(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119300762 A
(43)申请公布日 2025.01.10

(21)申请号 202380041557.7

(22)申请日 2023.05.16

(30)优先权数据
2022-083271 2022.05.20 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.11.19

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2023/018208 2023.05.16

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/224022 JA 2023.11.23

(71)申请人 国立大学法人大阪大学
地址 日本大阪府
申请人 国立大学法人 奈良先端科学技术大学院大学

(72)发明人 上村圭亮 菅野伸彦 高尾正树 滨田英敏 佐藤嘉伸 大竹義人 谷懿 崇风马振

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事务所(普通合伙) 11201
专利代理师 张星

(51)Int.Cl.
A61B 6/00(2024.01)
A61B 6/03(2006.01)
G06T 7/00(2017.01)
G06V 10/70(2022.01)

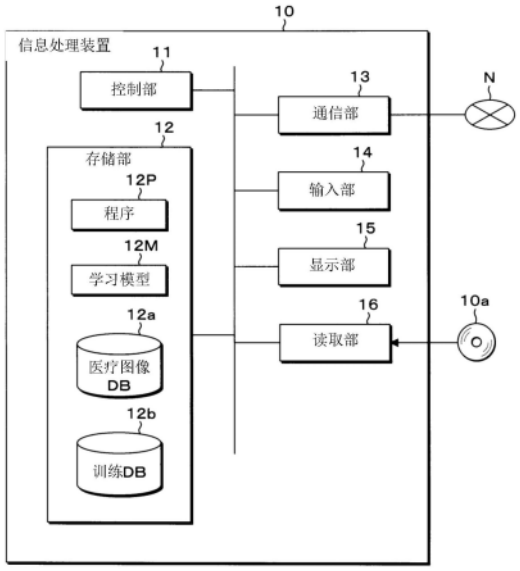
权利要求书3页 说明书27页 附图25页

(54)发明名称

程序、信息处理方法、以及信息处理装置

(57)摘要

提供一种能够用少量的病例数以高精度从X射线图像中获取与体组织量相关的信息的程序等。计算机获取包含对象部位的X射线图像、以及根据所述对象部位的CT(Computed Tomography:计算机断层拍摄)图像得到的与体组织量相关的信息的训练数据。然后,计算机使用获取到的训练数据,生成在输入了X射线图像的情况下输出与所述X射线图像中的对象部位的体组织量相关的信息的学习模型。



CN 119300762 A

1.一种程序,其特征在于,使计算机执行如下处理:

获取训练数据,所述训练数据包含对象部位的X射线图像、以及根据所述对象部位的CT(Computed Tomography:计算机断层拍摄)图像得到的与体组织量相关的信息;

使用获取到的训练数据,生成在输入了X射线图像的情况下输出与所述X射线图像中的对象部位的体组织量相关的信息的学习模型。

2.根据权利要求1所述的程序,其特征在于,使所述计算机执行如下处理:

生成在输入了所述X射线图像的情况下输出表示所述对象部位的体组织量的图像的所述学习模型。

3.根据权利要求1或2所述的程序,其特征在于,使所述计算机执行如下处理:

进行基于所述CT图像的所述对象部位的位置与基于所述X射线图像的所述对象部位的位置的对位;

获取包含根据对位后的所述CT图像得到的与所述对象部位的体组织量相关的信息的所述训练数据。

4.根据权利要求1~3中任一项所述的程序,其特征在于,使所述计算机执行如下处理:

基于所述CT图像,将所述CT图像中的所述对象部位分类成多个区域,所述多个区域包括骨区域以及肌肉区域;

获取包含与分类后的所述CT图像中的骨区域的骨密度相关的信息的所述训练数据;

使用所述训练数据,生成在输入了X射线图像的情况下输出与所述X射线图像中的所述骨区域的骨密度相关的信息的所述学习模型。

5.根据权利要求1~4中任一项所述的程序,其特征在于,使所述计算机执行如下处理:

基于所述所述CT图像,将所述CT图像中的所述对象部位分类成多个区域,所述多个区域包括骨区域以及肌肉区域;

获取包含与分类后的所述CT图像中的肌肉区域的肌肉量相关的信息的所述训练数据;

使用所述训练数据,生成在输入了X射线图像的情况下输出与所述X射线图像中的所述肌肉区域的肌肉量相关的信息的所述学习模型。

6.根据权利要求1~5中任一项所述的程序,其特征在于,

所述学习模型具有:生成器,其根据输入的X射线图像生成与所述对象部位的体组织量相关的信息;以及识别器,其识别所述生成器生成的与体组织量相关的信息的真伪,

所述程序使所述计算机执行如下处理:

通过使所述生成器和识别器敌对地进行学习来生成所述学习模型。

7.根据权利要求1~6中任一项所述的程序,其特征在于,使所述计算机执行如下处理:

获取训练数据,所述训练数据包含根据所述对象部位的CT图像得到的与所述对象部位的体组织量相关的信息、以及与不同于所述对象部位的部位的体组织量相关的信息;

使用获取到的训练数据,生成在输入了与所述对象部位的体组织量相关的信息的情况下输出与不同于所述对象部位的部位的体组织量相关的信息的第二学习模型。

8.根据权利要求1~7中任一项所述的程序,其特征在于,使所述计算机执行如下处理:

确定投影所述CT图像中的所述对象部位中包含的骨区域而得到的图像与所述X射线图像中的所述对象部位中包含的骨区域的相关值成为最大的投影条件;

获取所述训练数据,所述训练数据包含根据在确定的投影条件下投影所述CT图像中的

所述对象部位而得到的投影图像得到的与所述对象部位的体组织量相关的信息。

9.根据权利要求8所述的程序,其特征在于,使所述计算机执行如下处理:

从在确定的所述投影条件下投影所述CT图像中的所述对象部位而得到的投影图像中删除骨区域的数据;

获取包含与删除了所述骨区域的数据的所述投影图像中的肌肉区域的肌肉量相关的信息的所述训练数据;

使用所述训练数据,生成在输入了X射线图像的情况下输出与所述X射线图像中的肌肉区域的肌肉量相关的信息的所述学习模型。

10.根据权利要求1~9中任一项所述的程序,其特征在于,

所述训练数据包含所述对象部位的X射线图像、根据所述对象部位的CT图像得到的表示所述对象部位的肌肉区域的图像、以及所述肌肉区域的肌肉量,

所述学习模型构成为在输入了X射线图像的情况下输出表示所述X射线图像中的肌肉区域的图像,

所述程序使所述计算机执行如下处理:

以如下方式使所述学习模型进行学习:基于所述学习模型在输入了所述训练数据中包含的X射线图像的情况下输出的表示所述X射线图像中的肌肉区域的图像计算出的肌肉量与所述训练数据中包含的肌肉量近似。

11.一种程序,其特征在于,使所述计算机执行如下处理:

获取对象部位的X射线图像;

将获取到的所述X射线图像输入学习模型,输出与所述对象部位的体组织量相关的信息,所述学习模型使用包含对象部位的X射线图像和根据所述对象部位的CT图像得到的与体组织量相关的信息的训练数据进行了学习,并在输入了X射线图像的情况下输出与所述X射线图像中的对象部位的体组织量相关的信息。

12.根据权利要求11所述的程序,其特征在于,

输出的所述与体组织量相关的信息为表示所述对象部位的体组织量的图像。

13.根据权利要求11或12所述的程序,其特征在于,

输出的所述与体组织量相关的信息为所述对象部位的骨密度。

14.根据权利要求11~13中任一项所述的程序,其特征在于,使所述计算机执行如下处理:

还输出与不同于所述X射线图像中的对象部位的部位的体组织量相关的信息。

15.根据权利要求11~14中任一项所述的程序,其特征在于,

输出的所述与体组织量相关的信息为所述对象部位的肌肉量。

16.根据权利要求11~15中任一项所述的程序,其特征在于,

所述学习模型使用所述训练数据以如下方式进行学习:在输入了X射线图像的情况下输出与所述X射线图像中的肌肉区域的肌肉量相关的信息,所述训练数据包含与投影图像中的肌肉区域的肌肉量相关的信息,所述投影图像是从在投影条件下投影所述CT图像中的所述对象部位而得到的投影图像中删除骨区域的数据而得到的,所述投影条件是投影所述CT图像中的所述对象部位中包含的骨区域而得到的图像与所述X射线图像中的所述对象部位中包含的骨区域的相关值成为最大的投影条件。

17.根据权利要求11～16中任一项所述的程序,其特征在于,

所述学习模型使用所述训练数据以如下方式进行学习:基于在输入了所述训练数据中包含的X射线图像的情况下输出的表示所述X射线图像中的肌肉区域的图像计算出的肌肉量与所述训练数据中包含的肌肉量近似,所述训练数据包含所述对象部位的X射线图像、根据所述对象部位的CT图像得到的表示所述对象部位的肌肉区域的图像、以及所述肌肉区域的肌肉量。

18.一种信息处理方法,其特征在于,由计算机执行以下处理:

获取对象部位的X射线图像;

将获取到的所述X射线图像输入学习模型,输出与所述对象部位的体组织量相关的信息,所述学习模型使用包含对象部位的X射线图像和根据所述对象部位的CT图像得到的与体组织量相关的信息的训练数据进行了学习,在输入了X射线图像的情况下输出与所述X射线图像中的对象部位的体组织量相关的信息。

19.一种信息处理装置,其具有控制部,其特征在于,

所述控制部用于,

获取对象部位的X射线图像,

将获取到的所述X射线图像输入学习模型,输出与所述对象部位的体组织量相关的信息,所述学习模型使用包含对象部位的X射线图像和根据所述对象部位的CT图像得到的与体组织量相关的信息的训练数据进行了学习,在输入了X射线图像的情况下输出与所述X射线图像中的对象部位的体组织量相关的信息。

程序、信息处理方法、以及信息处理装置

[0001] 技术区域

[0002] 本公开涉及程序、信息处理方法、以及信息处理装置。

背景技术

[0003] 老年人的骨折会导致生活功能的降低,存在成为要看护状态的可能性。因此认为,通过计测骨密度而进行骨质疏松症的诊断,并在早期进行适当的治疗,从而预防骨折是重要的。骨密度的计测中,推荐使用DXA(Dual-energy X-ray Absorptiometry:双能X射线吸收测量)装置,其基于两种能级的X射线的透射率之差测量骨密度(骨量)。然而,DXA装置是以卧位姿势对受检者进行拍摄的床型装置,因此,必须确保设置空间,另外,尽管价格高,但是用途有限,因此普及率低。

[0004] 另一方面,伦琴装置(X射线装置)设置于大量的医疗机构。因此,在非专利文献1～3中提出了以下技术:通过使用训练数据对X射线图像与基于DXA装置的计测结果(骨密度)的对进行学习从而生成根据X射线图像预测骨密度的模型。

[0005] 现有技术文献

[0006] 非专利文献

[0007] 非专利文献1:Chen-I Hsieh et al.,“Automated bone mineral density prediction and fracture risk assessment using plain radiographs via deep learning”,NATURE COMMUNICATIONS,12:5472(2021)

[0008] 非专利文献2:Ryoungwoo Jang et al.,“Prediction of osteoporosis from simple hip radiography using deep learning algorithm”,Scientific Reports,11:19997(2021)

[0009] 非专利文献3:Norio Yamamoto et al.,“Deep Learning for Osteoporosis Classification Using Hip Radiographs and Patient Clinical Covariates”,Biomolecules 2020,10,1534

发明内容

[0010] 发明要解决的问题

[0011] 然而,在非专利文献1～3所公开的技术中,必须对大量的训练数据进行学习,训练数据的收集处理及学习处理的处理负担大。

[0012] 本公开的目的在于,提供一种能够用少量的病例数以高精度从X射线图像中获取与体组织量相关的信息的程序等。

[0013] 用于解决问题的方案

[0014] 本公开的一个方式的程序使计算机执行如下处理:获取训练数据,所述训练数据包含对象部位的X射线图像、以及根据所述对象部位的CT(Computed Tomography:计算机断层拍摄)图像得到的与体组织量相关的信息,使用获取到的训练数据,生成在输入了X射线图像的情况下输出与所述X射线图像中的对象部位的体组织量相关的信息的学习模型。

[0015] 发明效果

[0016] 在本公开的一个方式中,能够用少量的病例数以高精度从X射线图像中获取与体组织量相关的信息。

附图说明

[0017] 图1是示出信息处理装置的构成例的框图。

[0018] 图2是示出学习模型的概要的说明图。

[0019] 图3A是示出学习模型的概要的说明图。

[0020] 图3B是示出学习模型的概要的说明图。

[0021] 图4是示出训练数据的生成处理步骤的一例的流程图。

[0022] 图5是训练用的DRR图像的生成处理的说明图。

[0023] 图6是示出学习模型的生成处理步骤的一例的流程图。

[0024] 图7是示出骨密度的估计处理步骤的一例的流程图。

[0025] 图8是示出画面例的说明图。

[0026] 图9A是示出根据预测DRR图像估计的骨密度与通过DXA装置计测的骨密度的关系的图表。

[0027] 图9B是示出根据预测DRR图像估计的骨密度与通过DXA装置计测的骨密度的关系的图表。

[0028] 图10是示出实施方式2的学习模型的概要的说明图。

[0029] 图11是示出实施方式2的训练数据的生成处理步骤的一例的流程图。

[0030] 图12是示出实施方式2的骨密度的估计处理步骤的一例的流程图。

[0031] 图13是示出画面例的说明图。

[0032] 图14是示出实施方式3的学习模型的概要的说明图。

[0033] 图15是示出实施方式3的训练数据的生成处理步骤的一例的流程图。

[0034] 图16是示出肌肉量的估计处理步骤的一例的流程图。

[0035] 图17是示出画面例的说明图。

[0036] 图18是示出实施方式4的骨密度的估计处理步骤的一例的流程图。

[0037] 图19是示出画面例的说明图。

[0038] 图20是示出实施方式5的骨密度及肌肉量的估计处理步骤的一例的流程图。

[0039] 图21是示出画面例的说明图。

[0040] 图22是示出对位处理步骤的一例的流程图。

[0041] 图23A是对位处理的说明图。

[0042] 图23B是对位处理的说明图。

[0043] 图24A是对位处理的说明图。

[0044] 图24B是对位处理的说明图。

[0045] 图25是示出实施方式7的训练数据的生成处理步骤的一例的流程图。

[0046] 图26A是示出基于骨区域的对位处理的效果的说明图。

[0047] 图26B是示出基于骨区域的对位处理的效果的说明图。

[0048] 图27是示出实施方式8的学习模型的构成例的说明图。

[0049] 图28A是示出与肌肉量相关的损失的反馈处理的效果的说明图。

[0050] 图28B是示出与肌肉量相关的损失的反馈处理的效果的说明图。

具体实施方式

[0051] 以下,对本公开的程序、信息处理方法、以及信息处理装置,基于示出其实施方式的附图进行说明。

[0052] (实施方式1)

[0053] 对基于通过X射线装置对对象部位进行拍摄而得到的X射线图像来估计对象部位的骨密度(与体组织量相关的信息)的信息处理装置进行说明。骨量减少及骨质疏松症的诊断中一般使用腰椎或大腿骨附近部的骨密度。因此,在本实施方式中,对如下构成进行说明:将对象部位设为大腿骨附近部,根据在拍摄范围内包含大腿骨附近部的X射线图像(髋关节X射线正面图像)估计大腿骨附近部的骨密度。然而,对象部位不限于大腿骨附近部,也可以是腰椎、胸椎等其他部位。

[0054] 图1是示出信息处理装置的构成例的框图。信息处理装置10是能够进行各种信息处理及信息的收发的装置,例如为个人计算机、服务器计算机、工作站等。信息处理装置10设置于医疗机构、检查机构或研究机构等而使用。信息处理装置10可以是包含多个计算机而构成的多计算机,也可以利用在一台装置内虚拟地构建的虚拟机来实现。在由服务器计算机构成信息处理装置10的情况下,信息处理装置10可以是设置于医疗机构等的本地服务器,也可以是经由因特网等网络进行通信连接的云服务器。以下,将信息处理装置10设为一台计算机来进行说明。

[0055] 信息处理装置10例如基于髋关节X射线正面图像来估计大腿骨附近部的骨密度。具体如后所述,信息处理装置10预先准备学习模型12M,学习模型12M事先进行学习预定的训练数据的机器学习,将髋关节X射线正面图像作为输入,输出与该髋关节X射线正面图像中的大腿骨附近部的骨密度相关的信息(与体组织量相关的信息)。然后,信息处理装置10将髋关节X射线正面图像输入学习模型12M,由此从学习模型12M中获取与大腿骨附近部的骨密度相关的信息。在本实施方式中,作为与骨密度相关的信息,使用CT图像中的大腿骨附近部三维区域的投影图像即DRR图像(Digital Reconstructed Radiograph:从CT图像的确定部位的三维区域(关心区域)通过投影模拟得到的X射线图像)。CT图像的各像素值是与骨密度对应的CT值,因此,根据CT图像中的确定的骨区域生成的DRR图像能够表示骨密度的分布,例如骨密度越高,越是成为高亮度值(像素值)。因此,本实施方式的学习模型12M构成为在输入了髋关节X射线正面图像的情况下,预测并输出X射线图像内包含的大腿骨附近部的DRR图像(表示体组织量的图像)。另外,信息处理装置10根据使用学习模型12M预测的DRR图像,计算该大腿骨附近部的骨密度,从而能够从X射线图像中获取骨密度。如果骨密度降低,则X射线图像中的拍摄状态会发生变化,因此,在本实施方式中,能够使用学习模型12M预测与X射线图像中的骨区域的骨密度的状态对应的DRR图像。

[0056] 信息处理装置10具有控制部11、存储部12、通信部13、输入部14、显示部15、读取部16等,上述各部经由总线相互连接。控制部11包括CPU(Central Processing Unit)、MPU(Micro-Processing Unit)、GPU(Graphics Processing Unit)、AI芯片(AI用半导体)等一个或多个处理器。控制部11通过适当执行存储部12中存储的程序12P,从而执行信息处理装

置10要进行的处理。

[0057] 存储部12包括RAM(Random Access Memory)、闪存、硬盘、SSD(Solid State Drive)等。存储部12预先存储有控制部11执行的程序12P(程序产品)及执行程序12P所需的各种数据等。另外,存储部12临时存储控制部11执行程序12P时产生的数据等。而且,存储部12存储后述的学习模型12M。学习模型12M是以在输入了髋关节X射线正面图像的情况下输出该X射线图像内包含的大腿骨附近部的DRR图像的方式进行学习得到的模型。设想学习模型12M作为构成人工智能软件的程序模块的利用。在存储部12中,作为定义学习模型12M的信息,存储学习模型12M所具备的层的信息、构成各层的节点的信息、节点间的加权(耦合系数)等信息。

[0058] 另外,存储部12存储医疗图像DB12a及训练DB12b。医疗图像DB12a将为学习模型12M的学习用而准备的髋关节X射线正面图像及CT图像对应地存储。用于学习用的医疗图像中包含利用DXA装置诊断为骨密度正常病例、骨质疏松病例、骨量减少例中的任一者的受检者的髋关节X射线正面图像及CT图像。训练DB12b存储用于学习模型12M的学习处理的训练数据,信息处理装置10通过进行后述的训练数据的生成处理,从而在训练DB12b中存储训练数据。学习模型12M、医疗图像DB12a及训练DB12b也可以存储于与信息处理装置10连接的其他存储装置,还可以存储于信息处理装置10能够通信的其他存储装置。

[0059] 通信部13是用于通过有线通信或无线通信与因特网或LAN(Local Area Network)等网络N连接的通信模块,经由网络N在与其他装置之间进行信息的收发。输入部14接受用户进行的操作输入,并将与操作内容对应的控制信号送出至控制部11。显示部15是液晶显示器或有机EL显示器等,按照来自控制部11的指示显示各种信息。输入部14的一部分及显示部15可以是一体构成的触摸面板。需要说明的是,输入部14及显示部15不是必须的,信息处理装置10也可以是通过连接的计算机接受操作、将要显示的信息向外部的显示装置输出的构成。

[0060] 读取部16读取CD(Compact Disc)、DVD(Digital Versatile Disc)、USB(Universal Serial Bus)存储器、SD卡、微型SD卡、压缩闪存卡(Compact Flash,注册商标)等移动型存储介质10a中存储的信息。存储部12中存储的程序12P(程序产品)及各种数据,可以由控制部11经由读取部16从移动型存储介质10a读取并存储到存储部12,也可以由控制部11经由通信部13从其他装置下载并存储到存储部12。

[0061] 图2～图3B是示出学习模型12M的概要的说明图。需要说明的是,图2概念性地示出了根据髋关节X射线正面图像的半切图像预测大腿骨附近部的关心区域的DRR图像的情况,图3A及图3B概念性地示出了学习模型12M学习时的情况。另外,图3A示出识别器学习时的情况,图3B示出生成器学习时的情况。如图2所示,学习模型12M是已经以将髋关节X射线正面图像中的包含作为骨密度的估计对象的一侧的大腿骨附近部的半切图像作为输入、预测关心区域的DRR图像的方式学习完成的模型。需要说明的是,输入至学习模型12M的半切X射线图像可以是包含左大腿骨附近部的X射线图像,也可以是包含右大腿骨附近部的X射线图像。在将包含右大腿骨附近部的X射线图像输入学习模型12M的情况下,使半切X射线图像左右反转,之后输入至学习模型12M。由此,不仅可以实现左大腿骨附近部的计测,还可以实现右大腿骨附近部的计测。

[0062] 在本实施方式中,作为学习模型12M,使用GAN(Generative Adversarial

Network)。图2～图3B所示的学习模型12M由pix2pix构成。GAN具备根据输入数据生成输出数据的生成器(Generator)、以及识别由生成器生成的数据的真伪的识别器(Discriminator),生成器及识别器相互竞争进行敌对性学习来构建网络。生成器是具有从输入数据中提取潜在变量的编码器、以及根据提取的潜在变量生成输出数据的解码器的模块。

[0063] 学习模型12M通过以下处理而生成:准备将训练用的X射线图像(髋关节X射线正面图像的半切图像)与训练用的DRR图像相关联的训练数据,使用该训练数据使未学习的学习模型进行学习。期望训练用的X射线图像及DRR图像为通过DXA装置被诊断为骨密度正常病例、骨质疏松病例、骨量减少例中的任一者的受检者的髋关节X射线正面图像及DRR图像。本实施方式的信息处理装置10生成学习模型12M,学习模型12M使用为训练用而准备的X射线图像及DRR图像进行学习,根据X射线图像预测DRR图像。

[0064] 学习工序中,信息处理装置10交替地进行图3B所示的生成器的参数(加权等)的更新、以及图3A所示的识别器的参数的更新,并在误差函数的变化收敛的时间点设为学习结束。在识别器的参数的更新中,信息处理装置10在将生成器的参数固定的基础上,将训练用的X射线图像输入生成器。生成器接受训练用的X射线图像的输入,生成DRR图像(与对象部位的体组织量相关的信息)作为输出数据。然后,信息处理装置10将相当于生成器的输入输出的X射线图像(训练用的X射线图像)及DRR图像(生成器生成的DRR图像)的对作为假的数据,将训练数据中包含的X射线图像及DRR图像的对作为真的数据提供给识别器,使识别器进行真伪的识别。信息处理装置10以如下方式更新识别器的参数:在输入了假的数据的情况下输出假值,在输入了真的数据的情况下输出真值。更新的参数是识别器中的节点间的加权(耦合系数)等,参数的优化方法能够利用误差反向传播法、最陡下降法等。

[0065] 在生成器的参数的更新中,将识别器的参数固定,如图3B所示进行学习。这里,信息处理装置10以如下方式更新生成器的参数:在将训练用的X射线图像输入生成器,将生成器生成的DRR图像输入识别器的情况下,错误地判定真伪(判定为真),并且生成与训练用的X射线图像相似的特征(图像梯度类似、识别器的中间层的输出分布的统计量类似等)的图像。这里,更新的参数是生成器中的节点间的加权(耦合系数)等,参数的优化方法为误差反向传播法、最陡下降法等。由此,如图2所示,生成在输入了X射线图像的情况下,输出X射线图像中的大腿骨附近部的DRR图像的学习模型12M。

[0066] 信息处理装置10预先准备这样的学习模型12M,并在根据X射线图像生成(预测)DRR图像时使用。在使用学习模型12M实际地根据X射线图像预测DRR图像的情况下,如图2所示,信息处理装置10仅使用生成器。学习模型12M的学习也可以通过其他学习装置进行。通过其他学习装置进行学习而生成的学习完成的学习模型12M例如经由网络N或经由移动型存储介质10a从学习装置下载至信息处理装置10并存储于存储部12中。需要说明的是,学习完成的学习模型12M也可以仅将根据X射线图像生成DRR图像的生成器从学习装置下载至信息处理装置10。

[0067] 学习模型12M除了pix2pix以外,还可以是CycleGAN、StarGAN等GAN。另外,学习模型12M不限于GAN,也可以是基于VAE(Variational Autoencoder)、CNN(Convolutional Neural Network)(例如U-net)等神经网络、或其他学习算法的模型,还可以通过将多个学习算法组合而构成。

[0068] 这里,对用于学习模型12M的学习的训练用的DRR图像的生成处理进行说明。图4是示出训练数据的生成处理步骤的一例的流程图,图5是训练用的DRR图像的生成处理的说明图。以下的处理由信息处理装置10的控制部11按照存储部12中存储的程序12P执行,但也可以由其他信息处理装置或学习装置进行。在以下的处理中,作为用于训练数据的生成的X射线图像及CT图像,将对包含受检者的骨盆及左右的大腿骨的区域进行拍摄而得到的髋关节X射线正面图像及CT图像的对分别对应并存储于医疗图像DB12a。

[0069] 信息处理装置10的控制部11读出医疗图像DB12a中存储的髋关节X射线正面图像及CT图像的一个对(S11)。首先,控制部11对读出的CT图像执行亮度值的校准处理(S12),修正CT图像中的各亮度值(CT值)。通过CT计测的各像素的亮度值(CT值)会由于X射线CT装置的个体差异、设置环境及拍摄条件等的不同而产生偏差,因此,需要进行修正计测值的偏差的校准。CT图像的校准处理例如使用在设置X射线CT装置时、更换管球等部件时、拍摄开始时、或定期获取的校准用数据进行。校准用数据通过X射线CT装置对由预先已知特性的物质制作的幻影进行拍摄、并基于得到的放射线密度(由HU(Hounsfield units)表示的CT值)和该物质的组织密度而生成。具体而言,在校准用数据中使用用于将通过幻影得到的放射线密度转换成该物质的组织密度的转换式。

[0070] 另外,校准处理能够使用International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery(IJCARS)杂志中登载的(2021年3月17日在线公开)、本发明人即“上村圭亮”等著的论文名“Automated segmentation of an intensity calibration phantomin clinical CT images using aconvolutional neural network”的论文中记载的方法。该论文中公开了通过X射线CT装置与受检者一起拍摄包含多个已知的组织密度的物质(钙含量不同的物质)的幻影,并使用CNN,从得到的CT图像中自动提取幻影的各物质的拍摄区域的技术。通过利用该论文的公开技术,能够基于从CT图像中提取的各物质的拍摄区域的CT值(放射线密度),生成用于将该CT值转换成各物质的组织密度的校准用数据。通过使用如此生成的校准用数据对受检者的拍摄区域的CT值进行校准处理,能够获得受检者的准确的组织密度。

[0071] 接下来,控制部11对在步骤S12中进行了校准处理后的CT图像,使用分段DNN(Deep Neural Network),进行将CT图像中的各像素分类成骨区域、肌肉区域、以及其他区域的多个区域(肌肉骨骼区域)中的任一者的处理(S13)。将CT图像的各像素分类成肌肉骨骼区域的处理例如能够利用IEEE Transactions on Medical Imaging,VOL.39,No.4,April 2020的P.1030-1040中登载的本发明人即“大竹义人”等著的论文名为“Automated Muscle Segmentation from Clinical CT Using Bayesian U-Net for Personalized Musculoskeletal Modeling”的论文中记载的方法。该论文中公开了如下肌肉骨骼分段模型:将CT图像作为输入,将输入的CT图像的各像素分类成骨区域、肌肉区域、以及其他区域中的任一者,输出使每个区域的标签与各像素对应的已分类的CT图像(肌肉骨骼标签图像)。该论文中公开的肌肉骨骼分段模型由Bayesian U-net构成。由此,如图5中(1)所示,根据CT图像,能够将CT图像中的各像素分类成三个区域中的任一者,并获取每个区域的标签对应的肌肉骨骼标签图像。需要说明的是,在图5中,肌肉骨骼标签图像中的各像素用与分类后的区域、以及肌肉的种类等对应的颜色(深浅)示意性地表示。

[0072] 如图5中的(2)所示,控制部11基于根据CT图像生成的肌肉骨骼标签图像从CT图像

中提取骨区域的数据(S14)。然后,如图5中的(3)所示,控制部11从所提取的骨区域的数据(CT图像)中提取关心区域(这里为左大腿骨附近部)的数据(S15)。需要说明的是,从骨区域中提取关心区域的处理例如能够通过使用了模板的图案匹配进行。在该情况下,将表示左大腿骨附近部的形状的模板预先存储于存储部12中,控制部11根据骨区域的CT图像判断有无与模板一致的区域,从骨区域中提取与模板一致的区域,由此提取骨区域中的关心区域的数据。需要说明的是,从骨区域中提取关心区域的处理例如也能够使用在输入了骨区域的CT图像的情况下,以输出骨区域中的关心区域(左大腿骨附近部的区域)的方式进行了机器学习后的学习模型进行。在该情况下,控制部11能够将骨区域的CT图像输入学习模型,并基于来自学习模型的输出信息,确定骨区域中的关心区域并进行提取。

[0073] 接下来,控制部11在步骤S11中获取到的X射线图像(髋关节X射线正面图像)和步骤S15中提取的CT图像中的关心区域中,进行两个图像中的拍摄对象(这里为左大腿骨附近部)的对位(S16)。控制部11针对X射线图像,基于各像素的像素值检测图像的亮度梯度(edge),并基于检测出的亮度梯度确定X射线图像中的拍摄对象。需要说明的是,控制部11可以通过使用了预先准备的模板的图案匹配进行X射线图像中的拍摄对象的确定,也可以使用预先进行了学习的学习模型进行X射线图像中的拍摄对象的确定。然后,控制部11对CT图像中的关心区域(拍摄对象即左大腿骨附近部)确定与X射线图像中的拍摄对象一致的拍摄方向,生成从确定的方向观察关心区域的状态的CT图像。由此,如图5中(4)所示,能够获取进行了与X射线图像中的拍摄对象的对位的关心区域的CT图像。

[0074] 需要说明的是,X射线图像中的拍摄对象与CT图像中的拍摄对象的对位例如能够利用The Journal of Arthroplasty 33(2018)的P.595-600中登载的本发明人即“上村圭亮”等著的论文名为“Can Anatomic Measurements of Stem Anteversion Angle Be Considered as the Functional Anteversion Angle?”的论文中记载的方法。在该论文中公开了对骨盆及大腿骨的CT图像进行使用了分级统计形状模型的分段,从而确定CT图像中的骨盆及大腿骨,并进行CT图像中的骨盆及大腿骨与X射线图像中的骨盆及大腿骨的对位(对应)的技术。另外,X射线图像及CT图像的对位能够利用Physics in Medicine and Biology 60(2015)的P.2075-2090中登载的本发明人即“大竹义人”等著的论文名为“3D-2D registration in mobile radiographs:algorithm development and preliminary clinical evaluation”的论文中记载的方法。在该论文中公开了通过使CT图像平行移动及旋转,从而生成从与X射线图像的拍摄方向相同的方向观察拍摄对象的状态的CT图像的技术。

[0075] 然后,控制部11根据进行了与X射线图像中的拍摄对象(左大腿骨附近部)的对位的关心区域(左大腿骨附近部)的CT图像,生成沿与X射线图像的拍摄方向相同的方向投影CT图像的各像素而得到的关心区域的DRR图像(S17)。控制部11计算在CT图像中在与X射线图像的拍摄方向相同的方向上排列的各像素值(亮度值、三维像素值)的累积值,并将计算出的累积值作为关心区域的DRR图像的各像素值。由此,得到如图5中(5)所示的关心区域的DRR图像,DRR图像中的各像素值成为与各位置处的骨密度对应的值。

[0076] 控制部11从步骤S11中获取到的髋关节X射线正面图像中提取包含左大腿骨附近部的半切图像(S18)。具体而言,控制部11提取将髋关节X射线正面图像在左右方向的中央分割成两半而得到的右半部分的区域(包含左大腿骨的区域)。控制部11将提取的X射线图

像(髋关节X射线正面图像的半切图像)和步骤S17中生成的关心区域的DRR图像关联,并作为训练数据存储于训练DB12b(S19)。控制部11判断医疗图像DB12a中存储的X射线图像及CT图像中是否存在未进行上述的训练数据的生成处理的未处理的图像(S20)。在判断存在未处理的图像的情况(S20:YES)下,控制部11返回至步骤S11的处理,对于未对训练数据的生成进行处理的X射线图像及CT图像,执行步骤S11～S19的处理。在判断不存在未处理的图像的情况(S20:NO)下,控制部11结束一系列的处理。通过上述的处理,能够基于医疗图像DB12a中存储的X射线图像及CT图像,生成用于学习模型12M的学习的训练数据并将其积累在训练DB12b中。在上述的处理中,对用于训练数据的生成的X射线图像及CT图像存储在医疗图像DB12a中的例子中进行了说明,但控制部11也可以是例如经由网络N或经由移动型存储介质10a获取其他装置中存储的X射线图像及CT图像的构成。例如,控制部11也可以是从电子病例服务器中存储的电子病例数据中获取X射线图像及CT图像的构成。另外,在上述的处理中,是在从CT图像中提取了骨区域的关心区域后进行与X射线图像的对位的构成,但也可以是在进行了与X射线图像的对位后从CT图像中提取关心区域的构成。

[0077] 接下来,对学习通过上述的处理生成的训练数据而生成学习模型12M的处理进行说明。图6是示出学习模型12M的生成处理步骤的一例的流程图。以下的处理由信息处理装置10的控制部11按照存储部12中存储的程序12P来执行,但也可以用其他学习装置进行。另外,图4所示的训练数据的生成处理与图6所示的学习模型12M的生成处理也可以通过分别的装置进行。

[0078] 信息处理装置10的控制部11从训练DB12b中获取一个训练数据(S31)。具体而言,控制部11读出训练DB12b中存储的髋关节X射线正面图像的半切图像(具体为包含左大腿骨附近部的区域的X射线图像)及DRR图像的一个对。控制部11使用读出的训练数据进行学习模型12M的学习处理(S32)。这里,控制部11按照上述的顺序进行学习模型12M的生成器及识别器的参数的更新,生成在输入了训练数据中包含的X射线图像的情况下生成并输出X射线图像中的大腿骨附近部的DRR图像的学习模型12M。

[0079] 控制部11判断在训练DB12b中存储的训练数据中是否存在未进行学习处理的未处理的训练数据(S33)。在判断存在未处理的训练数据的情况(S33:YES)下,控制部11返回至步骤S31的处理,对未对学习处理进行处理的训练数据执行步骤S31～S32的处理。在判断不存在未处理的训练数据的情况(S33:NO)下,控制部11结束一系列的处理。通过上述的学习处理,生成通过输入包含大腿骨附近部的区域的X射线图像而输出该大腿骨附近部的DRR图像的学习模型12M。

[0080] 通过重复进行使用了如上所述的训练数据的学习处理,能够进一步优化学习模型12M。另外,对于已经学习完成的学习模型12M,也能够通过进行上述的学习处理来再学习,在该情况下,能够生成精度更高的学习模型12M。需要说明的是,本实施方式的学习模型12M使用如下得到的训练数据进行学习:使用根据CT图像高精度地对肌肉骨骼区域进行分类的分段技术、以及将X射线图像中的对象部位与CT图像中的对象部位高精度地进行对位的技术,在空间上将用CT得到的丰富的三维数据与X射线图像进行关联。因此,能够实现不需要大量的病例数(训练数据)就能够生成高精度的DRR图像的学习模型12M。

[0081] 接下来,对使用如上所述地生成的学习模型12M根据包含受检者的大腿骨附近部的髋关节X射线正面图像估计该大腿骨附近部的骨密度的处理进行说明。图7是示出骨密度

的估计处理步骤的一例的流程图,图8是示出画面例的说明图。以下的处理由信息处理装置10的控制部11按照存储部12中存储的程序12P执行。需要说明的是,以下,将使用学习模型12M根据X射线图像生成的DRR图像称为预测DRR图像。

[0082] 信息处理装置10的控制部11获取利用X射线装置对包含患者等受检者的骨盆及左右的大腿骨的区域进行拍摄而得到的髋关节X射线正面图像(S41)。控制部11例如从电子病例服务器中存储的电子病例数据中获取想要进行骨密度估计的患者的髋关节X射线正面图像。另外,在受检者的髋关节X射线正面图像存储于移动型存储介质10a的情况下,控制部11也可以利用读取部16从移动型存储介质10a中读取该髋关节X射线正面图像。

[0083] 控制部11从获取到的髋关节X射线正面图像中提取包含测量骨密度的一侧的大腿骨附近部的半切图像(S42)。具体而言,控制部11提取将髋关节X射线正面图像在左右方向的中央分割成两半而得到的右半部分的区域(包含左大腿骨的区域)。需要说明的是,控制部11在对受检者的右大腿骨附近部的骨密度进行测量的情况下,在提取髋关节X射线正面图像的左半部分的区域(包含右大腿骨的区域)后预先执行使其左右反转的处理。控制部11基于步骤S42中提取的X射线图像的半切图像生成该X射线图像中的大腿骨附近部的预测DRR图像(S43)。具体而言,控制部11将包含大腿骨附近部的X射线图像(髋关节X射线正面图像的半切图像)输入学习模型12M,获取该X射线图像中的大腿骨附近部的预测DRR图像作为来自学习模型12M的输出信息。

[0084] 控制部11根据生成的大腿骨附近部的预测DRR图像计算该大腿骨附近部的骨密度(S44)。预测DRR图像的各像素值成为与骨密度对应的值,控制部11例如通过计算预测DRR图像中的各像素值的平均值来计算该大腿骨附近部的骨密度。控制部11除了骨密度(BMD:Bone Mineral Density)以外,还计算根据该骨密度计算出的青年成人比较的结果(YAM:Young Adult Mean)、以及同年龄比较的结果。控制部11将计算出的检查结果存储于例如电子病例服务器的电子病例数据(S45)。

[0085] 控制部11生成显示检查结果的画面,并输出至例如显示部15(S46),在显示部15中显示并结束处理。例如,控制部11生成如图8所示的检查结果画面。图8所示的画面显示受检者的识别信息(例如患者ID、患者姓名等)和髋关节X射线正面图像及其拍摄时间日期。而且,图8所示的画面显示预测DRR图像、预测DRR图像中的对象部位名称(在图8中为左大腿骨附近部)、根据预测DRR图像估计的骨密度、青年成人比较、同年龄比较,作为基于该髋关节X射线正面图像的骨密度的检查结果。另外,例如,在应该向医生等提示的注释与骨密度、青年成人比较、或同年龄比较的各数值对应地存储于存储部12的情况下,控制部11从存储部12中读出与计算出的检查结果(骨密度、青年成人比较、或同年龄比较)对应的注释,如图8所示,也可以在检查结果画面中显示。

[0086] 通过上述的处理,能够根据使用医疗机构等中通常使用的X射线装置拍摄的髋关节X射线正面图像,估计该髋关节X射线正面图像中的大腿骨附近部的骨密度。另外,在本实施方式中,能够向医生等提示根据髋关节X射线正面图像生成的大腿骨附近部的预测DRR图像和根据预测DRR图像估计的骨密度。由此,医生能够根据预测DRR图像及估计的骨密度来判断患者的大腿骨附近部的状态。

[0087] 在本实施方式中,学习模型12M自动提取X射线图像中的大腿骨附近部的拍摄状态的特征并进行预测DRR图像的生成,因此,无需进行使用了DXA装置等的检查,仅进行利用X

射线装置的拍摄就能够估计骨密度。因此,可以根据在健康诊断或小规模的诊所中也能够拍摄的X射线图像进行对象部位的骨密度的估计,因此,能够容易地实现骨密度的测量检查。由此,能够进行骨量减少或骨质疏松症的早期诊断及早期治疗介入,可期待防止伴随着骨量减少或骨质疏松症的骨折,有助于健康寿命的延长。

[0088] 在本实施方式中,如上所述,能够以高精度实现X射线图像中的对象部位(大腿骨附近部)与CT图像中的对象部位的空间上的对位。由此,通过使用基于以高精度进行了对位后的X射线图像及CT图像(DRR图像)的训练数据,无需学习大量的训练数据,就能够生成高精度的预测DRR图像。例如,使用根据从变形性髋关节症的患者收集的X射线图像及CT图像生成的200对训练数据进行学习而得到的学习模型12M,根据X射线图像生成预测DRR图像,根据预测DRR图像估计的大腿骨附近部的骨密度与使用DXA装置计测的该大腿骨附近部的骨密度的比较结果如图9A及图9B所示。图9A及图9B是示出根据预测DRR图像估计的骨密度与通过DXA装置计测的骨密度的关系的图表。图9A所示的图表和图9B所示的图表分别示出基于通过不同的医疗机构的X射线装置及DXA装置收集的X射线图像及骨密度(BMD)的验证结果。

[0089] 图9A的图表在横轴表示根据预测DRR图像估计的大腿骨附近部的骨密度,在纵轴表示通过DXA装置计测的该大腿骨附近部的骨密度。图9B的图表在横轴表示通过DXA装置计测的大腿骨附近部的骨密度,在纵轴表示根据预测DRR图像估计的该大腿骨附近部的骨密度。根据图9A及图9B的图表可知,根据预测DRR图像估计的大腿骨附近部的骨密度与通过DXA装置计测的该大腿骨附近部的骨密度表示出高线性相关。具体而言,在图9A所示的医疗机构中,得到0.861的相关系数,根据预测DRR图像估计的骨密度与通过DXA装置计测的骨密度的平均误差(平均绝对误差)为0.06g/cm2。另外,在图9B所示的医疗机构中,得到0.869的相关系数,根据预测DRR图像估计的骨密度与通过DXA装置计测的骨密度的平均误差为0.07g/cm2。如此,即使是通过少量的训练数据进行了学习后的学习模型12M,也能够进行与利用DXA装置的计测结果相同程度的骨密度的预测。由此,能够减轻训练数据的收集处理及学习处理中的操作负担。

[0090] 在本实施方式中,对使用学习模型12M根据包含大腿骨附近部的X射线图像生成该大腿骨附近部的预测DRR图像、根据预测DRR图像估计该大腿骨附近部的骨密度的构成进行了说明。然而,骨密度的估计对象的部位除了大腿骨附近部以外,还可以是腰椎、胸椎、颈椎、锁骨、肋骨、手骨、脚骨、或者它们的特定部位等。对于其他部位,也可以通过同样的处理进行训练数据的生成及学习模型的生成,并进行使用了学习模型的骨密度估计。

[0091] 在本实施方式中,训练数据的生成处理、使用了训练数据的学习模型12M的学习处理、使用了学习模型12M的骨密度的估计处理不限于信息处理装置10在本地进行的构成。例如,也可以分别设置执行上述的各处理的信息处理装置。另外,还可以设置执行训练数据的生成处理及学习模型12M的学习处理的服务器。在该情况下,信息处理装置10以如下方式构成:将用于训练数据的X射线图像及CT图像发送至服务器,服务器根据该X射线图像及CT图像生成训练数据,通过使用了生成的训练数据的学习处理生成学习模型12M并发送至信息处理装置10。由此,信息处理装置10能够使用从服务器获取到的学习模型12M实现对象部位的骨密度的估计处理。另外,还可以设置执行使用了学习模型12M的骨密度的估计处理的服务器。在该情况下,信息处理装置10以如下方式构成:将受检者的X射线图像发送至服务器,

服务器进行使用了学习模型12M的预测DRR图像的生成处理及骨密度的估计处理,并将生成的预测DRR图像及估计的骨密度发送至信息处理装置10。在设为这样的构成的情况下,也能够进行与上述的本实施方式同样的处理,得到同样的效果。

[0092] (实施方式2)

[0093] 在上述的实施方式1中,对根据对象部位(例如,大腿骨附近部)的X射线图像生成该对象部位的预测DRR图像、根据预测DRR图像估计该对象部位的骨密度的构成进行了说明。在本实施方式中,对根据与想要估计骨密度的对象部位不同的部位的X射线图像估计想要估计骨密度的对象部位的骨密度的信息处理装置进行说明。本实施方式的信息处理装置具有与实施方式1的信息处理装置10同样的构成,因此,省略关于构成的说明。需要说明的是,本实施方式的信息处理装置10除了图1所示的构成以外,在存储部12中存储骨密度估计用学习模型12M1(参照图10)。另外,在本实施方式的医疗图像DB12a中将与想要估计骨密度的对象部位不同的部位的X射线图像及CT图像、与通过DXA装置对想要估计骨密度的对象部位进行计测得到的骨密度对应地存储。本实施方式设为根据胸部X射线图像估计大腿骨附近部的骨密度的构成,因此,在医疗图像DB12a中存储受检者的胸部的X射线图像及CT图像、以及通过DXA装置对该受检者的大腿骨附近部进行计测得到的骨密度。需要说明的是,医疗图像DB12a中存储的骨密度只要是用于骨量减少及骨质疏松症的诊断的部位的骨密度即可,可以是腰椎、骨盆或大腿骨的骨密度,或者可以是全身的骨密度的平均值或中位数等。

[0094] 图10是示出实施方式2的学习模型12M、12M1的概要的说明图。本实施方式的信息处理装置10在对大腿骨附近部的骨密度进行估计时,根据与大腿骨附近部不同的部位,例如通过胸部X射线拍摄而拍摄的肋骨、锁骨、胸椎等部位的X射线图像,使用学习模型12M生成该部位的预测DRR图像。然后,信息处理装置10根据生成的预测DRR图像使用骨密度估计用学习模型12M1(第二学习模型)估计大腿骨附近部的骨密度。需要说明的是,用于大腿骨附近部的骨密度的估计的X射线图像的拍摄部位不限于肋骨、锁骨、胸椎等,能够使用未拍摄大腿骨附近部的X射线图像中的各骨。

[0095] 骨密度估计用学习模型12M1是已经对预定的训练数据进行了学习的机器学习模型,以将根据受检者的胸部的CT图像生成的DRR图像作为输入并输出该受检者的大腿骨附近部的骨密度的方式进行学习。设想骨密度估计用学习模型12M1作为构成人工智能软件的程序模块使用。骨密度估计用学习模型12M1例如由CNN构成,但也可以使用逻辑回归、线性回归等其他算法构成,还可以将多个算法组合而构成。认为人类的骨的骨密度在身体的各骨中同样地降低,因此认为CT图像的拍摄对象的骨的骨密度与拍摄对象以外的骨的骨密度具有强相关关系。因此,在本实施方式中,能够使用骨密度估计用学习模型12M1估计根据CT图像(DRR图像)预想的该拍摄对象以外的部位的骨密度。

[0096] 骨密度估计用学习模型12M1通过如下方式生成:准备将训练用的DRR图像与训练用(正确)的骨密度相关联的训练数据,使用该训练数据使未学习的学习模型12M1进行机器学习。训练用的DRR图像例如能够使用根据对通过DXA装置诊断为骨密度正常病例、骨质疏松病例、骨量减少例中的任一者的受检者的胸部进行拍摄而得到的CT图像生成的DRR图像,训练用的骨密度能够利用使用DXA装置计测的该受检者的大腿骨附近部的骨密度。本实施方式的信息处理装置10生成如下骨密度估计用学习模型12M1:使用为训练用而准备的DRR图像及骨密度进行学习,根据DRR图像输出该DRR图像的拍摄对象以外的部位的骨密度。

[0097] 骨密度估计用学习模型12M1以在输入了训练用的DRR图像的情况下输出正确的骨密度的方式进行学习。在学习处理中,学习模型12M1基于输入的DRR图像进行运算,输出作为运算结果的输出值。然后,学习模型12M1对计算出的输出值和正确的骨密度进行比较,以使两者近似的方式优化用于运算处理的参数。该参数是骨密度估计用学习模型12M1中的节点间的加权(耦合系数)等,参数的优化方法能够利用误差反向传播法、最陡下降法等。由此,生成在输入了根据胸部CT图像生成的DRR图像的情况下输出大腿骨附近部的骨密度的学习模型12M1。骨密度估计用学习模型12M1的学习也可以通过其他学习装置进行。

[0098] 图11是示出实施方式2的训练数据的生成处理步骤的一例的流程图。图11所示的处理是在图4所示的处理中追加了步骤S51来代替步骤S11,删除了步骤S18,并在步骤S19、S20之间追加了步骤S52。对与图4相同的步骤省略说明。需要说明的是,在本实施方式中,在医疗图像DB12a中,作为学习模型12M、12M1的学习用,对应地存储有对各受检者的胸部进行拍摄而得到的胸部X射线图像及胸部CT图像、和通过DXA装置计测的各受检者的大腿骨附近部的骨密度。

[0099] 本实施方式的信息处理装置10的控制部11从医疗图像DB12a读出胸部X射线图像、胸部CT图像、以及大腿骨附近部的骨密度的一个组(S51)。然后,控制部11执行与图4中的步骤S12～S17、S19同样的处理。即,控制部11对胸部CT图像执行校准处理(S12),将胸部CT图像的各像素分类成骨区域、肌肉区域、以及其他区域中的任一者(S13),从胸部CT图像中提取骨区域的数据(S14)。然后,控制部11从提取的骨区域的CT图像中提取关心区域(例如肋骨)的数据(S15),在步骤S51中获取到的胸部X射线图像和步骤S15中提取的CT图像中的关心区域中进行拍摄对象(这里为肋骨)的对位(S16)。而且,控制部11根据进行了对位后的关心区域(肋骨)的CT图像生成关心区域的DRR图像(S17),将步骤S51中获取到的X射线图像与步骤S17中生成的关心区域的DRR图像对应,并作为学习模型12M的学习用的训练数据存储于训练DB12b(S19)。需要说明的是,在本实施方式中,将从医疗图像DB12a中读出的胸部X射线图像直接用于训练数据,但也可以像图4中的步骤S18那样,进行从读出的X射线图像中提取用于训练数据的区域的处理。

[0100] 另外,控制部11将步骤S17中生成的关心区域的DRR图像与步骤S51中获取到的大腿骨附近部的骨密度对应,并作为骨密度估计用学习模型12M1的学习用的训练数据存储于存储部12(S52)。需要说明的是,控制部11可以预先在存储部12中准备积累骨密度估计用学习模型12M1的学习用的训练数据的DB,并在该DB中存储生成的训练数据。然后,控制部11转移至步骤S20的处理。通过上述的处理,能够基于医疗图像DB12a中存储的X射线图像、CT图像、以及骨密度生成用于学习模型12M的学习的训练数据并积累在训练DB12b中,并且能够生成用于骨密度估计用学习模型12M1的学习的训练数据并积累在DB中。

[0101] 在本实施方式中,骨密度估计用学习模型12M1的生成能够通过与图6所示的学习处理同样的处理来实现。需要说明的是,在骨密度估计用学习模型12M1的生成处理中,在图6中的步骤S31中,控制部11读出存储部12中存储的关心区域(这里为肋骨)的DRR图像及大腿骨附近部的骨密度的对。另外,在步骤S32中,控制部11将训练数据中包含的DRR图像输入骨密度估计用学习模型12M1,获取来自骨密度估计用学习模型12M1的输出信息。控制部11对获取到的输出信息与训练数据中包含的大腿骨附近部的骨密度进行比较,以使两者近似的方式,例如使用误差反向传播法优化骨密度估计用学习模型12M1中的节点间的加权等参

数。通过上述的处理,生成通过输入根据肋骨的CT图像生成的DRR图像,从而输出大腿骨附近部的骨密度的骨密度估计用学习模型12M1。

[0102] 接下来,对使用学习模型12M、12M1根据受检者的胸部X射线图像估计该受检者的大腿骨附近部的骨密度的处理进行说明。图12是示出实施方式2的骨密度的估计处理步骤的一例的流程图,图13是示出画面例的说明图。信息处理装置10的控制部11获取通过X射线装置对受检者的胸部进行拍摄而得到的胸部X射线图像(S61)。这里,控制部11例如也从电子病例数据获取想要进行骨密度的估计的受检者的胸部X射线图像。

[0103] 控制部11将获取到的胸部X射线图像输入学习模型12M,生成该X射线图像中的对象部位(这里为肋骨)的预测DRR图像(S62)。控制部11获取肋骨的预测DRR图像作为学习模型12M的输出信息。需要说明的是,在本实施方式中,将获取到的胸部X射线图像直接输入学习模型12M,但是也可以是像图7中的步骤S42那样进行从获取到的X射线图像中提取用于大腿骨附近部的骨密度的估计的对象部位的区域的处理,并将提取的区域的X射线图像输入学习模型12M的构成。用于大腿骨附近部的骨密度的估计的对象部位除了肋骨以外还能够设为锁骨、胸椎等。

[0104] 控制部11将步骤S62中生成的肋骨的预测DRR图像输入骨密度估计用学习模型12M1,对该受检者的大腿骨附近部的骨密度进行估计(S63)。需要说明的是,控制部11获取大腿骨附近部的骨密度作为骨密度估计用学习模型12M1的输出信息。控制部11根据估计的骨密度(BMD)计算表示青年成人比较(YAM)及同年龄比较的结果的数值(S64)。然后,控制部11将检查结果存储于例如电子病例数据(S65),并生成显示检查结果的画面,输出至显示部15(S66)。这里,控制部11例如生成图13所示的检查结果画面。图13所示的画面显示受检者的识别信息和胸部X射线图像及其拍摄时间日期,并显示肋骨的预测DRR图像、预测DRR图像中的对象部位名称(在图13中为肋骨)、根据预测DRR图像估计的大腿骨附近部的骨密度、青年成人比较、同年龄比较,作为基于该胸部X射线图像的骨密度的检查结果。这里,在存储部12中存储有与检查结果(骨密度、青年成人比较、或同年龄比较)对应的注释的情况下,控制部11也可以从存储部12中读出与检查结果对应的注释并在检查结果画面中显示。

[0105] 在本实施方式中也可以得到与上述的实施方式1同样的效果。另外,在本实施方式中,能够根据使用X射线装置拍摄的胸部X射线图像估计该受检者的大腿骨附近部的骨密度。由此,在本实施方式中,例如在健康诊断中拍摄了胸部X射线图像的情况下,能够根据该胸部X射线图像进行受检者的大腿骨附近部的骨密度的估计,能够在其他检查时更容易地实施骨密度的测量检查。因此,对于骨密度测量不是检查目的的受检者,也能够诊断骨量减少或骨质疏松症的可能性,能够进行早期诊断及早期治疗介入。

[0106] 另外,在本实施方式中,能够向医生等提示根据胸部X射线图像生成的预定部位(例如肋骨)的预测DRR图像和根据预测DRR图像估计的大腿骨附近部的骨密度。由此,医生能够根据预定部位的预测DRR图像及估计的大腿骨附近部的骨密度判断患者的肋骨及大腿骨附近部的状态,进行骨量减少或骨质疏松症的诊断。需要说明的是,骨密度的估计对象不限定于大腿骨附近部,能够设为任意的各部位,用于骨密度的估计的X射线图像的拍摄对象为骨密度的估计对象的部位以外的部位即可。

[0107] 在本实施方式中,学习模型12M及骨密度估计用学习模型12M1可以由一个学习模型构成。具体而言,例如,也能够以将胸部X射线图像作为输入并输出该胸部X射线图像的受

检者的大腿骨附近部的骨密度的方式构成学习模型。另外,在本实施方式中,也可以使用如下学习模型来代替骨密度估计用学习模型12M1:所述学习模型使用学习模型12M以将根据胸部X射线图像生成的预定部位(例如肋骨)的预测DRR图像作为输入、根据该预测DRR图像生成大腿骨附近部的预测DRR图像并输出的方式进行学习得到。在该情况下,能够根据肋骨的预测DRR图像估计该受检者的大腿骨附近部的DRR图像,能够基于估计的大腿骨附近部的DRR图像估计大腿骨附近部的骨密度。而且,例如也可以使用如下学习模型:所述学习模型例如以将胸部X射线图像作为输入、生成该胸部X射线图像的受检者的大腿骨附近部的预测DRR图像并输出的方式进行学习得到。在该情况下,也能够根据胸部X射线图像估计该受检者的大腿骨附近部的DRR图像,因此,能够基于大腿骨附近部的DRR图像估计大腿骨附近部的骨密度。在本实施方式中,也可以应用上述的实施方式1中适当说明的变形例。

[0108] (实施方式3)

[0109] 在上述的实施方式1中,对根据对象部位(大腿骨附近部等骨区域)的X射线图像生成该对象部位的预测DRR图像、并根据预测DRR图像估计该对象部位的骨密度的构成进行了说明。在本实施方式中,对根据对象部位(例如下腹部、臀部等肌肉区域)的X射线图像生成该对象部位的肌肉区域的预测DRR图像、并根据生成的预测DRR图像估计该对象部位的肌肉量的信息处理装置进行说明。本实施方式的信息处理装置具有与实施方式1的信息处理装置10同样的构成,因此,省略关于构成的说明。需要说明的是,在本实施方式的医疗图像DB12a中将想要估计肌肉量的部位(肌肉区域)的X射线图像及CT图像对应地存储。

[0110] 图14是示出实施方式3的学习模型12Ma的概要的说明图。本实施方式的学习模型12Ma具有与图2所示的实施方式1的学习模型12M同样的构成,并通过同样的学习处理生成。需要说明的是,本实施方式的学习模型12Ma例如使用髋关节X射线正面图像(臀部的X射线图像)和根据通过X射线CT装置对臀部(下腹部)进行拍摄而得到的CT图像生成的臀部的肌肉区域的DRR图像作为训练数据,以在输入了臀部的X射线图像的情况下输出该臀部的肌肉区域的DRR图像(预测DRR图像、与肌肉量相关的信息)的方式进行学习得到。在图14所示的例子中,学习模型12Ma生成臀大肌、臀中肌、大肌腱等多个肌肉区域的DRR图像,但是也可以构成为生成任一个肌肉区域的DRR图像。例如,如果存在能够利用于肌少症的诊断的肌肉区域,则可以以生成该肌肉区域的DRR图像的方式生成学习模型12Ma。

[0111] 以下,对用于本实施方式的学习模型12Ma的学习的训练数据的生成处理进行说明。图15是示出实施方式3的训练数据的生成处理步骤的一例的流程图。图15所示的处理是在图4所示的处理中追加了步骤S71来代替步骤S14,删除了步骤S15～S16、S18,并追加了步骤S72～S73来代替步骤S17、S19。对与图4相同的步骤省略说明。

[0112] 本实施方式的信息处理装置10的控制部11进行与图4中的步骤S11～S13同样的处理。即,控制部11从医疗图像DB12a中读出X射线图像(髋关节X射线正面图像)及CT图像的对,对读出的CT图像执行了亮度值的校准处理后,将CT图像中的各像素分类成骨区域、肌肉区域、以及其他区域(肌肉骨骼区域)。由此,如图5中(1)所示,能够获取将CT图像中的各像素被分类成各区域后的肌肉骨骼标签图像。在本实施方式中,控制部11基于肌肉骨骼标签图像从CT图像中提取肌肉区域的数据(S71)。控制部11对每个肌肉的种类提取肌肉区域的数据(CT图像)。

[0113] 控制部11根据提取的肌肉区域的数据(CT图像)生成在预定方向上投影CT图像的

各像素而得到的肌肉区域的DRR图像(S72)。例如在接受从受检者的背面向前面通过的放射线而得到X射线图像的情况下,控制部11生成在从受检者的背面向前面的方向上投影肌肉区域的CT图像的各像素而得到的DRR图像。这里,控制部11也将CT图像中在预定方向上排列的各像素值(亮度值、三维像素值)的累积值作为DRR图像的各像素值。由此,在本实施方式中,肌肉区域的DRR图像中的各像素值成为与各位置处的肌肉密度(肌肉量)对应的值。需要说明的是,控制部11可以在步骤S11中获取到的X射线图像和步骤S71中提取的肌肉区域的CT图像中进行各图像中的拍摄对象(这里为各肌肉)的对位,并生成在与X射线图像的拍摄方向相同的方向上投影对位后的CT图像的各像素而得到的DRR图像。

[0114] 控制部11将步骤S11中获取到的X射线图像与步骤S72中生成的肌肉区域的DRR图像对应,并作为训练数据存储于训练DB12b(S73)。然后,控制部11转移至步骤S20的处理。通过上述的处理,能够基于医疗图像DB12a中存储的X射线图像及CT图像,生成用于本实施方式的学习模型12Ma的学习的训练数据并积累在训练DB12b中。通过使用如此生成的训练数据,在本实施方式中,能够通过与图6所示的学习处理同样的处理生成学习模型12Ma。

[0115] 接下来,对使用学习模型12Ma根据受检者的髋关节X射线正面图像估计该受检者的臀部的肌肉量的处理进行说明。图16是示出肌肉量的估计处理步骤的一例的流程图,图17是示出画面例的说明图。图16所示的处理是在图7所示的处理中删除了步骤S42,并追加了步骤S81～S82来代替步骤S43～S44。对与图7相同的步骤省略说明。

[0116] 信息处理装置10的控制部11获取受检者的髋关节X射线正面图像(S41)。控制部11基于髋关节X射线正面图像生成该X射线图像中的肌肉区域的预测DRR图像(S81)。具体而言,控制部11将髋关节X射线正面图像输入学习模型12Ma,获取该X射线图像中的臀部的肌肉区域的预测DRR图像作为来自学习模型12Ma的输出信息。然后,控制部11根据生成的肌肉区域的预测DRR图像计算该臀部中的各肌肉的肌肉量(S82)。在本实施方式中,预测DRR图像的各像素值成为与肌肉密度(肌肉密度)对应的值,控制部11通过计算预测DRR图像中的各像素值的平均值,从而计算该肌肉区域中的肌肉密度。另外,控制部11基于计算出的肌肉密度和该肌肉区域的体积对该肌肉区域中的肌肉量进行计算。需要说明的是,控制部11可以通过基于预测DRR图像中的各像素计算每一个像素量的肌肉量,并累积与各像素对应的肌肉量,从而计算该肌肉区域中的肌肉量。而且,控制部11可以基于各肌肉区域中的肌肉量来预测受检者的身体整体的肌肉量。例如,能够通过预先将受检者的臀大肌、臀中肌、大肌腱等各肌肉的肌肉量与该受检者的全身的肌肉量对应并进行登记,从而通过根据预测DRR图像估计的各肌肉的肌肉量预测该受检者的全身的肌肉量。另外,控制部11可以基于各肌肉区域中的肌肉量预测受检者的上肢的肌肉量、或下肢的肌肉量等。

[0117] 控制部11将包含计算出的各肌肉的肌肉密度及肌肉量的检查结果例如存储于电子病例数据(S45),生成如图17所示的检查结果画面并输出至显示部15(S46)。图17所示的画面显示受检者的识别信息和髋关节X射线正面图像及其拍摄时间日期。另外,图17所示的画面显示各肌肉的预测DRR图像、预测DRR图像中的对象部位名称(在图17中为臀大肌、臀中肌、大肌腱)、根据预测DRR图像估计的肌肉量,作为基于该髋关节X射线正面图像的肌肉量的检查结果。另外,在应该向医生等提示的注释与肌肉密度或肌肉量对应地存储于存储部12的情况下,控制部11可以从存储部12读出与计算出的检查结果(肌肉密度或肌肉量)对应的注释,并如图17所示地在检查结果画面中显示。

[0118] 通过上述的处理,在本实施方式中,能够根据使用X射线装置拍摄的髋关节X射线正面图像估计该髋关节X射线正面图像中的肌肉区域的肌肉量。另外,在本实施方式中,能够向医生等提示根据髋关节X射线正面图像生成的肌肉区域的预测DRR图像和根据预测DRR图像估计的肌肉量。由此,医生能够根据预测DRR图像及估计的肌肉量判断患者的肌肉的状态。在本实施方式中,学习模型12Ma自动提取X射线图像中的肌肉区域的拍摄状态的特征并进行肌肉区域的预测DRR图像的生成,因此,无需进行使用了DXA装置等的检查,仅进行利用X射线装置的拍摄就能够进行肌肉量的估计。因此,能够根据在健康诊断或小规模的诊所中也能够拍摄的X射线图像进行对象部位的肌肉量的估计,因此,能够容易地实施肌肉量的测量检查。由此,能够进行肌肉量及肌肉力量由于增龄而降低的肌少症的早期诊断,可期待预防及抑制肌少症的发症及进行,有助于健康寿命的延长。

[0119] 在本实施方式中,能够实现如下学习模型12Ma:能够通过基于少量的训练数据的学习,根据X射线图像以高精度生成该X射线图像中的肌肉区域的预测DRR图像。由此,在本实施方式中,能够根据X射线图像进行与利用DXA装置的计测结果相同程度的肌肉量及肌肉密度的预测,能够减轻训练数据的收集处理及学习处理中的操作负担。

[0120] 在本实施方式中,对使用学习模型12Ma根据臀部(下腹部)的X射线图像生成该臀部的肌肉区域的预测DRR图像、并根据预测DRR图像估计该臀部的肌肉密度及肌肉量的构成进行了说明。肌肉密度及肌肉量的估计对象的部位除了臀部以外还可以是上肢、下肢、胸部、腹部、全身等。对于其他部位,也可以通过同样的处理进行训练数据的生成及学习模型的生成,能够进行使用了学习模型的肌肉密度及肌肉量的估计。

[0121] 在本实施方式中,也可以得到与上述的实施方式1～2同样的效果。另外,在本实施方式中,能够根据使用X射线装置拍摄的对象部位的X射线图像估计该对象部位的肌肉量。由此,能够更容易地实施肌肉量的测量检查,因此,对于未对肌肉量感到不安的受检者,也能够诊断肌少症等疾患的可能性,能够进行肌少症的早期诊断及早期治疗介入。另外,在本实施方式中,也可以应用上述的实施方式1～2中适当说明的变形例。

[0122] (实施方式4)

[0123] 对将实施方式1的构成与实施方式2的构成组合而得到的实施方式进行说明。即,在本实施方式中,对如下信息处理装置进行说明:所述信息处理装置根据对对象部位进行拍摄而得到的X射线图像生成该对象部位的预测DRR图像,基于生成的预测DRR图像估计该对象部位的骨密度,并且估计与该对象部位不同的部位的骨密度。本实施方式的信息处理装置具有与实施方式1、2的信息处理装置10同样的构成,因此,省略关于构成的说明。即,本实施方式的信息处理装置10具有根据对象部位的X射线图像生成该对象部位的预测DRR图像的学习模型12M、以及根据对象部位的DRR图像估计与该对象部位不同的部位的骨密度的骨密度估计用学习模型12M1。在以下的例子中,学习模型12M设为根据大腿骨附近部的X射线图像生成大腿骨附近部的预测DRR图像的模型,骨密度估计用学习模型12M1设为根据大腿骨附近部的DRR图像估计肋骨的骨密度的模型。然而,学习模型12M、12M1不限于这样的构成,另外,可以对学习模型12M、12M1分别准备多种模型。例如,作为学习模型12M,可以进一步准备根据骨盆的X射线图像生成(预测)骨盆的DRR图像的模型、根据胸部的X射线图像生成肋骨、锁骨、或胸椎的DRR图像的模型等。另外,作为骨密度估计用学习模型12M1,可以准备根据大腿骨附近部、骨盆、或大腿骨的DRR图像估计肋骨、锁骨、胸椎、腰椎、颈椎、手骨、或

脚骨的骨密度的模型、根据肋骨、锁骨、或胸椎的DRR图像估计大腿骨附近部、腰椎、颈椎、手骨、或脚骨的骨密度的模型等。

[0124] 本实施方式的信息处理装置10能够执行图11及图6所示的处理,通过图11所示的处理生成学习模型12M、12M1的学习用的训练数据,通过图6所示的处理执行学习模型12M、12M1的学习处理。

[0125] 接下来,对使用学习模型12M、12M1根据受检者的髋关节X射线正面图像估计该受检者的大腿骨附近部的骨密度和肋骨的骨密度的处理进行说明。图18是示出实施方式4的骨密度的估计处理步骤的一例的流程图,图19是示出画面例的说明图。图18所示的处理是在图7所示的处理中在步骤S46之后追加了步骤S91～S96。对与图7相同的步骤省略说明。信息处理装置10的控制部11执行与图7中的步骤S41～S46同样的处理。由此,信息处理装置10根据受检者的髋关节X射线正面图像估计该受检者的大腿骨附近部的骨密度,并显示如图8所示的检查结果画面。

[0126] 控制部11判断是否应该估计X射线图像的拍摄对象以外的部位的骨密度(S91)。例如,如图19所示,在检查结果画面中设置有用于选择X射线图像的拍摄对象以外的部位的输入栏,控制部11在经由输入栏输入了其他部位的情况下,判断应该估计输入的部位的骨密度。需要说明的是,在图19所示的例子中,在输入栏设置有用于选择任意部位的下拉菜单,在医生等想要确认其他部位的骨密度的情况下,通过下拉菜单选择期望的部位。控制部11在判断不估计其他部位的骨密度的情况(S91:NO)下、即在输入栏中没有输入其他部位的情况下结束处理。

[0127] 控制部11在判断估计其他部位的骨密度的情况(S91:YES)下,基于输入至输入栏的部位,选择对象部位用的骨密度估计用学习模型12M1(S92)。这里,在步骤S43中生成大腿骨附近部的预测DRR图像,选择肋骨作为骨密度的估计对象的其他部位,因此控制部11选择用于根据大腿骨附近部的DRR图像估计肋骨的骨密度的骨密度估计用学习模型12M1。然后,控制部11对选择的骨密度估计用学习模型12M1输入步骤S43中生成的大腿骨附近部的预测DRR图像,并基于来自骨密度估计用学习模型12M1的输出信息估计该受检者的肋骨(其他部位)的骨密度(S93)。然后,控制部11执行与图12中的步骤S64～S65同样的处理(S94～S95),将得到的检查结果输出至显示中的检查结果画面(S96)。由此,如图19所示,除了根据髋关节X射线正面图像估计的大腿骨附近部的骨密度以外,还能够显示该受检者的肋骨的骨密度。

[0128] 在本实施方式中,也可以得到与上述的各实施方式同样的效果。另外,在本实施方式中,根据对对象部位进行拍摄而得到的X射线图像,不仅能够估计该对象部位的骨密度,还能够估计其他部位的骨密度并进行提示。由此,在本实施方式中,基于在健康诊断或就医时拍摄的X射线图像,不仅能够估计该X射线图像的拍摄对象的部位的骨密度,还能够估计其他部位的骨密度。因此,在拍摄了想要确认骨密度的部位以外的部位的X射线图像的情况下,也能够预测想要确认骨密度的部位的骨密度,因此,可以带来骨量减少或骨质疏松症的早期诊断及早期治疗介入。另外,在本实施方式中,也可以应用上述的各实施方式中适当说明的变形例。

[0129] (实施方式5)

[0130] 对将实施方式1的构成与实施方式3的构成组合而得到的实施方式进行说明。即,

在本实施方式中,对根据对对象部位进行拍摄而得到的X射线图像估计该对象部位的骨区域中的骨密度、并且估计该对象部位的肌肉区域中的肌肉量的信息处理装置进行说明。本实施方式的信息处理装置具有与实施方式1、3的信息处理装置10同样的构成,因此,省略关于构成的说明。即,本实施方式的信息处理装置10具有根据对象部位的X射线图像生成该对象部位的骨区域的预测DRR图像的学习模型12M、以及根据对象部位的X射线图像生成该对象部位的肌肉区域的预测DRR图像的学习模型12Ma。在以下的例子中,学习模型12M设为根据髋关节X射线正面图像生成大腿骨附近部的预测DRR图像的模型,学习模型12Ma设为根据髋关节X射线正面图像生成臀部的肌肉区域的预测DRR图像的模型。然而,学习模型12M、12Ma不限于这样的构成,另外,对于学习模型12M、12Ma分别准备了多种模型。例如,作为学习模型12M,可以准备根据胸部的X射线图像生成(预测)肋骨、锁骨、或胸椎的DRR图像的模型,作为学习模型12Ma,可以准备根据胸部的X射线图像生成胸大肌、胸小肌、锁骨下肌、前锯肌、或肋间肌的DRR图像的模型。

[0131] 本实施方式的信息处理装置10能够执行图4、图6及图15所示的处理,通过图4所示的处理生成学习模型12M的学习用的训练数据,通过图15所示的处理生成学习模型12Ma的学习用的训练数据,通过图6所示的处理执行学习模型12M、12Ma的学习处理。

[0132] 接下来,对使用学习模型12M、12Ma根据受检者的髋关节X射线正面图像估计该受检者的大腿骨附近部的骨密度和臀部的肌肉量的处理进行说明。图20是示出实施方式5的骨密度及肌肉量的估计处理步骤的一例的流程图,图21是示出画面例的说明图。图20所示的处理是在图7所示的处理中在步骤S41、S42之间追加了步骤S101,在步骤S46之后追加了步骤S102～S106。对与图7相同的步骤省略说明。

[0133] 信息处理装置10的控制部11在获取受检者的髋关节X射线正面图像之后(S41),基于获取到的X射线图像,判断是否应该估计大腿骨附近部的骨密度(S101)。例如,医生等通过菜单画面(未图示)对X射线图像的拍摄对象指定进行骨区域的骨密度的估计,还是进行肌肉区域的肌肉量的估计。在经由菜单画面指定了骨区域的骨密度的估计的情况下,控制部11判断估计大腿骨附近部的骨密度(S101:YES),并执行与图7中的步骤S42～S46同样的处理。由此,信息处理装置10根据受检者的髋关节X射线正面图像估计该受检者的大腿骨附近部的骨密度,并显示如图8所示的检查结果画面。

[0134] 控制部11在判断不估计大腿骨附近部的骨密度的情况(S101:NO)下,转移至步骤S102的处理,判断是否应该估计作为获取到的X射线图像的拍摄对象的臀部的肌肉区域的肌肉量(S102)。在没有经由菜单画面指定肌肉区域的肌肉量的估计的情况下,控制部11判定不估计臀部的肌肉量(S102:NO),并结束处理。另一方面,在经由菜单画面指定了肌肉区域的肌肉量的估计的情况下,控制部11判断估计臀部的肌肉量(S102:YES),并执行与图16中的步骤S81～S82、S45同样的处理(S103～S105)。由此,信息处理装置10根据受检者的髋关节X射线正面图像估计该受检者的臀部的肌肉区域的肌肉量,并将得到的检查结果输出至显示中的检查结果画面(S106)。由此,如图21所示,除了根据髋关节X射线正面图像估计的大腿骨附近部的骨密度以外,还能够显示该受检者的臀部的肌肉量。通过上述的处理,能够根据对象部位的X射线图像,估计对象部位的骨区域的骨密度和肌肉区域的肌肉量,能够通过来自医生等用户的指定适当地切换应该将骨密度及肌肉量中的任一者还是两者作为估计对象。

[0135] 在本实施方式中,也可以得到与上述的各实施方式同样的效果。另外,在本实施方式中,根据对对象部位进行拍摄而得到的X射线图像,不仅能够估计该对象部位的骨区域的骨密度,还能够估计该对象部位的肌肉区域的肌肉量并进行提示。由此,能够确认拍摄对象中的骨的状态和肌肉的状态,因此,能够进行骨量减少或骨质疏松症的早期诊断、以及肌少症等疾患的早期诊断。在本实施方式中,也可以应用上述的各实施方式中适当说明的变形例。

[0136] (实施方式6)

[0137] 对在上述的实施方式1～5中,在对相同受检者的相同拍摄对象进行拍摄而得到的X射线图像(简单X射线图像)和CT图像中,信息处理装置将X射线图像中的骨区域(对象部位或关心区域)与CT图像中的骨区域(对象部位或关心区域)对位的处理进行说明。本实施方式的信息处理装置具有与实施方式1～5的信息处理装置10同样的构成,因此,省略关于构成的说明。

[0138] 图22是示出对位处理步骤的一例的流程图,图23A～图24B是对位处理的说明图。图22所示的对位处理是图4及图11中的步骤S16的处理。由此,在本实施方式中,信息处理装置10的控制部11在图4及图11的步骤S15的处理后执行图22的处理,然后,执行图4及图11的步骤S17的处理。以下,将骨盆作为关心区域,以髋关节X射线正面图像中的骨盆与CT图像中的骨盆的对位为例进行说明,但用于对位的骨区域不限于关心区域。能够将在X射线图像及CT图像中拍摄的任意的骨区域用于对位。例如,在髋关节X射线正面图像中,除了骨盆以外,还可以将大腿骨、大腿骨附近部等用于对位。

[0139] 在图4及图11的步骤S15的处理后,控制部11确定步骤S11中获取到的X射线图像(这里为髋关节X射线正面图像)中的关心区域(这里为骨盆)(S111)。确定X射线图像中的关心区域的处理例如能够通过使用了表示关心区域的形状的模板的图案匹配进行,另外,例如能够使用以在输入了X射线图像的情况下输出X射线图像中的关心区域的方式进行了机器学习的学习模型进行。由此,例如确定出在图23A所示的X射线图像用实线表示的骨盆的区域。

[0140] 接下来,控制部11基于步骤S15中提取的CT图像中的关心区域,生成该关心区域的伪DRR图像(S112)。这里,控制部11生成骨盆的伪DRR图像。具体而言,如图23B所示,控制部11在X射线拍摄系统的三维虚拟空间中以预定的投影条件(相对于虚拟的X射线源的位置及角度)配置CT图像中的关心区域(骨盆的三维CT图像),生成将该关心区域从虚拟的X射线源投影至二维X射线摄像面上而得到的伪DRR图像(投影图像)。这里,X射线图像的拍摄时和CT图像的拍摄时的拍摄条件(例如受检者的姿势、关节的弯曲角度等)不同,因此,根据CT图像生成的伪DRR图像中的关心区域的轮廓与X射线图像中的关心区域的轮廓不一致。在图24A中,用实线表示X射线图像中的关心区域的轮廓P1,用虚线表示伪DRR图像中的关心区域的轮廓P2。在本实施方式中,控制部11通过对CT图像中的关心区域的投影条件进行更新,从而确定X射线图像中的关心区域的轮廓P1与伪DRR图像中的关心区域的轮廓P2的相关值成为最大的投影条件。通过这样的投影条件,如图24B所示,能够得到将伪DRR图像中的关心区域相对于X射线图像中的关心区域准确地进行对位后的伪DRR图像。

[0141] 由此,控制部11计算步骤S111中确定的X射线图像中的关心区域的轮廓与步骤S112中生成的伪DRR图像中的关心区域的轮廓的相关值(S113),并判断计算出的相关值是

否最大(S114)。控制部11在判断相关值不是最大的情况(S114:NO)下,对根据关心区域的CT图像生成伪DRR图像时的投影条件进行更新(S115),在更新后的投影条件下重复步骤S112～S114的处理。控制部11重复步骤S112～S115的处理,直到判断计算出的相关值最大为止,在判断相关值最大的情况(S114:YES)下、即能够生成相关值成为最大的伪DRR图像的情况下,确定此时的投影条件(S116)。

[0142] 在本实施方式中,控制部11例如能够利用本发明人即“大竹义人”等著的论文名为“3D-2D registration in mobile radiographs:algorithm development and preliminary clinical evaluation”的论文中记载的方法进行步骤S112～S115的处理。在该论文中公开了将根据CT图像中的对象部位(骨区域、这里为骨盆)的三维区域生成的该对象部位的DRR图像(这里为伪DRR图像)中的轮廓与实X射线图像中的对象部位的轮廓的对位的实现定义为“X射线图像和DRR图像各自的深浅梯度强度图像的相关的最大化”,使用协方差矩阵自适应进化策略(CMA-ES:Covariance matrix adaptation evolution strategy),求出将上述的相关最大化的配置(投影条件、具体为对象部位相对于拍摄系统的三维位置及角度)的方法。由此,控制部11通过使用协方差矩阵自适应进化策略,确定X射线图像中的关心区域的轮廓与伪DRR图像的轮廓的相关值成为最大的伪DRR图像,从而能够对确定的伪DRR图像中的投影条件进行确定。在这样的投影条件下,如图24B所示,能够生成伪DRR图像中的关心区域的轮廓P2以高精度相对于X射线图像中的关心区域的轮廓P1进行了对位后的该关心区域的伪DRR图像。需要说明的是,在步骤S114中,控制部11可以构成为判断计算出的相关值是否为预定值以上,在判断为预定值以上的情况下,行进至步骤S116的处理。

[0143] 然后,控制部11行进至图4及图11的步骤S17的处理,生成在按照在步骤S116中确定的投影条件的投影方向上投影关心区域的CT图像而得到的DRR图像(S17)。具体而言,控制部11在关心区域的CT图像中,计算在按照步骤S116中确定的投影条件的投影方向上排列的各像素的像素值(亮度值、三维像素值)的累积值,并将计算出的累积值作为关心区域的DRR图像的各像素值。由此,生成与X射线图像中的对象部位(关心区域)的拍摄条件(相对于X射线源的位置及角度)相同的投影条件下的对象部位的DRR图像,得到与X射线图像中的对象部位准确对位后的该对象部位的DRR图像。然后,控制部11通过执行图4的步骤S18～S19的处理,从而能够将X射线图像(髋关节X射线正面图像)的半切图像与在与X射线图像的拍摄方向相同的方向上投影得到的关心区域的DRR图像对应,从而生成学习模型12M的学习用的训练数据。另外,控制部11通过执行图11的S19、S52,能够将X射线图像与在与X射线图像的拍摄方向相同的方向上投影得到的关心区域的DRR图像对应而生成学习模型12M的学习用的训练数据,并将该关心区域的DRR图像与步骤S51中获取到的关心区域的骨密度对应而生成骨密度估计用学习模型12M1的学习用的训练数据。

[0144] 通过上述的处理,生成将对象部位(骨区域即关心区域)的X射线图像与以高精度相对于X射线图像中的对象部位进行了对位后的该对象部位的DRR图像相关联而得到的训练数据,并积累在训练DB12b中。需要说明的是,骨区域为硬组织,因此认为在X射线图像的拍摄时和CT图像的拍摄时不会变形。由此,通过像本实施方式那样通过优化根据CT图像生成DRR图像时的条件(投影条件)而进行的对位处理,能够将X射线图像中的对象部位(骨区域)的轮廓与根据CT图像生成的DRR图像中的对象部位的轮廓准确对位。另外,本实施方式的信息处理装置10能够执行图6所示的处理,通过如上所述地使用生成的训练数据通过图6

所示的处理执行学习模型12M的学习处理,能够实现能够根据X射线图像预测高精度的DRR图像的学习模型12M。此外,本实施方式的信息处理装置10能够执行图7、图12、图18及图20所示的处理,通过使用如上所述生成的学习模型12M,从而能够利用根据X射线图像高精度预测到的DRR图像,高精度地估计对象部位的骨密度,得到高精度的检查结果。

[0145] 上述的处理是在图4所示的处理中基于在步骤S15中从CT图像中提取的关心区域进行X射线图像与CT图像中的关心区域的对位的构成,但不限于该构成。例如,也可以是基于在步骤S14中从CT图像中提取的骨区域进行X射线图像与CT图像中的骨区域的对位的构成。在该情况下,信息处理装置10的控制部11在图4中的步骤S14的处理后执行图22所示的对位处理,并基于对位处理后的CT图像执行步骤S15及步骤S17的处理。具体而言,控制部11从对位处理后的CT图像中提取关心区域(例如左大腿骨附近部)的数据(S15),并根据提取的关心区域的CT图像,生成在按照步骤S116中确定的投影条件的投影方向上投影而得到的DRR图像(S17)。需要说明的是,此处的图22所示的处理中,将步骤S14中提取的骨区域作为关心区域,执行步骤S111～S116的处理。然后,控制部11执行步骤S18～S19的处理。在这样的处理中,也生成将对象部位(关心区域)的X射线图像与以高精度相对于X射线图像中的对象部位进行了对位后的该对象部位的DRR图像相关联而得到的训练数据,并积累在训练DB12b中。通过使用如此生成的训练数据执行学习模型12M的学习处理,能够实现能够根据X射线图像预测高精度的DRR图像的学习模型12M。另外,通过使用如此生成的学习模型12M,能够根据X射线图像高精度地预测DRR图像,并且能够利用高精度预测的DRR图像,高精度地估计对象部位的骨密度。

[0146] 在本实施方式中,上述的对位处理以外的处理与上述的各实施方式同样,可得到与上述的各实施方式同样的效果。另外,在本实施方式中,能够高精度地进行X射线图像中的对象部位与CT图像中的对象部位的空间上的对位。由此,通过使用这样的X射线图像、以及根据以高精度与该X射线图像进行了对位后的CT图像生成的DRR图像作为训练数据,无需大量的病例数(训练数据),就能够实现根据X射线图像高精度地预测DRR图像的学习模型12M。另外,在本实施方式中,也可以应用上述的各实施方式中适当说明的变形例。

[0147] (实施方式7)

[0148] 对如下处理进行说明:在上述的实施方式1、3中应用上述的实施方式6的构成,信息处理装置基于X射线图像及CT图像中的骨区域进行X射线图像及CT图像中的拍摄对象(对象部位或关心区域)的对位,并基于对位后的CT图像生成用于学习模型12M、12Ma的学习的训练数据的处理。本实施方式的信息处理装置具有与实施方式1、3的信息处理装置10同样的构成,因此,省略关于构成的说明。即,本实施方式的信息处理装置10具有学习模型12M、12Ma。

[0149] 图25是示出实施方式7的训练数据的生成处理步骤的一例的流程图。图25所示的处理是在图4所示的处理中追加了步骤S121～S126来代替步骤S15、S16,并在步骤S19、S20之间追加了步骤S127～S129。对与图4相同的步骤省略说明。

[0150] 本实施方式的信息处理装置10的控制部11执行图4中的步骤S11～S14的处理。需要说明的是,在步骤S14中,控制部11基于根据CT图像生成的肌肉骨骼标签图像,从CT图像中提取任意的骨区域的数据。例如在图5所示的CT图像中,控制部11可以提取骨盆、大腿骨、大腿骨附近部等骨区域、或者这些骨区域的多个或全部。在提取CT图像中的骨区域之后,控

制部11基于从CT图像中提取的骨区域执行与图22中的步骤S111～S116同样的处理(S121～S126)。具体而言,控制部11在X射线图像中确定与从CT图像中提取的骨区域相同的骨区域(S121)。

[0151] 接下来,控制部11基于步骤S14中提取的CT图像中的骨区域生成该骨区域的伪DRR图像(S122)。然后,控制部11计算步骤S121中确定的X射线图像中的骨区域的轮廓、与步骤S122中生成的伪DRR图像中的骨区域的轮廓的相关值(S123),并判断计算出的相关值是否最大(S124)。控制部11在判断相关值不是最大的情况(S124:NO)下,对根据骨区域的CT图像生成伪DRR图像时的投影条件进行更新(S125),在更新后的投影条件下重复步骤S122～S124的处理。控制部11重复步骤S122～S125的处理直到判断计算出的相关值最大为止,在判断相关值最大的情况(S124:YES)下、即能够生成相关值成为最大的伪DRR图像的情况下,确定此时的投影条件(S126)。在本实施方式中,控制部11对于步骤S122～S125的处理,也使用协方差矩阵自适应进化策略,确定X射线图像中的骨区域的轮廓与伪DRR图像的轮廓的相关值成为最大的伪DRR图像中的投影条件。

[0152] 然后,控制部11基于关心区域(这里为大腿骨附近部等骨区域)的CT图像,生成在按照步骤S126中确定的投影条件的投影方向上投影得到的DRR图像(S17)。即,控制部11生成从与X射线图像中的关心区域的拍摄方向相同的方向观察的状态的关心区域的DRR图像。然后,控制部11从步骤S11中获取到的髋关节X射线正面图像中提取包含左大腿骨附近部的半切图像(S18),并将提取的X射线图像(髋关节X射线正面图像的半切图像)与步骤S17中生成的关心区域的DRR图像对应,作为训练数据存储于训练DB12b中(S19)。由此,积累将对象部位(关心区域即骨区域)的X射线图像和根据以高精度相对于X射线图像中的对象部位进行了对位后的CT图像生成的该对象部位的DRR图像相关联而得到的训练数据。

[0153] 接下来,控制部11执行与图15中的步骤S71～S73同样的处理(S127～S129)。具体而言,控制部11基于肌肉骨骼标签图像从CT图像中删除骨区域的数据,并提取肌肉区域的数据(S127)。这里,控制部11也将每种肌肉的种类设为关心区域,提取各个关心区域(肌肉区域)的数据(CT图像)。另外,控制部11基于提取的关心区域(肌肉区域)的数据(CT图像),生成在按照步骤S126中确定的投影条件的投影方向上投影得到的DRR图像(S128)。然后,控制部11将步骤S11中获取到的X射线图像与步骤S128中生成的关心区域(肌肉区域)的DRR图像对应,作为训练数据存储于训练DB12b(S129)。然后,控制部11行进至步骤S20的处理。

[0154] 通过上述的处理,能够对X射线图像及CT图像中的拍摄对象(对象部位或关心区域)进行基于骨区域的对位,并基于对位后的X射线图像及CT图像,生成能够使本实施方式的学习模型12M、12Ma以良好的效率进行学习的训练数据。通过使用如此生成的训练数据执行图6所示的学习处理,本实施方式的信息处理装置10能够生成以高精度根据X射线图像预测该X射线图像的拍摄对象即骨区域的DRR图像的学习模型12M、以及以高精度根据X射线图像预测该X射线图像的拍摄对象即肌肉区域的DRR图像的学习模型12Ma。另外,本实施方式的信息处理装置10通过使用学习模型12M、12Ma,从而能够生成以高精度根据X射线图像预测的骨区域的DRR图像、以及以高精度根据X射线图像预测的肌肉区域的DRR图像,能够以高精度估计对象部位的骨密度及肌肉量。

[0155] 图26A及图26B是示出基于骨区域的对位处理的效果的说明图。图26A是示出使用学习模型12Ma根据X射线图像生成肌肉区域的预测DRR图像并根据生成的预测DRR图像进行

计算(估计)而得到的该肌肉区域的肌肉量(具体为除脂肪肌肉量)与根据CT图像计测的该肌肉区域的肌肉量(具体为除脂肪肌肉量)的关系的图表,所述学习模型12Ma是使用不对本实施方式中示出的X射线图像及CT图像进行基于骨区域的对位处理、而将X射线图像与根据CT图像生成的DRR图像对应的训练数据进行学习得到的。图26A的图表在纵轴表示根据预测DRR图像估计的除脂肪肌肉量,在横轴表示根据CT图像计测的除脂肪肌肉量,在图26A左侧示出臀中肌的图表,在右侧示出髂肌的图表。图26B是示出使用学习模型12Ma根据X射线图像生成肌肉区域的预测DRR图像、并根据生成的预测DRR图像进行计算(估计)而得到的该肌肉区域的肌肉量(具体为除脂肪肌肉量)与根据CT图像计测的该肌肉区域的肌肉量(具体为除脂肪肌肉量)的关系的图表,所述学习模型12Ma是使用在对本实施方式中示出的X射线图像及CT图像进行了基于骨区域的对位处理后、将X射线图像与根据CT图像生成的DRR图像对应的训练数据进行学习得到的。图26B的图表也在纵轴表示根据预测DRR图像估计的除脂肪肌肉量,在横轴表示根据CT图像计测的除脂肪肌肉量,在图26B左侧示出臀中肌的图表,在右侧示出髂肌的图表。图26A及图26B所示的图表示出了使用学习模型12Ma根据从525名患者收集的X射线图像预测到的预测DRR图像估计的除脂肪肌肉量与根据各患者的CT图像计测的除脂肪肌肉量的比较结果(验证结果),所述学习模型12Ma例如使用根据从变形性髋关节症的患者收集的X射线图像及CT图像生成的390对训练数据进行学习得到。

[0156] 根据图26A左侧及图26B左侧的图表可知,对于臀中肌的除脂肪肌肉量,未进行本实施方式的对位的情况下的根据预测DRR图像的估计值与根据CT图像的计测值的相关系数(PCC:Pearson Correlation Coefficient)为0.340,进行了本实施方式的对位的情况下的相关系数为0.776,进行了本实施方式的对位的情况下得到了更高的相关值。同样,根据图26A右侧及图26B右侧的图表可知,对于髂肌的除脂肪肌肉量,未进行本实施方式的对位的情况下的相关系数为0.250,进行了本实施方式的对位的情况下的相关系数为0.804,进行了本实施方式的对位的情况下得到了更高的相关值。由此,使用利用通过本实施方式的对位处理对拍摄对象进行了对位后的X射线图像及CT图像生成的训练数据使学习模型12Ma进行学习,由此即使是通过少量的训练数据进行了学习后的学习模型12Ma,也能够实现能够进行与根据CT图像的计测值相同程度的肌肉量的估计的能够预测DRR图像的学习模型12Ma。由此,能够减轻训练数据的收集处理及学习处理中的操作负担。

[0157] 图26A及图26B的图表中示出了,对臀中肌及髂肌的除脂肪肌肉量进行了本实施方式的对位的情况下可得到更准确的除脂肪肌肉量,而在本发明人的验证处理中,对于臀中肌及髂肌的肌肉体积也得到了同样的结果。需要说明的是,除脂肪肌肉量是基于CT图像内的各个肌肉区域(个别肌肉区域)内的CT值(像素值)计算各像素中的肌肉与脂肪的比例,基于计算出的比例计算各像素的肌肉量并通过各像素的肌肉量的合计计算出的肌肉量。肌肉体积表示CT图像内的各个肌肉区域(个别肌肉区域)的体积。

[0158] 在本实施方式中,通过基于骨区域对X射线图像及CT图像进行对位处理,对位处理后的X射线图像及CT图像成为对于肌肉区域也准确地进行了对位的状态。通过使用利用如此进行了对位后的X射线图像中的肌肉区域和根据CT图像生成的该肌肉区域的DRR图像的训练数据使学习模型12Ma进行学习,能够实现能够进行与根据CT图像计测的各肌肉区域的肌肉量(例如除脂肪肌肉量、肌肉体积)相同程度的肌肉量的估计的能够预测肌肉区域的DRR图像的学习模型12Ma。另外,在本实施方式中,通过从进行了对位后的CT图像中删除骨

区域的数据,提取排除了骨区域的影响后的CT图像(肌肉区域的数据),通过使用这样的CT图像,能够以高精度生成用于学习模型12Ma的学习的训练数据。由此,在本实施方式中,不仅能够通过使用学习模型12M根据X射线图像生成的骨区域的预测DRR图像高精度地估计骨密度,还能够通过使用学习模型12Ma根据X射线图像生成的肌肉区域的预测DRR图像高精度地估计肌肉量。

[0159] 在本实施方式中,生成用于学习模型12M、12Ma的学习的训练数据时,除了基于骨区域对X射线图像及CT图像中的拍摄对象进行对位的处理以外,与上述的各实施方式同样,可得到与上述的各实施方式同样的效果。另外,在本实施方式中,基于进行了基于骨区域的对位后的X射线图像及CT图像,不仅生成用于学习模型12M的学习的训练数据,而且生成用于学习模型12Ma的学习的训练数据,因此,能够实现以高精度根据X射线图像预测该X射线图像中的肌肉区域的DRR图像的学习模型12Ma。在本实施方式中,也可以应用上述的各实施方式中适当说明的变形例。

[0160] (实施方式8)

[0161] 对在上述的实施方式3、7中根据对象部位(例如下腹部、臀部等)的X射线图像生成该对象部位中包含的肌肉区域(例如臀大肌、臀中肌、髂肌等)的预测DRR图像的学习模型12Ma的变形例进行说明。本实施方式的信息处理装置具有与实施方式1、3、7的信息处理装置10同样的构成,因此,省略关于构成的说明。

[0162] 图27是示出实施方式8的学习模型12Mb的构成例的说明图。学习模型12Mb是以将对象部位的X射线图像作为输入,基于输入的X射线图像进行预测该对象部位中包含的肌肉区域的DRR图像及肌肉量的运算,并输出运算结果的方式学习完成的模型。图27所示的学习模型12Mb是将髋关节X射线正面图像作为输入,并预测臀大肌的DRR图像及肌肉量的构成。需要说明的是,学习模型12Mb不限于该构成,例如,也可以是将髋关节X射线正面图像作为输入,并预测臀中肌、髂肌等其他肌肉区域的DRR图像及肌肉量的构成,还可以是对于多个肌肉区域预测各自的DRR图像及肌肉量的构成。另外,学习模型12Mb可以是将胸部X射线正面图像作为输入,并预测胸大肌、胸小肌、锁骨下肌、前锯肌、肋间肌、斜方肌、背阔肌、大圆肌、竖脊肌等肌肉区域的DRR图像及肌肉量的构成。肌肉量例如可以使用除脂肪肌肉量、肌肉体积、肌肉密度等表示与肌肉相关的某些量的信息。

[0163] 本实施方式的学习模型12Mb具有图像转换层12Mb1及肌肉量预测层12Mb2。学习模型12Mb的输入数据即X射线图像输入到图像转换层12Mb1,图像转换层12Mb1基于输入的X射线图像生成该X射线图像中包含的肌肉区域(例如臀大肌)的DRR图像并输出。通过图像转换层12Mb1生成的肌肉区域的DRR图像输入到肌肉量预测层12Mb2,肌肉量预测层12Mb2基于输入的肌肉区域的DRR图像预测该肌肉区域的肌肉量(例如除脂肪肌肉量、肌肉体积、肌肉密度等)并输出。

[0164] 图像转换层12Mb1例如可以由基于pix2pix、CycleGAN、StarGAN等GAN、VAE、CNN(例如U-net)等神经网络、或其他学习算法的模型构成,也可以将多个学习算法组合而构成。需要说明的是,在图像转换层12Mb1由pix2pix构成的情况下,图像转换层12Mb1可以具有与图14所示的学习模型12Ma同样的构成。肌肉量预测层12Mb2例如可以使用CNN、随机森林、SVM(Support Vector Machine)、Transformer等算法而构成,也可以将多个算法组合而构成。需要说明的是,学习模型12Mb可以不具备肌肉量预测层12Mb2,也可以是如下构成来代替肌

肉量预测层12Mb2:信息处理装置10的控制部11进行基于通过图像转换层12Mb1生成的肌肉区域的DRR图像中的各像素的像素值(亮度值)的总和来计算该肌肉区域的肌肉量的处理。

[0165] 本实施方式的学习模型12Mb通过使用将训练用的X射线图像(髋关节X射线正面图像)与成为正确的臀大肌的DRR图像及该臀大肌的肌肉量相关联而得到的训练数据进行学习而生成。期望训练用的X射线图像、正确的DRR图像及肌肉量例如为通过DXA装置诊断为骨密度正常病例、骨质疏松病例、骨量减少例中的任一者的受检者的髋关节X射线正面图像、DRR图像、以及肌肉量。需要说明的是,正确的臀大肌的DRR图像能够使用根据通过X射线CT装置对臀部(下腹部)进行拍摄而得到的CT图像生成的臀大肌(肌肉区域)的DRR图像。另外,正确的臀大肌的肌肉量也可以使用通过各像素的肌肉量的合计计算出的臀大肌的肌肉量,所述各像素的肌肉量的合计根据CT图像中的肌肉区域(臀大肌)内的CT值(亮度值)基于各像素中的肌肉与脂肪的比例而计算出,还可以使用通过DXA装置测量的臀大肌的肌肉量。

[0166] 本实施方式的学习模型12Mb以在输入了训练数据中包含的X射线图像的情况下输出训练数据中包含的正确的DRR图像及肌肉量的方式进行学习。在学习处理中,学习模型12Mb基于输入的X射线图像进行运算,对输入的X射线图像中的臀大肌的DRR图像及肌肉量进行预测,并输出预测结果。然后,学习模型12Mb对预测的DRR图像与正确的DRR图像进行比较,并且对预测的肌肉量与正确的肌肉量进行比较,以使它们分别近似的方式,利用最陡下降法、误差反向传播法等,优化图像转换层12Mb1及肌肉量预测层12Mb2中的节点间的加权(耦合系数)等参数。即,在本实施方式中,在学习模型12Mb的学习处理中,能够反馈基于学习模型12Mb生成的肌肉区域的DRR图像的肌肉量与正确的肌肉量之间的差异(误差、与肌肉量相关的损失)。由此,根据本实施方式的学习处理,生成在输入了X射线图像的情况下,以更高的精度预测X射线图像中包含的肌肉区域的DRR图像及肌肉量的学习模型12Mb。

[0167] 需要说明的是,本实施方式的学习模型12Mb可以是不具备肌肉量预测层12Mb2的构成。在该情况下,在学习模型12Mb的学习处理中,信息处理装置10的控制部11将X射线图像输入学习模型12Mb,从学习模型12Mb中获取肌肉区域的DRR图像,并根据获取到的DRR图像计算该肌肉区域的肌肉量。然后,控制部11对计算出的肌肉量与正确的肌肉量的差值进行计算,以使计算出的差值变小的方式(以使计算的肌肉量与正确的肌肉量近似的方式)使学习模型12Mb(图像转换层12Mb1)进行学习。在这样的学习处理中,也能够反馈基于学习模型12Mb生成的肌肉区域的DRR图像的肌肉量与正确的肌肉量的差异(误差、与肌肉量相关的损失),生成能够以高精度预测输入的X射线图像中包含的肌肉区域的DRR图像及肌肉量的学习模型12Mb。

[0168] 本实施方式的信息处理装置10能够执行图25所示的处理,通过图25所示的处理生成学习模型12Mb的学习用的训练数据,通过图6所示的处理执行学习模型12Mb的学习处理。需要说明的是,在图25所示的处理中,信息处理装置10的控制部11在步骤S128的处理后,基于步骤S128中生成的肌肉区域的DRR图像计算出该肌肉区域的肌肉量。然后,控制部11在步骤S129中,将步骤S11中获取到的X射线图像、步骤S128中生成的关心区域(肌肉区域)的DRR图像、以及根据DRR图像计算的肌肉量对应,并作为训练数据存储于训练DB12b。需要说明的是,该肌肉区域的肌肉量可以使用通过DXA装置测量的肌肉量,在该情况下,控制部11能够获取例如在步骤S11中与X射线图像及CT图像一起通过DXA装置测量的肌肉量,并将获取到的肌肉量用于训练数据。另外,在图6所示的处理中,控制部11在步骤S31中读出存储部12中

存储的X射线图像、DRR图像及肌肉量的一个组,在步骤S32中使用读出的训练数据进行学习模型12Mb的学习处理。此外,本实施方式的信息处理装置10能够执行图16所示的处理,通过使用如上所述生成的学习模型12Mb,从而能够以高精度预测X射线图像中的肌肉区域的DRR图像,并通过预测的DRR图像以高精度估计肌肉区域的肌肉量。

[0169] 图28A及图28B是示出与肌肉量相关的损失的反馈处理的效果的说明图。图28A是示出使用学习模型(例如学习模型12Ma)根据X射线图像生成肌肉区域的预测DRR图像并根据生成的预测DRR图像进行计算(估计)而得到的该肌肉区域的肌肉量(具体为除脂肪肌肉量)、与根据CT图像计测的该肌肉区域的肌肉量(具体为除脂肪肌肉量)的关系的图表,所述学习模型未如上所述进行与肌肉量相关的损失的反馈处理而学习得到。图28A的图表在纵轴表示根据预测DRR图像估计的除脂肪肌肉量,在横轴表示根据CT图像计测的除脂肪肌肉量,在图28A左侧示出臀中肌的图表,在右侧示出髂肌的图表。图28B是示出使用学习模型12Mb根据X射线图像生成肌肉区域的预测DRR图像并根据生成的预测DRR图像进行计算(估计)而得到的该肌肉区域的肌肉量(具体为除脂肪肌肉量)、与根据CT图像计测的该肌肉区域的肌肉量(具体为除脂肪肌肉量)的关系的图表,所述学习模型12Mb如上所述进行与肌肉量相关的损失的反馈处理而学习得到。图28B的图表在纵轴表示根据预测DRR图像估计的除脂肪肌肉量,在横轴表示根据CT图像计测的除脂肪肌肉量,在图28B左侧示出臀中肌的图表,在右侧示出髂肌的图表。图28A及图28B所示的图表示出了使用学习模型12Mb通过根据从525名患者收集的X射线图像预测的预测DRR图像估计的除脂肪肌肉量、与根据各患者的CT图像计测的除脂肪肌肉量的比较结果(验证结果),所述学习模型12Mb例如使用根据从变形性髋关节症的患者中收集的X射线图像及CT图像生成的390对训练数据进行学习得到。

[0170] 根据图28A左侧及图28B左侧的图表可知,对于臀中肌的除脂肪肌肉量,未进行上述的与肌肉量相关的损失的反馈处理的情况下的根据预测DRR图像的估计值与根据CT图像的计测值的相关系数为0.776,进行了反馈处理的情况下的相关系数为0.874,进行了与肌肉量相关的损失的反馈处理的情况下得到了更高的相关值。同样,根据图28A右侧及图28B右侧的图表可知,对于髂肌的除脂肪肌肉量,未进行与肌肉量相关的损失的反馈处理的情况下的相关系数为0.804,进行了反馈处理的情况下的相关系数为0.861,进行了与肌肉量相关的损失的反馈处理的情况下得到了更高的相关值。由此,通过在学习模型12Mb的学习处理时进行与肌肉量相关的损失的反馈处理,从而即使是通过少量的训练数据进行了学习后的学习模型12Mb,也能够实现能够进行与根据CT图像的计测值相同程度的肌肉量的估计的能够预测DRR图像的学习模型12Mb。

[0171] 在本实施方式中,在图28A及图28B的图表中示出了,对于臀中肌及髂肌的除脂肪肌肉量,在学习模型12Mb的学习处理时进行了与肌肉量相关的损失的反馈处理的情况下可得到更准确的除脂肪肌肉量,而本发明人的验证处理中,对于臀中肌及髂肌的肌肉体积,也得到了同样的结果。

[0172] 在本实施方式中,在学习模型12Mb的学习时,对于根据学习模型12Mb(图像转换层12Mb1)生成的肌肉区域的DRR图像计算的该肌肉区域的肌肉量,除了反馈正确的肌肉量的误差(损失)的处理以外与上述的各实施方式同样,可得到与上述的各实施方式同样的效果。另外,在本实施方式中,在学习模型12Mb的学习处理中,除了图像转换层12Mb1生成的DRR图像与正确的DRR图像的误差以外,还能够反馈肌肉量的误差(损失),因此,能够实现能

够以更高的精度根据X射线图像预测该X射线图像中的肌肉区域的DRR图像的学习模型12Mb。在本实施方式中,也可以应用上述的各实施方式中适当说明的变形例。

[0173] 上述的各实施方式是使用通过伦琴装置(X射线装置)对对象部位进行拍摄而得到的简单X射线图像作为学习模型12M、12Ma、12Mb的输入数据的构成,但不限于该构成。例如,也可以是将通过DXA装置得到的X射线图像用于学习模型12M、12Ma、12Mb的输入数据的构成。在设为这样的构成的情况下,也可以执行与将通常的X射线图像(通过伦琴装置拍摄的X射线图像)用于输入数据的情况同样的处理,得到同样的效果。另外,可以是将根据MRI(Magnetic Resonance Imaging:核磁共振图像法)图像等能够估计对象部位的肌肉及骨的组成的三维图像得到的二维图像(与体组织量相关的信息),来代替上述的各实施方式中用于学习模型12M、12Ma、12Mb的训练数据的正确的DRR图像(根据CT图像得到的与对象部位的体组织量相关的信息)而用于训练数据的构成。在设为这样的构成的情况下,也可以执行与使用根据CT图像得到的DRR图像的情况同样的处理,得到同样的效果。

[0174] 应该认为,本次公开的实施方式的所有点都是示例,而不是限制性的。本发明的范围由权利要求书来示出,而不是由上述含义,并且旨在包含等同于权利要求书的含义和范围内的所有变更。

[0175] 附图标记说明:

[0176] 10 信息处理装置

[0177] 11 控制部

[0178] 12 存储部

[0179] 13 通信部

[0180] 14 输入部

[0181] 15 显示部

[0182] 12a 医疗图像DB

[0183] 12b 训练DB

[0184] 12M 学习模型

[0185] 12Ma 学习模型

[0186] 12M1 骨密度估计用学习模型

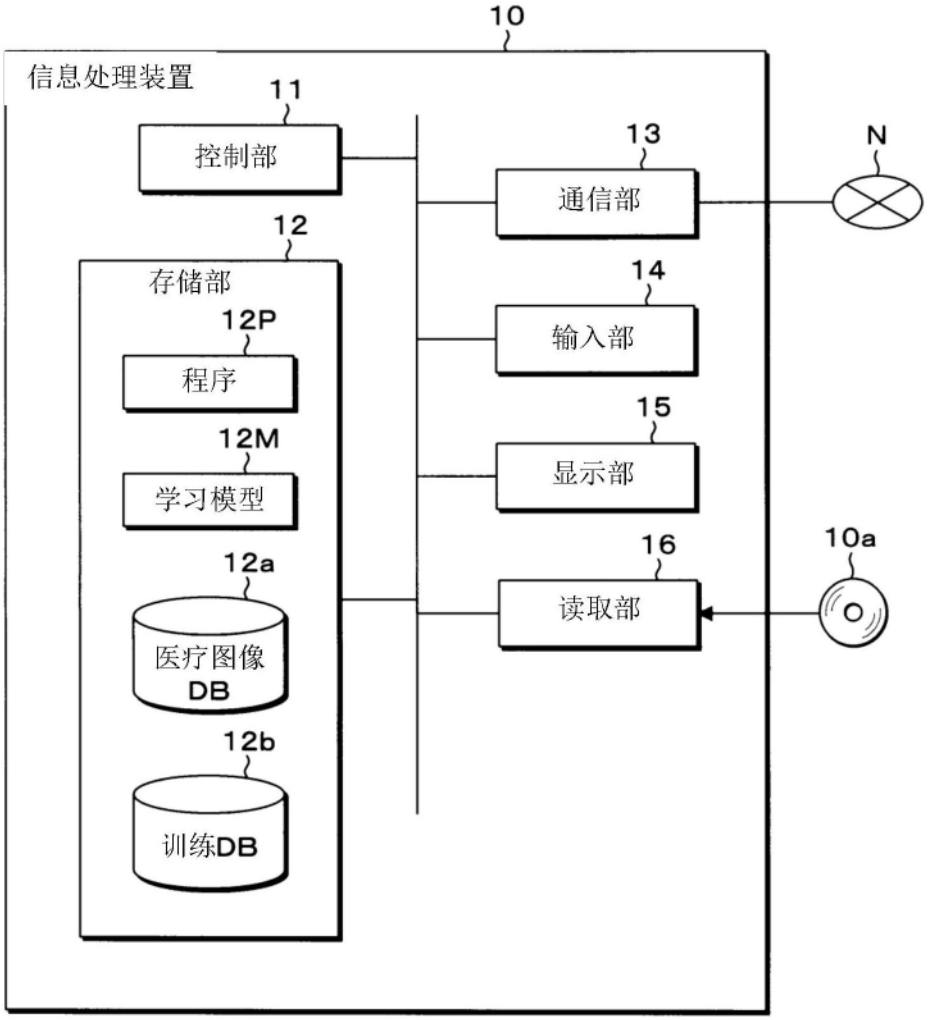

10
信息处理装置
11
控制部
12
存储部
12P
程序
12M
学习模型
12a
医疗图像
DB
12b
训练DB
13
通信部
N
14
输入部
15
显示部
16
读取部
10a

图1

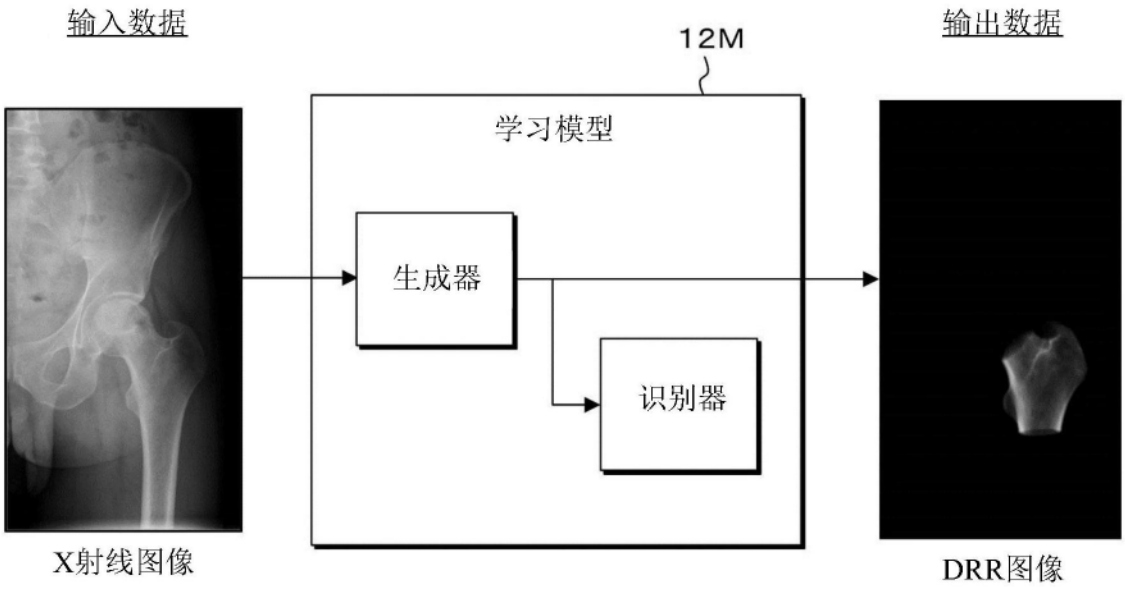

输入数据
12M
输出数据
学习模型
生成器
识别器
X射线图像
DRR图像

图2

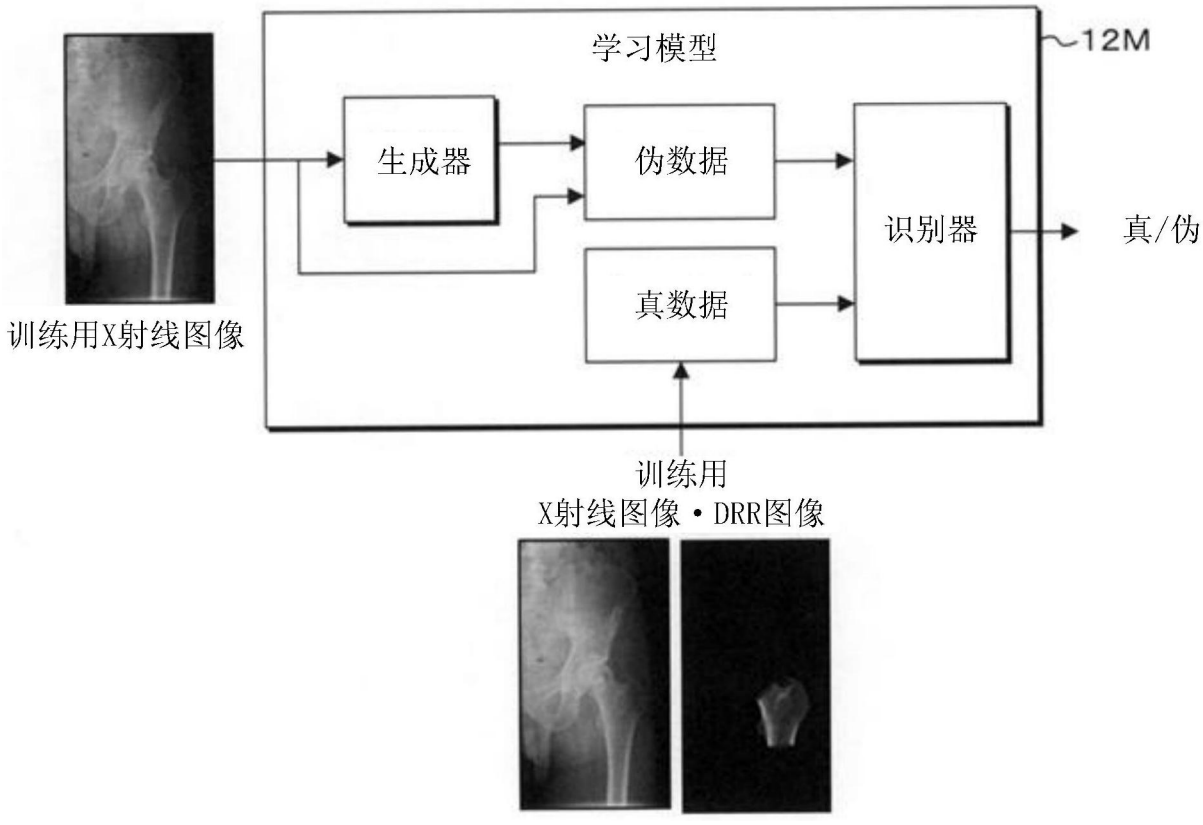

学习模型
12M
生成器
伪数据
识别器
真/伪
真数据
训练用X射线图像
训练用
X射线图像·DRR图像

图3A

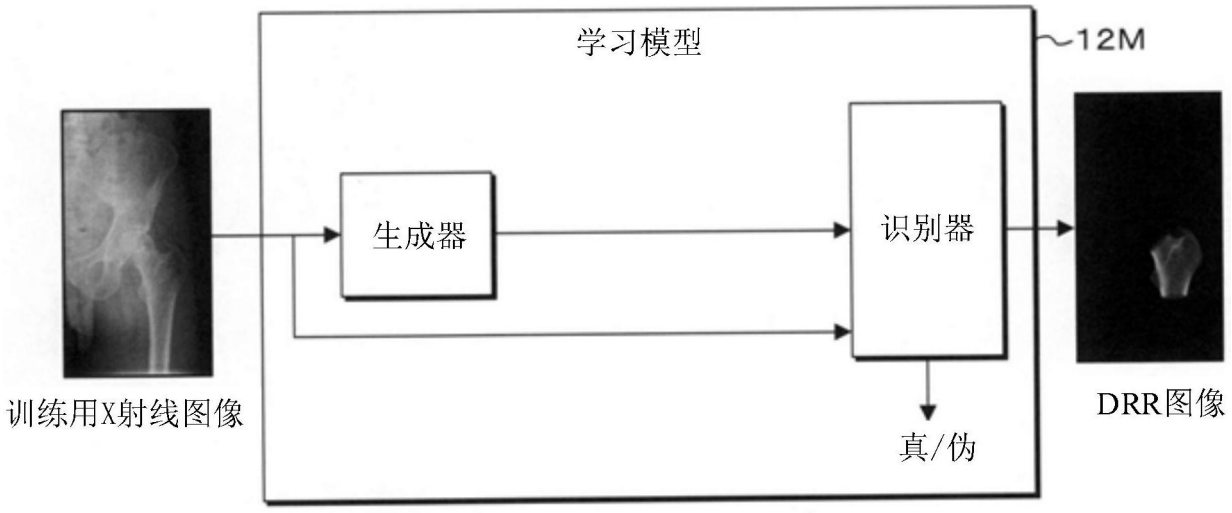


图3B

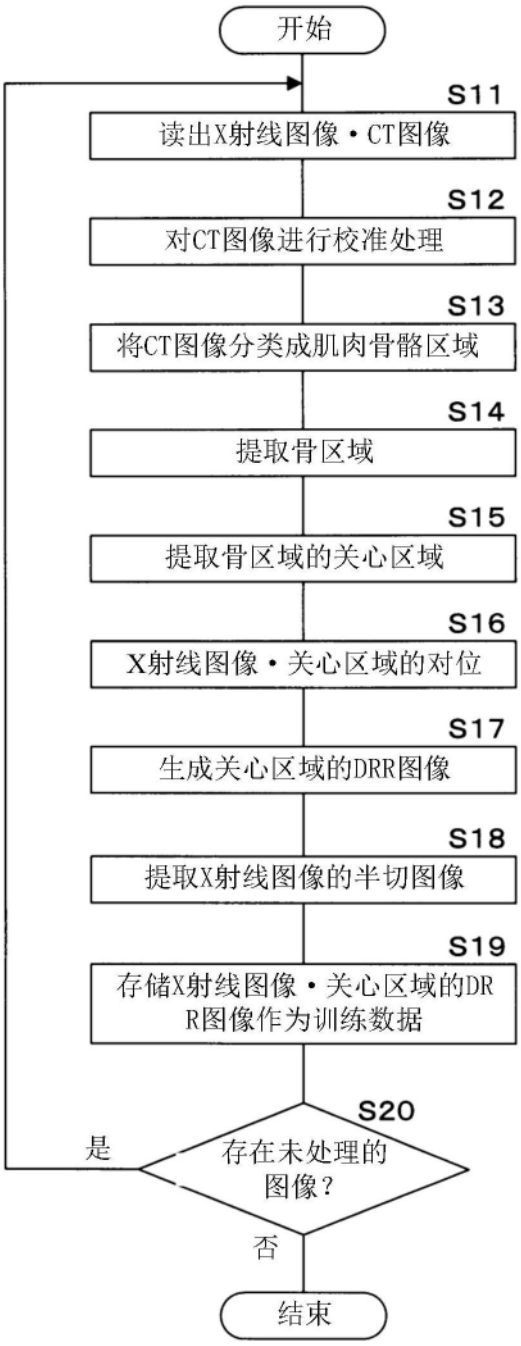

开始
S11
读出X射线图像・CT图像
S12
对CT图像进行校准处理
S13
将CT图像分类成肌肉骨骼区域
S14
提取骨区域
S15
提取骨区域的关心区域
S16
X射线图像・关心区域的对位
S17
生成关心区域的DRR图像
S18
提取X射线图像的半切图像
S19
存储X射线图像・关心区域的DRR图像作为训练数据
S20
存在未处理的图像?
是
否
结束

图4

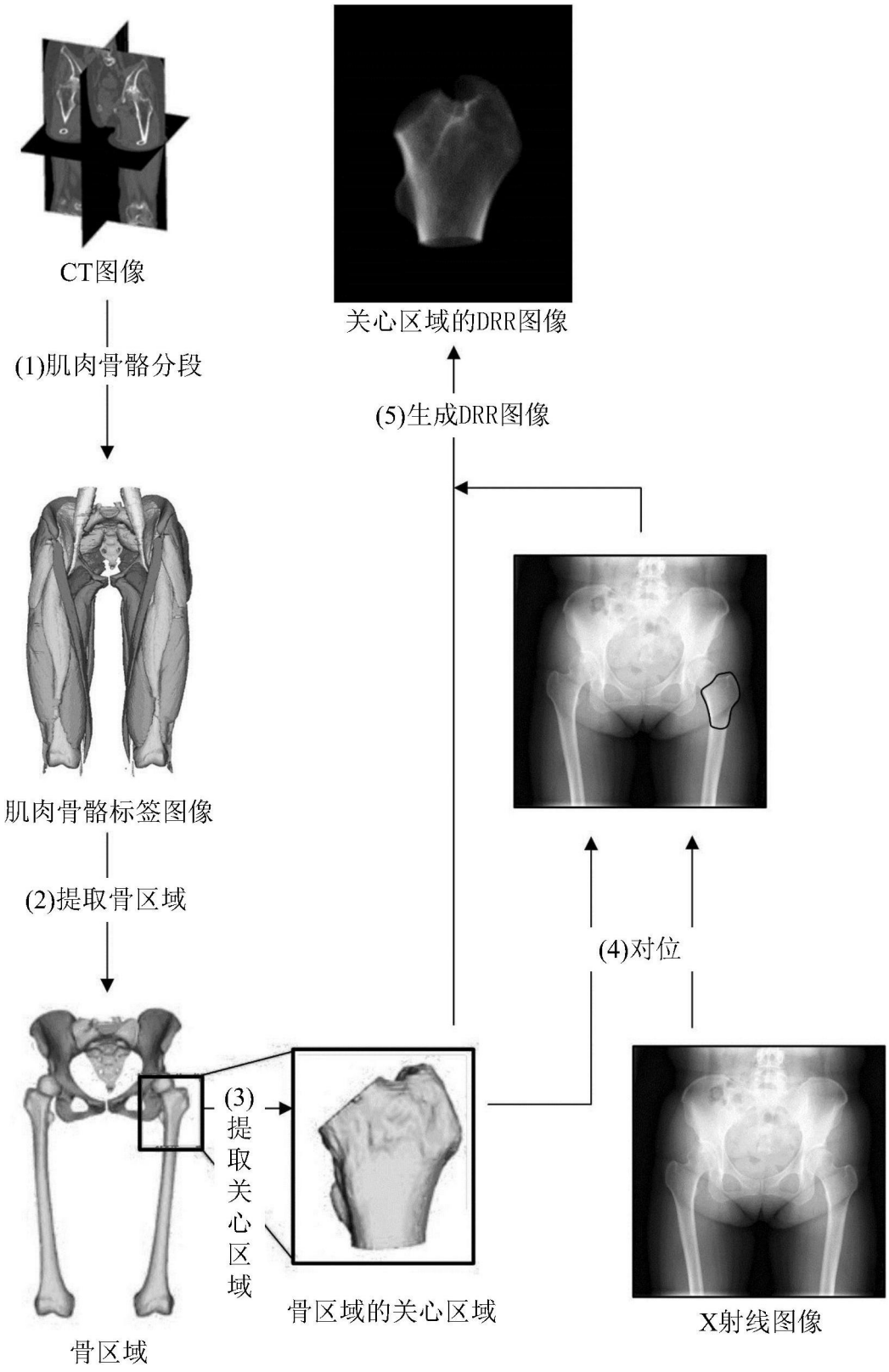

CT图像
(1)肌肉骨骼分段
肌肉骨骼标签图像
(2)提取骨区域
骨区域
(3)提取关心区域
骨区域的关心区域
(4)对位
X射线图像
(5)生成DRR图像
关心区域的DRR图像

图5

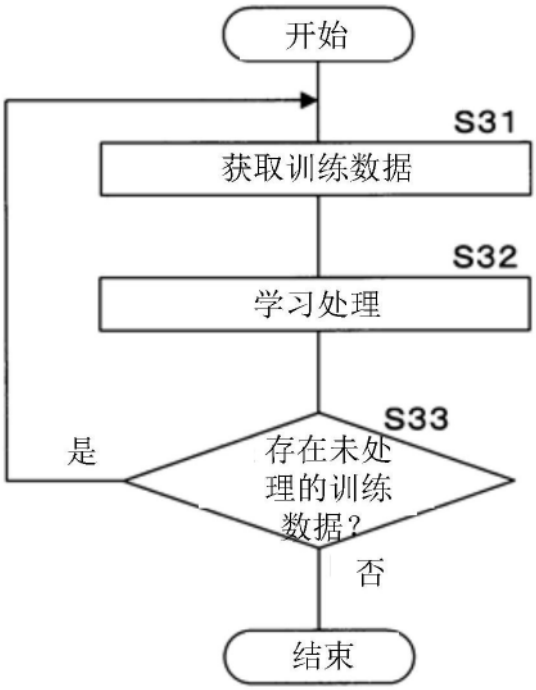

开始
S31
获取训练数据
S32
学习处理
S33
存在未处理的训练数据？
是
否
结束

图6

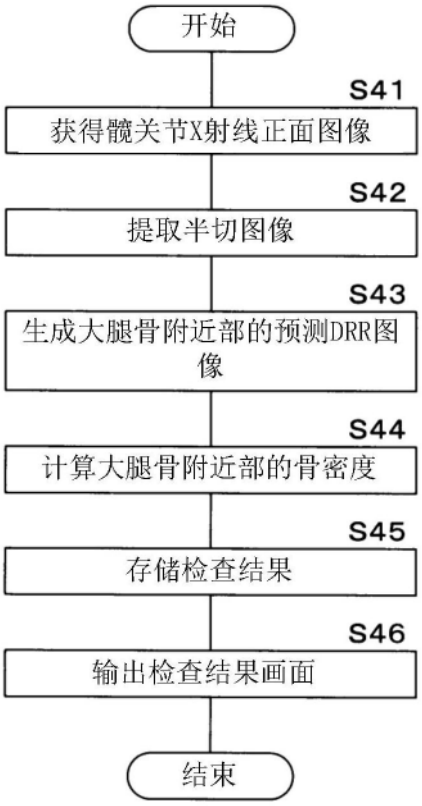

开始
S41
获得髋关节X射线正面图像
S42
提取半切图像
S43
生成大腿骨附近部的预测DRR图像
S44
计算大腿骨附近部的骨密度
S45
存储检查结果
S46
输出检查结果画面
结束

图7


患者ID：P111（****）
拍摄时间日期：2022年5月1日 10:00
检查结果
预测DRR图像
部位：左大腿骨附近部
估计骨密度(BMD)：0.65g/cm2
青年成人比较(YAM)：70%
同年龄比较：80%
注释：要精密检查
有骨质疏松症的嫌疑

图8

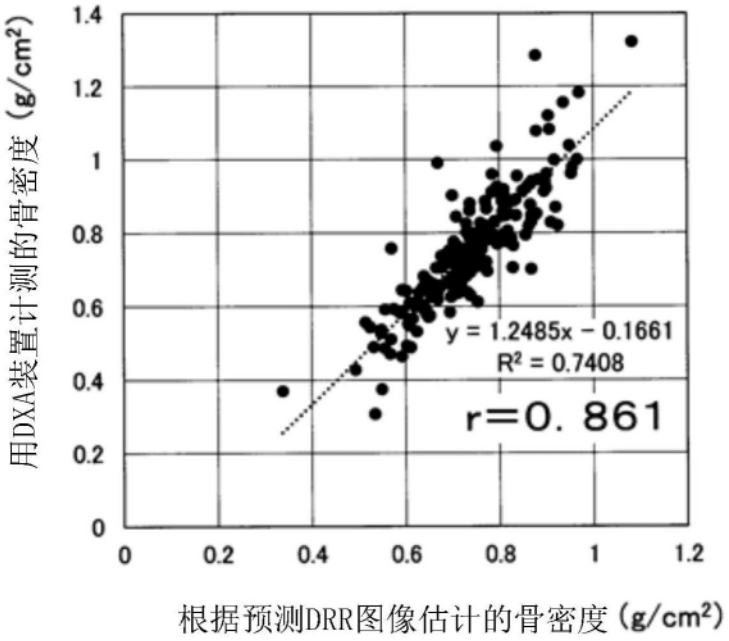

用DXA装置计测的骨密度 (g/cm²)
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
y = 1.2485x − 0.1661
R² = 0.7408
r=0. 861
根据预测DRR图像估计的骨密度 (g/cm²)

图9A

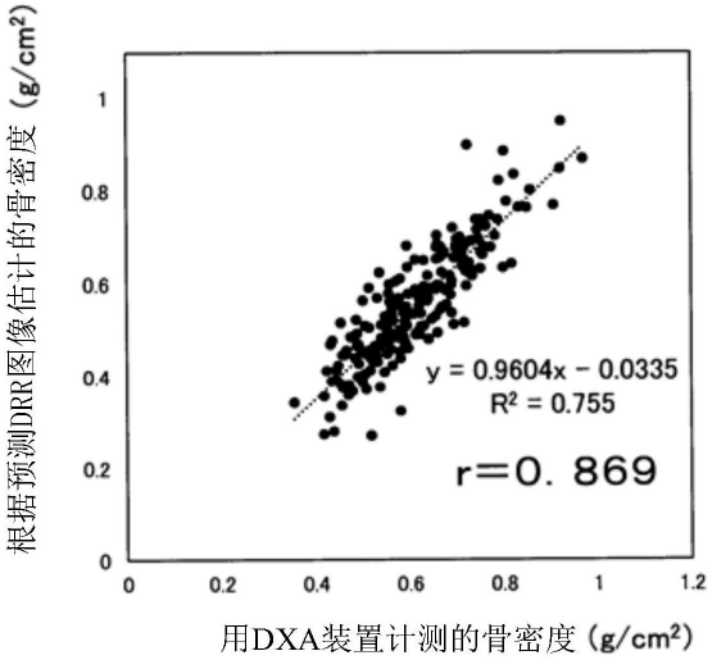

根据预测DRR图像估计的骨密度 (g/cm²)
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
y = 0.9604x − 0.0335
R² = 0.755
r=0. 869
用DXA装置计测的骨密度 (g/cm²)

图9B

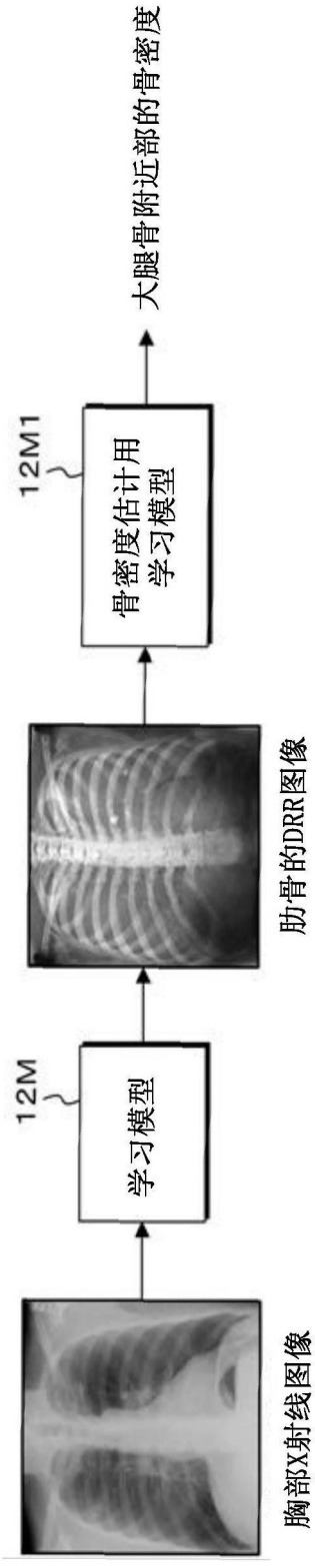


图10


开始
S51
读出X射线图像・CT图像・骨密度
S12
对CT图像进行校准处理
S13
将CT图像分类成肌肉骨骼区域
S14
提取骨区域
S15
提取骨区域的关心区域
S16
X射线图像・关心区域的对位
S17
生成关心区域的DRR图像
S19
存储X射线图像・关心区域的DRR图像作为训练数据
S52
存储关心区域的DRR图像・骨密度作为训练数据
S20
存在未处理的图像?
是
否
结束

图11


开始
S61
获得胸部X射线图像
S62
生成对象部位的预测DRR图像
S63
估计大腿骨附近部的骨密度
S64
计算青年成人比较・同年龄比较的数值
S65
存储检查结果
S66
输出检查结果画面
结束

图12

患者ID：P111（****）

拍摄时间日期：2022年5月1日 10:00



检查结果

肋骨的预测DRR图像



部位：肋骨

大腿骨附近部的估计骨密度(BMD)

：0.65g/cm2

青年成人比较(YAM)：70%

同年龄比较：80%

注释：要精密检查

有骨质疏松症的嫌疑

图13

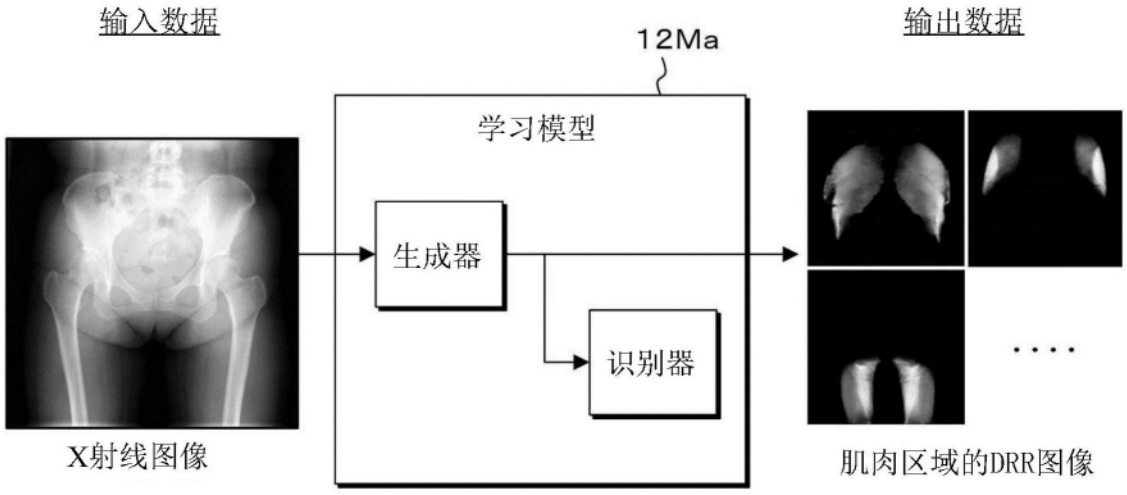

输入数据
12Ma
输出数据
学习模型
生成器
识别器
X射线图像
肌肉区域的DRR图像

图14


开始
S11
读出X射线图像・CT图像
S12
对CT图像进行校准处理
S13
将CT图像分类成肌肉骨骼区域
S71
提取肌肉区域
S72
生成肌肉区域DDRR图像
S73
存储X射线图像・肌肉区域DDRR图像作为训练数据
S20
存在未处理的图像?
是
否
结束

图15


开始
S41
获得髋关节X射线正面图像
S81
生成臀部的肌肉区域的预测DRR图像
S82
计算臀部的肌肉量
S45
存储检查结果
S46
输出检查结果画面
结束

图16

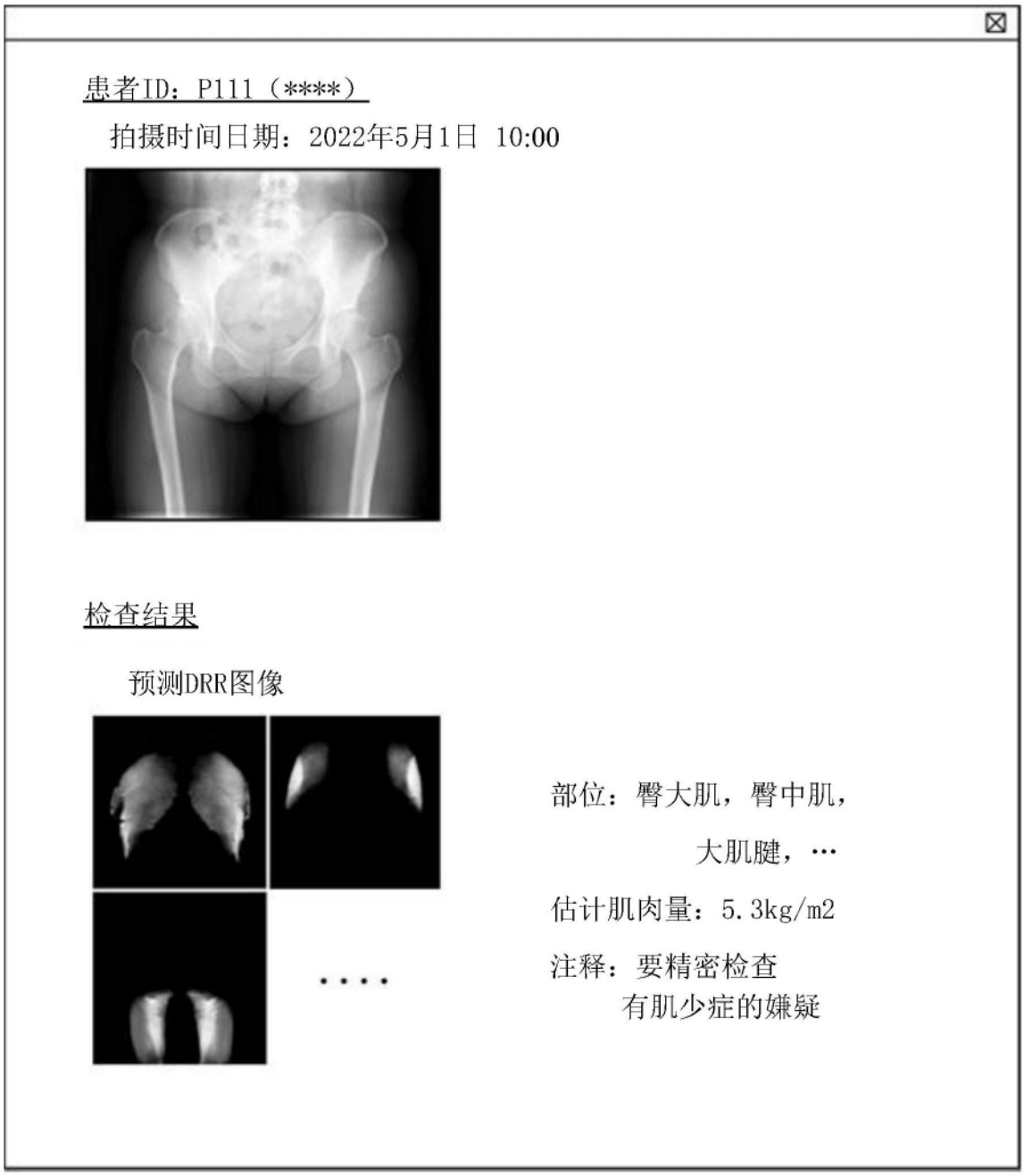

患者ID：P111（****）
拍摄时间日期：2022年5月1日 10:00
检查结果
预测DRR图像
部位：臀大肌，臀中肌，
大肌腱，…
估计肌肉量：5.3kg/m2
注释：要精密检查
有肌少症的嫌疑

图17

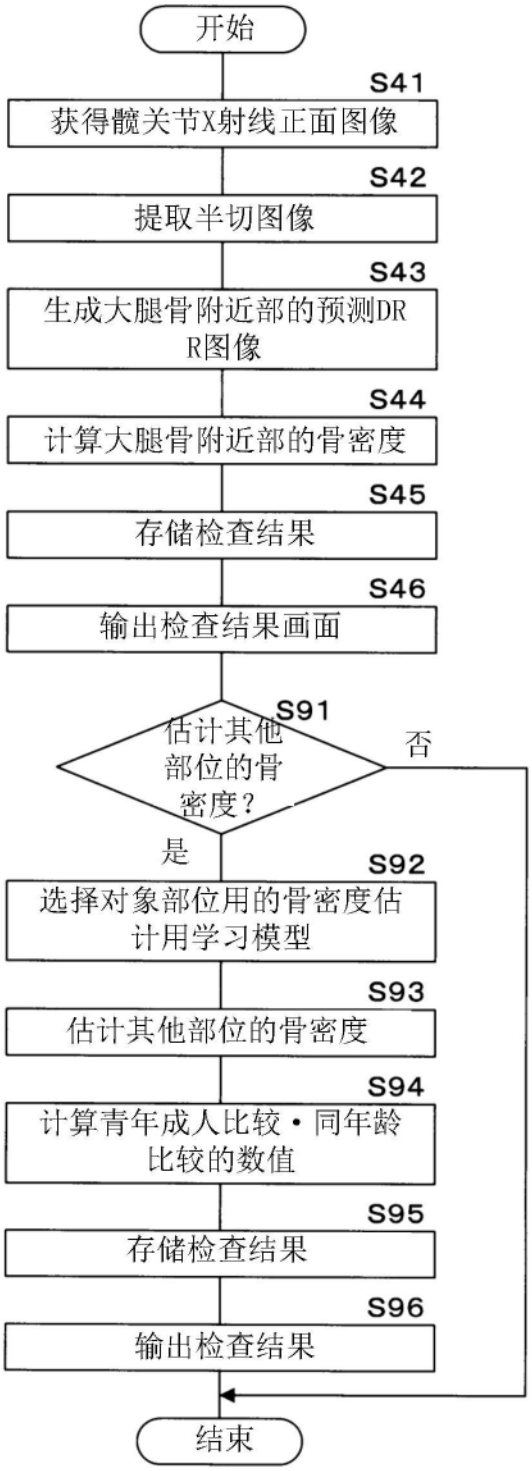

开始
S41
获得髋关节X射线正面图像
S42
提取半切图像
S43
生成大腿骨附近部的预测DRR图像
S44
计算大腿骨附近部的骨密度
S45
存储检查结果
S46
输出检查结果画面
S91
估计其他部位的骨密度？
否
是
S92
选择对象部位用的骨密度估计用学习模型
S93
估计其他部位的骨密度
S94
计算青年成人比较・同年龄比较的数值
S95
存储检查结果
S96
输出检查结果
结束

图18


患者ID：P111（****）
拍摄时间日期：2022年5月1日 10:00
检查结果
预测DRR图像
部位：左大腿骨附近部
估计骨密度(BMD)：0.65g/cm2
青年成人比较(YAM)：70%
同年龄比较：80%
注释：要精密检查
有骨质疏松症的嫌疑
其他部位
肋骨
部位：肋骨
估计骨密度(BMD)：0.70g/cm2
青年成人比较(YAM)：75%
同年龄比较：85%
注释：要精密检查
有骨量减少的嫌疑

图19

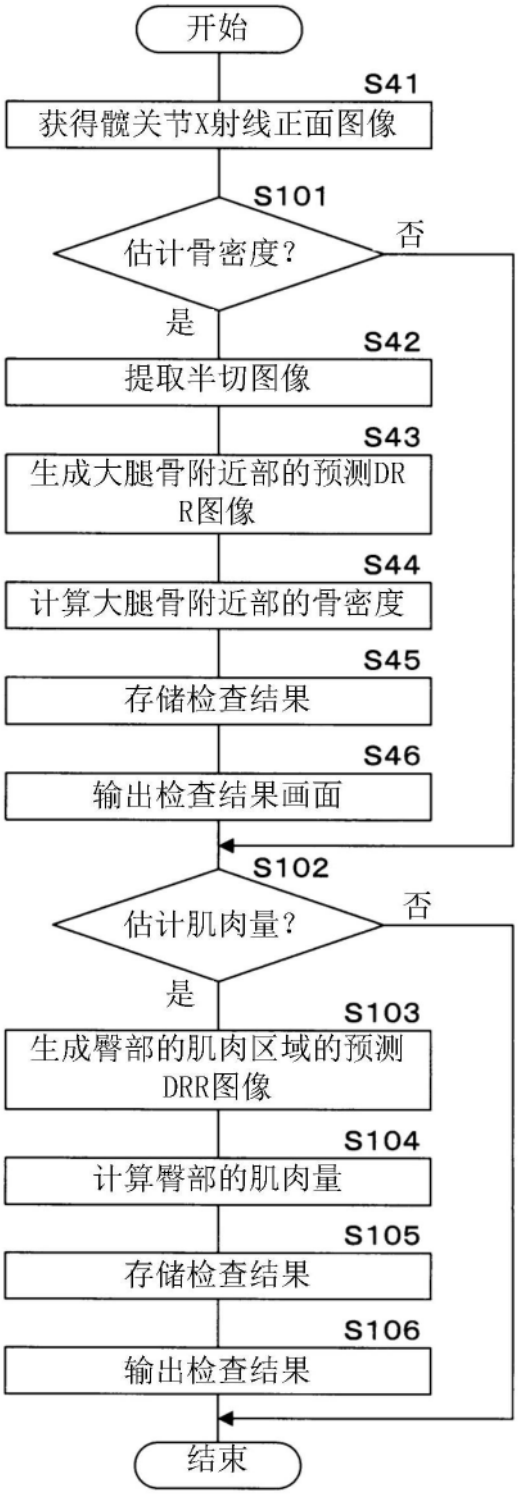

开始
S41
获得髋关节X射线正面图像
S101
估计骨密度?
否
是
S42
提取半切图像
S43
生成大腿骨附近部的预测DRR图像
S44
计算大腿骨附近部的骨密度
S45
存储检查结果
S46
输出检查结果画面
S102
估计肌肉量?
否
是
S103
生成臀部的肌肉区域的预测DRR图像
S104
计算臀部的肌肉量
S105
存储检查结果
S106
输出检查结果
结束

图20


患者ID：P111（****）
拍摄时间日期：2022年5月1日 10:00
检查结果
预测DRR图像(骨)
部位：左大腿骨附近部
估计骨密度(BMD)：0.65g/cm2
青年成人比较(YAM)：70%
同年龄比较：80%
注释：要精密检查
有骨质疏松症的嫌疑
预测DRR图像(肌肉)
部位：臀大肌，臀中肌，
大肌腱，…
估计肌肉量：5.3kg/m2
注释：要精密检查
有肌少症的嫌疑
....

图21

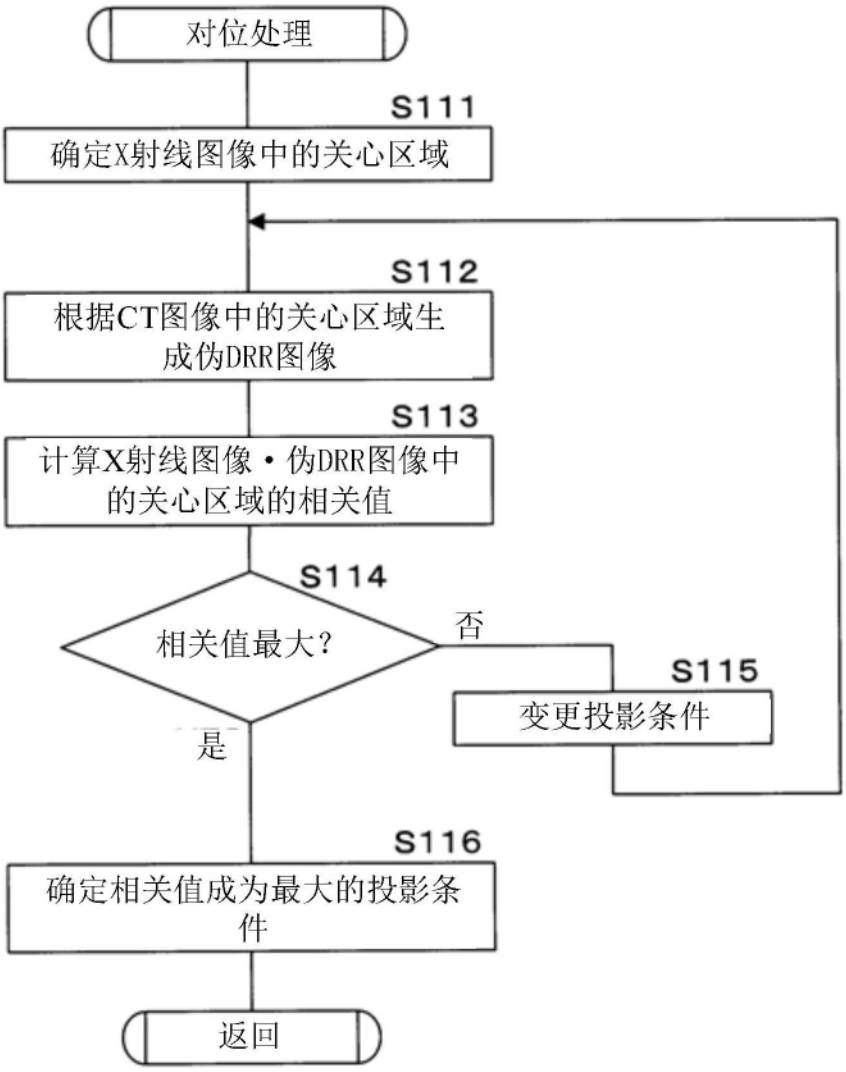

对位处理
S111
确定X射线图像中的关心区域
S112
根据CT图像中的关心区域生成伪DRR图像
S113
计算X射线图像·伪DRR图像中的关心区域的相关值
S114
相关值最大?
否
S115
变更投影条件
是
S116
确定相关值成为最大的投影条件
返回

图22

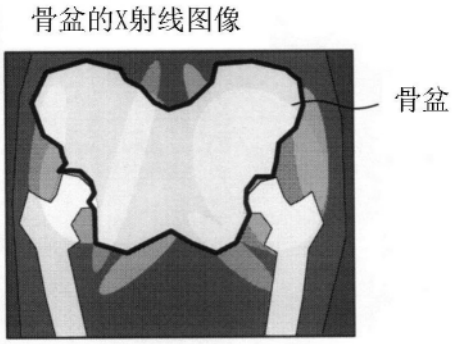

骨盆的X射线图像
骨盆

图23A

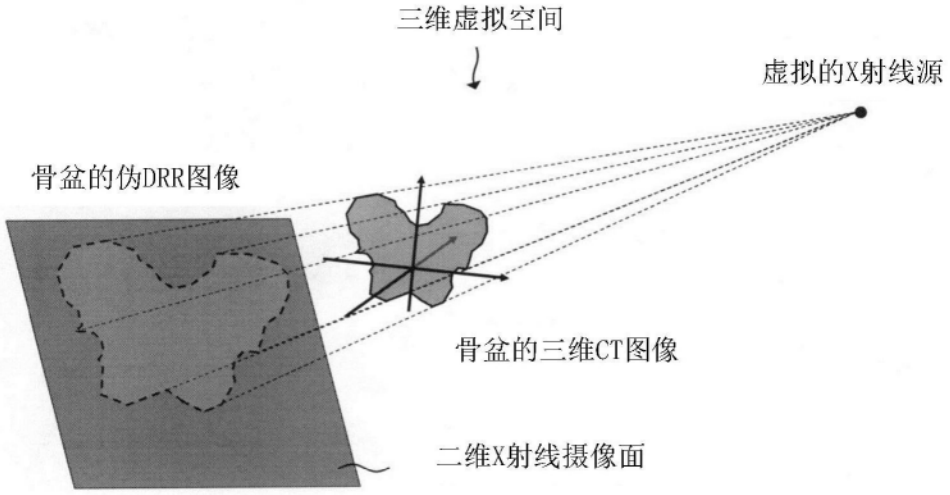


图23B

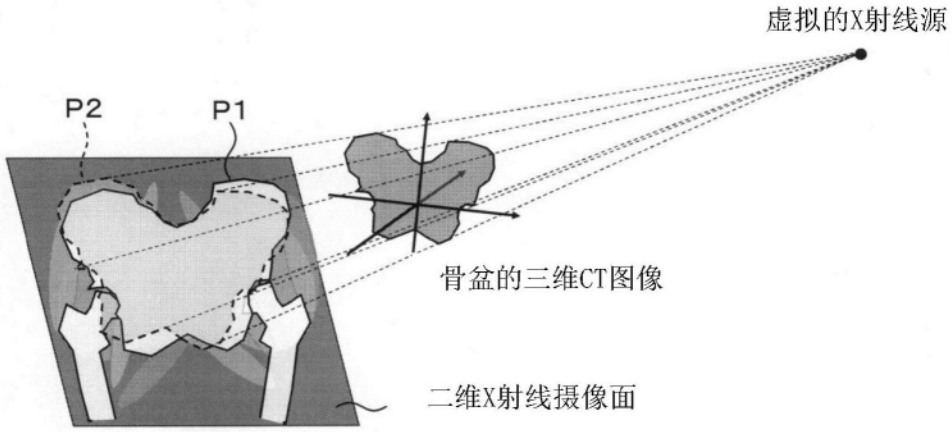


图24A

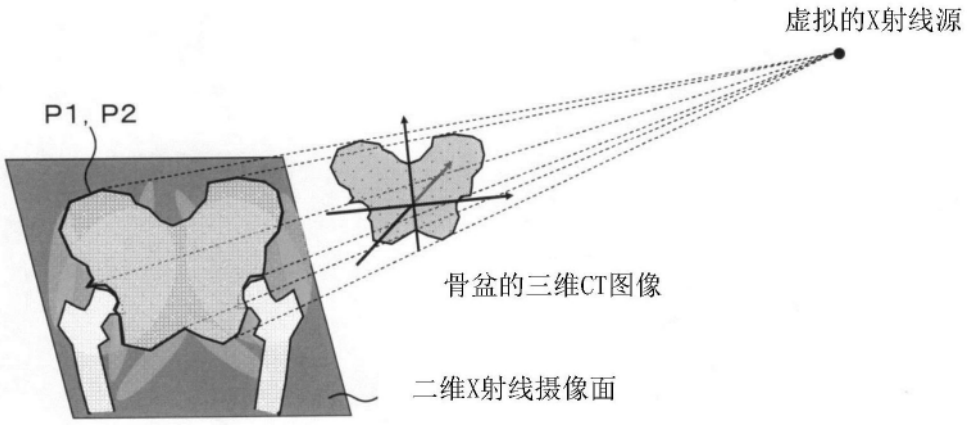


图24B

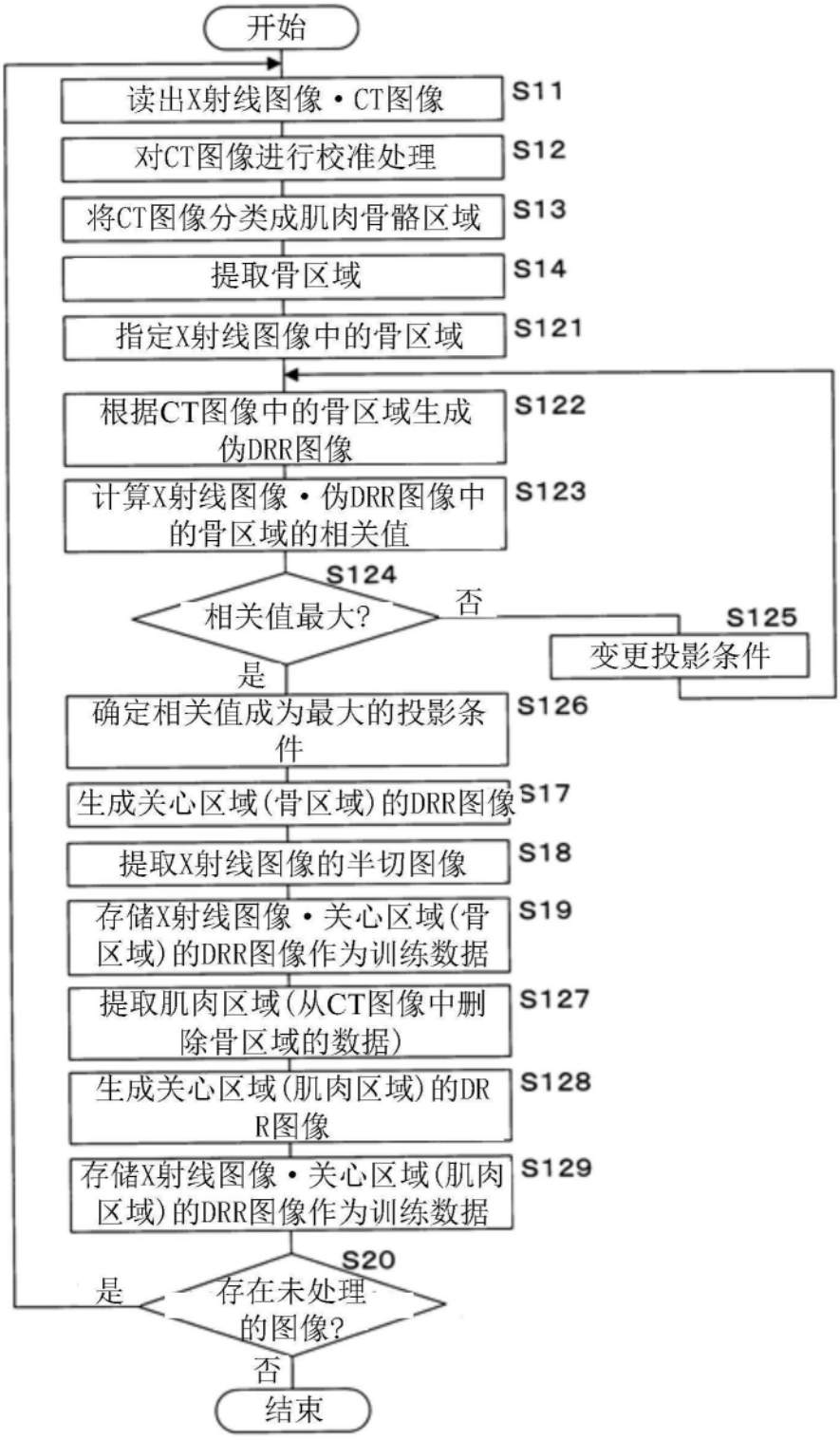

开始
读出X射线图像・CT图像
S11
对CT图像进行校准处理
S12
将CT图像分类成肌肉骨骼区域
S13
提取骨区域
S14
指定X射线图像中的骨区域
S121
根据CT图像中的骨区域生成伪DRR图像
S122
计算X射线图像・伪DRR图像中的骨区域的相关值
S123
S124
相关值最大?
否
S125
变更投影条件
是
确定相关值成为最大的投影条件
S126
生成关心区域(骨区域)的DRR图像
S17
提取X射线图像的半切图像
S18
存储X射线图像・关心区域(骨区域)的DRR图像作为训练数据
S19
提取肌肉区域(从CT图像中删除骨区域的数据)
S127
生成关心区域(肌肉区域)的DRR图像
S128
存储X射线图像・关心区域(肌肉区域)的DRR图像作为训练数据
S129
S20
是
存在未处理的图像?
否
结束

图25

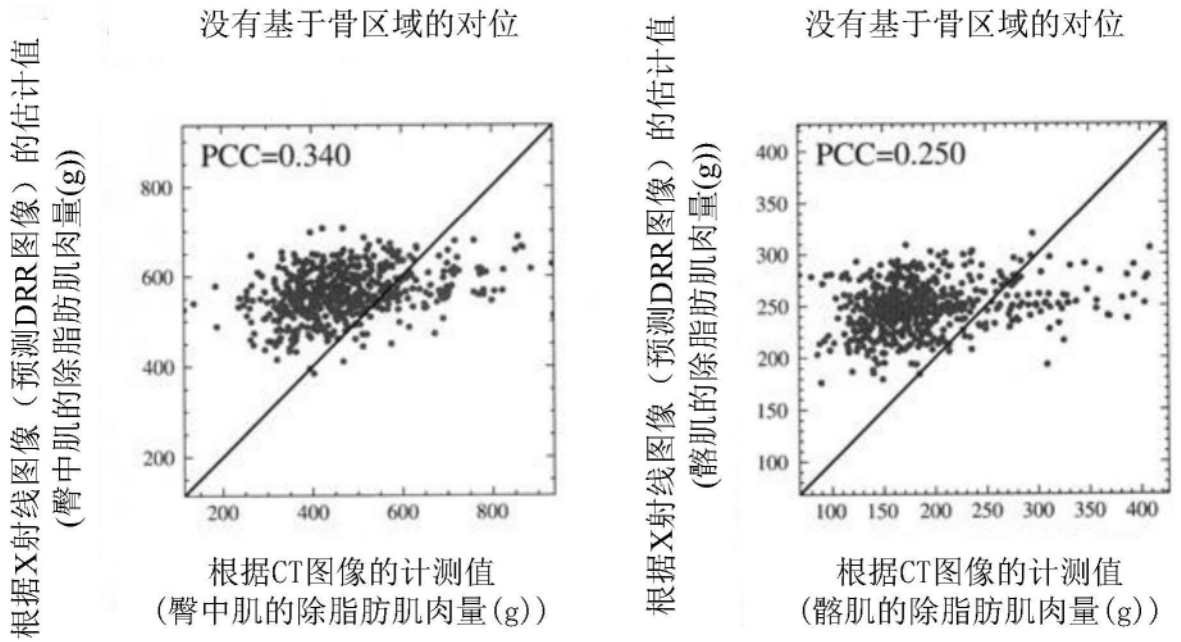

没有基于骨区域的对位
PCC=0.340
根据X射线图像（预测DRR图像）的估计值
(臀中肌的除脂肪肌肉量(g))
根据CT图像的计测值
(臀中肌的除脂肪肌肉量(g))
没有基于骨区域的对位
PCC=0.250
根据X射线图像（预测DRR图像）的估计值
(髂肌的除脂肪肌肉量(g))
根据CT图像的计测值
(髂肌的除脂肪肌肉量(g))

图26A

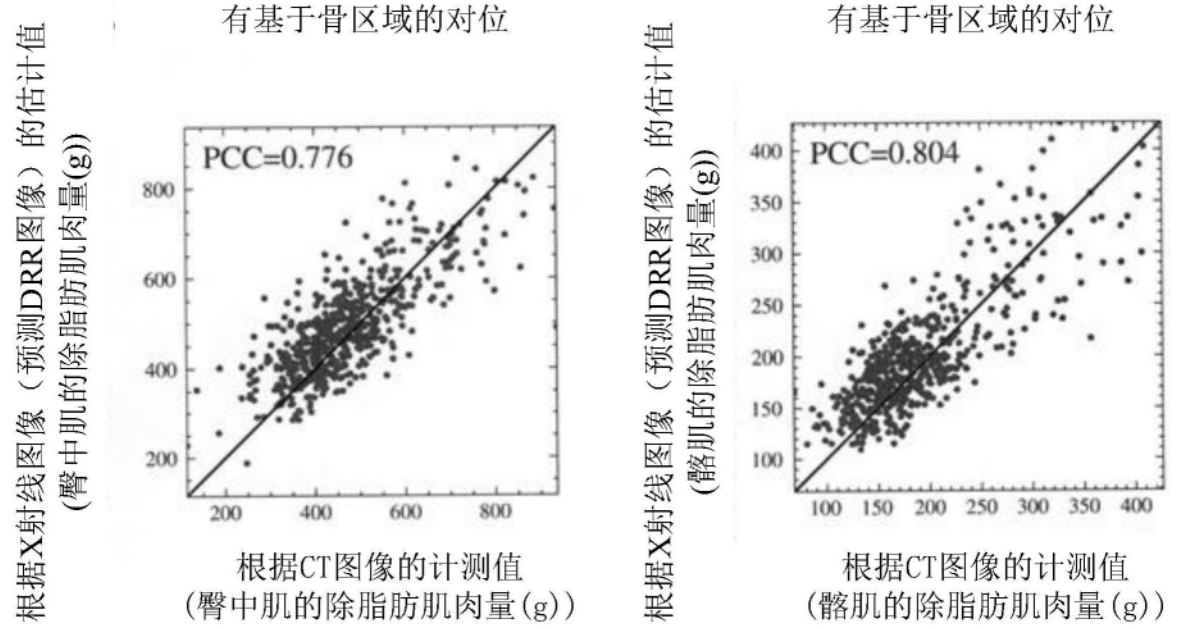

有基于骨区域的对位
PCC=0.776
根据X射线图像（预测DRR图像）的估计值
(臀中肌的除脂肪肌肉量(g))
根据CT图像的计测值
(臀中肌的除脂肪肌肉量(g))
有基于骨区域的对位
PCC=0.804
根据X射线图像（预测DRR图像）的估计值
(髂肌的除脂肪肌肉量(g))
根据CT图像的计测值
(髂肌的除脂肪肌肉量(g))

图26B

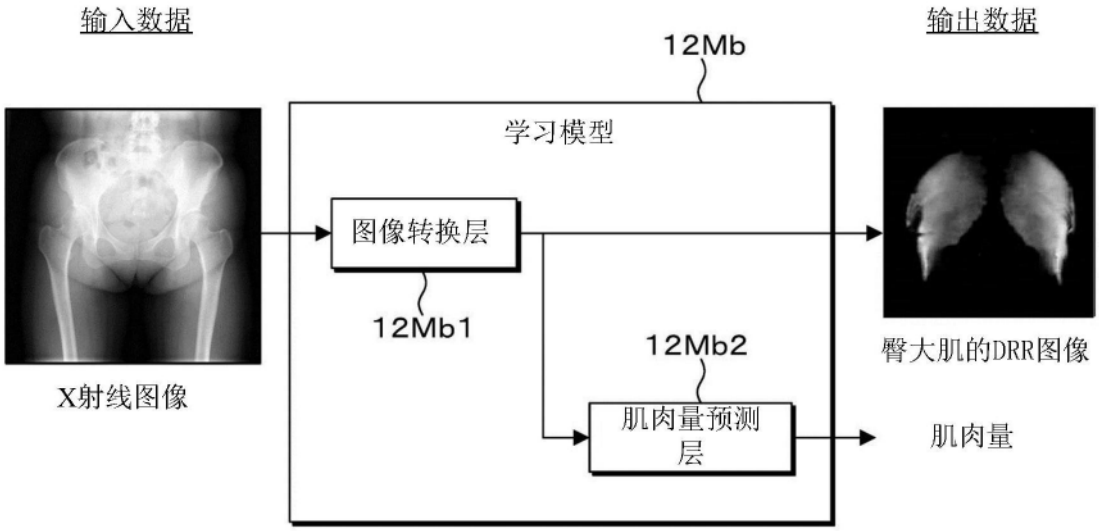

输入数据
输出数据
12Mb
学习模型
图像转换层
12Mb1
12Mb2
肌肉量预测层
X射线图像
臀大肌的DRR图像
肌肉量

图27

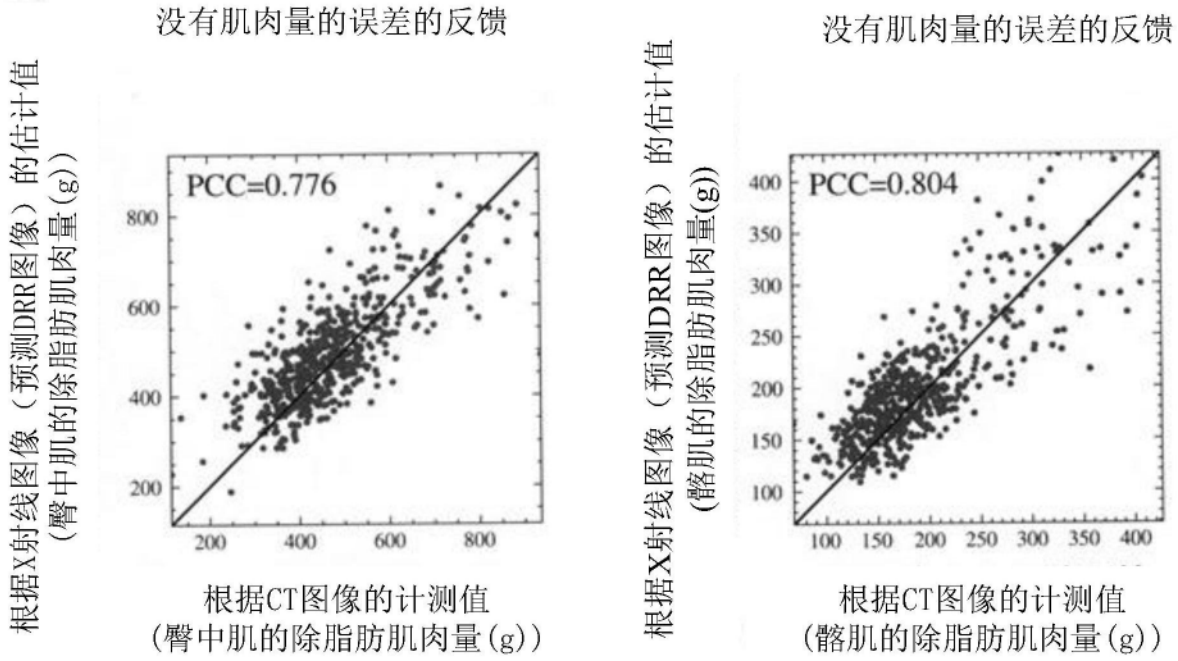

没有肌肉量的误差的反馈
根据X射线图像（预测DRR图像）的估计值
(臀中肌的除脂肪肌肉量(g))
PCC=0.776
800
600
400
200
200
400
600
800
根据CT图像的计测值
(臀中肌的除脂肪肌肉量(g))
没有肌肉量的误差的反馈
根据X射线图像（预测DRR图像）的估计值
(髂肌的除脂肪肌肉量(g))
PCC=0.804
400
350
300
250
200
150
100
100 150 200 250 300 350 400
根据CT图像的计测值
(髂肌的除脂肪肌肉量(g))

图28A

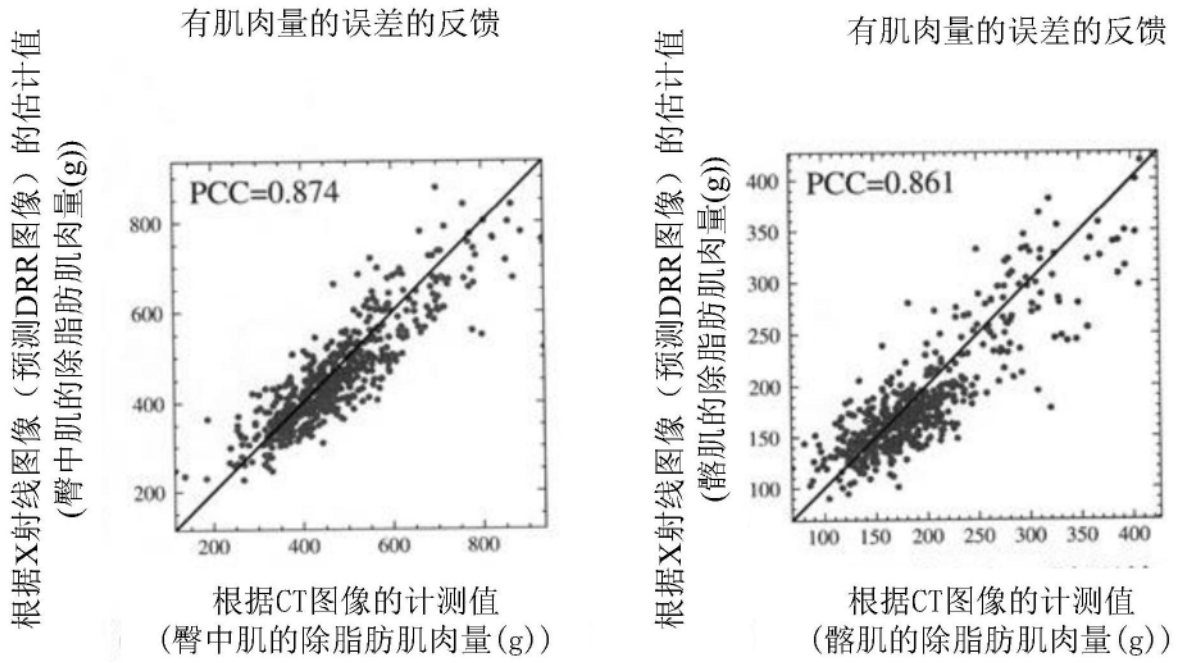

有肌肉量的误差的反馈
根据X射线图像（预测DRR图像）的估计值
(臀中肌的除脂肪肌肉量(g))
PCC=0.874
800
600
400
200
200
400
600
800
根据CT图像的计测值
(臀中肌的除脂肪肌肉量(g))
有肌肉量的误差的反馈
根据X射线图像（预测DRR图像）的估计值
(髂肌的除脂肪肌肉量(g))
PCC=0.861
400
350
300
250
200
150
100
100 150 200 250 300 350 400
根据CT图像的计测值
(髂肌的除脂肪肌肉量(g))

图28B