



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03804074.3

[45] 授权公告日 2007 年 10 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 100344419C

[22] 申请日 2003.2.7 [21] 申请号 03804074.3

[30] 优先权

[32] 2002. 2. 18 [33] JP [31] 40839/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/001326 2003.2.7

[87] 国际公布 WO2003/068454 日 2003.8.21

[85] 进入国家阶段日期 2004.8.17

[73] 专利权人 独立行政法人科学技术振兴机构
地址 日本埼玉县[72] 发明人 古田贵之 田原哲雄 奥村悠
北野宏明

[56] 参考文献

EP1018467A1 2000.7.12

JP9-193060A 1997.7.29

JP7-205069A 1995.8.8

JP5-233052A 1993.9.10

JP2001-277163A 2001.10.9

JP10-217161A 1998.8.18

CN1297805A 2001.6.6

JP2001-212775A 2001.8.7

JP5-62363A 1993.9.8

JP11-320460A 1999.11.24

JP10-86081A 1998.4.7

US5432417A 1995.7.11

审查员 杨道斌

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
代理人 黄剑锋

权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图 8 页

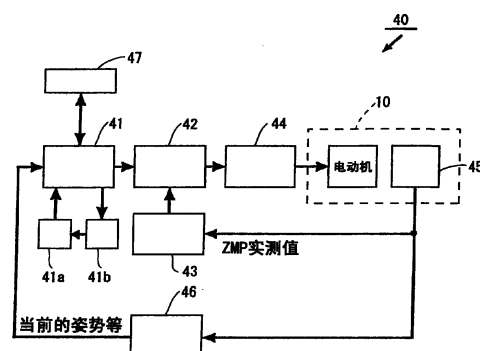
[54] 发明名称

双腿步行式人形机器人

[57] 摘要

本发明涉及的双腿步行式人形机器人，具有使各关节部摆动的驱动电动机(11d、11e、18L、18R~24L、24R、28L、28R~33L、33R、35、36)和驱动控制各电动机的动作控制装置(40)，动作控制装置(40)比较由检测当前的机器人的姿势等的检测部(45)检测出的当前的机器人的姿势和从外部输入的下一动作指令，在下一动作指令对于当前的机器人的姿势等处于稳定极限内的时候，产生与从当前姿势到下一动作指令的初始姿势的中间动作相关的插补数据、和与下一动作指令相对应的动作数据，根据插补数据和动作数据驱动控制各驱动电动机，可顺畅且连续地进行多样动作。最好是具备存储姿势数据的动作库(41a)，该姿势数据由成为机器人的动作要素的基本动作的时序数据以及算法构成，从动作库读取对应的姿势数据，作为组合动作的序列

生成插补数据和动作数据。



1. 一种双腿步行式人形机器人，其具备：躯干部；腿部，在躯干部的下部两侧，在可摆动的中间具有膝部、在下端具有脚部；臂部，在躯干部的上部两侧，在可摆动的中间具有肘部、在下端具有手部；以及头部，安装在躯干部的上端，还具有：驱动机构，使上述腿部的脚部、小腿部、大腿部以及上述臂部的手部、小臂部和上臂部的可摆动的关节部各自摆动；以及动作控制装置，分别驱动控制各驱动机构，其特征在于，

连续进行多样动作时，上述动作控制装置比较由检测部检测出的当前的机器人的姿势和从外部输入的下一动作指令，判断下一动作指令对于当前的机器人的姿势是否在稳定极限内进行；

当下一动作指令所决定的动作不能稳定地过渡的情况下，插入中间动作，并根据该中间动作驱动控制各驱动机构。

2. 如权利要求 1 所述的双腿步行式人形机器人，其特征在于，上述动作控制装置具有动作库，在上述动作库中存储着成为机器人的动作要素的各种基本动作的姿势数据；

上述姿势数据包含表示对于当前的姿势可进行的动作的辅助记录；

上述动作控制装置参照存储在上述动作库中的各姿势数据的辅助记录，判断下一动作指令对于当前的机器人的姿势是否能在稳定极限内进行。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的双腿步行式人形机器人，其特征在于，

上述动作控制装置判断上述中间动作能否从当前的机器人的姿势稳定地向下一动作指令所决定的动作过渡。

4. 如权利要求 3 所述的双腿步行式人形机器人，其特征在于，

上述动作控制装置参照存储在上述动作库中的各姿势数据的辅助记录,判断上述中间动作能否从当前的机器人的姿势稳定地向下一动作指令所决定的动作过渡。

5. 如权利要求 2 所述的双腿步行式人形机器人,其特征在于,上述动作控制装置将存储在上述动作库中的任意的各种姿势数据作为上述中间动作读取。

6. 如权利要求 1 所述的双腿步行式人形机器人,其特征在于,在下一动作指令对于当前的机器人的姿势处于稳定极限外的时候,上述动作控制装置将上述中间动作揭示给外部。

7. 如权利要求 1 所述的双腿步行式人形机器人,其特征在于,上述驱动机构是关节部驱动用电动机;

上述动作控制装置包括:

动作计划部,判断从外部输入的下一动作指令是否能在稳定极限内执行,当处于稳定极限内的时候,计划与该动作指令对应的动作;

动作生成部,根据上述动作计划部的动作计划,生成机器人的动作所必需的各关节部的角度数据;

补偿部,根据上述角度数据计算 ZMP 目标值,并且,根据来自角度计测单元的姿势信息和来自 ZMP 检测传感器的检测输出计算 ZMP 实际值,并将该 ZMP 实际值与上述 ZMP 目标值相比较后,将 ZMP 补偿量输出到上述动作生成部;

控制部,根据来自上述动作生成部的被修正的动作数据,驱动控制上述各电动机;

以及动作监视部,根据上述动作计划、ZMP 目标值、ZMP 实际值,监视机器人的状态;

在连续进行多样动作时,上述动作计划部取得来自上述动作监视部的当前的机器人的姿势,并且比较当前的机器人的姿势和从外部输入的下一动作指令,判断该下一动作指令能否在稳定极限内执行;

在下一动作指令所决定的动作不能稳定地过渡的情况下,插入中间动作,进行动作的计划。

8. 如权利要求 7 所述的双腿步行式人形机器人,其特征在于,向上述动作计划部输入的动作指令,操作者利用外部的控制装置可选择任意的动作指令。

9. 如权利要求 7 或 8 所述的双腿步行式人形机器人,其特征在于,

上述动作控制装置具有动作库,在上述动作库中存储着成为机器人的动作要素的各种基本动作的姿势数据;

上述姿势数据包含表示对于当前的姿势可进行的动作的辅助记录;

上述动作计划部参照存储在上述动作库中的各姿势数据的辅助记录,判断下一动作指令对于当前的机器人的姿势能否在稳定极限内进行。

10. 如权利要求 7 或 8 所述的双腿步行式人形机器人,其特征在于,

上述动作计划部判断上述中间动作是否能从当前的机器人的姿势稳定地向下一动作指令所决定的动作过渡。

11. 如权利要求 10 所述的双腿步行式人形机器人,其特征在于,上述动作计划部参照存储在上述动作库中的各姿势数据的辅助记录,判断上述中间动作是否能从当前的机器人的姿势稳定地向下一动作指令所决定的动作过渡。

12. 如权利要求 9 所述的双腿步行式人形机器人,其特征在于,上述动作计划部将存储在上述动作库中的任意的各种姿势数据作为上述中间动作读取。

13. 如权利要求 7 所述的双腿步行式人形机器人,其特征在于,

上述动作控制装置还具有过程过滤器，该过程过滤器作为记录来自外部的动作指令的存储装置。

双腿步行式人形机器人

技术领域

本发明涉及双腿步行式人形机器人，详细地说涉及可以顺畅连贯地进行多样动作的双腿步行式人形机器人。

背景技术

以往，所谓的双腿步行式人形机器人是，生成已事先设定好的步行图案（以下称为步态（gait））数据，根据该步态数据进行步行控制，以规定的步行图案使腿部产生动作，由此来实现双腿步行。这时，为了使步行姿势稳定，就要进行所谓的 ZMP（Zero Moment Point）补偿，该 ZMP 补偿是将机器人足底的地板反作用力与重力的合成力矩为零的点（以下称为 ZMP（Zero Moment Point））收敛到目标值，并根据该 ZMP 规范可实现机器人的稳定。

但是，作为双腿步行式人形机器人的动作，除了步行以外，还可能进行非步行的直立动作、转变方向的所谓转身动作、或从坐在椅子等上的坐姿站起的起立动作等。而且，为了实现更实用的人形机器人，就必须尽快且顺畅地进行这样的多样动作。

但是，这样的各种动作被设计成各自相互独立地进行，在连续进行各种动作的情况下，就不能成为连贯顺畅的动作。特别是，快速动作的连续生成，会由于因各种动作所产生的惯性力而失去平衡，因此，很有可能让机器人跌倒。因此，以往的双腿步行式人形机器人被控制成在完成一个动作以后要停止一段时间以后才能从容地进行其它动作，所以是完全的机械性动作。

而且，以往的双腿步行式人形机器人，从便利性及实时性来说，大多是由操作者利用外部控制装置进行操纵的，并在控制装置上设置用于动作选择的菜单显示、操作按钮、操纵杆等，使用这些就可以选

择机器人应进行的动作。因此，若操作者在选择机器人应进行的动作时，根据当前的机器人的姿势或动作的不同，机器人进行所选择的下一个动作时，就会造成失去平衡、或机器人跌倒等，因此，不合理的姿势就会在用于驱动机器人各部的驱动机构上加载过大的负荷。因此，以往使双腿步行式人形机器人连贯且顺畅地进行多样动作是很困难的。

发明内容

本发明是鉴于以上各点而提出的，其目的在于提供可容易地顺畅连贯地进行多样动作的双腿步行式人形机器人。

为实现上述目的，本发明提供的双腿步行式人形机器人，其具备：躯干部；腿部，在躯干部的下部两侧，在可摆动的中间具有膝部、在下端具有脚部；臂部，在躯干部的上部两侧，在可摆动的中间具有肘部、在下端具有手部；以及头部，安装在躯干部的上端，还具有：驱动机构，可使上述腿部的脚部、小腿部分、大腿部以及上述臂部的手部、小臂部和上臂部的可摆动的关节部各自摆动；以及动作控制装置，分别驱动控制各驱动机构，此外，上述动作控制装置比较由检测部检测出的当前的机器人的姿势及动态等、当前的机器人的姿势等和从外部输入的下一动作指令，在下一动作指令对于当前的机器人的姿势等处于稳定极限内的时候，生成与下一动作指令相对应的动作数据，并根据该动作数据来驱动控制各驱动机构。

利用上述结构，在双腿步行式人形机器人连续地进行各种动作时，动作控制装置检测出当前的机器人的姿势等，只有在下一动作指令处于稳定极限内的时候，才生成与下一动作指令对应的动作数据。因此，该动作控制装置根据上述动作数据来驱动控制机器人的各部分，由此，可使机器人从当前姿势进行由下一动作指令决定的动作，从而可顺畅且稳定地进行连续的动作。

而且，由于只在下一动作指令处于稳定极限内的时候，机器人进

行与下一动作指令相对应的动作，因此即使操作机器人的操作者不熟悉，在机器人操作产生的多样动作组合中，操作者不必知道连续的各动作是否适当，就可以很容易地操作复杂的连续动作，并且还可以防止因操作者的误操作而执行不适当动作的情况。

本发明涉及的双腿步行式人形机器人，上述动作控制装置最好是，比较由检测部检测出的当前的机器人的姿势等和从外部输入的下一动作指令，在下一动作指令对于当前的机器人的姿势等处于稳定极限内的时候，生成与从当前的机器人的姿势到该下一动作指令的初始姿势的中间动作相关的插补数据、和与下一动作指令对应的动作数据，并根据这些插补数据及动作数据，驱动控制各驱动机构。

由此，动作控制装置根据上述插补数据和动作数据来驱动控制机器人的各部分，以使机器人从当前的姿势经过中间动作进行下一动作指令所决定的动作。因此，机器人可以从前一动作的终止位置经过利用插补数据的中间动作后，进行下一动作指令所决定的动作，因此，可顺畅且稳定地进行连续的动作。

本发明涉及的双腿步行式人形机器人，上述动作控制装置最好具备存储姿势数据的动作库，该姿势数据由成为机器人的动作要素的基本动作的时序数据及算法构成，在生成与从当前的机器人的姿势到下一动作指令的初始姿势的中间动作相关的插补数据和动作数据时，从动作库读取对应的姿势数据，作为组合动作的序列生成插补数据和动作数据。

利用上述结构，成为分解机器人的各种动作时的要素的基本动作的姿势数据存储于动作库中，因此，在生成插补数据和动作数据时，动作控制装置从动作库实时读取成为基本动作的要素的姿势数据并将其组合，就可以生成期望的插补数据和动作数据。这样，通过基本动作的实时组合，可实现多样动作，因此，实际上使机器人在与人类相同环境下作业时，即与机器人的操作无关地使环境产生变化、或者

机器人自身的行动使环境变化而使机器人在预想情况与现实不一定一致的环境下作业的时候，可以根据当时的状况灵活对应。而且还可以减少动作控制装置的计算量，还可以迅速地进行插补数据和动作数据的生成。

本发明涉及的双腿步行式人形机器人，上述动作控制装置最好是具有存储来自外部的动作指令的存储机构，与频繁被指定的特定的连续的动作指令组相关地、作为新的基础数据将该姿势数据存储在动作库中。这种情况下，在从外部输入频繁被指定的特定的连续的动作指令组的时候，读取存储在动作库中的与该动作指令组相对应的姿势数据，就可以将其直接作为动作数据。因此，不需要基本动作的组合序列的运算，可以容易且迅速地生成与该动作指令组相对应的动作数据。

本发明涉及的双腿步行式人形机器人，最好是，在下一动作指令相对当前的机器人的姿势等处于稳定极限外的时候，上述动作控制装置将对于当前的机器人的姿势等处于稳定极限内的替代动作揭示给外部。这样，不进行与对于当前的机器人的姿势等处于稳定极限外的动作指令相关的动作，由此，可以事先防止与下一动作指令对应的动作引起的机器人不稳定或跌倒的情况。

本发明涉及的双腿步行式人形机器人，最好是，在下一动作指令对于当前的机器人的姿势等处于稳定极限外的时候，上述动作控制装置根据下一动作指令不生成动作数据，也不进行该动作。因此，从外部输入的下一动作指令对于当前的机器人的姿势等处于稳定极限外而不进行该动作的情况下，对例如机器人的操作者揭示当时可进行的其它动作，由此，操作者就可以从揭示的替代动作中选择期望的动作，以便向机器人输入新的下一动作指令。

附图的简要说明

通过下述详细说明和表示本发明几个实施方式的附图，可以更好

地理解本发明。但附图所示的实施方式并非用于特定或限定本发明，其所描述内容仅仅为了便于说明和理解本发明。

图 1A、图 1B 表示本发明的双腿步行式人形机器人的一实施方式的外观，图 1A 是示意正视图，图 1B 是示意侧视图。

图 2 是表示图 1A、图 1B 的双腿步行式人形机器人的机械结构的示意图。

图 3 是表示图 1A、图 1B 的双腿步行式人形机器人的前屈部和腿部各关节向前方的摆动极限的示意图。

图 4 是表示图 1A、图 1B 的双腿步行式人形机器人的前屈部和腿部各关节部向后方的摆动极限的示意图。

图 5A 和图 5B 是图 1A、1B 的双腿步行式人形机器人的前屈部的各关节部的示意图，图 5A 表示向左方向的转动极限，图 5B 表示向右方向的转动极限。

图 6 是表示图 1A、图 1B 的双腿步行式人形机器人的电气结构的方框图。

图 7 是表示图 1A、图 1B 的双腿步行式人形机器人的动作控制的流程图。

图 8 是表示图 1A、图 1B 的双腿步行式人形机器人的动作例的图。

图 9 是按顺序表示图 8 的动作中机器人的姿势以及揭示的图。

具体实施方式

以下，结合图示的实施方式来详细说明本发明。

图 1A、图 1B 和图 2 表示本发明的双腿步行式人形机器人的一实施方式的结构。图 1A、1B 中，双腿步行式人形机器人 10 包括躯干部 11、安装在躯干部 11 的下部两侧的腿部 12L、12R、安装在躯干部的上部两侧的臂部 13L、13R、安装在躯干部上端的头部 14。

上述躯干部 11 被分割成上方的胸部 11a 和下方的腰部 11b，胸部 11a 在前屈部 11c 被支撑成可相对于腰部 11b 在前后方向上摆动、特

别是可以向前方前屈，并且可在左右方向上转动。而且，躯干部 11 的胸部 11a 上，内藏有后述的步行控制装置 50。上述前屈部 11c 具备前后摆动用的关节部 11d 以及左右转动用的关节部 11e，各关节部 11d 以及 11e 分别由关节驱动用电动机（参照图 2）构成。

上述腿部 12L、12R 分别由大腿部 15L、15R，小腿部 16L、16R 以及脚部 17L、17R 构成。上述腿部 12L、12R 如图 2 所示，分别具备 6 个关节部，即从上方依次为：与躯干部 11 的腰部 11b 相对的腿部转动用的关节部 18L、18R，腿部的转动方向（绕 X 轴）的关节部 19L、19R，腿部的俯仰方向（绕 Y 轴）的关节部 20L、20R，作为大腿部 15L、15R 与小腿部 16L、16R 连接部分的膝部 21L、21R 的俯仰方向的关节部 22L、22R，与脚部 17 L、17R 相对脚尖部俯仰方向的关节部 23 L、23R，脚尖部的转动方向的关节部 24 L、24R。而且，各关节部 18 L、18R 至 24 L、24R，分别由关节驱动用电动机构成。

这样，腰关节由上述关节部 11d、11e 构成，胯关节由上述关节部 18 L、18R，19 L、19R，20 L、20R 构成，而脚关节由关节部 23 L、23R，24 L、24R 构成。由此，双腿步行式人形机器人 10 的左右两侧的腿部 12 L、12R 分别被付与 6 个自由度，在各种动作中用各驱动电动机将这些 12 个关节部驱动控制成适当角度，就可以使腿部 12 L、12R 整体成为期望的动作，由此可以例如任意地在三维空间步行。

上述臂部 13 L、13R，分别由上臂部 25 L、25R、小臂部 26 L、26R 以及手部 27 L、27R 构成，上述臂部 13 L、13R 的上臂部 25 L、25R、小臂部 26 L、26R 以及手部 27 L、27R，与上述腿部 12 L、12R 相同，如图 2 所示，分别具有 5 个关节部，即从上方依次为：在肩部与躯干部 11 相对的上臂部 25 L、25R 的俯仰方向的关节部 28 L、28R，转动方向的关节部 29 L、29R，还有左右方向的关节部 30 L、30R，在作为上臂部 25 L、25R 与小臂部 26 L、26R 连接部分的肘部 31 L、

31R 的俯仰方向的关节部 32 L、32R，在手前部与小臂部 26 L、26R 相对的手部 27 L、27R 的俯仰方向的关节部 33 L、33R。而且，各关节部 28 L、28R 至 33 L、33R 分别由关节驱动用电机构成。

这样，双腿步行式人形机器人 10 的左右两侧的臂部 13 L、13R 分别被付与 5 个自由度，在各种动作中，由各个驱动电动机将这些 12 个关节部驱动控制成适当的角度，就可以使臂部 13 L、13R 整体成为期望的动作。这里，上述肩部的俯仰方向的关节部 28 L、28R 被配设成其转动轴相对于转动方向的关节部 29L、29R 以及左右方向的关节部 30 L、30R 向前方偏移，并且将向前方的臂部 13 L、13R 的摆动角度设置得较大。

上述头部 14 被安装在躯干部 11 的上部 11a 的上端，例如，搭载有作为视觉的摄像机和作为听觉的麦克风。上述头部 14 如图 2 所示，具有头的俯仰方向的关节部 35 和左右方向的关节部 36。而且，各关节部 35、36 分别由关节驱动用电机构成。

这样，双腿步行式人形机器人 10 的头部 14 被付与 2 个自由度，在各种动作中分别使用驱动电动机将这两个关节部 35、36 驱动控制成适当的角度，由此头部 14 可以在左右方向或前后方向上动作。这里，上述俯仰方向的关节部 35 被设置成其转动轴相对于左右方向的关节部 36 向前方偏移，且向前方的头部 14 的摆动角度被设置得较大。

此外，上述双腿步行式人形机器人 10 中，躯干部 11 的前屈部 11c 的关节部 11d 和腿部 12 L、12R 的前后方向的关节部即膝关节的关节部 20 L、20R、和膝部的关节部 22 L、22R、以及脚尖部的关节部 23 L、23R 被支撑成可在图 3 及图 4 所示的角度范围摆动。脚尖部的关节部 23 L、23R 可以在摆动角度 θ_1 为 -20 至 $+20$ 度以上的角度范围摆动。膝部的关节部 22 L、22R 可以在其摆动角度 θ_2 为 -120 至 0 度以上的角度范围摆动。腰关节的关节部 20L、20R 可以在其摆动角度 θ_3 为 -45 度至 $+60$ 度以上的角度范围摆动。而且，躯干部

11 的前屈部 11c 可以在其角度 θ_4 为 -10 至 $+60$ 度以上的角度范围摆动。与此相对, 躯干部 11 的前屈部 11c 的关节部 11e 被支承成可在图 5 所示的角度范围内摆动。也就是说, 前屈部 11c 的关节部 11e 可以在向图 5A 所示的左方的摆动角度 θ_5 为 -45 度以上的角度范围、并且向图 5B 所示的右方的摆动角度 θ_5 为 $+45$ 度以上的角度范围内转动。

图 6 表示图 1A、1B 至图 5A、5B 所示的双腿步行式人形机器人 10 的电气结构。图 6 中, 双腿步行式人形机器人 10 具备驱动机构、即可对上述各关节部即关节驱动用电动机 11d、11e, 18L、18R 乃至 36 进行驱动控制的动作驱动装置 40。

上述动作控制装置 40 具备: 动作计划部 41、动作生成部 42、补偿部 43、控制部 44、作为检测部检测机器人各关节部角度的角度计测单元 45、设于双脚部 17L、17R 的 ZMP 检测传感器(图未示)以及动作监视部 46。而且, 作为双腿步行式人形机器人 10 的坐标系, 使用将前后方向作为 x 方向(向前为+)、横向作为 y 方向(向里为+)、上下方向作为 z 方向(上方为+)的 xyz 坐标系。

上述动作计划部 41 根据从外部输入的下一动作指令计划与该动作指令相对应的动作。也就是说, 为了进行与该动作指令相对应的动作, 动作计划部 41 计算必要的机器人各部分的角运动量, 从而生成机器人的动作轨道、即动作计划。而且, 该动作计划部 41 如后述那样从动作监视部 46 输入机器人当前的姿势等, 在生成动作计划时参考该机器人的当前姿势等。从上述外部所输入的动作指令是, 例如操作者利用外部的控制装置 47 使用操纵杆和鼠标、操作按钮等, 能够选择任意的动作指令。动作计划部 41 最好是如后述所示地参照机器人的当前姿势、通过画面显示等在外部的控制装置 47 揭示当时可选择

的动作。

这里, 动作计划部 41 具备动作库 41a。该动作库 41a 将由机器人

的动作要素构成的姿势数据等预先作为数据库分类保存。该姿势数据是机器人的关节参数的时序数据和生成动作的程序。而且，姿势数据包含与动作有关的辅助记录，例如使用时间、使动作作用的机器人的部分、动作的基本使用目的等，原本由人类理解的附加信息机器人也可以进行判断。而且，姿势数据还包含执行动作所必要的环境条件（例如前进步行时的前方障碍物等）和机器人动作开始及结束时的稳定指标（例如 ZMP 和重心位置等）。此外，在动作不是固定动作而通过调整参数来可以改变输出的情况下，姿势数据还包含主要参数及其可变范围等。这里，在例如当前为坐姿状态时，上述辅助记录中作为可能的动作准备有例如起立动作、转身动作、踏步动作等。

由此，在进行上述动作计划时，动作计划部 41 根据需要从动作库 41a 中选择读取各种姿势数据，生成作为组合动作的序列的动作计划，作为动作计划，按每个序列向动作生成部 42 输出姿势数据。这时，动作计划部 41 从动作监视部 46 输入当前的机器人的姿势等，在进行动作计划时，将当前的机器人的姿势与下一动作指令进行比较，利用当前的机器人的姿势等判断是否能在稳定极限内进行下一动作指令决定的动作。这种情况下，动作计划部 41 通过参照存储在动作库 41a 中的各动作数据的辅助记录，就可以容易地进行上述判断。

而且，下一动作指令所决定的动作处于稳定极限以外时，动作计划部 41，不根据该下一动作指令实行动作计划，而由当前的机器人姿势等，对外部的控制装置通过例如画面显示等揭示可选择的动作。而且，在下一动作指令所产生的动作处于稳定极限内时，动作计划部 41 判断是否可以从当前的机器人的姿势稳定地过渡到下一动作指令所决定的动作。这时，动作计划部 41 同样地通过参照存储在动作库 41a 中的各动作数据的辅助记录，可以容易地进行上述判断。

当下一动作指令所决定的动作能够稳定地过渡时，动作计划部 41 根据下一动作指令从动作库 41a 中读取对应的姿势数据，并生成

动作计划。另一方面，在下一动作指令所决定的动作不能稳定地过渡时，动作计划部 41 不对从当前机器人的姿势到下一动作指令所决定的动作的初始状态之间的中间动作进行插补计算，而且从动作库 41a 中读出与中间数据对应的姿势数据，生成插补动作的动作计划，并且，根据下一动作指令所决定的动作，从动作库 41a 中读出对应的姿势数据后生成动作计划，将插补动作及下一动作指令所决定的动作的双方的动作计划输出到动作生成部 42。此外，上述的与插补动作相关的姿势数据作为辅助记录具备例如能否在从某一个姿势向某一个姿势的转移中使用的情况。而且，上述动作计划部 41 将来自外部的动作指令存储在作为存储装置的过程过滤器(ヒストリフィルタ)41b 中。由此，在频繁产生与多个连贯动作有关的动作指令组时，过程过滤器 41b 将这样的动作指令组所决定的动作作为新的基本动作记录到动作库 41a 中。

上述动作生成部 42 作为动作数据生成双腿步行式人形机器人 10 的动作所必须的各关节部 15L、15R 至 36 的角度数据。这时，上述动作生成部 42 根据来自后述的补偿部 43 的指令修正内部参数及角度数据。

上述补偿部 43 根据来自动作生成部 42 的各关节部的角度数据 θ_{ref} 计算 ZMP 的目标值，并且根据来自角度计测单元 45 的姿势信息以及来自上述 ZMP 检测传感器的检测输出，来计算 ZMP 的实际值。而且，上述补偿部 43 比较该 ZMP 实际值和 ZMP 目标值，根据其差计算 ZMP 补偿量，并输出到动作生成部 42。这里，动作生成部 42 通过反馈来自补偿部 43 的 ZMP 补偿量，根据该 ZMP 补偿量来修正动作数据，并输出到控制部 44。上述控制部 44 根据来自动作生成部 42 的被修正的动作数据，生成各关节驱动用电机的控制信号，由此驱动控制各关节驱动用电机。

上述角度计测单元 45 利用在各关节部 11d、11e、18L、18R 乃至

36 的关节驱动用电动机上设置的例如旋转式编码器等输入各关节驱动用电机的角度信息,并计测各关节驱动用电机的角度位置即与角度及角速度和与转动力矩有关的状态信息即机器人 10 的姿势信息 θ_{real} ,并输出到补偿部 43 和动作监视部 46。

上述动作监视部 46 输入来自动作计划部 41 的动作计划、来自补偿部 43 的 ZMP 目标值、来自角度计测单元 45 及 ZMP 检测传感器的作为 ZMP 实际值的(包括角度及角度力矩)角度信息,并根据这些经常监视双腿步行式人形机器人 10 的状态。而且,动作监视部 46 将动作计划、来自 ZMP 目标值的实际的机器人动作偏移量以及当前的机器人的姿势等反馈给动作计划部 41。再者,在机器人的状态不稳定时,动作监视部 46 向动作计划部 41 发送使实现稳定化的补偿或活动停止的指令。

本发明实施方式的双腿步行式人形机器人 10 具有上述结构,如图 7 的流程图所示地动作。首先,动作计划部 41 在步骤 ST1 获得来自动作监视部 46 的当前机器人的姿势等,在步骤 ST2 从动作库 41a 取得与当前的机器人的姿势等对应的可执行的动作,并对控制装置 47 提示这些动作。然后,动作计划部 41 在步骤 ST3 取得操作者利用控制装置 47 输入的与下一动作相关的动作指令,在步骤 ST4 将该下一动作指令与当前的机器人的姿势等进行比较,并判断是否可在稳定极限内执行。

这里,处于稳定极限内的情况下,动作计划部 41 在步骤 ST5 将该下一动作指令记录到过程过滤器 41b 中,并且在步骤 ST6 判断是否是频繁适用该下一动作指令的动作。在是频繁地适用的动作的情况下,动作计划部 41 在步骤 ST7 将记录在过程过滤器 41b 中的该下一动作指令作为新的基本动作追加记录到动作库 41a 中,然后,在不是频繁适用的动作的情况下,直接进入步骤 ST8,动作计划部 41 判断是否能够从当前的机器人的姿势稳定过渡到下一动作指令所产生的

动作。而且，在不能稳定过渡的情况下，动作计划部 41 在步骤 ST9 适用插补动作，生成作为从当前的机器人的姿势到下一动作指令所决定的初始姿势之间的中间动作的插补动作计划后，在又可以稳定过渡的情况下，直接进入步骤 ST10，动作计划部 41 生成由下一动作指令所决定的动作的动作计划。

这样，动作计划部 41 若生成动作计划以及插补动作计划，则动作生成部 42 根据这些动作计划及插补动作计划生成动作数据及插补数据，控制部 43 根据这些动作数据及插补数据驱动控制机器人各关节部上的关节驱动用电动机。然后，在步骤 10 中，在机器人进行上述动作的过程中，动作监视部 46 根据机器人的姿势等及 ZMP 实测值预测机器人的状态，在步骤 ST11 判断是否能稳定动作。在能稳定动作的情况下，机器人继续原来的动作，动作监视部 46 在步骤 ST12 判断动作是否结束。然后，反复进行上述步骤 ST10 至 ST12，直到动作结束。然后，在动作结束的情况下，动作监视部 46 在步骤 ST13 控制动作计划部 41、动作生成部 42 及控制部 43，结束动作。与此相对，在步骤 ST11 不能稳定动作的情况下，动作监视部 46 进入步骤 ST13，立即对动作计划部 41 输出动作中止指令，动作计划部 41 中断动作计划，机器人的动作结束。

而且，上述步骤 ST4 中，在不能执行下一动作指令所决定的动作的情况下，动作计划部 41 在步骤 ST14 中，从动作库 41a 中检索与从当前的机器人的姿势到下一动作指令所决定的动作的初始姿势的中间动作相对应的姿势数据。然后，在步骤 ST15，在不存在与这样的中间动作相对应的姿势数据的情况下，动作计划部 41 进入步骤 ST13，立即中断动作计划，机器人的动作结束。与此相对，在存在与这样的中间动作相对应的姿势数据的情况下，动作计划部 41 在步骤 ST16 通过画面显示等将这样的中间动作揭示在控制装置 47 上，并返回步骤 ST3。

这样，若利用本发明实施方式的双腿步行式人形机器人 10，则在一边参照当前的机器人的姿势等一边执行下一动作指令所决定的动作时，对于无法连贯的动作，可以不进行这样的动作，由此可以在不损害机器人稳定性的情况下使机器人进行多样动作。由此，就可以保证稳定顺畅、且可靠地进行双腿步行式人形机器人的连贯动作。

下面，例如图 8 所示，说明双腿步行式人形机器人 10 坐着的状态。

如图 9 中的(A)所示，动作计划部 41 根据当前的机器人的姿势(坐姿)，从动作库 41a 中的与机器人的坐姿 A (参考图 8) 相关地记录的辅助说明中，作为下一动作，首先，优先将以前操作者选择过的动作，以及从最初记录在动作库 41a 中的“起立动作、转身动作、踏步动作”，在控制装置 47 的画面显示等上揭示出来。而且，被揭示的动作列表中也包含不能执行的动作，可由操作者强行选择。

这里，如图 9 中的(B)所示，由操作者从控制装置 47 选择转身动作(图 8 中由标记 B 表示)作为下一动作时，根据来自控制装置 47 的下一动作指令，动作计划部 41 检索动作库 41a 中的与转身动作相关的姿势数据。

而且，在该姿势数据的辅助说明中，由于站姿 C 成为转身动作 B 的前提条件，因此动作计划部 41 不接受该下一动作指令，对于从坐姿 A 过渡来的转身动作 B，作为插补动作必须进行例如起立动作，因此，动作计划 41 如图 9 中的(C)所示，将该起立动作作为插补动作向控制装置 47 输出，并在其画面显示等上揭示出来。

这里，若操作者通过控制装置 47 选择作为该插补动作的起立动作，则动作计划部 41 对于从坐姿过渡来的转身动作，将起立动作及转身动作作为一连串的基本动作记录在过程过滤器 41b 中，并且连续执行如图 9 中的(D)所示的起立动作、以及图 9 的(E)所示的转身动作。

而且，存在从当前的机器人的姿势到下一动作指令所决定的动作

的插补动作存在多个时,所有的插补动作都会通过画面显示等被揭示在控制装置 47 上,操作者可以选择任意的插补动作。具有多个插补动作的情况下,为了实时地执行机器人的动作而没有选择插补动作的时间时,也可以按照事先离线设定的既定优先顺序,在规定时间内自动选择插补动作。

这里,在没有与下一动作指令的初始姿势相对应的插补动作的情况下,或者不能在插补动作中确保机器人的稳定性的情况下,动作计划部 41 放弃下一动作指令并中止动作的执行。

在上述实施方式中,腿部 12L、12R 具有 6 个自由度,而臂部 13L、13R 具有 5 个自由度,但并不仅限于此,也可以具有更少的自由度或者更多的自由度。

而且,在上述实施方式中,控制装置 47 虽然是由操作者进行操作的,但不仅限于此,也可以通过对控制装置 47 进行控制的上位程序,由程序指令进行对控制装置 47 的输入操作。

如上所述,根据本发明,在双腿步行式人形机器人连续进行各种动作时,动作控制装置检测当前的机器人的姿势等,只在下一动作指令处于稳定极限内的时候,生成与下一动作指令相对应的动作数据。因此,动作控制装置根据上述插补数据和动作数据驱动控制机器人的各部分,由此,机器人从当前的姿势进行由下一动作指令决定的动作。这样,机器人可以顺畅稳定地进行连贯的动作。而且,只有在下一动作指令处于稳定极限内的时候,机器人才会进行与下一动作指令相对应的动作,因此,即使操作机器人的操作者不熟练,通过机器人操作的多样动作组合,操作者无须知道各连贯动作是否适当,就可以容易地进行复杂的连贯动作的操作,并能防止由于操作者的误操作而执行不适当的动作的情况。

再者,上述动作控制装置,在具备储存着成为机器人的动作要素的基本动作的姿势数据的动作库的情况下,通过基本动作的实时组合

可实现多样动作，因此，实际上让机器人在与人类相同环境下作业，即与机器人操作无关地改变环境、或者机器人自身的行动使环境产生变化而在预想情况与现实不一定一致的环境下作业的时候，可以根据当时的状况灵活对应。而且，还可以减少动作控制装置的计算量，能够迅速地进行插补数据及动作数据的生成。

因此，根据本发明，可以提供可容易、顺畅且连续地进行多样动作的性能极佳的双腿步行式人形机器人。

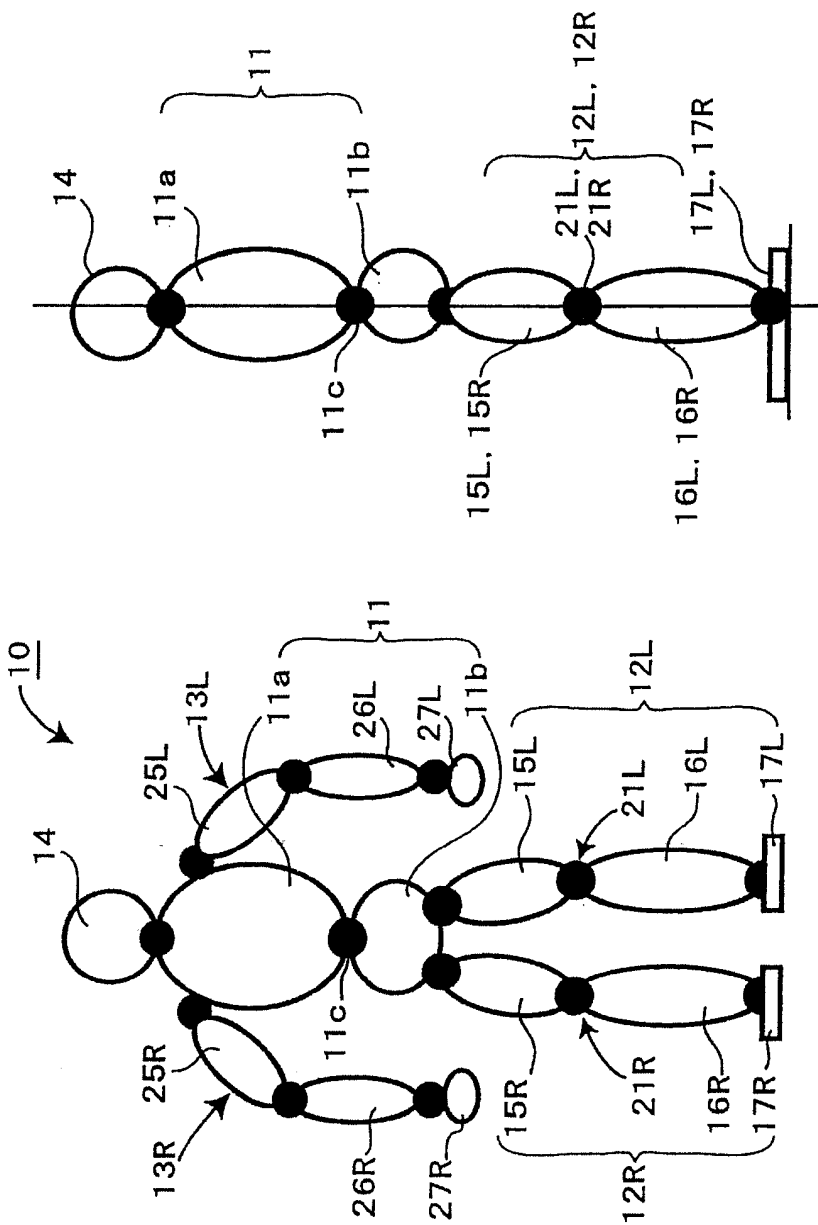


图1B

图1A

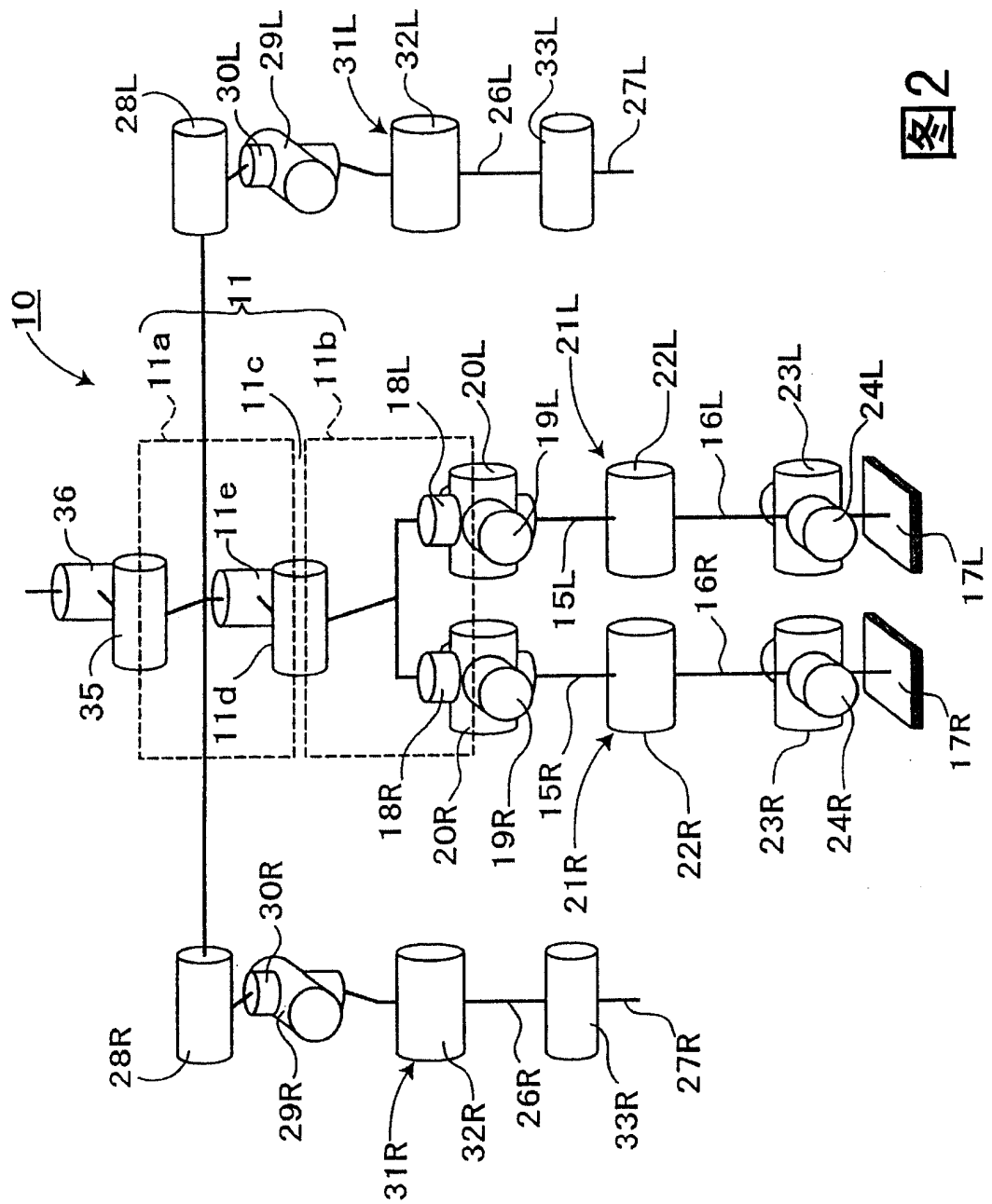


图2

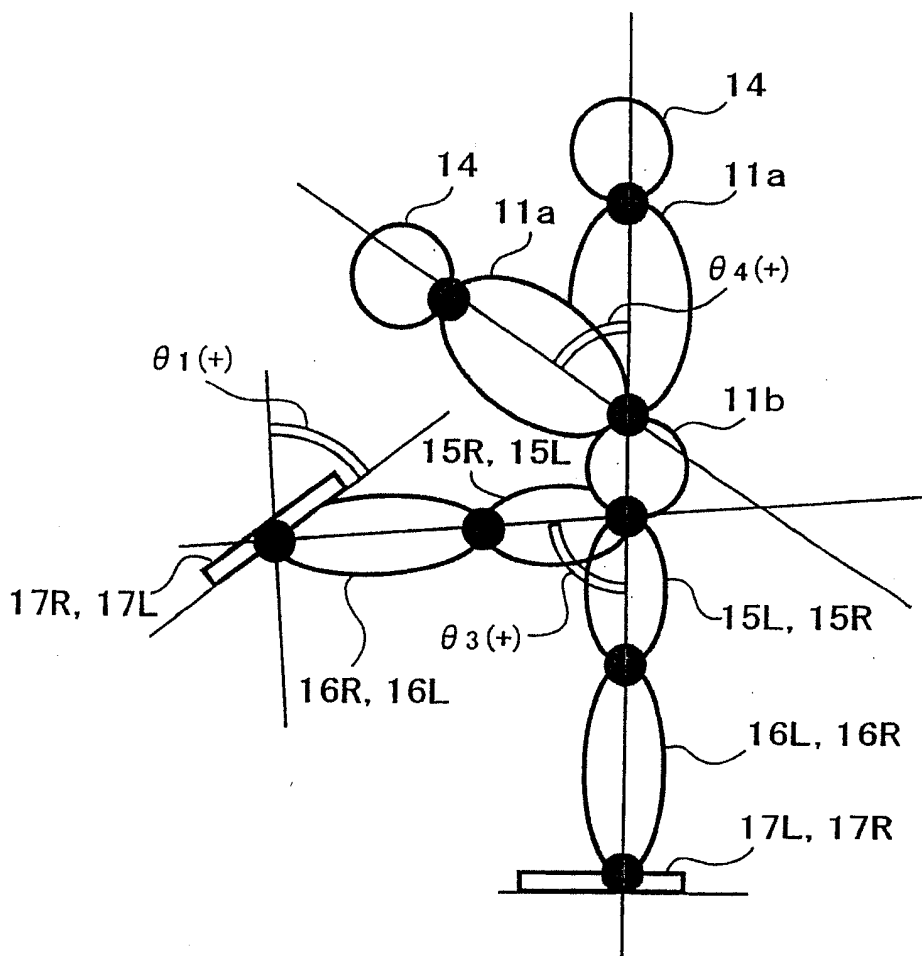
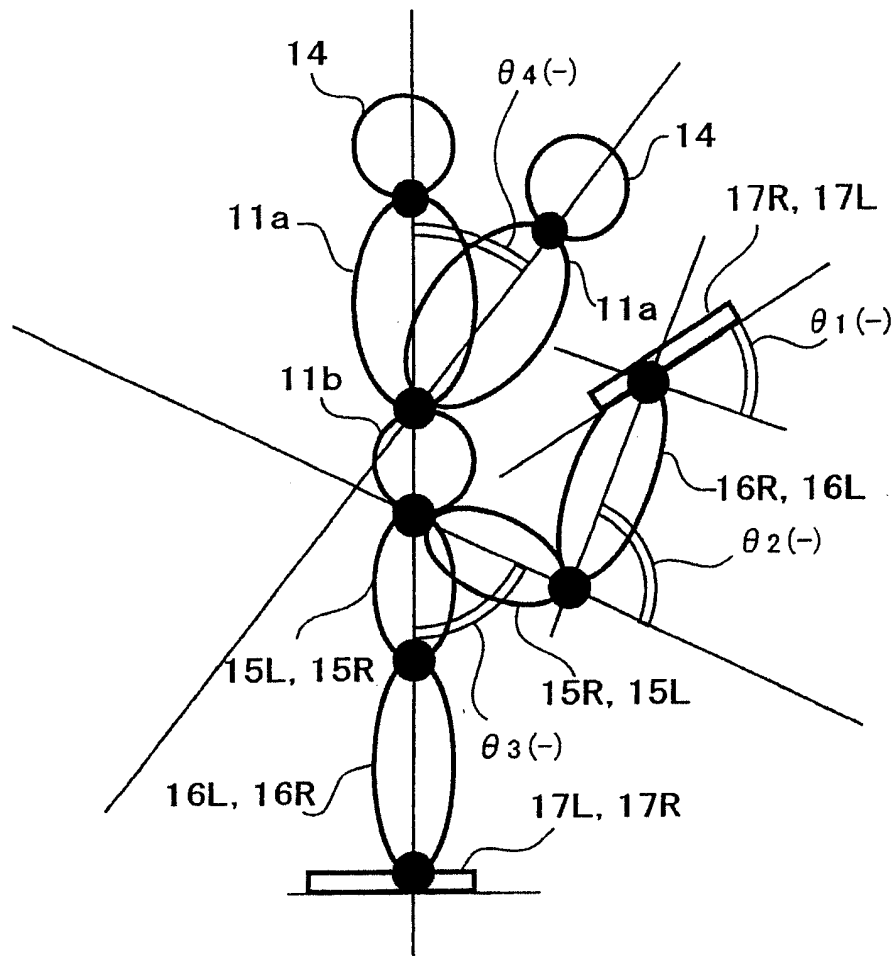


图3



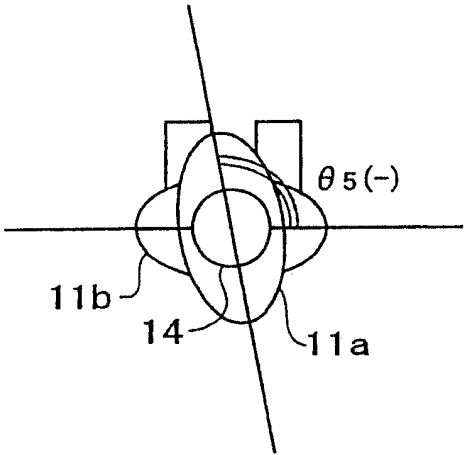


图 5A

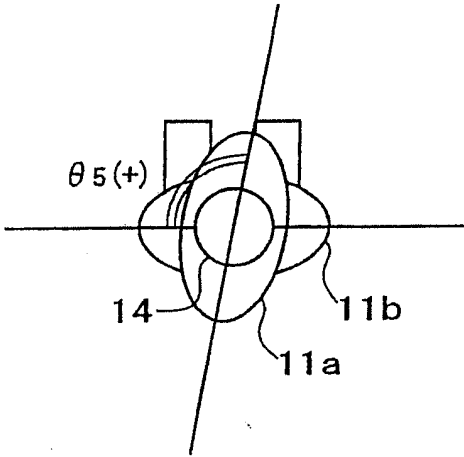


图 5B

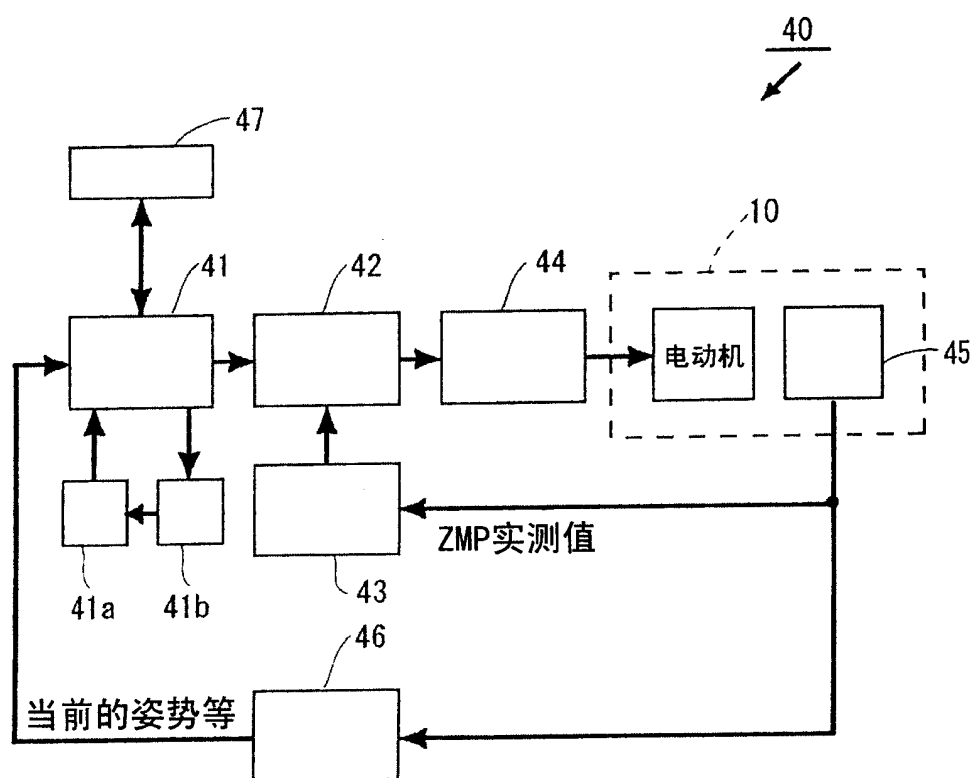


图6

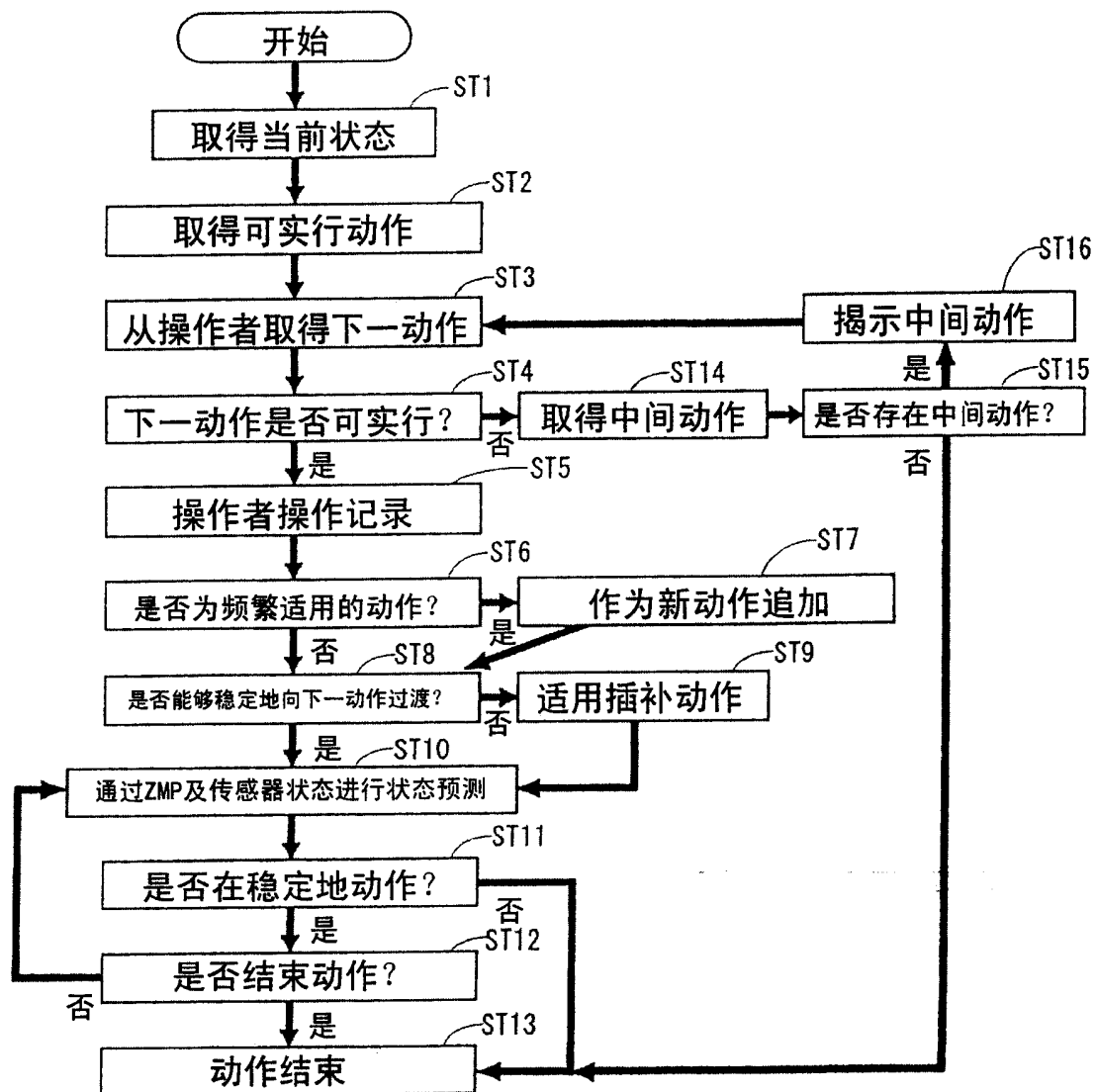


图7

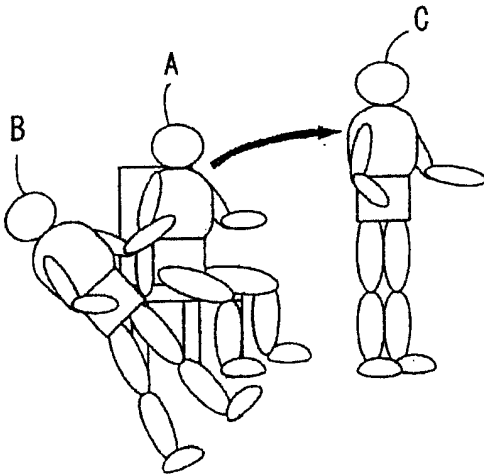


图8

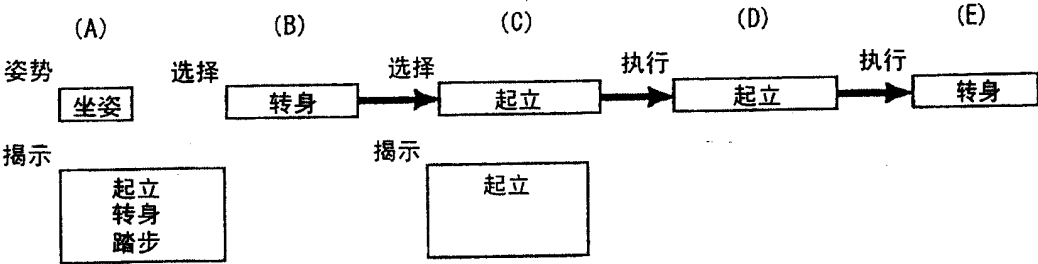


图9