

## DOCUMENT MADE AVAILABLE UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

International application number:	<b>PCT/JP2019/043715</b>
International filing date:	<b>07 November 2019 (07.11.2019)</b>
Document type:	<b>Certified copy of priority document</b>
Document details:	Country/Office: <b>JP</b>
	Number: <b>2019-131032</b>
	Filing date: <b>16 July 2019 (16.07.2019)</b>
Date of receipt at the International Bureau:	<b>22 November 2019 (22.11.2019)</b>

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a),(b) or (b-bis)

## **CERTIFICATE OF AVAILABILITY OF A CERTIFIED PATENT DOCUMENT IN A DIGITAL LIBRARY**

The International Bureau certifies that a copy of the patent application indicated below has been available to the WIPO Digital Access Service since the date of availability indicated, and that the patent application has been available to the indicated Office(s) as of the date specified following the relevant Office code:

Document details: Country/Office: **JP**

Filing date: 16 Jul 2019 (16.07.2019)

Application number: 2019-131032

Date of availability of document: 17 Jul 2019 (17.07.2019)

The following Offices can retrieve this document by using the access code:

JP, GE, NZ, EA, BR, GB, CA, IB, MA, FI, DK, US, AR, SE, KR, IL, IN,  
AU, EP, ES, NL, EE, CN, CL

Date of issue of this certificate: 26 Nov 2019 (26.11.2019)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2019年 7月16日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2019-131032

パリ条約による外国への出願  
に用いる優先権の主張の基礎  
となる出願の国コードと出願  
番号

The country code and number  
of your priority application,  
to be used for filing abroad  
under the Paris Convention, is

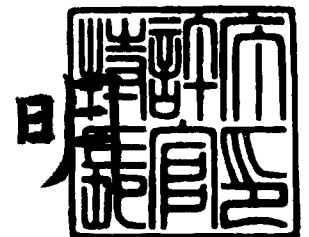
J P 2 0 1 9 - 1 3 1 0 3 2

出 願 人  
Applicant(s): 国立大学法人九州工業大学

2019年11月25日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

松 永



【書類名】 特許願  
【整理番号】 19PKY19004  
【あて先】 特許庁長官 松永 明殿  
【国際特許分類】 H01L 27/14  
【発明者】  
【住所又は居所】 福岡県北九州市若松区ひびきの2-4 国立大学法人九州工業大学内  
【氏名】 宮本 弘之  
【発明者】  
【住所又は居所】 福岡県北九州市若松区ひびきの2-4 国立大学法人九州工業大学内  
【氏名】 松本 祥樹  
【特許出願人】  
【識別番号】 504174135  
【氏名又は名称】 国立大学法人 九州工業大学  
【代理人】  
【識別番号】 100090697  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 中前 富士男  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100176142  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 清井 洋平  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100127155  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 来田 義弘  
【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2018-222165  
【出願日】 平成30年11月28日  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 044484  
【納付金額】 14,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 要約書 1  
【物件名】 図面 1  
【包括委任状番号】 1509045

【書類名】明細書

【発明の名称】球体駆動式移動装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、球体を回転駆動させて全方向に移動可能な球体駆動式移動装置に関する。

【背景技術】

【0002】

3つの球体及び球体に回転力を与える3つの駆動手段（駆動用モータ）を有する移動装置（特許文献1参照）は、全方向に移動できることから、電動車いすや自走式台車としての利用が有効である。特許文献1の移動装置は、1つの球体に対し、それぞれ駆動手段の駆動により回転駆動する2つのロータが異なる方向から接している。当該移動装置では、ロータと球体が球体の中心と同じ高さ位置で接触しており、球体をロータに対して押し付けるアイドラ（車輪型キャスター）が設けられている。ロータが空回りすると、移動装置が所望の方向に進まなくなるため、移動装置の安定的な走行にはロータを球体に押し付けた状態を維持することが重要である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-30360号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1の移動装置では、稀にロータが球体に非接触な状態になることがあった。移動装置を電動車いすとして利用する等、使用者が移動装置を操縦する場合、使用者自身で移動方向の修正を行うことは容易であるが、移動装置を自走式台車として利用する場合等、移動装置の操縦者がいないシステムでは移動装置の移動方向を修正できず、移動装置が予定通りに走行できないという問題が生じる。

ロータの空回りを抑制する方法として、ロータを弾性力の異なる素材からなる多層構造にすることが考えられるが、その場合、ロータの耐久性が低下してロータの摩耗が顕著になるという別の問題が招来する。

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたもので、球体に接触した状態で回転駆動する回転体が空回りするのを抑制可能な球体駆動式移動装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

前記目的に沿う本発明に係る球体駆動式移動装置は、それぞれ走行面上を転動する $n$ 個の球体と、前記各球体に2つの異なる方向から接触した状態で回転駆動して該球体を回転させる $n$ 個以上の回転体とを具備して、前記走行面上を移動する球体駆動式移動装置において、前記走行面を水平面として、前記各球体の中心は、該各球体の中心より高い位置に底面が配され該底面から離れた頂点が該各球体の中心より低い位置に配された仮想逆 $n$ 角錐の各側辺上に位置し、前記各回転体は、接している前記球体の中心より高い位置、かつ、前記仮想逆 $n$ 角錐の内側で該球体に接触し、しかも、該球体の中心が配されている2つの前記側辺を外縁の一部とする前記仮想逆 $n$ 角錐の側面に対し垂直な回転軸を中心に回転駆動する。但し、 $n$ は3以上の整数である。

【発明の効果】

【0006】

本発明に係る球体駆動式移動装置は、 $n$ 個の球体が転動する走行面を水平面として、各回転体が、接している球体の中心より高い位置、かつ、仮想逆 $n$ 角錐の内側で球体に接触し、しかも、球体の中心が配されている2つの側辺を有する仮想逆 $n$ 角錐の側面に対し垂直な回転軸を中心に回転駆動するので、球体駆動式移動装置自体の荷重や球体駆動式移動装置に載せられた物体の荷重が部分的に回転体を介して球体に与えられ、回転体を確実に球

体に押し付けることができ、球体に接触した状態で回転駆動する回転体が空回りするのを抑制可能である。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の一実施の形態に係る球体駆動式移動装置の説明図である。

【図2】球体及び回転体の配置を示す平面図である。

【図3】球体及び回転体の配置を示す斜視図である。

【図4】球体の局所座標系を示す説明図である。

【図5】球体駆動式移動装置の座標系を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

続いて、添付した図面を参照しつつ、本発明を具体化した実施の形態につき説明し、本発明の理解に供する。

図1、図2、図3に示すように、本発明の一実施の形態に係る球体駆動式移動装置10は、それぞれ走行面G上を転動する3個の球体11、12、13と、各球体11、12、13に2つの異なる方向から接触した状態で回転駆動して球体11、12、13を回転させる3個の回転体14、15、16とを具備して、走行面G上を移動する装置である。以下、詳細に説明する。

【0009】

本実施の形態において、球体11、12、13は、図1、図2、図3に示すように、同じ大きさの（径が等しい）真球である。球体11の中心P1、球体12の中心P2、球体13の中心P3は、走行面Gを水平面として、球体11、12、13が走行面G上に置かれた状態で、同一の高さに位置する。以下、走行面Gが水平面であり、球体11、12、13が走行面G上に置かれているものとする。

【0010】

回転体14、15、16は同一の大きさで同一の形状の円錐台状の部材であり、同一の高さ位置に配されている。回転体14は側面28が球体11、12に接触し、回転体15は側面29が球体12、13に接触し、回転体16は側面30が球体11、13に接触している。回転体14の軸心には、図2に示すように、モータ18の回転軸19が連結され、回転体15の軸心にはモータ20の回転軸21が連結され、回転体16の軸心にはモータ22の回転軸23が連結されている。回転体14はモータ18の作動によって回転軸19を中心に回転駆動し、回転体15はモータ20の作動によって回転軸21を中心に回転駆動し、回転体16はモータ22の作動によって回転軸23を中心に回転駆動する。

【0011】

回転体14、15は、球体12に異なる方向から接触し、回転体15、16は球体13に異なる方向から接触し、回転体14、16は球体11に異なる方向から接触している。球体11には、図1、図2に示すように、回転体14、16に加えてボールキャスト24が接触し、球体12には回転体14、15に加えてボールキャスト25が接触し、球体13には回転体15、16に加えてボールキャスト26が接触している。

【0012】

本実施の形態では、ボールキャスト24、25、26を支持するベース部材27（図1参照）にモータ18、20、22が固定され、回転体14、15、16はベース部材27に装着されたベアリング機構に回転自在に取り付けられている。図1、図2には、ボールキャスト24、25、26のボールのみを記載している。なお、球体11、12、13にそれぞれ接触するイドラを採用して、球体11、12、13が外れないようにしてもよい。

【0013】

球体11と回転体14の側面28及び回転体16の側面30とが接触する接点をそれぞれ接点T14、T16とし、球体12と回転体14の側面28及び回転体15の側面29とが接触する接点をそれぞれ接点T24、T25とし、球体13と回転体15の側面29及

び回転体16の側面30とが接触する接点をそれぞれ接点T35、T36として、接点T14、T16、T24、T25、T35、T36は、球体11の中心P1、球体12の中心P2及び球体13の中心P3より高い位置で同じ高さに配されている（よって、回転体14の側面28、回転体15の側面29及び回転体16の側面30は同一高さで球体11、12、13に接触している）。

【0014】

即ち、回転体14は、球体11の中心P1より高い位置で球体11に接触し、球体12の中心P2より高い位置で球体12に接触し、回転体15は、球体12の中心P2より高い位置で球体12に接触し、球体13の中心P3より高い位置で球体13に接触し、回転体16は、球体11の中心P1より高い位置で球体11に接触し、球体13の中心P3より高い位置で球体13に接触している。

【0015】

ここで、図1、図2、図3に示すように、球体11の中心P1、球体12の中心P2及び球体13の中心P3より高い位置に三角形（本実施の形態では、等角多角形の一例である正三角形）の底面 $\eta$ が配され、底面 $\eta$ から離れた頂点Oが球体11の中心P1、球体12の中心P2及び球体13の中心P3より低い位置に配された三角錐（ $n$ 角錐の一例）を仮想逆三角錐（仮想逆 $n$ 角錐の一例）Hとすると、本実施の形態では、球体駆動式移動装置10が、後述する条件1～6を全て満たすように設計されている。

【0016】

仮想逆三角錐Hにおいて、底面 $\eta$ の3つの頂点をそれぞれ頂点A、B、Cとし、頂点O、A、Bを3つの頂点とする三角形の側面を側面 $\alpha$ とし、頂点O、B、Cを3つの頂点とする三角形の側面を側面 $\beta$ とし、頂点O、A、Cを3つの頂点とする三角形の側面を側面 $\gamma$ とし、頂点O、Aを結ぶ直線状の辺を側辺S1とし、頂点O、Bを結ぶ直線状の辺を側辺S2とし、頂点O、Cを結ぶ直線状の辺を側辺S3とする。本実施の形態では、底面 $\eta$ が正三角形（等角多角形の一例）であり、側辺S1、S2、S3が同じ長さである。なお、図2には、球体11、12、13及び回転体14、15、16等を平面視した様子が描かれている。また、図3では、モータ18、22等の記載を省略している。

【0017】

条件1：球体11の中心P1、球体12の中心P2及び球体13の中心P3はそれぞれ、側辺S1、S2、S3上に位置している。

【0018】

条件2：回転体14は仮想逆三角錐Hの内側で球体11、12に接触（接点T14、T24は仮想逆三角錐H内に位置）し、回転体15は仮想逆三角錐Hの内側で球体12、13に接触（接点T25、T35は仮想逆三角錐H内に位置）し、回転体16は仮想逆三角錐Hの内側で球体11、13に接触（接点T16、T36は仮想逆三角錐H内に位置）している。

【0019】

条件3：回転軸19は側面 $\alpha$ に対し垂直であり（回転体14は回転体14が接している球体11、12の各中心P1、P2がそれぞれ配されている側辺S1、S2を外縁の一部とする側面 $\alpha$ に対し垂直な回転軸19を中心に回転駆動し）、回転軸21は側面 $\beta$ に対し垂直であり（回転体15は回転体15が接している球体12、13の各中心P2、P3がそれぞれ配されている側辺S2、S3を外縁の一部とする側面 $\beta$ に対し垂直な回転軸21を中心に回転駆動し）、回転軸23は側面 $\gamma$ に対し垂直である（回転体16は回転体16が接している球体11、13の各中心P1、P3がそれぞれ配されている側辺S1、S3を外縁の一部とする側面 $\gamma$ に対し垂直な回転軸23を中心に回転駆動する）。

【0020】

条件3から、本実施の形態では、球体11に接する回転体14の回転軸19及び回転体16の回転軸23が非平行であり、球体12に接する回転体14の回転軸19及び回転体15の回転軸21が非平行であり、球体13に接する回転体15の回転軸21及び回転体16の回転軸23が非平行であると言える。

#### 【0021】

本実施の形態では、球体11、12、13、回転体14、15、16及び回転軸19、21、23が、条件1、2、3を満たすように配置し、回転体14、15、16の角速度を調整することによって、回転体14の球体11、12に対する空回り（空転）、回転体15の球体12、13に対する空回り及び回転体16の球体11、13に対する空回りを抑制した状態で、球体駆動式移動装置10を走行面G上で如何なる方向にも移動可能にしている。

#### 【0022】

しかも、回転体14は球体11の中心P1及び球体12の中心P2より高い位置でそれぞれ球体11、12に接触し、回転体15は球体12の中心P2及び球体13の中心P3より高い位置でそれぞれ球体12、13に接触し、回転体16は球体11の中心P1及び球体13の中心P3より高い位置でそれぞれ球体11、13に接触しているため、球体11には回転体14、16を通じて鉛直成分の力が作用し、球体12には回転体14、15を通じて鉛直成分の力が作用し、球体13には回転体15、16を通じて鉛直成分の力が作用する。従って、ベース部材27やベース部材27に載せられた重量物等の自重を利用して、回転体14を球体11、12に、回転体15を球体12、13に、回転体16を球体11、13にそれぞれ押し付けることができ、回転体14、15、16の空回りを抑制可能である。

#### 【0023】

ここで、回転体14の球体11、12に対する空回り、回転体15の球体12、13に対する空回り及び回転体16の球体11、13に対する空回りの発生を安定して抑制する観点では、条件1、2、3を満たすのに加えて、以下の条件4、5、6の1つを満たすのが好ましい（2つを満たすのがより好ましい、3つ全てを満たすのが更に好ましい）ことが検証によって確認されている。なお、回転体14、15、16の空回りの抑制に対し、条件1、2、3の条件を満たすことが、条件4、5、6の条件を満たすことに比べて重要であることを確認している。

#### 【0024】

条件4：球体11と回転体14との接点T14及び球体11の中心P1を通る仮想直線J14（仮想直線Jの一例）が球体11の中心P1が位置する側辺S1に対し直交し（図1参照）、球体11と回転体16との接点T16及び球体11の中心P1を通る仮想直線J16（仮想直線Jの一例）が球体11の中心P1が位置する側辺S1に対し直交する。球体12と回転体14との接点T24及び球体12の中心P2を通る仮想直線J24（仮想直線Jの一例）が球体12の中心P2が位置する側辺S2に対し直交し（図1参照）、球体12と回転体15との接点T25及び球体12の中心P2を通る仮想直線J25（仮想直線Jの一例）が球体12の中心P2が位置する側辺S2に対し直交する。球体13と回転体15との接点T35及び球体13の中心P3を通る仮想直線J35（仮想直線Jの一例）が球体13の中心P3が位置する側辺S3に対し直交し、球体13と回転体16との接点T36及び球体13の中心P3を通る仮想直線J36（仮想直線Jの一例）が球体13の中心P3が位置する側辺S3に対し直交する。

#### 【0025】

条件5：球体11と回転体14の側面28との接点T14及び球体11の中心P1を通る仮想直線J14は回転体14の側面28に垂直に交わり、球体12と回転体14の側面28との接点T24及び球体12の中心P2を通る仮想直線J24は回転体14の側面28に垂直に交わる。球体12と回転体15の側面29との接点T25及び球体12の中心P2を通る仮想直線J25は回転体15の側面29に垂直に交わり、球体13と回転体15の側面29との接点T35及び球体13の中心P3を通る仮想直線J35は回転体15の側面29に垂直に交わる。球体11と回転体16の側面30との接点T16及び球体11の中心P1を通る仮想直線J16は回転体16の側面30に垂直に交わり、球体13と回転体16の側面30との接点T36及び球体13の中心P3を通る仮想直線J36は回転体16の側面30に垂直に交わる。



【0026】

条件6：仮想逆三角錐Hの側面 $\alpha$ は、該側面 $\alpha$ の外縁の一部をなす2つの側辺S1、S2にそれぞれ中心P1、P2が配された2つの球体11、12間にある回転体14と一方の球体11との接点T14及び回転体14と他方の球体12との接点T24を通る仮想直線K12（仮想直線Kの一例）に対し平行であり、仮想逆三角錐Hの側面 $\beta$ は、該側面 $\beta$ の外縁の一部をなす2つの側辺S2、S3にそれぞれ中心P2、P3が配された2つの球体12、13間にある回転体15と一方の球体12との接点T25及び回転体15と他方の球体13との接点T35を通る仮想直線K23（仮想直線Kの一例）に対し平行であり、仮想逆三角錐Hの側面 $\gamma$ は、該側面 $\gamma$ の外縁の一部をなす2つの側辺S1、S3にそれぞれ中心P1、P3が配された2つの球体11、13間にある回転体16と一方の球体11との接点T16及び回転体16と他方の球体13との接点T36を通る仮想直線K13（仮想直線Kの一例）に対し平行である。

【0027】

これらを基に球体駆動式移動装置10の運動について、数式を用いて検討する。走行面G（水平面）に対する側辺S1の角度を $\theta$ とし、図4に示すように、球体11の中心P1から接点T14に向かう単位位置ベクトルを $I_1$ とし、球体11の中心P1から接点T16に向かう単位位置ベクトルを $I_2$ とし、 $I_1$ 及び $I_2$ のなす角度を $\phi$ として、本実施の形態では、 $I_1$ が頂点Oを始点とし頂点Aを終点とするベクトルと直交していることから、以下の式（1）が成立する。

【0028】

【数1】

$$\begin{aligned}\overrightarrow{OA} \cdot \mathbf{I}_1 &= \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ \tan \theta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix} \\ &= -b + c \tan \theta = 0\end{aligned}\quad (1)$$

【0029】

また、以下の式（2）が成立する。

【0030】

【数2】

$$\begin{aligned}|\mathbf{I}_1|^2 &= |\mathbf{I}_2|^2 = a^2 + b^2 + c^2 \\ &= a^2 + c^2(\tan^2 \theta + 1) = 1\end{aligned}\quad (2)$$

【0031】

そして、 $I_1$ 、 $I_2$ を以下の式（3）のように表すと、以下の式（4）が成立する。

【0032】

【数3】

$$\mathbf{I}_1 = (a, b, c)^T, \mathbf{I}_2 = (-a, b, c)^T \quad (3)$$

$$\begin{aligned}\cos \phi &= \frac{\mathbf{I}_1 \cdot \mathbf{I}_2}{|\mathbf{I}_1| |\mathbf{I}_2|} \\ &= -a^2 + b^2 + c^2 \\ &= -a^2 + c^2(\tan^2 \theta + 1)\end{aligned}\quad (4)$$

【0033】

式(2)、式(4)から、以下の式(5)、式(6)が成立する。

【0034】

【数4】

$$\begin{aligned} 1 + \cos \phi &= 2c^2(\tan^2 \theta + 1) \\ &= 2c^2 \frac{\sin^2 \theta + \cos^2 \theta}{\cos^2 \theta} \\ &= \frac{2c^2}{\cos^2 \theta} \end{aligned} \quad (5)$$

$$1 - \cos \phi = 2a^2 \quad (6)$$

【0035】

よって、式(1)、式(5)、式(6)から、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ はそれぞれ以下の式(7)、式(8)、式(9)のように表すことができる。

【0036】

【数5】

$$a = \frac{\sqrt{1 - \cos \phi}}{\sqrt{2}} \quad (7)$$

$$b = \frac{\sin \theta \sqrt{1 + \cos \phi}}{\sqrt{2}} \quad (8)$$

$$c = \frac{\cos \theta \sqrt{1 + \cos \phi}}{\sqrt{2}} \quad (9)$$

【0037】

式(7)、式(8)、式(9)より、 $I_1$ 及び $I_2$ はそれぞれ以下の式(10)、式(11)のように表すことができる。

【0038】

【数6】

$$I_1 = \begin{pmatrix} I_x \\ I_y \\ I_z \end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \sqrt{1 - \cos \phi} \\ \sin \theta \sqrt{1 + \cos \phi} \\ \cos \theta \sqrt{1 + \cos \phi} \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$I_2 = \begin{pmatrix} -I_x \\ I_y \\ I_z \end{pmatrix} \quad (11)$$

【0039】

また、 $I_x$ 及び $I_y$ には以下の式(12)の関係があることから、以下の式(13)が成立する。

【0040】

【数7】

$$\sqrt{3}I_x = I_y \quad (12)$$

$$\cos \phi = \frac{3 - \sin^2 \theta}{3 + \sin^2 \theta} \quad (13)$$

【0041】

$\sin \phi$ は以下の式(14)で表わされることから、 $I_x$ 及び $I_y$ はそれぞれ以下の式(15)及び式(16)で表わすことができる。

【0042】

【数8】

$$\begin{aligned}
 \sin \phi &= \sin \left( \arccos \frac{3 - \sin^2 \theta}{3 + \sin^2 \theta} \right) \\
 &= \sqrt{1 - \left( \frac{3 - \sin^2 \theta}{3 + \sin^2 \theta} \right)^2} \\
 &= \frac{\sqrt{12 \sin^2 \theta}}{3 + \sin^2 \theta} \\
 &= \frac{2\sqrt{3} \sin \theta}{3 + \sin^2 \theta}
 \end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned}
 I_x &= \frac{\sqrt{1 - \cos \phi}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{1 - \frac{3 - \sin^2 \theta}{3 + \sin^2 \theta}}}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{\sin \theta}{\sqrt{3 + \sin^2 \theta}}
 \end{aligned} \tag{15}$$

$$\begin{aligned}
 I_y &= \frac{\sin \theta \sqrt{1 + \cos \phi}}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{\sin \theta \sqrt{1 + \frac{3 - \sin^2 \theta}{3 + \sin^2 \theta}}}{\sqrt{2}} = \frac{\sin \theta \sqrt{\frac{6}{3 + \sin^2 \theta}}}{\sqrt{2}} \\
 &= \frac{\sin \theta \sqrt{3}}{\sqrt{3 + \sin^2 \theta}}
 \end{aligned} \tag{16}$$

【0043】

ここで、図5に示すように、走行面Gに平行な2つの直交する仮想軸をx軸、y軸とし、球体11の中心P1、球体12の中心P2、球体13の中心P3を頂点とする正三角形の中心から球体11の中心P1、球体12の中心P2、球体13の中心P3それぞれまでの距離を1、接点T14（接点T24）から回転体14の軸心までの距離、接点T25（接点T35）から回転体15の軸心までの距離、回転体16の接点T16（接点T36）から回転体16の軸心までの距離をそれぞれrとし（図4参照）、球体駆動式移動装置10の速度ベクトルをVとし、回転体14、15、16から球体11、12、13全体に与えられる角速度ベクトルを $\lambda$ とすると、V及び $\lambda$ には以下の式（17）の関係がある。

【0044】

【数9】

$$\begin{aligned}\lambda &= QV \\ V &= Q^{-1}\lambda\end{aligned}\tag{17}$$

【0045】

また、球体駆動式移動装置10のx軸方向の速度を $v_x$ とし、球体駆動式移動装置10のy軸方向の速度を $v_y$ とし、球体駆動式移動装置10の旋回速度を $\omega$ として、球体駆動式移動装置10の速度ベクトル $V$ は、 $V = (v_x, v_y, \omega)^T$ として表される。

回転体14から球体11、12に伝達される角速度を $\lambda_1$ とし、回転体15から球体12、13に伝達される角速度を $\lambda_2$ とし、回転体16から球体11、13に伝達される角速度を $\lambda_3$ として、角速度ベクトル $\lambda$ は $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)^T$ として表される。

そして、式(17)の $Q$ は以下の式(18)で表わされる。

【0046】

【数10】

$$Q = \frac{\sin \phi}{2rI_y} \begin{pmatrix} 1 & \sqrt{3} & l \\ -2 & 0 & l \\ 1 & -\sqrt{3} & l \end{pmatrix}\tag{18}$$

【0047】

よって、 $Q^{-1}$ は以下の式(19)で表わされる。

【0048】

【数11】

$$Q^{-1} = \frac{rI_y}{3\sin \phi} \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ \sqrt{3} & 0 & -\sqrt{3} \\ 2/l & 2/l & 2/l \end{pmatrix}\tag{19}$$

【0049】

ここで、 $k = I_y / \sin \phi$ とすると、 $k$ は以下の式(20)によって表すことができる。

【0050】

【数12】

$$\begin{aligned}k &= \frac{I_y}{\sin \phi} = \frac{\frac{\sin \theta \sqrt{3}}{\sqrt{3 + \sin^2 \theta}}}{\frac{2\sqrt{3} \sin \theta}{3 + \sin^2 \theta}} \\ &= \frac{3 + \sin^2 \theta}{2\sqrt{3 + \sin^2 \theta}} \\ &= \frac{\sqrt{3 + \sin^2 \theta}}{2}\end{aligned}\tag{20}$$

【0051】

また、図4、図5に示すように、球体11、12、13それぞれの半径を $R$ とし、球体1

1の中心P1及び球体12の中心P2を結ぶ直線と球体11の中心P1及び球体13の中心P3を結ぶ直線との角度、球体11の中心P1及び球体12の中心P2を結ぶ直線と球体12の中心P2及び球体13の中心P3を結ぶ直線との角度、球体11の中心P1及び球体13の中心P3を結ぶ直線と球体12の中心P2及び球体13の中心P3を結ぶ直線との角度をそれぞれ $\phi$ とし、接点T14及び接点T24を結ぶ直線から側面 $\alpha$ までの距離、接点T25及び接点T35を結ぶ直線から側面 $\beta$ までの距離、接点T16及び接点T36を結ぶ直線から側面 $\gamma$ までの距離をそれぞれ $d$ とし、側面28の回転体14の軸心に対する角度、側面29の回転体15の軸心に対する角度、側面30の回転体16の軸心に対する角度をそれぞれ $\delta$ として、以下の式(21)、式(22)、式(23)が成立する。

【0052】

【数13】

$$\delta = \frac{\psi - \phi}{2} \quad (21)$$

$$d = R \sin \delta \quad (22)$$

$$r = r + R(1 - \cos \delta) \quad (23)$$

【0053】

上記検討は、3つの球体11、12、13が同じ大きさであり、球体11の中心P1、球体12の中心P2及び球体13の中心P3を3つの頂点とする三角形が正三角形である場合について行っているが、球体の大きさ(径)がそれぞれ異なり、かつ、3つの球体それぞれの中心を頂点とする三角形の3つの辺がそれぞれ異なる長さであっても、同様の結果を得ることができる。また、球体が4つ以上であっても同様の結果を得ることができる。但し、全ての球体の大きさが同じであり、各球体の中心を頂点とする多角形が等角多角形である場合、球体駆動式移動装置を所望の方向に移動させるために各モータの回転数をどのようにするか計算が容易であり、当該多角形が正多角形である場合は、正多角形でない等角多角形の場合と比較して当該計算が容易となる。なお、各球体が同じ大きさであれば、各球体の中心を頂点とする多角形と仮想逆 $n$ 角錐の底面とは同じ形状で大きさが異なるようになる。

【0054】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、本発明は、上記した形態に限定されるものでなく、要旨を逸脱しない条件の変更等は全て本発明の適用範囲である。

例えば、球体は4個以上であってもよい。球体が4個である場合、仮想逆四角錐(四角錐を上下逆にしたもの)を基に球体や回転体の配置が決定され、各球体に2つの回転体が接するようになる。

【0055】

また、1つのモータによって、動力伝達ベルト等が掛け渡された2つの回転体を回転駆動するようにして、2つの回転体を隣り合う球体の一方及び他方にそれぞれ接するようにしてもよいし、隣り合う球体それぞれに異なる回転体を接触させ、当該2つの回転体それぞれにモータを連結するようにしてもよい。

そして、回転体は円錐台状である必要はなく、例えば円柱状であってもよいし、球状であってもよい。

更に、回転体の回転軸は軸材(即ち、実在する部材)であってもよいし、仮想軸であってもよい。

【0056】

また、各球体は大きさが異なってもよいし、各回転体は大きさや形状が異なってもよい。そして、各球体を水平面に置いた状態で、各回転体が球体に接する高さが異なるように各回転体を配置してもよい。

更に、本発明は走行面上の移動方向が特定されている球体駆動式移動装置（例えば、前進及び後退のみが可能な球体駆動式移動装置）にも適用可能である。

【符号の説明】

【0057】

10：球体駆動式移動装置、11、12、13：球体、14、15、16：回転体、18：モータ、19：回転軸、20：モータ、21：回転軸、22：モータ、23：回転軸、24、25、26：ボールキャスト、27：ベース部材、28、29、30：側面、A、B、C：頂点、G：走行面、H：仮想逆三角錐、J14、J16、J24、J25、J35、J36：仮想直線、K12、K13、K23：仮想直線、O：頂点、P1、P2、P3：中心、S1、S2、S3：側辺、T14、T16、T24、T25、T35、T36：接点、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ ：側面、 $\eta$ ：底面

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

それぞれ走行面上を転動する  $n$  個の球体と、前記各球体に 2 つの異なる方向から接触した状態で回転駆動して該球体を回転させる  $n$  個以上の回転体とを具備して、前記走行面上を移動する球体駆動式移動装置において、

前記走行面を水平面として、

前記各球体の中心は、該各球体の中心より高い位置に底面が配され該底面から離れた頂点が該各球体の中心より低い位置に配された仮想逆  $n$  角錐の各側辺上に位置し、

前記各回転体は、接している前記球体の中心より高い位置、かつ、前記仮想逆  $n$  角錐の内側で該球体に接触し、しかも、該球体の中心が配されている 2 つの前記側辺を外縁の一部とする前記仮想逆  $n$  角錐の側面に対し垂直な回転軸を中心に回転駆動することを特徴とする球体駆動式移動装置。

但し、 $n$  は 3 以上の整数である。

【請求項 2】

請求項 1 記載の球体駆動式移動装置において、前記球体と前記回転体との接点及び該球体の中心を通る各仮想直線  $J$  は、該球体の中心が位置する前記側辺に対し直交することを特徴とする球体駆動式移動装置。

【請求項 3】

請求項 1 記載の球体駆動式移動装置において、前記各回転体は、円錐台状であって側面が前記球体に接触し、該球体と該回転体の側面との接点及び該球体の中心を通る仮想直線  $J$  は該回転体の側面に垂直に交わることを特徴とする球体駆動式移動装置。

【請求項 4】

請求項 1～3 のいずれか一項に記載の球体駆動式移動装置において、前記仮想逆  $n$  角錐の各側面は、該側面の外縁の一部をなす 2 つの前記側辺にそれぞれ中心が配された 2 つの前記球体間にある前記回転体と一方の該球体との接点及び該回転体と他方の該球体との接点を通る仮想直線  $K$  に対し平行であることを特徴とする球体駆動式移動装置。

【請求項 5】

請求項 1～4 のいずれか一項に記載の球体駆動式移動装置において、前記仮想逆  $n$  角錐の底面は等角多角形であることを特徴とする球体駆動式移動装置。

【請求項 6】

請求項 1～5 のいずれか一項に記載の球体駆動式移動装置において、前記各球体は同じ大きさであり、前記各回転体は、同一の大きさの円錐台状であり、側面が同一高さで前記球体に接していることを特徴とする球体駆動式移動装置。



【書類名】要約書

【要約】

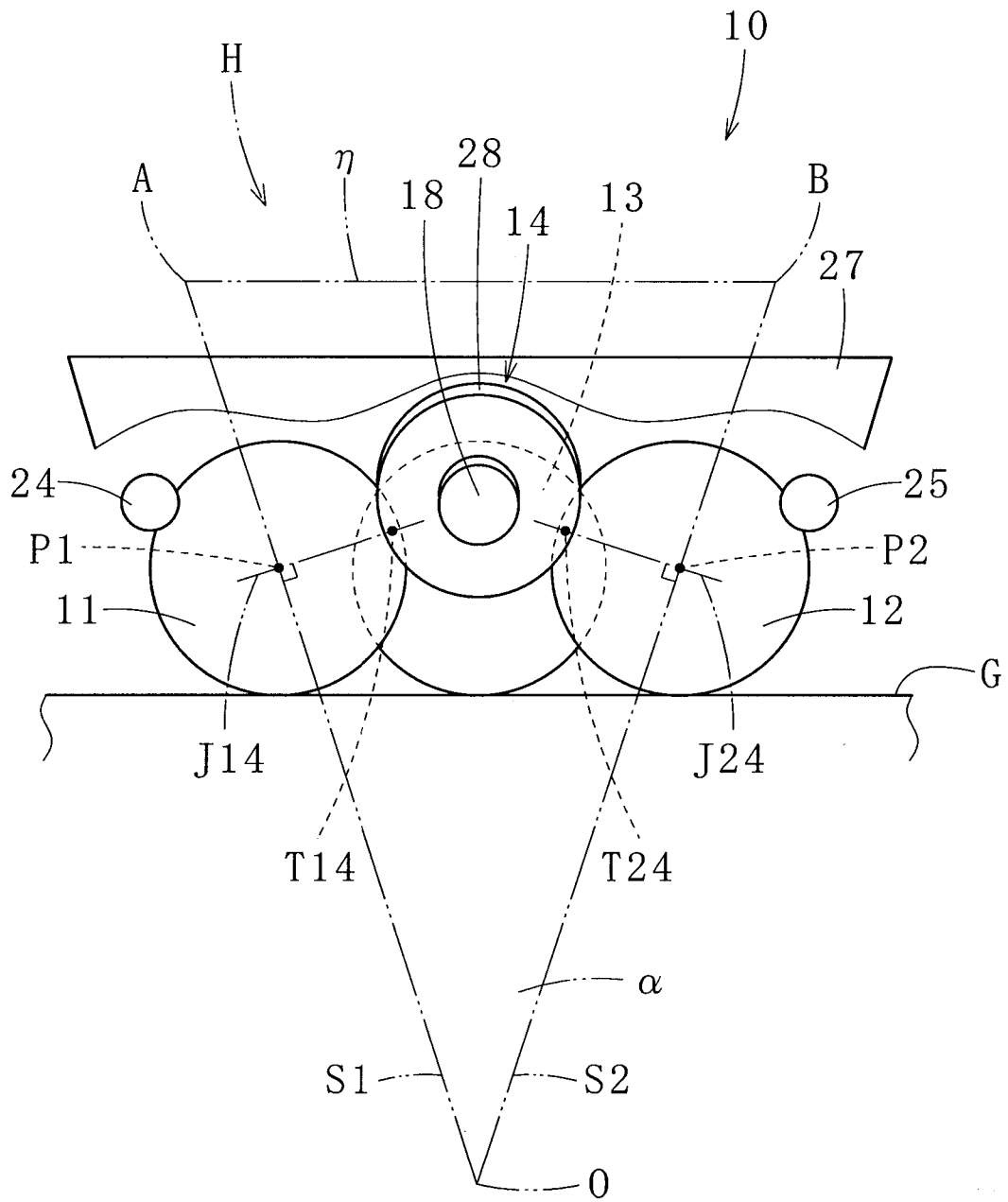
【課題】回転体が空回りするのを抑制可能な球体駆動式移動装置を提供する。

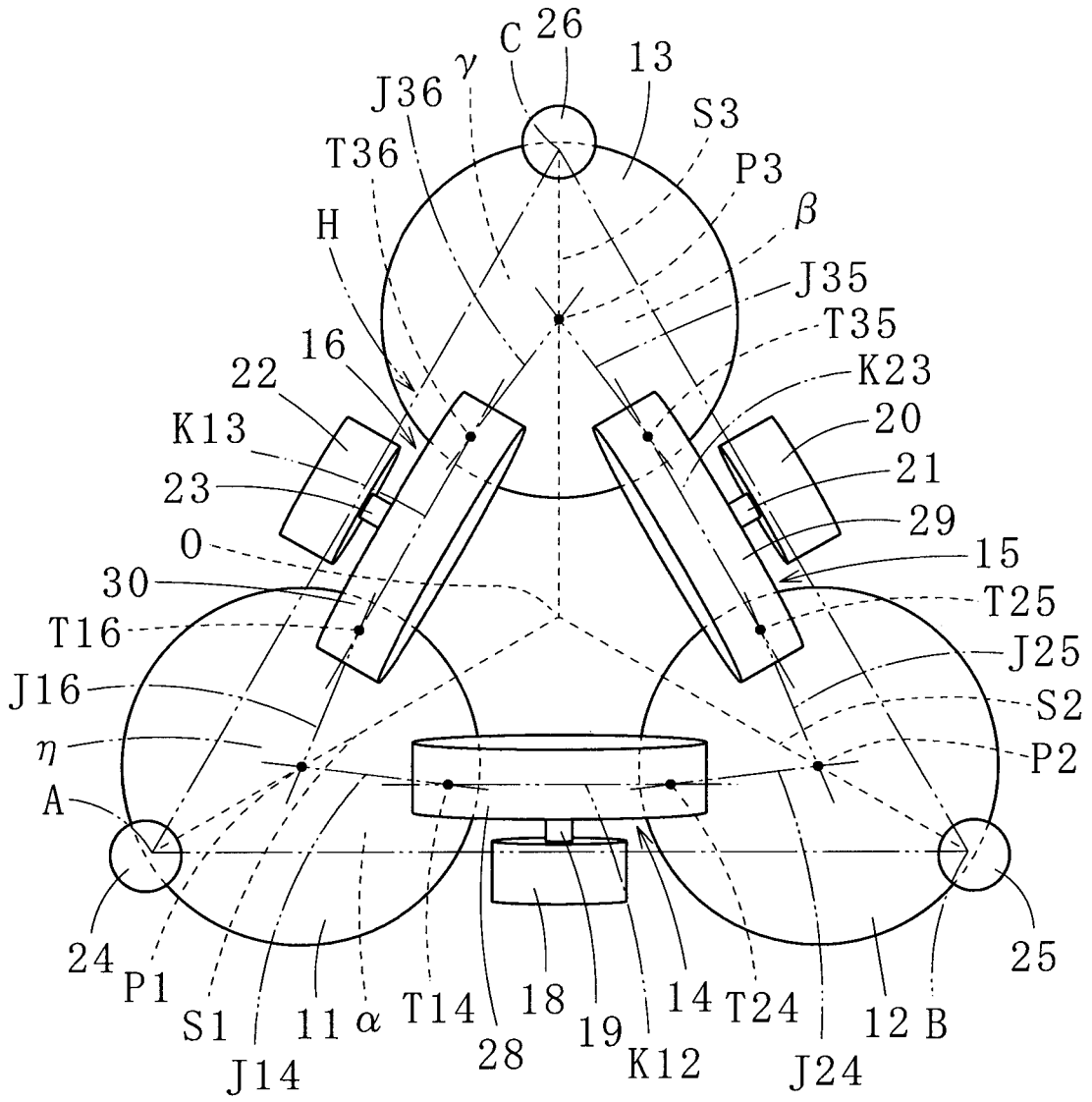
【解決手段】 $n$ 個の球体 $11$ 、 $12$ 、 $13$ に2つの異なる方向から接触した状態で回転駆動して球体 $11$ 、 $12$ 、 $13$ を回転させる回転体 $14$ 、 $15$ 、 $16$ を具備して、走行面 $G$ 上を移動する球体駆動式移動装置 $10$ において、走行面 $G$ を水平面として、各球体 $11$ 、 $12$ 、 $13$ の中心 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ は、各球体 $11$ 、 $12$ 、 $13$ の中心 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ より高い位置に底面 $\eta$ が配され底面 $\eta$ から離れた頂点 $O$ が各球体 $11$ 、 $12$ 、 $13$ の中心 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ より低い位置に配された仮想逆 $n$ 角錐 $H$ の各側辺 $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 上に位置し、各回転体 $14$ 、 $15$ 、 $16$ は、接している球体 $11$ 、 $12$ 、 $13$ の中心 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ より高い位置、かつ、仮想逆 $n$ 角錐 $H$ の内側で球体 $11$ 、 $12$ 、 $13$ に接触し、仮想逆 $n$ 角錐 $H$ の側面 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ に対し垂直な回転軸 $19$ 、 $21$ 、 $23$ を中心に回転駆動する。

【選択図】図2

【書類名】 図面  
【図 1】

<1>

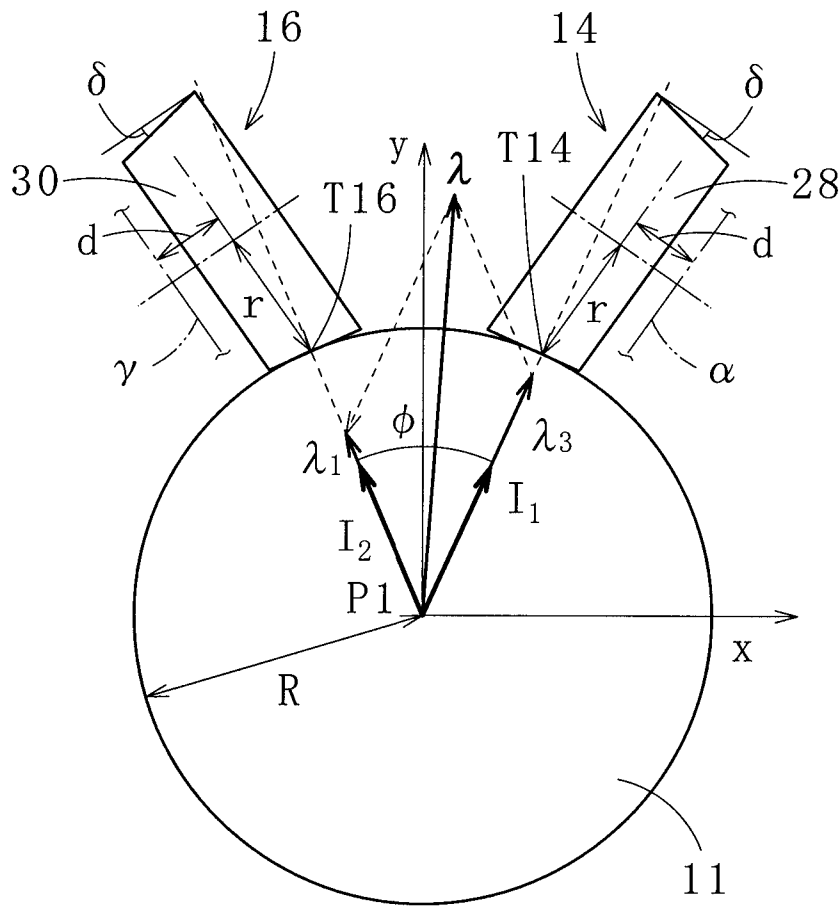






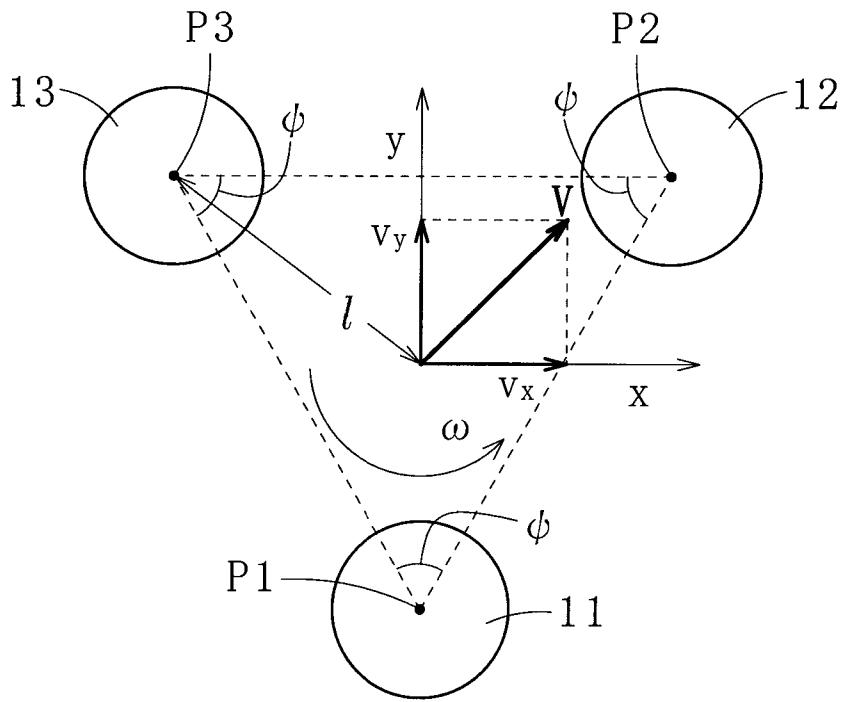
【图4】

<4>



【图5】

<5>



出願人履歴

5 0 4 1 7 4 1 3 5

20040430

新規登録

福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号

国立大学法人九州工業大学