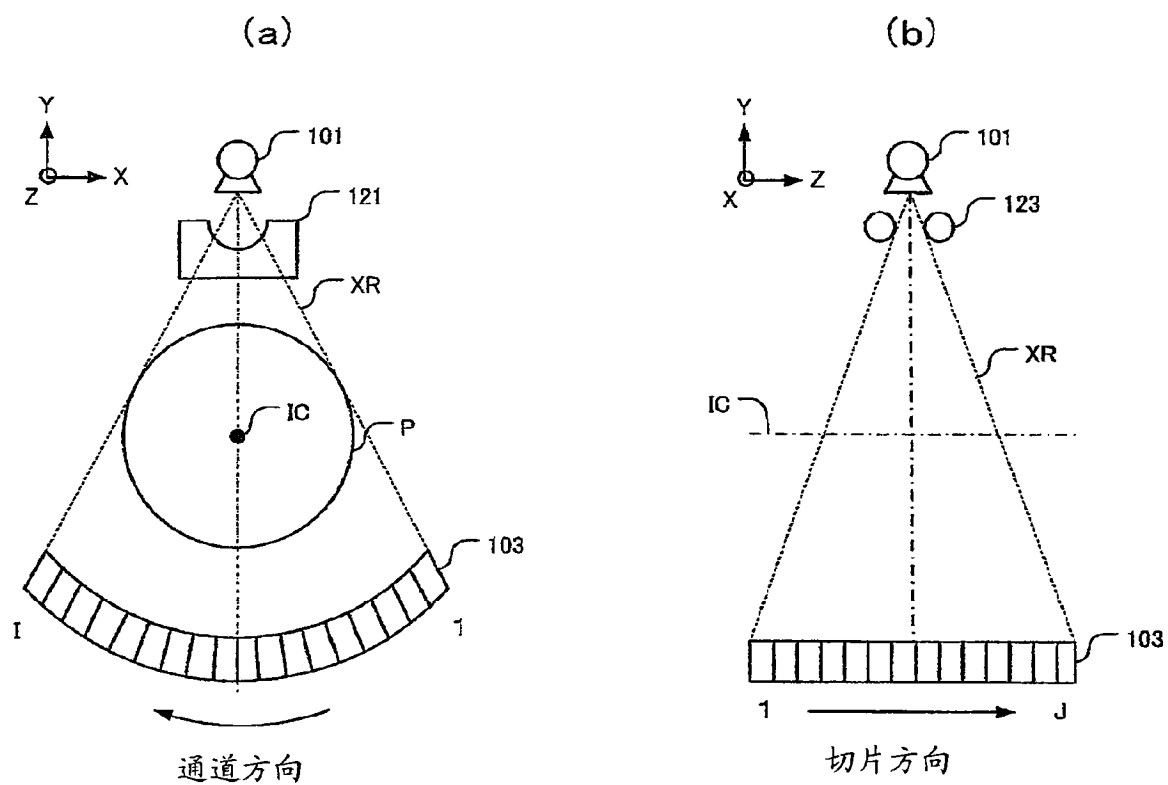


图 2

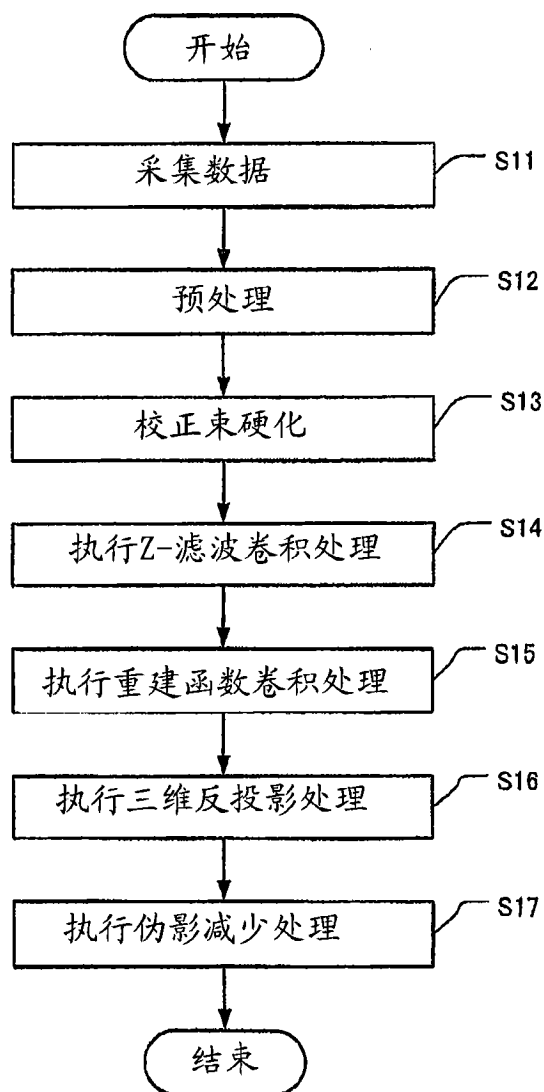


图 3

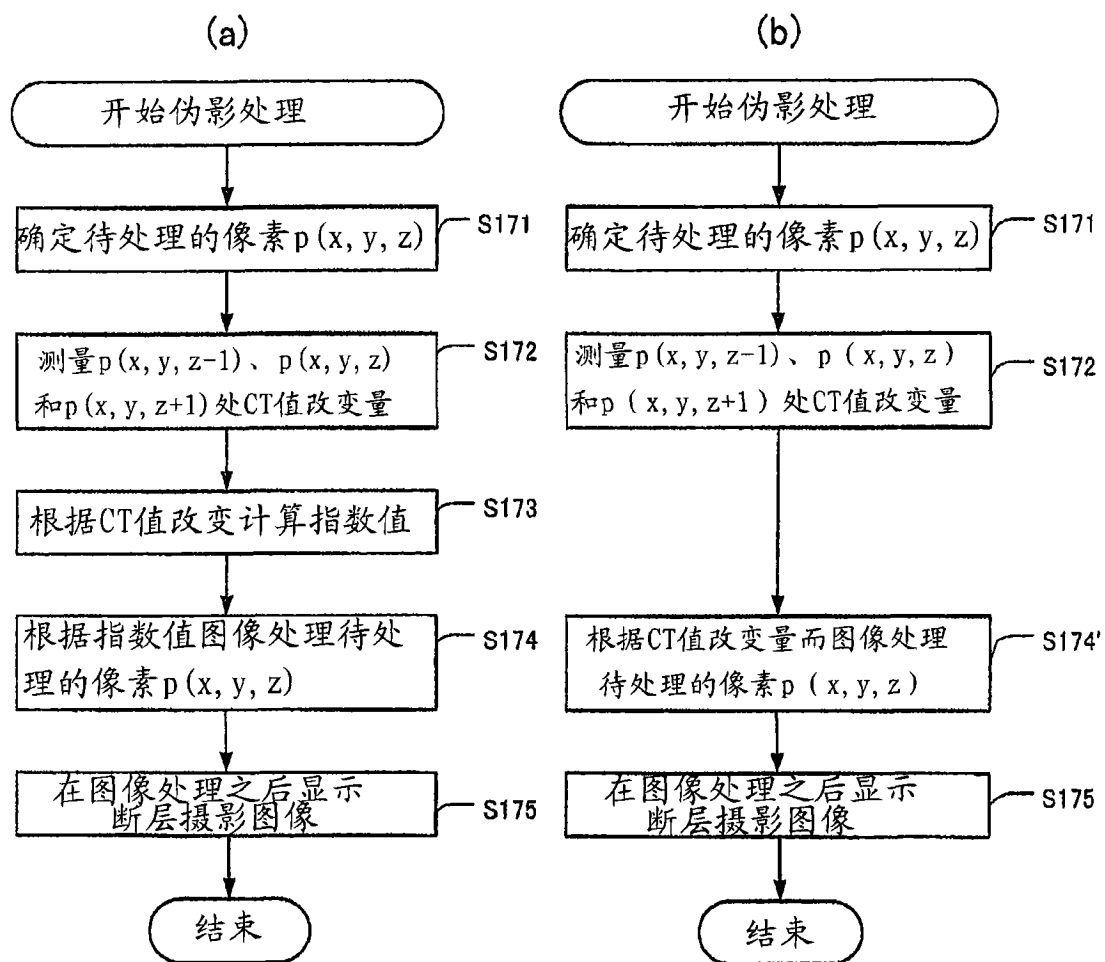


图 4

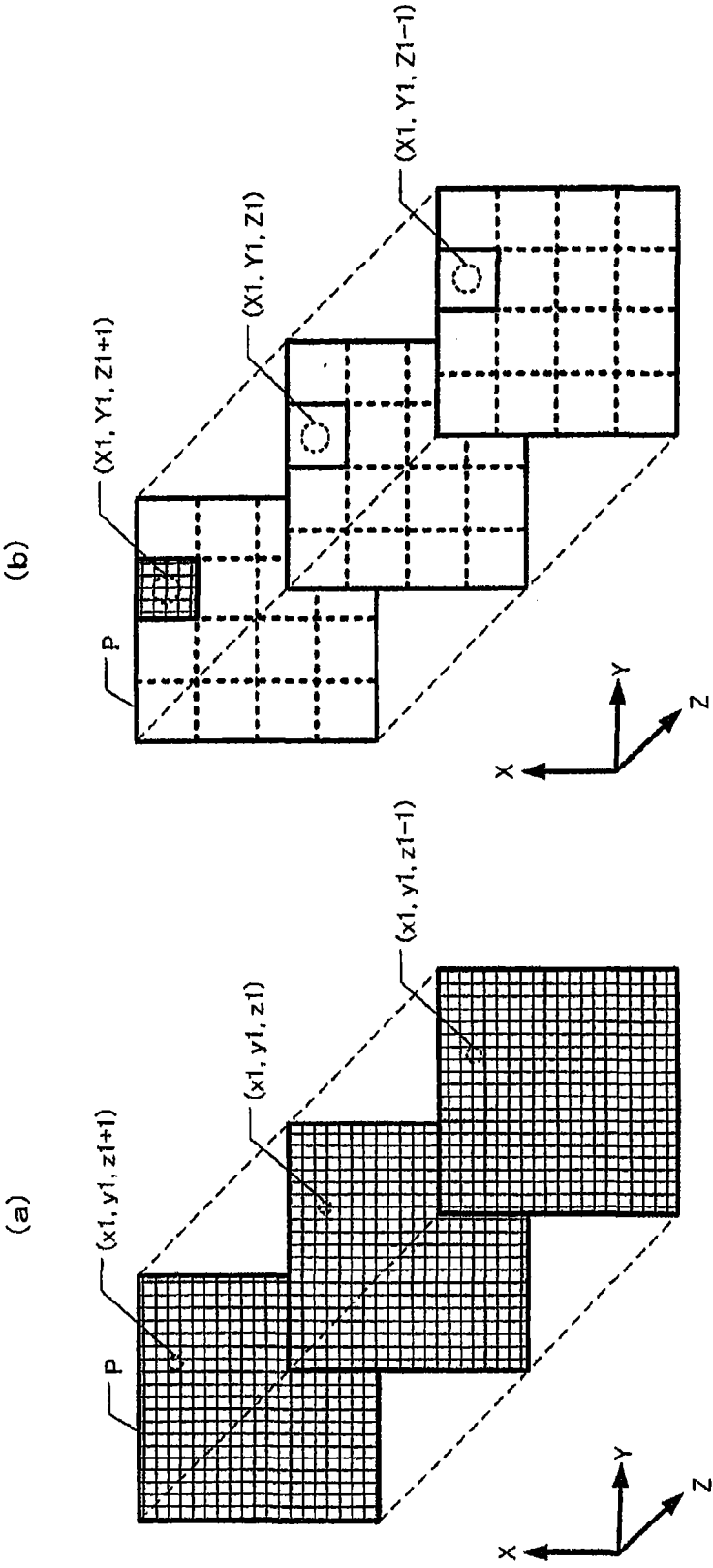
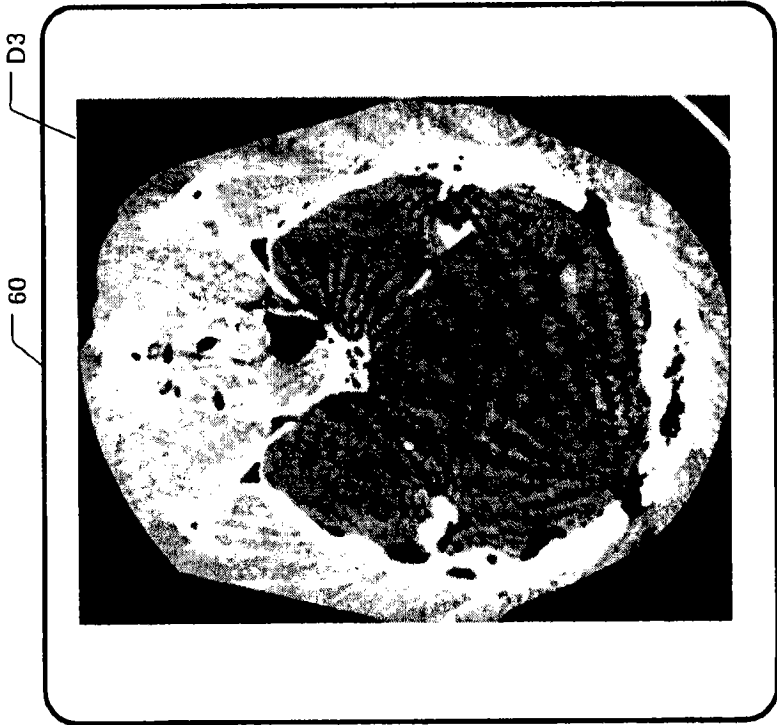
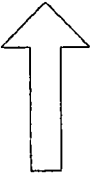
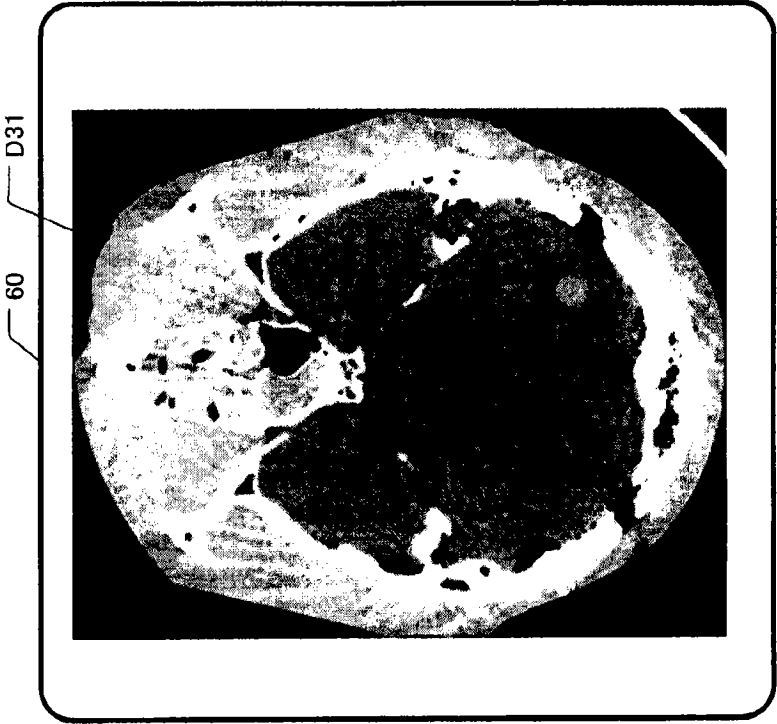


图 5



6



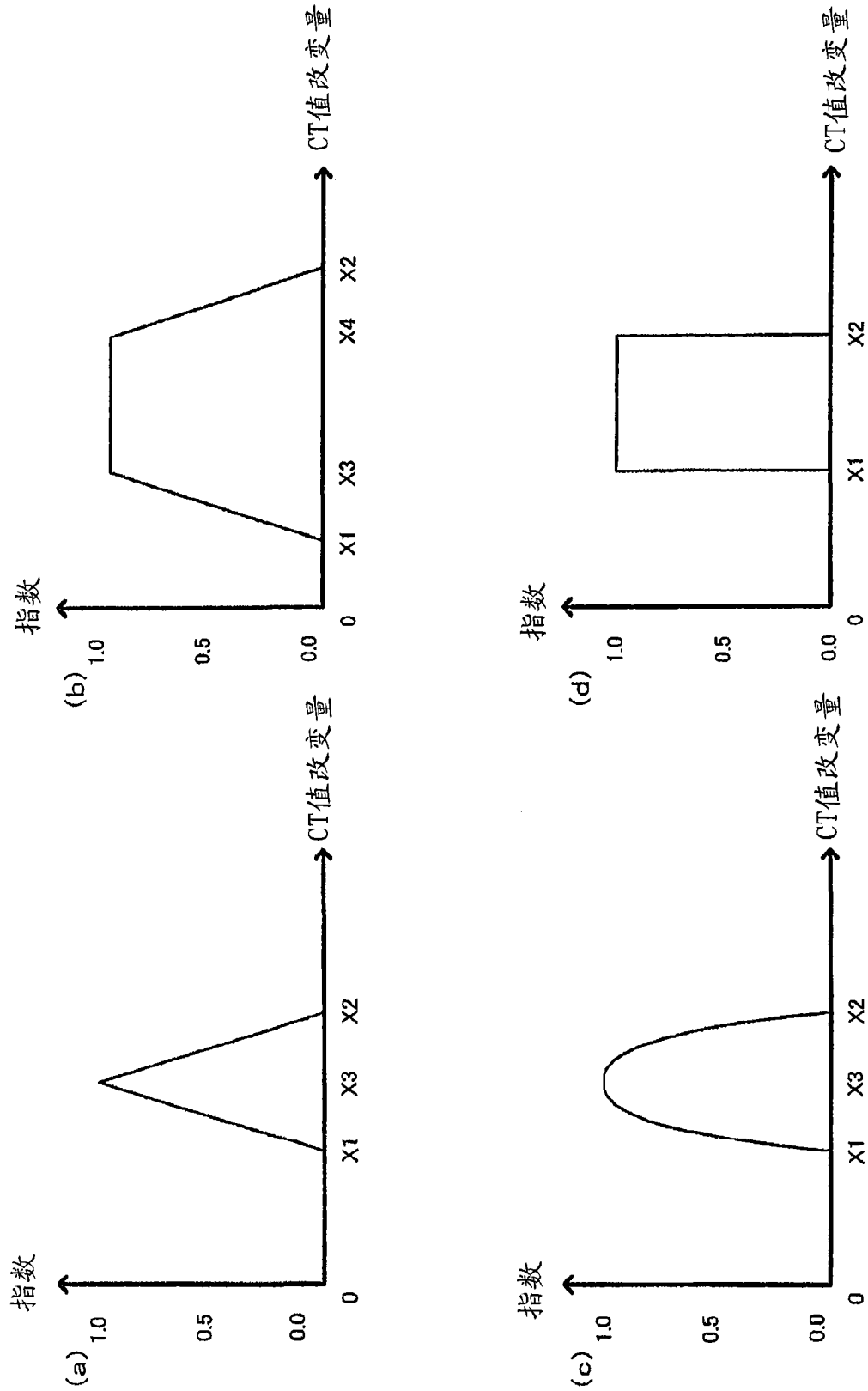


图 7

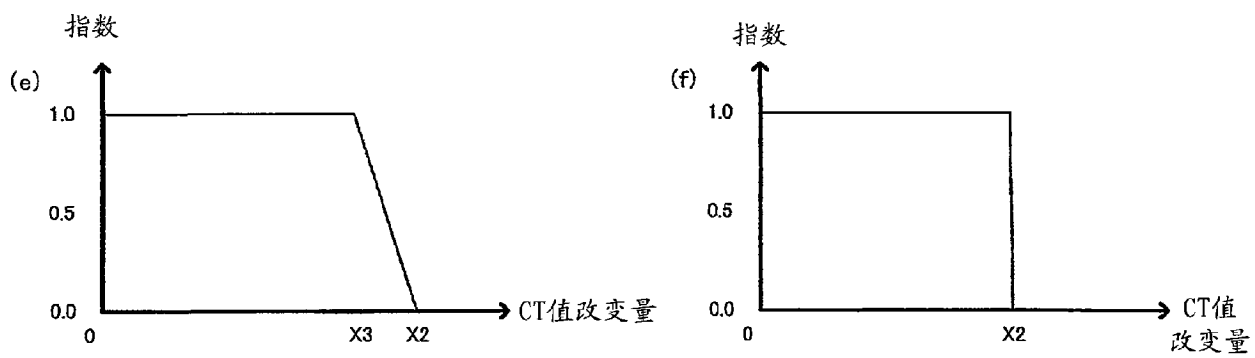


图 8

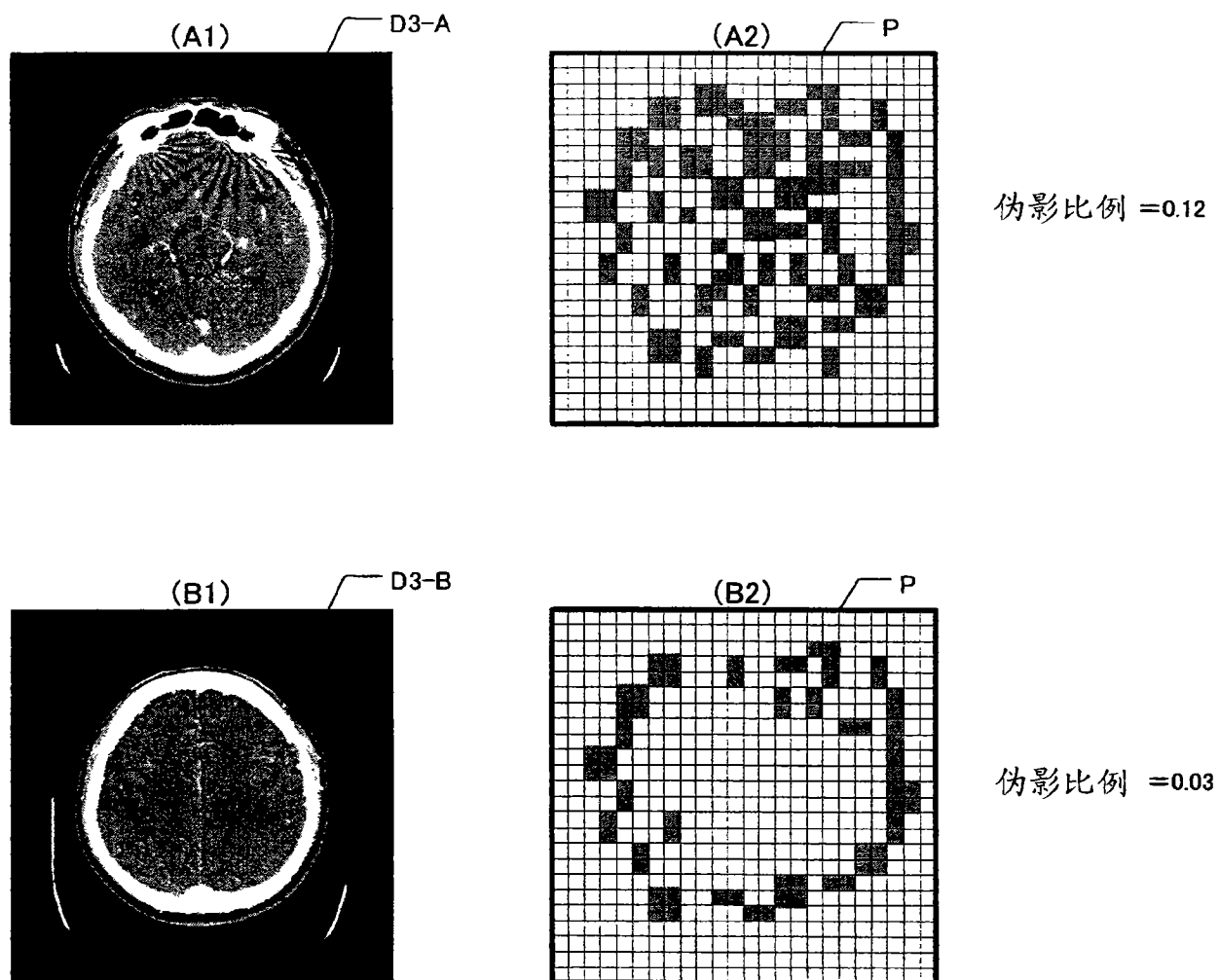


图 9

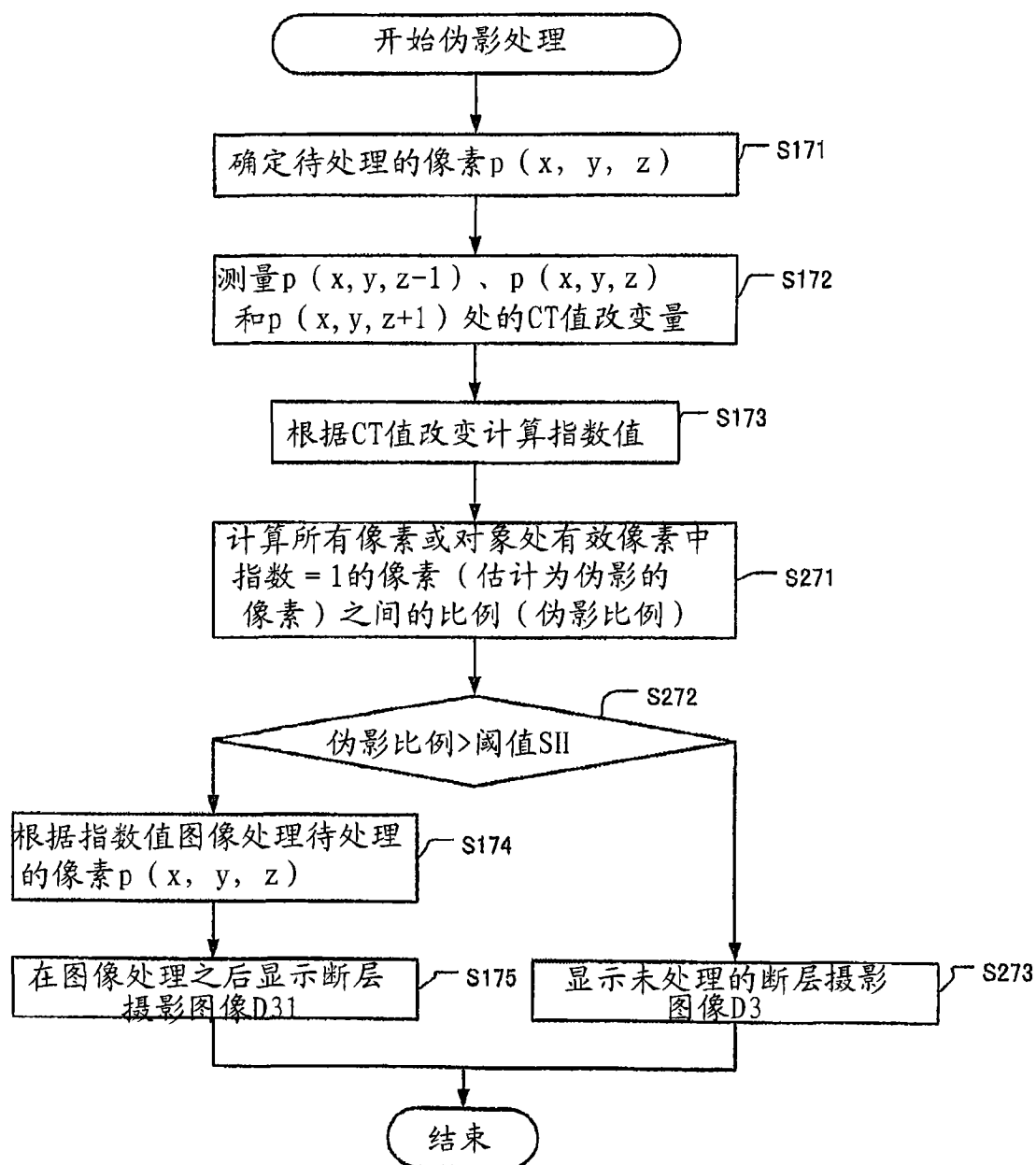


图 10

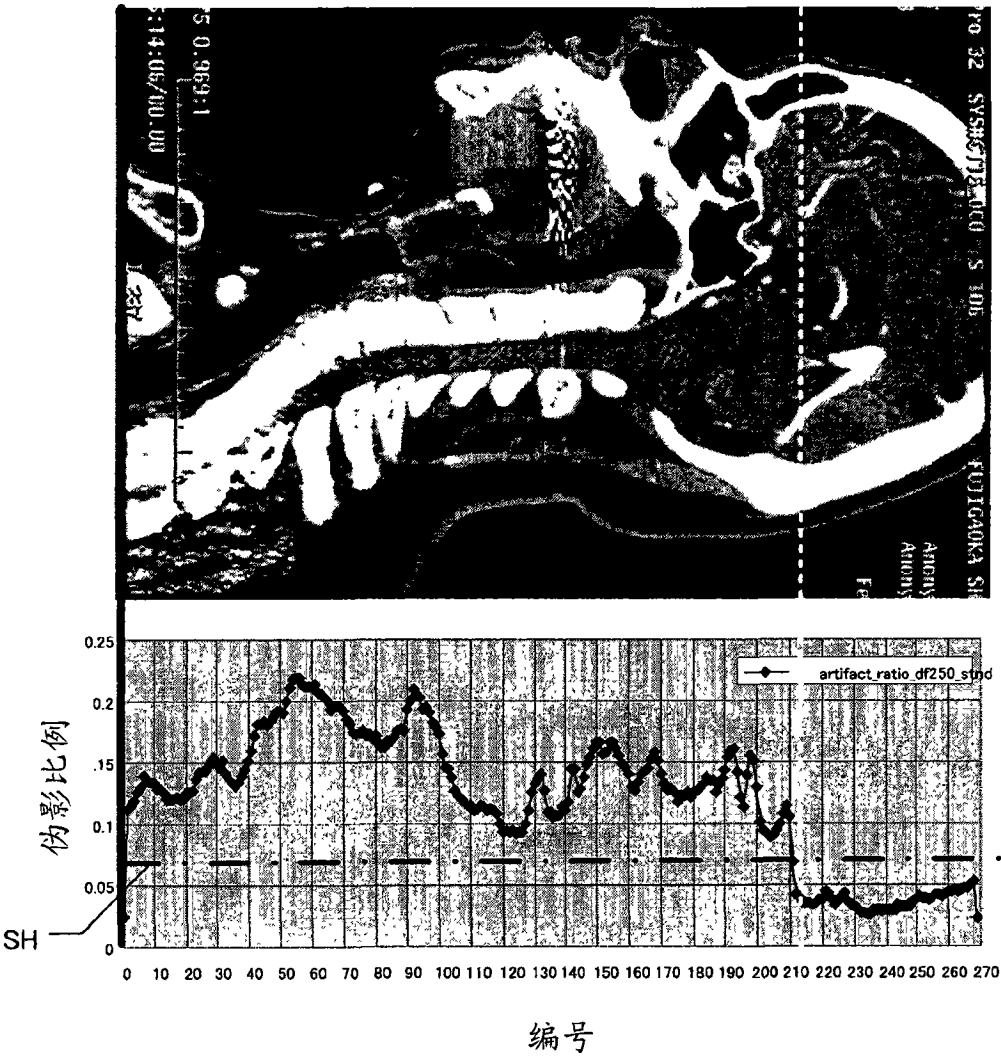


图 11