



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410054405. X

[43] 公开日 2005 年 8 月 24 日

[11] 公开号 CN 1658187A

[22] 申请日 2004. 7. 20

[21] 申请号 200410054405. X

[30] 优先权

[32] 2004. 2. 17 [33] JP [31] 039497/2004

[71] 申请人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

[72] 发明人 七夕高也 筱村知子 石塚彻

金友正文

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

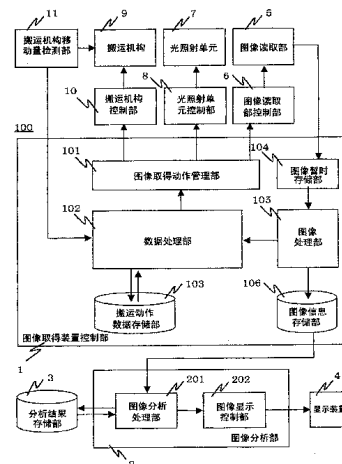
代理人 胡建新

权利要求书 4 页 说明书 22 页 附图 25 页

[54] 发明名称 植物生长分析系统及分析方法

[57] 摘要

提供一种可高精度计测植物生长过程中的正式成立变化并高精度存储为图像信息的图像取得装置，和分析取得的图像并分析植物的生长的分析方法。提供一种植物分析生长分析系统，在本系统中，特征在于，具备植物体搬运机构的动作检测装置，以便始终以一定的位置、角度拍摄图像内的观察对象植物体；取得的图像内的位置检测用标记；评价检测到的数据并进行搬运量控制的运算部和搬运控制部，长期间将多个植物个体的生长过程存储为图像信息，并使用存储的图像来实现高精度的计测。



ISSN 1008-4274

- 1、一种被观察体的生长分析系统，其特征在于，具备：
用于被观察体生长的多个容器；
用于搬运所述多个容器的搬运装置；
图像取得装置，将位于所述多个容器中的被观察体以电子图像信息的方式输出；
处理用所述图像取得装置取得的图像的装置；
第 1 存储装置，将处理所述图像的装置的处理结果暂时保存；和
执行搬运量控制的装置，用于根据所述暂时保存的结果，评价所述容器的搬运量是否适当，在判定为否时，校正所述容器的位置，
用所述图像取得装置，在校正后的容器位置再次取得位于所述多个容器中的被观察体的电子图像信息，并且，具备第 2 存储装置，用于保存再次取得的图像信息、和所述容器的搬运量的适当与否被判定为适当时的图像信息。
- 2、根据权利要求 1 所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：
具备图像取得装置，可将用于搬运所述多个容器的搬运装置的动作状态，以电子图像信息的方式输出，
具备这样的装置，该装置根据对用所述图像取得装置取得的所述图像进行图像处理的结果，评价所述容器的搬运装置的动作是否适当，当判定为否时，执行该意思的显示或警报。
- 3、根据权利要求 1 所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：
具有依次显示所述第 2 存储装置中保存的图像信息的装置。
- 4、根据权利要求 1 所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：
从所述第 2 存储装置中保存的图像信息的图像信息之间，求出植物的一部分的位移量，对该位移量的时间变化进行数值化，并适用于植物的生长分析。
- 5、根据权利要求 1 所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：
用于搬运所述多个容器的搬运装置，在旋转轨道上搬运所述容器，每旋转 1 周，使相同的容器面对所述图像取得装置。
- 6、根据权利要求 5 所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：
在所述容器被搬运到面对所述图像取得装置的位置后，所述图像取

得装置待经过规定时间之后取得图像。

7、一种被观察体的生长分析系统，其特征在于：具备

用于被观察体生长的多个容器；

用于搬运所述多个容器的搬运装置；

图像取得装置，将位于所述多个容器中的被观察体以电子图像信息的方式输出，并且，可改变相对于所述搬运装置的相对位置；

处理用所述图像取得装置取得的图像的装置；

第1存储装置，将处理所述图像的装置的处理结果暂时保存；和

执行搬运量控制的装置，用于根据所述暂时保存的结果，评价所述容器的搬运量是否适当，在判定为否时，校正所述容器的位置，

用所述图像取得装置，在校正后的容器位置再次取得位于所述多个容器中的被观察体的电子图像信息，并且，具备第2存储装置，用于保存再次取得的图像信息、和所述容器的搬运量的适当与否被判定为适当时的图像信息。

8、根据权利要求7所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

具备图像取得装置，可将用于搬运所述多个容器的搬运装置的动作状态，以电子图像信息的方式输出，

具备这样的装置，该装置根据对用所述图像取得装置取得的所述图像进行图像处理的结果，评价所述容器的搬运装置的动作是否适当，当判定为否时，执行该意思的显示或警报。

9、根据权利要求7所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

具有依次显示所述第2存储装置中保存的图像信息的装置。

10、根据权利要求7所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

从所述第2存储装置中保存的图像信息的图像信息之间，求出植物的一部分的位移量，对该位移量的时间变化数值化，并适用于植物的生长分析。

11、根据权利要求7所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

用于搬运所述多个容器的搬运装置，在旋转轨道上搬运所述容器，每旋转1周，使相同的容器面对所述图像取得装置。

12、根据权利要求11所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

在所述容器被搬运到面对所述图像取得装置的位置后，所述图像取得装置待经过规定时间之后取得图像。

13、一种被观察体的生长分析系统，其特征在于：具备用于被观察体生长的多个容器；

多个搬运装置，用于分别装载所述多个容器，并自行移动而进行搬运；

图像取得装置，将位于所述多个容器中的被观察体以电子图像信息的方式输出；

处理用所述图像取得装置取得的图像的装置；

第1存储装置，将处理所述图像的装置的处理结果暂时保存；和执行搬运量控制的装置，用于根据所述暂时保存的结果，评价所述容器的搬运量是否适当，在判定为否时，校正所述容器的位置，

用所述图像取得装置，在校正后的容器位置再次取得位于所述多个容器中的被观察体的电子图像信息，并且，具备第2存储装置，用于保存再次取得的图像信息、和所述容器的搬运量的适当与否被判定为适当时的图像信息。

14、根据权利要求13所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

所述用于自行移动而进行搬运的多个搬运装置，通过设置在平面上的引导装置在规定的路径上移动，并且，利用以无线方式传达的搬运控制信号来控制该搬运装置。

15、根据权利要求14所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

所述引导装置是在旋转轨道上搬运所述容器的结构，每旋转1周，使同一个容器面对所述图像取得装置。

16、根据权利要求15所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

在所述容器被搬运到面对所述图像取得装置的位置后，所述图像取得装置待经过规定时间之后取得图像。

17、根据权利要求13所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

具备图像取得装置，可将用于搬运所述多个容器的搬运装置的动作状态，以电子图像信息的方式输出，

具备这样的装置，该装置根据对用所述图像取得装置取得的所述图像进行图像处理的结果，评价所述容器的搬运装置的动作是否适当，当判定为否时，执行该意思的显示或警报。

18、根据权利要求 13 所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

具有依次显示所述第 2 存储装置中保存的图像信息的装置。

19、根据权利要求 13 所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

从所述第 2 存储装置中保存的图像信息的图像信息之间，求出植物的一部分的位移量，对该位移量的时间变化进行数值化，并适用于植物的生长分析。

20、根据权利要求 13 所述的被观察体的生长分析系统，其特征在于：

着眼于用所述图像取得装置取得的所述图像的边界线上的数据，来评价面对所述图像取得装置的容器的位置是否适当。

植物生长分析系统及分析方法

技术领域

本发明涉及一种用于分析植物生长过程中形态变化的系统。

背景技术

以前，就植物的基因功能分析而言，推进这样的基因功能分析，即对改变了基因排列中所关注的遗传信息的植物，改变环境条件（例如日照时间等）来进行生长的观察，计测生长过程中形态变化的差异或生长后的植物个体的叶或整体形状或叶或根等的颜色差异等，并根据结果来确定基因的功能。

近年来，阐明植物的庞大的基因信息，推进针对得到的庞大基因信息的功能分析。为此，就生长过程中的形状或颜色差异或变化状态而言，对于包括人眼难以判别的小的变化的生长过程的全部，重要的是包罗万向地无遗漏地进行计测。

以前，每次计测生长过程时，例如通过以一天一次或几天一次的一定间隔的计测作业，来实施对使基因信息和环境条件变化时的生长过程的观察。在人工进行计测的情况下，对观察对象的关注部位例如根的长度或叶的大小或生长方向角度等容易量化的部位，实施生长记忆。此时，通常以一天或一天以上的间隔等长期间间隔进行计测，执行着眼于大变化的计测方法。实际上，推进基于这种方法的实验的研究，结果，以论文或学会上发表等形式公开。

作为自动执行生长记忆的方法，有使用摄影机的、基于图像的监视装置。在专利文献1（特开平6-138041）中，提议监视植物的生成状态是否良好的装置。在该装置中，使用摄影机，用图像摄取苗的生长状态，评价摄取的图像，并自动判别生育状态的好坏。

另外，作为使用摄影机的自动存储装置，拍摄的对象领域不同，存在监视被监视者或被监视物的领域。在该监视的领域中，提议如下装置，

以执行可疑者或可疑物的判定为目的，在构成监视对象的区域中，以一定间隔或连续使用摄影机摄取图像，通过图像处理来评价摄取时间相邻的多幅图像间的差分信息，在有变化的时刻进行警告。

作为监视装置的方案，有专利文献 2（特开平 11-110530 号公报）。其中，提议评价以时间序列摄取的图像间的变化，根据该评价值，使图像的存储间隔动态变化，减少图像的存储容量。在这种监视装置中，为了评价形状变化，对处理图像摄取时间的前后两个或多个图像进行评价，所以使用数小时或数分钟等较短时间中取入的图像，故不受摄影机的动作误差或固定摄影机的工作台或装置自身的振动等引起的对象的角度变化的影响。

在上述专利文献 1 的生长监视装置中，提议与事先知道的植物的生长过程相比较，判别与事先知道的生长状态相比的生长状态的好坏。

另外，在非专利文献 1-5 中，提议搬运栽培植物体的容器，并接连不断地在摄影机前面摄取图像的摄取装置。

并且，在专利文献 3（特开 2003-50996 号公报）中，提议在拍摄时栽培植物体的容器中安装位置检测用的标记，检测所拍摄的图像内的标记位置，并以该物理位置为基准来进行图像的补偿。

专利文献 1：特开平 6-138041 号公报。

专利文献 2：特开平 11-110530 号公报。

专利文献 3：特开 2003-50996 号公报。

非专利文献 1：学会发表：Tanabata, T., Ishizuka, T., Takano, M., Shinomura, T., The rice growth monitoring system for the phenotypic functional analysis, The 10th International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology, Edmonton, Canada, Proceedigns p.67, August 3-7, 2002。

非专利文献 2：学会志解说记事：七夕高也，石塚徹，篠村知子，基因功能分析中的图像处理系统，电子信息通信学会志，86：945-948，2003。

非专利文献 3：学会发表：石塚徹，七夕高也，篠村知子，生育自动监视系统的开发，第 26 次日本分子生物学会年会，program、讲演要旨集，p.1011,2003。

非专利文献 4: 学会发表: Ishizuka T, Tanabata T, and Shinomura T, Rice growth imaging system for phenotypic functional analysis from middle seedling to mature plant, Proceedings of International Genetic Resources Workshop on the Genus Oryza. pp.81-83, 2003

非专利文献 5: Web 公开记事: Tanabata T., Ishizuka T., Shinomura T., The Rice Growth Monitoring System for The Phenotypic Functional Analysis, <http://www.gs.dna.affrc.go.jp/SY-1108/>, 2003/08/16

为了不遗漏地取得植物的生长过程信息,在以前基于人工的观测方法中,有可能漏掉植物生长过程中的微小差异或变化。此外,以基于人工的作业为主、对数量庞大的遗传信息进行功能分析需要大量的时间,该分析所花费的工本费成本也巨大。

作为针对这些问题的解决方法,提议使用摄影机的图像取得装置,提议使用图像取得装置来记忆生长,根据汇集的图像来计测生长过程中形状的方法。

在专利文献 1 的生长监视装置中,仅判别生长状态的好坏,不能得到生长状态的哪一部分差的信息。

在本发明中,实现了对多个植物体的生长图像的拍摄提供最佳的拍摄环境。另一方面,就植物体的搬运机构而言,在对形状随着生长而大变化的水稻等植物体实施观察时,由于搬运机构的动作恒定,所以在错开栽培期间来观察的情况下,在一次搬运形状大的样品与小的样品时,为了植物体不重合,必需结合大形状的样品来执行搬运动作,但其中小的植物体的尺寸会变大,搬运机械的空间造成浪费。

这也发生于这样的情况下,即,在进行未知基因功能的分析时,观察生长状态的完全未知的植物体的情况下,在使植物体生长的地方,在植物体极端生长以至于大于假设的情况下,由于在由人确认该状况之前,搬运动作仍以假设值动作,所以人必需确认状况并变更取得最佳图像用的搬运动作。因此,在这些方式下,用于生长分析的图像取得装置难以完全自动化。

为了进行植物的生长过程的分析,必需进行多个植物体的生长过程的图像取得,并比较所取得的各种植物体的生长图像。在进行比较的基础上,重要的是拍摄时的植物体的生长变化以外的要素,例如为了计测

形状，摄影机与植物体的拍摄物理位置关系条件在观察期间中始终恒定，这对于以高水平保证计测精度而言是非常重要的项目。

针对该问题，在本发明中，通过使用所取得的图像来补偿图像间的位置关系，来减少因搬运机构的动作中产生的搬运机构的动作误差而产生的、摄影机与植物体的物理位置关系错位引起的计测误差要素，实现提高计测精度。在先的专利文献1的生长监视装置中，虽可仅通过取得图像的处理来实现，但在考虑对基因分析的应用的情况下，必需取得数量非常庞大的植物体的图像，必需使用多个图像取得装置来取得图像。在这种情况下，为了生长分析而进行与其它样品的正确比较时，为了使图像间的摄影机与植物体的物理位置匹配严密，高精度进行图像取得时的动作是重要的。

发明内容

本发明的目的在于，提供一种基因功能分析用的图像取得装置构成的植物生长分析系统，将以植物为主的生物的随着时间经过的生育过程变化，即，将以前的人工计测或简单地应用监视装置难以得到的、从几周至几个月以上的长期间的生育过程，连其微小的变化都能够以图像信息的方式稳定地存储，并且，提供一种高效执行使用所取得的图像的生长分析的分析方法。

在本发明的植物生长分析系统中，特征在于，具备用于搬运机构的动作检测装置，搬运多个观察对象，使其在摄影机之前重复通过；使用由摄影机取得的图像的检测装置，检测搬运机构的动作误差；和搬运控制装置，可将检测到的搬运机构的误差量反映到搬运机构来校正动作，将跨跃长期间的植物体的生长过程存储为图像信息，高精度地执行生长形状变化的计测。

发明效果

根据本发明，针对以植物为主的生物随跨跃长期间的时间经过的时间序列的形状变化，可取得以高精度的水平实施对其大小或颜色等各种进行计测的图像。

并且，可提供一种对所取得图像的高效分析方法，并提供一种生物的基因功能分析中用于还包含微小变化的分析的方法。

另外，在图像的取得中，即使对观察对象的大小各异的生物，也可

高效取得大量的生长的图像。

附图说明

图 1 是表示本发明系统的功能模块的图。

图 2 是表示使用本发明系统的植物生长分析方法的流程图。

图 3 是表示本发明系统的一实施例的示意图。

图 4A 是表示实施例 1 的图像取得装置控制部的动作流程图。

图 4B 是表示实施例 1 的图像取得装置控制部 1 的操作盘的结构一例的图。

图 5A 是表示实施例 1 的图像取得动作管理部 101 的功能模块的图。

图 5B 是表示存储在实施例 1 的序列动作顺序存储部 1014 中的数据表格 1016 的一例的图。

图 6 是表示实施例 1 的图像取得动作管理部 101 的处理动作流程的图。

图 7A 是表示实施例 1 的拍摄序列动作处理流程的图。

图 7B 是表示实施例 1 的图像取得动作处理流程的图。

图 8 是表示实施例 1 的搬运机构 9 和搬运机构动作量检测部 11 的结构图。

图 9A 是从上面看实施例 1 的固定栽培容器 13 的环状工作台 (ring table) 12 的图。

图 9B 是提取实施例 1 的环状工作台 12 与栽培容器 13 的关系来表示的图。

图 9C 是提取实施例 1 的栽培容器 13 与位置检测用标记 14 来表示的图。

图 10A 是表示在安装实施例 1 的位置检测用标记 14 的状态下取得的栽培容器 13 的图像实例的图。

图 10B 是表示实施例 1 的作为模板图像准备的图像的图。

图 10C 是表示实施例 1 的位置检测用标记 14 的检测结果的图。

图 11 是表示实施例 1 的数据处理部 102 的功能模块的图。

图 12A 是表示从实施例 1 的搬运机构移动量检测部 11 等得到的设备移动量数据表格的实例的图。

图 12B 是表示检测到的标记的中心坐标的图。

图 12C 是表示检测到的坐标的时间序列位移量的图。

图 13A 是表示实施例 1 的搬运机构动作记录暂时存储部 1025 的数据表格的实例的图。

图 13B 是表示实施例 1 的搬运机构标准动作量存储部 1026 的数据表格的实例的图。

图 14A 是表示实施例 1 的图像信息存储部 106 的数据实例的图。

图 14B 是表示实施例 1 的分析结果存储部 3 的数据实例的图。

图 15A 是表示基于使用实施例 1 中取得的图像队列的模拟动画显示的分析处理的流程图。

图 15B 是表示实现执行实施例 1 的模拟动画的显示控制部 202 的功能模块的图。

图 16A 是表示实施例 1 的检测植物体前端部的流程的图。

图 16B 是以曲线表示基于图 16A 的处理的植物体的生长前端部检测结果的图。

图 16C 是表示比较植物体的生长前端部的生长速度的实例的图。

图 17 是作为本发明系统的应用动作，表示安装栽培容器时的安装状态的自动检查功能处理流程图。

图 18 是表示将本发明的装置适用于大的植物体的实施例 2 的系统示意图。

图 19A 是表示着眼于实施例 3 的栽培容器 13、栽培容器固定装置 94 和工作台 93 的搬运机构的图。

图 19B 是表示实施例 3 的栽培容器固定装置 94 的一例的细节的图。

图 19C 是表示实施例 3 的转向架移动控制部 95 的一例的细节的图。

图 20A 是表示在工作台 93 上沿箭头方向搬运实施例 3 的不同生长阶段栽培容器 13 的被观察植物的状态的图。

图 20B 是一起表示从图 20A 的状态开始、着眼的栽培容器 13 接近可取得图像的区域 35 的状态以及之后的控制结果的图。

图 21A 是说明实施例 3 的被观察植物靠近幼苗的状态下的搬运动作的图。

图 21B 是说明实施例 3 的被观察植物的生长了的状态下的搬运动作的图。

图 22A 是表示在实施例 3 的相邻栽培容器 13 的植物体图像的一部分进入区域 35 的状态下取得图像的实例的图。

图 22B 是说明的判定处理一例的图, 所述判断处理用于检测包含实施例 3 中相邻栽培容器 13 的植物体茂盛的叶子的一部分的状态。

具体实施方式

下面, 参照附图来说明本发明的实施例。实施例 1 中说明适用于被观察植物在试管内生长等小的植物体, 实施例 2 中说明适用于被观察植物生长成 1m 以上的植物体。

(实施例 1)

图 1 是表示本发明系统的功能模块的图。

本发明的植物生长分析系统包括长期间取得生长过程的图像的图像取得装置 100 和图像分析部。所述图像取得装置 100 包括: 图像取得装置控制部 1、取得图像的图像读取部 5、图像读取部控制部 6、用作拍摄时照明的光照射单元 7、光照射单元控制部 8、用于进行多个植物体搬运的搬运机构 9、搬运机构控制部 10、用于进行搬运状态监视的搬运机构移动量检测部 11。所述图像分析部包括: 图像分析处理部 201, 为了使用所取得的图像, 比较各种植物的生长变化, 所以对取得的图像进行形状变化的可视化或形状变化量的计测; 图像显示控制部 202, 用于将分析结果处理成显示在显示装置 4 上的数据; 用于保存分析的结果的分析结果存储部 3; 和显示分析结果的显示器或打印机等显示装置 4。

图像取得装置控制部 1 中具备: 图像取得动作管理部 101、图像暂时存储部 104、图像处理部 105、图像信息存储部 106、数据处理部 102 和搬运动作数据存储部 103。图像取得动作管理部 101 根据从数据处理部 102 提供的信号, 向上述图像读取部控制部 6、光照射单元控制部 8 和搬运机构控制部 10 提供控制信号。图像读取部 5 取得的图像信号被保存到图像暂时存储部 104 中, 由图像处理部 105 进行处理。图像处理部 105 的信号, 提供给数据处理部 102, 并经图像信息存储部 106 发送到上述图像分析处理部 201, 按照规定的分析程序被分析。另外, 从搬运机构移动量检测部 11 得到的信号, 被发送到数据处理部 102。数据处理部 102 与搬运动作数据存储部 103 相连接, 存储搬运机构的动作状况, 并将应提供给搬运机构控制部 10 的程序信号和从搬运机构移动量检测

部 11 得到的信号所对应的、至搬运机构控制部 10 的信号，向图像取得动作管理部 101 发送。

通过这种图像取得装置与图像分析部的结构，可实现通过以图像的方式取得并分析大量植物的生长过程中的生长变化或每个植物体的生长差异，并显示其结果。依次，说明各动作等。

图 2 是表示使用本发明系统的植物生长分析方法的流程图。

首先，在用于栽培植物的栽培容器中，播种要进行生长分析的植物体的种子或芽（S001）。本系统的特征在于，如后所述，使搬运机构控制部 10 与容器的大小吻合，执行搬运量的自动控制，能够始终实现最佳的拍摄，故对容器大小没有限制。接着，将装载容器安装在搬运机构 9 上（S002）。一旦安装完毕，则启动图像取得装置 100（S003）。一旦准备完毕，则首先执行搬运机构 9 的测试动作，检查容器的安装状态（S004）。在该测试动作与检查中，虽可由手工作业来实现，但也可执行事先定义的检查用动作，使用搬运机构移动量检测部 11 的信号与图像处理部 105 的信号，监视其间的动作状态，从而自动进行安装检查。在安装检查（S004）之后，判定安装状态（S006），若安装不完全，则再次检查安装状态（S005），再次执行安装检查（S004），重复上述动作，直到安装完毕。

在安装判定（S006）结束后，进行图像取得的开始操作（S007）。在图像取得开始后，每隔一定时间，摄取植物体的图像。图像的取得间隔为数分钟一次或数小时一次等事先指定，并可与生长分析的目的相吻合来自由变更。在图像取得期间，以一天一次或一周一次为单位来检查植物个体的生长状态（S008），判断图像取得是否结束（S009）。该生长状态检查，可通过由人检查并判断所取得的图像的方法，或对所取得的图像，根据图像处理部 105 的信号，来自动判定植物个体充满容器，并结束。

通过使用图像处理部 105 的信号来自动判定，可实现图像取得的完全自动化，具有可高效取得图像的效果。在图像取得结束的判定后，执行结束操作（S010），使用所取得的图像，实施生长的分析（S011）。通过以上作业流程，可高效实施从植物体的生长的图像取得至使用所取得图像进行的生长分析处理。

图 3 是表示本发明系统的一实施例的示意图。

搬运机构 9 在后面描述一实例的细节，将多个栽培容器 13 安装在环 12 中，由搬运控制部 10 进行旋转控制。这些栽培容器 13 暂时静止于容纳图像读取部 5（未图示）与图像读取部控制部 6（未图示）并形成一体的摄影机 15 的前方，执行图像的读取。在各栽培容器 13 中，图中代表地仅示出一个栽培容器 13，但后述的位置检测用标记 14 被固定在规定位置上。图像的读取不仅是观察对象的植物，而且还将位置检测用标记 14 作为一体来执行。此时，作为拍摄用照明，在上部设置光照射单元 7。如本实施例所示，通过在上部设置光照射单元 7，可降低因栽培容器 13 的材质所产生的反射光的图像映入。显示取得的图像或显示分析结果的显示装置 4，连接于个人计算机 16。

在本实施例中，用个人计算机 16 上的软件，来实现执行搬运机构控制或图像读取部控制的图像取得装置控制部 1、图像分析部 2 和分析结果存储部 3。因为可如此通过软件处理来实现，所以装置结构变简单，并具有可弹性改变系统的效果。

图 4A、图 4B 是表示图像取得装置控制部 1 的处理的示意图。

图 4A 是表示实施例 1 的图像取得装置控制部的动作流程图。在动作开始后，若用户执行图像取得开始按钮操作（S101），则执行用于由用户设定实验条件（图像取得条件）的显示（S102）。该条件为数分钟执行一次图像取得的、取得时间间隔或安装在搬运机构上的植物体的数量等，与图像取得动作有关。在输入条件（S102）后，执行称作装置动作初始位置的恢复的、装置的初始化处理动作（S103），开始图像取得动作（S104）。在该图像取得动作中，按照输入条件（S102）时指定的时间进度表，执行植物体的图像取得，若判定为图像取得结束，则执行结束动作（S106），结束取得图像。

图 4B 是表示实施例 1 的图像取得装置控制部 1 的操作盘的结构一例的图。在本例中，示出个人计算机 16 上的软件的实施例。操作盘的显示画面 1000 除图像取得操作的开始、中断、结束的操作按钮 1002 外，还具备测试动作等可选择的搬运机构动作。并且，还具备显示图像拍摄次数或拍摄时刻等图像取得状态的图像取得状态显示画面 1001，或在搬运机构或摄影机的异常产生时发出警告的灯 1003，或搬运机构或摄影机

的动作状态显示 1004 等装置状态的显示画面。

图 5A、图 5B 是图像取得动作管理部 101 的说明图。

图 5A 是表示实施例 1 的图像取得动作管理部 101 的功能模块的图。图像取得动作管理部 101 是实现图像取得动作 (S104) 中的动作的功能块。包括：外部设备控制接口部 1010，用于指示系统对所控制的搬运机构控制部 10 或图像读取部控制部 6 等装置的控制；用于执行图像取得时间管理的图像取得参数存储部 1013；用于执行时间监视的定时器 1012；从数据处理部 102 取得搬运机构等装置的控制量的控制量取得部 1015；存储搬运的动作或图像取得的序列动作的步骤的序列动作顺序存储部 1014；和序列动作处理部 1011，按照序列动作顺序，向外部设备依次发送动作信号，并执行图像取得动作。

图 5B 是表示存储在实施例 1 的序列动作顺序存储部 1014 中的数据表格 1016 的一例的图。如表格 1016 所示，顺序存储取得图像必需的搬运、图像取得动作，包括装在搬运机构上的电机等的驱动部的控制或安装的栽培容器的数量、拍摄用照明控制等安装在系统上的全部装置的动作顺序。通过具有该存储部 1014 的结构，在搬运机构的结构或栽培容器的个数产生变更的情况下，仅通过改写该存储部的内容就可变更序列动作，所以装置结构的变更变容易。

图 6 是表示实施例 1 的图像取得动作管理部 101 的处理动作流程图。

图像取得动作开始后，检查在摄影动作开始时是否未指示动作结束 (S201)，若有结束指示 (S202)，则结束摄影动作。在用户通过操作盘 (参照图 4B) 来执行结束操作 (按下实验结束按钮) 时，向图像取得动作管理部 101 发送动作结束的信号，来执行动作的结束指示。接着，检查时间 (S203)，若是图像取得时刻 (S204)，则开始图像取得序列动作 (S205)。序列动作依照序列动作顺序存储部 1014，序列动作处理部依次执行对外部设备的动作指示。因此，参照序列动作顺序 (S206)，选择所控制的控制设备 (S207)，从控制量取得部 1015 取得设备的控制量 (S208)。将所取得的控制量通过外部设备控制接口 1010，向构成对象的设备输出动作信号 (S209)，使装置动作。在装置的动作信号输出后，待机到装置动作结束 (S210)，之后，读取下一个序列动作顺序

(S211)。若有下一个序列动作，则再次执行动作(S27)，若为序列结束则待机，直到下一个图像取得动作时刻(S201)。

图7A、图7B是详细示出实施例1的图像取得动作中的搬运控制的补偿处理动作与摄影动作的图。

图7A是表示实施例1的拍摄序列的动作处理流程图。

按照序列动作顺序存储部1014的存储内容，使搬运机构9动作，将栽培容器13移动到内置图像读取部5的摄影机15的图像读取位置(S301)。由搬运移动量检测部11取得搬运的量(S302)，执行图像取得(S303)。由图像处理部105检测所取得的图像内的、附加于栽培容器13上的位置检测用标记14，确定标记14的坐标位置(S304)。由数据处理部102对检测到的坐标位置数据执行处理(S305)。数据处理部102判定搬运位置是否在正常位置(S306)。在判定结果为否的情况下，求出与正常位置的偏差，算出为了搬运到正常位置所必需的搬运量补偿值(S307)，对应于算出的补偿量来使搬运机构9动作，使栽培容器13移动(S308)。使该动作重复动作，直到搬运位置在正常位置停止，每次都取得栽培容器13的图像(S303)。

在判定为将栽培容器13搬运到正常位置后，向存储在暂时存储部104中之前拍摄的图像上附加图像取得日期时间等信息，并保存在图像信息存储部106中(S309)。通过这种方式，可取得高精度保证了因使用搬运机构时成为问题的、搬运动作时动作误差引起的、摄影机与栽培容器的物理位置关系的图像，可高精度实现生长过程的计测。

图7B是表示实施例1的图像取得动作的处理流程图。

在图像取得动作中，因为在搬运后存在栽培容器13摇晃等现象，所以在搬运后待机数秒左右(S311)。根据拍摄参数，执行照明的亮灯/熄灭控制(S312)，读取图像(S313)。将读取的图像数据传送到暂时存储部104中进行保存(S314)。

图8是表示实施例1的搬运机构9和搬运机构动作量检测部11的结构图。

在实施例1中，搬运机构9上设有在沿图示箭头方向旋转动作的环状工作台12上安装了多个栽培容器13的机构的实施例。搬运栽培容器13的环状工作台12构成为通过脉冲电机90、齿轮箱91和旋转轴92旋

转动作。旋转动作的控制，可通过响应于从搬运机构控制部 10 提供的脉冲信号的脉冲电机 90 的转速来进行控制。在该结构具有电机的控制量与工作台的转角的对应容易、容易控制的优点。另外，可使用直接驱动电机来代替脉冲电机 90，此时，可直接搬运工作台，不需要齿轮箱 91。此时，与脉冲电机一样，也可通过电机的转速来控制搬运控制。

为了检测搬运机构 9 的工作台 12 的移动量，在工作台 12 的端面位置设置用于检测旋转量的检测片 11a、和与之对应的位置检测传感器 11b。检测片 11a 在图中仅示出 1 个，但为了提高工作台 12 的旋转量的检测分解能力，以相等间隔设置多个。位置检测传感器 11b 对应于检测片 11a 的通过，产生脉冲输出，所以若计数脉冲输出，则可容易检测工作台 12 的旋转量。将根据取得的图像来检测位置移动量的检测用标记 14，安装在栽培容器 13 上。图 3 中将检测用标记 14 装在栽培容器 13 的上下，但也可以是 1 个。将从位置检测传感器 11b 或图像取得的动作移动量的数据发送到数据处理部 102，用于工作台 12 的旋转控制和搬运量的补偿控制。另外，在产生动作异常时，在确定异常原因是电机的还是工作台的原因时也是有效的。

图 9A-图 9C 是表示实施例 1 的栽培容器 13 的固定方法与位置检测用标记 14 的安装方法的一例的图。

图 9A 是从上面看实施例 1 的固定栽培容器 13 的环状工作台 12 的图。固定栽培容器 13 的工作台 12 是由有厚度的材质构成的圆形环状工作台。在环状工作台 12 的周片部开出大小可贯穿栽培容器 13 的主体部的孔，将栽培容器 13 落入该孔中。在栽培容器 13 的上端部，形成比栽培容器 13 的主体部粗的保持部 94，保持部 94 不能通过栽培容器 13 的主体部可贯穿的孔。因此，栽培容器 13 保持在环状工作台 12 上。在环状工作台 12 中设置通过中心部的十字交叉的梁 99，在交叉部与使工作台旋转的驱动轴 92 固定。因此，搬运用电机的旋转运动，通过轴 92 使工作台 12 旋转。

图 9B 是提取实施例 1 的环状工作台 12 与栽培容器 13 的关系来表示的图。在本例中，工作台 12 为 2 级结构。因为栽培容器 13 的保持部 94 比主体部粗，所以栽培容器 13 悬挂地保持在环状工作台 12 上。此时，虽未图示，但也可构成上级的环状工作台 12 的孔与保持部 94 结合，以

不产生栽培容器 13 与环状工作台 12 的相对旋转。工作台 12 即使是环状,也最好是植物栽培中重要的不遮光的材质、例如丙烯树脂等的材质。并且,当将工作台形成平板时,由不遮光的材质构成是必不可少的。若工作台 12 为 2 级结构,则具有在搬运动作时可抑制动作中栽培容器 13 摇晃而旋转或左右振动的效果。

图 9C 是提取实施例 1 的栽培容器 13 与位置检测用标记 14 来表示的图。最好在栽培容器 13 的上下安装位置检测用标记 14。标记 14 的形态中,位置检测的图像处理变容易的标记是有效的,在本实施例中,使用图 9C 所示形态的标记。若最少在一个部位安装了用于检测栽培容器 13 的位置的标记,则可进行检测,但如图所示,通过在栽培容器 13 的上下方向等两个部位安装,可检测左右方向、旋转方向的位置误差,对提高搬运位置的误差检测精度有效。另外,该标记 14 除栽培容器 13 外,也可按照装置的结构直接安装在工作台 12 的外周面等搬运机构上。

图 10A-图 10C 是说明使用实施例 1 的位置检测用检测标记的位置检测方法的图。

图 10A 表示在安装实施例 1 的位置检测用标记 14 的状态下,所取得的栽培容器 13 的图像实例。图像以左上为原点,定义图像的坐标。图 10B 是表示实施例 1 的作为模板图像准备的图像的图,是与检测用标记 14 相同形态的图像。图像尺寸准备与所取得的图像内的检测用标记 14 吻合的大小。使用所取得的图像与模板图像,检测所取得的图像内的模板图像的位置。该检测处理中,一般图像处理中使用的模板匹配方式是有效的。模板匹配中,对所取得的图像内的全部坐标算出式(1)的值,输出该值最大时的(x、y)坐标,作为检测结果。

公式(1)

$$h(x, y) = \sum_{j=-\delta}^{j=\delta} \sum_{i=-\delta}^{i=\delta} \|f(x+i, y+j) - t(i, j)\|$$

$$(\delta < x < W - \delta, \delta < y < H - \delta) \text{---(1)}$$

其中, h(x、y): 用于标记检测的评价系数, x,y: 进行标记检测

的图像内的坐标值, i, j : 模板图像内的坐标值, δ : 由模板图像尺寸决定的值, W : 进行标记检测的图像宽度, H : 进行标记检测的图像高度。

图 10C 是表示实施例 1 的位置检测用标记 14 的检测结果的图。此时, 存在两个部位的标记, 算出由式 (1) 得到的评价系数的上位两个部位, 作为检测结果。

图 11 是表示实施例 1 的数据处理部 102 的功能模块的图。

经机构移动量数据输入部 1022 向搬运机构动作量运算部 1023 输入由搬运机构移动量检测部 11 检测到的机构移动量的数据。另一方面, 经图像检测结果数据输入部 1024 向搬运机构动作量运算部 1023, 输入在图像处理部 105 检测到的标记位置坐标数据, 并存储在搬运机构动作量记录暂时存储部 1025 中。另外, 将搬运机构的标准动作数据量存储在搬运机构标准动作量存储部 1026 中。在搬运动作后, 根据由搬运机构移动量检测部 11 检测到的机构移动量的数据和图像检测结果, 由搬运机构动作量运算部 1023 算出为了静止在正确的搬运位置上所必需的动作量的补偿值。算出的结果补偿与搬运机构的标准动作数据的差分, 通过设备控制量输出 1020, 输出到图像取得动作管理部 101。根据从数据输入部 1022 和 1024 输入的数据, 在运算搬运动作量的结果变为无限大值等不可能进行搬运动作的值的情况下, 判定为搬运动作的动作异常, 通过动作异常警告输出 1021, 并通过显示装置 4, 显示或警报发生异常。此时, 当然锁定操作。

图 12A-图 12C 是表示从实施例 1 的检测部、图像处理部检测的数据实例的图。

图 12A 是表示从实施例 1 的搬运机构移动量检测部 11 等得到的设备移动量数据表格的实例的图。如图 12A 所示, 存储实际动作的日期时间、动作时指示的电机的指示值、和结果工作台实际移动的工作台移动量等数据。这样, 可活用将从设备控制量输出 1020 发送的搬运指示量与实际搬运量相对应的存储, 并可活用为搬运量的补偿值计算或搬运不顺利等产生麻烦时确定原因时的信息。

图 12B 是表示检测到的标记的中心坐标的图。坐标值表示以图像的左上为原点的坐标系下的坐标值。

图 12C 是表示检测到的坐标的时间序列位移量的图。根据图 12B

所示的坐标值，通过式（2）求出位移量。

公式 2

$$\delta_i = \sqrt{(y_i - y_0)^2 + (x_i - x_0)^2} \quad (i=0,1,\dots) \quad \text{--- (2)}$$

其中， i ：表示从开始构成对象的图像的图像取得起的总次数， δ_i ：表示第 i 个图像的位移量， x_i 、 y_i ：表示构成对象的图像内的坐标值， x_0 、 y_0 ：表示 $i=0$ 的图像的标记检测结果的坐标值。

其结果，得到搬运机构的动作误差引起的图像偏移的时序变化，作为图 12C 所示的曲线结果。结果，可判定是否在搬运机构的动作精度的允许范围内。

通过如上所述执行动作状态的存储，具有可有助于检测装置异常或算出最佳补偿值的效果。

图 13A、图 13B 是表示实施例 1 的数据处理部 102 的暂时存储数据的实例的图。

图 13A 是表示实施例 1 的搬运机构动作记录暂时存储部 1025 的数据表格的实例的图。该数据是按时序的顺序来存储图 12A、图 12B 中说明的数据的表格。此时，存储全部一次搬运动作中的数据，即电机动作量、工作台移动量和动作后检测到的标记的位置。

图 13B 是表示实施例 1 的搬运机构标准动作量存储部 1026 的数据表格的实例的图。这里存储的数据就装置的全部搬运动作而言，存储装置的搬运机构的控制量、或搬运结果的检测数据的理想值。以该数据为基准，进行搬运控制。另外，必需对每个装置决定该数据，在装置的动作开始前存储。搬运动作量作为标准值，仅按照该存储部的值来执行控制，将动作后的检测数据与该存储部的值相比较，在该值不同的情况下，其差表示搬运误差。

另外，表现为标记检测位置的误差的位移量与搬运量的对应，决定为与装置中使用的驱动部的动作量的对应。该对应也可在搬运机构的设计时或装置组装后执行测试动作（电机的动作量、移动量与图像的标记

检测动作) 来取得。

图 14A、图 14B 是表示实施例 1 的图像信息存储部 106 与分析结果存储部 3 的存储数据的数据表格的实例的图。

图 14A 是表示实施例 1 的图像信息存储部 106 的数据实例的图。如该表所示, 对每个栽培容器设置流水序号 (样品 No.), 来对每个样品 No. 进行管理。若对每个所取得的图像存储取得图像的日期时间与此时环境条件 (温度、湿度等), 则对生长分析的信息是有效的。

图 14B 是表示实施例 1 的分析结果存储部 3 的数据实例的图。如该表所示, 设为追加了从图 14A 保存的图像信息得到的分析数据 (对象物的叶或根等的长度、角度) 的数据。结果, 通过结合生长的图像与分析数据来进行管理, 可边看图像边评价生长的数值数据, 可高效执行分析作业。

图 15A、图 15B 是表示实施例 1 的图像分析部 2 中的图像分析处理部 201 中的处理实例、和接受图像分析处理部 201 的输出的图像显示控制部 202 的功能模块图。

图 15A 是表示基于使用实施例 1 取得的图像列的模拟动画显示的分析处理的流程图。如图所示, 模拟动画显示是以时间序列排列所取得的图像 20, 并依次在显示装置上进行显示的处理。这样, 通过动画显示所取得的图像, 可将植物的缓慢变化显示为人可识别的变化速度的变化, 得到对变化的分析的效果。图 15B 是表示实现执行实施例 1 的模拟动画的显示控制部 202 的功能模块的图。用图像读入部 2025 依次读取所取得的图像, 在暂时存储第 0 存储器 2024 和暂时存储第 1 存储器 2023 中交替展开图像数据。展开后的图像数据交替传送到显示用图像存储器 2022, 通过显示装置接口 2021, 显示于显示装置 4 上。这样, 通过使用两个暂时图像存储器, 可无闪烁地显示。以上一连串的处理由显示控制部 2020 进行处理。

图 16A-图 16C 是说明实施例 1 的图像分析处理部 201 的生长速度计测的图。作为使用所取得的图像列的分析方法的其它实例, 示出基于前端部检测的生长速度计测的实例。

图 16A 是表示实施例 1 的对植物体前端部的检测的流程图。如图所示, 对从图像取得开始时起取得的全部图像, 执行植物体的生长前端部

的检测。通过与上述式(2)相同的运算式,算出所取得的前端部坐标从实验开始时的位移量。

图16B是用曲线表示出基于图16A的处理的植物体的生长前端部的检测结果的图。这样,将仅用眼难以评价生长形状变化的微小的形状变化,表现为连续的数值数据,可定量评价生长过程中的形状变化,可定量比较多个植物体的生长差异。

图16C是表示比较植物体的生长前端部的生长速度的实例的图。在该曲线中,将图16B所示的计测结果,通过对两个植物体分析的实例来表示。如该实例所示,即使是最终长度大致一致的植物体A和植物体B,也可读取在其生长过程中进行不同变化的植物体。这样,可根据多个个体的植物体的图像取得与其分析结果来得到这种结果。

图17是作为本发明的系统应用动作,示出安装栽培容器时的安装状态的自动检查功能处理流程图。

为了保证摄影机15与被观察植物体的物理位置精度,将栽培容器13牢固地安装在搬运机构9上是重要的。因此,期望在安装时检查是否将栽培容器13牢固地安装在搬运机构9上,并确认准确地固定。因此提议确认动作处理。执行栽培容器安装(S401),之后,执行安装确认用动作序列(S402)。该动作最好是使动作速度比通常快的、重复动作和停止的、有意摇晃等动作。

在执行这种动作后,执行n次通常的摄影动作($n>1$)(S403)。检测拍摄到的n次图像中的标记坐标(S404),求出坐标值的位移(S405)。判定求出的位置是否在摄影动作的允许范围内(S405)。与设为目的的分析计测精度相吻合来决定允许范围的设定。以上结果,在判定为不合格的情况下,再次确认安装状态,再次执行检查,重复上述动作,直到判定结果合格为止。如上所述,因为使用所取得的图像来进行安装状态的检查,所以可执行全部动作误差要素的检查。

(实施例2)

此前,记载了在试管内生长的小植物体的实施例,但实际上还有植物体较大、生长到1m以上的情况。本发明也可应用于这种植物体的分析装置。在植物体大的情况下,生长的形状变化量大,所以为了取得多个样品的生长图像,确保栽培的空间成为问题。

图 18 是表示将本发明的装置适用于大的植物体的实施例 2 的系统示意图。对表示实施例 2 的系统示意图的与图 3 相同的结构要素，标注相同的参照标记。将图 18 与图 3 对比可知，在实施例 2 中，也通过搬运机构 9 如箭头所示，向搬运方向搬运栽培容器 13，并在摄影机 15 前面进行图像取得，在该结构上没有不同。另外，30 表示植物体的生长室。

图 18 中，因为栽培容器 13 和植物大且重，所以将栽培容器 13 装载在载于连动的两个搬运机构 9 上的工作台 93 上来进行搬运。设摄影机 15 可相对工作台 93 在桌面 31 上前后移动。该结构可与光学设备中使用的可动式桌面一样实现。

图 18 结构中的栽培容器 13 的搬运控制，可通过与实施例 1 的栽培容器 13 的搬运机构相同的方法实施。追加了桌面 31 上的摄影机 15 的搬运机构的情况下，可通过在图 5A 中说明的序列动作顺序存储部 1014 和图 11 中说明的搬运机构标准动作量存储部 1026 的数据上，附加并存储与摄影机 15 的搬运有关的数据，来实现控制。通过将搬运机构安装在这种图像取得装置中，可在每个取得图像时都通过桌面 31 来控制图像取得时的图像取得范围的设定。因此，具有可按照作为对象的栽培容器的大小或图像取得的对象的生物体的大小，来分别在最佳位置取得图像的效果，可提高分析的精度。另外，实施例 2 的整体系统结构也可如图 1 所示。

（实施例 3）

图 19A-图 19C 是说明实施例 3 的图，采取与图 18 所示实施例 2 基本类似的结构，但作为装载栽培容器 13 的工作台 93 不动的结构，构成具有保持栽培容器 13 的栽培容器固定装置 94 自行移动的驱动部。

图 19A 是表示着眼于实施例 3 的栽培容器 13、栽培容器固定装置 94 和工作台 93 的搬运机构的图。25 是单轨，铺设在工作台 93 的台面上的中央部。栽培容器固定装置 94 在装载栽培容器 13 的状态下，被单轨 25 引导而保持一定的姿势，通过驱动部的动力自行移动，搬运栽培容器 13。

图 19B 是表示实施例 3 的栽培容器固定装置 94 的一例的细节的图。栽培容器固定装置 94 具备转向架 37。转向架 37 在周围具备上升部，以便在其上面装载栽培容器 13 时，与转向架 37 的位置关系变为规定状态，

由此固定保持栽培容器 13。另一方面，转向架 37 在下面具备与用于自行移动的驱动轮 26 和单轨 25 耦合的导轨 27。并且，设置使 1 个驱动轮 26 旋转的驱动用电机 96。该电机 96 最好如实施例 1 说明的那样，是脉冲电机或直接传动电机等，作为可指示动作量的电机，可控制搬运量。另外，在另一个驱动轮 26 中安装用于检测转向架 37 运动量的转向架移动量检测装置 98。该检测装置可由汽车或自行车等中使用的、计测移动距离或速度的装置来实现。由电机 96 来驱动两个驱动轮 26，将用于检测转向架 37 运动量的转向架移动量检测装置 98 安装在电机 96 的轴上。95 是转向架移动控制部，通过无线通信从搬运机构控制部 10 接收关于转向架移动量的信号。另外，通过无线通信将关于转向架移动量检测装置 98 所检测到的转向架移动量的信号，发送到数据处理部 102。另外，虽然电机 96 的动力未图示，但可通过安装在转向架 37 的一部分上的电池来提供。

图 19C 是表示实施例 3 的转向架移动控制部 95 的一例的细节的图。转向架移动控制部 95 具备控制部的通信单元 97，用于与控制及搬运机构控制部 10 和数据处理部 102 之间传递信号，经控制电路部 41 向驱动用电机 96 发送从搬运机构控制部 10 接收到的信号。另外，将与转向架检测装置 98 检测到的转向架移动量相关的信号，经控制电路部 41 送到数据处理部 102。另外，该通信也可通过有线方式进行，但为了避免搬运中的电缆弯曲等造成的麻烦，最好以无线通信方式实现。

在实施例 3 中，除搬运机构以可自行移动的转向架构成外，其它与图 3 中说明的实施例 1、2 一样。因此，实施例 3 的整体系统结构如图 1 所示。

在实施例 3 中，栽培容器 13 沿单轨 25 引导，可移动到工作台 93 上的任意位置，以维持一定的姿势并与摄影机 15 相对。即，可边细致指示搬运动作的位置边进行搬运动作。并且，可对每个栽培容器控制搬运量，可在将各种形状的容器、生长阶段不同的被观察植物设置在相同工作台上时，取得图像。

图 20A、图 20B 是说明实施例 3 的搬运机构控制的具体例的图。如图 19A-C 所示，实施例 3 中，栽培容器 13 可搬运到工作台 93 上的任意位置。因此，必需进行检测，以便与摄影机 15 的确定位置相相对地停

止。

图 20A 是表示在工作台 93 上沿箭头方向搬运实施例 3 的生长阶段不同的栽培容器 13 的被观察植物的状态图。该动作根据图 7 中说明的动作流程，对每个栽培容器 13 进行动作。另外，在栽培容器 13 上安装位置检测用标记 14。这里，由点划线包围的区域 35 是正对摄影机 15 的位置，意味着可取得图像的区域。边执行位置检测用标记 14 的位置检测，边执行搬运动作，直到栽培容器 13 正好停止在可取得图像的区域 35 为止。

图 20B 是一起表示从图 20A 的状态开始、着眼的栽培容器 13 接近可取得图像的区域 35 的状态以及之后的控制结果的图。在本例中，示出图 20A 表示的栽培容器 13 同时被沿着箭头方向搬运的状态下，当通过位置检测用标记 14 的位置检测，检测到着眼的栽培容器 13 接近可取得图像的区域 35 时，停止其它栽培容器 13 的搬运，仅使着眼的栽培容器 13 移动到可取得图像的区域 35。

在与其它栽培容器 13 紧贴的状态下搬运着眼的栽培容器 13，在仅着眼的栽培容器 13 到达可取得图像的区域 35 的状态下，使两侧的栽培容器 13 移动，以使两侧的栽培容器 13 到达可取得图像区域 35 之外。这样，通过进行补偿动作，仅着眼的栽培容器 13 在可取得图像的区域 35 的中心静止，具有彼此相邻的植物体不会在图像取得时成像。为了简化控制，也可设计搬运的进程表，使着眼的栽培容器 13 的进行方向侧始终保留空间。即，若就图 20B 的实例而言，一旦着眼的栽培容器 13 的图像取得结束，则首先在沿进行方向侧移动该栽培容器 13 后，使整体搬运。

图 21A、图 21B 是说明在被观察植物靠近幼苗的状态到继续生长的状态、在相同栽培容器 13 中培养时的实施例 3 的搬运动作的图，图 21A 中表示被观察植物靠近幼苗的状态下的搬运动作，图 21B 中表示被观察植物继续生长的状态下的搬运动作。图表示从上部看搬运工作台 93 的状态。图 21A 中栽培容器 13 也可紧贴配置在工作台 93 上。图 21B 中，因为被观察植物的叶子茂盛，可能阻碍相邻的栽培容器 13 的植物的成长，所以必需以适当间隔配置在工作台 93 上。

在实施例 3 中，因为可使各栽培容器 13 独立移动，所以若从最初

以考虑了被观察植物的生长阶段的数量来排列，则不必使栽培容器 13 与生长配合来减少的作业。并且，如图 21B 所示，当栽培容器 13 面对摄影机 15 时，如图 20B 所示，只要有仅一个栽培容器 13 进入图像取得区域 35 的余量即可，所以可高密度培养。

在实施例 3 中，不必担心当初相邻的栽培容器 13 的植物体未进入图像取得区域 35。为了缩短工作台 93 上栽培容器 13 全部的图像取得花费的时间，必需缩短搬运花费的时间，所以装入栽培容器 13，减少图像取得后的搬运量，并缩短搬运时间是有效的。结果，如图 20B 所示，在通过位置检测用标记 14 的位置检测，仅使着眼的栽培容器 13 移动到可取得图像的区域 35 的情况下，有可能相邻的栽培容器 13 的植物体的图像的一部分进入区域 35。

图 22A 是表示在实施例 3 的相邻栽培容器 13 的植物体图像的一部分进入区域 35 的状态下，取得图像的实例的图。如图 22A 的左侧所示，在可检测着眼的栽培容器 13 的位置检测用标记 14 与区域 35 具有规定关系的状态下，进行图像取得。其结果，如图 22A 右侧所示，所取得的图像中，包含相邻栽培容器 13 的植物体的茂盛的叶子的一部分。

图 22B 是说明判定处理一例的图，用于检测包含相邻栽培容器 13 的植物体的茂盛的叶子的一部分的状态。通过参照图 22A 右侧示出的取得图像的边界部的亮度值，判定是否包含相邻的植物体。如图所示，就取得图像的边界部的 x 轴、y 轴各自而言，绘制边界上的亮度值的变化。结果，若边界上无图像的要素，则亮度值变为零，若有图像的要素，则亮度值变为某个程度以上。因此，当判定亮度值的检测阈值为 L，且检测到超过 L 的亮度值时，判定为包含相邻的栽培容器 13 的植物体的茂盛的叶子的一部分。若对取得图像的边界部的两侧分别进行亮度值检测，则根据判定结果，仅进行行进方向侧的栽培容器 13 的搬运，或沿相反方向搬运与行进方向相反侧的栽培容器 13，或进行两者的搬运控制，可取得不包含相邻栽培容器 13 的植物体的茂盛的叶子的一部分的图像。其结果，在缩短搬运花费的时间的同时，总能取得一定的植物体的图像，得到形状计测时的计测精度提高的效果。另外，由于像检测判定值由取得图像的照明条件等环境所左右，所以最好通过事先的测试动作来决定。这样，通过边进行相邻植物体的判定，边进行图像取得，能

够总是仅执行对象植物体的图像取得。

另外，在上述任一实施例中，均未谈及附加在用于确定栽培容器 13 的 ID，但可在位置检测用标记 14 的上或下、或左或右以并列设置的形式附加 ID 用的显示。这样，可与有关位置标记的信息结合来取得关于栽培容器 13 的信息，所以在管理上是有用的。

如上所述，可提供一种系统，高精度抑制植物生长过程中的生长变化图像因搬运机构的动作误差引起的计测误差，即使对多个植物体，也可一样高精度实现生长的比较和生长分析。并且，提供一种装置，高效实现对所取得的多个植物体的生长图像的生长分析。

若将对象物装入图像取得装置的栽培容器中，则本发明的图像取得装置和分析方法，对于将植物以外的生物体的生长变化或化学物质的合成反应下的变化纳入栽培容器中、并分析该时间序列的形状变化是有效的。例如，可适用于将动物或人的器官、血管或细胞置于栽培容器中，通过本发明的图像取得装置取得生长状态的图像，并通过本发明的分析方法，根据图像来分析血管的生长速度或器官或细胞的形状变化。另外，也可同样适用于塑料等的化学合成反应中所产成的形状变化。

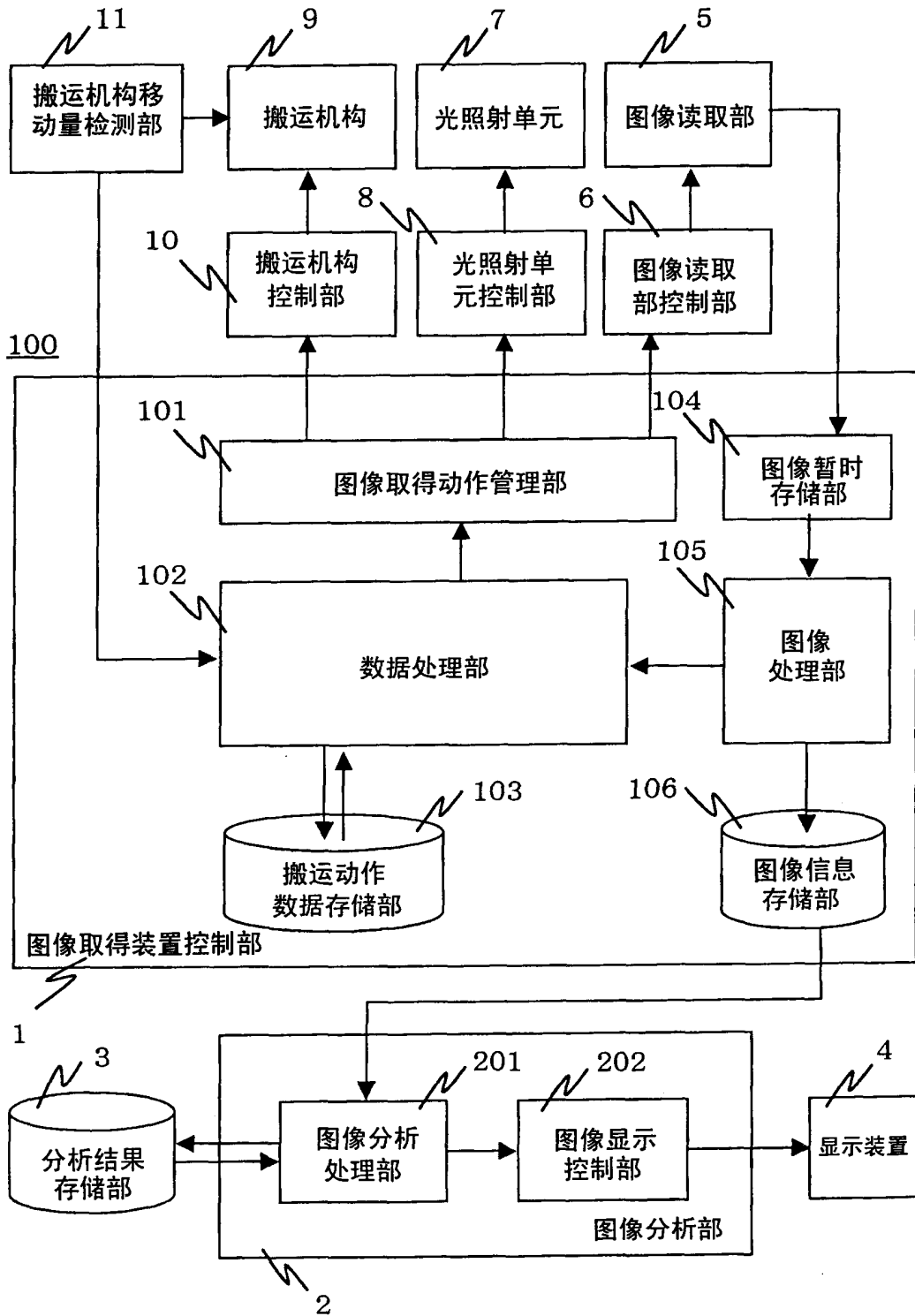


图1

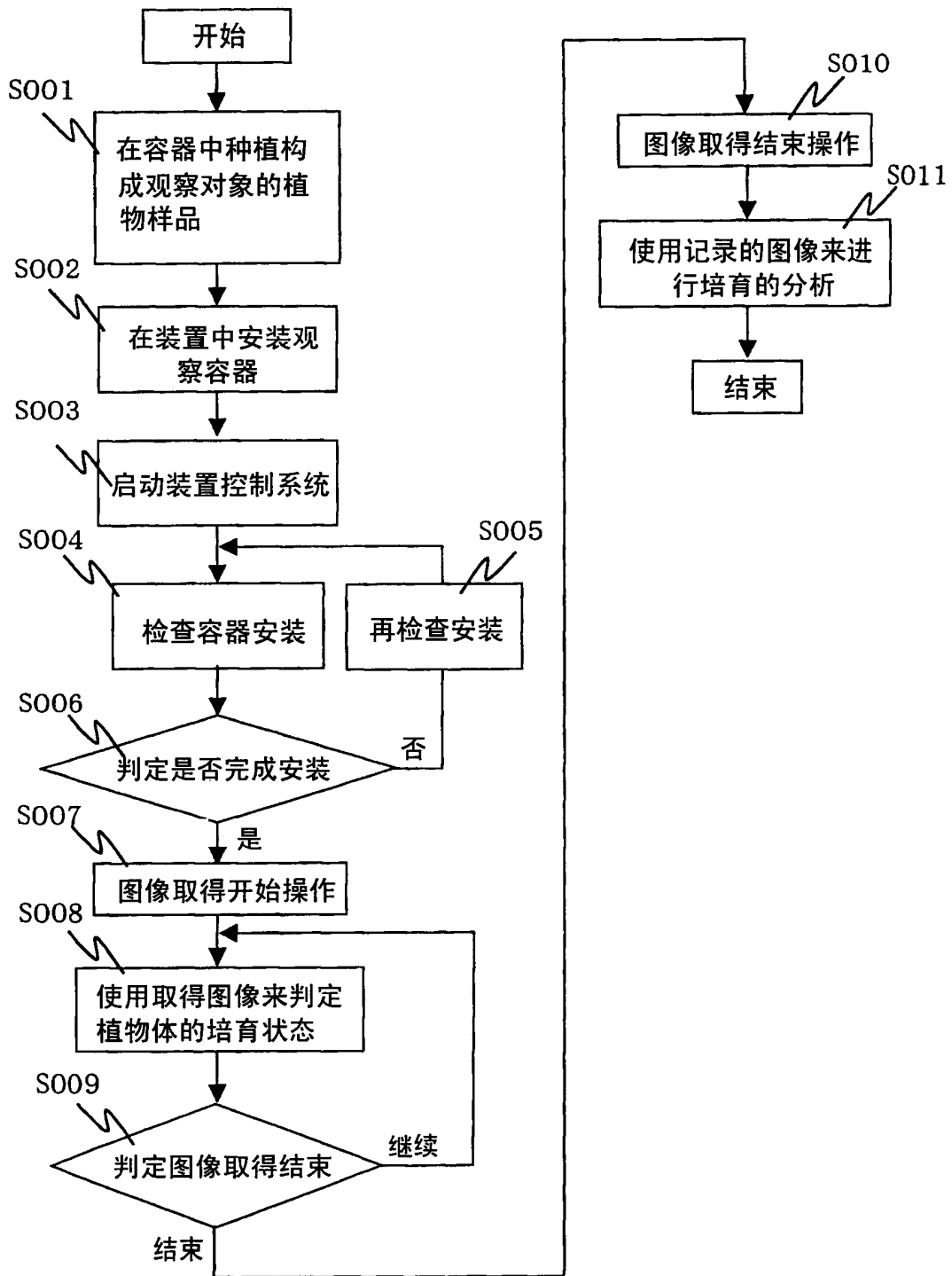


图2

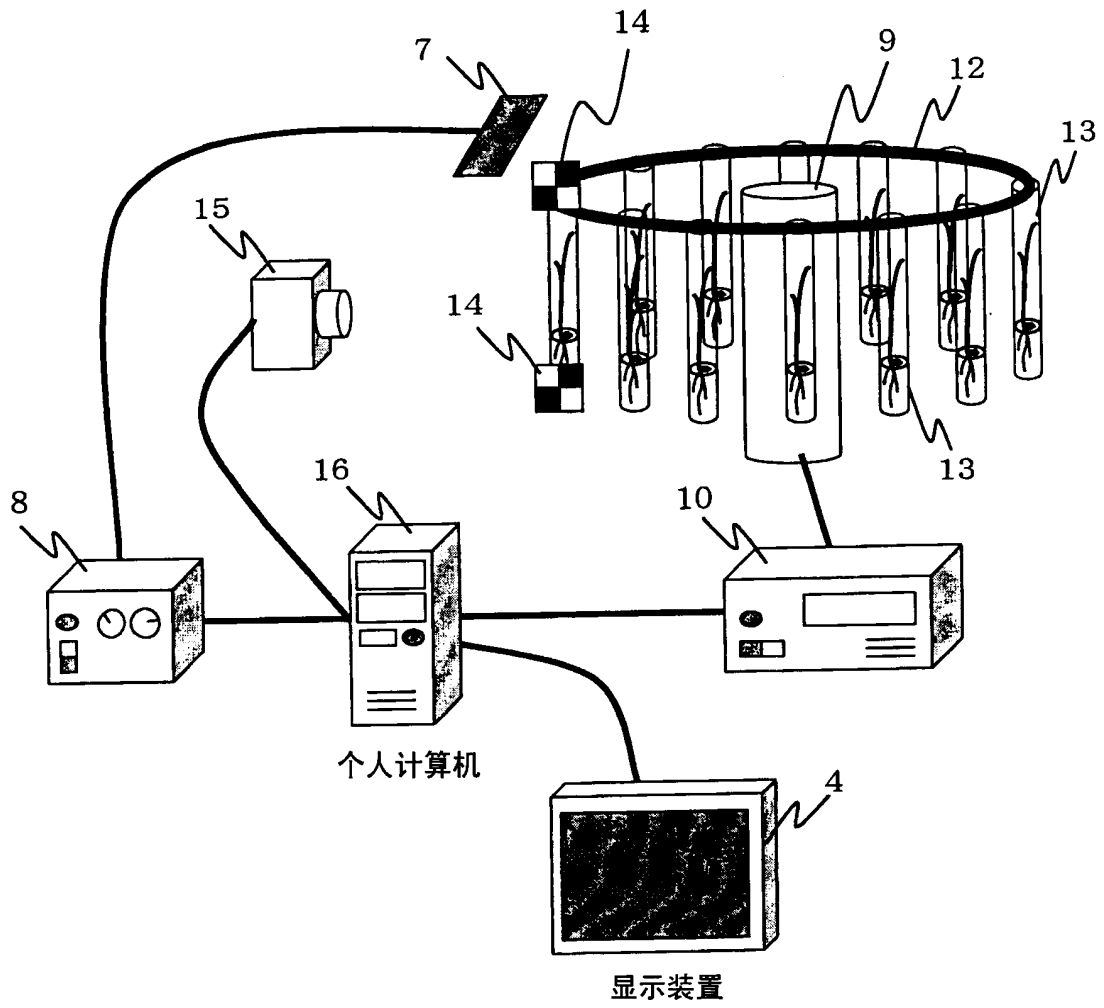


图3

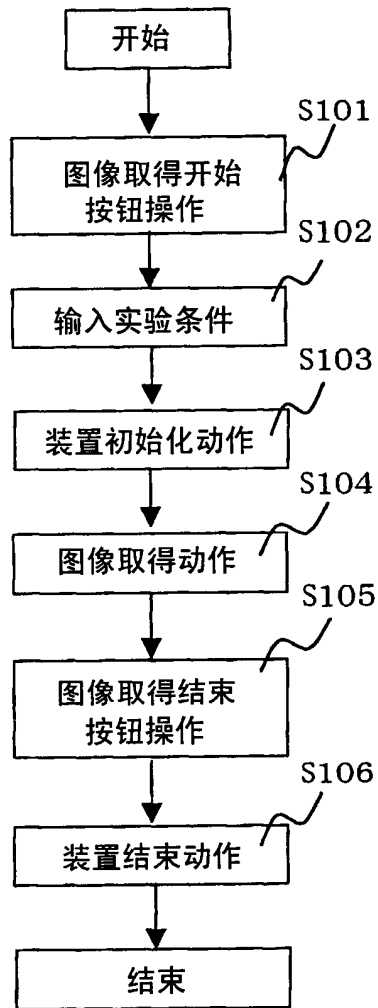


图4A

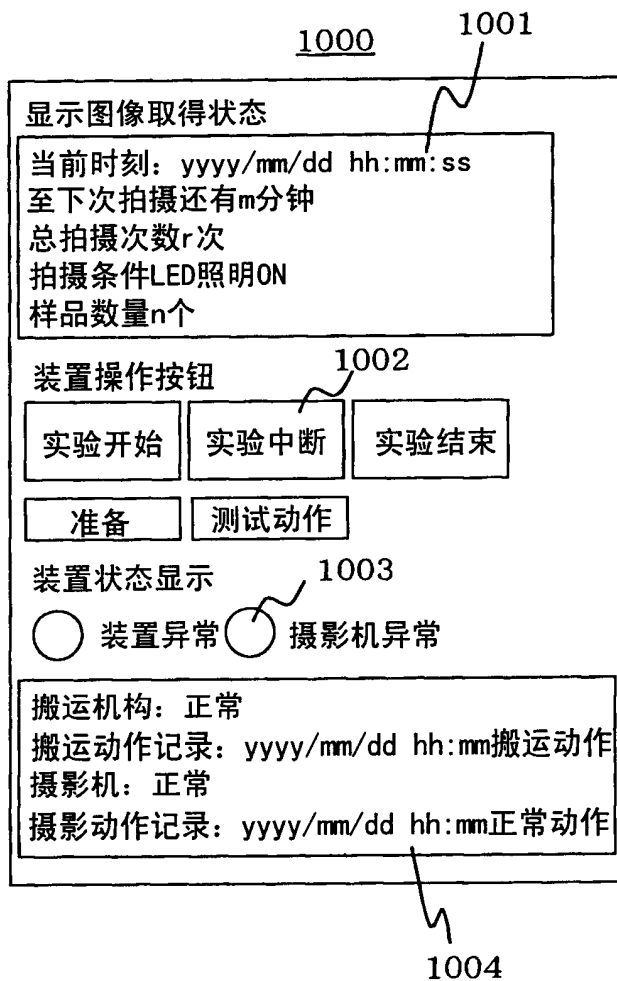


图4B

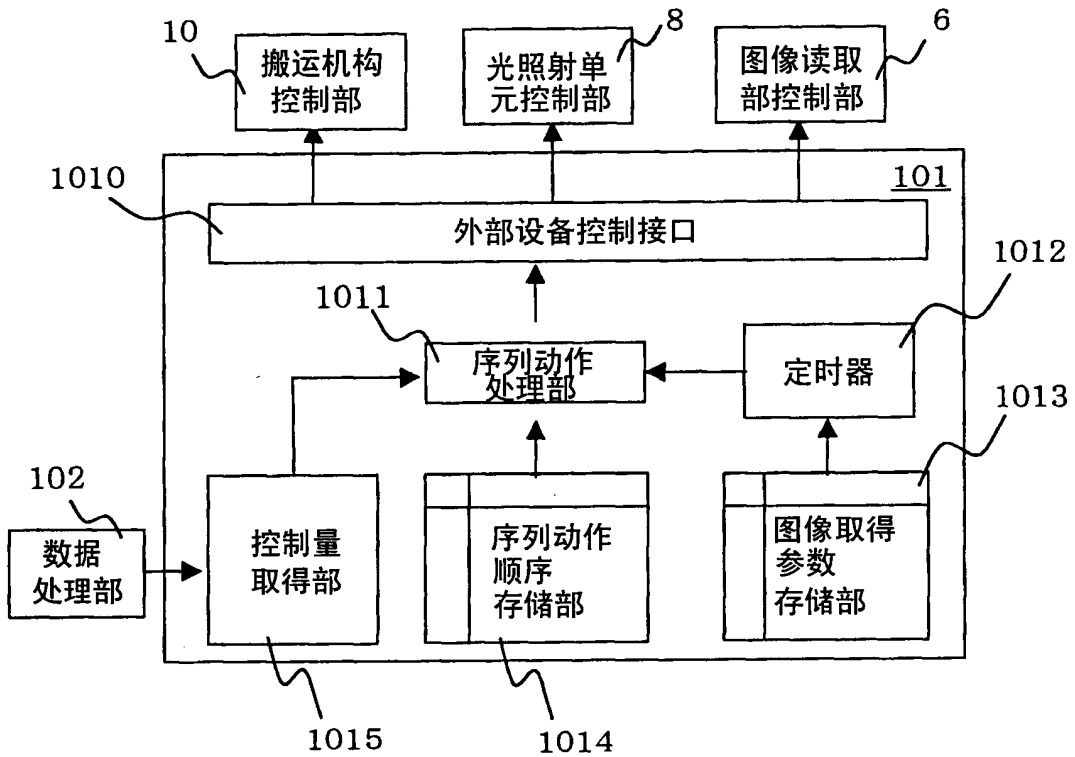


图5A

1016

| 动作顺序 | 控制对象 | 外部设备控制 | | | |
|------|-------|----------|----------|-----|-----|
| | | 电机A A | 电机B B | 照明 | 摄影机 |
| 1 | 搬运机构 | ON | OFF | OFF | OFF |
| 2 | 1秒钟等待 | OFF | OFF | OFF | OFF |
| 3 | 照明点亮 | OFF | OFF | ON | OFF |
| 4 | 图像拍摄 | OFF | OFF | ON | OFF |
| : | | : | : | : | : |
| n | 结束 | OFF | OFF | OFF | OFF |

图5B

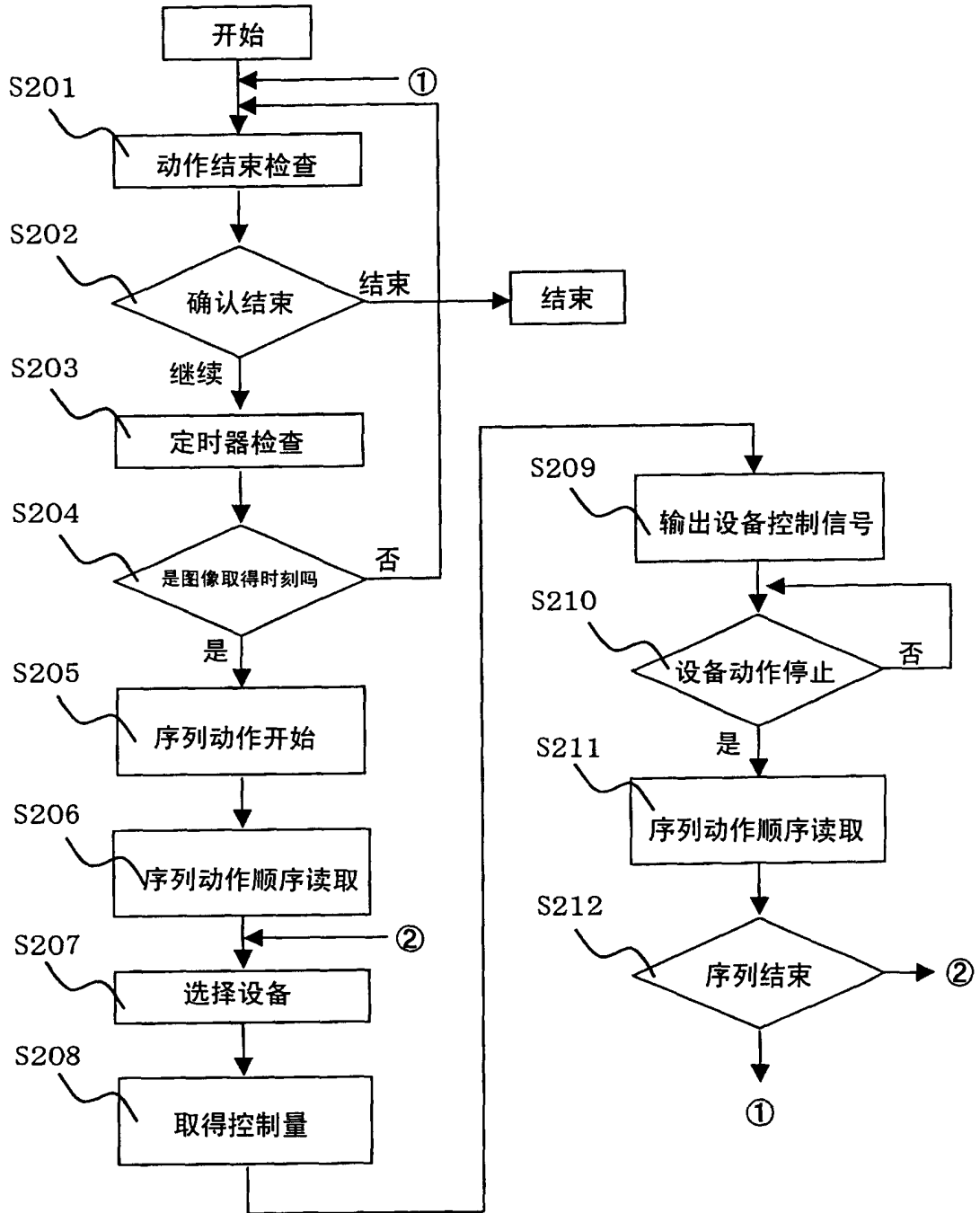


图6

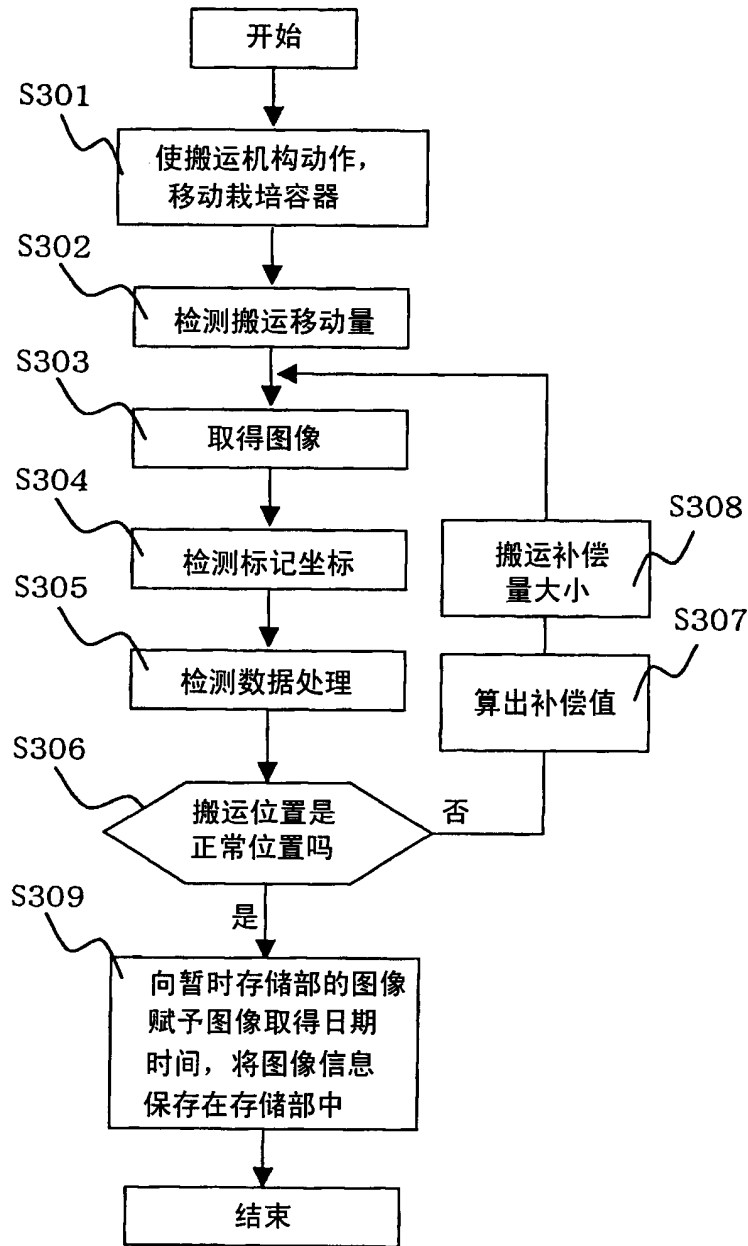


图7A

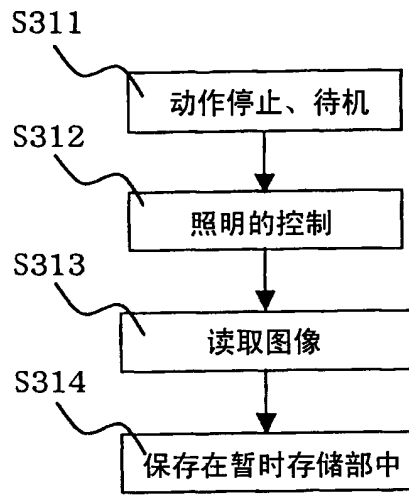


图7B

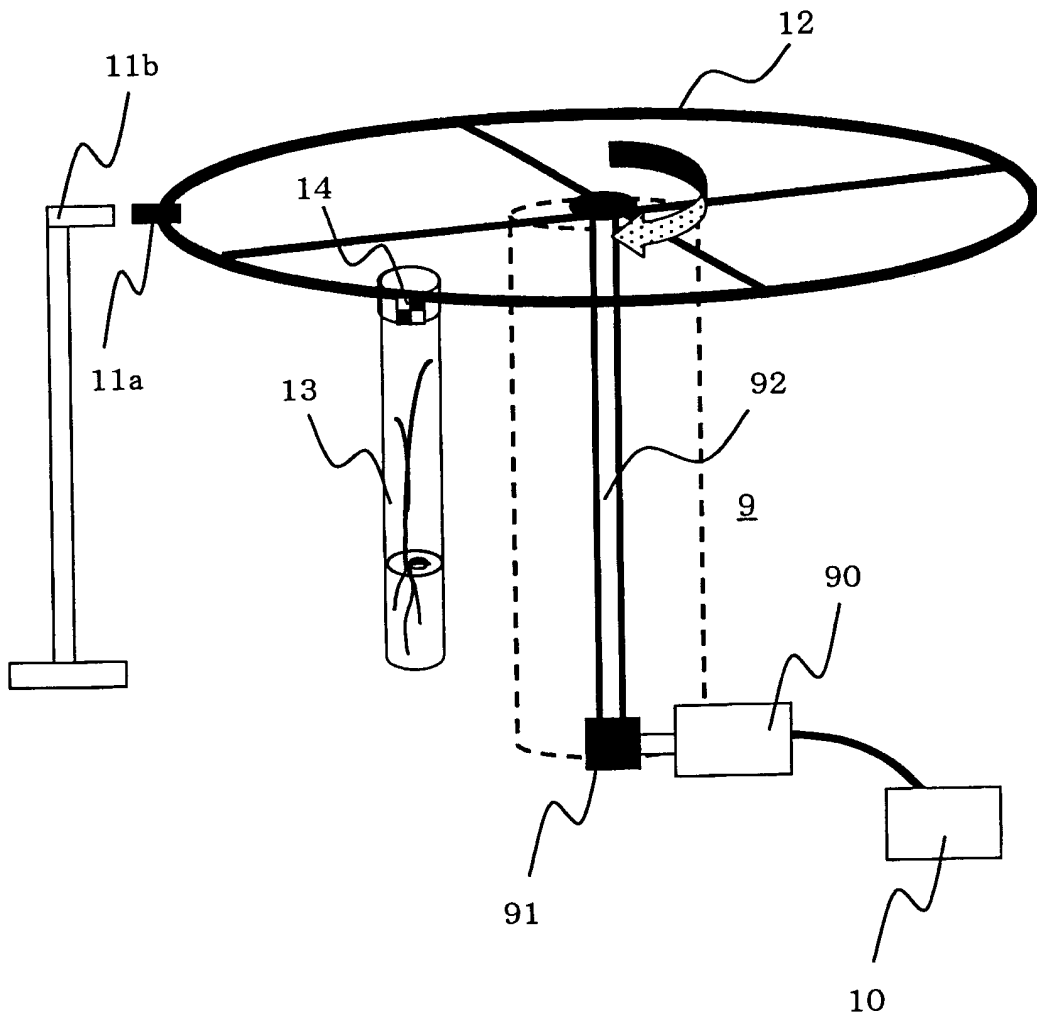


图8

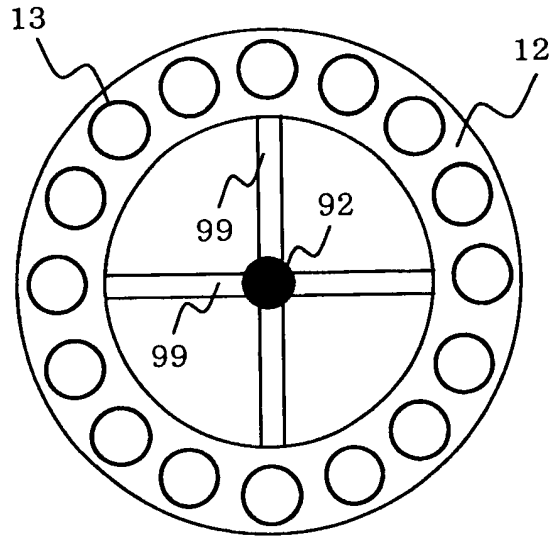


图9A

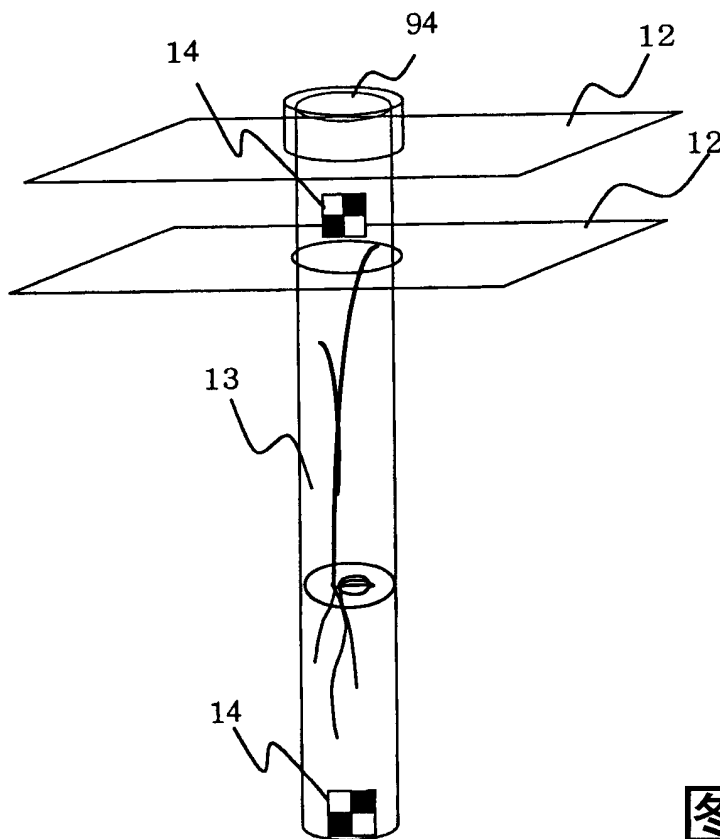


图9B

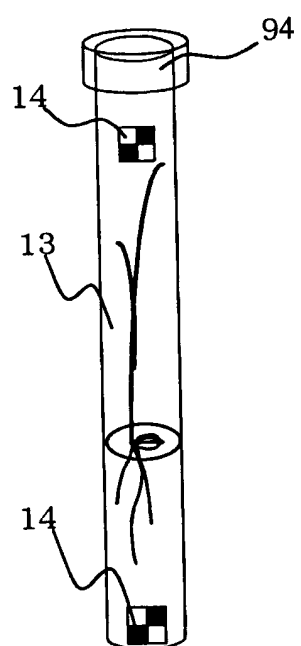


图9C

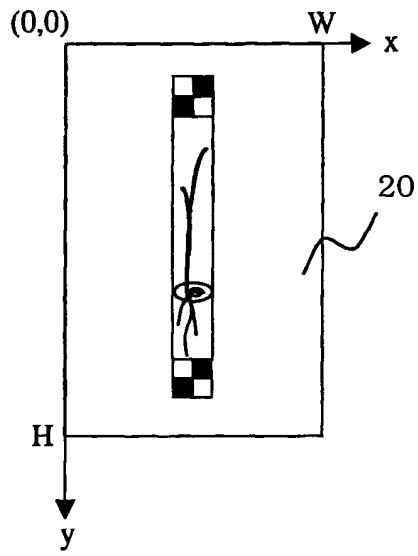


图10A

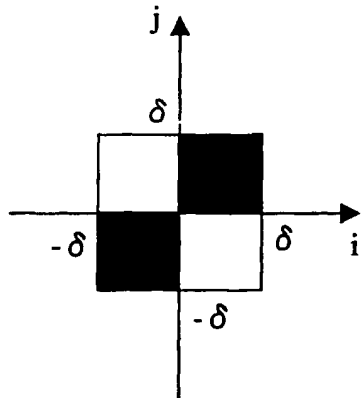


图10B

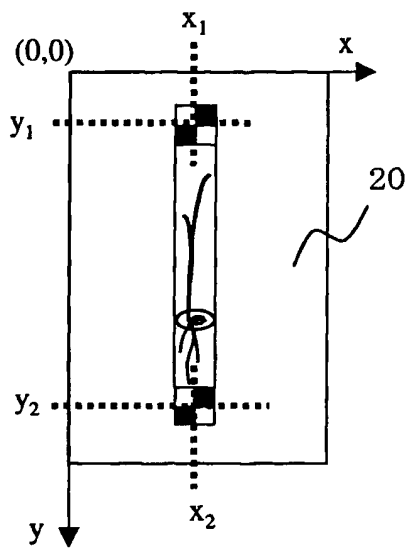


图10C

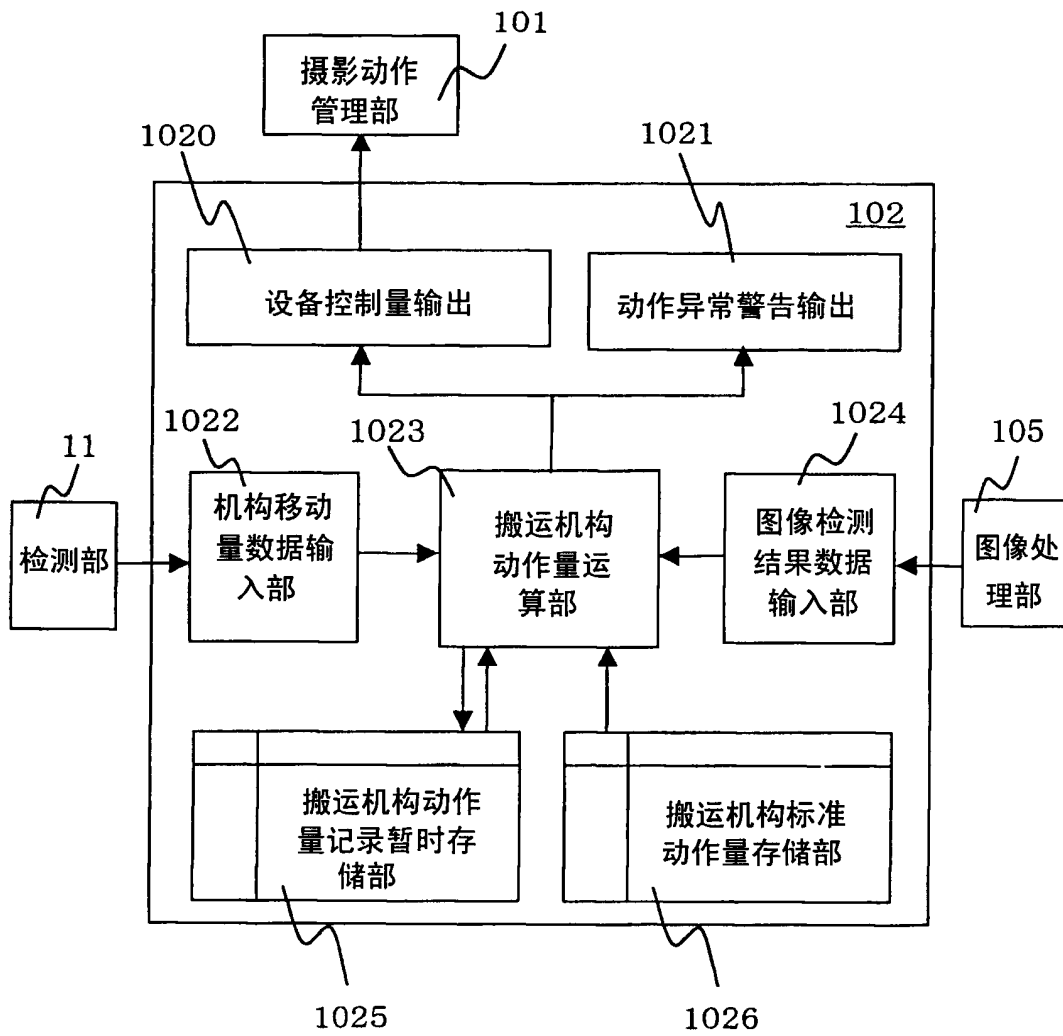


图11

| No. | 动作日期 时间 | 电机动作量 | | 工作台 移动量 |
|-----|-------------|---------|---------|------------|
| | | 电机 A | 电机 B | |
| 0 | x/x/x x:x:x | 20.0 | 25.0 | 301.25 |
| : | : | : | : | : |
| n | y/y/y y:y:y | 20.9 | 24.8 | 300.55 |

图12A

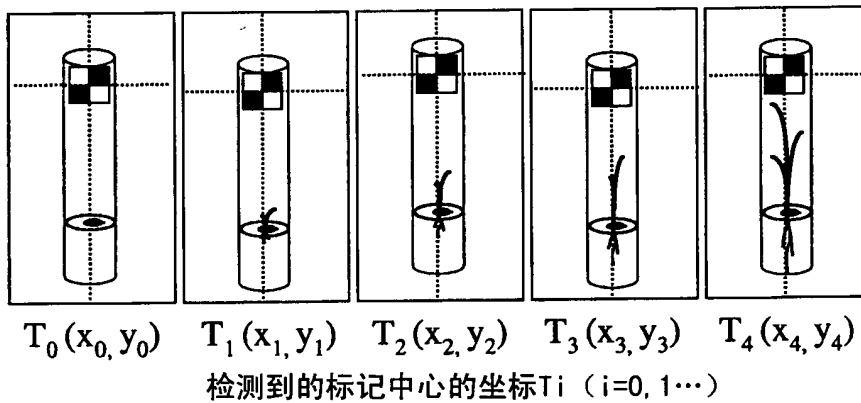


图12B

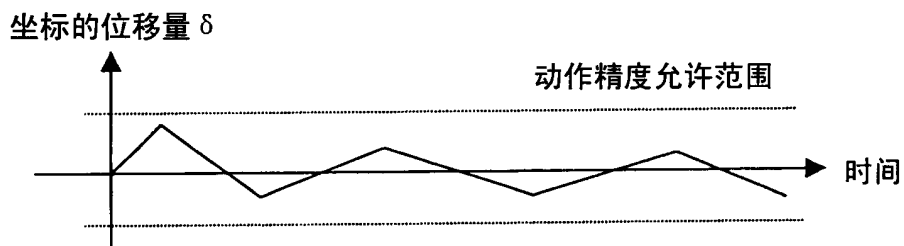


图12C

| No. | 动作日期 时间 | 电机动作量 | | 工作台 移动量 | 标记检测 坐标值 |
|-----|-------------|---------|---------|------------|-----------------|
| | | 电机 A | 电机 B | | $T_i(x_i, y_i)$ |
| 0 | x/x/x x:x:x | 20.0 | 25.0 | 301.25 | (100, 100) |
| : | : | : | : | : | : |
| n | y/y/y y:y:y | 20.9 | 24.8 | 300.55 | (101, 101) |

图13A

| No. | 动作内容 | 设备动作量 | | | 动作后确认数据 | |
|-----|-------|---------|---------|------------|---------|-----------------|
| | | 电机动作量 | | 工作台 移动量 | 工作台位置 | 标记检测 坐标值 |
| | | 电机 A | 电机 B | | | $T_i(x_i, y_i)$ |
| 0 | 初始化 | 180.0 | 180.0 | 360.00 | 0.0 | (0, 0) |
| 1 | 测试动作1 | 230.0 | 200.0 | 430.0 | 70.0 | (200, 100) |
| 2 | 搬运样品1 | 10.0 | 10.0 | 12.0 | 12.0 | (100, 100) |
| : | : | : | : | : | : | : |

图13B

| 样品编号 No. | 拍摄日期时间 | 实验条件 | | | 保存文件名 |
|-------------|------------------|------|-----|------|------------------|
| | | 温度 | ... | 湿度 | |
| 0 | yy / m / d h:m:s | 28.1 | | 76.0 | yy-m-d-h-m-s.bmp |
| | : | : | : | : | : |
| | yy / m / d h:m:s | 27.9 | | 76.1 | yy-m-d-h-m-s.bmp |
| 1 | yy / m / d h:m:s | 28.2 | | 77.0 | yy-m-d-h-m-s.bmp |
| | : | : | : | : | : |
| | yy / m / d h:m:s | 27.8 | | 78.3 | yy-m-d-h-m-s.bmp |
| : | : | : | : | : | : |

图14A

| 样品 编号 No. | 拍摄日期 | 实验条件 | | | 保存文件名 | 分析数据 | | |
|-----------------|------------------|------|-----|------|------------------|------------|-----------|------|
| | | 温度 | ... | 湿度 | | 长度 [mm] | 角度 [度] | 成长速度 |
| 0 | yy / m / d h:m:s | 28.1 | | 76.0 | yy-m-d-h-m-s.bmp | 8.9 | 0.5 | 2.5 |
| | : | : | : | : | : | : | : | : |
| | yy / m / d h:m:s | 27.9 | | 76.1 | yy-m-d-h-m-s.bmp | 20.5 | 20.2 | 4.0 |
| 1 | yy / m / d h:m:s | 28.2 | | 77.0 | yy-m-d-h-m-s.bmp | 7.6 | 0.1 | 1.3 |
| | : | : | : | : | : | : | : | : |
| | yy / m / d h:m:s | 27.8 | | 78.3 | yy-m-d-h-m-s.bmp | 22.3 | 32.2 | 3.9 |
| : | : | : | : | : | : | : | : | |

图14B

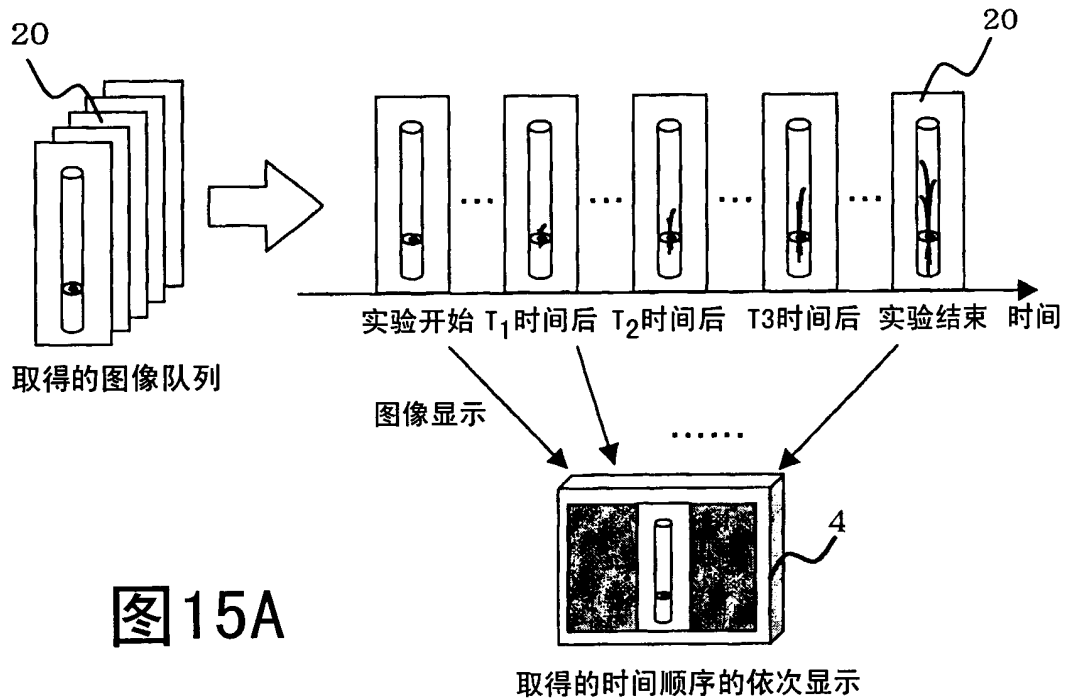


图15A

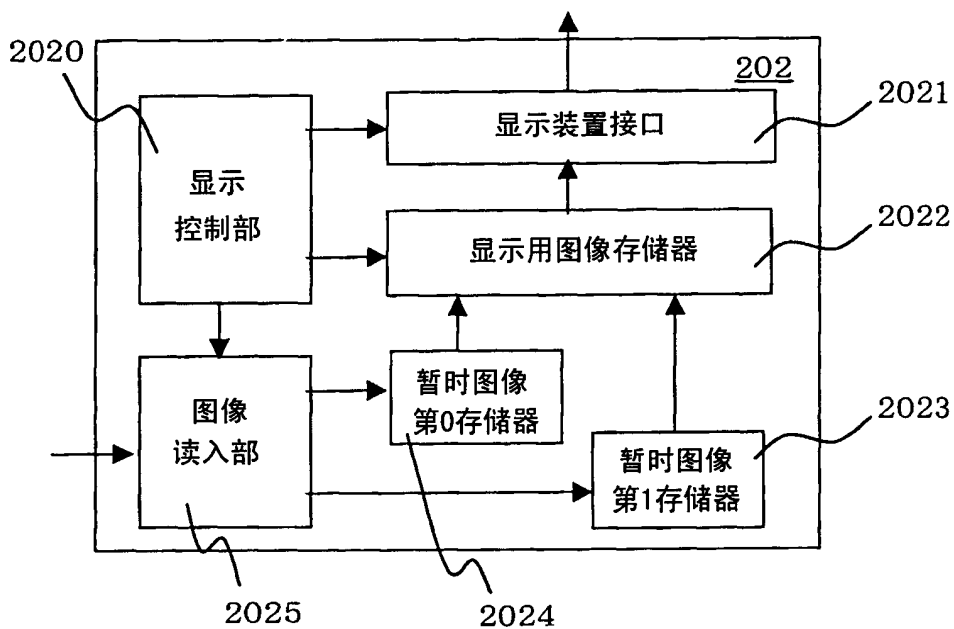


图15B

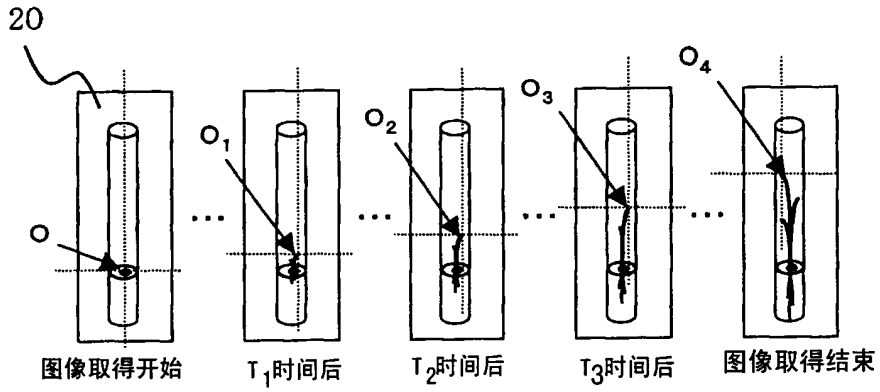


图16A

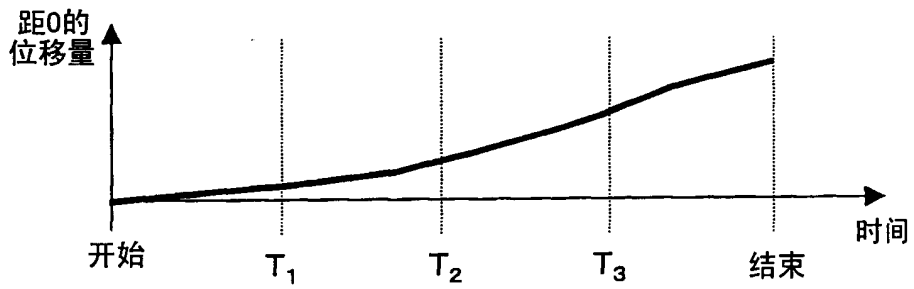


图16B

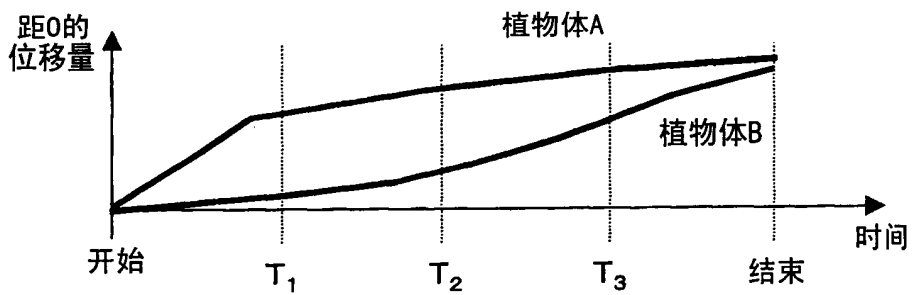


图16C

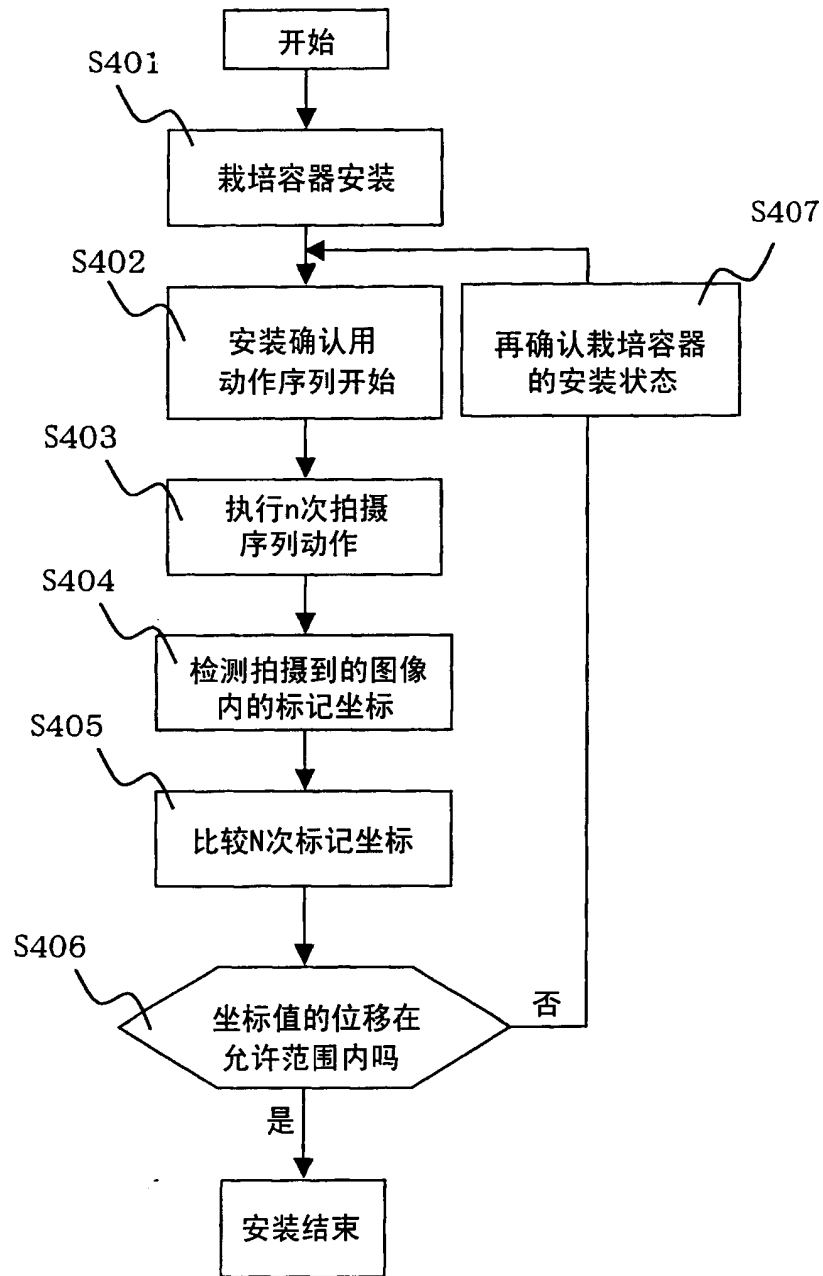


图17

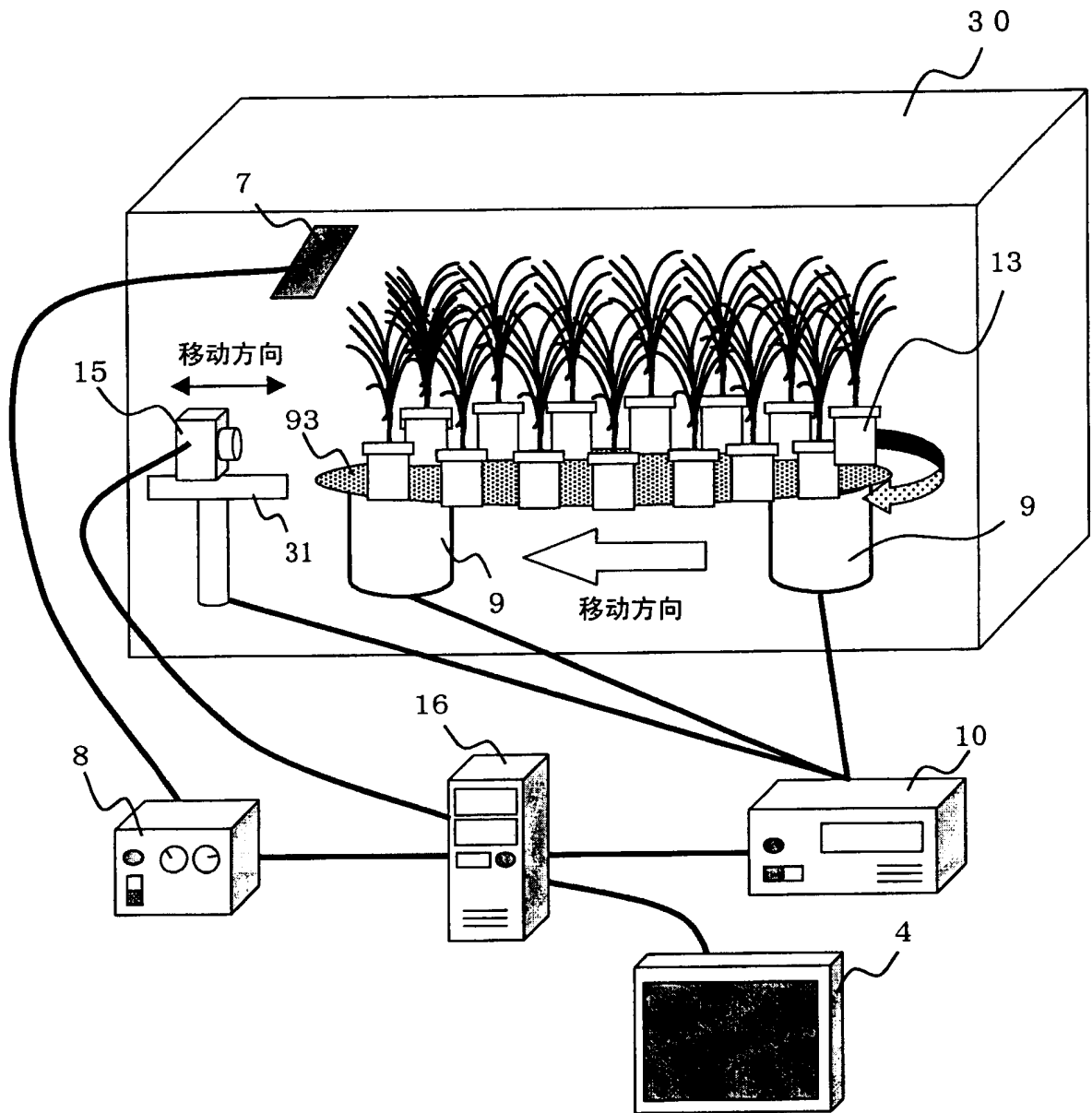


图18

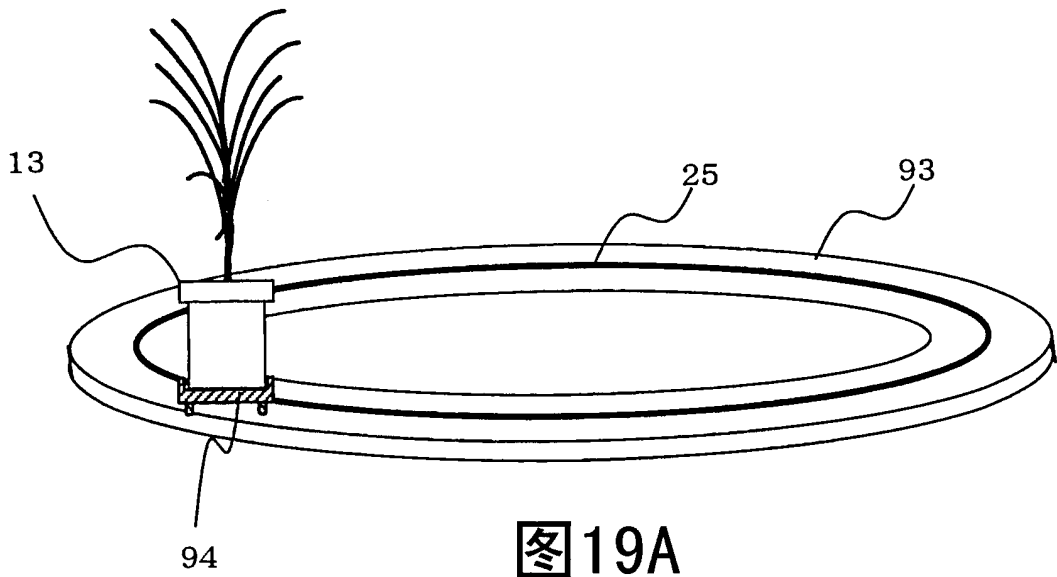


图19A

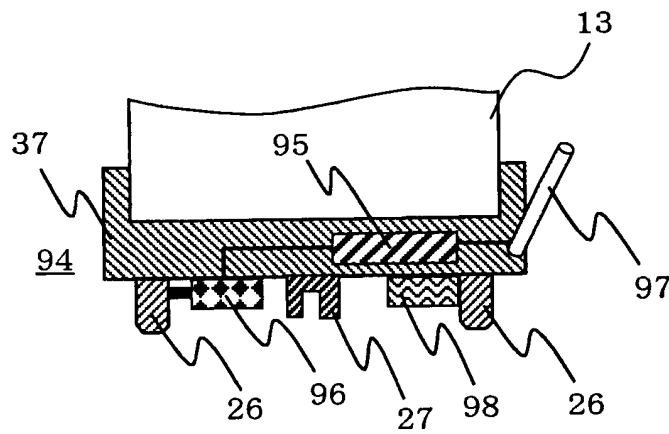


图19B

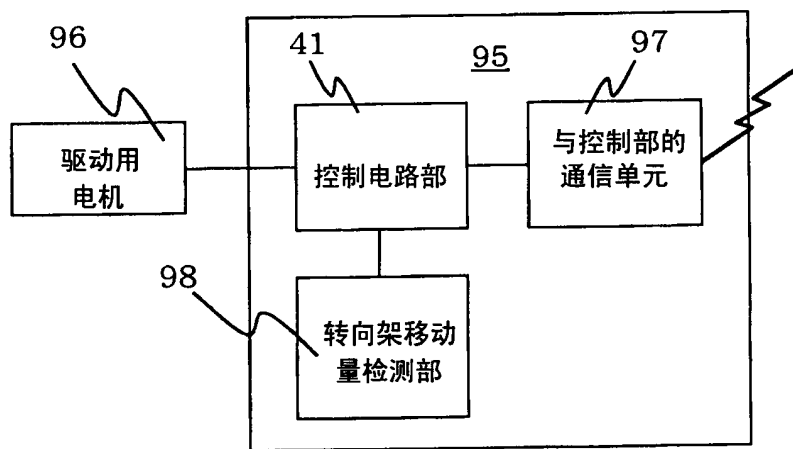


图19C

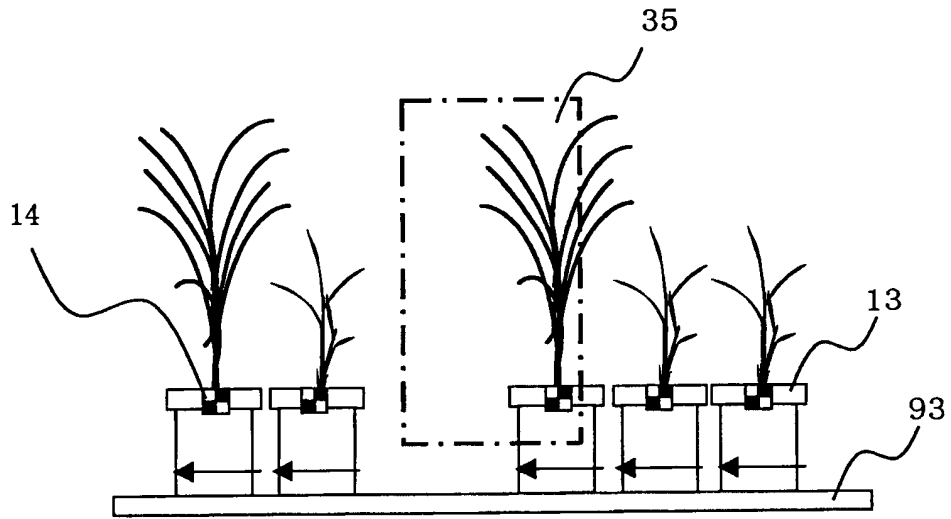


图 20A

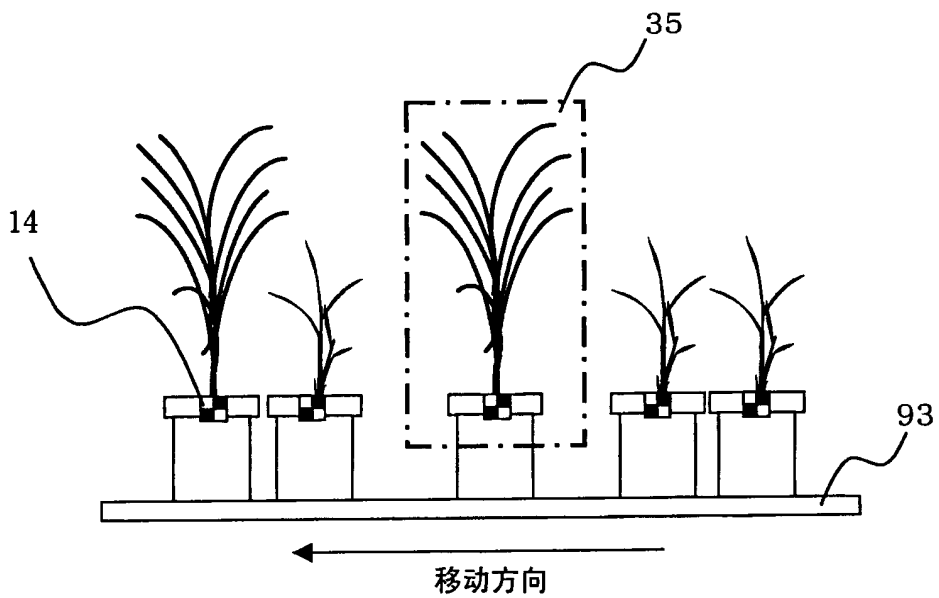


图 20B

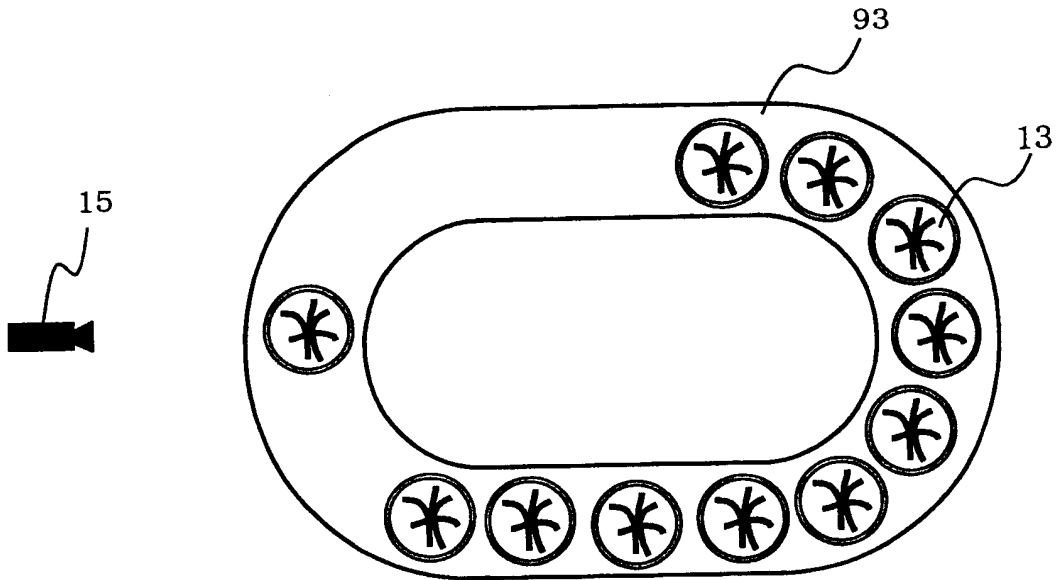


图21A

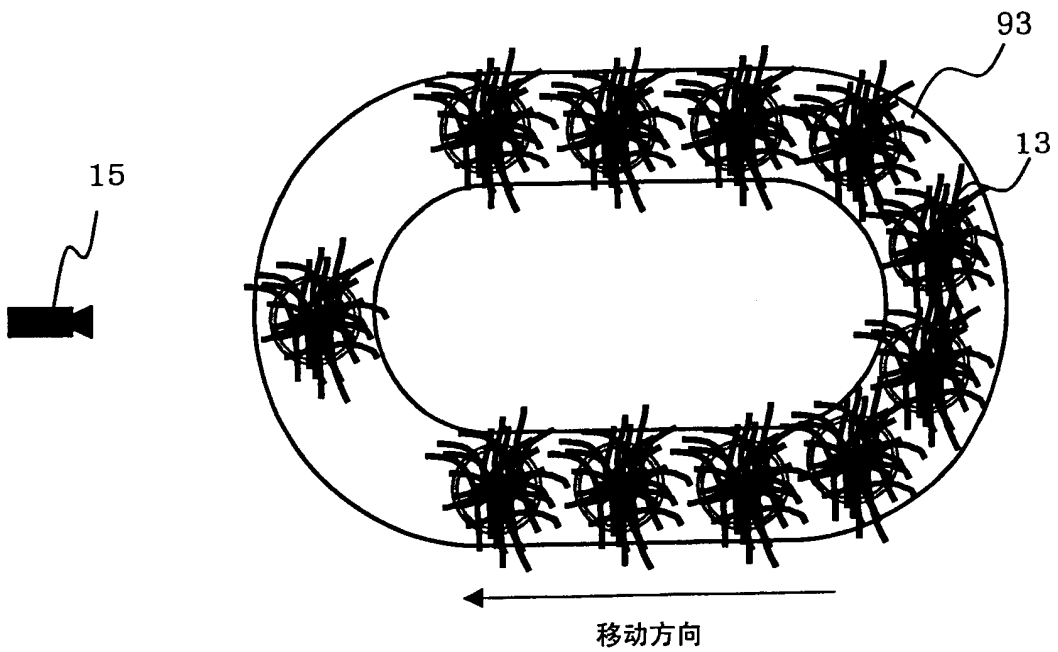


图21B

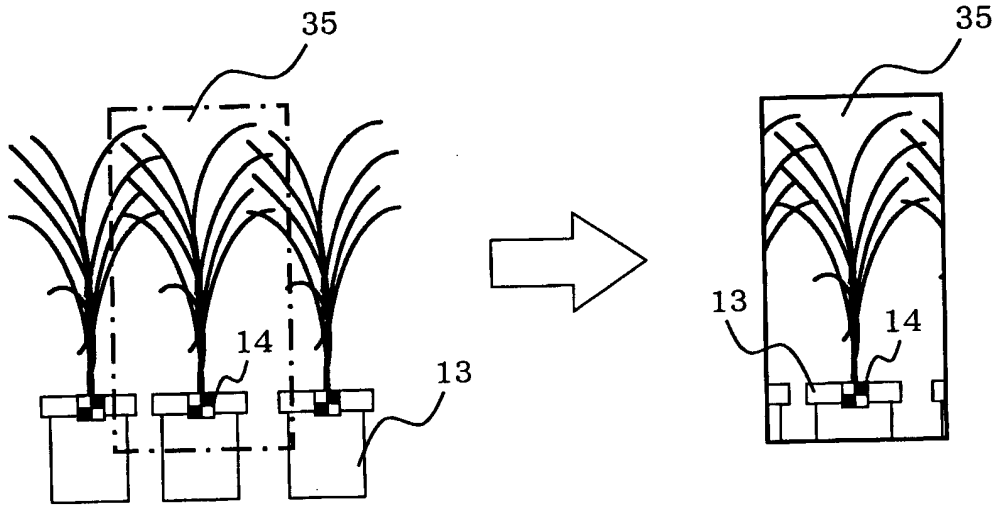


图22A

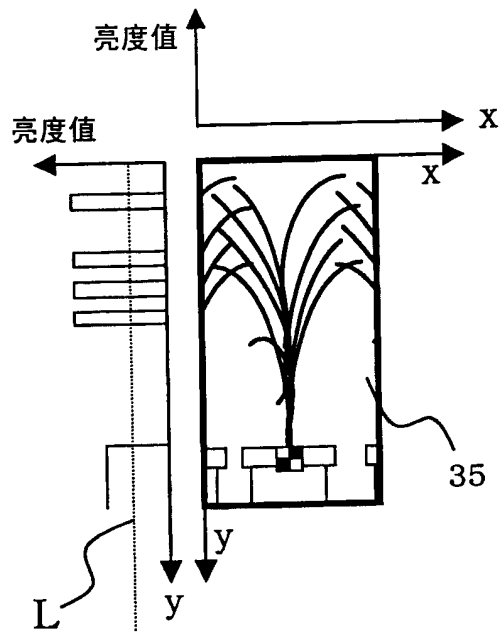


图22B