

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 3 月 31 日(31.03.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/036695 A1

- (51) 国際特許分類:
B62K 17/00 (2006.01) B62K 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/004786
- (22) 国際出願日: 2009 年 9 月 23 日(23.09.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研工業株式会社(HONDA MOTOR CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1078556 東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 竹中 透 (TAKENAKA, Toru) [JP/JP]; 〒3510193 埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 秋元 一志 (AKIMOTO, Kazushi) [JP/JP]; 〒3510193 埼玉県和光市中央 1

丁目 4 番 1 号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP). 村上 秀雄 (MURAKAMI, Hideo) [JP/JP]; 〒3510193 埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会社本田技術研究所内 Saitama (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人創成国際特許事務所 (SATO & ASSOCIATES); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 6-24-1 西新宿三井ビルディング 18 階 Tokyo (JP).

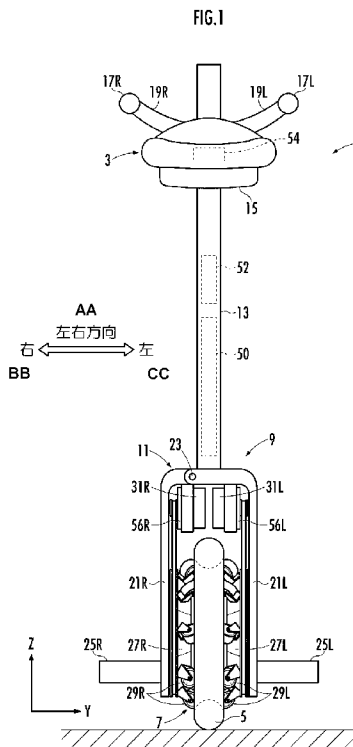
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[続葉有]

(54) Title: INVERTED PENDULUM-TYPE VEHICLE

(54) 発明の名称: 倒立振り子型車両

[図1]



AA LEFT-RIGHT DIRECTION
BB RIGHT
CC LEFT

(57) Abstract: Disclosed is an inverted pendulum-type vehicle (1) in which the actuation of an actuator device (7) is controlled in such a way that the representative point velocity, which is the movement velocity at a predetermined representative point of the vehicle (1) above the ground contact point thereof, is restricted. The representative point velocity is determined on the basis of the movement velocity of a movement actuating portion (5) and the inclination of a base (9).

(57) 要約: 本発明の倒立振り子型車両 1 によれば、移動動作部 5 の移動速度および基体 9 の傾斜から決まる、車両 1 の接地点よりも上方の所定の代表点の移動速度である代表点速度が制限されるようにアクチュエータ装置 7 の動作が制御される。



SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 倒立振子型車両

技術分野

[0001] 本発明は、床面上を移動可能な倒立振子型車両に関する。

背景技術

[0002] 床面上を移動する移動動作部と、この移動動作部を駆動するアクチュエータ装置とが組み付けられた基体に、鉛直方向に対して傾動自在な運搬対象物体の搭載部が組み付けられた倒立振子型車両が提案されている。たとえば、本出願人により倒立振子型車両として機能し得る車両が提案されている（国際公開公報WO／2008／132778（先行技術文献2）およびWO／2008／132779（先行技術文献3）参照）。この車両においては、搭載部の傾斜角度をある目標傾斜角度に保つために（搭乗部が傾倒しないようにするために）、倒立振子の支点を動かすような形態で、移動動作部を移動させる必要がある。

[0003] そこで、本出願人により、倒立振子型車両の制御技術が本出願人により提案されている（日本国 特許第3070015号（先行技術文献1）参照）。

[0004] 具体的には、運搬対象物体の搭載部としての乗員の搭乗部が組み付けられた車両の基体が球体状の移動動作部に対して前後方向の軸まわりと左右方向の軸まわりとの2軸まわりに傾動自在に設けられた倒立振子型車両が制御対象とされている。また、基体の傾斜角度（＝搭乗部の傾斜角度）の計測値と目標傾斜角度との偏差を0に近づけるとともに、アクチュエータ装置としてのモータの速度（ひいては移動動作部の移動速度）の計測値と目標速度との偏差を0に近づけるようにモータの駆動トルクが逐次決定される。そして、その決定された駆動トルクに応じて、移動動作部の移動動作がモータを介して制御される。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0005] しかし、搭乗部の傾斜姿勢が目標傾斜姿勢から外れてしまうと、当該搭乗部に搭乗している乗員の姿勢が不安定となって違和感を覚えさせる可能性がある。
- [0006] そこで、本発明は、搭乗部の傾斜姿勢を安定に制御しながら移動することができる倒立振子型車両を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

- [0007] 前記課題を解決するための本発明の第1態様としての倒立振子型車両は、床面上を移動可能な移動動作部と、前記移動動作部を駆動するアクチュエータ装置と、前記移動動作部および前記アクチュエータ装置が組付けられた基体と、前記基体の傾斜を検出する手段と、前記アクチュエータ装置を制御する制御装置とを備えている倒立振子型車両であって、前記制御装置は、前記移動動作部の移動速度および前記検出された基体の傾斜から決定される、接地点より上方の所定の代表点の移動速度である代表点速度を制限する代表点速度制限部を有することを特徴とする（第1発明）。
- [0008] 本発明の第1態様としての倒立振子型車両によれば、単に移動動作部の移動速度に制限をかける、すなわち、基体の傾斜安定性が低下する可能性が高い形態で車両の移動速度が制限されるのではなく、代表点速度に制限をかけることにより、基体の傾斜安定性を保ったまま車両の移動速度の制限を行うことができる。なお、移動動作部が車輪である場合は、代表点は車輪の回転中心よりも上方にあることが望ましい。
- [0009] 第1発明の倒立振子型車両において、前記代表点速度制限部は代表点速度の許容範囲を有するとともに、代表点速度が前記許容範囲を超過する場合には、超過量を“0”に近づけるように前記アクチュエータ装置の制御を行ってもよい（第2発明）。
- [0010] 当該構成の倒立振子型車両によれば、代表点速度がその許容範囲から逸脱した場合、当該許容範囲の境界値に近づくようにアクチュエータ装置の動作が制御されることにより、基体の傾斜安定性を保ったまま移動動作部の移動

速度の制限を行うことができる。

- [0011] 第1発明の倒立振子型車両において、前記制御装置は、前記代表点速度の絶対値が大きくなると、前記代表点速度の変化に対する前記移動動作部の速度または加速度のいずれかの変化の比率が大きくなるように前記アクチュエータ装置を制御してもよい（第3発明）。
- [0012] 当該構成の倒立振子型車両によれば、代表点速度の絶対値が大きくなり、基体の傾斜安定性が低下する可能性が高くなると、代表点速度の変化に対する移動動作部の速度または加速度のいずれかの変化の比率が大きくなるようにアクチュエータ装置が制御される。これにより、代表点速度の増加を抑制するような制動力が車両に作用するので、基体の傾斜安定性を保ったまま車両の移動速度の制限を行うことができる。
- [0013] 第2発明の倒立振子型車両において、前記制御装置は、少なくとも前記代表点速度が前記許容範囲内にある場合において、前記代表点速度の絶対値が大きくなると、前記代表点速度の変化に対する前記移動動作部の速度または加速度のいずれかの変化の比率が大きくなるように前記アクチュエータ装置を制御してもよい（第4発明）。
- [0014] 当該構成の倒立振子型車両によれば、代表点速度が許容範囲内にある段階から、代表点速度の変化に対する移動動作部の速度または加速度のいずれかの変化の比率が少しずつ大きくなるようにアクチュエータ装置が制御される。これにより、代表点速度が許容範囲を超えた途端に当該比率が急に大きくされることによって走行状況が不安定になる事態が回避される。その結果、代表点速度の増加を安定に抑制するような制動力が車両に作用するので、基体の傾斜安定性を保ったまま車両の移動速度の制限を行うことができる。
- [0015] 第1発明の倒立振子型車両において、前記車両に物体を搭載可能とする搭載部が基体に備えられ、前記車両の代表点は車両の重心位置あるいは積載時の重心位置であってもよい（第5発明）。
- [0016] 当該構成の倒立振子型車両によれば、車両の搭載部における物体の搭載有無にかかわらず、代表点速度の増加を抑制するような制動力が車両に作用す

るので、基体の傾斜安定性を保ったまま車両の移動速度の制限を行うことができる。

前記課題を解決するための本発明の第2態様としての倒立振子型車両は、床面上を移動可能な移動動作部と、前記移動動作部を駆動するアクチュエータ装置と、前記移動動作部および前記アクチュエータ装置が組付けられた基体と、前記アクチュエータ装置を制御する制御装置とを備えている倒立振子型車両であって、前記制御装置は、前記代表点速度の絶対値が大きくなると、前記代表点速度の変化に対する前記移動動作部の速度または加速度のいずれかの変化の比率が大きくなるように前記アクチュエータ装置を制御することを特徴とする（第6発明）。

[0017] 本発明の第2態様としての倒立振子型車両によれば、代表点速度の絶対値が大きくなり、基体の傾斜安定性が低下する可能性が高くなると、代表点速度の変化に対する移動動作部の速度または加速度のいずれかの変化の比率が大きくなるようにアクチュエータ装置が制御される。これにより、代表点速度の増加を抑制するような制動力が車両に作用するので、基体の傾斜安定性を保ったまま車両の移動速度の制限を行うことができる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]実施形態の倒立振子型車両の正面図。
[図2]実施形態の倒立振子型車両の側面図。
[図3]実施形態の倒立振子型車両の下部を拡大して示す図。
[図4]実施形態の倒立振子型車両の下部の斜視図。
[図5]実施形態の倒立振子型車両の移動動作部（車輪体）の斜視図。
[図6]実施形態の倒立振子型車両の移動動作部（車輪体）とフリーローラとの配置関係を示す図。
[図7]実施形態の倒立振子型車両の制御ユニットの処理を示すフローチャート。
[図8]実施形態の倒立振子型車両の動力学的挙動を表現する倒立振子モデルを示す図。

[図9] 図7のSTEP9の処理に係わる処理機能を示すブロック図。

[図10] 図9に示すゲイン調整部の処理機能を示すブロック図。

[図11] 図10に示すリミット処理部（または図12に示すリミット処理部）の処理機能を示すブロック図。

[図12] 図9に示す重心速度制限部76の処理機能を示すブロック図。

[図13] 図9に示す姿勢制御演算部80の処理機能を示すブロック図。

[図14] ゲイン係数の設定方法に関する説明図。

発明を実施するための形態

[0019] 本発明の一実施形態を以下に説明する。

[0020] （車両の基本的構成）

まず、図1～図6を参照して、本実施形態における倒立振子型車両の構造を説明する。

[0021] 図1および図2に示すように、本実施形態における倒立振子型車両1は、乗員（運転者）の搭乗部3と、床面に接地しながら該床面上を全方向（前後方向および左右方向を含む2次元的な全方向）に移動可能な移動動作部5と、この移動動作部5を駆動する動力を該移動動作部5に付与するアクチュエータ装置7と、これらの搭乗部3、移動動作部5およびアクチュエータ装置7が組付けられた基体9とを備える。

[0022] ここで、本実施形態の説明では、「前後方向」、「左右方向」は、それぞれ、搭乗部3に標準的な姿勢で搭乗した乗員の上体の前後方向、左右方向に一致もしくはほぼ一致する方向を意味する。なお、「標準的な姿勢」は、搭乗部3に関して設計的に想定されている姿勢であり、乗員の上体の体幹軸を概ね上下方向に向け、且つ、上体を捻ったりしていない姿勢である。

[0023] この場合、図1においては、「前後方向」、「左右方向」はそれぞれ、紙面に垂直な方向、紙面の左右方向であり、図2においては、「前後方向」、「左右方向」はそれぞれ、紙面の左右方向、紙面に垂直な方向である。また、本実施形態の説明では、参照符号に付する添え字「R」、「L」は、それぞれ車両1の右側、左側に対応するものという意味で使用する。

- [0024] 基体 9 は、移動動作部 5 およびアクチュエータ装置 7 とが組付けられた下部フレーム 11 と、この下部フレーム 11 の上端から上方に延設された支柱フレーム 13 とを備える。
- [0025] 支柱フレーム 13 の上部には、該支柱フレーム 13 から前方側に張り出したシートフレーム 15 が固定されている。そして、このシートフレーム 15 上に、乗員が着座するシート 3 が装着されている。本実施形態では、このシート 3 が乗員の搭乗部となっている。従って、本実施形態における倒立振子型車両 1（以降、単に車両 1 という）は、乗員がシート 3 に着座した状態で、床面上を移動するものである。
- [0026] また、シート 3 の左右には、シート 3 に着座した乗員が必要に応じて把持するためのグリップ 17 R, 17 L が配置され、これらのグリップ 17 R, 17 L がそれぞれ、支柱フレーム 13（またはシートフレーム 15）から延設されたブラケット 19 R, 19 L の先端部に固定されている。
- [0027] 下部フレーム 11 は、左右方向に間隔を存して二股状に対向するように配置された一対のカバー部材 21 R, 21 L を備える。これらのカバー部材 21 R, 21 L の上端部（二股の分岐部分）は、前後方向の軸心を有するヒンジ軸 23 を介して連結され、カバー部材 21 R, 21 L の一方が他方に対して相対的にヒンジ軸 23 のまわりに揺動可能となっている。この場合、カバー部材 21 R, 21 L は、図示を省略するバネによって、カバー部材 21 R, 21 L の下端部側（二股の先端側）が狭まる方向に付勢されている。
- [0028] また、カバー部材 21 R, 21 L のそれぞれの外面部には、前記シート 3 に着座した乗員の右足を載せるステップ 25 R と左足を載せるステップ 25 L とが各々、右向き、左向きに張り出すように突設されている。
- [0029] 移動動作部 5 およびアクチュエータ装置 7 は、下部フレーム 11 のカバー部材 21 R, 21 L の間に配置されている。これらの移動動作部 5 およびアクチュエータ装置 7 の構造を図 3～図 6 を参照して説明する。
- [0030] なお、本実施形態で例示する移動動作部 5 およびアクチュエータ装置 7 は、例えば前記先行技術文献 2 の図 1 に開示されているものと同じ構造のもの

である。従って、本実施形態の説明においては、移動動作部 5 およびアクチュエータ装置 7 の構成に関して、前記先行技術文献 2 に記載された事項については、簡略的な説明に留める。

[0031] 本実施形態では、移動動作部 5 は、ゴム状弾性材により円環状に形成された車輪体であり、ほぼ円形の横断面形状を有する。この移動動作部 5（以降、車輪体 5 という）は、その弾性変形によって、図 5 および図 6 の矢印 Y 1 で示す如く、円形の横断面の中心 C 1（より詳しくは、円形の横断面中心 C 1 を通って、車輪体 5 の軸心と同心となる円周線）のまわりに回転可能となっている。

[0032] この車輪体 5 は、その軸心 C 2（車輪体 5 全体の直径方向に直交する軸心 C 2）を左右方向に向けた状態で、カバー部材 2 1 R、2 1 L の間に配置され、該車輪体 5 の外周面の下端部にて床面に接地する。

[0033] そして、車輪体 5 は、アクチュエータ装置 7 による駆動（詳細は後述する）によって、図 5 の矢印 Y 2 で示す如く車輪体 5 の軸心 C 2 のまわりに回転する動作（床面上を回転する動作）と、車輪体 5 の横断面中心 C 1 のまわりに回転する動作とを行なうことが可能である。その結果、車輪体 5 は、それらの回転動作の複合動作によって、床面上を全方向に移動することが可能となっている。

[0034] アクチュエータ装置 7 は、車輪体 5 と右側のカバー部材 2 1 R との間に介装される回転部材 2 7 R およびフリーローラ 2 9 R と、車輪体 5 と左側のカバー部材 1 7 L との間に介装される回転部材 2 7 L およびフリーローラ 2 9 L と、回転部材 2 7 R およびフリーローラ 2 9 R の上方に配置されたアクチュエータとしての電動モータ 3 1 R と、回転部材 2 7 L およびフリーローラ 2 9 L の上方に配置されたアクチュエータとしての電動モータ 3 1 L とを備える。

[0035] 電動モータ 3 1 R、3 1 L は、それぞれのハウジングがカバー部材 2 1 R、2 1 L に各々取付けられている。なお、図示は省略するが、電動モータ 3 1 R、3 1 L の電源（蓄電器）は、支柱フレーム 1 3 等、基体 9 の適所に搭

載されている。

[0036] 回転部材 27 R は、左右方向の軸心を有する支軸 33 R を介してカバー部材 21 R に回転可能に支持されている。同様に、回転部材 27 L は、左右方向の軸心を有する支軸 33 L を介してカバー部材 21 L に回転可能に支持されている。この場合、回転部材 27 R の回転軸心（支軸 33 R の軸心）と、回転部材 27 L の回転軸心（支軸 33 L の軸心）とは同軸心である。

[0037] 回転部材 27 R, 27 L は、それぞれ電動モータ 31 R, 31 L の出力軸に、減速機としての機能を含む動力伝達機構を介して接続されており、電動モータ 31 R, 31 L からそれぞれ伝達される動力（トルク）によって回転駆動される。各動力伝達機構は、例えばプーリ・ベルト式のものである。すなわち、図 3 に示す如く、回転部材 27 R は、プーリ 35 R とベルト 37 R とを介して電動モータ 31 R の出力軸に接続されている。同様に、回転部材 27 L は、プーリ 35 L とベルト 37 L とを介して電動モータ 31 L の出力軸に接続されている。

[0038] なお、上記動力伝達機構は、例えば、スプロケットとリンクチェーンとにより構成されるもの、あるいは、複数のギヤにより構成されるものであってもよい。また、例えば、電動モータ 31 R, 31 L を、それぞれの出力軸が各回転部材 27 R, 27 L と同軸心になるように各回転部材 27 R, 27 L に対向させて配置し、電動モータ 31 R, 31 L のそれぞれの出力軸を回転部材 27 R, 27 L に各々、減速機（遊星歯車装置等）を介して連結するようにしてもよい。

[0039] 各回転部材 27 R, 27 L は、車輪体 5 側に向かって縮径する円錐台と同様の形状に形成されており、その外周面がテーパ外周面 39 R, 39 L となっている。

[0040] 回転部材 27 R のテーパ外周面 39 R の周囲には、回転部材 27 R と同心の円周上に等間隔で並ぶようにして、複数のフリーローラ 29 R が配列されている。そして、これらのフリーローラ 29 R は、それぞれ、ブラケット 41 R を介してテーパ外周面 39 R に取付けられ、該ブラケット 41 R に回

転自在に支承されている。

- [0041] 同様に、回転部材 27L のテーパ外周面 39L の周囲には、回転部材 27L と同心の円周上に等間隔で並ぶようにして、複数（フリーローラ 29R と同数）のフリーローラ 29L が配列されている。そして、これらのフリーローラ 29L は、それぞれ、ブラケット 41L を介してテーパ外周面 39L に取付けられ、該ブラケット 41L に回転自在に支承されている。
- [0042] 前記車輪体 5 は、回転部材 27R 側のフリーローラ 29R と、回転部材 27L 側のフリーローラ 29L との間に挟まれるようにして、回転部材 27R、27L と同軸心に配置されている。
- [0043] この場合、図 1 および図 6 に示すように、各フリーローラ 29R、29L は、その軸心 C3 が車輪体 5 の軸心 C2 に対して傾斜すると共に、車輪体 5 の直径方向（車輪体 5 をその軸心 C2 の方向で見たときに、該軸心 C2 と各フリーローラ 29R、29L とを結ぶ径方向）に対して傾斜する姿勢で配置されている。そして、このような姿勢で、各フリーローラ 29R、29L のそれぞれの外周面が車輪体 5 の内周面に斜め方向に圧接されている。
- [0044] より一般的に言えば、右側のフリーローラ 29R は、回転部材 27R が軸心 C2 のまわりに回転駆動されたときに、車輪体 5 との接触面で、軸心 C2 まわりの方向の摩擦力成分（車輪体 5 の内周の接線方向の摩擦力成分）と、車輪体 5 の前記横断面中心 C1 のまわり方向の摩擦力成分（円形の横断面の接線方向の摩擦力成分）とを車輪体 5 に作用させ得るような姿勢で、車輪体 5 の内周面に圧接されている。左側のフリーローラ 29L についても同様である。
- [0045] この場合、前記したように、カバー部材 21R、21L は、図示しないバネによって、カバー部材 21R、21L の下端部側（二股の先端側）が狭まる方向に付勢されている。このため、この付勢力によって、右側のフリーローラ 29R と左側のフリーローラ 29L との間に車輪体 5 が挟持されると共に、車輪体 5 に対する各フリーローラ 29R、29L の圧接状態（より詳しくはフリーローラ 29R、29L と車輪体 5 との間で摩擦力が作用し得る圧

接状態）が維持される。

[0046] （車両の基本的動作）

以上説明した構造を有する車両 1 においては、電動モータ 3 1 R, 3 1 L によりそれぞれ、回転部材 2 7 R, 2 7 L を同方向に等速度で回転駆動した場合には、車輪体 5 が回転部材 2 7 R, 2 7 L と同方向に軸心 C 2 のまわりに回転することとなる。これにより、車輪体 5 が床面上を前後方向に回転して、車両 1 の全体が前後方向に移動することとなる。なお、この場合は、車輪体 5 は、その横断面中心 C 1 のまわりには回転しない。

[0047] また、例えば、回転部材 2 7 R, 2 7 L を互いに逆方向に同じ大きさの速度で回転駆動した場合には、車輪体 5 は、その横断面中心 C 1 のまわりに回転することとなる。これにより、車輪体 4 がその軸心 C 2 の方向（すなわち左右方向）に移動し、ひいては、車両 1 の全体が左右方向に移動することとなる。なお、この場合は、車輪体 5 は、その軸心 C 2 のまわりには回転しない。

[0048] さらに、回転部材 2 7 R, 2 7 L を、互いに異なる速度（方向を含めた速度）で、同方向または逆方向に回転駆動した場合には、車輪体 5 は、その軸心 C 2 のまわりに回転すると同時に、その横断面中心 C 1 のまわりに回転することとなる。

[0049] この時、これらの回転動作の複合動作（合成動作）によって、前後方向および左右方向に対して傾斜した方向に車輪体 5 が移動し、ひいては、車両 1 の全体が車輪体 5 と同方向に移動することとなる。この場合の車輪体 5 の移動方向は、回転部材 2 7 R, 2 7 L の回転方向を含めた回転速度（回転方向に応じて極性が定義された回転速度ベクトル）の差に依存して変化するものとなる。

[0050] 以上のように車輪体 5 の移動動作が行なわれるので、電動モータ 3 1 R, 3 1 L のそれぞれの回転速度（回転方向を含む）を制御し、ひいては回転部材 2 7 R, 2 7 L の回転速度を制御することによって、車両 1 の移動速度および移動方向を制御できることとなる。

[0051] (車両の制御装置の構成)

次に、本実施形態の車両 1 の動作制御のための構成を説明する。なお、以降の説明では、図 1 および図 2 に示すように、前後方向の水平軸を X 軸、左右方向の水平軸を Y 軸、鉛直方向を Z 軸とする X Y Z 座標系を想定し、前後方向、左右方向をそれぞれ X 軸方向、Y 軸方向とすることがある。

[0052] まず、車両 1 の概略的な動作制御を説明すると、本実施形態では、基本的には、シート 3 に着座した乗員がその上体を傾けた場合（詳しくは、乗員と車両 1 とを合わせた全体の重心点の位置（水平面に投影した位置）を動かすように上体を傾けた場合）に、該上体を傾けた側に基体 9 がシート 3 と共に傾動する。そして、この時、基体 9 が傾いた側に車両 1 が移動するように、車輪体 5 の移動動作が制御される。例えば、乗員が上体を前傾させ、ひいては、基体 9 をシート 3 と共に前傾させると、車両 1 が前方に移動するように、車輪体 5 の移動動作が制御される。

[0053] すなわち、本実施形態では、乗員が上体を動かし、ひいては、シート 3 と共に基体 9 を傾動させるという動作が、車両 1 に対する 1 つの基本的な操縦操作（車両 1 の動作要求）とされ、その操縦操作に応じて車輪体 5 の移動動作がアクチュエータ装置 7 を介して制御される。

[0054] ここで、本実施形態の車両 1 は、その全体の接地面としての車輪体 5 の接地面が、車両 1 とこれに搭乗する乗員との全体を床面に投影した領域に比して面積が小さい単一の局所領域となり、その単一の局所領域だけに床反力が作用する。このため、基体 9 が傾倒しないようにするためには、乗員および車両 1 の全体の重心点が車輪体 5 の接地面のほぼ真上に位置するように、車輪体 5 を動かす必要がある。

[0055] そこで、本実施形態では、乗員および車両 1 の全体の重心点が、車輪体 5 の中心点（軸心 C 2 上の中心点）のほぼ真上に位置する状態（より正確には当該重心点が車輪体 5 の接地面のほぼ真上に位置する状態）での基体 9 の姿勢を目標姿勢とし、基本的には、基体 9 の実際の姿勢を目標姿勢に収束させるように、車輪体 5 の移動動作が制御される。

- [0056] さらに、車両 1 に乗員が搭乗していない状態では、車両 1 の単体の重心点が、車輪体 5 の中心点（軸心 C 2 上の中心点）のほぼ真上に位置する状態（当該重心点が車輪体 5 の接地面のほぼ真上に位置する状態）での基体 9 の姿勢を目標姿勢とし、該基体 9 の実際の姿勢を目標姿勢に収束させ、ひいては、基体 9 が傾倒することなく車両 1 が自立するように、車輪体 5 の移動動作が制御される。
- [0057] また、車両 1 に乗員が搭乗している状態と搭乗していない状態とのいずれの状態においても、基体 9 の実際の姿勢の目標姿勢からずれが大きいほど、車両 1 の移動速度が速くなると共に、基体 9 の実際の姿勢の目標姿勢に一致する状態では、車両 1 の移動が停止するように車輪体 5 の移動動作が制御される。
- [0058] 本実施形態では、以上の如き車両 1 の動作制御を行なうために、図 1 および図 2 に示すように、マイクロコンピュータや電動モータ 3 1 R, 3 1 L のドライブ回路ユニットなどを含む電子回路ユニットにより構成された制御ユニット 5 0 と、基体 9 の所定の部位の鉛直方向（重力方向）に対する傾斜角 θb およびその変化速度（ $=d\theta b/dt$ ）を計測するための傾斜センサ 5 2 と、車両 1 に乗員が搭乗しているか否かを検知するための荷重センサ 5 4 と、電動モータ 3 1 R, 3 1 L のそれぞれの出力軸の回転角度および回転角速度を検出するための角度センサとしてのロータリエンコーダ 5 6 R, 5 6 L がそれぞれ、車両 1 の適所に搭載されている。
- [0059] この場合、制御ユニット 5 0 および傾斜センサ 5 2 は、例えば、基体 9 の支柱フレーム 1 3 の内部に收容された状態で該支柱フレーム 1 3 に取付けられている。また、荷重センサ 5 4 は、シート 3 に内蔵されている。また、ロータリエンコーダ 5 6 R, 5 6 L は、それぞれ、電動モータ 3 1 R, 3 1 L と一体に設けられている。なお、ロータリエンコーダ 5 6 R, 5 6 L は、それぞれ、回転部材 2 7 R, 2 7 L に装着してもよい。
- [0060] 上記傾斜センサ 5 2 は、より詳しくは、加速度センサとジャイロセンサ等のレートセンサ（角速度センサ）とから構成され、これらのセンサの検出信

号を制御ユニット50に出力する。そして、制御ユニット50が、傾斜センサ52の加速度センサおよびレートセンサの出力を基に、所定の計測演算処理（これは公知の演算処理でよい）を実行することによって、傾斜センサ52を搭載した部位（本実施形態では支柱フレーム13）の、鉛直方向に対する傾斜角度 θ_b の計測値とその変化速度（微分値）である傾斜角速度 $\theta_{b\dot{}}$ の計測値とを算出する。

[0061] この場合、計測する傾斜角度 θ_b （以降、基体傾斜角度 θ_b ということがある）は、より詳しくは、それぞれ、Y軸まわり方向（ピッチ方向）の成分 θ_{b_x} と、X軸まわり方向（ロール方向）の成分 θ_{b_y} とから成る。同様に、計測する傾斜角速度 $\theta_{b\dot{}}$ （以降、基体傾斜角速度 $\theta_{b\dot{}}$ ということがある）も、Y軸まわり方向（ピッチ方向）の成分 $\theta_{b\dot{_x}}$ （ $=d\theta_{b_x}/dt$ ）と、X軸まわり方向（ロール方向）の成分 $\theta_{b\dot{_y}}$ （ $=d\theta_{b_y}/dt$ ）とから成る。

[0062] なお、本実施形態の説明では、上記基体傾斜角度 θ_b など、X軸およびY軸の各方向（または各軸まわり方向）の成分を有する運動状態量等の変数、あるいは、該運動状態量に関連する係数等の変数に関しては、その各成分を区別して表記する場合に、該変数の参照符号に、添え字“ $_x$ ”または“ $_y$ ”を付加する。

[0063] この場合において、並進速度等の並進運動に係わる変数については、そのX軸方向の成分に添え字“ $_x$ ”を付加し、Y軸方向の成分に添え字“ $_y$ ”を付加する。

[0064] 一方、角度、回転速度（角速度）、角加速度など、回転運動に係わる変数については、並進運動に係わる変数と添え字を揃えるために、便宜上、Y軸まわり方向の成分に添え字“ $_x$ ”を付加し、X軸まわり方向の成分に添え字“ $_y$ ”を付加する。

[0065] さらに、X軸方向の成分（またはY軸まわり方向の成分）と、Y軸方向の成分（またはX軸まわり方向の成分）との組として変数を表記する場合には、該変数の参照符号に添え字“ $_xy$ ”を付加する。例えば、上記基体傾斜角度 θ_b を、Y軸まわり方向の成分 θ_{b_x} とX軸まわり方向の成分 θ_{b_y} の組として

表現する場合には、「基体傾斜角度 θ_{b_xy} 」というように表記する。

[0066] 前記荷重センサ 54 は、乗員がシート 3 に着座した場合に該乗員の重量による荷重を受けるようにシート 3 に内蔵され、その荷重に応じた検出信号を制御ユニット 50 に出力する。そして、制御ユニット 50 が、この荷重センサ 54 の出力により示される荷重の計測値に基づいて、車両 1 に乗員が搭乗しているか否かを判断する。

[0067] なお、荷重センサ 54 の代わりに、例えば、乗員がシート 3 に着座したときに ON となるようなスイッチ式のセンサを用いてもよい。

[0068] ロータリエンコーダ 56 R は、電動モータ 31 R の出力軸が所定角度回転する毎にパルス信号を発生し、このパルス信号を制御ユニット 50 に出力する。そして、制御ユニット 50 が、そのパルス信号を基に、電動モータ 53 R の出力軸の回転角度を計測し、さらにその回転角度の計測値の時間的変化率（微分値）を電動モータ 53 R の回転角速度として計測する。電動モータ 31 L 側のロータリエンコーダ 56 L についても同様である。

[0069] 制御ユニット 50 は、上記の各計測値を用いて所定の演算処理を実行することによって、電動モータ 31 R、31 L のそれぞれの回転角速度の目標値である速度指令を決定し、その速度指令に従って、電動モータ 31 R、31 L のそれぞれの回転角速度をフィードバック制御する。

[0070] なお、電動モータ 31 R の出力軸の回転角速度と、回転部材 27 R の回転角速度との間の関係は、該出力軸と回転部材 27 R との間の一定値の減速比に応じた比例関係になるので、本実施形態の説明では、便宜上、電動モータ 31 R の回転角速度は、回転部材 27 R の回転角速度を意味するものとする。同様に、電動モータ 31 L の回転角速度は、回転部材 27 L の回転角速度を意味するものとする。

[0071] （車両の制御方法の概要）

以下に、制御ユニット 50 の制御処理をさらに詳細に説明する。

[0072] 制御ユニット 50 は、所定の制御処理周期で図 7 のフローチャートに示す処理（メインルーチン処理）を実行する。

- [0073] まず、STEP 1において、制御ユニット50は、傾斜センサ52の出力を取得する。
- [0074] 次いで、STEP 2に進んで、制御ユニット50は、取得した傾斜センサ52の出力を基に、基体傾斜角度 θb の計測値 θb_{xy_s} と、基体傾斜角速度 $\theta bdot$ の計測値 $\theta bdot_{xy_s}$ とを算出する。
- [0075] なお、以降の説明では、上記計測値 θb_{xy_s} など、変数（状態量）の実際の値の観測値（計測値または推定値）を参照符号により表記する場合に、該変数の参照符号に、添え字“_s”を付加する。
- [0076] 次いで、制御ユニット50は、STEP 3において、荷重センサ54の出力を取得した後、STEP 4の判断処理を実行する。この判断処理においては、制御ユニット50は、取得した荷重センサ54の出力が示す荷重計測値があらかじめ設定された所定値よりも大きいかな否かによって、車両1に乗員が搭乗しているかな否か（シート3に乗員が着座しているかな否か）を判断する。
- [0077] そして、制御ユニット50は、STEP 4の判断結果が肯定的である場合には、基体傾斜角度 θb の目標値 θb_{xy_obj} を設定する処理と、車両1の動作制御用の定数パラメータ（各種ゲインの基本値など）の値を設定する処理とを、それぞれSTEP 5、6で実行する。
- [0078] STEP 5においては、制御ユニット50は、基体傾斜角度 θb の目標値 θb_{xy_obj} として、あらかじめ定められた搭乗モード用の目標値を設定する。
- [0079] ここで、「搭乗モード」は、車両1に乗員が搭乗している場合での車両1の動作モードを意味する。この搭乗モード用の目標値 θb_{xy_obj} は、車両1とシート3に着座した乗員との全体の重心点（以降、車両・乗員全体重心点という）が車輪体5の接地面のほぼ真上に位置する状態となる基体9の姿勢において、傾斜センサ52の出力に基づき計測される基体傾斜角度 θb の計測値 θb_{xy_s} に一致またはほぼ一致するようにあらかじめ設定されている。
- [0080] また、STEP 6においては、制御ユニット50は、車両1の動作制御用の定数パラメータの値として、あらかじめ定められた搭乗モード用の値を設

定する。なお、定数パラメータは、後述する h_x , h_y , $K_{i_a_x}$, $K_{i_b_x}$, $K_{i_a_y}$, $K_{i_b_y}$ ($i = 1, 2, 3$) 等である。

[0081] 一方、STEP 4 の判断結果が否定的である場合には、制御ユニット 50 は、基体傾斜角度 θ_{b_xy} の目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ を設定する処理と、車両 1 の動作制御用の定数パラメータの値を設定する処理とを、STEP 7、8 で実行する。

[0082] STEP 7 においては、制御ユニット 50 は、傾斜角度 θ_b の目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ として、あらかじめ定められた自立モード用の目標値を設定する。

[0083] ここで、「自立モード」は、車両 1 に乗員が搭乗していない場合での車両 1 の動作モードを意味する。この自立モード用の目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ は、車両 1 単体の重心点（以降、車両単体重心点という）が車輪体 5 の接地面のほぼ真上に位置する状態となる基体 9 の姿勢において、傾斜センサ 52 の出力に基づき計測される基体傾斜角度 θ_b の計測値 $\theta_{b_xy_s}$ に一致またはほぼ一致するようにあらかじめ設定されている。この自立モード用の目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ は、搭乗モード用の目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ と一般的には異なる。

[0084] また、STEP 8 においては、制御ユニット 50 は、車両 1 の動作制御用の定数パラメータの値として、あらかじめ定められた自立モード用の値を設定する。この自立モード用の定数パラメータの値は、搭乗モード用の定数パラメータの値と異なる。

[0085] 搭乗モードと自立モードとで、上記定数パラメータの値を異ならせるのは、それぞれのモードで上記重心点の高さや、全体質量等が異なることに起因して、制御入力に対する車両 1 の動作の応答特性が互いに異なるからである。

[0086] 以上の STEP 4 ~ 8 の処理によって、搭乗モードおよび自立モードの各動作モード毎に各別に、基体傾斜角度 θ_{b_xy} の目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ と定数パラメータの値とが設定される。

[0087] なお、STEP 5, 6 の処理、または STEP 7, 8 の処理は、制御処理周期毎に実行することは必須ではなく、STEP 4 の判断結果が変化した場

合にだけ実行するようにしてもよい。

[0088] 補足すると、搭乗モードおよび自立モードのいずれにおいても、基体傾斜角速度 $\theta \dot{}$ の Y 軸まわり方向の成分 $\theta \dot{}_x$ の目標値と X 軸まわり方向の成分 $\theta \dot{}_y$ の目標値とは、いずれも “0” である。このため、基体傾斜角速度 $\theta \dot{}_{xy}$ の目標値を設定する処理は不要である。

[0089] 以上の如く S T E P 5, 6 の処理、または S T E P 7, 8 の処理を実行した後、制御ユニット 50 は、次に S T E P 9 において、車両制御演算処理を実行することによって、電動モータ 31 R, 31 L のそれぞれの速度指令を決定する。この車両制御演算処理の詳細は後述する。

[0090] 次いで、S T E P 10 に進んで、制御ユニット 50 は、S T E P 9 で決定した速度指令に応じて電動モータ 31 R, 31 L の動作制御処理を実行する。この動作制御処理では、制御ユニット 50 は、S T E P 9 で決定した電動モータ 31 R の速度指令と、ロータリエンコーダ 56 R の出力に基づき計測した電動モータ 31 R の回転速度の計測値との偏差に応じて、該偏差を “0” に収束させるように電動モータ 31 R の出力トルクの目標値（目標トルク）を決定する。そして、制御ユニット 50 は、その目標トルクの出力トルクを電動モータ 31 R に出力させるように該電動モータ 31 R の通電電流を制御する。左側の電動モータ 31 L の動作制御についても同様である。

[0091] 以上が、制御ユニット 50 が実行する全体的な制御処理である。

[0092] （車両の制御方法の詳細）

次に、上記 S T E P 9 の車両制御演算処理の詳細を説明する。

[0093] なお、以降の説明においては、前記搭乗モードにおける車両・乗員全体重心点と、前記自立モードにおける車両単体重心点とを総称的に、車両系重心点という。該車両系重心点は、車両 1 の動作モードが搭乗モードである場合には、車両・乗員全体重心点を意味し、自立モードである場合には、車両単体重心点を意味する。

[0094] また、以降の説明では、制御ユニット 50 が各制御処理周期で決定する値（更新する値）に関し、現在の（最新の）制御処理周期で決定する値を今回

値、その１つ前の制御処理周期で決定した値を前回値ということがある。そして、今回値、前回値を特にことわらない値は、今回値を意味する。

[0095] また、X軸方向の速度および加速度に関しては、前方向きを正の向きとし、Y軸方向の速度および加速度に関しては、左向きを正の向きとする。

[0096] 本実施形態では、前記車両系重心点の動力的な挙動（詳しくは、Y軸方向からこれに直交する面（XZ平面）に投影して見た挙動と、X軸方向からこれに直交する面（YZ平面）に投影して見た挙動）が、近似的に、図８に示すような、倒立振子モデルの挙動（倒立振子の動力的挙動）によって表現されるものとして、STEP 9の車両制御演算処理が行なわれる。

[0097] なお、図８において、括弧を付していない参照符号は、Y軸方向から見た倒立振子モデルに対応する参照符号であり、括弧付きの参照符号は、X軸方向から見た倒立振子モデルに対応する参照符号である。

[0098] この場合、Y軸方向から見た挙動を表現する倒立振子モデルは、車両系重心点に位置する質点60_xと、Y軸方向に平行な回転軸62_a_xを有して床面上を輪転自在な仮想的な車輪62_x（以降、仮想車輪62_xという）とを備える。そして、質点60_xが、仮想車輪62_xの回転軸62_a_xに直線状のロッド64_xを介して支持され、該回転軸62_a_xを支点として該回転軸62_a_xのまわりに揺動自在とされている。

[0099] この倒立振子モデルでは、質点60_xの運動が、Y軸方向から見た車両系重心点の運動に相当する。また、鉛直方向に対するロッド64_xの傾斜角度 θ_{be_x} がY軸まわり方向での基体傾斜角度計測値 $\theta_{b_x_s}$ と基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_x_obj}$ との偏差 $\theta_{be_x_s}$ （ $=\theta_{b_x_s}-\theta_{b_x_obj}$ ）に一致するものとされる。また、ロッド64_xの傾斜角度 θ_{be_x} の変化速度（ $=d\theta_{be_x}/dt$ ）がY軸まわり方向の基体傾斜角速度計測値 $\theta_{b_dot_x_s}$ に一致するものとされる。また、仮想車輪62_xの移動速度 V_{w_x} （X軸方向の並進移動速度）は、車両1の車輪体5のX軸方向の移動速度に一致するものとされる。

[0100] 同様に、X軸方向から見た挙動を表現する倒立振子モデル（図８の括弧付きの符号を参照）は、車両系重心点に位置する質点60_yと、X軸方向に平

行な回転軸 6 2 a_yを有して床面上を輪転自在な仮想的な車輪 6 2_y（以降、仮想車輪 6 2_yという）とを備える。そして、質点 6 0_yが、仮想車輪 6 2_yの回転軸 6 2 a_yに直線状のロッド 6 4_yを介して支持され、該回転軸 6 2 a_yを支点として該回転軸 6 2 a_yのまわりに揺動自在とされている。

[0101] この倒立振子モデルでは、質点 6 0_yの運動が、X軸方向から見た車両系重心点の運動に相当する。また、鉛直方向に対するロッド 6 4_yの傾斜角度 θ_{be_y} がX軸まわり方向での基体傾斜角度計測値 $\theta_{b_y_s}$ と基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_y_obj}$ との偏差 $\theta_{be_y_s}$ （ $=\theta_{b_y_s}-\theta_{b_y_obj}$ ）に一致するものとされる。また、ロッド 6 4_yの傾斜角度 θ_{be_y} の変化速度（ $=d\theta_{be_y}/dt$ ）がX軸まわり方向の基体傾斜角速度計測値 $\theta_{b_dot_y_s}$ に一致するものとされる。また、仮想車輪 6 2_yの移動速度 V_{w_y} （Y軸方向の並進移動速度）は、車両 1 の車輪体 5 のY軸方向の移動速度に一致するものとされる。

[0102] なお、仮想車輪 6 2_x、6 2_yは、それぞれ、あらかじめ定められた所定値 R_{w_x} 、 R_{w_y} の半径を有するものとされる。

[0103] また、仮想車輪 6 2_x、6 2_yのそれぞれの回転角速度 ω_{w_x} 、 ω_{w_y} と、電動モータ 3 1 R、3 1 Lのそれぞれの回転角速度 ω_R 、 ω_L （より正確には、回転部材 2 7 R、2 7 Lのそれぞれの回転角速度 ω_R 、 ω_L ）との間には、次式 0 1 a、0 1 bの関係が成立するものとされる。

[0104]

$$\omega_{w_x} = (\omega_R + \omega_L) / 2 \quad \cdots \cdots \text{式 0 1 a}$$

$$\omega_{w_y} = C \cdot (\omega_R - \omega_L) / 2 \quad \cdots \cdots \text{式 0 1 b}$$

なお、式 0 1 bにおける“C”は、前記フリーローラ 2 9 R、2 9 Lと車輪体 5 との間の機構的な関係や滑りに依存する所定値の係数である。また、 ω_{w_x} 、 ω_R 、 ω_L の正の向きは、仮想車輪 6 2_xが前方に向かって輪転する場合の該仮想車輪 6 2_xの回転方向、 ω_{w_y} の正の向きは、仮想車輪 6 2_yが左向きに輪転する場合の該仮想車輪 6 2_yの回転方向である。

[0105] ここで、図 8 に示す倒立振子モデルの動力学は、次式 0 3 x、0 3 y によ

り表現される。なお、式 0 3 x は、Y 軸方向から見た倒立振子モデルの動力学を表現する式、式 0 3 y は、X 軸方向から見た倒立振子モデルの動力学を表現する式である。

[0106]

$$d^2 \theta_{be_x} / dt^2 = \alpha_x \cdot \theta_{be_x} + \beta_x \cdot \omega_{w_dot_x} \quad \cdots \cdots \text{式 0 3 x}$$

$$d^2 \theta_{be_y} / dt^2 = \alpha_y \cdot \theta_{be_y} + \beta_y \cdot \omega_{w_dot_y} \quad \cdots \cdots \text{式 0 3 y}$$

式 0 3 x における $\omega_{w_dot_x}$ は仮想車輪 6 2_x の回転角加速度（回転角速度 ω_{w_x} の 1 階微分値）、 α_x は、質点 6 0_x の質量や高さ h_x に依存する係数、 β_x は、仮想車輪 6 2_x のイナーシャ（慣性モーメント）や半径 R_{w_x} に依存する係数である。式 0 3 y における $\omega_{w_dot_y}$ 、 α_y 、 β_y についても上記と同様である。

[0107] これらの式 0 3 x、0 3 y から判るように、倒立振子の質点 6 0_x、6 0_y の運動（ひいては車両系重心点の運動）は、それぞれ、仮想車輪 6 2_x の回転角加速度 $\omega_{w_dot_x}$ 、仮想車輪 6 2_y の回転角加速度 $\omega_{w_dot_y}$ に依存して規定される。

[0108] そこで、本実施形態では、Y 軸方向から見た車両系重心点の運動を制御するための操作量（制御入力）として、仮想車輪 6 2_x の回転角加速度 $\omega_{w_dot_x}$ を用いると共に、X 軸方向から見た車両系重心点の運動を制御するための操作量（制御入力）として、仮想車輪 6 2_y の回転角加速度 $\omega_{w_dot_y}$ を用いる。

[0109] そして、STEP 9 の車両制御演算処理を概略的に説明すると、制御ユニット 5 0 は、X 軸方向で見た質点 6 0_x の運動と、Y 軸方向で見た質点 6 0_y の運動とが、車両系重心点の所望の運動に対応する運動となるように、操作量としての上記回転角加速度 $\omega_{w_dot_x}$ 、 $\omega_{w_dot_y}$ の指令値（目標値）である仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{w_dot_x_cmd}$ 、 $\omega_{w_dot_y_cmd}$ を決定する。さらに、制御ユニット 5 0 は、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{w_dot_x_cmd}$ 、 $\omega_{w_dot_y_cmd}$ をそれぞれ積分してなる値を、仮想車輪 6 2_x、6 2_y のそれぞれの回転

角速度 ω_{w_x} , ω_{w_y} の指令値（目標値）である仮想車輪回転角速度指令 $\omega_{w_x_cmd}$, $\omega_{w_y_cmd}$ として決定する。

[0110] そして、制御ユニット50は、仮想車輪回転角速度指令 $\omega_{w_x_cmd}$ に対応する仮想車輪62_xの移動速度（= $R_{w_x} \cdot \omega_{w_x_cmd}$ ）と、仮想車輪回転角速度指令 $\omega_{w_y_cmd}$ に対応する仮想車輪62_yの移動速度（= $R_{w_y} \cdot \omega_{w_y_cmd}$ ）とを、それぞれ、車両1の車輪体5のX軸方向の目標移動速度、Y軸方向の目標移動速度とし、それらの目標移動速度を実現するように、電動モータ31R, 31Lのそれぞれの速度指令 ω_{R_cmd} , ω_{L_cmd} を決定する。

[0111] なお、本実施形態では、操作量（制御入力）としての上記仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{w_dot_x_cmd}$, $\omega_{w_dot_y_cmd}$ は、それぞれ、後述する式07_x, 07_yに示す如く、3個の操作量成分を加え合わせるによって決定される。

[0112] 補足すると、本実施形態における操作量（制御入力）としての上記仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{w_dot_x_cmd}$, $\omega_{w_dot_y_cmd}$ のうち、 $\omega_{w_dot_x_cmd}$ は、X軸方向に移動する仮想車輪62_xの回転角速度であるから、車輪体5をX軸方向に移動させるために該車輪体5に付与すべき駆動力を規定する操作量として機能するものとなる。また、 $\omega_{w_dot_y_cmd}$ は、Y軸方向に移動する仮想車輪62_yの回転角速度であるから、車輪体5をY軸方向に移動させるために該車輪体5に付与すべき駆動力を規定する操作量として機能するものとなる。

[0113] 制御ユニット50は、上記の如き、STEP9の車両制御演算処理を実行するための機能として、図9のブロック図で示す機能を備えている。

[0114] すなわち、制御ユニット50は、基体傾斜角度計測値 $\theta_{b_xy_s}$ と基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ との偏差である基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_xy_s}$ を算出する偏差演算部70と、前記車両系重心点の移動速度である重心速度 V_{b_xy} の観測値としての重心速度推定値 $V_{b_xy_s}$ を算出する重心速度算出部72と、電動モータ31R, 31Lの回転角速度の許容範囲に応じた制限を加味して、重心速度 V_{b_xy} の目標値としての制御用目標重心速度 $V_{b_xy_mdfd}$ を決定

する重心速度制限部 76 と、後述する式 07x, 07y のゲイン係数の値を調整するためのゲイン調整パラメータ K_{r_xy} を決定するゲイン調整部 78 とを備える。

[0115] 制御ユニット 50 は、さらに、前記仮想車輪回転角速度指令 $\omega_{w_xy_cmd}$ を算出する姿勢制御演算部 80 と、この仮想車輪回転角速度指令 $\omega_{w_xy_cmd}$ を、右側の電動モータ 31R の速度指令 ω_{R_cmd} (回転角速度の指令値) と左側の電動モータ 31L の速度指令 ω_{L_cmd} (回転角速度の指令値) との組に変換するモータ指令演算部 82 とを備える。

[0116] なお、図 9 中の参照符号 84 を付したものは、姿勢制御演算部 70 が制御処理周期毎に算出する仮想車輪回転角速度指令 $\omega_{w_xy_cmd}$ を入力する遅延要素を示している。該遅延要素 84 は、各制御処理周期において、仮想車輪回転角速度指令 $\omega_{w_xy_cmd}$ の前回値 $\omega_{w_xy_cmd_p}$ を出力する。

[0117] STEP 9 の車両制御演算処理では、これらの上記の各処理部の処理が以下に説明するように実行される。

[0118] すなわち、制御ユニット 50 は、まず、偏差演算部 70 の処理と重心速度算出部 72 の処理とを実行する。

[0119] 偏差演算部 70 には、STEP 2 で算出された基体傾斜角度計測値 $\theta_{b_xy_s}$ ($\theta_{b_x_s}$ および $\theta_{b_y_s}$) と、STEP 5 または STEP 7 で設定された目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ ($\theta_{b_x_obj}$ および $\theta_{b_y_obj}$) とが入力される。そして、偏差演算部 70 は、 $\theta_{b_x_s}$ から $\theta_{b_x_obj}$ を減算することによって、Y 軸まわり方向の基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_x_s}$ ($= \theta_{b_x_s} - \theta_{b_x_obj}$) を算出すると共に、 $\theta_{b_y_s}$ から $\theta_{b_y_obj}$ を減算することによって、X 軸まわり方向の基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_y_s}$ ($= \theta_{b_y_s} - \theta_{b_y_obj}$) を算出する。

[0120] なお、偏差演算部 70 の処理は、STEP 9 の車両制御演算処理の前に行なうようにしてもよい。例えば、STEP 5 または 7 の処理の中で、偏差演算部 70 の処理を実行してもよい。

[0121] 前記重心速度算出部 72 には、STEP 2 で算出された基体傾斜角速度計

測値 $\theta \text{ bdot}_{xy_s}$ ($\theta \text{ bdot}_{x_s}$ および $\theta \text{ bdot}_{y_s}$) の今回値が入力されると共に、仮想車輪速度指令 ωw_{xy_cmd} の前回値 $\omega w_{xy_cmd_p}$ ($\omega w_{x_cmd_p}$ および $\omega w_{y_cmd_p}$) が遅延要素 8 4 から入力される。そして、重心速度算出部 7 2 は、これらの入力値から、前記倒立振子モデルに基づく所定の演算式によって、重心速度推定値 Vb_{xy_s} (Vb_{x_s} および Vb_{y_s}) を算出する。

[0122] 具体的には、重心速度算出部 7 2 は、次式 0 5 x, 0 5 y により、 Vb_{x_s} および Vb_{y_s} をそれぞれ算出する。

[0123]

$$Vb_{x_s} = Rw_x \cdot \omega w_{x_cmd_p} + h_x \cdot \theta \text{ bdot}_{x_s} \quad \cdots \cdots 0\ 5\ x$$

$$Vb_{y_s} = Rw_y \cdot \omega w_{y_cmd_p} + h_y \cdot \theta \text{ bdot}_{y_s} \quad \cdots \cdots 0\ 5\ y$$

これらの式 0 5 x, 0 5 y において、 Rw_x , Rw_y は、前記したように、仮想車輪 6 2_x, 6 2_y のそれぞれの半径であり、これらの値は、あらかじめ設定された所定値である。また、 h_x , h_y は、それぞれ倒立振子モデルの質点 6 0_x, 6 0_y の高さである。この場合、本実施形態では、車両系重心点の高さは、ほぼ一定に維持されるものとされる。そこで、 h_x , h_y の値としては、それぞれ、あらかじめ設定された所定値が用いられる。補足すると、高さ h_x , h_y は、STEP 6 または 8 において値を設定する定数パラメータに含まれるものである。

[0124] 上記式 0 5 x の右辺の第 1 項は、仮想車輪 6 2_x の速度指令の前回値 $\omega w_{x_cmd_p}$ に対応する該仮想車輪 6 2_x の X 軸方向の移動速度であり、この移動速度は、車輪体 5 の X 軸方向の実際の移動速度の現在値に相当するものである。また、式 0 5 x の右辺の第 2 項は、基体 9 が Y 軸まわり方向に $\theta \text{ bdot}_{x_s}$ の傾斜角速度で傾動することに起因して生じる車両系重心点の X 軸方向の移動速度（車輪体 5 に対する相対的な移動速度）の現在値に相当するものである。これらのことは、式 0 5 y についても同様である。

[0125] なお、ロータリエンコーダ 5 6 R, 5 6 L の出力を基に計測される電動モータ 3 1 R, 3 1 L のそれぞれの回転角速度の計測値（今回値）の組を、仮

想車輪 62_x, 62_yのそれぞれの回転角速度の組に変換し、それらの回転角速度を、式 05 x、05 y の $\omega_{w_x_cmd_p}$ 、 $\omega_{w_y_cmd_p}$ の代わりに用いてもよい。ただし、回転角速度の計測値に含まれるノイズの影響を排除する上では、目標値である $\omega_{w_x_cmd_p}$ 、 $\omega_{w_y_cmd_p}$ を使用することが有利である。

[0126] 次に、制御ユニット 50 は、重心速度制限部 76 の処理とゲイン調整部 78 の処理とを実行する。この場合、重心速度制限部 76 およびゲイン調整部 78 には、それぞれ、重心速度算出部 72 で上記の如く算出された重心速度推定値 $V_{b_xy_s}$ ($V_{b_x_s}$ および $V_{b_y_s}$) が入力される。

[0127] そして、ゲイン調整部 78 は、入力された重心速度推定値 $V_{b_xy_s}$ ($V_{b_x_s}$ および $V_{b_y_s}$) を基に、前記ゲイン調整パラメータ K_{r_xy} (K_{r_x} および K_{r_y}) を決定する。

[0128] このゲイン調整部 78 の処理を図 10 および図 11 を参照して以下に説明する。

[0129] 図 10 に示すように、ゲイン調整部 78 は、入力された重心速度推定値 $V_{b_x_s}$ 、 $V_{b_y_s}$ をリミット処理部 86 に入力する。このリミット処理部 86 では、重心速度推定値 $V_{b_x_s}$ 、 $V_{b_y_s}$ に、シート 3 の傾斜姿勢の安定な制御の観点から設計された制限を適宜、加えることによって、出力値 $V_{b_x_lim1}$ 、 $V_{b_y_lim1}$ を生成する。出力値 $V_{b_x_lim1}$ は、前記仮想車輪 62_x の X 軸方向の移動速度 V_{w_x} の制限後の値、出力値 $V_{b_y_lim1}$ は、前記仮想車輪 62_y の Y 軸方向の移動速度 V_{w_y} の制限後の値としての意味を持つ。

[0130] このリミット処理部 86 の処理を、図 11 を参照してさらに詳細に説明する。

[0131] 重心速度推定値 $V_{b_x_s}$ 、 $V_{b_y_s}$ は、図 11 (a) において実線により囲まれている菱形状の第 2 速度許容範囲（本発明の「許容範囲」に相当する。）から外れないように制限される。第 2 速度許容範囲は、破線により囲まれている第 1 速度許容範囲を超えないように画定され、図 11 (b) または (c) に示されているような形状に画定されてもよい。

- [0132] 「第1速度許容範囲」は、仮想車輪62_xのX軸方向の移動速度を、X軸方向の重心速度推定値 Vb_x_s に一致させ、かつ、仮想車輪62_yのY軸方向の移動速度を、Y軸方向の重心速度推定値 Vb_y_s に一致させたと仮定した場合における、電動モータ31R、31Lのそれぞれの回転角速度 ω_R 、 ω_L の許容範囲に基づいて画定されている。
- [0133] 仮想車輪62_x、62_yのそれぞれの回転角速度 ω_x 、 ω_y は、電動モータ31R、31Lのそれぞれの回転角速度 ω_R 、 ω_L に基づき、関係式01a、01bにしたがって表現される。重心速度 Vb_x 、 Vb_y は、仮想車輪62_x、62_yのそれぞれの回転角速度 ω_x 、 ω_y と、仮想車輪62_x、62_yのそれぞれの半径 R_x 、 R_y との積によって表現される。これらの関係にしたがって、第1速度許容範囲は、図11(a)～(c)のそれぞれに示されているように車両速度座標系において原点を中心とする菱形に画定されている。
- [0134] 車両1の前方速度成分（第1の方向の重心速度成分 $Vb_x > 0$ ）および後方速度成分（第1の方向の重心速度成分 $Vb_x < 0$ ）のそれぞれは、車両座標系において、第1車両速度座標軸の正座標値および負座標値のそれぞれにより表現される。車両1の右方向速度成分（第2の方向の重心速度成分 $Vb_y > 0$ ）および左方向速度成分（第2の方向の重心速度成分 $Vb_y < 0$ ）のそれぞれは、車両座標系において、「第2車両速度座標軸」の正座標値および負座標値のそれぞれにより表現される。
- [0135] 以上のリミット処理部86の処理によって、重心速度推定値 Vb_x_s 、 Vb_y_s が、両方とも、第2速度許容範囲内に収まっている場合には、 Vb_x_s 、 Vb_y_s にそれぞれ一致する出力値 Vb_x_lim1 、 Vb_y_lim1 の組がリミット処理部86から出力される。
- [0136] 一方、重心速度推定値 Vb_x_s 、 Vb_y_s の両方または一方が第2速度許容範囲から逸脱している場合には、その両方または一方の重心速度推定値が強制的に第2速度許容範囲内に制限された上で、X軸方向およびY軸方向の移動速度 Vb_x_lim1 、 Vb_y_lim1 の組がリミット処理部86から出力される。

- [0137] したがって、リミット処理部 86 は、その出力値 Vb_x_lim1 , Vb_y_lim1 の組に対応する重心速度推定値 Vb_x_s , Vb_y_s が第 2 速度許容範囲を逸脱しないことを必須の必要条件として、その必要条件下で可能な限り、出力値 Vb_x_lim1 , Vb_y_lim1 をそれぞれ Vb_x_s , Vb_y_s に一致させるように、出力値 Vb_x_lim1 , Vb_y_lim1 の組を生成する。
- [0138] 図 10 の説明に戻って、ゲイン調整部 78 は、次に、演算部 88_x, 88_y の処理を実行する。演算部 88_x には、X 軸方向の重心速度推定値 Vb_x_s と、リミット処理部 86 の出力値 Vb_x_lim1 とが入力される。そして、演算部 88_x は、 Vb_x_lim1 から Vb_x_s を減算してなる値 $Vover_x$ を算出して出力する。また、演算部 88_y には、Y 軸方向の重心速度推定値 Vb_y_s と、リミット処理部 86 の出力値 Vb_y_lim1 とが入力される。そして、演算部 88_y は、 Vb_y_lim1 から Vb_y_s を減算してなる値 $Vover_y$ を算出して出力する。
- [0139] この場合、リミット処理部 86 での出力値 Vb_x_lim1 , Vb_y_lim1 の強制的な制限が行なわれなかった場合には、 $Vb_x_lim1 = Vb_x_s$, $Vb_y_lim1 = Vb_y_s$ となるので、演算部 88_x, 88_y のそれぞれの出力値 $Vover_x$, $Vover_y$ はいずれも “0” となる。
- [0140] 一方、リミット処理部 86 の出力値 Vb_x_lim1 , Vb_y_lim1 が、入力値 Vb_x_s , Vb_y_s に対して強制的な制限を施して生成された場合には、 Vb_x_lim1 の Vb_x_s からの修正量 ($= Vb_x_lim1 - Vb_x_s$) と、 Vb_y_lim1 の Vb_y_s からの修正量 ($= Vb_y_lim1 - Vb_y_s$) とがそれぞれ、演算部 88_x, 88_y から出力される。
- [0141] 次いで、ゲイン調整部 78 は、演算部 88_x の出力値 $Vover_x$ を処理部 90_x, 92_x に順番に通すことによって、ゲイン調整パラメータ Kr_x を決定する。また、ゲイン調整部 78 は、演算部 88_y の出力値 $Vover_y$ を処理部 90_y, 92_y に順番に通すことによって、ゲイン調整パラメータ Kr_y を決定する。なお、ゲイン調整パラメータ Kr_x , Kr_y は、いずれも “0” から “1” までの範囲内の値である。

- [0142] 上記処理部 90_xは、入力される V_{over_x} の絶対値を算出して出力する。
また、処理部 92_xは、その出力値 Kr_x が入力値 $|V_{over_x}|$ に対して単調に増加し、且つ、飽和特性を有するように Kr_x を生成する。該飽和特性は、入力値がある程度大きくなると、入力値の増加に対する出力値の変化量が “0” になるか、もしくは、“0” に近づく特性である。
- [0143] この場合、本実施形態では、処理部 92_xは、入力値 $|V_{over_x}|$ があらかじめ設定された所定値以下である場合には、該入力値 $|V_{over_x}|$ に所定値の比例係数を乗じてなる値を Kr_x として出力する。また、処理部 92_xは、入力値 $|V_{over_x}|$ が所定値よりも大きい場合には、“1” を Kr_x として出力する。なお、上記比例係数は、 $|V_{over_x}|$ が所定値に一致するときに、 $|V_{over_x}|$ と比例係数との積が “1” になるように設定されている。
- [0144] また、処理部 90_y、92_yの処理は、それぞれ上記した処理部 90_x、92_xの処理と同様である。
- [0145] 以上説明したゲイン調整部 78 の処理によって、リミット処理部 86 での出力値 Vb_x_lim1 、 Vb_y_lim1 の強制的な制限が行なわれなかった場合、重心速度推定値 Vb_x_s 、 Vb_y_s が第 2 速度許容範囲内に収まるような場合には、第 1 ゲイン調整パラメータ $Kr1_x$ 、 $Kr1_y$ はいずれも “0” に決定される。したがって、通常は、 $Kr1_x = Kr1_y = 0$ である。
- [0146] 一方、リミット処理部 86 の出力値 Vb_x_lim1 、 Vb_y_lim1 が、入力値 Vb_x_s 、 Vb_y_s に対して強制的な制限を施して生成された場合、すなわち、重心速度推定値 Vb_x_s 、 Vb_y_s のいずれかが第 2 速度許容範囲を逸脱してしまう場合には、前記修正量 V_{over_x} 、 V_{over_y} のそれぞれの絶対値に応じて、第 1 ゲイン調整パラメータ $Kr1_x$ 、 $Kr1_y$ の値がそれぞれ決定される。この場合、 $Kr1_x$ は、“1” を上限値して、修正量 Vx_over の絶対値が大きいほど、大きな値になるように決定される。このことは、 $Kr1_y$ についても同様である。
- [0147] また、前記重心速度制限部 76 は、入力された重心速度推定値 Vb_xy_s (Vb_x_s および Vb_y_s) を使用して、図 12 のブロック図で示す処理を実行

することによって、制御用目標重心速度 Vb_xy_mdfd (Vb_x_mdfd および Vb_y_mdfd) を決定する。

[0148] 具体的には、重心速度制限部 76 は、まず、定常偏差算出部 94_x、94_y の処理を実行する。

[0149] この場合、定常偏差算出部 94_x には、X 軸方向の重心速度推定値 Vb_x_s が入力されると共に、X 軸方向の制御用目標重心速度 Vb_x_mdfd の前回値 $Vb_x_mdfd_p$ が遅延要素 96_x を介して入力される。そして、定常偏差算出部 94_x は、まず、入力される Vb_x_s が比例・微分補償要素 (PD 補償要素) 94a_x に入力する。この比例・微分補償要素 94_x は、その伝達関数が $1 + Kd \cdot S$ により表される補償要素であり、入力される Vb_x_s と、その微分値 (時間的変化率) に所定値の係数 Kd を乗じてなる値とを加算し、その加算結果の値を出力する。

[0150] 次に、定常偏差算出部 94_x は、入力される $Vb_x_mdfd_p$ を、比例・微分補償要素 94_x の出力値から減算してなる値を演算部 94b_x により算出した後、この演算部 94b_x の出力値を、位相補償機能を有するローパスフィルタ 94c_x に入力する。このローパスフィルタ 94c_x は、伝達関数が $(1 + T2 \cdot S) / (1 + T1 \cdot S)$ により表されるフィルタである。そして、定常偏差算出部 94_x は、このローパスフィルタ 94c_x の出力値 Vb_x_prd を出力する。

[0151] また、定常偏差算出部 94_y には、Y 軸方向の重心速度推定値 Vb_y_s が入力されると共に、Y 軸方向の制御用目標重心速度 Vb_y_mdfd の前回値 $Vb_y_mdfd_p$ が遅延要素 96_y を介して入力される。

[0152] そして、定常偏差算出部 94_y は、上記した定常偏差算出部 94_x と同様に、比例・微分補償要素 94a_y、演算部 94b_y およびローパスフィルタ 94c_y の処理を順次実行し、ローパスフィルタ 94c_y の出力値 Vb_y_prd を出力する。

[0153] ここで、定常偏差算出部 94_x の出力値 Vb_x_prd は、Y 軸方向から見た車両系重心点の現在の運動状態 (換言すれば Y 軸方向から見た倒立振子モデル

の質点 60_x の運動状態) から推測される、将来の X 軸方向の重心速度推定値の収束予測値の制御用目標重心速度 Vb_x_mdfd に対する定常偏差としての意味を持つものである。同様に、定常偏差算出部 94_y 出力値 Vb_y_prd は、X 軸方向から見た車両系重心点の現在の運動状態 (換言すれば X 軸方向から見た倒立振子モデルの質点 60_y の運動状態) から推測される、将来の Y 軸方向の重心速度推定値の収束予測値の制御用目標重心速度 Vb_y_mdfd に対する定常偏差としての意味を持つものである。以降、定常偏差算出部 94_x, 94_y のそれぞれの出力値 Vb_x_prd , Vb_y_prd を重心速度定常偏差予測値という。

[0154] 重心速度制限部 76 は、上記の如く定常偏差算出部 94_x, 94_y の処理を実行した後、上記重心速度定常偏差予測値 Vb_x_prd , Vb_y_prd をリミット処理部 100 に入力する。そして、移動速度 Vb_x_lim2 , Vb_y_lim2 がリミット処理部 100 から出力される。このリミット処理部 100 の処理は、前記したゲイン調整部 78 のリミット処理部 86 の処理と同じである。この場合、図 11 に括弧付きに参照符号で示す如く、リミット処理部 100 の各処理部の入力値および出力値だけがリミット処理部 86 と相違する。

[0155] 以上のリミット処理部 100 の処理によって、リミット処理部 100 は、リミット処理部 86 と同様に、その出力値 Vb_x_lim2 , Vb_y_lim2 の組に対応する重心速度定常偏差予測値 Vb_x_prd , Vb_y_prd が第 2 速度許容範囲を逸脱しないことを必須の必要条件として、その必要条件下で可能な限り、出力値 Vb_x_lim2 , Vb_y_lim2 をそれぞれ Vb_x_t , Vb_y_t に一致させるように、出力値 Vb_x_lim2 , Vb_y_lim2 の組を生成する。

[0156] なお、リミット処理部 100 における第 2 速度許容範囲は、リミット処理部 86 における第 2 速度許容範囲と同一である必要はなく、互いに異なる許容範囲に設定されていてもよい。

[0157] 図 12 の説明に戻って、重心速度制限部 76 は、次に、演算部 102_x, 102_y の処理を実行することによって、それぞれ制御用目標重心速度 Vb_x_mdfd , Vb_y_mdfd を算出する。この場合、演算部 102_x は、リミット処理

部 100 の出力値 Vb_x_lim2 から、X 軸方向の重心速度定常偏差予測値 Vb_x_prd を減算してなる値を X 軸方向の制御用目標重心速度 Vb_x_mdfd として算出する。同様に、演算部 102_y は、リミット処理部 100 の出力値 Vb_y_lim2 から、Y 軸方向の重心速度定常偏差予測値 Vb_y_prd を減算してなる値を Y 軸方向の制御用目標重心速度 Vb_y_mdfd として算出する。

[0158] 以上のようにして決定される制御用目標重心速度 Vb_x_mdfd , Vb_y_mdfd は、リミット処理部 100 での出力値 V_x_lim2 , V_y_lim2 の強制的な制限が行なわれなかった場合、すなわち、重心速度定常偏差予測値 Vb_x_prd , Vb_y_prd が第 2 速度許容範囲内に収まるような場合には、制御用目標重心速度 Vb_x_mdfd , Vb_y_mdfd はいずれも “0” に決定される。したがって、通常は、 $Vb_x_mdfd = Vb_y_mdfd = 0$ である。

[0159] 一方、リミット処理部 100 の出力値 Vb_x_lim2 , Vb_y_lim2 が、入力値 Vb_x_t , Vb_y_t に対して強制的な制限を施して生成された場合、すなわち、重心速度定常偏差予測値 Vb_x_prd , Vb_y_prd が第 2 速度許容範囲を逸脱してしまう場合には、X 軸方向については、リミット処理部 100 の出力値 Vb_x_lim2 の入力値 Vb_x_prd からの修正量 ($= Vb_x_lim2 - Vb_x_prd$) が、X 軸方向の制御用目標重心速度 Vb_x_mdfd として決定される。

[0160] また、Y 軸方向については、リミット処理部 100 の出力値 Vb_y_lim2 の入力値 Vb_y_prd からの修正量 ($= Vb_y_lim2 - Vb_y_prd$) が、Y 軸方向の制御用目標重心速度 Vb_y_mdfd として決定される。

[0161] この場合において、例えば X 軸方向の速度に関し、制御用目標重心速度 Vb_x_mdfd は、定常偏差算出部 94_x が出力する X 軸方向の重心速度定常偏差予測値 Vb_x_prd と逆向きの速度となる。このことは、Y 軸方向の速度に関しても同様である。

[0162] 以上が、重心速度制限部 76 の処理である。

[0163] 図 9 の説明に戻って、制御ユニット 50 は、以上の如く重心速度制限部 76、ゲイン調整部 78、および偏差演算部 70 の処理を実行した後、次に、姿勢制御演算部 80 の処理を実行する。

[0164] この姿勢制御演算部 80 の処理を、以下に図 13 を参照して説明する。なお、図 13 において、括弧を付していない参照符号は、X 軸方向に輪転する仮想車輪 62_x の回転角速度の目標値である前記仮想車輪回転角速度指令 ωw_x_cmd を決定する処理に係わる参照符号であり、括弧付きの参照符号は、Y 軸方向に輪転する仮想車輪 62_y の回転角速度の目標値である前記仮想車輪回転角速度指令 ωw_y_cmd を決定する処理に係わる参照符号である。

[0165] 姿勢制御演算部 80 には、偏差演算部 70 で算出された基体傾斜角度偏差計測値 θbe_xy_s と、STEP 2 で算出された基体傾斜角速度計測値 $\theta bdot_xy_s$ と、重心速度算出部 72 で算出された重心速度推定値 Vb_xy_s と、重心速度制限部 76 で算出された目標重心速度 Vb_xy_mdfd と、ゲイン調整部 78 で算出されたゲイン調整パラメータ Kr_xy とが入力される。

[0166] そして、姿勢制御演算部 80 は、まず、これらの入力値を用いて、次式 07 x, 07 y により、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega dotw_xy_cmd$ を算出する。

[0167]

$$\begin{aligned} \omega wdot_x_cmd = & K1_x \cdot \theta be_x_s + K2_x \cdot \theta bdot_x_s \\ & + K3_x \cdot (Vb_x_s - Vb_x_mdfd) \quad \cdots \cdots \text{式 07 x} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega wdot_y_cmd = & K1_y \cdot \theta be_y_s + K2_y \cdot \theta bdot_y_s \\ & + K3_y \cdot (Vb_y_s - Vb_y_mdfd) \quad \cdots \cdots \text{式 07 y} \end{aligned}$$

従って、本実施形態では、Y 軸方向から見た倒立振子モデルの質点 60_x の運動（ひいては、Y 軸方向から見た車両系重心点の運動）を制御するための操作量（制御入力）としての仮想車輪回転角加速度指令 $\omega dotw_x_cmd$ と、X 軸方向から見た倒立振子モデルの質点 60_y の運動（ひいては、X 軸方向から見た車両系重心点の運動）を制御するための操作量（制御入力）としての仮想車輪回転角加速度指令 $\omega dotw_y_cmd$ とは、それぞれ、3 つの操作量成分（式 07 x, 07 y の右辺の 3 つの項）を加え合わせることで決定される。

[0168] この場合、式 07 x における各操作量成分に係わるゲイン係数 $K1_x$, $K2_x$

x, K3_xは、ゲイン調整パラメータKr_xに応じて可變的に設定され、式07 yにおける各操作量成分に係わるゲイン係数K1_y, K2_y, K3_yは、ゲイン調整パラメータKr_yに応じて可變的に設定される。以降、式07 xにおけるゲイン係数K1_x, K2_x, K3_xのそれぞれを第1ゲイン係数K1_x、第2ゲイン係数K2_x、第3ゲイン係数K3_xということがある。このことは、式07 yにおけるゲイン係数K1_y, K2_y, K3_yについても同様とする。

[0169] 式07 xにおける第iゲイン係数Ki_x (i = 1, 2, 3) と、式07 yにおける第iゲイン係数Ki_y (i = 1, 2, 3) とは、図13中にただし書きで示した如く、次式09 x、09 yにより、ゲイン調整パラメータKr_x, Kr_yに応じて決定される。

[0170]

$$K_{i_x} = (1 - K_{r_x}) \cdot K_{i_a_x} + K_{r_x} \cdot K_{i_b_x} \quad \cdots \cdots \text{式09 x}$$

$$K_{i_y} = (1 - K_{r_y}) \cdot K_{i_a_y} + K_{r_y} \cdot K_{i_b_y} \quad \cdots \cdots \text{式09 y}$$

$$(i = 1, 2, 3)$$

ここで、式09 xにおけるKi_a_x、Ki_b_xは、それぞれ、第iゲイン係数Ki_xの最小側（“0”に近い側）のゲイン係数値、最大側（“0”から離れる側）のゲイン係数値としてあらかじめ設定された定数値である。このことは、式09 yにおけるKi_a_y、Ki_b_yについても同様である。

[0171] 従って、式07 xの演算に用いる各第iゲイン係数Ki_x (i = 1, 2, 3) は、それぞれに対応する定数値Ki_a_x、Ki_b_xの重み付き平均値として決定される。そして、この場合、Ki_a_x、Ki_b_xにそれぞれ掛かる重みが、ゲイン調整パラメータKr_xに応じて変化させられる。このため、Kr_x = 0である場合には、Ki_x = Ki_a_xとなり、Kr_x = 1である場合には、Ki_x = Ki_b_xとなる。そして、Kr_xが“0”から“1”に近づくに伴い、第iゲイン係数Ki_xはKi_a_xからKi_b_x近づいていく。

[0172] 同様に、式07 yの演算に用いる各第iゲイン係数Ki_y (i = 1, 2, 3) は、それぞれに対応する定数値Ki_a_y、Ki_b_yの重み付き平均値として

決定される。そして、この場合、 $K_{i_a_y}$ 、 $K_{i_b_y}$ にそれぞれ掛かる重みが、ゲイン調整パラメータ K_{r_y} に応じて変化させられる。このため、 K_{i_x} の場合と同様に、 K_{r_y} の値が“0”から“1”の間で変化するに伴い、第 i ゲイン係数 K_{i_y} の値が、 $K_{i_a_y}$ と $K_{i_b_y}$ との間で変化する。

[0173] なお、前記したように、 K_{r_x} 、 K_{r_y} は、通常は（詳しくはゲイン調整部78のリミット処理部86での出力値 $V_{b_x_lim1}$ 、 $V_{b_y_lim1}$ の強制的な制限が行なわれなかった場合）、“0”である。従って、通常は、第 i ゲイン係数 K_{i_x} 、 K_{i_y} （ $i = 1, 2, 3$ ）は、通常は、それぞれ、 $K_{i_x} = K_{i_a_x}$ 、 $K_{i_y} = K_{i_a_y}$ となる。

[0174] 補足すると、上記定数値 $K_{i_a_x}$ 、 $K_{i_b_x}$ および $K_{i_a_y}$ 、 $K_{i_b_y}$ （ $i = 1, 2, 3$ ）は、STEP 6または8において値が設定される定数パラメータに含まれるものである。

[0175] 姿勢制御演算部80は、上記の如く決定した第1～第3ゲイン係数 $K1_x$ 、 $K2_x$ 、 $K3_x$ を用いて前記式07xの演算を行なうことで、X軸方向に輪転する仮想車輪62_xに係わる仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_{dot_x_cmd}$ を算出する。

[0176] さらに詳細には、図13を参照して、姿勢制御演算部80は、基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_x_s}$ に第1ゲイン係数 $K1_x$ を乗じてなる操作量成分 $u1_x$ と、基体傾斜角速度計測値 $\theta_{b\dot{d}ot_x_s}$ に第2ゲイン係数 $K2_x$ を乗じてなる操作量成分 $u2_x$ とをそれぞれ、処理部80a、80bで算出する。さらに、姿勢制御演算部80は、重心速度推定値 $V_{b_x_s}$ と制御用目標重心速度 $V_{b_x_mdfd}$ との偏差（ $= V_{b_x_s} - V_{b_x_mdfd}$ ）を演算部80dで算出し、この偏差に第3ゲイン係数 $K3_x$ を乗じてなる操作量成分 $u3_x$ を処理部80cで算出する。そして、姿勢制御演算部80は、これらの操作量成分 $u1_x$ 、 $u2_x$ 、 $u3_x$ を演算部80eにて加え合わせるにより、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_{dot_x_cmd}$ を算出する。

[0177] 同様に、姿勢制御演算部80は、上記の如く決定した第1～第3ゲイン係数 $K1_y$ 、 $K2_y$ 、 $K3_y$ を用いて前記式07yの演算を行なうことで、Y軸方

向に輪転する仮想車輪 6 2_y に係わる仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{y}_{cmd}$ を算出する。

[0178] この場合には、姿勢制御演算部 8 0 は、基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_y_s}$ に第 1 ゲイン係数 $K1_y$ を乗じてなる操作量成分 $u1_y$ と、基体傾斜角速度計測値 $\theta\dot{b}_{y_s}$ に第 2 ゲイン係数 $K2_y$ を乗じてなる操作量成分 $u2_y$ とをそれぞれ、処理部 8 0 a, 8 0 b で算出する。さらに、姿勢制御演算部 8 0 は、重心速度推定値 Vb_y_s と制御用目標重心速度 Vb_y_mdfd との偏差 ($= Vb_y_s - Vb_y_mdfd$) を演算部 8 0 d で算出し、この偏差に第 3 ゲイン係数 $K3_y$ を乗じてなる操作量成分 $u3_y$ を処理部 8 0 c で算出する。そして、姿勢制御演算部 8 0 は、これらの操作量成分 $u1_y$, $u2_y$, $u3_y$ を演算部 8 0 e にて加え合わせるにより、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{y}_{cmd}$ を算出する。

[0179] ここで、式 0 7 x の右辺の第 1 項 ($=$ 第 1 操作量成分 $u1_x$) および第 2 項 ($=$ 第 2 操作量成分 $u2_x$) は、X 軸まわり方向での基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_x_s}$ を、フィードバック制御則としての P D 則 (比例・微分則) により “0” に収束させる (基体傾斜角度計測値 $\theta_{b_x_s}$ を目標値 $\theta_{b_x_obj}$ に収束させる) ためのフィードバック操作量成分としての意味を持つ。

[0180] また、式 0 7 x の右辺の第 3 項 ($=$ 第 3 操作量成分 $u3_x$) は、重心速度推定値 Vb_x_s と制御用目標重心速度 Vb_x_mdfd との偏差をフィードバック制御則としての比例則により “0” に収束させる (Vb_x_s を Vb_x_mdfd に収束させる) ためのフィードバック操作量成分としての意味を持つ。

[0181] これらのことは、式 0 7 y の右辺の第 1 ~ 第 3 項 (第 1 ~ 第 3 操作量成分 $u1_y$, $u2_y$, $u3_y$) についても同様である。

[0182] なお、前記したように通常は (より詳しくは、前記重心速度制限部 7 6 のリミット処理部 1 0 0 での出力値 V_x_lim2 , V_y_lim2 の強制的な制限が行なわれなかった場合)、制御用目標重心速度 Vb_x_mdfd , Vb_y_mdfd は “0” である。そして、 $Vb_x_mdfd = Vb_y_mdfd = 0$ となる通常の場合は、第 3 操作量成分 $u3_x$, $u3_y$ は、それぞれ、重心速度推定値 Vb_x_s , Vb_y_s に

第3ゲイン係数 $K3_x$, $K3_y$ を乗じた値に一致する。

[0183] 姿勢制御演算部80は、上記の如く、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_x_cmd$, $\omega\dot{w}_y_cmd$ を算出した後、次に、これらの $\omega\dot{w}_x_cmd$, $\omega\dot{w}_y_cmd$ をそれぞれ積分器80fにより積分することによって、前記仮想車輪回転速度指令 ωw_x_cmd , ωw_y_cmd を決定する。

[0184] 以上が姿勢制御演算部80の処理の詳細である。

[0185] 補足すると、式07xの右辺の第3項を、 Vb_x_s に応じた操作量成分($=K3_x \cdot Vb_x_s$)と、 Vb_x_mdfd に応じた操作量成分($=-K3_x \cdot Vb_x_mdfd$)とに分離した式によって、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_x_cmd$ を算出するようにしてよい。同様に、式07yの右辺の第3項を、 Vb_y_s に応じた操作量成分($=K3_y \cdot Vb_y_s$)と、 Vb_y_mdfd に応じた操作量成分($=-K3_y \cdot Vb_y_mdfd$)とに分離した式によって、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_y_cmd$ を算出するようにしてよい。

[0186] また、本実施形態では、車両系重心点の挙動を制御するための操作量(制御入力)として、仮想車輪62_x, 62_yの回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_x_cmd$, $\omega\dot{w}_y_cmd$ を用いるようにしたが、例えば、仮想車輪62_x, 62_yの駆動トルク、あるいは、この駆動トルクを各仮想車輪62_x, 62_yの半径 Rw_x , Rw_y で除算してなる並進力(すなわち仮想車輪62_x, 62_yと床面との間の摩擦力)を操作量として用いるようにしてもよい。

[0187] 図9の説明に戻って、制御ユニット50は、次に、姿勢制御演算部80で上記の如く決定した仮想車輪回転速度指令 ωw_x_cmd , ωw_y_cmd をモータ指令演算部82に入力し、該モータ指令演算部82の処理を実行することによって、電動モータ31Rの速度指令 ω_R_cmd と電動モータ31Lの速度指令 ω_L_cmd とを決定する。

[0188] 具体的には、モータ指令演算部82は、前記式01a, 01bの ωw_x , ωw_y , ω_R , ω_L をそれぞれ、 ωw_x_cmd , ωw_y_cmd , ω_R_cmd , ω_L_cmd に置き換えて得られる連立方程式を、 ω_R_cmd , ω_L_cmd を未知数として解くことによって、電動モータ31R, 31Lのそれぞれの速度指令 ω_R_cmd ,

ω_L_cmd を決定する。

[0189] 以上によりSTEP9の車両制御演算処理が完了する。

[0190] 以上説明した如く制御ユニット50が制御演算処理を実行することによって、前記搭乗モードおよび自立モードのいずれの動作モードにおいても、基本的には、シート3および基体9の姿勢が、前記基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_x_s}$ 、 $\theta_{be_y_s}$ の両方が“0”となる姿勢（以下、この姿勢を基本姿勢という）に保たれている状態では、車両系重心点が静止するように操作量（制御入力）としての仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_{xy_cmd}$ が決定される。そして、シート3および基体9の姿勢を前記基本姿勢に対して傾けると、換言すれば、車両系重心点（車両・乗員全体重心点または車両単体重心点）の水平方向位置を、車輪体5の接地面のほぼ真上に位置する状態から変位させると、シート3および基体9の姿勢を基本姿勢に復元させるように（ $\theta_{be_x_s}$ 、 $\theta_{be_y_s}$ を“0”に近づけるか、もしくは“0”に保持するように）、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_{xy_cmd}$ が決定される。

[0191] そして、 $\omega\dot{w}_{xy_cmd}$ の各成分を積分してなる仮想車輪回転角速度指令 $\omega_{w_xy_cmd}$ を変換してなる電動モータ31R、31Lのそれぞれの回転角速度が、電動モータ31R、31Lの速度指令 ω_R_cmd 、 ω_L_cmd として決定される。さらに、その速度指令 ω_R_cmd 、 ω_L_cmd に従って、各電動モータ31R、31Lの回転速度が制御される。ひいては車輪体5のX軸方向およびY軸方向のそれぞれの移動速度が、 $\omega_{w_x_cmd}$ に対応する仮想車輪62_xの移動速度と、 $\omega_{w_y_cmd}$ に対応する仮想車輪62_yの移動速度とに各々一致するように制御される。

[0192] このため、例えば、Y軸まわり方向で、実際の基体傾斜角度 θ_{b_x} が目標値 $\theta_{b_x_obj}$ から前傾側にずれると、そのずれを解消すべく（ $\theta_{be_x_s}$ を“0”に収束させるべく）、車輪体5が前方に向かって移動する。同様に、実際の θ_{b_x} が目標値 $\theta_{b_x_obj}$ から後傾側にずれると、そのずれを解消すべく（ $\theta_{be_x_s}$ を“0”に収束させるべく）、車輪体5が後方に向かって移動する。

[0193] また、例えば、X軸まわり方向で、実際の基体傾斜角度 θ_{b_y} が目標値 $\theta_{b_}$

y_objから右傾側にずれると、そのずれを解消すべく（ $\theta_{be_y_s}$ を“0”に収束させるべく）、車輪体5が右向きに移動する。同様に、実際の θ_{b_y} が目標値 $\theta_{b_y_obj}$ から左傾側にずれると、そのずれを解消すべく（ $\theta_{be_y_s}$ を“0”に収束させるべく）、車輪体5が左向きに移動する。

[0194] さらに、実際の基体傾斜角度 θ_{b_x} 、 θ_{b_y} の両方が、それぞれ目標値 $\theta_{b_x_obj}$ 、 $\theta_{b_y_obj}$ からずれると、 θ_{b_x} のずれを解消するための車輪体5の前後方向の移動動作と、 θ_{b_y} のずれを解消するための車輪体5の左右方向の移動動作とが合成され、車輪体5がX軸方向およびY軸方向の合成方向（X軸方向およびY軸方向の両方向に対して傾斜した方向）に移動することとなる。

[0195] このようにして、シート3および基体9の姿勢が前記基本姿勢から傾くと、その傾いた側に向かって、車輪体5が移動することとなる。従って、例えば前記搭乗モードにおいて、乗員が意図的にその上体をシート3および基体9と共に傾けると、その傾けた側に、車輪体5が移動することとなる。なお、本実施形態では、後述する理由によって、シート3および基体9を基本姿勢から傾けた場合における車両系重心点の水平面内の移動方向（Z軸に直交する方向での移動方向）と、車輪体5の移動方向とは必ずしも一致しない。

[0196] そして、車輪体5の移動時（車両1全体の移動時）において、シート3および基体9の姿勢を、基本姿勢から傾けた一定の姿勢（基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_xy_s}$ が一定となる姿勢）に保持すると、車両系重心点の移動速度（ひいては車輪体5の移動速度）は、制御用目標重心速度 $V_{b_xy_mdfd}$ と一定の偏差を有し、且つ、その偏差が基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_xy_s}$ に依存するものとなる移動速度に収束する。

[0197] この場合、本実施系形態では、電動モータ31R、31Lの回転角速度が高速になり過ぎないように移動速度で車輪体5の移動動作が行なわれる通常の場合（より正確には、重心速度制限部76のリミット処理部100の出力値 $V_{b_x_lim2}$ 、 $V_{b_y_lim2}$ の強制的な制限がなされない場合）では、制御用目標重心速度 $V_{b_x_mdfd}$ 、 $V_{b_y_mdfd}$ は、いずれも“0”に保たれる。そし

て、このように Vb_x_mdfd , Vb_x_mdfd が一定に保たれる状況において、シート3および基体9の姿勢を、基本姿勢から傾けた一定の姿勢に保持すると、車両系重心点の移動速度（ひいては車輪体5の移動速度）は、基体傾斜角度偏差計測値 θbe_xy_s に依存する大きさおよび向きを有する移動速度に収束する。

[0198] このような作動に関してさらに詳説すると、基体傾斜角度偏差計測値 θbe_x_s , θbe_y_s の両方がそれぞれ一定に保持される定常状態では、前記第2操作量成分 $u2_x$, $u2_y$ は“0”となる。このため、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega dotw_x_cmd$ は、前記第1操作量成分 $u1_x$ と第3操作量成分 $u3_x$ とを加え合わせたものとなり、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega dotw_y_cmd$ は、前記第1操作量成分 $u1_y$ と第3操作量成分 $u3_y$ とを加え合わせたものとなる。

[0199] そして、上記定常状態では、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega dotw_x_cmd$, $\omega dotw_x_cmd$ は、車輪体5の移動速度を一定に保ち得る値に収束する。ひいては、重心速度 Vb_x , Vb_y が一定値に収束することとなる。

[0200] この場合、前記式07xにおける右辺の第2項（= $u2_x$ ）が“0”、右辺の第1項（= $u1_x=K1_x * \theta be_x_s$ ）が一定値、左辺の $\omega dotw_x_cmd$ が一定値となるので、X軸方向の重心速度 Vb_x の収束値（重心速度推定値 Vb_x_s の収束値。以降、定常時収束速度 Vb_x_stb という）は、Y軸まわり方向の基体傾斜角度偏差計測値 θbe_x_s に依存するものとなる。より詳しくは、 Vb_x_stb は、 $Vb_x_stb = (-K1_x * \Delta \theta be_x_s + \omega dotw_x_cmd) / K3_x + Vb_x_mdfd$ となるので、 θbe_x_s に対して単調に変化する関数値となる。

[0201] 同様に、前記式07yにおける右辺の第2項（= $u2_y$ ）が“0”、右辺の第1項（= $u1_y=K1_y * \theta be_y_s$ ）が一定値、左辺の $\omega dotw_y_cmd$ が一定値となるので、Y軸方向の重心速度 Vb_y の収束値（重心速度推定値 Vb_y_s の収束値。以降、定常時収束速度 Vb_y_stb という）は、X軸まわり方向の基体傾斜角度偏差計測値 θbe_y_s に依存するものとなる。より詳しくは、 Vb_y_stb は、 $Vb_y_stb = (-K1_y * \Delta \theta be_y_s + \omega dotw_y_cmd) / K3_y + Vb_y_mdfd$ となるので、 θbe_y_s に対して単調に変化する関数値となる。

[0202] このように $V_{b_x_mdfd}$, $V_{b_x_mdfd}$ が一定に保たれる状況において、シート3および基体9の姿勢を、基本姿勢から傾けた一定の姿勢に保持すると、車両系重心点の移動速度（ひいては車輪体5の移動速度）は、基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_xy_s}$ に依存する大きさおよび向きを有する移動速度に収束することとなる。

[0203] また、例えば、基体9およびシート3の前記基本姿勢からの傾き量（基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_x_s}$, $\theta_{be_y_s}$ ）が比較的大きくなり、その傾き量が一定に保持された場合の車輪体5のX軸方向およびY軸方向の一方または両方の移動速度（これらの移動速度は、それぞれ、図12に示した前記重心速度定常偏差予測値 $V_{b_x_prd}$, $V_{b_y_prd}$ に相当する）が、リミット処理部100での第2速度許容範囲から逸脱してしまうような、過大な移動速度になるような状況では、該車輪体5の移動速度に対して逆向きとなる速度（詳しくは、 $V_{b_x_lim2} - V_{b_x_prd}$ および $V_{b_y_lim2} - V_{b_y_prd}$ ）が制御用目標重心速度 $V_{b_x_mdfd}$, $V_{b_y_mdfd}$ として決定される。そして、制御入力を構成する操作量成分のうちの第3操作量成分 u_{3_x} , u_{3_y} が、この制御用目標重心速度 $V_{b_x_mdfd}$, $V_{b_y_mdfd}$ に重心速度推定値 $V_{b_x_s}$, $V_{b_y_s}$ をそれぞれ収束させるように決定される。このため、車輪体5の増速が抑制され、ひいては電動モータ31R, 31Lの一方または両方の回転角速度が高速になり過ぎるのが防止される。

[0204] さらに、前記ゲイン調整部78では、重心速度推定値 $V_{b_x_s}$, $V_{b_y_s}$ の一方または両方が大きくなり、ひいては、車輪体5のX軸方向およびY軸方向の一方または両方の移動速度が、リミット処理部86の第2速度許容範囲から逸脱してしまうような、過大な移動速度になる状況では、その逸脱が顕著になるほど（詳しくは、図12に示す V_{over_x} , V_{over_y} の絶対値が大きくなるほど）、前記第1ゲイン調整パラメータ K_{r1_x} , K_{r1_y} の一方または両方が“0”から“1”に近づけられる。

[0205] この場合、前記式09x1により算出される各第iゲイン係数 K_{i_x} （ $i = 1, 2, 3$ ）は、 K_{r1_x} が“1”に近づくほど、 $K_{i_a_x} * K_{i_x_2}$ から $K_{i_b_x}$

* $K_{i_x_2}$ に近づく。ひいては、 K_{i_x} の絶対値が大きくなる。このことは、前記式(9)により算出される各第 i ゲイン係数 K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) についても同様である。

[0206] そして、上記ゲイン係数の絶対値が大きくなることによって、基体 9 およびシート 3 の傾きの変化（基体傾斜角度偏差計測値 $\theta_{be_xy_s}$ の変化）や、重心速度推定値 $V_{b_xy_s}$ の変化に対する操作量（仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{dotw_x_cmd}$, $\omega_{dotw_y_cmd}$ ）の感度が高まる。したがって、基体 9 およびシート 3 の基本姿勢からの傾き量が増加しようとしたり、重心速度推定値 $V_{b_xy_s}$ の大きさが増加しようとする、それらを素早く解消するように、車輪体 5 の移動速度が制御されることとなる。したがって、基体 9 が基本姿勢から大きく傾いたり、重心速度推定値 $V_{b_xy_s}$ が大きくなることが強めに抑制され、ひいては、車輪体 5 の X 軸方向および Y 軸方向の一方または両方の移動速度が、電動モータ 31R, 31L の一方または両方の回転角速度を前記リミット処理部 86 での第 2 速度許容範囲から逸脱させてしまうような、過大な移動速度になるのを防止することができる。

[0207] （本発明の作用効果）

本発明の倒立振子型車両 1 によれば、単に移動動作部 5 の移動速度に制限をかける、すなわち、基体 9 の傾斜安定性が低下する可能性が高い形態で車両 1 の移動速度が制限されるのではなく、代表点速度（重心速度） V_{b_x} , V_{b_y} に制限がかけられる。具体的には、代表点速度 V_{b_x} , V_{b_y} がその許容範囲（第 2 速度許容範囲）から逸脱した場合、当該許容範囲の境界値に近づくようにアクチュエータ装置 7 の動作が制御されるこれにより、基体 9 の傾斜安定性を保ったまま車両 1 の移動速度の制限を行うことができる。

[0208] （本発明の他の実施形態）

次に、以上説明した実施形態に係わる変形態様に関していくつか説明しておく。

[0209] 第 3 ゲイン係数 K_{3_x} , K_{3_y} が代表点速度絶対値（重心速度絶対値） $|V_{b_x}|$, $|V_{b_y}|$ の関数として設定されてもよい。この関数は、たとえば、代

表点速度絶対値が増加するにつれ、図 1 4 に一点鎖線で示されているように第 2 速度許容範囲の境界値の絶対値よりも小さい段階で断続的に増加率が高くなるような特性を示す。図 1 4 に一点鎖線で示されている関数は、より具体的には、代表点速度絶対値 $|V_{b_x}|$ が 0 から第 2 速度許容範囲の X 方向の境界値の絶対値 $|V_{b_x_lim}|$ よりも小さい基準値まで増加するにつれ、0 から係数 C_{x1} (> 0) に応じて比例増加し、代表点速度絶対値 $|V_{b_x}|$ が基準値から増加するにつれ、係数 C_{x1} よりも大きい係数 C_{x2} に応じて比例増加する特性を示す。この特性は、Y 成分についても同様である。

[0210] さらに、この関数は、代表点速度絶対値が増加するにつれ、図 1 4 に二点鎖線で示されているように第 2 速度許容範囲の境界値の絶対値よりも小さい段階で連続的に増加率が高くなるような特性を示してもよい。

[0211] 当該構成が採用された車両 1 によれば、代表点速度絶対値 $|V_{b_x}|$ 、 $|V_{b_y}|$ が大きくなり、基体 9 の傾斜安定性が低下する可能性が高くなると、第 3 ゲイン係数 $K3_x$ 、 $K3_y$ が大きい値に設定される。これにより、代表点速度 V_{b_x} 、 V_{b_y} の変化に対する移動動作部 5 の速度または加速度のいずれかの変化の比率が大きくなるようにアクチュエータ装置 7 の動作が制御される。その結果、代表点速度 V_{b_x} 、 V_{b_y} の増加を抑制するような制動力が車両 1 に作用するので、基体 9 の傾斜安定性を保ったまま車両 1 の移動速度の制限を行うことができる。

[0212] 特に、代表点速度 V_{b_x} 、 V_{b_y} が許容範囲内にある段階から、代表点速度 V_{b_x} 、 V_{b_y} の変化に対する移動動作部 5 の速度または加速度のいずれかの変化の比率が少しずつ大きくなるようにアクチュエータ装置 7 が制御される（図 1 4 「基準点」参照）。これにより、代表点速度 V_{b_x} 、 V_{b_y} が許容範囲を超えた途端に当該比率が急に大きくされることによって走行状況が不安定になる事態が回避される。その結果、代表点速度 V_{b_x} 、 V_{b_y} の増加を安定に抑制するような制動力が車両 1 に作用するので、基体 9 の傾斜安定性を保ったまま車両 1 の移動速度の制限を行うことができる。

[0213] 本発明の車両 1 の他の実施形態として、第 2 速度許容範囲は基体傾斜角速

度計測値 $\theta \dot{xy}_s$ に応じて可變的に画定されてもよい。基体傾斜角速度計測値 $\theta \dot{xy}_s$ が 0 である状態において、第 1 速度許容範囲と一致するように第 2 速度許容範囲が設計されてもよい。

- [0214] 当該他の実施形態において、第 2 速度許容範囲は、Y 軸まわりの基体傾斜角速度計測値 $\theta \dot{x}_s$ の絶対値が 0 である状態を基準とした際の第 1 車両速度座標軸の方向についての縮小率が、Y 軸まわりの基体傾斜角速度計測値 $\theta \dot{x}_s$ の絶対値が大きくなるほど大きくなる一方、所定値（たとえば 0.3）で収束または飽和するように画定される。当該縮小率は、たとえば、式 05x に基づき、 $|Vb_{x_s} - h_x \cdot \theta \dot{x}_s| / |Vb_{x_s}|$ と表現される。
- [0215] また、第 2 速度許容範囲は、X 軸まわりの基体傾斜角速度計測値 $\theta \dot{y}_s$ の絶対値が 0 である状態を基準とした際の第 2 車両速度座標軸の方向についての縮小率が、X 軸まわりの基体傾斜角速度計測値 $\theta \dot{y}_s$ の絶対値が大きくなるほど大きくなる一方、所定値に収束または飽和するように画定される。当該縮小率は、たとえば、式 05y に基づき、 $|Vb_{y_s} - h_y \cdot \theta \dot{y}_s| / |Vb_{y_s}|$ と表現される。
- [0216] このため、Y 軸まわりの基体傾斜角速度計測値 $\theta \dot{x}_s$ の絶対値が、X 軸まわりの基体傾斜角速度計測値 $\theta \dot{y}_s$ の絶対値よりも大きい場合、第 2 速度許容範囲は、図 11（b）に示されているように、図 11（a）に示されている初期状態と比較して、第 2 車両速度座標軸の方向よりも、第 1 車両速度座標軸の方向について大きく縮小された菱形状に画定される。
- [0217] これとは逆に、Y 軸まわりの基体傾斜角速度計測値 $\theta \dot{x}_s$ の絶対値が、X 軸まわりの基体傾斜角速度計測値 $\theta \dot{y}_s$ の絶対値よりも小さい場合、第 2 速度許容範囲は、図 11（c）に示されているように、図 11（a）に示されている初期状態と比較して、第 1 車両速度座標軸の方向よりも、第 2 車両速度座標軸の方向について大きく縮小された菱形状に画定される。
- [0218] 当該他の実施形態の車両 1 によれば、シート 3 の傾動状態に応じて第 2 速度許容範囲が可變的に設定される。具体的には、基体傾斜角速度計測値 $\theta \dot{xy}_s$

t_{xy_s} の絶対値が大きくなるほど、当該絶対値が0である状態と比較して、第2速度許容範囲は小さくなるように画定される（図11（a）～（c）参照）。

[0219] さらに、車両1の代表点の移動速度の計測値（重心速度推定値 $V_{b_x_s}$ 、 $V_{b_y_s}$ ）または予測値（重心速度定常偏差予測値 $V_{b_x_prd}$ 、 $V_{b_y_prd}$ ）がこの第2速度許容範囲を超えないように、車両1の代表点の目標移動速度（目標重心速度 $V_{b_xy_mdfd}$ ）が設定される（図10、図12参照）。そして、この目標重心速度 $V_{b_xy_mdfd}$ に応じてアクチュエータ装置としての電動モータ31R、31Lの動作が制御される。

[0220] これらの結果、移動動作部5に対する車両1の代表点（重心）の相対的な変位量が大きくなるほど（基体傾斜角速度計測値 $\theta\dot{xy_s}$ の絶対値が大きくなるほど）、当該変位が大きく制限されるような形態で移動動作部5の動作が制御される。また、第2速度許容範囲が縮小された分だけ、電動モータ31R、31Lの出力限界を表わす第1速度許容範囲（図11（a）～（c）破線参照）に対して余裕をもった出力領域で電動モータ31R、31Lを動作させることができる。これにより、車両1がシート3の傾斜姿勢を安定に制御しながら移動することができる。

[0221] また、車両1の代表点の移動速度の将来における予測値（重心速度定常偏差予測値 $V_{b_xy_prd}$ ）が第2速度許容範囲から逸脱する量（ $=V_{w_xy_lim2}-V_{b_xy_prd}$ ）に応じて代表点の目標移動速度（目標重心速度 $V_{b_xy_mdfd}$ ）が設定される。当該逸脱量は、将来におけるシート3の姿勢の安定性の指標となるため、当該目標移動速度に基づいて移動動作部5の動作が制御されることにより、車両1がシート3の傾斜姿勢を安定に制御しながら移動することができる。

[0222] さらに、車両1の代表点の移動速度の（重心速度推定値 $V_{b_xy_s}$ ）または予測値（重心速度定常偏差予測値 $V_{b_xy_prd}$ ）が第2速度許容範囲から逸脱する量（ $|V_{over_xy}|$ 、 $|V_{w_xy_lim2}-V_{b_xy_prd}|$ ）が大きくなるほど、（1）第1ゲイン係数 $K1_x$ 、 $K1_y$ 、（2）第2ゲイン係数 $K2_x$ 、 $K2_y$

および（３）第３ゲイン係数 $K3_x$ 、 $K3_y$ のそれぞれの絶対値が大きくなるように設定される（図１０、図１２および図１３参照）。

[0223] これにより、当該逸脱量が大きくなるほど、（１）基体傾斜角度計測値 θb_{xy_s} と基体傾斜角度目標値 $\theta b_{xy_{obj}}$ との偏差 θbe_{xy_s} （ $= \theta b_{xy_s} - \theta b_{xy_{obj}}$ ）、（２）基体傾斜角度計測値 θb_{xy_s} と基体傾斜角度目標値 $\theta b_{xy_{obj}}$ との偏差、および、（３）重心速度推定値 Vb_{xy_s} と目標重心速度 $Vb_{xy_{mdfd}}$ との偏差 $Vb_{xy_s} - Vb_{xy_{mdfd}}$ のそれぞれがより迅速に０になるように移動動作部５の動作がフィードバック制御される（図１１参照）。前記のようにシート３の傾動状態に応じて第２速度許容範囲が可變的に設定されることにより、当該逸脱量および当該偏差を０に収束させる速度が可變的に調節される。その結果、シート３の傾斜姿勢を安定に制御する観点から適当な態様で移動動作部５の動作が制御されうる。

[0224] （１）基体傾斜角度計測値 θb_{xy_s} に代えて、その将来における予測値と基体傾斜角度目標値 $\theta b_{xy_{obj}}$ との偏差に第１ゲイン係数 $K1_{xy}$ を乗じることにより得られる成分が操作量 $\omega wdot_{xy_cmd}$ または ωw_{xy_cmd} に含まれていてもよい。当該予測値は重心速度定常偏差予測値 Vb_{xy_prd} と同様の手法によって算出されうる（図１２「定常偏差算出部」参照）。

[0225] （２）基体傾斜角度計測値 θb_{xy_s} に代えて、その将来における予測値と基体傾斜角度目標値 $\theta b_{xy_{obj}}$ との偏差に第２ゲイン係数 $K2_{xy}$ を乗じることにより得られる成分が操作量 $\omega wdot_{xy_cmd}$ または ωw_{xy_cmd} に含まれていてもよい。当該予測値は重心速度定常偏差予測値 Vb_{xy_prd} と同様の手法によって算出されうる（図１２「定常偏差算出部」参照）。

[0226] （３）重心速度推定値 Vb_{xy_s} に代えて、その将来における予測値である重心速度定常偏差予測値 Vb_{xy_prd} と目標重心速度 $Vb_{xy_{mdfd}}$ との偏差に第１ゲイン係数 $K1_{xy}$ を乗じることにより得られる成分が操作量 $\omega wdot_{xy_cmd}$ または ωw_{xy_cmd} に含まれていてもよい。

[0227] 前記実施形態では、車両系重心点（詳しくは車両・乗員全体重心点）を車両１の所定の代表点としたが、該代表点を例えば、車輪体５の中心点や、基

体 9 の所定の部位（例えば支持フレーム 13）の点等に設定してもよい。

[0228] また、前記実施形態では、ゲイン係数 $K1_x$, $K3_x$, $K1_y$, $K3_y$ は、常に、 $|K3_x| / |K1_x| < |K3_y| / |K1_y|$ となるように決定される。ただし、本実施形態では、電動モータ 31R, 31L の一方または両方の回転角速度がさほど高速とならない通常の場合（詳しくはゲイン調整部 78 のリミット処理部 86 での出力値 Vb_x_lim1 , Vb_y_lim1 の強制的な制限が行なわれない場合）には、ゲイン係数 $K1_x$, $K3_x$, $K1_y$, $K3_y$ は、それぞれ、定数値 $K1_a_x$, $K3_a_x$, $K1_a_y$, $K3_a_y$ に一致する。そして、例えば、このような通常の場合にだけ、 $|K3_x| / |K1_x| < |K3_y| / |K1_y|$ となるように、ひいては、 $|Vb_x_stb| / |\theta be_x_s| > |Vb_x_stb| / |\theta be_x_s|$ となるようにしてもよい。この場合には、 $|K3_a_x| / |K1_a_x| < |K3_a_y| / |K1_a_y|$ となるように、定数値 $K1_a_x$, $K1_a_y$, $K3_a_x$, $K3_a_y$ を設定しておけばよい。

[0229] また、車両 1 の動作状況や動作環境、あるいは、乗員によるスイッチ操作等に応じて、適宜、上記と逆に、 $|K3_x| / |K1_x| > |K3_y| / |K1_y|$ となるようにゲイン係数 $K1_x$, $K3_x$, $K1_y$, $K3_y$ を決定してもよい。このようにした場合には、車両 1 の Y 軸方向に移動させようとした場合に、車輪体 5 の移動方向が Y 軸方向に対してばらつくのを抑制することができる。

[0230] また、前記実施形態では、前記ゲイン調整パラメータ Kr_xy によって、ゲイン係数 Ki_xy ($i = 1, 2, 3$) を適宜変化させるようにしたが、搭乗モードおよび自立モードの両方または一方において、ゲイン係数 Ki_xy ($i = 1, 2, 3$) を一定に保持するようにしてもよい。このようにゲイン係数 Ki_xy ($i = 1, 2, 3$) を一定に保持する場合には、前記ゲイン調整部 78 の処理は不要である。

[0231] また、前記各実施形態では、図 1 および図 2 に示した構造の車両 1 を例示したが、本発明における倒立振り子型車両 1 は、本実施形態で例示した車両に限られるものではない。

- [0232] 具体的には、本実施形態の車両 1 の移動動作部としての車輪体 5 は一体構造のものであるが、例えば、前記先行技術文献 3 の図 10 に記載されているような構造のものであってもよい。すなわち、剛性を有する円環状の軸体に、複数のローラをその軸心が該軸体の接線方向に向くようにして回転自在に外挿し、これらの複数のローラを軸体に沿って円周方向に配列させることによって、車輪体を構成してもよい。
- [0233] さらに移動動作部は、例えば、先行技術文献 2 の図 3 に記載されているようなクローラ状の構造のものであってもよい。
- [0234] あるいは、例えば、前記先行技術文献 2 の図 5、先行技術文献 3 の図 7、もしくは先行技術文献 1 の図 1 に記載されているように、移動動作部を球体により構成し、この球体を、アクチュエータ装置（例えば前記車輪体 5 を有するアクチュエータ装置）により X 軸まわり方向および Y 軸まわり方向に回転駆動するように車両を構成してもよい。
- [0235] また、本実施形態では、乗員の搭乗部としてシート 3 を備えた車両 1 を例示したが、本発明における倒立振子型車両は、例えば先行技術文献 3 の図 8 に見られるように、乗員が両足を載せるステップと、そのステップ上で起立した乗員が把持する部分とを基体に組付けた構造の車両であってもよい。
- [0236] このように本発明は、前記先行技術文献 1～3 等に見られる如き、各種の構造の倒立振子型車両に適用することが可能である。
- [0237] さらには、本発明における倒立振子型車両は、床面上を全方向に移動可能な移動動作部を複数（例えば、左右方向に 2 つ、あるいは、前後方向に 2 つ、あるいは、3 つ以上）備えていてもよい。
- [0238] また、本発明における倒立振子型車両は、基体が乗員の搭乗部と共に傾動することは必須ではない。例えば、複数の移動動作部を有する場合に、これらの移動動作部を組付ける基体が床面に対して傾動しないようにすると共に、この基体に対して搭乗部を傾動自在に組付けるようにしてもよい。

符号の説明

- [0239] 1…倒立振子型全方向移動車両、3…シート（搭乗部）、5…車輪体（移

動動作部)、7…アクチュエータ装置、9…基体。

請求の範囲

- [請求項1] 床面上を移動可能な移動動作部と、前記移動動作部を駆動するアクチュエータ装置と、前記移動動作部および前記アクチュエータ装置が組付けられた基体と、前記基体の傾斜を検出する手段と、前記アクチュエータ装置を制御する制御装置とを備えている倒立振り子型車両であって、
- 前記制御装置は、
- 前記移動動作部の移動速度および前記検出された基体の傾斜から決定される、接地点より上方の所定の代表点の移動速度である代表点速度を制限する代表点速度制限部を有することを特徴とする倒立振り子型車両。
- [請求項2] 請求項1記載の倒立振り子型車両において、
- 前記代表点速度制限部は代表点速度の許容範囲を有するとともに、代表点速度が前記許容範囲を超過する場合には、超過量を“0”に近づけるように前記アクチュエータ装置の制御を行うことを特徴とする倒立振り子型車両。
- [請求項3] 請求項1記載の倒立振り子型車両において、
- 前記制御装置は、前記代表点速度の絶対値が大きくなると、前記代表点速度の変化に対する前記移動動作部の速度または加速度のいずれかの変化の比率が大きくなるように前記アクチュエータ装置を制御することを特徴とする倒立振り子型車両。
- [請求項4] 請求項2記載の倒立振り子型車両において、
- 前記制御装置は、少なくとも前記代表点速度が前記許容範囲内にある場合において、前記代表点速度の絶対値が大きくなると、前記代表点速度の変化に対する前記移動動作部の速度または加速度のいずれかの変化の比率が大きくなるように前記アクチュエータ装置を制御することを特徴とする倒立振り子型車両。
- [請求項5] 請求項1記載の倒立振り子型車両において、

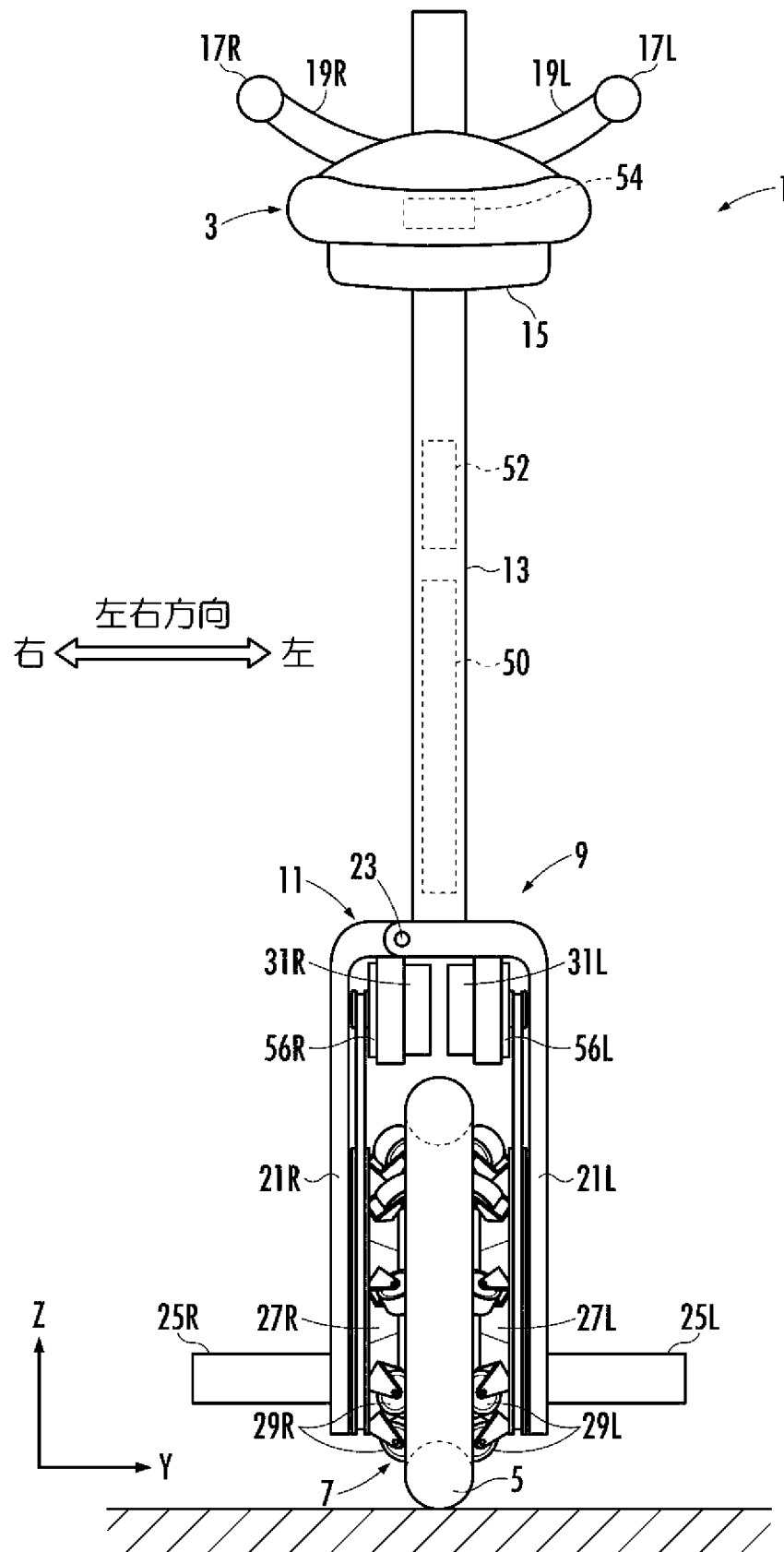
前記車両に物体を搭載可能とする搭載部が基体に備えられ、前記車両の代表点は車両の重心位置あるいは積載時の重心位置であることを特徴とする倒立振子型車両。

[請求項6] 床面上を移動可能な移動動作部と、前記移動動作部を駆動するアクチュエータ装置と、前記移動動作部および前記アクチュエータ装置が組付けられた基体と、前記アクチュエータ装置を制御する制御装置とを備えている倒立振子型車両であって、

前記制御装置は、前記代表点速度の絶対値が大きくなると、前記代表点速度の変化に対する前記移動動作部の速度または加速度のいずれかの変化の比率が大きくなるように前記アクチュエータ装置を制御することを特徴とする倒立振子型車両。

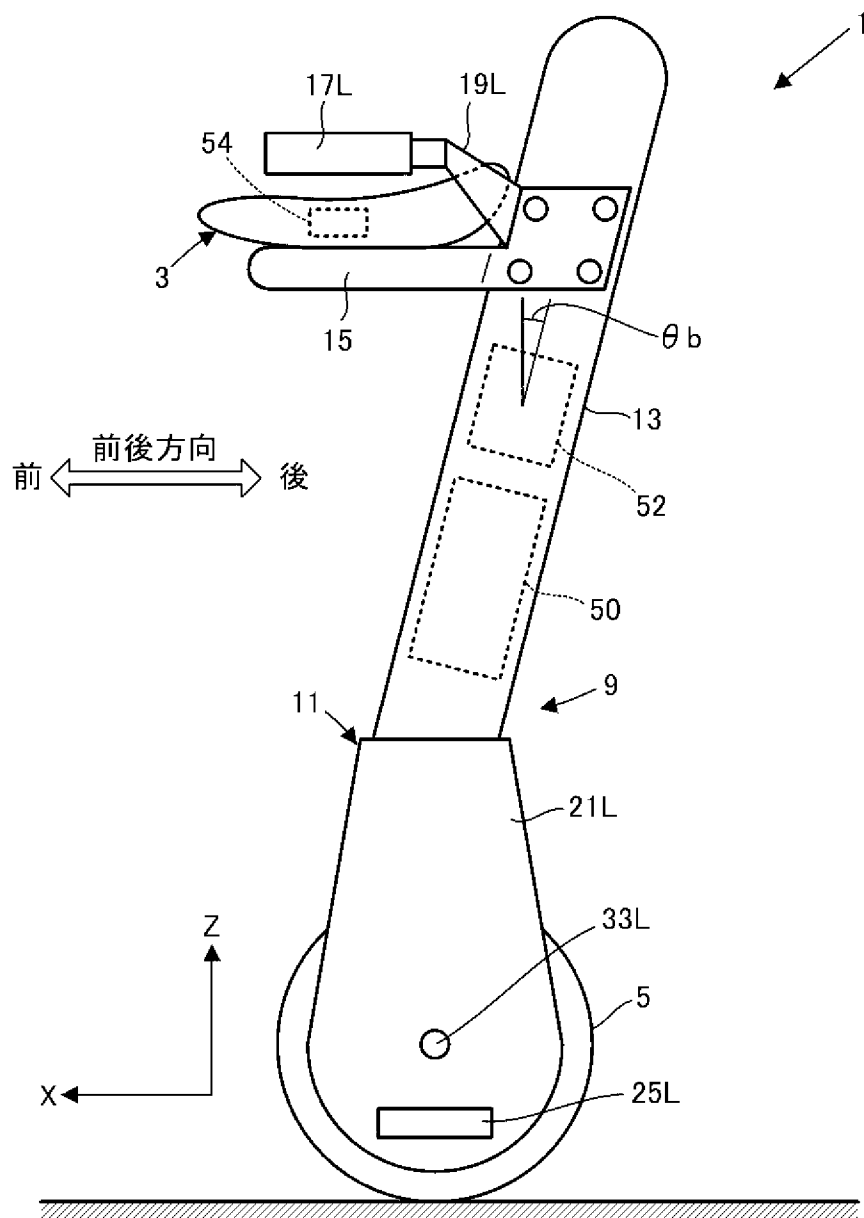
[図1]

FIG.1



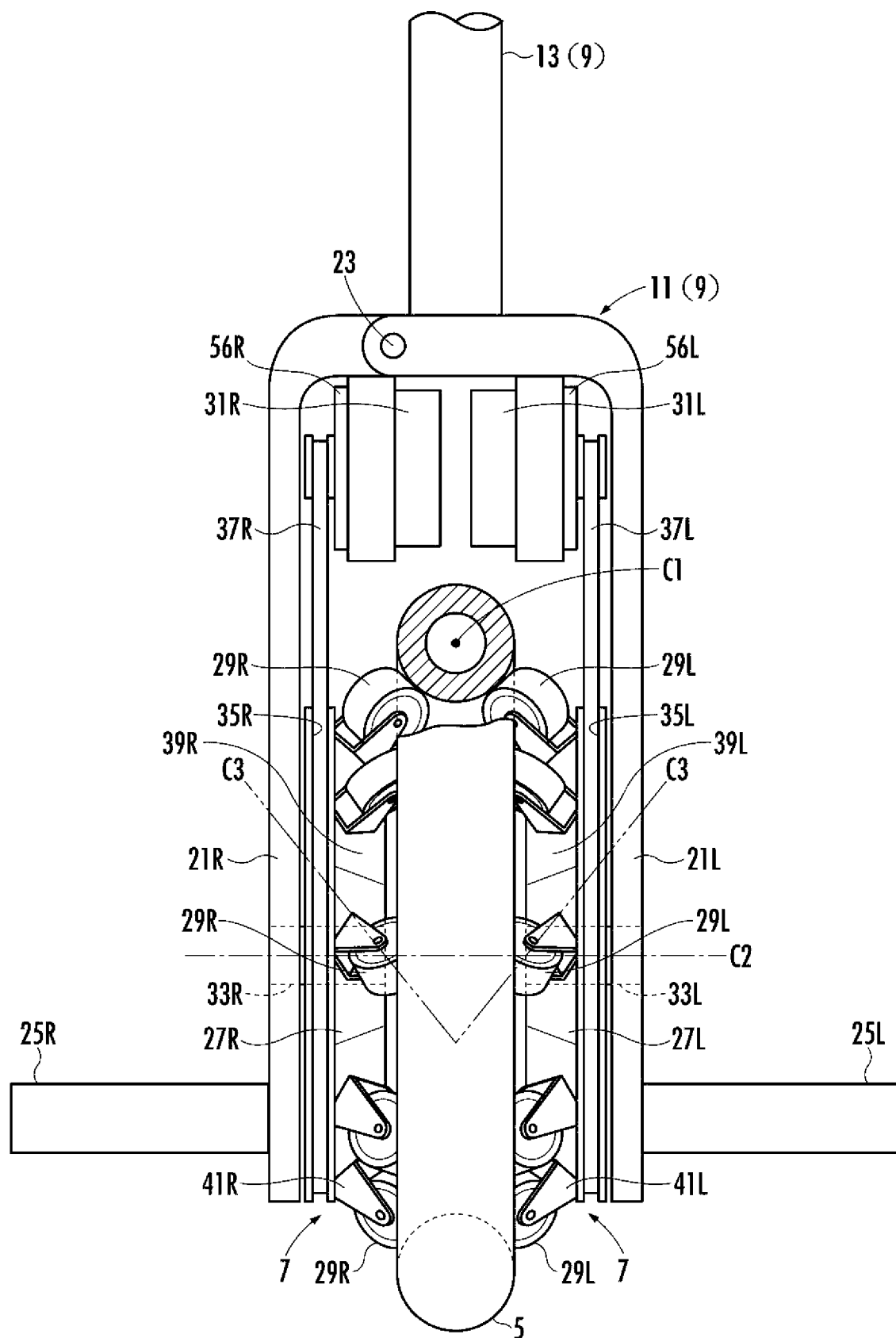
[図2]

FIG.2



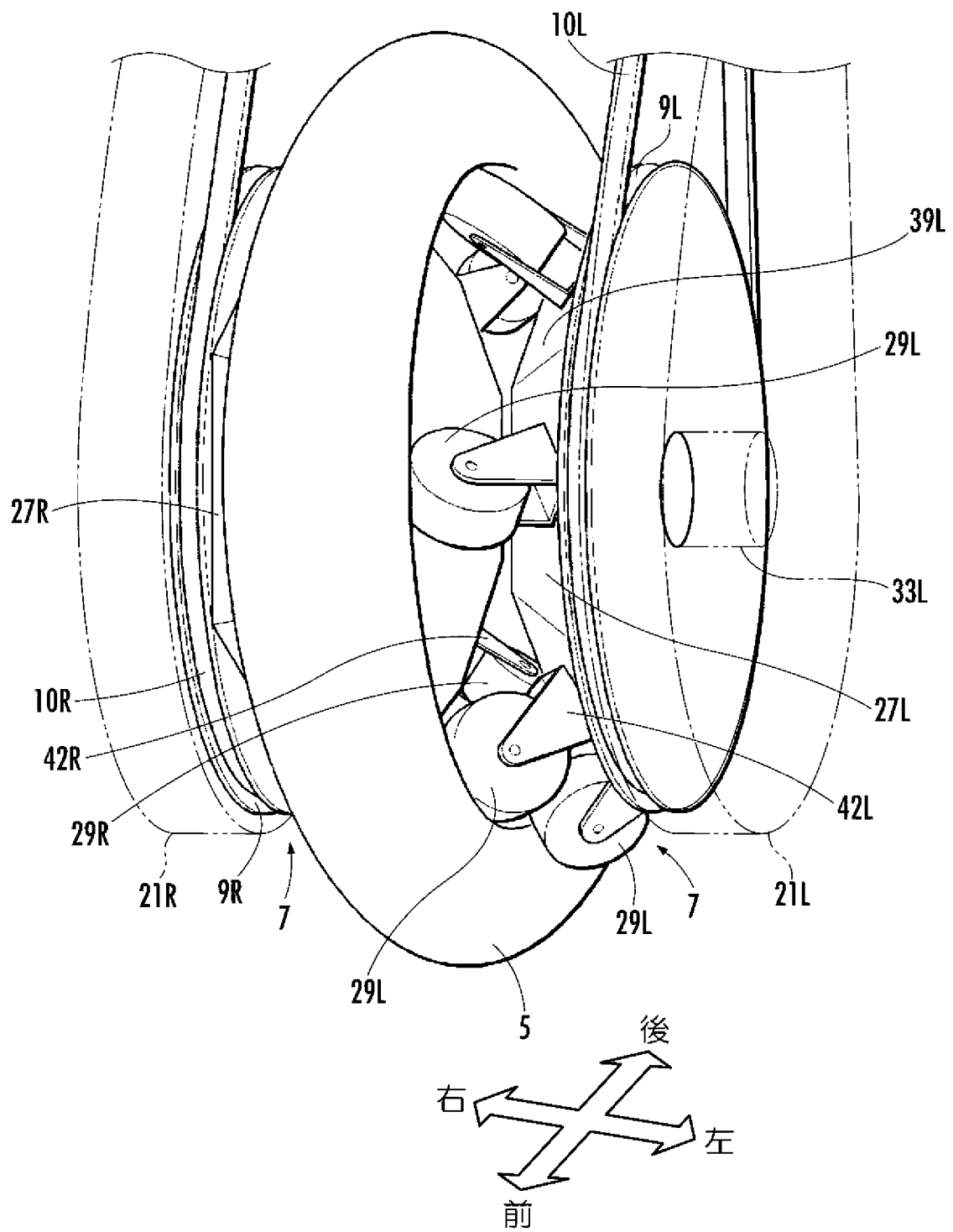
[図3]

FIG.3



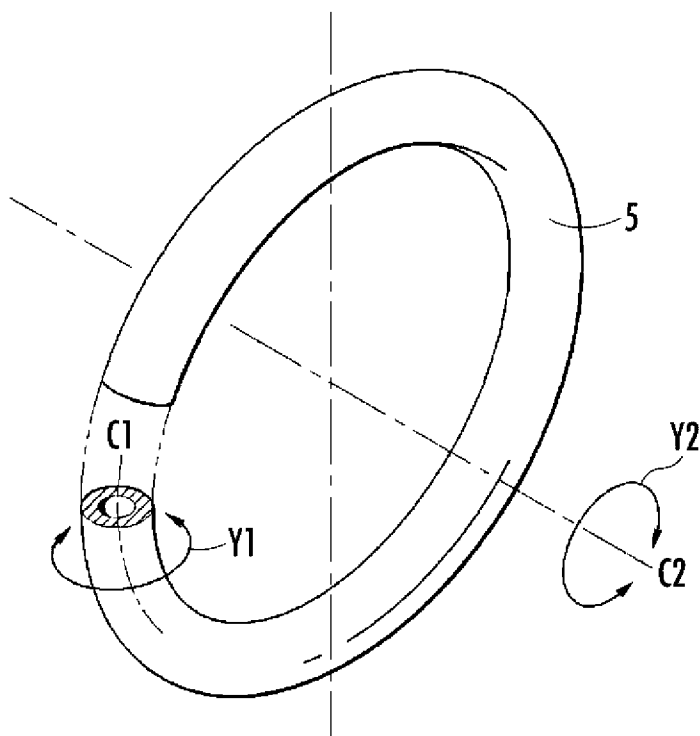
[図4]

FIG.4



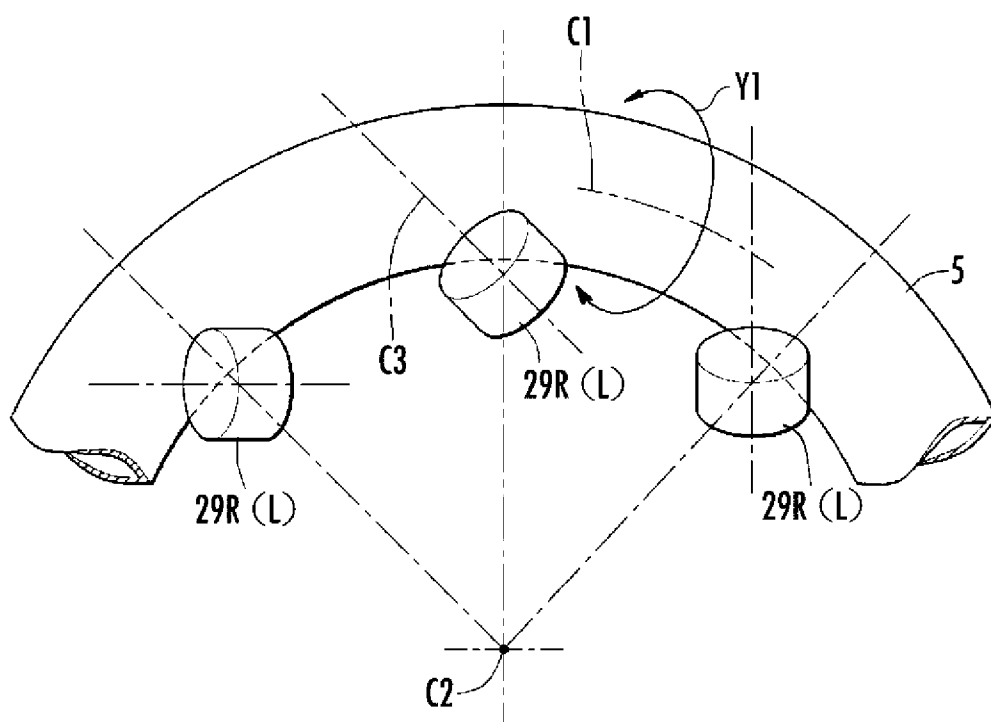
[図5]

FIG.5



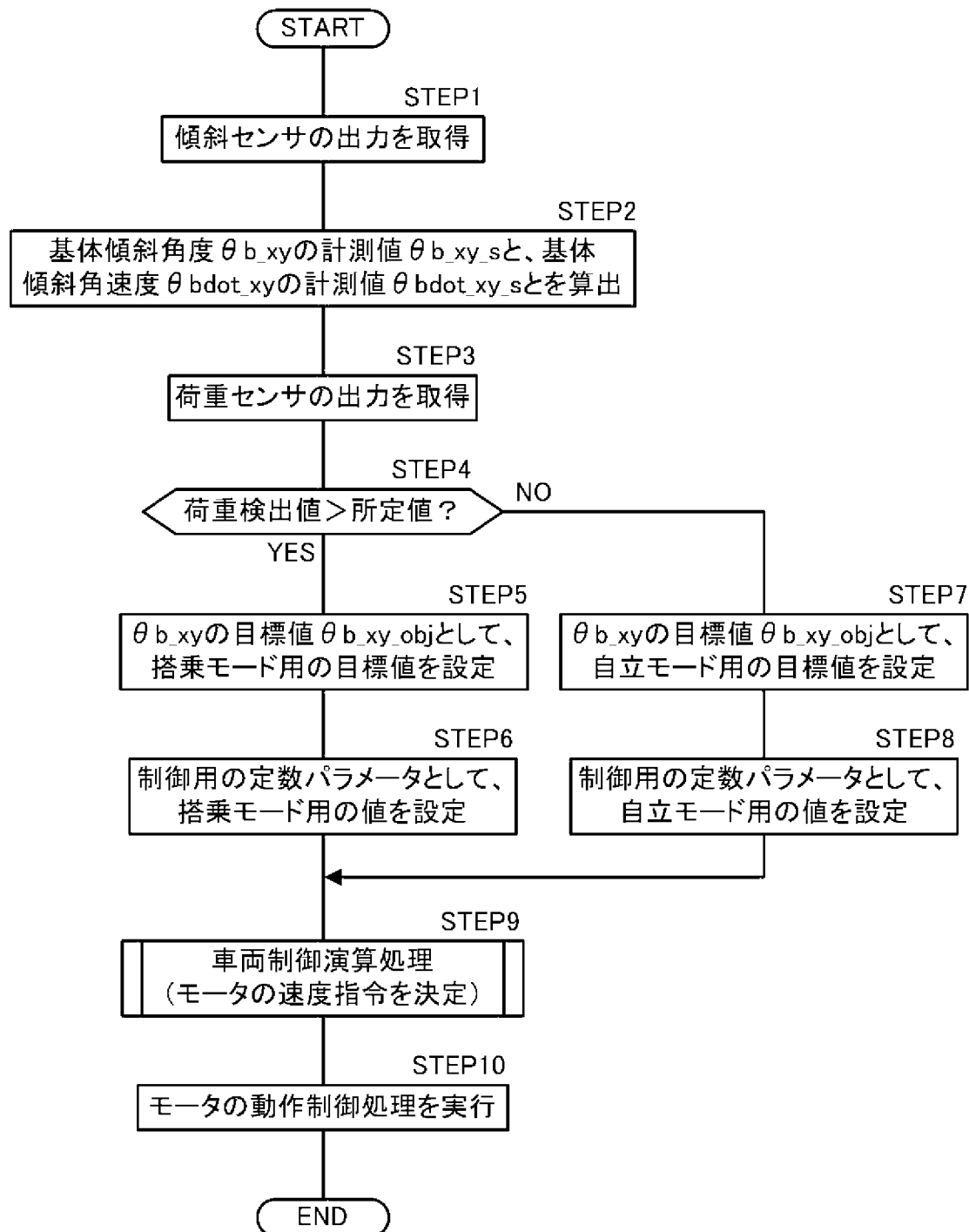
[図6]

FIG.6



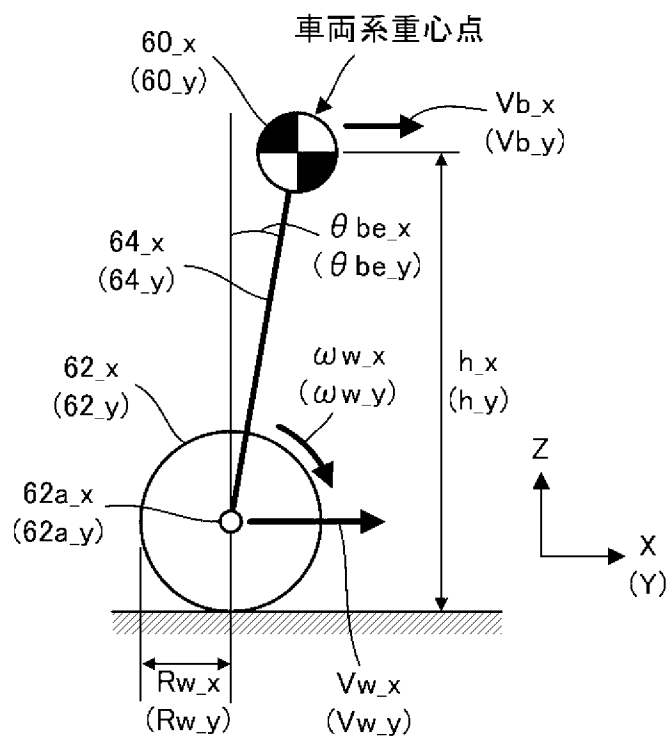
[図7]

FIG.7



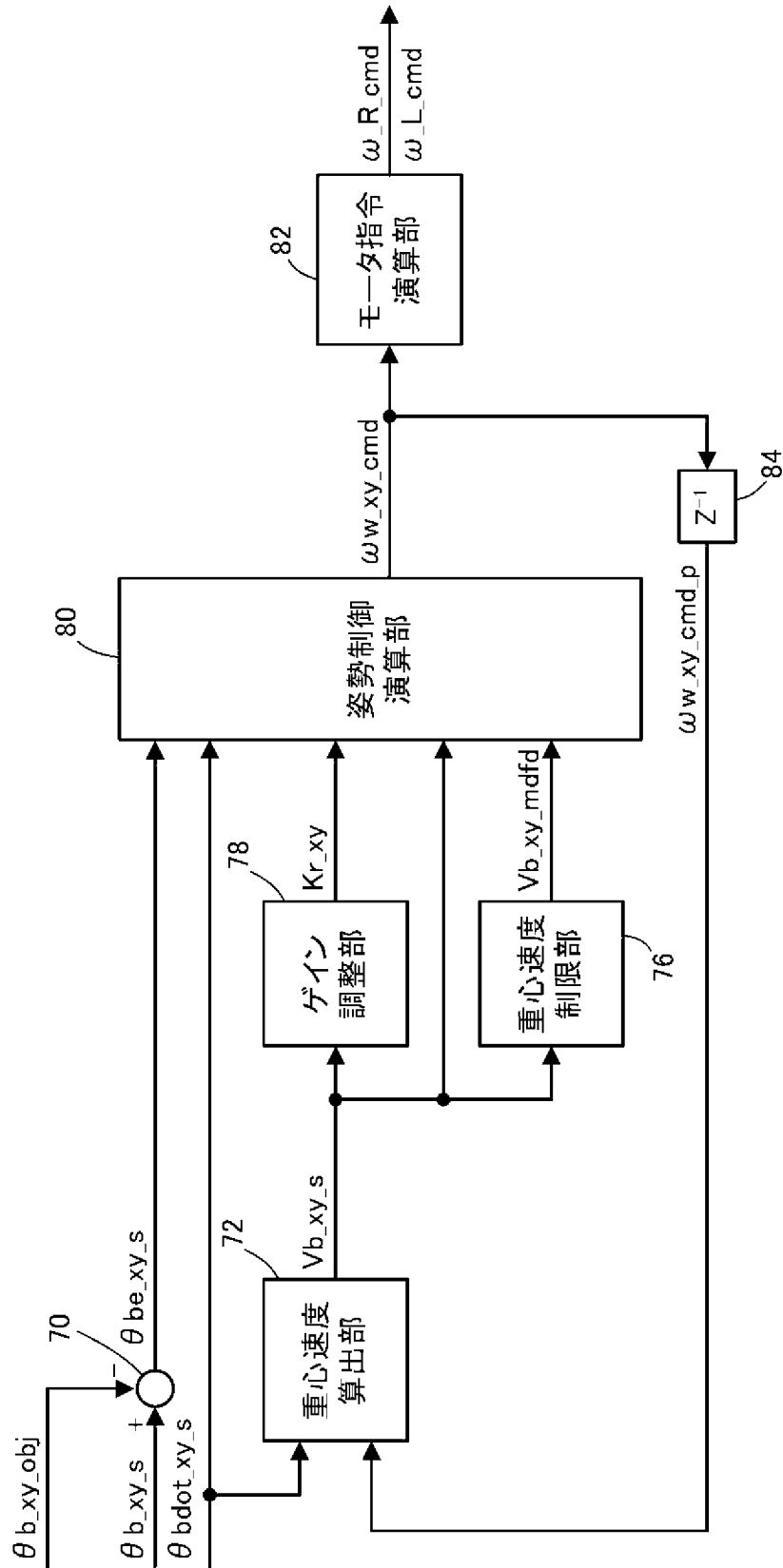
[図8]

FIG.8



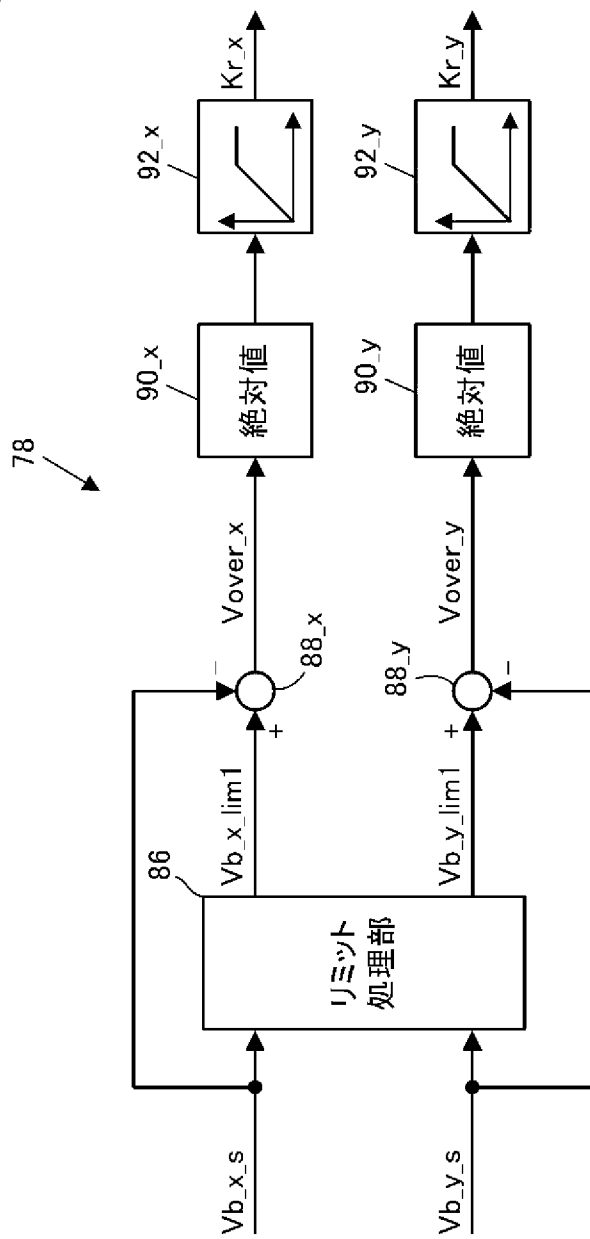
[図9]

FIG.9



[図10]

FIG.10



[図11]

FIG.11 (c)

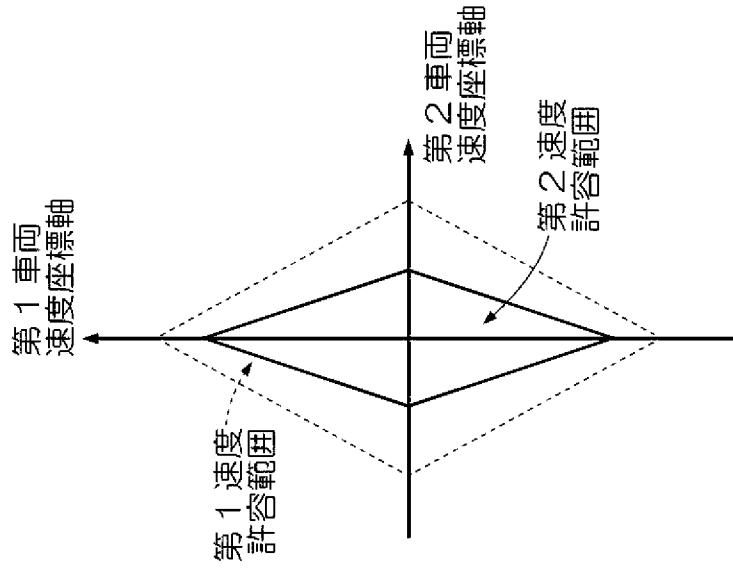


FIG.11 (b)

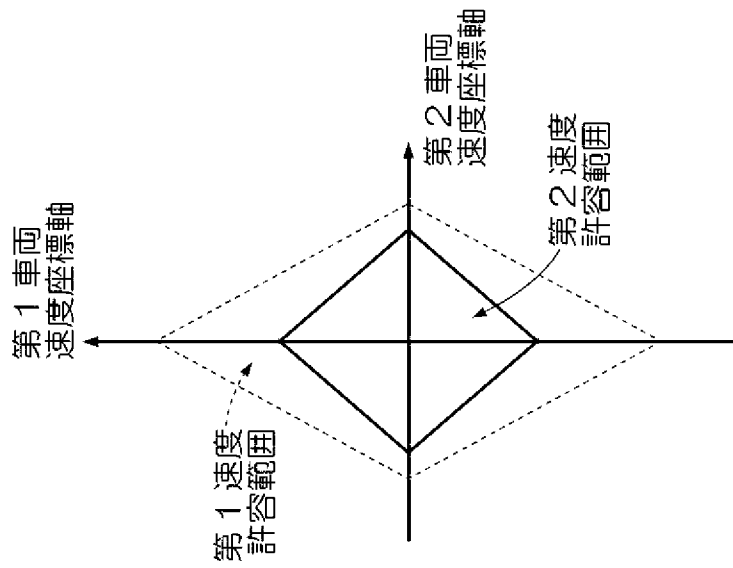
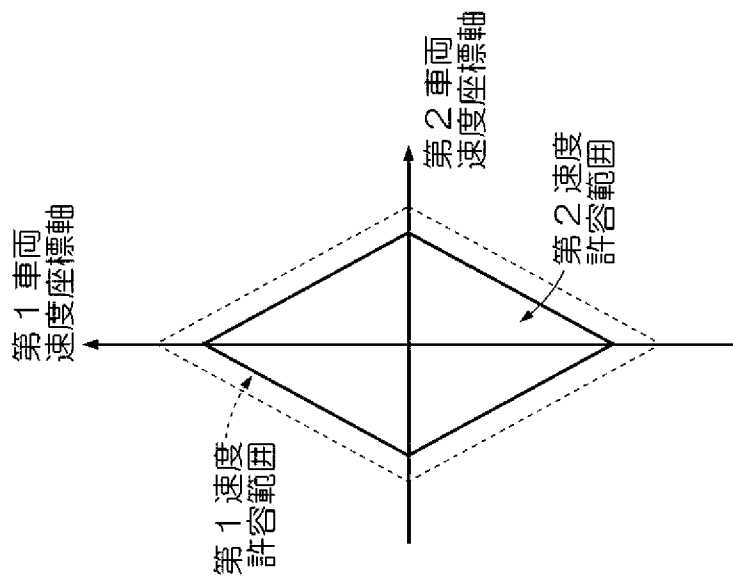
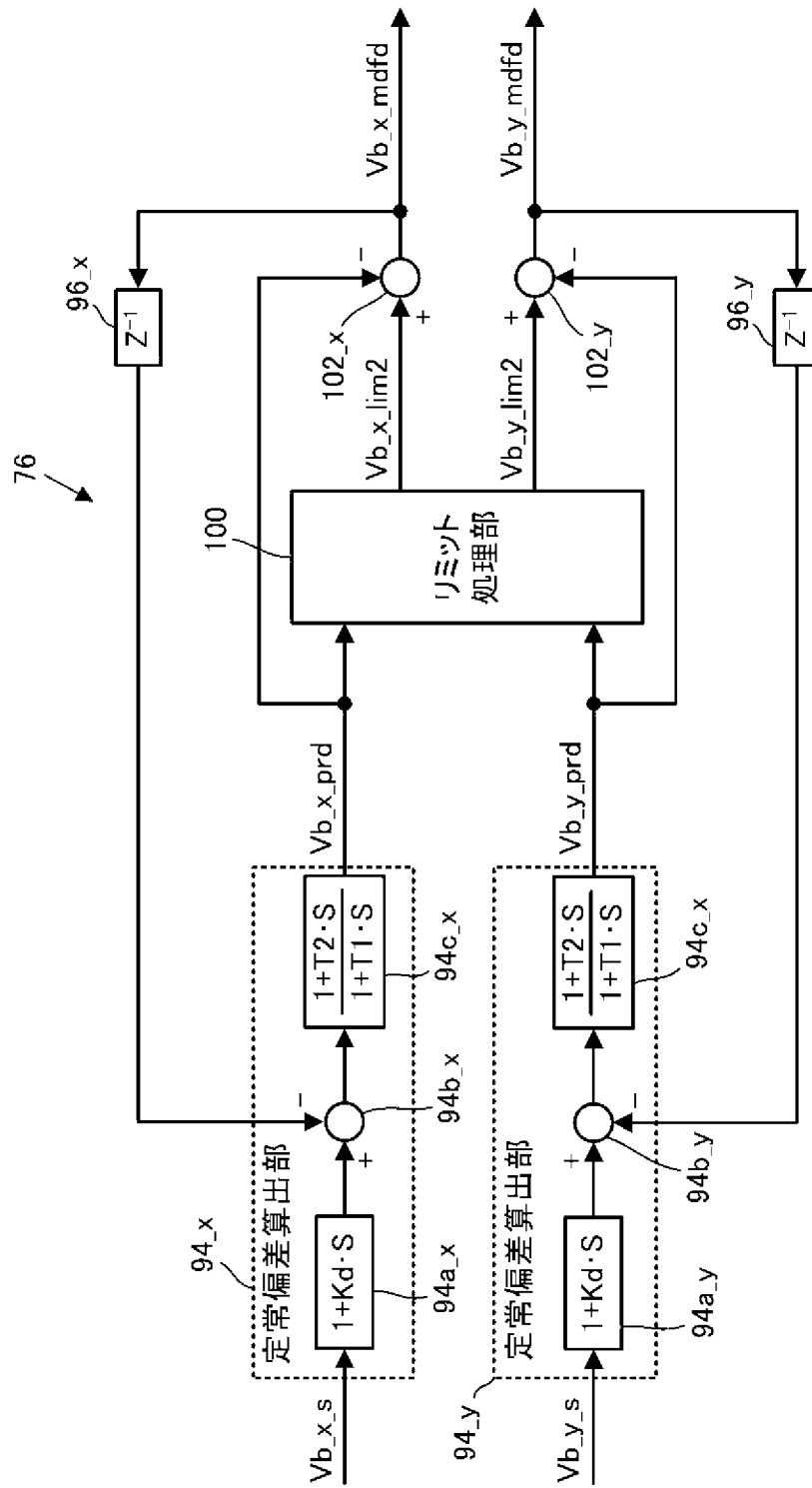


FIG.11 (a)



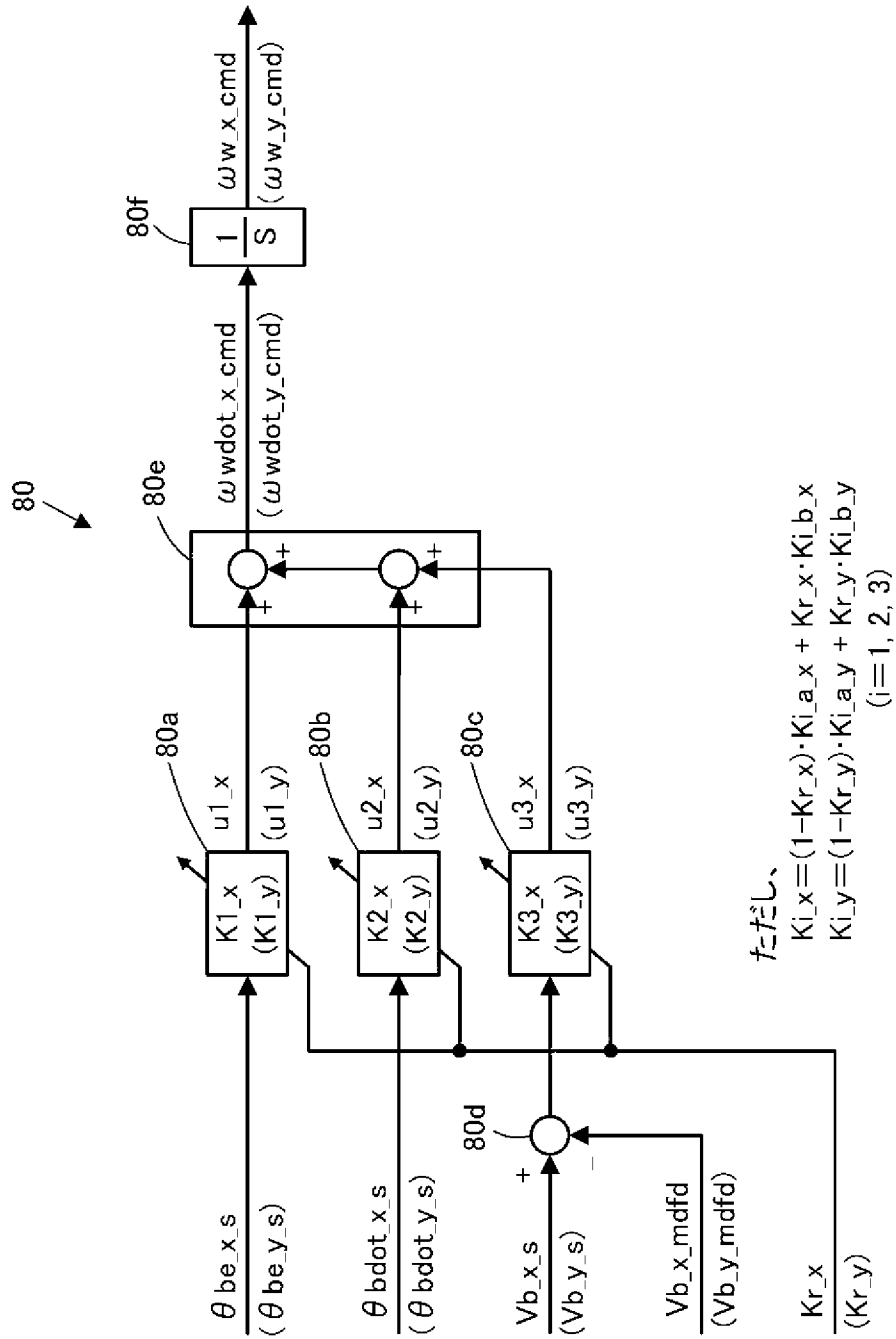
[図12]

FIG.12



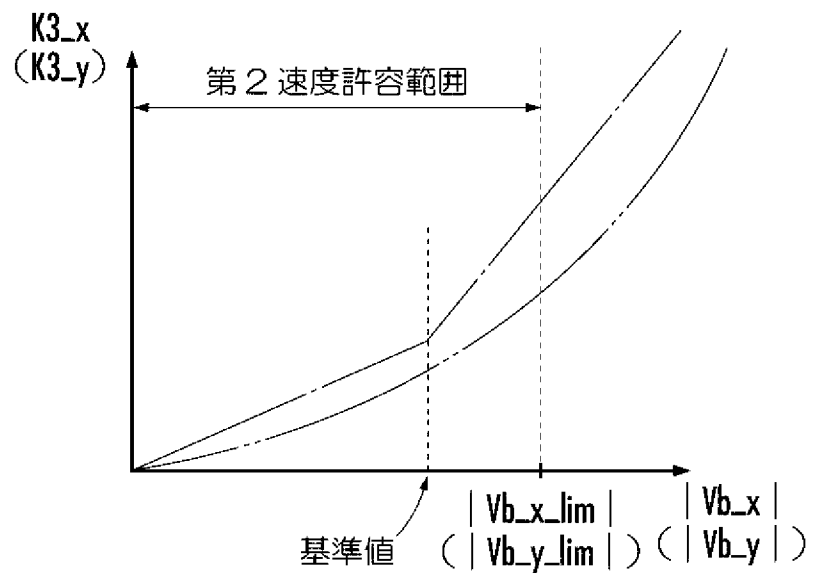
[図13]

FIG.13



[図14]

FIG.14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004786

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62K17/00 (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)

B62K17/00, 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 1996-2009

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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.
Y A	WO 2008/139740 A1 (Honda Motor Co., Ltd.), 20 November 2008 (20.11.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-2, 5 3-4, 6
Y A	JP 2009-83754 A (Equos Research Co., Ltd.), 23 April 2009 (23.04.2009), entire text; particularly, paragraphs [0029] to [0034], [0042] to [0044]; all drawings (Family: none)	1-2, 5 3-4, 6
A	JP 3070015 B2 (Honda Motor Co., Ltd.), 24 July 2000 (24.07.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ 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
15 December, 2009 (15.12.09)Date of mailing of the international search report
28 December, 2009 (28.12.09)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004786

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-129435 A (Sony Corp.), 22 April 2004 (22.04.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004786

Although it is described in claim 6 that "when the absolute value of said representative point speed becomes large...", no other description concerning the representative point speed is not appeared in claim 6, and accordingly, it is unclear that the representative speed point means what kind of speed at which point.

Therefore, the search has been conducted on condition that the representative point speed means the traveling speed at a predetermined representative point above the grounding point, which is disclosed in the description.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. B62K17/00(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 (I P C))

Int.Cl. B62K17/00, 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

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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
Y	WO 2008/139740 A1 (本田技研工業株式会社) 2008. 11. 20, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-2, 5
A		3-4, 6
Y	JP 2009-83754 A (株式会社エクス・リサーチ) 2009. 04. 23, 全文、特に段落【0029】-【0034】、【0042】-【0044】、全図 (ファミリーなし)	1-2, 5
A		3-4, 6
A	JP 3070015 B2 (本田技研工業株式会社) 2000. 07. 24, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2004-129435 A (ソニー株式会社) 2004. 04. 22, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-6

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

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

「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
「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
「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)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「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
「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
「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
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 5 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 8 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

見目 省二

3 D

9 0 3 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 4 1

請求項6には、「前記代表点速度の絶対値が大きくなると・・・」と記載されているが、請求項6において、代表点速度に関する記載が他にはなく、代表点速度がどの点の如何なる速度か不明確である。

よって、調査は、明細書に開示のある、接地点より上方の所定の代表点の移動速度を代表点速度として行った。