

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5305285号
(P5305285)

(45) 発行日 平成25年10月2日(2013.10.2)

(24) 登録日 平成25年7月5日(2013.7.5)

(51) Int. Cl.		F I	
B 6 2 D	15/00	(2006.01)	B 6 2 D 15/00
B 6 0 B	33/08	(2006.01)	B 6 0 B 33/08
B 6 0 B	33/00	(2006.01)	B 6 0 B 33/00 Z
B 6 0 B	19/14	(2006.01)	B 6 0 B 19/14

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2008-192590 (P2008-192590)	(73) 特許権者	504174135 国立大学法人九州工業大学 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号
(22) 出願日	平成20年7月25日(2008.7.25)	(74) 代理人	100090697 弁理士 中前 富士男
(65) 公開番号	特開2010-30360 (P2010-30360A)	(74) 代理人	100127155 弁理士 来田 義弘
(43) 公開日	平成22年2月12日(2010.2.12)	(72) 発明者	官本 弘之 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学内
審査請求日	平成23年4月7日(2011.4.7)	(72) 発明者	石田 秀一 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学内
		審査官	岡▲さき▼ 潤

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 球体駆動式全方向移動装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

平面視して三角形の頂点位置に配置される同一形状の3つの駆動用球体と、隣り合って配置される該駆動用球体を同時に同一方向に回転駆動させる3つの駆動手段とを有することを特徴とする球体駆動式全方向移動装置。

【請求項2】

請求項1記載の球体駆動式全方向移動装置において、前記三角形は正三角形であることを特徴とする球体駆動式全方向移動装置。

【請求項3】

請求項1及び2のいずれか1項に記載の球体駆動式全方向移動装置において、前記駆動手段は、前記隣り合って配置される駆動用球体の周面に同時に接触するロータと、該ロータを回転駆動する駆動用モータとを有することを特徴とする球体駆動式全方向移動装置。

【請求項4】

請求項1及び2のいずれか1項に記載の球体駆動式全方向移動装置において、前記駆動手段は、前記隣り合って配置される駆動用球体の周面にそれぞれ接触するロータと、該2つのロータを連結する動力伝達用ベルトと、該2つのロータの一方を回転駆動する駆動用モータとを有することを特徴とする球体駆動式全方向移動装置。

【請求項5】

請求項1～4のいずれか1項に記載の球体駆動式全方向移動装置において、前記各駆動用球体の横方向の位置決め、該駆動用球体の回転中心と同一高さ位置で該駆動用球体の側

10

20

面に接触し、該駆動用球体を上下方向に回転可能とする車輪型キャスターを用いることを特徴とする球体駆動式全方向移動装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の球体駆動式全方向移動装置において、前記各駆動用球体の横方向の位置決め、該駆動用球体の周面に接触する全方向に回転可能なボール型キャスターを用いることを特徴とする球体駆動式全方向移動装置。

【請求項 7】

請求項 5 及び 6 のいずれか 1 項に記載の球体駆動式全方向移動装置において、前記各駆動用球体は、該各駆動用球体の配置位置に応じて開口部が形成された脱落防止用カバーを下部に備える台車に設けられ、前記各駆動用球体の下部を前記開口部からそれぞれ突出させると共に、該各駆動用球体の前記台車からの脱落を防止することを特徴とする球体駆動式全方向移動装置。

10

【請求項 8】

請求項 7 記載の球体駆動式全方向移動装置において、前記脱落防止用カバーの前記開口部の内側には、前記各駆動用球体の表面に接触する刷毛部材が設けられていることを特徴とする球体駆動式全方向移動装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、狭い場所でも自由に移動できる球体駆動式全方向移動装置に係り、更に詳細には、例えば、家庭用ロボット、電動車椅子（福祉関係）、工業用搬送台車等に使用可能な球体駆動式全方向移動装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

従来、全方向移動装置（以下、単に移動装置ともいう）としては、比較的高速移動が可能で制御が容易な、Roller Wheel（オムニホイール）方式が多く用いられてきた。

この方式は、横滑りするフリーローラが外周部に複数配置されたオムニホイール（以下、単にホイールともいう）を使用するものである。

このように構成することで、ホイールが横滑りすることにより、移動装置の全方向の移動を可能としている（例えば、非特許文献 1 参照）。

30

【0003】

しかし、各ホイールに設けられたフリーローラは、ホイールの幅方向に 2 列に、しかも交互に（ジグザグ状に）取付けられているため、ホイールの回転位置によっては、ホイールと床面との接触位置が変わるため、移動装置が曲線軌道を描こうとする場合や、走行面が均一でないときに、挙動が不安定となっていた。また、ホイールの外周部にフリーローラを設けているため、ホイールの軸心（車軸）方向に滑りを生じてしまい、並進運動及び回転運動において、安定性に欠けるなど様々な課題があった。

このため、床面の凹凸等の影響により、1 つのホイールと床面の摩擦が極端に小さい場合は、走行の安定性が著しく損なわれる可能性があった。

40

従って、上記した方式では、床面の表面状態が均一であることが要求されるため、例えば、じゅうたん上の走行には適さず、使用場所が大幅に制限されていた。

【0004】

一方、球体駆動方式は、まだ研究例が少ないが、構造を簡単にでき、いずれの方向への移動の際にも速度ムラを生じないなどの特徴がある。また、球体で駆動するため、例えば、じゅうたん上でも、安定した走行が可能である。

このような球体駆動方式を使用した移動装置としては、例えば、2 つの駆動用球体にそれぞれ 2 つの駆動用モータが設けられたもの、また 3 つの駆動用球体にそれぞれ 1 つの駆動用モータが設けられたもの（例えば、非特許文献 2 参照）、更には 4 つの駆動用球体にそれぞれ 2 つの駆動用モータが設けられたもの（例えば、非特許文献 3 参照）がある。

50

【0005】

【非特許文献1】藤沢正一郎、大久保慶治、師玉康成、山浦弘夫、「四輪独立駆動型全方向移動ロボットの運動学と走行特性」、日本機械学会論文集、1996年12月、第62巻、第604号、p.149-155

【非特許文献2】松本直樹、竹田滋、飯田慎二、伊東正篤、「3つの球を使った全方位移動機構の運動と制御」、日本機械学会論文集、1994年8月、第60巻、第576号、p.266-273

【非特許文献3】山田健介、宮本共生、臼井清一、「4個の球を用いた全方向移動機構に関する研究」、日本機械学会論文集、2005年8月、第71巻、第708号、p.127-132

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、前記従来の球体駆動方式を使用した移動装置には、未だ解決すべき以下のような問題があった。

2つの駆動用球体にそれぞれ2つの駆動用モータを設けた移動装置は、2つの駆動用モータの回転軸が直交するように、1つの駆動用球体に接触させて配置しているため、走行時の安定性は高いが、合計4つの駆動用モータが必要となる。

平面内での移動の自由度は、並進運動と回転運動の合計3自由度であるため、原理的には駆動用モータは3つでよい。このため、4つの駆動用モータを使用することそのものが無駄であり、製造コストの上昇につながるため経済的でない。

【0007】

また、3つの駆動用球体にそれぞれ1つの駆動用モータが設けられた移動装置は、各駆動用球体を、それぞれ1つの駆動用モータで駆動するため、上記した駆動用モータの無駄はない。この場合、駆動用球体を使用しているため、例えば、じゅうたん上でも安定した走行ができ、前記したオムニホイール方式と比較して、走行可能な床面の適応範囲が広がる。しかし、その運動原理はオムニホイール方式と同様であるため、床面の凹凸等の影響により、1つの駆動用球体と床面の摩擦が極端に小さい場合は、走行の安定性が著しく損なわれる可能性がある。

更に、4つの駆動用球体にそれぞれ2つの駆動用モータが設けられた移動装置は、4つの駆動用球体を使用し、しかも合計8つの駆動用モータが必要となるため無駄であり、製造コストの上昇につながるため経済的でない。

【0008】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたもので、製造コストの低減が図れ、床面の凹凸等の影響を受けにくく、走行時の安定性が高い球体駆動式全方向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】

【0009】

前記目的に沿う本発明に係る球体駆動式全方向移動装置は、平面視して三角形の頂点位置に配置される同一形状の3つの駆動用球体と、隣り合って配置される該駆動用球体を同時に同一方向に回転駆動させる3つの駆動手段とを有する。

本発明に係る球体駆動式全方向移動装置において、前記三角形は正三角形であることが好ましい。

【0010】

本発明に係る球体駆動式全方向移動装置において、前記駆動手段は、前記隣り合って配置される駆動用球体の周面に同時に接触するロータと、該ロータを回転駆動する駆動用モータとを有することが好ましい。

本発明に係る球体駆動式全方向移動装置において、前記駆動手段は、前記隣り合って配置される駆動用球体の周面にそれぞれ接触するロータと、該2つのロータを連結する動力伝達用ベルトと、該2つのロータの一方を回転駆動する駆動用モータとを有することが好ま

10

20

30

40

50

しい。

【0011】

本発明に係る球体駆動式全方向移動装置において、前記各駆動用球体の横方向の位置決め、該駆動用球体の回転中心と同一高さ位置で該駆動用球体の側面に接触し、該駆動用球体を上下方向に回転可能とする車輪型キャスターを用いることが好ましい。

本発明に係る球体駆動式全方向移動装置において、前記各駆動用球体の横方向の位置決め、該駆動用球体の周面に接触する全方向に回転可能なボール型キャスターを用いることが好ましい。

【0012】

本発明に係る球体駆動式全方向移動装置において、前記各駆動用球体は、該各駆動用球体の配置位置に応じて開口部が形成された脱落防止用カバーを下部に備える台車に設けられ、前記各駆動用球体の下部を前記開口部からそれぞれ突出させると共に、該各駆動用球体の前記台車からの脱落を防止することが好ましい。

本発明に係る球体駆動式全方向移動装置において、前記脱落防止用カバーの前記開口部の内側には、前記各駆動用球体の表面に接触する刷毛部材が設けられていることが好ましい。

【発明の効果】

【0013】

請求項1～8記載の球体駆動式全方向移動装置は、3つの駆動用球体と3つの駆動手段を有するので、駆動手段の無駄がなく、製造コストの低減が図れ経済的である。

また、各駆動手段は、それぞれ隣り合って配置される駆動用球体を同時に回転駆動させるので、各駆動手段の動作をそれぞれ制御することで、各駆動用球体の回転方向と球体駆動式全方向移動装置の移動方向を一致させることができる。これにより、各駆動用球体に横滑りが生じなくなるため、床面の凹凸等の影響を受けにくく、走行時の安定性が高い球体駆動式全方向移動装置を提供できる。

従って、球体駆動式全方向移動装置を、例えば、家庭用ロボット、電動車椅子（福祉関係）、工業用搬送台車等へ使用できる。

【0014】

特に、請求項2記載の球体駆動式全方向移動装置は、3つの駆動用球体を平面視して正三角形の頂点位置に配置するので、3つの駆動用球体が、正三角形の重心を中心として120度ごとに配置されることになる。これにより、正三角形の重心と各頂点位置を結ぶ線を基準とし、重心を中心として±60度の領域について、球体駆動式全方向移動装置の走行パターンを決定することで、この走行パターンを他の2つの領域にも適用できるので、走行パターンを単純化できる。

【0015】

請求項3記載の球体駆動式全方向移動装置は、隣り合って配置される駆動用球体の周面に同時に接触するロータとこれを駆動する駆動用モータで駆動手段を構成するので、隣り合って配置される駆動用球体を、簡単な構成で同時に回転駆動できる。

【0016】

請求項4記載の球体駆動式全方向移動装置は、隣り合って配置される駆動用球体の周面にそれぞれ接触するロータと、このロータを連結する動力伝達用ベルトと、ロータを駆動する駆動用モータで駆動手段を構成するので、例えば、隣り合って配置される駆動用球体の各中心位置の間隔を大きく広げたい場合でも、駆動用球体やロータを大きくすることなく、同時に回転駆動できる。

【0017】

請求項5記載の球体駆動式全方向移動装置は、各駆動用球体の横方向の位置決め、車輪型キャスターを用いるので、例えば、駆動用球体の表面に付着したごみが車輪型キャスターに付着しても、そのごみが車輪型キャスター内に滞留する恐れを低減できる。これにより、車輪型キャスターの回転は安定に行われるため、球体駆動式全方向移動装置が指示とは異なる方向へ移動することを防止でき、更には球体駆動式全方向移動装置のメンテナンス

10

20

30

40

50

頻度も低減できる。

また、車輪型キャスターは、駆動用球体の回転中心と同一高さ位置で駆動用球体の側面に接触し、駆動用球体を上下方向に回転可能とするので、駆動用球体が車輪型キャスターと点接触する位置を中心として回転する場合以外は、駆動用球体の回転方向に伴って車輪型キャスターを回転させることができる。これにより、車輪型キャスターに対する駆動用球体の摺れを低減できるので、駆動用球体の損傷を低減でき、駆動用球体の交換頻度を低減できる。

【0018】

請求項6記載の球体駆動式全方向移動装置は、各駆動用球体の横方向の位置決めに全方向に回転可能なボール型キャスターを用いるので、ボール型キャスターを駆動用球体の周囲のいずれの位置に接触させても、駆動用球体の回転方向に伴ってボール型キャスターを回転させることができる。これにより、ボール型キャスターに対する駆動用球体の摺れを低減できるので、駆動用球体の損傷を低減でき、駆動用球体の交換頻度を低減できる。

10

【0019】

請求項7記載の球体駆動式全方向移動装置は、各駆動用球体を台車に設け、しかも各駆動用球体の下部を、台車の下部に設けられた脱落防止用カバーの開口部からそれぞれ突出させるので、各駆動用球体を駆動手段によって回転駆動させた場合でも、各駆動用球体が台車から脱落することなく回転駆動できる。

請求項8記載の球体駆動式全方向移動装置は、脱落防止用カバーの開口部の内側に、各駆動用球体の表面に接触する刷毛部材を設けているので、各駆動用球体に付着したごみや汚れ等を、台車の走行と同時に取り除くことができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

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(A)、(B)に示すように、本発明の一実施の形態に係る球体駆動式全方向移動装置(以下、単に移動装置ともいう)10は、平面視して正三角形の頂点位置P1、P2、P3にそれぞれ配置される3つの駆動用球体11~13と、隣り合って配置される駆動用球体11と駆動用球体12、駆動用球体12と駆動用球体13、駆動用球体13と駆動用球体11を、それぞれ同時に同一方向に回転駆動させる3つの駆動手段14~16とを有し、床面17上を全方向に移動できる装置である。なお、各駆動手段14~16は、図示しない制御部により、その動作が制御されている。以下、詳しく説明する。

30

【0021】

図1(A)、(B)に示すように、移動装置10は、上部に平板状の載置台18が取付けられた台車19を有している。なお、前記した制御部は、有線で台車19とは異なる位置に配置しているが、無線でもよく、またこの台車19に設けてもよい。

載置台18は、プラスチック製又は金属製のものであり、平面視して六角形となっているが、この形状に限定されるものではなく、例えば、他の多角形やこの多角形の角部に丸みを形成した形状、更には円形又は楕円形でもよい。

載置台18の下方には、各駆動用球体11~13が、載置台18の下面23に取付けられた全方向に回転可能な支持用ボール型キャスター20~22を介して、回転可能に設けられている。なお、各支持用ボール型キャスター20~22は、それぞれ駆動用球体11~13の頂点位置に接触している。

40

【0022】

各駆動用球体11~13は、例えば、シリコン樹脂やウレタン樹脂のような弾性材料で構成され、その直径は、例えば、5~15cm(好ましくは、7~10cm)程度で、同一形状(同一直径)となっている。このように、各駆動用球体11~13が同一形状であるため、載置台18の下面23は床面17と平行になり、また、各駆動用球体11~13が回転するときの回転速度は同一となる。

図1(A)に示すように、各駆動用球体11~13の回転中心は、平面視して正三角形の

50

重心Gを中心として等角度(120度)に、しかも重心Gから等距離に、それぞれ配置されている(即ち、正三角形の頂点位置P1、P2、P3に配置されている)。

【0023】

図1(A)、(B)に示すように、駆動手段15(駆動手段14、16も同様)は、隣り合って配置される駆動用球体12と駆動用球体13の周面に同時に接触するロータ24と、ロータ24を回転駆動する駆動用モータ25とを有する。

このロータ24は、その回転軸26の軸心が、床面17と平行になるように、また軸心の高さ位置が、各駆動用球体12、13の回転中心と同一高さ位置となるように、平面視して駆動用球体12と駆動用球体13の回転中心を結ぶ線上に配置されている。なお、ロータ24の直径は、駆動用球体12と駆動用球体13の直径よりも小さい。

これにより、ロータ24を床面17に接触させることなく、2つの駆動用球体12、13を同時に同一方向に回転駆動できる。

【0024】

なお、駆動手段は、図2(A)、(B)に示す駆動手段27~29で構成することもできる。

この駆動手段28(駆動手段27、29も同様)は、隣り合って配置される駆動用球体12、13の周面にそれぞれ接触するロータ30、31と、2つのロータ30、31を連結する動力伝達用ベルト32(例えば、チェーンベルト)と、一方のロータ30(ロータ31でもよい)を回転駆動する駆動用モータ33とを有する。

このロータ30、31は、その回転軸34、35の軸心が、床面17と平行になるように、また軸心の高さ位置が、各駆動用球体12、13の回転中心と同一高さ位置となるように、平面視して駆動用球体12と駆動用球体13の回転中心を結ぶ線上に配置されている。

これにより、使用用途に応じて、隣り合う駆動用球体12と駆動用球体13の中心間の距離を変えた場合でも、2つの駆動用球体12、13を同時に同一方向に回転駆動できる。

【0025】

図1(A)、(B)に示すように、駆動用球体11(駆動用球体12、13も同様)は、その周面が、台車19の内側面36に取付けられた車輪型キャスター37に接触している。

この車輪型キャスター37は、一方向に回転可能な従来公知のものであり、駆動手段14、16のロータ24とは、駆動用球体11を挟み込むように取付けられている。このように、車輪型キャスター37は、一方向に回転可能なものであるため、駆動用球体11を上方向(縦方向)に回転可能にガイドするように、台車19の内側面36へ取付ける。なお、車輪型キャスター37の設置個数は、1つの駆動用球体に対して1つでもよいが、2つ以上の複数でもよい。

これにより、駆動用球体11は、2つのロータ24と車輪型キャスター37に挟み込まれるため、駆動用球体11の横方向の位置決めがなされる。

【0026】

ここで、移動装置10の駆動原理について、駆動用球体13とロータ24とを使用して、以下説明する。

球体駆動式の移動装置10では、図3に示すように、駆動用モータ25に取付けられたロータ24が、駆動用球体13と走行面との間に生じる摩擦力を介して、駆動用球体13を回転させることにより推進力を得る。ここで、 f をロータ24と駆動用球体13の間の摩擦力、 F を駆動用球体13と走行面との間の摩擦力とする。

移動装置10では、前記したように、駆動用球体13を挟み込むように、駆動用球体13の側面に、駆動用球体13の回転を保持する車輪型キャスター37とロータ24を配置することで、圧接駆動を行う。

【0027】

ここで、ロータ24の取付け位置は、ロータ24と駆動用球体13の回転方向との間の滑りをなくすために、 $f > F$ となるように調節している。なお、駆動用球体13と走行面で

10

20

30

40

50

の接触は、転がり接触となることから、移動装置 10 が任意の方向に移動した場合でも、横滑りが生じない。

駆動用球体 13 の回転を滑らかに保持するためには、図 4 (A) に示すように、ロータ 24 及び車輪型キャスト 37 が、3つの球の中心を含む水平面内で接触しなければならない。一方、図 4 (B) に示すように、ロータ 24 を上記した水平面内からずれた位置で接触させると、駆動用球体 13 の回転軸が水平方向を向かない場合が生じる。

【0028】

ここで、駆動用球体 13 の回転軸が床面に対して水平方向を向く場合は、図 5 (A) に示すように、回転軸から球接地点までの距離が、駆動用球体 13 の半径 R と同値で一定となる。

10

一方、駆動用球体 13 の回転軸が水平方向を向かない場合は、図 5 (B) に示すように、回転軸から走行面の球接地点までの距離が、駆動用球体 13 の半径 R に対して短くなる (R')。このように、駆動用球体 13 の回転軸が水平方向を向かない場合は、回転軸から走行面の球接地点までの距離、つまり有効半径が一定に定まらないため、制御システムが複雑になる。

なお、駆動用球体 13 が任意の方向に回転運動を行った場合、ロータ 24 との回転速度の関係は、図 6 に示すようになる。即ち、駆動用球体 13 の回転方向に平行でロータ 24 と駆動用球体 13 の接地点を通る円の半径 R' 、 R'' は、球の回転方向とロータ 24 の回転方向が一致する場合を除いて、駆動用球体 13 の半径 R より短くなる。

【0029】

20

また、駆動用球体 13 の回転軸が、床面に対して水平方向を向かない場合には、以下の問題もある。

以下、駆動用球体 13 とロータ 24 の回転軸 26 を使用して、図 7 (A) ~ (H) を参照しながら説明する。ここで、図 7 (A) は、ロータ 24 の回転軸 26 の軸心の高さ位置を、駆動用球体 13 の回転中心と同一高さ位置とした場合の説明図であり、また (B) は、回転軸 26 の軸心の高さ位置を、駆動用球体 13 の回転中心より下位置とした場合の説明図である。なお、図 7 (C) ~ (E) は、図 7 (A) の位置関係で駆動用球体 13 を回転させたときの説明図であり、図 7 (F) ~ (H) は図 7 (B) の位置関係で駆動用球体 13 を回転させたときの説明図である。

【0030】

30

図 7 (C)、(F) のように、駆動用球体 13 の回転軸 (軸心) とロータ 24 の回転軸 26 の軸心が平行となるように、駆動用球体 13 を回転させる場合、ロータ 24 は駆動用球体 13 の表面を擦ることなく、駆動用球体 13 の回転方向をロータ 24 の回転方向とは反対方向に回転できる。

また、他のロータ 24 の回転と床面 17 との接触により、駆動用球体 13 の回転軸を、図 7 (C)、(F) とは平面視して 90 度ずらす場合、図 7 (D) では、駆動用球体 13 とロータ 24 とが点接触した位置を中心として、駆動用球体 13 が回転する。このため、ロータ 24 は、点接触によって駆動用球体 13 の表面を擦るが、このときの摩擦力によって駆動用球体 13 の表面を損傷させたり、また駆動用球体 13 の回転方向が目的とする方向からずれるという恐れは低減できる。

40

【0031】

一方、図 7 (G) では、駆動用球体 13 とロータ 24 の回転方向が直交するため、ロータ 24 が回転することなく、駆動用球体 13 の表面を擦る。このため、このときの摩擦力によって駆動用球体 13 の表面を損傷させたり、また駆動用球体 13 の回転方向が目的とする方向からずれる恐れがある。

なお、各ロータ 24 の回転と床面 17 との接触により、駆動用球体 13 の回転軸を、図 7 (C)、(D) と図 7 (F)、(G) との間、例えば、図 7 (C)、(F) の回転軸とは平面視して 45 度ずらす場合、図 7 (E) では、ロータ 24 は駆動用球体 13 の表面を擦ることなく回転することができるが、図 7 (H) では、ロータ 24 は回転しながら駆動用球体 13 の表面を擦ってしまう。

50

【 0 0 3 2 】

以上のことから、各ロータ 2 4 の回転軸 2 6 の軸心の高さ位置を、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 の回転中心と同一高さ位置とする必要がある。なお、各ロータ 3 0、3 1 についても同様である。

また、各ロータ 2 4 を、平面視して駆動用球体 1 2 と駆動用球体 1 3 の回転中心を結ぶ線上に配置させることで、駆動用球体 1 2、1 3 が、ロータ 2 4 を両側から安定に挟み込むことができる。

これにより、駆動用球体 1 2、1 3 とロータ 2 4 との位置ずれを防止できる。

なお、各ロータ 2 4 の回転軸 2 6 の軸心の高さ位置を、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 の回転中心と同一高さ位置とした場合、各ロータ 2 4 の回転により、駆動用球体 1 1 ~ 1 3 が台車 1 9 から外れる恐れがある。

10

【 0 0 3 3 】

このため、台車の下部に、脱落防止用カバー（図示しない）を設けることが好ましい。この脱落防止用カバーは、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 の配置位置に応じて、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 の直径よりも小さい内径からなる開口部が形成されている。これにより、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 の下部を開口部からそれぞれ突出させると共に、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 を駆動手段 1 4 ~ 1 6 で回転させた場合でも、台車 1 9 からの脱落を防止できる。なお、柔らかい刷毛状のもの（刷毛部材）を、開口部内側に向けて各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 に軽く接触するように取り付けすることで、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 のごみや汚れ等を、台車 1 9 の走行と同時に取り除くことができる。

20

また、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 の横方向の位置決めに、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 の周面に接触する全方向に回転可能なボール型キャスターを用いてもよい。この場合、駆動用球体 1 1 ~ 1 3 への接触場所に影響されることなく、ボール型キャスターが回転するため、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 が台車 1 9 から外れないようにできる。

以上のように、球体駆動式全方向移動装置 1 0 を構成することで、移動装置 1 0 を全方向に移動できる。

【 0 0 3 4 】

続いて、前記した球体駆動式全方向移動装置 1 0 の進行方向の制御方法について説明する。

まず、図 8 (A) に示すように、移動装置 1 0 に固定した座標系を定義する。

30

ここで、3つの駆動用球体を、それぞれ球 1 ~ 3 として三角形の各頂点に配置し、この三角形の内部に原点 O をとる。なお、 y 軸は球 1 の接地点の方向に、 x 軸は y 軸と直交する方向に、それぞれとる。また、各球の番号は、球 1 より反時計周りに与える。そして、添字 i ($i = 1, 2, 3$) は球の番号を示す。更に、原点 O から各球 i までの距離を L_i (m) とする。

【 0 0 3 5 】

次に、各球 i に対する座標系を、図 8 (B) に示すように定義する。

ここで、各球 i の接地点を点 O_i とし、原点 O から O_i に向かう方向に y_i 軸、これと直交する方向に x_i 軸を、それぞれとる。そして、各球座標系の移動機構座標系からの回転角度を θ_i (rad) とする。

40

移動機構座標系での各球 i の接地点 O_i の座標は、原点 O からの距離 L_i と y 軸と $O - O_i$ のなす角度 α_i (反時計周りを正とする) で表すことができる。

【 0 0 3 6 】

図 9 (A) に移動装置 1 0 の速度を示す。

ここで、移動装置 1 0 の原点 O における並進速度の x 方向成分を v_x (m/s)、 y 方向成分を v_y (m/s)、原点 O 周りの反時計方向の回転角速度 (回転数) を r (rad/s) とする。このとき、回転角速度成分 r は、原点 O から点 O_i の方向に直交する。つまり、この回転角速度成分 r は、 x_i 軸と平行になる。

ここで、各球接地点 O_i において、移動装置 1 0 の速度の x_i 軸方向成分を w_{x_i} (m/s)、 y_i 軸方向成分を w_{y_i} (m/s) とすると、次の関係が成り立つ。

50

【 0 0 3 7 】

【数 1】

$$w_{x i} = v_x \cos \theta_i + v_y \sin \theta_i - L_i r \quad \dots (1)$$

【 0 0 3 8 】

【数 2】

$$w_{y i} = -v_x \sin \theta_i + v_y \cos \theta_i \quad \dots (2)$$

【 0 0 3 9 】

ここで、移動装置 10 の原点 O での速度ベクトルを $v = (v_x, v_y, r)^T$ とおくと 10
 き、 v と各軸の成分ベクトルには、次の関係が成り立つ。

【 0 0 4 0 】

【数 3】

$$\begin{pmatrix} w_{x 1} \\ w_{x 2} \\ w_{x 3} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & \sin(\theta_1) & -L_1 \\ \cos(\theta_2) & \sin(\theta_2) & -L_2 \\ \cos(\theta_3) & \sin(\theta_3) & -L_3 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ r \end{pmatrix} \quad \dots (3)$$

【 0 0 4 1 】

20

【数 4】

$$\begin{pmatrix} w_{y 1} \\ w_{y 2} \\ w_{y 3} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin(\theta_1) & \cos(\theta_1) & 0 \\ -\sin(\theta_2) & \cos(\theta_2) & 0 \\ -\sin(\theta_3) & \cos(\theta_3) & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ r \end{pmatrix} \quad \dots (4)$$

【 0 0 4 2 】

図 9 (B) に、球接地点での速度成分 $w_{x i}$ (m/s) と $w_{y i}$ (m/s) を、それぞれ示す。

球 1 と球 2 を駆動するロータの角速度を λ_1 (rad/s)、球 2 と球 3 を駆動するロータの角速度を λ_2 (rad/s)、球 3 と球 1 を駆動するロータの角速度を λ_3 (rad/s) とする。ここで、 λ_i は移動装置 10 の外側からみて時計周りを正とする。ロータの有効半径を δ_i (m) とすると、ロータの角速度と、球接地点でのロータの回転軸に直交する方向の速度成分 $w_{x i}$ は、 x_i 成分と y_i 成分に分解できるので、次の関係が成り立つ。

【 0 0 4 3 】

【数 5】

$$\begin{pmatrix} w_{x 1} \\ w_{x 2} \\ w_{x 3} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_1 \sin(\xi_1) \lambda_1 + \delta_3 \sin(\phi_1) \lambda_3 \\ \delta_2 \sin(\xi_2) \lambda_2 + \delta_1 \sin(\phi_2) \lambda_1 \\ \delta_3 \sin(\xi_3) \lambda_3 + \delta_2 \sin(\phi_3) \lambda_2 \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

$$= \begin{bmatrix} \delta_1 \sin(\xi_1) & 0 & \delta_3 \sin(\phi_1) \\ \delta_1 \sin(\phi_2) & \delta_2 \sin(\xi_2) & 0 \\ 0 & \delta_2 \sin(\phi_3) & \delta_3 \sin(\xi_3) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{pmatrix} \quad \dots (5)$$

【 0 0 4 4 】

【数 6】

$$\begin{pmatrix} W_{y1} \\ W_{y2} \\ W_{y3} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_1 \cos(\xi_1) \lambda_1 - \delta_3 \cos(\phi_1) \lambda_3 \\ \delta_2 \cos(\xi_2) \lambda_2 - \delta_1 \cos(\phi_2) \lambda_1 \\ \delta_3 \cos(\xi_3) \lambda_3 - \delta_2 \cos(\phi_3) \lambda_2 \end{bmatrix} \cdots (6)$$

【0045】

また、式(3)と式(5)から、次の関係が成り立つ。

【0046】

10

【数 7】

$$\begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & \sin(\theta_1) & -L_1 \\ \cos(\theta_2) & \sin(\theta_2) & -L_2 \\ \cos(\theta_3) & \sin(\theta_3) & -L_3 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ r \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \delta_1 \sin(\xi_1) & 0 & \delta_3 \sin(\phi_1) \\ \delta_1 \sin(\phi_2) & \delta_2 \sin(\xi_2) & 0 \\ 0 & \delta_2 \sin(\phi_3) & \delta_3 \sin(\xi_3) \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{pmatrix} \cdots (7)$$

20

【0047】

ここで、式(7)において、次のようにおく。

【0048】

【数 8】

$$P = \begin{bmatrix} \cos(\theta_1) & \sin(\theta_1) & -L_1 \\ \cos(\theta_2) & \sin(\theta_2) & -L_2 \\ \cos(\theta_3) & \sin(\theta_3) & -L_3 \end{bmatrix} \cdots (8)$$

30

【0049】

【数 9】

$$U = \begin{bmatrix} \delta_1 \sin(\xi_1) & 0 & \delta_3 \sin(\phi_1) \\ \delta_1 \sin(\phi_2) & \delta_2 \sin(\xi_2) & 0 \\ 0 & \delta_2 \sin(\phi_3) & \delta_3 \sin(\xi_3) \end{bmatrix} \cdots (9)$$

【0050】

これにより、移動装置10の並進移動速度と回転速度は、ロータの回転角速度から、次のように求まる。

40

【0051】

【数 10】

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ r \end{pmatrix} = P^{-1} U \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{pmatrix} \cdots (10)$$

【0052】

50

逆に、移動装置 10 の並進速度と回転速度から、ロータの回転角速度が、次のように求まる。

【 0 0 5 3 】

【数 1 1】

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \end{pmatrix} = U^{-1} P \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ r \end{pmatrix} \quad \dots (11)$$

10

【 0 0 5 4 】

特に、各球の中心が正三角形の頂点位置に配置される場合、即ち $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$ 、 $r_1 = 0$ 、 $r_2 = 2/3 \cdot L$ 、 $r_3 = 4/3 \cdot L$ 、 $L = L_1 = L_2 = L_3$ 、 $i = i = 1/6 \cdot \dots$ のとき、上記した P と U は、以下のように簡単になる。

【 0 0 5 5 】

【数 1 2】

$$P = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 2 & 0 & -2L \\ -1 & \sqrt{3} & -2L \\ -1 & -\sqrt{3} & -2L \end{bmatrix} \quad \dots (12)$$

20

【 0 0 5 6 】

【数 1 3】

$$U = \frac{\delta}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (13)$$

30

【 0 0 5 7 】

以上に示した関係により、各ロータの回転角速度を導出できるので、これらをプログラミングすることで、移動装置 10 の駆動制御が可能となる。

なお、移動装置 10 の運動を考えると、移動装置 10 の運動は x 軸方向、y 軸方向、及び原点 O 周りの運動方程式により規定され、その加速度は、各球の走行面との接地点における摩擦力により生じる。このとき、次の関係が成り立つ。

【 0 0 5 8 】

【数 1 4】

$$\begin{aligned} M \left(\frac{dv_x}{dt} - v_y r \right) \\ = \sum_{i=1}^3 (F_{x_i} \cos \theta_i - F_{y_i} \sin \theta_i) \quad \dots (14) \end{aligned}$$

40

【 0 0 5 9 】

【数 15】

$$M \left(\frac{dv_y}{dt} - v_x r \right) = \sum_{i=1}^3 (F_{x_i} \sin \theta_i + F_{y_i} \cos \theta_i) \quad \dots (15)$$

【0060】

【数 16】

$$I_v \frac{dr}{dt} = \sum_{i=1}^3 (-L F_{x_i} \sin \theta_i + L F_{y_i} \cos \theta_i) \quad \dots (16)$$

10

【0061】

ただし、移動装置 10 の質量を M (kg)、原点 O 周りの慣性モーメントを I_v (kg m²) とする。なお、 F_{x_i} と F_{y_i} は、球と床面の接地による摩擦力であり、垂直抗力と摩擦係数の積で表される。

上記した関係をプログラミングすることで、移動装置 10 の加速度を制御できる。

20

【0062】

以上に示した方法を使用し、制御部により各駆動用球体 11 ~ 13 を回転させる各ロータ 24 を駆動用モータ 25 により回転させ、移動装置 10 を動作させる。ここで、移動装置 10 の代表的な動きを、移動装置 10 の前側には駆動用球体 11、右側には駆動用球体 12、左側には駆動用球体 13 が、それぞれ位置するとして、以下説明する。

まず、移動装置 10 を前方向へ直進走行させる場合について説明する。

図 10 (A) に示すように、左右両側に位置する駆動用球体 12、13 に同時に接触するロータ 24 の回転を停止させた状態で、移動装置 10 を平面視して、前側に位置する駆動用球体 11 に接触した 2 つのロータ 24 を、駆動用球体 11 側から駆動用球体 12 側及び駆動用球体 13 側へ、同一回転速度で回転させる。

30

これにより、駆動用球体 11 は移動装置 10 を前進させる方向に回転し、また他の駆動用球体 12、13 は、それぞれに接触するロータ 24 の接触点を中心として回転するので、移動装置 10 は前方向へ直進走行できる。なお、移動装置 10 をそのままの状態の後方方向 (図 10 (A) に示す移動方向とは逆方向) へ直進走行させる場合は、駆動用球体 11 に接触する 2 つのロータ 24 の回転方向を、上記した方向とは逆方向にすればよい。

【0063】

次に、移動装置 10 を左方向に直進走行させる場合について説明する。

図 10 (B) に示すように、移動装置 10 を平面視して、左右両側に位置する駆動用球体 12、13 に同時に接触したロータ 24 を、駆動用球体 13 側から駆動用球体 12 側へ、回転させると共に、前側に位置する駆動用球体 11 に接触した他の 2 つのロータ 24 を、

40

駆動用球体 13 側から駆動用球体 11 側へ、及び駆動用球体 11 側から駆動用球体 12 側へ、それぞれ回転させる。なお、前側に位置する駆動用球体 11 に接触する他の 2 つのロータ 24 は、同一回転速度で回転している。

これにより、移動装置 10 は左方向へ直進走行できる。なお、移動装置 10 を右方向 (図 10 (B) に示す移動方向とは逆方向) へ直進走行させる場合は、各ロータ 24 の回転方向を、上記した方向とは逆方向にすればよい。

【0064】

移動装置 10 を左斜め前方向に直進走行させる場合について説明する。

図 10 (C) に示すように、各駆動用球体 11 ~ 13 が、移動装置 10 の移動方向と一致するように、3 つのロータ 24 をそれぞれ回転させる。具体的には、移動装置 10 を平面

50

視して、右側に位置する駆動用球体 1 2 に接触した 2 つのロータ 2 4 を、駆動用球体 1 1 側及び駆動用球体 1 3 側から駆動用球体 1 2 側へ回転させると共に、他のロータ 2 4 を駆動用球体 1 1 側から駆動用球体 1 3 側へ回転させる。このとき、右側に位置する駆動用球体 1 2 に接触した 2 つのロータ 2 4 の各回転速度は、移動装置 1 0 の移動方向に応じて、その回転速度が異なっている。

これにより、移動装置 1 0 は左斜め前方向に直進走行できる。なお、移動装置 1 0 を右斜め後ろ方向（図 1 0（C）に示す移動方向とは逆方向）へ直進走行させる場合は、各ロータ 2 4 の回転を上記した方向とは逆方向にすればよい。また、移動装置 1 0 を右斜め前方向に直進走行させる場合は、駆動用球体 1 1 に接触する 2 つのロータ 2 4 の回転速度を逆にし、他の駆動用球体 1 2、1 3 に同時に接触するロータ 2 4 の回転を上記した方向とは逆方向にすればよい。

10

【0065】

最後に、移動装置 1 0 を反時計周りに旋回させる場合について説明する。

図 1 0（D）に示すように、全てのロータ 2 4 を、同一方向でしかも同一回転速度で回転させる。なお、図 1 0（D）は、旋回の途中の状態を示している。

これにより、移動装置 1 0 を反時計周りに旋回できる。なお、移動装置 1 0 を時計周りに旋回させる場合は、各ロータ 2 4 の回転を上記した方向とは逆方向にすればよい。

以上に示すように、球体駆動式全方向移動装置 1 0 は、各駆動用球体 1 1 ~ 1 3 の全てが、移動装置 1 0 の移動方向と同一方向に回転している。このため、製造コストの低減が図れ、床面の凹凸等の影響を受けにくく、走行時の安定性が高い球体駆動式全方向移動装置 1 0 を提供できる。

20

【0066】

以上、本発明を、実施の形態を参照して説明してきたが、本発明は何ら上記した実施の形態に記載の構成に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載されている事項の範囲内で考えられるその他の実施の形態や変形例も含むものである。例えば、前記したそれぞれの実施の形態や変形例の一部又は全部を組合せて本発明の球体駆動式全方向移動装置を構成する場合も本発明の権利範囲に含まれる。

また、前記実施の形態においては、3 つの駆動用球体を、平面視して正三角形の頂点位置に配置した場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えば、二等辺三角形でもよい。

30

【0067】

そして、前記実施の形態においては、駆動手段を、ロータと駆動用モータで構成した場合、またロータと動力伝達用ベルトと駆動用モータで構成した場合について、それぞれ説明した。しかし、これに限定されるものではなく、例えば、駆動手段の 1 又は 2 を、ロータと駆動用モータで構成し、その他をロータと動力伝達用ベルトと駆動用モータで構成してもよい。

更に、3 つの駆動用球体を用いた球体駆動式全方向移動装置を 1 セットとし、台車の規模に応じて、1 セット又は 2 セット以上の複数セット、台車に設けることもできる。また、球体駆動式全方向移動装置を 1 セット、台車の重心位置に配置し、台車の周囲に補助のキャスターを取付けてもよい。

40

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図 1】（A）、（B）はそれぞれ本発明の一実施の形態に係る球体駆動式全方向移動装置の平断面図、一部切欠き正面図である。

【図 2】（A）、（B）は変形例に係る球体駆動式全方向移動装置の平断面図、一部切欠き正面図である。

【図 3】駆動用球体とロータの摩擦力を示す説明図である。

【図 4】（A）、（B）はそれぞれ駆動用球体に対するロータの配置位置を示す説明図である。

【図 5】（A）、（B）はそれぞれ駆動用球体の回転軸と有効半径との関係を示す説明図

50

である。

【図6】駆動用球体とロータの回転速度との関係を示す説明図である。

【図7】(A)は回転軸の軸心を駆動用球体の回転中心と同一高さ位置とした場合の説明図、(B)は駆動用球体の回転中心より下位置とした場合の説明図、(C)~(E)は(A)の位置関係で駆動用球体を回転させたときの説明図、(F)~(H)は(B)の位置関係で駆動用球体を回転させたときの説明図である。

【図8】(A)、(B)はそれぞれ本発明の一実施の形態に係る球体駆動式全方向移動装置の位置座標の定義の説明図、同球体駆動式全方向移動装置の駆動用球体の位置座標の定義の説明図である。

【図9】(A)、(B)はそれぞれ同球体駆動式全方向移動装置の速度の説明図、同球体駆動式全方向移動装置の駆動用球体の速度成分の説明図である。

10

【図10】(A)~(D)はそれぞれ同球体駆動式全方向移動装置の前方向への直進走行時の説明図、左方向への直進走行時の説明図、左斜め前方向への直進走行時の説明図、旋回時の説明図である。

【符号の説明】

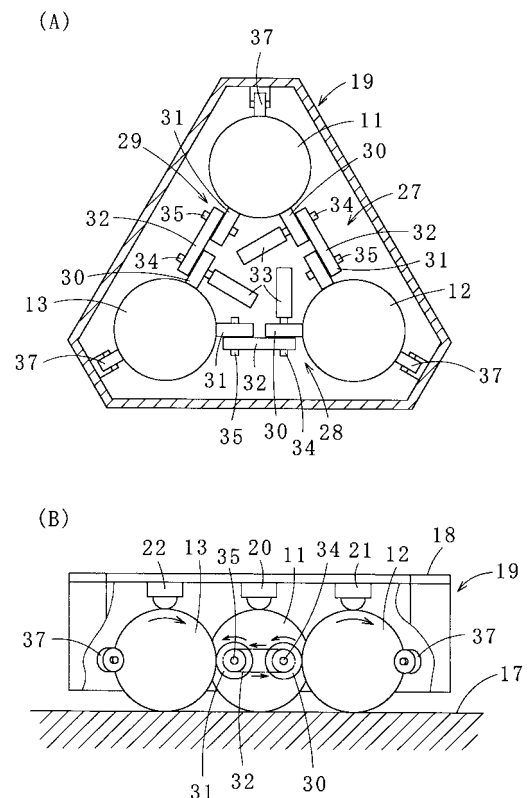
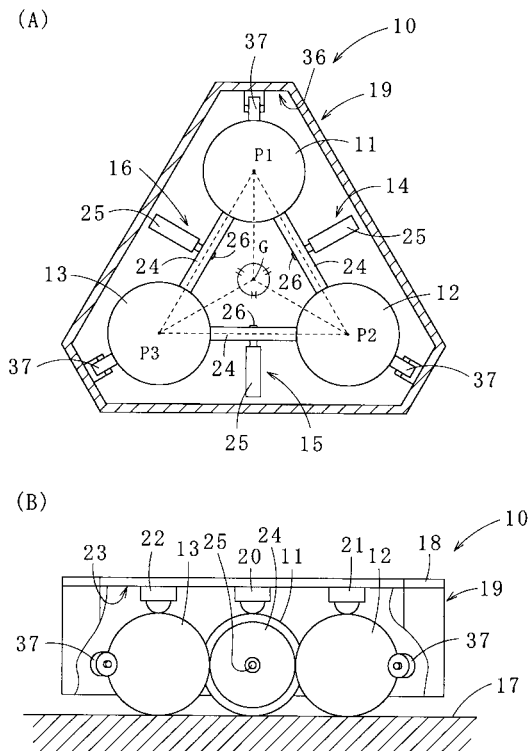
【0069】

10：球体駆動式全方向移動装置、11~13：駆動用球体、14~16：駆動手段、17：床面、18：載置台、19：台車、20~22：支持用ボール型キャスター、23：下面、24：ロータ、25：駆動用モータ、26：回転軸、27~29：駆動手段、30、31：ロータ、32：動力伝達用ベルト、33：駆動用モータ、34、35：回転軸、36：内側面、37：車輪型キャスター

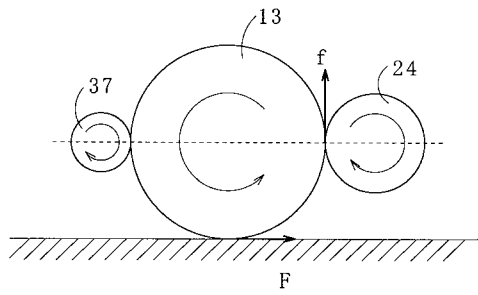
20

【図1】

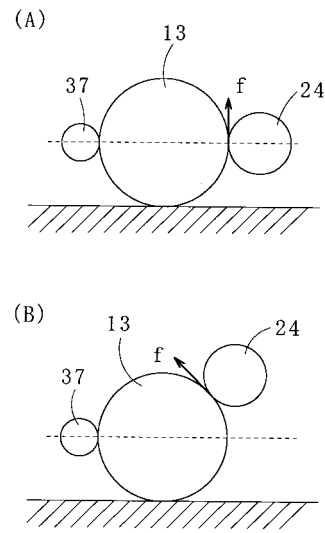
【図2】



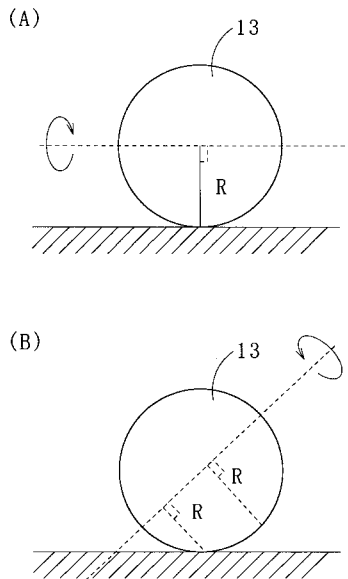
【図3】



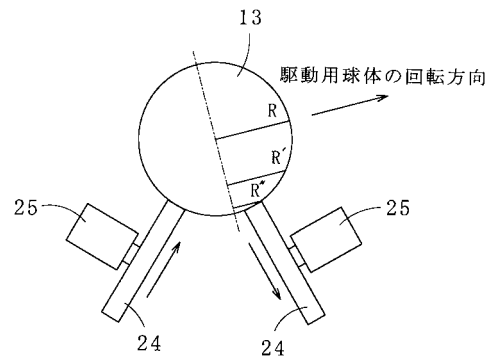
【図4】



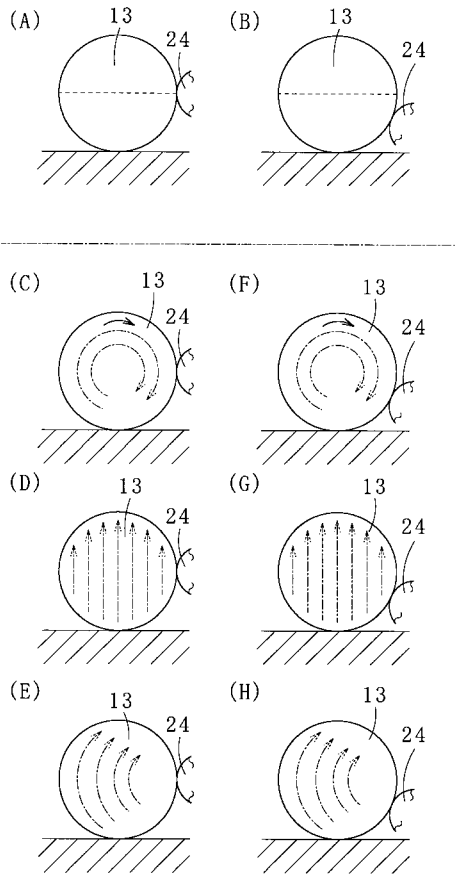
【図5】



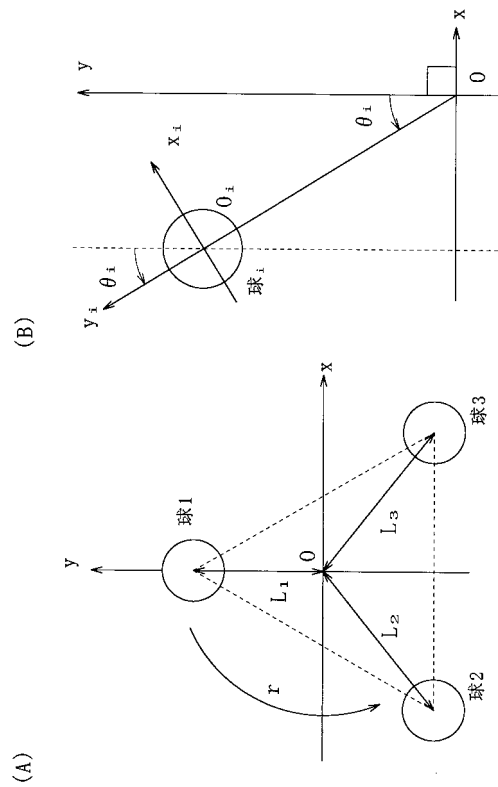
【図6】



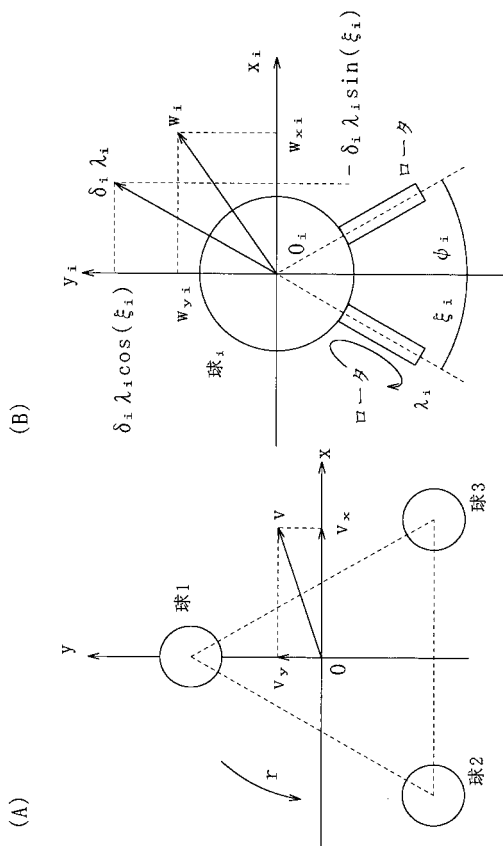
【図7】



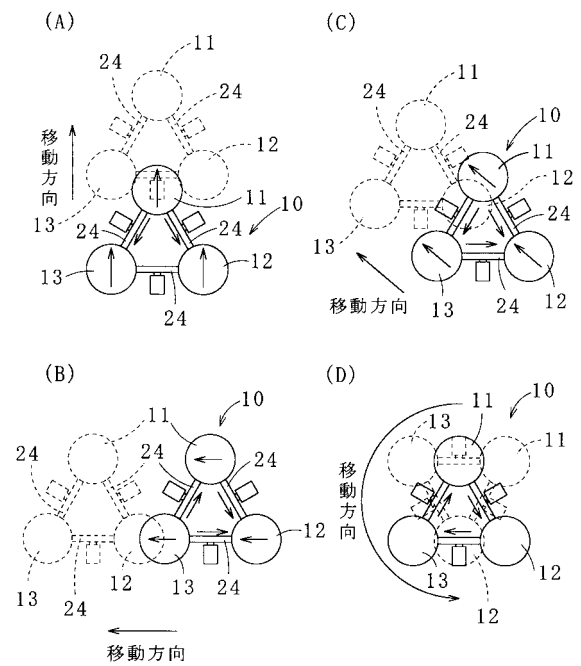
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06 - 171562 (JP, A)
特開2001 - 063645 (JP, A)
特表2006 - 508806 (JP, A)
特開平07 - 257422 (JP, A)
特開2001 - 354155 (JP, A)
特開2000 - 350749 (JP, A)
特開平03 - 279081 (JP, A)
特開昭63 - 031804 (JP, A)
特開2005 - 046949 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 2 D 1 5 / 0 0
B 6 0 B 1 9 / 1 4
B 6 2 D 7 / 0 0 - 7 / 2 0
B 6 2 D 9 / 0 0
B 6 2 D 5 7 / 0 2
B 6 2 D 6 1 / 0 0
B 6 2 K 5 / 0 2
B 2 5 J 1 / 0 0 - 2 1 / 0 2
A 6 1 G 5 / 0 4
F 1 6 H 1 3 / 0 0 - 1 5 / 5 6