

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2008年11月13日 (13.11.2008)

PCT

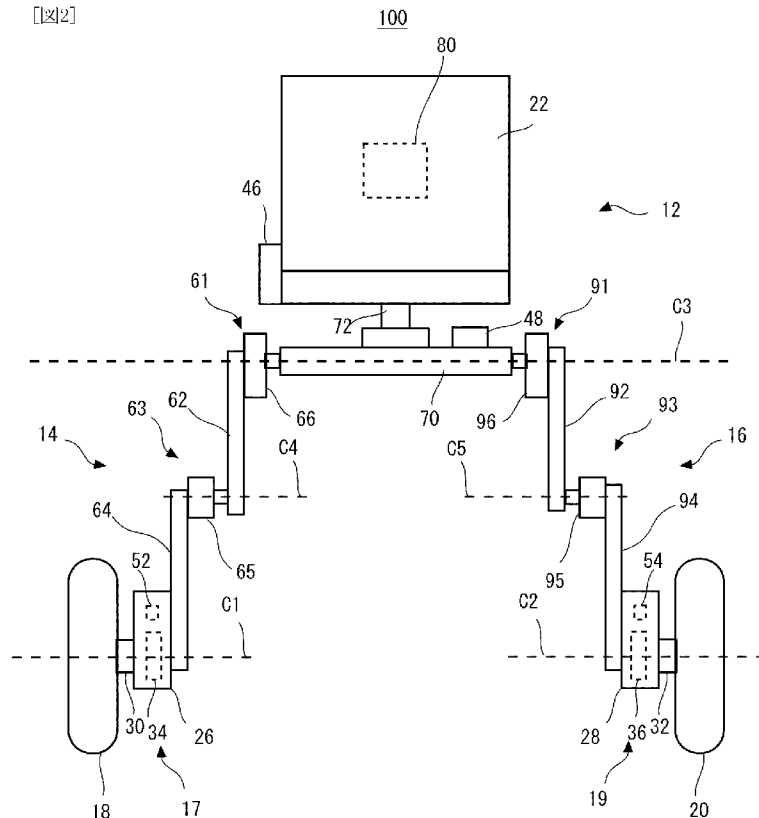
(10) 国際公開番号
WO 2008/136342 A1

- (51) 国際特許分類:
B62K 17/00 (2006.01) B62K 3/00 (2006.01)
B60L 15/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/057910
- (22) 国際出願日: 2008年4月24日 (24.04.2008)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2007-117972 2007年4月27日 (27.04.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 不破 稔夫 (FUWA, Toshio) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 家入 健 (IEIRI, Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目33番8 アサヒビルディング10階 響国際特許事務所 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) Title: INVERTED WHEEL TYPE MOBILE BODY AND METHOD OF CONTROLLING THE SAME

(54) 発明の名称: 倒立車輪型移動体、及びその制御方法



(57) Abstract: An inverted wheel type mobile body has a right vehicle base (17) and a left vehicle base (19) for rotatably supporting a right drive wheel (18) and a left drive wheel (20), motors (34, 36) for rotationally driving the right and left drive wheels (18, 20), a vehicle body (12) supported via a right arm (14) and a left arm (16) so as to be pivotable relative to the right and left vehicle bases (17, 19), lower joint motors (65, 95) provided on the right and left arms (14, 16) and changing the vehicle height, a travel control module (81) for controlling the motors (34, 36) so that they follow calculated acceleration, and an attitude control module (82) for controlling, when the acceleration exceeds a specific range, the lower joint motors (65, 95) so that the vehicle height is reduced and the position of the gravity center of the vehicle body (12) relative to axles is changed in the front/rear direction in response to the acceleration.

(57) 要約: 本発明にかかる倒立車輪型移動体は、車輪を回転可能に支持する右車台17、左車台19と、右駆動輪18、左駆動輪20を回転駆動するモータ34、36と、右アーム14及び左アーム16を介して右車台17、左車台19に対して

回動可能に支持された車体12と、右アーム14及び左アーム16に設けられ、

[続葉有]

WO 2008/136342 A1



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

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE,
SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

添付公開書類:
— 国際調査報告書

車高を変化させる下関節モータ 65、95 と、算出された加速度に追従するよう、モータ 34、36 を制御する走行制御モジュール 81 と、加速度が一定範囲を越えていた場合に、車高を下げるるとともに、加速度に応じて車軸に対する車体 12 の重心位置が前後方向に変化するように、下関節モータ 65、95 を制御する姿勢制御モジュール 82 とを、備えるものである。

明 細 書

倒立車輪型移動体、及びその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は倒立車輪型移動体、及びその制御方法に関する。

背景技術

[0002] 倒立二輪車両などの倒立車輪型移動体は、通常、左右の駆動輪を駆動して安定状態を維持するように重心位置を修正しつつ、移動を行なうように制御している(特許文献1)。特許文献1の車両(移動体)では、車両の傾斜に基づく物理量を検出するセンサを設けている。そして、センサで検出された物理量が所定値を越える場合、バランスを移動している。これにより、車両の姿勢を制御している。

[0003] ところで、このような移動体では、所望の移動速度で制御することが望まれる。例えば、自由自在にきびきびと加減速して、目標速度に正確に追従して走行することが重要である。また、歩いている人と並んで移動する場合、ゆっくり移動することが望まれる。しかしながら、移動の緩急は、もっぱら倒立車輪型移動体の固有周波数に依存している。すなわち、車輪中心からの車体中心の距離、車重、イナーシャによって決まる固有周波数に応じて、移動の緩急が制限されてしまう。従って、従来の移動体では、操縦者がアクセルを操作してから、所望の速度に到達するまでに時間がかかってしまうという問題点があった。また、従来の移動体では、車輪の回転速度を変えることによって倒立状態を維持しているため、一定速度で走行することが困難であるという問題点があった。このように、従来の移動体では、制御性を高くすることが困難であった。

特許文献1:特開2006-306735号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] このように、従来の倒立車輪型移動体では、制御性を高くすることが困難であるという問題点があった。

本発明は、かかる課題を解決するためになされたものであり、簡便に制御性を向上

することができる倒立車輪型移動体、及びその制御方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0005] 本発明の第1の態様にかかる倒立車輪型移動体は、操作者の操作に応じて加減速する倒立車輪型移動体であって、車輪を回転可能に支持する車台と、前記車輪を回転駆動する第1の駆動部と、支持部材を介して前記車台に対して回転可能に支持された車体と、前記支持部材に設けられ、前記倒立車輪型移動体の車高を変化させる第2の駆動部と、操作者による操作に基づいて算出された加速度に追従するよう、前記第1の駆動部を制御する第1の制御部と、前記加速度が一定範囲を越えていた場合に、前記車高を下げるとともに、前記加速度に応じて前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するように、前記第2の駆動部を制御する第2の制御部と、を備えるものである。この構成では、急動作を行なうときに、車高を下げています。これにより、速やかに加速することができ、簡便に制御性を向上することができる。
- [0006] 本発明の第2の態様にかかる倒立車輪型移動体は、上述の倒立車輪型移動体であって、前記加速度が一定範囲内である場合に、操作者による操作に基づいて算出された目標速度に応じて、前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するとともに車高が変化するように前記第2の駆動部を制御するものである。これにより、目標速度に応じて車体の重心位置が変化するため、目標速度に適した制御が可能になる。よって、滑らかに移動することができ、制御性を向上することができる。
- [0007] 本発明の第3の態様にかかる倒立車輪型移動体は、操作者の操作に応じて加減速する倒立車輪型移動体であって、車輪を回転可能に支持する車台と、前記車輪を回転駆動する第1の駆動部と、支持部材を介して前記車台に対して回転可能に支持された車体と、前記支持部材に設けられ、前記倒立車輪型移動体の車高を変化させる第2の駆動部と、操作者による操作に基づいて算出された目標速度に前記倒立車輪型移動体が到達するように、前記第1の駆動部を制御する第1の制御部と、前記目標速度に応じて、前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化

するとともに車高が変化するように前記第2の駆動部を制御する第2の制御部と、を備えるものである。これにより、目標速度に応じて車体の重心位置が変化するため、目標速度に適した制御が可能になる。よって、滑らかに移動することができ、制御性を向上することができる。

[0008] 本発明の第4の態様にかかる倒立車輪型移動体は、上述の倒立車輪型移動体であって、前記車体の重心位置が変化するタイミングに応じて、前記車体の重心位置を移動する方向と反対方向に前記車輪が移動するように、前記第1の駆動部が前記車輪に対してトルクを与えるものである。これにより、重心位置を速やかに移動することができるため、制御性を向上することができる。

[0009] 本発明の第5の態様にかかる倒立車輪型移動体の制御方法は、車輪を回転可能に支持する車台と、前記車輪を回転駆動する第1の駆動部と、支持部材を介して前記車台に対して回転可能に支持された車体と、前記支持部材に設けられ、車高を変化させる第2の駆動部と、を備えた倒立車輪型移動体の制御方法であって、操作者による操作に基づいて加速度を算出するステップと、前記倒立車輪型移動体が前記加速度に追従するよう、前記第1の駆動部を駆動するステップと、前記加速度が一定範囲を越えていた場合に、前記車高を下げるとともに前記加速度に応じて前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するように、前記第2の駆動部を駆動するステップと、を備えるものである。この構成では、急動作を行なうときに、車高を下げている。これにより、速やかに加速することができ、簡便に制御性を向上することができる。

[0010] 本発明の第6の態様にかかる倒立車輪型移動体の制御方法は、上述の制御方法であって、前記加速度が一定範囲内である場合に、操作者による操作に基づいて算出された目標速度に応じて、前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するとともに車高が変化するように前記第2の駆動部を制御するものである。これにより、目標速度に応じて車体の重心位置が変化するため、目標速度に適した制御が可能になる。よって、滑らかに移動することができ、制御性を向上することができる。

[0011] 本発明の第7の態様にかかる倒立車輪型移動体の制御方法は、車輪を回転可能

に支持する車台と、前記車輪を回転駆動する第1の駆動部と、支持部材を介して前記車台に対して回転可能に支持された車体と、前記支持部材に設けられ、車高を変化させる第2の駆動部と、を備えた倒立車輪型移動体の制御方法であって、操作者による操作に基づいて目標速度を算出するステップと、前記倒立車輪型移動体が前記目標速度に到達するように、前記第1の駆動部を駆動するステップと、前記目標速度に応じて、前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するとともに車高が変化するように、前記第2の駆動部を駆動するステップと、を備えるものである。これにより、目標速度に応じて車体の重心位置が変化するため、目標速度に適した制御が可能になる。よって、滑らかに移動することができ、制御性を向上することができる。

- [0012] 本発明の第8の態様にかかる倒立車輪型移動体の制御方法は、上述の制御方法であって、前記車体の重心位置が変化するタイミングに応じて、前記車体の重心位置を移動する方向と反対方向に前記車輪が移動するように、前記第1の駆動部が前記車輪にトルクを与えるものである。これにより、重心位置を速やかに移動することができるため、制御性を向上することができる。

発明の効果

- [0013] 本発明によれば、簡便に制御性を向上することができる倒立車輪型移動体、及びその制御方法を提供することを目的とする。

図面の簡単な説明

- [0014] [図1]本発明の実施の形態にかかる移動体の構成を示す側面図である。
[図2]本発明の実施の形態にかかる移動体の構成を示す正面図である。
[図3A]本発明の実施の形態にかかる移動体の姿勢を説明するための側面図である。
。
[図3B]本発明の実施の形態にかかる移動体の姿勢を説明するための側面図である。
。
[図4]本発明の実施の形態にかかる移動体の制御系の構成を示すブロック図である。
[図5]本発明の実施の形態にかかる移動体の制御方法を示すフローチャートである。

符号の説明

[0015] 12 車体、14 右アーム、15 右車台、16 左アーム、
17 左車台、18 右駆動輪、20 左駆動輪、22 搭乗席、
26 ロッド、28 マウント
30 車軸、32 車軸、34 右輪駆動モータ、36 左輪駆動モータ
48 ジャイロセンサ、52 右輪エンコーダ、54 左輪エンコーダ
61 上関節、62 上リンク、63 下関節、64 下リンク、
65 下関節モータ、66 上関節モータ、70 台座、72 支柱、
80 制御部、81 走行制御モジュール、82 姿勢制御モジュール
91 上関節、92 上リンク、93 下関節、94 下リンク、
95 下関節モータ、
96 上関節モータ、100 移動体、101 移動体

発明を実施するための最良の形態

[0016] 本実施の形態にかかる移動体は倒立振子制御によって移動する倒立車輪型移動体である。移動体は、地面に接地した車輪を駆動することによって、所定の位置まで移動する。さらに、ジャイロセンサ等からの出力に応じて車輪を駆動することによって、倒立状態を維持することができる。これにより、操作者の操作に応じて、移動体が加減速する。

[0017] 図1及び図2を用いて、本実施の形態にかかる移動体100の構成について説明する。図1は移動体100の構成を模式的に示す側面図であり、図2は移動体100の構成を模式的に示す正面図である。

[0018] 図2に示されるように、移動体100は、倒立車輪型の移動体(走行体)であり、右駆動輪18と、左駆動輪20と、右車台17と、左車台19と、右アーム14と、左アーム16と、車体12、を備えている。車体12は、右駆動輪18、及び左駆動輪20の上方に配置された移動体100の上体部である。ここで、移動体100の進行方向(図2の紙面と垂直方向)を前後方向とし、水平面において前後方向に垂直な方向を左右方向(横方向)とする。よって、図2は、進行方向前側から移動体100を見た図であり、図1は、左側から移動体100を見た図である。

[0019] 右アーム14、及び左アーム16は、関節を有するスイングアームである。走行時にお

いて、右アーム14、及び左アーム16は、車高を調整する。さらに、車体12の傾斜角度に応じて、右アーム14、及び左アーム16が駆動される。具体的には、地面の傾斜角に応じて車体12が左右に傾斜したとき、一方のアームを駆動して、車体12を水平にする。例えば、水平な地面を走行中に、右駆動輪18のみが段差に乗り上げたり、地面が右上がりの傾斜面に変わったりしたとする。この場合、右駆動輪18と左駆動輪20との間で、水平方向に対する高さが変化する。すなわち、右駆動輪18が左駆動輪20よりも高くなる。このため、右アーム14を縮めて、車体12の傾斜角を調整する。例えば、右アーム14の関節を駆動して、右アーム14をくの字型に曲げる。これにより、右アーム14が短くなるので、横方向(左右方向)において車体12を水平にすることができる。なお、右アーム14、及び左アーム16の構成については後述する。

[0020] 右車台17の側面側には、地面と接地する右駆動輪18が設けられている。左車台19の側面側には、地面と接地する左駆動輪20が設けられている。右駆動輪18と左駆動輪20は、同軸上で回転する一対の車輪である。地面と接地する右駆動輪18と左駆動輪20とが回転することによって、移動体100が移動する。

[0021] 右駆動輪18及び右アーム14の間には、右車台17が配置されている。右車台17は、右マウント26を備えている。右アーム14と右駆動輪18との間には右マウント26が配置されている。右マウント26は、右アーム14の側端に固定されている。右車台17は、車軸30を介して右駆動輪18を回転可能に支持する。右駆動輪18は、車軸30を介して右輪駆動モータ34の回転軸C1に固定されている。右輪駆動モータ34は、右マウント26内に固定され、車輪用駆動部(アクチュエータ)として機能する。即ち、右輪駆動モータ34が右駆動輪18を回転駆動する。

[0022] 左駆動輪20及び左アーム16の間には、左車台19が配置されている。左車台19は、左マウント28を備えている。左アーム16と左駆動輪20との間には左マウント28が配置されている。左マウント28は、左アーム16の側端に固定されている。左マウント28は、車軸32を介して左駆動輪20を回転可能に支持する。左駆動輪20は、車軸32を介して左輪駆動モータ36の回転軸C2に固定されている。左輪駆動モータ36は、左マウント28内に固定され、車輪用駆動部(アクチュエータ)として機能する。即ち、左輪駆動モータ36が左駆動輪20を回転駆動する。右駆動輪18と左駆動輪20との

間には、右車台17、及び左車台19が配置されている。なお、右駆動輪18、及び左駆動輪20を同軸上にするため、右車台17を左車台19に固定してもよい。

[0023] 右輪駆動モータ34及び左輪駆動モータ36は例えば、サーボモータである。尚、車輪用アクチュエータは、電氣的なモータに限らず、空圧、油圧を使用したアクチュエータでもよい。

[0024] また、右マウント26は、右輪エンコーダ52を備えている。右輪エンコーダ52は、右駆動輪18の回転量としての回転角を検出する。左マウント28は、左輪エンコーダ54を備えている。左輪エンコーダ54は、左駆動輪20の回転量としての回転角を検出する。

[0025] 左アーム16は、左マウント28を介して左駆動輪20の側端に取り付けられている。左アーム16は、上関節91、上リンク92、下関節93、及び下リンク94を有している。上リンク92、及び下リンク94は棒状の部材である。上リンク92、及び下リンク94はほぼ同じ長さの剛体である。上関節91、及び下関節93は、回転関節である。

[0026] 下リンク94が左マウント28に連結されている。すなわち、下リンク94の下端に左マウント28が取り付けられている。左マウント28は下リンク94を回転可能に支持している。さらに、下リンク94には、下関節93が設けられている。下リンク94は、下関節93を介して上リンク92と連結されている。すなわち、下リンク94の上端に設けられた下関節93が上リンク92の下端に配置される。

[0027] 下関節93は、下関節モータ95を有している。下関節モータ95が駆動されると、上リンク92が回転する。すなわち、下関節モータ95を駆動すると、下リンク94に対する上リンク92の角度が変化する。このように、下関節93は、左アーム16の途中に設けられている。すなわち、下関節93は、上リンク92と下リンク94との間に設けられている。上リンク92は、下関節モータ95の回転軸C5に固定されている。

[0028] 上リンク92の上端には、上関節91が設けられている。上関節91は、上リンク92と車体12とを連結する。上関節91を介して、左アーム16が車体12と連結される。このように、左アーム16の上端には、上関節91が設けられている。そして、上関節91は、上関節モータ96を有している。上関節モータ96を介して車体12が左アーム16に取り付けられている。そして、上関節モータ96が駆動されると、車体12が回転する。すな

わち、上関節モータ96を駆動すると、上リンク92に対する車体12の角度が変化する。車体12は、上関節モータ96の回転軸C3に固定されている。

[0029] 上関節91、及び下関節93が駆動することによって、車体12の姿勢が変化する。このように、左アーム16は、車体12及び左駆動輪20を連結するリンク機構である。よって、左アーム16の下端側が、左駆動輪20の回転軸C2に接続され、上端側が車体12の回転軸C3に接続される。左アーム16は、2つの回転関節を有する2自由度のアーム機構となっている。すなわち、左アーム16は、複数の関節を有するアーム機構であり、車体12と、右車台17とを連結している。

[0030] 左アーム16の長手方向は、回転軸C2に対して垂直である。すなわち、下リンク94の長手方向と、回転軸C2とは直交する。通常の走行時では、上リンク92と下リンク94とが鉛直方向に沿って配置されている。従って、下関節モータ95の回転角度が、上リンク92と下リンク94とが平行になるように固定されている。この左アーム16を介して、車体12が回転軸C2に対して回転可能に支持される。回転軸C2と回転軸C5は、下リンク94の長さに応じた距離だけ隔てて、平行に配置される。回転軸C3と回転軸C5は、上リンク92の長さに応じた距離だけ隔てて、配置される。また、通常の走行時では、回転軸C3は回転軸C5と平行になっている。

[0031] 右アーム14は、右マウント26を介して右駆動輪18の側端に取り付けられている。右アーム14は、上関節61、上リンク62、下関節63、下リンク64を有している。上リンク62は上関節61を介して車体12に連結されている。また、下リンク64は、右車台17に連結されている。そして、下リンク64と上リンク62とは、下関節63を介して連結されている。下関節63は、下関節モータ65を有している。上関節61は上関節モータ66を有している。このように、右アーム14は、左アーム66と同様に、2関節を有する2自由度のアーム機構である。右アーム14の構成については左アーム16と同様であるため、説明を省略する。なお、右アーム14の下関節モータ65の回転軸を回転軸C4とする。また、上関節モータ66は、回転軸C3周りに回転する。

[0032] 右アーム14の上関節61、及び下関節63が駆動することによって、車体12の姿勢が変化する。このように、右アーム14は、車体12及び右駆動輪18を連結するリンク機構である。よって、右アーム14の下端側が、右駆動輪18の回転軸C1に接続され

、上端側が車体12の回転軸C3に接続される。右アーム14は、2つの回転関節を有する2自由度のアーム機構となっている。すなわち、右アーム14は、複数の関節を有するアーム機構であり、車体12と、右車台17とを連結している。

[0033] 右アーム14の長手方向は、回転軸C1に対して垂直である。すなわち、下リンク64の長手方向と、回転軸C1とは直交する。通常の走行時では、上リンク62と下リンク64とが同軸上に配置されている。従って、側面視において、上リンク62と下リンク64とが一直線になるように、下関節モータ65の回転角度が固定されている。この右アーム14を介して、車体12が回転軸C1に対して回転可能に支持される。また、通常の走行時には、回転軸C1、回転軸C3、及び回転軸C4は平行になっている。

[0034] ここで、右アーム14の上関節モータ66と左アーム16の上関節モータ96とは、鉛直方向に沿って配置されている。すなわち、右アーム14の上関節モータ66と左アーム16の上関節モータ96は、共通の回転軸C3を有している。また、通常の走行時には、右アーム14の下関節モータ65と左アーム16の下関節モータ95とは、同軸上に配置されている。すなわち、上関節モータ66の回転軸C4は上関節モータ96の回転軸C5と同じ高さになっている。

[0035] このように、右アーム14には、上関節モータ66と下関節モータ65とが取り付けられ、左アーム16には、上関節モータ96と下関節モータ95とが取り付けられている。上関節モータ66、96は、上リンク62、92に対する車体12の角度を可変にする。下関節モータ65は、下リンク64に対する上リンク62の角度を可変にし、下関節モータ95は、下リンク94に対する上リンク92の角度を可変にする。すなわち、上関節モータ66と下関節モータ65とは、右アーム14の関節の角度を制御する駆動部(アクチュエータ)である。上関節モータ96と下関節モータ95とは、左アーム16の関節の角度を制御する駆動部(アクチュエータ)である。従って、右アーム14、及び左アーム16が駆動することによって、右車台17、及び左車台19に対する車体12の位置を変化させることができる。上関節モータ66、96と下関節モータ65、95とは、例えば、サーボモータであり、車体12の姿勢角を制御する。尚、モータの動力をギアやベルトやプーリなどを介して伝達してもよい。そして、それぞれのモータを駆動することによって、車体12の高さが変化する。これにより、移動体100の車高を変えることができる。

- [0036] 上関節モータ66及び上関節モータ96が駆動すると、右アーム14及び左アーム16に対する台座70の角度が変化する。これにより、回転軸C3を回転中心として、台座70を前後方向に回転することができる。回転軸C3は回転軸C1及びC2と平行であり、回転軸C1及びC2の上方に位置する。回転軸C3と回転軸C1との間に右アーム14が設けられている。回転軸C3と回転軸C2との間に左アーム16が設けられている。下関節モータ65は、下リンク64に対して上リンク62を回転軸C4周りに回転させる。下関節モータ95は、下リンク94に対して上リンク92を回転軸C5周りに回転させる。また、回転軸C4は、回転軸C3と回転軸C1との間に位置し、回転軸C5は回転軸C3と回転軸C2との間に位置する。この回転軸C3には、上関節モータ66及び上関節モータ96が設けられている。即ち、右アーム14及び左アーム16が姿勢を制御するためのスイングアームとなる。なお、通常の走行時には、回転軸C1～回転軸C5は水平になっており、移動体100の左右方向と平行になっている。
- [0037] 車体12は、台座70、支柱72、ジャイロセンサ48、及び搭乗席22を有している。平板状の台座70は、上関節モータ66及び上関節モータ96を介して、それぞれ右アーム14及び左アーム16と取り付けられている。台座70の対向する側面には、右アーム14及び左アーム16が設けられている。即ち、右アーム14及び左アーム16の間に、台座70が配置される。
- [0038] 台座70には、バッテリーモジュール44と、センサ58が収納されている。センサ58は、例えば、光学式の障害物検知センサであり、移動体100の前方に障害物を検知すると、検知信号を出力する。また、センサ58は、障害物センサ以外のセンサであってもよい。例えば、センサ58として、加速度センサを用いることも可能である。もちろん、センサ58として、2以上のセンサが用いられていてもよい。センサ58は移動体100の状態に応じて変化する変化量を検出する。バッテリーモジュール44は、センサ58、ジャイロセンサ48、右輪駆動モータ34、左輪駆動モータ36、上関節モータ66、上関節モータ96、下関節モータ65、下関節モータ95、制御部80等に対して電力を供給する。
- [0039] 車体12の台座70上には、ジャイロセンサ48が設けられている。ジャイロセンサ48は、車体12の傾斜角に対する角速度を検出する。ここで、車体12の傾斜角は、移動

体100の重心位置が車軸30、32の鉛直上方に伸びる軸からの傾斜度合いであり、例えば移動体100の進行方向前方に車体12が傾斜している場合を「正」とし、移動体100の進行方向後方に車体12が傾斜している場合を「負」として表わす。

[0040] また、進行方向の前後方向に加えて、左右方向の傾斜角速度はロール、ピッチ、ヨーの3軸のジャイロセンサ48を用いて測定される。このように、ジャイロセンサ48は、台座70の傾斜角の変化を、車体12の傾斜角速度として測定する。もちろん、ジャイロセンサ48は他の箇所に取り付けられていてもよい。ジャイロセンサ48で測定された傾斜角速度は、移動体100の姿勢の変化に応じて変化する。即ち、傾斜角速度は、車軸の位置に対する車体12の重心位置に応じて変化する変化量である。従って、外乱などによって、車体12の傾斜角度が急激に変化すると、傾斜角速度の値が大きくなる。

[0041] 台座70の中央近傍には、支柱72が設けられている。この支柱72によって、搭乗席22が支持されている。即ち、搭乗席22は、支柱72を介して台座70に固定されている。搭乗席22は、搭乗者が座ることができる椅子の形状を有する。

[0042] 搭乗席22の側面には、操作モジュール46が設けられている。操作モジュール46には、操作レバー(図示せず)及びブレーキレバー(図示せず)が設けられている。操作レバーは、搭乗者が移動体100の走行速度や走行方向を調整するための操作部材である、搭乗者は、操作レバーの操作量を調整することによって移動体100の移動速度を調整することができる。また、搭乗者は、操作レバーの操作方向を調整することによって移動体100の移動方向を指定することができる。移動体100は、操作レバーに加えられた操作に応じて、前進、停止、後退、左折、右折、左旋回、右旋回することができる。搭乗者がブレーキレバーを倒すことによって、移動体100を制動することができる。移動体100の進行方向は、車軸30、32と垂直な方向になる。

[0043] さらに、搭乗席22の背もたれ部分には、制御部80が実装されている。制御部80は、搭乗者が操作モジュール46に対して行なった操作に追従して、右輪駆動モータ34及び左輪駆動モータ36を制御し、移動体100の走行(移動)を制御する。搭乗席22の座面は台座70の上面と平行に配置されている。制御部80は、操作モジュールでの操作に応じて、右輪駆動モータ34及び左輪駆動モータ36を制御する。これにより

、操作モジュール46での操作に応じたトルク指令値で右輪駆動モータ34及び左輪駆動モータ36が駆動する。

[0044] 制御部80は、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、通信用のインターフェースなどを有し、移動体100の各種動作を制御する。そして、この制御部80は、例えばROMに格納された制御プログラムに従って各種の制御を実行する。制御部80は、周知のフィードバック制御により、右輪駆動モータ34及び左輪駆動モータ36を相互に独立して所定の角度に制御する。操作モジュール46での操作に応じて、右輪駆動モータ34及び左輪駆動モータ36が回転する。所望の加速度、及び目標速度となるように、右輪駆動モータ34及び左輪駆動モータ36が制御される。これにより、移動体100が、操作モジュール46での操作に応じて加減速しながら走行する。

[0045] 具体的には、操作モジュール46の操作によって、アクセル量が求められる。すなわち、操作モジュール46は、搭乗者の操作によって与えられたアクセル量を取得する。操作モジュール46は、このアクセル量が操作信号として、制御部80に出力する。そして、制御部80は、操作信号に基づいて、移動体100の加速度や、目標速度を算出する。例えば、操作モジュール46には、操作レバーの倒れ角やその角速度を測定するセンサが設けられている。操作レバーの倒れ角、及び倒れ角の角速度がアクセル量になる。具体的に、操作モジュール46に、倒れ角を検出するセンサを設ける。そして、センサの出力を微分することによって、倒れ角の角速度を求めることができる。あるいは、その反対に、倒れ角の角速度を検出するセンサを操作モジュール46に設けても良い。この場合、角速度を積分することによって、倒れ角を求めることができる。もちろん、操作モジュール46に操作レバーの倒れ角、及びその角速度を検出するセンサをそれぞれ設けてもよい。

[0046] このように、操作モジュール46は、操作レバーの倒れ角、倒れ角の角速度によってアクセル量を取得する。そして、制御部80は、アクセル量に基づいて加速度や目標速度を算出する。操作レバーの倒れ角が大きくなるほど、加速度や目標速度が大きくなる。具体的には、倒れ角、及びその角速度に適当なゲインを乗じて、加速度、及び目標速度を求める。なお、操作モジュール46がアクセル量に基づいて、加速度や

目標速度を算出してもよい。この場合、操作信号として、加速度や目標速度が出力される。

[0047] さらに、制御部80は、右アーム14、及び左アーム16の各関節の角度を制御する。各関節は、それぞれ独立して駆動する。右アーム14、及び左アーム16が駆動することによって、移動体100の姿勢が変化する。すなわち、制御部80は、移動体100の高さ、及び左右方向の傾斜角を制御する。

[0048] 例えば、右アーム14、又は左アーム16を駆動すると、台座70を左右方向に傾斜させることができる。即ち、移動体100の車体12をロール方向(前方推進方向に平行な移動体100の前後軸周りに)に自立的に揺動傾斜させることができる。例えば、右アーム14の上関節モータ66、及び下関節モータ65を駆動し、右アーム14をくの字型に屈曲させる。具体的には、上関節モータ66、及び下関節モータ65を反対方向に一定角度回転させる。これにより、回転軸C3と、回転軸C1とが接近する。移動体100の右側の車高が低くなる。このように、右アーム14と左アーム16とを独立して駆動することによって、搭乗者の乗り心地を向上させることができる。具体的には、傾斜や段差がある地面であっても、左右方向において車体12を水平にすることができる。すなわち、左右方向に車体12が傾くのを防ぐことができ、乗り心地を向上させることができる。

[0049] 例えば、水平な地面を走行している間は、右アーム14、及び左アーム16が同じ角度で屈曲している。すなわち、回転軸C1から回転軸C3まで距離と、回転軸C2から回転軸C3までの距離を同じにする。これにより、回転軸C3が水平になり、車体12が左右方向において水平となる。そして、水平な地面を走行中に右駆動輪18が段差に乗り上げたり、地面が傾斜面に変わったりすると、右駆動輪18が左駆動輪20よりも高くなる。回転軸C3が右上がりに傾斜し、車体12が左右方向に傾く。ここで、車体12の左右方向の傾斜を防ぐため、上述のように右アーム14を駆動させる。これにより、右アーム14がくの字状に屈曲して、回転軸C1と回転軸C3とが近づく。一方、左アーム16は伸長しているため、回転軸C2と回転軸C3とは離れている。このため、回転軸C3の傾きが変化して、車体12を水平にすることができる。

[0050] 具体的には、ジャイロセンサ48からの出力によって、車体12が左右方向に傾斜していることが検知される。ジャイロセンサ48からの出力に応じて制御部80が、一方の

アームを駆動する。すなわち、制御部80は、傾斜して高くなっている方のアームを駆動する。例えば、車体12の右側が高くなっている場合、制御部80は、右アーム14の各関節を制御する。下関節モータ65、及び上関節モータ66が駆動して、右アーム14が屈曲する。さらに、車体12の傾斜角に応じた長さだけ、右アーム14を屈曲させる。すなわち、上関節61、及び下関節63を、左右方向における車体12の傾斜角度に応じた回転角度だけ駆動する。これにより、回転軸C3が水平になり左右方向において車体12が水平になる。もちろん、車体12の左側が高くなっている場合、左アーム16を同様に駆動する。このように、右アーム14、及び左アーム16は、車体12の水平方向の傾きを修正するスイングアームとなる。

[0051] さらに、右アーム14と左アーム16との両方を駆動することによって、姿勢を変えることができる。ここでは、算出された加速度、及び目標速度に応じて車高を変えている。すなわち、加速度が大きい場合や目標速度が大きい場合、車高を低くしている。さらに、加速度に応じて、車体12の車軸に対する傾斜角度を変化させている。

[0052] まず、急な加減速を行なう場合について説明する。操作モジュール46で急な操作を行なった場合、現在速度が目標速度に対して離れている。現在速度と目標速度が大きく異なる場合、急な加減速が必要となる。例えば、現在速度に比べて目標速度が十分大きい場合、移動体100を急加速する必要がある。移動体100が急加速する場合、車高を下げる。すなわち、右アーム14、及び左アーム16を駆動して、車軸と、回転軸C3を近づける。さらに、車軸に対する車体12の重心位置が前方に移動するように、右アーム14、及び左アーム16を駆動する。これにより、図3Aに示すように、車体12の重心位置が前側に移動する。なお、図3A、及び図3Bは、移動体100のアームの動作を説明する側面図である。図3Aでは、回転軸C1よりも回転軸C3が前に配置されている。さらに、回転軸C1よりも回転軸C4が後に配置されている。そして、上リンク62が水平方向に近い角度で配置されている。回転軸C1、C2よりも回転軸C3が前方になり、移動体100が前傾姿勢になる。

[0053] 一方、現在速度が目標速度に比べて十分大きい場合、移動体100を急減速する必要がある。この場合、移動体100の後ろ方向の加速度が付与される。移動体100が急減速する場合、車高を下げる。すなわち、車軸と、回転軸C3を近づける。さらに

、車軸に対する車体12の重心位置が後方に移動するように、右アーム14、及び左アーム16を駆動する。これにより、図3Bに示すように、車体12の重心位置が後ろ側に移動する。図3Bでは、回転軸C4が回転軸C1よりも後方に配置されている。また、回転軸C3が回転軸C4よりも後方に配置されている。従って、回転軸C1、C2よりも回転軸C3が後方になり、移動体100が後傾姿勢になる。

[0054] このように、加速度、及び目標速度に応じて車高を調整することで、車軸と車体との距離やイナーシャが変化する。これにより、移動体100の固有周波数を変化させることができる。さらに、目標速度に応じて車高を調整することで、移動体100がその目標速度での走行に適した固有周波数を持つようになる。例えば、車高を下げると俊敏な加減速が可能となり、車高を上げるとゆっくりとした動きになる。すなわち、車高を下げると、車体12が倒れる角速度が高くなるため、駆動輪を速く回転させる必要がある。一方、車高を上げると、車体12が倒れる角速度が低くなるため、駆動輪をゆっくり回転させる必要がある。車高を調整することによって、目標速度に適した倒立振子制御が可能になる。さらに、加速度の方向に応じて、移動体100の傾斜方向を変えている。すなわち、前方向の加速度が与えられる場合、車高を下げるとともに、前傾姿勢にする。すなわち、後方向の加速度が与えられる場合、車高を下げるとともに、後傾姿勢にする。これにより、俊敏な加減速が可能となる。よって、目標速度に到達する時間を短くすることができる。操作者が意図した目標速度に速やかに到達することができるため、制御性を向上することができる。よって、操作に対する応答性を向上することができる。

[0055] 次に、急な加減速を行なわない場合について説明する。操作モジュール46での操作が略一定になると、現在速度が目標速度に追従する。すなわち、目標速度に到達するように加減速されるため、現在速度が目標速度に近くなる。現在速度と目標速度が近い場合、急な加減速は必要なくなり、小さい加速度が算出される。算出された加速度が小さい場合、図3A、及び図3Bに示す状態よりも、車高を上げる。例えば、急な加減速を行なう場合と比べて、右アーム14、及び左アーム16が伸びた状態となる。これにより、回転軸C3から回転軸C1、C2までの距離が離れる。現在速度と目標速度が近い場合、さらに、目標速度に応じて、車高を調整する。これにより、目標速度

に応じて、車軸に対する回転軸C3の距離が変化する。

[0056] そして、現在速度が目標速度を超えている場合、車軸に対する車体12の重心位置を後に移動する。これにより、車体12の重心位置が車軸よりも後ろ側に移動する。すなわち、回転軸C1、C2よりも回転軸C3が後方になり、移動体100が後傾姿勢になる。ここでは、図3Bに示す姿勢よりも、車高は高くなっている。一方、現在速度が目標速度を超えていない場合、車軸に対する車体12の重心位置を前に移動する。これにより、車体12の重心位置が車軸よりも前側に移動する。回転軸C1、C2よりも回転軸C3が前方になり、移動体100が前傾姿勢になる。ここでは、図3Aに示す姿勢よりも、車高は高くなっている。

[0057] このように、移動体100が制御部80で算出された目標速度を超えているか否かによって、姿勢を変化させる。すなわち、現在速度が目標速度よりも大きい場合、車体12が後ろ側に移動する。すると、車体12の重心位置が車軸よりも後に配置されるため、駆動輪の回転速度が低下する。すなわち、倒立振子制御によって、速やかに減速され、現在速度が目標速度に近づく。一方、現在速度が目標速度よりも小さい場合、車体12が前側に移動する。すると、車体12の重心位置が車軸よりも前に配置されるため、駆動輪の回転速度が上昇する。すなわち、倒立振子制御によって、速やかに加速され、現在速度が目標速度に近づく。これにより、従来の倒立振子制御と比べて、移動体100の速度を速やかに変化させることができる。すなわち、駆動輪の制御だけで倒立状態を維持するよりも、移動体100の速度が、目標速度に対して速やかに追従する。よって、ほぼ一定の速度での走行が可能になる。操作に対する応答性を向上することができる。これにより、制御性を向上することができる。例えば、一定の速度で人と並んで移動することができる。

[0058] 次に、制御部80による制御について図4を用いて説明する。図4は、制御部80の制御を説明するためのブロック図である。制御部80は、走行制御モジュール81と、姿勢制御モジュール82とを有している。制御部80は、走行制御モジュール81と姿勢制御モジュール82とを統括的に制御する。走行制御モジュール81は、右輪駆動モータ34と左輪駆動モータ36を制御するアンプを有している。走行制御モジュール81は、右輪駆動モータ34と左輪駆動モータ36とに駆動信号を出力して、右駆動輪18

、及び左駆動輪20をフィードバック制御する。具体的には、右輪エンコーダ52と、左輪エンコーダ54で測定された測定値が走行制御モジュール81に入力される。また、走行制御モジュール81には、倒立を安定させるため、ジャイロセンサ48からの傾斜角速度が入力されている。さらに、走行制御モジュール81には、操作モジュール46による操作の応じた操作信号89が入力される。そして、走行制御モジュール81は、測定値と、操作信号89に応じた指令値と、傾斜角速度とに基づいて、右輪駆動モータ34と左輪駆動モータ36を駆動する。このように、走行制御モジュール81は、右駆動輪18、及び左駆動輪20をフィードバック制御する。これにより、移動体100は、操作モジュール46での操作に応じて移動する。よって、倒立状態で安定して走行することができる。ここでのフィードバック制御としては公知の制御方法を用いることができる。制御部80で算出された目標速度、及び加速度に従って移動体100が走行する。

[0059] 姿勢制御モジュール82は、移動体100の姿勢を制御する。すなわち、姿勢制御モジュール82は、右アーム14、及び左アーム16の各関節のモータを駆動するためのアンプを有している。姿勢制御モジュール82は、制御信号を出力して、右アーム14、及び左アーム16の姿勢を制御する。具体的には、姿勢制御モジュール82には、ジャイロセンサ48から、車体12の傾斜角速度を示す検出信号が入力される。すなわち、ジャイロセンサ48で検出された車体12の傾斜角速度の値が姿勢制御モジュール82に入力される。そして、ジャイロセンサ48で検出された傾斜角速度によって、車体12が左右方向に傾斜していることが検知される。車体12が左右方向に傾斜している場合、右アーム14、又は左アーム16を駆動する。ここでは、車体12が高くなっている方のアームを駆動して、傾斜角度を修正する。すなわち、姿勢制御モジュール82が傾斜角度を打ち消すように一方のアームを制御する。これにより、左右方向における傾斜角度の変化が低減するため、安定して走行することが可能になる。搭乗者の乗り心地を向上することができる。

[0060] さらに、姿勢制御モジュール82は、上記のよう搭乗者による操作に応じて車高を調整している。具体的には、算出された加速度、及び目標速度に応じて両アームを駆動する。これにより、各関節のモータが回転して、所定の角度になる。よって、車高を下げることができる。また、前傾姿勢、又は後傾姿勢にすることができる。

[0061] 次に、図5を用いて本実施の形態にかかる移動体の制御方法について説明する。

図5は、本実施の形態にかかる移動体の制御方法を示すフローチャートである。なお、図5では、姿勢制御モジュール82による姿勢制御について示している。すなわち、図5は、右アーム14、及び左アーム16の駆動制御を説明するためのフローチャートである。

[0062] まず、処理開始後、搭乗者によって操作モジュールが操作されると、その操作に応じたアクセル量を取得する(ステップS101)。具体的には、操作モジュール46の操作レバーの倒れ角や倒れ角の角速度がアクセル量として取得される。そして、制御部80は、アクセル量の大きさに基づいて、移動体100の加速度、及び目標速度を算出する(ステップS102)。例えば、制御部80が、倒れ角、及び倒れ角の角速度にそれぞれ適当なゲインを乗じて、加速度、及び目標速度を算出する。ここで、走行制御モジュール81は、算出された目標速度、及び加速度に基づいて、左輪駆動モータ36、及び右輪駆動モータ34を制御する。目標速度、及び加速度に対応する指令値を駆動信号として出力する。これにより、移動体100は、与えられた加速度で加速、あるいは減速され、目標速度に到達する。すなわち、算出された加速度、目標速度に追従するように移動体100が走行する。現在速度から目標速度になるまで、算出された加速度で移動速度が変化していく。

[0063] なお、目標速度、及び加速度は符号付きで算出される。例えば、移動体100が前進しているときの速度を正の速度とし、移動体100が後退しているときの速度を負の速度とする。加速度に付いても、同様とする。移動体100が前進しているときに、正の加速度が与えられると、移動体100の速度がさらに増加する。すなわち、移動体100を加速したい場合、現在の速度と同じ符号の加速度が与えられる。一方、移動体100が前進しているときに、負の加速度が与えられると、移動体100の速度が低減される。すなわち、移動体100が低速度で移動する場合や、移動体100を停止したい場合、現在速度と反対の符号の加速度が与えられる。反対に、移動体100を加速したい場合、現在速度と同じ符号の加速度が与えられる。

[0064] そして、算出された加速度に基づいて、急動作を行なうか否かを判定する(ステップS103)。急動作を行なう場合、現在の速度から急激に移動体100の速度が変化する

ため、加速度を大きくする必要がある。よって、算出された加速度に基づいて急動作を行なう否かを判定することができる。具体的には、姿勢制御モジュール82は、加速度が一定範囲内に収まっているか否かを判定する。そして、加速度が一定範囲内に収まっていない場合、急動作を行なうと判定する。一方、加速度が許容範囲内に収まっている場合、急動作を行なわないと判定する。例えば、姿勢制御モジュール82には、加速度に対するしきい値が設定されている。そして、しきい値と加速度の絶対値を比較することによって、急動作を行なうか否かを判定する。すなわち、加速度の絶対値がしきい値よりも大きい場合、急な加速、あるいは急な減速が行なわれる。加速度の絶対値がしきい値を超えた場合、急動作を行なうと判定する。急動作を行なう場合、左輪駆動モータ36、及び右輪駆動モータ34の駆動によって、右駆動輪18、及び左駆動輪20の回転速度が急激に変化する。

[0065] 急動作を行なうと判定した場合、車高を決定する(ステップS104)。急動作を行なう場合、車高を下げる。すなわち、現在の車高よりも低くなるように、車高を決定する。ここでは、例えば、予め設定されている車高に決定される。具体的には、ステップS102で算出された目標速度に基づいて、予め設定されている複数の車高から1つの車高を選択する、このように、算出された目標速度に基づいて、車高を決定する。もちろん、加速度に基づいて、車高を決定してもよい。さらには、加速度、及び目標速度の両方に応じて車高を決定してもよい。

[0066] 車高が決定されたら、加速するか、減速するかを判定する(ステップS105)。すなわち、加速度の符号が正であるか、負であるかを判定する。加速度の向きが現在の進行方向と一致した場合、加速すると判定され、反対の場合、減速すると判定される。換言すると、加速度と現在速度とが同じ符号である場合、加速すると判定され、異なる符号である場合、減速すると判定される。

[0067] 加速すると判定された場合、車体の重心を前に移動する(ステップS106)。すなわち、車体12の重心位置を車軸よりも前側にして、移動体100を前傾姿勢にする。ここでは、右アーム14と左アーム16とが駆動して、例えば、図3Aに示す姿勢となる。すなわち、回転軸C1よりも回転軸C3が前方になる。右アーム14、及び左アーム16の駆動によって、回転軸C1に対する車体12の重心位置が、回転軸C3よりも前に進む

。また、移動体100の車高は、ステップS105で決定された高さになる。

[0068] 減速すると判定された場合、車体の重心を後ろに移動する(ステップS107)。すなわち、車体12の重心位置を車軸よりも後ろ側にして、移動体100を後傾姿勢にする。ここでは、右アーム14と左アーム16とが駆動して、例えば、図3Bに示す姿勢となる。すなわち、回転軸C1よりも回転軸C3が後方になる。右アーム14、及び左アーム16の駆動によって、回転軸C1に対する車体12の重心位置が、回転軸C3よりも後ろになる。また、移動体100の車高は、ステップS105で決定された高さになる。

[0069] このように、加速度に基づいて、車軸に対する車体12の重心位置を調整している。具体的には、加速度の向きに応じて、前傾姿勢にするか後傾姿勢にするかを決定している。すなわち、加速度の向きと、右アーム14、及び左アーム16による車体12の移動方向を一致させている。なお、移動体100の姿勢を決定するため、加速度、及び目標速度に対して、車高、及び重心位置を予めマッピングしてもよい。加速度、及び目標速度に応じた複数の姿勢を予め登録しておく。ここでは、それぞれの姿勢に対して加速度、及び目標速度の範囲を対応付ける。すなわち、加速度、及び目標速度の範囲が対応付けられた姿勢を複数記憶しておく。そして、算出された加速度、及び目標速度に基づいて、マップとして登録されている複数の姿勢の中から1つの姿勢が選択される。すなわち、算出された加速度、及び目標速度が含まれる範囲に対応する姿勢を選択する。そして、選択された姿勢になるように、右アーム14と左アーム16とが駆動される。すなわち、姿勢が決定された後、各関節モータが駆動する。具体的には、右アーム14の下関節モータ65と上関節モータ66が駆動して、所定の回転角度になる。もちろん、左アーム16の下関節モータ95と上関節モータ96が駆動して、所定の回転角度になる。これにより、車高、及び車体12の重心位置を調整することができる。

[0070] なお、ステップS106において、右駆動輪18、及び左駆動輪20に対して逆トルクを与える逆トルク制御を行うことが好ましい。すなわち、前傾姿勢にする時、右輪駆動モータ34、及び左輪駆動モータ36が右駆動輪18、及び左駆動輪20に対して逆トルクをそれぞれ与える。右アーム14と左アーム16の駆動によって姿勢が前傾するタイミングで逆トルクを与え、駆動輪の回転を反転させる。具体的には、移動方向に対応

する回転方向で駆動されている右輪駆動モータ34、及び左輪駆動モータ36を逆回転にする。所定の時間だけ、移動体100の後ろ側に右車台17、及び左車台19が移動するような逆トルクを与える。なお、逆トルクを与える時間を予め定めておいてもよい。

[0071] これにより、右車台17、及び左車台19が後退するが、車体12は、後退しない。よって、速やかに、車軸に対する車体12の重心位置を前進させることができる。これにより、車軸に対する車体12の重心位置が前側に移動する時間を短縮することができる。この後、倒立振子制御によって、車輪の回転速度が即座に高くなる。すなわち、走行制御モジュール81でのフィードバック制御によって、車輪の回転速度が高くなる。よって、速やかに加速することができ、キビキビとした移動が可能になる。

[0072] 上記の逆トルク制御による逆トルクの大きさは、例えば、目標速度に応じて変えることができる。すなわち、逆トルクの値と目標速度とを対応付けて記憶しておく。これにより、目標速度に応じた逆トルク値が設定される。そして、予め設定された複数の逆トルク値から目標速度に対応する1つの逆トルク値を選択する。これにより、車体12が前側に移動するとき、左右の駆動輪に対して、目標速度に応じた所定の逆トルクを与えることができる。車高を下げるとともに姿勢が変化するとき、逆トルクが与えられる。これにより、速やかに加速することができる。

[0073] なお、ステップS107において、右駆動輪18、及び左駆動輪20に対して順トルクを与える順トルク制御を行うことが好ましい。すなわち、後傾姿勢にする時、右輪駆動モータ34、及び左輪駆動モータ36が右駆動輪18、及び左駆動輪20に対して順トルクをそれぞれ与えてもよい。すなわち、右アーム14と左アーム16の駆動によって姿勢が後傾するタイミングで、駆動輪の回転速度を上げる。ここで、通常のフィードバック制御でのトルクよりも、後傾するタイミングでのトルクを大きくする。すなわち、後傾するタイミング与えられる順トルク値を大きくする。そして、右輪駆動モータ34、及び左輪駆動モータ36の回転速度を高くする。すなわち、所定の時間だけ、移動体100の前側に右車台17、及び左車台19が移動するようなトルクを与える。

[0074] これにより、右車台17、及び左車台19が前進するが、車体12は、即座に追従しない。よって、速やかに、車軸に対する車体12の重心位置を前進させることができる。

これにより、車軸に対する車体12の重心位置が後ろ側に移動する時間を短縮することができる。この後、倒立振子制御によって、車輪の回転速度が即座に低くなる。すなわち、走行制御モジュール81でのフィードバック制御によって、車輪の回転速度が低くなる。よって、速やかに減速することができる。なお、上記の順トルク制御による順トルクの大きさ、逆トルク制御と同様に予め設定することができる。すなわち、順トルク値を目標速度に応じて設定することができる。

[0075] このように、姿勢が変化するタイミングに応じて、逆トルク制御、又は順トルク制御を行っている。逆トルク値、及び順トルク値は、目標速度、及び加速度に応じて、マッピングされていてもよい。姿勢変化時の逆トルク制御、及び順トルク制御は、走行制御モジュール81でのフィードバック制御に加えて実施する。すなわち、走行制御モジュールでのフィードバック制御でのトルク値に加えて、逆トルク、又は順トルクを与える。従って、逆トルクを与えるときは、フィードバック制御によるトルク値に逆トルク値を加えて、駆動輪に与えるトルクを算出する。この場合、所定の逆トルク値、又は順トルク値に、フィードバック制御でのトルク値を加えたトルクが右輪駆動モータ34、及び左輪駆動モータ36を介して右駆動輪18、及び左駆動輪20に与えられる。

[0076] このように、車体12の重心位置が変化するタイミングに基づいて、逆トルク制御、又は順トルク制御を行う。これにより、姿勢が変化するタイミングと同期して重心位置の移動方向と反対方向に、走行制御モジュール81が右車台17、及び左車台19を移動する。すなわち、姿勢制御モジュール82が姿勢を変化させるタイミングで、走行制御モジュール81が、右輪駆動モータ34、及び左輪駆動モータ36の駆動を制御して、右車台17、及び左車台19を反対方向に移動させる。これにより、速やかに加減速することができる。

[0077] このように、アームの駆動によって姿勢が変化する方向と反対方向のトルクを駆動輪に与える。すなわち、姿勢制御モジュールにおいて姿勢を変える場合、車軸に対する車体12の移動方向と反対に車台が移動するように、駆動輪を駆動させる。これにより、速やかに目標速度に到達することができる。よって、操作に対するレスポンスが高くなり、制御性を向上することができる。

[0078] ステップS103において、図5に示すように、急動作を行なわないと判定された場合

、車高を目標速度に応じて決定する(ステップS108)。すなわち、目標速度に基づいた車高になるように設定される。これにより、例えば、目標速度が高い場合は、車高が低くなり、目標速度が低い場合は、車高が高くなる。

[0079] 次に、現在速度が目標速度を越えているか否かを判定する(ステップS109)。すなわち、現在速度と、算出された目標速度とを比較し、その比較結果に応じて目標速度を越えているか否かを判定する。なお、現在速度は、例えば、エンコーダの出力から求めることができる。なお、このステップでは、加速度の向きに応じて判定してもよい。

[0080] 目標速度を超えていると判定された場合、車体12の重心を後に移動する(ステップS110)。すなわち、車体12の重心位置を車軸よりも後ろ側にして、移動体100を後傾姿勢にする。ここでは、右アーム14と左アーム16とが駆動して、後傾姿勢になる。回転軸C1よりも回転軸C3が後方になる。右アーム14、及び左アーム16の駆動によって、回転軸C1に対する車体12の重心位置が、回転軸C3よりも後ろになる。また、移動体100の車高は、ステップS108で決定された高さになる。

[0081] なお、ステップS110の後傾姿勢とステップS107の後傾姿勢は、異なる姿勢になっている。具体的には、ステップS110での後傾姿勢の度合いは、ステップS107に比べて、小さくなっている。すなわち、ステップS110の後傾姿勢では、ステップS107の後傾姿勢よりも、前後方向における車体12の重心位置が車軸に近くなっている。さらに、ステップS110の姿勢では、ステップS107の姿勢よりも車高が高くなっている。すなわち、ステップS110の姿勢では、ステップS107の姿勢よりも、回転軸C3と車軸との距離が広がっている。よって、ステップS107の後傾姿勢は、ステップS110の後傾姿勢より傾斜している。また、ステップS110においても、ステップS107と同様に、順トルク制御を行ってもよい。ステップS110では、ステップS107において与える順トルク値よりも、低い順トルク値を与える。これにより、安定な倒立状態で、走行することができる。

[0082] 目標速度を超えていないと判定された場合、車体の重心を前に移動する(ステップS111)。すなわち、車体12の重心位置を車軸よりも前側にして、移動体100を前傾姿勢にする。ここでは、右アーム14と左アーム16とが駆動して、前傾姿勢になる。回

回転軸C1よりも回転軸C3が前方になる。右アーム14、及び左アーム16の駆動によって、回転軸C1に対する車体12の重心位置が、回転軸C3よりも前に進む。また、移動体100の車高は、ステップS108で決定された高さになる。

[0083] なお、ステップS111の前傾姿勢とステップS106の前傾姿勢は、異なる姿勢になっている。具体的には、ステップS111での前傾姿勢の度合いは、ステップS106に比べて、小さくなっている。ステップS111の前傾姿勢では、ステップS106の前傾姿勢よりも、前後方向における車体12の重心位置が車軸に近くなっている。さらに、ステップS111の姿勢では、ステップS106の姿勢よりも車高が高くなっている。すなわち、ステップS111の姿勢では、ステップS106の姿勢よりも、回転軸C3と車軸との距離が広がっている。よって、ステップS106の前傾姿勢の傾斜角度は、ステップS111の前傾姿勢での傾斜角度より大きくなる。また、ステップS111においても、ステップS106と同様に、逆トルク制御を行ってもよい。ステップS111では、ステップS106において与える逆トルク値よりも、低い逆トルク値を与える。これにより、安定な倒立状態で、走行することができる。また、ステップS110、及びステップS111においても、マップとして記憶された姿勢の中から選択してもよい。すなわち、加速度、及び目標速度に応じて、関節角度を決定してもよい。

[0084] このように、目標速度に応じて車高を決定することで、車軸と車体12との距離が変化する。すなわち、車高を下げると、車体12が車軸に対して接近する。これにより、車体12の固有周波数が変化するので、状況に応じて固有周波数を最適化することができる。従って、目標速度が変わった場合でも、速やかに目標速度に到達することができる。目標速度での走行に適した姿勢となる。安定走行が可能になり、安全性を高くすることができる。なお、移動体100が後方に移動している場合でも、同様に制御を行うことができる。この場合、上記の説明において、前傾姿勢と後傾姿勢が反対になる。さらに、スイングアーム以外の機構によって、車高、及び姿勢の制御を実行してもよい。また、車高の制御と、姿勢の変化とを、別のアクチュエータによって実行してもよい。例えば、複数の直動関節を設けて、車高、及び姿勢をそれぞれ制御してもよい。また、姿勢制御と走行制御とを独立して行なうことができるので、制御系を簡素化することができる。これにより、簡便に制御性を向上することができる。

[0085] このように、操作モジュールでの操作によって、移動体100に対する搭乗者の意図が推定される。すなわち、操作モジュールでの操作によって、加速(減速)を行いたいのか、このまま定速で移動したいのかが推定される。例えば、算出された加速度に追従するように、右駆動輪18、及び左駆動輪20を回転させ、目標速度に到達させる。加えて、右アーム14、及び左アーム16を駆動して、車体12の姿勢を制御する。具体的には、加速度の向きに車体12を移動させている。これにより、速やかに目標速度に到達することができ、速度変化を滑らかにすることができる。緩急自在な走行が可能になるとともに、キビキビとした加減速を行なうことができる。

[0086] なお、上記の説明では、2輪型の移動体100について説明したが、車輪の数は、これに限られるものではない。1輪型の移動体でもよく、3以上の車輪を有する移動体であってもよい。もちろん、アームの本数は、1本でも、3本以上でもよい。上記の例では、操作者が移動体100に搭乗しているものとして説明したが、これに限るものではない。例えば、遠隔で操縦を行なう移動体に対しても適用することができる。さらに、上記の説明では、搭乗席22を有する移動体100について説明したが、物体運搬用の移動台車であってもよい。もちろん、移動ロボットなどのその他の移動体であってもよい。

産業上の利用可能性

[0087] 車輪の回転によって移動する倒立車輪型移動体、及びその制御方法に対して、広く利用可能である。

請求の範囲

- [1] 操作者の操作に応じて加減速する倒立車輪型移動体であって、
車輪を回転可能に支持する車台と、
前記車輪を回転駆動する第1の駆動部と、
支持部材を介して前記車台に対して回転可能に支持された車体と、
前記支持部材に設けられ、前記倒立車輪型移動体の車高を変化させる第2の駆動部と、
操作者による操作に基づいて算出された加速度に追従するよう、前記第1の駆動部を制御する第1の制御部と、
前記加速度が一定範囲を越えていた場合に、前記車高を下げるるとともに、前記加速度に応じて前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するように、前記第2の駆動部を制御する第2の制御部と、を備える倒立車輪型移動体。
- [2] 前記加速度が一定範囲内である場合に、操作者による操作に基づいて算出された目標速度に応じて、前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するとともに車高が変化するように前記第2の駆動部を制御する請求項1に記載の倒立車輪型移動体。
- [3] 操作者の操作に応じて加減速する倒立車輪型移動体であって、
車輪を回転可能に支持する車台と、
前記車輪を回転駆動する第1の駆動部と、
支持部材を介して前記車台に対して回転可能に支持された車体と、
前記支持部材に設けられ、前記倒立車輪型移動体の車高を変化させる第2の駆動部と、
操作者による操作に基づいて算出された目標速度に前記倒立車輪型移動体が到達するように、前記第1の駆動部を制御する第1の制御部と、
前記目標速度に応じて、前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するとともに車高が変化するように前記第2の駆動部を制御する第2の制御部と、を備える倒立車輪型移動体。
- [4] 前記車体の重心位置が変化するタイミングに応じて、前記車体の重心位置を移動

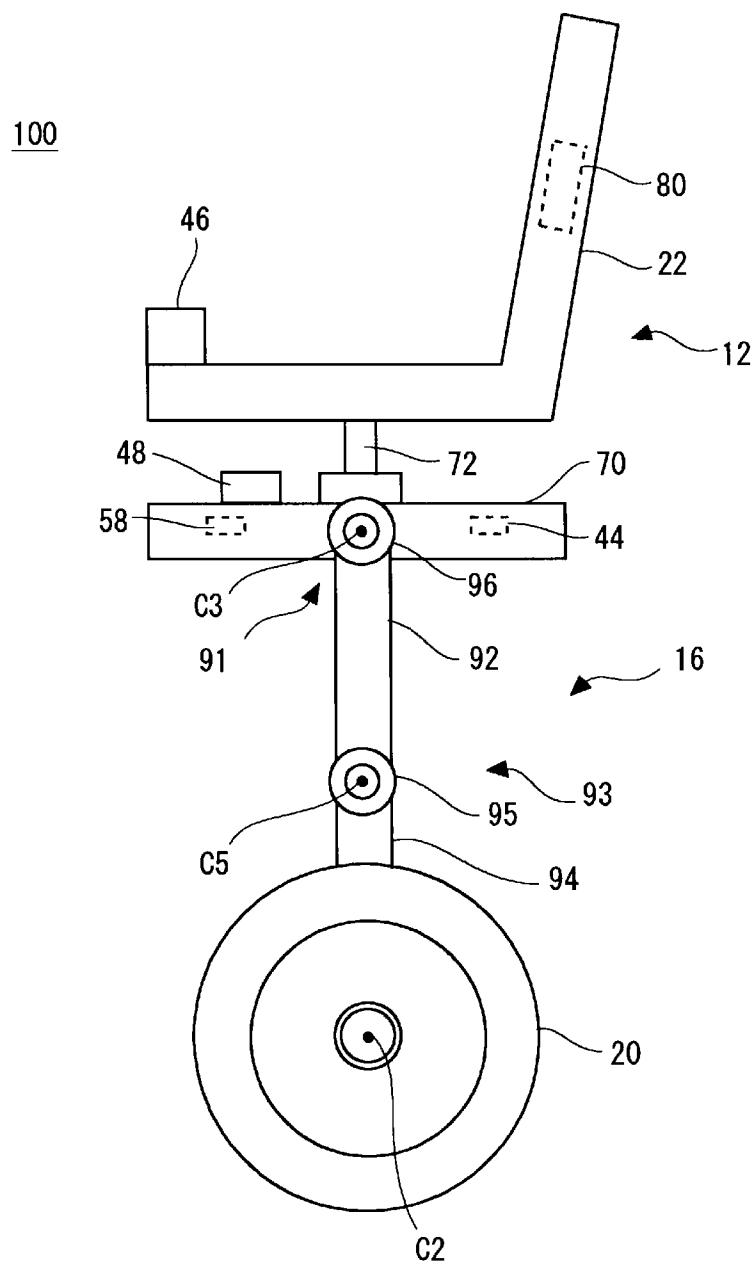
する方向と反対方向に前記車輪が移動するように、前記第1の駆動部が前記車輪に対してトルクを与える請求項1乃至3のいずれかに記載の倒立車輪型移動体。

- [5] 車輪を回転可能に支持する車台と、
前記車輪を回転駆動する第1の駆動部と、
支持部材を介して前記車台に対して回転可能に支持された車体と、
前記支持部材に設けられ、車高を変化させる第2の駆動部と、を備えた倒立車輪型移動体の制御方法であって、
操作者による操作に基づいて加速度を算出するステップと、
前記倒立車輪型移動体が前記加速度に追従するよう、前記第1の駆動部を駆動するステップと、
前記加速度が一定範囲を越えていた場合に、前記車高を下げるとともに前記加速度に応じて前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するように、前記第2の駆動部を駆動するステップと、を備える倒立車輪型移動体の制御方法。
- [6] 前記加速度が一定範囲内である場合に、操作者による操作に基づいて算出された目標速度に応じて、前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するとともに車高が変化するように前記第2の駆動部を制御する請求項5に記載の倒立車輪型移動体の制御方法。
- [7] 車輪を回転可能に支持する車台と、
前記車輪を回転駆動する第1の駆動部と、
支持部材を介して前記車台に対して回転可能に支持された車体と、
前記支持部材に設けられ、車高を変化させる第2の駆動部と、を備えた倒立車輪型移動体の制御方法であって、
操作者による操作に基づいて目標速度を算出するステップと、
前記倒立車輪型移動体が前記目標速度に到達するように、前記第1の駆動部を駆動するステップと、
前記目標速度に応じて、前記車輪の車軸に対する前記車体の重心位置が前後方向に変化するとともに車高が変化するように、前記第2の駆動部を駆動するステップと

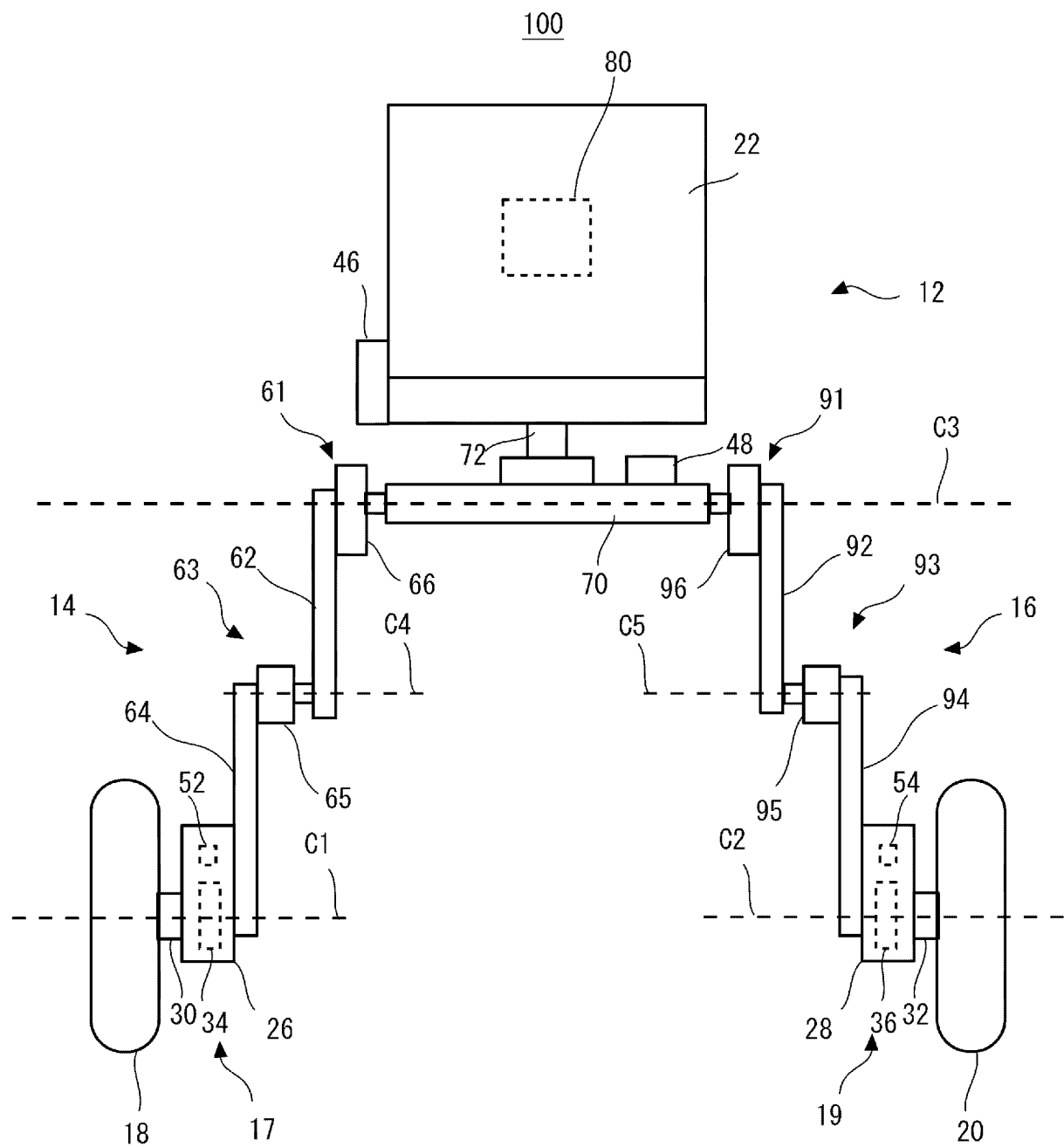
、を備える倒立車輪型移動体の制御方法。

- [8] 前記車体の重心位置が変化するタイミングに応じて、前記車体の重心位置を移動する方向と反対方向に前記車輪が移動するように、前記第1の駆動部が前記車輪にトルクを与える請求項5乃至7のいずれかに記載の倒立車輪型移動体の制御方法。

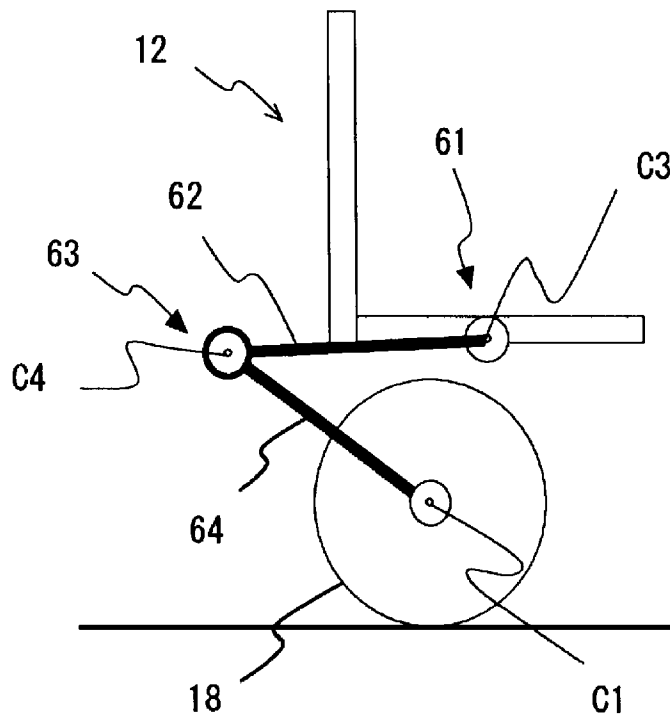
[図1]



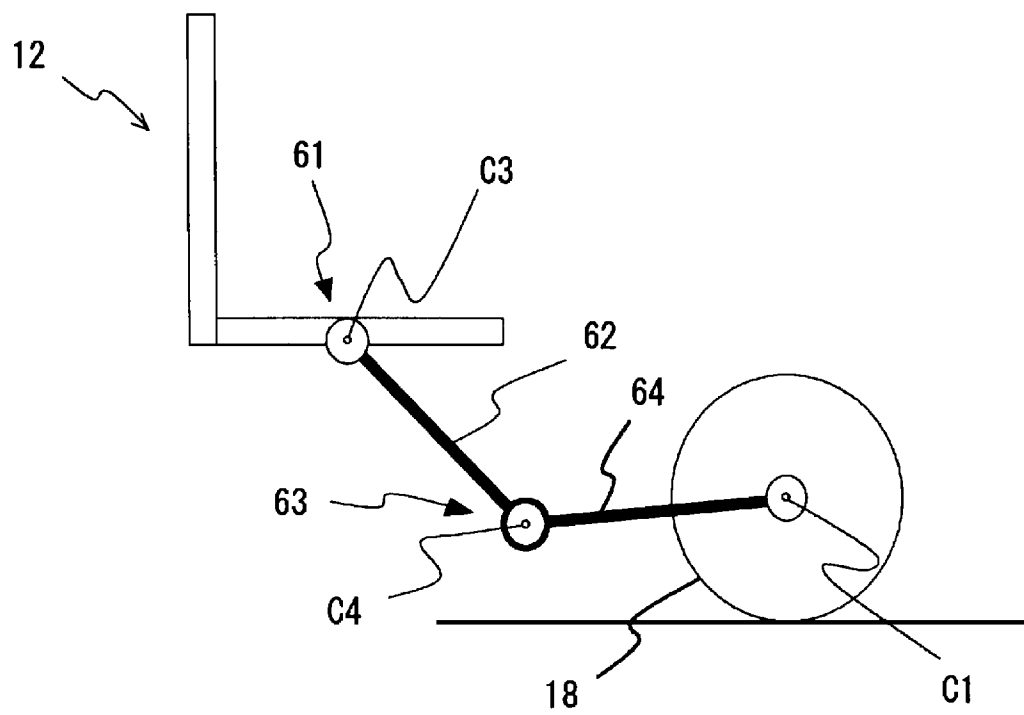
[図2]



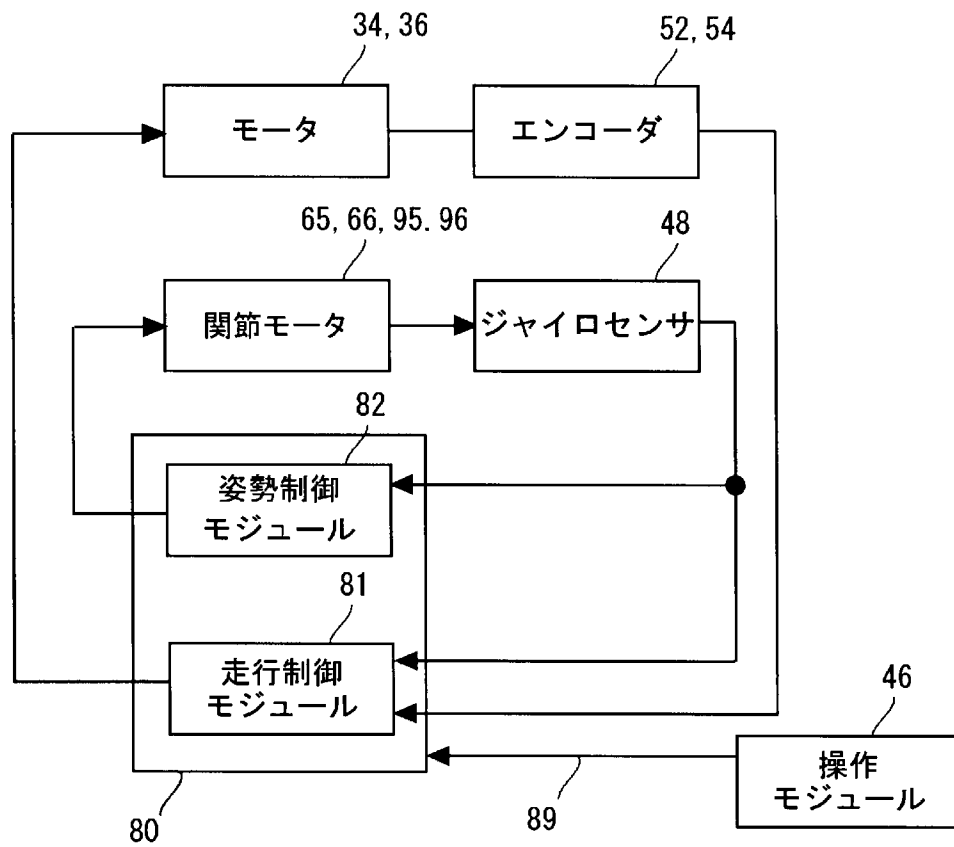
[図3A]



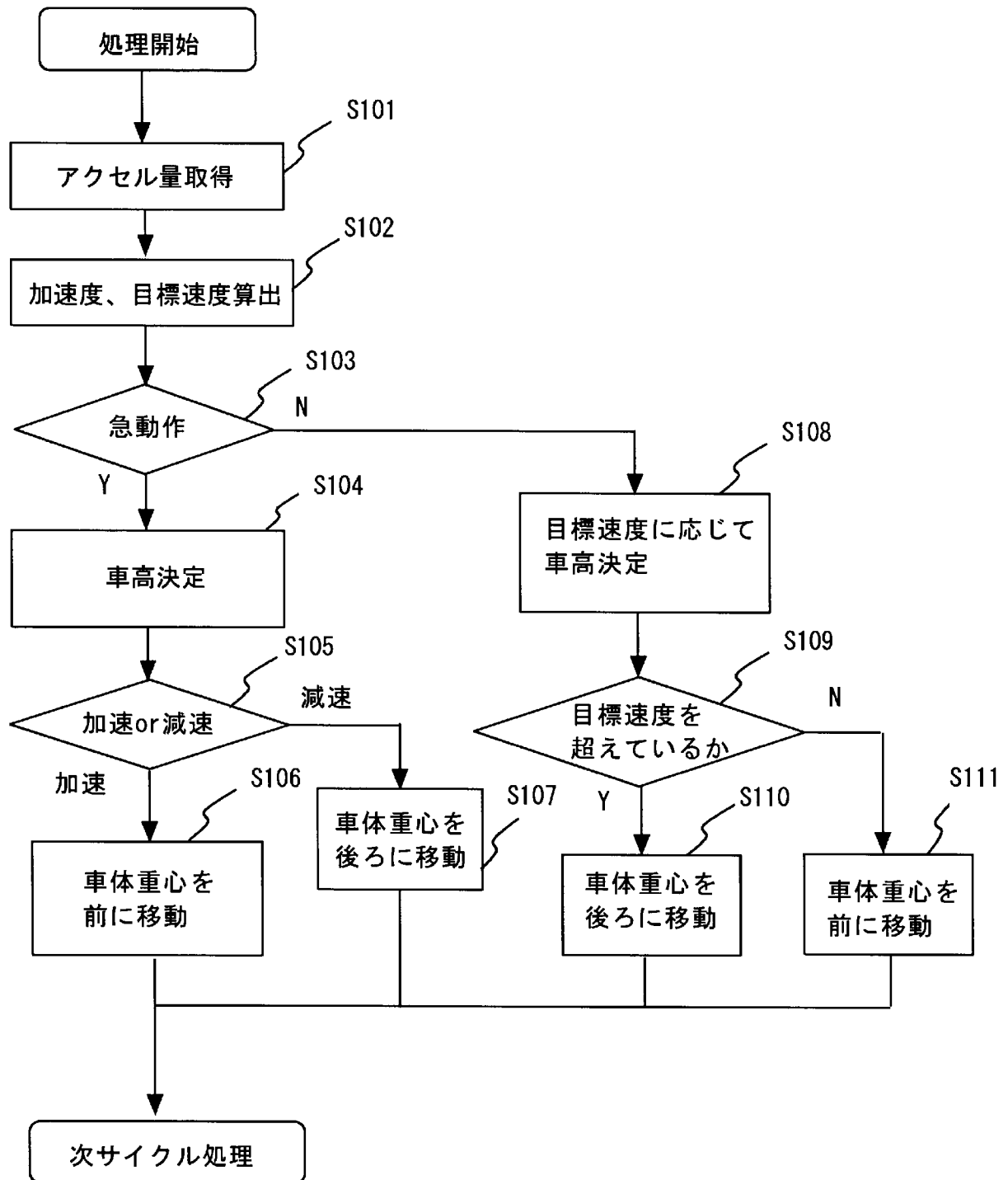
[図3B]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/057910

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62K17/00(2006.01) i, B60L15/00(2006.01) i, B62K3/00(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, B60L15/00, B62K3/00

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	1996-2008
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2008	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2008

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.
A	JP 2003-528756 A (Deka Products Ltd. Partnership), 30 September, 2003 (30.09.03), Par. Nos. [0008] to [0015]; Figs. 1, 2 & US 2001/0001992 A1 & EP 1161214 A1 & WO 2000/054719 A1	1-8
A	JP 2005-112300 A (Toyota Motor Corp.), 28 April, 2005 (28.04.05), Par. Nos. [0010], [0016], [0067] to [0069]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	1-8

☒ 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
28 July, 2008 (28.07.08)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2008 (05.08.08)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/057910

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 8-119175 A (Honda Motor Co., Ltd.), 14 May, 1996 (14.05.96), Par. Nos. [0034], [0035]; all drawings & US 5711390 A & DE 19531953 A & BR 9503833 A & IT 95840696 A	1-8
A	JP 2003-271243 A (Advanced Telecommunications Research Institute International), 26 September, 2003 (26.09.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2007-011634 A (Toyota Motor Corp.), 18 January, 2007 (18.01.07), Full text; all drawings & EP 1788469 A1 & WO 2007/001083 A1 & CN 101040233 A	1-8
A	JP 2006-306375 A (Equos Research Co., Ltd.), 09 November, 2006 (09.11.06), Full text; all drawings & JP 2006-306374 A & WO 2006/095823 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B62K17/00(2006.01)i, B60L15/00(2006.01)i, B62K3/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B62K17/00, B60L15/00, B62K3/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 8 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 8 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 8 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 請求の範囲の番号
A	JP 2003-528756 A（デカ・プロダクツ・リミテッド・パートナーシップ）2003.09.30, 段落 0008—0015, 図 1 及び 2 & US 2001/0001992 A1 & EP 1161214 A1 & WO 2000/054719 A1	1-8
A	JP 2005-112300 A（トヨタ自動車株式会社）2005.04.28, 段落 0010, 0016, 0067-0069, 図 1-3（ファミリーなし）	1-8
A	JP 8-119175 A（本田技研工業株式会社）1996.05.14, 段落 0034, 0035, 全図 & US 5711390 A & DE 19531953 A & BR 9503833 A & IT 95840696 A	1-8

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 8 . 0 7 . 2 0 0 8

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 8 . 2 0 0 8

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

北村 亮

3 D

3 5 2 1

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

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 請求の範囲の番号
A	JP 2003-271243 A (株式会社国際電気通信基礎技術研究所) 2003.09.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2007-011634 A (トヨタ自動車株式会社) 2007.01.18, 全文, 全 図 & EP 1788469 A1 & WO 2007/001083 A1 & CN 101040233 A	1-8
A	JP 2006-306375 A (株式会社エクス・リサーチ) 2006.11.09, 全 文, 全図 & JP 2006-306374 A & WO 2006/095823 A1	1-8