



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102788642 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201210154942. 6

JP H10173941 A, 1998. 06. 26,

(22) 申请日 2012. 05. 17

JP H09163382 A, 1997. 06. 20,

CN 1725974 A, 2006. 01. 25,

(30) 优先权数据

113484/2011 2011. 05. 20 JP

审查员 刘艳鑫

(73) 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 荒井佳文

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 周春燕 陈海红

(51) Int. Cl.

G01J 3/28(2006. 01)

G01J 3/42(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2001-99710 A, 2001. 04. 13,

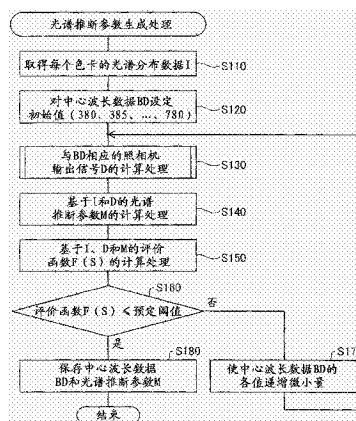
权利要求书2页 说明书14页 附图8页

(54) 发明名称

光谱推断参数生成装置和方法以及光谱推断装置

(57) 摘要

本发明公开了光谱推断参数生成装置和方法以及光谱推断装置,该光谱推断参数生成装置和方法利用光谱计测器计测多个色卡的光谱分布,对多谱段照相机的谱段指示用数据设定初始值,基于通过谱段指示用数据确定时的照相机的光谱灵敏度和来自各色卡的光的光谱特性计算照相机输出信号,根据每个色卡的光谱分布和照相机输出信号计算光谱推断参数的候选值,使谱段指示用数据从初始值开始依次变化以使得评价函数接近目标值,求出并存储达到目标值时的光谱推断参数,所述评价函数定义在每个色卡的光谱分布与根据光谱推断参数的候选值及照相机输出信号计算的光谱推断值之间。



1. 一种光谱推断参数生成装置,其生成光谱推断参数,该光谱推断参数用于根据从驱动波长可变滤光器而在多个波段的各个拍摄被摄体的多谱段照相机输出的多谱段图像,推断所述被摄体的光谱反射率谱,所述光谱推断参数生成装置具备:

初始值设定部,其对用于确定所述多个波段的谱段指示用数据设定初始值;

光谱计测器,其计测关于多个色卡的各个的光谱分布;

照相机输出计算部,其基于通过所述谱段指示用数据确定了所述多个波段时的所述多谱段照相机的光谱灵敏度和来自所述各色卡的光的光谱特性计算照相机输出信号,所述照相机输出信号表示按每个所述色卡从所述多谱段照相机输出的多谱段图像;

参数候选值计算部,其基于通过所述光谱计测器计测的每个所述色卡的光谱分布和通过所述照相机输出计算部计算的照相机输出信号计算所述光谱推断参数的候选值;

评价函数控制部,其使所述谱段指示用数据从所述初始值开始依次变化以使得评价函数接近目标值,并求出与所述评价函数达到了所述目标值时的所述谱段指示用数据对应的光谱推断参数,所述评价函数定义在通过所述光谱计测器计测的每个所述色卡的光谱分布与基于所述光谱推断参数的候选值及所述照相机输出信号计算的光谱推断值之间;以及

存储部,其存储通过所述评价函数控制部求出的所述光谱推断参数和达到了所述目标值时的所述谱段指示用数据。

2. 权利要求 1 所述的光谱推断参数生成装置,其中:

所述评价函数控制部具有使所述光谱推断参数的候选值依次变化的结构。

3. 权利要求 1 所述的光谱推断参数生成装置,其中:

所述评价函数包含使用了颜色匹配函数的权重系数。

4. 权利要求 1~3 中任一项所述的光谱推断参数生成装置,其中:

所述评价函数通过所述光谱推断值相对于每个所述色卡的光谱分布的误差的范数进行平方运算所得的平方范数而定义。

5. 一种光谱推断装置,其根据从驱动波长可变滤光器而在多个波段的各个拍摄被摄体的多谱段照相机输出的多谱段图像,推断所述被摄体的光谱反射率谱,具备:

推断装置侧存储部,其存储用于推断所述被摄体的光谱反射率谱的光谱推断参数和用于确定所述多个波段的谱段指示用数据;

谱段指示部,其通过将存储于所述推断装置侧存储部的所述谱段指示用数据传送至所述多谱段照相机,对所述多谱段照相机指示要拍摄的多个波段;

多谱段图像取得部,其从所述多谱段照相机取得在所述各波段拍摄的多谱段图像;以及

光谱运算部,其使用存储于所述推断装置侧存储部的的光谱推断参数,根据所述多谱段图像运算所述光谱反射率谱。

6. 一种光谱推断参数生成方法,其生成光谱推断参数,该光谱推断参数用于根据从驱动波长可变滤光器而在多个波段的各个拍摄被摄体的多谱段照相机输出的多谱段图像,推断所述被摄体的光谱反射率谱,所述光谱推断参数生成方法包括:

对用于确定所述多个波段的谱段指示用数据设定初始值;

通过光谱计测器计测关于多个色卡的各个的光谱分布;

基于通过所述谱段指示用数据确定了所述多个波段时的所述多谱段照相机的光谱灵

敏度和来自所述各色卡的光的光谱特性,计算照相机输出信号,所述照相机输出信号表示按每个所述色卡从所述多谱段照相机输出的多谱段图像;

基于通过所述光谱计测器计测的每个所述色卡的光谱分布和所述照相机输出信号计算所述光谱推断参数的候选值;

使所述谱段指示用数据从所述初始值开始依次变化以使得评价函数接近目标值,并求出与所述评价函数达到了所述目标值时的所述谱段指示用数据对应的光谱推断参数,所述评价函数定义在通过所述光谱计测器计测的每个所述色卡的光谱分布和基于所述光谱推断参数的候选值和所述照相机输出信号计算的光谱推断值之间;以及

将所述求出的所述光谱推断参数和达到了所述目标值时的所述谱段指示用数据存储于存储部。

7. 权利要求 6 所述的光谱推断参数生成方法,其中:

使所述光谱推断参数的候选值依次变化。

8. 权利要求 6 所述的光谱推断参数生成方法,其中:

使所述评价函数包含使用了颜色匹配函数的权重系数。

9. 权利要求 6 ~ 8 中任一项所述的光谱推断参数生成方法,其中:

使所述评价函数通过所述光谱推断值相对于每个所述色卡的光谱分布的误差的范数进行平方运算所得的平方范数而定义。

光谱推断参数生成装置和方法以及光谱推断装置

技术领域

[0001] 本发明涉及根据从拍摄被摄体的多谱段照相机输出的多谱段图像生成用于推断所述被摄体的光谱反射率谱的光谱推断参数的技术以及使用所述光谱推断参数推断被摄体的光谱反射率谱的技术。

背景技术

[0002] 以往,提出了根据从拍摄被摄体的多谱段照相机输出的多谱段图像推断所述被摄体的光谱反射率谱的方法(专利文献1)。这种推断方法按每个多谱段图像的波段预先编制变换表,从拍摄被摄体得到的多谱段图像使用所述变换表变换成反射率,由此推断被摄体的光谱反射率谱。

[0003] 然而,在上述现有技术中存在这样的问题:只能根据谱段数多的多谱段图像推断高精度的光谱反射率谱。这是因为,要测定的各谱段被预先确定,谱段的位置对于多谱段照相机和/或被摄体并不是最适合,因此只能根据有大量谱段数的多谱段图像高精度地进行推断。

发明内容

[0004] 本发明是为了解决上述课题而实现的,其目的在于根据少量谱段数的多谱段图像也可以高精度地推断光谱反射率谱。

[0005] 本发明是为了解决上述课题的至少一部分而实现的,可以作为以下的方式而实现。

[0006] 本发明的第一方式是光谱推断参数生成装置,其生成光谱推断参数,该光谱推断参数用于根据从驱动波长可变滤光器而在多个波段的各个拍摄被摄体的多谱段照相机输出的多谱段图像,推断所述被摄体的光谱反射率谱。光谱推断参数生成装置具备:初始值设定部,其对用于确定所述多个波段的谱段指示用数据设定初始值;光谱计测器,其计测关于多个色卡的各个的光谱分布;照相机输出计算部,其基于通过所述谱段指示用数据确定了所述多个波段时的所述多谱段照相机的光谱灵敏度和来自所述各色卡的光的光谱特性计算照相机输出信号,所述照相机输出信号表示按每个所述色卡从所述多谱段照相机输出的多谱段图像;参数候选值计算部,其基于通过所述光谱计测器计测的每个所述色卡的光谱分布和通过所述照相机输出计算部计算的照相机输出信号计算所述光谱推断参数的候选值;评价函数控制部,其使所述谱段指示用数据从所述初始值开始依次变化以使得评价函数接近目标值,并求出与所述评价函数达到了所述目标值时的所述谱段指示用数据对应的光谱推断参数,所述评价函数定义在通过所述光谱计测器计测的每个所述色卡的光谱分布与基于所述光谱推断参数的候选值及所述照相机输出信号计算的光谱推断值之间;以及存储部,其存储通过所述评价函数控制部求出的所述光谱推断参数和达到了所述目标值时的所述谱段指示用数据。

[0007] 根据第一方式的光谱推断参数生成装置,通过使所述谱段指示用数据从初始值开

始依次变化,来进行控制以使得评价函数接近目标值,所述评价函数定义在通过光谱计测器计测的每个所述色卡的光谱分布与通过推断求出了光谱分布的光谱推断值之间。光谱推断值基于光谱推断参数的候选值和照相机输出信号计算。然后,将与评价函数达到了所述目标值时的所述谱段指示用数据对应的光谱推断参数和其所述谱段指示用数据存储于存储部。因此,在由多谱段照相机进行拍摄时,使用存储部中存储的谱段指示用数据驱动波长可变滤光器,以便成为根据所述谱段指示用数据确定的波段(谱段),进而,在根据多谱段图像推断被摄体的光谱反射率谱时,只要使用存储部中存储的光谱推断参数,便能够根据少谱段数的多谱段图像推断高精度的光谱反射率谱。因此,根据第一方式的光谱推断参数生成装置,可产生这样的效果:能够生成可以根据少谱段数的多谱段图像推断高精度的光谱反射率谱的光谱推断参数。

[0008] 在所述第一方式的光谱推断参数生成装置中,也可以设定为所述评价函数控制部具有使所述光谱推断参数的候选值依次变化的结构。

[0009] 根据该光谱推断参数生成装置,在评价函数为非线性的情况下也可以实现评价函数的最优化。因此,可以生成能够实现更高精度的光谱推断的光谱推断参数。

[0010] 在所述光谱推断参数生成装置中,也可以设定为所述评价函数包含使用了颜色匹配函数的权重系数。

[0011] 根据该光谱推断参数生成装置,可以实现对色差加以考虑了的光谱反射率谱的推断。

[0012] 在所述第一方式的光谱推断参数生成装置中,也可以设定为所述评价函数通过所述光谱推断值相对于每个所述色卡的光谱分布的误差的平方范数而定义。

[0013] 根据该光谱推断参数生成装置,能够使光谱推断值接近每个色卡的光谱分布。

[0014] 本发明的第二方式是光谱推断装置,其根据从驱动波长可变滤光器而在多个波段的各个拍摄被摄体的多谱段照相机输出的多谱段图像,推断所述被摄体的光谱反射率谱。光谱推断装置具备:推断装置侧存储部,其存储用于推断所述被摄体的光谱反射率谱的光谱推断参数和用于确定所述多个波段的谱段指示用数据;谱段指示部,其通过将存储于所述推断装置侧存储部的所述谱段指示用数据传送至所述多谱段照相机,对所述多谱段照相机指示要拍摄的多个波段;多谱段图像取得部,其从所述多谱段照相机取得在所述各波段拍摄的多谱段图像;以及光谱运算部,其使用存储于所述推断装置侧存储部的光谱推断参数,根据所述多谱段图像运算所述光谱反射率谱。

[0015] 根据第二方式的光谱推断装置,能够指定对于多谱段照相机适合化的波段,并能够在根据这样得到的多谱段图像运算光谱反射率谱时使用适合化的光谱推断参数。因此,能够用所述光谱推断装置根据多谱段图像高精度地推断光谱反射率谱。

[0016] 本发明的第三方式是生成光谱推断参数的方法,该光谱推断参数用于根据从驱动波长可变滤光器而在多个波段的各个拍摄被摄体的多谱段照相机输出的多谱段图像,推断所述被摄体的光谱反射率谱。该方法包括:对用于确定所述多个波段的谱段指示用数据设定初始值;通过光谱计测器计测关于多个色卡的各个的光谱分布;基于通过所述谱段指示用数据确定了所述多个波段时的所述多谱段照相机的光谱灵敏度和来自所述各色卡的光的光谱特性,计算照相机输出信号,所述照相机输出信号表示按每个所述色卡从所述多谱段照相机输出的多谱段图像;基于通过所述光谱计测器计测的每个所述色卡的光谱分布和

所述照相机输出信号计算所述光谱推断参数的候选值；使所述谱段指示用数据从所述初始值开始依次变化以使得评价函数接近目标值，并求出与所述评价函数达到了所述目标值时的所述谱段指示用数据对应的光谱推断参数，所述评价函数定义在通过所述光谱计测器计测的每个所述色卡的光谱分布和基于所述光谱推断参数的候选值和所述照相机输出信号计算的光谱推断值之间；以及将所述求出的所述光谱推断参数和达到了所述目标值时的所述谱段指示用数据存储于存储部。

[0017] 第三方式的光谱推断参数生成方法与第一方式的光谱推断参数生成装置同样，可产生这样的效果：能够生成可以根据少谱段数的多谱段图像推断高精度的光谱反射率谱的光谱推断参数。

[0018] 本发明也能够以上述各方式以外的各种方式实现。例如，能够以具备光谱推断参数生成装置与多谱段照相机的新鲜度判定系统的方式实现。

[0019] 例如，本发明的一种方式可以作为具备初始值设定部、计测器、第1计算部、第2计算部、控制部、存储部这6个要素内的1个以上要素的装置实现。即，该装置可以具有设定部，也可以不具有。此外，该装置可以具有计测器，也可以不具有。此外，装置可以具有第1计算部，也可以不具有。此外，装置可以具有第2计算部，也可以不具有。此外，装置可以具有控制部，也可以不具有。此外，装置可以具有存储部，也可以不具有。设定部，例如可以构成为对用于确定多个波段的谱段指示用数据设定初始值。计测器，例如可以构成为计测关于多个色卡的各个的光谱分布。第1计算部，例如可以构成为基于通过谱段指示用数据确定了多个波段时的多谱段照相机的光谱灵敏度和来自各色卡的光的光谱特性，按每个色卡计算表示从多谱段照相机输出的多谱段图像的照相机输出信号。第2计算部，例如可以构成为基于每个色卡的光谱分布和照相机输出信号计算光谱推断参数的候选值。控制部，例如可以构成为使谱段指示用数据从初始值开始依次变化以使得评价函数接近目标值并求出与评价函数达到目标值时的谱段指示用数据对应的光谱推断参数，所述评价函数定义在每个色卡的光谱分布与基于光谱推断参数的候选值及照相机输出信号计算的光谱推断值之间。存储部，例如可以构成为存储光谱推断参数和达到目标值时的谱段指示用数据的存储部。这样的装置例如能够作为光谱推断参数生成装置实现，但是也可以作为光谱推断参数生成装置以外的其他装置实现。根据这样的方式，能够解决装置的小型化和/或低成本化、省资源化、制造容易化、使用便利性的提高等各种课题中的至少1个。上述的光谱推断参数生成装置的各个方式的技术特征的一部分或全部均可应用于该装置。

[0020] 进而，例如本发明的一种方式可以作为具备存储部、指示部、图像取得部、运算部这4个要素内的1个以上的要素的装置而实现。即，该装置可以具有存储部，也可以不具有。此外，装置可以具有指示部，也可以不具有。此外，装置可以具有图像取得部，也可以不具有。此外，装置可以具有运算部，也可以不具有。存储部，例如可以构成为存储用于推断被摄体的光谱反射率谱的光谱推断参数和用于确定多个波段的谱段指示用数据。指示部，例如可以构成为通过将谱段指示用数据传送至多谱段照相机来对多谱段照相机指示要拍摄的多个波段。图像取得部，例如可以构成为从多谱段照相机取得在各波段拍摄的多谱段图像。运算部，例如可以构成为使用光谱推断参数来根据多谱段图像运算光谱反射率谱。这样的装置例如能够作为光谱推断装置实现，但也能够作为光谱推断装置以外的其他装置实现。根据这样的方式，能够解决装置的小型化和/或低成本化、省资源化、制造容易化、使用

便利性的提高等各种课题中的至少 1 个。上述的光谱推断装置的各个方式的技术特征的一部分或全部均可应用于该装置。

附图说明

[0021] 图 1 是概略地表示作为本发明的第 1 实施例的光谱推断参数生成装置的结构说明图。

[0022] 图 2 是表示光谱推断参数生成处理的流程图。

[0023] 图 3 是概略地表示多谱段照相机的内部结构的说明图。

[0024] 图 4 是表示在光谱推断参数生成处理的步骤 S130 执行的照相机输出信号的计算处理的流程图。

[0025] 图 5 是图式化表示照相机输出信号的计算处理的前半部分的说明图。

[0026] 图 6 是图式化表示照相机输出信号的计算处理的后半部分的说明图。

[0027] 图 7 是概略地表示光谱图像处理装置及其外围装置的说明图。

[0028] 图 8 是表示权重系数与波长的关系的曲线图。

[0029] 图 9 是表示第 2 实施例中的光谱推断参数生成处理的流程图。

[0030] 符号说明

[0031] 10…CPU, 12…初始值设定部, 14…照相机输出计算部, 16…参数候选值计算部, 18…评价函数控制部, 30…ROM, 40…RAM, 60…输出接口, 100…光谱推断参数生成装置, 200…光谱计测器, 300…监视器, 400…多谱段照相机, 410…透镜单元, 420…波长可变滤光器, 450…光源单元, 500…光谱图像处理装置, 510…CPU, 512…测定段指示部, 514…光谱推断部, 516…检测 / 诊断部, 530…存储器, 550…输入输出接口, 600…多谱段照相机, 700…显示装置, C…监视器显示色光谱特性, ET…滤光器光谱灵敏度, PD…光电二极管光谱灵敏度, M…光谱推断参数, D…照相机输出信号, S…照相机光谱灵敏度, I…光谱分布, F…评价函数, T…被摄体, BD…中心波长数据。

具体实施方式

[0032] 以下, 基于实施例说明本发明的实施方式。

[0033] A. 第 1 实施例 :

[0034] A-1. 光谱推断参数生成装置 :

[0035] 图 1 是概略地表示作为本发明的第 1 实施例的光谱推断参数生成装置 100 的结构说明图。如图所示, 光谱推断参数生成装置 100 与光谱计测器 200 电连接。

[0036] 光谱推断参数生成装置 100 具备 : 通过执行计算机程序来进行各种处理和 / 或控制的 CPU10 ; 存储计算机程序和 / 或数据、信息的 ROM (存储器、存储部) 30 ; 作为临时数据的存放处的 RAM40 ; 输入接口 (I/F) 50 ; 以及输出接口 (I/F) 60。光谱推断参数生成装置 100 经由输入接口 (I/F) 50 取得由光谱计测器 200 计测的光谱分布数据。

[0037] ROM30 是存储各种计算机程序和 / 或各种数据的只读存储器。作为计算机程序, 预先存储有光谱推断参数生成处理用的程序。作为各种数据, 如图所示, 预先存储有用于光谱推断参数的生成的滤光器光谱灵敏度 ET、光电二极管光谱灵敏度 PD 和监视器显示色光谱特性 C 的各数据。关于这些 ET、PS、C, 将在后文详述。RAM40 为可读写的存储器。

[0038] CPU10,通过执行 ROM30 中存储的光谱推断参数生成处理用程序,在功能上实现初始值设定部 12、照相机输出计算部 14、参数候选值计算部 16 和评价函数控制部 18。通过依次实现各部 12 ~ 18,CPU10 基于从光谱计测器 200 得到的光谱分布数据生成光谱推断参数 M,并将该生成的光谱推断参数 M 与中心波长数据 BD(后述)一起保存在 RAM40 中。

[0039] 光谱计测器 200 是公知的设备,其使来自被计测体的光通过光谱器,并由摄像元件的摄像面承接从光谱器输出的光谱,由此计测表示所述被计测体对于波长的特性的光谱分布,在此,将被计测体设定为监视器 300 的画面。

[0040] 监视器 300 同时在一个画面显示多个色卡。各色卡是出射预定波长范围(例如可见光 380nm ~ 780nm)内的不同波段的光的色样本,例如准备 100 个或 200 个。光谱计测器 200 计测监视器 300 所显示的每个色卡的光谱分布。另外,监视器 300 可以在画面上显示一个或多个(使用的多个色卡中的几个)色卡。在这种情况下,顺序地反复显示不同的色卡,将使用的色卡全部进行显示。

[0041] 另外,本实施例中多个色卡以监视器 300 的彩色显示的形式提供,但是也可代之设定为下述构成:准备具有各种颜色的比色图表,通过用光源照射该比色图表来提供多个色卡。即,在本实施例中,光谱计测器 200 将监视器 300 发出的色光作为色卡进行计测,相对于此,在使用比色图表的情况下,将来自比色图表的反射光作为色卡进行计测。

[0042] A-2. 光谱推断参数生成处理:

[0043] 如上文所述,通过由 CPU10 执行 ROM30 中存储的光谱推断参数生成处理用程序来实现光谱推断参数生成处理。

[0044] 图 2 是表示光谱推断参数生成处理的流程图。如图所示,若处理开始,则 CPU10 驱动光谱计测器 200,取得由光谱计测器 200 计测的光谱分布数据 I(步骤 S110)。使用光谱计测器 200 的计测,通过用光谱计测器 200 拍摄监视器 300 上显示的各个色卡来进行。

[0045] 执行了步骤 S110 后,CPU10 进行对中心波长数据 BD 设定初始值的处理,所述中心波长数据 BD 可确定要用多谱段照相机进行拍摄的波段(步骤 S120)。为了说明“多谱段照相机”、“中心波长数据”,关于多谱段照相机的结构作如下说明。

[0046] 图 3 是概略地表示多谱段照相机 400 的内部结构的说明图。如图所示,多谱段照相机 400 具备透镜单元 410、波长可变滤光器 420、CCD430、CCDAFE(Analog Front End,模拟前端)440 和光源单元 450 等。

[0047] 透镜单元 410 不具备将焦距对准被摄体 T(被计测体)的自动对焦机构,但是也可采用具有自动对焦机构的装置。波长可变滤光器 420 采用可改变透射波段的液晶标准具型(法布里-珀罗型)的滤光器。CCD430 是对透射过波长可变滤光器 420 的光进行光电变换而得到表示被摄体像的电信号的摄像器件。CCDAFE440 是用于将 CCD430 的检测信号数字化的装置。光源单元 450 用来照射被摄体 T。

[0048] 上述结构的多谱段照相机 400 由波长可变滤光器 420 从外部按顺序接受进行拍摄的波段的指示,由此依次改变波长可变滤光器 420 的透射波段。这样,多谱段照相机 400 能够以多个波段(多谱段)的灵敏度拍摄被摄体 T。

[0049] 返回到图 2,在步骤 S120 设定初始值的中心波长数据 BD,是用来对多谱段照相机 400 的波长可变滤光器 420 进行指示的数据,用来确定由多谱段照相机 400 进行拍摄的多个波段(以下称为“谱段”)。本实施例中,设定用中心波长来确定各谱段。作为初始值,准备

380nm、385nm、……、780nm、即从 380nm 开始以 5nm 间隔到 780nm 的 81 个数据,将该初始值设定为中心波长数据 BD。

[0050] 另外,中心波长数据 BD 的初始值不必限于上述的 81 个数据,而可以设定为 10nm 间隔的 41 个数据,只要是多个则几个都可。此外,不必一定是等间隔的数据。进而,范围也不必限于可见光的范围,而可以设定为包含 380nm ~ 1100nm 这样的红外光的范围内的数据。进而,置换利用中心波长确定各谱段的结构,而既可以设定为利用各谱段的开始点的波长来确定的结构,也可以设定为利用各谱段的结束点的波长来确定的结构。中心波长数据 BD 相当于“发明内容”部分中记载的“谱段指示用数据”。

[0051] 接着,CPU10 执行计算与中心波长数据 BD 相应的照相机输出信号 D 的处理(步骤 S130)。照相机输出信号 D 是在使用多谱段照相机 400 在由中心波长数据 BD 确定的各谱段拍摄被摄体 T 时得到的多谱段图像的信号值,通过以下方式求出。

[0052] 图 4 是用于详细说明在步骤 S130 执行的照相机输出信号 D 的计算处理的流程图。如图所示,若处理转移到该计算处理,则 CPU10 进行从 ROM30 读出与中心波长数据 BD 相应的滤光器光谱灵敏度 ET 的处理(步骤 S132)。

[0053] 具体而言,ROM30 中存储有以 380nm 到 780nm 的任意波长(例如,每隔 1nm 的波长)为中心波长的每个谱段的标准具的灵敏度。在步骤 S132,从这多个标准具的灵敏度中选择出与中心波长数据 BD 的各值对应的各标准具的灵敏度,将它们的操作作为滤光器光谱灵敏度 ET 从 ROM30 读出。另外,ROM30 中预先存储的标准具的各灵敏度是依赖于多谱段照相机 400 的机型的数据,是多谱段照相机 400 的该机型用的灵敏度。

[0054] 图 5 和图 6 是图式化表示步骤 S130 中的照相机输出信号 D 的计算处理的说明图。在步骤 S132 从 ROM30 读出的滤光器光谱灵敏度 ET,由图 5(a) 的曲线图示出。如该图所示,滤光器光谱灵敏度 ET 示出从谱段 1 到谱段 m 的各波段的灵敏度。m 是在步骤 S120 设定的初始值所包含的数据的个数即 81。谱段 1 是以 380nm 为中心的预定宽度的波段,谱段 2 是以 385nm 为中心的预定宽度的波段,……,谱段 m 是以 780nm 为中心的预定宽度的波段。

[0055] 在执行了图 4 的步骤 S132 后,CPU10 进行从 ROM30 读出光电二极管光谱灵敏度 PD 的处理(步骤 S134)。光电二极管光谱灵敏度 PD 是构成多谱段照相机 400 中所具备的 CCD230 的元件(光电二极管)的灵敏度,如图 5(b) 所示,该灵敏度随着波长加大而增大。另外,ROM30 中存储的光电二极管光谱灵敏度 PD 是依赖于多谱段照相机 400 的机型的数据,是多谱段照相机 400 的该机型用的灵敏度。

[0056] 接着,CPU10 对在步骤 S132 读出的滤光器光谱灵敏度 ET 乘以在步骤 S134 读出的光电二极管光谱灵敏度 PD,由此求出多谱段照相机 400 的光谱灵敏度(以下称为“照相机光谱灵敏度”)S(步骤 S136)。另外,照相机光谱灵敏度 S 也依赖于多谱段照相机 400 的机型。

[0057] 这样得到的照相机光谱灵敏度 S 是将图 5(a) 和图 5(b) 相乘而得到的,因此成为图 5(c) 所示的特性。这样的照相机光谱灵敏度 S 能够如下式(1) 所示表示为将 $m \times n$ 的矩阵转置而得到的矩阵,此外,能够如下式(2) 所示进行表示。这里,m 如上所述为谱段数,n 为监视器 300 所显示的色卡数。

[0058] 【数学式 1】

[0059]

$$\begin{aligned}
 \mathbf{S} &= \begin{bmatrix} S_{380}^1 & S_{385}^1 & \cdots & S_{780}^1 \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ S_{380}^m & S_{385}^m & \cdots & S_{780}^m \end{bmatrix}^t \quad \cdots(1) \\
 &= \begin{bmatrix} S_{380}^1 & S_{380}^2 & \cdots & S_{380}^m \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ S_{780}^1 & S_{780}^2 & \cdots & S_{780}^m \end{bmatrix} \quad \cdots(2)
 \end{aligned}$$

[0060] 在执行了图 4 的步骤 S136 后, CPU10 进行从 ROM30 读出监视器显示色光谱特性 C 的处理(步骤 S138)。监视器显示色光谱特性 C 是表示前述的监视器 300 所显示的各色卡的光谱分布的数据, 通过用测色计测定各色卡而得到。作为测色计, 例如使用 PHOTO RESEARCH 公司制造的“PR-650”。

[0061] 图 6(d) 示出了监视器显示色光谱特性 C。图 6(d) 的上部是表示关于一个色卡的光谱分布的曲线图, 图 6(d) 的下部是从 ROM30 读出的表示监视器显示色光谱特性 C 的矩阵。如图 6(d) 的曲线图所示, 关于一个色卡的光谱分布, 作为每个波长的光的强度而示出。关于在监视器 300 上显示的全部色卡示出这样的光谱分布, 便是监视器显示色光谱特性 C。

[0062] 监视器显示色光谱特性 C 能够用图 6(d) 的下部所示的 $n \times m$ 的矩阵表示。n 为色卡数, m 为多谱段照相机 400 的谱段数。通过该矩阵表示每个色卡的各谱段的光强度。该矩阵的值是用测色计测定的正确值(精度高的值)。

[0063] 在执行了图 4 的步骤 S138 后, CPU10 将在步骤 S138 读出的监视器显示色光谱特性 C 乘以在步骤 S136 计算的照相机光谱灵敏度 S, 由此计算从多谱段照相机 400 得到的多谱段图像的信号值即照相机输出信号 D(步骤 S139)。

[0064] 图 6(f) 中示出了照相机输出信号 D。图 6(f) 的上部是表示关于一个色卡的照相机输出信号的曲线图, 图 6(f) 的下部是表示步骤 S139 的计算结果即照相机输出信号 D 的矩阵。如图 6(f) 的曲线图所示, 关于一个色卡的照相机输出信号作为每个谱段的信号值而示出。关于在监视器 300 上显示的全部色卡示出这样的信号值分布, 便是照相机输出信号 D。

[0065] 照相机输出信号 D 能够用图 6(f) 的下部所示的 $n \times m$ 的矩阵表示。n 为色卡数, m 为多谱段照相机 400 的谱段数。通过该矩阵表示每个色卡的各谱段的输出信号值。在执行了图 4 的步骤 S139 后, 前进至“返回”, 结束该照相机输出信号 D 的计算处理。

[0066] 另外, 在该照相机输出信号 D 的计算处理中, 设定一旦在步骤 S136 求出照相机光谱灵敏度 S 后, 便在步骤 S139 使用该照相机光谱灵敏度 S 求出照相机输出信号 D 的构成, 但是也可代之而设定为这样的结构: 将步骤 S136 的处理删除, 而在步骤 S139 根据滤光器光谱灵敏度 ET、光电二极管光谱灵敏度 PD 和监视器显示色光谱特性 C 这三者求出照相机输出信号 D。

[0067] 若照相机输出信号 D 的计算处理结束, 则 CPU10 进入图 2 的步骤 S140 的处理。在步骤 S140, CPU10 基于在步骤 S110 取得的光谱分布的数据 I 和在步骤 S130 计算的照相机输出信号 D 进行计算光谱推断参数 M 的处理。

[0068] 光谱推断参数 M 表示从拍摄被摄体 T 的多谱段照相机 400 输出的多谱段图像与被摄体 T 的光谱反射率谱（光谱分布）的关系。被摄体 T 的光谱分布相当于在步骤 S110 取得的由光谱计测器 200 得到的光谱分布的数据（也简称为“光谱分布”）I。因此，光谱分布 I 能够用下式 (3) 表现。

[0069] 【数学式 2】

$$[0070] \quad I = M \cdot D + x \cdots (3)$$

[0071] 这里，x 表示近似误差。根据式 (3)，近似误差 x 的平方范数能够根据下式 (4) 得到。

[0072] 【数学式 3】

$$[0073] \quad \Delta^2 \equiv ||x||^2 = ||I - M \cdot D||^2 \cdots (4)$$

[0074] 若在式 (4) 的两边以 M 进行偏微分，则能够得到下式 (5)。

[0075] 【数学式 4】

$$[0076] \quad \frac{\partial \Delta^2}{\partial M} = -2(D^t I - D^t D M) \cdots (5)$$

[0077] 式 (5) 的左边为 0 时， Δ^2 为最小，因此下式 (6) 成立，能够得到下式 (7)。

[0078] 【数学式 5】

$$[0079] \quad 0 = -2(D^t I - D^t D M) \cdots (6)$$

$$[0080] \quad D^t D M = D^t I \cdots (7)$$

[0081] 对式 (7) 变形，能够得到下式 (8)。

[0082] 【数学式 6】

$$[0083] \quad M = (D^t D)^{-1} D^t I \cdots (8)$$

[0084] 在步骤 S140，将在步骤 S110 取得的光谱分布 I 和在步骤 S130 计算的照相机输出信号 D 代入式 (8)，由此计算光谱推断参数 M。

[0085] 另外，式 (8) 成立的情况限于照相机输出信号 D 为正则的情况，在 D 不为正则的情况下，能够使用 Moore-penrose 的一般化逆矩阵 (pseudo-inverse) 以下式 (9) 表现。

[0086] 【数学式 7】

$$[0087] \quad M = \text{pinv}(D) \cdot I \cdots (9)$$

[0088] 因此，在 D 不为正则的情况下，在步骤 S140 将在步骤 S110 取得的光谱分布 I 和在步骤 S130 计算的照相机输出信号 D 代入式 (9)，由此计算光谱推断参数 M。

[0089] 如上文所述，在步骤 S120 进行对中心波长数据 BD 设定初始值的处理，但该中心波长数据 BD 成为初始值的状态可认为多谱段照相机 400 中波长可变滤光器 420 成为初始特性的状态。以下将该状态称为“初始滤光器特性”。因此，在步骤 S140 的最初执行时，求出针对初始滤光器特性的光谱推断参数 M。

[0090] 另外，步骤 S140 中的计算处理能够设定为基于 Winer 推断和 / 或使用 MatrixR 的运算方法的处理，取代之之前说明的运算方法。

[0091] 执行了步骤 S140 后，CPU10 基于在步骤 S110 取得的光谱分布 I、在步骤 S130 计算的照相机输出信号 D 和在步骤 S140 计算的光谱推断参数 M，进行计算评价函数 F(S) 的处理（步骤 S150）。

[0092] 评价函数 F(S) 是上述的照相机光谱灵敏度 S 的函数，能够使用上述的光谱分布 I、

照相机输出信号 D 和光谱推断参数 M 按照下式 (10) 求出。另外,在照相机输出信号 D、光谱分布 I 和照相机光谱灵敏度 S 之间,下式 (11) 所示的关系成立。

[0093] 【数学式 8】

$$[0094] \quad F(S) = ||I - M \cdot D||^2 \cdots (10)$$

$$[0095] \quad D = I \cdot S \quad \cdots (11)$$

[0096] 即如式 (10) 所示,评价函数 F(S) 通过光谱推断参数 M 与照相机输出信号 D 之积即光谱推断值相对于由光谱计测器 200 计测的光谱分布 I 的误差的平方范数来定义。

[0097] 执行了步骤 S150 后, CPU10 判定在步骤 S150 计算的评价函数 F(S) 是否在预定阈值以下 (步骤 S160)。这里,在判定为不在预定阈值以下、即评价函数 F(S) 大于预定阈值的情况下 (步骤 S160 :否), CPU10 进行使构成中心波长数据 BD 的各值递增微小量的处理 (步骤 S170)。微小量例如为 0.1nm。即,在步骤 S170,在最初执行时,从初始值 380nm、385nm、……、780nm 改变到 380.1nm、385.1nm、……、780.1nm,之后每次执行步骤 S170 时将各值分别增加 0.1nm。

[0098] 另外,上述微小量不必限定于 0.1nm,而也能够设定为其他大小。此外,在本实施例中,设定为递增微小量的构成,但是也可代之设定为递减微小量的构成。总之,只要将中心波长数据 BD 在一个方向上依次偏移,则增大的方向、减小的方向均可。此外,步骤 S150 的处理也可利用非线性最优化处理来进行。

[0099] 在执行了步骤 S170 后, CPU10 返回到步骤 S130 的处理,反复执行步骤 S130 至 S160 的处理。即,执行与在步骤 S170 递增了的中心波长数据 BD 对应的步骤 S130 至 S160 的处理。通过反复进行该处理来进行控制,使得在步骤 S150 计算的评价函数 F(S) 接近预定阈值。在本实施例中,在评价函数 F(S) 成为预定阈值以下的情况下 (步骤 S160 :是),评价函数 F(S) 被看作为最小,可权宜地假定评价函数 F(S) 被最优化了。步骤 S130 至 S170 的反复的处理,具体地说,使用公知的最优化方法、例如 BFGS 法等准牛顿法和 / 或共轭梯度法等实现。

[0100] 在进行了上述最优化时,即在评价函数 F(S) 成为预定阈值以下时,在步骤 S160 进行肯定判定, CPU10 进入步骤 S180 的处理。在步骤 S180, CPU10 将进行了该最优化时的中心波长数据 BD 和光谱推断参数 M 保存在 RAM40 中。另外,能够设定为将保存到了 RAM40 的中心波长数据 BD 和光谱推断参数 M 根据需要从输出接口 60 发送到外部的构成。

[0101] 步骤 S130 至 S170 的反复的处理,相当于执行下式 (12) 所示的运算处理。

[0102] 【数学式 9】

$$[0103] \quad (S_1, S_2, \cdots S_m) = \arg \min \{F(S)\} \cdots (12)$$

[0104] 即,根据式 (12),求出评价函数 F(S) 成为最小时的 S 的值。步骤 S180 的处理是保存与该求出的 S 的值对应的中心波长数据 BD 和光谱推断参数 M 的处理。

[0105] 另外,在步骤 S130 计算照相机输出信号 D 时,在步骤 S132,需要针对递增了微小量的各中心波长数据的滤光器光谱灵敏度 ET,但是这些滤光器光谱灵敏度 ET 也可这样获得:根据 ROM30 中预先准备的每个波长的标准具的灵敏度进行插值处理,计算生成针对所需的中心波长的滤光器光谱灵敏度 ET。

[0106] 此外,在图 2 的流程图中,关于评价函数 F(S) 无法最优化的情况的出错处理没有进行记载,但也可以设定为根据需要而设置的构成。例如,在即使步骤 S170 的增量量的总

量经过预定量在步骤 S160 也无法进行肯定判定的情况下,认为不能生成光谱推断参数,从而暂时结束该光谱推断参数生成处理。所述预定量(预定值)例如设定为在步骤 S120 设定的中心波长数据 BD 的初始值的间隔(在本实施例中为 5nm)。

[0107] 根据以上述方式构成的光谱推断参数生成处理,能够确定光谱推断参数 M 以使得光谱推断值(=M·D)接近由光谱计测器 200 计测的正解值即光谱分布 I,并将这样的光谱推断参数 M 与适合于光谱推断参数 M 的中心波长数据 BD 一起保存于 RAM40。换言之,根据所述光谱推断参数生成处理,认为光谱推断参数 M 的最优化与通过中心波长数据 BD 确定的多谱段照相机的谱段的最优化被一起完成,通过两最优化得到的最优的光谱推断参数 M 和最优的中心波长数据 BD 被保存。另外,这里所说的“最优化”和“最优”,如前面说明,不是指评价函数成为最小值时的情况,而是指评价函数成为预定阈值以下时的情况,严格地说,不能说“最优”,而指“适合”。

[0108] 另外,在本实施例中,如上文所述,将评价函数成为预定阈值以下时视为“被进行了最优化”,但是也可代之设定为将评价函数成为最小时作为“最优化”而前进至步骤 S180 的构成。即,在“发明内容”部分记载的“目标值”可以如本实施例那样是预定阈值,也可以是评价函数可取得的值的最小值。

[0109] 另外,由 CPU10 执行的步骤 S120 的处理相当于初始值设定部 12(图 1),步骤 S130 的处理相当于照相机输出计算部 14,步骤 S140 的处理相当于参数候选值计算部 16,步骤 S130 至 S170 的反复处理相当于评价函数控制部 18。

[0110] A-3. 光谱图像处理装置:

[0111] 接着,关于利用由光谱推断参数生成装置 100 生成的光谱推断参数 M 和中心波长数据 BD 的光谱图像处理装置 500 进行说明。

[0112] 图 7 是概略地表示光谱图像处理装置 500 及其外围装置的说明图。如图所示,在光谱图像处理装置 500 上电连接有多谱段照相机 600 和显示装置 700。

[0113] 光谱图像处理装置 500 是下述装置:根据由多谱段照相机 600 拍摄被摄体 T 而得到的多谱段图像推断所述被摄体 T 的光谱反射率谱,并根据该推断结果检测关于被摄体 T 的特定成分的特征量,从而诊断被摄体 T。在本实施例中,将被摄体 T 设定为绿色蔬菜,将被摄体 T 的特定成分设定为叶绿素,由此光谱图像处理装置 500 检测绿色蔬菜的叶绿素量,并根据该叶绿素量诊断绿色蔬菜的新鲜度。

[0114] 光谱图像处理装置 500 包括:通过执行计算机程序而进行各种处理和/或控制的 CPU510;存储计算机程序和/或数据、信息的存储器 530(推断装置侧存储部);从多谱段照相机 600 获取图像数据并且将新鲜度诊断的结果传送给显示装置 700 的输入输出接口(I/F)550。

[0115] 在存储器 530 中,预先存储有前面说明的由光谱推断参数生成装置 100 生成的光谱推断参数 M 和中心波长数据 BD。此外,在存储器 530 中,预先存储有新鲜度判定用程序(未图示)。另外,也可以取代预先存储有光谱推断参数 M 和中心波长数据 BD 的构成,而设定为光谱推断参数 M 和中心波长数据 BD 根据需要经由互联网等网络从外部取得并存储在存储器 530 中的构成。

[0116] CPU510 执行存储器 530 中存储的新鲜度判定用程序,由此在功能上实现测定段指示部 512、光谱推断部 514、检测/诊断部 516。测定段指示部 512 从存储器 530 读出中心波

长数据 BD 并将中心波长数据 BD 中包含的各要素发送至多谱段照相机 600。

[0117] 多谱段照相机 600 与上述的多谱段照相机 400(图 3)相同或者为同一机型。即,多谱段照相机 600 是与光谱推断参数生成装置 100 的 ROM30 中存储的滤光器光谱灵敏度 ET 和光电二极管光谱灵敏度 PD 相符的机型。多谱段照相机 600 基于由测定段指示部 512 指示的中心波长数据 BD 的各要素,依次改变波长可变滤光器 420(图 3)的透射波段,在多个谱段的各个上拍摄被摄体 T 并将其拍摄结果即多谱段图像传送至光谱图像处理装置 500。光谱图像处理装置 500 的输入输出接口 550 取得该多谱段图像。输入输出接口 550 与“发明内容”部分记载的“多谱段图像取得部”对应。

[0118] 光谱图像处理装置 500 的光谱推断部 514 根据从多谱段照相机 600 传送来的多谱段图像推断被摄体 T 的光谱反射率谱。光谱推断部 514 使用存储器 530 中存储的光谱推断参数 M 进行该推断。具体地说,进行按照下式 (13) 的运算处理。

[0119] 【数学式 10】

$$P = Mx \quad \dots (13)$$

[0121] 在式 (13) 中, x 是表示多谱段图像的预定位置的值(像素值)的矩阵, P 是表示与该预定位置对应的部分的光谱的矩阵。“多谱段图像的预定位置的像素值”指构成多谱段图像的各谱段图像的预定位置的像素值,“与该预定位置对应的部分”指与该预定位置对应的被摄体上的位置。其结果,能够推断被摄体 T 的预定位置的光谱反射率谱。光谱推断部 514 与“发明内容”部分中记载的“光谱运算部”对应。

[0122] 检测/诊断部 516 基于由光谱推断部 514 求出的光谱反射率谱来检测叶绿素量,并根据该检测结果诊断被摄体 T 即绿色蔬菜的新鲜度。新鲜的蔬菜在约 700nm 附近发生由叶绿素引起的光吸收,所以能够设定为发生由叶绿素引起的光吸收的波长(约 700nm)附近的光谱反射率越小叶绿素量就越多。而且,该叶绿素量越多,诊断为新鲜度越高。例如,设定在叶绿素量为预定值 a 以上时新鲜度为“优”,设定叶绿素量低于预定值 a 且为预定值 b(<a) 以上时新鲜度为“良”,设定叶绿素量低于预定值 b 时新鲜度为“不良”。检测/诊断部 516 将该诊断结果经由输入输出接口 550 显示于显示装置 700。

[0123] 根据所述结构的光谱图像处理装置 500,能够利用由光谱推断参数生成装置 100 生成的光谱推断参数 M,高精度地推断被摄体 T 的光谱反射率谱,其结果,能够高精度地诊断被摄体 T 即绿色蔬菜的新鲜度。进而,在用多谱段照相机 600 进行拍摄时,通过基于与光谱推断参数 M 成对的中心波长数据 BD 驱动波长可变滤光器,可以实现在与光谱推断参数 M 相符的谱段的拍摄。因此,根据本实施例的光谱图像处理装置 500,能够根据少谱段数的多谱段图像推断高精度的光谱反射率谱。具体地说,用例如 3~10 个左右的谱段数也可以进行高精度的推断。另外,测定的谱段数减少可产生拍摄时间缩短的附带效果。

[0124] 另一方面,如果从本实施例的光谱推断参数生成装置 100 来看,则可以认为产生能够生成光谱推断参数、该光谱推断参数可以根据少谱段数的多谱段图像推断高精度的光谱反射率谱的效果。

[0125] 另外,在本实施例的光谱图像处理装置 500 中,采用了将检测的特定成分设定为叶绿素来判定绿色蔬菜的新鲜度的结构,但是也能够代之设定为将检测的特定成分设定为油酸来判定肉的味道、将检测的特定成分设定为胶原质来判定人皮肤的弹力的结构等。在这种情况下,需要将用于检测/诊断部中的处理的参数改为与要检测的特定成分相

应的参数,但是不需要改变存储器 530 中保存的光谱推断参数 M 和中心波长数据 BD。即,无论所检测的特定成分的种类如何,光谱推断参数 M 和中心波长数据 BD 能够通用。这是由于,由本实施例的光谱推断参数生成装置 100 生成的光谱推断参数 M 和中心波长数据 BD 以与所检测的特定成分无关的方式对应于宽广的波长范围。

[0126] 现有技术的方法也能够将光谱推断参数以与检测的特定成分无关的方式设定为可以对应于宽广的波长范围,但是在这种情况下,来自多谱段照相机的多谱段图像的谱段数需要多到例如 50 ~ 100 个。与此形成对比,本实施例的光谱推断参数生成装置 100,如前面说明,测定的谱段数少量即可。即,本实施例的光谱推断参数生成装置 100 可产生能够生成光谱推断参数、该光谱推断参数可以遍及宽广的波长范围推断光谱分布并且测定的谱段数少的效果。

[0127] A-4. 变形例:

[0128] 以下,说明上述第 1 实施例的变形例。该变形例,与第 1 实施例相比,除了在步骤 S150 计算的评价函数 F(S) 不同,其他的构成均相同。此变形例的评价函数 F(S) 示于下式 (14)。

[0129] 【数学式 11】

$$[0130] \quad F(S) = ||I-w(\lambda)(M \cdot D)||^2 \quad \dots (14)$$

[0131] 在式 (14) 中, λ 表示波长, $w(\lambda)$ 为权重系数。因此,根据式 (14) 所示的评价函数 F(S),可以实现按每个波长考虑了权重系数 $w(\lambda)$ 的最优化。权重系数 $w(\lambda)$ 能够设定为例如由下式 (15) 所示的系数。

[0132] 【数学式 12】

$$[0133] \quad w(\lambda) = \text{diag}\{z(z^t z)^{-1}\} \quad \dots (15)$$

[0134] 在式 (15) 中, $z(\lambda)$ 为颜色匹配函数, diag 表示取矩阵的对角分量。

[0135] 图 8 是表示权重系数 w 与波长 λ 的关系的曲线图。如图所示,权重系数 $w(\lambda)$ 与颜色匹配函数的曲线图近似。

[0136] 根据此变形例,根据通过滤光器而得到的照相机输出信号 D 推断的谱,与以在视觉上独特的性质即色差为基准最优化的情况等价,所述滤光器通过以将 F(S) 设定为最小的方式推断的中心波长进行驱动。因此,根据此变形例,可以实现对色差加以考虑的光谱反射率谱的推断。

[0137] 另外,在前述变形例中,设定为所推断的光谱反射率谱,若求取与计测谱的单纯的平方误差,则会包含大的误差。因此,是使用第 1 实施例的式 (10) 所示的评价函数 F(S) 还是使用变形例的式 (13) 所示的评价函数 F(S),优选根据是注重光谱分布的推断精度还是对色差加以考虑等目的而区分使用。

[0138] 另外,关于评价函数,不必限于在第 1 实施例中说明的或在变形例中说明的情况,而例如能够设定为基于平方误差与最大误差的加权之和的评价函数等各种函数。即,评价函数只要定义在利用光谱计测器计测的每个所述色卡的光谱分布和光谱推断值之间,则能够设定为包含其他因素的形式。

[0139] B. 第 2 实施例:

[0140] 接着,关于本发明的第 2 实施例进行说明。第 2 实施例的光谱推断参数生成装置具有与上述的第 1 实施例的光谱推断参数生成装置 100 相同的硬件结构,只是软件的构成、

即由 CPU10 执行的光谱推断参数生成处理的内容不相同。另外,关于与第 1 实施例相同的结构,使用与第 1 实施例相同的编号进行以下说明。

[0141] 图 9 是表示第 2 实施例的光谱推断参数生成处理的流程图。图中的步骤 S110 至 S140 为与第 1 实施例相同的处理,附加与第 1 实施例相同的编号。在执行了步骤 S140 之后, CPU10 基于在步骤 S110 取得的光谱分布 I、在步骤 S130 计算的照相机输出信号 D 和在步骤 S140 计算的光谱推断参数 M,进行计算评价函数 $F(M, S)$ 的处理(步骤 S250)。

[0142] 在第 1 实施例中,评价函数 F 设定为照相机光谱灵敏度 S 的函数,而在本实施例中,评价函数 F 设定为照相机光谱灵敏度 S 和光谱推断参数 M 的函数。在评价函数 F 为线性的情况下,如第 1 实施例那样评价函数 F 只要设定为 S 的函数即可,与此形成对比,在由于监视器显示色光谱特性和/或被摄体的颜色的灰度等级变化等而评价函数 F 成为非线性的情况下,评价函数 F 不能只由照相机光谱灵敏度 S 确定。因此,在该第 2 实施例中,评价函数 F 设定为 S 和 M 的函数。

[0143] 评价函数 $F(M, S)$ 能够按照下式 (16) 求出。另外,在照相机输出信号 D 、光谱分布 I 和照相机光谱灵敏度 S 之间,下式 (17) 所示的关系成立。

[0144] 【数学式 13】

$$[0145] \quad F(M, S) = ||I - M \cdot D||^2 \dots (16)$$

$$[0146] \quad D = I \cdot S \quad \dots (17)$$

[0147] 在执行了步骤 S250 之后, CPU10 判定在步骤 S250 计算的评价函数 $F(M, S)$ 是否为预定阈值以下(步骤 S260)。这里,在判定为不在预定阈值以下的情况下,即在评价函数 $F(M, S)$ 大于预定阈值(步骤 S260:否)的情况下, CPU10 执行使光谱推断参数 M 的各要素递增微小量的处理(步骤 S270)。之后, CPU10 判定由步骤 S270 递增的总量是否高于预定值(步骤 S280)。预定值是假定随后在使中心波长数据 BD 的各值递增了微小量时光谱指定参数 M 发生最大变化的量而预先确定的量。

[0148] 在步骤 S280,在判定为递增的总量为预定值以下(步骤 S280:否)的情况下,返回到步骤 S250 的处理,反复执行步骤 S250 至 S270 的处理。即,在照相机光谱灵敏度 S 固定的状态下反复步骤 S250 至 S270,由此边使光谱推断参数 M 的各要素的值偏移边判定评价函数 $F(M, S)$ 是否成为预定阈值以下。

[0149] 若评价函数 $F(M, S)$ 不成为预定阈值以下且在步骤 S280 判定为递增的总量高于预定值(步骤 S280:是),则 CPU10 进行使构成中心波长数据 BD 的各值递增微小量的处理(步骤 S290)。该处理与第 1 实施例中的步骤 S170 的处理相同,微小量例如为 0.1nm。另外,在执行该步骤 S290 时,将步骤 S270 中递增的总量暂时置零。

[0150] 在执行了步骤 S290 后, CPU10 返回到步骤 S130 的处理,反复执行步骤 S130 至 S290 的处理。即,执行与在步骤 S290 递增了的中心波长数据 BD 相应的步骤 S130 至 S160 的处理。通过该处理的反复,使构成中心波长数据 BD 的各值顺序地每次递增微小量,并在各次递增了时的中心波长(即在照相机光谱灵敏度 S 固定的状态下)边使光谱推断参数 M 的各要素的值偏移、边判定评价函数 $F(M, S)$ 是否成为预定阈值以下。

[0151] 在步骤 S260 判定为评价函数 $F(M, S)$ 为预定阈值以下(步骤 S260:是)时,即在评价函数 $F(M, S)$ 被视为最优化的情况下, CPU10 保存进行了该最优化(与第 1 实施例同样地被视为最优化)时的中心波长数据 BD 和光谱推断参数 M (步骤 S300)。该处理与第 1 实

施例中的步骤 S180 的处理相同。在执行了步骤 S300 后,结束该光谱推断参数生成处理。

[0152] 步骤 S130 至 S290 的反复的处理,相当于执行下式 (18) 所示的运算处理。

[0153] 【数学式 14】

$$[0154] \quad (S_1, S_2, \dots, S_m, M) = \arg \min \{F(M, S)\} \dots (18)$$

[0155] 即,根据式 (18),求出评价函数 $F(M, S)$ 成为最小时的 M, S 的值。

[0156] 以上述方式构成的第 2 实施例的光谱推断参数生成装置与第 1 实施例的光谱推断参数生成装置 100 同样,能够根据少谱段数的多谱段图像推断高精度的光谱反射率谱。特别地,在本实施例中,即使在评价函数 F 成为非线性的情况下也能够使评价函数 F 适合化为目标值。因此,可以进行能够实现更高精度的光谱推断的光谱推断参数的生成。

[0157] 另外,作为上述的第 2 实施例的变形例,也能够采用与第 1 实施例的变形例相同的结构。即,能够将评价函数 $F(M, S)$ 设定为考虑了与波长相应的权重系数 $w(\lambda)$ 的评价函数。根据该构成,可以与第 1 实施例的变形例同样地实现对色差加以考虑的光谱反射率谱的推断。

[0158] C. 其他实施方式:

[0159] 实施方式 1:

[0160] 在前述各实施例和各变形例中,生成光谱推断参数的光谱推断参数生成装置 100 和实现该光谱推断参数的利用的光谱图像处理装置 500 是独立的装置,但也能够代之而将二者设定为一体。例如,可以准备通用的个人计算机,设定为使个人计算机具有光谱推断参数生成装置 100 的功能和光谱图像处理装置 500 的功能的结构。

[0161] 实施方式 2:

[0162] 在前述各实施例和各变形例中,通过软件实现的功能也可设置成通过硬件实现。

[0163] 另外,前述的各实施例和各变形例中的构成要素中的、独立权利要求中记载的要素以外的要素为附加的要素,可以适宜省略。

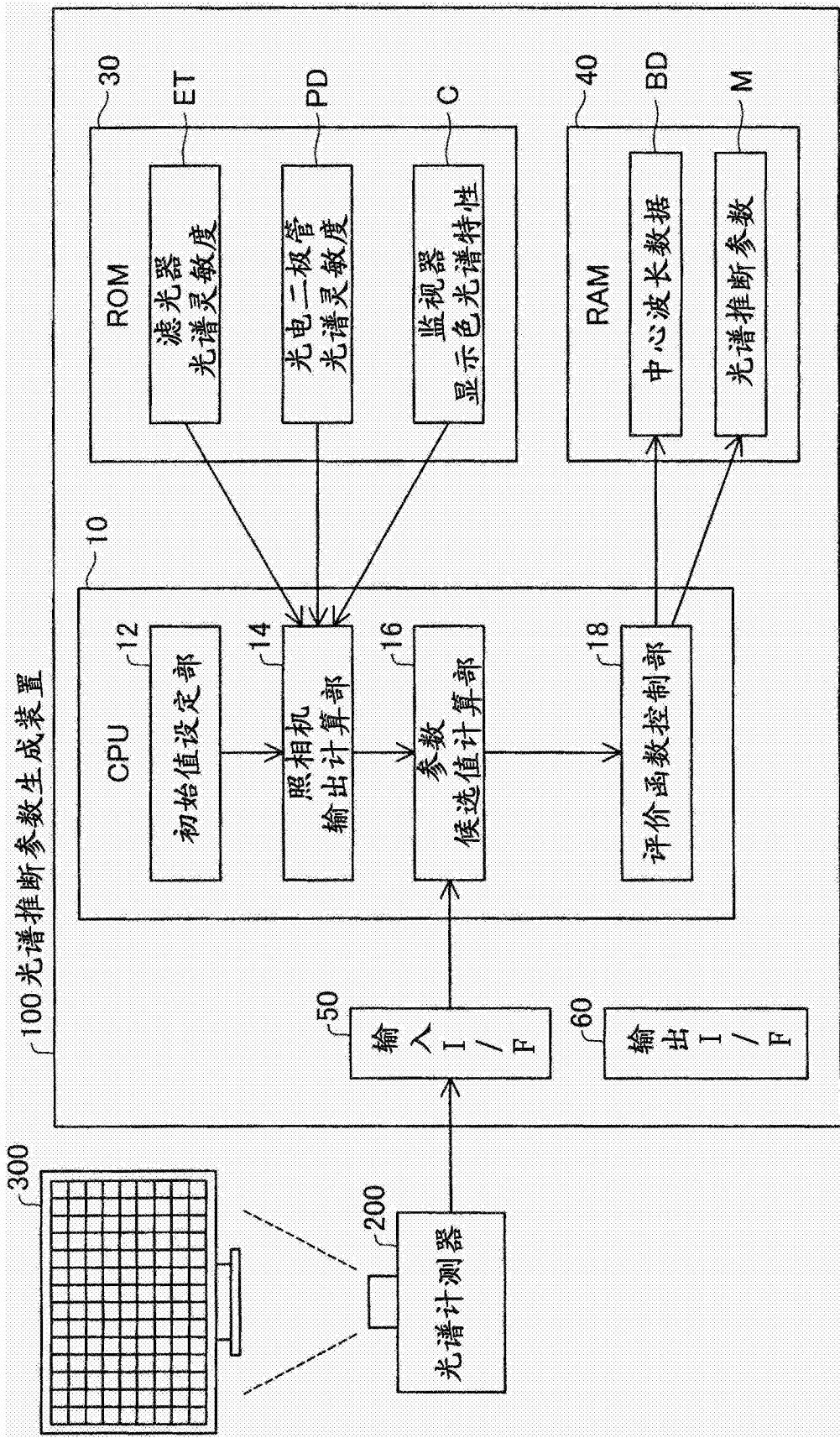


图 1

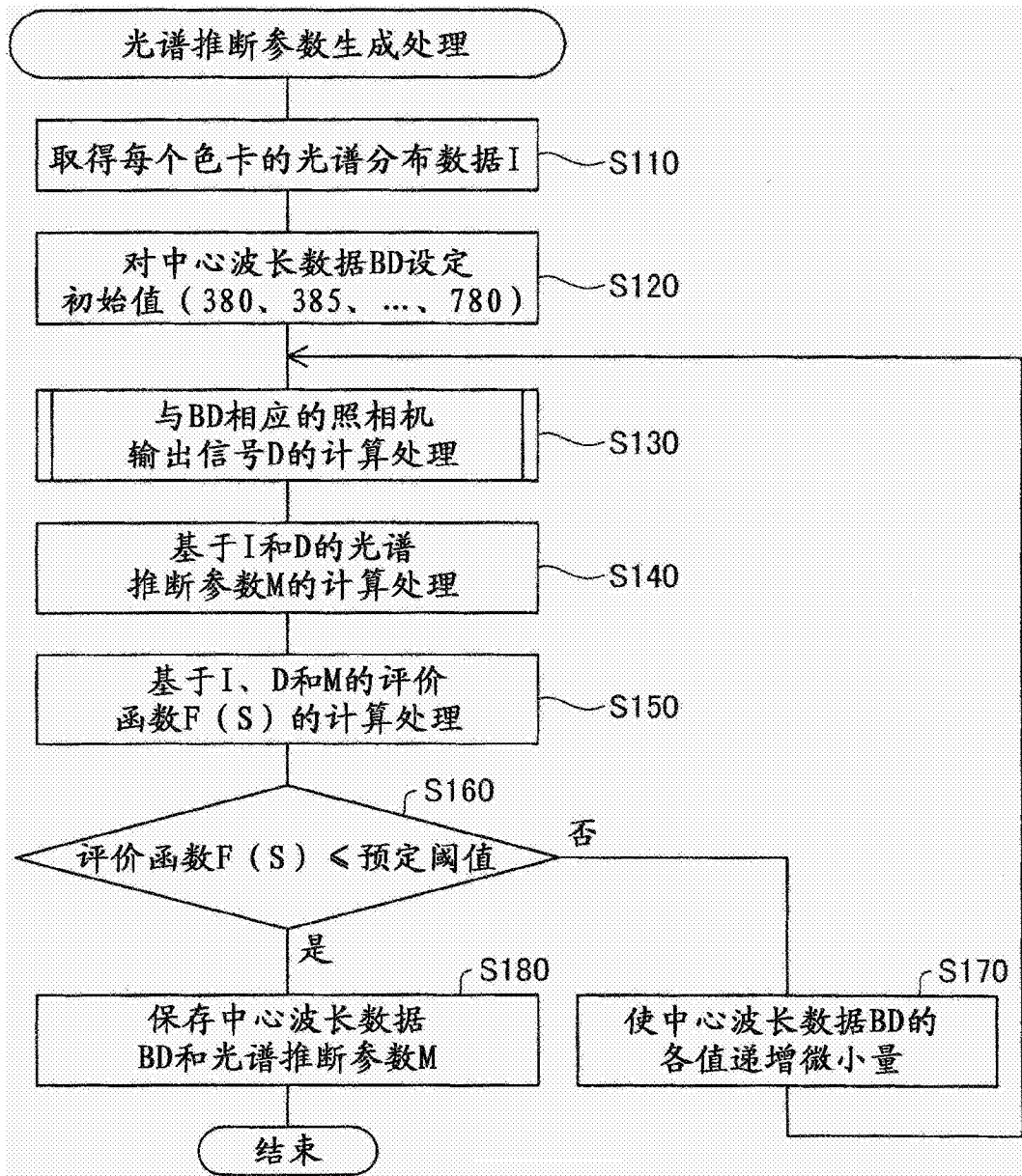


图 2

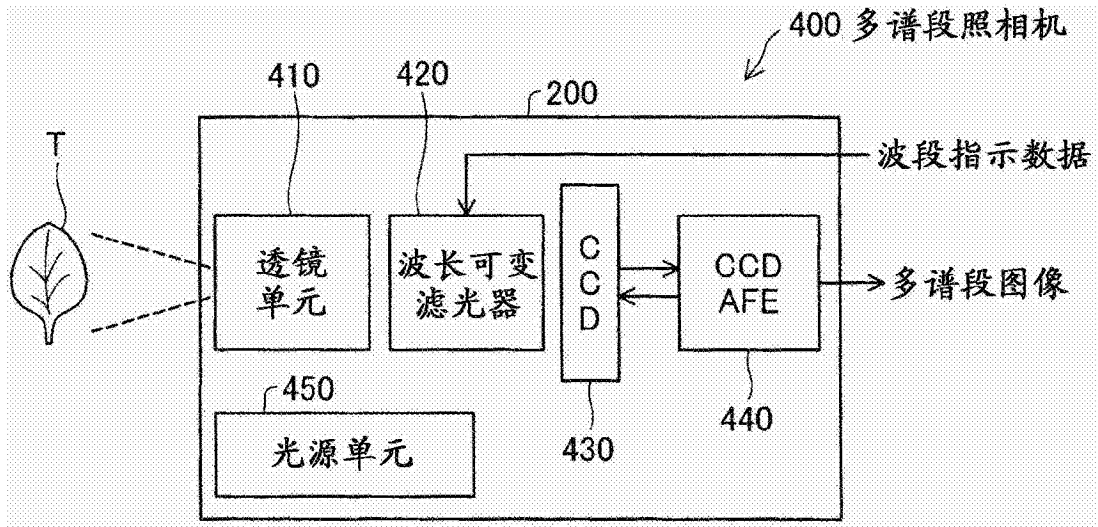


图 3

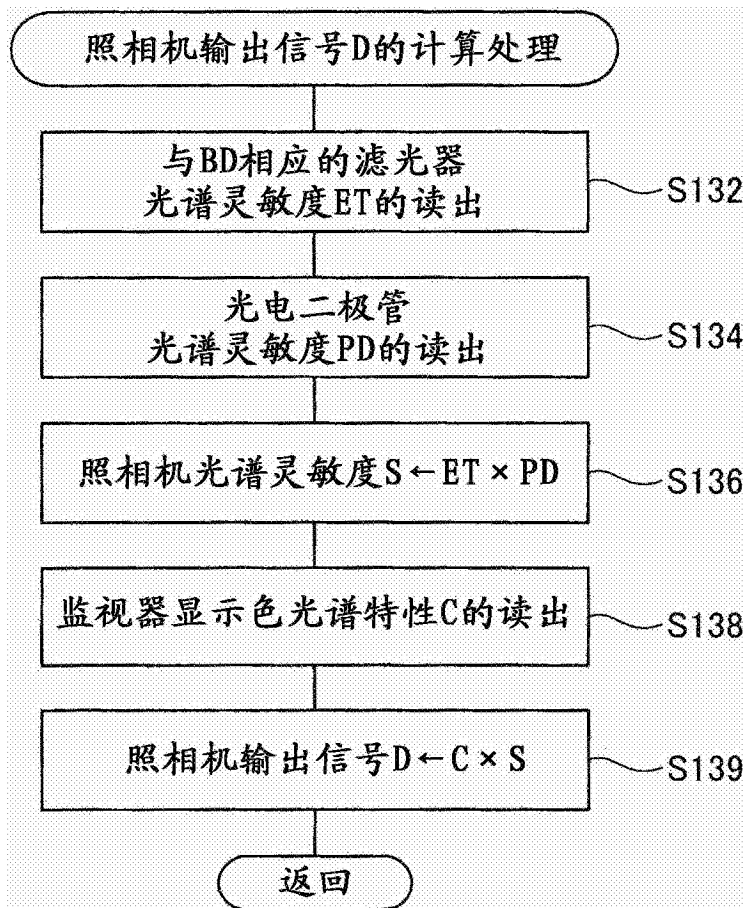


图 4

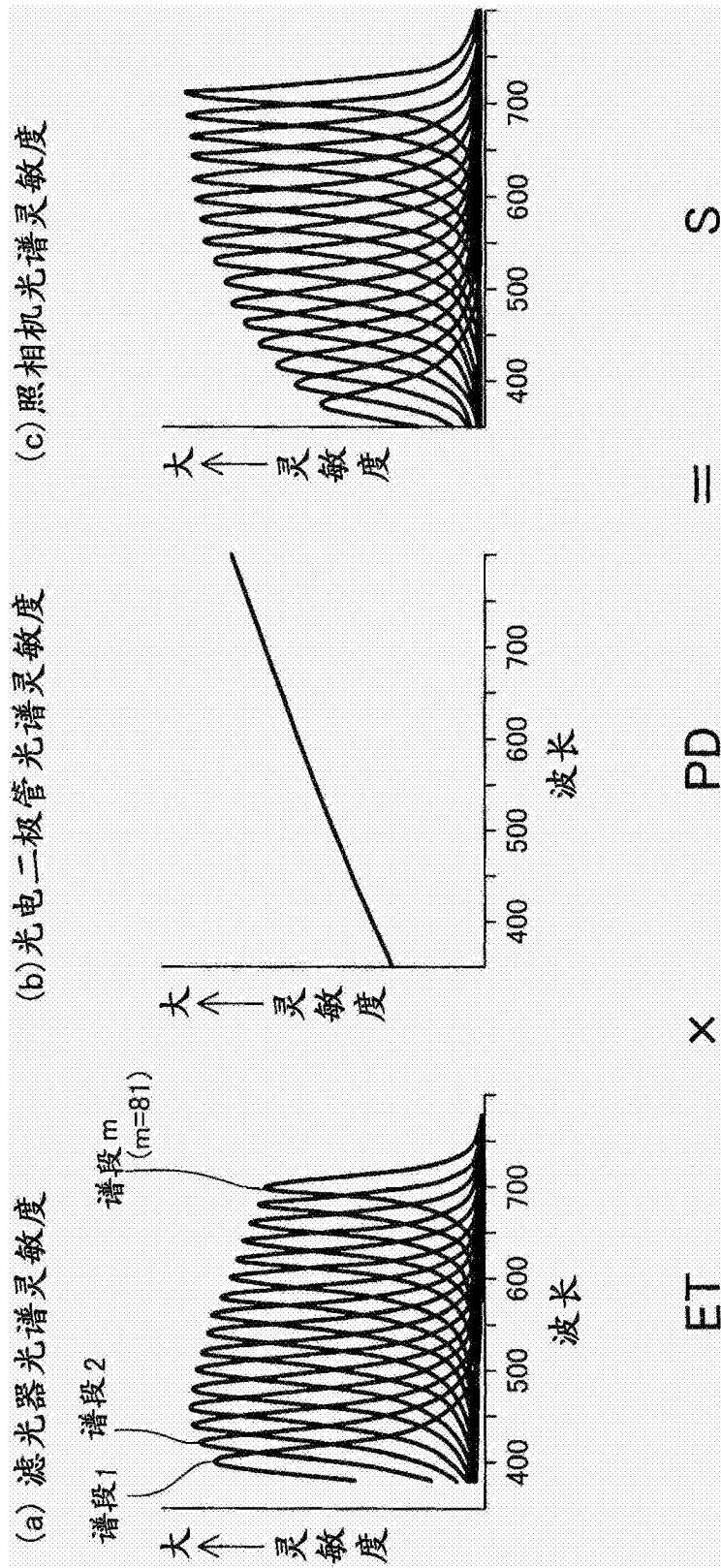


图 5

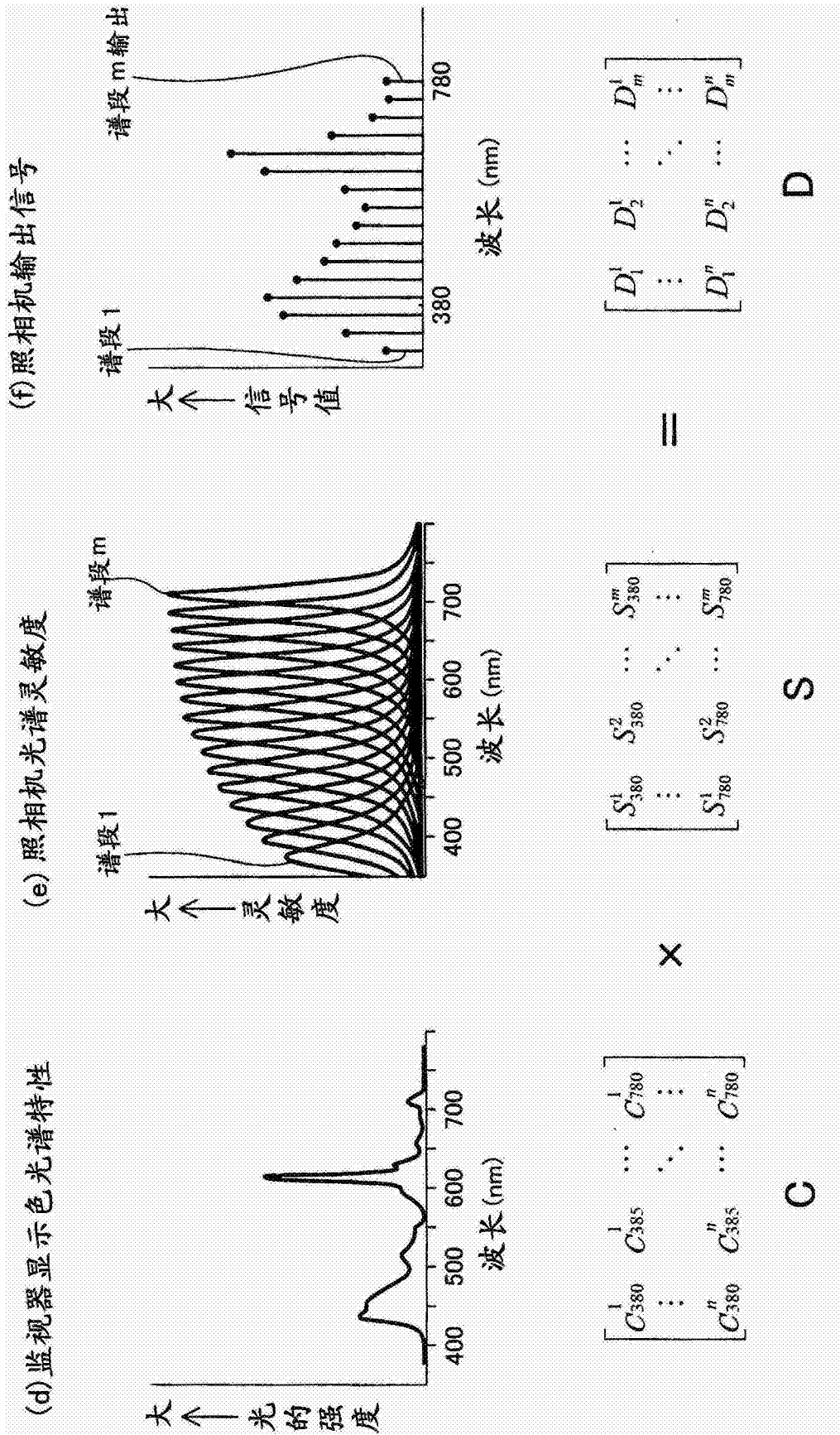


图 6

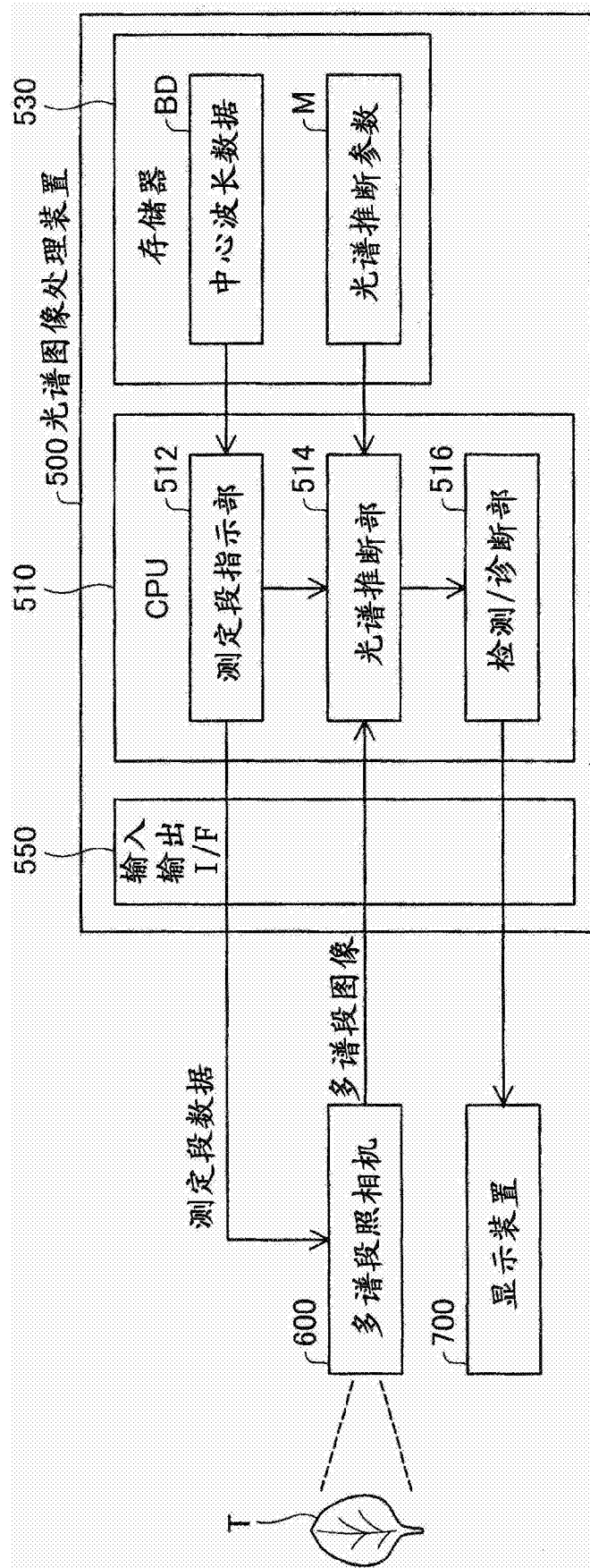


图 7

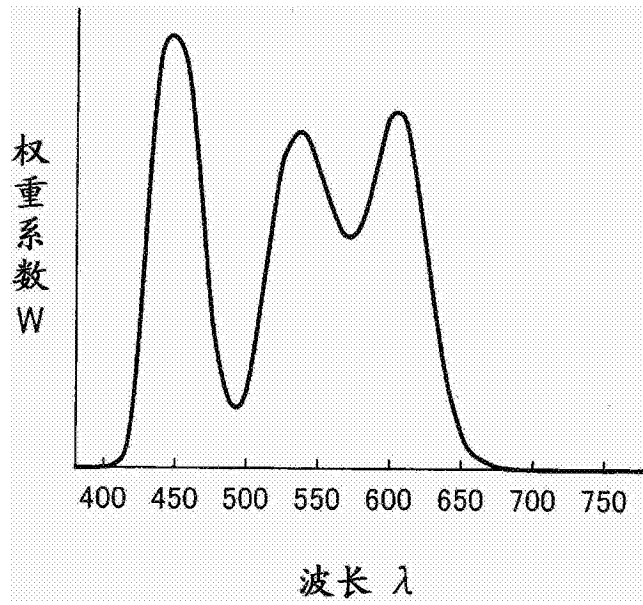


图 8

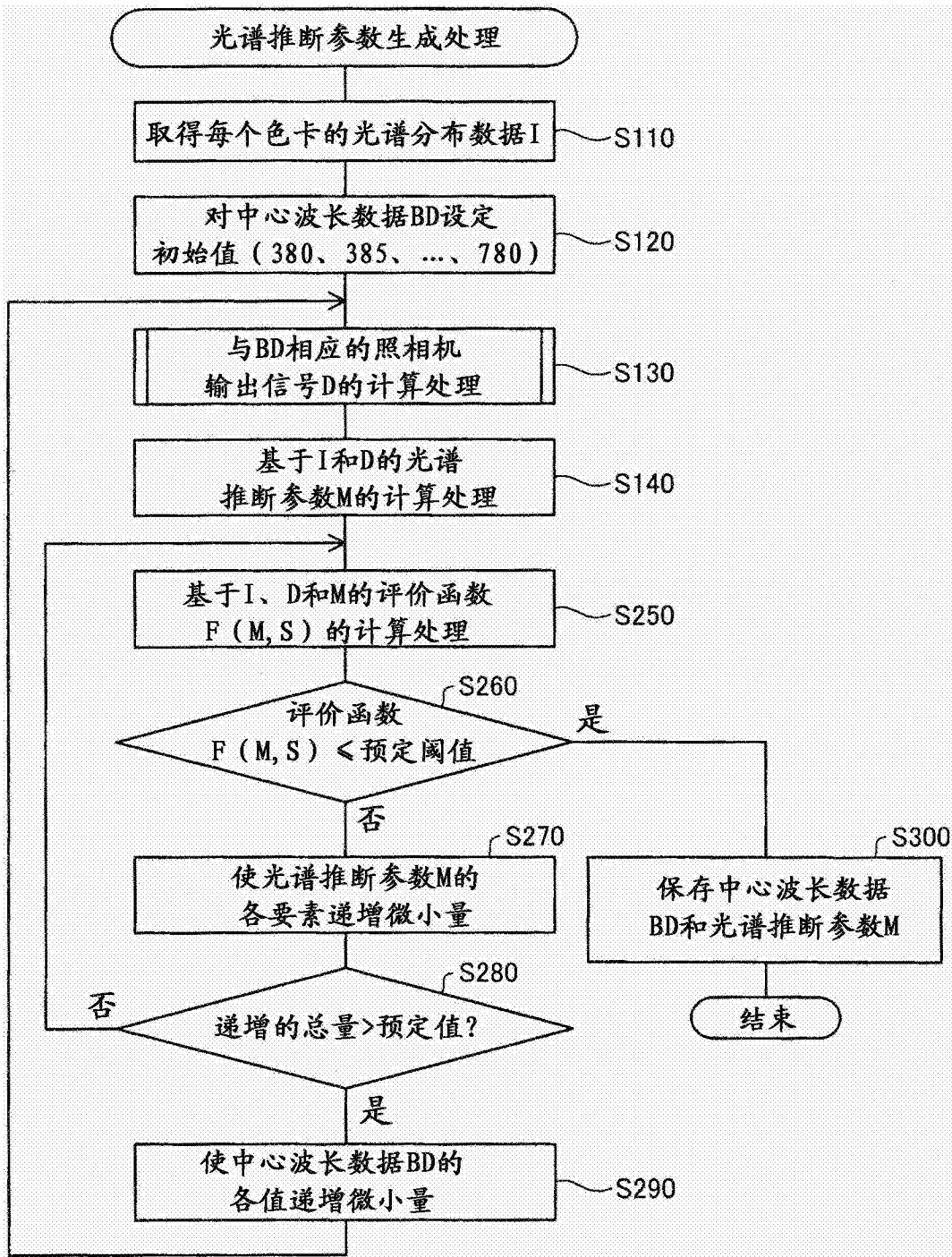


图 9