



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107250936 B

(45)授权公告日 2019.09.20

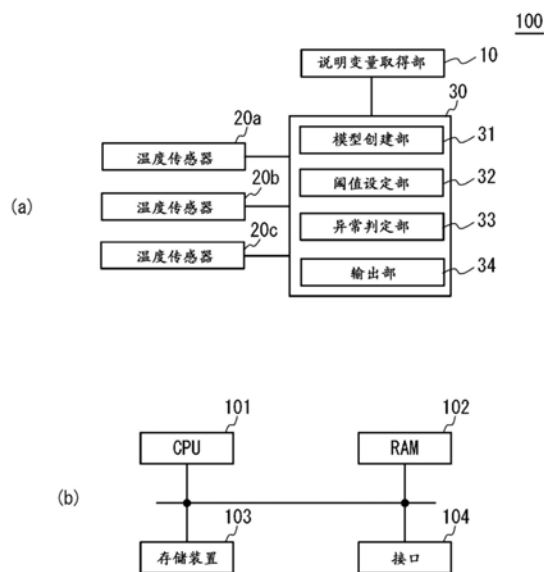
(21)申请号 201680010341.4
 (22)申请日 2016.02.15
 (65)同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 107250936 A
 (43)申请公布日 2017.10.13
 (30)优先权数据
 2015-029057 2015.02.17 JP
 (85)PCT国际申请进入国家阶段日
 2017.08.15
 (86)PCT国际申请的申请数据
 PCT/JP2016/054311 2016.02.15
 (87)PCT国际申请的公布数据
 W02016/133049 JA 2016.08.25
 (73)专利权人 富士通株式会社
 地址 日本神奈川县
 (72)发明人 宇野和史 有冈孝祐 笠嶋丈夫
 福田裕幸
 (74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
 代理人 舒艳君 李洋

(51)Int.Cl.
 G05B 23/02(2006.01)
 (56)对比文件
 CN 101299004 A,2008.11.05,
 EP 1676179 A1,2006.07.05,
 CN 103743563 A,2014.04.23,
 CN 103064340 A,2013.04.24,
 CN 102016736 A,2011.04.13,
 CN 103322416 A,2013.09.25,
 JP 2013214171 A,2013.10.17,
 US 2013304235 A1,2013.11.14,
 JP H109974 A,1998.01.16,
 JP 2010015205 A,2010.01.21,
 CN 104200396 A,2014.12.10,
 CN 101799320 A,2010.08.11,
 JP 2015026252 A,2015.02.05,
 CN 102460529 A,2012.05.16,
 US 2013069792 A1,2013.03.21,
 JP 2006343063 A,2006.12.21,
 CN 102324034 A,2012.01.18,
 (续)
 审查员 陈林

权利要求书2页 说明书15页 附图25页

(54)发明名称
 判定装置及判定方法

(57)摘要
 判定装置具备:模型创建部,创建传感器检测值的基准模型;判定部,判定从规定的时刻到上述基准模型与上述传感器检测值的分歧度超过阈值为止的时间是否比规定的时间短;以及输出部,在判定为短的情况下输出与异常相关的信号。



CN 107250936 B

[接上页]

(56)对比文件

CN 102714048 A,2012.10.03,
JP 2000089801 A,2000.03.31,
黎康康 等.基于多元线性回归的风电机组
齿轮箱温度预警研究.《风能》.2014,(第5期),第

84-87页.

P.M. Frank等.Residual evaluation for
fault diagnosis based on adaptive fuzzy
thresholds.《IEE colloquim on qualitative
and quantitative modeling methods for
fault diagnosis》.2002,第1-4页.

1. 一种判定装置,其特征在于,具备:
模型创建部,创建传感器检测值的基准模型;
判定部,判定从规定的时刻到上述基准模型与上述传感器检测值的分歧度超过阈值为止的时间是否比规定的时间短;以及
输出部,在判定为短的情况下输出与异常相关的信号。
2. 根据权利要求1所述的判定装置,其特征在于,
上述模型创建部使用上述传感器检测值、以及与上述传感器检测值具有相关的多个其他传感器的检测值来创建上述基准模型。
3. 根据权利要求2所述的判定装置,其特征在于,
上述模型创建部使用上述传感器检测值和上述多个其他传感器的检测值并通过回归分析来创建上述基准模型。
4. 根据权利要求2或3所述的判定装置,其特征在于,
上述模型创建部在上述基准模型与上述传感器检测值的分歧度超过阈值时,使用从该时刻起一定的过去时间中的上述多个其他传感器的检测值以及上述传感器检测值来重新创建上述基准模型。
5. 根据权利要求2或3所述的判定装置,其特征在于,
上述基准模型与上述传感器检测值的分歧度是上述基准模型与上述传感器检测值之差。
6. 根据权利要求1所述的判定装置,其特征在于,
上述模型创建部使用多个传感器的检测值的相关关系来创建上述检测值的基准模型,
上述判定部判定直到上述基准模型与上述多个传感器的任一个的检测值的分歧度超过阈值为止的时间是否比规定的时间短。
7. 根据权利要求6所述的判定装置,其特征在于,
上述模型创建部使用反映了上述多个传感器的检测值的相关关系的大小的偏差的中心来创建上述基准模型。
8. 根据权利要求6或7所述的判定装置,其特征在于,
上述模型创建部在上述分歧度超过阈值时,使用从该时刻起一定的过去时间中的上述多个传感器的检测值来重新创建上述基准模型。
9. 根据权利要求6或7所述的判定装置,其特征在于,
上述多个传感器的检测值是通过同一光纤的不同的长度位置的后方散射光而获得的结果。
10. 根据权利要求6或7所述的判定装置,其特征在于,
上述模型创建部使用方差-协方差矩阵创建上述基准模型,该方差-协方差矩阵使用了上述多个传感器的检测值的平均值。
11. 根据权利要求1至3、6、7中任一项所述的判定装置,其特征在于,
基于上述基准模型创建后的一定期间的上述分歧度来决定上述分歧度的阈值。
12. 根据权利要求1至3、6、7中任一项所述的判定装置,其特征在于,
基于到上述分歧度超过上述阈值为止的时间的偏差来决定上述规定的时间。
13. 根据权利要求4所述的判定装置,其特征在于,

上述判定部使用上述基准模型的重新创建前的上述传感器检测值,判定从规定的时刻到该传感器检测值与上述重新创建成的上述基准模型的分歧度超过上述阈值为止的时间是否比规定的时间短。

14. 一种判定方法,其特征在于,
模型创建部创建传感器检测值的基准模型,
判定部判定从上述基准模型创建后的规定的时刻到上述基准模型与上述传感器检测值的分歧度超过阈值为止的时间是否比规定的时间短,
在判定为短的情况下,输出部输出与异常相关的信号。

判定装置及判定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及判定装置、判定方法以及判定程序。

背景技术

[0002] 判定异常的技术正在被开发。例如，公开有将与模型的分歧度用于判断基准来判定异常的技术（例如，参照专利文献1）、将与模型的差分的积分用于判断基准来判定异常的技术（例如，参照专利文献2）。

[0003] 专利文献1：国际公开第2010/082322号

[0004] 专利文献2：日本特公平4-25565号公报

[0005] 然而，在上述技术中，判定异常的预兆是困难的。

发明内容

[0006] 本发明正是鉴于上述课题而完成的，其目的在于，提供能够判定异常的预兆的判定装置、判定方法以及判定程序。

[0007] 在一个方式中，判定装置具备：模型创建部，创建传感器检测值的基准模型；判定部，判定从规定的时刻到上述基准模型与上述传感器检测值的分歧度超过阈值为止的时间是否比规定的时间短；以及输出部，在判定为从规定的时刻到上述基准模型与上述传感器检测值的分歧度超过阈值为止的时间比规定的时间短的情况下，输出与异常相关的信号。

[0008] 能够判定异常的预兆。

附图说明

[0009] 图1(a)以及(b)是基于光纤的温度测定方式的例子。

[0010] 图2是例示目的变量以及说明变量组的一个例子的图。

[0011] 图3(a)是将使用了燃料种类A时的推断值与实测值之差作为温度差例示的图像图，(b)是将使用了燃料种类B时的推断值与实测值之差作为温度差例示的图像图。

[0012] 图4是例示阈值与异常判定的关系的图。

[0013] 图5(a)是第1实施方式涉及的判定装置的概略图，(b)是用于对判定部的硬件构成进行说明的框图。

[0014] 图6例示说明变量组。

[0015] 图7是例示目的变量的推断式的设定、以及分歧度和推断有效时间的阈值的设定的处理的流程图。

[0016] 图8是进行异常判定时所执行的流程图的一个例子。

[0017] 图9(a)是第2实施方式涉及的判定装置的概略图，(b)是温度传感器的例子。

[0018] 图10是进行异常判定时所执行的流程图的一个例子。

[0019] 图11(a)是目的变量的实测值，(b)是说明变量的实测值。

[0020] 图12(a)是推断误差的瞬时值，(b)是推断误差的累计值，(c)是推断有效时间。

- [0021] 图13是温度传感器的例子。
- [0022] 图14(a)是马氏距离(Mahalanobis distance), (b)是推断有效时间。
- [0023] 图15是例示变形例2的判定系统的图。
- [0024] 图16(a)以及(b)是例示传感器部以及测定器的图。
- [0025] 图17(a)~(c)是例示传感器部的图。
- [0026] 图18是对表示无量纲化程序(non-dimensional process)的流程图进行例示的图。
- [0027] 图19(a)以及(b)是例示异常预兆的图。
- [0028] 图20是进行异常判定时所执行的流程图的一个例子。
- [0029] 图21是例示比较例的流程图。
- [0030] 图22是例示比较例的结果的图。
- [0031] 图23是例示图20所记载的方法的结果的图。
- [0032] 图24是例示比较例的结果的图。
- [0033] 图25是例示图20所记载的方法的结果的图。
- [0034] 图26是进行异常判定时所执行的流程图的一个例子。
- [0035] 图27是例示异常判定的结果的图。
- [0036] 图28是例示传感检测数据的标准化值的图。

具体实施方式

[0037] 首先,对异常判定的概略进行说明。

[0038] 在化工厂、制油工厂、火力发电站等中,往往因腐蚀等而发生气体泄漏等。鉴于此,希望能够尽早判定异常。例如,可考虑对支配管被焊接于主配管的配管系统配置温度传感器,作为温度变化尽早检测气体、液体的泄漏。或者,通过监视冷却水的配管温度,由此即使万一发生冷却不良等,也能够火灾发生之前检测出早期的温度异常。其中,以下的异常的“预兆的检测”是指“在监视某对象的情况下,使用某种手段使其动作的一部分可视化,在判断为该被可视化的状态与正常的状态不同时认为检测到异常的预兆”。

[0039] 对于温度异常的检测,例如可例举测定拉曼散射光来作为温度信息的基于光纤的温度测定方式。例如,如图1(a)例示那样,通过将光纤敷设于支配管,能够尽早地检测出泄漏作为温度变化。另外,如图1(b)例示那样,通过在锅炉的冷却水配管敷设光纤,能够监视冷却水温度。由此,即使发生冷却不良等,也能够火灾发生之前检测早期的温度异常。

[0040] 然而,作为设备管理更优选的不是“最小限度地阻止事故的异常的检测”,而是“通过对成为异常的前兆进行预测来将事故防范于未然”。鉴于此,采用了进行将各种运转控制用的传感器数据等参数作为说明变量、将后附的传感器信息作为目的变量的回归分析,或进行后附的传感器信息彼此的相关分析,来以统计方式判断是否是没有问题的状态的方法。这是因为网络技术提高到能够一并管理运转控制用的传感器数据等参数的程度、以及通过增加计算机功率能够实时应用各种回归分析手法、相关分析手法。

[0041] 然而,上述手法将如何使“推断误差”(推断值与实测值之差)最小化作为焦点。因此,关于“推断误差”成为何种程度时判定为异常,并没有作出实用的讨论。例如,在火力发电站中,油种类、煤炭种类等没有被样式(pattern)分类,因生产国、其混合量等,每次特性

都发生变化。因此,在特性变化时需要进行用于推断的初始化作业。然而,由于“推断误差”因其精度而受到影响,所以例如容易只采取根据在一定时间“推断误差”变化了何种程度等来判断为异常这一设定的简单的方法。结果,设定宽松的阈值,容易成为不实用的系统。

[0042] 图2是例示目的变量以及说明变量组的一个例子的图。在图2的例中,目的变量1~3是锅炉的外壁金属的各位置的温度。说明变量组是与目的变量具有相关的传感器的输出值。目的变量1~3的实测值能够使用被设置于外壁金属的温度传感器等而取得。如图2中例示那样,目的变量1~3的推断式通过设定各说明变量的系数以及常数而获得。关于这些系数以及常数,能够基于过去的各说明变量以及目的变量的实测值,通过最小二乘回归 (Ordinary Least Mean Square) 或主成分回归 (Principal Components Regression)、偏最小二乘回归 (Partial Least Squares) 等来设定。每次收集说明变量信息时,将说明变量输入至推断式,导出推断值。

[0043] 通过对同时刻取得的目的变量的实测值与推断式的推断值进行比较,能够判定系统是正常还是异常。在设定推断式的系数以及常数时,需要一定期间的最近的过去数据。将该最近的期间称为“建模期间 (modeling period)”。与此相对,将实际进行推断值与实测值的比较的期间称为“记分期间 (scoring period)”。在记分期间,认为若“推断误差”超过一定的值则发生了偏离推断的状况。

[0044] 图3 (a) 是例示使用了燃料种类A时的记分期间中的目的变量1 以及目的变量2的推断值与实测值之差作为温度差的图像图。图3 (b) 是例示使用了燃料种类B时的记分期间中的目的变量1以及目的变量2 的推断值与实测值之差作为温度差的图像图。

[0045] 在燃料种类A的情况下,设阈值是 $3\sigma \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 。在燃料种类B的情况下,设阈值是 $3\sigma \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ 。然而,超过该 3σ 的状态立即被认为是是否是异常的客观性判断是困难的。这是因为存在以0.3%的概率超过该值的可能性。相反在设定了 4σ 的情况下,认为还有漏过异常的可能性。

[0046] 图4是例示阈值与异常判定的关系的图。如图4中例示那样,在将阈值设定为比较大的阈值1的情况下,相对于真正发生了问题时产生延迟,导致对策延迟。在将阈值设定为比阈值1小的阈值2的情况下,由于在与真正发生问题的状况不同的状况下判定为异常,所以这也没有实现预兆检测的功能。即,若不能“充分地进行高精度的推断、且按每个目的变量设定有用的阈值,并以该阈值进行异常判定”,则有用的预兆检测是困难的。在定期检查、油种类的比例变更等对阈值造成影响的内容的每次更新时研究适当的阈值的做法,在事业持续中是不现实的。

[0047] 在以下的实施方式中,对能够判定异常的预兆的判定装置、判定方法以及判定程序进行说明。

[0048] (第1实施方式)

[0049] 图5 (a) 是第1实施方式涉及的判定装置100的框图。在本实施方式中,作为一个例子,判定装置100被设置于利用煤炭的燃烧周期的火力发电设备。判定装置100具备:说明变量取得部10、多个温度传感器 20a~20c、判定部30等。判定部30具备:模型创建部31、阈值设定部 32、异常判定部33以及输出部34。

[0050] 图5 (b) 是用于对判定部30的硬件构成进行说明的框图。如图5 (b) 中例示那样,判定部30具备CPU101、RAM102、存储装置103、接口104等。上述各设备通过总线等被连接。CPU

(Central Processing Unit:中央处理器)101是中央运算处理装置。CPU101包含1个以上的核。RAM(Random Access Memory:随机存取存储器)102是临时存储CPU101执行的程序、CPU101处理的数据等的易失性存储器。存储装置103是非易失性存储装置。作为存储装置103,例如能够使用ROM(Read Only Memory:只读存储器)、闪存等固态硬盘(SSD)、被硬盘驱动器驱动的硬盘等。通过CPU101执行存储于存储装置103的判定程序,在判定部30中实现模型创建部31、阈值设定部32、异常判定部33以及输出部34。此外,模型创建部31、阈值设定部32、异常判定部33以及输出部34也可是专用的电路等硬件。

[0051] 说明变量取得部10取得各说明变量。图6例示说明变量组。如图6中例示那样,说明变量包含:电力量、供煤量、内部温度1、内部温度2、空气流量、压力1、压力2、压力3、通风口1、通风口2、运转转速、运转率、运转振动数等。各说明变量与目的变量1~3(温度传感器20a~20c的检测温度)具有相关。另外,优选各说明变量被视为相互独立(重叠共线性低)。电力量是通过火力发电而得到的发电电力。供煤量是向炉供给的煤炭量。内部温度1、2例如是炉的内部的任一个位置的温度。空气流量是向炉供给的空气的流量。压力1~3例如是与炉连接的配管内的压力。通风口1、2是通风口的温度等。运转转速、运转率以及运转振动数是炉的运转转速、运转率以及运转振动数等。这些说明变量是各传感器的输出值。

[0052] 多个温度传感器20a~20c例如被设置于炉的外部的壁面的相互不同的位置。在本实施方式中,在3个位置设置温度传感器。温度传感器20a~20c的温度测定方式例如能够采用使用了光纤内的拉曼散射光的方式。例如,为了测定正确的温度,在能够视为几乎相同的温度的小区域卷绕2m左右长度的光纤。通过这样,各卷绕部分别作为一个温度传感器发挥功能。在本实施方式中,将温度传感器20a~20c检测的壁面温度1~3作为目的变量1~3的实测值来使用。

[0053] 模型创建部31使用说明变量取得部10取得的说明变量以及温度传感器20a~20c的检测值,创建目的变量1~3的推断式。该推断式是目的变量1~3的基准模型。推断式与图2中例示的推断式同样,通过设定各说明变量的系数以及常数而获得。关于这些系数以及常数,能够基于过去的各说明变量以及温度传感器20a~20c的实测值,通过最小二乘回归、主成分回归、偏最小二乘回归等回归分析来设定。

[0054] 阈值设定部32对目的变量的实测值相对于基准模型的分歧度与推断有效时间设定阈值。目的变量的实测值相对于基准模型的分歧度例如是推断误差=(目的变量的实测值)-(目的变量的推断值)、推断误差的每次数据更新的累计值、目的变量的实测值与目的变量的推断值之比等。在本实施方式中,作为上述分歧度,使用推断误差、以及推断误差的累计值。目的变量的推断值是通过向推断式输入说明变量而获得的数值。目的变量1涉及的推断误差是(温度传感器20a的实测值)-(目的变量1的推断值)。目的变量2涉及的推断误差是(温度传感器20b的实测值)-(目的变量2的推断值)。目的变量3涉及的推断误差是(温度传感器20c的实测值)-(目的变量3的推断值)。推断有效时间是在使用了基准模型的记分期中从开始推断误差的测定到上述任一个分歧度超过阈值为止的时间。异常判定部33通过判定该推断有效时间是否小于阈值,来进行异常判定。输出部34在异常判定部33作出了异常的判定的情况下,输出与异常相关的信号。

[0055] 图7是例示目的变量的推断式的设定、以及分歧度和推断有效时间的阈值的设定的处理的流程图。如图7中例示那样,阈值设定部32首先检测初始条件更新标志(步骤S1)。

初始条件更新标志是成为目的变量的推断式、以及分歧度和推断有效时间的阈值的更新的触发的标志。接下来,阈值设定部32设定适当的允许值1、2(步骤S2)。允许值1是相对于推断误差的阈值。允许值2是相对于推断误差的累计值的阈值。

[0056] 接下来,模型创建部31收集建模期间的数据集(data set)(步骤S3)。该数据集包含建模期间中的每个规定时间的说明变量以及温度传感器20a~20c的检测值(实测值)。接下来,模型创建部31使用在步骤S3中收集到的数据集,决定目的变量1~3的推断式的系数以及常数(步骤S4)。通过步骤S4的执行,来设定目的变量1~3的推断式。

[0057] 接下来,阈值设定部32开始推断误差的测定(记分期间),例如求出记分期间以及建模期间的最初60次(在30秒周期的测定的情况下为30分钟)的推断误差的平均值以及标准偏差(步骤S5)。接下来,阈值设定部32作为允许值1重新设定平均值+1 σ 值~3 σ 值。另外,阈值设定部32以推断有效时间大致成为测定周期的60~240倍(在30秒间隔的测定中为30分钟~2小时)左右的方式重新设定允许值2(步骤S6)。步骤S6若在30秒间隔的测定中记分期间成为30分钟之前重新推断,则由于允许值1、2小,所以相当于进行缓和。

[0058] 接下来,阈值设定部32在步骤S6的重新设定后,设定推断有效时间的临时阈值,开始推断误差的临时测定(步骤S7)。接下来,模型创建部31在推断误差超过允许值1或推断误差的累计值超过了允许值2的情况下重复进行基准模型的重新创建。阈值设定部32判定是否积蓄了该重新创建被进行30次左右的数据(步骤S8)。在步骤S8中判定为“否”的情况下,步骤S8被再次执行。在步骤S8中判定为“是”的情况下,阈值设定部32求出在步骤S8中得到的推断有效时间的平均值与标准偏差,例如使用3 σ 值来重新设定推断有效时间的阈值(步骤S9)。此外,在步骤S6~步骤S9中,即使是临时的有效时间,但如果小于阈值则输出部34输出与异常相关的信号。

[0059] 关于允许值1、2以及推断有效时间的阈值,若一旦积蓄了数据,则通过预先设置的程序能够追溯过去而多次设定。因此,若重新设定了允许值1、2则从那开始再次进行数据积蓄并验算、同样若重新设定了推断有效时间的阈值则从那开始再次进行数据积蓄并验算这样的情况是不需要的。因此,能够构建在定期检查、油种类的比例变更等之后针对系统只要进行仅输入“进行了变更”这一信息即可的系统。

[0060] 图8是在通过阈值设定部32设定了允许值1、2以及推断有效时间的阈值之后异常判定部33在进行异常判定时所执行的流程图的一个例子。异常判定部33收集由阈值设定部32设定了允许值1、2以及推断有效时间的阈值之后的数据集(步骤S11)。接下来,异常判定部33判定推断误差是否超过允许值1,或者推断误差的累计值是否超过允许值2(步骤S12)。在步骤S12中判定为均未超过的情况下,再次执行步骤S12。在步骤S12中判定为任何一个超过了的情况下,异常判定部33判定推断有效时间是否比规定的时间(例如在30秒间隔的测定中为10分钟)短(步骤S13)。在步骤S13中判定为“是”的情况下,输出部34输出与异常相关的信号(步骤S14)。在步骤S13中判定为“否”的情况下,异常判定部33使用从该时刻起的过去数据(例如在30秒间隔的测定中为1小时)进行再次推断,更新推断式的系数以及常数(步骤S15)。其后,从步骤S11开始再次执行。

[0061] 在图8的例子中,允许值1是推断误差的阈值,允许值2是推断误差的每次数据更新的累计值。若完成一定的推断且以长期间进行平均,则推断误差的平均值几乎为0,但若产生与推断不同的状况则正负任一方的值开始变大。针对该变化设定的阈值是允许值2。由于

即使推断误差的平均值为零附近,但在突发地开始发生的现象时,推断误差变大,所以能够视为异常。该情况下的值是允许值1。

[0062] 由于允许值1、2包含模糊度(ambiguity),所以有时所测定的推断误差超过允许值1,或者推断误差的累计值超过允许值2。然而,模型创建部31在该时刻进行再次推断,将推断式的系数以及常数更新,将该时刻作为推断开始时间而重新开始计数。将下次超过允许值1或者允许值2之前的期间设为推断有效时间,针对该“推断有效时间”设定阈值的是图8的方式。在图8的例子中虽设定了2个允许值,但也可是一个,还可以进行更多个的设定。例如,也可以是在超过了一个或多个允许值的基础上,在超过了与此不同的一个或多个允许值的阶段确定“推断有效时间”,进行再次推断这样的方法。

[0063] 在本实施方式中,超过阈值的现象频繁地产生是被允许的。但是,其频度以怎样程度的间隔发生是被重视的。在发电站、工厂、其他的假定应用目的地中,现象也逐渐发生变化。因此,存在在基准模型的创建后推断误差变小的趋势。在该状态下若推断误差大则产生不以定式进行考虑的现象。因此,“推断有效时间”变短这一情况能够判断为即使考虑阈值的设定、推断的模糊度也发生了异常的状况。即,根据本实施方式,能够判定异常的预兆。

[0064] 另外,根据本实施方式,温度传感器20a~20c相对于基准模型的分歧度的阈值基于基准模型创建后的一定期间的分歧度而决定。该情况下,分歧度的阈值的设定精度得以提高。另外,根据本实施方式,推断有效时间的阈值基于分歧度超过阈值之前的时间的偏差而决定。该情况下,推断有效时间的阈值的设定精度得以提高。

[0065] (第2实施方式)

[0066] 在第1实施方式中,使用传感器检测值、与传感器检测值具有相关的多个其他传感器的检测值来创建了基准模型,但并不局限于此。在第2实施方式中,使用多个传感器的检测值彼此的相关关系,创建传感器检测值的基准模型。

[0067] 首先,试着研究根据多个温度传感器检测的温度推移数据的相关关系来提前发现异常的前兆的预兆检测方法。该情况下,能够使用求出作为对象的数据组的平均以及根据方差-协方差矩阵计算的马氏平方距离(mahalanobis square distance)的方法、稳健地推断数据的中心以及扩展并求出与马氏平方距离相当的统计量的MSD法等。

[0068] 这些被称为“离群值(outlier)检测”。将使用求取该马氏平方距离的过程具体地进行提前发现异常的预兆检测的顺序作为时刻 t 中的 n 个温度数据 $T_1(t)$ 、 $T_2(t)$ 、 $T_3(t)$... $T_n(t)$ 如以下的(1)~(3)所示。

[0069] (1) 设定建模期间(比当前时刻早,积蓄了数据的一定期间),求出该期间的各 n 个温度传感器的温度数据的平均以及温度数据组的无偏方差-协方差矩阵和逆矩阵。

[0070] (2) 针对建模期间内的各时刻 T_m ($m=0,1,2,\dots$)的温度数据 $T_1(m) \sim T_n(T_m)$,使用(1)求出相对于“建模期间的 n 个温度传感器的温度数据组”的马氏平方距离。根据这些值的标准偏差(3σ 等)设定成为异常的阈值。

[0071] (3) 在每次得到新的时刻 T 的数据集 $T_1(T) \sim T_n(T)$ 时,求出与该“建模期间的 n 个温度传感器的温度数据组”之间的马氏平方距离,并判定其是否是阈值以下。

[0072] 在使用MSD法的情况下,设定建模期间,根据该期间决定阈值,并将新的数据集与阈值依次比较这一步骤也是相同的。即,在基于使用了各测定数据彼此的相关的“离群值检测”的预兆检测中,也通过阈值的设定,决定预兆检测的精度。即,若无法完成“充分地进行

高精度的推断、且设定有用的阈值,并以该阈值进行异常判定”,则有用的预兆检测是困难的。鉴于此,在第2实施方式中,也对能够判定异常的预兆的判定装置、判定方法以及判定程序进行说明。

[0073] 图9(a)是第2实施方式涉及的判定装置100a的概略图。判定装置100a与第1实施方式的判定装置100不同的点是不设置说明变量取得部10,并取代温度传感器20a~20c而设置温度传感器20这些点。温度传感器20检测温度值相互具有相关的多处位置的温度。例如,如图9(b)中例示那样,温度传感器20基于利用相同光纤的不同的长度位置的后方散射光而获得的结果来检测各位置的温度。在图9(b)的例子中,各卷绕部分别作为个别的温度传感器发挥功能。判定部30的构成与第1实施方式相同。

[0074] 在本实施方式中,模型创建部31通过求出温度传感器20检测的各位置的检测值的平均以及根据方差-协方差矩阵计算的马氏平方距离,来创建基准模型。另外,模型创建部31通过使用稳健地推断上述检测值的中心以及扩展,并求出与马氏平方距离相当的统计量的MSD法等,来创建基准模型。这里的基准模型是反映了多个检测值彼此的相关关系的大小(若关注各2个传感器彼此则是方位)的偏差的中心。

[0075] 阈值设定部32对传感器检测值的实测值相对于基准模型的分歧度和推断有效时间设定阈值。目的变量的实测值相对于基准模型的分歧度是马氏平方距离、马氏平方距离的每次数据更新的累计值等。在本实施方式中,作为上述分歧度,使用马氏平方距离以及马氏平方距离的累计值。推断有效时间是在基准模型创建后的记分期间中从开始马氏平方距离的测定到上述任一个分歧度超过阈值为止的时间。异常判定部33通过判定该推断有效时间是否小于阈值,来进行异常判定。输出部34在异常判定部33作出了异常的判定的情况下,输出与异常相关的信号。

[0076] 关于基准模型的设定、以及分歧度和推断有效时间的阈值的设定,能够通过图7相同的处理来进行。此外,阈值设定部32除了允许值1、2以外,还预先设定允许值3。图10是通过阈值设定部32设定了允许值1、2以及推断有效时间的阈值之后异常判定部33进行异常判定时所执行的流程图的一个例子。异常判定部33收集通过阈值设定部32设定了允许值1、2以及推断有效时间的阈值之后的数据集(步骤S21)。该数据集按温度传感器20的各位置的每个检测值被收集。

[0077] 接下来,异常判定部33判定任一个位置的马氏平方距离是否超过允许值1,或者该位置的马氏平方距离的累计值是否超过允许值2(步骤S22)。在步骤S22中判定为均未超过的情况下,再次执行步骤S22。在步骤S22中判定为任一个超过的情况下,异常判定部33判定马氏平方距离是否超过允许值3(步骤S23)。

[0078] 在步骤S23中判定为“是”的情况下,输出部34输出与异常相关的信号(步骤S24)。在步骤S23中判定为“否”的情况下,异常判定部33判定推断有效时间是否小于规定的时间(例如在30秒间隔的测定中为10分钟)(步骤S25)。在步骤S25中判定为“是”的情况下,输出部34输出与异常相关的信号(步骤S26)。

[0079] 在步骤S25中判定为“否”的情况下,异常判定部33从该时刻起使用过去数据(例如在30秒间隔的测定中为1小时)再次求出马氏平方距离、用于导出MSD法中的与马氏平方距离相当的统计量的参数(步骤S27)。作为此时的参数,包含温度传感器20的各位置处的新建模期间中的平均值、无偏方差-协方差矩阵以及逆矩阵等。其后,从步骤S21开始再次执行。

[0080] 图10的例子是设定3个允许值,在马氏平方距离超过了允许值1 或累计值超过了允许值2的情况下使用新的数据组来进行再次推断,但在其之前若超过了允许值3则判定为异常这样的例子。例如,在导出马氏平方距离的方法的情况下,例举了将依次求出的马氏平方距离与允许值1比较,将该马氏平方距离的累计值与允许值2比较这样的方法。另外,例如在测定多个点温度,且该多个点的温度一致向危险的温度推移的情况下等马氏平方距离小,但可以说是异常状态。为了避免这样的状况,设定允许值3,并与测定数据自身比较。允许值3也可不是固定数值,而相对于测定个数分别决定固有的值。允许值的设定数、设定方法并不限于图10的例子。

[0081] 在本实施方式中,由于也在推断有效时间变短的情况下判定为异常,所以能够判定异常的预兆。另外,温度传感器20的各检测值相对于基准模型的分歧度的阈值基于基准模型创建后的一定期间的分歧度而决定。该情况下,分歧度的阈值的设定精度得以提高。另外,推断有效时间的阈值基于分歧度超过阈值为止的时间的偏差而决定。该情况下,推断有效时间的阈值的设定精度得以提高。

[0082] **【实施例1】**

[0083] 根据上述实施方式,对具体的实施例进行说明。在实施例1中,根据第1实施方式,使用了与图6相同的目的变量以及说明变量。实施例 1涉及的系统的目的在于根据说明变量组预测壁面温度1~3是否被保持在适当的范围,以最高效的状态执行运转周期。若运转周期过于成为高温/高压则发生锅炉以前的燃烧,若过于成为低温则锅炉的燃烧效率降低。要求避免燃烧地控制最佳的温度/压力。

[0084] 针对这些说明变量,根据图7的处理,如以下那样设定了阈值。在本实施例中,对目的变量1~3使用了相同的数值。

[0085] 允许值1 $\pm 2^{\circ}\text{C}$

[0086] 允许值2 $\pm 10^{\circ}\text{C}$

[0087] 有效时间的阈值 小于20分钟

[0088] 每次的每个推断的建模时间设为1小时,推断中使用了主成分回归。主成分回归的具体方法如以下所示。

[0089] (1) 使用建模期间的说明变量组与目的变量1的值来生成14行14 列的方差-协方差矩阵 (variance-covariance matrix)。具体而言,目的变量1的方差以成为第14行第14列的方式被配置于最后段。

[0090] (2) 针对除了目的变量的行/列以外的13行13列,生成逆矩阵。

[0091] (3) 求出除了由 (2) 求出的逆矩阵和由 (1) 求出的第14列的第 14行的要素以外的积,得到13个数值,将这些作为说明变量的各系数。

[0092] (4) 计算建模期间的各说明变量的平均值,对该各平均值乘以由 (3) 求出的系数并取得它们的和。

[0093] (5) 在计算出建模期间的目的变量的平均值之后减去由 (4) 求出的值,将其作为推断式的常数。

[0094] 在本实施例中,用系统运用停止代替系统异常。如图11 (a) 以及图11 (b) 中例示那样,从17:20前后系统的运转状态变更,没有产生特别与此相伴的异常,但在18:18各说明变量急剧地变动。这是因为停止了系统的运用。若即便能够在数分钟前推断该18:18的系统运

用停止,则作为系统也是有效的。

[0095] 图12(a)是推断误差的瞬时值。图12(b)是推断误差的累计值。图12(c)是推断有效时间。图12(b)中累计值被复位为零的位置与图12(c)的数据位置相同。这是因为在该时刻图12(a)的瞬时值超过了允许值1或图12(b)的累计值超过了允许值2,进行了重新推断计算。观察图12(a)可知,如前述那样,重新推断刚开始之后的推断误差变小。另外,若比较图11(a)、图11(b)以及图12(c),则可知推断有效时间朝向18:18缓缓地降低,在从17:55经过了16分钟后的18:12时刻满足能够判断为异常的条件,该异常的自动判定是合理的。在比18:18靠前6分钟能够进行异常确认,使系统的快速的停止指令成为可能。

[0096] 【实施例2】

[0097] 实施例2是根据第2实施方式的例子。如图13中例示那样,创建4个卷绕部的集合,分别紧贴在炉的壁面。将这4个集合的各个作为温度传感器而使用。在图13中,用○描述的部分是卷绕部,各卷绕部由相同的光纤连结。另外,利用网眼图案来描绘温度分布。在粗的网目部分温度变低,在细的网目部分温度变高。由于在各设备的内部若局部开始积蓄过度的热,则温度局部上升,所以据此能够检测异常。

[0098] 在本实施例中,从各4个卷绕部集合分别提取3个地方的卷绕部,通过进行共计12个卷绕部的相关分析来进行异常的预兆检测。具体而言,将各卷绕部集合的左下作为局部坐标的基准原点 $(X,Z) = (0,0)$,通过以左下和右上的2个点赋予包含各卷绕部的坐标来设定区域。

[0099] 即,以

[0100] 卷绕部集合1是区域1 $(X1a1,Z1a1)$ 、 $(X1a2,Z1a2)$

[0101] 区域2 $(X1b1,Z1b1)$ 、 $(X1b2,Z1b2)$

[0102] 区域3 $(X1c1,Z1c1)$ 、 $(X1c2,Z1c2)$

[0103] 卷绕部集合2是区域1 $(X2a1,Z2a1)$ 、 $(X2b2,Z2a2)$

[0104] 区域2 $(X2b1,Z2b1)$ 、 $(X2b2,Z2b2)$ 这样的方式,指定区域。

[0105] 并且,根据各区域所包含的光纤的各位置的温度求出它们的平均值、最高值、最低值等,将其作为各区域的温度数据。在本系统中,针对这12个温度分别设定阈值,将其作为允许值3。在本实施例中,由于没有超过与允许值3相当的温度,因此仅设定了允许值1、2和有效时间阈值。

[0106] 允许值1是针对新数据集的、在该时刻使用的相对于建模期间的数据的马氏平方距离的值而设定的值。允许值2是针对1个采样前的马氏平方距离与新数据集的马氏平方距离的平均值而设定的值。

[0107] 没有使用积分值的理由如下。即,马氏平方距离表示新数据集相对于建模期间的数据集的重心离开多远。马氏平方距离能够以不同的数值表示以下的情况:若也考虑在哪个方向上这一矢量的成分而进行加法运算则在按重心的周围以一定的距离旋转的方式更新数据集的情况、和横穿重心而向不同的象限转移的情况。然而,在标量的加法运算中可认为这些会视为相同。

[0108] 鉴于此,在若至少缓缓地排除(come off)数据集则附近的数据向相同的方向行进这一假定下,采用平均值作为允许值2。

[0109] 允许值1 60

[0110] 允许值2 50

[0111] 有效时间的阈值 小于20分钟

[0112] 马氏平方距离的求出方法是前述那样。具体而言,在图14(a)以及图14(b)中例示求出马氏平方距离并进行了预兆检测的结果。如图14(a)中例示那样,在记分期间中建模期间紧后马氏平方距离成为最小。该马氏距离随着时间经而增加,但其增加趋势在各个时间段不同。在17:04的重新推断中为50分钟的推断有效时间之后成为变短的一方,17:54的重新推断的推断有效时间是14分钟,18:08的重新推断的推断有效时间是8分钟。若与阈值20分钟比较则在17:54的14分钟后的18:08能够进行异常确认。这是比系统已停止的18:18早10分钟的阶段,在本例子中虽记载了系统停止,但即使在实际上发现某一事故的前兆的情况下,也会找到能够确保可进行初始应对的时间的可能性。

[0113] (变形例1)

[0114] 在上述第1实施方式以及第2实施方式中,多个温度传感器20a~20c或者温度传感器20的温度测定方式是使用了光纤内的拉曼散射光的方式,但不局限于此。例如,作为温度传感器20a~20c或者温度传感器20,能够使用热电偶、测温电阻、照相机拍摄类型的红外热像等。

[0115] 但是,在使用热电偶或测温电阻的情况下,关于测定点各1个点,需要保持导线彼此以及各导线与壁面之间的绝缘的2根导线。另外,在使用红外热像的情况下需要以下条件等:不进行所测定的面的保温等、成为从没有遮挡物的外侧能够拍摄的状态;通过对与测定点相当的位置附近的多个温度数据进行平均化等而汇总成1个测定点;以及为了正确地将亮度变换为温度而预先得到外壁面的放射率。

[0116] 另外,在上述第1实施方式以及实施例1中,将温度作为目的变量,将其他的传感检测数据作为说明变量,但也可根据其他的传感检测数据来决定作为目的变量的参数,将所测定的温度也与其他传感检测数据一起作为说明变量等。由于只是关注于什么样的值,所以例如也可以是将电力量作为目的变量,若检测出异常预兆则发生发电系统的效率的劣化这一使用方法。这在第2实施方式以及第2实施例中也是可以的。例如,也可不是温度传感器20而针对其他的传感检测数据彼此应用上述实施方式。与此相关的内容将在后述的实施例4中描述。

[0117] (变形例2)

[0118] 图15是例示变形例2的判定系统的图。在实施方式2中,判定部30从温度传感器20直接取得数据。与此相对,变形例2的判定系统是具有判定部的功能的服务器通过电通信线路从温度传感器取得数据的判定系统。

[0119] 变形例2的判定系统包含温度传感器20、服务器202、监视服务器203。温度传感器20具有用于取得测定对象物的温度数据的传感器部21、和从传感器部21取得测定数据并生成温度数据的测定器22。

[0120] 温度传感器20具有通过因特网等电通信线路201与服务器202连接的构成。另外,对设置有传感器部21的测定对象物进行监视的监视服务器203与电通信线路201连接。服务器202具备图5(b)的CPU101、RAM102、存储装置103、接口104等,实现作为判定部30的功能。

[0121] 在这样的判定系统中,例如被设置于日本的服务器202接收由其他国家的发电站的煤库测定出的测定数据,检测煤库中的异常发热的预兆。从服务器202输出的结果向监视

服务器203发送。

[0122] 本变形例也能够用于实施方式1。例如,只要代替温度传感器20而使用多个温度传感器20a~20c即可。

[0123] (变形例3)

[0124] 图16(a)以及图16(b)是例示传感器部21以及测定器22的图。如图16(a)中例示那样,传感器部21例如被安装于用于粉碎煤炭来制造微粉的煤粉机的磨粉机中间壳体部40的外壁。如图16(a)中例示那样,磨粉机中间壳体部40具备煤炭41落下而暂时存积的存积部42、将存积在存积部42的煤炭41粉碎的粉碎环43以及辊44。通过粉碎而得到的煤粉45利用一次空气室46的空气而上升。

[0125] 如图16(b)中例示那样,测定器22具备激光器11、分束器12、光开关13、滤光器14、多个检测器15a、15b、运算部16等。激光器11是半导体激光器等光源,射出规定的波长范围的激光。例如,激光器11以规定的时间间隔射出光脉冲(激光脉冲)。分束器12使激光器11射出的光脉冲向光开关13入射。光开关13是切换入射的光脉冲的射出目的地(通道)的开关。在双端方式中,光开关13向传感器部21的光纤23的第1端以及第2端以一定周期交替地入射光脉冲。在单端方式中,光开关13向光纤23的第1端或者第2端的任一方入射光脉冲。光纤23被沿着温度测定对象的规定的路径配置。

[0126] 入射到光纤23的光脉冲在光纤23中传播。光脉冲以一边生成向传播方向前行的前方散射光以及向返回方向行进的后方散射光(返回光)一边缓缓地衰减的方式在光纤23内传播。后方散射光通过光开关13而再次向分束器12入射。入射到分束器12的后方散射光向滤光器14出射。滤光器14是WDM耦合器等,从后方散射光提取出长波长分量(斯托克斯分量)和短波长分量(反斯托克斯分量)。检测器15a、15b是受光元件。检测器15a将后方散射光的短波长分量的受光强度变换为电信号并向运算部16发送。检测器15b将后方散射光的长波长分量的受光强度变换为电信号并向运算部16发送。运算部16使用斯托克斯分量以及反斯托克斯分量,测定光纤23的延伸方向的温度分布。

[0127] 图17(a)是传感器部21的透视图,是透过了图17(b)的片材(sheet)24b的图。图17(b)是图17(a)的A-A线剖视图。传感器部21是将光纤23配置于规定的位置的光纤片材。如图17(a)以及图17(b)中例示那样,传感器部21具有夹着光纤23而进行保持的一对片材24a、24b、保持片材24a、24b间的缝隙的玻璃布胶带25、大致决定光纤23的卷绕部26的位置的带狭缝金属管27。

[0128] 光纤23具有以多次卷绕的状态被片材24a、24b保持的卷绕部26a~26h(以下,统称为卷绕部26)。图17(c)表示光纤23被卷绕1圈的例子。卷绕部26a~26h由1根光纤23构成,或由上段下段各1根合计2根光纤23构成。在后者的情况下,例如在图17(a)中的上段下段连接部进行熔融连接。片材24a与测定对象接触。在片材24a设置有粘性胶带28。由此,能够将片材24a粘贴到温度测定对象物。

[0129] 卷绕部26a~26h分别例如被卷绕了2~8圈。例如若考虑是被卷绕了4圈的卷绕部的情况,则光纤23的直径因耐热温度而不同,是0.16~0.4mm,因此金属管27的内径需要是光纤23的直径的2倍以上的1~2mm左右。由于金属管27的板厚是0.5mm左右,因此从片材24a到24b具有2~3mm左右的厚度。

[0130] 在第2实施方式中,根据包含于各区域的光纤的各位置的温度求出它们的平均值、

最高值、最低值等,将其作为各区域的温度数据,变形例3的卷绕部26成为具有图17(b)那样的厚度的构成,卷绕部26中的、离开测定对象的部分的温度有时大幅偏离测定对象的实际的温度。

[0131] 鉴于此,从包含于卷绕部26a~26h的多个测定点所表示的温度值中选择预先决定的个数、例如从温度的最高值按顺序选择5个并求出平均值,作为与各卷绕部对应的区域的温度。由此,能够提高被测定的温度的精度,能够进一步高精度地检测测定对象的温度的异常状态的预兆。

[0132] (第3实施方式)

[0133] 作为具有与第2实施方式不同的目的实施方式,对第3实施方式进行说明。在图10例示的第2实施方式中,以使用各种各样的传感检测数据为前提,但没有表示其具体的方法。鉴于此,在本实施方式中,首先表示其方法的一个例子。该方法本身与在日本专利第5308501号中也作为向概率变量的变换而公开的方法相同,在通常的多变量解析中是一般的方法。

[0134] 图18是例示对使用时刻 t 中的 N 个传感检测数据 $S1(t) \sim SN(t)$ 进行建模时的无量纲化程序进行表示的流程图的图。该无量纲化程序在模型创建部31执行图7的步骤S3以及步骤S4的情况下、异常判定部33执行图8的S15或者图10的步骤S27的情况下被执行。其中, N 个传感检测数据 $S1(t) \sim SN(t)$ 是各目的变量以及各说明变量。这里,对将模型创建部31作为主体的情况进行说明。

[0135] 模型创建部31从当前的基准时刻 t 求出规定的过去时间(建模期间)中的各传感检测数据的平均值和标准偏差(步骤S31)。时刻 t 中的 N 个各传感检测数据 $S1(t) \sim SN(t)$ 的从该时刻 t_0 开始的、用于建模的规定的过去时间 ΔT 期间的各平均值 $S1_ave \sim SN_ave$ 由下述式表示。

[0136] $S1_ave = \text{Average}(S1(t_0), \dots, S1(t_0 - \Delta T))$,

[0137] $S2_ave = \text{Average}(S2(t_0), \dots, S2(t_0 - \Delta T))$,

[0138] ...

[0139] $SN_ave = \text{Average}(SN(t_0), \dots, SN(t_0 - \Delta T))$

[0140] 标准偏差 $S1_sigma \sim SN_sigma$ 由下述式表示。

[0141] $S1_sigma = \text{Standard Deviation}(S1(t_0), \dots, S1(t_0 - \Delta T))$,

[0142] $S2_sigma = \text{Standard Deviation}(S2(t_0), \dots, S2(t_0 - \Delta T))$,

[0143] ...

[0144] $SN_sigma = \text{Standard Deviation}(SN(t_0), \dots, SN(t_0 - \Delta T))$

[0145] 接下来,模型创建部31在参数导出时首先从各传感检测数据值减去各平均值来作为零基准的值,进而用标准偏差值或其数倍的值进行除法运算(步骤S32)。由此,各传感检测数据被无量纲化。在异常判定部33进行了无量纲化程序的情况下,当执行图8的步骤S11或者图10的步骤S21时,针对新的数据组进行上述的无量纲化处理。

[0146] 根据上述无量纲化处理,各传感检测数据均在建模期间中,平均值是零,另外,值的偏差也一样。由于值的偏差能够通过之后的参数导出的方法进行更正,因此也可不使用标准偏差值,而用计算出的各平均值进行各传感检测数据值的除法运算,以其结果得到的值进行参数导出。该情况下,建模期间中的平均值为1。通过该无量纲化程序,能够利用例如

图8、图10的方法来处理在图6中例示的壁面温度1~3、电力量、供煤量、压力1~3等量纲不同的传感检测数据。

[0147] 然而,工厂中的异常预兆在绝大多数的情况下并不是某一事态仅发生一次就结束的预兆,而是如图19(a)中例示的煤炭的自燃现象、如图19(b)中例示的轴承劣化故障那样,在逐渐地恶化时开始加速频发,其成为连续现象并导致事故这样的预兆,从实际的发电站/工厂等来看需要与突发地仅在某一短时间发生某一异常但其后很快恢复正常这样的情况等区分来考虑。此外,在图19(a)中,在煤炭种类A~H的任一个中都表示了自燃现象加速频发的情况。

[0148] 鉴于此,将图20的步骤作为本实施方式的一个方法公开。装置构成与实施方式2相同。异常判定部33收集通过阈值设定部32设定了允许值1、2以及推断有效时间的阈值后的数据集(步骤S41)。该数据集按温度传感器20的各位置的每个检测值进行收集。

[0149] 接下来,异常判定部33判定任一个位置的马氏平方距离是否超过了允许值1、并且该位置的马氏平方距离的累计值是否超过了允许值2(步骤S42)。在步骤S42中判定为“否”的情况下,从步骤S41开始再次执行。在步骤S42中判定为“是”的情况下,异常判定部33判定马氏平方距离是否超过了允许值3(步骤S43)。

[0150] 在步骤S43中判定为“是”的情况下,输出部34输出与异常相关的信号(步骤S44)。在步骤S43中判定为“否”的情况下,异常判定部33使用从该时刻起的过去数据(例如在30秒间隔的测定中为1小时)再次求出马氏平方距离、用于导出MSD法中的与马氏平方距离相当的统计量的参数(步骤S45)。作为该情况下的参数,包含温度传感器20的各位置处的新建模期间中的平均值、无偏方差-协方差矩阵以及逆矩阵等。

[0151] 接下来,异常判定部33使用由步骤S41收集到的当前的数据集开始以下的步骤S47、S48的离群值检定(步骤S46)。首先,异常判定部33判定任一个位置的马氏平方距离是否超过了允许值1,并且该位置的马氏平方距离的累计值是否超过了允许值2(步骤S47)。在步骤S47中判定为“否”的情况下,异常判定部33判定推断有效时间是否小于规定的时间(例如在30秒间隔的测定中为10分钟)(步骤S48)。在步骤S48中判定为“是”的情况下,异常判定部33输出与异常相关的信号(步骤S49)。

[0152] 在步骤S47中判定为“否”的情况下,异常判定部33将推断有效时间设定为比规定的时间大的固定值(步骤S50)。其后,从步骤S41开始再次执行。在步骤S48中判定为“否”的情况下,异常判定部33将推断有效时间复位为零(步骤S51)。其后,从步骤S41开始再次执行。

[0153] 在图20的例子中,与图10不同,在建模后不使用新的数据集进行离群值检定,而用当前的数据集再次进行离群值检定,并根据该结果决定是否将推断有效时间复位。这是因为在是不进行建模而经过了一定程度时间的状态的时刻利用新的数据集超过了允许值1或者允许值2的情况下,区分其是因实际突发的事态的产生而引起的,还是单纯地因炭种变更、输出指令变更引起的。该技术思想也能够用于实施方式1。如果在建模后再次超过了允许值1或者允许值2则认为与前者相当,通过设为能够评价推断有效时间的状态,能够判断是否进入了加速的状况。在使用该方法时,与数据集的量纲无关,更优选进行图18中公开的方法,或上述那样,不以标准偏差进行除法运算,而使用以平均值进行除法运算的方法来进行无量纲化。此外,在图20的步骤S42以及步骤S47中,也可将“and”判定设为“or”判定。

[0154] 【实施例3】

[0155] 将图20例示的第3实施方式、与日本专利第5308501号等所使用的标准的移动窗口(moving window)这一依次在离群值检定的前阶段必须进行建模的图21的比较例加以比较,使第3实施方式的效果变得明显。在图21的比较例中,使用被设定的数据组(步骤S61),在任一个位置的马氏距离超过了允许值1以及允许值2的情况下(步骤S62)输出与异常相关的信号(步骤S63)。在步骤S62中为“否”的情况下,当马氏距离超过了允许值3时(步骤S64)也输出与异常相关的信号(步骤S65)。在步骤S64中为“否”的情况下,使用从该时刻起的过去数据(例如在30秒间隔的测定中为1小时)再次求出马氏平方距离、用于导出MSD法中的与马氏平方距离相当的统计量的参数(步骤S66)。

[0156] 在图20以及图21的任一个例子中,都进行了图18例示的无量纲化处理。但是,这里使用了上述所示的另一个方法、即不是以标准偏差进行除法运算的方法而以平均值进行除法运算的方法。作为对象将第1实施方式所示的利用煤炭的燃烧周期的火力发电设备作为例子。代替图6的壁面温度1~3,将图9(b)、图13、图17所示的、加工为具有多个卷绕部的片材形状的部件设置于如图16那样的设备的壁面,提取出64个点的测定数据,将其作为每个测定的数据集进行处理。

[0157] 在图22中例示比较例的结果。瞬间值是使用新的数据集计算出的离群值距离,2个点平均是前次计算出的离群值距离与这次计算出的离群值距离的2点平均值。允许值1设为模型更新期间的瞬间值的平均值+瞬间值的标准偏差的3倍(3σ)值,允许值2设为2点平均值的平均值+瞬间值的标准偏差的3倍(3σ)值。允许值3设为瞬间值的平均值+瞬间值的标准偏差的8倍(8σ)值。异常判定在图21中不是异常的情况输出0,在异常确定的情况下输出1。在图22的例子中,在比系统已停止的18:18早4分钟的18:14异常判定频发。然而,可知在图22中从午前0时开始发生了3次误检测,作为系统的可靠性受损。

[0158] 在图23中例示图20所记载的方法的结果。瞬间值、2点平均、异常判定、允许值1~3的定义与图22相同。将推断有效时间的阈值设为4分钟。在比系统已停止的18:18早2分钟但比图21的方法晚2分钟的18:16异常判定频发。然而,可知与图22不同,没有误检测,确保了异常判定的可靠性。

[0159] 相对于图22以及图23,图24以及图25表示将允许值1设为瞬间值的平均值+瞬间值的标准偏差的2倍(2σ)值,将允许值2变更为2点平均的平均值+瞬间值的标准偏差的2倍(2σ)值的情况。异常判定均开始频发的时刻与图22以及23相比没有变化。可知在图21所记载的方法中还是误检测频发,但在图20的方法中不发生误检测,确保了异常判定的可靠性。

[0160] 即,通过使用与如日本专利第5308501号中能够看出那样的移动窗口型的离群值检定等不同的本实施方式,关于允许值1、2,即使以平均值+标准偏差的2倍(2σ)~标准偏差的3倍(3σ)这一宽松的幅度来进行设定也能够进行预兆检测。

[0161] 【实施例4】

[0162] 在实施例4中,除了温度以外,还针对由第1实施方式例示的利用煤炭的燃烧周期的火力发电设备的各种传感检测数据执行图26例示的异常预兆的检测。具体而言,针对组合了图6所示的煤炭火力发电设备的目的变量1~3以及说明变量组的16个传感检测数据的时间序列数据,实施图26例示的处理。首先使用图18例示的方法进行无量纲化。其中,这里与实施例3相同,使用以平均值进行除法运算的方法而不使用以标准偏差进行除法运算的

方法。

[0163] 图26的处理与图20的处理的不同点是在进行依次处理的过程中,若超过了一定的长期的时间则强制进行再次建模。具体而言,在步骤 S41执行后并且在步骤S42执行前,异常判定部33判定当前时刻是否是强制更新时间以内(步骤S52)这一点不同。在步骤S52中判定为“是”情况下执行步骤S42。在步骤52中判定为“否”情况下执行步骤S45。之所以执行步骤S52是因为作为离群值即使以没有问题的值推移,但若经过一定时间则有助于离群值的数据会明显变化,因此修正其是较合适的。将其设为强制更新时间。以比推断有效时间长数倍以上的时间来设定强制更新时间。

[0164] 在本实施例中,与实施例3同样地将允许值1设为模型更新瞬间值的平均值+瞬间值的标准偏差的3倍(3σ)值,将允许值2设为2点平均值的平均值+瞬间值的标准偏差的3倍(3σ)值。将允许值3设为瞬间值的平均值+瞬间值的标准偏差的8倍(8σ)值。将推断有效时间设为5分钟,将强制更新时间设为40分钟。此外,以2分钟为单位收集各传感检测数据。

[0165] 在图27中例示结果。在图27中,在比系统已停止的18:18早接近1小时的17:24的时刻判定了异常。另外,其后暂时返回到正常,再次在18:10异常频发。鉴于此,在图28中例示使用相同日的0点~2点的各平均值来对各传感检测数据进行了标准化的情况。之所以这样以固定值进行了标准化是因为没进行建模等,所以用相同的指标进行了比较。

[0166] 参照图28可知,从17:22开始供煤量减少,与此相伴多个传感检测数据开始表示不同的推移。由于当前的推断有效时间是5分钟,因此在17:27以后确定异常的可能性高,但在开始了减少供煤量的下一个测定的17:24的时刻成为了异常。这是因为包含供煤量的几个数据虽进一步减少,但其他数据没有明显的变化,所以超过了平均值+瞬间值的标准偏差的8倍(8σ)的值。供煤量的减少缓和而暂时稳定,但再次从18:10开始包含供煤量的多个参数开始变化,由于变化猛烈,所以在该时刻判定结果立刻超过了平均值+瞬间值的标准偏差的8倍(8σ)的值,因此作出了异常判定。

[0167] 综上所述可知,根据使用了本发明的预兆检测,除了温度以外,还根据具有各种量纲的传感检测数据彼此的相关关系,即使设定包含一定程度模糊度的阈值也能够进行适应性高且正确的异常的预兆检测。此外,在图26的步骤S42以及步骤S47中,也可将“and”判定设为“or”判定。

[0168] 以上对本发明的实施例进行了详述,但本发明并不限于上述特定的实施例,在技术方案记载的本发明主旨的范围内,能够进行各种变形/变更。例如,在上述各例中虽将相对于推断有效时间的阈值设为1个,但也可进一步设定比该第1阈值大的第2阈值。该情况下,在推断有效时间大于第1阈值小于第2阈值的情况下,作为安全度比异常警报高1级别的催促注意而输出注意信息警报。

[0169] 附图标记说明

[0170] 10…说明变量取得部;11…激光器;12…分束器;13…光开关;14…滤光器;15a、15b…检测器;16…运算部;20…温度传感器;21…传感器部;22…测定器;30…判定部;31…模型创建部;32…阈值设定部;33…异常判定部;34…输出部;40…磨粉机中间壳体部;41…煤炭;42…存积部;43…粉碎环;44…辊;45…煤粉;46…一次空气室;100…判定装置。

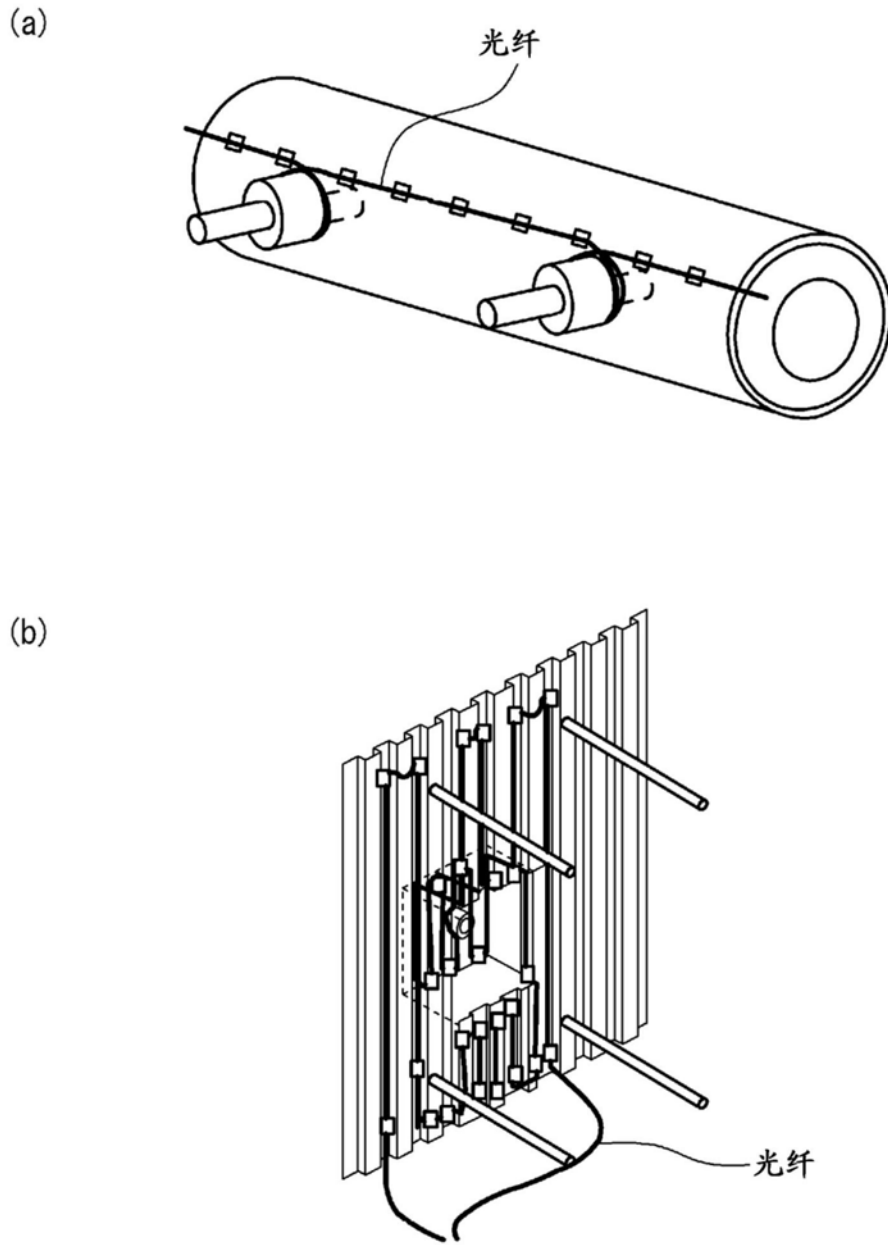


图1



$$\begin{cases}
 \text{目的变量1} = a_1 \times \text{冷却水量} + b_1 \times \text{冷却水温度} + c_1 \times \text{燃料喷射量} + \dots + \text{常数} \\
 \text{目的变量2} = a_2 \times \text{冷却水量} + b_2 \times \text{冷却水温度} + c_2 \times \text{燃料喷射量} + \dots + \text{常数} \\
 \text{目的变量3} = a_3 \times \text{冷却水量} + b_3 \times \text{冷却水温度} + c_3 \times \text{燃料喷射量} + \dots + \text{常数}
 \end{cases}$$

图2

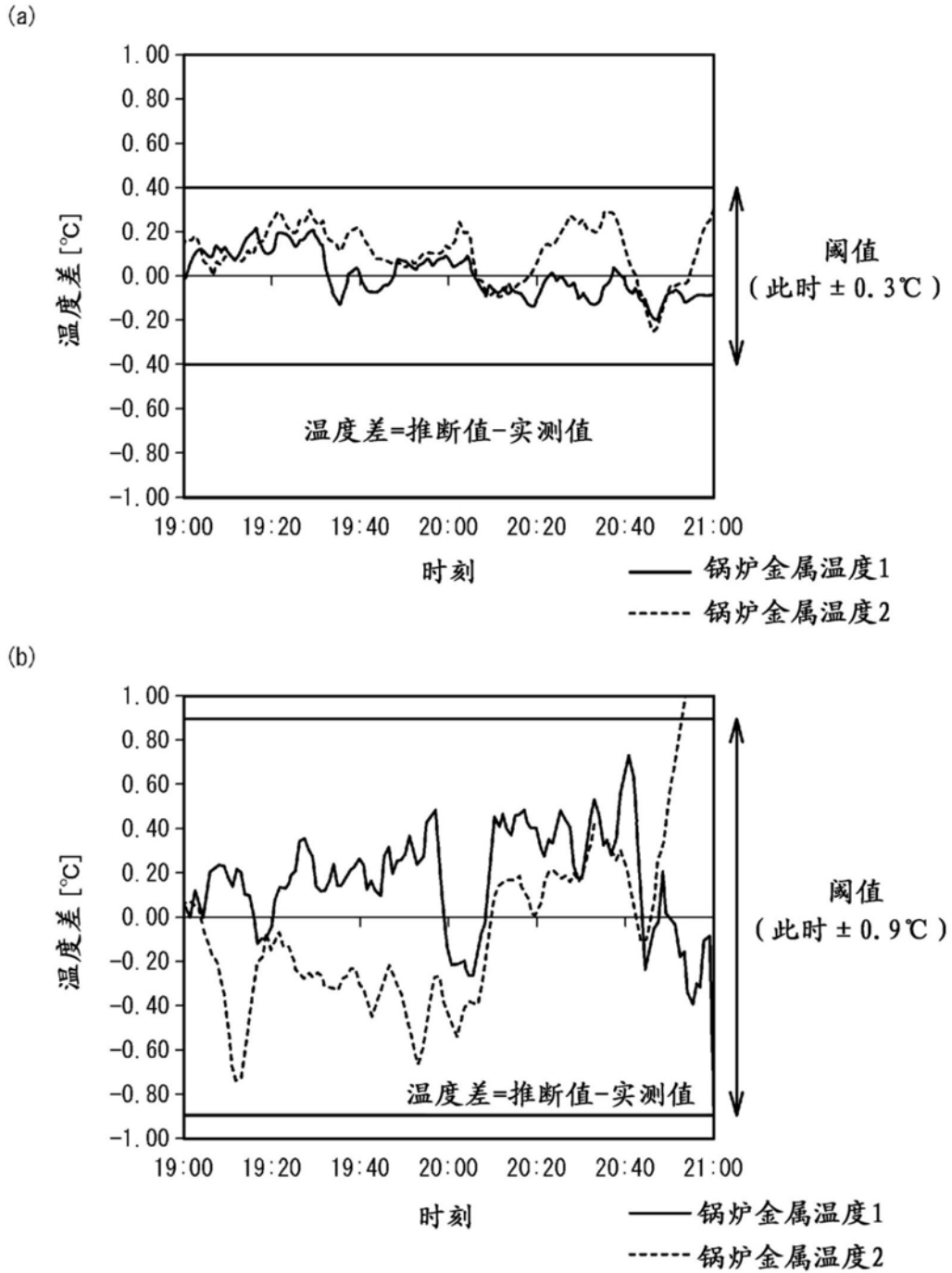


图3

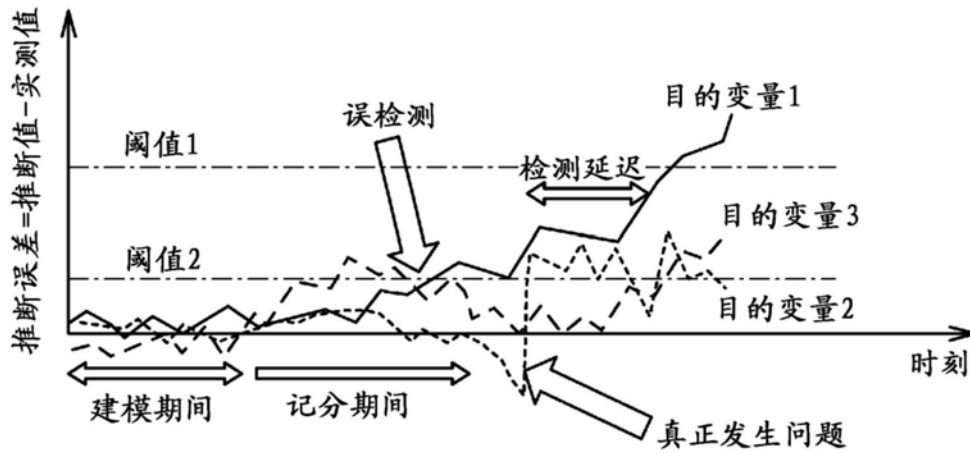


图4

100

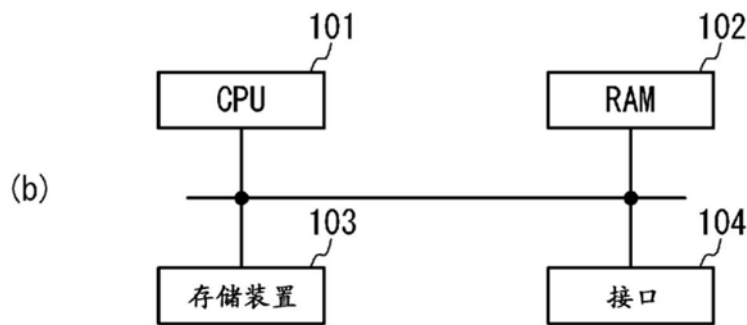
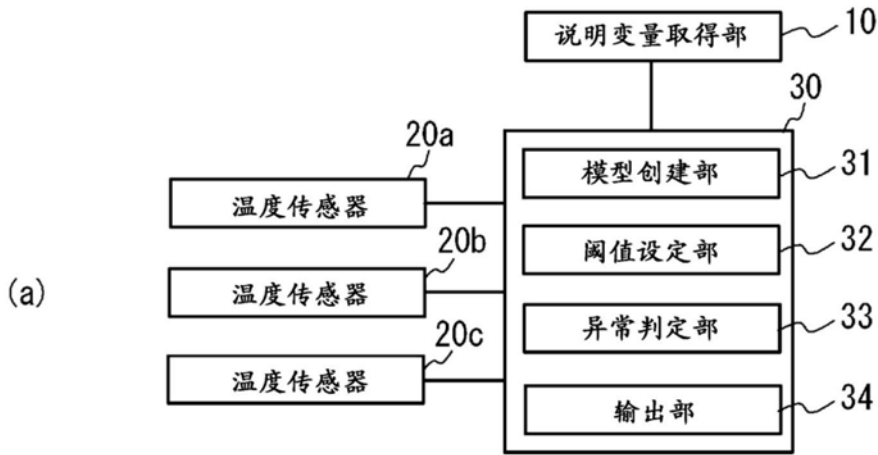


图5

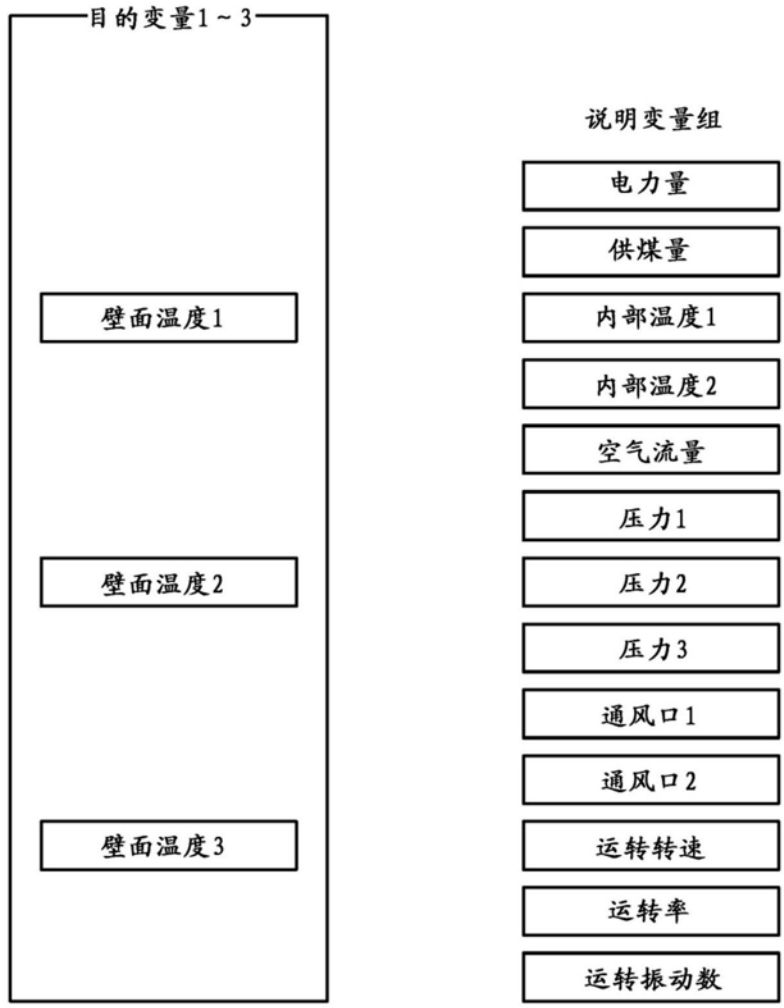


图6

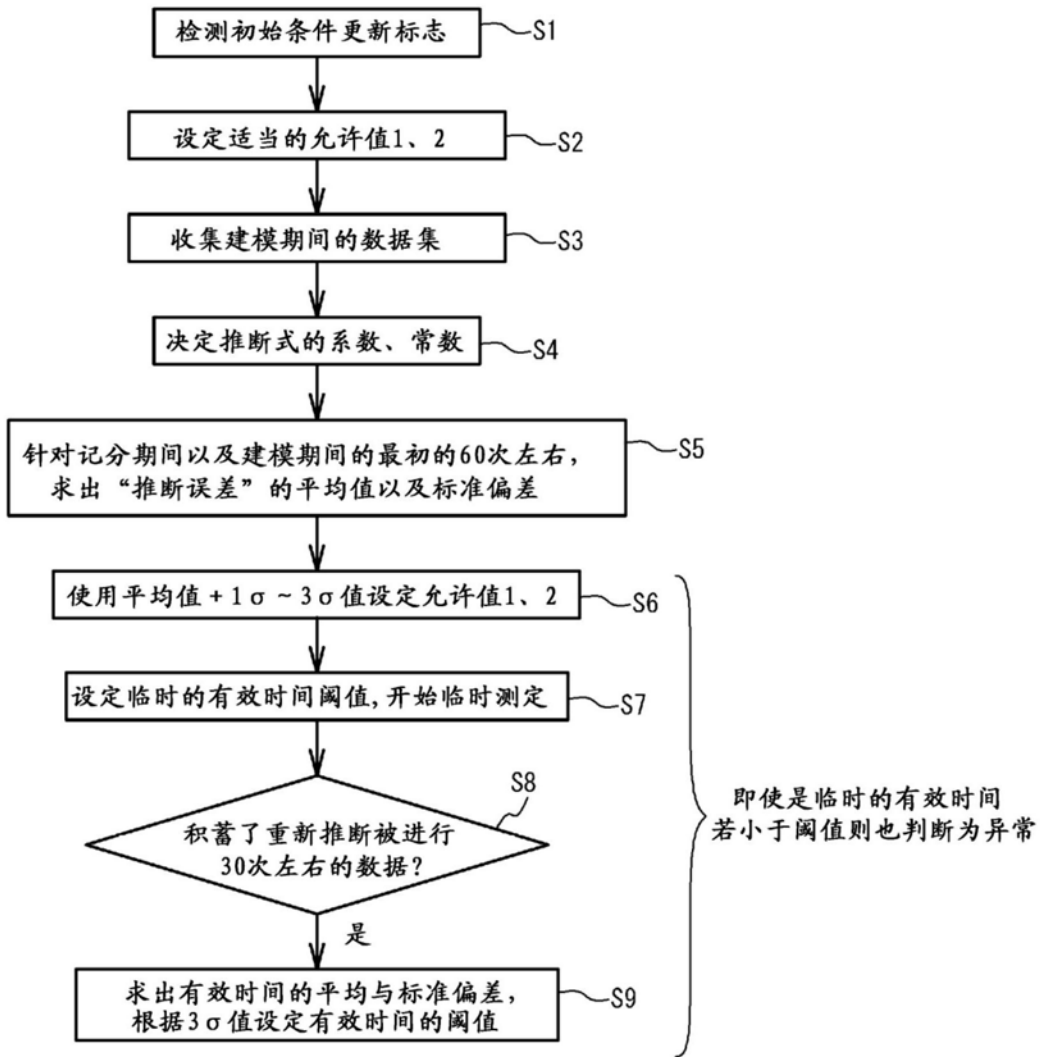


图7

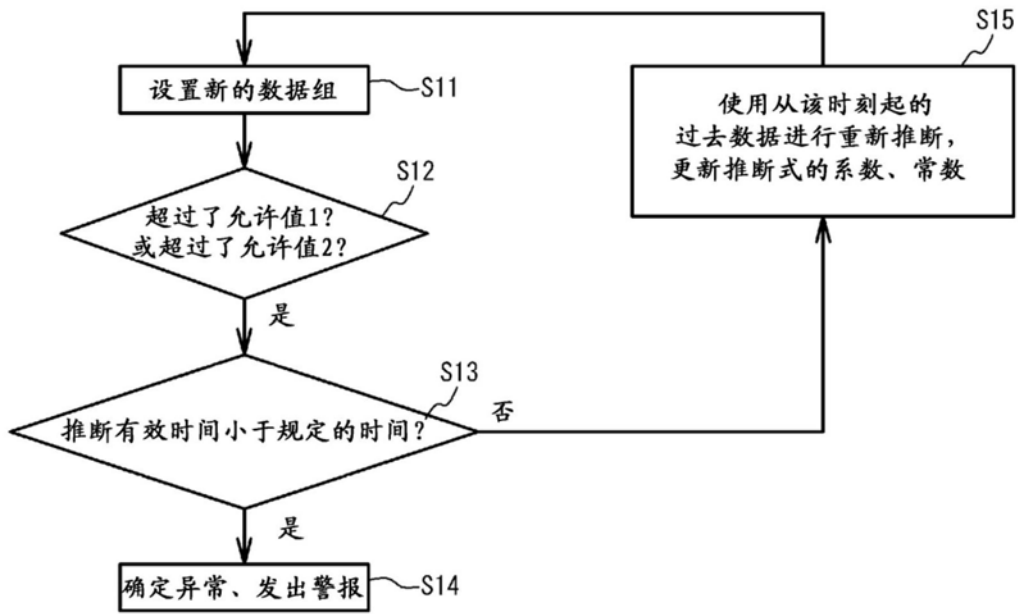


图8

100a

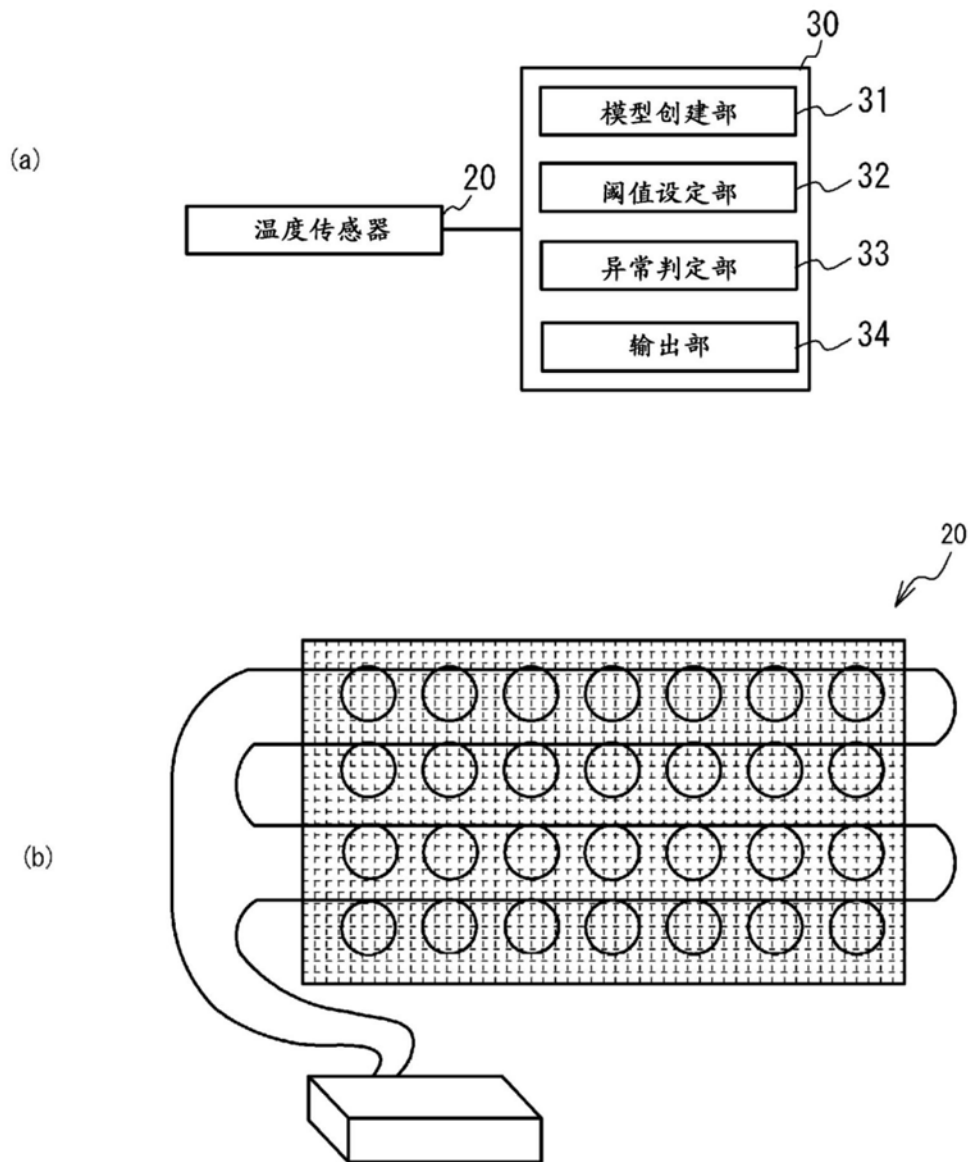


图9

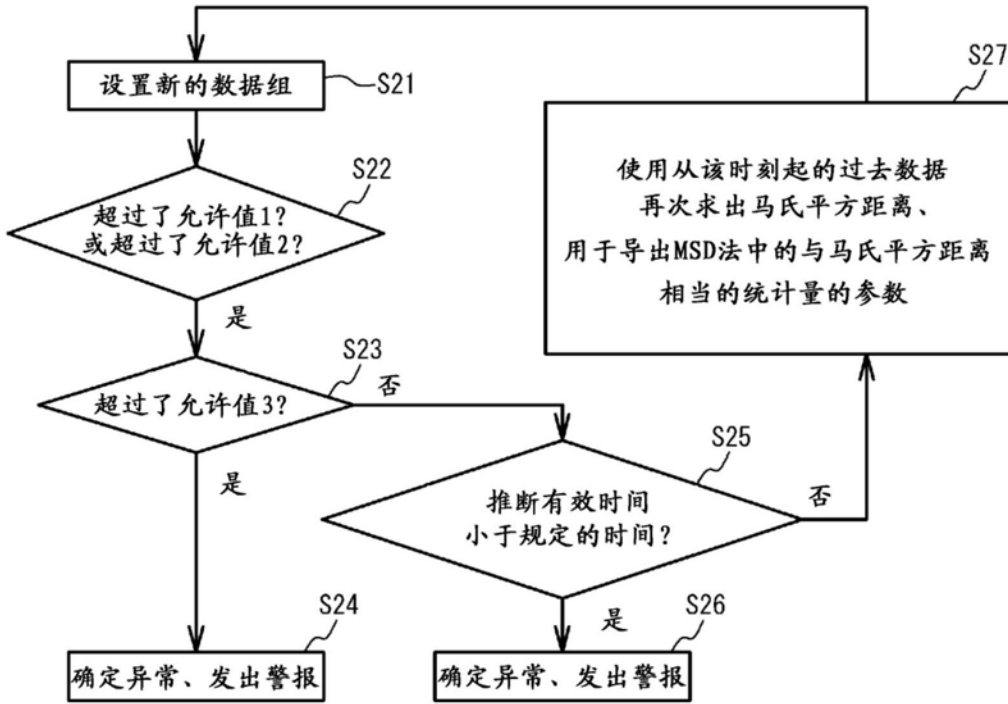


图10

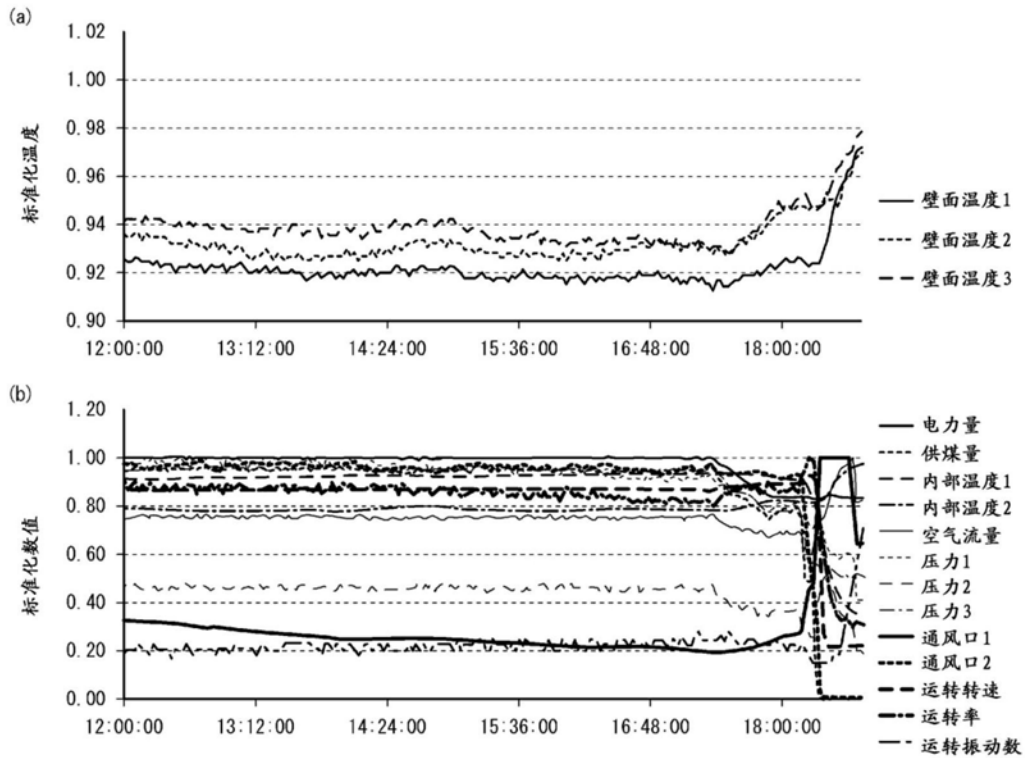


图11

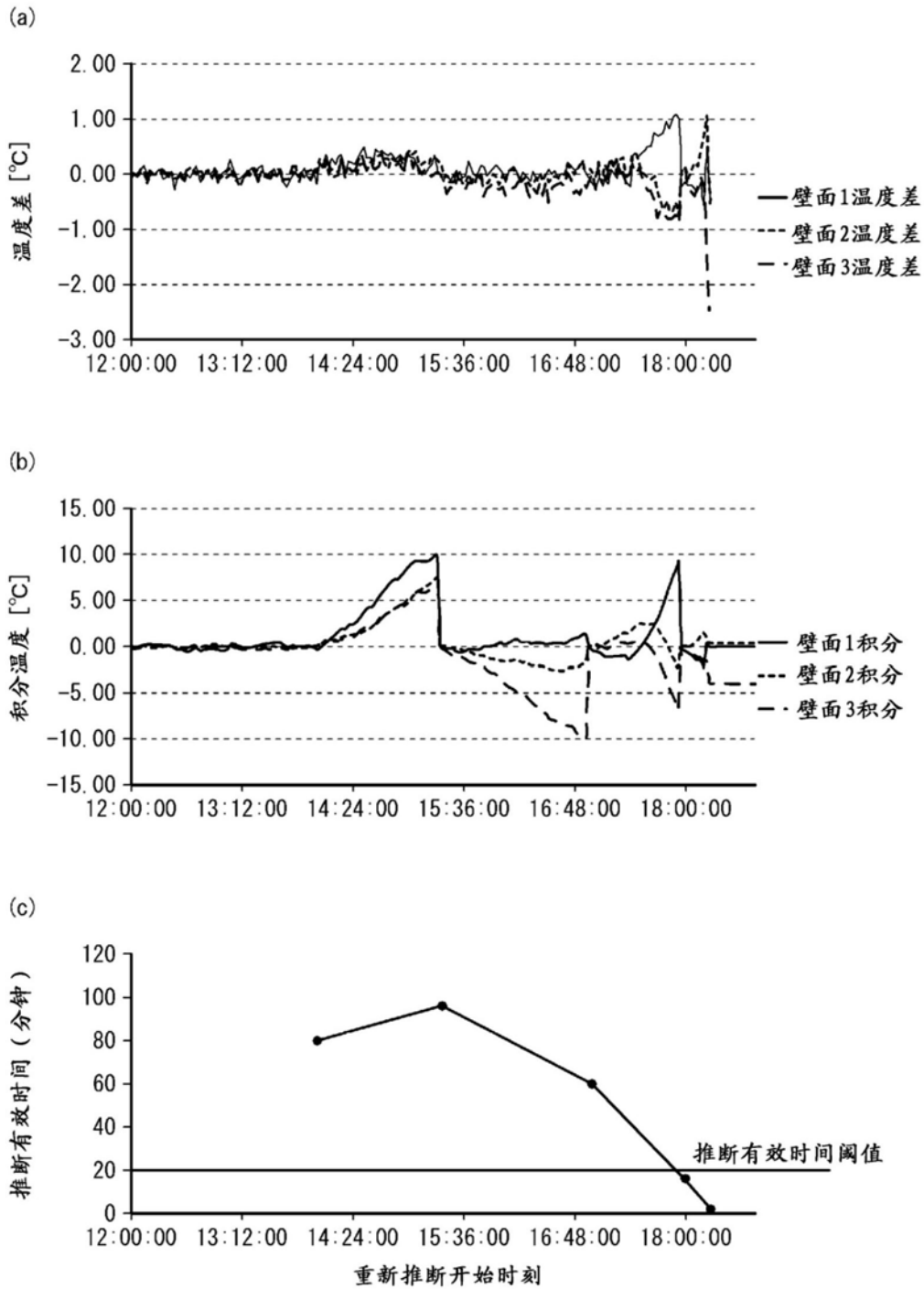


图12

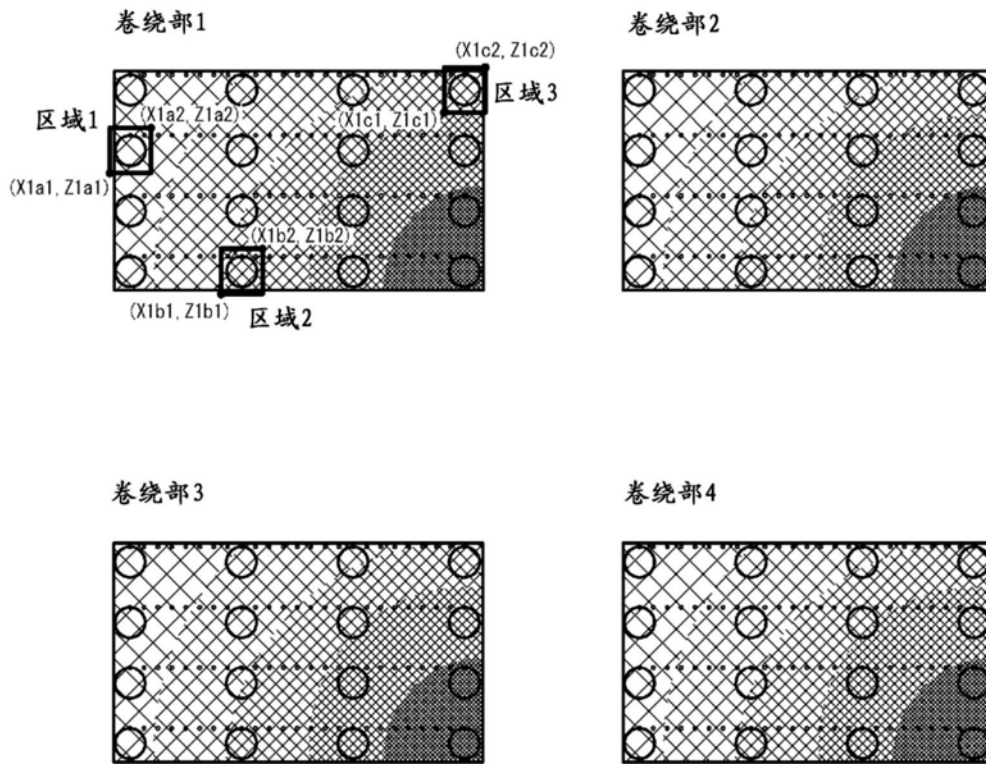


图13

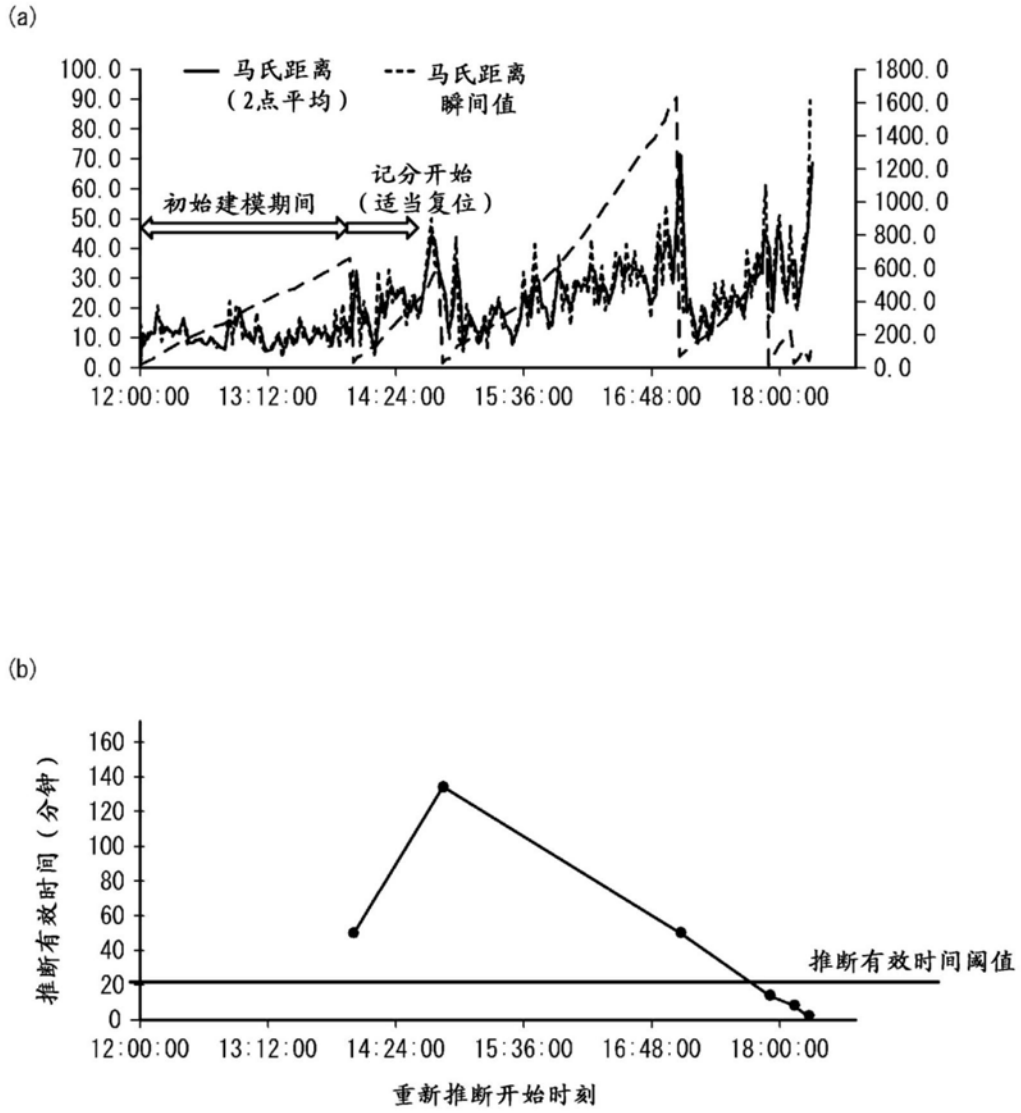


图14

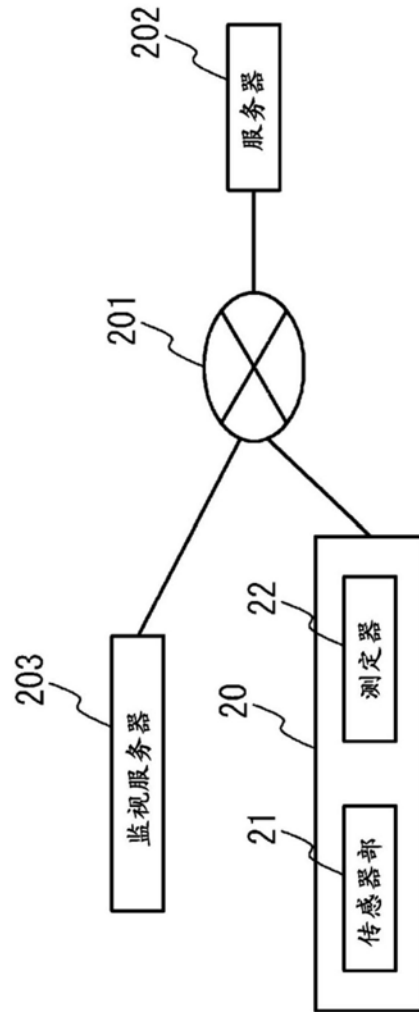


图15

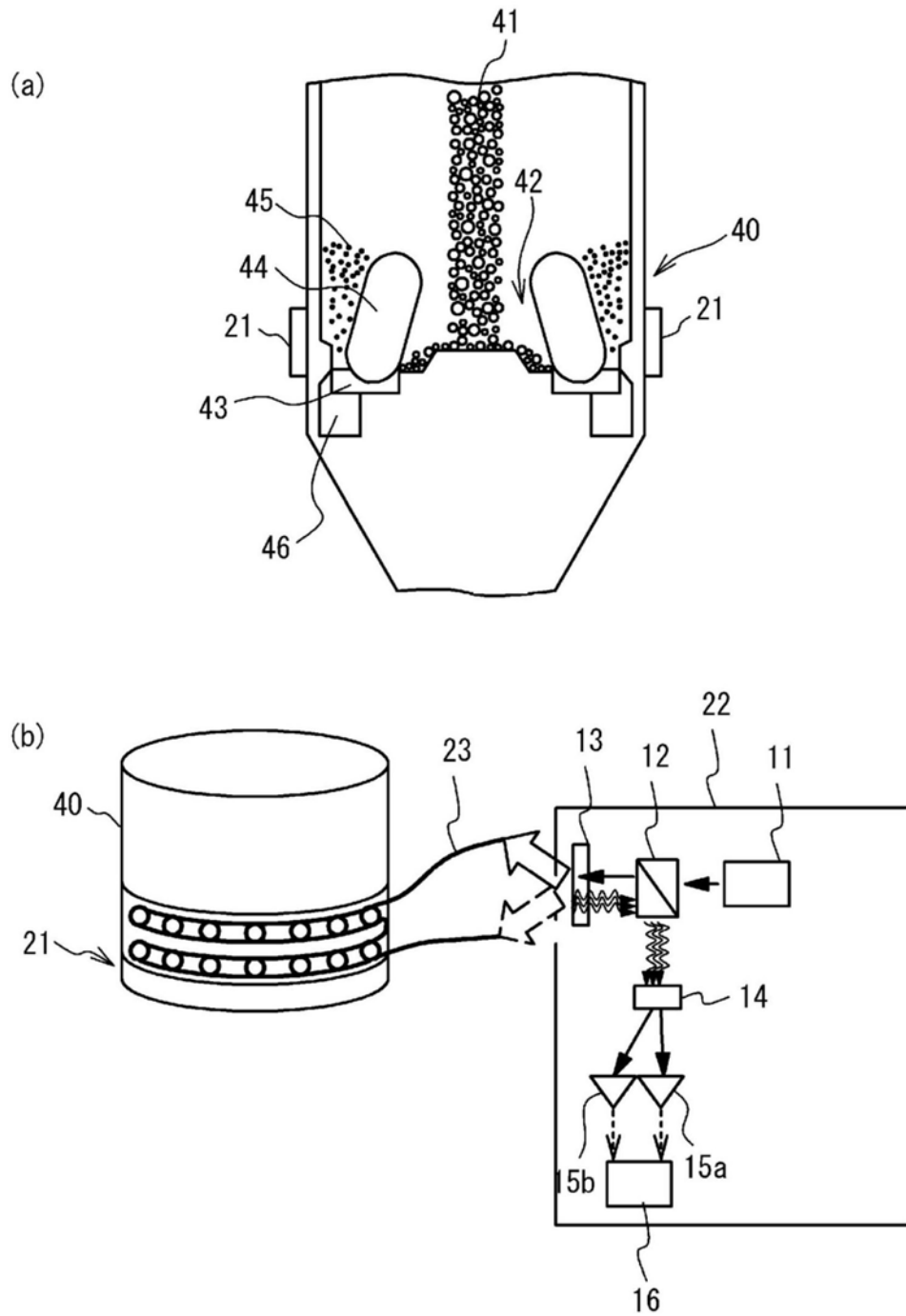


图16

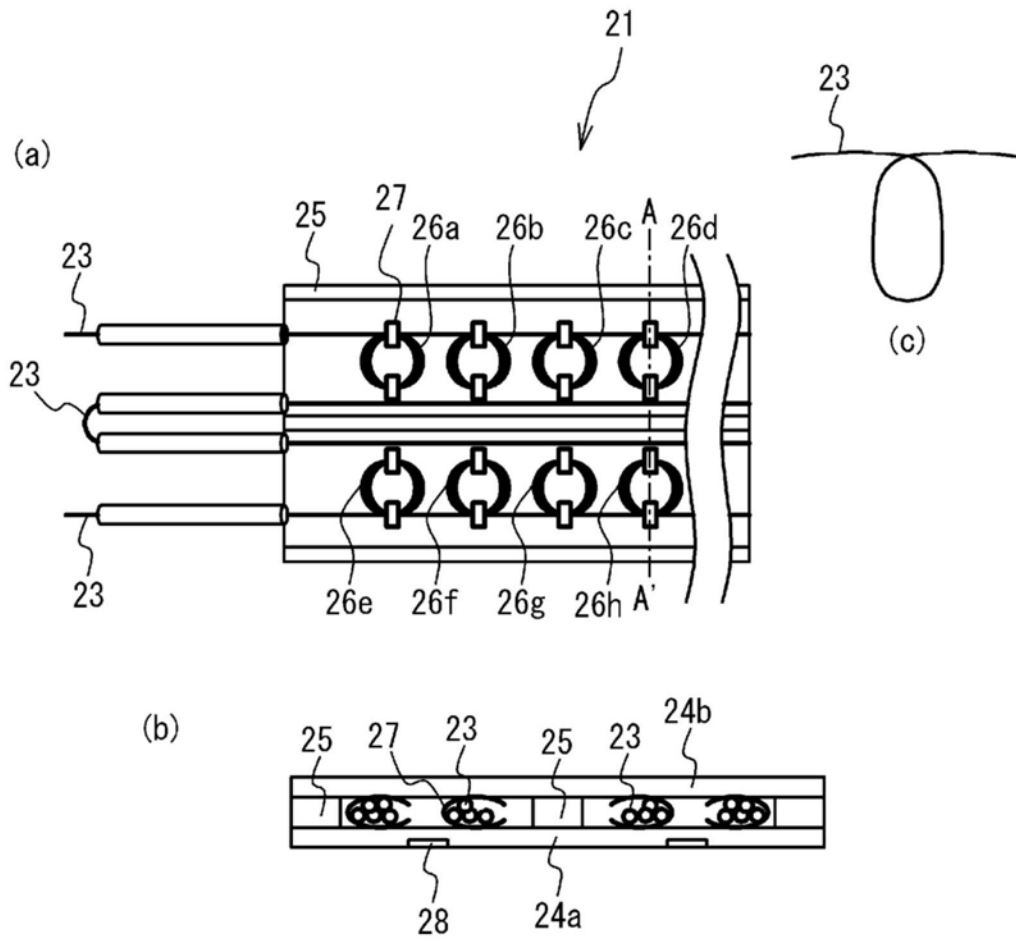


图17

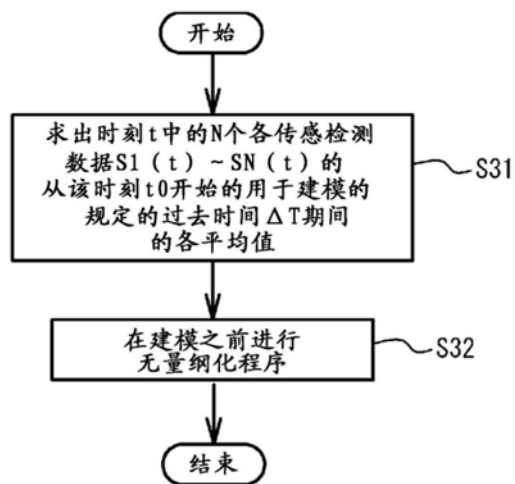
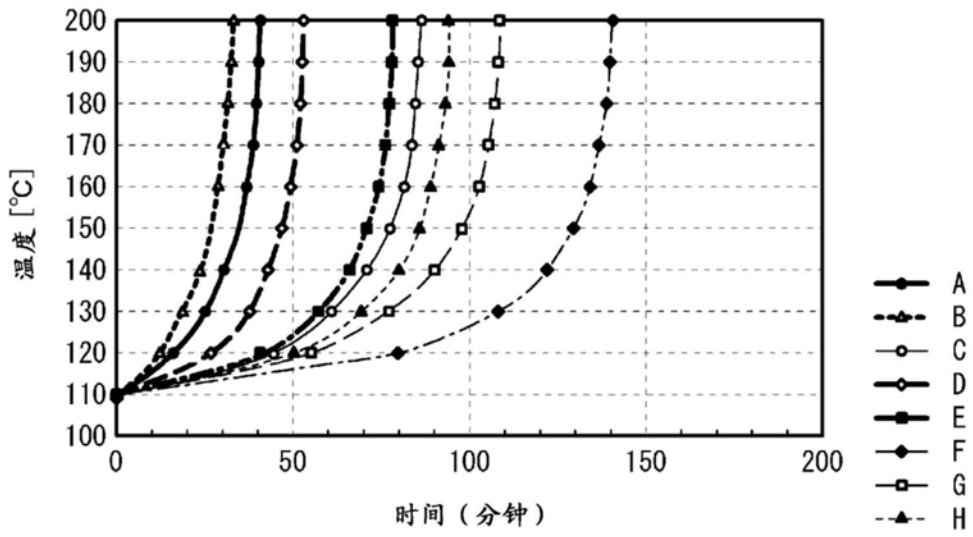


图18

(a)



(b)

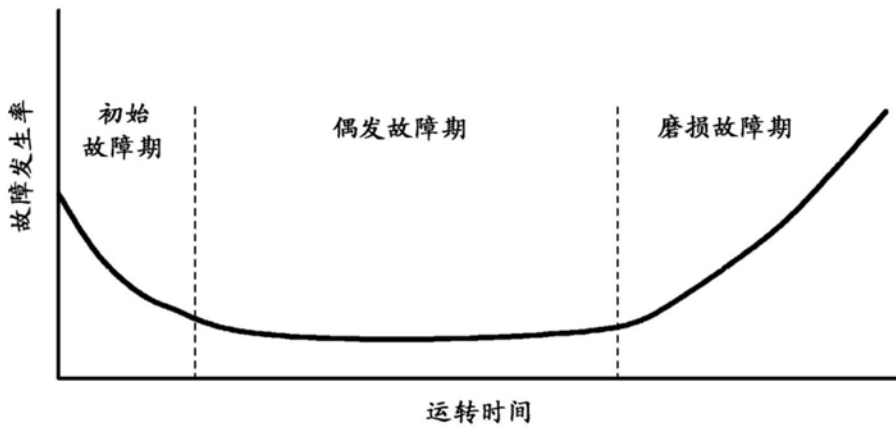


图19

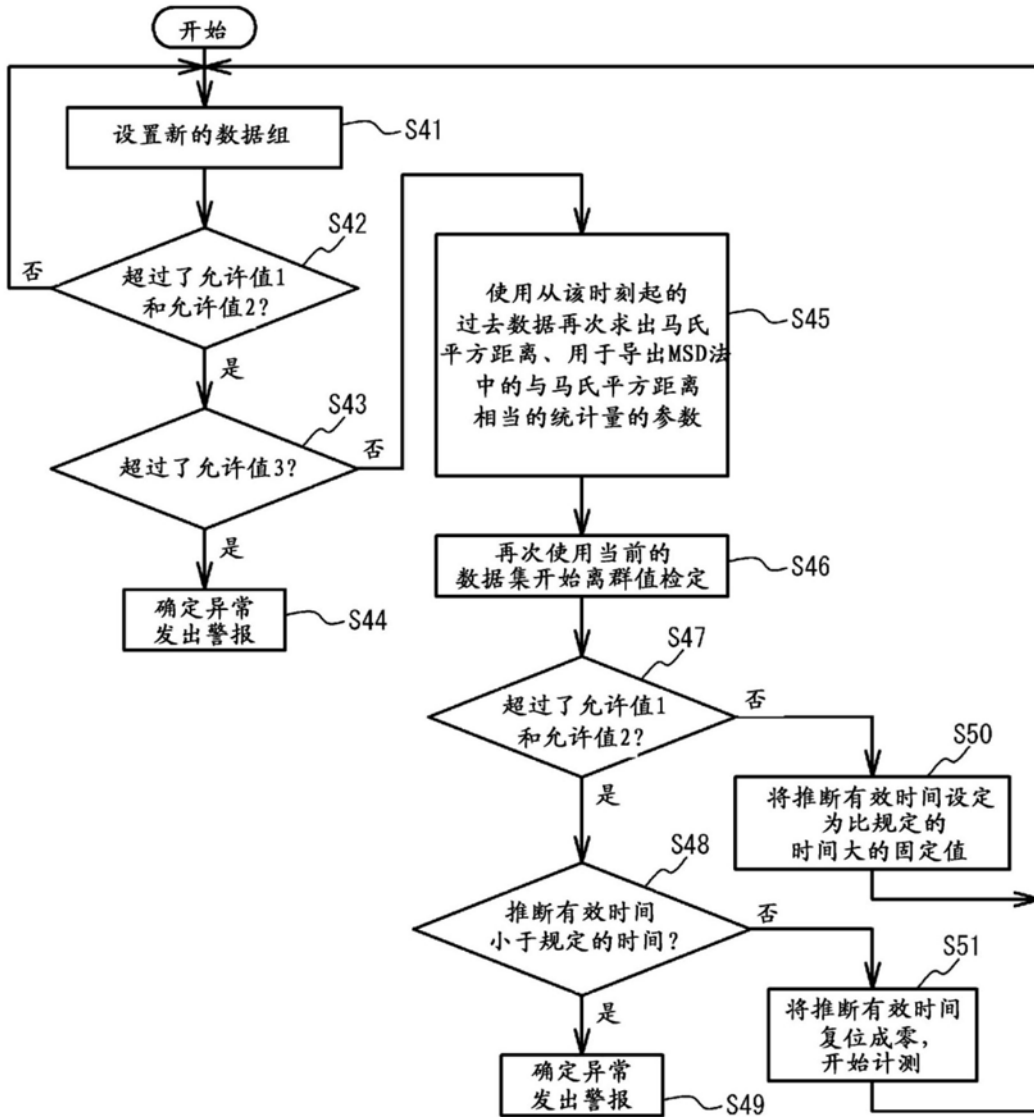


图20

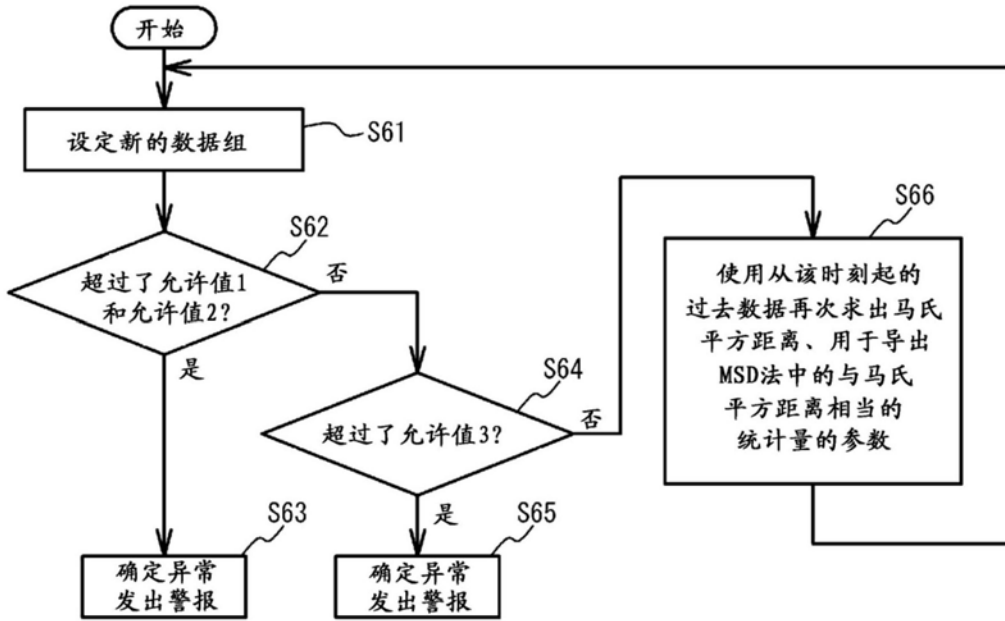


图21

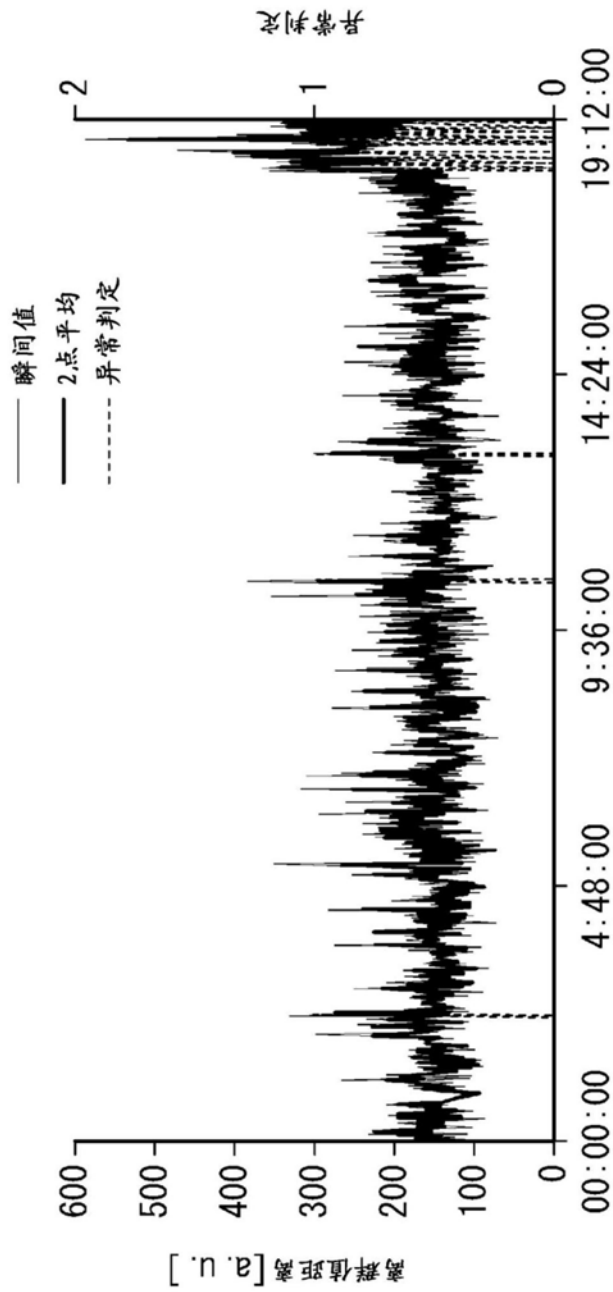


图22

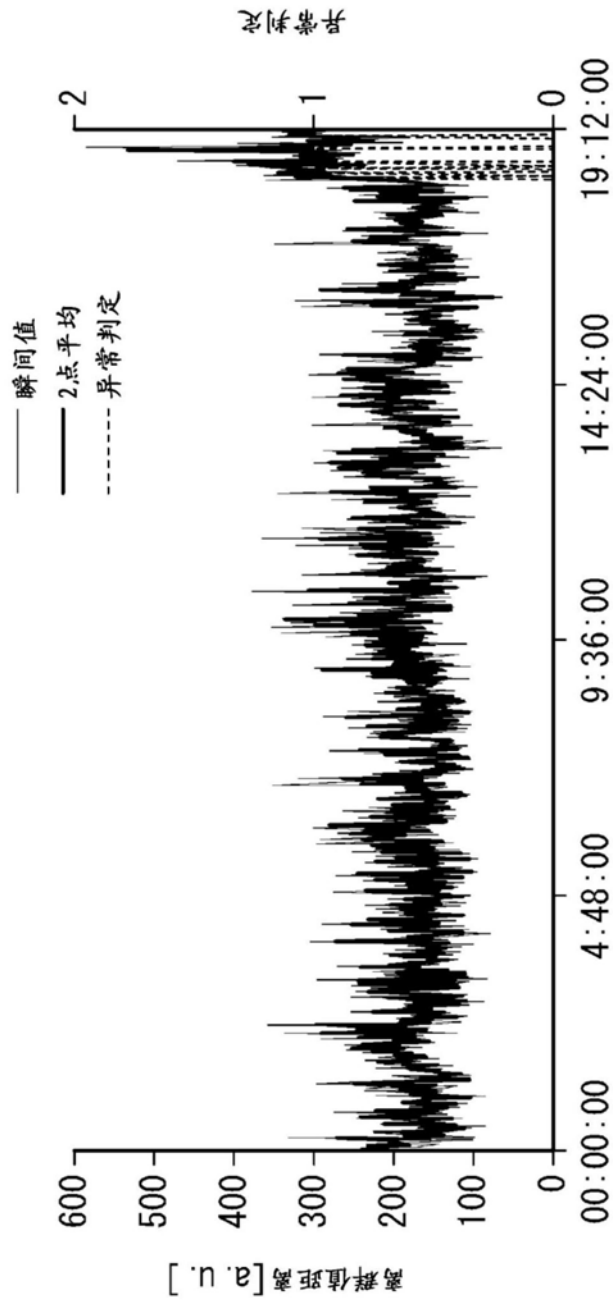


图23

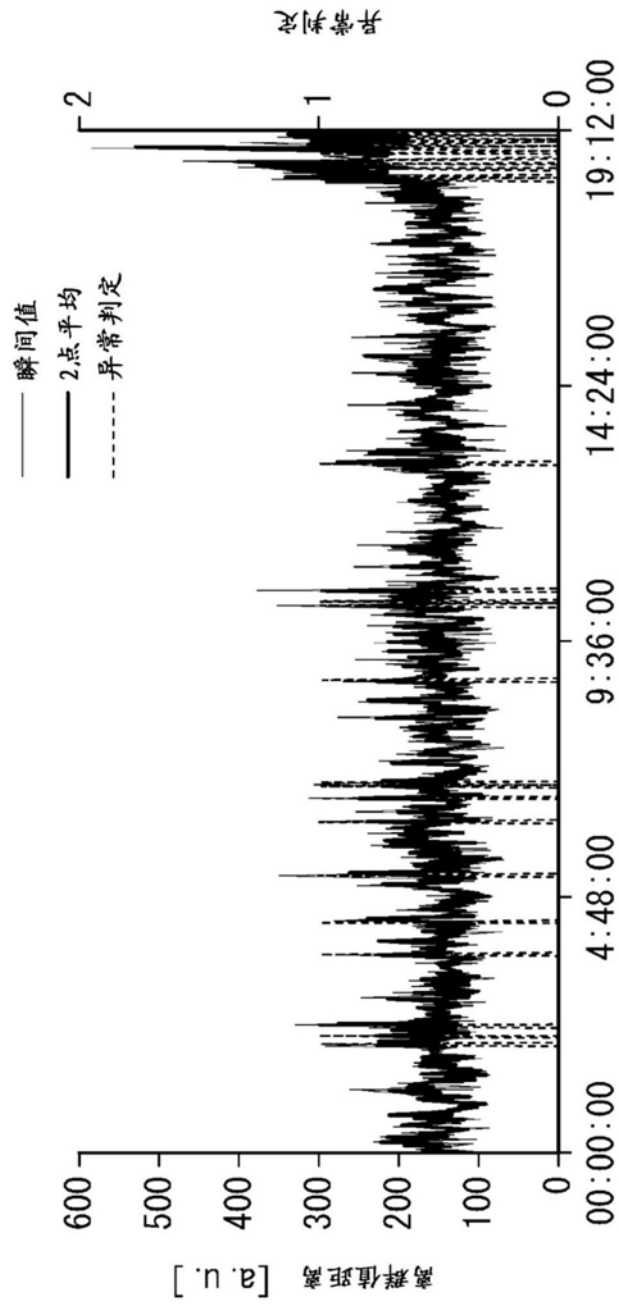


图24

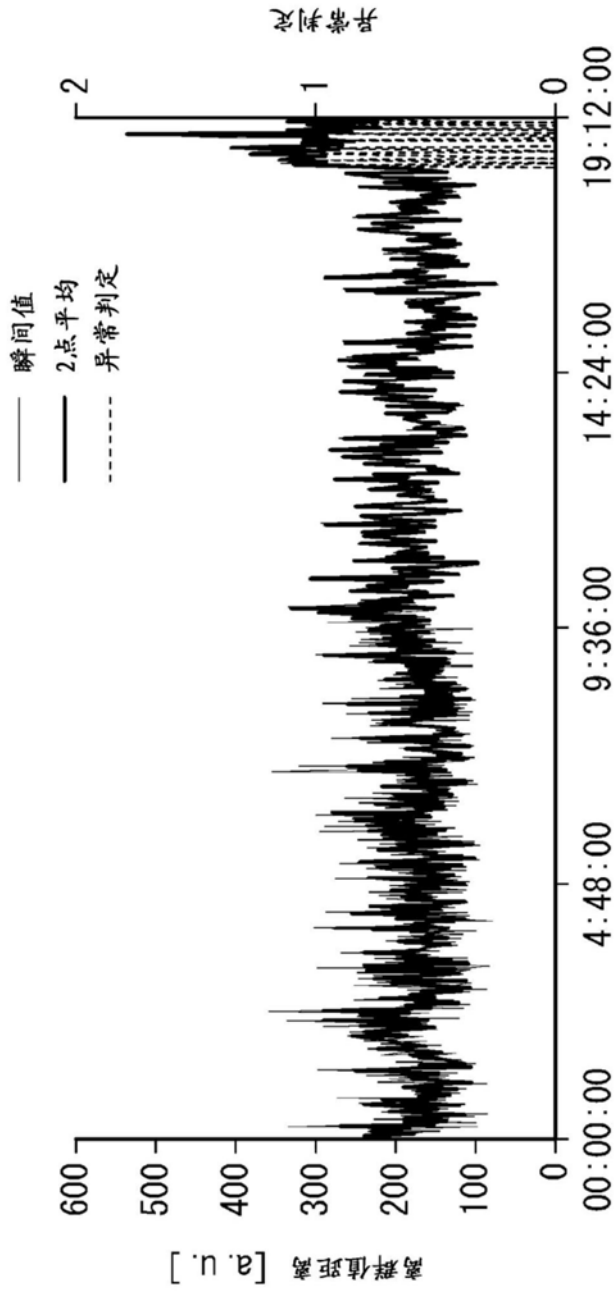


图25

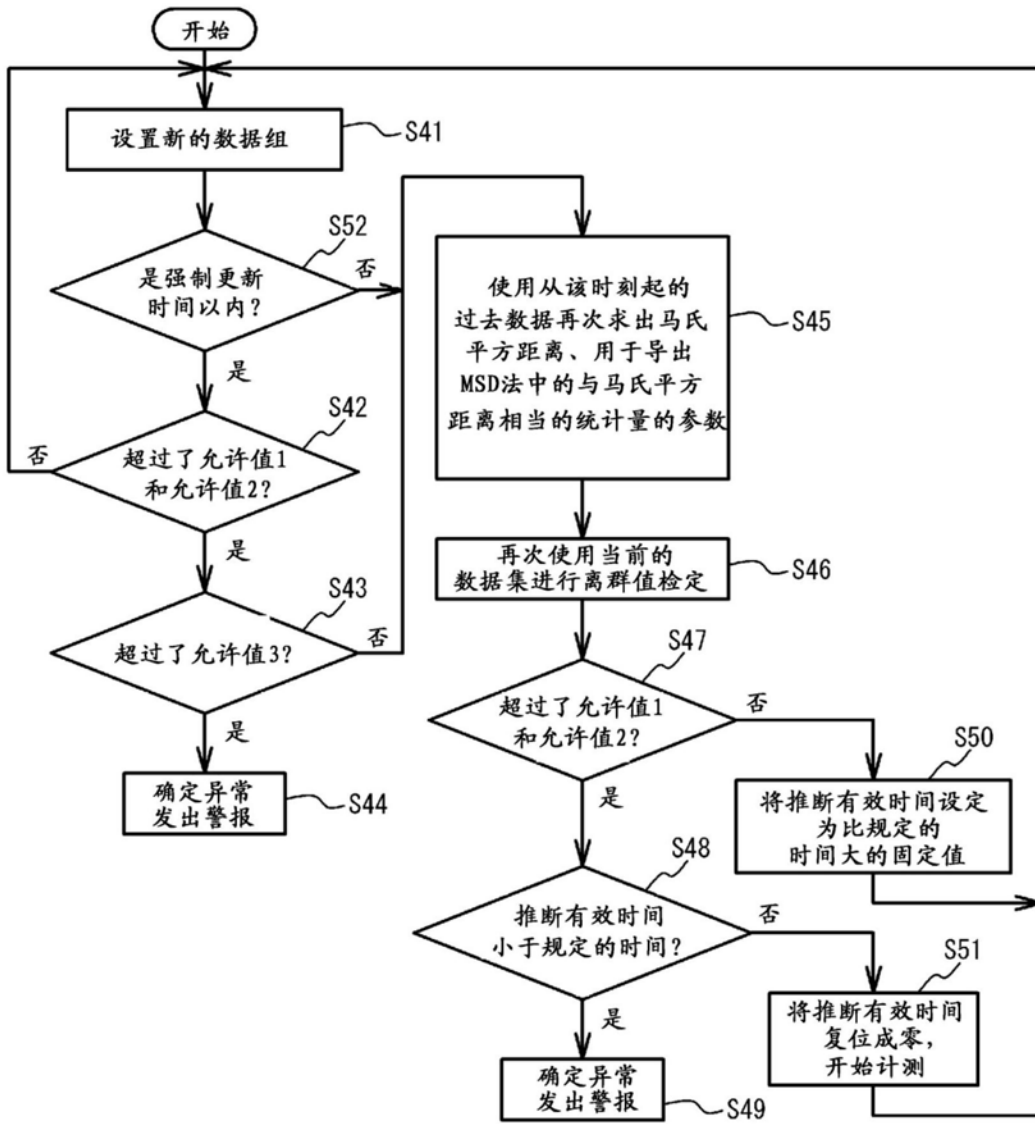


图26

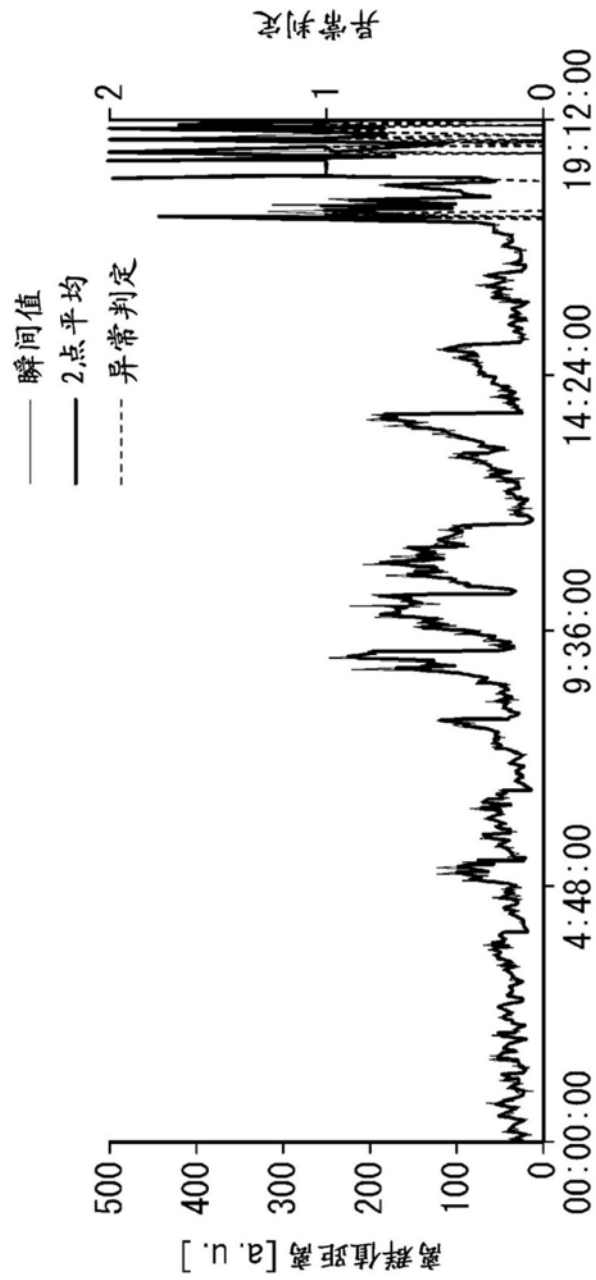


图27

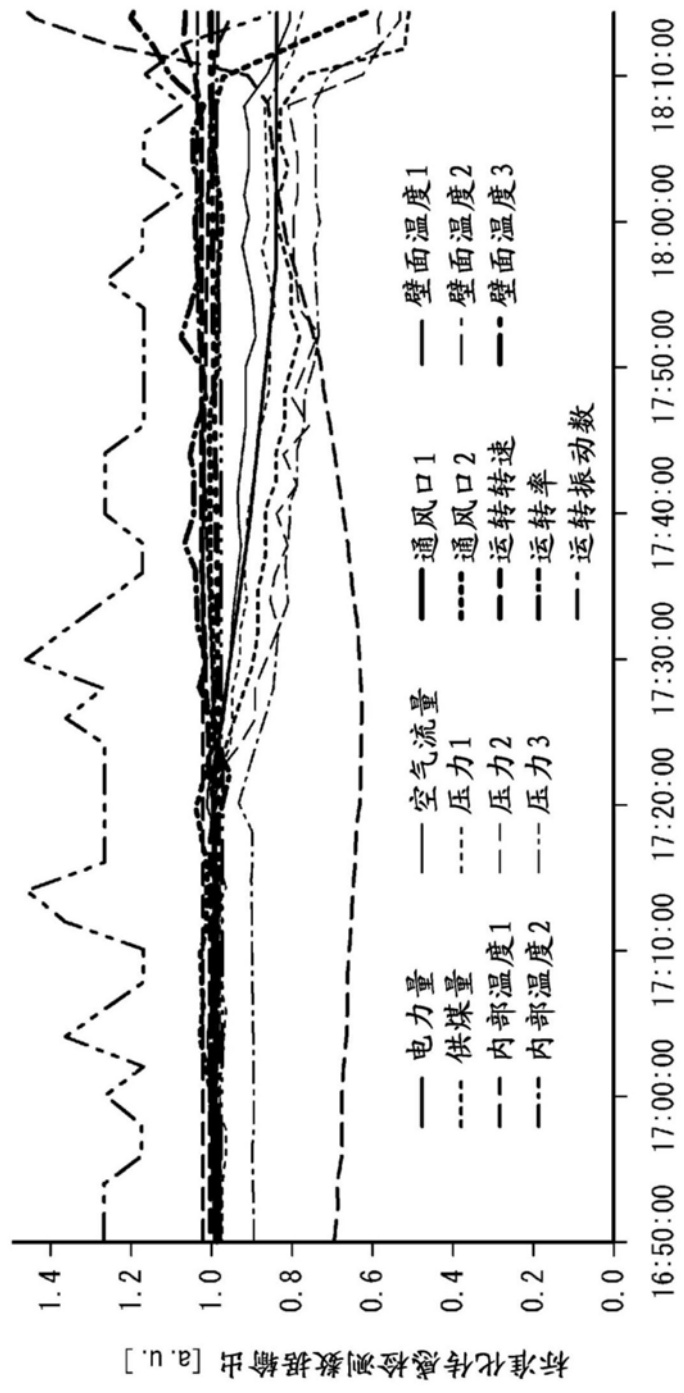


图28