

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02011/036693

発行日 平成25年2月14日(2013.2.14)

(43) 国際公開日 平成23年3月31日(2011.3.31)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード(参考)
B 6 2 K 17/00 (2006.01)	B 6 2 K 17/00	3 D 0 1 2
B 6 2 K 1/00 (2006.01)	B 6 2 K 1/00	

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 63 頁)

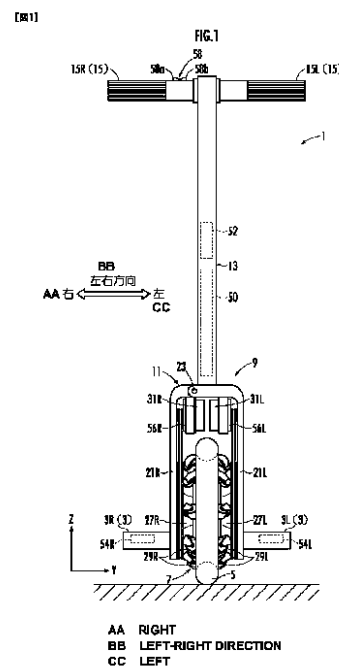
出願番号	特願2011-532778 (P2011-532778)	(71) 出願人	000005326
(21) 国際出願番号	PCT/JP2009/004784		本田技研工業株式会社
(22) 国際出願日	平成21年9月23日(2009.9.23)		東京都港区南青山二丁目1番1号
(81) 指定国	AP (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, 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), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW	(74) 代理人	110000800 特許業務法人創成国際特許事務所
		(72) 発明者	小橋 慎一郎 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
		(72) 発明者	秋元 一志 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
		(72) 発明者	竹中 透 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
		Fターム(参考)	3D012 BB00

(54) 【発明の名称】 倒立振り型車両の制御装置

(57) 【要約】

乗員が搭乗行為や降車行為を行い易くなるようにすることができる倒立振り型車両の制御装置を提供する。

倒立振り型車両1の移動動作部制御手段50は、乗員が搭乗又は降車しようとする時の過渡期用モードでは、少なくとも一部の期間において、搭乗部3の実際の傾斜角度(少なくとも1つの方向の軸周りでの傾斜角度)の変化に対する移動動作部5の移動速度の変化の感度又は移動動作部5の移動加速度の変化の感度が、乗員が搭乗している時の搭乗中モードよりも小さくなるように移動動作部5の移動動作を制御する。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

床面上を移動可能な移動動作部と、該移動動作部を駆動するアクチュエータ装置と、該移動動作部及びアクチュエータ装置が組付けられた基体と、該基体に組付けられ、少なくとも 1 つの方向の軸周りで鉛直方向に対して傾動自在に設けられた乗員の搭乗部とを備えた倒立振子型車両の制御装置であって、

前記移動動作部の制御のための車両の動作モードとして、前記搭乗部に乗員が搭乗しようとする時の過渡的な動作モードである搭乗行為用モードと、前記搭乗部から乗員が降車しようとする時の過渡的な動作モードである降車行為用モードとのうちの少なくとも一方のモードから成る過渡期用モードと、前記搭乗部に乗員が搭乗した状態での動作モードである搭乗中モードとを有し、当該各動作モードにおいて前記移動動作部の移動動作を前記アクチュエータ装置を介して制御する移動動作部制御手段を備え、

該移動動作部制御手段は、前記搭乗中モードでは、少なくとも前記搭乗部の実際の傾斜角度を所定の第 1 目標傾斜角度に近づけるよう前記移動動作部の移動動作を制御し、前記過渡期用モードでは、該過渡期用動作モードの開始時から終了時までの期間のうちの少なくとも一部の期間において、該過渡期用モードの前記搭乗部の実際の傾斜角度のうちの少なくとも前記 1 つの方向の軸周りでの傾斜角度の変化に対する前記移動動作部の移動速度の変化の感度又は該移動動作部の移動加速度の変化の感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御することを特徴とする倒立振子型車両の制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の倒立振子型車両の制御装置において、

前記移動動作部は、床面上を互いに直交する第 1 の方向及び第 2 の方向を含む全方向に移動可能に構成されると共に、前記搭乗部は、前記第 1 の方向の軸周りと前記第 2 の方向の軸周りとの 2 軸周りで鉛直方向に対して傾動自在に前記基体に組付けられており、

前記移動動作部制御手段は、前記搭乗中モードでは、少なくとも前記 2 軸周りでの前記搭乗部の実際の傾斜角度を所定の第 1 目標傾斜角度に近づけるように移動動作部の移動動作を制御し、前記過渡期用モードでの前記少なくとも一部の期間において、少なくとも前記第 1 の方向及び第 2 の方向のうちのいずれか一方の方向の軸周りでの前記傾斜角度の変化に対する前記感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御することを特徴とする倒立振子型車両の制御装置。

【請求項 3】

請求項 2 記載の倒立振子型車両の制御装置において、

前記搭乗部は、乗員の両足が該乗員の左右方向に間隔を存して並ぶように該両足を載せる足載せ部を有すると共に、該乗員がその前後方向及び左右方向をそれぞれ前記第 1 の方向、第 2 の方向に向けた起立姿勢で前記足載せ部上に搭乗可能に構成されており、

前記移動動作部制御手段は、前記過渡期用モードでの前記少なくとも一部の期間において、少なくとも前記第 1 の方向の軸周りでの前記傾斜角度の変化に対する前記感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御することを特徴とする倒立振子型車両の制御装置。

【請求項 4】

請求項 3 記載の倒立振子型車両の制御装置において、

前記車両には、少なくとも前記足載せ部に乗員の各足が載せられているか否かに応じた出力を生成する足載せ検知手段が備えられており、

前記少なくとも一部の期間は、前記過渡期用モードにおいて、前記足載せ検知手段の出力が、乗員の一方の足のみが前記足載せ部に載せられていることを示す出力となる期間を含むことを特徴とする倒立振子型車両の制御装置。

【請求項 5】

請求項 3 記載の倒立振子型車両の制御装置において、

前記基体には、少なくとも一方の足を着床させた乗員が把持可能な把持部が前記搭乗部

10

20

30

40

50

と一体に傾動自在に組付けられており、

前記移動動作部制御手段は、前記過渡期用モードでの前記少なくとも一部の期間において、前記第1の方向の軸周りで前記傾斜角度の変化に対する前記感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるようにしつつ、少なくとも前記第1の方向の軸周りで前記傾斜角度を前記第1目標傾斜角度のうちの前記第1の方向の軸周りの成分よりも鉛直方向に対する傾き度合いが大きい所定の角度である過渡期用目標傾斜角度に近づけるように前記移動動作部の移動動作を制御することを特徴とする倒立振り子型車両の制御装置。

【請求項6】

請求項5記載の倒立振り子型車両の制御装置において、

前記把持部には、前記動作モードの変更を前記移動動作部制御手段に対して指示するための操作子が設けられていることを特徴とする倒立振り子型車両の制御装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、床面上を移動可能な倒立振り子型車両の制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

倒立振り子型車両は、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乗員の搭乗部が組み付けられた車両であり、搭乗部の傾斜角度をある目標角度に保つために（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車両である。

20

【0003】

そして、この種の倒立振り子型車両の制御技術としては、例えば、特許文献1に見られるものが本願出願人により提案されている。

【0004】

この特許文献1には、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周りと左右方向の軸周りと2軸周りに傾動自在に設けられた倒立振り子型車両の制御技術が記載されている。この技術では、搭乗部の傾斜角度（前後方向及び左右方向の2軸周りの傾斜角度）の計測値を所要の目標傾斜角度に収束させ、また、車両の前後方向及び左右方向の移動速度の計測値を目標速度に収束させるように、アクチュエータとしての電動モータのトルク指令値を決定し、このトルク指令値に応じて電動モータの運転制御を行なうことで、車両を移動させるようにしている。

30

【0005】

なお、倒立振り子型車両として機能し得る車両としては、特許文献2、3に見られるものも本願出願人により提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第3070015号

40

【特許文献2】PCT国際公開公報WO/2008/132778

【特許文献3】PCT国際公開公報WO/2008/132779

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、特許文献1～3に見られる如き倒立振り子型車両では、乗員が車両に搭乗しようとしたり、車両から降車しようとする際には、移動動作部が動かないか、もしくは動き難い状態で、搭乗部を、乗員の搭乗行為又は降車行為に適した傾斜状態に傾けることができることが望ましいと考えられる。

【0008】

50

しかるに、特許文献 1 に見られる如き従来の技術では、かかる要望に対する配慮がなされていない。このため、乗員が、その搭乗行為や降車行為の最中に該搭乗部の傾斜角度を変化させると、その傾斜角度が制御上の目標傾斜角度からずれることある。そして、このような場合には、乗員が搭乗部に搭乗している状態と同様に移動動作部が動いてしまう。

【 0 0 0 9 】

本発明は、かかる背景に鑑みてなされたものであり、乗員が搭乗行為や降車行為を行い易くなるようにすることができる倒立振子型車両の制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明の倒立振子型車両の制御装置は、かかる目的を達成するために、床面上を移動可能な移動動作部と、該移動動作部を駆動するアクチュエータ装置と、該移動動作部及びアクチュエータ装置が組付けられた基体と、該基体に組付けられ、少なくとも 1 つの方向の軸周りで鉛直方向に対して傾動自在に設けられた乗員の搭乗部とを備えた倒立振子型車両の制御装置であって、

前記移動動作部の制御のための車両の動作モードとして、前記搭乗部に乗員が搭乗しようとする時の過渡的な動作モードである搭乗行為用モードと、前記搭乗部から乗員が降車しようとする時の過渡的な動作モードである降車行為用モードとのうちの少なくとも一方のモードから成る過渡期用モードと、前記搭乗部に乗員が搭乗した状態での動作モードである搭乗中モードとを有し、当該各動作モードにおいて前記移動動作部の移動動作を前記アクチュエータ装置を介して制御する移動動作部制御手段を備え、

該移動動作部制御手段は、前記搭乗中モードでは、少なくとも前記搭乗部の実際の傾斜角度を所定の第 1 目標傾斜角度に近づけるよう前記移動動作部の移動動作を制御し、前記過渡期用モードでは、該過渡期用動作モードの開始時から終了時までの期間のうちの少なくとも一部の期間において、該過渡期用モードの前記搭乗部の実際の傾斜角度のうちの少なくとも前記 1 つの方向の軸周りでの傾斜角度の変化に対する前記移動動作部の移動速度の変化の感度又は該移動動作部の移動加速度の変化の感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御することを特徴とする（第 1 発明）。

【 0 0 1 1 】

なお、本発明において、「床」は、通常的な意味での床（屋内の床など）だけを意味するものではなく、屋外の地面もしくは路面をも含むものとして使用する。

【 0 0 1 2 】

上記第 1 発明によれば、前記移動動作部制御手段は、前記搭乗中モードでは、少なくとも前記搭乗部の実際の傾斜角度を所定の第 1 目標傾斜角度に近づけるよう前記移動動作部の移動動作を制御する。このため、搭乗部の実際の傾斜角度が第 1 目標傾斜角度からずれると、そのずれを小さくするように移動動作部の移動動作が制御される。

【 0 0 1 3 】

一方、前記過渡期用モードでは、移動動作部制御手段は、該過渡期用動作モードの開始時から終了時までの期間のうちの少なくとも一部の期間において、該過渡期用モードの前記搭乗部の実際の傾斜角度のうちの少なくとも前記 1 つの方向の軸周りでの傾斜角度の変化に対する前記移動動作部の移動速度の変化の感度又は該移動動作部の移動加速度の変化の感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御する。

【 0 0 1 4 】

このため、該過渡期用動作モードでの前記少なくとも一部の期間（以降、特定期間ということがある）においては、乗員が、搭乗行為又は降車行為のために、前記 1 つの方向の軸周りでの搭乗部の傾斜角度を変化させても、前記移動動作部の移動速度又は移動加速度が変化しないか、もしくは変化し難くなる。

【 0 0 1 5 】

この結果、第 1 発明によれば、車両に対する乗員の搭乗行為又は降車行為を行い易くな

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 1 6 】

なお、第 1 発明において、前記特定期間は、過渡期用動作モードの開始時から終了時までの期間のうちの全期間でもよい。また、該特定期間は自動的に決定される期間でもよいが、乗員が人為的に設定し得る期間であってもよい。

【 0 0 1 7 】

また、第 1 目標傾斜角度としては、例えば、車両と乗員とを併せた系のうち、前記搭乗部と一体に傾動する部分（乗員を含む）の全体の重心点が該搭乗部の傾動支点の鉛直方向上方に位置することとなる該搭乗部の傾斜角度を採用することが好適である。

【 0 0 1 8 】

補足すると、前記搭乗中モードでの移動動作部制御手段による前記移動動作部の移動動作部の制御形態の一例としては、例えば、次のような形態が挙げられる。すなわち、移動動作部制御手段は、例えば、前記移動動作部に付与する駆動力を規定する制御用操作量を、少なくとも前記搭乗部の実際の傾斜角度の計測値と第 1 目標傾斜角度との偏差である傾斜偏差に応じて、該傾斜偏差を“ 0 ”に近づけるように決定する。あるいは、移動動作部制御手段は、例えば、該傾斜偏差を“ 0 ”に近づけることに加えて、車両の所定の代表点の移動速度の計測値と所定の目標移動速度との偏差である速度偏差を“ 0 ”に近づけるように、少なくとも該傾斜偏差と速度偏差とに応じて前記制御用操作量を決定する。そして、移動動作部制御手段は、決定した制御用操作量に応じて前記移動動作部の移動動作を前記アクチュエータ装置を介して制御する。

【 0 0 1 9 】

そして、前記過渡期用モードにおける移動動作部の制御形態の一例としては、例えば、前記搭乗中モードと同様に制御用操作量を決定して、前記移動動作部の移動動作を制御することが考えられる。なお、この場合、過渡期用モードの前記特定期間での搭乗部の目標傾斜角度は、搭乗中モードでの目標傾斜角度（第 1 目標傾斜角度）と異ならせてもよい。

【 0 0 2 0 】

このようにした場合には、移動動作部制御手段は、前記過渡期用モードの前記特定期間において、例えば、前記傾斜偏差を“ 0 ”に近づけるためのフィードバックゲイン（例えば比例ゲイン）や、前記速度偏差を“ 0 ”に近づけるためのフィードバックゲイン（例えば比例ゲイン）を前記搭乗中モードと適切に異ならせて前記制御用操作量を決定するようにすることで、前記感度を搭乗中モードよりも小さくすることが可能である。

【 0 0 2 1 】

ただし、前記過渡期用モードにおける移動動作部の制御形態は、搭乗中モードと同様の制御形態でなくてもよい。例えば、前記移動動作部制御手段は、前記過渡期用モードの前記特定期間において、前記搭乗部の傾斜角度の計測値によらずに、前記移動動作部が定常的に停止状態（移動速度が“ 0 ”に維持される状態）に保持されるように、該移動動作部の移動動作を制御するようにしてもよい。前記過渡期用モードにおける移動動作部の制御形態は、種々様々な形態を採用することが可能である。

【 0 0 2 2 】

前記第 1 発明においては、前記搭乗部は、1つの方向の軸周りでのみ鉛直方向に対して傾動自在に設けられ、前記移動動作部が当該1つの方向と直交する方向に床面上を移動可能に構成されていてもよい。

【 0 0 2 3 】

あるいは、前記移動動作部が、床面上を互いに直交する第 1 の方向及び第 2 の方向を含む全方向に移動可能に構成されると共に、前記搭乗部が、前記第 1 の方向の軸周りと前記第 2 の方向の軸周りとの 2 軸周りで鉛直方向に対して傾動自在に前記基体に組付けられていてもよい。この場合には、前記移動動作部制御手段は、前記搭乗中モードでは、少なくとも前記 2 軸周りで前記搭乗部の実際の傾斜角度を所定の第 1 目標傾斜角度に近づけるように移動動作部の移動動作を制御し、前記過渡期用モードでの前記少なくとも一部の期間（前記特定期間）において、少なくとも前記第 1 の方向及び第 2 の方向のうちのいずれ

10

20

30

40

50

か一方の方向の軸周りでの前記傾斜角度の変化に対する前記感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御する（第２発明）。

【００２４】

この第２発明では、前記過渡期用モードでの前記特定期間において、少なくとも前記第１の方向及び第２の方向のうちのいずれか一方の方向の軸周りでの前記傾斜角度の変化に対する前記感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作が制御される。

【００２５】

このため、前記特定期間では、乗員が、搭乗行為又は降車行為のために、前記一方の方向の軸周りでの搭乗部の傾斜角度を変化させても、前記移動動作部の移動速度又は移動加速度が変化しないか、もしくは変化し難くなる。従って、前記過渡期用モードでの前記特定期間においては、乗員は、前記一方の方向の軸周りでの搭乗部の傾斜角度を適切に傾斜させた状態で、搭乗行為又は降車行為を容易に行なうことが可能となる。

【００２６】

なお、この第２発明では、前記第１の方向及び第２の方向のうちの他方の方向の軸周りでの前記傾斜角度の変化に対する前記感度は、前記搭乗中モードよりも小さくなくてもよい。

【００２７】

補足すると、前記移動動作部が、「第１の方向及び第２の方向を含む全方向に移動可能」ということは、該第１の方向及び第２の方向に直交する軸方向で見た場合における各瞬間での該移動動作部の速度ベクトルの向きが、前記アクチュエータ装置による移動動作部の駆動によって、上記軸方向の周りの任意の角度方向の向きを採り得るということの意味する。この場合、上記軸方向は、概ね、上下方向又は床面に垂直な方向である。また、本発明における「直交」は厳密な意味での直交であることは必須ではなく、本発明の本質を逸脱しない範囲で、厳密な意味での直交から若干のずれがあってもよい。

【００２８】

前記搭乗部の構成としては、次のような構成を採用することができる。すなわち、前記搭乗部は、乗員の両足が該乗員の左右方向に間隔を存して並ぶように該両足を載せる足載せ部を有すると共に、該乗員がその前後方向及び左右方向をそれぞれ前記第１の方向、第２の方向に向けた起立姿勢で前記足載せ部上に搭乗可能に構成される。

【００２９】

そして、前記第２発明において、上記の如く搭乗部が構成されている場合には、前記移動動作部制御手段は、前記過渡期用モードでの前記少なくとも一部の期間（特定期間）において、少なくとも前記第１の方向の軸周りでの前記傾斜角度の変化に対する前記感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御することが好ましい（第３発明）。

【００３０】

すなわち、前記搭乗部が前記足載せ部を有する構成である場合には、乗員の搭乗行為や降車行為の途中において、一般には、乗員がその片足だけを足載せ部に載せた状態となる状況が生じる。この場合、乗員の体重によって、足載せ部に作用する荷重の位置が乗員の左右方向の一方側に偏るので、搭乗部が乗員の前後方向（前記第１の方向）の軸周りに傾動しやすい。従って、このような状況では、前記感度が低いことが望ましい。そこで、第３発明では、前記特定期間において、前記移動動作部制御手段は、少なくとも前記第１の方向の軸周りでの前記傾斜角度の変化に対する前記感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御する。これにより、過渡期用モードでの前記特定期間において、移動動作部が動かないか、もしくは動き難い状態で、搭乗部を乗員の前後方向である第１の方向の軸周りに適切に傾斜させることが可能となる。ひいては、乗員の搭乗行為又降車行為が容易になる。

【００３１】

上記第３発明では、前記車両には、少なくとも前記足載せ部に乗員の各足が載せられて

いるか否かに応じた出力を生成する足載せ検知手段が備えられており、前記少なくとも一部の期間（特定期間）は、前記過渡期用モードにおいて、前記足載せ検知手段の出力が、乗員の一方の足のみが前記足載せ部に載せられていることを示す出力となる期間を含むことが好ましい（第４発明）。

【００３２】

この第４発明によれば、乗員が搭乗行為又は降車行為の途中で、その一方の足のみを前記足載せ部に載せている状態で、少なくとも前記第１の方向（乗員の前後方向）の軸周りでの搭乗部の傾斜角度が変化しても、移動動作部が動かないか、もしくは動き難くなるようにすることを自動的に実現することができる。

【００３３】

また、上記第３発明又は第４発明では、前記基体には、少なくとも一方の足を着床させた乗員が把持可能な把持部が前記搭乗部と一体に傾動自在に組付けられていてもよい。そして、この場合には、前記移動動作部制御手段は、前記過渡期用モードでの前記少なくとも一部の期間（特定期間）において、前記第１の方向の軸周りでの前記傾斜角度の変化に対する前記感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるようにしつつ、少なくとも前記第１の方向の軸周りでの前記傾斜角度を前記第１目標傾斜角度のうちの前記第１の方向の軸周りの成分よりも鉛直方向に対する傾き度合いが大きい所定の角度である過渡期用目標傾斜角度に近づけるように前記移動動作部の移動動作を制御するようにしてもよい（第５発明）。

【００３４】

この第５発明によれば、過渡期用モードでの前記特定期間において、移動動作部が動き難い状態で、少なくとも前記第１の方向の軸周りでの搭乗部の傾斜角度を前記過渡期用目標傾斜角度に保つこと、すなわち、乗員が搭乗行為や降車行為を行い易い傾斜角度に搭乗部の実際の傾斜角度を保つことが容易になる。なお、この場合、前記第１の方向の軸周りでの搭乗部の実際の傾斜角度が前記過渡期用目標傾斜角度からずれると、そのずれを小さくするように前記移動動作部に駆動力が付与される。ただし、この場合、乗員が少なくとも一方の足を着床させた状態で前記把持部を把持することにより、前記移動動作部が移動するのを抑制することもできる。

【００３５】

かかる第５発明では、前記把持部には、前記動作モードの変更を前記移動動作部制御手段に対して指示するための操作子が設けられていることが好ましい（第６発明）。

【００３６】

この第６発明によれば、乗員は上記把持部を把持しつつ、動作モードを変更することができる。このため、動作モードの切替わり時に、搭乗部の姿勢が急変したりするのを防止できる。

【図面の簡単な説明】

【００３７】

【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ＳＴＥＰ５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７８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８６（又は図１２に示すリミット処理部１００）の処理機能を示すブロック図。

10

20

30

40

50

【図 1 2】図 9 に示す重心速度制限部 7 6 の処理機能を示すブロック図。
【図 1 3】図 9 に示す姿勢制御演算部 8 0 の処理機能を示すブロック図。
【図 1 4】図 7 の S T E P 4 のサブルーチン処理を示すフローチャート。
【図 1 5】図 1 4 の S T E P 1 2 のサブルーチン処理を示すフローチャート。
【図 1 6】図 1 4 の S T E P 1 3 のサブルーチン処理を示すフローチャート。
【図 1 7】図 1 4 の S T E P 1 4 のサブルーチン処理を示すフローチャート。
【図 1 8】図 1 4 の S T E P 1 4 のサブルーチン処理を示すフローチャート。
【図 1 9】図 1 4 の S T E P 1 5 のサブルーチン処理を示すフローチャート。
【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 8 】

10

本発明の一実施形態を以下に説明する。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。

【 0 0 3 9 】

図 1 及び図 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（前後方向及び左右方向を含む 2 次元的全方向）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 及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。

【 0 0 4 0 】

20

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。

【 0 0 4 1 】

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。

30

【 0 0 4 2 】

基体 9 は、移動動作部 5 及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 1 1 と、この下部フレーム 1 1 の上端から上方に延設された支柱フレーム 1 3 とを備える。

【 0 0 4 3 】

下部フレーム 1 1 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 2 1 R, 2 1 L を備える。これらのカバー部材 2 1 R, 2 1 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 2 3 を介して連結され、カバー部材 2 1 R, 2 1 L の一方が他方に対して相対的にヒンジ軸 2 3 の周りに揺動可能となっている。この場合、カバー部材 2 1 R, 2 1 L は、図示を省略するバネによって、カバー部材 2 1 R, 2 1 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。

40

【 0 0 4 4 】

この下部フレーム 1 1 には、乗員の搭乗部 3 としての足載せ部が装着されている。この足載せ部 3 は、乗員の右足、左足をそれぞれ載せる一対のステップ 3 R, 3 L から構成される。右側のステップ 3 R は、カバー部材 3 R の外側面部から右向きに張り出すように突設され、左側のステップ 3 L は、カバー部材 2 1 L の外側面部から左向きに張り出すように突設されている。本実施形態の倒立振子型車両 1（以降、単に車両 1 という）では、乗員は、その両足をステップ 3 R, 3 L に載せて、起立した姿勢で車両 1 に搭乗するようになっている。この搭乗状態では、乗員の両足は、その間に車輪体 5 が介在するようにして、乗員の左右方向に間隔を存して並ぶ。

【 0 0 4 5 】

50

また、支柱フレーム 13 の上部には、足載せ部 3 上に起立した乗員がその手で把持する把持部 15 が固定されている。この把持部 15 は、支柱フレーム 13 の上部から右向きに張り出すように突設された把持部 15 R と、左向きに張り出すように突設された把持部 15 L とから構成される。

【0046】

移動動作部 5 及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 及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。

【0047】

なお、本実施形態で例示する移動動作部 5 及びアクチュエータ装置 7 は、例えば前記特許文献 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 及びアクチュエータ装置 7 の構成に関して、前記特許文献 2 に記載された事項については、簡略的な説明に留める。

【0048】

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 及び図 6 の矢印 Y1 で示す如く、円形の横断面の中心 C1 (より詳しくは、円形の横断面中心 C1 を通って、車輪体 5 の軸心と同心となる円周線) の周りに回転可能となっている。

【0049】

この車輪体 5 は、その軸心 C2 (車輪体 5 全体の直径方向に直交する軸心 C2) を左右方向に向けた状態で、カバー部材 21 R, 21 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。

【0050】

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 Y2 で示す如く車輪体 5 の軸心 C2 の周りに回転する動作 (床面上を回転する動作) と、車輪体 5 の横断面中心 C1 の周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。

【0051】

アクチュエータ装置 7 は、車輪体 5 と右側のカバー部材 21 R との間に介装される回転部材 27 R 及びフリーローラ 29 R と、車輪体 5 と左側のカバー部材 17 L との間に介装される回転部材 27 L 及びフリーローラ 29 L と、回転部材 27 R 及びフリーローラ 29 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 31 R と、回転部材 27 L 及びフリーローラ 29 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 31 L とを備える。

【0052】

電動モータ 31 R, 31 L は、それぞれのハウジングがカバー部材 21 R, 21 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 31 R, 31 L の電源 (蓄電器) は、支柱フレーム 13 等、基体 9 の適所に搭載されている。

【0053】

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。

【0054】

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

10

20

30

40

50

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 27R は、プーリ 35R とベルト 37R とを介して電動モータ 31R の出力軸に接続されている。同様に、回転部材 27L は、プーリ 35L とベルト 37L とを介して電動モータ 31L の出力軸に接続されている。

【0055】

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 31R, 31L を、それぞれの出力軸が各回転部材 27R, 27L と同軸心になるように各回転部材 27R, 27L に対向させて配置し、電動モータ 31R, 31L のそれぞれの出力軸を回転部材 27R, 27L 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。

10

【0056】

各回転部材 27R, 27L 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 39R, 39L となっている。

【0057】

回転部材 27R のテーパ外周面 39R の周囲には、回転部材 27R 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 29R が配列されている。そして、これらのフリーローラ 29R は、それぞれ、ブラケット 41R を介してにテーパ外周面 39R に取付けられ、該ブラケット 41R に回転自在に支承されている。

【0058】

20

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 を介してにテーパ外周面 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。

【0059】

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。

【0060】

30

この場合、図 1 及び図 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。

【0061】

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 の周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 周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 の周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。

40

【0062】

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 との間に摩擦力が作用し得る圧接状態）が維持される。

【0063】

50

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 の周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 の周りには回転しない。

【 0 0 6 4 】

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 の周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 の周りには回転しない。

【 0 0 6 5 】

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、同方向又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 の周りに回転すると同時に、その横断面中心 C 1 の周りに回転することとなる。

【 0 0 6 6 】

この時、これらの回転動作の複合動作（合成動作）によって、前後方向及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。

【 0 0 6 7 】

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 の移動速度及び移動方向を制御できることとなる。

【 0 0 6 8 】

なお、足載せ部 3 及び基体 9 は、車輪体 5 の軸心 C 2 を支点として、左右方向の軸心 C 2 周りに傾動自在となっておりと共に、車輪体 5 の接地面（下端面）を支点として、前後方向の軸周りに該車輪体 5 と共に傾動自在となっている。

【 0 0 6 9 】

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 及び図 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 軸方向と言うことがある。

【 0 0 7 0 】

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、足載せ部 3（ステップ 3 R , 3 L）上に起立姿勢で搭乗してグリップ 1 5 R , 1 5 L を把持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 が足載せ部 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 を足載せ部 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。

【 0 0 7 1 】

すなわち、本実施形態では、乗員が上体を動かし、ひいては、足載せ部 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。

【 0 0 7 2 】

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

10

20

30

40

50

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、乗員及び車両 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。

【 0 0 7 3 】

そこで、本実施形態では、乗員及び車両 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。

【 0 0 7 4 】

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。

【 0 0 7 5 】

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。

【 0 0 7 6 】

また、乗員が車両 1 に搭乗しようとする時、あるいは、車両 1 から降車しようとする時には、その搭乗行為あるいは降車行為を乗員が容易に行い得るように車輪体 5 の移動動作が制御される。

【 0 0 7 7 】

補足すると、「姿勢」は空間的な向きを意味する。本実施形態では、基体 9 が足載せ部 3 と共に傾動することで、基体 9 や足載せ部 3 の姿勢が変化する。また、本実施形態では、基体 9 と足載せ部 3 とは一体的に傾動するので、基体 9 の姿勢をその目標姿勢に収束させるということは、足載せ部 3 の姿勢を該足載せ部 3 に対応する目標姿勢（基体 9 の姿勢が基体 9 の目標姿勢に一致する状態での足載せ部 3 の姿勢）に収束させるということと等価である。

【 0 0 7 8 】

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 及び図 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 の姿勢（又は足載せ部 3 の姿勢）に関する状態量として、基体 9 の所定の部位の鉛直方向（重力方向）に対する傾斜角度 θb 及びその変化速度（ $=d\theta b/dt$ ）を計測するための傾斜センサ 5 2 と、足載せ部 3 のステップ 3 R , 3 L に乗員が足を載せているか否かを検知するための荷重センサ 5 4 R , 5 4 L 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及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 と、乗員が車両 1 に搭乗しようとする時、又は車両 1 から降車しようとする時にその旨を制御ユニット 5 0 に認識させるための搭乗 / 降車用操作子 5 8 とがそれぞれ、車両 1 の適所に搭載されている。

【 0 0 7 9 】

この場合、制御ユニット 5 0 及び傾斜センサ 5 2 は、例えば、基体 9 の支柱フレーム 1 3 の内部に収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 R , 5 4 L はそれぞれ、ステップ 3 R , 3 L 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。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 0 】

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 5 0 に出力する。そして、制御ユニット 5 0 が、傾斜センサ 5 2 の加速度センサ及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 5 2 を搭載した部位（本実施形態では支柱フレーム 1 3）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 $\dot{\theta}_b$ の計測値とを算出する。

【 0 0 8 1 】

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 軸周り方向（ピッチ方向）の成分 θ_{b_x} と、X 軸周り方向（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 $\dot{\theta}_b$ （以降、基体傾斜角速度 $\dot{\theta}_b$ ということがある）も、Y 軸周り方向（ピッチ方向）の成分 $\dot{\theta}_{b_x}$ （ $= d\theta_{b_x}/dt$ ）と、X 軸周り方向（ロール方向）の成分 $\dot{\theta}_{b_y}$ （ $= d\theta_{b_y}/dt$ ）とから成る。

10

【 0 0 8 2 】

補足すると、本実施形態では、基体 9 の支柱フレーム 1 3 と一体に足載せ部 3 のステップ 3 R, 3 L が傾動するので、基体傾斜角度 θ_b は、足載せ部 3 の傾斜角度としての意味も持つ。

【 0 0 8 3 】

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 軸及び Y 軸の各方向（又は各軸周り方向）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” 又は “_y” を付加する。

20

【 0 0 8 4 】

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。

【 0 0 8 5 】

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 軸周り方向の成分に添え字 “_x” を付加し、X 軸周り方向の成分に添え字 “_y” を付加する。

30

【 0 0 8 6 】

さらに、X 軸方向の成分（又は Y 軸周り方向の成分）と、Y 軸方向の成分（又は X 軸周り方向の成分）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 軸周り方向の成分 θ_{b_x} と X 軸周り方向の成分 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。

【 0 0 8 7 】

前記荷重センサ 5 4 R, 5 4 L のうちの荷重センサ 5 4 R は、乗員がその右足をステップ 3 R に載せている場合に、その右足からステップ 3 R に付与される荷重を受けるようにステップ 3 R に内蔵され、その荷重に応じた検出信号を制御ユニット 5 0 に出力する。同様に、荷重センサ 5 4 L は、乗員がその左足をステップ 3 L に載せている場合に、その左足からステップ 3 L に付与される荷重を受けるようにステップ 3 L に内蔵され、その荷重に応じた検出信号を制御ユニット 5 0 に出力する。そして、制御ユニット 5 0 が、これらの荷重センサ 5 4 R, 5 4 L の出力により示される荷重の計測値に基づいて、ステップ 3 R, 3 L に乗員が足を載せているか否かを判断する。この場合、乗員がステップ 3 R, 3 L の両方に乗員が足を載せている状態が、乗員が車両 1 に搭乗している状態を意味する。

40

【 0 0 8 8 】

なお、荷重センサ 5 4 R, 5 4 L の代わりに、例えば、乗員が各ステップ 3 R, 3 L に足を載せた状態で ON となるようなスイッチ式のセンサを用いてもよい。

50

【 0 0 8 9 】

ロータリエンコーダ 5 6 R は、電動モータ 3 1 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 5 0 に出力する。そして、制御ユニット 5 0 が、そのパルス信号を基に、電動モータ 5 3 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变化率（微分値）を電動モータ 5 3 R の回転角速度として計測する。電動モータ 3 1 L 側のロータリエンコーダ 5 6 L についても同様である。

【 0 0 9 0 】

前記搭乗 / 降車用操作子 5 8 は、本実施形態では、グリップ 1 5 R , 1 5 L の一方、例えば、グリップ 1 5 R に装着されている。この搭乗 / 降車用操作子 5 8 は、例えば、その一端部 5 8 a と他端部 5 9 b とを選択的に押し操作可能なスイッチであり、各端部 5 8 a , 5 8 b を押し操作した時に、それぞれの押し操作に応じた信号（単発的なトリガ信号）を制御ユニット 5 0 に出力する。この場合、本実施形態では、端部 5 8 a , 5 8 b のうちの一方、例えば端部 5 8 a は、乗員が車両 1 に搭乗しようとする時（詳しくは搭乗行為を開始しようとする時）に押し操作を行なうべき部分、他方の端部 5 8 b は、乗員が車両 1 から降車しようとする時（詳しくは降車行為を開始しようとする時）に押し操作を行なうべき部分となっている。以降、搭乗 / 降車用操作子 5 8 の端部 5 8 a , 5 8 b を、それぞれ搭乗用操作部 5 8 a 、降車用操作部 5 8 b という。

【 0 0 9 1 】

なお、搭乗用操作部 5 8 a 、降車用操作部 5 8 b の両方の押し操作が行なわれていない状態では、搭乗 / 降車用操作子 5 8 は、非操作状態（トリガ信号を出力しない状態）に復元する。

【 0 0 9 2 】

制御ユニット 5 0 は、上記の各計測値と、搭乗 / 降車用操作子 5 8 から適宜入力されるトリガ信号と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 3 1 R , 3 1 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 3 1 R , 3 1 L のそれぞれの回転角速度をフィードバック制御する。

【 0 0 9 3 】

なお、電動モータ 3 1 R の出力軸の回転角速度と、回転部材 2 7 R の回転角速度との間の関係は、該出力軸と回転部材 2 7 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 3 1 R の回転角速度は、回転部材 2 7 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 3 1 L の回転角速度は、回転部材 2 7 L の回転角速度を意味するものとする。

【 0 0 9 4 】

以下に、制御ユニット 5 0 の制御処理をさらに詳細に説明する。

【 0 0 9 5 】

制御ユニット 5 0 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。

【 0 0 9 6 】

まず、STEP 1 において、制御ユニット 5 0 は、傾斜センサ 5 2 の出力を取得する。

【 0 0 9 7 】

次いで、STEP 2 に進んで、制御ユニット 5 0 は、取得した傾斜センサ 5 2 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 $\dot{\theta b}$ の計測値 $\dot{\theta b}_{xy_s}$ とを算出する。

【 0 0 9 8 】

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（計測値又は推定値）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。

【 0 0 9 9 】

次いで、制御ユニット 5 0 は、STEP 3 において、荷重センサ 5 4 R , 5 4 L の出力と、搭乗 / 降車用操作子 5 8 の出力とを取得した後、STEP 4 の処理を実行する。

【 0 1 0 0 】

ここで、本実施形態では、車両 1 の動作モードとして、乗員が車両 1 に搭乗している状態（搭乗中の状態）での動作モードである搭乗中モードと、乗員が車両 1 に搭乗していない状態である自立モード（非搭乗中モード）と、乗員が車両 1 に搭乗しようとしている時（搭乗行為中）の動作モードである搭乗行為用モードと、乗員が車両 1 から降車しようとしている時（降車行為中）の動作モードである降車行為用モードとがある。そして、制御ユニット 50 は、それぞれ各動作モードにおいて、それぞれに適した制御特性で車輪体 5 の移動動作を制御する。

【 0 1 0 1 】

上記 S T E P 4 の処理は、荷重センサ 54 R , 54 L の出力や、搭乗 / 降車用操作子 58 の出力に基づいて、車両 1 の動作モードを決定し、その決定した動作モードでの制御特性を規定する制御特性パラメータを決定する処理である。その処理の詳細は後述するが、本実施形態では、この S T E P 4 の処理で決定する制御特性パラメータには、基体 9 の傾斜角度の目標値である基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ が含まれると共に、後述する第 2 ゲイン調整パラメータ K_{r2} が含まれる。

【 0 1 0 2 】

この場合、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ は各動作モードにおいて、基本的には次のように決定される。すなわち、搭乗中モードでは、車両 1 に搭乗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 θ_b の計測値 $\theta_{b_xy_s}$ に一致又はほぼ一致するようにあらかじめ設定された値（以降、搭乗モード用の設定値 $\theta_{b_xy_搭乗中}$ ということがある）が、 $\theta_{b_xy_obj}$ として決定される。

【 0 1 0 3 】

また、自立モードでは、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 $\theta_{b_xy_s}$ に一致又はほぼ一致するようにあらかじめ設定された値（以降、自立モード用の設定値 $\theta_{b_xy_自立}$ ということがある）が、 $\theta_{b_xy_obj}$ として決定される。

【 0 1 0 4 】

なお、本実施形態の車両 1 は左右対称構造の車両であるので、 $\theta_{b_xy_搭乗中}$ の X 軸周り成分 $\theta_{b_y_搭乗中}$ と、 $\theta_{b_xy_自立}$ の X 軸周り成分 $\theta_{b_y_自立}$ とは同じ値である。

【 0 1 0 5 】

また、搭乗行為用モードと降車行為用モードとでは、基体 9 の実際の傾斜角度を $\theta_{b_xy_obj}$ に一致させた状態での基体 9 の姿勢が、X 軸周りで右側又は左側に傾いた姿勢となると共に、 $\theta_{b_xy_obj}$ が急激に変化することを防止するように $\theta_{b_xy_obj}$ が決定される。

【 0 1 0 6 】

補足すると、いずれの動作モードにおいても、基体傾斜角速度 $\theta_{b\dot{}}$ の Y 軸周り方向の成分 $\theta_{b\dot{}}_{x}$ の目標値と X 軸周り方向の成分 $\theta_{b\dot{}}_{y}$ 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 $\theta_{b\dot{}}_{xy}$ の目標値を設定する処理は不要である。

【 0 1 0 7 】

また、詳細は後述するが、第 2 ゲイン調整パラメータ K_{r2} は、“ 0 ” から “ 1 ” までの範囲内の値に設定される。この場合、搭乗中モードと自立モードとでは、 K_{r2} の値は、“ 0 ” とされ、搭乗行為用モードと降車行為モードとでは、 K_{r2} の値は、基本的には “ 0 ” よりも大きい値に可変的に決定される。

【 0 1 0 8 】

制御ユニット 50 は、S T E P 4 で制御特性パラメータを決定した後、次に S T E P 5 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。

【 0 1 0 9 】

次いで、S T E P 6 に進んで、制御ユニット 50 は、S T E P 5 で決定した速度指令に

10

20

30

40

50

応じて電動モータ 3 1 R , 3 1 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 5 0 は、STEP 5 で決定した電動モータ 3 1 R の速度指令と、ロータリエンコーダ 5 6 R の出力に基づき計測した電動モータ 3 1 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 3 1 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 5 0 は、その目標トルクの出力トルクを電動モータ 3 1 R に出力させるように該電動モータ 3 1 R の通電電流を制御する。左側の電動モータ 3 1 L の動作制御についても同様である。

【 0 1 1 0 】

以上が、制御ユニット 5 0 が実行する全体的な制御処理である。

【 0 1 1 1 】

10

次に、説明を後回しにした前記 STEP 4 の処理（制御特性パラメータの決定処理）と STEP 5 の車両制御演算処理とを以下に詳説する。

【 0 1 1 2 】

まず、説明の便宜上、STEP 5 の車両制御演算処理の詳細を説明する。

【 0 1 1 3 】

なお、以降の説明においては、車輪体 5 の接地面に重力による鉛直方向下向きの並進力を作用させる系の全体の重心点を車両系重心点という。この場合、該車両系重心点は、車両 1 の動作モードが搭乗中モードである場合には、前記車両・乗員全体重心点に一致し、自立モードである場合には、前記車両単体重心点に一致する。さらに、車両 1 の動作モードが搭乗行為用モード又は降車行為用モードである場合には、便宜上、車両系重心点の位置は、あらかじめ定められた所定位置に存するものとする。該所定位置は、車両・乗員全体重心点又は車両単体重心点の位置に一致する位置であってもよい。

20

【 0 1 1 4 】

また、以降の説明では、制御ユニット 5 0 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。

【 0 1 1 5 】

また、X 軸方向の速度及び加速度に関しては、前方向きを正の向きとし、Y 軸方向の速度及び加速度に関しては、左向きを正の向きとする。

30

【 0 1 1 6 】

本実施形態では、搭乗中モード又は自立モードでの前記車両系重心点の動力学的な挙動（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（倒立振子の動力学的挙動）によって表現されるものとして、STEP 5 の車両制御演算処理が行なわれる。

【 0 1 1 7 】

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。

40

【 0 1 1 8 】

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

【 0 1 1 9 】

この倒立振子モデルでは、質点 6 0_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 6 4_x の傾斜角度 θ_{be_x} が Y 軸周り方向での基体傾斜角度計測値 $\theta_{b_x_s}$ と STEP 4 の処理で後述する如く決定される基体傾斜角度

50

目標値 $\theta_{b_x_obj}$ という) 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 6 4 _x の傾斜角度 θ_{be_x} の変化速度 $(= d\theta_{be_x}/dt)$ が Y 軸周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 6 2 _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。

【0 1 2 0】

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 6 0 _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 の周りに揺動自在とされている。

10

【0 1 2 1】

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 軸周方向での基体傾斜角度計測値 $\theta_{b_y_s}$ と、後述する如く決定される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 軸周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。

20

【0 1 2 2】

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。

【0 1 2 3】

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。

【0 1 2 4】

$$\begin{aligned}\omega_{w_x} &= (\omega_R + \omega_L) / 2 \quad \dots \dots \text{式 0 1 a} \\ \omega_{w_y} &= C \cdot (\omega_R - \omega_L) / 2 \quad \dots \dots \text{式 0 1 b}\end{aligned}$$

30

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。

【0 1 2 5】

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。

40

【0 1 2 6】

$$\begin{aligned}d^2 \theta_{be_x} / dt^2 &= \alpha_x \cdot \theta_{be_x} + \beta_x \cdot \omega_{w\dot{x}} \quad \dots \dots \text{式 0 3 x} \\ d^2 \theta_{be_y} / dt^2 &= \alpha_y \cdot \theta_{be_y} + \beta_y \cdot \omega_{w\dot{y}} \quad \dots \dots \text{式 0 3 y}\end{aligned}$$

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

50

る $\omega\dot{y}$ 、 α_y 、 β_y についても上記と同様である。

【0127】

これらの式 03x, 03y から判るように、倒立振子の質点 60x, 60y 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 62x の回転角加速度 $\omega\dot{x}$ 、仮想車輪 62y の回転角加速度 $\omega\dot{y}$ に依存して規定される。

【0128】

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 62x の回転角加速度 $\omega\dot{x}$ 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 62y の回転角加速度 $\omega\dot{y}$ を用いる。

10

【0129】

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 50 は、X 軸方向で見た質点 60x の運動と、Y 軸方向で見た質点 60y 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 $\omega\dot{x}$ 、 $\omega\dot{y}$ の指令値（目標値）である仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{x}_{cmd}$ 、 $\omega\dot{y}_{cmd}$ を決定する。さらに、制御ユニット 50 は、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{x}_{cmd}$ 、 $\omega\dot{y}_{cmd}$ をそれぞれ積分してなる値を、仮想車輪 62x, 62y のそれぞれの回転角速度 $\omega_w x$ 、 $\omega_w y$ 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。

【0130】

20

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 62x 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 62y 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。

【0131】

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 $\omega\dot{x}_{cmd}$ 、 $\omega\dot{y}_{cmd}$ は、それぞれ、後述する式 07x, 07y に示す如く、3 個の操作量成分を加え合わせることにによって決定される。

30

【0132】

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 $\omega\dot{x}_{cmd}$ 、 $\omega\dot{y}_{cmd}$ のうち、 $\omega\dot{x}_{cmd}$ は、X 軸方向に移動する仮想車輪 62x 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、 $\omega\dot{y}_{cmd}$ は、Y 軸方向に移動する仮想車輪 62y 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。

【0133】

制御ユニット 50 は、上記の如き、STEP 5 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。

40

【0134】

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第 1 ゲイン調整パラメータ $K_{r1_{xy}}$ を決定するゲイン調整部 78 とを備える。

50

【 0 1 3 5 】

制御ユニット 5 0 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 8 0 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 3 1 R 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 3 1 L 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 8 2 とを備える。

【 0 1 3 6 】

なお、図 9 中の参照符号 8 4 を付したものは、姿勢制御演算部 7 0 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 8 4 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。

10

【 0 1 3 7 】

前記 S T E P 5 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。

【 0 1 3 8 】

すなわち、制御ユニット 5 0 は、まず、偏差演算部 7 0 の処理と重心速度算出部 7 2 の処理とを実行する。

【 0 1 3 9 】

偏差演算部 7 0 には、前記 S T E P 2 で算出された基体傾斜角度計測値 $\theta_{b_xy_s}$ ($\theta_{b_x_s}$ 及び $\theta_{b_y_s}$) と、前記 S T E P 4 で後述する如く決定される基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ ($\theta_{b_x_obj}$ 及び $\theta_{b_y_obj}$) とが入力される。そして、偏差演算部 7 0 は、 $\theta_{b_x_s}$ から $\theta_{b_x_obj}$ を減算することによって、Y 軸周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 軸周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。

20

【 0 1 4 0 】

なお、偏差演算部 7 0 の処理は、例えば、前記 S T E P 4 の処理の中で実行してもよい。

【 0 1 4 1 】

前記重心速度算出部 7 2 には、前記 S T E P 2 で算出された基体傾斜角速度計測値 $\theta_{b\dot{o}}_{xy_s}$ ($\theta_{b\dot{o}}_{x_s}$ 及び $\theta_{b\dot{o}}_{y_s}$) の今回値が入力されると共に、仮想車輪速度指令 $\omega_{w_xy_cmd}$ の前回値 $\omega_{w_xy_cmd_p}$ ($\omega_{w_x_cmd_p}$ 及び $\omega_{w_y_cmd_p}$) 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 $V_{b_xy_s}$ ($V_{b_x_s}$ 及び $V_{b_y_s}$) を算出する。

30

【 0 1 4 2 】

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、 $V_{b_x_s}$ 及び $V_{b_y_s}$ をそれぞれ算出する。

【 0 1 4 3 】

$$\begin{aligned} V_{b_x_s} &= R_{w_x} \cdot \omega_{w_x_cmd_p} + h_{x_s} \cdot \theta_{b\dot{o}}_{x_s} & \dots \dots 0\ 5\ x \\ V_{b_y_s} &= R_{w_y} \cdot \omega_{w_y_cmd_p} + h_{y_s} \cdot \theta_{b\dot{o}}_{y_s} & \dots \dots 0\ 5\ y \end{aligned}$$

40

これらの式 0 5 x , 0 5 y において、 R_{w_x} , R_{w_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_s} , h_{y_s} 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 1 の各動作モードにおいて、それぞれ、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。そして、 h_{x_s} , h_{y_s} の値としては、それぞれ、各動作モード毎にあらかじめ設定された所定値が用いられる。

【 0 1 4 4 】

なお、 h_{x_s} , h_{y_s} の値は、動作モード毎に異なる値である必要はない。例えば、搭乗行

50

為用モード又は降車行為用モードでの h_x , h_y の値が、搭乗中モードと同じ値に設定されていてもよい。

【 0 1 4 5 】

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 軸周り方向に $\theta bdot_x_s$ 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。

【 0 1 4 6 】

なお、前記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 6 2 _x , 6 2 _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 0 5 x 、 0 5 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。

【 0 1 4 7 】

次に、制御ユニット 5 0 は、重心速度制限部 7 6 の処理とゲイン調整部 7 8 の処理とを実行する。この場合、重心速度制限部 7 6 及びゲイン調整部 7 8 には、それぞれ、重心速度算出部 7 2 で上記の如く算出された重心速度推定値 Vb_xy_s （ Vb_x_s 及び Vb_y_s ）が

【 0 1 4 8 】

そして、ゲイン調整部 7 8 は、入力された重心速度推定値 Vb_xy_s （ Vb_x_s 及び Vb_y_s ）を基に、前記第 1 ゲイン調整パラメータ $Kr1_xy$ （ $Kr1_x$ 及び $Kr1_y$ ）を決定する。

【 0 1 4 9 】

このゲイン調整部 7 8 の処理を図 1 0 及び図 1 1 を参照して以下に説明する。

【 0 1 5 0 】

図 1 0 に示すように、ゲイン調整部 7 8 は、入力された重心速度推定値 Vb_x_s , Vb_y_s をリミット処理部 8 6 に入力する。このリミット処理部 8 6 では、重心速度推定値 Vb_x_s , Vb_y_s に、電動モータ 3 1 R , 3 1 L のそれぞれの回転角速度の許容範囲に応じた制限を適宜、加えることによって、出力値 Vw_x_lim1 , Vw_y_lim1 を生成する。出力値 Vw_x_lim1 は、前記仮想車輪 6 2 _x の X 軸方向の移動速度 Vw_x の制限後の値、出力値 Vw_y_lim1 は、前記仮想車輪 6 2 _y の Y 軸方向の移動速度 Vw_y の制限後の値としての意味を持つ。

【 0 1 5 1 】

このリミット処理部 8 6 の処理を、図 1 1 を参照してさらに詳細に説明する。なお、図 1 1 中の括弧付きの参照符号は、後述する重心速度制限部 7 6 のリミット処理部 1 0 0 の処理を示すものであり、リミット処理部 8 6 の処理に関する説明では無視してよい。

【 0 1 5 2 】

リミット処理部 8 6 は、まず、重心速度推定値 Vb_x_s , Vb_y_s をそれぞれ処理部 8 6 a_x , 8 6 a_y に入力する。処理部 8 6 a_x は、 Vb_x_s を仮想車輪 6 2 _x の半径 Rw_x で除算することによって、仮想車輪 6 2 _x の X 軸方向の移動速度を Vb_x_s に一致させたと仮定した場合の該仮想車輪 6 2 _x の回転角速度 ωw_x_s を算出する。同様に、処理部 8 6 a_y は、仮想車輪 6 2 _y の Y 軸方向の移動速度を Vb_y_s に一致させたと仮定した場合の該仮想車輪 6 2 _y の回転角速度 ωw_y_s （ $= Vb_y_s / Rw_y$ ）を算出する。

【 0 1 5 3 】

次いで、リミット処理部 8 6 は、 ωw_x_s , ωw_y_s の組を、XY - RL 変換部 8 6 b により、電動モータ 3 1 R の回転角速度 ω_R_s と電動モータ 3 1 L の回転角速度 ω_L_s との組に変換する。

【 0 1 5 4 】

この変換は、本実施形態では、前記式 0 1 a , 0 1 b の ω_w_x , ω_w_y , ω_R , ω_L をそれぞれ、 $\omega_w_x_s$, $\omega_w_y_s$, ω_R_s , ω_L_s に置き換えて得られる連立方程式を、 ω_R_s , ω_L_s を未知数として解くことにより行なわれる。

【 0 1 5 5 】

次いで、リミット処理部 8 6 は、X Y - R L 変換部 8 6 b の出力値 ω_R_s , ω_L_s をそれぞれ、リミッタ 8 6 c_R , 8 6 c_L に入力する。このとき、リミッタ 8 6 c_R は、 ω_R_s が、あらかじめ設定された所定値の上限値 (> 0) と下限値 (< 0) とを有する右モータ用許容範囲内に収まっている場合には、 ω_R_s をそのまま出力値 ω_{R_lim1} として出力する。また、リミッタ 8 6 c_R は、 ω_R_s が、右モータ用許容範囲から逸脱している場合には、該右モータ用許容範囲の上限値と下限値とのうちの ω_R_s に近い方の境界値を出力値 ω_{R_lim1} として出力する。これにより、リミッタ 8 6 c_R の出力値 ω_{R_lim1} は、右モータ用許容範囲内の値に制限される。

10

【 0 1 5 6 】

同様に、リミッタ 8 6 c_L は、 ω_L_s が、あらかじめ設定された所定値の上限値 (> 0) と下限値 (< 0) とを有する左モータ用許容範囲内に収まっている場合には、 ω_L_s をそのまま出力値 ω_{L_lim1} として出力する。また、リミッタ 8 6 c_L は、 ω_L_s が、左モータ用許容範囲から逸脱している場合には、該左モータ用許容範囲の上限値と下限値とのうちの ω_L_s に近い方の境界値を出力値 ω_{L_lim1} として出力する。これにより、リミッタ 8 6 c_L の出力値 ω_{L_lim1} は、左モータ用許容範囲内の値に制限される。

【 0 1 5 7 】

20

上記右モータ用許容範囲は右側の電動モータ 3 1 R の回転角速度 (絶対値) が高くなり過ぎないようにし、ひいては、電動モータ 3 1 R が出力可能なトルクの最大値が低下するのを防止するために設定された許容範囲である。このことは、左モータ用許容範囲についても同様である。

【 0 1 5 8 】

次いで、リミット処理部 8 6 は、リミッタ 8 6 c_R , 8 6 c_L のそれぞれの出力値 ω_{R_lim1} , ω_{L_lim1} の組を、R L - X Y 変換部 8 6 d により、仮想車輪 6 2 _x , 6 2 _y のそれぞれの回転角速度 $\omega_w_x_lim1$, $\omega_w_y_lim1$ の組に変換する。

【 0 1 5 9 】

30

この変換は、前記 X Y - R L 変換部 8 6 b の変換処理の逆変換の処理である。この処理は、前記式 0 1 a , 0 1 b の ω_w_x , ω_w_y , ω_R , ω_L をそれぞれ、 $\omega_w_x_lim1$, $\omega_w_y_lim1$, ω_{R_lim1} , ω_{L_lim1} に置き換えて得られる連立方程式を、 $\omega_w_x_lim1$, $\omega_w_y_lim1$ を未知数として解くことにより行なわれる。

【 0 1 6 0 】

次いで、リミット処理部 8 6 は、R L - X Y 変換部 8 6 d の出力値 $\omega_w_x_lim1$, $\omega_w_y_lim1$ をそれぞれ処理部 8 6 e_x , 8 6 e_y に入力する。処理部 8 6 e_x は、 $\omega_w_x_lim1$ に仮想車輪 6 2 _x の半径 Rw_x を乗じることによって、 $\omega_w_x_lim1$ を仮想車輪 6 2 _x の移動速度 Vw_x_lim1 に変換する。同様に、処理部 8 6 e_y は、 $\omega_w_y_lim1$ を仮想車輪 6 2 _y の移動速度 Vw_y_lim1 (= $\omega_w_y_lim1 \cdot Rw_y$) に変換する。

【 0 1 6 1 】

40

以上のリミット処理部 8 6 の処理によって、仮想車輪 6 2 _x の X 軸方向の移動速度 Vw_x と、仮想車輪 6 2 _y の Y 軸方向の移動速度 Vw_y とをそれぞれ重心速度推定値 Vb_x_s , Vb_y_s に一致させたと仮定した場合 (換言すれば、車輪体 5 の X 軸方向の移動速度と Y 軸方向の移動速度とをそれぞれ、 Vb_x_s , Vb_y_s に一致させたと仮定した場合) に、それらの移動速度を実現するために必要な電動モータ 3 1 R , 3 1 L のそれぞれの回転角速度 ω_R_s , ω_L_s が、両方とも、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 ω_{R_lim1} , ω_{L_lim1} の組がリミット処理部 8 6 から出力される。

【 0 1 6 2 】

一方、電動モータ 3 1 R , 3 1 L のそれぞれの回転角速度 ω_R_s , ω_L_s の両方又は一

50

方が許容範囲から逸脱している場合には、その両方又は一方の回転角速度が強制的に許容範囲内に制限された上で、その制限後の電動モータ 31R, 31L のそれぞれの回転角速度 ω_{R_lim1} , ω_{L_lim1} の組に対応する、X 軸方向及び Y 軸方向の移動速度 Vw_{x_lim1} , Vw_{y_lim1} の組がリミット処理部 86 から出力される。

【0163】

従って、リミット処理部 86 は、その出力値 Vw_{x_lim1} , Vw_{y_lim1} の組に対応する電動モータ 31R, 31L のそれぞれの回転角速度が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 Vw_{x_lim1} , Vw_{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 Vw_{x_lim1} , Vw_{y_lim1} の組を生成する。

【0164】

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 Vw_{x_lim1} とが入力される。そして、演算部 88_x は、 Vw_{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 Vw_{y_lim1} とが入力される。そして、演算部 88_y は、 Vw_{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。

【0165】

この場合、リミット処理部 86 での出力値 Vw_{x_lim1} , Vw_{y_lim1} の強制的な制限が行なわれなかった場合には、 $Vw_{x_lim1} = Vb_{x_s}$, $Vw_{y_lim1} = Vb_{y_s}$ 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。

【0166】

一方、リミット処理部 86 の出力値 Vw_{x_lim1} , Vw_{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、 Vw_{x_lim1} の Vb_{x_s} からの修正量 ($= Vw_{x_lim1} - Vb_{x_s}$) と、 Vw_{y_lim1} の Vb_{y_s} からの修正量 ($= Vw_{y_lim1} - Vb_{y_s}$) とがそれぞれ、演算部 88_x, 88_y から出力される。

【0167】

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、第 1 ゲイン調整パラメータ $Kr1_x$ 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、第 1 ゲイン調整パラメータ $Kr1_y$ を決定する。なお、第 1 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。

【0168】

上記処理部 90_x は、入力される $Vover_x$ 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 $Kr1_x$ が入力値 $|Vover_x|$ に対して単調に増加し、且つ、飽和特性を有するように $Kr1_x$ 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。

【0169】

この場合、本実施形態では、処理部 92_x は、入力値 $|Vover_x|$ 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 $|Vover_x|$ に所定値の比例係数を乗じてなる値を $Kr1_x$ として出力する。また、処理部 92_x は、入力値 $|Vover_x|$ が所定値よりも大きい場合には、“1” を $Kr1_x$ として出力する。なお、上記比例係数は、 $|Vover_x|$ が所定値に一致するときに、 $|Vover_x|$ と比例係数との積が “1” になるように設定されている。

【0170】

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。

【0171】

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 $Vw_{x_}$

10

20

30

40

50

lim1, $V_{w_y_lim1}$ の強制的な制限が行なわれなかった場合、すなわち、車輪体5のX軸方向及びY軸方向のそれぞれの移動速度 V_{w_x} , V_{w_y} を、それぞれ、重心速度推定値 $V_{b_x_s}$, $V_{b_y_s}$ に一致させるように電動モータ31R, 31Lを動作させても、電動モータ31R, 31Lのそれぞれの回転角速度が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 K_{r1_x} , K_{r1_y} はいずれも“0”に決定される。従って、通常は、 $K_{r1_x} = K_{r1_y} = 0$ である。

【0172】

一方、リミット処理部86の出力値 $V_{w_x_lim1}$, $V_{w_y_lim1}$ が、入力値 $V_{b_x_s}$, $V_{b_y_s}$ 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、車輪体5のX軸方向及びY軸方向のそれぞれの移動速度 V_{w_x} , V_{w_y} を、それぞれ、重心速度推定値 $V_{b_x_s}$, $V_{b_y_s}$ に一致させるように電動モータ31R, 31Lを動作させると、電動モータ31R, 31Lのいずれかの回転角速度が許容範囲を逸脱してしまう場合(いずれかの回転角速度の絶対値が高くなり過ぎる場合)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 K_{r1_x} , K_{r1_y} の値がそれぞれ決定される。この場合、 K_{r1_x} は、“1”を上限値して、修正量 V_{x_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、 K_{r1_y} についても同様である。

【0173】

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 $V_{b_xy_s}$ ($V_{b_x_s}$ 及び $V_{b_y_s}$)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 $V_{b_xy_mdfd}$ ($V_{b_x_mdfd}$ 及び $V_{b_y_mdfd}$)を決定する。

【0174】

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。

【0175】

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 $V_{b_x_s}$ が入力されると共に、X軸方向の制御用目標重心速度 $V_{b_x_mdfd}$ の前回値 $V_{b_x_mdfd_p}$ 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 $V_{b_x_s}$ が比例・微分補償要素(PD補償要素)94_a_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 $1 + K_d \cdot S$ により表される補償要素であり、入力される $V_{b_x_s}$ と、その微分値(時間的変化率)に所定値の係数 K_d 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。

【0176】

次いで、定常偏差算出部94_xは、入力される $V_{b_x_mdfd_p}$ 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94_b_xにより算出した後、この演算部94_b_xの出力値を、位相補償機能を有するローパスフィルタ94_c_xに入力する。このローパスフィルタ94_c_xは、伝達関数が $(1 + T_2 \cdot S) / (1 + T_1 \cdot S)$ 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94_c_xの出力値 $V_{b_x_prd}$ を出力する。

【0177】

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 $V_{b_y_s}$ が入力されると共に、Y軸方向の制御用目標重心速度 $V_{b_y_mdfd}$ の前回値 $V_{b_y_mdfd_p}$ が遅延要素96_yを介して入力される。

【0178】

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94_a_y、演算部94_b_y及びローパスフィルタ94_c_yの処理を順次実行し、ローパスフィルタ94_c_yの出力値 $V_{b_y_prd}$ を出力する。

【0179】

ここで、定常偏差算出部94_xの出力値 $V_{b_x_prd}$ 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り子モデルの質点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 9 4_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 6 0_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 9 4_x, 9 4_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。

【0180】

重心速度制限部 7 6 は、上記の如く定常偏差算出部 9 4_x, 9 4_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 1 0 0 に入力する。このリミット処理部 1 0 0 の処理は、前記したゲイン調整部 7 8 のリミット処理部 8 6 の処理と同じである。この場合、図 1 1 に括弧付きに参照符号で示す如く、リミット処理部 1 0 0 の各処理部の入力値及び出力値だけがリミット処理部 8 6 と相違する。

【0181】

具体的には、リミット処理部 1 0 0 では、前記仮想車輪 6 2_x, 6 2_yのそれぞれの移動速度 Vw_x , Vw_y を、 Vb_x_prd , Vb_y_prd にそれぞれ一致させたと仮定した場合の各仮想車輪 6 2_x, 6 2_yの回転角速度 ωw_x_t , ωw_y_t がそれぞれ処理部 8 6 a_x, 8 6 a_yにより算出される。そして、この回転角速度 ωw_x_t , ωw_y_t の組が、XY - RL 変換部 8 6 b により、電動モータ 3 1 R, 3 1 L の回転角速度 ω_R_t , ω_L_t の組に変換される。

【0182】

さらに、これらの回転角速度 ω_R_t , ω_L_t が、リミッタ 8 6 c_R, 8 6 c_Lによって、それぞれ、右モータ用許容範囲内の値と左モータ用許容範囲内の値とに制限される。そして、この制限処理後の値 ω_R_lim2 , ω_L_lim2 が、RL - XY 変換部 8 6 d によって、仮想車輪 6 2_x, 6 2_yの回転角速度 ωw_x_lim2 , ωw_y_lim2 に変換される。

【0183】

次いで、この各回転角速度 ωw_x_lim2 , ωw_y_lim2 に対応する各仮想車輪 6 2_x, 6 2_yの移動速度 Vw_x_lim2 , Vw_y_lim2 がそれぞれ処理部 8 6 e_x, 8 6 e_yによって算出され、これらの移動速度 Vw_x_lim2 , Vw_y_lim2 がリミット処理部 1 0 0 から出力される。

【0184】

以上のリミット処理部 1 0 0 の処理によって、リミット処理部 1 0 0 は、リミット処理部 8 6 と同様に、その出力値 Vw_x_lim2 , Vw_y_lim2 の組に対応する電動モータ 3 1 R, 3 1 L のそれぞれの回転角速度が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 Vw_x_lim2 , Vw_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 Vw_x_lim2 , Vw_y_lim2 の組を生成する。

【0185】

なお、リミット処理部 1 0 0 における右モータ用及び左モータ用の各許容範囲は、リミット処理部 8 6 における各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。

【0186】

図 1 2 の説明に戻って、重心速度制限部 7 6 は、次に、演算部 1 0 2_x, 1 0 2_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 1 0 2_xは、リミット処理部 1 0 0 の出力値 Vw_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 1 0 2_yは、リミット処理部 1 0 0 の出力値 Vw_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。

【0187】

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 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、すなわち、車輪体 5 の X 軸方向及び Y 軸方向のそれぞれの移動速度を、それぞれ、重心速

10

20

30

40

50

度定常偏差予測値 Vb_x_prd , Vb_y_prd に一致させるように電動モータ 3 1 R , 3 1 L を動作させても、電動モータ 3 1 R , 3 1 L のそれぞれの回転角速度が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。従って、通常は、 $Vb_x_mdfd = Vb_y_mdfd = 0$ である。

【 0 1 8 8 】

一方、リミット処理部 1 0 0 の出力値 Vw_x_lim2 , Vw_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、車輪体 5 の X 軸方向及び Y 軸方向のそれぞれの移動速度を、それぞれ、重心速度定常偏差予測値 Vb_x_prd , Vb_y_prd に一致させるように電動モータ 3 1 R , 3 1 L を動作させると、電動モータ 3 1 R , 3 1 L のいずれかの回転角速度が許容範囲を逸脱してしまう場合（いずれかの回転角速度の絶対値が高くなり過ぎる場合）には、X 軸方向については、リミット処理部 1 0 0 の出力値 Vw_x_lim2 の入力値 Vb_x_prd からの修正量（ $= Vw_x_lim2 - Vb_x_prd$ ）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。

【 0 1 8 9 】

また、Y 軸方向については、リミット処理部 1 0 0 の出力値 Vw_y_lim2 の入力値 Vb_y_prd からの修正量（ $= Vw_y_lim2 - Vb_y_prd$ ）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。

【 0 1 9 0 】

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 9 4 _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。

【 0 1 9 1 】

以上が、重心速度制限部 7 6 の処理である。

【 0 1 9 2 】

図 9 の説明に戻って、制御ユニット 5 0 は、以上の如く重心速度制限部 7 6 、ゲイン調整部 7 8 、及び偏差演算部 7 0 の処理を実行した後、次に、姿勢制御演算部 8 0 の処理を実行する。

【 0 1 9 3 】

この姿勢制御演算部 8 0 の処理を、以下に図 1 3 を参照して説明する。なお、図 1 3 において、括弧を付していない参照符号は、X 軸方向に回転する仮想車輪 6 2 _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 軸方向に回転する仮想車輪 6 2 _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。

【 0 1 9 4 】

姿勢制御演算部 8 0 には、偏差演算部 7 0 で算出された基体傾斜角度偏差計測値 $\theta be_x_y_s$ と、前記 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 7 2 で算出された重心速度推定値 Vb_xy_s と、重心速度制限部 7 6 で算出された制御用目標重心速度 Vb_xy_mdfd と、ゲイン調整部 7 8 で算出された第 1 ゲイン調整パラメータ $Kr1_xy$ と、前記 STEP 4 で後述する如く決定される第 2 ゲイン調整パラメータ $Kr2$ 及び動作モードとが入力される。

【 0 1 9 5 】

そして、姿勢制御演算部 8 0 は、まず、上記の入力値を用いて、次式 0 7 x , 0 7 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。

【 0 1 9 6 】

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

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

10

20

30

40

50

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 $\omega\dot{w}_x\text{cmd}$ 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 $\omega\dot{w}_y\text{cmd}$ とは、それぞれ、3つの操作量成分（式07x, 07yの右辺の3つの項）を加え合わせることで決定される。

【0197】

この場合、式07xにおける各操作量成分に係わるゲイン係数 $K1_x$, $K2_x$, $K3_x$ は、第1ゲイン調整パラメータ $Kr1_x$ 、第2ゲイン調整パラメータ $Kr2$ 、及び動作モードに応じて可变的に設定される。同様に、式07y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、第1ゲイン調整パラメータ $Kr1_x$ 、第2ゲイン調整パラメータ $Kr2$ 、及び動作モードに応じて可变的に設定される。以降、式07x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 $K3_x$ とすることがある。このことは、式07y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。

【0198】

式07xにおける第iゲイン係数 Ki_x ($i = 1, 2, 3$)と、式07yにおける第iゲイン係数 Ki_y ($i = 1, 2, 3$)とは、それぞれ、図13中に示した如く、次式09x, 09yにより決定される。

【0199】

$$Ki_x = (1 - Wgain_x) \cdot Ki_{a_x} + Wgain_x \cdot Ki_{b_x} \quad \dots\dots \text{式09x}$$

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

$$Ki_y = (1 - Wgain_y) \cdot Ki_{a_y} + Wgain_y \cdot Ki_{b_y} \quad \dots\dots \text{式09y}$$

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

この場合、式09xにおける $Wgain_x$, Ki_{a_x} , Ki_{b_x} と、式09yにおける $Wgain_y$, Ki_{a_y} , Ki_{b_y} とは、車両1の現在の動作モード（STEP4で決定される今回の動作モード）に応じて、次の(1)～(4)に示す如く決定される。

【0200】

(1) 現在の動作モードが搭乗中モードである場合

$$Wgain_x = Kr1_x, \quad Ki_{a_x} = Gi_{x_搭乗中A} (i = 1, 2, 3)$$

$$Ki_{b_x} = Gi_{x_搭乗中B} (i = 1, 2, 3)$$

$$Wgain_y = Kr1_y, \quad Ki_{a_y} = Gi_{y_搭乗中A} (i = 1, 2, 3)$$

$$Ki_{b_y} = Gi_{y_搭乗中B} (i = 1, 2, 3)$$

(2) 現在の動作モードが自立モードである場合

$$Wgain_x = Kr1_x, \quad Ki_{a_x} = Gi_{x_自立A} (i = 1, 2, 3)$$

$$Ki_{b_x} = Gi_{x_自立B} (i = 1, 2, 3)$$

$$Wgain_y = Kr1_y, \quad Ki_{a_y} = Gi_{y_自立A} (i = 1, 2, 3)$$

$$Ki_{b_y} = Gi_{y_自立B} (i = 1, 2, 3)$$

(3) 現在の動作モードが搭乗行為用モードである場合

$$Wgain_x = Kr2, \quad Ki_{a_x} = Gi_{x_搭乗行為A} (i = 1, 2, 3)$$

$$Ki_{b_x} = Gi_{x_搭乗行為B} (i = 1, 2, 3)$$

$$Wgain_y = Kr2, \quad Ki_{a_y} = Gi_{y_搭乗行為A} (i = 1, 2, 3)$$

$$Ki_{b_y} = Gi_{y_搭乗行為B} (i = 1, 2, 3)$$

(4) 現在の動作モードが降車行為用モードである場合

$$Wgain_x = Kr2, \quad Ki_{a_x} = Gi_{x_降車行為A} (i = 1, 2, 3)$$

10

20

30

40

50

$Ki_b_x = Gi_x_降車行為 (i = 1, 2, 3)$
 $Wgain_y = Kr2, \quad Ki_a_y = Gi_y_搭乗中A (i = 1, 2, 3)$
 $Ki_b_y = Gi_y_降車行為 (i = 1, 2, 3)$

ここで、 $Gi_x_搭乗中A$ 、 $Gi_x_搭乗中B$ 、 $Gi_y_搭乗中A$ 、 $Gi_y_搭乗中B$ は搭乗モード用としてあらかじめ設定された所定値（定数値）、 $Gi_x_自立A$ 、 $Gi_x_自立B$ 、 $Gi_y_自立A$ 、 $Gi_y_自立B$ は自立モード用としてあらかじめ設定された所定値（定数値）、 $Gi_x_搭乗行為$ 、 $Gi_y_搭乗行為$ は、搭乗行為用モード用としてあらかじめ設定された所定値（定数値）、 $Gi_x_降車行為$ 、 $Gi_y_降車行為$ は、降車行為用モード用としてあらかじめ設定された所定値（定数値）である。

10

【0201】

この場合、本実施形態では、 $|Gi_x_搭乗中A| < |Gi_x_搭乗中B|$ 、 $|Gi_y_搭乗中A| < |Gi_y_搭乗中B|$ 、 $|Gi_x_自立A| < |Gi_x_自立B|$ 、 $|Gi_y_自立A| < |Gi_y_自立B|$ 、 $|Gi_x_搭乗行為| < |Gi_x_搭乗中A|$ 、 $|Gi_y_搭乗行為| < |Gi_y_搭乗中A|$ 、 $|Gi_x_降車行為| < |Gi_x_搭乗中A|$ 、 $|Gi_y_降車行為| < |Gi_y_搭乗中A|$ となっている。また、 $|Gi_x_自立A| < |Gi_x_搭乗中A|$ 、 $|Gi_y_自立A| < |Gi_y_搭乗中A|$ となっている。

【0202】

なお、本実施形態では、 $Gi_x_搭乗行為 = Gi_x_降車行為$ 、 $Gi_y_搭乗行為 = Gi_y_降車行為$ とされている。ただし、 $Gi_x_搭乗行為 \neq Gi_x_降車行為$ 、又は、 $Gi_y_搭乗行為 \neq Gi_y_降車行為$ であってもよい。

20

【0203】

動作モードが搭乗中モードである場合には、式07x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2つの定数値 $Gi_x_搭乗中A$ 、 $Gi_x_搭乗中B$ の重み付き平均値して決定される。そして、この場合、 $Ki_a_x (= Gi_x_搭乗中A)$ 、 $Ki_b_x (= Gi_x_搭乗中B)$ にそれぞれ掛かる重み $(1 - Wgain)$ 、 $Wgain$ が、第1ゲイン調整パラメータ $Kr1_x$ に応じて変化させられる。具体的には、 $Kr1_x = 0$ である場合には、 $Ki_x = Gi_x_搭乗中A$ となり、 $Kr1_x = 1$ である場合には、 $Ki_x = Gi_x_搭乗中B$ となる。そして、 $Kr1_x$ が“0”から“1”に近づくに伴い、第*i*ゲイン係数 Ki_x は $Ki_x = Gi_x_搭乗中A$ から $Gi_x_搭乗中B$ に近づいていく（ Ki_x の絶対値が増加していく）。搭乗中モードでは、式07yの演算に用いる各第*i*ゲイン係数 $Ki_y (i = 1, 2, 3)$ についても上記と同様である。

30

【0204】

また、動作モードが自立モードである場合には、式07x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2つの定数値 $Gi_x_自立A$ 、 $Gi_x_自立B$ の重み付き平均値して決定される。そして、この場合、 $Ki_a_x (= Gi_x_自立A)$ 、 $Ki_b_x (= Gi_x_自立B)$ にそれぞれ掛かる重み $(1 - Wgain)$ 、 $Wgain$ が、第1ゲイン調整パラメータ $Kr1_x$ に応じて変化させられる。具体的には、 $Kr1_x = 0$ である場合には、 $Ki_x = Gi_x_自立A$ となり、 $Kr1_x = 1$ である場合には、 $Ki_x = Gi_x_自立B$ となる。そして、 $Kr1_x$ が“0”から“1”に近づくに伴い、第*i*ゲイン係数 Ki_x は $Ki_x = Gi_x_自立A$ から $Gi_x_自立B$ に近づいていく（ Ki_x の絶対値が増加していく）。自立モードでは、式07yの演算に用いる各第*i*ゲイン係数 $Ki_y (i = 1, 2, 3)$ についても上記と同様である。

40

【0205】

補足すると、第1ゲイン調整パラメータ $Kr1_x$ 、 $Kr1_y$ は、前記したように、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 Vw_x_lim1 、 Vw_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、搭乗中モード及び自立モードにおける第*i*ゲイン係数 Ki_x 、 $Ki_y (i = 1, 2, 3)$ は、通常は、それぞれ、 $Ki_x = Ki_a_x (= Gi_x_搭乗中A$ 又は $Gi_x_自立A)$ 、 $Ki_y = Ki_a_y (= Gi_y_搭乗中A$ 又は $Gi_y_自立A)$ となる。従って、 $Gi_x_搭乗中A$ 、 $Gi_y_搭乗中A$ は、搭乗中モー

50

ドでの通常的な車両 1 の動作状態での第 i ゲイン係数 K_{i_x} , K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) の適切な値としてあらかじめ設定された定数値である。同様に、 $G_{i_x_自立A}$, $G_{i_y_自立A}$ は、自立モードでの通常的な車両 1 の動作状態での第 i ゲイン係数 K_{i_x} , K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) の適切な値としてあらかじめ設定された定数値である。

【0206】

一方、動作モードが搭乗行為用モードである場合には、式 07 x の演算に用いる各第 i ゲイン係数 K_{i_x} ($i = 1, 2, 3$) は、それぞれに対応する 2 つ定数値 $G_{i_x_搭乗中A}$, $G_{i_x_搭乗行為}$ の重み付き平均値して決定される。そして、この場合、 $K_{i_a_x}$ ($= G_{i_x_搭乗中A}$)、 $K_{i_b_x}$ ($= G_{i_x_搭乗行為}$) にそれぞれ掛かる重み ($1 - W_{gain}$), W_{gain} が、第 2 ゲイン調整パラメータ $Kr2$ に応じて変化させられる。具体的には、 $Kr2_x = 0$ である場合には、 $K_{i_x} = G_{i_x_搭乗中A}$ となり、 $Kr2_x = 1$ である場合には、 $K_{i_x} = G_{i_x_搭乗行為}$ となる。そして、 $Kr2$ が “1” から “0” に近づくに伴い、第 i ゲイン係数 K_{i_x} は $K_{i_x} = G_{i_x_搭乗行為}$ から $G_{i_x_搭乗中A}$ に近づいていく。ひいては、 K_{i_x} の絶対値が増加していく。この場合、 $|G_{i_x_搭乗行為}| < |G_{i_x_搭乗中A}|$ であるから、 $Kr2 = 0$ である場合を除き、搭乗行為用モードでの各第 i ゲイン係数 K_{i_x} ($i = 1, 2, 3$) の絶対値は、搭乗中モードよりも小さい値となる。搭乗行為用モードでは、式 07 y の演算に用いる各第 i ゲイン係数 K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) についても上記と同様である。

【0207】

また、動作モードが降車行為用モードである場合には、式 07 x の演算に用いる各第 i ゲイン係数 K_{i_x} ($i = 1, 2, 3$) は、それぞれに対応する 2 つ定数値 $G_{i_x_搭乗中A}$, $G_{i_x_降車行為B}$ の重み付き平均値して決定される。そして、この場合、 $K_{i_a_x}$ ($= G_{i_x_搭乗中A}$)、 $K_{i_b_x}$ ($= G_{i_x_降車行為}$) にそれぞれ掛かる重み ($1 - W_{gain}$), W_{gain} が、第 2 ゲイン調整パラメータ $Kr2$ に応じて変化させられる。具体的には、 $Kr2_x = 0$ である場合には、 $K_{i_x} = G_{i_x_搭乗中A}$ となり、 $Kr2_x = 1$ である場合には、 $K_{i_x} = G_{i_x_降車行為}$ となる。そして、 $Kr2$ が “1” から “0” に近づくに伴い、第 i ゲイン係数 K_{i_x} は $K_{i_x} = G_{i_x_降車行為}$ から $G_{i_x_搭乗中A}$ に近づいていく。ひいては、 K_{i_x} の絶対値が増加していく。この場合、 $|G_{i_x_降車行為}| < |G_{i_x_搭乗中A}|$ であるから、 $Kr2 = 0$ である場合を除き、搭乗行為用モードでの各第 i ゲイン係数 K_{i_x} ($i = 1, 2, 3$) の絶対値は、搭乗中モードよりも小さい値となる。降車行為用モードでは、式 07 y の演算に用いる各第 i ゲイン係数 K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) についても上記と同様である。

【0208】

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 07 x 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。

【0209】

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 80 a, 80 b 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 80 d 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 80 c 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 80 e にて加え合わせるにより、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_{dot_x_cmd}$ を算出する。

【0210】

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 07 y の演算を行なうことで、Y 軸方向に輪転する仮想車輪 62_y に係わる仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_{dot_y_cmd}$ を算出する。

【0211】

10

20

30

40

50

この場合には、姿勢制御演算部 80 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 $\theta_{b\dot{y}_s}$ 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 80 a, 80 b で算出する。さらに、姿勢制御演算部 80 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 80 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 80 c 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 $u1_y$, $u2_y$, $u3_y$ を演算部 80 e にて加え合わせることににより、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{w\dot{x}_cmd}$ を算出する。

【0212】

ここで、式 07 x の右辺の第 1 項 ($=$ 第 1 操作量成分 $u1_x$) 及び第 2 項 ($=$ 第 2 操作量成分 $u2_x$) は、X 軸周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。

【0213】

また、式 07 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。

【0214】

これらのことは、式 07 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。

【0215】

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 76 のリミット処理部 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)、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。

【0216】

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 $\omega_{w\dot{x}_cmd}$, $\omega_{w\dot{y}_cmd}$ を算出した後、次に、これらの $\omega_{w\dot{x}_cmd}$, $\omega_{w\dot{y}_cmd}$ をそれぞれ積分器 80 f 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 $\omega_{w_x_cmd}$, $\omega_{w_y_cmd}$ を決定する。

【0217】

以上が姿勢制御演算部 80 の処理の詳細である。

【0218】

補足すると、式 07 x 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 $\omega_{dotw_x_cmd}$ を算出するようにしてよい。同様に、式 07 y 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 $\omega_{dotw_y_cmd}$ を算出するようにしてよい。

【0219】

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 $\omega_{w_x_cmd}$, $\omega_{w_y_cmd}$ 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。

【0220】

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

10

20

30

40

50

定した仮想車輪回転速度指令 $\omega_{w_x_cmd}$, $\omega_{w_y_cmd}$ をモータ指令演算部 8 2 に入力し、該モータ指令演算部 8 2 の処理を実行することによって、電動モータ 3 1 R の速度指令 ω_{R_cmd} と電動モータ 3 1 L の速度指令 ω_{L_cmd} とを決定する。このモータ指令演算部 8 2 の処理は、前記リミット処理部 8 6 (図 1 1 参照) の X Y - R L 変換部 8 6 b の処理と同じである。

【 0 2 2 1 】

具体的には、モータ指令演算部 8 2 は、前記式 0 1 a , 0 1 b の ω_{w_x} , ω_{w_y} , ω_{R} , ω_{L} をそれぞれ、 $\omega_{w_x_cmd}$, $\omega_{w_y_cmd}$, 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 3 1 R , 3 1 L のそれぞれの速度指令 ω_{R_cmd} , ω_{L_cmd} を決定する。

10

【 0 2 2 2 】

以上により前記 S T E P 9 の車両制御演算処理が完了する。

【 0 2 2 3 】

次に、説明を後回しにした前記 S T E P 4 の処理 (制御特性パラメータの決定処理) を図 1 4 ~ 図 1 9 を参照して詳細に説明する。

【 0 2 2 4 】

S T E P 4 の処理は、図 1 4 のフローチャートに示す如く実行される。

【 0 2 2 5 】

具体的には、制御ユニット 5 0 は、まず、S T E P 1 1 において、今回の (今回の制御処理周期での) 動作モードがどの動作モードであるかを判断する。

20

【 0 2 2 6 】

ここで、本実施形態では、制御ユニット 5 0 の起動時において、制御ユニット 5 0 は、車両 1 の初期動作モードとして、自立モードを設定する。そして、制御ユニット 5 0 は、以後の各制御処理周期において、次の制御処理周期での動作モードを決定する。従って、S T E P 1 1 で判断される動作モードは、基本的には、前回の制御処理周期で決定された動作モードである。

【 0 2 2 7 】

S T E P 1 1 において、今回の動作モードが自立モードである場合、搭乗中モードである場合、搭乗行為用モードである場合、降車行為用モードである場合のそれぞれの場合に対応して、制御ユニット 5 0 は、それぞれ、S T E P 1 2 , 1 3 , 1 4 , 1 5 の処理を実行することによって、次の動作モードや、制御特性パラメータの今回値を決定する。これにより図 1 4 の処理が終了する。

30

【 0 2 2 8 】

今回の動作モードが自立モードである場合に対応する S T E P 1 2 の処理は、図 1 5 のフローチャートに示すサブルーチン処理により実行される。

【 0 2 2 9 】

この処理では、制御ユニット 5 0 は、まず、前記 S T E P 3 で取得した搭乗 / 降車用操作子 5 8 の出力に基づいて、該操作子 5 8 の搭乗用操作部 5 8 a が ON 操作 (押し操作) されたか否かを S T E P 1 2 - 1 で判断する。

【 0 2 3 0 】

この判断結果が否定的である場合には、S T E P 1 2 - 2 に進んで、制御ユニット 5 0 は、次の動作モードを現在の動作モード (= 自立モード) に保持する。また、S T E P 1 2 - 1 の判断結果が肯定的である場合 (乗員がこれから車両 1 に搭乗しようとして、搭乗用操作部 5 8 a を ON 操作した場合) には、制御ユニット 5 0 は、次の動作モードを搭乗行為用モードに変更する。

40

【 0 2 3 1 】

次いで、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 2 - 4 において、第 2 ゲイン調整パラメータ K_{r2} の値を “ 0 ” にする (初期化する) 。さらに、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 2 - 5 において、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_x_obj}$, $\theta_{b_y_obj}$ として、自立モード用の設定値 $\theta_{b_x_自立}$ を設定する。これにより図 1 5 の処理が終了する。

50

【 0 2 3 2 】

以上の処理により、STEP 11で判断する今回の動作モードが自立モードに設定されている場合には、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_x_obj}$, $\theta_{b_y_obj}$ として、自立モード用の設定値 $\theta_{b_x_自立}$ が設定される。そして、搭乗 / 降車用操作子 58 の搭乗用操作部 58 a が ON 操作された場合に、次の制御処理周期での動作モードが搭乗行為用モードに変更される。

【 0 2 3 3 】

次に、今回の動作モードが搭乗中モードである場合に対応するSTEP 13の処理は、図16のフローチャートに示すサブルーチン処理により実行される。

【 0 2 3 4 】

この処理では、制御ユニット50は、まず、前記STEP 3で取得した搭乗 / 降車用操作子 58 の出力に基づいて、該操作子 58 の降車用操作部 58 b が ON 操作（押し操作）されたか否かをSTEP 13 - 1で判断する。

【 0 2 3 5 】

この判断結果が否定的である場合には、STEP 13 - 2に進んで、制御ユニット50は、次の動作モードを現在の動作モード（＝搭乗中モード）に保持する。また、STEP 13 - 1の判断結果が肯定的である場合（乗員が車両1から降車しようとして、降車用操作部 58 b を ON 操作した場合）には、制御ユニット50は、次の動作モードを降車行為用モードに変更する。

【 0 2 3 6 】

次いで、制御ユニット50は、STEP 13 - 4において、第2ゲイン調整パラメータ K_{r2} の値を“0”にする（初期化する）。さらに、制御ユニット50は、STEP 13 - 5において、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_x_obj}$, $\theta_{b_y_obj}$ として、搭乗中モード用の設定値 $\theta_{b_x_搭乗中}$ を設定する。これにより、図16の処理が終了する。

【 0 2 3 7 】

以上の処理により、STEP 11で判断する今回の動作モードが搭乗中モードに設定されている場合には、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_x_obj}$, $\theta_{b_y_obj}$ として、搭乗中モード用の設定値 $\theta_{b_x_搭乗中}$ が設定される。そして、搭乗 / 降車用操作子 58 の降車用操作部 58 b が ON 操作された場合に、次の制御処理周期での動作モードが降車行為用モードに変更される。

【 0 2 3 8 】

次に、今回の動作モードが搭乗行為用モードである場合に対応するSTEP 14の処理は、図17及び図18のフローチャートに示すサブルーチン処理により実行される。

【 0 2 3 9 】

この処理では、制御ユニット50は、まず、前記STEP 3で取得した搭乗 / 降車用操作子 58 の出力に基づいて、該操作子 58 の降車用操作部 58 b が ON 操作（押し操作）されたか否かをSTEP 13 - 1で判断する。そして、この判断結果が肯定的である場合には、制御ユニット50は、図18の処理を実行する。

【 0 2 4 0 】

具体的には、制御ユニット50は、前回の動作モードが搭乗行為用モードであるか否かをSTEP 14 - 20で判断する。

【 0 2 4 1 】

この判断結果が否定的となる場合は、前回の動作モードが自立モードであり、その自立モードにおいて乗員が誤って搭乗 / 降車用操作子 58 の搭乗用操作部 58 a を操作してしまったような状況である。この場合には、制御ユニット50は、STEP 14 - 21において、今回の動作モードを強制的に搭乗行為用モードから自立モードに変更する。

【 0 2 4 2 】

そして、制御ユニット50は、STEP 14 - 22 , 14 - 23 , 14 - 24 で、それぞれ、第2ゲイン調整パラメータ K_{r2} の値を“0”にすることと、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ として、自立モード用の設定値 $\theta_{b_xy_自立}$ を設定することと、次の動作モー

10

20

30

40

50

ドを自立モードにすることとを実行する。

【0243】

また、STEP 14 - 20の判断結果が肯定的となる場合は、搭乗行為用モードの途中で乗員が搭乗行為を中止して、降車しようとする状況である。この場合には、制御ユニット50は、STEP 14 - 26, 14 - 27, 14 - 28で、それぞれ、第2ゲイン調整パラメータKr2の値を前回値に保持することと、基体傾斜角度基本値 $\theta_{b_xy_obj}$ を前回値に保持することと、次の動作モードを降車行為用モードにすることとを実行する。なお、この場合には、今回の動作モードは、搭乗行為用モードに保持される。

【0244】

上記の如くSTEP 14 - 24又はSTEP 14 - 28の処理を実行した後、制御ユニット50は、次にSTEP 14 - 25において、後述するフラグFlagの値を“0”にする。これにより、図17及び図18の処理が終了する。

【0245】

図17の説明に戻って、STEP 14 - 1の判断結果が否定的である場合には、制御ユニット50は、次に、前記STEP 3で取得した荷重センサ54R, 54Lの出力に基づいて、左右の両ステップ3R, 3LがON状態であるか否かをSTEP 14 - 2で判断する。

【0246】

なお、右側のステップ3RがON状態であるということは、本実施形態では、該ステップ3Rの荷重センサ54Rの出力が示す荷重検出値が所定値を超えている状態を意味し、この状態は、換言すれば、該ステップ3Rに乗員の足が載せられている状態である。そして、ステップ3RがOFF状態であるということは、ステップ3Rに実質的に足が載せられていない(乗員の体重がステップ3Rにかかっていない)状態を意味する。このことは、左側のステップ3LのON状態、OFF状態についても同様である。

【0247】

STEP 14 - 2の判断結果が否定的である場合は、搭乗行為用モードでの実際の搭乗行為を乗員がこれから開始しようとする状況で、ステップ3R, 3Lのいずれにも未だ、乗員の足が載せられていない状況であるか、又は、実際の搭乗行為の途中で、乗員がその一方の足をステップ3R又は3Lに載せた状況である。

【0248】

この場合には、制御ユニット50は、両ステップ3R, 3LがOFF状態であるか否か、すなわち、ステップ3R, 3Lのいずれにも未だ、乗員の足が載せられていない状況であるかをSTEP 14 - 3で判断する。

【0249】

そして、この判断結果が肯定的である場合には、制御ユニット50は、STEP 14 - 13において、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ を調整するための重み係数Wthの値を“0”にすると共に、第2ゲイン調整パラメータKr2の値を“1”にする。さらに制御ユニット50は、STEP 14 - 14において、後述するフラグFlagの値を“0”にする。なお、本実施形態では、重み係数Wthは、搭乗行為用モード又は降車行為用モードにおいて、“-1”から“1”までの範囲内で可変的に決定される値である。

【0250】

次いで、制御ユニット50は、STEP 14 - 11において、次の動作モードを現在の動作モード(=搭乗行為用モード)に保持する。さらに、制御ユニット50は、STEP 14 - 12において、重み係数Wthに応じて基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ を決定し、図17の処理を終了する。なお、STEP 14 - 12の処理の詳細は後述する。

【0251】

前記STEP 14 - 3の判断結果が否定的である場合は、搭乗行為の開始時又はその直後において、ステップ3R, 3Lのうちのいずれか一方に、乗員がその一方の足を載せている状態である。この場合には、制御ユニット50は、前回の動作モードが搭乗行為用モードであるか否かをSTEP 14 - 4で判断する。

10

20

30

40

50

【 0 2 5 2 】

この判断結果が否定的となる場合は、前記の動作モードが自立モードである場合であり、自立モードから搭乗行為用モードに移行して即座に、ステップ 3 R , 3 L のうちのいずれか一方に、乗員がその一方の足を最初に載せた状況である。この場合には、制御ユニット 5 0 は、次に右側のステップ 3 R が ON 状態であるか否か、すなわち、ステップ 3 R , 3 L のうちの右側のステップ 3 R のみに乗員の足（右足）が載せられているか否かを S T E P 1 4 - 6 で判断する。そして、この判断結果が肯定的である場合には、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 4 - 7 で重み係数 Wth の値を “ 1 ” とする。また、S T E P 1 4 - 6 の判断結果が否定的である場合（左側のステップ 3 L のみに乗員の足（左足）が載せられている場合）には、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 4 - 7 で重み係数 Wth の値を “ - 1 ” とする。

10

【 0 2 5 3 】

ここで、補足すると、本実施形態の車両 1 では、搭乗行為において、乗員は、基本的には、まず、その片足をステップ 3 R , 3 L の一方 3 R 又は 3 L に載せ、この状態で、他方の足を素早く離床させて他方のステップ 3 L 又は 3 R に載せる。この時、例えば、乗員の右足をステップ 3 R の載せた状態で、基体 9 が乗員の右側に傾いていると、左足を離床させた瞬間に、ステップ 3 R が乗員から受ける荷重によって基体 9 がさらに右傾して、円滑な搭乗が困難となる。このため、乗員の右足をステップ 3 R の載せた状態から車両 1 に搭乗する場合には、乗員は、基本的には、まず、右足をステップ 3 R に載せたまま基体 9 を左側にある程度傾ける。そして、乗員は、この状態で、左足を離床させて該左足をステップ 3 L に載せる。このような搭乗行為は、乗員がその左足をステップ 3 L に載せた状態から車両 1 に搭乗する場合も同様である。

20

【 0 2 5 4 】

なお、降車行為においても、上記と同様の理由によって、乗員がステップ 3 R 又は 3 L に一方の足を載せたまま、他方の足をステップ 3 L 又は 3 R から離脱させる際には、その離脱させる足と同じ側に、基体 9 を傾けることが望ましい。

【 0 2 5 5 】

このようなことから、本実施形態では、制御ユニット 5 0 は、搭乗行為中、又は降車行為中において、X 軸周り方向での基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_y_obj}$ として、基体 9 を搭乗中モードでの基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_y_obj}$ (= $\theta_{b_y_搭乗中}$) に対応する姿勢よりも、乗員の右側及び左側のいずれか一方側に傾けた姿勢での角度値を設定する。そして、本実施形態では、基体 9 を左側に傾ける場合における上記重み係数 Wth の極性を正極性、基体 9 を右側に傾ける場合における上記重み係数 Wth の極性を負極性としている。

30

【 0 2 5 6 】

従って、S T E P 1 4 - 6 の判断結果が肯定的である場合（右側のステップ 3 R のみに乗員の足（右足）が載せられている場合）には、基体 9 を左側に傾けるべく、重み係数 Wth が S T E P 1 4 - 7 において、正極性の値に決定される。また、S T E P 1 4 - 6 の判断結果が否定的である場合（左側のステップ 3 L のみに乗員の足（右足）が載せられている場合）には、基体 9 を右側に傾けるべく、重み係数 Wth が S T E P 1 4 - 8 において、負極性に決定される。

40

【 0 2 5 7 】

補足すると、本実施形態の構造の車両 1 では、ステップ 3 R , 3 L の並列方向が水平方向となるような基体 9 の姿勢から、該基体 9 を左側に傾けることによって、右側ステップ 3 R（より詳しくはステップ 3 R の右足との接触部位）と、車輪体 5 の接地部（X 軸周りでの足載せ部 3 及び基体 9 の傾動中心）との水平距離（X 軸方向での距離）が、ステップ 3 R , 3 L の並列方向が水平方向となる状態での当該水平距離よりも小さくなる。また、ステップ 3 R , 3 L の並列方向が水平方向となるような基体 9 の姿勢から、該基体 9 を右側に傾けることによって、左側ステップ 3 L（より詳しくはステップ 3 L の左足との接触部位）と、車輪体 5 の接地部（X 軸周りでの足載せ部 3 及び基体 9 の傾動中心）との水平距離（X 軸方向での距離）が、ステップ 3 R , 3 L の並列方向が水平方向となる状態での

50

当該水平距離よりも小さくなる。

【 0 2 5 8 】

このように S T E P 1 4 - 7 又は 1 4 - 8 において、重み係数 W_{th} を決定した後、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 4 - 9 において、第 2 ゲイン調整パラメータ K_{r2} の値を “ 1 ” に設定する。さらに、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 4 - 1 0 において、フラグ $Flag$ の値を “ 0 ” にした後、前記 S T E P 1 4 - 1 1 , 1 4 - 1 2 の処理を実行し、図 7 の処理を終了する。

【 0 2 5 9 】

前記 S T E P 1 4 - 4 の判断結果が肯定的である場合は、搭乗行為用モードの開始後、今回の制御処理周期の前の各制御処理周期において、S T E P 1 4 - 1 , 1 4 - 2 , 1 3 - 3 の判断結果が否定的、否定的、肯定的となっていた場合、あるいは、搭乗行為用モードの開始後、今回の制御処理周期の前のいずれか 1 つ以上の制御処理周期で、S T E P 1 4 - 2 の判断結果が一旦、肯定的になって、後述する S T E P 1 4 - 1 6 , 1 4 - 1 7 の処理を既に実行した場合である。

【 0 2 6 0 】

この場合には、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 4 - 5 において、フラグ $Flag$ の値が “ 1 ” であるか否かを判断する。このフラグ $Flag$ は、S T E P 1 4 - 1 6 , 1 4 - 1 7 の処理を既に実行したか否かを、それぞれ、値 “ 1 ” 、 “ 0 ” で示すフラグである。そして、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 4 - 5 において、 $Flag = 0$ である場合には（この状況は、搭乗行為用モードの開始後、未だ、S T E P 1 4 - 2 の判断結果が肯定的になっていない場合で、乗員が片足をステップ 3 R 又は 3 L に載せている状況である）、前記した S T E P 1 4 - 6 からの処理を実行し、図 1 7 の処理を終了する。

【 0 2 6 1 】

また、S T E P 1 4 - 5 で $Flag = 1$ である場合には、制御ユニット 5 0 は、後述する S T E P 1 4 - 1 6 からの処理を実行する。

【 0 2 6 2 】

搭乗行為においては、乗員は、最終的に、その両足をステップ 3 R , 3 L に載せる。この時、前記 S T E P 1 4 - 2 の判断結果が肯定的になる。

【 0 2 6 3 】

この場合には、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 4 - 1 5 からの処理を実行する。すなわち、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 4 - 1 5 において、フラグ $Flag$ の値を “ 1 ” にセットする。次いで、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 4 - 1 6 , 1 4 - 1 7 の処理を実行し、第 2 ゲイン調整パラメータ K_{r2} の今回値と重み係数 W_{th} の今回値とを前回値から変化させる。

【 0 2 6 4 】

具体的には、制御ユニット 5 0 は、S T E P 1 4 - 1 6 において、 K_{r2} の今回値を、前回値よりもあらかじめ定められた所定値 Δk_{r1} ($0 < \Delta k_{r1} < 1$) だけ “ 0 ” に近づけた値 ($= K_{r2}$ の前回値 - Δk_{r1}) に決定する。なお、この場合、 K_{r2} の前回値 - $\Delta k_{r1} < 0$ となる場合には、 K_{r2} の今回値は “ 0 ” に設定される。

【 0 2 6 5 】

また、S T E P 1 4 - 1 7 においては、制御ユニット 5 0 は、 W_{th} の今回値を、前回値よりもあらかじめ定められた所定値 Δw_1 ($0 < \Delta w_1 < 1$) だけ “ 0 ” に近づけた値に決定される。より詳しくは、 W_{th} の前回値 0 である場合には、 W_{th} の今回値は、 W_{th} の前回値から Δw_1 を減算した値（ただし、 W_{th} の前回値 - $\Delta w_1 < 0$ となる場合には、“ 0 ”）に決定される。また、 W_{th} の前回値 < 0 である場合には、 W_{th} の今回値は、 W_{th} の前回値に Δw_1 を加算した値（ただし、 W_{th} の前回値 + $\Delta w_1 < 0$ となる場合には、“ 0 ”）に決定される。

【 0 2 6 6 】

なお、 Δk_{r1} 、 Δw_1 はそれぞれ、 K_{r2} 、 W_{th} の変化速度（1 制御処理周期毎の変化量）を規定する値としての意味を持つ。これらの Δk_{r1} 、 Δw_1 は同じ値である必要ななく、互

10

20

30

40

50

いに異なる値に（例えば、 $\Delta k_{r1} < \Delta w_1$ となるように）設定されていてもよい。

【0267】

補足すると、乗員がその両足をステップ3R、3Lに載せた後であっても、基体9の姿勢のバランスを採るため等の理由で、乗員の片足がステップ3R又は3Lから一時的に離脱する場合もある。このような場合に、前記STEP14-5の判断結果が肯定的になり、上記STEP14-16、14-17の処理が実行されることとなる。

【0268】

上記の如くSTEP14-16、14-17の処理を実行した後、次に、制御ユニット50は、上記の如く決定したWthの今回値とKr2の今回値とがいずれも“0”であるか否かをSTEP14-18で判断する。そして、この判断結果が否定的である場合には、制御ユニット50は、前記したSTEP14-11からの処理を実行し、図17の処理を終了する。また、STEP14-18の判断結果が肯定的である場合には、制御ユニット50は、STEP14-19において、次の動作モードを搭乗行為用モードから搭乗中モードに変更する。そして、STEP14-12において、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ を決定する。

【0269】

本実施形態では、上記STEP14-12では、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ は、次式11x、11yにより決定される。

【0270】

$$\begin{aligned}\theta_{b_x_obj} &= (1 - |Wth|) \cdot \theta_{b_x_搭乗中} \\ &\quad + |Wth| \cdot \theta_{b_x_乗降} \quad \dots \dots \text{式 11 x} \\ \theta_{b_y_obj} &= (1 - |Wth|) \cdot \theta_{b_y_搭乗中} \\ &\quad + |Wth| \cdot (\text{sgn}(Wth) \cdot \theta_{b_y_乗降}) \quad \dots \dots \text{式 11 y}\end{aligned}$$

なお、 $\text{sgn}(Wth)$ は、Wthの符号関数であり、 $Wth > 0$ である場合に、 $\text{sgn}(Wth) = +1$ 、 $Wth < 0$ である場合に、 $\text{sgn}(Wth) = -1$ 、 $Wth = 0$ である場合に $\text{sgn}(Wth) = 0$ となる。従って、式11yの右辺の第2項に関しては、 $|Wth| \cdot (\text{sgn}(Wth) \cdot \theta_{b_y_乗降}) = Wth \cdot \theta_{b_y_乗降}$ である。

【0271】

ここで、式11xにおける $\theta_{b_x_乗降}$ と式11yにおける $\text{sgn}(Wth) \cdot \theta_{b_y_乗降}$ とは、搭乗行為及び降車行為に適した基体9の傾斜角度としてあらかじめ設定された所定値の傾斜角度である。この場合、本実施形態では、Y軸周り方向での $\theta_{b_x_乗降}$ は、Wthの極性が正極性である場合と負極性である場合とで同じ値に設定されている。

【0272】

一方、X軸周り方向での $\theta_{b_y_乗降}$ は、Wthの極性が正極性である場合（ $\text{sgn}(Wth) = +1$ となる場合）に、搭乗行為及び降車行為に適したX軸周り方向の基体9の傾斜角度として設定されている。この場合、 $\theta_{b_y_乗降}$ は、基体9が左側に傾く傾斜角度であり、 $\theta_{b_y_乗降} \neq \theta_{b_y_搭乗中}$ である。そして、本実施形態では、 $\theta_{b_y_乗降}$ の符号を反転させた角度（ $= -\theta_{b_y_乗降}$ ）、すなわち、 $\theta_{b_y_乗降}$ と同じ大きさだけ、基体9が右側に傾く傾斜角度が、Wthの極性が負極性である場合（ $\text{sgn}(Wth) = -1$ となる場合）に、搭乗行為及び降車行為に適したX軸周り方向の基体9の傾斜角度として設定されている。

【0273】

従って、STEP14-12では、Y軸周り方向の基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_x_obj}$ は、 $(1 - |Wth|)$ 、 $|Wth|$ を重みとして、 $\theta_{b_x_搭乗中}$ と $\theta_{b_x_乗降}$ との重み付き平均に決定される。この場合、 $Wth = +1$ 又は -1 である場合には、 $\theta_{b_x_obj} = \theta_{b_x_乗降}$ となり、 $Wth = 0$ である場合には、 $\theta_{b_x_obj} = \theta_{b_x_搭乗中}$ である。そして、 $|Wth|$ が“1”から“0”に近づいていくに伴い、 $\theta_{b_x_obj}$ は、 $\theta_{b_x_乗降}$ から $\theta_{b_x_搭乗中}$ に近づいていく。

【0274】

なお、 θb_x 乗降は、例えば、 θb_x 搭乗中に一致していてもよい。この場合には、式 1 1 x により決定される θb_x_obj は、 Wth の値によらずに、常に、 θb_x 搭乗中に一致する。

【0275】

また、搭乗行為用モードにおける X 軸周方向の基体傾斜角度目標値 θb_y_obj は、 θb_x 搭乗中と $(sgn(Wth) \cdot \theta b_y_乗降)$ との重み付き平均に決定される。この場合、 $Wth = +1$ 又は -1 である場合には、 $\theta b_y_obj = +\theta b_y_乗降$ 又は $-\theta b_y_乗降$ となり、 $Wth = 0$ である場合には、 $\theta b_y_obj = \theta b_y_搭乗中$ である。そして、 $|Wth|$ が “1” から “0” に近づいていくに伴い、 θb_y_obj は、 $\theta b_y_乗降$ から $\theta b_y_搭乗中$ に近づいていく。

10

【0276】

補足すると、本実施形態では、 θb_y 乗降りは、実際の基体傾斜角度 θb_y が $+\theta b_y$ 乗降りに一致している状態で、X 軸方向で見たときの右側のステップ 3 R の位置が、車輪体 5 の接地部 (X 軸周りで足載せ部 3 及び基体 9 の傾動中心) の直上位置 (鉛直方向上方の位置) もしくはこれに近い位置になると共に、実際の基体傾斜角度 θb_y が $-\theta b_y$ 乗降りに一致している状態で、X 軸方向で見たときの左側のステップ 3 L の位置が、車輪体 5 の接地部の直上位置もしくはこれに近い位置になるように設定されている。

【0277】

以上が搭乗行為用モードでの STEP 14 の処理の詳細である。

【0278】

以上の処理により STEP 11 で判断する今回の動作モードが搭乗行為用モードに設定されている場合には、基本的には、次のように、第 2 ゲイン調整パラメータ $Kr2$ と基体傾斜角度目標値 θb_xy_obj とが決定される。

20

【0279】

すなわち、乗員が搭乗行為を開始すべくその片足をステップ 3 R 又は 3 L に載せると、第 2 ゲイン調整パラメータ $Kr2$ は、“1” に設定される。この状況では、前記式 09 x , 09 y によりそれぞれ決定される第 i ゲイン係数 Ki_x , Ki_y ($i = 1, 2, 3$) は、それぞれ、 $Ki_b_x (= Gi_x_搭乗行為)$, $Ki_b_y (= Gi_y_搭乗行為)$ となる。従って、 Ki_x , Ki_y のそれぞれの絶対値は、搭乗中モードよりも小さい値となる。

【0280】

さらに、この状況では、重み係数 Wth が “1” 又は “-1” に設定される。このため、前記式 11 x , 11 y により決定される基体傾斜角度目標値 θb_xy_obj のうちの Y 軸周成分 θb_x_obj が θb_x 乗降に設定されると共に、X 軸周成分 θb_y_obj が、左側又は右側に基体 9 が傾斜する角度である $+\theta b_y$ 乗降又は $-\theta b_y$ 乗降に設定される。より詳しくは、乗員の右足がステップ 3 R に載っている場合には、左側傾斜の $+\theta b_y$ 乗降が θb_y_obj として設定され、乗員の左足がステップ 3 L に載っている場合には、右側傾斜の $-\theta b_y$ 乗降が θb_y_obj として設定される。

30

【0281】

なお、 $Kr2$ と θb_xy_obj とは、乗員の片足だけがステップ 3 R 又は 3 L に載せられている状態では、一定に保持される。

40

【0282】

次いで、上記の如く乗員の片足だけがステップ 3 R 又は 3 L に載せられている状態で、乗員が搭乗行為を完了すべく、残りの足 (着床させていた足) をステップ 3 L 又は 3 R に載せると、 $Kr2$ の値は、その後、徐々に “1” から “0” に近づいていくように決定される。なお、 $Kr2$ の値が “0” に到達するまでに要する時間は、前記所定値 $\Delta kr1$ により規定される。

【0283】

この状況では、前記式 09 x により決定される第 i ゲイン係数 Ki_x ($i = 1, 2, 3$) は、 Gi_x 搭乗行為から、その絶対値が徐々に増加しつつ、 Gi_x 搭乗中に近づいていく。同様に、前記式 09 y により決定される第 i ゲイン係数 Ki_y ($i = 1, 2, 3$) は

50

、 G_{i_y} 搭乗行為から、その絶対値が徐々に増加しつつ、 G_{i_y} 搭乗中に近づいていく。この場合、 K_{i_x} 、 K_{i_y} がそれぞれ G_{i_x} 搭乗中、 G_{i_y} 搭乗中に達するまでは、 K_{i_x} 、 K_{i_y} のそれぞれの絶対値は、搭乗中モードよりも小さい値に保たれる。

【0284】

また、この状況では、重み係数 W_{th} が “ 1 ” 又は “ - 1 ” から “ 0 ” に近づいていくように決定される。このため、前記式 11x により決定される Y 軸周り方向の基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_x_obj}$ は、 θ_{b_x} 乗降から搭乗中モード用の設定値 θ_{b_x} 搭乗中に徐々に近づいていくように決定される。さらに、前記式 11y により決定される X 軸周り方向の基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_y_obj}$ は、 $+\theta_{b_y}$ 乗降又は $-\theta_{b_y}$ 乗降から搭乗中モード用の設定値 θ_{b_y} 搭乗中に徐々に近づいていくように決定される。なお、 $\theta_{b_x_obj}$ 、 $\theta_{b_y_obj}$ がそれぞれ θ_{b_x} 搭乗中、 θ_{b_y} 搭乗中に到達するまでの時間は、前記所定値 $\Delta w1$ により規定される。

10

【0285】

補足すると、 θ_{b_x} 乗降 = θ_{b_x} 搭乗中とした場合には、 $\theta_{b_x_obj}$ は変化せず、 θ_{b_x} 搭乗中に保たれる。

【0286】

また、搭乗行為中は、乗員は、基本的には、把持部 15R、15L のうちの少なくともいずれか一方を把持する。

【0287】

次いで、最終的に、 K_{r2} が “ 0 ” まで変化し、且つ、 W_{th} が “ 0 ” まで変化（ひいては $\theta_{b_xy_obj}$ が θ_{b_xy} 搭乗中まで変化）すると、次の制御処理周期での動作モードが搭乗中モードに変更される。従って、乗員が搭乗行為を完了すべく、その両足をステップ 3R、3L に載せても、 K_{r2} が “ 0 ” になり、且つ、 $\theta_{b_xy_obj}$ が θ_{b_xy} 搭乗中になるまでは、動作モードは搭乗行為用モードに維持される。

20

【0288】

なお、搭乗行為用モードの開始後、乗員が未だ、その片足をステップ 3R 又は 3L に載せていない状態（STEP 14 - 3 の判断結果が肯定的になる場合）には、第 2 ゲイン調整パラメータ K_{r2} は、“ 1 ” に設定される。従って、前記式 09x、09y によりそれぞれ決定される第 i ゲイン係数 K_{i_x} 、 K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) は、それぞれ、 $K_{i_b_x}$ ($= G_{i_x}$ 搭乗行為)、 $K_{i_b_y}$ ($= G_{i_y}$ 搭乗行為) となる。一方、この状況では、重み係数 W_{th} は暫定的に “ 0 ” に設定されるので、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ は暫定的に搭乗中モードと同じ値 ($= \theta_{b_xy}$ 搭乗中) に設定される。なお、この状況での基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ を自立モードと同じ値 ($= \theta_{b_xy}$ 自立) に設定してもよい。

30

【0289】

また、搭乗行為用モードで、乗員が搭乗 / 降車用操作子 58 の降車用操作部 58b が ON 操作された場合には、前回の制御処理周期での動作モード（直前の動作モード）が、自立モードである場合には、今回の動作モードが強制的に自立モードに変更され、第 i ゲイン係数 K_{i_x} 、 K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) と、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ とが、それぞれ、自立モードと同じ値に設定される。そして、次の制御処理周期での動作モードが自立モードに変更される。

40

【0290】

また、前回の制御処理周期での動作モード（直前の動作モード）が、自立モードでない場合（搭乗行為用モードである場合）には、 K_{r2} は前回値と同じ値に保持される。ひいては、第 i ゲイン係数 K_{i_x} 、 K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) が前回値と同じ値に保持される。さらに、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ も、前回値と同じ値に保持される。そして、次の制御処理周期での動作モードが降車行為用モードに変更される。

【0291】

次に、今回の動作モードが降車行為用モードである場合の処理である STEP 15 の処理は、図 19 のフローチャートに示すサブルーチン処理により実行される。

【0292】

50

この処理では、制御ユニット50は、まず、前記STEP3で取得した荷重センサ54R, 54Lの出力に基づいて、前記STEP14-2と同じ判断処理をSTEP15-1で実行し、左右の両ステップ3R, 3LがON状態であるか否かを判断する。

【0293】

そして、この判断結果が肯定的である場合、すなわち、乗員の両足が、未だ、ステップ3R, 3Lに載せられており、実質的な降車行為が開始されていない場合には、制御ユニット50は、STEP15-1において、降車行為における重み係数Wthの目標値Wthaimと、第2ゲイン調整パラメータKr2の目標値Kr2aimとをそれぞれ“0”に設定する。そして、制御ユニット50は、後述するSTEP15-7からの処理を実行する。

【0294】

STEP15-1の判断結果が否定的である場合には、制御ユニット50は、前記STEP14-3と同じ判断処理をSTEP15-2で実行し、両ステップ3R, 3LがいずれもOFF状態であるか否かを判断する。

【0295】

この判断結果が肯定的となる場合は、乗員がその両足をステップ3R, 3Lから離脱させ、実質的に降車行為が終了した状態である。この場合には、制御ユニット50は、STEP15-11において、今回の動作モードを搭乗行為用モードから自立モードに強制的に変更する。

【0296】

さらに、制御ユニット50は、前記STEP14-22~14-24と同じ処理をSTEP15-12~15-14で実行し、図19の処理を終了する。すなわち、制御ユニット50は、第2ゲイン調整パラメータKr2の値を“0”にすることと、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ として、自立モード用の設定値 $\theta_{b_xy_自立}$ を設定することと、次回の動作モードを自立モードにすることとを、それぞれ、STEP15-12~15-14で実行する。

【0297】

STEP15-2の判断結果が否定的となる場合は、降車行為の途中の状況（詳しくは、乗員がその片足だけをステップ3R又は3Lに載せている状況）である。この場合には、制御ユニット50は、次に右側のステップ3RがON状態であるか否か、すなわち、ステップ3R, 3Lのうちの右側のステップ3Rのみに乗員の足（右足）が載せられているか否かをSTEP15-3で判断する。そして、この判断結果が肯定的である場合には、制御ユニット50は、STEP15-4で重み係数Wthの目標値Wthaimを“1”とする。また、STEP15-3の判断結果が否定的である場合（左側のステップ3Lのみに乗員の足（左足）が載せられている場合）には、制御ユニット50は、STEP15-5で重み係数Wthの目標値Wthaimを“-1”とする。

【0298】

このように重み係数Wthの目標値Wthaimを決定した後、制御ユニット50は、STEP15-6において、第2ゲイン調整パラメータKr2の目標値Kr2aimを“1”に設定する。

【0299】

以上のようにSTEP15-6の処理を実行した後、あるいは、前記STEP15-10の処理を実行した後、制御ユニット50は、次にSTEP15-7の処理を実行し、第2ゲイン調整パラメータKr2の今回値と、重み係数Wthの今回値とを決定する。

【0300】

具体的には、制御ユニット50は、Kr2の今回値を、前回値よりもあらかじめ定められた所定値 $\Delta kr2$ ($0 < \Delta kr2 < 1$) だけ目標値Kr2aim (= 0 又は 1) に近づけた値に決定する。より詳しくは、Kr2の前回値 Kr2aimである場合には、Kr2の今回値は、Kr2の前回値から $\Delta kr2$ を減算した値（ただし、その減算結果の値がKr2aimよりも小さくなった場合には、Kr2aim）に決定される。また、Kr2の前回値 < Kr2aimである場合には、Kr2の今回値は、Kr2の前回値に $\Delta kr2$ を加算した値（ただし、その加算結果の値がKr2aimよ

10

20

30

40

50

りも大きくなった場合には、 $Kr2aim$) に決定される。

【0301】

また、制御ユニット50は、 Wth の今回値を、前回値よりもあらかじめ定められた所定値 $\Delta w2$ ($0 < \Delta w2 < 1$) だけ目標値 $Wthaim$ ($= 0$ 又は 1 又は -1) に近づけた値に決定される。より詳しくは、 Wth の前回値 $Wthaim$ である場合には、 Wth の今回値は、 Wth の前回値から $\Delta w2$ を減算した値(ただし、その減算結果の値が $Wthaim$ よりも小さくなった場合には、 $Wthaim$) に決定される。また、 Wth の前回値 $< Wthaim$ である場合には、 Wth の今回値は、 Wth の前回値に $\Delta w2$ を加算した値(ただし、その加算結果の値が $Wthaim$ よりも大きくなった場合には、 $Wthaim$) に決定される。

【0302】

なお、 $\Delta kr2$ と $\Delta w2$ とは同じ値である必要はなく、互いに異なる値に設定されていてもよい。また、 $\Delta kr2$ 、 $\Delta w2$ は、それぞれ、搭乗行為用モードでの前記STEP14-16で使用する $\Delta kr1$ 、前記STEP14-17で使用する $\Delta w1$ と同じ値である必要はない。

【0303】

次いで、制御ユニット50は、前記STEP14-12と同じ処理をSTEP15-8で実行することによって、基体傾斜角度目標値 θb_{xy_obj} を決定する。すなわち、重み係数 Wth に応じて、前記式11x、11yによりそれぞれ、 θb_{x_obj} と θb_{y_obj} とを決定する。

【0304】

次いで、制御ユニット50は、STEP15-9において、次の動作モードを現在の動作モード(=降車行為用モード)に保持し、図19の処理を終了する。

【0305】

以上が搭乗行為用モードでのSTEP15の処理の詳細である。

【0306】

以上の処理によりSTEP11で判断する今回の動作モードが降車行為用モードに設定されている場合には、基本的には、次のように、第2ゲイン調整パラメータ $Kr2$ と基体傾斜角度目標値 θb_{xy_obj} とが決定される。

【0307】

すなわち、降車行為用モードの開始後、乗員がその両足をステップ3R、3Lに載せたままの状態では、第2ゲイン調整パラメータ $Kr2$ の目標値 $Kr2aim$ が“0”に設定されると共に、重み係数 Wth の目標値 $Wthaim$ が“0”に設定される。

【0308】

この状況では、 $Kr2$ は基本的には、“0”に保持される。このため、前記式09x、09yによりそれぞれ決定される第 i ゲイン係数 Ki_x 、 Ki_y ($i = 1, 2, 3$) は、それぞれ、搭乗中モードと同じ値(Gi_x 搭乗中、 Gi_y 搭乗中)となる。

【0309】

また、この状況では、 Wth も基本的には、“0”に保持される。このため、前記式11x、11yにより決定される基体傾斜角度目標値 θb_{xy_obj} は、基本的には搭乗中モードと同じ値 θb_{xy} 搭乗中になる。従って、この状況での車両1の制御状態は、実質的に、搭乗中モードと同等である。

【0310】

次いで、乗員が降車行為を開始すべくその片足をステップ3R又は3Lから離脱させると、 $Kr2$ の目標値 $Kr2aim$ が“1”に設定される。そして、 $Kr2$ の値は、 $Kr2aim$ ($= 1$) に近づいていくように決定される。従って、この状況では、前記式09xにより決定される第 i ゲイン係数 Ki_x ($i = 1, 2, 3$) は、その絶対値が徐々に減少しつつ、 Gi_x 降車行為(これは、本実施形態では、 Gi_x 搭乗行為に一致する)に近づいていく。同様に、前記式09yにより決定される第 i ゲイン係数 Ki_y ($i = 1, 2, 3$) は、その絶対値が徐々に減少しつつ、 Gi_y 降車行為(これは、本実施形態では、 Gi_y 搭乗行為に一致する)に徐々に近づいていく。この場合、 Ki_x 、 Ki_y のそれぞれの絶対値は、搭乗中モードよりも小さい値に保たれる。

10

20

30

40

50

【 0 3 1 1 】

なお、この状況での $Kr2$ の変化速度（ 1 制御処理周期当たりの変化量）、ひいては、各第 i ゲイン係数 Ki_x , Ki_y の変化速度は、前記所定値 $\Delta kr2$ により規定される。

【 0 3 1 2 】

また、この状況では、 Wth の目標値 $Wthaim$ が “ + 1 ” 又は “ - 1 ” に設定される。そして、 Wth の値は、 $Wthaim$ (“ + 1 ” 又は “ - 1 ”) に近づいていくように決定される。このため、前記式 1 1 x により決定される Y 軸周り方向の基体傾斜角度目標値 θb_x_obj は、 θb_x 乗降に徐々に近づいていくように決定される。さらに、前記式 1 1 y により決定される X 軸周り方向の基体傾斜角度目標値 θb_y_obj は、+ θb_y 乗降又は - θb_y 乗降に徐々に近づいていくように決定される。より詳しくは、乗員の右足がステップ 3 R に載っている場合には、左側傾斜の + θb_y 乗降に近づいていくように θb_y_obj が設定され、乗員の左足がステップ 3 L に載っている場合には、右側傾斜の - θb_y 乗降に近づいていくように θb_y_obj が設定される。なお、 θb_x_obj , θb_y_obj がそれぞれの変化速度（ 1 制御処理周期当たりの変化量）は、前記所定値 $\Delta w2$ により規定される。

【 0 3 1 3 】

補足すると、 θb_x 乗降 = θb_x 搭乗中とした場合には、 θb_x_obj は変化せず、 θb_x 搭乗中に保たれる。

【 0 3 1 4 】

次いで、乗員が降車行為を完了すべく、ステップ 3 R 又は 3 L に載せていた片足を該ステップ 3 R 又は 3 L から離脱させると、今回の動作モードが強制的に自立モードに変更され、第 i ゲイン係数 Ki_x , Ki_y ($i = 1, 2, 3$) と、基体傾斜角度目標値 θb_xy_obj とが、それぞれ、自立モードと同じ値に設定される。そして、次の制御処理周期での動作モードが自立モードに変更される。

【 0 3 1 5 】

なお、本実施形態では、降車行為用モードでは、例えば搭乗 / 降車用操作子 5 8 の搭乗用操作部 5 8 a が ON 操作されても、それに応じた処理が行われることはない。このため、本実施形態では、降車行為用モードでは、乗員がその両足をステップ 3 R , 3 L から離脱させて、実質的な降車行為を完了しない限り（STEP 1 5 - 2 の判断結果が肯定的にならない限り）、次の制御処理周期での動作モードが降車行為用モードから自立モードに変更されないようになっている。

【 0 3 1 6 】

補足すると、降車行為中は、搭乗行為中と同様に、乗員は、基本的には、把持部 1 5 R , 1 5 L のうちの少なくともいずれか一方を把持する。

【 0 3 1 7 】

以上が、STEP 4 の処理の詳細である。

【 0 3 1 8 】

次に、本実施形態の車両 1 の作動に関して説明する。

【 0 3 1 9 】

まず、車両 1 の動作モードが前記搭乗中モード又は自立モードである場合の作動を説明する。

【 0 3 2 0 】

前記搭乗モード及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、基体 9 の姿勢が、前記基体傾斜角度偏差計測値 θbe_x_s , θbe_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）に保たれるように、換言すれば、車両系重心点（車両・乗員全体重心点又は車両単体重心点）の位置が、車輪体 5 の接地面のほぼ真上に位置する状態に保たれるように、操作量（制御入力）としての仮想車輪回転角加速度指令 $\omega dotw_xy_cmd$ が決定される。より詳しく言えば、基体 9 の姿勢を前記基本姿勢に保ちつつ、車両系重心点の移動速度の推定値としての重心速度推定値 $V b_xy_s$ を制御用目標重心速度 $V b_xy_mdfd$ に収束させるように、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega dotw_xy_cmd$ が決定される。なお、制御用目標重心速度 $V b_xy_mdfd$ は、前記した如く、通常は “ 0 ” である。この場

合には、基体 9 の姿勢を前記基本姿勢に保ちつつ、車両系重心点がほぼ静止するように、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega \dot{w}_{xy_cmd}$ が決定されることとなる。

【 0 3 2 1 】

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 ωw_{xy_cmd} を変換してなる電動モータ 3 1 R , 3 1 L のそれぞれの回転角速度が、電動モータ 3 1 R , 3 1 L 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 3 1 R , 3 1 L の回転速度が制御される。ひいては車輪体 5 の X 軸方向及び Y 軸方向のそれぞれの移動速度が、 ωw_{x_cmd} に対応する仮想車輪 6 2_x の移動速度と、 ωw_{y_cmd} に対応する仮想車輪 6 2_y の移動速度とに各々一致するように制御される。

10

【 0 3 2 2 】

このため、例えば、Y 軸周り方向で、実際の基体傾斜角度 θb_x が目標値 θb_{x_obj} から前傾側にずれると、そのずれを解消すべく (θbe_{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 θb_x が目標値 θb_{x_obj} から後傾側にずれると、そのずれを解消すべく (θbe_{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。

【 0 3 2 3 】

また、例えば、X 軸周り方向で、実際の基体傾斜角度 θb_y が目標値 θb_{y_obj} から右傾側にずれると、そのずれを解消すべく (θbe_{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 θb_y が目標値 θb_{y_obj} から左傾側にずれると、そのずれを解消すべく (θbe_{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。

20

【 0 3 2 4 】

さらに、実際の基体傾斜角度 θb_x , θb_y の両方が、それぞれ目標値 θb_{x_obj} , θb_{y_obj} からずれると、 θb_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、 θb_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 軸方向及び Y 軸方向の合成方向 (X 軸方向及び 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。

【 0 3 2 5 】

このようにして、基体 9 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、例えば前記搭乗中モードにおいて、乗員が意図的にその上体を傾けると、その傾けた側に、車輪体 5 が移動することとなる。

30

【 0 3 2 6 】

なお、基体 9 の姿勢が基本姿勢に収束すると、車輪体 5 の移動もほぼ停止する。また、例えば、基体 9 の Y 軸周り方向の傾斜角度 θb_x を基本姿勢から傾いた一定の角度に維持すると、車輪体 5 の X 軸方向の移動速度は、その角度に対応する一定の移動速度 (制御用目標重心速度 $V b_{x_mdfd}$ と一定の定常偏差を有する移動速度) に収束する。このことは、基体 9 の X 軸周り方向の傾斜角度 θb_y を基本姿勢から傾いた一定の角度に維持した場合も同様である。

【 0 3 2 7 】

また、例えば基体 9 の前記基本姿勢からの傾き量 (基体傾斜角度偏差計測値 θbe_{x_s} , θbe_{y_s}) が比較的大きくなり、それを解消し、もしくはその傾き量を維持するために必要な車輪体 5 の X 軸方向及び Y 軸方向の一方又は両方の移動速度 (これらの移動速度は、それぞれ、図 1 2 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、電動モータ 3 1 R , 3 1 L の一方又は両方の回転角速度を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、 $V w_{x_lim2} - V b_{x_prd}$ 及び $V w_{y_lim2} - V b_{y_prd}$) 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

40

50

のため、基体 9 の前記基本姿勢からの傾き量が過大になるのを予防し、ひいては、電動モータ 3 1 R , 3 1 L の一方又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。

【 0 3 2 8 】

さらに、前記ゲイン調整部 7 8 では、重心速度推定値 $V_{b_x_s}$, $V_{b_y_s}$ の一方又は両方が大きくなり、ひいては、基体 9 の前記基本姿勢からの傾きを解消し、もしくはその傾き量を維持するために必要な車輪体 5 の X 軸方向及び Y 軸方向の一方又は両方の移動速度が、電動モータ 3 1 R , 3 1 L の一方又は両方の回転角速度を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恐れがある状況では、その逸脱が顕著になるほど（詳しくは、図 1 0 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} の一方又は両方が “ 0 ” から “ 1 ” に近づけられる。

10

【 0 3 2 9 】

この場合、前記式 0 9 x により算出される各第 i ゲイン係数 K_{i_x} ($i = 1, 2, 3$) の絶対値は、 K_{r_x} が “ 1 ” に近づくほど、大きくなる。このことは、前記式 0 9 y 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。

【 0 3 3 0 】

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 の傾き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。従って、基体 9 の基本姿勢からの傾き量が大きくなろうとすると、それ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。従って、基体 9 が基本姿勢から大きく傾くことが強めに抑制され、ひいては、車輪体 5 の X 軸方向及び Y 軸方向の一方又は両方の移動速度が、電動モータ 3 1 R , 3 1 L の一方又は両方の回転角速度を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。

20

【 0 3 3 1 】

次に、車両 1 の動作モードが前記搭乗行為用モード又は降車行為用モードである場合の作動を説明する。

【 0 3 3 2 】

搭乗行為用モードと降車行為用モードとにおいて、基本的には、乗員がその片足だけをステップ 3 R 又は 3 L に載せている状況では、前記式 0 7 x , 0 7 y で使用する第 i ゲイン係数 K_{i_x} , K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) がいずれも、その絶対値が搭乗中モードよりも小さい値になるように設定される。

30

【 0 3 3 3 】

この状況では、基体 9 及び足載せ部 3（搭乗部）の実際の傾斜角度が変化しても、車輪体 5 の移動動作を制御するための制御用操作量である仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{dotw_x_y_cmd}$ の変化は搭乗中モードに比して微小なものとなる。ひいては、基体 3 及び足載せ部 3 の実際の傾斜角度の変化に対する、車輪体 5 の移動加速度の変化の感度が搭乗中モードよりも小さくなる。このため、基体 9 及び足載せ部 3 を基本姿勢から傾けた状態であっても、車輪体 5 の移動が生じないか、もしくは、生じ難い状態となる。

【 0 3 3 4 】

従って、搭乗行為用モードと降車行為用モードとにおいて、乗員がその片足だけをステップ 3 R 又は 3 L に載せている状況では、車輪体 5 が動かないか、もしくは動き難い状態を保ちつつ、基体 9 及び足載せ部 3 を搭乗行為又は降車行為に適した姿勢に傾けることが容易になる。

40

【 0 3 3 5 】

加えて、本実施形態では、乗員が右側のステップ 3 R に片足を載せた状態では、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_y_obj}$ が、基体 9 が左側に傾く角度（搭乗行為用モードでは、 $+\theta_{b_y_乗降り}$ 、降車行為用モードでは、 $\theta_{b_y_搭乗中}$ よりも $+\theta_{b_y_乗降り}$ 側に傾けた角度）に設定される。換言すれば、この状態では、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_y_obj}$ が、X 軸方向で見たときに、右側のステップ 3 R が車輪体 5 の接地部の直上位置により近づくような角度に設定される。また、乗員が左側のステップ 3 L に片足を載せた状態では、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_y_obj}$ が、基体 9 が右側に傾く角度（搭乗行為用モードでは、 $-\theta_{b_y_乗降り}$ 、

50

降車行為用モードでは、 θ_{b_y} 搭乗中よりも $-\theta_{b_y}$ 乗降側に傾けた角度) に設定される。換言すれば、この状態では、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_y_obj}$ が、X 軸方向で見たときに、左側のステップ 3 L が車輪体 5 の接地部の直上位置により近づくような角度に設定される。このため、基体 9 及び足載せ部 3 の姿勢を搭乗行為又は降車行為に適した姿勢に保ちやすくなる。

【0336】

この結果、車輪体 5 が動かないか、もしくは動き難い状態を保ちつつ、搭乗行為又は降車行為を行なうことが容易になる。

【0337】

ここで、本実施形態の車両 1 と本発明との対応関係を補足しておく。

10

【0338】

本実施形態では、車両 1 に搭乗する乗員の前後方向 (X 軸方向)、左右方向 (Y 軸方向) が、それぞれ、本発明における第 1 の方向、第 2 の方向に相当する。

【0339】

そして、制御ユニット 50 が実行する図 7 の処理により、本発明における移動動作部制御手段が実現される。なお、前記搭乗行為用モードと降車行為用モードとが本発明における過渡期用モードに相当する。

【0340】

また、搭乗中モード用の基体傾斜角度の設定値 θ_{b_xy} 搭乗中が本発明における第 1 目標傾斜角度に相当し、搭乗行為用モード又は降車行為用モードで使用する基体傾斜角度の設定値 θ_{b_xy} 乗降が、本発明における過渡期用目標傾斜角度に相当する。

20

【0341】

また、荷重センサ 54 R, 54 L が本発明における足載せ検知手段手段に相当し、搭乗 / 降車用操作子 58 が本発明における操作子に相当する。

【0342】

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。

【0343】

前記実施形態では、 $|G_{i_x}|$ 搭乗行為 $< |G_{i_x}|$ 搭乗中 A、 $|G_{i_y}|$ 搭乗行為 $< |G_{i_y}|$ 搭乗中 A とし、搭乗行為用モードと降車行為用モードとにおいて、X 軸方向に関する各第 i ゲイン係数 K_{i_x} ($i = 1, 2, 3$) と、Y 軸方向に関する各第 i ゲイン係数 K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) とが、いずれも、その絶対値が搭乗中モードより小さくなるようにした。

30

【0344】

ただし、例えば、Y 軸方向に関しては、 $|G_{i_y}|$ 搭乗行為 $< |G_{i_y}|$ 搭乗中 A とする一方、X 軸方向に関しては、 G_{i_x} 搭乗行為を G_{i_x} 搭乗中 A に一致もしくはほぼ一致させ、搭乗行為用モードにおいて、X 軸方向に関する各第 i ゲイン係数 K_{i_x} ($i = 1, 2, 3$) が搭乗中モードと一致又はほぼ一致するようにしてもよい。同様に、Y 軸方向に関しては、 $|G_{i_y}|$ 降車行為 $< |G_{i_y}|$ 搭乗中 A とする一方、X 軸方向に関しては、 G_{i_x} 降車行為を G_{i_x} 搭乗中 A に一致もしくはほぼ一致させ、降車行為用モードにおいて、X 軸方向に関する各第 i ゲイン係数 K_{i_x} ($i = 1, 2, 3$) が搭乗中モードと一致又はほぼ一致するようにしてもよい。

40

【0345】

すなわち、本実施形態の如く、足載せ部 3 (ステップ 3 R, 3 L) に搭乗する車両 1 では、搭乗行為や降車行為を行い易くするためには、特に、X 軸周方向で基体 9 及び足載せ部 3 を傾け易いことが好ましく、Y 軸周方向での傾きは一般には、搭乗中モードでの基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_x_obj}$ と同程度でよい。従って、上記の如く、搭乗行為用モード、あるいは、降車行為用モードにおいて、X 軸方向に関する各第 i ゲイン係数 K_{i_x} ($i = 1, 2, 3$) が搭乗中モードと一致又はほぼ一致するようにしてもよい。

【0346】

また、前記実施形態では、搭乗行為用モードと降車行為用モードとにおいて、各第 i ゲ

50

イン係数 K_{i_x} , K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) が、いずれも、その絶対値が搭乗中モードより小さくなるようにしたが、例えば、次のようにしてもよい。すなわち、例えば、搭乗行為用モード又は降車行為用モードにおいて、Y 軸方向でのゲイン係数 K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) に関し、第 3 ゲイン係数 K_{3_y} を搭乗中モードでの値に一致又はほぼ一致させ、第 1 ゲイン係数 K_{1_y} と第 2 ゲイン係数 K_{2_y} とを、その絶対値が搭乗中モードよりも小さくなるようにしてもよい。例えば、搭乗行為用モード又は降車行為用モードでの K_{1_y} 及び K_{2_y} を “0” もしくはこれに近い値に設定してもよい。このようにゲイン係数 K_{i_y} ($i = 1, 2, 3$) を設定することは、搭乗行為用モードにおいては、前記実施形態における $|G_{1_y_搭乗行為}| < |G_{1_y_搭乗中 A}|$ 、 $|G_{2_y_搭乗行為}| < |G_{2_y_搭乗中 A}|$ 、 $|G_{3_y_搭乗行為}| = |G_{3_y_搭乗中 A}|$ となるように $G_{i_y_搭乗行為}$ を設定しておくことによって実現することができる。また、降車行為用モードにおいては、前記実施形態における $G_{1_y_降車行為}$ を $G_{i_y_搭乗行為}$ と同様に設定しておけばよい。

【0347】

このようにすることによって、搭乗行為用モード又降車行為用モードにおいて、基体 9 及び足載せ部 3 の X 軸周りでの傾斜角度の変化に対する車輪体 5 の移動速度の変化の感度を小さくすることができる。

【0348】

なお、基体 9 及び足載せ部 3 の X 軸周りでの傾斜角度の変化に対する車輪体 5 の移動速度の変化の感度をより小さくすることは、基本的には、第 3 ゲイン係数 K_{3_y} の絶対値に対する第 1 ゲイン係数 K_{1_y} の絶対値の比率 $|K_{1_x}| / |K_{3_x}|$ を小さくすることで実現することができる。

【0349】

また、搭乗行為用モード又は降車行為用モードにおいて、X 軸方向でのゲイン係数 K_{i_x} ($i = 1, 2, 3$) に関し、上記と同様に、第 3 ゲイン係数 K_{3_x} を搭乗中モードでの値に一致又はほぼ一致させ、第 1 ゲイン係数 K_{1_x} と第 2 ゲイン係数 K_{2_x} とを、その絶対値が搭乗中モードよりも小さくなるように設定してもよい。このようにすることによって、搭乗行為用モード又は降車行為用モードにおいて、基体 9 及び足載せ部 3 の Y 軸周りでの傾斜角度の変化に対する車輪体 5 の移動速度の変化の感度を小さくすることができる。

【0350】

また、前記実施形態の如くゲイン係数の値を、搭乗行為用モード及び降車行為用モードにおいて、搭乗中モードと異ならせることに代えて、次のようにしてもよい。すなわち、搭乗行為用モード又は降車行為用モードにおいて、少なくとも乗員がその片足のみをステップ 3 R 又は 3 L に載せている状態において、電動モータ 3 1 R, 3 1 L を回転停止状態に維持するように、ひいては、車輪体 5 が移動停止状態に保持されるように該電動モータ 3 1 R, 3 1 L を制御するようにしてもよい。

【0351】

あるいは、例えば搭乗行為用モード又は降車行為用モードにおいて、前記重心速度制限部 7 6 におけるリミット処理部 1 0 0 での各電動モータ 3 1 R, 3 1 L の回転角速度の許容範囲を “0” に設定し、リミット処理部 1 0 0 の出力値が “0” に保持されるようにしてもよい。このようにした場合には、搭乗行為用モード又は降車行為用モードにおいて、基体傾斜角度によらずに、重心速度推定値 $V_{b_x_s}$, $V_{b_y_s}$ が “0” に収束するように車輪体 5 の移動動作が制御される。このため、搭乗行為用モード又は降車行為用モードにおける車輪体 5 の移動速度を “0” に収束させ、基体傾斜角度によらずに、該車輪体 5 が動かないようにすることができる。

【0352】

また、前記実施形態では、前記式 0 7 x、0 7 y により制御用操作量としての仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{dotw_x_cmd}$, $\omega_{dotw_y_cmd}$ を算出するようにしたが、例えば、式 0 7 x、0 7 y の右辺の第 2 項を省略した式によって、 $\omega_{dotw_x_cmd}$, $\omega_{dotw_y_cmd}$ を算出するようにしてもよい。

【0353】

10

20

30

40

50

また、前記実施形態では、図 1 及び図 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。

【0354】

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、前記特許文献 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。

【0355】

さらに移動動作部は、例えば、特許文献 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。

10

【0356】

あるいは、例えば、前記特許文献 2 の図 5、特許文献 3 の図 7、もしくは特許文献 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 軸周り方向及び Y 軸周り方向に回転駆動するように車両を構成してもよい。

【0357】

このように本発明は、前記特許文献 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。

【0358】

20

さらには、本発明における倒立振子型車両は、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。

【0359】

また、移動動作部は、全方向に移動可能である必要はなく、1 方向にのみ移動可能なものであってもよい。この場合、搭乗部（例えば足載せ部）は、1 軸周りでのみ傾動自在に基体に組付けられておればよい。例えば、前記実施形態での車輪体 5 の代わりに、X 軸方向（乗員の前後方向）にのみ移動可能で、且つ、X 軸周り方向での傾動が不能である（又は傾動し難い）移動動作部（例えば、Y 軸方向の軸周りにのみ回転自在な複数の車輪を Y 軸方向に同軸心に並列させてなる移動動作部）を車両 1 に備えてもよい。そして、この場合、運搬対象物体の搭載部を Y 軸方向の軸周りにのみ傾動自在とし、その傾動に応じて移動動作部が X 軸方向に移動するようにしてもよい。

30

【0360】

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。

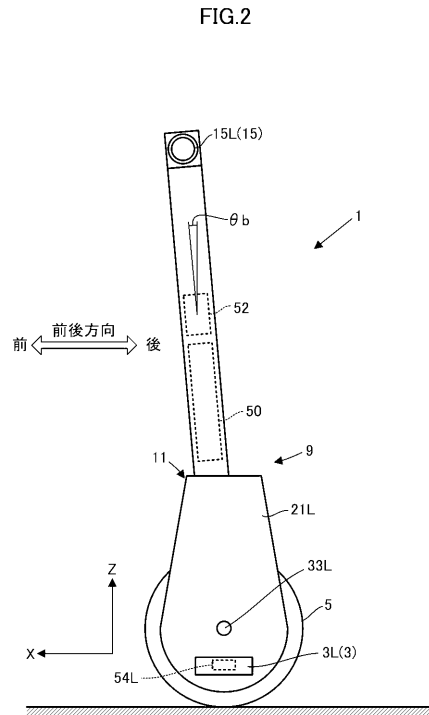
【符号の説明】

【0361】

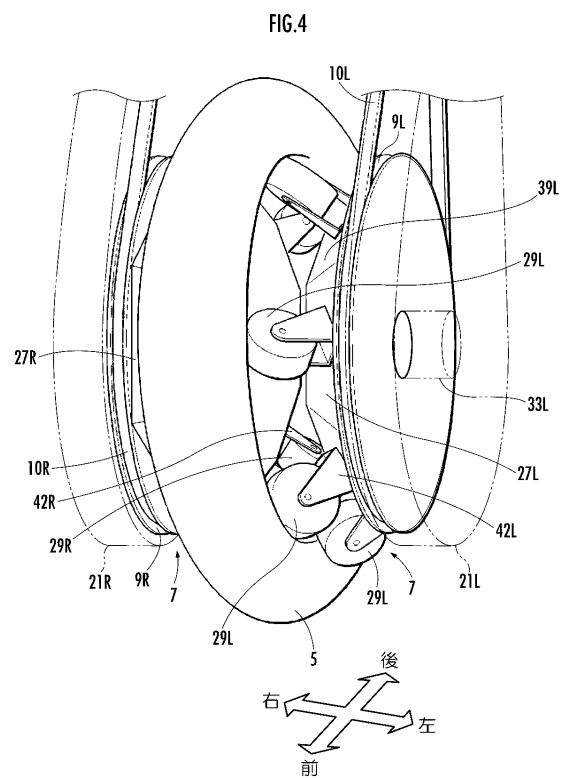
1 ... 倒立振子型車両、3 ... 足載せ部（搭乗部）、5 ... 車輪体（移動動作部）、7 ... アクチュエータ装置、9 ... 基体、50 ... 制御ユニット（移動動作部制御手段）、54R, 54L ... 荷重センサ（足載せ検知手段）。

40

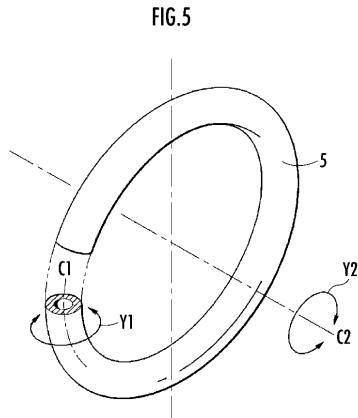
【 図 2 】



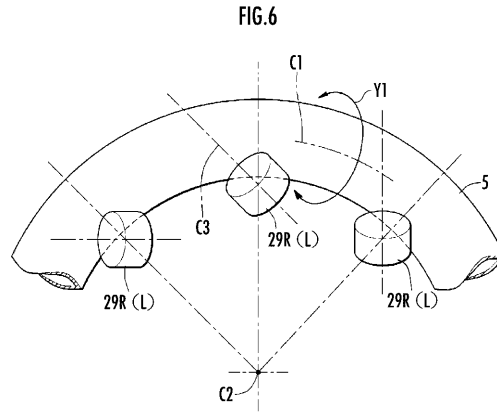
【 図 4 】



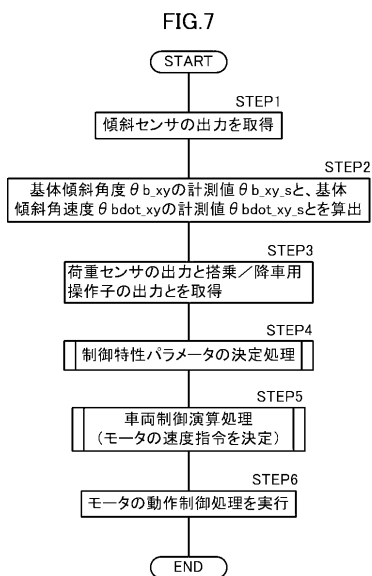
【 図 5 】



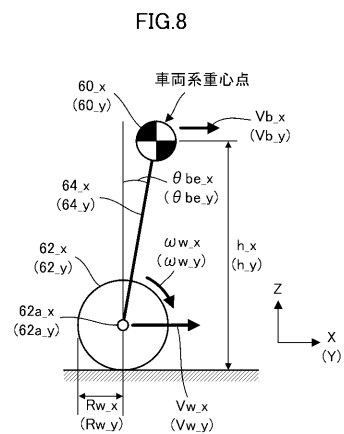
【 図 6 】



【 図 7 】

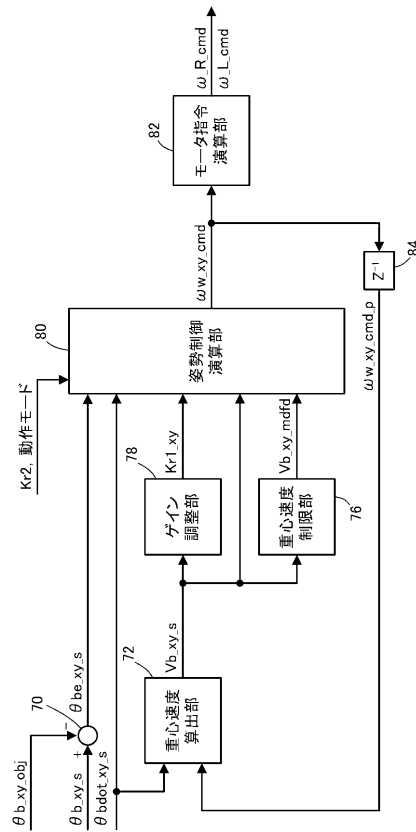


【 図 8 】



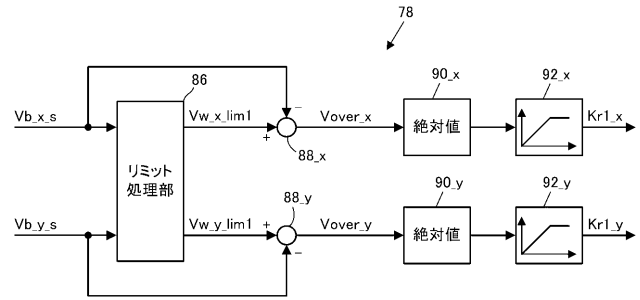
【図 9】

FIG.9



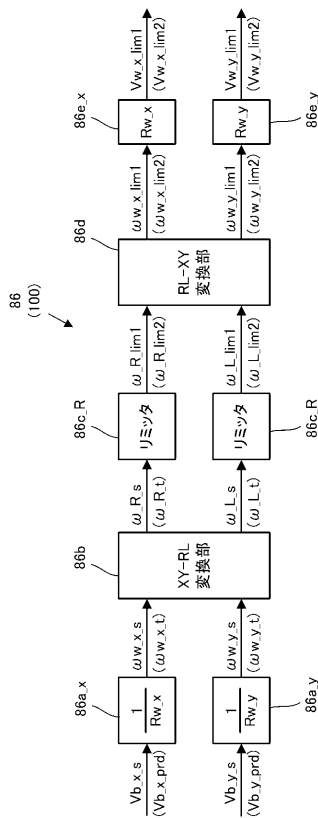
【図 10】

FIG.10



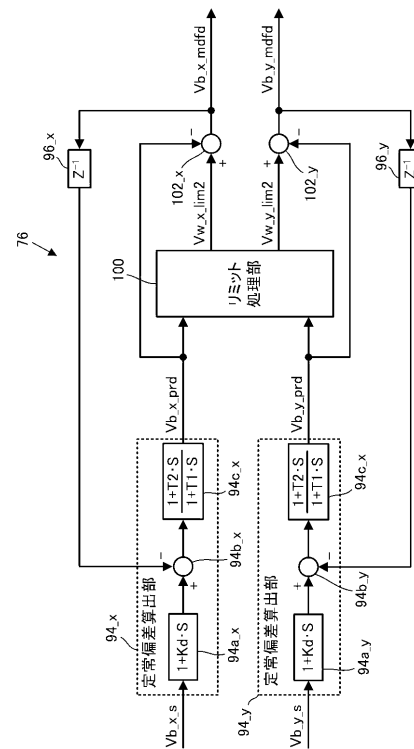
【図 11】

FIG.11

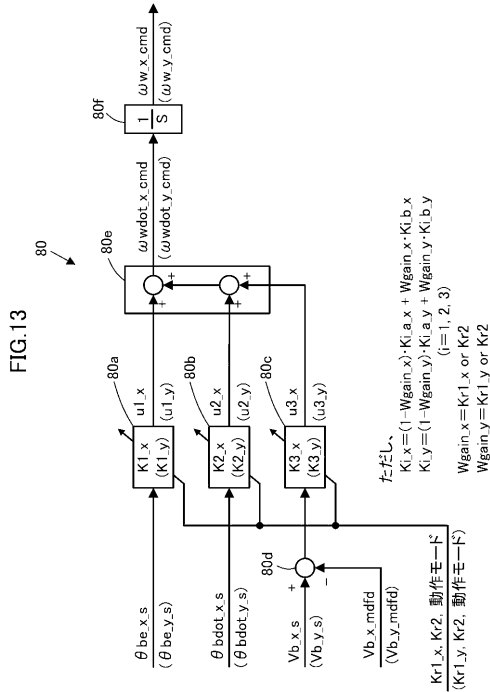


【図 12】

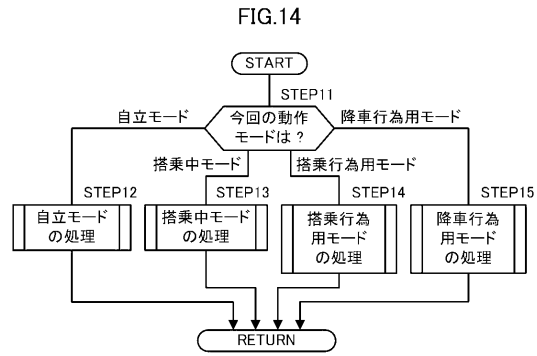
FIG.12



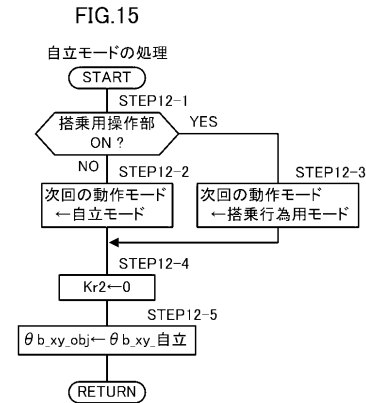
【図 13】



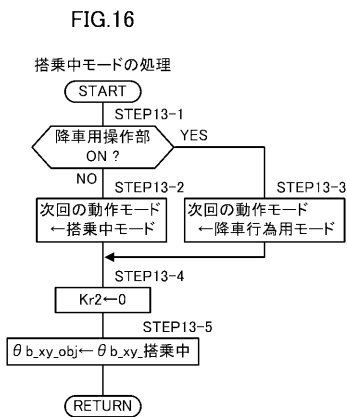
【図 14】



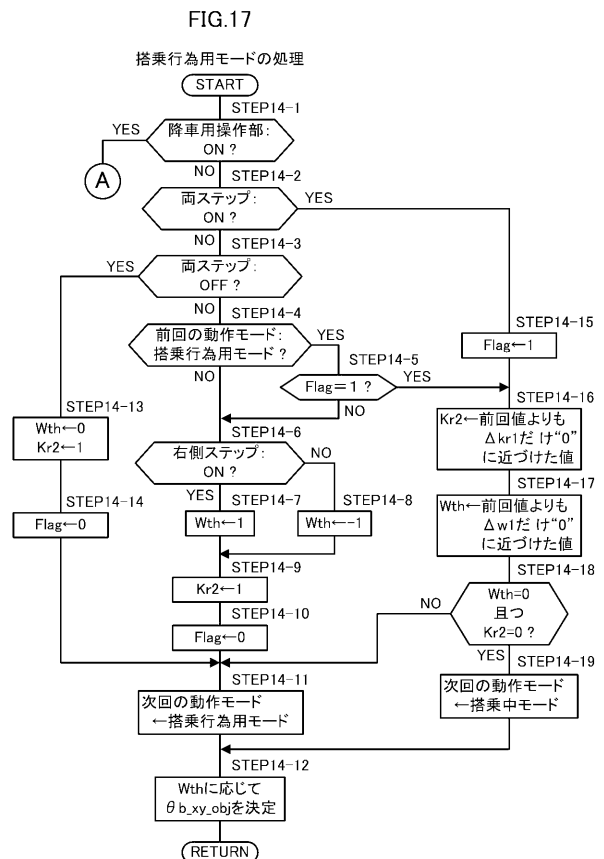
【図 15】



【図 16】



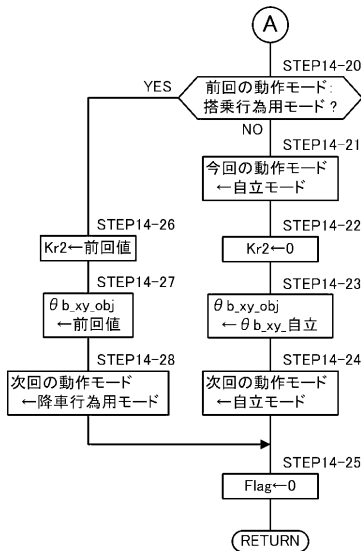
【図 17】



【図 18】

FIG.18

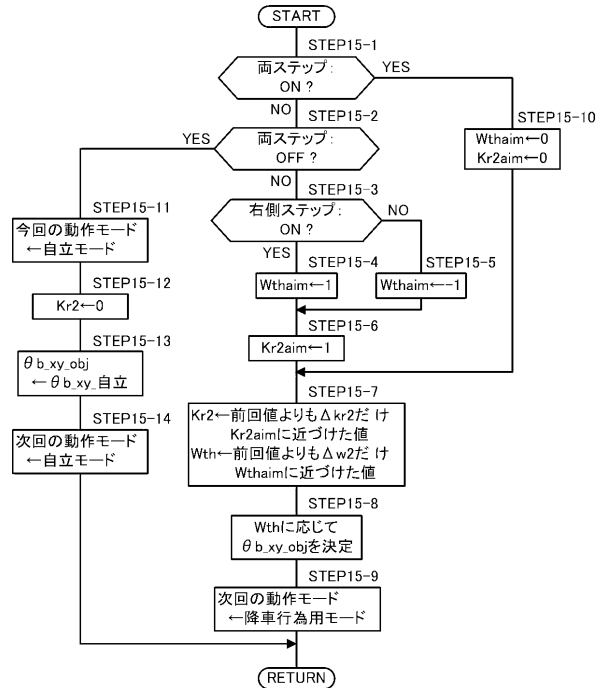
搭乗行為用モードの処理



【図 19】

FIG.19

降車行為用モードの処理



【手続補正書】

【提出日】平成24年7月24日(2012.7.24)

【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】請求項1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【請求項1】

床面上を移動可能な移動動作部と、該移動動作部を駆動するアクチュエータ装置と、該移動動作部及びアクチュエータ装置が組付けられた基体と、該基体に組付けられ、少なくとも1つの方向の軸周りで鉛直方向に対して傾動自在に設けられた乗員の搭乗部とを備えた倒立振り子型車両の制御装置であって、

前記移動動作部の制御のための車両の動作モードとして、前記搭乗部に乗員が搭乗しようとする時の過渡的な動作モードである搭乗行為用モードと、前記搭乗部から乗員が降車しようとする時の過渡的な動作モードである降車行為用モードとのうちの少なくとも一方のモードから成る過渡期用モードと、前記搭乗部に乗員が搭乗した状態での動作モードである搭乗中モードとを有し、当該各動作モードにおいて前記移動動作部の移動動作を前記アクチュエータ装置を介して制御する移動動作部制御手段を備え、

該移動動作部制御手段は、前記搭乗中モードでは、少なくとも前記搭乗部の実際の傾斜角度を所定の第1目標傾斜角度に近づけるよう前記移動動作部の移動動作を制御し、前記過渡期用モードでは、該過渡期用モードの開始時から終了時までの期間のうちの少なくとも一部の期間において、該過渡期用モードの前記搭乗部の実際の傾斜角度のうちの少なくとも前記1つの方向の軸周りで傾斜角度の変化に対する前記移動動作部の移動速度の変化の感度又は該移動動作部の移動加速度の変化の感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御することを特徴とする倒立振り子型車両の制御装

置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

本発明の倒立振子型車両の制御装置は、かかる目的を達成するために、床面上を移動可能な移動動作部と、該移動動作部を駆動するアクチュエータ装置と、該移動動作部及びアクチュエータ装置が組付けられた基体と、該基体に組付けられ、少なくとも1つの方向の軸周りで鉛直方向に対して傾動自在に設けられた乗員の搭乗部とを備えた倒立振子型車両の制御装置であって、

前記移動動作部の制御のための車両の動作モードとして、前記搭乗部に乗員が搭乗しようとする時の過渡的な動作モードである搭乗行為用モードと、前記搭乗部から乗員が降車しようとする時の過渡的な動作モードである降車行為用モードとのうちの少なくとも一方のモードから成る過渡期用モードと、前記搭乗部に乗員が搭乗した状態での動作モードである搭乗中モードとを有し、当該各動作モードにおいて前記移動動作部の移動動作を前記アクチュエータ装置を介して制御する移動動作部制御手段を備え、

該移動動作部制御手段は、前記搭乗中モードでは、少なくとも前記搭乗部の実際の傾斜角度を所定の第1目標傾斜角度に近づけるよう前記移動動作部の移動動作を制御し、前記過渡期用モードでは、該過渡期用モードの開始時から終了時までの期間のうちの少なくとも一部の期間において、該過渡期用モードの前記搭乗部の実際の傾斜角度のうちの少なくとも前記1つの方向の軸周りでの傾斜角度の変化に対する前記移動動作部の移動速度の変化の感度又は該移動動作部の移動加速度の変化の感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御することを特徴とする（第1発明）。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0013

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0013】

一方、前記過渡期用モードでは、移動動作部制御手段は、該過渡期用モードの開始時から終了時までの期間のうちの少なくとも一部の期間において、該過渡期用モードの前記搭乗部の実際の傾斜角度のうちの少なくとも前記1つの方向の軸周りでの傾斜角度の変化に対する前記移動動作部の移動速度の変化の感度又は該移動動作部の移動加速度の変化の感度が前記搭乗中モードよりも小さくなるように前記移動動作部の移動動作を制御する。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0014】

このため、該過渡期用モードでの前記少なくとも一部の期間（以降、特定期間ということがある）においては、乗員が、搭乗行為又は降車行為のために、前記1つの方向の軸周りでの搭乗部の傾斜角度を変化させても、前記移動動作部の移動速度又は移動加速度が変化しないか、もしくは変化し難くなる。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 1 6 】

なお、第 1 発明において、前記特定期間は、過渡期用モードの開始時から終了時までの期間のうちの全期間でもよい。また、該特定期間は自動的に決定される期間でもよいが、乗員が人為的に設定し得る期間であってもよい。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 4 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 4 4 】

この下部フレーム 1 1 には、乗員の搭乗部 3 としての足載せ部が装着されている。この足載せ部 3 は、乗員の右足、左足をそれぞれ載せる一対のステップ 3 R , 3 L から構成される。右側のステップ 3 R は、カバー部材 2 1 R の外側面部から右向きに張り出すように突設され、左側のステップ 3 L は、カバー部材 2 1 L の外側面部から左向きに張り出すように突設されている。本実施形態の倒立振子型車両 1 (以降、単に車両 1 という)では、乗員は、その両足をステップ 3 R , 3 L に載せて、起立した姿勢で車両 1 に搭乗するようになっている。この搭乗状態では、乗員の両足は、その間に車輪体 5 が介在するようにして、乗員の左右方向に間隔を存して並ぶ。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 5 1

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 5 1 】

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 及びフリーローラ 2 9 R と、車輪体 5 と左側のカバー部材 2 1 L との間に介装される回転部材 2 7 L 及びフリーローラ 2 9 L と、回転部材 2 7 R 及びフリーローラ 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 及びフリーローラ 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。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 6 4 】

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 の周りに回転することとなる。これにより、車輪体 5 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 の周りには回転しない。

【手続補正 9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 9 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 9 0 】

前記搭乗 / 降車用操作子 5 8 は、本実施形態では、グリップ 1 5 R , 1 5 L の一方、例えば、グリップ 1 5 R に装着されている。この搭乗 / 降車量操作子 5 8 は、例えば、その

一端部 5 8 a と他端部 5 8 b とを選択的に押し操作可能なスイッチであり、各端部 5 8 a , 5 8 b を押し操作した時に、それぞれの押し操作に応じた信号（単発的なトリガ信号）を制御ユニット 5 0 に出力する。この場合、本実施形態では、端部 5 8 a , 5 8 b のうちの一方、例えば端部 5 8 a は、乗員が車両 1 に搭乗しようとする時（詳しくは搭乗行為を開始しようとする時）に押し操作を行なうべき部分、他方の端部 5 8 b は、乗員が車両 1 から降車しようとする時（詳しくは降車行為を開始しようとする時）に押し操作を行なうべき部分となっている。以降、搭乗 / 降車用操作子 5 8 の端部 5 8 a , 5 8 b を、それぞれ搭乗用操作部 5 8 a 、降車用操作部 5 8 b という。

【手続補正 1 0】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 0 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 0 2】

この場合、基体傾斜角度目標値 $\theta_{b_xy_obj}$ は各動作モードにおいて、基本的には次のように決定される。すなわち、搭乗中モードでは、車両 1 に搭乗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 5 2 の出力に基づき計測される基体傾斜角度 θ_b の計測値 $\theta_{b_xy_s}$ に一致又はほぼ一致するようにあらかじめ設定された値（以降、搭乗中モード用の設定値 $\theta_{b_xy_搭乗中}$ ということがある）が、 $\theta_{b_xy_obj}$ として決定される。

【手続補正 1 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 2 7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 2 7】

これらの式 0 3 x , 0 3 y から判るように、倒立振り子モデルの質点 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 $\omega_{\dot{x}}$ 、仮想車輪 6 2 _y の回転角加速度 $\omega_{\dot{y}}$ に依存して規定される。

【手続補正 1 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 3 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 3 0】

そして、制御ユニット 5 0 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 6 2 _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 6 2 _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 3 1 R , 3 1 L のそれぞれの速度指令 ω_{R_cmd} , ω_{L_cmd} を決定する。

【手続補正 1 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 1 3 2

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 1 3 2】

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 $\omega_{\dot{x_cmd}}$, $\omega_{\dot{y_cmd}}$ のうち、 $\omega_{\dot{x_cmd}}$ は、X 軸方向に移動する仮想車輪 6 2 _x の回転角加速度であるから、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の回転角加速度であるから、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。

【手続補正14】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0136

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0136】

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80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。

【手続補正15】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0172

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0172】

一方、リミット処理部86の出力値 $V_{w_x}_{lim1}$ 、 $V_{w_y}_{lim1}$ が、入力値 $V_{b_x}_s$ 、 $V_{b_y}_s$ 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、車輪体5のX軸方向及びY軸方向のそれぞれの移動速度 V_{w_x} 、 V_{w_y} を、それぞれ、重心速度推定値 $V_{b_x}_s$ 、 $V_{b_y}_s$ に一致させるように電動モータ31R、31Lを動作させると、電動モータ31R、31Lのいずれかの回転角速度が許容範囲を逸脱してしまう場合（いずれかの回転角速度の絶対値が高くなり過ぎる場合）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 K_{r1_x} 、 K_{r1_y} の値がそれぞれ決定される。この場合、 K_{r1_x} は、“1”を上限値して、修正量 V_{over_x} 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、 K_{r1_y} についても同様である。

【手続補正16】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0175

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0175】

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 $V_{b_x}_s$ が入力されると共に、X軸方向の制御用目標重心速度 $V_{b_x}_{mdfd}$ の前回値 $V_{b_x}_{mdfd_p}$ 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 $V_{b_x}_s$ 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94a_xは、その伝達関数が $1 + K_d \cdot S$ により表される補償要素であり、入力される $V_{b_x}_s$ と、その微分値（時間的変化率）に所定値の係数 K_d 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。

【手続補正17】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0176

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0176】

次いで、定常偏差算出部94_xは、入力される $V_{b_x}_{mdfd_p}$ を、比例・微分補償要素94a_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

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。

【手続補正18】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0187

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0187】

以上のようにして決定される制御用目標重心速度Vb_x_mdmd, Vb_y_mdmdは、リミット処理部100での出力値Vw_x_lim2, Vw_y_lim2の強制的な制限が行なわれなかった場合、すなわち、車輪体5のX軸方向及びY軸方向のそれぞれの移動速度を、それぞれ、重心速度定常偏差予測値Vb_x_prd, Vb_y_prdに一致させるように電動モータ31R, 31Lを動作させても、電動モータ31R, 31Lのそれぞれの回転角速度が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_mdmd, Vb_y_mdmdはいずれも“0”に決定される。従って、通常は、Vb_x_mdmd = Vb_y_mdmd = 0である。

【手続補正19】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0195

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0195】

そして、姿勢制御演算部80は、まず、上記の入力値を用いて、次式07x, 07yにより、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega\dot{w}_{xy_cmd}$ を算出する。

【手続補正20】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0196

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0196】

$$\omega\dot{w}_{x_cmd} = K1_x \cdot \theta_{be_x_s} + K2_x \cdot \theta_{b\dot{d}x_s} + K3_x \cdot (Vb_{x_s} - Vb_{x_mdmd}) \quad \dots \dots \text{式 } 07x$$

$$\omega\dot{w}_{y_cmd} = K1_y \cdot \theta_{be_y_s} + K2_y \cdot \theta_{b\dot{d}y_s} + K3_y \cdot (Vb_{y_s} - Vb_{y_mdmd}) \quad \dots \dots \text{式 } 07y$$

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 $\omega\dot{w}_{x_cmd}$ 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 $\omega\dot{w}_{y_cmd}$ とは、それぞれ、3つの操作量成分（式07x, 07yの右辺の3つの項）を加え合わせることで決定される。

【手続補正21】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0199

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0199】

$$K i_x = (1 - Wgain_x) \cdot K i_{a_x} + Wgain_x \cdot K i_{b_x} \quad \dots \dots \text{式 } 09x$$

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

$$K i_y = (1 - Wgain_y) \cdot K i_{a_y} + Wgain_y \cdot K i_{b_y} \quad \dots \dots \text{式 } 09y$$

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

この場合、式 09x における $Wgain_x$ 、 $K i_{a_x}$ 、 $K i_{b_x}$ と、式 09y における $Wgain_y$ 、 $K i_{a_y}$ 、 $K i_{b_y}$ とは、車両 1 の現在の動作モード (STEP 4 で決定される今回の動作モード) に応じて、次の (1) ~ (4) に示す如く決定される。

【手続補正 22】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0218

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0218】

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 $\omega\dot{w}_{dot_x_cmd}$ 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 $\omega\dot{w}_{dot_y_cmd}$ を算出するようにしてよい。

【手続補正 23】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0256

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0256】

従って、STEP 14 - 6 の判断結果が肯定的である場合 (右側のステップ 3R のみに乗員の足 (右足) が載せられている場合) には、基体 9 を左側に傾けるべく、重み係数 Wth が STEP 14 - 7 において、正極性の値に決定される。また、STEP 14 - 6 の判断結果が否定的である場合 (左側のステップ 3L のみに乗員の足 (左足) が載せられている場合) には、基体 9 を右側に傾けるべく、重み係数 Wth が STEP 14 - 8 において、負極性に決定される。

【手続補正 24】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0295

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0295】

この判断結果が肯定的となる場合は、乗員がその両足をステップ 3R, 3L から離脱させ、実質的に降車行為が終了した状態である。この場合には、制御ユニット 50 は、STEP 15 - 11 において、今回の動作モードを降車行為用モードから自立モードに強制的に変更する。

【手続補正 25】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0305

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0305】

以上が降車行為用モードでの STEP 15 の処理の詳細である。

【手続補正 26】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0320

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0320】

前記搭乗モード及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、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）に保たれるように、換言すれば、車両系重心点（車両・乗員全体重心点又は車両単体重心点）の位置が、車輪体5の接地面のほぼ真上に位置する状態に保たれるように、操作量（制御入力）としての仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{w_dot_xy_cmd}$ が決定される。より詳しく言えば、基体9の姿勢を前記基本姿勢に保ちつつ、車両系重心点の移動速度の推定値としての重心速度推定値 $V_{b_xy_s}$ を制御用目標重心速度 $V_{b_xy_mdfd}$ に収束させるように、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{w_dot_xy_cmd}$ が決定される。なお、制御用目標重心速度 $V_{b_xy_mdfd}$ は、前記した如く、通常は“0”である。この場合には、基体9の姿勢を前記基本姿勢に保ちつつ、車両系重心点がほぼ静止するように、仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{w_dot_xy_cmd}$ が決定されることとなる。

【手続補正 27】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0321

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0321】

そして、 $\omega_{w_dot_xy_cmd}$ 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軸方向及び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。

【手続補正 28】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0330

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0330】

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の傾きの変化に対する操作量（仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{w_dot_x_cmd}$, $\omega_{w_dot_y_cmd}$ ）の感度が高まる。従って、基体9の基本姿勢からの傾き量が大きくなろうとすると、それ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。従って、基体9が基本姿勢から大きく傾くことが強めに抑制され、ひいては、車輪体5のX軸方向及びY軸方向の一方又は両方の移動速度が、電動モータ31R, 31Lの一方又は両方の回転角速度を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。

【手続補正 29】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0333

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0333】

この状況では、基体9及び足載せ部3（搭乗部）の実際の傾斜角度が変化しても、車輪

体 5 の移動動作を制御するための制御用操作量である仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{\text{wdot_x_y_cmd}}$ の変化は搭乗中モードに比して微小なものとなる。ひいては、基体 3 及び足載せ部 3 の実際の傾斜角度の変化に対する、車輪体 5 の移動加速度の変化の感度が搭乗中モードよりも小さくなる。このため、基体 9 及び足載せ部 3 を基本姿勢から傾けた状態であっても、車輪体 5 の移動が生じないか、もしくは、生じ難い状態となる。

【手続補正 30】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0352

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0352】

また、前記実施形態では、前記式 07x、07y により制御用操作量としての仮想車輪回転角加速度指令 $\omega_{\text{wdot_x_cmd}}$ 、 $\omega_{\text{wdot_y_cmd}}$ を算出するようにしたが、例えば、式 07x、07y の右辺の第 2 項を省略した式によって、 $\omega_{\text{wdot_x_cmd}}$ 、 $\omega_{\text{wdot_y_cmd}}$ を算出するようにしてもよい。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004784

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.
X Y	JP 2008-120347 A (Toyota Motor Corp.), 29 May 2008 (29.05.2008), paragraphs [0020] to [0031], [0039] to [0042]; fig. 7 & US 2008/0147281 A1	1 2-6
Y A	WO 2008/139740 A1 (Honda Motor Co., Ltd.), 20 November 2008 (20.11.2008), entire text; all drawings (Family: none)	2-6 1
Y A	JP 2009-101760 A (Toyota Motor Corp.), 14 May 2009 (14.05.2009), paragraphs [0025], [0034]; fig. 1 & WO 2009/054208 A1	5, 6 1-4

☒ 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
21 December, 2009 (21.12.09)Date of mailing of the international search report
12 January, 2010 (12.01.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004784

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 4-201793 A (Honda Motor Co., Ltd.), 22 July 1992 (22.07.1992), page 3, lower left column, line 16 to page 4, lower left column, line 10; fig. 5 to 7 (Family: none)	1-6
A	WO 2008/081815 A1 (Equos Research Co., Ltd.), 10 July 2008 (10.07.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2009/004784	
A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） 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（IPC）） 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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2009年 日本国実用新案登録公報 1996-2009年 日本国登録実用新案公報 1994-2009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	JP 2008-120347 A（トヨタ自動車株式会社）2008.05.29, 段落00	1	
Y	20-0031, 0039-0042, 図7 & US 2008/0147281 A1	2-6	
Y	WO 2008/139740 A1（本田技研工業株式会社）2008.11.20, 全文, 全	2-6	
A	図（ファミリーなし）	1	
Y	JP 2009-101760 A（トヨタ自動車株式会社）2009.05.14, 段落00	5,6	
A	25, 0034, 図1 & WO 2009/054208 A1	1-4	
A	JP 4-201793 A（本田技研工業株式会社）1992.07.22, 第3頁左下欄 第16行～第4頁左下欄第10行, 第5-7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 21.12.2009		国際調査報告の発送日 12.01.2010	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/JP） 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） 北村 亮 電話番号 03-3581-1101 内線 3341	3D 3521

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 9 / 0 0 4 7 8 4
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
A	WO 2008/081815 A1 (株式会社エクオス・リサーチ) 2008.07.10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6

(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。