



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119768130 A

(43) 申请公布日 2025. 04. 04

(21) 申请号 202380064329.1

(22) 申请日 2023.09.06

(30) 优先权数据

2022-142463 2022.09.07 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.03.06

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/032583 2023.09.06

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/053687 JA 2024.03.14

(71) 申请人 本田技研工业株式会社

地址 日本

(72) 发明人 小谷善明 小野拓洋 松本里树

太田宽 冈野正洋

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

专利代理师 孙尚昆

(51) Int.Cl.

A61F 2/64 (2006.01)

A61F 2/70 (2006.01)

权利要求书6页 说明书26页 附图28页

(54) 发明名称

接头装置、接头装置的控制方法、接头装置的控制程序以及存储有该控制程序的存储介质

(57) 摘要

当处于负重状态即站立阶段时,电动假腿(1)的控制部(10)基于扭矩目标值来控制马达(M),该扭矩目标值为与扩缩装置(200)的扭矩相关的扭矩的目标值,当处于非负重状态即抬腿阶段时,控制部(10)基于位置目标值来控制马达(M),该位置目标值为扩缩装置(200)的位置的目标值。

<上台阶段模式>

	站立阶段	转变阶段 站立 ↓ 抬腿前期	抬腿前期阶段	转变阶段 抬腿前期 ↓ 抬腿后期	抬腿后期阶段	转变阶段 抬腿后期 ↓ 站立
马达M	向伸展方向驱动 (扭矩控制)	不驱动	向弯曲方向驱动 (位置控制)	不驱动	向伸展方向驱动 (位置控制)	不驱动
操作机构240	高扭矩侧 连接状态	高扭矩侧连接状态 ↓ 高转速侧连接状态	高转速侧连接状态			高转速侧连接状态 ↓ 高扭矩侧连接状态

<平地和下台阶段模式>

	站立阶段	转变阶段 站立 ↓ 抬腿	抬腿阶段	转变阶段 抬腿 ↓ 站立
马达M	不驱动			
操作机构240	高转速侧连接状态	高转速侧连接状态 ↓ 切断状态	切断状态	切断状态 ↓ 高转速侧连接状态

1. 一种接头装置,其具备:

第一部件;

第二部件;

连接部,其连接所述第一部件与所述第二部件,且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角;以及

扩缩装置,其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角,其中,

所述扩缩装置具有动力源、传递所述动力源的动力的动力传递部以及控制所述动力源的控制部,

所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态与不接收负重的非负重状态之间进行转变,

所述控制部执行如下控制:

(A) 当处于所述负重状态时,

基于扭矩目标值对所述动力源进行控制,所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值;

(B) 当处于所述非负重状态时,

基于位置目标值对所述动力源进行控制,所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。

2. 根据权利要求1所述的接头装置,其中,

所述扭矩目标值基于所述负重来确定。

3. 根据权利要求1所述的接头装置,其中,

所述扭矩目标值基于安装主体的重量来确定。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的接头装置,其中,

所述扭矩目标值基于所述夹角或基于所述夹角的补角来确定。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的接头装置,其中,

所述接头装置安装于安装主体的第一部分和相对该第一部分转动的第二部分中的所述第一部分,

所述接头装置设置为,以所述第一部件比所述第二部件靠近所述安装主体的末端侧的方式,所述第二部件安装于所述第一部分,

所述扭矩目标值基于所述连接部与所述安装主体的其他连接部之间的长度来确定,所述其他连接部连接所述第一部分与所述第二部分,且能够变更所述第一部分与所述第二部分之间的其他夹角。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的接头装置,其中,

所述控制部执行如下控制:

(A) 当处于所述负重状态时,

控制为在所述动力源产生如下方向的动力,所述方向的动力是使所述第一部件与所述第二部件处于弯曲状态的所述接头装置成为所述第一部件与所述第二部件伸展的状态的方向的动力。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的接头装置,其中,

所述位置目标值基于所述第二部件与基准线之间的第一夹角来确定,所述基准线通过

安装主体的第一部分与相对该第一部分转动的第二部分之间的转动轴。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的接头装置,其中,

所述位置目标值基于所述第一部件与其他基准线之间的第二夹角来确定,所述其他基准线通过所述第一部件与所述第二部件之间的其他转动轴。

9. 根据权利要求8所述的接头装置,其中,

所述第二夹角以所述第一部件相对于所述其他基准线位于与所述第二部件相同的一侧的方式被确定。

10. 根据从属于权利要求7的权利要求8所述的接头装置,其中,

在将从所述负重状态转变为所述非负重状态起到再次转变为所述负重状态为止的期间定义为非负重期间、且将该非负重期间的后半部分定义为后期非负重期间的情况下,

当所述接头装置处于所述后期非负重期间时,

所述位置目标值基于所述第一夹角或所述第二夹角来确定。

11. 根据权利要求1至10中任一项所述的接头装置,其中,

所述位置目标值基于所述第一部件与其他基准线之间的第三夹角来确定,所述其他基准线通过所述第一部件与所述第二部件之间的其他转动轴。

12. 根据权利要求11所述的接头装置,其中,

所述位置目标值基于所述第二部件与基准线之间的第一夹角和所述第三夹角之间的差量来确定,所述基准线通过安装主体的第一部分与相对该第一部分转动的第二部分之间的转动轴。

13. 根据权利要求11或12所述的接头装置,其中,

在将从所述负重状态转变为所述非负重状态起到再次转变为所述负重状态为止的期间定义为非负重期间、且将该非负重期间的前半部分定义为前期非负重期间的情况下,

当所述接头装置处于所述前期非负重期间时,

所述位置目标值基于所述第三夹角来确定。

14. 根据权利要求1至10中任一项所述的接头装置,其中,

在将从所述负重状态转变为所述非负重状态起到再次转变为所述负重状态为止的期间定义为非负重期间、且将该非负重期间的前半部分定义为前期非负重期间、并且将后半部分定义为后期非负重期间的情况下,

在所述前期非负重期间与所述后期非负重期间,所述控制部基于通过不同的确定方法确定的所述位置目标值来对所述动力源进行控制。

15. 根据权利要求14所述的接头装置,其中,

在所述前期非负重期间,

当所述第二部件与基准线之间的第一夹角在第一规定范围内时,

所述控制部将控制切换为所述后期非负重期间的控制,

所述基准线通过安装主体的第一部分与相对该第一部分转动的第二部分之间的转动轴。

16. 根据权利要求14或15所述的接头装置,其中,

在将从所述非负重状态转变为所述负重状态起到再次转变为所述非负重状态为止的期间定义为负重期间的情况下,

在所述后期非负重期间，
当所述负重在第二规定范围内时，
所述控制部将控制切换为所述负重期间的控制。

17. 根据权利要求1至16中任一项所述的接头装置，其中，
在将从所述负重状态转变为所述非负重状态起到再次转变为所述负重状态为止的期间定义为非负重期间、且将从所述非负重状态转变为所述负重状态起到再次转变为所述非负重状态为止的期间定义为负重期间的情况下，

在所述负重期间，
当所述负重在第三规定范围内时，
所述控制部将控制切换为所述非负重期间的控制。

18. 根据权利要求17所述的接头装置，其中，
在所述负重期间，
当所述第二部件与基准线之间的第一夹角在第四规定范围内之后，所述负重在所述第三规定范围内时，

所述控制部将控制切换为所述非负重期间的控制，
所述基准线通过安装主体的第一部分与相对该第一部分转动的第二部分之间的转动轴。

19. 根据权利要求17或18所述的接头装置，其中，
在所述非负重期间，
当所述负重在第五规定范围内时，
所述控制部将控制切换为所述负重期间的控制。

20. 根据权利要求1至19中任一项所述的接头装置，其中，
所述扩缩装置还具有断续机构，该断续机构配置于所述动力传递部的动力传递路径上并对该动力传递路径上的动力的切断和连接进行切换，

所述控制部还对所述断续机构进行控制，
所述控制部执行如下控制：

(B) 当处于所述非负重状态时，
将所述断续机构控制为切断所述动力传递路径的切断状态，
代替基于所述位置目标值对所述动力源进行控制，而将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止。

21. 根据权利要求20所述的接头装置，其中，
所述控制部执行如下控制：

(A) 当处于所述负重状态时，
将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的状态，
代替基于所述扭矩目标值对所述动力源进行控制，而将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止。

22. 根据权利要求20或21所述的接头装置，其中，
所述动力源包括永磁型电动机。

23. 根据权利要求20至22中任一项所述的接头装置，其中，

所述控制部构成为能够调整使所述动力源停止的制动力。

24. 根据权利要求23所述的接头装置,其中,
所述控制部使对应安装主体的重量而设定的所述制动力产生。

25. 根据权利要求1至24中任一项所述的接头装置,其中,
所述动力传递部具有:

以第一变速比传递所述动力的第一动力传递路径;以及

以与所述第一变速比不同的第二变速比传递所述动力的第二动力传递路径,

所述扩缩装置还具有:

第一断续机构,其配置于所述第一动力传递路径上,且对该第一动力传递路径上的动力的切断和连接进行切换;以及

第二断续机构,其配置于所述第二动力传递路径上,且对该第二动力传递路径上的动力的切断和连接进行切换,

所述控制部还控制所述第一断续机构和所述第二断续机构。

26. 根据权利要求25所述的接头装置,其中,

在将所述第一变速比定义为在所述第一动力传递路径上相对于第一变速部而言变速后转速与比该第一变速部靠近所述动力源一侧的转速即变速前转速的比率、且将所述第二变速比定义为在所述第二动力传递路径上相对于第二变速部而言变速后转速与比该第二变速部靠近所述动力源一侧的转速即变速前转速的比率的情况下,

所述第一变速比构成为比所述第二变速比小。

27. 根据权利要求25或26所述的接头装置,其中,

所述第一变速比和所述第二变速比中的至少任一方基于安装主体的重量来确定。

28. 根据权利要求25至27中任一项所述的接头装置,其中,

所述第一变速比与所述第二变速比的比率设定为1.5~3.0。

29. 根据权利要求1至28中任一项所述的接头装置,其中,

所述接头装置为假肢装置,该假肢装置设置为:

所述第一部件相对于安装主体以比所述第二部件靠近该安装主体的末端侧的方式安装,

所述连接部作为该安装主体的关节发挥功能。

30. 根据权利要求29所述的接头装置,其中,

所述假肢装置为安装于所述安装主体的腿部的假腿装置。

31. 根据权利要求30所述的接头装置,其中,

所述假腿装置设置为:

所述第二部件安装于所述腿部的大腿部,

所述连接部作为所述大腿部与小腿部之间的膝关节发挥功能。

32. 一种接头装置,其具备:

第一部件;

第二部件;

连接部,其连接所述第一部件与所述第二部件,且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角;以及

扩缩装置,其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角,其中,
所述扩缩装置具有动力源、传递所述动力源的动力的动力传递部、配置于所述动力传递部的动力传递路径上并对该动力传递路径上的动力的切断和连接进行切换的断续机构、以及控制所述动力源和所述断续机构的控制部,

所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态与不接收负重的非负重状态之间进行转变,

所述控制部执行如下控制:

(A) 当处于所述负重状态时,

将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的连接状态,且将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止;

(B) 当处于所述非负重状态时,

将所述断续机构控制为切断所述动力传递路径的切断状态,且将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止。

33. 根据权利要求32所述的接头装置,其中,

所述接头装置为假肢装置,该假肢装置设置为:

所述第一部件相对于安装主体以比所述第二部件靠近该安装主体的末端侧的方式安装,

所述连接部作为该安装主体的关节发挥功能,

所述假肢装置为安装于所述安装主体的腿部的假腿装置,

所述控制部执行如下控制:

(A) 当处于所述负重状态时,

(a) 在平地步行前进的情况下,或者在步行下台阶的情况下,

将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的所述连接状态,且将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止;

(b) 在步行上台阶的情况下,

将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的所述连接状态,且基于扭矩目标值对所述动力源进行控制,所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值。

34. 根据权利要求32或33所述的接头装置,其中,

所述接头装置为假肢装置,该假肢装置设置为:

所述第一部件相对于安装主体以比所述第二部件靠近该安装主体的末端侧的方式安装,

所述连接部作为该安装主体的关节发挥功能,

所述假肢装置为安装于所述安装主体的腿部的假腿装置,

所述控制部执行如下控制:

(B) 当处于所述非负重状态时,

(a) 在平地步行前进的情况下,或者在步行下台阶的情况下,

将所述断续机构控制为切断所述动力传递路径的所述切断状态,且将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止;

(b) 在步行上台阶的情况下，

将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的所述连接状态，且基于位置目标值对所述动力源进行控制，所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。

35. 一种接头装置的控制方法，所述接头装置具备：

第一部件；

第二部件；

连接部，其连接所述第一部件与所述第二部件，且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角；以及

扩缩装置，其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角，其中，

所述扩缩装置具有动力源和传递所述动力源的动力的动力传递部，

所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态与不接收负重的非负重状态之间进行转变，

所述控制方法具备以下步骤：

(A) 当处于所述负重状态时，

基于扭矩目标值对所述动力源进行控制，所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值；

(B) 当处于所述非负重状态时，

基于位置目标值对所述动力源进行控制，所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。

36. 一种接头装置的控制程序，所述接头装置具备：

第一部件；

第二部件；

连接部，其连接所述第一部件与所述第二部件，且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角；以及

扩缩装置，其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角，其中，

所述扩缩装置具有动力源和传递所述动力源的动力的动力传递部，

所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态与不接收负重的非负重状态之间进行转变，

所述控制程序使计算机执行以下步骤：

(A) 当处于所述负重状态时，

基于扭矩目标值对所述动力源进行控制，所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值；

(B) 当处于所述非负重状态时，

基于位置目标值对所述动力源进行控制，所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。

37. 一种存储介质，其是计算机可读的存储介质，其中，

所述存储介质存储有权利要求36所述的控制程序。

接头装置、接头装置的控制方法、接头装置的控制程序以及存储有该控制程序的存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及一种接头装置、膝关节接头装置、接头装置的控制方法、接头装置的控制程序以及存储有该控制程序的存储介质。

背景技术

[0002] 以往,作为膝关节接头装置的一例,已知有一种假腿装置,其安装于机器人的腿部或因事故、疾病而截肢的人。例如,在专利文献1中记载了一种电动假腿,其为了顺畅地上台阶和下台阶而搭载有具有不同变速比的两个动力传递路径的变速器。记载了在该电动假腿中,上台阶时当在负载施加到电动假腿的状态下使膝关节机构伸展时,和当在负载未施加的状态下使膝关节机构伸展时,动力传递路径会变更。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:国际公开第2021/251500号公报

发明内容

[0006] 发明要解决的课题

[0007] 在这样的接头装置中,对于在施加了负载的负重状态、未施加负载的非负重状态等具体的使用状态下如何进行控制为好有研究的余地。

[0008] 本发明提供一种无论在负重状态下还是在非负重状态下都能够进行适当的控制的接头装置、接头装置的控制方法、接头装置的控制程序以及存储有该控制程序的存储介质。

[0009] 用于解决课题的方案

[0010] 本发明为一种接头装置,其具备:

[0011] 第一部件;

[0012] 第二部件;

[0013] 连接部,其连接所述第一部件与所述第二部件,且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角;以及

[0014] 扩缩装置,其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角,其中,

[0015] 所述扩缩装置具有动力源、传递所述动力源的动力的动力传递部以及控制所述动力源的控制部,

[0016] 所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态与不接收负重的非负重状态之间进行转变,

[0017] 所述控制部执行如下控制:

[0018] (A) 当处于所述负重状态时,

[0019] 基于扭矩目标值对所述动力源进行控制,所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值;

[0020] (B) 当处于所述非负重状态时,

[0021] 基于位置目标值对所述动力源进行控制,所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。

[0022] 另外,本发明为一种接头装置,其具备:

[0023] 第一部件;

[0024] 第二部件;

[0025] 连接部,其连接所述第一部件与所述第二部件,且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角;以及

[0026] 扩缩装置,其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角,其中,

[0027] 所述扩缩装置具有动力源、传递所述动力源的动力的动力传递部、配置于所述动力传递部的动力传递路径上并对该动力传递路径上动力的切断和连接进行切换的断续机构、以及控制所述动力源和所述断续机构的控制部,

[0028] 所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态与不接收负重的非负重状态之间进行转变,

[0029] 所述控制部执行如下控制:

[0030] (A) 当处于所述负重状态时,

[0031] 将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的状态,且将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止;

[0032] (B) 当处于所述非负重状态时,

[0033] 将所述断续机构控制为切断所述动力传递路径的切断状态,且将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止。

[0034] 另外,本发明为一种接头装置的控制方法,所述制接头装置具备:

[0035] 第一部件;

[0036] 第二部件;

[0037] 连接部,其连接所述第一部件与所述第二部件,且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角;以及

[0038] 扩缩装置,其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角,其中,

[0039] 所述扩缩装置具有动力源和传递所述动力源的动力的动力传递部,

[0040] 所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态与不接收负重的非负重状态之间进行转变,

[0041] 所述控制方法具备以下步骤:

[0042] (A) 当处于所述负重状态时,

[0043] 基于扭矩目标值对所述动力源进行控制,所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值;

[0044] (B) 当处于所述非负重状态时,

- [0045] 基于位置目标值对所述动力源进行控制,所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。
- [0046] 另外,本发明为一种接头装置的控制程序,所述制接头装置具备:
- [0047] 第一部件;
- [0048] 第二部件;
- [0049] 连接部,其连接所述第一部件与所述第二部件,且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角;以及
- [0050] 扩缩装置,其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角,其中,
- [0051] 所述扩缩装置具有动力源和传递所述动力源的动力的动力传递部,
- [0052] 所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态与不接收负重的非负重状态之间进行转变,
- [0053] 所述控制程序使计算机执行以下步骤:
- [0054] (A) 当处于所述负重状态时,
- [0055] 基于扭矩目标值对所述动力源进行控制,所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值;
- [0056] (B) 当处于所述非负重状态时,
- [0057] 基于位置目标值对所述动力源进行控制,所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。
- [0058] 另外,本发明为一种存储有所述控制程序的、计算机可读取的存储介质。
- [0059] 发明效果
- [0060] 根据本发明,无论在负重状态下还是在非负重状态下都能够适当地进行控制。

附图说明

- [0061] 图1是从斜前方观察的、第一实施方式的电动假腿1的立体图。
- [0062] 图2是电动假腿1的分解立体图。
- [0063] 图3是电动假腿1的剖视图。
- [0064] 图4是伸缩装置140的剖视图。
- [0065] 图5是示出电动假腿1的弯曲状态的主要部分剖视图。
- [0066] 图6是示出电动假腿1的最大弯曲状态的主要部分剖视图。
- [0067] 图7是双向离合器的剖视图。
- [0068] 图8是保持器282的立体图。
- [0069] 图9是示出操作机构240的动作的图,(A)是示出断续部212和断续部222处于OFF状态的图,(B)是示出断续部212处于OFF状态、断续部222处于ON状态的图,(C)是示出断续部212处于ON状态、断续部222处于OFF状态的图。
- [0070] 图10的(A)是示出断续部222处于OFF状态的剖视图,(B)是示出此时的操作杆241的位置的图。
- [0071] 图11的(A)是示出断续部222从OFF状态被操作为ON状态的剖视图,(B)是示出此时的操作杆241的位置的图。

[0072] 图12的(A)是示出断续部222的正转激活状态的剖视图,(B)是示出此时的操作杆241的位置的图。

[0073] 图13的(A)是示出断续部222的反转激活状态的剖视图,(B)是示出此时的操作杆241的位置的图。

[0074] 图14的(A)是示出断续部222从ON状态被操作为OFF状态的剖视图,(B)是示出此时的操作杆241的位置的图。

[0075] 图15是根据第二实施方式的电动假腿1的剖视图。

[0076] 图16是电动假腿1的功能框图。

[0077] 图17是示出人和电动假腿在上台阶时的动作(上台阶动作)的图。

[0078] 图18是示出人和电动假腿在平地步行时的动作(平地步行动作)的图。

[0079] 图19的(A)是用于说明膝关节角度的图,(B)是用于说明大腿角的图,(C)是用于说明小腿角的图。

[0080] 图20是总结了上台阶模式和平地和下台阶模式下的各阶段和控制方法的表。

[0081] 图21是用于说明扭矩控制的图。

[0082] 图22是用于说明抬腿前期阶段_方法1的图。

[0083] 图23是用于说明抬腿前期阶段_方法2的图。

[0084] 图24是用于说明抬腿后期阶段的图。

[0085] 图25是用于说明在抬腿前期阶段、抬腿后期阶段、站立阶段的重复动作之间的转变的图。

[0086] 图26是示出连接蓄电池B和马达M的电路16的一例的图。

[0087] 图27是用于说明各步行模式中开关SW1、晶体管Tr1~Tr3和马达M的状态的表。

[0088] 图28是用于说明与使用者的体重对应的晶体管Tr1~Tr3的导通/截止状态的表。

具体实施方式

[0089] 以下,参照附图对作为本发明的接头装置的一实施方式的电动假腿进行说明。此外,在以下的说明中,以电动假腿的使用者为基准定义前后方向、左右方向、上下方向。在附图中,将电动假腿的前方表示为Fr,后方表示为Rr,左侧表示为L,右侧表示为R,上方表示为U,下方表示为D。

[0090] 如图1至图4所示,本实施方式的电动假腿1是安装于没有膝盖的人的腿部的假腿,其具备:位于膝盖下侧的膝下侧部件110;安装于大腿部,且位于膝盖上侧的膝上侧部件120;连接膝下侧部件110与膝上侧部件120使两者之间的夹角能够变更的膝关节机构130;能够扩大和缩小膝下侧部件110与膝上侧部件120之间的夹角的扩缩装置200;机械地限制膝下侧部件110与膝上侧部件120之间的夹角的变化范围的机械止动机构150;缓冲机械止动机构150的冲击的缓冲机构160;传感器装置270;以及向扩缩装置200等供给电力的蓄电池B。

[0091] 膝上侧部件120包括与未图示的接受腔连结的接合器121、以及膝上侧基部126,在膝上侧基部126的上壁部125安装有接合器121。接受腔是设置于大腿部的接合部件,通过将接合器121与接受腔连结,将膝上侧部件120与大腿部一体化。

[0092] 膝下侧部件110具备:上部和后部开口的箱状主框架111;覆盖主框架111的左右两

侧面的侧罩112;可开闭地覆盖主框架111的后部开口的可拆卸后罩113;以及安装于主框架111的下表面的接合器122。

[0093] 膝上侧部件120经由构成膝关节机构130的连接轴135设置于膝下侧部件110的主框架111的上部,向下方延伸的腿部114联结于主框架111的接合器122。

[0094] 在由膝上侧部件120和膝下侧部件110形成的空间内,设置有能够扩大和缩小膝下侧部件110与膝上侧部件120之间的夹角的扩缩装置200。扩缩装置200是通过伸缩能够扩大和缩小膝下侧部件110与膝上侧部件120之间的夹角的伸缩装置140。伸缩装置140沿上下方向延伸,延伸方向的一侧与膝上侧部件120机械连接,延伸方向的另一侧与膝下侧部件110机械连接,详细情况后述。此外,“机械连接”是包括直接连接的结构和经由其他部件连接的结构的概念。

[0095] 如图3和图4所示,伸缩装置140具备:输出旋转动力的马达M;传递马达M的动力变速器T;以能够传递动力的方式与变速器T连接,并将从变速器T输出的旋转动力转换为平移运动(伸缩运动)的主轴单元SP;设置于变速器T的第一断续机构210和第二断续机构220;对第一断续机构210和第二断续机构220进行切换操作的操作机构240;以及控制马达M,同时对操作机构240进行操作来控制第一断续机构210和第二断续机构220的控制部10。

[0096] 马达M例如是永磁体电动机,配置于变速器T的后方且上方,主轴单元SP配置于变速器T的前方且上方。主轴单元SP在动力的传递路径上相对于变速器T配置于与马达M相反的一侧。马达M是具备马达主体部171和对马达主体部171的输出旋转进行减速的齿轮机构部172的齿轮机构内置马达。主轴单元SP具有形成有外螺纹的主轴173和形成有内螺纹的套筒174,通过主轴173的旋转,套筒174沿着主轴173的轴心进行平移运动。

[0097] 具体而言,主轴173接收由变速器T传递来的马达M的旋转动力而进行旋转运动。另一方面,套筒174以不能旋转但能够上下移动的方式支承于单元壳体250。因此,当主轴173接收到由变速器T传递来的马达M的旋转动力而向一侧旋转时,套筒174以远离变速器T的方式平移移动,当主轴173向另一侧旋转时,套筒174以接近变速器T的方式平移移动。另外,有时将套筒174以远离变速器T的方式平移移动称为主轴单元SP的伸长动作,相反,有时将套筒174以接近变速器T的方式平移移动称为主轴单元SP的缩短动作。

[0098] 即,套筒174与变速器T的距离根据主轴173的旋转方向而伸缩。套筒174的上端部经由连杆部件175与膝上侧部件120连结。套筒174与变速器T之间的距离根据主轴173的旋转方向而伸缩,由此膝下侧部件110和膝上侧部件120以连接轴135为中心旋转。由此,使膝上侧部件120与膝下侧部件110之间的夹角发生变化。

[0099] 在此,膝上侧部件120与膝下侧部件110之间的夹角是由第一假想线L1和第二假想线L2限定形成的角,第一假想线L1连结膝关节机构130的连接轴135的中心与膝上侧部件120的接合器121,第二假想线L2通过膝关节机构130的连接轴135的中心和膝下侧部件110并向铅垂方向下方延伸。在以膝关节机构130的连接轴135为中心的膝下侧部件110与膝上侧部件120之间的夹角中,以一周的一侧为第一夹角 θ_1 ,以另一侧为第二夹角 θ_2 ,当第一夹角 θ_1 和第二夹角 θ_2 中、膝下侧部件110与膝上侧部件120相对移动的范围最小所夹角度较小的一方为第二夹角 θ_2 时,电动假腿1的使用者的腘窝侧的夹角(腘窝角)成为第二夹角 θ_2 。第一夹角 θ_1 取大约175[deg]~300[deg]的值,第二夹角 θ_2 取大约60[deg]~185[deg]的值。

[0100] 图3示出了膝关节机构130伸展的状态,第一夹角 θ_1 约为175[deg],第二夹角 θ_2 约

为185[deg]。图5是示出电动假腿1的弯曲状态的主要部分剖视图,第一夹角 θ_1 约为240[deg],第二夹角 θ_2 约为120[deg]。图6是示出电动假腿1的最大弯曲状态的主要部分剖视图,第一夹角 θ_1 约为300[deg],第二夹角 θ_2 约为60[deg]。

[0101] 此外,本实施方式的扩缩装置200通过伸缩装置140的主轴单元SP将转动运动转换为伸缩运动而使伸缩装置140伸缩,与此同时使膝下侧部件110与膝上侧部件120之间的夹角扩大和缩小,但也可以不设置伸缩装置140(主轴单元SP)那样的伸缩(运动)部分,而在膝下侧部件110与膝上侧部件120之间设置齿轮啮合机构(等),使膝下侧部件110与膝上侧部件120之间的夹角扩大和缩小。

[0102] 返回图3和图4,变速器T具备:第一变速机构T1,其具有将马达M的动力以第一变速比向主轴单元SP传递的第一变速部;以及第二变速机构T2,其具有将马达M的动力以与第一变速比不同的第二变速比向主轴单元SP传递的第二变速部。第一变速机构T1和第二变速机构T2通过断续机构210、220在动力切断状态和动力连接状态之间切换。

[0103] 根据这样的变速器T,通过具备变速比不同的两个动力传递路径,能够切换膝关节机构130中伸展和弯曲动作速度和产生的动力。只要第一变速比和第二变速比不同,第一变速机构T1和第二变速机构T2可以是任意一方为减速机构而另一方为增速机构,也可以是任意一方为等速机构而另一方为减速机构或增速机构,还可以是双方均为减速机构,还可以是双方均为增速机构。

[0104] 第一变速比是第一变速机构T1中比第一变速部靠近马达M的相反侧(主轴单元SP侧)的转速即变速后转速相对于第一变速机构T1中比第一变速部靠近马达M侧的转速即变速前转速的比率。第二变速比是第二变速机构T2中比第二变速部靠近马达M的相反侧(主轴单元SP侧)的转速即变速后转速相对于第二变速机构T2中比第二变速部靠近马达M侧的转速即变速前转速的比率。

[0105] 例如,在第一变速机构T1的第一变速比小于1的情况下,马达M的相反侧(主轴单元SP侧)的转速比马达M侧的转速低,扭矩增加。在第二变速机构T2的第二变速比大于1的情况下,马达M的相反侧(主轴单元SP侧)的转速高于马达M侧的转速,扭矩减小。在本实施方式中,设定为第一变速比小于1,第二变速比大于1,第一变速机构T1配置在比第二变速机构T2靠下方的位置。

[0106] 第一变速机构T1和第二变速机构T2包含:第一轴181,其以能够旋转的方式配置于齿轮机构部172的输出轴172a的下方延长线上;以及第二轴182,其以能够旋转的方式配置于主轴单元SP的主轴173的下方延长线上。第一轴181经由允许轴心误差的联轴器187以能够一体旋转的方式与马达M的齿轮机构部172的输出轴172a连结。第二轴182以能够一体旋转的方式与主轴单元SP的主轴173连接。另外,虽然本实施方式的第二轴182与主轴单元SP的主轴173一体化,但第二轴182也可以使用花键嵌合或联轴器与主轴单元SP的主轴173连结。

[0107] 第一变速机构T1具备由相互啮合的第一驱动齿轮183和第一从动齿轮184构成的第一变速部。第一驱动齿轮183以能够一体旋转的方式支承于第一轴181,第一从动齿轮184以能够相对旋转的方式支承于第二轴182。第一从动齿轮184和第二轴182的旋转轴线彼此一致。本实施方式的第一变速机构T1为第一驱动齿轮183的直径小于第一从动齿轮184的直径的减速传递机构,能够使主轴单元SP以低速、高扭矩进行伸缩动作。

[0108] 第二变速机构T2具备由相互啮合的第二驱动齿轮185和第二从动齿轮186构成的第二变速部。第二驱动齿轮185以能够一体旋转的方式支承于第一轴181,第二从动齿轮186以能够相对旋转的方式支承于第二轴182。第二从动齿轮186和第二轴182的旋转轴线彼此一致。本实施方式的第二变速机构T2为第二驱动齿轮185的直径大于第二从动齿轮186的增速传递机构,能够使主轴单元SP以高速、低扭矩进行伸缩动作。此外,在本实施方式中,第二变速机构T2配置于第一变速机构T1上侧,但第二变速机构T2也可以配置于第一变速机构T1下侧。另外,本实施方式的第一轴181和第二轴182分别从最初就一体形成,但也可以在上下齿轮支撑部分体形成后,一体地连结(结合)。

[0109] 第一断续机构210具备设置于第一从动齿轮184与第二轴182之间的断续部212。第二断续机构220具备设置于第二从动齿轮186与第二轴182之间的断续部222。这些断续部212、222具有共通的结构,配置为能够切换为切断动力传递的切断状态和能够传递一方向和另一方向这两个方向的旋转动力的动力可传递状态。另外,断续部212、222的详细情况后述。

[0110] 操作机构240具备设置为能够对断续部212、222进行断续操作的操作杆241、和使操作杆241直线移动的伺服马达242。

[0111] 第二轴182为具有沿旋转轴线方向(也称为上下方向)延伸的内部空间S2的中空轴,操作杆241配置于该内部空间S2。操作杆241在从内部空间S2露出的下端部设置有齿条241a。操作杆241由配置于内部空间S2的轴承B4、B5支承为不能与齿条241a相对旋转但能够沿旋转轴线方向一体地进退移动。第二轴182的下端部与具有供操作杆241插通的插通孔的盖部件188螺合。盖部件188防止异物侵入内部空间S2,并且便于操作杆241的更换。设置于伺服马达242的输出轴242a的小齿轮243与齿条241a啮合,根据伺服马达242的驱动来切换操作杆241在上下方向的位置。在操作杆241的外周部形成有后述的小径部241b1、241b2和大径部241c1~241c3,根据操作杆241的位置,小径部241b1、241b2和大径部241c1~241c3对断续部212、222进行断续操作。另外,操作机构240的详细情况后述。

[0112] 如图3至图5所示,单元壳体250包括上壳体251、中间壳体252和下壳体253。这些上壳体251、中间壳体252和下壳体253彼此独立地形成。

[0113] 上壳体251收纳主轴单元SP。

[0114] 在由中间壳体252和下壳体253形成的空间S1内收纳有第二驱动齿轮185、第二从动齿轮186、第一驱动齿轮183、第一从动齿轮184、断续部212、222和操作机构240的一部分。

[0115] 单元壳体250通过上壳体251、中间壳体252和下壳体253的三级构造,不仅能够将变速器T和主轴单元SP外壳化,还将包含马达M在内的伸缩装置140单元化。

[0116] 另外,单元壳体250经由未图示的托架安装于主框架111。

[0117] 如图3、图5和图6所示,机械止动机构150具备设置于膝下侧部件110的止动部件151、和设置于膝上侧部件120的膝上侧基部126的第一抵接部152和第二抵接部153。在图3所示的状态下(第二夹角 θ_2 约为185[deg]),第一抵接部152与止动部件151抵接,由此限制膝关节机构130向反方向弯曲。另外,在图6所示的状态下(第二夹角 θ_2 约为60[deg]),第二抵接部153与止动部件151抵接,由此限制膝关节机构130从最大弯曲状态进一步弯曲。在使用电动假腿1步行期间,不会出现图6所示的最大弯曲状态。

[0118] 缓冲机构160设置于膝上侧部件120侧,具备能够利用弹簧161(例如,压缩螺旋弹

簧)的作用力按压连杆部件175的上端部的按压部162。连杆部件175的下端部经由第一转动部176能够转动地联结于主轴单元SP的套筒174,连杆部件175的上端部经由第二转动部177能够转动地联结于膝上侧部件120。在连杆部件175的上端部形成有凸轮部178。凸轮部178连续地具有:以第二转动部177为中心半径较小的小径外周部178a、距第二转动部177的距离较长的大径外周部178b、以及将小径外周部178a与大径外周部178b无台阶地联结的联结外周部178c。

[0119] 如图5和图6所示,在膝关节机构130弯曲的状态下,按压部162与凸轮部178的小径外周部178a对置,因此按压部162与凸轮部178分离。如图3所示,膝关节机构130根据主轴单元SP的缩短动作而伸展,当接近伸展侧的机械停止位置时,按压部162与凸轮部178的对置位置从联结外周部178c向大径外周部178b移动,伴随于此,凸轮部178与按压部162抵接,同时大径外周部178b克服弹簧161的作用力而推动按压部162。换言之,凸轮部178被弹簧161的作用力向返回方向按压。由此,弹簧161的作用力成为阻力,第一抵接部152与止动部件151抵接时的冲击得到缓冲。

[0120] 接着,参照图7和随后的附图对断续部212、222和操作机构240的详细情况进行说明。

[0121] 断续部212、222具有共通的结构,配置为能够切换为切断动力传递的切断状态和能够传递一方向和另一方向这两个方向的旋转动力的动力可传递状态。如图7所示,本实施方式各断续部212、222使用具备强制自由功能的双向离合器280而构成。双向离合器280具备:多个(在本实施方式中为3个)滚子281,其配置于第二轴182的外周面部与齿轮184、186的内周面部之间;保持器282,其将多个滚子281保持为规定的间隔;多个(在本实施方式中为3个)销283,其在径向上贯通第二轴182,被操作机构240操作至强制自由位置和强制自由解除位置;以及多个(在本实施方式中为3个)引导件284,其设置于保持器282,在销283处于强制自由位置时限定保持器282相对于第二轴182的相对旋转位置。滚子281可以是滚珠,也可以是楔块。

[0122] 第二轴182的外周面部与齿轮184、186的内周面部在径向上的间隔A比滚子281的直径B小。另外,在第二轴182的外周部沿周向以规定的间隔形成有平坦部182a,在平坦部182a的周向中央侧,间隔A比直径B大。

[0123] 即,在滚子281保持于平坦部182a的周向中央部的状态下,滚子281不与第二轴182的外周面部及齿轮184、186的内周面部啮合(非卡合状态),允许第二轴182与齿轮184、186的相对旋转(强制自由状态)。

[0124] 另一方面,在允许滚子281相对于第二轴182沿周向移动的状态下,滚子281与第二轴182的外周面部及齿轮184、186的内周面部啮合(卡合状态),第二轴182与齿轮184、186以能够在两个方向上一体旋转的方式连接(强制自由解除状态)。

[0125] 如图8所示,保持器282为相对于第二轴182和齿轮184、186能够旋转的环形,具有保持滚子281的多个滚子保持部282a和保持引导件284的多个引导件保持部282b。

[0126] 另外,在保持器282的外周面沿周向以规定的间隔埋设有多个橡胶球282c。这些橡胶球282c使齿轮184、186与保持器282之间产生适度的摩擦,由此防止强制自由解除状态下的意外空转。另外,使齿轮184、186与保持器282之间产生摩擦的部件不限于橡胶球282c,也可以是O型环。

[0127] 返回图7,销283在径向外侧的端部具有圆锥状的凸部283a,引导件284在径向内侧的端面具有与凸部283a嵌合(卡合)的圆锥状的凹部284a。当销283的凸部283a与引导件284的凹部284a嵌合时,通过销283和引导件284的引导作用,保持器282相对于第二轴182的相对旋转位置定位在保持器处于强制自由状态的规定位置处。

[0128] 如图9所示,在操作杆241上,从上方依次以规定的长度和间隔形成有第一大径部241c1、第一小径部241b1、第二大径部241c2、第二小径部241b2和第三大径部241c3。操作杆241设置为能够同时控制两个断续部212、222,但也可以针对每个断续部212、222单独地设置。

[0129] 在以下的说明中,参照图9对同时控制断续部212、222的操作机构240的动作进行说明。

[0130] 如图9所示,断续部212、222通过操作机构240切换为强制自由状态(以下,适当称为OFF状态)和强制自由解除状态(以下,适当称为ON状态)。

[0131] 当操作机构240的操作杆241处于图9的(A)所示的上方位置时,第二大径部241c2将断续部222的销283向外径方向推出,同时第三大径部241c3将断续部212的销283向外径方向推出,由此将断续部212和断续部222设为OFF状态。

[0132] 另外,当操作机构240的操作杆241处于图9的(B)所示的中间位置时,第一小径部241b1允许断续部222的销283向内径方向返回,同时第三大径部241c3将断续部212的销283向外径方向推出,由此将断续部222设为ON状态,将断续部212设为OFF状态。

[0133] 另外,当操作机构240的操作杆241处于图9的(C)所示的下方位置时,第一大径部241c1将断续部222的销283向外径方向推出,同时第二小径部241b2允许断续部212的销283向内径方向返回,由此将断续部222设为OFF状态,将断续部212设为ON状态。

[0134] 接着,以断续部222为例,参照图10至图14对双向离合器280的动作进行说明。在以下的例子中,以断续部222中从图9的(A)经由(B)向(C)转移的情况为例进行说明。

[0135] 如图10的(A)和(B)所示,在操作杆241的第二大径部241c2将断续部222的销283向外径方向推出的状态下,销283的凸部283a与引导件284的凹部284a嵌合,保持器282相对于第二轴182的相对旋转位置被固定在规定的规定位置。在该状态下,滚子281保持于平坦部182a的周向中央部,因此滚子281不会与第二轴182的外周面部及第二从动齿轮186的内周面部啮合,成为允许第二轴182与第二从动齿轮186相对旋转的OFF状态。

[0136] 图11的(A)和(B)示出了操作杆241从第二大径部241c2将断续部222的销283向外径方向推出的位置移动到第一小径部241b1允许销283向内径方向返回的位置的状态。在图11中,虽然销283已经向内径方向移动,但实际上是在第二轴182与第二从动齿轮186产生相对旋转的时刻,与第二从动齿轮186连动旋转的保持器282的引导件284利用凹部284a的倾斜面将销283向内径方向推回。

[0137] 如图12的(A)和(B)所示,在允许销283向内径方向返回的状态下,当第二轴182与第二从动齿轮186之间产生图中的箭头所示的正转方向上的相对旋转时,与第二从动齿轮186连动旋转的保持器282使滚子281相对于第二轴182向正转方向移动。由此,滚子281与第二轴182的外周面部及第二从动齿轮186的内周面部啮合,出现在正转方向上第二轴182和第二从动齿轮186一体地旋转的正转激活状态。

[0138] 如图13的(A)和(B)所示,在允许销283向内径方向返回的状态下,当第二轴182与

第二从动齿轮186之间产生图中的箭头所示的反转方向上的相对旋转时,与第二从动齿轮186连动旋转的保持器282使滚子281相对于第二轴182向反转方向移动。由此,滚子281与第二轴182的外周面部及第二从动齿轮186的内周面部啮合,出现在反转方向上第二轴182和第二从动齿轮186一体地旋转的反转激活状态。

[0139] 如图14的(A)和(B)所示,当操作杆241从第一小径部241b1允许断续部222的销283向内径方向返回的位置向第一大径部241c1将销283向外径方向推出的位置移动时,销283的凸部283a与引导件284的凹部284a嵌合,通过销283和引导件284的引导作用,保持器282相对于第二轴182的相对旋转位置以定位状态固定于规定的位置。在该状态下,滚子281保持于平坦部182a的周向中央部,因此滚子281不会与第二轴182的外周面部及第二从动齿轮186的内周面部啮合,成为允许第二轴182与第二从动齿轮186相对旋转的OFF状态。

[0140] 在上述实施方式中,断续部212、222和操作机构240设置于第二轴182侧,但也可以如图15所示的第二实施方式那样设置于第一轴181侧。即,在第二实施方式的电动假腿1中,第一断续机构210的断续部212设置在第一驱动齿轮183与第一轴181之间,第二断续机构220的断续部222设置在第二驱动齿轮185与第一轴181之间。其他构造基本上与第一实施方式的构造相同或相似,因此下面也将以第一实施方式的电动假腿1为例进行说明。

[0141] 如图16所示,传感器装置270包括设置于膝关节机构130(连接轴135)的膝关节角度传感器271、内置于接合器122的负载传感器272、以及搭载于在马达M附近配置的未图示的基板的惯性测量单元(Inertial Measurement Unit:IMU)273。

[0142] 膝关节角度传感器271检测膝关节角度(θ [deg])。如图19的(A)所示,膝关节角度(θ [deg])为通过连接轴135的膝上侧部件120的延长线L11与膝下侧部件110之间的夹角。换言之,膝关节角度 θ 是从 180 [deg]减去前述的第二夹角 θ_2 而得到的角度,是第二夹角 θ_2 的补角。当膝下侧部件110位于比延长线L11靠前方的位置时膝关节角度 θ 取负值,当膝下侧部件110位于比延长线L11靠后方的位置时膝关节角度 θ 取正值(+deg)。因此,由于第二夹角 θ_2 的可取范围约为 60 [deg]~ 185 [deg],膝关节角度 θ 的可取范围约为 -5 [deg]~ 120 [deg]。

[0143] 负载传感器272检测电动假腿1接收到的负重,换言之,来自电动假腿1的使用者的负载。负载传感器272设定为拉伸负载取正值、压缩负载取负值。因此,在电动假腿1着地的负重状态下(以下,有时称为站立阶段),负重(压缩负载)从外部作用于电动假腿1,因此取负值,在电动假腿1从地面离开的非负重状态下(以下,有时称为抬腿阶段),虽然没有从外部接收负重,但由于电动假腿1的自重而施加有拉伸负载,因此取正值。

[0144] IMU273获取3轴角速度和3轴加速度。当将正交坐标系的3轴设为X轴、Y轴、Z轴时,IMU273检测X轴角速度 ω_x [deg/s]、Y轴角速度 ω_y [deg/s]、Z轴角速度 ω_z [deg/s]、X轴加速度 A_x [m/s²]、Y轴加速度 A_y [m/s²]、和Z轴加速度 A_z [m/s²]。

[0145] 接下来,将对控制电动假腿1的控制部10进行说明。

[0146] 当使用者步行上台阶时,控制部10以后述的上台阶模式驱动电动假腿1,当使用者在平地步行前进或者步行下台阶时,控制部10以后述的平地和下台阶模式驱动电动假腿1。控制部10接收来自传感器装置270的信息,在各模式下控制电动假腿1。更具体而言,向控制部10输入来自膝关节角度传感器271、负载传感器272和IMU273的信息。控制部10从膝关节角度传感器271获取膝关节角度 θ ,从负载传感器272获取负载,并根据由IMU273检测出的3轴的角速度和3轴的加速度来算出小腿角 θ_s 。另外,控制部10根据膝关节角度 θ 和小腿角 θ_s

算出大腿角 θ_t 。除此之外,控制部10还能够算出膝关节角度 θ 、小腿角 θ_s 和大腿角 θ_t 各自的角速度、角加速度、或膝下侧部件110、膝上侧部件120的加速度等。

[0147] 在此,如图19的(C)所示,小腿角 θ_s 为在以连接轴135为中心的膝下侧部件110的延伸方向上延伸的中心线与通过连接轴135的铅垂线VL1之间的夹角,当膝下侧部件110位于比铅垂线VL1靠前方的位置时,小腿角 θ_s 取负值(-deg),当膝下侧部件110位于比铅垂线VL1靠后方的位置时,小腿角 θ_s 取正值(+deg)。

[0148] 另外,如图19的(B)所示,大腿角 θ_t 为穿过安装有膝上侧部件120的大腿部123的髌关节124的铅垂线VL2与在膝上侧部件120的延伸方向上延伸的中心线之间的夹角,当膝上侧部件120位于比铅垂线VL2靠前方的位置时,大腿角 θ_t 取负值(-deg),当膝上侧部件120位于比铅垂线VL2靠后方的位置时,大腿角 θ_t 取正值(+deg)。

[0149] 控制部10在各模式下,基于这些信息来控制操作机构240(伺服马达242)切换第一断续机构210和第二断续机构220的切断状态和动力可传递状态,同时控制马达M输出用于使电动假腿1伸展或弯曲的动力。

[0150] 返回到图16,控制部10具备:阶段判定部11,其判定电动假腿1是处于站立阶段还是处于抬腿阶段;模式获取部12,其预测并获取向上台阶模式、以及平地/下台阶模式中的任一者的转变;以及马达控制部13,其控制使伸缩装置140伸缩的马达M和驱动操作杆241的伺服马达242(操作机构240)。

[0151] 阶段判定部11在由负载传感器272检测出的负载为第一阈值(例如-90[N])以上时判定处于抬腿阶段,在负载为第二阈值(例如-110[N])以下时判定处于站立阶段。另外,在判定为处于站立阶段的状态下,在负载成为第一阈值(例如-90[N])以上的情况下,阶段判定部11判定为从站立阶段转变到了抬腿阶段。另一方面,在判定为处于抬腿阶段的状态下,在负载成为第二阈值(例如-110[N])以下的情况下,判定为从抬腿阶段转变到了站立阶段。另外,第一阈值和第二阈值可以是相同的值,但优选通过设置滞后而设为不同的值。由此,能够抑制振荡(hunting)。

[0152] 模式获取部12基于预先确定的条件,预测并获取从上台阶模式向平地/下台阶模式转变、以及从平地/下台阶模式向上台阶模式转变。此外,模式获取部12可以通过设置在电动假腿1中的切换开关或接收来自使用者的终端装置例如智能手机、移动电话、平板电脑、智能手表等的信号的电开关来获取模式转变。

[0153] 马达控制部13控制马达M以使伸缩装置140伸缩,从而使电动假腿1伸展或弯曲。另外,马达控制部13控制伺服马达242以使操作杆241动作,从而切换第一断续机构210和第二断续机构220的切断状态和动力可传递状态。另外,在动力可传递状态下,切换经由第一变速机构T1传递动力的变速状态(以下称为高扭矩侧连接状态)和经由第二变速机构T2传递动力的变速状态(以下称为高转速侧连接状态)。

[0154] <上台阶模式>

[0155] 以这种方式构造的电动假腿1能够顺畅地执行上台阶动作,而具备被动阻尼器的传统被动假腿在该上台阶动作中,非假腿侧的腿(健康腿)不得不一阶台阶一阶台阶地上。使用者步行上台阶时的模式是上台阶模式。

[0156] 图17是示出人和电动假腿在上台阶时的动作(上台阶动作)的图。

[0157] 图17的(A)至(D)是示出站立阶段的图,图17的(D)至(E)是示出从站立向抬腿前期

的转变阶段的图,图17的(E)至(G)是示出抬腿前期阶段的图,图17的(G)是示出从抬腿前期向抬腿后期的转变阶段和抬腿后期阶段的图,图17的(H)是示出从抬腿后期向站立的转变阶段和站立阶段的图。

[0158] 如图17的(A)至(D)所示,在电动假腿1向前伸出并迈上台阶(上台阶)时对电动假腿1施加负载的状态下,使膝关节机构130从弯曲状态开始伸展时,需要较大的动力。

[0159] 在站立时(图17的(A)至(D)),马达控制部13驱动伺服马达242,将第一断续机构210和第二断续机构220设为高扭矩侧连接状态(图20的站立阶段)。在该高扭矩侧连接状态下,当使马达M向伸展方向、即扩大第二夹角 θ_2 的方向旋转时,马达M的动力向第一轴181、第一驱动齿轮183、第一从动齿轮184、第一断续机构210的断续部212、第二轴182、主轴单元SP传递。由此,套筒174进行伸长动作远离变速器T,相对于安装有变速器T的膝下侧部件110,与套筒174连结的膝上侧部件120以连接轴135为中心旋转,使膝关节机构130伸展。该伸展的动力是在由第一变速机构T1减速时被高扭矩化的动力,因此,即使在使电动假腿1向前伸出并迈上台阶时对电动假腿1施加了较大的负载的状态下,也能够使膝关节机构130从弯曲状态开始可靠地伸展。

[0160] 另一方面,为了顺畅地进行上台阶动作,如图17的(D)至(G)所示,需要在对健康腿施加了负载的状态下使膝关节机构130从伸展状态开始弯曲。此时,需要快速收起电动假腿1,然后快速落在下阶一台阶上。在膝关节机构130从伸展的状态开始弯曲时,不需要较大的动力,但需要快速的动作。

[0161] 具体而言,在从站立向抬腿前期转变时(图17的(D)至(E)),马达控制部13驱动伺服马达242,使第一断续机构210和第二断续机构220从高扭矩侧连接状态转变为高转速侧连接状态(图20的转变阶段(站立→抬腿前期)),在此期间,将马达M设为非驱动状态。马达M的非驱动状态是指进行控制使马达M不产生动力或者停止马达M。在之后的抬腿前期(图20的抬腿前期阶段),在该高转速侧连接状态下,使马达M向与伸展方向相反的弯曲方向旋转(图17的(E)至(G))。这样,马达M的动力向第一轴181、第二驱动齿轮185、第二从动齿轮186、第二断续机构220的断续部222、第二轴182、主轴单元SP传递。由此,套筒174进行收缩动作靠近变速器T,相对于与套筒174连结的膝上侧部件120,安装有变速器T的膝下侧部件110以连接轴135为中心旋转,使膝关节机构130弯曲。

[0162] 在从抬腿前期向抬腿后期转变时(图17的(G)),暂时将马达M设为非驱动状态(图20的转变阶段(抬腿前期→抬腿后期))。然后,在抬腿后期(图17(G)至(H)),在该高转速侧连接状态下,使马达M向伸展方向旋转(图20的抬腿后期阶段)。这样,马达M的动力向第一轴181、第一驱动齿轮183、第一从动齿轮184、第一断续机构210的断续部222、第二轴182、主轴单元SP传递。由此,套筒174进行伸长动作远离变速器T,与套筒174连结的膝上侧部件120以连接轴135为中心旋转,使膝关节机构130伸展。并且,该抬腿时的弯曲和伸展的动力是在由第二变速机构T2增速时被低扭矩化的动力,因此能够使膝关节机构130快速地弯曲和伸展。

[0163] 在从抬腿后期向站立转变时(图17的(H)),马达控制部13驱动伺服马达242使第一断续机构210和第二断续机构220从高转速侧连接状态转变为高扭矩侧连接状态(图20的转变阶段(抬腿后期→站立)),将马达M设为非驱动状态。

[0164] 在上台阶模式下,马达控制部13控制马达M时,在站立阶段、换言之处于高扭矩侧连接状态时,基于扭矩目标值进行控制(以下,称为扭矩控制),扭矩目标值为与伸缩装置

140扩大或缩小夹角的扭矩相关的扭矩的目标值。另一方面,在抬腿阶段、换言之处于高转速侧连接状态时,马达控制部13基于位置目标值进行控制(以下,称为位置控制),位置目标值为与伸缩装置140使夹角所成的角度相关的位置的目标值。以下,对扭矩控制、位置控制、扭矩控制与位置控制的转变详细地进行说明。

[0165] (扭矩控制)

[0166] 扭矩控制将与伸缩装置140扩大或缩小夹角的扭矩成比例关系的q轴电流作为控制对象。换言之,扭矩目标值被替换为目标q轴电流。即,一旦确定了扭矩目标值则确定了目标q轴电流,一旦确定了目标q轴电流则确定了扭矩目标值。参照图21,当将目标q轴电流设为目标 I_q [A],将负载的铅垂方向成分设为 FZ_a [N],将髌关节124与连接轴135之间的长度即大腿长度设为 L [m],将膝关节角度设为 θ [deg],将修正系数设为 α ,则目标 I_q 由以下的(1)表示。

[0167] 目标 I_q [A]= FZ_a [N]× $\sin\theta$ [deg]× L [m]× α (1)

[0168] 式(1)是将膝下侧部件110认为是固定于膝上侧部件120的棒,将上推膝上侧部件120所需的力($FZ_a \times \sin\theta$)乘以大腿长度 L 而算出扭矩,并计算目标q轴电流。马达控制部13基于该扭矩目标值(目标q轴电流),使马达 M 在弯曲状态的膝关节机构130伸展的方向上产生动力。此外,修正系数 α 是基于相对于q轴电流的扭矩常数(K_t) [Nm/A]的值,是还包含安装时的上台阶速度调整的含意的值。

[0169] 即,扭矩目标值(目标q轴电流)基于负载 FZ_a (负重)、膝关节角度 θ 和大腿长度 L 来确定。同样如图20所示,马达控制部13在进行扭矩控制的上台阶模式下的站立阶段,基于该扭矩目标值(目标q轴电流)沿伸展方向驱动马达 M 。

[0170] 此外,也可以代替式(1)的负载 FZ_a 而基于使用者的体重来设定扭矩目标值。例如,可以使用体重的绝对值,也可以使用体重乘以系数的值。

[0171] (位置控制)

[0172] 位置控制将位置目标值(目标角度)作为控制对象。在图20所示的抬腿前期阶段和抬腿后期阶段,位置目标值(目标角度)的确定方法不同。换言之,控制部10在抬腿前期阶段和抬腿后期阶段,基于根据不同的参数确定的位置目标值来控制马达 M 。另外,在抬腿前期阶段,考虑两种方法。可以采用任一方法。

[0173] (抬腿前期阶段_方法1)

[0174] 抬腿前期阶段_方法1在抬腿前期阶段需要进行使大腿部123暂时向后摆动的动作。方法1的目的在于可靠地防止被要迈上的台阶绊倒。图22的(A)和(B)表示方法1的第一步(步骤1),图22的(C)和(D)表示方法1的第二步(步骤2)。第一步(步骤1)是从紧接着转变到抬腿之后到电动假腿1向后方摆动直到大腿角 θ_t 为规定角度(例如,20[deg])以上的期间。第二步(步骤2)是电动假腿1向前摆动直到上台阶的期间,并且也是固定并保持膝弯曲角 γ [deg]的期间。此外,如图22的(C)所示,膝弯曲角 γ [deg]是在膝下侧部件110的延伸方向上延伸的中心线与通过连接轴135的铅垂线 VL_1 之间的夹角。

[0175] 在方法1中,将膝关节角度 θ 作为控制对象。目标膝关节角度 θ 由式(2)表示。

[0176] 目标膝关节角度 θ [deg]=0[deg](2)

[0177] 即,在方法1的第一步(步骤1)中,基于膝关节角度 θ ($\theta=0$)来控制目标膝关节角度 θ ,马达控制部13进行控制以维持使膝关节机构130伸展的状态。从图22的(A)至(B)的转

变是通过使用者以作为上身与大腿部123的转动轴(转动的基准)的髌关节124为中心使大腿部123旋转实现的。

[0178] 在方法1的第二步骤(步骤2)中,将膝关节角度 θ 作为控制对象。目标膝关节角度 θ 由式(3)表示。

[0179] 目标膝关节角度 $\theta[\text{deg}] = \gamma[\text{deg}] - \theta_t[\text{deg}]$ (3)

[0180] 即,在方法1的第二步骤(步骤2)中,目标膝关节角度 θ 基于大腿角 θ_t 和膝弯曲角 γ ,更具体而言基于大腿角 θ_t 与膝弯曲角 γ 的差量来确定,马达控制部13进行控制以针对作为固定值的膝弯曲角 $\gamma[\text{deg}]$ 而根据大腿角 θ_t 的变动来调整膝关节角度 θ 。此外,从防止绊倒的观点出发, $\gamma[\text{deg}]$ 例如设定为80[deg]左右。

[0181] (抬腿前期阶段_方法2)

[0182] 抬腿前期阶段_方法2的目的在于,省略方法1中使大腿部123暂时向后摆动的动作,缩短步行时间,减轻上台阶时的使用者的负担。在方法2中,从图23的(A)至(D)统一控制对象的确定方法。换言之,控制部10在整个抬腿前期阶段基于根据相同的参数确定的位置目标值来控制马达M。

[0183] 在方法2中,将膝关节角度 θ 作为控制对象。将倍率设为 δ ,将修正角设为 $\varepsilon[\text{deg}]$,目标膝关节角度 θ 由式(4)表示。

[0184] 目标膝关节角度 $\theta[\text{deg}] = \delta \times (\theta_t[\text{deg}] - \varepsilon[\text{deg}])$ (4)

[0185] 即,在方法2中,目标膝关节角度 θ 基于大腿角 θ_t 来确定,马达控制部13基于大腿角 θ_t 控制膝关节角度 θ ,以使膝下侧部件110以一定的倍率向后方弯折。随着大腿部123向前方摆动,为了防止绊倒,需要使膝弯曲角 γ 增大。即,需要与大腿角 θ_t 成比例地使膝弯曲角 γ 增大。从防止绊倒的观点出发,倍率 δ 例如设定为3, ε 例如设定为10[deg]左右。

[0186] (抬腿后期阶段)

[0187] 抬腿后期阶段成为着地准备期间。在抬腿后期阶段,将膝关节角度 θ 作为控制对象。目标膝关节角度 θ 由式(5)表示。

[0188] 目标膝关节角度 $\theta[\text{deg}] = \text{大腿角}\theta_t[\text{deg}] + \text{调整角度}\beta[\text{deg}]$ (5)

[0189] 即,目标膝关节角度 θ 基于大腿角 θ_t 和调整角度 β 来确定,如图24所示,马达控制部13进行控制,以使膝下侧部件110始终与水平地面大致垂直,而与用于体重支承的大腿角 θ_t 无关。换言之,进行控制以使膝关节角度 θ 与大腿角 θ_t 大致相等。如图24所示,调整角度 $\beta[\text{deg}]$ 是在膝下侧部件110的延伸方向上延伸的中心线与通过连接轴135的铅垂线VL1之间的夹角,当膝下侧部件110位于比铅垂线VL1靠前方的位置时,调整角度 β 取负值,当膝下侧部件110位于比铅垂线VL1靠后方的位置时,调整角度 β 取正值。调整角度 $\beta[\text{deg}]$ 是考虑使用者的上台阶时的感觉等而设定的调整角度。调整角度 β 设定为使膝下侧部件110相对于铅垂线VL1位于与膝上侧部件120相同的一侧。在电动假腿1中,调整角度 β 被设定为使脚尖比脚后跟低,例如为5[deg]。

[0190] (转变条件)

[0191] 在上台阶时,重复抬腿前期阶段、抬腿后期阶段和站立阶段进行动作。接着,基于图25对转变条件进行说明。

[0192] (从抬腿前期阶段向抬腿后期阶段的转变)

[0193] 从抬腿前期阶段向抬腿后期阶段的转变在以下的转变条件1成立的情况下执行。

[0194] 转变条件1:大腿角 θ_t 在第一规定范围内

[0195] 第一规定范围例如是小于-50[deg]的范围。即,如上所述,大腿角 θ_t 在膝上侧部件120位于比铅垂线VL2靠前方的位置时取负值(参照图19的(B)),因此,在该条件下判定大腿部123(膝上侧部件120)向前方摆动了规定量。

[0196] (从抬腿后期阶段向站立阶段的转变)

[0197] 从抬腿后期阶段向站立阶段的转变在以下的转变条件2成立的情况下执行。

[0198] 转变条件2:负载FZa在第二规定范围内

[0199] 第二规定范围例如是-110[N]以下的范围。即,如上所述,负载传感器272设定为拉伸负载取正值,压缩负载取负值,因此,通过负载FZa成为-110[N]以下,判定电动假腿1着地转变为站立状态。这与阶段判定部11判定从抬腿阶段向站立阶段转变的判定基准一致。

[0200] (从站立阶段向抬腿前期阶段的转变)

[0201] 从站立阶段向抬腿前期阶段的转变在以下的转变条件3成立的情况下执行。

[0202] 转变条件3:负载FZa在第三规定范围内

[0203] 第三规定范围例如是-90[N]以上的范围。这与阶段判定部11判定从站立阶段向抬腿阶段转变的判定基准一致。

[0204] 此外,优选地,在以下的转变条件4成立之后转变条件3成立的情况下,判定电动假腿1离地而转变为抬腿状态。

[0205] 转变条件4:大腿角 θ_t 在第四规定范围内

[0206] 第四规定范围例如是小于-15[deg]的范围。在转变条件4下判定大腿部123(膝上侧部件120)随着体重移动而向后方移动,之后在第三转变条件下判定负载FZa变小,由此能够更可靠地判定从抬腿阶段向站立阶段的转变。

[0207] <平地和下台阶模式>

[0208] 使用者在平地步行前进或者步行下台阶的模式为平地和下台阶模式。此外,平地是指没有台阶那样的台阶的地方,概念上除了水平场所以外还包括上坡、下坡。图18是示出平地步行时人和电动假腿脚的动作(平地步行动作)的图。

[0209] 图18的(A)至(D)是示出站立阶段的图,图18的(D)是示出从站立向抬腿的转变阶段的图,图18的(E)至(H)是示出抬腿阶段的图,图18的(H)是示出从抬腿向站立转变阶段的图。

[0210] 在平地和下台阶模式中,始终将马达M设为非驱动状态。在马达M的非驱动状态下,如图18的(A)至(D)所示,在对电动假腿1施加了负载的站立阶段,需要防止所谓的折膝。

[0211] 在站立时(图18的(A)至(D)),马达控制部13驱动伺服马达242,将第一断续机构210和第二断续机构220设为高转速侧连接状态(图20的站立阶段)。在高转速侧连接状态下,断续部222成为ON状态,因此马达M和主轴单元SP经由第二变速机构T2传递动力。当在高转速侧连接状态下将马达M保持在非驱动状态时,作用在电动假腿1上的弯曲方向上的外力从主轴单元SP经由第二变速机构T2传递到马达M,因此,通过利用马达M和变速器T的摩擦使弯曲方向上的外力衰减,能够防止所谓的折膝。此外,在平地和下台阶模式下的站立阶段,设为高转速侧连接状态是为了防止所谓的折膝,不一定需要设为高转速侧连接状态,也可以设为高扭矩侧连接状态。在图20及以下的说明中,对在平地和下台阶模式下的站立阶段将第一断续机构210和第二断续机构220设为高转速侧连接状态的情况进行说明。

[0212] 另一方面,如图18的(E)至(H)所示,在没有被施加来自外部的负载的电动假腿1抬腿时,需要自由地摆动电动假腿1。因此,在从站立向抬腿转变时(图18的(D)),马达控制部13驱动伺服马达242,将第一断续机构210和第二断续机构220设为切断状态(图20的转变阶段(站立→抬腿))。在该切断状态下,断续部212和断续部222成为OFF状态,因此在抬腿时成为马达M与主轴单元SP不连接的切断状态(图20的抬腿阶段)。在该状态下,当将马达M保持为非驱动状态时,允许膝关节机构130的自由伸展和弯曲。此外,下台阶也进行与平地步行相同的控制。

[0213] 在从抬腿向站立的转变阶段(图18的(H)),马达控制部13驱动伺服马达242,使第一断续机构210和第二断续机构220从切断状态转变为高转速侧连接状态(图20的转变阶段(抬腿→站立))。

[0214] 在此,对防止折膝的功能更详细地进行说明。

[0215] 如上所述,在平地和下台阶模式下站立时,需要利用电动假腿1支承使用者的体重来防止折膝,但使用者的体重不是恒定的。因此,优选地,在马达M和变速器T中可能产生的摩擦是可变的。

[0216] 首先,参照图26至图28对变更由马达M产生的摩擦的方法进行说明。图26是示出连接蓄电池B和马达M的电路16的一例的图。此外,在该电路16中,省略了连接蓄电池B与伺服马达242的路径。在蓄电池B与马达M之间经由开关SW1设置有逆变器18。逆变器18将来自蓄电池B的直流电力转换为交流电力,并供给至马达M。在开关SW1与逆变器18之间,并联连接有:电阻器R1与晶体管Tr1串联连接的电路D1、电阻器R2与晶体管Tr2串联连接的电路D2、以及电阻器R3与晶体管Tr3串联连接的电路D3。在该电路16中,通过将开关SW1设为断开状态(OFF)将晶体管Tr1~Tr3中的至少一个设为闭合状态(ON),能够产生发电制动,产生对抗马达M的旋转的摩擦(制动力)。

[0217] 也参照图27,在这样的电气电路16中,在上台阶模式的站立阶段和抬腿阶段、即马达M驱动时,通过将开关SW1设为闭合状态(ON)且将全部的晶体管Tr1~Tr3设为断开状态(OFF)而对逆变器18进行开关控制,能够使马达M向伸展方向旋转或向弯曲方向旋转。另一方面,在平地和下台阶模式下、即在马达M非驱动时,将开关SW1设为断开状态(OFF),停止从蓄电池B向马达M的电力供给。

[0218] 在平地和下台阶模式下的抬腿阶段中,将所有的晶体管Tr1~Tr3设为断开状态(OFF)。在平地和下台阶模式下的抬腿阶段,如上所述,允许膝关节机构130的自由伸展和弯曲,因此不产生基于发电制动的制动力。另一方面,在平地和下台阶模式下的站立阶段,通过将晶体管Tr1~Tr3中的至少一个设为闭合状态(ON),能够产生基于发电制动的摩擦。基于发电制动的摩擦依赖于成为闭合状态(ON)的晶体管的数量,成为闭合状态的晶体管越多,基于发电制动的摩擦越大。

[0219] 因此,如图28所示,随着使用者的体重变重,增加在平地和下台阶模式下的站立阶段成为闭合状态(ON)的晶体管的数量。即,在使用者的体重轻的情况下减少设为闭合状态(ON)的晶体管的数量,在使用者的体重重的情况下增加设为闭合状态(ON)的晶体管的数量。当确定了电动假腿1的使用者时,这些设置优选地被设定为程序中的初始设置。

[0220] 另外,作为增大由马达M产生的摩擦的方法,不限于变更设为闭合状态(ON)的晶体管的数量。例如,也可以仅设一个晶体管(仅电路D1),变更将晶体管设为闭合状态(ON)时的

脉宽调制(Pulse Width Modulation:PWM)控制的占空比。例如,也可以在使用者的体重较轻的情况下将设为闭合状态(ON)时的PWM控制的占空比设定得较小,在使用者的体重较重的情况下将设为闭合状态(ON)时的PWM控制的占空比设定得较大。当确定了电动假腿1的使用者时,这些设置也优选地被设定为程序中的初始设置。

[0221] 接着,对变更变速器T的摩擦的方法进行说明。

[0222] 为了增大变速器T的摩擦,在作用于电动假腿1的弯曲方向上的外力从主轴单元SP经由第二变速机构T2传递到马达M时,增大马达M的转速即可。因此,在平地和下台阶模式下的站立阶段,设定为增加设为高转速侧连接状态时马达M的转速。即,增大高转速侧连接状态时的变速比、即第二变速机构T2的第二变速比。此外,第二变速比相对于第一变速比的比率优选在1.5~3.0的范围内,因此,第一变速机构T1的第一变速比也优选地根据第二变速机构T2的第二变速比增大的量进行调整。因此,在使用者的体重较重的情况下,将第二变速机构T2的第二变速比设定得较大,在使用者的体重较轻的情况下,将第二变速机构T2的第二变速比设定得较小。另外,在平地和下台阶模式下的站立阶段,在代替高转速侧连接状态而设为高扭矩侧连接状态的情况下,为了增大变速器T的摩擦,设定为增大第一变速机构T1的第一变速比。在该设定中,在确定电动假腿1的使用者时优选地设定变速器T的规格。

[0223] 图20是总结了上台阶模式和平地和下台阶模式下的各阶段和控制方法的表。如图20所示,在上台阶模式下的站立阶段,马达控制部13对马达M进行扭矩控制,在上台阶模式下的抬腿阶段,对马达M进行位置控制。如上所述,即使同样在上台阶模式下,也能够通过在站立阶段与抬腿阶段变更对马达M的控制来适当地控制电动假腿1。

[0224] 另外,即使同样在站立阶段,在上台阶模式下,马达控制部13对马达M进行扭矩控制,在平地和下台阶模式下,进行控制不驱动马达M,即使马达M不产生动力或者停止马达M。如上所述,即使在站立阶段,通过在平地和下台阶模式与上台阶模式变更对马达M的控制,也能够根据步行模式适当地控制电动假腿1。

[0225] 另外,即使同样在抬腿阶段,在上台阶模式下,马达控制部13对马达M进行位置控制,在平地和下台阶模式下,进行控制不驱动马达M,即使马达M不产生动力或者停止马达M。如上所述,即使在抬腿阶段,通过在平地和下台阶模式与上台阶模式变更对马达M的控制,也能够根据步行模式适当地控制电动假腿1。

[0226] 上述的上台阶模式和平地和下台阶模式下的控制方法能够通过由计算机(处理器)执行预先准备的程序来实现。本程序存储于计算机可读的存储介质,并且通过从存储介质读出而执行。此外,本控制程序可以以存储于闪存等非暂时性的存储介质的形式提供,也可以经由因特网等网络提供。

[0227] 以上,参照附图对各种实施方式进行了说明,但本发明当然不限于该例。本领域技术人员应当理解,在技术方案所记载的范畴内显然能够想到各种变更例或修正例,这些变更例或修正例当然也属于本发明的技术范围。此外,在不脱离发明的主旨的范围内,也可以任意地组合上述实施方式中的各构成要素。

[0228] 例如,在上述实施方式中,变速器T具有第一变速机构T1和第二变速机构T2这两个动力传递路径,但不限于此,也可以仅具有一个变速机构,在上台阶模式下的站立阶段和抬腿阶段以相同的变速比进行变速。

[0229] 例如,在上述实施方式中,例示了作为本发明的接头装置的一实施方式的、应用于

膝关节的假腿装置(电动假腿),但不限于此,也可以是应用于肘关节的假肢装置(电动假肢),作为安装主体,可以是人以外的其他动物,也可以是机器人。在应用于肘关节的情况下,上述实施方式的膝下侧部件110相对于膝上侧部件120成为安装主体的末端侧、即前臂。

[0230] 在本说明书中至少记载有以下事项。另外,尽管在括号中示出了上述实施方式中相应的构成要素等,但是本发明并不限于此。

[0231] (1)一种接头装置(电动假腿1),其具备:

[0232] 第一部件(膝下侧部件110);

[0233] 第二部件(膝上侧部件120);

[0234] 连接部(膝关节机构130),其连接所述第一部件与所述第二部件,且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角(第二夹角 θ_2 、膝关节角度 θ);以及

[0235] 扩缩装置(扩缩装置200),其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角,其中,

[0236] 所述扩缩装置具有动力源(马达M)、传递所述动力源的动力的动力传递部(变速器T)以及控制所述动力源的控制部(控制部10),

[0237] 所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态(站立阶段)与不接收负重的非负重状态(抬腿阶段)之间进行转变,

[0238] 所述控制部执行如下控制:

[0239] (A)当处于所述负重状态时,

[0240] 基于扭矩目标值对所述动力源进行控制(扭矩控制),所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值;

[0241] (B)当处于所述非负重状态时;

[0242] 基于位置目标值对所述动力源进行控制(位置控制),所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。

[0243] 根据(1),通过在负重状态与非负重状态变更对动力源的控制,能够适当地控制接头装置。

[0244] (2)根据(1)所述的接头装置,其中,

[0245] 所述扭矩目标值基于所述负重(负载FZa)来确定。

[0246] 根据(2),能够适当地设定扭矩目标值。

[0247] (3)根据(1)所述的接头装置,其中,

[0248] 所述扭矩目标值基于安装主体的重量(体重)来确定。

[0249] 根据(3),能够适当地设定扭矩目标值。

[0250] (4)根据(1)至(3)中任一项所述的接头装置,其中,

[0251] 所述扭矩目标值基于所述夹角或基于所述夹角的补角(膝关节角度 θ 、第二夹角 θ_2)来确定。

[0252] 根据(4),能够适当地设定扭矩目标值。

[0253] (5)根据(1)至(4)中任一项所述的接头装置,其中,

[0254] 所述接头装置安装于安装主体的第一部分(大腿部123)和相对该第一部分转动的第二部分(上身)中的所述第一部分,

[0255] 所述接头装置设置为,以所述第一部件比所述第二部件靠近所述安装主体的末端

侧的方式,所述第二部件安装于所述第一部分,

[0256] 所述扭矩目标值基于所述连接部与所述安装主体的其他连接部(髌关节124)之间的长度(大腿长度L)来确定,所述其他连接部连接所述第一部分与第二部分,且能够变更所述第一部分与第二部分之间的其他夹角。

[0257] 根据(5),能够适当地设定扭矩目标值。

[0258] (6)根据(1)至(5)中任一项所述的接头装置,其中,

[0259] (A)当处于所述负重状态时,

[0260] 所述控制部控制为在所述动力源产生如下方向的动力,所述方向的动力是使所述第一部件与第二部件处于弯曲状态的所述接头装置成为所述第一部件与第二部件伸展的状态的方向的动力。

[0261] 根据(6),能够一边支承负载一边使接头装置伸展。

[0262] (7)根据(1)至(6)中任一项所述的接头装置,其中,

[0263] 所述位置目标值基于所述第二部件与基准线(铅垂线VL2)之间的第一夹角(大腿角 θ_t)来确定,所述基准线通过安装主体的第一部分(大腿部123)与相对该第一部分转动的第二部分(上身)之间的转动轴(髌关节124)。

[0264] 根据(7),能够适当地设定位置目标值。

[0265] (8)根据(1)至(7)中任一项所述的接头装置,其中,

[0266] 所述位置目标值基于所述第一部件与其他基准线(铅垂线VL1)之间的第二夹角(调整角度 β)来确定,所述其他基准线通过所述第一部件与第二部件之间的其他转动轴(连接轴135)。

[0267] 根据(8),能够适当地设定位置目标值。

[0268] (9)根据(8)所述的接头装置,其中,

[0269] 所述第二夹角以使所述第一部件相对于所述其他基准线位于与第二部件相同的一侧的方式被确定。

[0270] 根据(9),能够更适当地设定位置目标值。

[0271] (10)根据从属于(7)的(8)所述的接头装置,其中,

[0272] 在将从所述负重状态转变为所述非负重状态起到再次转变为所述负重状态为止的期间定义为非负重期间、且将该非负重期间的后半部分定义为后期非负重期间(后期抬腿阶段)的情况下,

[0273] 当所述接头装置处于所述后期非负重期间时,

[0274] 所述位置目标值基于所述第一夹角或所述第二夹角来确定。

[0275] 根据(10),能够更适当地设定位置目标值。

[0276] (11)根据(1)至(10)中任一项所述的接头装置,其中,

[0277] 所述位置目标值基于所述第一部件与其他基准线(铅垂线VL1)之间的第三夹角(膝弯曲角 γ)来确定,所述其他基准线通过所述第一部件与第二部件之间的其他转动轴(连接轴135)。

[0278] 根据(11),能够更适当地设定位置目标值。

[0279] (12)根据(11)所述的接头装置,其中,

[0280] 所述位置目标值基于所述第二部件与基准线(铅垂线VL2)之间的第一夹角(大腿

角 θ_t)和所述第三夹角之间的差量来确定,所述基准线通过安装主体的第一部分(大腿部123)与相对该第一部分转动的第二部分(上身)之间的转动轴(髋关节124)。

[0281] 根据(12),能够更适当地设定位置目标值。

[0282] (13)根据(11)或(12)所述的接头装置,其中,

[0283] 在将从所述负重状态转变为所述非负重状态起到再次转变为所述负重状态为止的期间定义为非负重期间、且将该非负重期间的前半部分定义为前期非负重期间(前期抬腿阶段)的情况下,

[0284] 当所述接头装置处于所述前期非负重期间时,

[0285] 所述位置目标值基于所述第三夹角来确定。

[0286] 根据(13),能够更适当地设定位置目标值。

[0287] (14)根据(1)至(10)中任一项所述的接头装置,其中,

[0288] 在将从所述负重状态转变为所述非负重状态起到再次转变为所述负重状态为止的期间定义为非负重期间、且将该非负重期间的前半部分定义为前期非负重期间(前期抬腿阶段)、并且将后半部分定义为后期非负重期间(后期抬腿阶段)的情况下,

[0289] 在所述前期非负重期间与所述后期非负重期间,所述控制部基于通过不同的确定方法确定的所述位置目标值来对所述动力源进行控制。

[0290] 根据(14),能够使前期非负重期间的动作和后期非负重期间的动作分别最佳化。

[0291] (15)根据(14)所述的接头装置,其中,

[0292] 在所述前期非负重期间,

[0293] 当所述第二部件与基准线(铅垂线VL2)之间的第一夹角(大腿角 θ_t)在第一规定范围(小于-50[deg])内时,

[0294] 所述控制部将控制切换为所述后期非负重期间的控制,

[0295] 所述基准线(铅垂线VL2)通过安装主体的第一部分与相对该第一部分转动的第二部分之间的转动轴(髋关节124)。

[0296] 根据(15),能够将控制顺畅地从前期非负重期间过渡到后期非负重期间。

[0297] (16)根据(14)或(15)所述的接头装置,其中,

[0298] 在将从所述非负重状态转变为所述负重状态起到再次转变为所述非负重状态为止的期间定义为负重期间的情况下,

[0299] 在所述后期非负重期间,

[0300] 当所述负重在第二规定范围(-110[N]以下)内时,所述控制部将控制切换为所述负重期间的控制。

[0301] 根据(16),能够将控制顺畅地从后期非负重期间过渡到负重期间。

[0302] (17)根据(1)至(16)中任一项所述的接头装置,其中,

[0303] 在将从所述负重状态转变为所述非负重状态起到再次转变为所述负重状态为止的期间定义为非负重期间、且将从所述非负重状态转变为所述负重状态起到再次转变为所述非负重状态为止的期间定义为负重期间的情况下,

[0304] 在所述负重期间,

[0305] 当所述负重在第三规定范围(-90[N]以上)内时,

[0306] 所述控制部将控制切换为所述非负重期间的控制。

- [0307] 根据(17),能够将控制顺畅地从负重期间过渡到非负重期间。
- [0308] (18)根据(17)所述的接头装置,其中,
- [0309] 在所述负重期间,
- [0310] 当所述第二部件与基准线(铅垂线VL2)之间的第一夹角(大腿角 θ_t)在第四规定范围(小于 $-15[\text{deg}]$)内之后,所述负重在所述第三规定范围内时,
- [0311] 所述控制部将控制切换为所述非负重期间的控制,
- [0312] 所述基准线(铅垂线VL2)通过安装主体的第一部分与相对该第一部分转动的第二部分之间的转动轴(髋关节124)。
- [0313] 根据(18),能够更适当地判定从负重期间向非负重期间的转变。
- [0314] (19)根据(17)或(18)所述的接头装置,其中,
- [0315] 在所述非负重期间,
- [0316] 当所述负重在第五规定范围($-110[\text{N}]$ 以下)内时,
- [0317] 所述控制部将控制切换为所述负重期间的控制。
- [0318] 根据(19),能够将控制顺畅地从非负重期间过渡到负重期间。
- [0319] (20)根据(1)至(19)中任一项所述的接头装置,其中,
- [0320] 所述扩缩装置还具有断续机构,该断续机构配置于所述动力传递部的动力传递路径上并对该动力传递路径上的动力的切断和连接进行切换,
- [0321] 所述控制部还对所述断续机构进行控制,
- [0322] 所述控制部执行如下控制:
- [0323] (B)当处于所述非负重状态时,
- [0324] 将所述断续机构控制为切断所述动力传递路径的切断状态(平地和下台阶模式下的抬腿阶段),
- [0325] 代替基于所述位置目标值对所述动力源进行控制,而将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止。
- [0326] 根据(20),无论在负重状态下还是在非负重状态下都能够适当地控制接头装置。
- [0327] (21)根据(20)所述的接头装置,其中,
- [0328] 所述控制部执行如下控制:
- [0329] (A)当处于所述负重状态时,
- [0330] 将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的连接状态(平地和下台阶模式下的站立阶段),
- [0331] 代替基于所述扭矩目标值对所述动力源进行控制,而将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止。
- [0332] 根据(21),无论在负重状态下还是在非负重状态下都能够适当地控制接头装置。
- [0333] (22)根据(20)或(21)所述的接头装置,其中,
- [0334] 所述动力源包括永磁型电动机。
- [0335] 根据(22),能够利用在不驱动动力源时产生的摩擦。
- [0336] (23)根据(20)至(22)中任一项所述的接头装置,其中,
- [0337] 所述控制部构成为能够调整使所述动力源停止的制动力。
- [0338] 根据(23),能够利用在不驱动动力源时产生的摩擦调整制动力。

- [0339] (24) 根据 (23) 所述的接头装置,其中,
- [0340] 所述控制部使对应安装主体的重量(体重)而设定的所述制动力产生。
- [0341] 根据 (24),能够产生与体重对应的制动力。
- [0342] (25) 根据 (1) 至 (24) 中任一项所述的接头装置,其中,
- [0343] 所述动力传递部具有:
- [0344] 以第一变速比传递所述动力的第一动力传递路径(第一变速机构T1);以及
- [0345] 以与所述第一变速比不同的第二变速比传递所述动力的第二动力传递路径(第二变速机构T2),
- [0346] 所述扩缩装置还具有:
- [0347] 第一断续机构(第一断续机构210),其配置于所述第一动力传递路径上,且对该第一动力传递路径上的动力的切断和连接进行切换;以及
- [0348] 第二断续机构(第二断续机构220),其配置于所述第二动力传递路径上,且对该第二动力传递路径上的动力的切断和连接进行切换,
- [0349] 所述控制部还控制所述第一断续机构和所述第二断续机构。
- [0350] 根据 (25),控制部除了动力源的控制之外,还能够控制第一断续机构和第二断续机构。
- [0351] (26) 根据 (25) 所述的接头装置,其中,
- [0352] 在将所述第一变速比定义为在所述第一动力传递路径上相对于第一变速部(第一变速机构T1)而言变速后转速与比该第一变速部靠近所述动力源一侧的转速即变速前转速的比率、且将所述第二变速比定义为在所述第二动力传递路径上相对于第二变速部(第二变速机构T2)而言变速后转速与比该第二变速部靠近所述动力源一侧的转速即变速前转速的比率,
- [0353] 所述第一变速比构成为比所述第二变速比小。
- [0354] 根据 (26),能够以不同的变速比传递动力源的动力。
- [0355] (27) 根据 (25) 或 (26) 所述的接头装置,其中,
- [0356] 所述第一变速比和所述第二变速比中的至少任一方基于安装主体的重量(体重)来确定。
- [0357] 根据 (27),能够设定与体重对应的变速比。
- [0358] (28) 根据 (25) 至 (27) 中任一项所述的接头装置,其中,
- [0359] 所述第一变速比与所述第二变速比的比率设定为1.5~3.0。
- [0360] 根据 (28),能够适当地平衡高扭矩状态与高转速状态。
- [0361] (29) 根据 (1) 至 (28) 中任一项所述的接头装置,其中,
- [0362] 所述接头装置为假肢装置,该假肢装置设置为:
- [0363] 所述第一部件相对于安装主体以比所述第二部件靠近该安装主体的末端侧的方式安装,
- [0364] 所述连接部作为该安装主体的关节发挥功能。
- [0365] 根据 (29),能够进行顺畅的弯曲动作和伸展动作。
- [0366] (30) 根据 (29) 所述的接头装置,其中,
- [0367] 所述假肢装置为安装于所述安装主体的腿部的假腿装置。

- [0368] 根据(30),假腿能够进行顺畅的弯曲动作和伸展动作。
- [0369] (31)根据(30)所述的接头装置,其中,
- [0370] 所述假腿装置设置为:
- [0371] 所述第二部件安装于所述腿部的大腿部(大腿部123),
- [0372] 所述连接部作为所述大腿部与小腿部之间的膝关节发挥功能。
- [0373] 根据(31),能够进行顺畅的弯曲动作和伸展动作。
- [0374] (32)一种接头装置(电动假腿1),其具备:
- [0375] 第一部件(膝下侧部件110);
- [0376] 第二部件(膝上侧部件120);
- [0377] 连接部(膝关节机构130),其连接所述第一部件与所述第二部件,且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角;以及
- [0378] 扩缩装置(扩缩装置200),其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角,其中,
- [0379] 所述扩缩装置具有动力源(马达M)、传递所述动力源的动力的动力传递部(变速器T)、配置于所述动力传递部的动力传递路径上并对该动力传递路径上动力的切断和连接进行切换的断续机构(第一断续机构210、第二断续机构220)、以及控制所述动力源和所述断续机构的控制部(控制部10),
- [0380] 所述接头装置设置为在接收到来自外部的负重的负重状态(站立阶段)与未接收到负重的非负重状态(抬腿阶段)之间进行转变,
- [0381] 所述控制部执行如下控制:
- [0382] (A)当处于所述负重状态时(平地和下台阶模式下的站立状态),
- [0383] 将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的状态,且将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止;
- [0384] (B)当处于所述非负重状态时(平地和下台阶模式下的抬腿状态),
- [0385] 将所述断续机构控制为切断所述动力传递路径的切断状态,且将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止。
- [0386] 根据(32),无论在负重状态下还是在非负重状态下都能够适当地控制接头装置。
- [0387] (33)根据(32)所述的接头装置,其中,
- [0388] 所述接头装置为假肢装置,该假肢装置设置为:
- [0389] 所述第一部件相对于安装主体以比所述第二部件靠近该安装主体的末端侧的方式安装,
- [0390] 所述连接部作为该安装主体的关节发挥功能,
- [0391] 所述假肢装置为安装于所述安装主体的腿部的假腿装置,
- [0392] 所述控制部执行如下控制:
- [0393] (A)当处于所述负重状态时,
- [0394] (a)在平地步行前进的情况下,或者在步行下台阶的情况下(平地和下台阶模式),
- [0395] 将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的所述连接状态(站立阶段),且将所述动力源控制为不产生动力或控制为停止;
- [0396] (b)在步行上台阶的情况下(上台阶模式),

[0397] 将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的所述连接状态(站立阶段),且基于扭矩目标值对所述动力源进行控制,所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值。

[0398] 根据(33),即使同样在负重状态下,通过在平地和下台阶模式与上台阶模式变更对动力源的控制,能够适当地控制接头装置。

[0399] (34)根据(32)或(33)所述的接头装置,其中,

[0400] 所述接头装置为假肢装置,该假肢装置设置为:

[0401] 所述第一部件相对于安装主体以比所述第二部件靠近该安装主体的末端侧的方式安装,

[0402] 所述连接部作为该安装主体的关节发挥功能,

[0403] 所述假肢装置为安装于所述安装主体的腿部的假腿装置,

[0404] 所述控制部执行如下控制:

[0405] (B)当处于所述非负重状态时,

[0406] (a)在平地步行前进的情况下,或者在步行下台阶的情况下(平地和下台阶模式),

[0407] 将所述断续机构控制为使所述动力传递路径切断的所述切断状态(抬腿阶段),且将所述动力源控制为不产生动力或控制停止,

[0408] (b)在步行上台阶的情况下(上台阶模式),

[0409] 将所述断续机构控制为使所述动力传递路径连接的所述连接状态(抬腿阶段),且基于位置目标值对所述动力源进行控制,所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。

[0410] 根据(34),即使同样在非负重状态下,通过在平地和下台阶模式与上台阶模式变更对动力源的控制,能够适当地控制接头装置。

[0411] (35)一种接头装置(电动假腿1)的控制方法,所述接头装置具备:

[0412] 第一部件(膝下侧部件110);

[0413] 第二部件(膝上侧部件120);

[0414] 连接部(膝关节机构130),其连接所述第一部件与所述第二部件,且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角(第二夹角 θ_2 、膝关节角度 θ);以及

[0415] 扩缩装置(扩缩装置200),其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角,其中,

[0416] 所述扩缩装置具有动力源(马达M)和传递所述动力源的动力的动力传递部(变速器T),

[0417] 所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态(站立阶段)与不接收负重的非负重状态(抬腿阶段)之间进行转变,所述控制方法具备以下步骤:

[0418] (A)当处于所述负重状态时(上台阶模式下的站立阶段),

[0419] 基于扭矩目标值对所述动力源进行控制,所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值;

[0420] (B)当处于所述非负重状态时(上台阶模式下的抬腿阶段),

[0421] 基于位置目标值对所述动力源进行控制,所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。

[0422] 根据(35),通过在负重状态与非负重状态变更对动力源的控制,能够适当地控制接头装置。

[0423] (36)一种接头装置(电动假腿1)的控制程序,所述接头装置具备:

[0424] 第一部件(膝下侧部件110);

[0425] 第二部件(膝上侧部件120);

[0426] 连接部(膝关节机构130),其连接所述第一部件与所述第二部件,且能够变更所述第一部件与所述第二部件之间的夹角(第二夹角 θ_2 、膝关节角度 θ);以及

[0427] 扩缩装置(扩缩装置200),其能够扩大和缩小所述第一部件与所述第二部件之间的所述夹角,其中,

[0428] 所述扩缩装置具有动力源(马达M)和传递所述动力源的动力的动力传递部(变速器T),

[0429] 所述接头装置设置为在接收来自外部的负重的负重状态(站立阶段)与不接收负重的非负重状态(抬腿阶段)之间进行转变,所述控制程序使计算机执行以下步骤:

[0430] (A)当处于所述负重状态时,

[0431] 基于扭矩目标值对所述动力源进行控制,所述扭矩目标值为与所述扩缩装置扩大或缩小所述夹角的扭矩相关的扭矩的目标值;

[0432] (B)当处于所述非负重状态时,

[0433] 基于位置目标值对所述动力源进行控制,所述位置目标值为与所述扩缩装置使所述夹角所成的角度相关的位置的目标值。

[0434] 根据(36),通过在负重状态与非负重状态变更对动力源的控制,能够适当地控制接头装置。

[0435] (37)一种存储介质,其是计算机可读取的存储介质,其中,所述存储介质存储有(36)所述的控制程序。

[0436] 根据(37),通过在负重状态与非负重状态变更对动力源的控制,能够适当地控制接头装置。

[0437] 此外,本申请是基于2022年9月7日申请的日本专利申请(日本特愿2022-142463)的申请,其内容作为参照引用于本申请中。

[0438] 附图标记说明:

[0439] 1:电动假腿(接头装置)

[0440] 10:控制部

[0441] 110:膝下侧部件(第一部件)

[0442] 120:膝上侧部件(第二部件)

[0443] 123:大腿部(第一部分)

[0444] 124:髌关节(其他连接部、转动轴)

[0445] 130:膝关节机构(连接部)

[0446] 135:连接轴(其他转动轴)

[0447] 200:扩缩装置

[0448] 210:第一断续机构

[0449] 220:第二断续机构

- [0450] FZa:负载(负重)
- [0451] L:大腿长度(其他连接部与连接部之间的长度)
- [0452] L11:延长线
- [0453] M:马达(动力源)
- [0454] T:变速器(动力传递部)
- [0455] T1:第一变速机构(第一动力传递路径)
- [0456] T2:第二变速机构(第二动力传递路径)
- [0457] VL1:铅垂线(其他基准线)
- [0458] VL2:铅垂线(基准线)
- [0459] θ_t :大腿角。

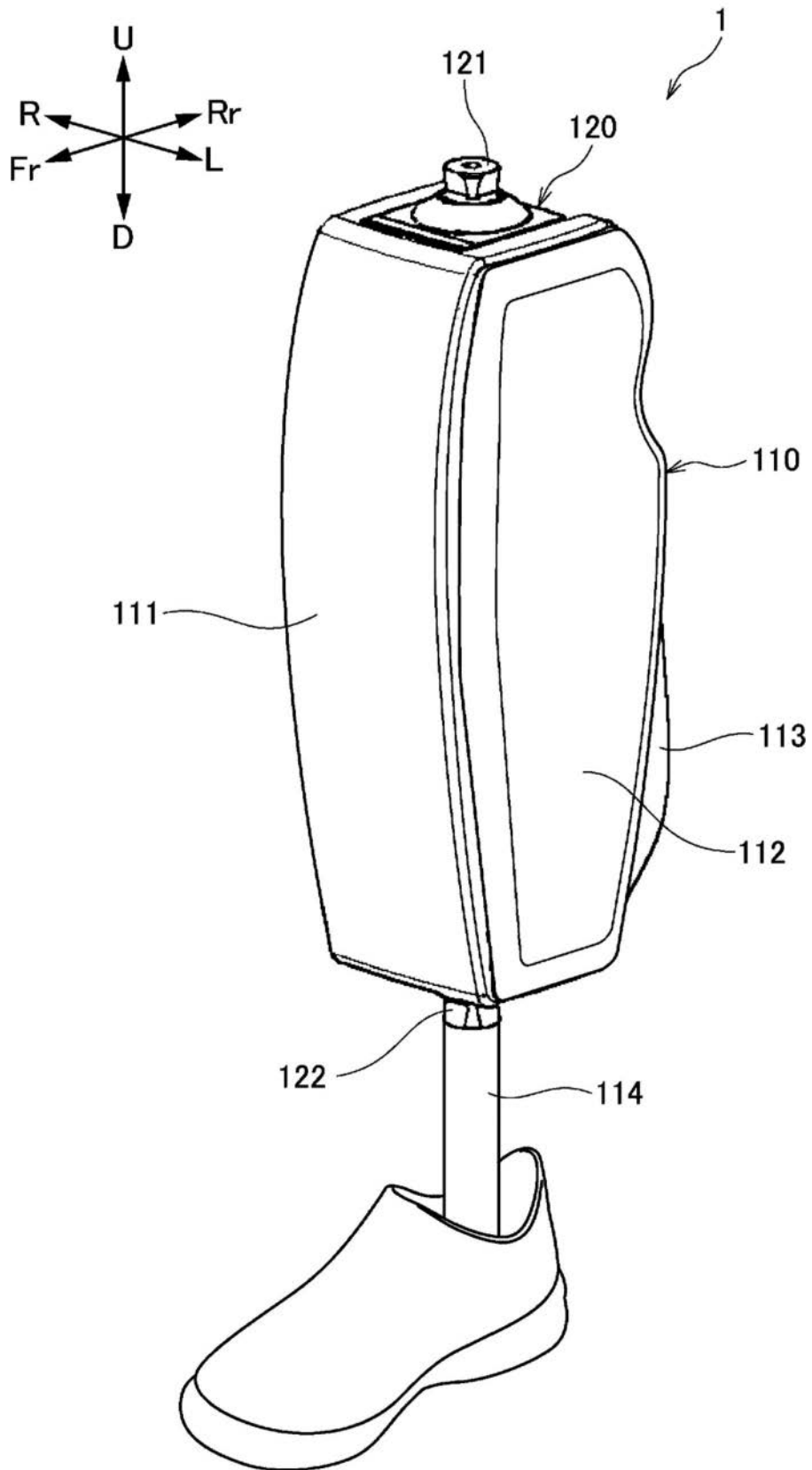


图1

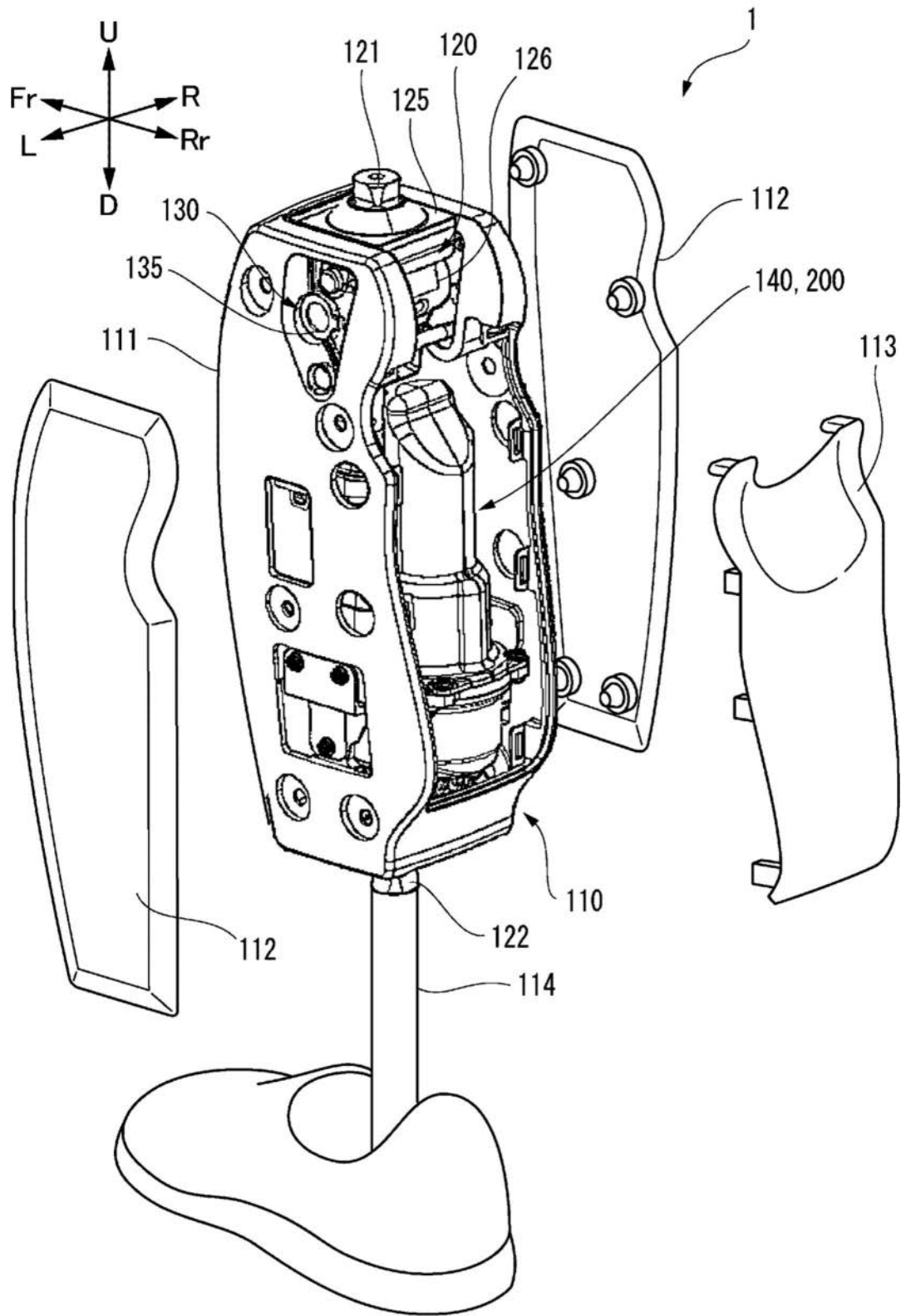


图2

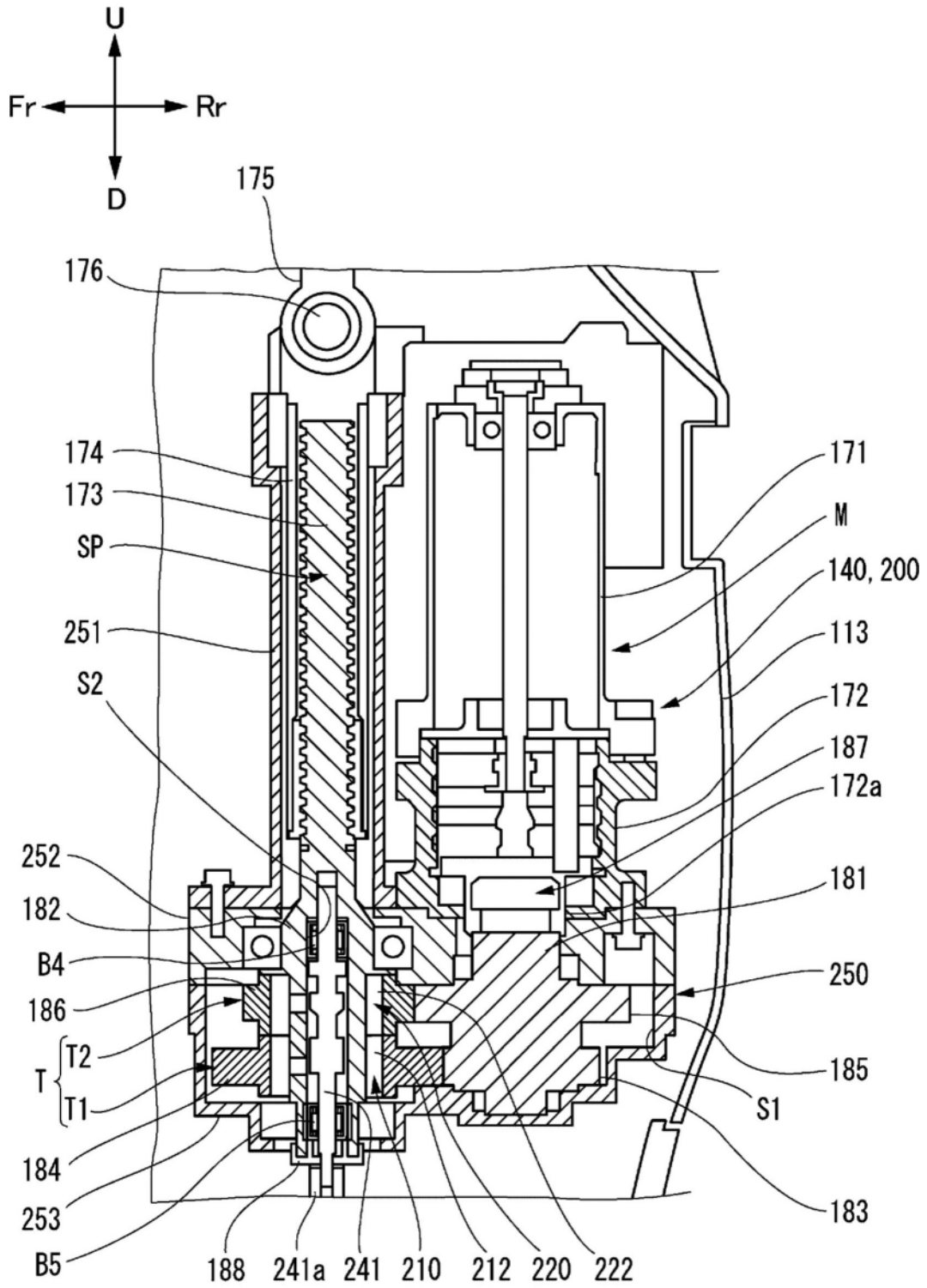


图4

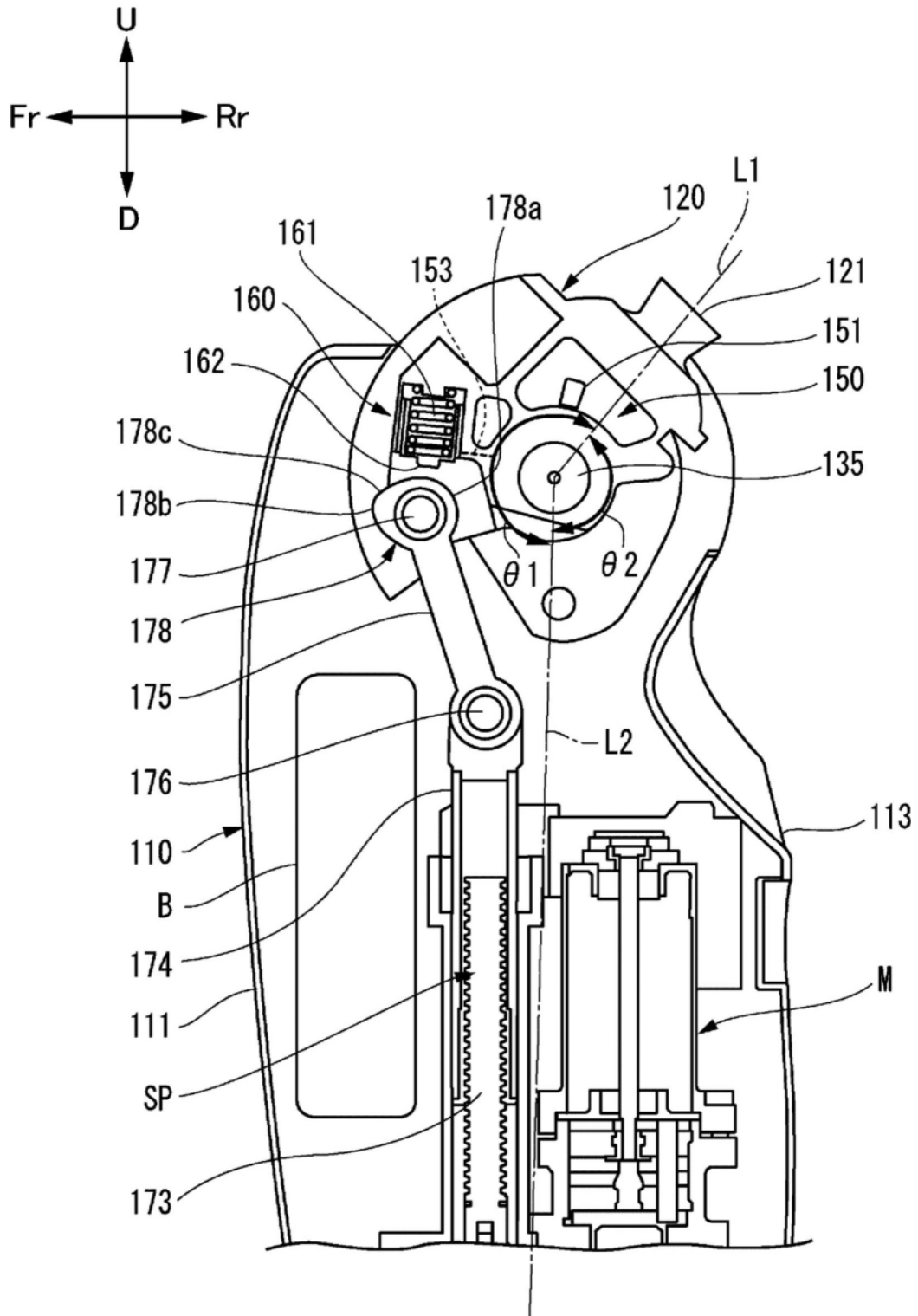


图5

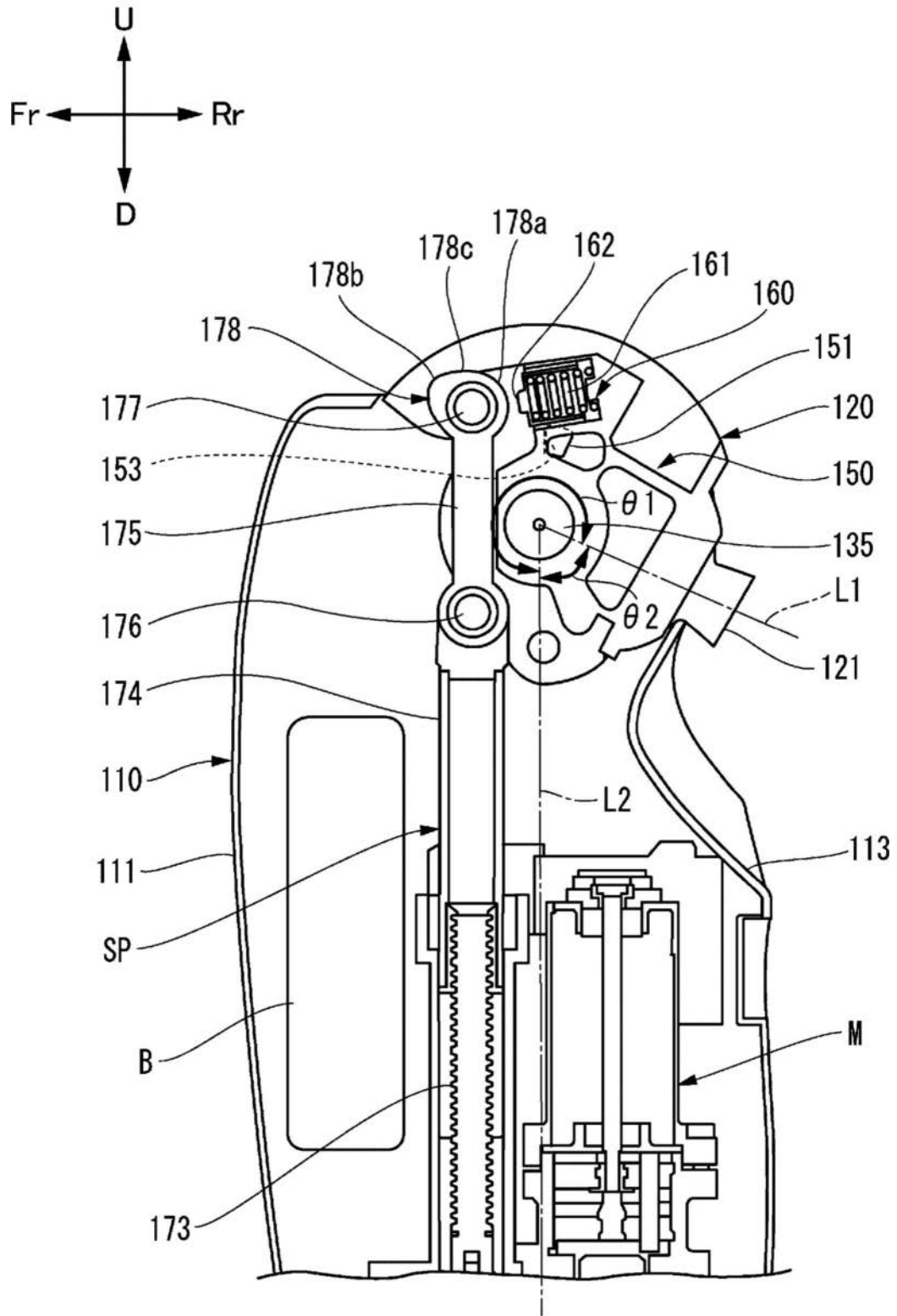


图6

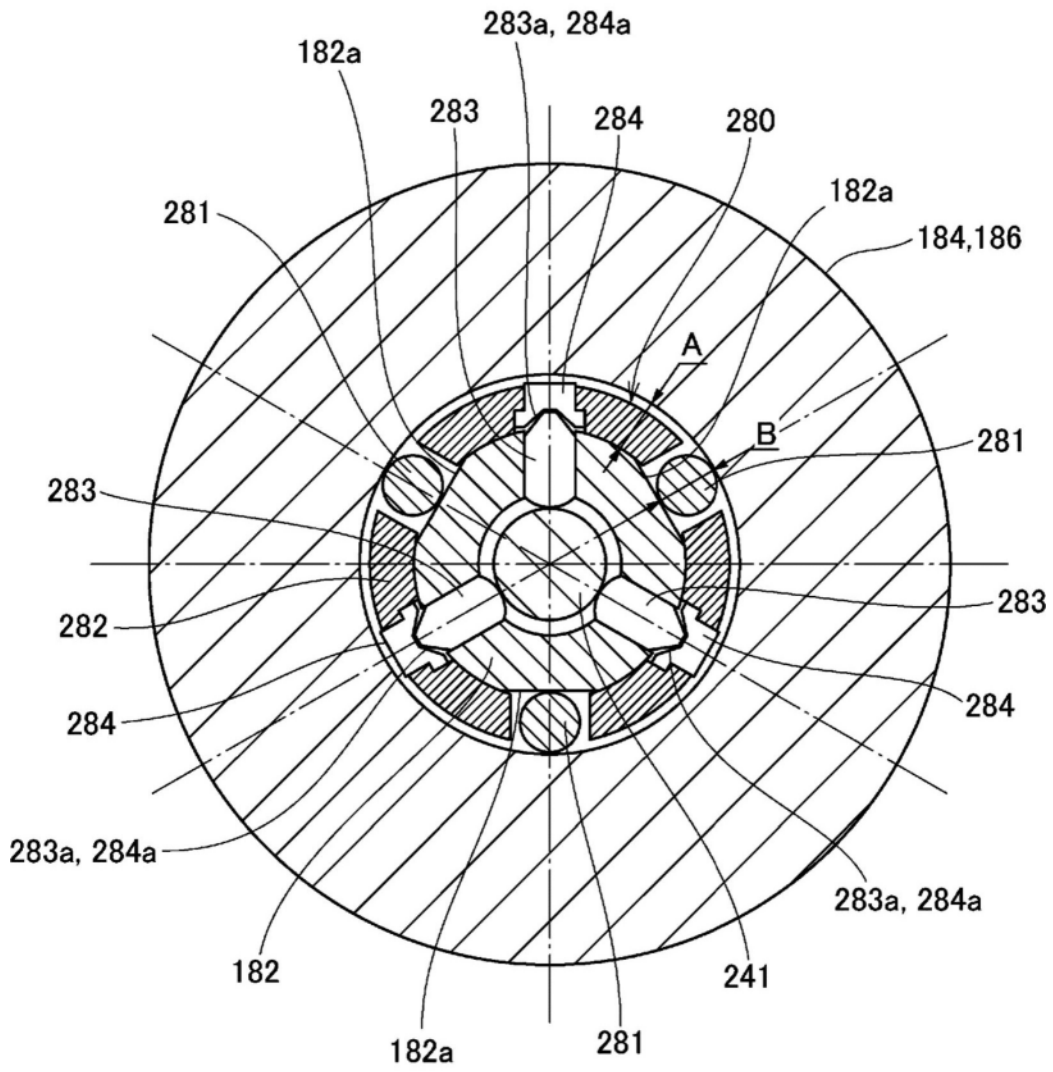


图7

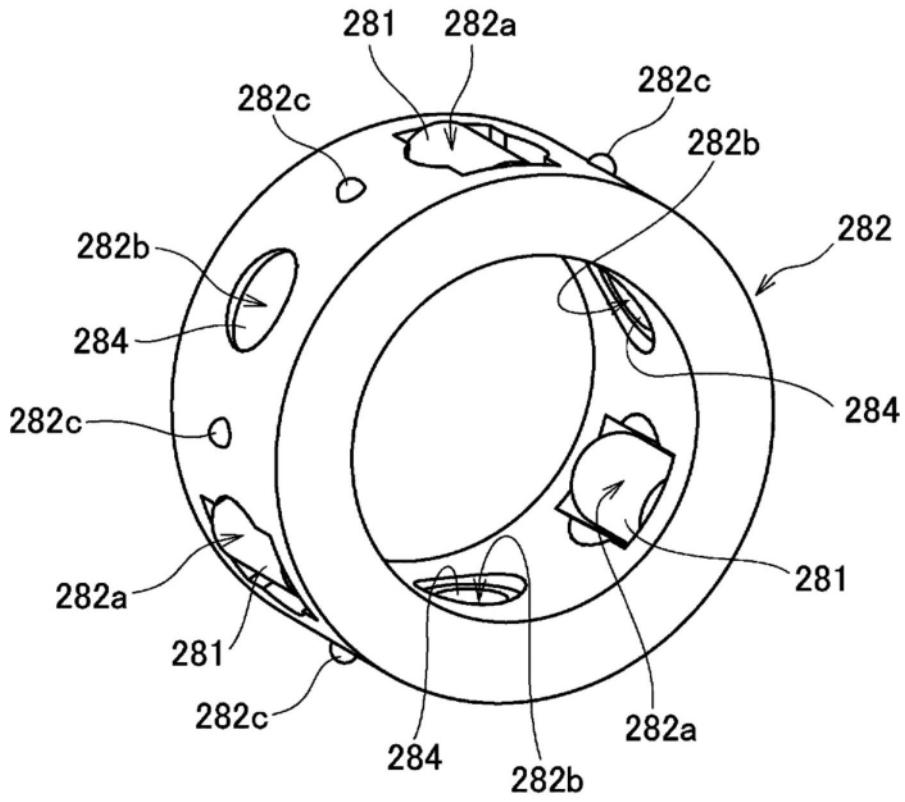


图8

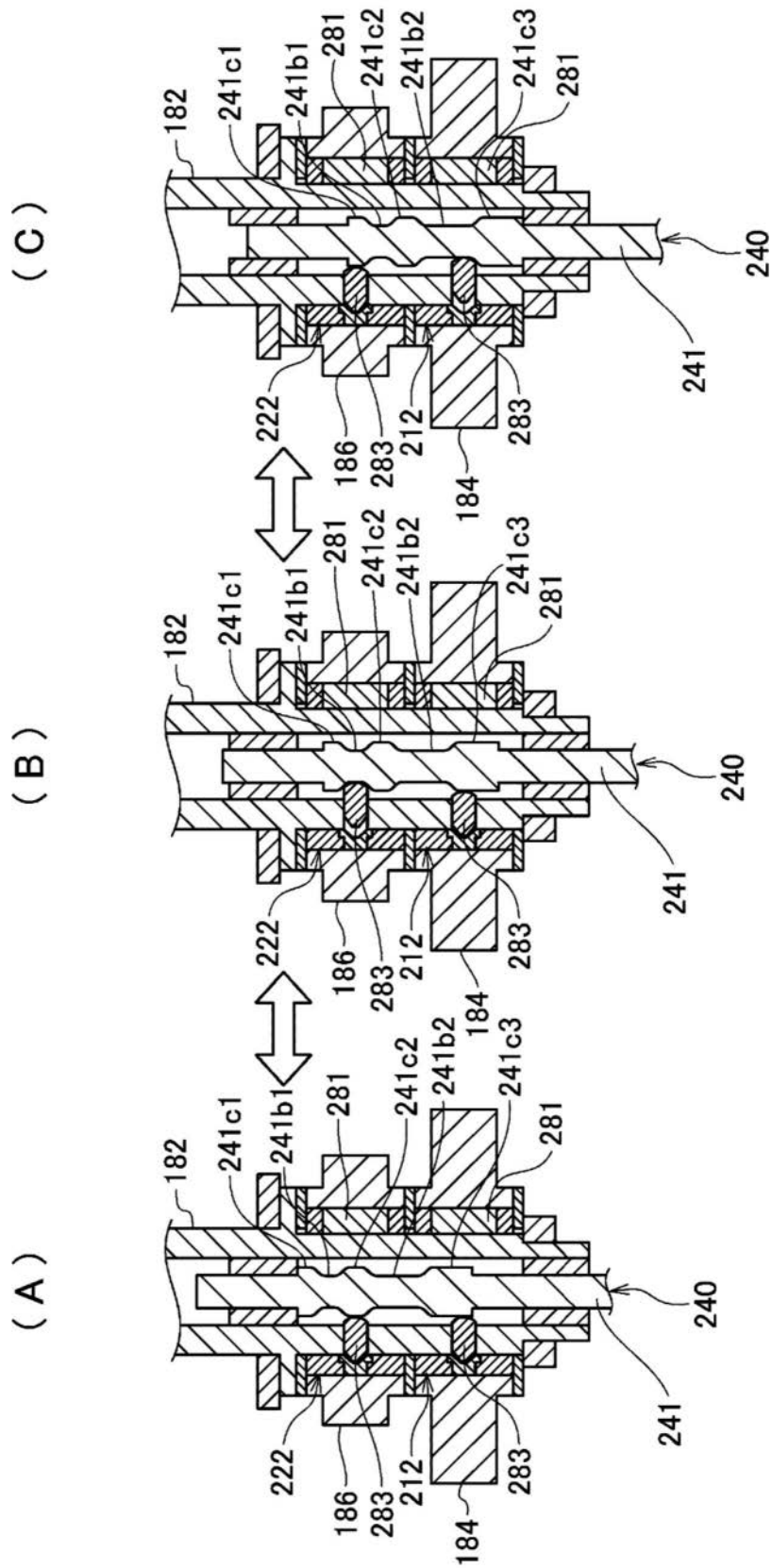


图9

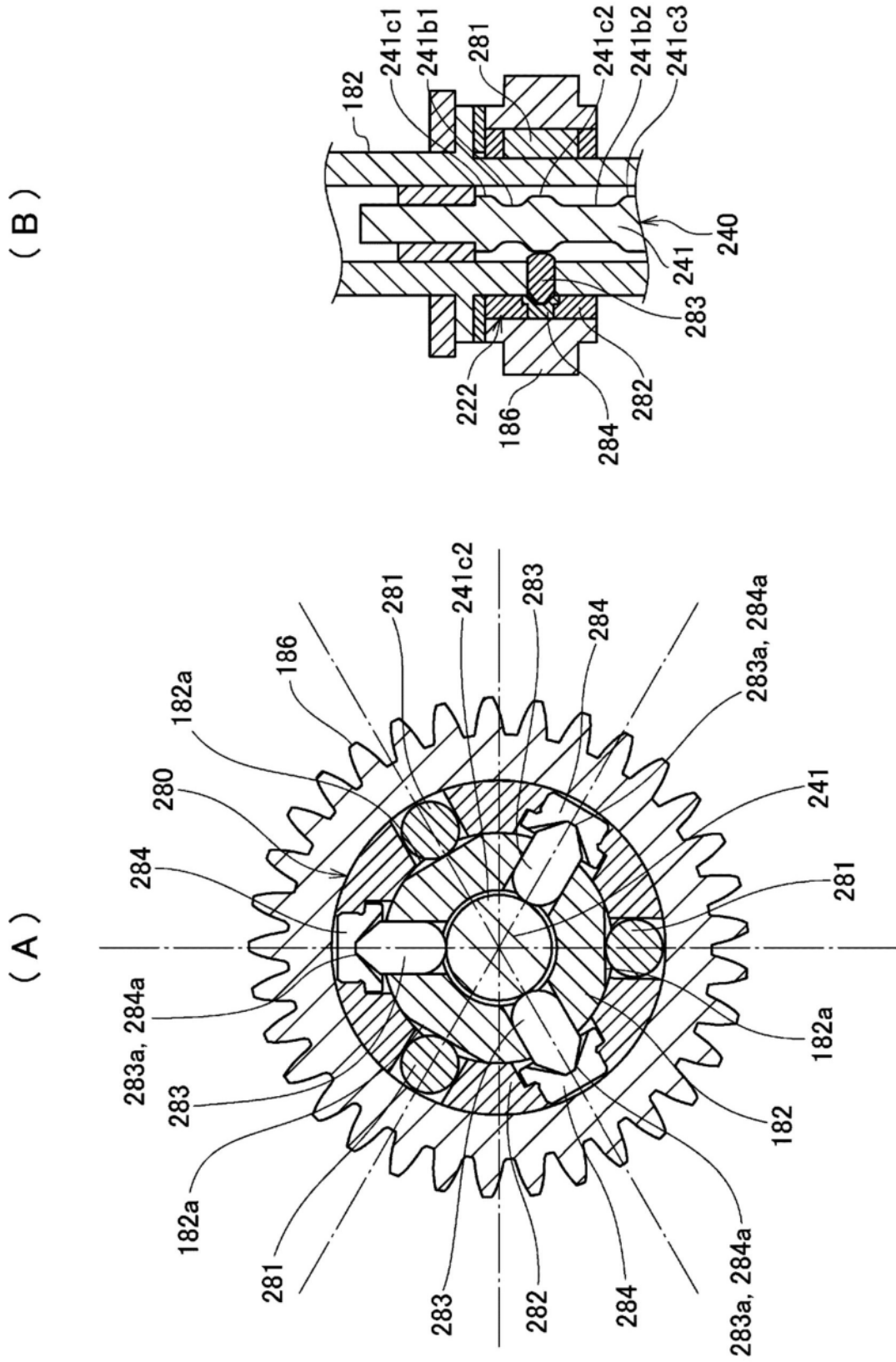


图10

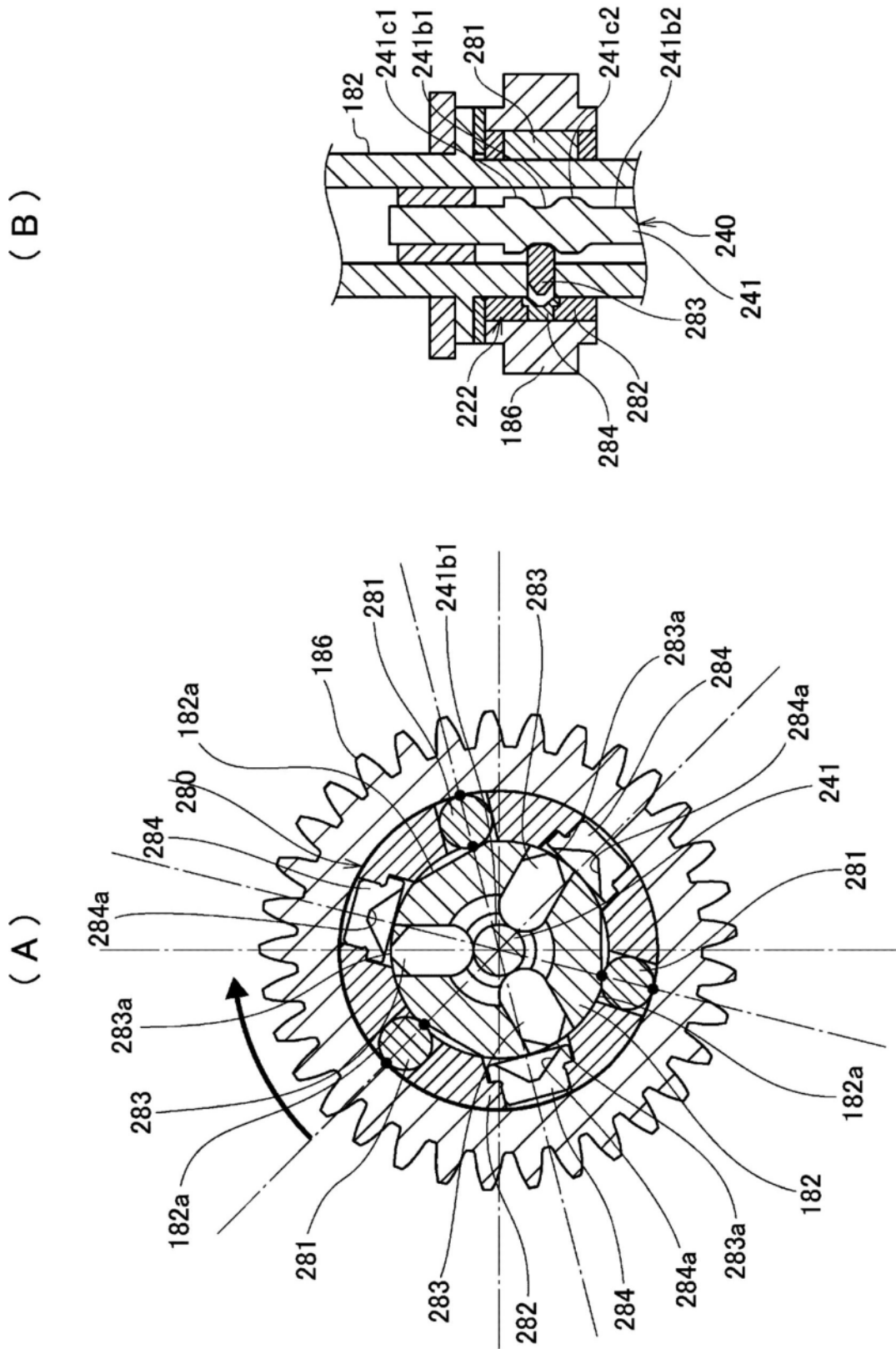


图12

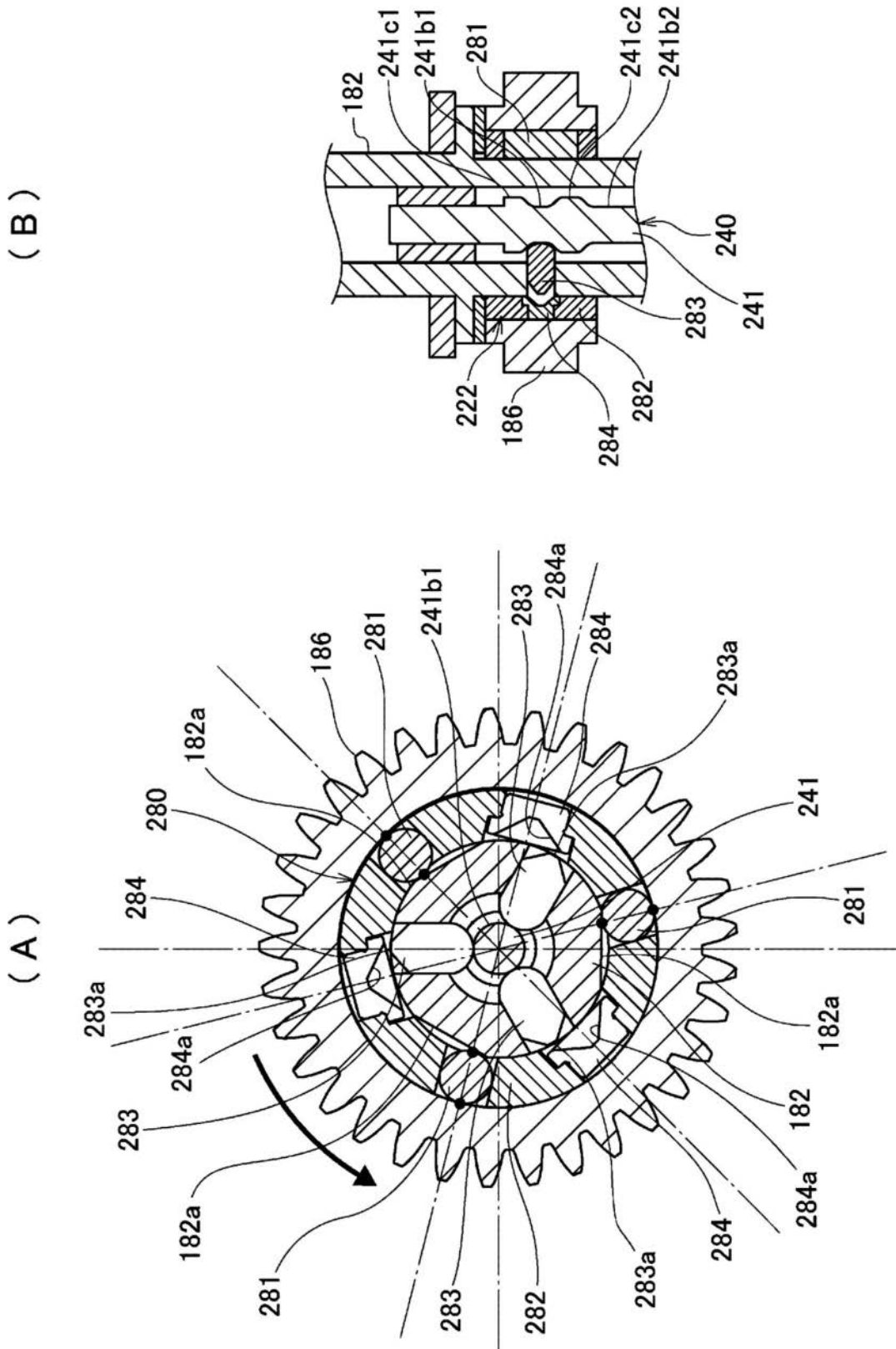


图13

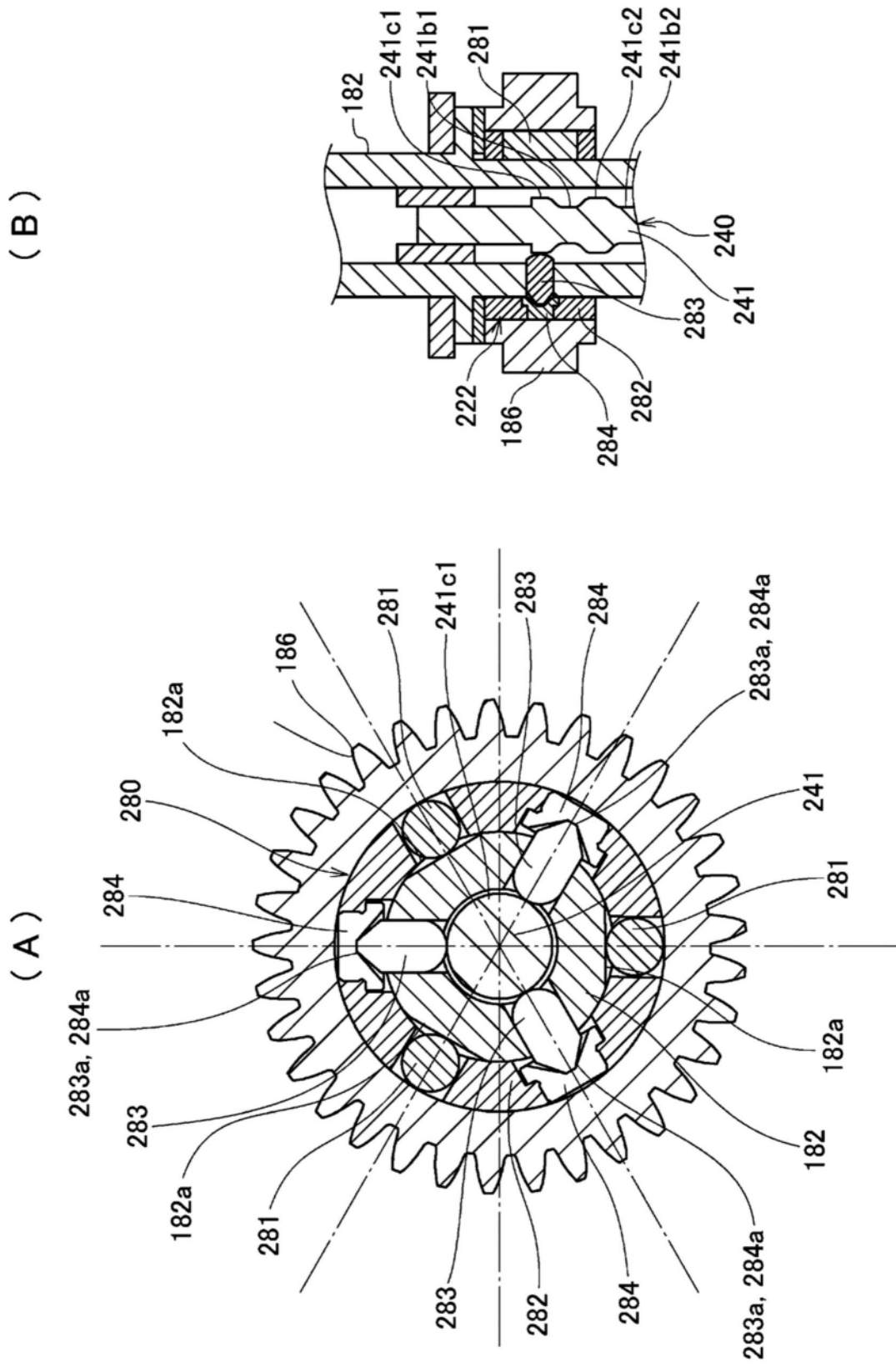


图14

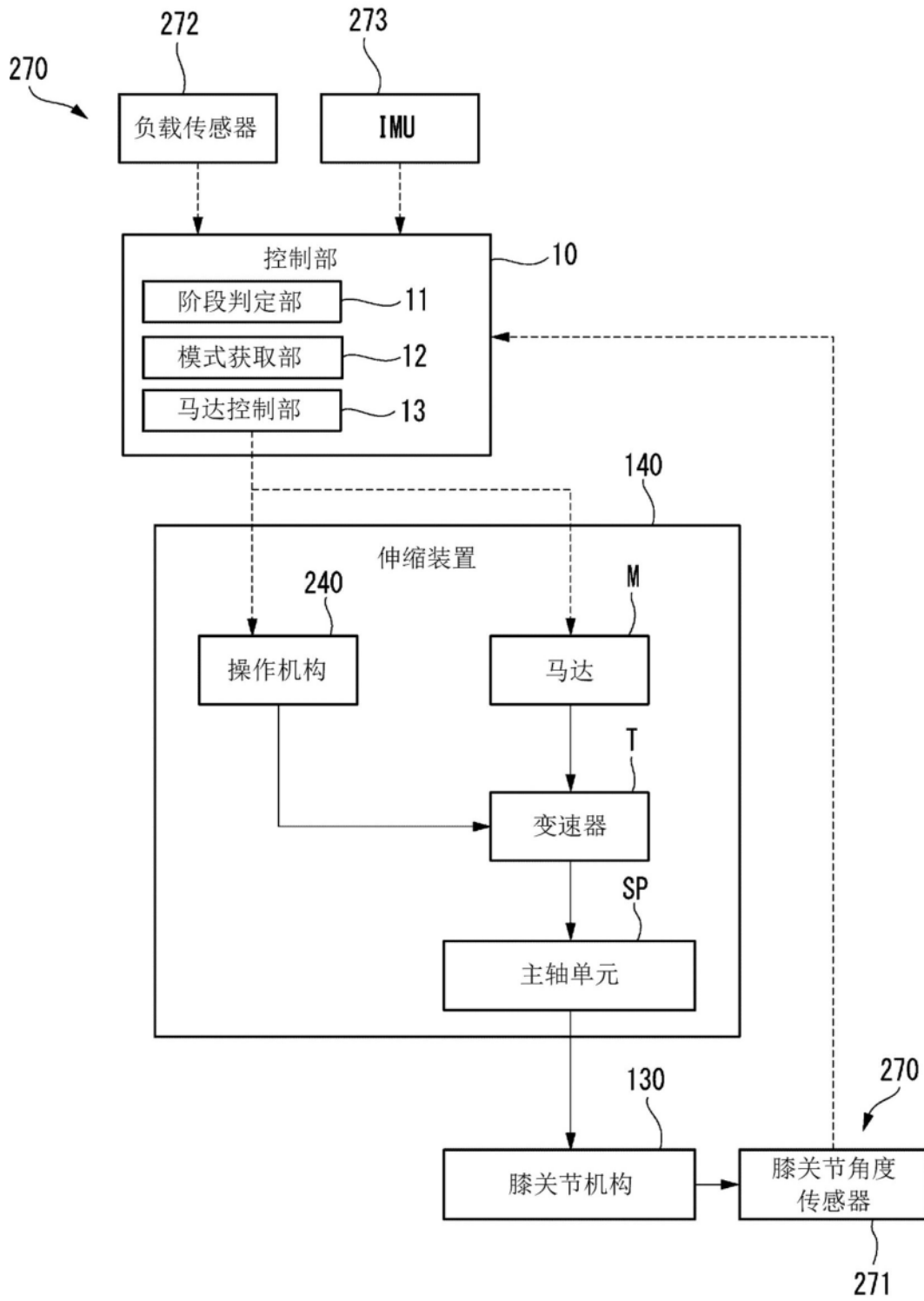


图16

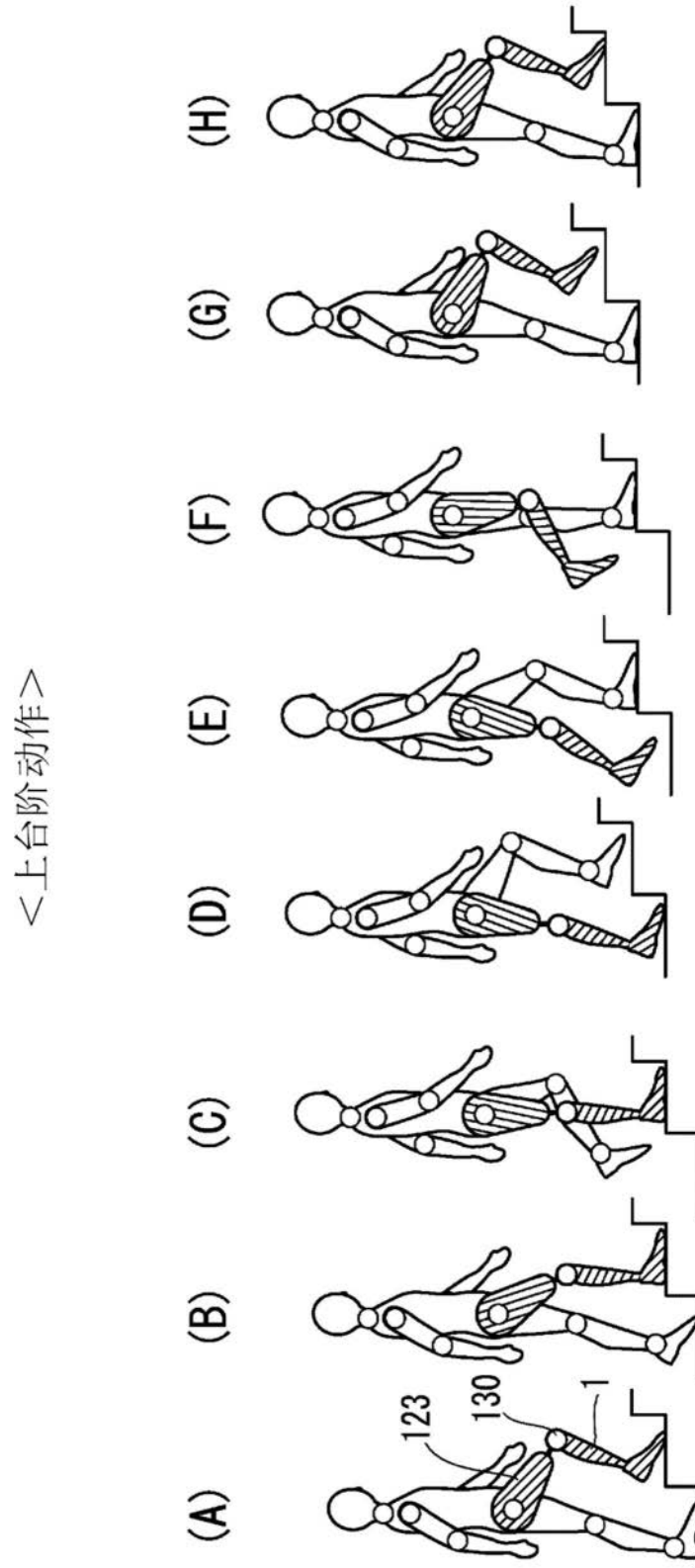


图17

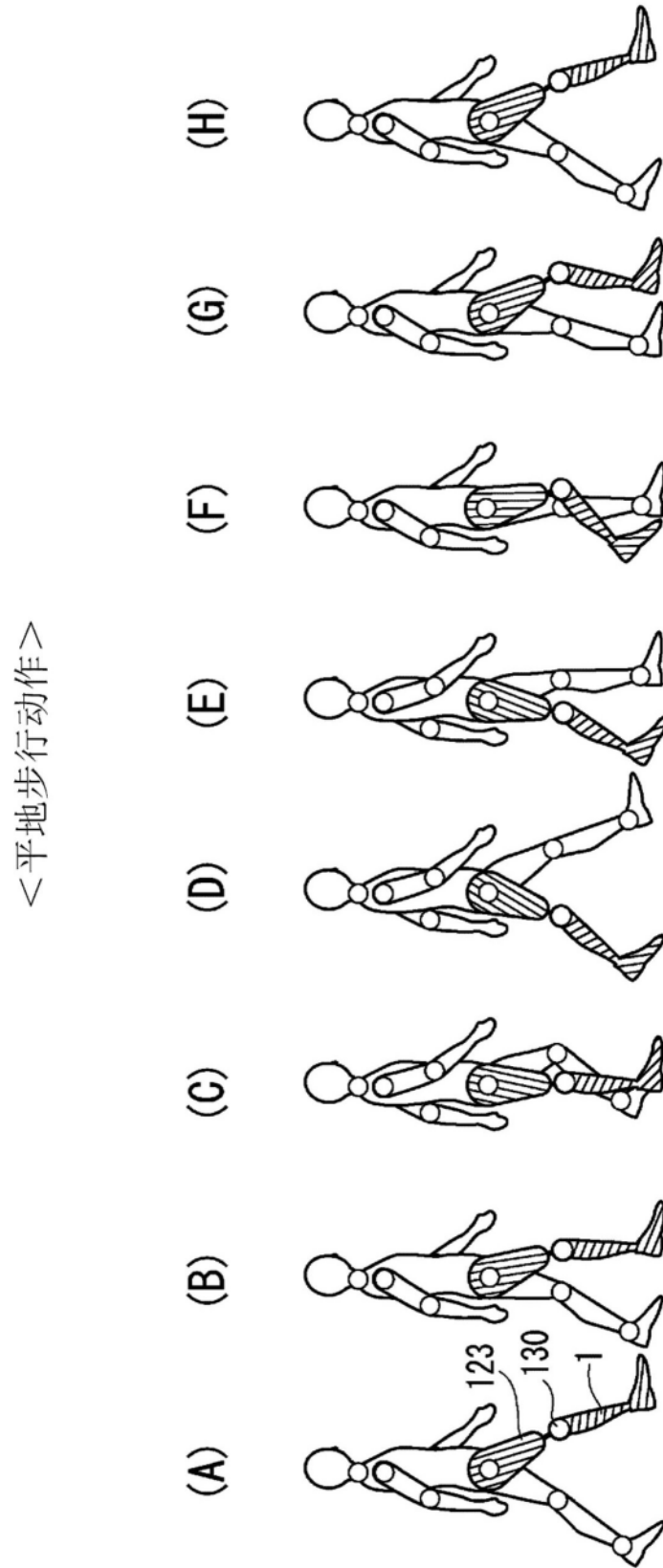


图18

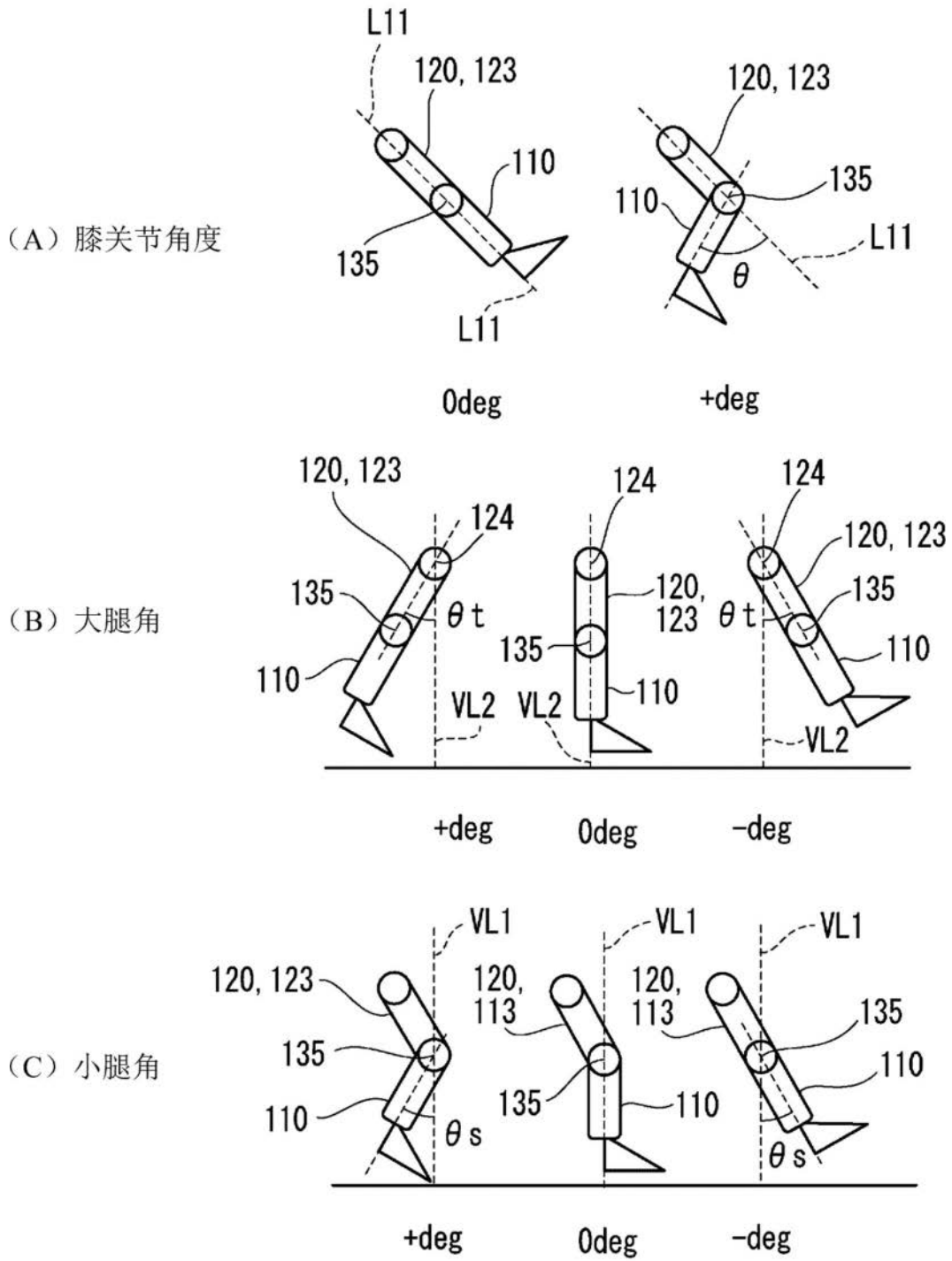


图19

<上台阶模式>

	站立阶段	转变阶段 { 站立 ↓ 抬腿前期 }	抬腿前期阶段	转变阶段 { 抬腿前期 ↓ 抬腿后期 }	抬腿后期阶段	转变阶段 { 抬腿后期 ↓ 站立 }
马达M	向伸展方向驱动 (扭矩控制)	不驱动	向弯曲方向驱动 (位置控制)	不驱动	向伸展方向驱动 (位置控制)	不驱动
操作机构240	高扭矩侧 连接状态	高扭矩侧连接状态 ↓ 高转速侧连接状态	高转速侧连接状态			高转速侧连接状态 ↓ 高扭矩侧连接状态

<平地和下台阶模式>

	站立阶段	转变阶段 { 站立 ↓ 抬腿 }	抬腿阶段	转变阶段 { 抬腿 ↓ 站立 }
马达M	不驱动			
操作机构240	高转速侧连接状态	高转速侧连接状态 ↓ 切断状态	切断状态	切断状态 ↓ 高转速侧连接状态

图20

〈站立阶段〉

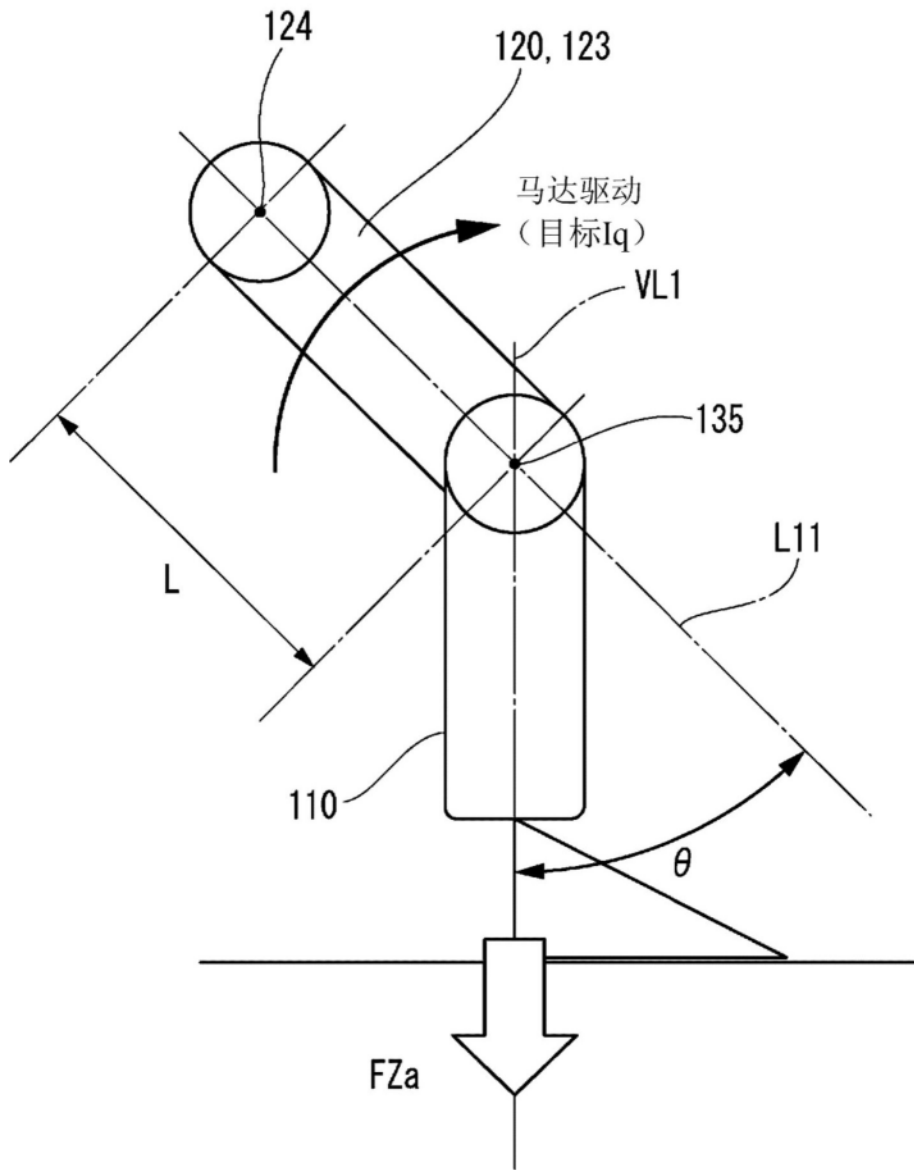


图21

〈抬腿前期阶段_方法1〉

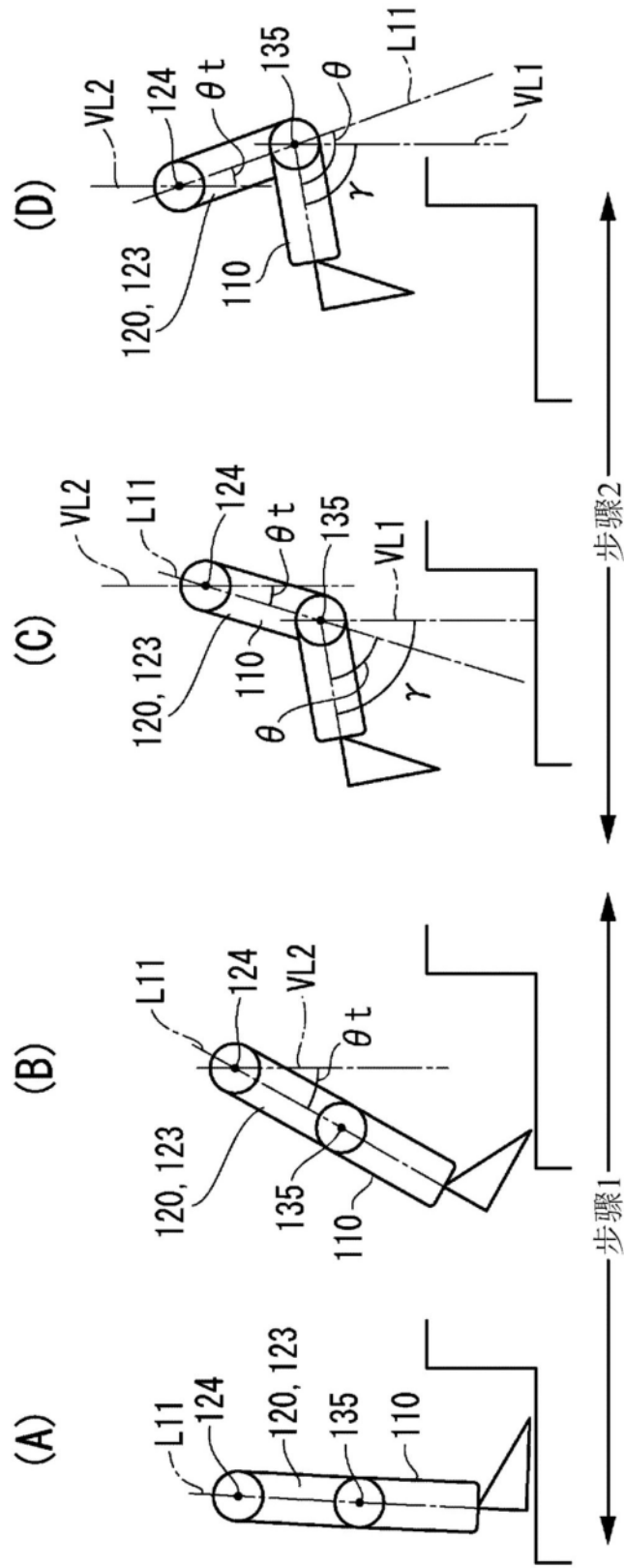


图22

〈抬腿前期阶段_方法2〉

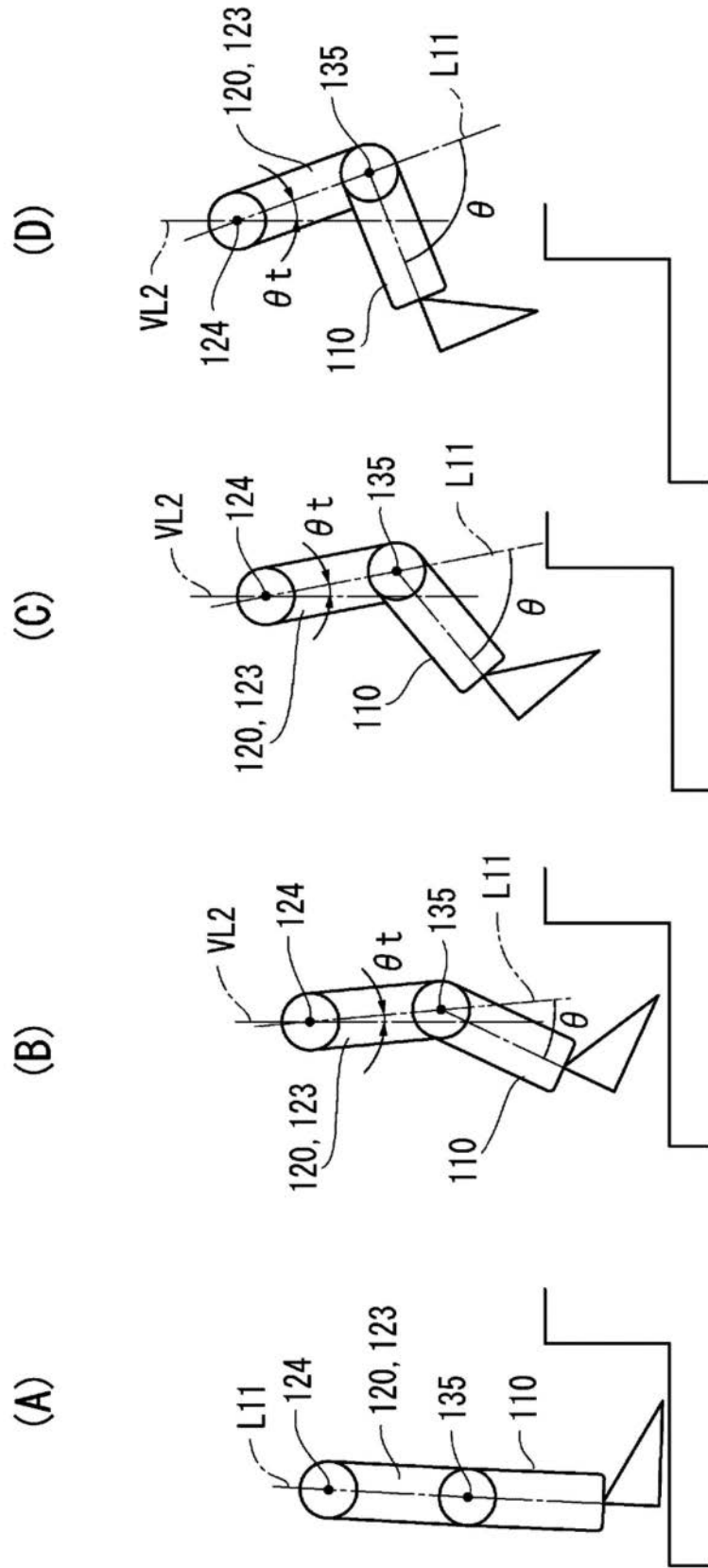


图23

<抬腿后期阶段>

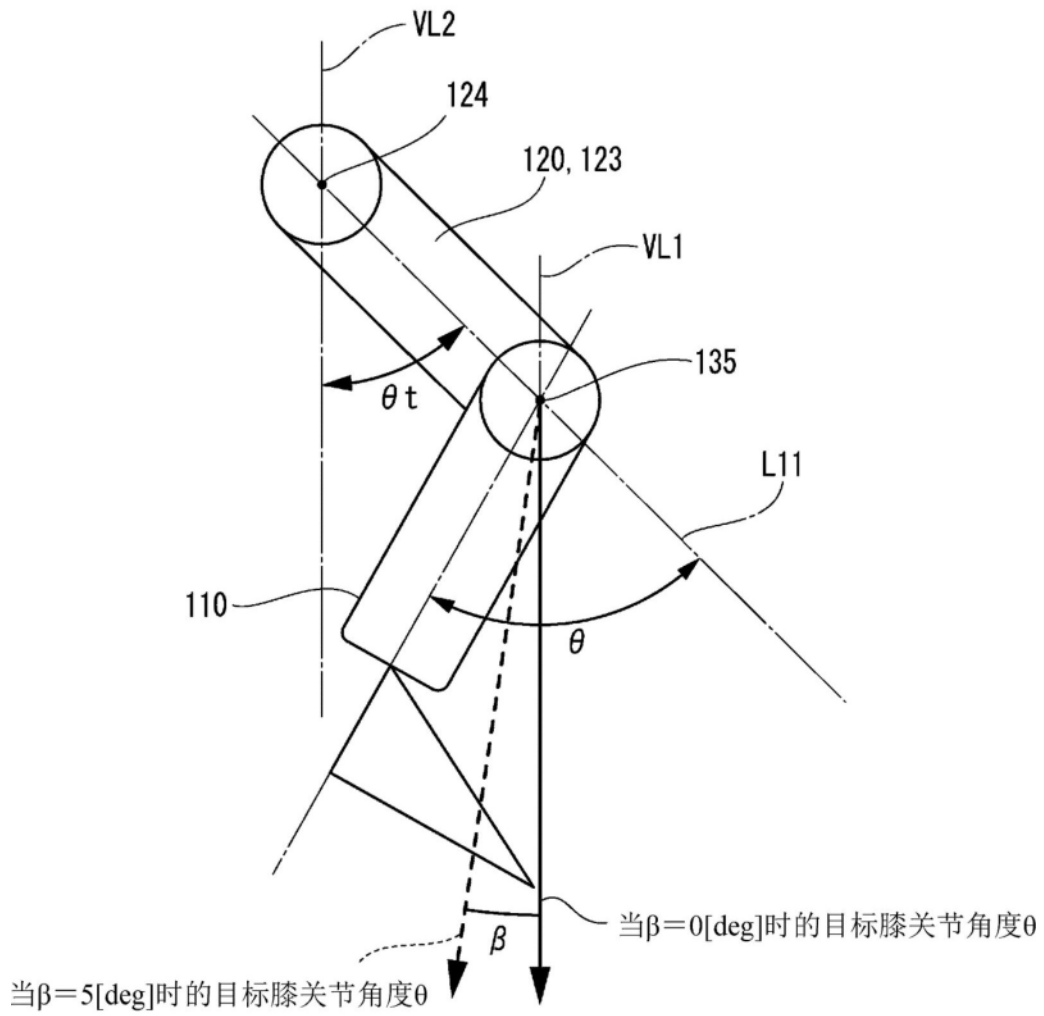


图24

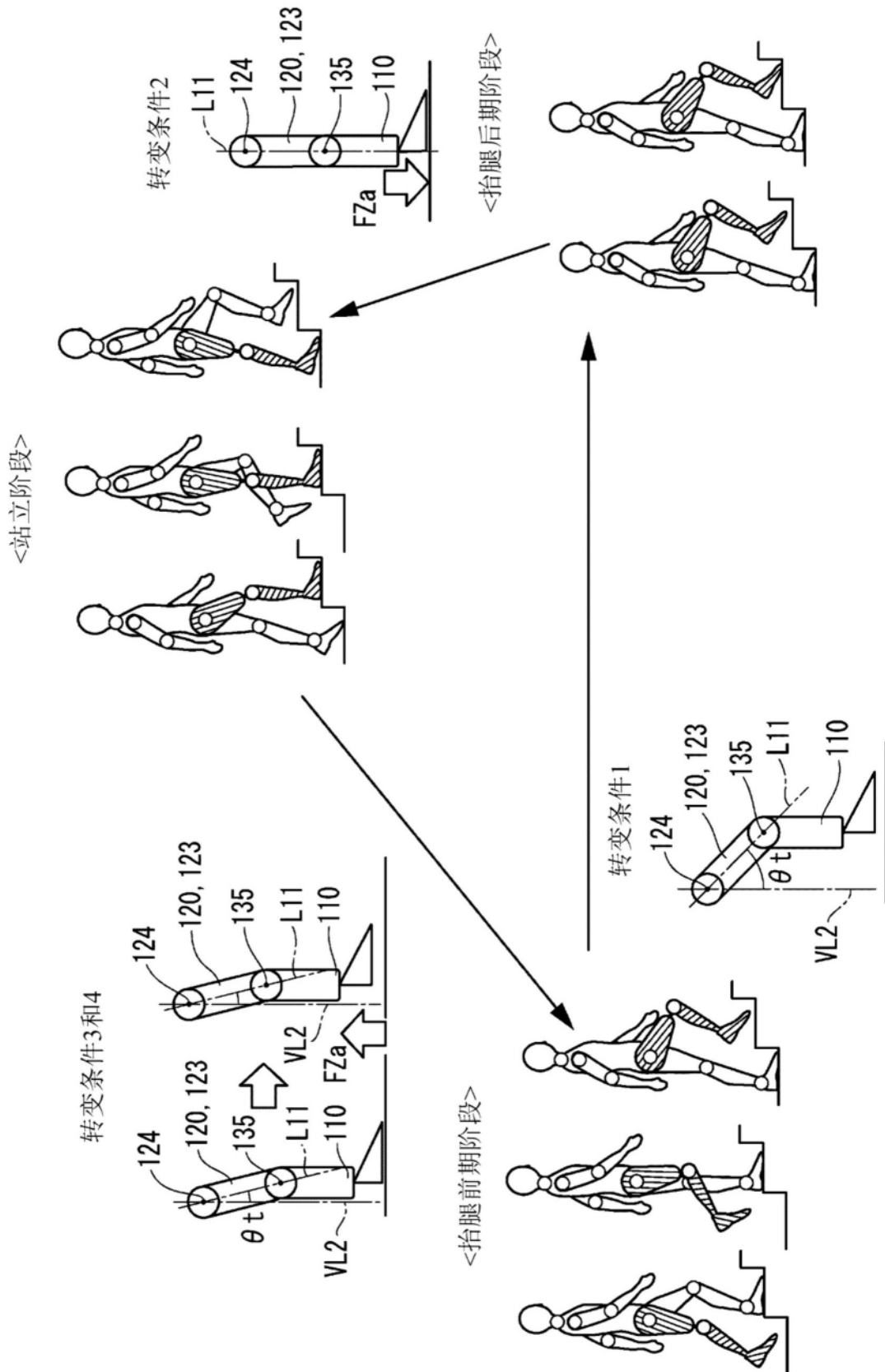


图25

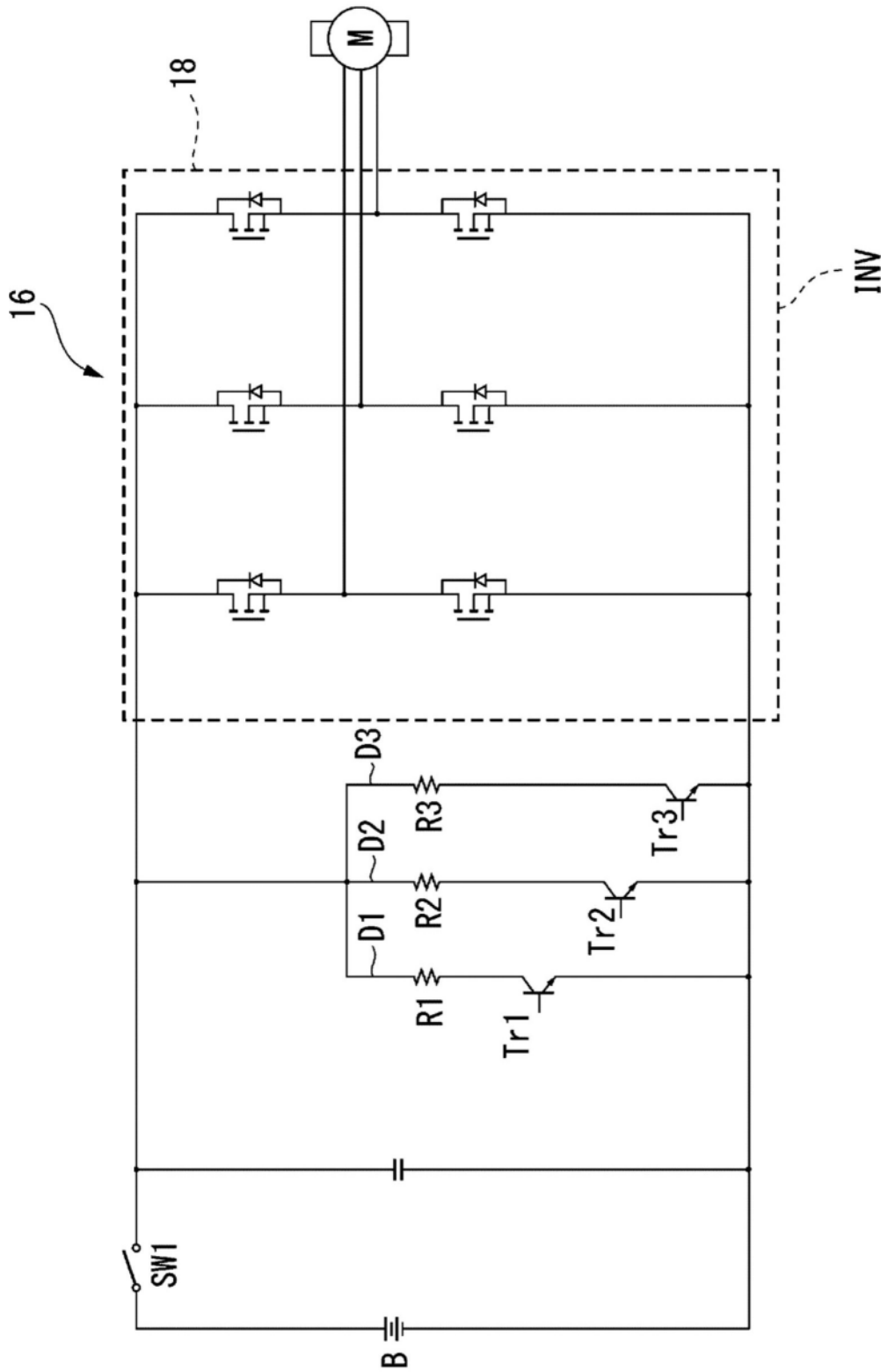


图26

步行模式	阶段	开关SW1	晶体管Tr1~Tr3	马达M
上台阶模式	站立阶段	接通	全部断开	向伸展方向驱动 (扭矩控制)
	抬腿阶段	接通	全部断开	向弯曲或 伸展方向驱动 (位置控制)
平地和下台阶模式	站立阶段	断开	根据体重 改变接通的数量	不驱动
	抬腿阶段	断开	全部断开	不驱动

图27

体重	晶体管Tr1	晶体管Tr2	晶体管Tr3
轻 ↑↓ 重	断开	断开	断开
	接通	断开	断开
	接通	接通	断开
	接通	接通	接通

图28