



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102985008 B

(45) 授权公告日 2015.04.08

(21) 申请号 201180026023.4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2011.03.10

A61B 6/00(2006.01)

(30) 优先权数据

G06T 1/00(2006.01)

2010-120324 2010.05.26 JP

(56) 对比文件

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

JP 特许第 4137453 号 B2, 2008.08.20, 全文.

2012.11.26

CN 101588758 A, 2009.11.25, 全文.

(86) PCT国际申请的申请数据

CN 101291625 A, 2008.10.22, 全文.

PCT/JP2011/001409 2011.03.10

CN 101019767 A, 2007.08.22, 全文.

(87) PCT国际申请的公布数据

US 5839440 A, 1998.11.24, 全文.

W02011/148546 JA 2011.12.01

CN 1964668 A, 2007.05.16, 全文.

(73) 专利权人 株式会社岛津制作所

审查员 叶思

地址 日本京都府

(72) 发明人 蔡上胜宏

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

权利要求书2页 说明书12页 附图6页

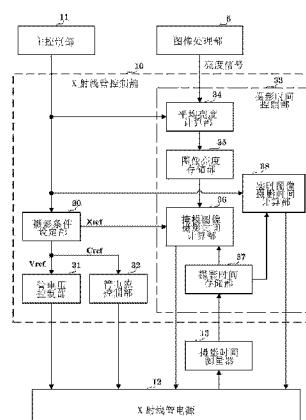
(54) 发明名称

X射线摄影装置

(57) 摘要

掩模图像摄影时间计算部 (36) 在 (i) 第一张掩模图像的情况下,与 X 射线摄影条件相应地设定第一摄影时间,在 (ii) 第二张以后的掩模图像的情况下,根据过去拍摄到的掩模图像的摄影时间和亮度计算出接下来要拍摄的掩模图像的第二摄影时间,使得过去拍摄到的掩模图像与接下来要拍摄的掩模图像的平均亮度为目标亮度,实时图像摄影时间计算部 (38) 根据基于第一摄影时间或者第二摄影时间从 X 射线照射器实际照射 X 射线而得到的掩模图像的实际摄影时间计算出实时图像的摄影时间,图像处理部 (6) 根据将基于第一摄影时间或者第二摄影时间拍摄到的多个掩模图像平均化而得到的基准掩模图像与实时图像的差来计算出减影图像。

CN 102985008 B



1. 一种 X 射线摄影装置, 其特征在于, 具备 :

X 射线照射器, 其对被检体照射 X 射线;

X 射线检测器, 其检测透过被检体的 X 射线;

摄影条件设定部, 其对从上述 X 射线照射器照射 X 射线的 X 射线摄影条件进行设定;

掩模图像摄影时间计算部, 其在 (i) 第一张掩模图像的情况下, 与上述 X 射线摄影条件相应地设定第一摄影时间, 在 (ii) 第二张以后的掩模图像的情况下, 根据过去拍摄到的掩模图像的摄影时间和亮度计算出接下来要拍摄的掩模图像的第二摄影时间, 使得过去拍摄到的掩模图像与接下来要拍摄的掩模图像的平均亮度为目标亮度;

实时图像摄影时间计算部, 其根据基于上述第一摄影时间或者上述第二摄影时间从上述 X 射线照射器照射 X 射线而得到的掩模图像的摄影时间计算出实时图像的摄影时间; 以及

图像处理部, 其输入由上述 X 射线检测器检测出的检测信号, 根据基准掩模图像与上述实时图像之差来计算出减影图像, 该基准掩模图像是将基于上述第一摄影时间或者上述第二摄影时间拍摄到的多个掩模图像平均化而得到的。

2. 根据权利要求 1 所述的 X 射线摄影装置, 其特征在于, 还具备 :

图像亮度存储部, 其存储上述掩模图像的亮度;

摄影时间测量器, 其对基于上述第一摄影时间或者上述第二摄影时间利用上述 X 射线照射器实际照射 X 射线的摄影时间进行测量; 以及

摄影时间存储部, 其对由上述摄影时间测量器测量出的上述掩模图像的实际摄影时间进行存储,

其中, 在第二张以后的掩模图像的情况下, 上述掩模图像摄影时间计算部根据存储在上述摄影时间存储部的过去的上述掩模图像的实际摄影时间和存储在上述图像亮度存储部的过去的上述掩模图像的亮度计算出接下来要拍摄的掩模图像的摄影时间。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的 X 射线摄影装置, 其特征在于,

还具备亮度校正部, 该亮度校正部对掩模图像的亮度进行校正, 使得上述掩模图像的摄影时间比与上述掩模图像的亮度比线性地对应,

上述掩模图像摄影时间计算部将由上述亮度校正部校正得到的校正亮度用作上述亮度, 来计算出第二摄影时间。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的 X 射线摄影装置, 其特征在于,

上述掩模图像摄影时间计算部不根据第二张以后的掩模图像的亮度和摄影时间而根据第一张掩模图像的亮度和摄影时间计算出上述第二摄影时间。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的 X 射线摄影装置, 其特征在于,

还具备图像平均亮度计算部, 该图像平均亮度计算部计算出上述掩模图像的关心区域的平均亮度来作为上述亮度。

6. 根据权利要求 5 所述的 X 射线摄影装置, 其特征在于,

上述关心区域是上述掩模图像的中心区域。

7. 根据权利要求 1 或 2 所述的 X 射线摄影装置, 其特征在于,

上述实时图像摄影时间计算部计算出各掩模图像的摄影时间的平均值, 来作为上述实时图像的摄影时间。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的 X 射线摄影装置, 其特征在于,
 上述实时图像摄影时间计算部通过将各掩模图像的摄影时间的平均值乘以上述掩模
 图像的目标亮度与上述实时图像的目标亮度之比来计算出上述实时图像的摄影时间。

X 射线摄影装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种拍摄血管造影图像的 X 射线摄影装置，特别是涉及一种根据掩模图像的摄影时间设定实时图像的摄影时间的 X 射线摄影装置。

背景技术

[0002] 以往，为了获取血管图像，利用血管造影剂实施 DSA(Digital Subtraction Angiography：数字减影血管造影)摄影。DSA 摄影利用了如下的图像处理技术：获取注入造影剂之前的图像数据(以下称为掩模图像)与注入造影剂之后的图像数据(以下称为实时图像)之差(减影)。利用掩模图像与实时图像之差从实时图像去除骨骼等血管诊断所不需要的部分，能够获得诊断所需的保留了注入造影剂而得到的血管图像的减影图像，能够易于观察血管。为了实施良好的 DSA 摄影，获取多个掩模图像，通过将这些多个掩模图像平均化来制作作为基准的掩模图像。通过将该基准掩模图像与实时图像相减能够获得良好的减影图像。

[0003] 在该 DSA 摄影中，在将管电压、管电流、摄影时间设为固定的值来拍摄掩模图像和实时图像的情况下，由于被检体的体型、身体的厚度导致实际拍摄到的透视图像的亮度大多与目标亮度不同。其结果，由于被检体的差异导致减影图像的亮度产生偏差。

[0004] 然而，在 DSA 摄影中，当变更管电压时 X 射线的线质发生变更，因此期望将管电压设为固定值。另外，根据灯丝电流的大小来控制管电流值，但即使调节灯丝电流，由于灯丝的热惯性导致短时间内对管电流值的响应性迟钝。因此，期望将管电流值也设为固定值。基于这样的理由，期望通过调节摄影时间来实施透视图像的亮度的调节。

[0005] 因此，设计了一种配备有专利文献 1 和 2 中记载的 AEC(自动照射控制功能)的 X 射线摄影装置。AEC 具有如下功能：通过光电计时器监视 X 射线照射的线量，当达到目标线量时遮断照射的 X 射线。也就是说，通过调节摄影时间来调节 X 射线的照射量从而控制摄影图像的亮度。在 DSA 摄影中，期望以相同的亮度拍摄掩模图像和实时图像，因此当拍摄最初的掩模图像时，通过 AEC 实时地控制摄影时间并检测最佳的摄影时间。利用检测出的该摄影时间对第二张以后的掩模图像和实时图像实施拍摄。这样，通过利用 AEC 实时地调节摄影时间能够获得成为恰当亮度的摄影时间。

[0006] 专利文献 1：日本特开 2003-209747 号公报

[0007] 专利文献 2：日本特开 2004-177251 号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的问题

[0009] 利用 AEC 时所使用的光电计时器被安装在 X 射线平面检测器的被检体侧，因此在 X 射线通过光电计时器时 X 射线的强度衰减。另外，在不使用光电计时器而利用由 X 射线平面检测器检测出的图像亮度信息来控制摄影时间的情况下，从照射 X 射线起到通过 X 射线平面检测器读出图像亮度信息为止产生几十 ms 到几百 ms 的时滞。即，在利用 X 射线平面

检测器进行监视的情况下,不能像光电计时器那样在达到目标亮度时进行直接遮断 X 射线那样的控制,因此不使用光电计时器来控制摄影图像的亮度是不恰当的。

[0010] 本发明是鉴于这种情况而完成的,其目的在于提供一种不使用光电计时器就能够获得恰当亮度的减影图像的 X 射线摄影装置。

[0011] 用于解决问题的方案

[0012] 为了达成这种目的,本发明采用如下的结构。

[0013] 即,本发明的特征在于具备:X 射线照射器,其对被检体照射 X 射线;X 射线检测器,其检测透过被检体的 X 射线;摄影条件设定部,其对从上述 X 射线照射器照射 X 射线的 X 射线摄影条件进行设定;掩模图像摄影时间计算部,其在(i)第一张掩模图像的情况下,与上述 X 射线摄影条件相应地设定第一摄影时间,在(ii)第二张以后的掩模图像的情况下,根据过去拍摄到的掩模图像的摄影时间和亮度计算出接下来要拍摄的掩模图像的第二摄影时间,使得过去拍摄到的掩模图像与接下来要拍摄的掩模图像的平均亮度为目标亮度;实时图像摄影时间计算部,其根据基于上述第一摄影时间或者上述第二摄影时间从上述 X 射线照射器照射 X 射线而得到的掩模图像的摄影时间计算出实时图像的摄影时间;以及图像处理部,其输入由上述 X 射线检测器检测出的检测信号,根据基准掩模图像与上述实时图像之差来计算出减影图像,该基准掩模图像是将基于上述第一摄影时间或者上述第二摄影时间拍摄到的多个掩模图像平均化而得到的。

[0014] 根据上述结构,X 射线照射器对被检体照射 X 射线,X 射线检测器检测透过被检体的 X 射线。摄影条件设定部对从 X 射线照射器照射 X 射线的 X 射线摄影条件进行设定。掩模图像摄影时间计算部在(i)第一张掩模图像的情况下,与 X 射线摄影条件相应地设定第一摄影时间,在(ii)第二张以后的掩模图像的情况下,根据过去拍摄到的掩模图像的摄影时间和亮度计算出接下来要拍摄的掩模图像的第二摄影时间,使得过去拍摄到的掩模图像与接下来要拍摄的掩模图像的平均亮度为目标亮度。

[0015] 实时图像摄影时间计算部根据基于第一摄影时间或者第二摄影时间从 X 射线照射器照射 X 射线而得到的掩模图像的摄影时间计算出实时图像的摄影时间。图像处理部输入由 X 射线检测器检测出的检测信号,根据将基于第一摄影时间或者第二摄影时间拍摄到的多个掩模图像平均化而得到的基准掩模图像与实时图像之差来计算出减影图像。

[0016] 计算出第二张以后的掩模图像的摄影时间即第二摄影时间,使得过去拍摄到的掩模图像与接下来要拍摄的掩模图像的平均亮度为目标亮度,因此能够使将基于第一摄影时间或者第二摄影时间拍摄到的多个掩模图像平均化而得到的基准掩模图像的亮度为目标亮度。另外,根据基于第一摄影时间或者第二摄影时间照射 X 射线而得到的掩模图像的摄影时间计算出实时图像的摄影时间,因此还能够恰当地控制实时图像的亮度。

[0017] 其结果,即使不使用光电计时器也能够获得恰当亮度的基准掩模图像、实时图像以及减影图像。由于不需要光电计时器,因此能够实现成本降低。并且能够构建不会由于光电计时器的动作不良而产生故障的 DSA 摄影系统。另外,由于不需要调整光电计时器,因此能够实现缩短 X 射线摄影装置的安装时间。并且,通过去除光电计时器能够使由光电计时器导致的 X 射线的衰减消失,能够增加入射到 X 射线检测器的 X 射线的线量,从而能够提高画质。

[0018] 另外,优选还具备:图像亮度存储部,其存储上述掩模图像的亮度;摄影时间测量

器,其对基于上述第一摄影时间或者上述第二摄影时间利用上述 X 射线照射器实际照射 X 射线的摄影时间进行测量;以及摄影时间存储部,其对由上述摄影时间测量器测量出的上述掩模图像的实际摄影时间进行存储,其中,在第二张以后的掩模图像的情况下,上述掩模图像摄影时间计算部根据存储在上述摄影时间存储部的过去的上述掩模图像的实际摄影时间和存储在上述图像亮度存储部的过去的上述掩模图像的亮度计算出接下来要拍摄的掩模图像的摄影时间。

[0019] 根据上述结构,图像亮度存储部对掩模图像的亮度进行存储,摄影时间测量器对基于第一摄影时间或者第二摄影时间通过 X 射线照射器实际照射 X 射线的摄影时间进行测量。摄影时间存储部对由摄影时间测量器测量出的掩模图像的实际摄影时间进行存储,在第二张以后的掩模图像的情况下,掩模图像摄影时间计算部根据存储在摄影时间存储部的过去的上述掩模图像的摄影时间和存储在图像亮度存储部的过去的掩模图像的亮度计算出接下来要拍摄的掩模图像的摄影时间。由此,即使在对第二摄影时间施加时间限制来拍摄掩模图像的情况下,也能够根据过去的掩模图像的实际摄影时间计算出第二摄影时间,因此能够使基准掩模图像的亮度接近目标亮度。

[0020] 另外,期望还具备亮度校正部,该亮度校正部对掩模图像的亮度进行校正,使得上述掩模图像的摄影时间比与上述掩模图像的亮度比线性地对应,上述掩模图像摄影时间计算部将由上述亮度校正部校正得到的校正亮度用作上述亮度,来计算出第二摄影时间。

[0021] 根据上述结构,亮度校正部对掩模图像的亮度进行校正,使得掩模图像的摄影时间比与掩模图像的亮度比线性地对应,因此即使在掩模图像的摄影时间比不与亮度比线性地对应的情况下,也能够通过调节掩模图像的摄影时间来调节掩模图像的亮度。

[0022] 另外,上述掩模图像摄影时间计算部优选根据过去拍摄到的各掩模图像的亮度和摄影时间计算出上述第二摄影时间。由此,即使由于被检体的身体动作而在掩模图像的一部分产生模糊也能够降低其影响。

[0023] 另外,上述掩模图像摄影时间计算部也可以不是根据第二张以后的掩模图像的亮度和摄影时间而是根据第一张掩模图像的亮度和摄影时间计算出上述第二摄影时间。这样,通过不根据第二张以后的掩模图像的亮度和摄影时间计算出第二摄影时间,能够减轻运算负荷来高速地拍摄掩模图像。

[0024] 另外,优选还具备图像平均亮度计算部,该图像平均亮度计算部计算出上述掩模图像的关心区域的平均亮度来作为上述亮度。通过限定为掩模图像的关心区域,能够减少计算第二摄影时间的运算量,从而能够高速地进行处理。另外,通过将关心区域的平均亮度用于第二摄影时间的计算,能够降低掩模图像中包含的噪声的影响。另外,上述关心区域优选是上述掩模图像的中心区域。对于拍摄者来说能够制作易于解读的减影图像。

[0025] 另外,上述实时图像摄影时间计算部也可以计算出各掩模图像的摄影时间的平均值来作为上述实时图像的摄影时间。由此,能够使基准掩模图像的亮度与实时图像的想要通过减影去除的部分的亮度相同。

[0026] 另外,上述实时图像摄影时间计算部也可以通过将各掩模图像的摄影时间的平均值乘以上述掩模图像的目标亮度与上述实时图像的目标亮度之比来计算出上述实时图像的摄影时间。由此,能够相对于基准掩模图像的亮度获得期望亮度的实时图像。

[0027] 发明的效果

[0028] 根据本发明所涉及的 X 射线摄影装置,能够提供一种不使用光电计时器就能够获得恰当亮度的减影图像的 X 射线摄影装置。

附图说明

- [0029] 图 1 是实施例所涉及的 X 射线摄影装置的整体图。
[0030] 图 2 是实施例所涉及的 X 射线管的概要截面图。
[0031] 图 3 是表示实施例所涉及的图像处理部的结构的框图。
[0032] 图 4 是表示实施例 1 所涉及的 X 射线管控制部的结构的框图。
[0033] 图 5 是表示制作实施例 1 所涉及的减影图像的流程的流程图。
[0034] 图 6 是实施例 1 所涉及的掩模图像的产生 X 射线的时序图。
[0035] 图 7 是实施例 1 所涉及的实时图像的产生 X 射线的时序图。
[0036] 图 8 是表示实施例 3 所涉及的摄影时间控制部的结构的框图。
[0037] 附图标记说明
[0038] 1 :X 射线摄影装置 ;2 :X 射线管 ;4 :FPD ;6 :图像处理部 ;13 :摄影时间测量器 ;30 :摄影条件设定部 ;34 :平均亮度计算部 ;35 :图像亮度存储部 ;36 :掩模图像摄影时间计算部 ;37 :摄影时间存储部 ;38 :实时图像摄影时间计算部 ;42 :亮度校正部。

具体实施方式

- [0039] 1. X 射线摄影装置
[0040] 下面,参照附图说明本发明的实施例。
[0041] 图 1 是 X 射线摄影装置的整体图,图 2 是 X 射线管的概要截面图,图 3 是表示图像处理部的结构的框图。
[0042] 如图 1 所示, X 射线摄影装置 1 具备 :X 射线管 2,其对被检体 M 照射 X 射线 ;顶板 3,其载置被检体 ;X 射线平面检测器 (Flat Panel Detector :以下称为 FPD) 4,其检测透过被检体 M 的 X 射线 ;以及 A/D 转换器 5,其将从 FPD 4 输出的模拟的 X 射线检测信号转换为数字的 X 射线检测信号。X 射线管 2 相当于本发明的 X 射线照射器,FPD 4 相当于本发明的 X 射线检测器。
[0043] 另外, X 射线摄影装置 1 除此之外还具备 :图像处理部 6,其输入数字的 X 射线检测信号并进行各种图像处理 ;输入器 7,其由拍摄者进行各种输入设定 ;显示器 8,其显示 X 射线诊断操作画面和进行图像处理得到的 X 射线透视图像等 ;存储器 9,其存储 X 射线透视图像、其它摄影数据 ;X 射线管控制部 10,其根据对输入器 7 输入的指示来控制对 X 射线管 2 输出的 X 射线照射条件 ;以及主控制部 11,其统一控制这些结构部。
[0044] 另外, X 射线摄影装置 1 还具备 :X 射线管电源 12,其根据通过 X 射线管控制部 10 设定的 X 射线照射条件对 X 射线管 2 提供管电压和灯丝电流 ;以及摄影时间测量器 13,其对从 X 射线管电源 12 向 X 射线管 2 实际输出脉冲电压的时间,即 X 射线摄影时间进行测量。
[0045] 在 FPD 4 上二维阵列状地配置有例如 2000×2000 个将 X 射线转换为电荷信号的 X 射线检测像素。X 射线检测像素由当照射 X 射线时产生电荷信号的 X 射线检测元件构成。这样, FPD 4 既可以是直接转换型的 X 射线检测器,也可以是间接转换型的 X 射线检测器。
[0046] 主控制部 11 由中央运算处理装置 (CPU) 构成。另外,输入器 7 由以鼠标、键盘、操

纵杆、跟踪球、触摸面板等为代表的指示设备构成。拍摄者能够通过输入器 7 设定输入被检体、拍摄部位的摄影条件。显示器 8 由液晶显示装置、CRT 等构成。存储器 9 由快闪存储器、硬盘、存储器等构成。

[0047] 如图 2 所示,作为 X 射线管 2 的一例,列举出旋转阳极型 X 射线管。根据该旋转阳极型 X 射线管,在内部为真空的封装器 15 中,通过使从被配置在阴极 16 的内部的灯丝 17 放出的电子束撞击旋转的阳极 18 来产生 X 射线。经由线缆 19 从 X 射线管电源 12 对灯丝 17 提供灯丝电流,灯丝 17 产生热电子。当以该状态经由线缆 19 从 X 射线管电源 12 对阴极 16 和阳极 18 施加高电压的管电压时,阴极 16 所产生的热电子以束状撞击阳极 18 从而使管电流导通。

[0048] 阳极 18 与通过从定子 20 接收旋转驱动力来进行旋转的转子 21 相连接。转子 21 经由轴承 22 与固定部 23 相连接,固定部 23 连接有阳极侧的引线 19。这样,从阳极侧的引线 19 经由固定部 23、轴承 22 以及转子 21 对阳极 18 提供高电压,还从阴极侧的引线 19 对阴极 16 提供高电压。

[0049] 如图 3 所示,图像处理部 6 具备:图像存储部 25,其将从 A/D 转换器 5 输入的 X 射线检测信号按每一帧存储为摄影图像;基准掩模图像制作部 26,其通过将被拍摄为掩模图像的多张摄影图像平均化来制作基准掩模图像;以及减法运算部 27,其将从 A/D 转换器 5 输入的实时图像减去基准掩模图像。另外,将存储在图像存储部 25 中的各个掩模图像的图像亮度信息发送到 X 射线管控制部 10。另外,将利用减法运算部 27 从实时图像减去基准掩模图像而得到的减影图像发送到主控制部 11,并通过显示器 8 显示该减影图像或者将其保存到存储器 9 中。图像处理部 6 由微处理器和存储器构成。

[0050] 2. 掩模图像的亮度控制

[0051] 接着,对实施例 1 的掩模帧的亮度控制的原理进行说明。将掩模图像的关心区域的平均亮度设为 X_n 。关心区域通常是摄影图像中心部。以将 X_1 设为第一张掩模图像的平均亮度、将 X_2 设为第二张掩模图像的平均亮度的方式将 X_N 设为第 N 张掩模图像的平均亮度。

[0052] 关于第一张掩模图像,与被检体的体型、检查部位相应地设定摄影时间 T_{1set} 。该摄影时间 T_{1set} 是预测大概能够与被检体的摄影条件相应地获得目标亮度 X_{ref} 的摄影时间。另外,摄影时间 T_{1set} 是摄影图像的亮度没有过量程或者欠量程的摄影时间。摄影时间 T_{1set} 相当于本发明的第一摄影时间。

[0053] 在对第一张掩模图像照射 X 射线之后、对第二张掩模图像照射 X 射线之前,经由 FPD 4 从图像处理部 6 读出第一张掩模图像的亮度信号,通过 X 射线管控制部 10 计算出平均亮度 X_1 。在此,实施例 1 的掩模图像的亮度控制以使下式成立为目的。

[0054] [数 1]

$$[0055] \sum_{n=1}^N \frac{X_n}{N} = X_{ref} \quad \cdots (1)$$

[0056] 即,目的在于进行亮度控制,使得过去拍摄到的掩模图像与接下来要拍摄的掩模图像的平均亮度为目标亮度。

[0057] 为了达成该目的,计算出第二张掩模图像的摄影时间设定值 T_{2set} ,使得第一张掩模图像的平均亮度 X_1 与第二张掩模图像的平均亮度 X_2 的平均亮度为目标亮度 X_{ref} 。在此,

如果将第二张掩模图像的平均亮度 X_2 的目标亮度设为 X_{2set} , 则为了将第一张掩模图像的平均亮度 X_1 与第二张掩模图像的平均亮度 X_2 的平均值设为目标亮度 $Xref$, 下式必须成立。

[0058] [数 2]

$$[0059] Xref = \frac{X_1 + X_{2set}}{2} \quad \dots(2)$$

[0060] 当将 (2) 式变形时, 能够导出下式。

[0061] [数 3]

$$[0062] X_{2set} = 2 \cdot Xref - X_1 \quad \dots(3)$$

[0063] 在实施例 1 中, 基于亮度值与摄影时间成比例这一假定, 因此通过计算出第一张掩模图像的实际摄影时间 T_1 与第一张掩模图像的平均亮度 X_1 之比即 T_1/X_1 , 能够计算出单位亮度值的摄影时间。通过将该比乘以作为目标亮度的 X_{2set} , 能够如下式那样计算出获得目标亮度 X_{2set} 所需的摄影时间设定值 T_{2set} 。

[0064] [数 4]

$$[0065] T_{2set} = X_{2set} \cdot \frac{T_1}{X_1} \quad \dots(4)$$

[0066] 由 (3) 式和 (4) 式能够导出下式。

[0067] [数 5]

$$[0068] T_{2set} = (2 \cdot Xref - X_1) \cdot \frac{T_1}{X_1} \quad \dots(5)$$

[0069] 即, 根据第一张掩模图像的平均亮度 X_1 、实际摄影时间 T_1 以及目标亮度 $Xref$ 计算出照射第二张掩模图像的摄影时间 T_{2set} , 使得第一张掩模图像的平均亮度 X_1 与第二张掩模图像的平均亮度为目标亮度 $Xref$ 。针对第一张掩模图像的平均亮度 X_1 与目标亮度 $Xref$ 的偏差, 通过调节第二张掩模图像的摄影时间来控制第二张掩模图像的亮度。

[0070] 然而, 对于实际的摄影时间存在 FPD 4、摄影系统的最短照射时间的限制、最长照射时间的限制, 因此以对摄影时间设定值 T_{2set} 施加了这些限制的状态实施第二张掩模图像的摄影, 来获得第二张掩模图像的实际摄影时间 T_2 。

[0071] 在实际摄影时间 T_2 与摄影时间设定值 T_{2set} 不同的情况下, 成为以实际摄影时间 T_2 拍摄到的第二张掩模图像的平均亮度 X_2 与第二张掩模图像的平均亮度 X_2 的目标亮度 X_{2set} 不同的亮度。由此, 第一张掩模图像的平均亮度 X_1 与第二张掩模图像的平均亮度 X_2 的平均亮度没有成为目标亮度 $Xref$ 。因此, 通过下式计算出第三张掩模图像的摄影时间设定值 T_{3set} 。

[0072] [数 6]

$$[0073] T_{3set} = \{3 \cdot Xref - (X_1 + X_2)\} \cdot \frac{T_1 + T_2}{X_1 + X_2} \quad \dots(6)$$

[0074] 即, 根据第一张和第二张掩模图像的平均亮度 X_1, X_2 、各自的实际摄影时间 T_1, T_2 以及目标亮度 $Xref$ 计算出第三张掩模图像的摄影时间 T_{3set} , 使得第一张掩模图像的平均亮

度 X_1 、第二张掩模图像的平均亮度 X_2 以及第三张掩模图像的平均亮度的平均亮度为目标亮度 X_{ref} 。

[0075] 在此,如果以将第一张掩模图像的实际的摄影时间设为 T_1 、将第二张掩模图像的实际的摄影时间设为 T_2 这样的方式将 T_N 设为第 N 帧掩模图像的实际的摄影时间,则通过下式计算出第 N 张的摄影时间设定值 $T_{N set}$ 。

[0076] [数 7]

$$[0077] T_{N set} = \frac{(N \cdot X_{ref} - \sum_{n=1}^{N-1} X_n) \cdot \sum_{n=1}^{N-1} T_n}{\sum_{n=1}^{N-1} X_n} \quad \dots (7)$$

[0078] 如上那样,关于第二张以后的各掩模图像的摄影时间,为了使过去拍摄到的掩模图像与接下来要拍摄的掩模图像的平均亮度为目标亮度,根据过去拍摄到的掩模图像的摄影时间和亮度计算出接下来要拍摄的掩模图像的摄影时间,由此能够使各掩模图像的亮度 X_1 、 X_2 、 \dots 、 X_N 的平均值接近目标亮度 X_{ref} 。掩模图像的拍摄张数越多,则越能够使各掩模图像的平均亮度更接近目标亮度 X_{ref} 。

[0079] 3. X 射线管控制部

[0080] 接着,参照图 4 对控制上述掩模图像的亮度的 X 射线管控制部的结构进行说明。图 4 是表示 X 射线管控制部的结构的框图。

[0081] X 射线管控制部 10 具备:摄影条件设定部 30,其根据来自自主控制部 11 的指示设定 X 射线摄影条件;管电压控制部 31,其根据来自摄影条件设定部 30 的指示控制管电压值;管电流控制部 32,其根据来自摄影条件设定部 30 的指示控制管电流值;以及摄影时间控制部 33,其根据从图像处理部发送的图像亮度信号控制摄影时间。X 射线管控制部 10 由微处理器和存储器构成。

[0082] 摄影条件设定部 30 参照查询表来设定对与输入器 7 输入的被检体的体型、检查部位相应的管电压值 V_{ref} 、管电流值 C_{ref} 、目标亮度 X_{ref} 等 X 射线摄影条件。另外,摄影条件设定部 30 也可以在拍摄掩模图像之前根据进行 X 射线摄影的信息例如被检体的厚度来设定 X 射线摄影条件。

[0083] 管电压控制部 31 控制对 X 射线管 2 施加的管电压的大小。管电压控制部 31 根据从摄影条件设定部 30 发送的管电压值 V_{ref} 来控制从 X 射线管电源 12 输出的脉冲管电压。

[0084] 管电流控制部 32 通过对 X 射线管 2 的灯丝电流的大小进行控制来控制流经 X 射线管 2 的管电流的大小。管电压控制部 31 根据从摄影条件设定部 30 发送的管电流值 C_{ref} 来控制从 X 射线管电源 12 输出的灯丝电流。

[0085] 摄影时间控制部 33 设定掩模图像和实时图像的摄影时间,对从 X 射线管电源 12 向 X 射线管 2 施加的脉冲管电压的施加时间即摄影时间进行控制。摄影时间控制部 33 具有:平均亮度计算部 34,其计算出从图像处理部 6 发送的摄影图像的图像平均亮度;图像亮度存储部 35,其存储图像平均亮度;掩模图像摄影时间计算部 36,其计算出掩模图像的摄影时间;摄影时间存储部 37,其对由摄影时间测量器 13 测量出的掩模图像的摄影时间进行存储;以及实时图像摄影时间计算部 38,其计算出实时图像的摄影时间。

[0086] 平均亮度计算部 34 计算出各掩模图像的关心区域的平均亮度 X_1 、 X_2 、 \dots 、 X_N 。关

心区域通常是摄影图像的中心部,但也可以由拍摄者通过输入器 7 指定关心区域。经由主控制部 11 对平均亮度计算部 34 指示所指定的关心区域。将计算出的各掩模图像的平均亮度 X_1, X_2, \dots, X_N 发送到图像亮度存储部 35。

[0087] 图像亮度存储部 35 对通过平均亮度计算部 34 计算出的各掩模图像的关心区域的平均亮度 X_1, X_2, \dots, X_N 进行存储。所存储的各掩模图像的图像平均亮度被发送到掩模图像摄影时间计算部 36。

[0088] 在接下来要拍摄的掩模图像是第一张掩模图像的情况下,掩模图像摄影时间计算部 36 根据从摄影条件设定部 30 发送的目标亮度 X_{ref} 设定摄影时间 T_{1set} 。另外,在接下来要拍摄的掩模图像是第二张以后的掩模图像的情况下,掩模图像摄影时间计算部 36 根据从摄影条件设定部 30 发送的目标亮度 X_{ref} 、存储在图像亮度存储部中的已拍摄到的各掩模图像的平均亮度以及存储在摄影时间存储部 37 中的已拍摄到的各掩模图像的实际摄影时间,通过数式(7)计算出接下来要拍摄的掩模图像的摄影时间 T_{Nset} 。所设定的摄影时间 T_{Nset} 被发送到 X 射线管电源 12。

[0089] 摄影时间存储部 37 对从 X 射线管电源 12 实际施加脉冲管电压的各掩模图像的实际摄影时间 T_1, T_2, \dots, T_N 进行存储。

[0090] 实时图像摄影时间计算部 38 根据存储在摄影时间存储部 37 中的各掩模图像的实际摄影时间 T_1, T_2, \dots, T_N 来设定实时图像摄影时间。在实施例 1 中,计算出各掩模图像的实际摄影时间 T_1, T_2, \dots, T_N 的平均值 T_{Ave} 并设定为实时图像摄影时间。

[0091] 4. X 射线摄影

[0092] 接着,对通过实施例 1 实施 X 射线透视摄影时的动作进行说明。

[0093] 首先,拍摄者对输入器 7 输入被检体的体型、拍摄部位等摄影条件。所输入的摄影条件经由主控制部 11 被发送到摄影条件设定部 30。另外,还能够通过输入器 7 设定掩模图像的拍摄张数。在实施例 1 中,以拍摄四张掩模图像的情况为例进行说明。

[0094] 接着,当对输入器 7 进行开始拍摄掩模图像的指示时,摄影条件设定部 30 根据所输入的摄影条件向管电压控制部 31 发送管电压值 V_{ref} 、向管电流控制部 32 发送管电流值 C_{ref} 、向掩模图像摄影时间计算部 36 发送目标亮度 X_{ref} 。管电压控制部 31 指示 X 射线管电源 12 将管电压值 V_{ref} 输出到 X 射线管 2。另外,管电流控制部 32 向 X 射线管电源 12 指示灯丝电流值,使得在 X 射线管 2 中产生管电流值 C_{ref} 。

[0095] 接着,参照图 5~图 7 依次说明减影图像的制作。图 5 是表示减影图像的制作的流程的流程图,图 6 是掩模图像的产生 X 射线的时序图,图 7 是实时图像的产生 X 射线的时序图。

[0096] 步骤 S01(计算第一摄影时间)

[0097] 掩模图像摄影时间计算部 36 参照查询表设定与目标亮度 X_{ref} 相对应的摄影时间 T_{1set} 。相对于目标亮度 X_{ref} 在查询表中预先设定第一张掩模图像的摄影时间 T_{1set} 。所设定的摄影时间 T_{1set} 被发送到 X 射线管电源 12。

[0098] 步骤 S02(拍摄掩模图像)

[0099] X 射线管电源 12 根据从 X 射线管控制部 10 发送来的 X 射线管电压值、灯丝电流值以及摄影时间 T_{1set} 对 X 射线管 2 输出脉冲电压,从 X 射线管 2 照射 X 射线。此时,通过摄影时间测量器 13 测量实际照射 X 射线的时间 T_1 。测量出的实际摄影时间 T_1 被发送到摄影

时间存储部 37 并将其存储于此。另外，拍摄到的第一张掩模图像被存储到图像处理部 6 内的图像存储部 25。X 射线管控制部 10 向主控制部 11 发送拍摄到掩模图像的信号，主控制部 11 对掩模图像的拍摄张数进行计数。

[0100] 步骤 S03(判断拍摄张数)

[0101] 接着，主控制部 11 判断掩模图像的拍摄张数是否最多。在实施例 1 中，将掩模图像的拍摄张数设定为四张，因此在掩模图像的拍摄张数小于四张的情况下，转移到步骤 S04。在该阶段，掩模图像的拍摄张数为一张，因此转移到步骤 S04。

[0102] 步骤 S04(计算掩模图像平均亮度)

[0103] 接着，将第一张掩模图像的亮度信号从图像处理部 6 发送到摄影时间控制部 33 内的平均亮度计算部 34，计算出第一张掩模图像的关心区域的平均亮度 X_1 。计算出的平均亮度 X_1 被存储到图像亮度存储部 35 中。在拍摄第一张掩模图像之后经由图像处理部 6 向平均亮度计算部 34 发送亮度信号，在计算出平均亮度 X_1 之前产生 T_{L1} 的时滞。

[0104] 步骤 S05(计算掩模图像摄影时间)

[0105] 接着，掩模图像摄影时间计算部 36 读入被存储在摄影时间存储部 37 中的实际摄影时间 T_1 。另外，掩模图像摄影时间计算部 36 读入被存储在图像亮度存储部 35 中的平均亮度 X_1 。然后，掩模图像摄影时间计算部 36 根据第一张掩模图像的平均亮度 X_1 和实际摄影时间 T_1 ，通过式 (5) 计算出第二张掩模图像的摄影时间 T_2set 。

[0106] 步骤 S02(拍摄掩模图像)

[0107] 在 X 射线管电压值和灯丝电流值与拍摄第一张掩模图像时相同的条件下，将摄影时间变更为 T_2set ，X 射线管电源 12 从 X 射线管 2 照射脉冲 X 射线，拍摄第二张掩模图像。此时，通过摄影时间测量器 13 对实际照射 X 射线得到的第二张掩模图像的摄影时间 T_2 进行测量。测量出的实际摄影时间 T_2 被发送到摄影时间存储部 37 并将其存储于此。另外，拍摄到的第二张掩模图像被存储到图像处理部 6 内的图像存储部 25 中。X 射线管控制部 10 向主控制部 11 发送拍摄到掩模图像的信号，主控制部 11 对掩模图像的拍摄张数进行计数。

[0108] 步骤 S03(判断拍摄张数)

[0109] 接着，主控制部 11 判断掩模图像的拍摄张数是否最多。在该阶段，掩模图像的拍摄张数为两张，因此转移到步骤 S04。

[0110] 步骤 S04(计算掩模图像平均亮度)

[0111] 接着，将第二张掩模图像的亮度信号从图像处理部 6 发送到摄影时间控制部 33 内的平均亮度计算部 34，计算出第二张掩模图像的关心区域的平均亮度 X_2 。计算出的平均亮度 X_2 被存储到图像亮度存储部 35。在拍摄第二张掩模图像之后经由图像处理部 6 将亮度信号发送到平均亮度计算部 34，在计算出平均亮度 X_2 之前产生 T_{L2} 的时滞。

[0112] 步骤 S05(计算第二摄影时间)

[0113] 接着，掩模图像摄影时间计算部 36 读入被存储在摄影时间存储部 37 中的实际摄影时间 T_1, T_2 。另外，掩模图像摄影时间计算部 36 读入被存储在图像亮度存储部 35 中的平均亮度 X_1, X_2 。然后，掩模图像摄影时间计算部 36 根据已拍摄到的第一张和第二张掩模图像的平均亮度 X_1, X_2 和实际摄影时间 T_1, T_2 通过式 (6) 计算出第三张掩模图像的摄影时间 T_3set 。

[0114] 步骤 S02(拍摄掩模图像)

[0115] 在 X 射线管电压值和灯丝电流值与拍摄第一张、第二张掩模图像时相同的条件下, 将掩模图像的摄影时间变更为 T_3 set, X 射线管电源 12 从 X 射线管 2 照射脉冲 X 射线, 拍摄第三张掩模图像。此时, 通过摄影时间测量器 13 对实际照射 X 射线得到的第三帧的摄影时间 T_3 进行测量。测量出的实际摄影时间 T_3 被发送到摄影时间存储部 37 并将其存储于此。另外, 拍摄到的掩模图像被存储到图像处理部 6 内的图像存储部 25。X 射线管控制部 10 向主控制部 11 发送拍摄到掩模图像的信号, 主控制部 11 对掩模图像的拍摄张数进行计数。

[0116] 接着, 反复进行步骤 S03、步骤 S04、步骤 S05、步骤 S02, 拍摄第四张掩模图像。在拍摄第三张掩模图像之后经由图像处理部 6 将亮度信号发送到平均亮度计算部 34, 在计算出平均亮度 X_3 之前产生 T_{L3} 的时滞。另外, 根据已拍摄到的所有掩模图像的平均亮度 X_1, X_2, X_3 和实际摄影时间 T_1, T_2, T_3 通过式 (7) 还能够计算出第四张掩模图像的摄影时间 T_4 set。

[0117] 步骤 S03(判断拍摄张数)

[0118] 接着, 掩模图像的拍摄张数为四张且达到最多, 因此结束掩模图像的拍摄, 并转移到步骤 S06。主控制部 11 判断掩模图像的拍摄张数达到最多的情况, 并对基准掩模图像制作部 26 发送制作基准掩模图像的指示。

[0119] 步骤 S06(计算基准掩模图像)

[0120] 在图像处理部 6 中, 将存储在图像存储部 25 中的各掩模图像读入基准掩模图像制作部 26。基准掩模图像制作部 26 计算出各掩模图像的平均图像即基准掩模图像, 并输出到减法运算部 27。该基准掩模图像的关心区域的平均亮度为目标亮度 X_{ref} 。

[0121] 步骤 S07(计算实时图像摄影时间)

[0122] 接着, 实时图像摄影时间计算部 38 读入被存储在摄影时间存储部 37 的各掩模图像的实际摄影时间 T_1, T_2, T_3, T_4 , 根据这些值计算出实时图像摄影时间。在实施例 1 中, 计算出实际摄影时间 T_1, T_2, T_3, T_4 的平均值 T_{Ave} , 将该平均值 T_{Ave} 设为实时图像摄影时间。计算出的实时图像摄影时间被发送到 X 射线管电源 12。

[0123] 步骤 S08(拍摄实时图像)

[0124] 接着, 在与拍摄掩模图像时的 X 射线管电压和 X 射线管电流相同的条件下, X 射线管电源 12 将摄影时间作为实时图像摄影时间, 从 X 射线管 2 照射 X 射线, 拍摄实时图像。拍摄到实时图像的造影剂的区域比掩模图像的对应的区域的亮度暗, 拍摄到的实时图像中的想要通过减影去除的部分, 即没有拍摄到实时图像的造影剂的背景部分的平均亮度为目标亮度 X_{ref} 。

[0125] 步骤 S09(制作减影)

[0126] 通过图像处理部 6 内的减法运算部 27 将拍摄到的实时图像与基准掩模图像相减来制作减影图像。基准掩模图像以及实时图像中的想要通过减影去除的部分的平均亮度相同, 因此所制作的减影图像具有不会由于被检体的差异而亮度产生偏差的恰当亮度。

[0127] 由减法运算部 27 制作的减影图像经由主控制部 11 被显示在显示器 8 上或者被存储到存储器 9 中。

[0128] 这样, 根据实施例的 X 射线摄影装置 1, 计算出第二张以后的掩模图像的摄影时间、即第二摄影时间, 使得过去拍摄到的掩模图像与接下来要拍摄的掩模图像的平均亮度为目标亮度, 因此能够使将基于第一摄影时间或者第二摄影时间拍摄到的多个掩模图像平

均化而得到的基准掩模图像的亮度为目标亮度。另外,根据基于第一摄影时间或者第二摄影时间实际照射 X 射线而得到的掩模图像的实际摄影时间来计算出实时图像的摄影时间,因此还能够恰当地控制实时图像的亮度。

[0129] 即,在读出来自图像处理部 6 的亮度信号时产生时滞,因此即使各掩模图像的关心区域的平均亮度 X_1, X_2, X_3, \dots 没有达到目标亮度 X_{ref} ,也能够使各个掩模图像的平均图像即基准掩模图像的关心区域的平均亮度达到目标亮度 X_{ref} 。由此,即使在读出来自图像处理部 6 的亮度信号时产生时滞,也能够获得基准掩模图像和实时图像的恰当的亮度。

[0130] 其结果,即使不使用光电计时器也能够获得恰当亮度的掩模图像和实时图像。由于不需要光电计时器,因此能够实现成本降低,并且能够构建不会由于光电计时器的动作不良而产生故障的 DSA 摄影系统。另外,由于不需要调整光电计时器,因此能够实现缩短 X 射线摄影装置 1 的安装时间。并且,通过去除光电计时器能够使由光电计时器导致的 X 射线的衰减消失,因此能够增加入射到 FPD 4 的 X 射线的线量,从而能够提高画质。

[0131] 并且,即使在对第二摄影时间施加时间限制来拍摄掩模图像的情况下,也能够根据过去的掩模图像的实际摄影时间计算出第二摄影时间,因此能够使基准掩模图像的亮度接近目标亮度。另外,对各掩模图像分别独立计算出摄影时间,因此能够降低由在拍摄各掩模图像期间被检体的身体动作导致的模糊的影响。

[0132] 将掩模图像的平均亮度的计算限定在掩模图像的关心区域,由此能够减少计算第二摄影时间的运算量,从而能够高速地进行处理。另外,通过将关心区域的平均亮度用于第二摄影时间的计算,能够降低掩模图像中包含的噪声的影响。另外,通过将关心区域设为掩模图像的中心区域,对于拍摄者来说能够制作易于解读的减影图像。

[实施例 2]

[0134] 接着,说明本发明的实施例 2。实施例 2 是将实施例 1 的掩模图像摄影时间计算部对掩模图像的第二摄影时间的计算进行变更的例子。由此,除了在此记载的内容以外 X 射线透视摄影装置的结构与实施例 1 相同。

[0135] 在实施例 1 中,根据各掩模图像的亮度信号和实际摄影时间计算出各掩模图像各自的第二摄影时间,但在实施例 2 中,根据第一张掩模图像的亮度信号和实际摄影时间对第二张以后的掩模图像计算出相同的摄影时间。

[0136] 第一张掩模图像的拍摄与实施例 1 相同,因此省略说明。通过以下数式计算第二张以后的掩模图像的摄影时间设定值 T_{2set} 。另外,关于以后的掩模图像的拍摄,以摄影时间 T_{2set} 实施拍摄。

[数 8]

$$[0138] T_{2set} = \left(\frac{N \cdot X_{ref} - X_1}{N - 1} \right) \cdot \frac{T_1}{X_1} \quad \dots (8)$$

[0139] 根据实施例 2,不根据第二张以后的摄影结果而根据第一张掩模图像的摄影结果进行第二摄影时间的运算,由此能够降低运算负荷来高速地拍摄掩模图像。这样,只要测量出第一张掩模图像的关心区域的平均亮度 X_1 和实际摄影时间 T_1 ,就能够计算出第二张以后的第二摄影时间,因此关于第二张以后的掩模图像的拍摄,在掩模图像的亮度信号从图像处理部 6 到达 X 射线管控制部 10 之前,能够拍摄下一个掩模图像。这样,能够不等到前一个

掩模图像的亮度信号到达就拍摄下一个掩模图像，因此能够高速地实施掩模图像的摄影。

[0140] [实施例 3]

[0141] 接着，说明本发明的实施例 3。实施例 3 是将实施例 1 和 2 的摄影时间控制部 33 进行变更的例子。由此，除了在此记载的内容以外 X 射线摄影装置的结构与实施例 1 相同。实施例 3 的摄影时间控制部 41 是对实施例 1 和 2 的摄影时间控制部 33 添加亮度校正部 42 而得到的结构。由此，即使在图像亮度没有相对于摄影时间线性地输出的情况下 X 射线摄影装置 1 也能够应对。

[0142] 参照图 8。图 8 是表示实施例 3 所涉及的摄影时间控制部的结构的框图。

[0143] 亮度校正部 42 参照查询表将通过平均亮度计算部 34 计算出的掩模图像的对象区域的平均亮度转换为相对于摄影时间线性地输出的亮度。由此，掩模图像的摄影时间比与掩模图像的亮度比线性地对应，因此掩模图像摄影时间计算部 36 根据由亮度校正部校正后得到的亮度计算出第二摄影时间。其结果，即使在图像亮度没有相对于摄影时间线性地输出的情况下，X 射线摄影装置 1 也能够通过调节摄影时间使基准掩模图像和实时图像成为恰当的亮度。

[0144] 本发明并不限于上述实施方式，能够如下述那样进行变形来实施。

[0145] (1) 在上述实施例中，对实时图像的摄影时间进行调节，使得各掩模图像的平均亮度与想要通过减影去除的部分的亮度相同，但也可以设定实时图像的摄影时间，使得成为与各掩模图像的平均亮度不同的亮度。在这种情况下，实时图像摄影时间设定部 38 也可以将掩模图像的实际摄影时间的平均值 T_{Ave} 乘以掩模图像与实时图像的亮度比。

[0146] 例如，在将掩模图像的目标亮度 X_{ref} 设为 100、将实时图像的没有加入造影剂的状态下的目标亮度设为 120 的情况下，当将掩模图像与实时图像的目标亮度比设为 A 时， $A=1.2$ 。在这种情况下，如果将实时图像的摄影时间设为 $A \cdot T_{Ave}$ ，则实时图像能够获得掩模图像的目标亮度 X_{ref} 的 1.2 倍的亮度。

[0147] (2) 在上述实施例中，根据过去的掩模图像的实际摄影时间计算出第二摄影时间，但在不施加时间的限制的情况下，也可以根据过去的摄影时间 T_{Nset} 计算出第二摄影时间。

[0148] (3) 在上述实施例中，拍摄四张掩模图像并制作基准掩模图像，但并不限于此。只要拍摄至少两张以上的掩模图像即可。

[0149] (4) 在上述实施例中，在来自图像处理部 6 的亮度信号到达 X 射线管控制部 10 之后计算出第二摄影时间。在来自图像处理部 6 的亮度信号延迟了照射 X 射线后一帧以上的情况下，即在拍摄第二张掩模图像以后输出第一张掩模图像的亮度信号等情况下，也可以进行如下控制：在直到输出亮度信号为止的期间不计算第二摄影时间，而在从图像处理部 6 输出亮度信号之后进行第二摄影时间的计算，从而成为恰当的平均亮度。

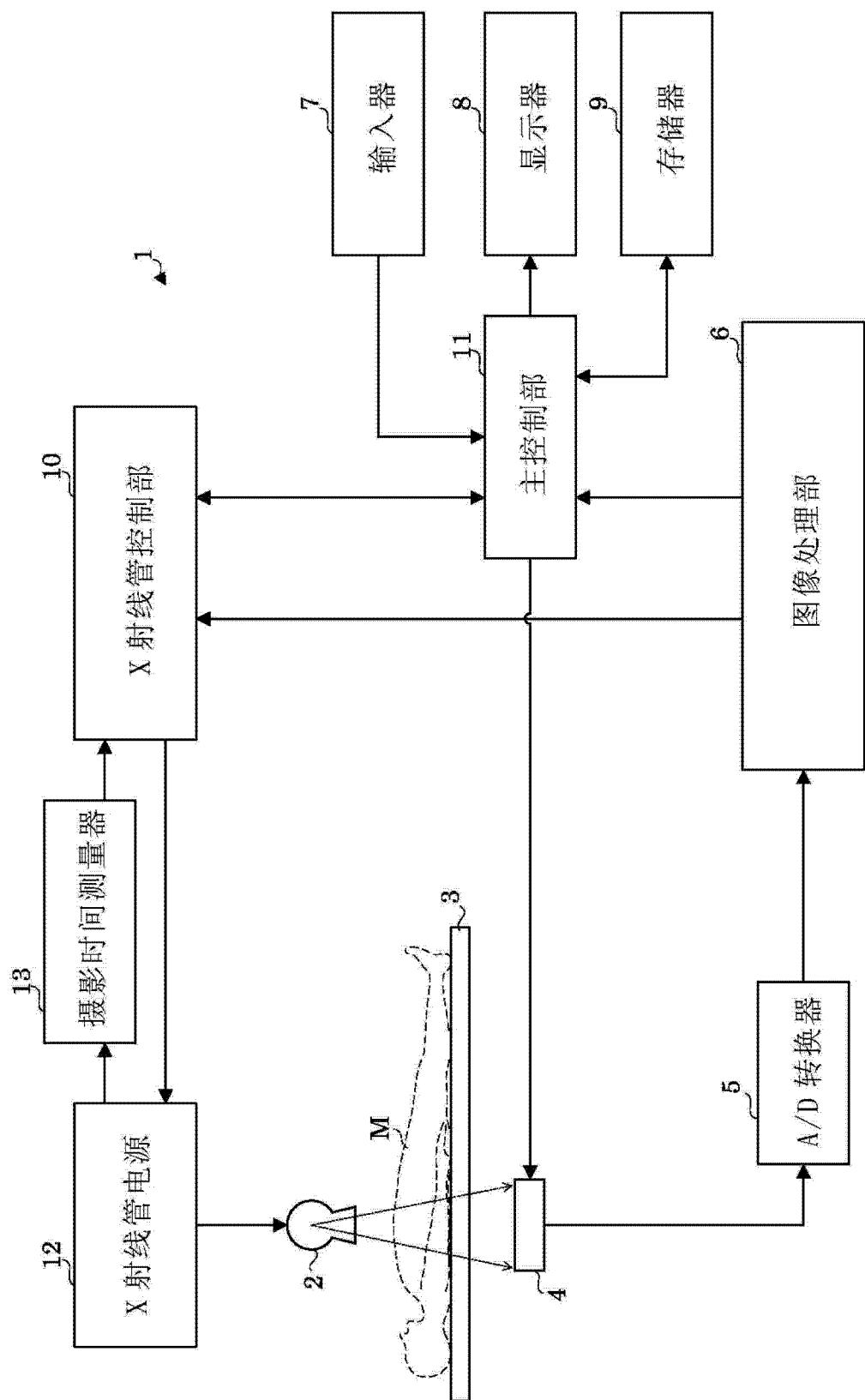


图 1

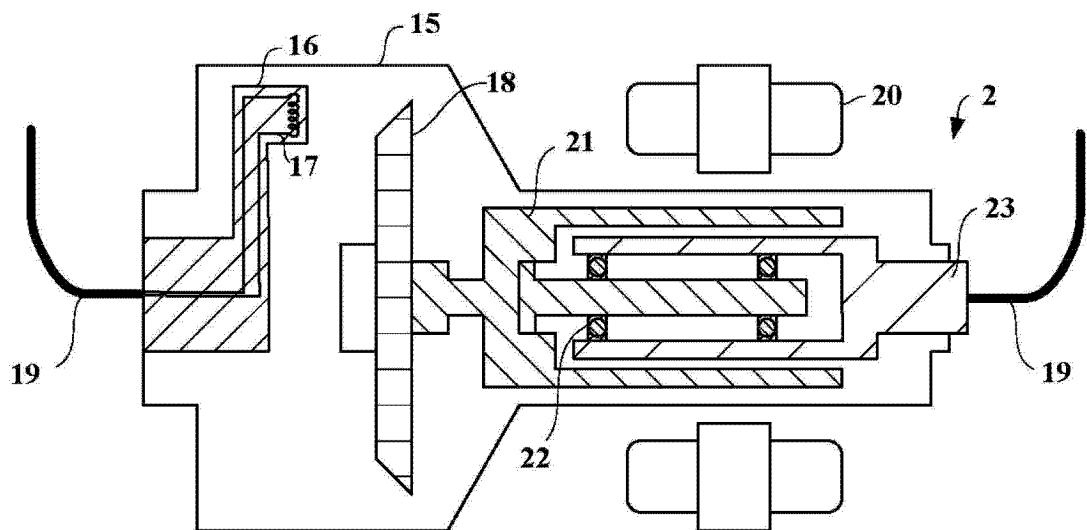


图 2

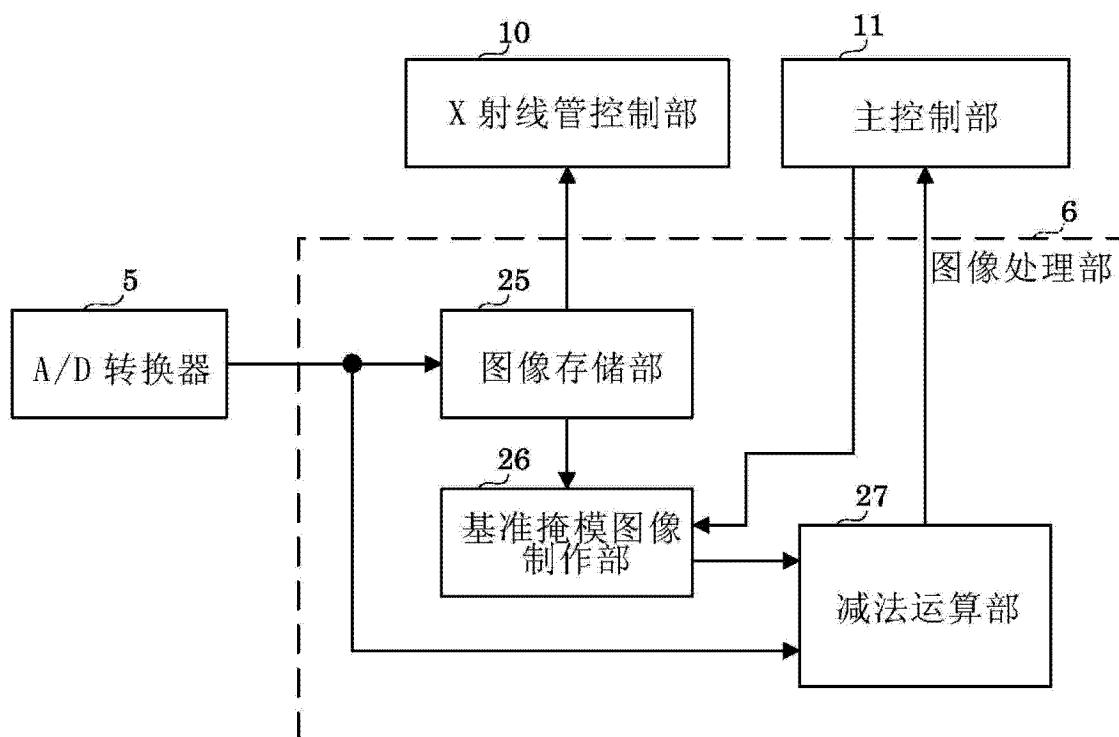


图 3

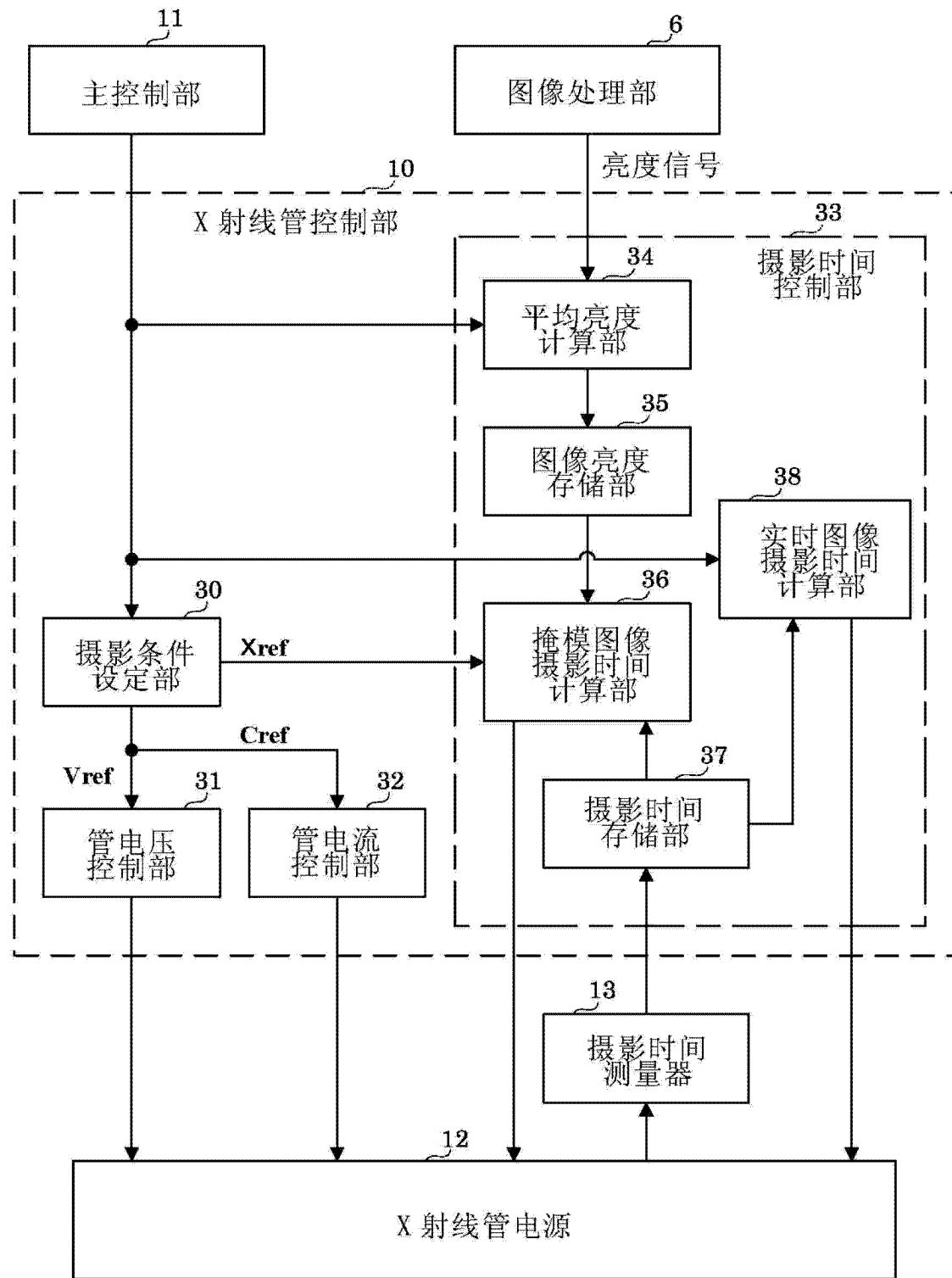


图 4

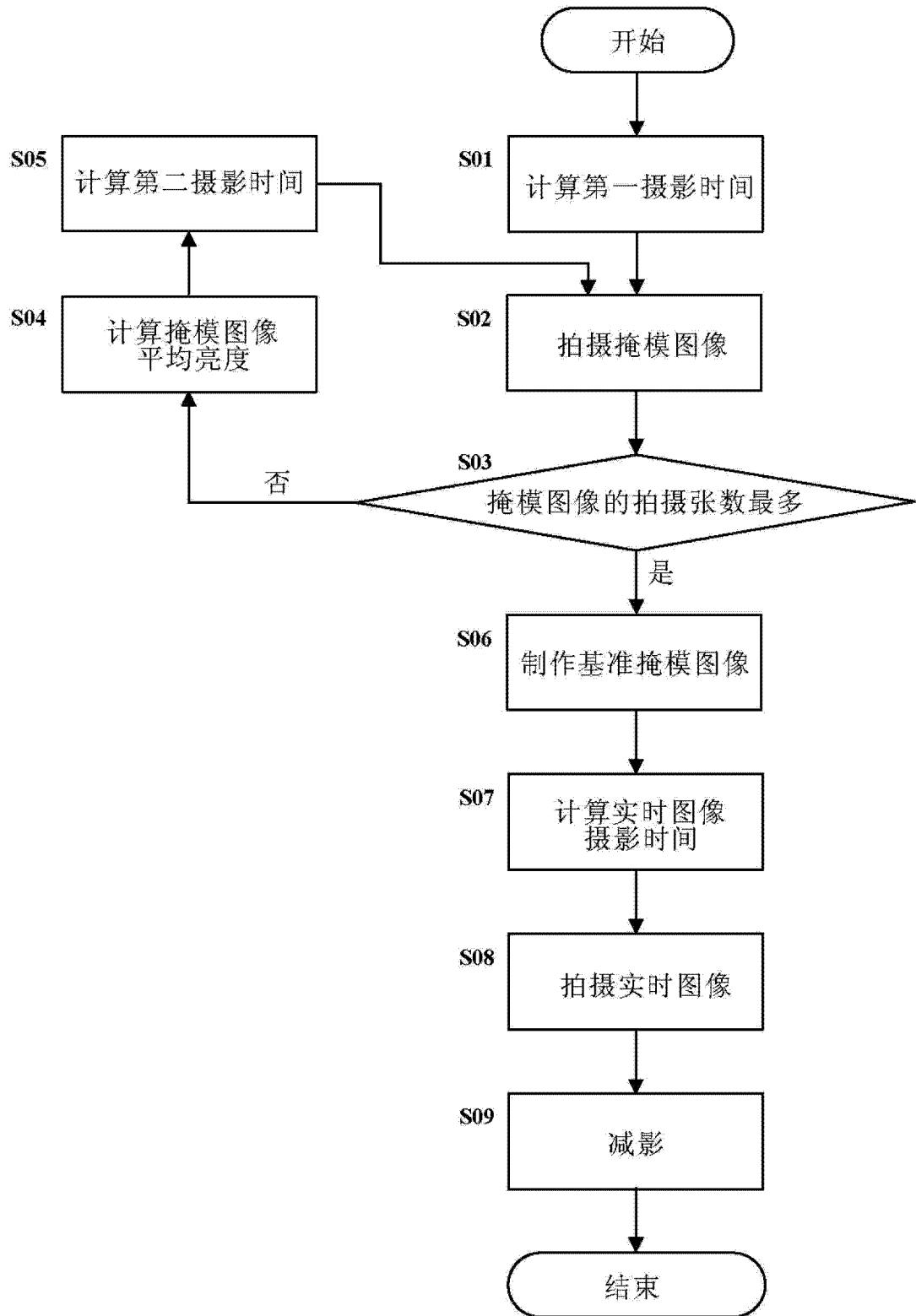


图 5

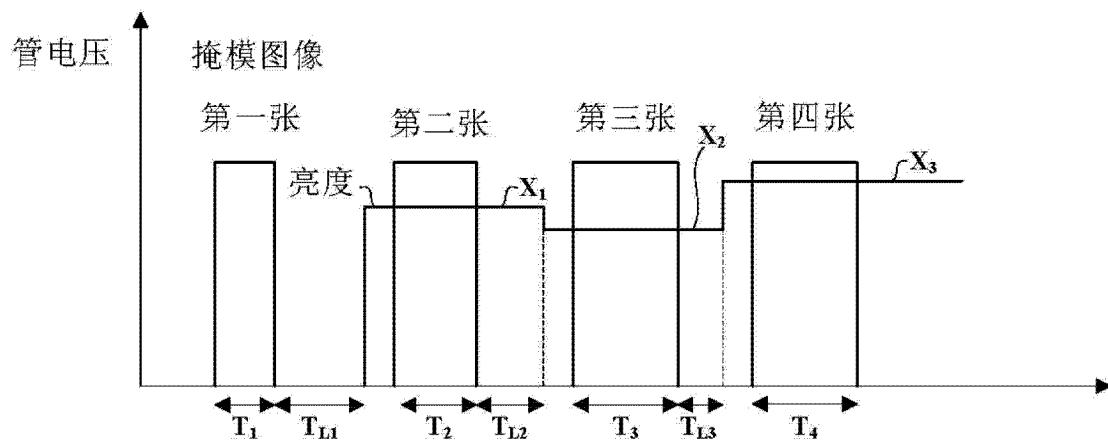


图 6

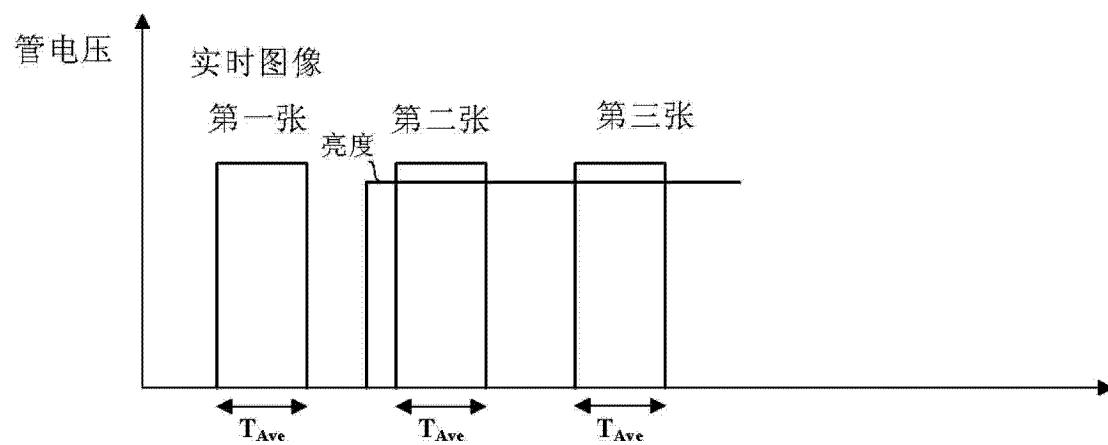


图 7

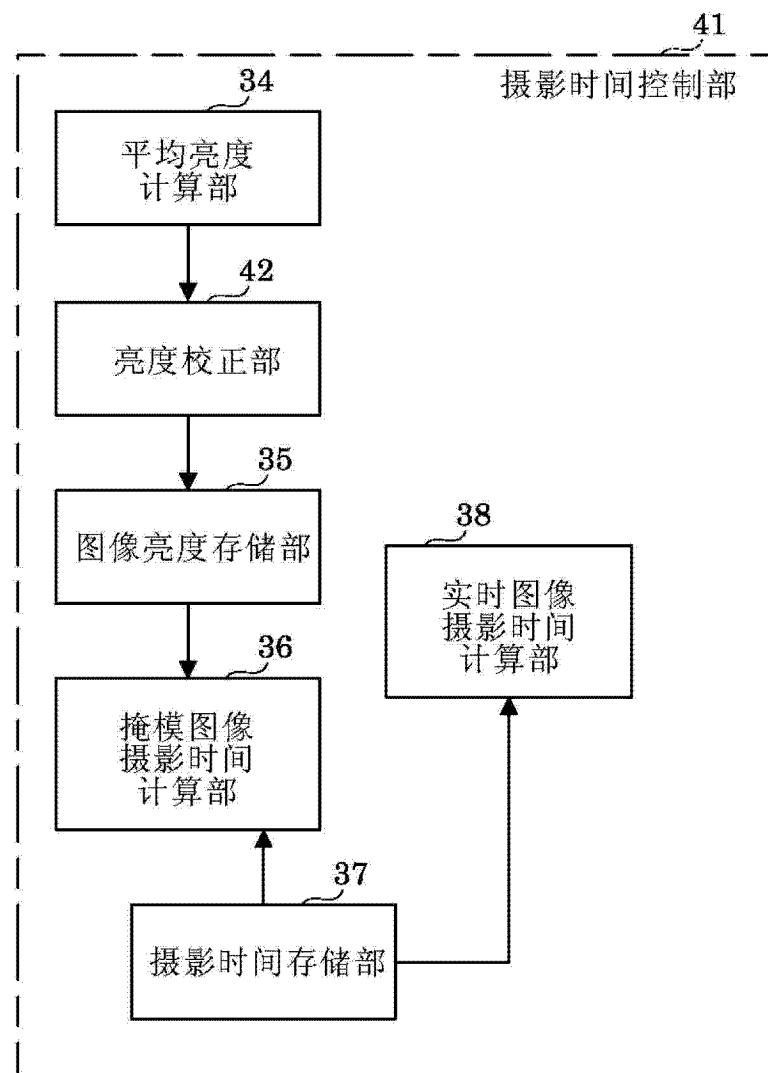


图 8