

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02018/003886

発行日 令和1年6月13日(2019.6.13)

(43) 国際公開日 平成30年1月4日(2018.1.4)

| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード(参考) |
|-----------------------------|--------------|------------|
| B60B 19/00 (2006.01) | B60B 19/00 H | 5H301 |
| G05D 1/02 (2006.01) | G05D 1/02 X | |
| G05D 1/08 (2006.01) | G05D 1/08 Z | |

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 42 頁)

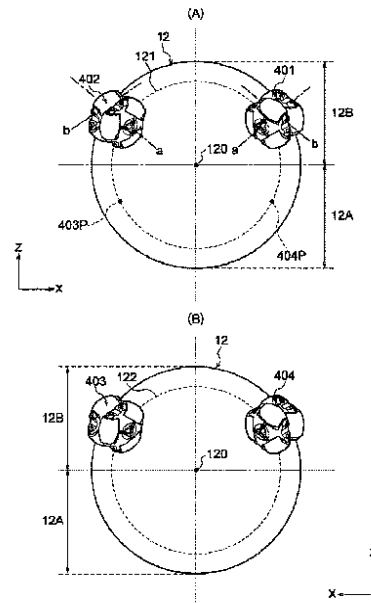
| | |
|---|--|
| 出願番号 特願2018-525231 (P2018-525231) | (71) 出願人 000125370 学校法人東京理科大学 東京都新宿区神楽坂一丁目3番地 |
| (21) 国際出願番号 PCT/JP2017/023822 | |
| (22) 国際出願日 平成29年6月28日(2017.6.28) | |
| (31) 優先権主張番号 特願2016-132090 (P2016-132090) | (74) 代理人 100079049 弁理士 中島 淳 |
| (32) 優先日 平成28年7月1日(2016.7.1) | |
| (33) 優先権主張国 日本国(JP) | (74) 代理人 100084995 弁理士 加藤 和詳 |
| (31) 優先権主張番号 特願2016-170938 (P2016-170938) | (74) 代理人 100099025 弁理士 福田 浩志 |
| (32) 優先日 平成28年9月1日(2016.9.1) | (72) 発明者 星野 祐 東京都新宿区神楽坂一丁目3番地 学校法人東京理科大学内 |
| (33) 優先権主張国 日本国(JP) | Fターム(参考) 5H301 AA01 AA10 CC03 CC06 CC09 GG14 JJ06 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 全方向移動装置及びその姿勢制御方法

(57) 【要約】

全方向移動装置は、球状の回転体(12)と、ホイールとしてのオムニホイール(401)~(404)とを備えている。ホイールは、回転体12を転動させて直進方向に移動させる回転軸120の軸周り121において回転体12の表面に接して複数配設され、円周方向に回転して回転体12に動力を伝達し、かつ、円周方向とは交差する方向に回転体12を転動可能とする。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

球状の回転体と、

前記回転体を回転させて直進方向に移動させる回転軸の軸周りにおいて前記回転体の表面に接して複数配設され、円周方向に回転して前記回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とするホイールと、
を備えた全方向移動装置。

【請求項 2】

球状の回転体と、

前記回転体を回転させて直進方向に移動させる回転軸の一端側の軸周りにおいて前記回転体の上半球の表面に接して複数配設され、円周方向に回転して前記回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とする第 1 ホイールと、

前記回転軸の一端側の軸周りにおいて前記回転体の下半球の表面の特定位置に対する、前記回転体の中心対称位置の表面に接して配設され、円周方向に回転して前記回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とする第 2 ホイールと、

を備えた全方向移動装置。

【請求項 3】

球状の回転体と、

前記回転体を回転させて直進方向に移動させる回転軸の一端側の軸周りにおいて前記回転体の上半球の表面に接して複数配設され、円周方向に回転して前記回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とする第 1 ホイールと、

前記回転軸の他端側の軸周りにおいて前記回転体の上半球の表面に接して配設され、円周方向に回転して前記回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とする第 2 ホイールと、

を備えた全方向移動装置。

【請求項 4】

前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールは、オムニホイール又はメカナムホイールである請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 5】

前記第 1 ホイールは 2 個配設され、前記第 2 ホイールは 1 個又は 2 個配設されている請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 6】

前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールは、前記回転体との接点の位置ベクトルと前記接点における接線ベクトルとで決まる動力伝達行列の行列要素のうち、前記回転軸の行列要素の列毎に絶対値が等しくなる位置に配設されている請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 7】

前記動力伝達行列は、角速度を表す伝達行列を含んでいる請求項 6 に記載の全方向移動装置。

【請求項 8】

前記回転体の下半球の表面に接して又は近接させて、円周方向に回転し、かつ、円周方向とは交差する方向に前記回転体を回転可能とする補助輪を更に備えている請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 9】

前記回転体上に設けられた車体と、

前記車体に取り付けられ、かつ、前記第 1 ホイールを回転させる第 1 駆動装置と、

前記車体に取り付けられ、かつ、前記第 2 ホイールを回転させる第 2 駆動装置と、

前記車体に配設され、前記車体の姿勢を安定に維持する姿勢安定システムと、

を更に備えた請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

10

20

30

40

50

【請求項 10】

前記姿勢安定システムは、
 前記車体に装着され、前記車体の姿勢角度及び当該姿勢角度の変化に伴う第 1 角速度を検出する姿勢角度検出部と、
 前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールの回転数を検出する回転数検出部と、
 前記回転数検出部による回転数の検出結果に基づいて、前記回転体が回転する第 2 角速度を検出する角速度検出部と、
 前記姿勢角度検出部により検出される姿勢角度情報、第 1 角速度情報及び前記角速度検出部により検出される第 2 角速度情報に基づいて、前記車体の姿勢を維持する前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールのホイール操作トルクを算出し、このホイール操作トルク情報に従って前記第 1 駆動装置及び前記第 2 駆動装置を作動させる演算処理部と、
 を備えた請求項 9 に記載の全方向移動装置。

10

【請求項 11】

前記演算処理部は、
 前記姿勢角度情報、前記第 1 角速度情報及び前記第 2 角速度情報に基づいて、前記車体の姿勢を維持させる、前記回転体が回転する角加速度の目標値及び前記車体が旋回する角加速度の目標値を算出し、
 前記目標値に一致させる前記回転体の第 3 角加速度を算出し、
 当該第 3 角加速度に基づいて前記回転体を操作する回転体操作トルクを算出し、
 前記回転体操作トルク情報に基づいて、前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールを操作する前記ホイール操作トルクを算出する
 請求項 10 に記載の全方向移動装置。

20

【請求項 12】

前記請求項 10 に記載された全方向移動装置の姿勢安定システムが、
 前記姿勢角度情報、前記第 1 角速度情報及び前記第 2 角速度情報を取得し、
 前記姿勢角度情報、前記第 1 角速度情報及び前記第 2 角速度情報に基づいて、前記車体の姿勢を維持させる、前記回転体が回転する角加速度の目標値及び前記車体が旋回する角加速度の目標値を算出し、
 前記目標値に一致させる前記回転体の第 3 角加速度を算出し、
 当該第 3 角加速度に基づいて前記回転体を操作する回転体操作トルクを算出し、
 前記回転体操作トルク情報に基づいて、前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールを操作する前記ホイール操作トルクを算出する
 全方向移動装置の姿勢制御方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、全方向移動装置及びその姿勢制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、搬送装置及び駆動機構が開示されている。この搬送装置は、1 つの球状回転体と、3 個のオムニホイールとを備えている。オムニホイールは、球状回転体に接して球状回転体を回転させ、更に球状回転体を回転する方向と異なる方向への移動を可能としている。3 個のオムニホイールは、球状回転体の上半球において球状回転体の垂直軸（Z 軸）周りに等間隔で配置されている。オムニホイールのそれぞれにはホイール駆動部が接続されている。球状回転体上にはフレーム部を介して荷台が設けられ、ホイール駆動部はフレーム部に固定されている。

40

【0003】

上記搬送装置では、荷台の姿勢を傾けて、傾けた方向へ前後左右に移動することができ、更に旋回することができる。すなわち、搬送装置は、全方向へ自由度の高い動きを可能としている。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-234524号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上記搬送装置では、すべてのホイール駆動部の出力が同一の場合、旋回のと
きに最大出力が得られるものの、本来、搬送装置として出力が必要とされる前進や左右の
移動のときに最大出力を得ることができない。例えば、前進の移動では、旋回のときの約
10 10
半分の出力しか得ることができない。このため、改善の余地があった。

【0006】

本発明は、上記課題を考慮し、最大出力により回転体を直進方向へ移動させることができ
る全方向移動装置及び車体の姿勢を安定に維持することができる全方向移動装置の姿勢
制御方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、本発明の第1実施態様に係る全方向移動装置は、球状の回転
体と、回転体を回転させて直進方向に移動させる回転軸の軸周りにおいて回転体の表面に
接して複数配設され、円周方向に回転して回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向とは交
20 20
差する方向に回転体を回転可能とするホイールと、を備えている。

【0008】

第1実施態様に係る全方向移動装置は、球状の回転体と、回転体の表面に接して配設さ
れたホイールとを備える。ホイールは、円周方向に回転して回転体に動力を伝達し、かつ
、円周方向とは交差する方向に回転体を回転可能とする。

【0009】

ここで、ホイールは、回転体を回転させて直進方向に移動させる回転軸の軸周りにおい
て回転体の表面に複数配設される。このため、直進方向の移動に際して、ホイールから回
転体へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体を直進方向へ回転させることが
30 30
できる。

【0010】

本発明の第2実施態様に係る全方向移動装置は、球状の回転体と、回転体を回転させて
直進方向に移動させる回転軸の一端側の軸周りにおいて回転体の上半球の表面に接して複
数配設され、円周方向に回転して回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方
向に回転体を回転可能とする第1ホイールと、回転軸の一端側の軸周りにおいて回転体の
下半球の表面の特定位置に対する、回転体の中心対称位置の表面に接して配設され、円周
方向に回転して回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に回転体を回転
可能とする第2ホイールと、を備えている。

【0011】

第2実施態様に係る全方向移動装置は、球状の回転体と、回転体の表面に接して配設さ
れた第1ホイール及び第2ホイールとを備える。第1ホイール及び第2ホイールは、い
ずれも、円周方向に回転して回転体に動力を伝達し、円周方向と交差する方向に回転
40 40
体を回転可能とする。

【0012】

ここで、第1ホイールは、回転体を回転させて直進方向に移動させる回転軸の一端側の
軸周りにおいて回転体の上半球の表面に複数配設される。一方、第2ホイールは、回転
軸の一端側の軸周りにおいて回転体の下半球の表面の特定位置に対する、回転体の中心
対称位置の表面に配設される。このため、直進方向の移動に際して、第1ホイール、第
2ホイールのそれぞれから回転体へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体を
直進方向へ回転させることができる。
50 50

【0013】

本発明の第3実施態様に係る全方向移動装置は、球状の回転体と、回転体を転動させて直進方向に移動させる回転軸の一端側の軸周りにおいて回転体の上半球の表面に接して複数配設され、円周方向に回転して回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に回転体を転動可能とする第1ホイールと、回転軸の他端側の軸周りにおいて回転体の上半球の表面に接して配設され、円周方向に回転して回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に回転体を転動可能とする第2ホイールと、を備えている。

【0014】

第3実施態様に係る全方向移動装置は、球状の回転体と、回転体の表面に接して配設された第1ホイール及び第2ホイールとを備える。第1ホイール及び第2ホイールは、いずれも、円周方向に回転して回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に回転体を転動可能とする。

10

【0015】

ここで、第1ホイールは、回転体を転動させて直進方向に移動させる回転軸の一端側の軸周りにおいて回転体の上半球の表面に複数配設される。一方、第2ホイールは、回転軸の他端側の軸周りにおいて回転体の上半球の表面に配設される。このため、直進方向の移動に際して、第1ホイール、第2ホイールのそれぞれから回転体へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体を直進方向へ転動させることができる。

【0016】

本発明の第4実施態様に係る全方向移動装置では、第2実施態様又は第3実施態様に係る全方向移動装置において、第1ホイール及び第2ホイールは、オムニホイール又はメカナムホイールである。

20

【0017】

第4実施態様に係る全方向移動装置によれば、第1ホイール及び第2ホイールがオムニホイール又はメカナムホイールとされるので、最大出力により回転体を直進方向へ転動させることができ、かつ、直進方向以外の方向へも回転体を転動させることができる。

【0018】

本発明の第5実施態様に係る全方向移動装置では、第2実施態様又は第3実施態様に係る全方向移動装置において、第1ホイールは2個配設され、第2ホイールは1個又は2個配設されている。

30

【0019】

第5実施態様に係る全方向移動装置によれば、第1ホイールは2個、第2ホイールは1個又は2個配設されるので、最小限のホイール数により、部品点数並びに重量を最小限として、回転体を全方向へ転動させることができる。

【0020】

本発明の第6実施態様に係る全方向移動装置では、第2実施態様又は第3実施態様に係る全方向移動装置において、第1ホイール及び第2ホイールは、回転体との接点の位置ベクトルと接点における接線ベクトルとで決まる動力伝達行列の行列要素のうち、回転軸の行列要素の列毎に絶対値が等しくなる位置に配設されている。

40

【0021】

第6実施態様に係る全方向移動装置によれば、動力伝達行列の行列要素のうち、回転体を直進方向に移動させる回転軸の行列要素の列毎に絶対値が等しくなる位置に第1ホイール及び第2ホイールが配設される。このため、直進方向の移動に際して、第1ホイール、第2ホイールのそれぞれから回転体へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体を直進方向へ転動させることができる。

【0022】

本発明の第7実施態様に係る全方向移動装置では、第6実施態様に係る全方向移動装置において、動力伝達行列は、角速度を表す伝達行列を含んでいる。

【0023】

第7実施態様に係る全方向移動装置によれば、動力伝達行列は角速度を表す伝達行列を

50

含む。回転体を直進方向に移動させる回転軸の角速度を表す伝達行列において行列要素の列毎に絶対値が等しくなる位置に、第1ホイール、第2ホイールがそれぞれ配設される。このため、直進方向の移動に際して、第1ホイール、第2ホイールのそれぞれから回転体へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体を直進方向へ転動させることができる。

【0024】

本発明の第8実施態様に係る全方向移動装置は、第2実施態様又は第3実施態様に係る全方向移動装置において、回転体の下半球の表面に接して又は近接させて、円周方向に回転し、かつ、円周方向と交差する方向に回転体を転動可能とする補助輪を更に備えている。

10

【0025】

第8実施態様に係る全方向移動装置は、回転体の下半球の表面に接して又は近接させて補助輪を備える。補助輪は、円周方向に回転し、かつ、円周方向と交差する方向に回転体を転動可能とする。このため、回転体の上半球が第1ホイール及び第2ホイールに接し、回転体の下半球に補助輪が設けられるので、回転体を全方向へ転動可能としつつ、回転体の抜けを防ぐことができる。

【0026】

本発明の第9実施態様に係る全方向移動装置では、第2実施態様又は第3実施態様に係る全方向移動装置において、回転体上に設けられた車体と、車体に取り付けられ、かつ、第1ホイールを回転させる第1駆動装置と、車体に取り付けられ、かつ、第2ホイールを

20

【0027】

第9実施態様に係る全方向移動装置によれば、回転体上には車体が設けられる。第1ホイールの回転軸には第1駆動装置が接続され、第1駆動装置は車体に取り付けられる。また、第2ホイールの回転軸には第2駆動装置が接続され、第2駆動装置は車体に取り付けられる。第1ホイール、第2ホイールはいずれも回転体の上半球の表面に接する。このため、車体の荷重が第1駆動装置を介して第1ホイール及び第2駆動装置を介して第2ホイールにより支えられ、姿勢安定システムにより車体の姿勢が安定に維持された状態において、最大出力により回転体を直進方向へ転動させることができる。

30

【0028】

本発明の第10実施態様に係る全方向移動装置では、第9実施態様に係る全方向移動装置において、姿勢安定システムは、車体に装着され、車体の姿勢角度及び姿勢角度の変化に伴う第1角速度を検出する姿勢角度検出部と、第1ホイール及び第2ホイールの回転数を検出する回転数検出部と、回転数検出部による回転数の検出結果に基づいて、回転体が転動する第2角速度を検出する角速度検出部と、姿勢角度検出部により検出される姿勢角度情報、第1角速度情報及び角速度検出部により検出される第2角速度情報に基づいて、車体の姿勢を維持する第1ホイール及び第2ホイールのホイール操作トルクを算出し、このホイール操作トルク情報に従って第1駆動装置及び第2駆動装置を作動させる演算処理部と、を備えている。

40

【0029】

第10実施態様に係る全方向移動装置によれば、姿勢安定システムは、姿勢角度検出部と、回転数検出部と、角速度検出部と、演算処理部とを備える。姿勢角度検出部は、車体に装着され、車体の姿勢角度及び姿勢角度の変化に伴う第1角速度を検出する。回転数検出部は、第1ホイール及び第2ホイールの回転数を検出する。角速度検出部は、回転数検出部による回転数の検出結果に基づいて、回転体が転動する第2角速度を検出する。

【0030】

ここで、演算処理部は、姿勢角度検出部により検出される姿勢角度情報、第1角速度情報及び角速度検出部により検出される第2角速度情報に基づいて、車体の姿勢を維持する第1ホイール及び第2ホイールのホイール操作トルクを算出する。そして、演算処理部は

50

、このホイール操作トルク情報に従って第1駆動装置及び第2駆動装置を作動させる。このため、姿勢安定システムでは、車体の姿勢を安定に維持する動力が第1ホイール及び第2ホイールから回転体へ伝達されるので、車体の姿勢が安定に維持された状態において、最大出力により回転体を直進方向へ転動させることができる。

【0031】

本発明の第11実施態様に係る全方向移動装置では、第10実施態様に係る全方向移動装置において、演算処理部は、姿勢角度情報、第1角速度情報及び第2角速度情報に基づいて、車体の姿勢を維持させる、回転体が転動する角加速度の目標値及び車体が旋回する角加速度の目標値を算出し、目標値に一致させる回転体の第3角加速度を算出し、第3角加速度に基づいて回転体を操作する回転体操作トルクを算出し、回転体操作トルク情報に基づいて、第1ホイール及び第2ホイールを操作するホイール操作トルクを算出する。

10

【0032】

第11実施態様に係る全方向移動装置によれば、演算処理部では、姿勢角度情報、第1角速度情報及び第2角速度情報に基づいて、車体の姿勢を維持させる、回転体が転動する角加速度の目標値及び車体が旋回する角加速度の目標値が算出される。演算処理部では、更に目標値に一致させる回転体の第3角加速度が算出され、第3角加速度に基づいて回転体を操作する回転体操作トルクが算出される。この回転体操作トルク情報に基づいて、演算処理部では、第1ホイール及び第2ホイールを操作するホイール操作トルクが算出される。この結果、演算処理部において、車体の姿勢を安定に維持する動力が算出される。このため、動力が第1ホイール及び第2ホイールから回転体へ伝達されるので、車体の姿勢が安定に維持された状態において、最大出力により回転体を直進方向へ転動させることができる。

20

【0033】

本発明の第12実施態様に係る全方向移動装置の姿勢制御方法では、第10実施態様に係る全方向移動装置の姿勢安定システムが、姿勢角度情報、第1角速度情報及び第2角速度情報を取得し、姿勢角度情報、第1角速度情報及び第2角速度情報に基づいて、車体の姿勢を維持させる、回転体が転動する角加速度の目標値及び車体が旋回する角加速度の目標値を算出し、目標値に一致させる回転体の第3角加速度を算出し、第3角加速度に基づいて回転体を操作する回転体操作トルクを算出し、回転体操作トルク情報に基づいて、第1ホイール及び第2ホイールを操作するホイール操作トルクを算出する。

30

【0034】

第12実施態様に係る全方向移動装置の姿勢制御方法によれば、姿勢安定システムが、まず最初に、姿勢角度情報、第1角速度情報及び第2角速度情報を取得する。次に、姿勢角度情報、第1角速度情報及び第2角速度情報に基づいて、車体の姿勢を維持させる、回転体が転動する角加速度の目標値及び車体が旋回する角加速度の目標値が算出される。次に、目標値に一致させる回転体の第3角加速度が算出され、更に第3角加速度に基づいて回転体を操作する回転体操作トルクが算出される。そして、回転体操作トルク情報に基づいて、第1ホイール及び第2ホイールを操作するホイール操作トルクが算出される。この結果、姿勢安定システムにおいて、車体の姿勢を安定に維持する動力が算出される。

40

【0035】

このため、動力が第1ホイール及び第2ホイールから回転体へ伝達されるので、全方向移動装置では、最大出力により回転体を直進方向へ転動させることができ、車体の姿勢を安定に維持することができる。

【発明の効果】

【0036】

本発明によれば、最大出力により回転体を直進方向へ移動させることができる全方向移動装置及び車体の姿勢を安定に維持することができる全方向移動装置の姿勢制御方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0037】

50

【図 1】本発明の第 1 実施の形態に係る全方向移動装置の外観構成図であり、(A)は左側面図、(B)は進行方向から見た正面図、(C)は背面図、(D)は底面図である。

【図 2】図 1 に示される全方向移動装置の駆動ユニットの要部拡大斜視図である。

【図 3】図 1 に示される全方向移動装置の回転体と図 2 に示される駆動ユニットのオムニホイールとの位置関係を示す図であり、(A)は全方向移動装置の進行方向右側から見た側面図、(B)は全方向移動装置の進行方向左側から見た側面図である。

【図 4】図 1 に示される全方向移動装置に組み込まれる姿勢安定システムを説明するブロック図である。

【図 5】図 4 に示される姿勢安定システムの姿勢制御方法を説明するフローチャートである。

【図 6】図 4 に示される姿勢安定システムのアルゴリズムを説明する図である。

【図 7】第 1 実施の形態に係る動力伝達行列を説明する回転体及び 3 個のオムニホイールを示す概略図である。

【図 8】第 1 実施の形態に係る動力伝達行列を説明する回転体及び 4 個のオムニホイールを示す概略図である。

【図 9】比較例に係る動力伝達行列を説明する回転体及び 3 個のオムニホイールを示す概略図である。

【図 10】比較例に係る動力伝達行列を説明する回転体及び 4 個のオムニホイールを示す概略図である。

【図 11】本発明の第 2 実施の形態に係る全方向移動装置の動力伝達行列を説明する回転体及び 4 個のメカナムホイールを示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0038】

(第 1 実施の形態)

以下、図 1 ~ 図 10 を用いて、本発明の第 1 実施の形態に係る全方向移動装置を説明する。なお、図中、適宜示される矢印 X 方向は全方向移動装置の車体前方側であって進行方向を示し、矢印 Y 方向は車体幅方向を示している。また、矢印 Z 方向は、矢印 X 方向及び矢印 Y 方向に対して直交する上方向を示している。

【0039】

[全方向移動装置の構成]

図 1 (A) ~ 図 1 (D) 及び図 2 に示されるように、本実施の形態に係る全方向移動装置 10 は、単一の球状の回転体 12 と、この回転体 12 上に配設された車体 14 とを含んで構成されている。

【0040】

回転体 12 は、例えば、直径 300 mm、厚さ 1.5 mm のステンレス鋼を用いて形成された球殻を回転体本体とし、回転体本体の表面を回転体本体よりも軟質材料により被覆して形成されている。軟質材料として、例えば、厚さ 5 mm の天然ゴム (NR: Natural Rubber) を実用的に使用することができる。

【0041】

図 1 (A) ~ 図 1 (D) に示されるように、車体 14 は車体幅方向 (矢印 Y 方向) に一対に配設された車体本体 14 A 及び車体本体 14 B を備えている。車体本体 14 A 及び車体本体 14 B は、各々、車体前後方向 (矢印 X 方向) を長手方向として延在し、車体幅方向に離間して配置されている。車体本体 14 A 及び車体本体 14 B は、平面視において、回転体 12 と重なる位置に配設されている。車体本体 14 A 及び車体本体 14 B には、上方向へ立設されたサドルサポート 16 を介してサドル 18 が取り付けられている。サドルサポート 16 は管材により形成されている。サドル 18 は全方向移動装置 10 の搭乗者が着座する構成とされている。

【0042】

車体本体 14 A 及び車体本体 14 B の車体前方側には、車体 14 を構成する車体前部 14 C が配設されている。車体前部 14 C は、上下方向において車体本体 14 A 及び車体本

10

20

30

40

50

体 1 4 B の上面よりも下方向であって回転体 1 2 の中心点付近に配置され、車体本体 1 4 A 及び車体本体 1 4 B の前壁 1 4 D に一体的に取り付けられている。車体前部 1 4 C は管材を折り曲げて形成され、車体前部 1 4 C の輪郭が平面視において C 字状に形成されている。

【 0 0 4 3 】

車体前部 1 4 C 上には足置き部 2 0 が車体幅方向に一对に配設されている。足置き部 2 0 は搭乗者の足の置き場として使用される。また、車体前部 1 4 C には、上方向に向けてやや車体後方側に傾斜して立設されたハンドルサポート 2 2 が配設され、ハンドルサポート 2 2 の上端部にはハンドル 2 4 が取り付けられている。ハンドル 2 4 は車体幅方向外側へ向かって左右にそれぞれ突出された棒状に形成され、搭乗者はハンドル 2 4 を把持して全方向移動装置 1 0 を走行させる。ハンドル 2 4 は、ここでは垂直軸 (Z 軸) 周りに旋回しない固定式により形成されている。図示を省略しているが、全方向移動装置 1 0 の走行の開始や停止を行う始動スイッチ、全方向移動装置 1 0 の走行中の速度を制動するブレーキ等はハンドル 2 4 周りに装着されている。また、保安部品として、ライト、フロントウインカ等が、ハンドル 2 4 又はハンドルサポート 2 2 に装着可能である。さらに、保安部品としてのリアウインカ、ブレーキランプ等が、車体 1 4 の車体後端部の適正箇所に装着可能である。

10

【 0 0 4 4 】

車体本体 1 4 A 及び車体本体 1 4 B 下において、回転体 1 2 の周囲に沿ってリング状の枠部 2 6 が配設されている。この枠部 2 6 は車体幅方向両端部にそれぞれ設けられた枠サポート 2 8 を介して車体本体 1 4 A、車体本体 1 4 B のそれぞれに取り付けられている。

20

【 0 0 4 5 】

また、車体本体 1 4 A 及び車体本体 1 4 B の車体前端部には、補助輪サポート 3 0 を介して補助輪 3 2 が配設されている。補助輪サポート 3 0 は車体本体 1 4 A 及び車体本体 1 4 B から回転体 1 2 の中心点よりも下方側まで延設され、補助輪サポート 3 0 の下端部に補助輪 3 2 が回転自在に取り付けられている。同様に、車体本体 1 4 A 及び車体本体 1 4 B の車体後端部には、補助輪サポート 3 4 を介して補助輪 3 6 が配設されている。補助輪サポート 3 4 は車体本体 1 4 A 及び車体本体 1 4 B から回転体 1 2 の中心点よりも下方側まで延設され、補助輪サポート 3 4 の下端部に補助輪 3 6 が回転自在に取り付けられている。補助輪 3 2、補助輪 3 6 は、いずれも回転体 1 2 の下半球 1 2 A 側に回り込む位置に配置され、下半球 1 2 A の表面に接するか、或いは一定のクリアランスを持って離間 (近接) されている。補助輪 3 2 及び補助輪 3 6 を備えることにより、車体 1 4 からの回転体 1 2 の抜けが防止されている。本実施の形態では、補助輪 3 2、補助輪 3 6 のそれぞれに、後述するホイール、ここではオムニホイールが使用されている。

30

【 0 0 4 6 】

図 1 (A) ~ 図 1 (D) に示される全方向移動装置 1 0 では、サドル 1 8 に着座状態の搭乗者から見て車体幅方向右側において、車体本体 1 4 A 下の車体前方側に、符号を省略した外装カバーにより被覆された第 1 駆動ユニット 4 0 が取り付けられている。車体本体 1 4 A 下の車体後方側には第 2 駆動ユニット 4 2 が取り付けられている。一方、車体幅方向左側において、車体本体 1 4 B 下の車体前方側に第 3 駆動ユニット 4 4 が取り付けられ、車体本体 1 4 B の車体後方側に第 4 駆動ユニット 4 6 が取り付けられている。

40

【 0 0 4 7 】

ここで、本実施の形態では、第 1 駆動ユニット 4 0 ~ 第 4 駆動ユニット 4 6 の合計 4 個の駆動ユニットが配設されているが、第 1 駆動ユニット 4 0 ~ 第 3 駆動ユニット 4 4 の合計 3 個の駆動ユニットが配設される場合が含まれる。3 個の駆動ユニットが配設される場合、第 3 駆動ユニット 4 4 は車体本体 1 4 B の車体前後方向の中間部に配設される。

【 0 0 4 8 】

[オムニホイールの構成]

図 2 に示されるように、第 1 駆動ユニット 4 0 は、第 1 オムニホイールとしてのオムニホイール 4 0 1 と、減速機 4 4 1 と、第 1 駆動装置としての例えば交流 (A C) サーボモ

50

ータ442(1)とを含んで構成されている。オムニホイール401は、シャフト(回転軸)430を介して減速機441に連結されている。

【0049】

オムニホイール401は、シャフト430の回転に従ってシャフト430の回転軸周りに回転し、かつ、回転軸方向に2連をなす第1ホイール410及び第2ホイール420を備えている。第1ホイール410の円周上には、等間隔に配設された複数の樽状のローラ(パレル)412~414が回転軸415を中心に回転自在に取り付けられている。ここで、等間隔とは120度間隔であり、3つのローラ412~414が取り付けられている。第2ホイール420は第1ホイール410の減速機441側とは反対側に配設されている。第2ホイール420の円周上には、同様に、等間隔に配設された複数の樽状のローラ422~424が回転軸425を中心として回転自在に取り付けられている。第2ホイール420のローラ422~424の配置間隔は、第1ホイール410のローラ412~414の配置間隔に対して、半ピッチ、具体的には60度ずれている。このような構成により、オムニホイール401は、円周方向Aに回転して回転体12に動力を伝達し、かつ、円周方向Aと交差する方向(ここでは直交する方向)Bに回転体12を転動可能としている。

10

ここで、図2に示されるように、オムニホイール401のシャフト430の回転軸をaとし、ローラ412~414の回転軸415をbとすれば、回転軸bは回転軸aに対してねじれの位置において直交している。

【0050】

第2駆動ユニット42、第3駆動ユニット44、第4駆動ユニット46のそれぞれの構成は、第1駆動ユニット40の構成と同一である。すなわち、図2に示されるように、第2駆動ユニット42は、第1オムニホイールとしてのオムニホイール402と、減速機441と、第1駆動装置としてのACサーボモータ442(2)とを含んで構成されている。第3駆動ユニット44は、第2オムニホイールとしてのオムニホイール403と、減速機441と、第2駆動装置としてのACサーボモータ442(3)とを含んで構成されている。第4駆動ユニット46は、第2オムニホイールとしてのオムニホイール404と、減速機441と、第2駆動装置としてのACサーボモータ442(4)とを含んで構成されている。

20

【0051】

本実施の形態に係る全方向移動装置10では、前後方向及び左右方向への移動が可能とされ、かつ、旋回が可能とされている。勿論、斜め方向への移動、旋回しながらの前後方向、左右方向又は斜め方向の移動が可能である。そして、全方向移動装置10では、前進方向に最大出力が得られる構成とされている。

30

【0052】

[オムニホイールの配置]

一般的に、複数のオムニホイールは垂直軸(Z軸)の軸周りに等間隔に配置されている(図9及び図10参照)。これに対して、図3(A)に示されるように、全方向移動装置10では、オムニホイール401及び402が、回転体12を転動させて直進方向に移動させる回転軸120の一端側の軸周り121において、回転体12の上半球12Bの表面に接して配設されている。ここで、回転体12には固定された回転軸が存在するのではなく、回転軸120は直進方向に回転体12が転動された際の回転体12の実効的な回転中心である。回転軸120の軸方向は、回転体12が直進方向(矢印X方向)に転動するので、車体幅方向(矢印Y方向)に一致する。また、回転軸120の一端側の軸周り121は、搭乗者から見て車体幅方向右側において、回転体12を天体と見なしたときの緯線に相当する。

40

【0053】

オムニホイール403及び404は、図3(B)に示されるように、回転軸120の他端側の軸周り122において回転体12の上半球12Bの表面に接して配設されている。回転軸120の他端側の軸周り122は、搭乗者から見て車体幅方向左側において、回転

50

体 1 2 を天体と見なしたときの緯線に相当する。オムニホイール 4 0 3 及び 4 0 4 の配置位置は、図 3 (A) に示される回転軸 1 2 0 の一端側の軸周り 1 2 1 において回転体 1 2 の下半球 1 2 A の表面の特定位置 4 0 3 P 及び 4 0 4 P に対する回転体 1 2 の中心対称位置である。

【 0 0 5 4 】

本来、オムニホイール 4 0 3 は軸周り 1 2 1 において下半球 1 2 A に配置され、オムニホイール 4 0 4 は軸周り 1 2 1 において下半球 1 2 A に配置される。特定位置 4 0 3 P は、進行方向に最大出力を得る際に、軸周り 1 2 1 の下半球 1 2 A においてオムニホイール 4 0 3 の配置に適した位置である。また、同様に、特定位置 4 0 4 P は軸周り 1 2 1 の下半球 1 2 A においてオムニホイール 4 0 4 の配置に適した位置である。本実施の形態では、下半球 1 2 A 側に第 3 駆動ユニット 4 4 及び第 4 駆動ユニット 4 6 が装着し難いので、軸周り 1 2 2 において回転体 1 2 の上半球 1 2 B 側にオムニホイール 4 0 3 及び 4 0 4 が配設されている。

10

【 0 0 5 5 】

なお、第 1 駆動ユニット 4 0 ~ 第 3 駆動ユニット 4 4 を備える場合には、回転軸 1 2 0 の一端側の軸周り 1 2 1 において回転体 1 2 の上半球 1 2 B に接してオムニホイール 4 0 1 及び 4 0 2 が配設される (図 3 (A) 参照) 。そして、オムニホイール 4 0 3 は、回転軸 1 2 0 の他端側の軸周り 1 2 2 において回転体 1 2 の上半球 1 2 B に接してオムニホイール 4 0 3 が配設される (図 3 (B) 参照) 。この場合、回転軸 1 2 0 の軸方向から見て、オムニホイール 4 0 3 は、図 3 (B) に示されるオムニホイール 4 0 3 とオムニホイール 4 0 4 との中間部に配設される。

20

【 0 0 5 6 】

図 1 (A) ~ 図 1 (D) に戻って、全方向移動装置 1 0 の車体 1 4 上であってサドル 1 8 下にはセンサユニット 5 0 が配設されている。また、車体 1 4 上の車体後方側には、制御ユニット 6 0 が配設されている。センサユニット 5 0 及び制御ユニット 6 0 は図 4 に示される姿勢安定システム 6 0 0 を構築し、この姿勢安定システム 6 0 0 は、車体 1 4 の姿勢を安定に維持し、又車体 1 4 の姿勢を安定に維持した状態において車体 1 4 を走行させる。

【 0 0 5 7 】

[姿勢安定システムの構成]

図 4 に示されるように、全方向移動装置 1 0 の姿勢安定システム 6 0 0 は、センサユニット 5 0 及び制御ユニット 6 0 を含んで構成されている。

30

センサユニット 5 0 には姿勢角度検出部 5 0 1 が含まれている。姿勢角度検出部 5 0 1 には例えば慣性計測装置 (IMU : Inertial Measurement Unit) が使用されている。この姿勢角度検出部 5 0 1 では、車体 1 4 の姿勢角度及び車体 1 4 の各軸周りの姿勢角度の変化に伴う第 1 角速度としての角速度が検出される。姿勢角度は姿勢角度情報として、角速度は第 1 角速度情報として、姿勢角度検出部 5 0 1 から出力される。

【 0 0 5 8 】

制御ユニット 6 0 は、操作表示部 6 0 1 と、演算処理部 (コントローラ) 6 0 2 と、デジタルアナログ変換器 (D / A 変換器) 6 0 3 と、角速度検出部 6 0 4 と、サーボアンプ 6 0 5 (1) ~ サervoアンプ 6 0 5 (4) と、電源 6 0 6 とを備えている。ここで、姿勢安定システム 6 0 0 には、第 1 駆動ユニット 4 0 の A C サーボモータ 4 2 2 (1) ~ 第 4 駆動ユニット 4 6 の A C サーボモータ 4 2 2 (4) が回転数検出部 6 0 7 として組み込まれている。A C サーボモータ 4 2 2 (1) ~ A C サーボモータ 4 2 2 (4) の各々には図示を省略した例えばエンコーダが装着され、エンコーダを用いてオムニホイール 4 0 1 ~ オムニホイール 4 0 4 の回転数が検出される。回転数検出部 6 0 7 は、A C サーボモータ 4 2 2 (1) ~ A C サーボモータ 4 2 2 (4) と、サーボアンプ 6 0 5 (1) ~ サervoアンプ 6 0 5 (4) とを含んで構成されている。

40

【 0 0 5 9 】

操作表示部 6 0 1 は、姿勢安定システム 6 0 0 の起動及び終了の操作、姿勢安定システ

50

△600の動作状態の表示等を行う。

【0060】

演算処理部602には、例えばmini-ITX規格準拠の組み込み用パーソナルコンピュータが使用されている。演算処理部602では、少なくとも下記処理(A)~処理(D)が実行される。

(A)車体14の姿勢角度を検出して得られる姿勢角度情報及び姿勢角度の変化に伴う角速度を検出して得られる第1角速度情報が姿勢角度検出部501から取得される。

(B)回転数検出部607ではオムニホイール401~404の回転数が検出される。この回転数の検出結果が回転数検出部607から取得され、この検出結果に基づいて、回転体12が回転する第2角速度としての角速度が算出される。この第2角速度は第2角速度情報として取得される。

(C)姿勢角度情報、第1角速度情報及び第2角速度情報に基づいて、車体14の姿勢を安定に維持するオムニホイール401~オムニホイール404のホイール操作トルクが算出される。

(D)ホイール操作トルク情報に従って第1駆動ユニット40~第4駆動ユニット46が作動される。

【0061】

さらに、演算処理部602では、処理(D)において、下記処理(a)~処理(d)が実行される。

(a)姿勢角度情報、第1角速度情報及び第2角速度情報に基づいて、車体14の姿勢を安定に維持させる、回転体12が回転する角加速度の目標値及び車体14が旋回する角加速度の目標値が算出される。

(b)目標値に一致させる回転体12の第3角加速度としての角加速度が算出される。

(c)第3角加速度情報に基づいて、回転体12を操作する回転体操作トルクが算出される。

(d)回転体操作トルク情報に基づいて、オムニホイール401~オムニホイール404を操作するホイール操作トルクが算出される。

【0062】

演算処理部602から出力されるホイール操作トルク情報(デジタル情報)はトルク指令としてデジタルアナログ変換器603へ出力される。デジタルアナログ変換器603ではトルク指令がアナログ情報に変換され、アナログ情報に変換されたトルク指令はデジタルアナログ変換器603からサーボアンプ605(1)~サーボアンプ605(4)の各々へ出力される。また、サーボアンプ605(1)~サーボアンプ605(4)には演算処理部602からシーケンス指令が出力される。サーボアンプ605(1)~サーボアンプ605(4)は、トルク指令に従ってACサーボモータ422(1)~ACサーボモータ422(4)のそれぞれを制御する。

【0063】

一方、回転数検出部607においてACサーボモータ422(1)~ACサーボモータ422(4)の各々の回転数が検出されると、この検出結果はサーボアンプ605(1)~サーボアンプ605(4)のそれぞれを介して角速度検出部604へ出力される。角速度検出部604は、ここではパルスカウンタにより構成され、単位時間当たりの回転数をカウントして角速度情報を生成する。この角速度情報は演算処理部602へ出力される。

【0064】

そして、姿勢安定システム600には着脱自在とされる電源606が搭載されている。電源606には二次電池、具体的にはバッテリーが使用されている。また、電源606は、制御系に電源を供給する二次電池と、動力系に電源を供給する二次電池とを含んで構成されている。詳しく説明すると、制御系には、姿勢角度検出部501、操作表示部601、演算処理部602、デジタルアナログ変換器603及び角速度検出部604が含まれている。一方、動力系には、サーボアンプ605(1)~サーボアンプ605(4)及びACサーボモータ422(1)~ACサーボモータ422(4)が含まれている。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

[全方向移動装置の姿勢制御方法]

前述の全方向移動装置 10 の姿勢制御方法は以下の通りである。ここで、図 5 は姿勢制御方法を説明するフローチャートである。図 6 は姿勢制御方法を実現するアルゴリズムである。また、姿勢制御方法の説明では、適宜、図 1 ~ 図 4 が参酌される。

【 0 0 6 6 】

1 . 3 個のオムニホイールを有する全方向移動装置の姿勢制御方法

(1) 車体の姿勢角度及び第 1 角速度の取得

まず最初に、図 4 及び図 6 に示される姿勢角度検出部 501 を用いて、車体 14 の姿勢角度 θ_0 及び姿勢角度の変化に伴う車体 14 の第 1 角速度 ($\dot{\theta}_0$ の 1 回微分) が検出される。図 4 ~ 図 6 に示されるように、演算処理部 602 は、姿勢角度検出部 501 から姿勢角度情報及び第 1 角速度情報を取得する (S 10)。

10

【 0 0 6 7 】

(2) オムニホイールの回転数の取得

次に、図 4 に示される回転数検出部 607 の AC サーボモータ 422 (1) ~ AC サーボモータ 422 (3) を用いて、オムニホイール 401 ~ 403 の回転数が検出される。検出された回転数は、図 4 及び図 6 に示されるように、サーボアンプ 605 (1) ~ サーボアンプ 605 (3) を介して角速度検出部 604 に出力される。角速度検出部 604 では、角速度情報 $\dot{\theta}_k$ としてオムニホイール 401 ~ 403 の回転数を取得する。図 5 に示されるように、演算処理部 602 は、角速度検出部 604 から角速度情報 $\dot{\theta}_k$ を取得する (S 11)。

20

【 0 0 6 8 】

(3) 回転体の第 2 角速度の取得

ここで、図 7 に、全方向移動装置 10 の回転体 12 に対する 3 個のオムニホイール 401 ~ 403 の配置位置を、原点 O_0 とする X_0 軸、 Y_0 軸及び Z_0 軸を含む 3 次元座標系により表した概略図が示されている。

回転体 12 に対するオムニホイール 401 ~ 403 の各々の配置位置及び駆動力は、回転体 12 とオムニホイール 401 ~ 403 の各々との接点の位置ベクトル p_k と、接点における接線ベクトル t_k により表される。 n をオムニホイールの数として、 k は 1 から n の整数である。位置ベクトル p_1 は、回転体 12 の中心 O_b から回転体 12 とオムニホイール 401 との接点までの位置ベクトルである。同様に、位置ベクトル p_2 は中心 O_b から回転体 12 とオムニホイール 402 との接点までの位置ベクトル、位置ベクトル p_3 は中心 O_b から回転体 12 とオムニホイール 403 との接点までの位置ベクトルである。

30

接線ベクトル t_1 は、回転体 12 とオムニホイール 401 との接点における単位接線ベクトルである。同様に、接線ベクトル t_2 は回転体 12 とオムニホイール 402 との接点における単位接線ベクトル、接線ベクトル t_3 は回転体 12 とオムニホイール 403 との接点における単位接線ベクトルである。

【 0 0 6 9 】

回転体 12 の角速度ベクトル ω_s は、回転体 12 の車体前後方向の軸周りの角速度を ω_x とし、回転体 12 の車体幅方向の軸周りの角速度を ω_y とし、回転体 12 の車体上下方向の軸周りの角速度を ω_z とすると、下記式 (1) により表される (図 6 参照)。

40

【 数 1 】

$$\omega_s := \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

【数 2】

オムニホイール401～オムニホイール403の角速度を纏めた角速度ベクトル $\dot{\theta}_o$ は、オムニホイール401～403の各々の角速度を $\dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\theta}_3$ とすると、下記式(2)により表される(図6参照)。

$$\dot{\theta}_o := \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{\theta}_3 \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

10

【0070】

動力伝達行列Tは、位置ベクトル p_1, p_2, p_3 、接線ベクトル t_1, t_2, t_3 及びオムニホイール401～403の半径 r_o から、下記式(3)により表される。

【数 3】

$$T := \frac{1}{r_o} \begin{bmatrix} (p_1 \times t_1)^T \\ (p_2 \times t_2)^T \\ (p_3 \times t_3)^T \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

20

【数 4】

式(3)に表される動力伝達行列Tにより、角速度ベクトル $\dot{\theta}_o$ と角速度ベクトル ω_s の関係が下記式(4)により表される。

$$\dot{\theta}_o = T\omega_s \quad \dots (4)$$

【0071】

また、式(4)は、動力伝達行列Tの一般化逆行列を用いると、下記式(5)により表される(図6参照)。

30

【数 5】

$$\omega_s = (T^T T)^{-1} T^T \dot{\theta}_o \quad \dots (5)$$

上記式(5)により、オムニホイール401～オムニホイール403の角速度から回転体12の第2角速度が算出される。図6に示されるように、第2角速度は演算処理部602を用いて算出され、図5に示されるように、演算処理部602は第2角速度を第2角速度情報として取得する(S12)。

【0072】

40

(4) 目標値の算出

車体14の姿勢を回転体12上において安定に維持するには、車体14の姿勢角度と車体14の第1角速度とに基づいて、車体14の姿勢を補正する回転体12の転動の際の角加速度の目標値及び車体14の旋回の際の角加速度の目標値が必要になる。目標値をuとすれば、目標値uは下記式(6)により算出される(図6参照)。

【数 6】

$$u = K_d x_d \quad \dots (6)$$

【0073】

50

目標値 u は、下記式(7)に示されるように、車体14の旋回の目標角加速度 u_1 と、回転体12の車体前後方向の軸周りの目標角加速度 u_2 と、回転体12の車体幅方向の軸周りの目標角加速度 u_3 とを纏めたベクトルである。

【数7】

$$\mathbf{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix} \quad \dots (7)$$

【0074】

ロール角を γ 、ピッチ角を β 、ヨー角を $\dot{\gamma}$ とすると、式(6)の x_d は下記式(8)により表される。

【数8】

$$\mathbf{x}_d := \begin{bmatrix} \gamma \\ \beta \\ \dot{\gamma} \\ \dot{\beta} \\ \dot{\alpha} \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

【0075】

また、 K_d は、フィードバックゲイン行列であり、車体14と回転体12の質量、重心位置、慣性モーメント等に基づいて決定される。

図5及び図6に示されるように、目標値 u 、すなわち回転体12が転動する角加速度の目標値及び車体14が旋回する角加速度の目標値は演算処理部602を用いて算出される(S13)。

【0076】

(5) 回転体の操作角加速度の算出

【0077】

車体14の姿勢を回転体12上で安定化する際に外乱の影響を低減する必要がある。このため、目標値 u にPID制御(Proportional Integral Differential Controller)が付加され、新たな角加速度の操作量が算出される(図6参照)。

【数9】

操作量を $\tilde{\mathbf{u}}$ とすると、操作量 $\tilde{\mathbf{u}}$ は下記式(9)により表される。

$$\tilde{\mathbf{u}} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 + K_I \int_0^t (\theta_{xd} - \theta_x) dt + K_P(\theta_{xd} - \theta_x) + K_D(\omega_{xd} - \omega_x) \\ u_3 + K_I \int_0^t (\theta_{yd} - \theta_y) dt + K_P(\theta_{yd} - \theta_y) + K_D(\omega_{yd} - \omega_y) \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

【0078】

x_d は回転体12の車体前後方向の軸周りの目標角速度であり、目標角速度 ω_{xd} は下記式(10)により表される。

【数10】

$$\omega_{xd} = \int_0^t u_2 dt \quad \dots (10)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 7 9 】

θ_{xd} は回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの目標角度であり、この目標角度 θ_{xd} は下記式 (1 1) により表される。

【 数 1 1 】

$$\theta_{xd} = \int_0^t \omega_{xd} dt \quad \dots (11)$$

θ_x は回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの角度であり、角度 θ_x は回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの角速度 ω_x から下記式 (1 2) により表される。 10

【 数 1 2 】

$$\theta_x = \int_0^t \omega_x dt \quad \dots (12)$$

【 0 0 8 0 】

ω_{yd} は回転体 1 2 の車体幅方向の軸周りの目標角速度であり、目標角速度 ω_{yd} は下記式 (1 3) により表される。

【 数 1 3 】

$$\omega_{yd} = \int_0^t u_3 dt \quad \dots (13)$$

θ_{yd} は回転体 1 2 の車体幅方向の軸周りの目標角度であり、この目標角度 θ_{yd} は下記式 (1 4) により表される。

【 数 1 4 】

$$\theta_{yd} = \int_0^t \omega_{yd} dt \quad \dots (14)$$

【 0 0 8 1 】

θ_y は回転体 1 2 の車体幅方向の軸周りの角度であり、角度 θ_y は回転体 1 2 の車体幅方向の軸周りの角速度 ω_y から下記式 (1 5) により表される。

【 数 1 5 】

$$\theta_y = \int_0^t \omega_y dt \quad \dots (15)$$

回転体 1 2 の操作角加速度は、第 3 角加速度として、図 5 及び図 6 に示されるように、演算処理部 6 0 2 を用いて算出される (S 1 4) 。

【 0 0 8 2 】

(6) 回転体の操作トルクの算出

10

20

30

40

【数 1 6】

回転体 1 2 と車体 1 4 の旋回の角加速度の操作量 $\hat{\mathbf{u}}$ に基づいて、回転体 1 2 のトルク τ_s は下記式 (1 6) を用いて算出される (図 6 参照)。

$$\tau_s = \overline{\mathbf{B}}_2^{-1} (\overline{\mathbf{M}}_{22} - \overline{\mathbf{M}}_{12}^T \overline{\mathbf{M}}_{11}^{-1} \overline{\mathbf{M}}_{12}) \hat{\mathbf{u}} - \overline{\mathbf{B}}_2^{-1} \overline{\mathbf{M}}_{12}^T \overline{\mathbf{M}}_{11}^{-1} \overline{\mathbf{H}}_1 \boldsymbol{\theta}_1 \quad \dots (1 6)$$

【0 0 8 3】

ここで、慣性行列の部分行列は、下記式 (1 7)、式 (1 8) 及び式 (1 9) により表される。

10

【数 1 7】

$$\overline{\mathbf{M}}_{11} := \begin{bmatrix} I_s + I_{bxx} + 2m_b s_z r_s & I_{bxy} \\ I_{bxy} & I_s + I_{byy} + 2m_b s_z r_s \end{bmatrix} \quad \dots (1 7)$$

【数 1 8】

$$\overline{\mathbf{M}}_{12} := \begin{bmatrix} I_{bxz} & I_s + m_b r_s s_z & 0 \\ I_{byz} & 0 & I_s + m_b r_s s_z \end{bmatrix} \quad \dots (1 8)$$

20

【数 1 9】

$$\overline{\mathbf{M}}_{22} := \begin{bmatrix} I_{bzz} & 0 & 0 \\ 0 & I_s & 0 \\ 0 & 0 & I_s \end{bmatrix} \quad \dots (1 9)$$

【0 0 8 4】

また、重力項は下記式 (2 0) により表される。下記式 (2 1) は入力軸の入れ替えを表す行列である。

30

【数 2 0】

$$\overline{\mathbf{H}}_1 := \begin{bmatrix} -m_b s_z g & 0 \\ 0 & -m_b s_z g \end{bmatrix} \quad \dots (2 0)$$

【数 2 1】

$$\overline{\mathbf{B}}_2 := \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad \dots (2 1)$$

40

【0 0 8 5】

上記式 (1 7)、式 (1 8) において、 I_s は回転体 1 2 と地面との接点周りの回転体 1 2 の慣性モーメントである。慣性モーメント I_s は下記式 (2 2) により表される。

【数 2 2】

$$I_s := \hat{I}_s + (m_s + m_b) r_s^2 \quad \dots (2 2)$$

50

ここで、 I_{bxx} 、 I_{bxy} 、 I_{bxz} 、 I_{byy} 、 I_{byz} 、 I_{bzz} は車体 1 4 の慣性モーメントと慣性乗積である。 m_b は車体 1 4 の質量である。 s_z は回転体 1 2 の中心 O_b から車体 1 4 の重心までの距離である。 r_s は回転体 1 2 の半径である。 g は重力加速度定数である。 m_s は回転体 1 2 の質量である。

【数 2 3】

\hat{I}_s は回転体 1 2 の中心周りの慣性モーメントである。

【0086】

回転体 1 2 の操作トルクは、図 5 及び図 6 に示されるように、演算処理部 6 0 2 を用いて算出される (S 1 5)。

【0087】

(7) オムニホイールの操作トルクの算出

回転体 1 2 にトルクを生じさせるために、各オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 3 が発生すべき操作トルク τ_o は下記式 (2 3) により算出される。

【数 2 4】

$$\tau_o = T(T^T T)^{-1} \tau_s + \hat{I}_o \ddot{\theta}_o \quad \dots (23)$$

\hat{I}_o はオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 3 の慣性モーメントである。

【0088】

オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 3 の操作トルク τ_o は、図 5 及び図 6 に示されるように、演算処理部 6 0 2 を用いて算出される (S 1 6)。この操作トルク τ_o は、ホイール操作トルクとして、AC サーボモータ 4 2 2 (1) ~ AC サーボモータ 4 2 2 (3) を介してオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 3 に伝達される。

以上説明した姿勢制御方法の手順が実行されると、全方向移動装置 1 0 では、車体 1 4 の姿勢を回転体 1 2 上において安定に維持することができる。そして、車体 1 4 の姿勢を安定に維持した状態において、全方向移動装置 1 0 を走行させることができる。

【0089】

2. 4 個のオムニホイールを有する全方向移動装置の姿勢制御方法 30

4 個のオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 を有する全方向移動装置 1 0 の姿勢制御方法は、基本的には 3 個のオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 3 を有する全方向移動装置 1 0 の姿勢制御方法とほぼ同一である。ここでの姿勢制御方法の説明は、図 4 ~ 図 6 を用いて、重複する説明を極力省略しつつ、異なる手順だけを簡潔に説明する。

【0090】

(1) 車体の姿勢角度及び第 1 角速度の取得

図 4 及び図 6 に示される姿勢角度検出部 5 0 1 を用いて、車体 1 4 の姿勢角度及び車体 1 4 の第 1 角速度が検出される。図 4 ~ 図 6 に示されるように、演算処理部 6 0 2 は、姿勢角度検出部 5 0 1 から姿勢角度情報及び第 1 角速度情報を取得する (S 1 0)。

【0091】

(2) オムニホイールの回転数の取得 40

次に、図 4 に示される回転数検出部 6 0 7 の AC サーボモータ 4 2 2 (1) ~ AC サーボモータ 4 2 2 (4) を用いて、オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 の回転数が検出される。検出された回転数は、図 4 及び図 6 に示されるように、サーボアンプ 6 0 5 (1) ~ サーボアンプ 6 0 5 (4) を介して角速度検出部 6 0 4 に出力される。図 5 に示されるように、演算処理部 6 0 2 は角速度検出部 6 0 4 から角速度情報 ω_o を取得する (S 1 1)。

【0092】

(3) 回転体の第 2 角速度の取得

ここで、図 8 に、全方向移動装置 1 0 の回転体 1 2 に対する 4 個のオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 の配置位置を 3 次元座標系により表した概略図が示されている。

回転体 1 2 に対するオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 の各々の配置位置及び駆動力は、回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 の各々との接点の位置ベクトル p_k と、接点における接線ベクトル t_k により表される。位置ベクトル p_1 は、回転体 1 2 の中心 O_b から回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 1 との接点までの位置ベクトルである。同様に、位置ベクトル p_2 は中心 O_b から回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 2 との接点までの位置ベクトル、位置ベクトル p_3 は中心 O_b から回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 3 との接点までの位置ベクトルである。そして、位置ベクトル p_4 は中心 O_b から回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 4 との接点までの位置ベクトルである。

接線ベクトル t_1 は、回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 1 との接点における単位接線ベクトルである。同様に、接線ベクトル t_2 は回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 2 との接点における単位接線ベクトル、接線ベクトル t_3 は回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 3 との接点における単位接線ベクトルである。そして、接線ベクトル t_4 は回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 4 との接点における単位接線ベクトルである。

10

【 0 0 9 3 】

回転体 1 2 の角速度ベクトル ω_o は、回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの角速度を ω_x とし、回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの角速度を ω_y とし、回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの角速度を ω_z とすると、前述の式 (1) により表される。

【 数 2 5 】

オムニホイール 4 0 1 ~ オムニホイール 4 0 4 の角速度を纏めた角速度ベクトル $\dot{\theta}_o$ は、オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 の各々の角速度を $\dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\theta}_3, \dot{\theta}_4$ とすると、下記式 (2 4) により表される (図 6 参照)。

20

$$\dot{\theta}_o := \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{\theta}_3 \\ \dot{\theta}_4 \end{bmatrix} \quad \dots (24)$$

【 0 0 9 4 】

動力伝達行列 T は、位置ベクトル p_1, p_2, p_3, p_4 、接線ベクトル t_1, t_2, t_3, t_4 及びオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 の半径 r_o から、下記式 (2 5) により表される。

30

【 数 2 6 】

$$T := \frac{1}{r_o} \begin{bmatrix} (p_1 \times t_1)^T \\ (p_2 \times t_2)^T \\ (p_3 \times t_3)^T \\ (p_4 \times t_4)^T \end{bmatrix} \quad \dots (25)$$

前述の式 (4) に基づいて、式 (2 5) に表される動力伝達行列 T の一般化逆行列を用いると、前述の式 (5) が得られ、オムニホイール 4 0 1 ~ オムニホイール 4 0 4 の角速度から回転体 1 2 の第 2 角速度が算出される。図 6 に示されるように、第 2 角速度は演算処理部 6 0 2 を用いて算出され、図 5 に示されるように、演算処理部 6 0 2 は第 2 角速度情報を取得する (S 1 2) 。

40

【 0 0 9 5 】

(4) 目標値の算出

車体 1 4 の姿勢角度と車体 1 4 の第 1 角速度とに基づいて、回転体 1 2 の転動の際の角加速度の目標値及び車体 1 4 の旋回の際の角加速度の目標値が算出される。目標値は u とされる。図 5 及び図 6 に示されるように、目標値 u は、演算処理部 6 0 2 を用いて前述の式 (6) により算出される (S 1 3) 。

【 0 0 9 6 】

50

(5) 回転体の操作角加速度の算出

目標値 u にPID 制御が付加され、新たな角加速度の操作量が算出される(図6参照)。回転体12の操作角加速度は、第3角加速度として、図5及び図6に示されるように、演算処理部602を用いて算出される(S14)。

【0097】

(6) 回転体の操作トルクの算出

回転体12のトルク T_{12} は前述の式(16)を用いて算出される(図6参照)。ここで、慣性行列の部分行列は前述の式(17)、式(18)及び式(19)により表され、又重力項は前述の式(20)、式(21)により表される。

回転体12の操作トルクは、図5及び図6に示されるように、演算処理部602を用いて算出される(S15)。

【0098】

(7) オムニホイールの操作トルクの算出

各オムニホイール401~404が発生すべき操作トルク $T_{401} \sim T_{404}$ は前述の式(23)により算出される。操作トルク $T_{401} \sim T_{404}$ は、図5及び図6に示されるように、演算処理部602を用いて算出される(S16)。この操作トルク $T_{401} \sim T_{404}$ は、ホイール操作トルクとして、ACサーボモータ422(1)~ACサーボモータ422(4)を介してオムニホイール401~404に伝達される。

以上説明した姿勢制御方法の手順が実行されると、全方向移動装置10では、車体14の姿勢を回転体12上において安定に維持することができる。そして、車体14の姿勢を安定に維持した状態において、全方向移動装置10を走行させることができる。

【0099】

(本実施の形態の作用及び効果)

図1(A)~図1(D)に示される全方向移動装置10は、図2、図3(A)及び図3(B)に示されるように、球状の回転体12と、回転体12の表面に接して配設されたホイールとしてのオムニホイール401及び402、又はオムニホイール403及び404とを備える。オムニホイール401~404は、円周方向Aに回転して回転体12に動力を伝達し、かつ、円周方向Aとは交差する方向Bに回転体12を転動可能とする。

【0100】

ここで、オムニホイール401及び402は、回転体12を転動させて直進方向に移動させる回転軸120の軸周り121において回転体12の表面に複数配設される。また、オムニホイール403及び404は、回転体12を転動させて直進方向に移動させる回転軸120の軸周り122において回転体12の表面に複数配設される。

このため、直進方向の移動に際して、オムニホイール401及び402、又はオムニホイール403及び404から回転体12へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体12を直進方向へ転動させることができる。

【0101】

また、図1(A)~図1(D)に示される全方向移動装置10は、図2、図3(A)及び図3(B)に示されるように、球状の回転体12と、回転体12の表面に接して配設された第1オムニホイールとしてのオムニホイール401及び402と第2オムニホイールとしてのオムニホイール403及び404とを備える。オムニホイール401~404は、いずれも、円周方向Aに回転して回転体12に動力を伝達し、円周方向Aと交差する方向Bに回転体12を転動可能とする。

【0102】

ここで、図3(A)に示されるように、オムニホイール401及び402は、回転体12を転動させて直進方向に移動させる回転軸120の一端側の軸周り121において回転体12の上半球12Bの表面に複数配設される。一方、オムニホイール403及び404は、回転軸120の一端側の軸周り121において回転体12の下半球12Aの表面の特定位置403P、404Pに対する、回転体12の中心対称位置の表面に配設される。また、オムニホイール403及び404は、回転軸120の他端側の軸周り122において

10

20

30

40

50

回転体 1 2 の上半球 1 2 B の表面に配設される。

【 0 1 0 3 】

図 9 に、比較例に係る回転体 R_b と 3 個のオムニホイール $Oh_1 \sim Oh_3$ との配置関係が示されている。回転体 R_b を駆動するオムニホイール $Oh_1 \sim Oh_3$ の配置に関するパラメータは位置ベクトル p_k 及び単位接線ベクトル t_k である。ここで、位置ベクトル p_k は、回転体 R_b の中心 O_b を始点とする、 k 番目のオムニホイール Oh_k の回転体 R_b との接点の位置ベクトルである。 k は 1 以上の整数である。単位接線ベクトル t_k は、接点における k 番目のオムニホイール Oh_k の単位接線ベクトルである。

【 0 1 0 4 】

垂直軸 Z_b 周りにおいて回転体 R_b の上半球 R_{bu} に 3 個のオムニホイール $Oh_1 \sim Oh_3$ が等配されたときの位置ベクトル p_k は、垂直軸 Z_b に対して位置ベクトル p_k が 45 度の傾きに設定されたとき、下記式 (26) により表される。

10

$$p_1 = r_s \begin{bmatrix} 0 \\ -1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad p_2 = r_s \begin{bmatrix} \sqrt{3}/(2\sqrt{2}) \\ 1/(2\sqrt{2}) \\ 1/(2\sqrt{2}) \end{bmatrix}, \quad p_3 = r_s \begin{bmatrix} -\sqrt{3}/(2\sqrt{2}) \\ 1/(2\sqrt{2}) \\ 1/(2\sqrt{2}) \end{bmatrix} \quad \dots (26)$$

ここで、 r_s は回転体 R_b の半径である。

20

【 0 1 0 5 】

また、単位接線ベクトル t_k は下記式 (27) により表される。

【 数 2 8 】

$$t_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad t_2 = \begin{bmatrix} -1/2 \\ \sqrt{3}/2 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad t_3 = \begin{bmatrix} -1/2 \\ -\sqrt{3}/2 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \dots (27)$$

【 0 1 0 6 】

回転体 R_b の角速度とオムニホイール $Oh_1 \sim Oh_3$ の角速度との関係は下記式 (28) により表される。

30

【 数 2 9 】

$$\dot{\theta}_o = T \omega_s, \quad T = \frac{r_s}{r_o} \begin{bmatrix} 0 & 1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ -\sqrt{3}/(2\sqrt{2}) & -1/(2\sqrt{2}) & 1/\sqrt{2} \\ \sqrt{3}/(2\sqrt{2}) & -1/(2\sqrt{2}) & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \quad \dots (28)$$

ここで、 r_o はオムニホイール $Oh_1 \sim Oh_3$ の半径である。

【 0 1 0 7 】

【 数 3 0 】

また、 ω_s は回転体 R_b の角速度ベクトル、 $\dot{\theta}_o$ はオムニホイール $Oh_1 \sim Oh_3$ の角速度を纏めたベクトルである。

40

T は動力伝達行列である。

【 0 1 0 8 】

図 9 に示される比較例では、上記式 (28) の動力伝達行列 T の 3 列目の行列要素の絶対値が等しくなるので、旋回軸 (垂直軸 Z_b) の出力が最大になる。進行方向の出力は半減されている。

【 0 1 0 9 】

50

上記比較例に対して、図7に、本実施の形態に係る回転体12と3個のオムニホイール401～403との配置関係が示されている。回転軸120の一端側の軸周り121の上半球12Bに2個のオムニホイール401及び402が配置され（図3（A）参照）、回転軸120の他端側の軸周り122の上半球12Bに1個のオムニホイール403が配置されている（図3（B）参照）。

このときの位置ベクトル p_k は、回転軸120に対して位置ベクトル p_k が45度の傾きに設定されたとき、下記式（29）により表される。

【数31】

$$p_1 = r_s \begin{bmatrix} 0 \\ 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad p_2 = r_s \begin{bmatrix} \sqrt{3}/(2\sqrt{2}) \\ -1/(2\sqrt{2}) \\ 1/(2\sqrt{2}) \end{bmatrix}, \quad p_3 = r_s \begin{bmatrix} -\sqrt{3}/(2\sqrt{2}) \\ -1/(2\sqrt{2}) \\ 1/(2\sqrt{2}) \end{bmatrix} \quad \dots (29) \quad 10$$

また、単位接線ベクトル t_k は下記式（30）により表される。

【数32】

$$t_1 = \begin{bmatrix} -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad t_2 = \begin{bmatrix} -1/2 \\ 0 \\ \sqrt{3}/2 \end{bmatrix}, \quad t_3 = \begin{bmatrix} -1/2 \\ 0 \\ -\sqrt{3}/2 \end{bmatrix} \quad \dots (30) \quad 20$$

【0110】

そして、回転体12の角速度とオムニホイール401～403の角速度との関係は下記式（31）により表される。

【数33】

$$\dot{\theta}_o = T\omega_s, \quad T = \frac{r_s}{r_o} \begin{bmatrix} 0 & -1/\sqrt{2} & 1/\sqrt{2} \\ -\sqrt{3}/(2\sqrt{2}) & -1/\sqrt{2} & -1/(2\sqrt{2}) \\ \sqrt{3}/(2\sqrt{2}) & -1/\sqrt{2} & 1/(2\sqrt{2}) \end{bmatrix} \quad \dots (31)$$

【0111】

図7に示される本実施の形態では、上記式（31）の動力伝達行列 T の2列目の行列要素の絶対値が等しくなるので、回転軸120（水平軸 Y_b ）の出力が最大になる。すなわち、進行方向の出力が最大となる。このように、直進方向の移動に際して、オムニホイール401～403のそれぞれから回転体12へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体12を直進方向へ転動させることができる。

【0112】

また、図10に、比較例に係る回転体 R_b と4個のオムニホイール $Oh_1 \sim Oh_4$ との配置関係が示されている。垂直軸 Z_b 周りにおいて回転体 R_b の上半球 R_{bu} に4個のオムニホイール $Oh_1 \sim Oh_4$ が等配されたときの位置ベクトル p_k は、垂直軸 Z_b に対して位置ベクトル p_k が45度の傾きに設定されたとき、下記式（32）により表される。単位接線ベクトル t_k は、下記式（33）により表される。

【数34】

$$p_1 = r_s \begin{bmatrix} 1/2 \\ 1/2 \\ 1/\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad p_2 = r_s \begin{bmatrix} -1/2 \\ 1/2 \\ 1/\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad p_3 = r_s \begin{bmatrix} -1/2 \\ -1/2 \\ 1/\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad p_4 = r_s \begin{bmatrix} 1/2 \\ -1/2 \\ 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \quad \dots (32) \quad 40$$

【数35】

$$t_1 = \begin{bmatrix} -1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad t_2 = \begin{bmatrix} -1/\sqrt{2} \\ -1/\sqrt{2} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad t_3 = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} \\ -1/\sqrt{2} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad t_4 = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} \\ 1/\sqrt{2} \\ 0 \end{bmatrix} \quad \dots (33) \quad 50$$

【 0 1 1 3 】

回転体 R_b の角速度とオムニホイール $Oh_1 \sim Oh_4$ の角速度との関係は下記式(34)により表される。

【 数 3 6 】

$$\dot{\theta}_o = T\omega_s, \quad T = \frac{r_s}{r_o} \begin{bmatrix} -1/2 & -1/2 & 1/\sqrt{2} \\ 1/2 & -1/2 & 1/\sqrt{2} \\ 1/2 & 1/2 & 1/\sqrt{2} \\ -1/2 & 1/2 & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \quad \dots (34)$$

10

図10に示される比較例では、上記式(34)の動力伝達行列の1列目～3列目の行列要素の列毎に絶対値が等しくなるので、左右方向への回転軸(水平軸 X_b)、前進方向への回転軸(水平軸 Y_b)、旋回軸(垂直軸 Z_b)のそれぞれの出力が最大になる。

【 0 1 1 4 】

上記比較例に対して、図8に、本実施の形態に係る回転体12と4個のオムニホイール401～404との配置関係が示されている。回転軸120の一端側の軸周り121の上半球12Bに2個のオムニホイール401及び402が配置され(図3(A)参照)、回転軸120の他端側の軸周り122の上半球12Bに2個のオムニホイール403及び404が配置されている(図3(B)参照)。

このときの位置ベクトル p_k は、回転軸120に対して位置ベクトル p_k が45度の傾きに設定されたとき、下記式(35)により表される。

20

【 数 3 7 】

$$p_1 = r_s \begin{bmatrix} 1/2 \\ -1/\sqrt{2} \\ 1/2 \end{bmatrix}, \quad p_2 = r_s \begin{bmatrix} -1/2 \\ -1/\sqrt{2} \\ 1/2 \end{bmatrix}, \quad p_3 = r_s \begin{bmatrix} 1/2 \\ 1/\sqrt{2} \\ 1/2 \end{bmatrix}, \quad p_4 = r_s \begin{bmatrix} -1/2 \\ -1/\sqrt{2} \\ 1/2 \end{bmatrix} \quad \dots (35)$$

また、単位接線ベクトル t_k は下記式(36)により表される。

【 数 3 8 】

$$t_1 = \begin{bmatrix} -1/\sqrt{2} \\ 0 \\ 1/\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad t_2 = \begin{bmatrix} -1/\sqrt{2} \\ 0 \\ -1/\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad t_3 = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} \\ 0 \\ -1/\sqrt{2} \end{bmatrix}, \quad t_4 = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{2} \\ 0 \\ 1/\sqrt{2} \end{bmatrix} \quad \dots (36)$$

30

【 0 1 1 5 】

そして、回転体12の角速度とオムニホイール401～404の角速度との関係は下記式(37)により表される。

【 数 3 9 】

$$\dot{\theta}_o = T\omega_s, \quad T = \frac{r_s}{r_o} \begin{bmatrix} -1/2 & -1/\sqrt{2} & -1/2 \\ 1/2 & -1/\sqrt{2} & -1/2 \\ -1/2 & 1/\sqrt{2} & -1/2 \\ 1/2 & 1/\sqrt{2} & -1/2 \end{bmatrix} \quad \dots (37)$$

40

【 0 1 1 6 】

図8に示される本実施の形態では、上記式(37)の動力伝達行列 T の1列目～3列目の行列要素の列毎に絶対値がすべて等しくなるので、回転軸120(水平軸 Y_b)の出力が最大になるばかりか、左右方向の回転軸(水平軸 X_b)及び旋回軸(垂直軸 Z_b)の出力も最大になる。このように、直進方向の移動に際して、オムニホイール401～404のそれぞれから回転体12へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体12を直進方向へ転動させることができる。

50

【 0 1 1 7 】

さらに、本実施の形態に係る全方向移動装置 1 0 では、図 2 に示されるように、ホイールはオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 とされる。オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 では、図 3 (A) 及び図 3 (B) に示されるように、最大出力により回転体 1 2 を直進方向へ転動させることができ、かつ、直進方向以外の方向へも回転体 1 2 を転動させることができる。

【 0 1 1 8 】

また、本実施の形態に係る全方向移動装置 1 0 では、図 7 及び図 8 に示されるように、第 1 ホイールとして 2 個のオムニホイール 4 0 1 及び 4 0 2 が配設され、第 2 ホイールとして 1 個のオムニホイール 4 0 3、或いは 2 個のオムニホイール 4 0 3 及び 4 0 4 が配設される。このため、最小限のホイール数により、部品点数並びに重量を最小限として、回転体 1 2 を全方向へ転動させることができる。

10

【 0 1 1 9 】

さらに、本実施の形態に係る全方向移動装置 1 0 によれば、動力伝達行列 T の行列要素のうち、回転体 1 2 を直進方向に移動させる回転軸 1 2 0 の行列要素の列毎に絶対値が等しくなる位置にオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 (又は 4 0 1 ~ 4 0 3) が配設される。このため、直進方向の移動に際して、オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 のそれぞれから回転体 1 2 へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体 1 2 を直進方向へ転動させることができる。

【 0 1 2 0 】

また、全方向移動装置 1 0 によれば、動力伝達行列 T は角速度を表す伝達行列を含む。回転体 1 2 を直進方向に移動させる回転軸 1 2 0 の角速度を表す伝達行列において行列要素の列毎に絶対値が等しくなる位置に、オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 (又は 4 0 1 ~ 4 0 3) がそれぞれ配設される。このため、直進方向の移動に際して、オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 から回転体 1 2 へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体 1 2 を直進方向へ転動させることができる。

20

【 0 1 2 1 】

さらに、全方向移動装置 1 0 は、図 1 (A) ~ 図 1 (D) に示されるように、回転体 1 2 の下半球 1 2 A の表面に接して、又は近接させて補助輪 3 2 及び 3 6 を備える。補助輪 3 2 及び 3 6 は、図 2 に示されるオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 と同様に、円周方向 A に回転し、かつ、円周方向 A と交差する方向に回転体 1 2 を転動可能とする。このため、回転体 1 2 の上半球 1 2 B がオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 に接し、回転体 1 2 の下半球 1 2 A に補助輪 3 2 及び 3 6 が設けられるので、回転体 1 2 を全方向へ転動可能としつつ、回転体 1 2 の抜けを防ぐことができる。

30

【 0 1 2 2 】

また、図 1 及び図 2 に示されるように、全方向移動装置 1 0 によれば、回転体 1 2 上には車体 1 4 が設けられる。オムニホイール 4 0 1 及び 4 0 2 のシャフト 4 3 0 には A C サーボモータ 4 2 2 (1) 及び 4 2 2 (2) が接続され、A C サーボモータ 4 2 2 (1) 及び 4 2 2 (2) は車体 1 4 に取り付けられる。また、オムニホイール 4 0 3 及び 4 0 4 のシャフト 4 3 0 には A C サーボモータ 4 2 2 (3) 及び 4 2 2 (4) が接続され、A C サーボモータ 4 2 2 (3) 及び 4 2 2 (4) は車体 1 4 に取り付けられる。オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 はいずれも回転体 1 2 の上半球 1 2 B の表面に接する。このため、車体 1 4 の荷重が A C サーボモータ 4 2 2 (1) ~ 4 2 2 (4) を介してオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 により支えられ、図 4 及び図 6 に示される姿勢安定システム 6 0 0 により車体 1 4 の姿勢が安定に維持された状態において、最大出力により回転体 1 2 を直進方向へ転動させることができる。

40

【 0 1 2 3 】

さらに、図 4 に示されるように、全方向移動装置 1 0 によれば、姿勢安定システム 6 0 0 は、姿勢角度検出部 5 0 1 と、回転数検出部 6 0 7 と、角速度検出部 6 0 4 と、演算処理部 6 0 2 とを備える。姿勢角度検出部 5 0 1 は、図 1 に示される車体 1 4 に装着され、車体 1 4 の姿勢角度及び姿勢角度の変化に伴う第 1 角速度を検出する。回転数検出部 6 0

50

7は、オムニホイール401～オムニホイール404の回転数を検出する。角速度検出部604は、回転数検出部607による回転数の検出結果に基づいて、回転体12が転動する第2角速度を検出する。

【0124】

ここで、演算処理部602は、図4～図6に示されるように、車体14の姿勢を維持するオムニホイール401～404のホイール操作トルクを算出する(S16)。このホイール操作トルクは、姿勢角度検出部501により検出される姿勢角度情報、第1角速度情報(S10)及び角速度検出部604により検出される第2角速度情報(S12)に基づいて、算出される。演算処理部602は、このホイール操作トルク情報に従って、図2及び図4に示されるACサーボモータ422(1)～ACサーボモータ422(4)を作動させる。

10

このため、姿勢安定システム600では車体14の姿勢を安定に維持する動力がオムニホイール401～404から回転体12へ伝達されるので、車体14の姿勢が安定に維持された状態において、最大出力により回転体12を直進方向へ転動させることができる。

【0125】

また、図4～図6に示されるように、全方向移動装置10によれば、演算処理部602では、車体14の姿勢を維持させる、回転体12が転動する角加速度の目標値及び車体14が旋回する角加速度の目標値が算出される(S13)。目標値は姿勢角度情報、第1角速度情報(S10)及び第2角速度情報(S12)に基づいて算出される。演算処理部602では、更に目標値に一致させる回転体12の第3角加速度が算出され(S14)、第3角加速度に基づいて回転体12を操作する回転体操作トルクが算出される(S15)。この回転体操作トルクに基づいて、演算処理部602では、オムニホイール401～404を操作するホイール操作トルクが算出される(S16)。

20

この結果、演算処理部602において、車体14の姿勢を安定に維持する動力が算出される。このため、動力がオムニホイール401～404から回転体12へ伝達されるので、車体14の姿勢が安定に維持された状態において、最大出力により回転体12を直進方向へ転動させることができる。

【0126】

さらに、全方向移動装置10の姿勢制御方法によれば、図5に示されるように、姿勢安定システム600が、まず最初に、姿勢角度情報、第1角加速度情報及び第2角速度情報を取得する(S10、S12)。次に、姿勢角度情報、第1角速度情報及び第2角速度情報に基づいて、車体14の姿勢を維持させる、回転体12が転動する角加速度の目標値及び車体14が旋回する角加速度の目標値が算出される(S13)。次に、目標値に一致させる回転体12の第3角加速度が算出され(S14)、更に第3角加速度情報に基づいて回転体12を操作する回転体操作トルクが算出される(S15)。そして、回転体操作トルク情報に基づいて、オムニホイール401～404を操作するホイール操作トルクが算出される。

30

【0127】

この結果、姿勢安定システム600において、車体14の姿勢を安定に維持する動力が算出される。このため、動力がオムニホイール401～404から回転体12へ伝達されるので、全方向移動装置10では、最大出力により回転体12を直進方向へ転動させることができ、しかも車体14の姿勢を安定に維持することができる。

40

【0128】

加えて、全方向移動装置10の姿勢制御方法では、図6に示されるように、動力伝達行列Tに基づいて、車体14の姿勢が制御される。詳しく説明すると、演算処理部602の演算処理の入力段では、前述の式(5)に基づいて、動力伝達行列Tの一般化逆行列から回転体12の角速度ベクトル ω が算出される(図5のS12)。一方、演算処理部602の演算処理の出力段では、前述の式(23)に基づいて、動力伝達行列Tの一般化逆行列から回転体12に伝達するオムニホイール401～404のホイール操作トルクとしての操作トルク τ が算出される(図5のS16)。

50

このため、オムニホイール 401 ~ 404 の配置間隔、回転体 12 の表面に対するオムニホイール 401 ~ 404 の接触角度等に関係なく、車体 14 の姿勢を安定に維持することができる。表現を代えれば、本実施の形態に係る姿勢制御方法は、本実施の形態に係る全方向移動装置 10 の姿勢制御に適切な方法であると共に、他の装置の姿勢制御にも適用可能である。

【0129】

(第2実施の形態)

図11を用いて、本発明の第2実施の形態に係る全方向移動装置10を説明する。ここで、本実施の形態の説明において、第1実施の形態に係る全方向移動装置10の構成要素と同一又は実質的に同一の構成要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

10

【0130】

本実施の形態に係る全方向移動装置10では、基本的に第1実施の形態に係る全方向移動装置10と同一構成とされているが、ホイールにメカナムホイール405 ~ 408 (図11参照)が使用されている。ここでは、4個のメカナムホイール405 ~ 408が配設される例を説明するが、第1実施の形態に係る全方向移動装置10と同様に、メカナムホイールは3個とされてもよい。

詳細な構造は省略するが、図2に示されるオムニホイール401 ~ 404と同様に、メカナムホイール405 ~ 408は、円周方向Aに回転して回転体12に駆動力を伝達し、かつ、円周方向Aと交差する方向Bに回転体12を転動可能とする。

【0131】

20

図11に、本実施の形態に係る回転体12と4個のメカナムホイール405 ~ 408との配置関係が示されている。回転軸120の一端側の軸周り121の上半球12Bに2個のメカナムホイール405及び406が配置され、回転軸120の他端側の軸周り122の上半球12Bに2個のメカナムホイール407及び408が配置されている。

【0132】

メカナムホイール405 ~ 408では、回転体12との接点 $p_1 \sim p_4$ における単位接線ベクトル t_k が、円周上の接線に対して、ここでは45度をなす。回転体12の半径を r_s とすると、位置ベクトル p_k は式(38)により表され、単位接線ベクトル t_k は式(39)により表される。

【数40】

30

$$p_1 = r_s \begin{bmatrix} 1/2 \\ 1/\sqrt{2} \\ 1/2 \end{bmatrix}, \quad p_2 = r_s \begin{bmatrix} -1/2 \\ 1/\sqrt{2} \\ 1/2 \end{bmatrix}, \quad p_3 = r_s \begin{bmatrix} -1/2 \\ -1/\sqrt{2} \\ 1/2 \end{bmatrix}, \quad p_4 = r_s \begin{bmatrix} 1/2 \\ -1/\sqrt{2} \\ 1/2 \end{bmatrix} \cdots (38)$$

【数41】

$$t_1 = \begin{bmatrix} (2 - \sqrt{2})/4 \\ 1/2 \\ -(2 + \sqrt{2})/4 \end{bmatrix}, \quad t_2 = \begin{bmatrix} (2 - \sqrt{2})/4 \\ -1/2 \\ (2 + \sqrt{2})/4 \end{bmatrix}, \quad t_3 = \begin{bmatrix} -(2 - \sqrt{2})/4 \\ -1/2 \\ -(2 + \sqrt{2})/4 \end{bmatrix}, \quad t_4 = \begin{bmatrix} -(2 - \sqrt{2})/4 \\ 1/2 \\ (2 + \sqrt{2})/4 \end{bmatrix} \cdots (39)$$

40

【0133】

そして、メカナムホイール405 ~ 408の半径を r_m とすると、動力伝達行列 T は下記式(40)により表される。

【数42】

$$\dot{\theta}_m = T\omega_s, \quad T = \frac{\sqrt{2}}{r_m} \begin{bmatrix} (p_1 \times t_1)^T \\ (p_2 \times t_2)^T \\ (p_3 \times t_3)^T \\ (p_4 \times t_4)^T \end{bmatrix} = \frac{r_s}{r_m} \begin{bmatrix} -(1 + \sqrt{2})/2 & 1/\sqrt{2} & (-1 + \sqrt{2})/2 \\ (1 + \sqrt{2})/2 & 1/\sqrt{2} & (-1 + \sqrt{2})/2 \\ (1 + \sqrt{2})/2 & -1/\sqrt{2} & (-1 + \sqrt{2})/2 \\ -(1 + \sqrt{2})/2 & -1/\sqrt{2} & (-1 + \sqrt{2})/2 \end{bmatrix} \cdots (40)$$

50

図 1 1 に示される本実施の形態では、上記式 (4 0) の動力伝達行列 T の 1 列目 ~ 3 列目の行列要素の列毎に絶対値がすべて等しくなる。

【 0 1 3 4 】

また、トルク伝達行列 $T (T^T T)^{-1}$ は、下記式 (4 1) により表される。

【 数 4 3 】

$$\tau_m = T(T^T T)^{-1} \tau_s, \quad T(T^T T)^{-1} = \frac{r_m}{r_s} \begin{bmatrix} (1 - \sqrt{2})/2 & 1/(2\sqrt{2}) & (1 + \sqrt{2})/2 \\ -(1 - \sqrt{2})/2 & 1/(2\sqrt{2}) & (1 + \sqrt{2})/2 \\ -(1 - \sqrt{2})/2 & -1/(2\sqrt{2}) & (1 + \sqrt{2})/2 \\ (1 - \sqrt{2})/2 & -1/(2\sqrt{2}) & (1 + \sqrt{2})/2 \end{bmatrix} \dots (4 1)$$

10

トルク伝達行列 $T (T^T T)^{-1}$ の 1 列目 ~ 3 列目の行列要素の列毎に絶対値がすべて等しくなる。

【 0 1 3 5 】

以上説明したように、本実施の形態に係る全方向移動装置 1 0 では、ホイールとしてメカナムホイール 4 0 5 ~ 4 0 8 が採用されても、回転軸 1 2 0 (水平軸 Y_b) の出力が最大になるばかりか、左右方向の回転軸 (水平軸 X_b) 及び旋回軸 (垂直軸 Z_b) の出力も最大になる。このように、直進方向の移動に際して、メカナムホイール 4 0 5 ~ 4 0 8 のそれぞれから回転体 1 2 へ動力が効率良く伝達され、最大出力により回転体 1 2 を直進方向へ転動させることができる。

20

【 0 1 3 6 】

また、本実施の形態に係る全方向移動装置 1 0 及びその姿勢制御方法によれば、第 1 実施の形態に係る全方向移動装置 1 0 及びその姿勢制御方法により得られる作用効果と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 1 3 7 】

(その他の実施の形態)

本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々変形可能である。例えば、本発明は、3 個のオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 3 の場合、回転体 1 2 の回転軸 1 2 0 の一端側と他端側とを入れ替えてもよい。また、本発明は、5 以上のオムニホイールを備えてもよい。なお、全方向移動装置の小型化並びに軽量化を図るためにはオムニホイールは 3 個又は 4 個とすることが好ましい。

30

【 0 1 3 8 】

また、上記実施の形態では、3 個のオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 3 或いは 4 個のオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 が等間隔において配置されている。本発明では、動力伝達行列の行列要素のうち、回転体 1 2 を直進方向に転動させる回転軸 1 2 0 の行列要素の列毎に絶対値が等しくなる位置であれば、オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 の間隔は等間隔に限らない。

【 0 1 3 9 】

さらに、上記実施の形態では、オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 は 2 連のホイール 4 1 0 及び 4 2 0 により構成されているが、本発明では、1 連又は 3 連以上のホイールによりオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 が構成されてもよい。加えて、本発明では、ホイール 4 1 0 に 4 個以上のローラが配設され、ホイール 4 2 0 に 4 個以上のローラが配設されてもよい。

40

【 0 1 4 0 】

また、上記実施の形態では、回転体 1 2 を直進方向に転動させる回転軸 1 2 0 の一端側、他端側のそれぞれにオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 が配設されているが、回転軸 1 2 0 の一端側或いは他端側の一方の軸周りに動力を伝達するオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 が配設されてもよい。他端側の軸周りには、補助輪を配設することが好ましい。

さらに、上記変形例は、メカナムホイール 4 0 5 ~ 4 0 8 についても同様である。

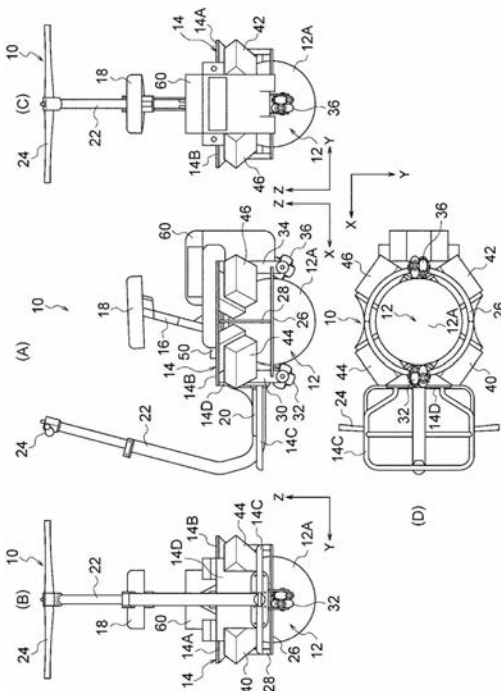
【 符号の説明 】

50

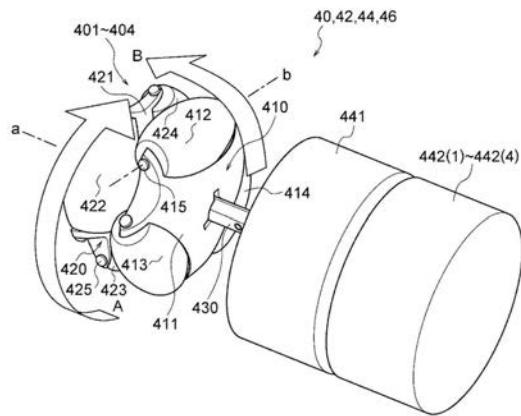
【 0 1 4 1 】

- 1 0 全方向移動装置
- 1 2 回転体
- 1 4 車体
- 4 0、4 2、4 4、4 6 駆動ユニット
- 4 0 1、4 0 2 オムニホイール（第 1 オムニホイール）
- 4 0 3、4 0 4 オムニホイール（第 2 オムニホイール）
- 4 0 5 ~ 4 0 8 メカナムホイール
- 4 4 2 (1) ~ 4 4 2 (4) A C サーボモータ（駆動装置）
- 5 0 1 姿勢角度検出部
- 6 0 0 姿勢安定システム
- 6 0 2 演算処理部
- 6 0 4 角速度検出部
- 6 0 5、6 0 5 (1) ~ 6 0 5 (4) サーボアンプ
- 6 0 7 回転数検出部

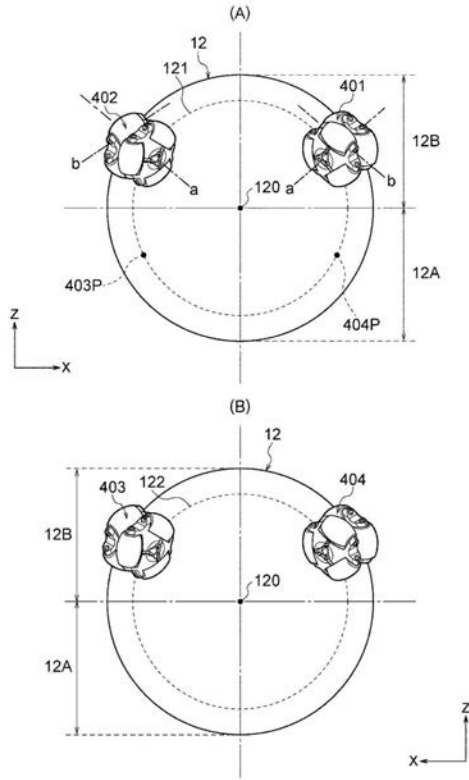
【 図 1 】



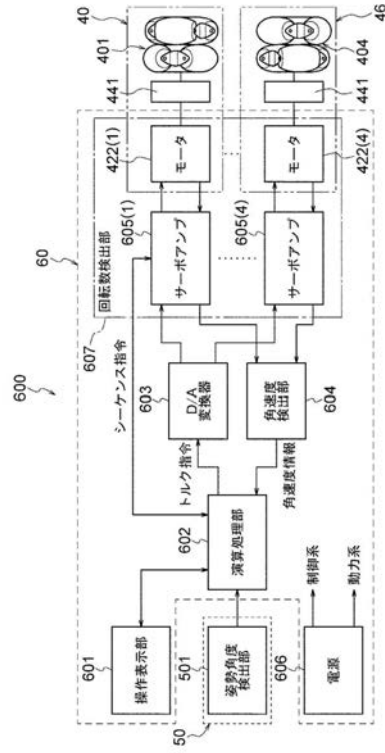
【 図 2 】



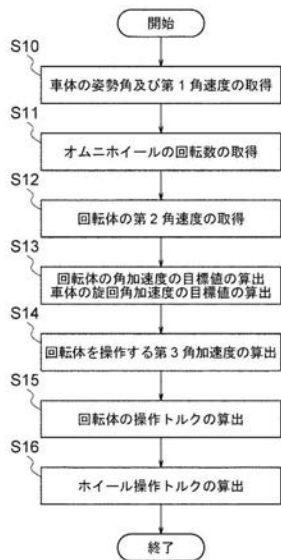
【 図 3 】



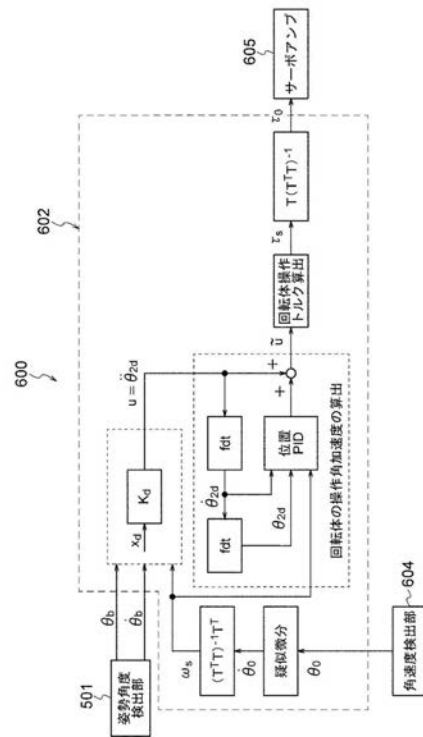
【 図 4 】



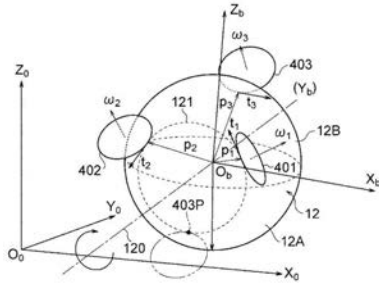
【 図 5 】



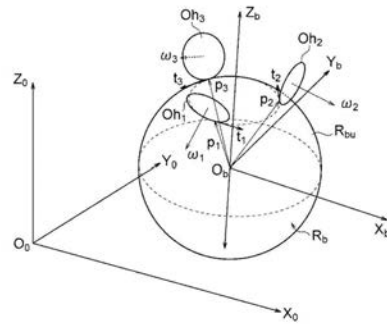
【 図 6 】



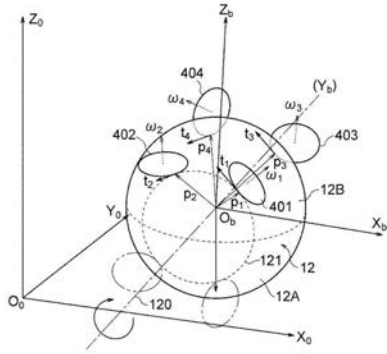
【 図 7 】



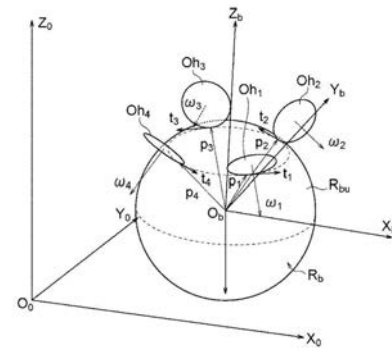
【 図 9 】



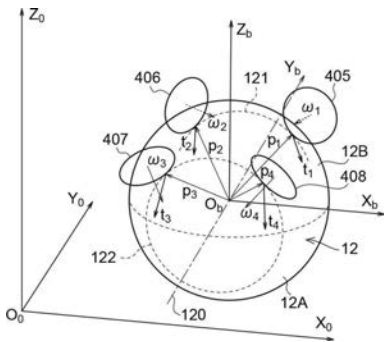
【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 11 】



【手続補正書】

【提出日】平成29年12月14日(2017.12.14)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

球状の回転体と、

前記回転体を回転させて直進方向に移動させる回転軸の軸周りにおいて前記回転体の表面に接して複数配設され、円周方向に回転して前記回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とし、かつ、前記回転体を垂直軸周りに旋回可能とする動力を伝達するホイールと、

を備えた全方向移動装置。

【請求項2】

球状の回転体と、

前記回転体を回転させて直進方向に移動させる回転軸の一端側の軸周りにおいて前記回転体の上半球の表面に接して複数配設され、円周方向に回転して前記回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とし、かつ、前記回転体を垂直軸周りに旋回可能とする動力を伝達する第1ホイールと、

前記回転軸の一端側の軸周りにおいて前記回転体の下半球の表面の特定位置に対する、前記回転体の中心対称位置の表面に接して配設され、円周方向に回転して前記回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とし、かつ、前記回転体を垂直軸周りに旋回可能とする動力を伝達する第2ホイールと、

を備えた全方向移動装置。

【請求項3】

球状の回転体と、

前記回転体を回転させて直進方向に移動させる回転軸の一端側の軸周りにおいて前記回転体の上半球の表面に接して複数配設され、円周方向に回転して前記回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とし、かつ、前記回転体を垂直軸周りに旋回可能とする動力を伝達する第1ホイールと、

前記回転軸の他端側の軸周りにおいて前記回転体の上半球の表面に接して配設され、円周方向に回転して前記回転体に動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とし、かつ、前記回転体を垂直軸周りに旋回可能とする動力を伝達する第2ホイールと、

を備えた全方向移動装置。

【請求項4】

前記第1ホイール及び前記第2ホイールは、オムニホイール又はメカナムホイールである請求項2又は請求項3に記載の全方向移動装置。

【請求項5】

前記第1ホイールは2個配設され、前記第2ホイールは1個又は2個配設されている請求項2又は請求項3に記載の全方向移動装置。

【請求項6】

前記第1ホイール及び前記第2ホイールは、前記回転体との接点の位置ベクトルと前記接点における接線ベクトルとで決まる動力伝達行列の行列要素のうち、前記回転軸の行列要素の列毎に絶対値が等しくなる位置に配設されている請求項2又は請求項3に記載の全方向移動装置。

【請求項7】

前記動力伝達行列は、角速度を表す伝達行列を含んでいる請求項6に記載の全方向移動

装置。

【請求項 8】

前記回転体の下半球の表面に接して又は近接させて、円周方向に回転し、かつ、円周方向とは交差する方向に前記回転体を転動可能とする補助輪を更に備えている請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 9】

前記回転体上に設けられた車体と、
前記車体に取り付けられ、かつ、前記第 1 ホイールを回転させる第 1 駆動装置と、
前記車体に取り付けられ、かつ、前記第 2 ホイールを回転させる第 2 駆動装置と、
前記車体に配設され、前記車体の姿勢を安定に維持する姿勢安定システムと、
を更に備えた請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 10】

前記姿勢安定システムは、
前記車体に装着され、前記車体の姿勢角度及び当該姿勢角度の変化に伴う第 1 角速度を検出する姿勢角度検出部と、
前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールの回転数を検出する回転数検出部と、
前記回転数検出部による回転数の検出結果に基づいて、前記回転体が転動する第 2 角速度を検出する角速度検出部と、
前記姿勢角度検出部により検出される姿勢角度情報、第 1 角速度情報及び前記角速度検出部により検出される第 2 角速度情報に基づいて、前記車体の姿勢を維持する前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールのホイール操作トルクを算出し、このホイール操作トルク情報に従って前記第 1 駆動装置及び前記第 2 駆動装置を作動させる演算処理部と、
を備えた請求項 9 に記載の全方向移動装置。

【請求項 11】

前記演算処理部は、
前記姿勢角度情報、前記第 1 角速度情報及び前記第 2 角速度情報に基づいて、前記車体の姿勢を維持させる、前記回転体が転動する角加速度の目標値及び前記車体が旋回する角加速度の目標値を算出し、
前記目標値に一致させる前記回転体の第 3 角加速度を算出し、
当該第 3 角加速度に基づいて前記回転体を操作する回転体操作トルクを算出し、
前記回転体操作トルク情報に基づいて、前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールを操作する前記ホイール操作トルクを算出する
請求項 10 に記載の全方向移動装置。

【請求項 12】

前記請求項 10 に記載された全方向移動装置の姿勢安定システムが、
前記姿勢角度情報、前記第 1 角速度情報及び前記第 2 角速度情報を取得し、
前記姿勢角度情報、前記第 1 角速度情報及び前記第 2 角速度情報に基づいて、前記車体の姿勢を維持させる、前記回転体が転動する角加速度の目標値及び前記車体が旋回する角加速度の目標値を算出し、
前記目標値に一致させる前記回転体の第 3 角加速度を算出し、
当該第 3 角加速度に基づいて前記回転体を操作する回転体操作トルクを算出し、
前記回転体操作トルク情報に基づいて、前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールを操作する前記ホイール操作トルクを算出する
全方向移動装置の姿勢制御方法。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

図2に示されるように、第1駆動ユニット40は、第1オムニホイールとしてのオムニホイール401と、減速機441と、第1駆動装置としての例えば交流(AC)サーボモータ442(1)とを含んで構成されている。オムニホイール401は、シャフト(回転軸)430を介して減速機441に連結されている。

[0049]

オムニホイール401は、シャフト430の回転に従ってシャフト430の回転軸周りに回転し、かつ、回転軸方向に2連をなす第1ホイール410及び第2ホイール420を備えている。第1ホイール410のホイール本体411の円周上には、等間隔に配設された複数の樽状のローラ(平行)412~414が回転軸415を中心に回転自在に取り付けられている。ここで、等間隔とは120度間隔であり、3つのローラ412~414が取り付けられている。第2ホイール420は第1ホイール410の減速機441側とは反対側に配設されている。第2ホイール420のホイール本体421の円周上には、同様に、等間隔に配設された複数の樽状のローラ422~424が回転軸425を中心として回転自在に取り付けられている。第2ホイール420のローラ422~424の配置間隔は、第1ホイール410のローラ412~414の配置間隔に対して、半ピッチ、具体的には60度ずれている。このような構成により、オムニホイール401は、円周方向Aに回転して回転体12に動力を伝達し、かつ、円周方向Aと交差する方向(ここでは直交する方向)Bに回転体12を転動可能としている。

ここで、図2に示されるように、オムニホイール401のシャフト430の回転軸をaとし、ローラ412~414の回転軸415をbとすれば、回転軸bは回転軸aに対してねじれの位置において直交している。

[0050]

第2駆動ユニット42、第3駆動ユニット44、第4駆動ユニット46のそれぞれの構成は、第1駆動ユニット40の構成と同一である。すなわち、図2に示されるように、第2駆動ユニット42は、第1オムニホイールとしてのオムニホイール402と、減速機441と、第1駆動装置としてのACサーボモータ442(2)とを含んで構成されている。第3駆動ユニット4

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0021】

602を用いて算出される(S13)。

[0076]

(5)回転体の操作角加速度の算出

[0077]

車体14の姿勢を回転体12上で安定化する際に外乱の影響を低減する必要がある。このため、目標値uにPID制御(Proportional Integral Differential Controller)が付加され、新たな角加速度の操作量が算出される(図6参照)。

[数9]

ここで、 θ_{2d} は目標角度、 $\dot{\theta}_{2d}$ は目標加速度である。

操作量を \tilde{u} とすると、操作量 \tilde{u} は下記式 (9) により表される。

$$\tilde{u} = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 + K_I \int_0^t (\theta_{xd} - \theta_x) dt + K_P(\theta_{xd} - \theta_x) + K_D(\omega_{xd} - \omega_x) \\ u_3 + K_I \int_0^t (\theta_{yd} - \theta_y) dt + K_P(\theta_{yd} - \theta_y) + K_D(\omega_{yd} - \omega_y) \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

[0 0 7 8]

ω_{xd} は回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの目標角速度であり、目標角速度 ω_{xd} は下記式 (10) により表される。

[数 1 0]

$$\omega_{xd} = \int_0^t u_2 dt \quad \dots (10)$$

[0 0 7 9]

θ_{xd} は回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの目標角度であり、この目標角度 θ_{xd} は下記式 (11) により表される。

[数 1 1]

$$\theta_{xd} = \int_0^t \omega_{xd} dt \quad \dots (11)$$

θ_x は回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの角度であり、角度 θ_x は回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの角速度 ω_x から下記式 (12) により表される。

【 手 続 補 正 4 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 2 6

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 2 6 】

イール 4 0 2 との接点における単位接線ベクトル、接線ベクトル t_3 は回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 3 との接点における単位接線ベクトルである。そして、接線ベクトル t_4 は回転体 1 2 とオムニホイール 4 0 4 との接点における単位接線ベクトルである。

[0 0 9 3]

回転体 1 2 の角速度ベクトル ω_s は、回転体 1 2 の車体前後方向の軸周りの角速度を ω_x とし、回転体 1 2 の車体幅方向の軸周りの角速度を ω_y とし、回転体 1 2 の車体上下方向の軸周りの角速度を ω_z とすると、前述の式 (1) により表される。

[数 2 5]

オムニホイール 4 0 1 ~ オムニホイール 4 0 4 の角速度を纏めた角速度ベクトル $\dot{\theta}_o$

は、オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 の各々の角速度を $\dot{\theta}_1, \dot{\theta}_2, \dot{\theta}_3, \dot{\theta}_4$ とすると、下記式

(24) により表される (図 6 参照)。

$$\dot{\theta}_o := \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{\theta}_3 \\ \dot{\theta}_4 \end{bmatrix} \quad \dots (24)$$

[0 0 9 4]

動力伝達行列 T は、位置ベクトル p_1, p_2, p_3, p_4 、接線ベクトル t_1, t_2, t_3, t_4 及びオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 の半径 r_0 から、下記式 (2 5) により表される。

[数 2 6]

$$T := \frac{1}{r_0} \begin{bmatrix} (p_1 \times t_1)^T \\ (p_2 \times t_2)^T \\ (p_3 \times t_3)^T \\ (p_4 \times t_4)^T \end{bmatrix} \quad \dots (25)$$

前述の式 (4) に基づいて、式 (2 5) に表される動力伝達行列 T の一般化逆行列を用いると、前述の式 (5) が得られ、オムニホイール 4 0 1 ~ オムニホイール 4 0 4 の角速度から回転体 1 2 の第 2 角速度が算出される。図 6 に示されるように、第 2 角速度は演算処理部 6 0 2 を用いて算出され、図 5 に示されるように、演算処理部 6 0 2 は第 2 角速度情報を取得する (S 1 2)。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 3 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 3 5 】

姿勢を維持するオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 のホイール操作トルクを算出する (S 1 6)。このホイール操作トルクは、姿勢角度検出部 5 0 1 により検出される姿勢角度情報、第 1 角速度情報 (S 1 0) 及び角速度検出部 6 0 4 により検出される第 2 角速度情報 (S 1 2) に基づいて、算出される。演算処理部 6 0 2 は、このホイール操作トルク情報に従って、図 2 及び図 4 に示される A C サーボモータ 4 2 2 (1) ~ A C サーボモータ 4 2 2 (4) を作動させる。

このため、姿勢安定システム 6 0 0 では車体 1 4 の姿勢を安定に維持する動力がオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 から回転体 1 2 へ伝達されるので、車体 1 4 の姿勢が安定に維持された状態において、最大出力により回転体 1 2 を直進方向へ転動させることができる。

[0 1 2 5]

また、図 4 ~ 図 6 に示されるように、全方向移動装置 1 0 によれば、演算処理部 6 0 2 では、車体 1 4 の姿勢を維持させる、回転体 1 2 が転動する角加速度の目標値及び車体 1 4 が旋回する角加速度の目標値が算出される (S 1 3)。目標値は姿勢角度情報、第 1 角速度情報 (S 1 0) 及び第 2 角速度情報 (S 1 2) に基づいて算出される。演算処理部 6 0 2 では、更に目標値に一致させる回転体 1 2 の第 3 角加速度が算出され (S 1 4)、第 3 角加速度に基づいて回転体 1 2 を操作する回転体操作トルクが算出される (S 1 5)。この回転体操作トルクに基づいて、演算処理部 6 0 2 では、オムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 を操作するホイール操作トルクが算出される (S 1 6)。

この結果、演算処理部 6 0 2 において、車体 1 4 の姿勢を安定に維持する動力が算出される。このため、動力がオムニホイール 4 0 1 ~ 4 0 4 から回転体 1 2 へ伝達されるので、車体 1 4 の姿勢が安定に維持された状態において、最大出力により回転体 1 2 を直進方向へ転動させることができる。

[0 1 2 6]

さらに、全方向移動装置 1 0 の姿勢制御方法によれば、図 5 に示されるように、姿勢安定システム 6 0 0 が、まず最初に、姿勢角度情報、第 1 角速度情報及び第 2 角速度情報を取得する (S 1 0、S 1 2)。次に、姿勢角度

【手続補正書】

【提出日】平成30年5月9日(2018.5.9)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(削除)

【請求項 2】

球状の回転体と、

前記回転体を回転させて、車体を前進方向に移動させる回転軸の前記回転体の中心よりも一端側の軸周りにあって、前記回転体の球面と前記回転軸に垂直な平面の交線である第 1 緯線上において、前記回転体の上半球の表面に接して前記第 1 緯線上に複数配設され、円周方向に回転して前記回転体に前記第 1 緯線に沿って動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とし、かつ、前記回転体を垂直軸周りに旋回可能とする動力を伝達する第 1 ホイールと、

前記第 1 緯線上における前記回転体の下半球の表面の特定位置に対する、前記回転体の中心対称位置の表面であって、前記回転軸の前記回転体の中心よりも他端側の軸周りにあり、前記回転体の球面と前記回転軸に垂直な平面の交線である第 2 緯線上に接して配設され、円周方向に回転して前記回転体に前記第 2 緯線に沿って動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とし、かつ、前記回転体を垂直軸周りに旋回可能とする動力を伝達する第 2 ホイールと、を備え、

前記第 1 ホイールと前記第 2 ホイールが前記車体に取り付けられた全方向移動装置。

【請求項 3】

球状の回転体と、

前記回転体を回転させて、車体を前進方向に移動させる回転軸の前記回転体の中心よりも一端側の軸周りにあって、前記回転体の球面と前記回転軸に垂直な平面の交線である第 1 緯線上において、前記回転体の上半球の表面に接して前記第 1 緯線上に複数配設され、円周方向に回転して前記回転体に前記第 1 緯線に沿って動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とし、かつ、前記回転体を垂直軸周りに旋回可能とする動力を伝達する第 1 ホイールと、

前記回転軸の前記回転体の中心よりも他端側の軸周りにあって、前記回転体の球面と前記回転軸に垂直な平面の交線である第 2 緯線上に接して配設され、円周方向に回転して前記回転体に前記第 2 緯線に沿って動力を伝達し、かつ、円周方向と交差する方向に前記回転体を回転可能とし、かつ、前記回転体を垂直軸周りに旋回可能とする動力を伝達する第 2 ホイールと、を備え、

前記第 1 ホイールと前記第 2 ホイールが前記車体に取り付けられた全方向移動装置。

【請求項 4】

前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールは、オムニホイール又はメカナムホイールである請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 5】

前記第 1 ホイールは 2 個配設され、前記第 2 ホイールは 1 個又は 2 個配設されている請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 6】

前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールは、前記回転体との接点の位置ベクトルと前記接点における接線ベクトルとで決まる動力伝達行列の行列要素のうち、前記回転軸の行列要素の列毎に絶対値が等しくなる位置に配設されている請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 7】

前記動力伝達行列は、角速度を表す伝達行列を含んでいる請求項 6 に記載の全方向移動装置。

【請求項 8】

前記回転体の下半球の表面に接して又は近接させて、円周方向に回転し、かつ、円周方向とは交差する方向に前記回転体を転動可能とする補助輪を更に備えている請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 9】

前記回転体上に設けられた前記車体と、
前記車体に取り付けられ、かつ、前記第 1 ホイールを回転させる第 1 駆動装置と、
前記車体に取り付けられ、かつ、前記第 2 ホイールを回転させる第 2 駆動装置と、
前記車体に配設され、前記車体の姿勢を安定に維持する姿勢安定システムと、
を更に備えた請求項 2 又は請求項 3 に記載の全方向移動装置。

【請求項 10】

前記姿勢安定システムは、
前記車体に装着され、前記車体の姿勢角度及び当該姿勢角度の変化に伴う第 1 角速度を検出する姿勢角度検出部と、
前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールの回転数を検出する回転数検出部と、
前記回転数検出部による回転数の検出結果に基づいて、前記回転体が転動する第 2 角速度を検出する角速度検出部と、
前記姿勢角度検出部により検出される姿勢角度情報、第 1 角速度情報及び前記角速度検出部により検出される第 2 角速度情報に基づいて、前記車体の姿勢を維持する前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールのホイール操作トルクを算出し、このホイール操作トルク情報に従って前記第 1 駆動装置及び前記第 2 駆動装置を作動させる演算処理部と、
を備えた請求項 9 に記載の全方向移動装置。

【請求項 11】

前記演算処理部は、
前記姿勢角度情報、前記第 1 角速度情報及び前記第 2 角速度情報に基づいて、前記車体の姿勢を維持させる、前記回転体が転動する角加速度の目標値及び前記車体が旋回する角加速度の目標値を算出し、
前記目標値に一致させる前記回転体の第 3 角加速度を算出し、
当該第 3 角加速度に基づいて前記回転体を操作する回転体操作トルクを算出し、
前記回転体操作トルク情報に基づいて、前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールを操作する前記ホイール操作トルクを算出する
請求項 10 に記載の全方向移動装置。

【請求項 12】

前記請求項 10 に記載された全方向移動装置の姿勢安定システムが、
前記姿勢角度情報、前記第 1 角速度情報及び前記第 2 角速度情報を取得し、
前記姿勢角度情報、前記第 1 角速度情報及び前記第 2 角速度情報に基づいて、前記車体の姿勢を維持させる、前記回転体が転動する角加速度の目標値及び前記車体が旋回する角加速度の目標値を算出し、
前記目標値に一致させる前記回転体の第 3 角加速度を算出し、
当該第 3 角加速度に基づいて前記回転体を操作する回転体操作トルクを算出し、
前記回転体操作トルク情報に基づいて、前記第 1 ホイール及び前記第 2 ホイールを操作する前記ホイール操作トルクを算出する
全方向移動装置の姿勢制御方法。

【 国際調査報告 】

| INTERNATIONAL SEARCH REPORT | | International application No. PCT/JP2017/023822 |
|--|--|--|
| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B60B19/00(2006.01)i, B60B19/14(2006.01)i, B60B33/08(2006.01)i, B62K1/00(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B60B19/00, B60B19/14, B60B33/08, B62K1/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2017 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2017 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2017 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X Y | US 2013/0257138 A1 (CHANG, Feng-Jung), 03 October 2013 (03.10.2013), fig. 1 to 9; paragraphs [0001] to [0035]; claims (Family: none) | 1-3 4-12 |
| Y | JP 2016-49921 A (Toyota Motor Corp.), 11 April 2016 (11.04.2016), claims; paragraphs [0001] to [0036]; fig. 1 to 7 (Family: none) | 4-12 |
| Y | JP 2014-161991 A (NSK Ltd.), 08 September 2014 (08.09.2014), claims; paragraphs [0001] to [0028]; fig. 1 to 11 (Family: none) | 4-12 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family | | |
| Date of the actual completion of the international search 20 September 2017 (20.09.17) | | Date of mailing of the international search report 03 October 2017 (03.10.17) |
| Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan | | Authorized officer Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/023822

| C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
|---|---|-----------------------|
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| Y | JP 2013-255673 A (Panasonic Corp.), 26 December 2013 (26.12.2013), claims; paragraphs [0001] to [0102]; fig. 1 to 16 (Family: none) | 4-12 |
| Y | US 8459383 B1 (BURGET, Daniel), 11 June 2013 (11.06.2013), fig. 1 to 4; column 1, line 10 to column 4, line 55; claims (Family: none) | 8-12 |
| Y | JP 2009-234524 A (Sony Corp.), 15 October 2009 (15.10.2009), claims; paragraphs [0001] to [0109]; fig. 1 to 18 (Family: none) | 10-12 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---------|-----------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| 国際調査報告 | | 国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 7 / 0 2 3 8 2 2 | | | | | | | | | |
| A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B60B19/00(2006,01)i, B60B19/14(2006,01)i, B60B33/08(2006,01)i, B62K1/00(2006,01)i | | | | | | | | | | | |
| B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B60B19/00, B60B19/14, B60B33/08, B62K1/00 | | | | | | | | | | | |
| 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr><td>日本国実用新案公報</td><td>1922-1996年</td></tr> <tr><td>日本国公開実用新案公報</td><td>1971-2017年</td></tr> <tr><td>日本国実用新案登録公報</td><td>1996-2017年</td></tr> <tr><td>日本国登録実用新案公報</td><td>1994-2017年</td></tr> </table> | | | | 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 | 日本国公開実用新案公報 | 1971-2017年 | 日本国実用新案登録公報 | 1996-2017年 | 日本国登録実用新案公報 | 1994-2017年 |
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 | | | | | | | | | | |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2017年 | | | | | | | | | | |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2017年 | | | | | | | | | | |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2017年 | | | | | | | | | | |
| 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) | | | | | | | | | | | |
| C. 関連すると認められる文献 | | | | | | | | | | | |
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 | | | | | | | | | |
| X Y | US 2013/0257138 A1 (CHANG, Feng-Jung) 2013.10.03, 図1-9, 段落0001-0035, 請求の範囲 (ファミリーなし) | 1-3 4-12 | | | | | | | | | |
| Y | JP 2016-49921 A (トヨタ自動車株式会社) 2016.04.11, 【特許請求 の範囲】, 【0001】-【0036】, 【図1】-【図7】 (ファミ リなし) | 4-12 | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。 | | | | | | | | | | | |
| * 引用文献のカテゴリー | | の日の後に公表された文献 | | | | | | | | | |
| 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの | | 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの | | | | | | | | | |
| 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの | | 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの | | | | | | | | | |
| 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) | | 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの | | | | | | | | | |
| 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 | | 「&」同一パテントファミリー文献 | | | | | | | | | |
| 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 | | | | | | | | | | | |
| 国際調査を完了した日 20.09.2017 | | 国際調査報告の発送日 03.10.2017 | | | | | | | | | |
| 国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | | 特許庁審査官 (権限のある職員) 田々井 正吾 | 3Q 9029 | | | | | | | | |
| | | 電話番号 03-3581-1101 内線 3381 | | | | | | | | | |

| 国際調査報告 | | 国際出願番号 PCT/JP2017/023822 |
|-----------------------|--|--------------------------|
| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求項の番号 |
| Y | JP 2014-161991 A (日本精工株式会社) 2014.09.08, 【特許請求の範囲】, 【0001】 - 【0028】, 【図1】 - 【図11】 (ファミリーなし) | 4-12 |
| Y | JP 2013-255673 A (パナソニック株式会社) 2013.12.26, 【特許請求の範囲】, 【0001】 - 【0102】, 【図1】 - 【図16】 (ファミリーなし) | 4-12 |
| Y | US 8459383 B1 (BURGET, Daniel) 2013.06.11, 図1-4, 第1欄第10行-第4欄第55行, 請求の範囲 (ファミリーなし) | 8-12 |
| Y | JP 2009-234524 A (ソニー株式会社) 2009.10.15, 【特許請求の範囲】, 【0001】 - 【0109】, 【図1】 - 【図18】 (ファミリーなし) | 10-12 |

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。