

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 10 月 9 日(09.10.2014)



(10) 国際公開番号

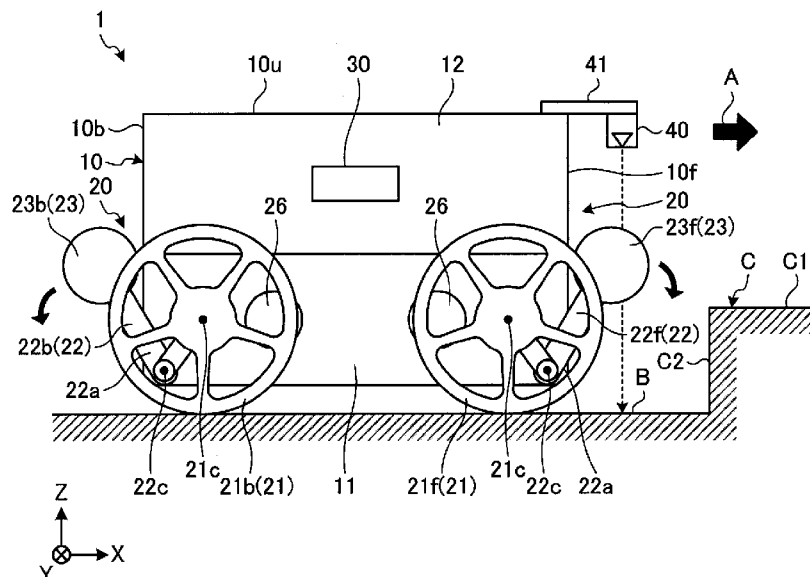
WO 2014/162605 A1

- (51) 国際特許分類:
B62D 57/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/060532
- (22) 国際出願日: 2013 年 4 月 5 日(05.04.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社安川電機(KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 Fukuoka (JP).
- (72) 発明者: 高瀬 善康(TAKASE, Yoshiyasu); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 山口剛(YAMAGUCHI, Go); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 趙 飛(ZHAO, Fei); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP). 猪又 健太郎(INO-MATA, Kentaro); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 5 号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MOBILE OBJECT

(54) 発明の名称: 移動体



(57) Abstract: A mobile object according to an embodiment is provided with a main wheel (21), an arm (22), a sub wheel (23), and a control unit (30). The main wheel (21) is rotatably mounted to a mobile body part (10). The arm (22) is swingably mounted to the mobile body part (10) and has a swing center axis (22c) that is offset with respect to the rotation axis (21c) of the main wheel (21). The sub wheel (23) is rotatably mounted to the leading end (22d) of the arm (22). The control unit (30) controls the operation of the arm (22) according to the state of a road surface (B) to bring the sub wheel (23) into contact with the road surface (B).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/162605 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

実施形態に係る移動体にあつては、主車輪 (21) と、アーム (22) と、副車輪 (23) と、制御部 (30) とを備える。主車輪 (21) は、移動本体部 (10) に回転可能に取り付けられる。アーム (22) は、移動本体部 (10) に揺動可能に取り付けられ、揺動中心軸 (22c) が主車輪 (21) の回転中心軸 (21c) に対してオフセットされる。副車輪 (23) は、アーム (22) の先端部 (22d) に回転可能に取り付けられる。制御部 (30) は、路面 (B) の状態に応じてアーム (22) の動作を制御し、副車輪 (23) を路面 (B) に接地させる。

明 細 書

発明の名称 : 移動体

技術分野

[0001] 開示の実施形態は、移動体に関する。

背景技術

[0002] 従来、車輪を用いた移動機構を備え、車輪で路面を走行して移動する移動体（例えば移動ロボットなど）が知られている。このような移動体は、例えば工場や研究所、オフィスといった様々な場所で、物を運搬したり、ゲストを案内したりといった多様な用途に用いられる。

[0003] 移動体が走行する路面の状態は平坦とは限られず、例えばケーブルの配線や作業レイアウトの都合などから路面に段差があることも多い。そして、かかる段差の高さによっては、車輪を用いた移動機構がこれを乗り越えるのが難しいこともある。

[0004] そこで、段差による制限を受けることなく移動することができる移動機構、例えば無限軌道（クローラ）を備えた移動体や、本体に設けられた伸縮自在な脚部の先に車輪を有する脚車輪機構を備えた移動体が提案されている（例えば特許文献 1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平 1 1 - 5 9 5 1 5 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上記した無限軌道や脚車輪機構のような移動機構を備えた移動体にあっては、構成が複雑になるとともに、大型化してしまうという点で改善の余地があった。また、脚車輪機構などの複雑な機構は、単に車輪を用いた移動機構に比して、平常走行時の移動に多くの動力を要し、走行効率が低下するおそれがあった。

[0007] 実施形態の一態様は、上記に鑑みてなされたものであって、走行効率を維持しつつ、小型でかつ簡素な構成で路面の段差を乗り越えることができる移動体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

[0008] 実施形態の一態様に係る移動体は、主車輪と、アームと、副車輪と、制御部とを備える。主車輪は、移動本体部に回転可能に取り付けられる。アームは、前記移動本体部に揺動可能に取付けられ、揺動中心軸が前記主車輪の回転中心軸に対してオフセットされる。副車輪は、前記アームの先端部に回転可能に取り付けられる。制御部は、路面の状態に応じて前記アームの動作を制御し、前記副車輪を路面に接地させる。

発明の効果

[0009] 実施形態の一態様によれば、移動体において、走行効率を維持しつつ、小型でかつ簡素な構成で路面の段差を乗り越えることができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]図1は、実施形態に係る移動ロボットを示す模式側面図である。
- [図2]図2は、図1に示す移動ロボットにおいてカバーを取り外した状態を示す模式斜視図である。
- [図3]図3は、図2に示す移動ロボットの模式平面図である。
- [図4]図4は、移動ロボットの模式側面図である。
- [図5]図5は、図2に示す主車輪、アーム、副車輪および第1動力伝達機構などを取り出して示す模式斜視図である。
- [図6]図6は、移動ロボットを構成する各要素を模式的に示す模式側面図である。
- [図7A]図7Aは、移動ロボットを模式的に示す模式側面図である。
- [図7B]図7Bは、移動ロボットを模式的に示す模式側面図である。
- [図7C]図7Cは、移動ロボットを模式的に示す模式側面図である。
- [図8]図8は、移動ロボットの構成を示すブロック図である。
- [図9]図9は、図8に示す段差乗り越え制御部の構成を示すブロック図である。

。

[図10]図10は、移動ロボットの段差乗り越え処理手順を示すフローチャートである。

[図11]図11は、位置補正・段差高さ取得処理の概要を示すフローチャートである。

[図12]図12は、移動ロボットの模式平面図である。

[図13A]図13Aは、移動ロボットの模式平面図である。

[図13B]図13Bは、移動ロボットの模式平面図である。

[図14A]図14Aは、移動ロボットの模式平面図である。

[図14B]図14Bは、移動ロボットの模式平面図である。

[図14C]図14Cは、移動ロボットの模式平面図である。

[図15]図15は、移動ロボットの模式側面図である。

[図16]図16は、アーム振り下げ処理の概要を示すフローチャートである。

[図17]図17は、移動ロボットを示す模式側面図である。

[図18]図18は、移動ロボットを示す模式側面図である。

[図19]図19は、移動ロボットを示す模式側面図である。

[図20]図20は、アーム振り上げ処理の概要を示すフローチャートである。

[図21]図21は、移動ロボットを示す模式側面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、添付図面を参照して、本願の開示する移動体の実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0012] また、以下に示す実施形態では、移動体が、車輪を用いる移動機構を備えた移動ロボットであるものとして説明を行う。

[0013] 図1は、実施形態に係る移動ロボット1を示す模式側面図である。また、図2は図1に示す移動ロボット1においてカバー（後述）を取り外した状態を示す模式斜視図であり、図3は図2に示す移動ロボット1の模式平面図である。

- [0014] なお、説明を分かり易くするために、図 1 には、鉛直上向きを正方向とし、鉛直下向きを負方向とする Z 軸、紙面における左右方向を X 軸、紙面手前から奥方向を Y 軸とした 3 次元の直交座標系を図示している。かかる直交座標系は、図 2、3 および後述の説明に用いる他の図面でも示す場合がある。
- [0015] なお、本実施形態の説明において、移動ロボット 1 は、X 軸の正方向を進行方向 A として移動するものとする（図 1 参照）。また、以下において左右あるいは前後などの記載は、移動ロボット 1 の進行方向 A に対する左右方向あるいは前後方向を意味する。
- [0016] 図 1 に示すように、移動ロボット 1 は、移動本体部 10 と、移動部 20 と、制御部 30 とを備える。移動本体部 10 は、フレーム 11 と、カバー 12（図 1 にのみ示す）とを備える。フレーム 11 は、図 2、3 によく示すように、例えば略直方体形状に形成されるとともに、鉛直方向において上面と下面とが開口される。
- [0017] カバー 12 は、詳細な図示は省略するが、例えば中空の略直方体形状に形成され、鉛直方向において下面が開口される。カバー 12 は、下面の開口部分がフレーム 11 の上面の開口部分に合わさるようにしてフレーム 11 に取り付けられる。
- [0018] これにより、移動本体部 10 の内側に内部空間 13 が形成されることとなり、そこには制御部 30 や後述する各種モータなどが収納される。なお、上記したフレーム 11 やカバー 12 の形状は例示であって限定されるものではなく、例えば立方体形状や円盤形状などであってもよい。また、フレーム 11 において下面を開口するようにしたが、例えば下面の開口を底板などで塞ぎ、粉塵などが内部空間 13 に侵入するのを防止するように構成してもよい。
- [0019] 移動部 20 は、主車輪 21 と、アーム 22 と、副車輪 23 とを備える。本実施形態に係る移動ロボット 1 にあっては、前側のアーム 22 を動作させて副車輪 23 を路面 B にある段差 C の段差面 C1 に乗せ、さらにその副車輪 23 を押し下げて移動本体部 10 を持ち上げつつ前進することで、段差 C を乗

り越えるようにしている。また、移動本体部 10 を持ち上げる際、後側のアーム 22 を振り下げて副車輪 23 を路面 B に接地させ、さらにその副車輪 23 を押し下げること、移動本体部 10 の姿勢を水平に保ちつつ、段差 C を乗り越えるようにしている。

[0020] 以下詳説すると、主車輪 21 は、進行方向 A において移動本体部 10 の前方の左右側面、および後方の左右側面にそれぞれ回転可能に取り付けられる。なお、以下においては、移動本体部 10 の前方の一对の主車輪 21 を「前輪 21 f」、後方の一对の主車輪 21 を「後輪 21 b」という場合もある。

[0021] 主車輪 21 には、それぞれ 1 対 1 で対応付けられた駆動用モータ（駆動源）24 が接続される。駆動用モータ 24 の駆動力は対応する主車輪 21 へ伝達され、主車輪 21 は正転方向あるいは逆転方向へ回転駆動する。

[0022] したがって、主車輪 21 はいずれも駆動輪として機能し、それぞれが独立して駆動する。そのため、例えば駆動用モータ 24 による主車輪 21 の回転速度を左右で異ならせることで、移動本体部 10 の進行方向 A の向きを変えることもできる。上記した駆動用モータ 24 は、移動本体部 10 の内部に収納される。

[0023] 上記の如く、移動ロボット 1 の移動部 20 は、四輪駆動方式を採っている。なお、移動部 20 は、四輪駆動方式でなくともよく、例えば、前後輪 1 輪ずつの二輪駆動方式や、前 2 輪、後ろ 1 輪などの三輪駆動方式であってもよい。

[0024] ここで、駆動用モータ 24 のそれぞれは、移動本体部 10 に収納された制御部 30 によって個別に制御される。なお、制御部 30 の配置位置は図示した例に限られるものではなく、例えば、移動ロボット 1 とは分離され、無線通信などを介して遠隔制御を行うように配置されてもよい。制御部 30 の構成の詳細については、図 8 を用いて後述する。

[0025] また、図 1 などで図示を省略するが、駆動用モータ 24 には、それぞれエンコーダ 25（図 8 参照）が取り付けられる。エンコーダ 25 から出力された、駆動用モータ 24 の回転量や回転角度を示すエンコーダ値は、制御部 3

0へ出力される。

[0026] アーム22は、長尺の板状に形成され、その内部は中空とされる。また、アーム22は、基端部22a（図1参照）が、進行方向Aにおいて移動本体部10の前方の左右側面、および後方の左右側面にそれぞれ揺動可能に取り付けられる。また、アーム22はそれぞれ、上記した主車輪21に対応するような位置に取り付けられる。なお、以下においては、移動本体部10の前方の一对のアーム22を「前アーム22f」、後方の一对のアーム22を「後アーム22b」という場合もある。

[0027] ここで、アーム22の取り付け位置について図4を参照しつつ説明する。図4は、移動ロボット1の模式側面図である。なお、図4では、説明を分かりやすくする観点から、アーム22を直線で表すなどして、移動ロボット1をごく模式的に示している。

[0028] 図4に示すように、アーム22は、揺動中心軸22cが主車輪21の回転中心軸21cに対してオフセットされて、移動本体部10に取り付けられる。詳しくは、アーム22の揺動中心軸22cは、主車輪21の回転中心軸21cよりも鉛直方向（Z軸方向）において下方にオフセットされる。

[0029] 具体的には、主車輪21の直径を D_m 、主車輪21の回転中心軸21cから揺動中心軸22cまでの鉛直下向き方向におけるオフセット量を D_z とした場合、オフセット量 D_z は、例えば $D_m/2$ よりも小さい値に設定される。また、好ましくはオフセット量 D_z は、例えば $D_m/4$ に設定される。

[0030] また、アーム22の揺動中心軸22cは、側面視において主車輪21の回転中心軸21cよりも移動本体部10の端面側にオフセットされる。具体的には、前アーム22fは、揺動中心軸22cが、主車輪21の回転中心軸21cよりも移動本体部10の前面10f側にオフセットされる。他方、後アーム22bは、揺動中心軸22cが、主車輪21の回転中心軸21cよりも移動本体部10の後面10b側にオフセットされる。

[0031] また、回転中心軸21cから揺動中心軸22cまでのオフセット距離を D_a とした場合、オフセット距離 D_a は、例えば $D_m/2$ よりも小さい値に設定さ

れる。また、好ましくはオフセット距離 D_a は、例えば $D_m/4$ に設定される。なお、上記では、オフセット量 D_z およびオフセット距離 D_a を具体的に示したが、これはあくまでも例示であって、限定されるものではない。

[0032] 上記のように、アーム22の揺動中心軸22cが主車輪21の回転中心軸21cに対してオフセットされることから、アーム22が揺動するためのスペース（破線E1で示す）を減少させることができ、結果として移動ロボット1を小型化することができる。

[0033] すなわち、移動ロボット1は、後述するように、例えば段差Cを乗り越えた後にも、後アーム22bの後副車輪23b（後述）が、段差Cの進行方向手前側の路面Bに接地される。そのため、後アーム22bの長さはそのような場面に対応できるような値に設定される。同様に、移動ロボット1が例えば段差Cを降りる場合も、前アーム22fの前副車輪23f（後述）が先に段差Cの下側の路面Bに接地されるため、前アーム22fの長さはそのような場面に対応できるような値に設定される。

[0034] したがって、図4に想像線で示す如く、例えば仮にアームの揺動中心軸が、主車輪21の回転中心軸21cと同軸であった場合、段差Cの昇降時に副車輪23を路面Bに接地させるには、アームの長さを、オフセットされたアーム22に比して長くする必要が生じる。その場合のアームが揺動するためのスペースは、破線E2で示すような大きさとなる。

[0035] これに対し、本実施形態におけるアーム22にあっては、揺動回転軸22cが主車輪21の回転中心軸21cに対してオフセットされることから、アーム22の揺動スペースE1を、同軸とされた場合のアームの揺動スペースE2に比して小さくすることができる。特に、アーム22を振り上げたときの揺動スペースE1をE2に比して小さくすることができる。よって、結果的に高い段差乗り越え性能を維持しつつ、移動ロボット1を小型化することができる。

[0036] また、移動ロボット1は、平常走行時には主車輪21を駆動して移動するため、例えば脚車輪機構などの複雑な移動機構を備えた移動ロボットに比し

て、走行効率を維持しつつ、簡素な構成で路面Bの段差Cを乗り越えることができる。

[0037] アーム22の説明を続けると、アーム22は、図3に示すように、Z軸方向視（上面視）において移動本体部10の側面と主車輪21との間に配置される。

[0038] アーム22には、それぞれ1対1で対応付けられたアーム用モータ26が第1動力伝達機構27（図1で見えず）を介して接続される。アーム用モータ26のそれぞれは、駆動用モータ24と同様、制御部30によって個別に制御される。

[0039] アーム用モータ26は、図3に示すように、本体部26aの一部が移動本体部10の外側に露出するようにして、移動本体部10の側面に固定される。このとき、アーム用モータ26の本体部26aにおける出力側は、移動本体部10の内部空間13に位置される。また、第1動力伝達機構27は、移動本体部10の内部に収納される。

[0040] 図5は、図2に示す主車輪21、アーム22、副車輪23および第1動力伝達機構27などを取り出して示す模式斜視図である。なお、図5では、進行方向Aにおいて移動本体部10の右前方の主車輪21（前輪21f）やアーム22（前アーム22f）などを示している。以下では、図5に基づいてアーム22や第1動力伝達機構27などの構成を説明するが、移動本体部10の前後左右に設けられるアーム22などは略同一の構成であるため、以下の説明は、移動本体部10の左前方や後方に設けられるアーム22などにも妥当する。

[0041] 図5に示すように、第1動力伝達機構27は、駆動プーリ27aと、従動プーリ27bと、中間軸27cと、第1ベルト27d1と、第2ベルト27d2とを備える。駆動プーリ27aは、アーム用モータ26の出力軸（図示せず）に接続される。

[0042] 従動プーリ27bは、アーム22の基端部22aに接続される。このとき、従動プーリ27bは、移動本体部10の側面に穿設された挿通孔（図示せ

ず) を通って、アーム 22 の基端部 22a に接続される。したがって、アーム 22 は、移動本体部 10 の外側に位置され、従動プーリ 27b は、移動本体部 10 の内側（内部空間 13）に位置されることとなる。

[0043] 中間軸 27c は、移動本体部 10 に回転可能に支持される。また、中間軸 27c は、一端に第 1 中間プーリ 27c1 が設けられる一方、他端に第 2 中間プーリ 27c2 が設けられる。上記した駆動プーリ 27a と、従動プーリ 27b と、中間軸 27c の第 1、第 2 中間プーリ 27c1, 27c2 とは、互いの回転中心軸が略平行とされる。

[0044] なお、上記した「平行」や後述する「水平」などの語句は、必ずしも数学的に厳密な精度を必要とするものではなく実質的な公差や誤差などについては許容されるものである。

[0045] 第 1 ベルト 27d1 は、駆動プーリ 27a および第 1 中間プーリ 27c1 に巻き掛けられる。また、第 2 ベルト 27d2 は、第 2 中間プーリ 27c2 および従動プーリ 27b に巻き掛けられる。

[0046] これにより、アーム用モータ 26 の駆動力は、駆動プーリ 27a、第 1 ベルト 27d1 を介して中間軸 27c の第 1 中間プーリ 27c1 へ伝達され、中間軸 27c が回転される。そして、中間軸 27c の回転に伴って第 2 中間プーリ 27c2 も回転し、その回転力は、第 2 ベルト 27d2、従動プーリ 27b を介してアーム 22 へ伝達され、よってアーム 22 は揺動中心軸 22c 回りに揺動させられる。

[0047] したがって、各プーリの直径を適宜に設定することで、アーム用モータ 26 の回転駆動力を第 1 動力伝達機構 27 で減速して、アーム 22 へ伝達することができる。具体的に例えば、駆動プーリ 27a の直径を第 1 中間プーリ 27c1 のそれよりも小さくし、第 2 中間プーリ 27c2 の直径を従動プーリ 27b のそれよりも小さく設定するなどして、第 1 動力伝達機構 27 を減速機構として機能させる。

[0048] なお、上記ではアーム用モータ 26 の回転駆動力を第 1 動力伝達機構 27 で減速するようにしたが、これに限定されるものではなく、例えば減速させ

ずに、あるいは増速させてアーム 22 へ伝達するようにしてもよい。

[0049] また、アーム 22 同士は、互いに異なるアーム用モータ 26 が接続されることから、それぞれが独立して駆動することができる。したがって、例えば高さ S が左右で相違する段差 C であっても、左右の前アーム 22 f の動作をその高さ S に応じて個別に制御することで、それぞれの前副車輪 23 f を段差 C の段差面 C1 に乗せて、段差 C を乗り越えることも可能となる。

[0050] また、図 1 などで図示を省略するが、アーム用モータ 26 には、それぞれエンコーダ 28（図 8 参照）が取り付けられる。エンコーダ 28 から出力された、アーム用モータ 26 の回転量や回転角度を示すエンコーダ値は、制御部 30 へ入力される。

[0051] 副車輪 23 は、アーム 22 の先端部 22 d に回転自在に取り付けられる。副車輪 23 は、図 3 に示すように、Z 軸方向視（上面視）においてアーム 22 と主車輪 21 との間に配置される。なお、以下においては、移動本体部 10 の前方の一对の副車輪 23 を「前副車輪 23 f」、後方の一对の副車輪 23 を「後副車輪 23 b」という場合もある。

[0052] また、アーム 22 および副車輪 23 は、図 1 に示すように、アーム 22 が振り上げられて、副車輪 23 が路面 B から離間した位置を「初期位置」として設定される。そして、副車輪 23 は、後述の如く、移動ロボット 1 が段差 C を昇降する動作を行う場合に、アーム 22 が振り下げられ路面 B に接地するように構成される。

[0053] 図 5 に示すように、副車輪 23 には、それぞれ対応する主車輪 21 用の駆動用モータ 24 が第 2 動力伝達機構 29 を介して接続される。第 2 動力伝達機構 29 は、移動本体部 10 の外側に配置され、その一部はアーム 22 の内部の中空部分に位置される。

[0054] 具体的に第 2 動力伝達機構 29 は、駆動プーリ 29 a と、従動プーリ 29 b と、中間軸 29 c と、第 1 ベルト 29 d 1 と、第 2 ベルト 29 d 2 とを備える。駆動プーリ 29 a は、主車輪 21 の車軸 21 d を介して駆動用モータ 24 の出力軸（図示せず）に接続される。

- [0055] 従動プーリ 29 b は、副車輪 23 の車軸 23 d に接続される。また、従動プーリ 29 b は、アーム 22 の内部の中空部分に位置される。
- [0056] 中間軸 29 c は、移動本体部 10 に回転可能に支持される。また、中間軸 29 c は、一端に第 1 中間プーリ 29 c 1 が設けられ、他端に第 2 中間プーリ 29 c 2 が設けられる。中間軸 29 c の第 2 中間プーリ 29 c 2 は、従動プーリ 29 b と同様、アーム 22 の内部の中空部分に位置される。上記した駆動プーリ 29 a と、従動プーリ 29 b と、中間軸 29 c の第 1、第 2 中間プーリ 29 c 1, 29 c 2 とは、互いの回転中心軸が略平行とされる。
- [0057] 第 1 ベルト 29 d 1 は、駆動プーリ 29 a および第 1 中間プーリ 29 c 1 に巻き掛けられる。また、第 2 ベルト 29 d 2 は、第 2 中間プーリ 29 c 2 および従動プーリ 29 b に巻き掛けられる。上記したように第 2 中間プーリ 29 c 2 と従動プーリ 29 b とは、アーム 22 の中空部分に位置されるため、この第 2 ベルト 29 d 2 もアーム 22 の中空部分に位置される。
- [0058] このように、第 2 動力伝達機構 29 の一部をアーム 22 の中空部分に配置したことから、アーム 22 および第 2 動力伝達機構 29 の配置スペース（占有スペース）を小さくすることができ、結果として移動ロボット 1 全体を小型化することができる。
- [0059] 上記のように構成された第 2 動力伝達機構 29 においては、駆動用モータ 24 の駆動力は、主車輪 21 の車軸 21 d、駆動プーリ 29 a、第 1 ベルト 29 d 1 を介して中間軸 29 c の第 1 中間プーリ 29 c 1 へ伝達され、中間軸 29 c が回転される。中間軸 29 c の回転に伴って第 2 中間プーリ 29 c 2 も回転し、その回転力は、第 2 ベルト 29 d 2、従動プーリ 29 b、車軸 23 d を介して副車輪 23 へ伝達され、よって副車輪 23 は回転中心軸 23 c 回りに回転させられる。
- [0060] したがって、各プーリの直径を適宜に設定することで、駆動用モータ 24 の回転駆動力を第 2 動力伝達機構 29 で減速して、副車輪 23 へ伝達することができる。具体的に例えば、駆動プーリ 29 a の直径を第 1 中間プーリ 29 c 1 のそれよりも小さくし、第 2 中間プーリ 29 c 2 の直径を従動プーリ

29bのそれよりも小さく設定するなどして、第2動力伝達機構29を減速機構として機能させる。

[0061] なお、上記では駆動用モータ24の回転駆動力を第2動力伝達機構29で減速するように構成したが、これは例示であって限定されるものではなく、例えば減速させずに、あるいは増速させて副車輪23へ伝達するようにしてもよい。

[0062] このように、駆動用モータ24は、対応する主車輪21および副車輪23の両方に接続され、主車輪21および副車輪23を駆動する。すなわち、駆動用モータ24が、主車輪21の駆動源、副車輪23の駆動源として兼用されることから、副車輪23専用のモータを不要にでき、その分移動ロボット1を小型化することができる。

[0063] また、副車輪23同士は、互いに異なる駆動用モータ24に接続されることから、副車輪23はいずれも駆動輪として機能し、またそれぞれが独立して駆動することができる。そのため、例えば段差Cを乗り越えているときに、副車輪23の回転速度を左右で異ならせることで、段差Cを乗り越えながら移動本体部10の進行方向Aの向きを変えるなどの動作も可能となる。

[0064] なお、第2動力伝達機構29の構成は、上記に限定されるものではなく、例えば駆動用モータ24と副車輪23との間にクラッチを介挿してもよい。これにより、例えば移動ロボット1が段差Cを昇降する場合に限って、クラッチで駆動用モータ24と副車輪23とを接続し、副車輪23を回転駆動させるようにすることができる。

[0065] 図1に示すように、移動ロボット1はさらに、路面Bの段差Cを検出する段差検出部40を備える。段差検出部40は、複数個（例えば2個。図1において1個見えず）あり、移動本体部10の上面10u（正確にはカバー12の上面）に取付部材41を介して取り付けられる。なお、図3において、移動本体部10に対する段差検出部40の位置を想像線で示した。また、上記では、段差検出部40を2個備えるように構成したが、これに限定されるものではなく、例えば1個あるいは3個以上であってもよい。

[0066] 具体的に段差検出部40は、図3に示すように、進行方向Aにおいて移動本体部10の前方の左右側にそれぞれ取り付けられる。詳しくは、段差検出部40は、移動本体部10の前面10fから進行方向A側へ離間した位置に配置される。

[0067] 段差検出部40としては、例えば取付部材41の取付位置から路面Bまでの距離（図1に破線の矢印で示す）を測定するレーザ変位計を用いることができる。段差検出部40から出力される、路面Bまでの距離を示す信号は、制御部30へ入力される。制御部30では、入力された信号に基づいて段差Cの高さを算出し、その高さがしきい値より大きい場合、段差検出部40の直下に段差Cがあると判定する。

[0068] なお、上記では、段差検出部40としてレーザ変位計を例に挙げたが、これに限定されるものではなく、例えば静電容量センサなどを用いて路面Bまでの距離を測定するようにしてもよい。また、段差検出部40が例えばカメラなどを備えるようにし、カメラで撮像された画像を解析することで、段差Cを検出してもよい。

[0069] ここで、上記のような移動ロボット1を構成する各要素の設計要件について説明する。図6は、移動ロボット1を構成する各要素を模式的に示す模式側面図である。なお、図6および以降の図では、理解の便宜のため、移動本体部10を省略したり、アーム22を直線で表すなどして、移動ロボット1を簡略化して示す。

[0070] 移動ロボット1の各構成要素のパラメータを、図6に示す記号で定義する。具体的には、下記のように、

D_m : 主車輪21の直径

D_s : 副車輪23の直径

D_z : 主車輪21の回転中心軸21cからアーム22の揺動中心軸22cまでのZ軸方向（鉛直下向き方向）におけるオフセット量

D_x : 主車輪21の回転中心軸21cからアーム22の揺動中心軸22cまでのX軸方向におけるオフセット量

L_a : アーム 2 2 の長さ

θ_f : 前アーム 2 2 f と水平面 (X Y 平面) とのなす角度

θ_b : 後アーム 2 2 b と水平面 (X Y 平面) とのなす角度

S : 段差 C の高さ

である。また、図 6 に示していないが後述する式で用いる値として、

θ_{fs} : 前副車輪 2 3 f が段差 C に接したときの前アーム 2 2 f と水平面 (X Y 平面) とのなす角度

θ_{bs} : 後副車輪 2 3 b が段差 C に接したときの後アーム 2 2 b と水平面 (X Y 平面) とのなす角度

とおく。

[0071] 移動ロボット 1 が高さ S の段差 C を昇降するために、各パラメータは、以下の式 (1) ~ (6) で表される 6 つの条件を満たすように設定される。各条件について図 7 A ~ 7 C を参照しつつ説明する。図 7 A ~ 7 C は、移動ロボット 1 の各要素を模式的に示す模式側面図である。

[0072] (条件 1)

前副車輪 2 3 f が段差 C に乗り上げたときの前副車輪 2 3 f の下端 2 3 f 1 の位置が前輪 2 1 f の前端 2 1 f 1 より前方にあること (図 7 A 参照)。この条件 1 は、下記の式 (1) で表される。

[数1]

$$D_m/2 < D_x + L_a \cos \theta_{fs} \quad \dots (1)$$

[0073] (条件 2)

前副車輪 2 3 f が段差 C に乗り上げるため、前副車輪 2 3 f の下端 2 3 f 1 が段差 C より高い位置に到達できること (図 7 A 参照)。この条件 2 は、下記の式 (2) で表される。

[数2]

$$D_m/2 - D_z + L_a - D_s/2 > S \quad \dots (2)$$

[0074] (条件 3)

前アーム 22 f の揺動中心軸 22 c が前輪 21 f の下端 21 f 2 より鉛直方向において上方にあること（図 7 A 参照）。この条件 3 は、下記の式（3）で表される。

[数3]

$$D_z < D_m / 2 \quad \cdots (3)$$

[0075]（条件 4）

前副車輪 23 f が段差 C に乗り上げたときの位置から、想像線で示すような前輪 21 f の真下に来るまで、前輪 21 f の回転中心軸 21 c と前副車輪 23 f の下端 23 f 1 との距離（矢印 G）が、前輪 21 f の半径より常に大きいこと（図 7 B 参照）。この条件 4 は、下記の式（4）で表される。

[数4]

$$D_m / 2 < \sqrt{(D_x + L_a \cos \theta_f)^2 + (-D_z + L_a \sin \theta_f - D_s / 2)^2} \quad \cdots (4)$$

[0076]（条件 5）

前輪 21 f と後輪 21 b とがともに段差 C に乗り上げた状態で、後副車輪 23 b を振り下げて段差 C の進行方向手前側の路面 B に接地したときに、後副車輪 23 b の前端 23 b 1 が後輪 21 b の下端 21 b 1 よりも後側（具体的には X 軸方向において負側）にあること（図 7 C 参照）。この条件 5 は、下記の式（5）で表される。

[数5]

$$0 < D_x + L_a \cos \theta_{bs} - D_s / 2 \quad \cdots (5)$$

[0077]（条件 6）

前輪 21 f と後輪 21 b とがともに段差 C に乗り上げた状態で、後副車輪 23 b の下端 23 b 2 が段差 C の進行方向手前側の路面 B より低い位置に到達できること（図 7 C 参照）。この条件 6 は、下記の式（6）で表される。

[数6]

$$D_z + L_a + D_s / 2 - D_m / 2 > S \quad \cdots (6)$$

[0078] 移動ロボット 1 は、各構成要素のパラメータが上記した条件 1 ～ 6 を満た

すように設定されることで、高さSの段差Cを昇降することができる。

[0079] 次いで、制御部30について図8を参照しつつ説明する。図8は、移動ロボット1の構成を示すブロック図である。

[0080] なお、図8では、本実施形態の説明にあたり必要な構成要素のみを示しており、一般的な構成要素についての記載を省略している。また、複数の構成要素（例えば、駆動用モータ24やアーム用モータ26）については、図示の簡略化のため、1つのブロックにまとめて示すが、実際には複数の構成要素が個別に制御されることは前述した通りである。

[0081] 図8に示すように、移動ロボット1の制御部30は、移動ロボット1の動作を制御する制御装置であり、例えばコンピュータなどからなる。制御部30は、例えば図示しない上位コントローラ（もしくは操作者）から、移動本体部10の前進、後進、旋回、段差乗り越えなどの操作指令が入力され、入力された操作指令に応じて駆動用モータ24やアーム用モータ26などの動作を制御する。なお、制御部30は、上記した操作指令によらずに、前後進、旋回、段差乗り越えなどを行うように構成してもよい。

[0082] 制御部30は具体的に、駆動輪制御部31と、段差乗り越え制御部32とを備える。駆動輪制御部31は、段差乗り越え制御部32と通信可能に接続されるとともに、駆動用モータ24のエンコーダ25のエンコーダ値などが入力される。駆動輪制御部31は、後述するように段差乗り越え制御部32から受け取った制御指令やエンコーダ25のエンコーダ値などに基づいて駆動用モータ24の動作を制御し、主車輪21および副車輪23を回転駆動させる。

[0083] 段差乗り越え制御部32は、上位コントローラからの操作指令、具体的には段差乗り越え開始指令に応じて、自律的に段差乗り越え動作が実行されるように移動ロボット1の動作を制御する。

[0084] 段差乗り越え制御部32には、段差検出部40の出力信号やアーム用モータ26のエンコーダ28のエンコーダ値が入力される。段差乗り越え制御部32は、入力された各種信号に基づき、アーム用モータ26の動作を制御し

、アーム 2 2 を揺動させる。また、段差乗り越え制御部 3 2 は、段差乗り越え時において駆動輪制御部 3 1 へ制御指令を出力し、駆動用モータ 2 4 を介して主車輪 2 1 および副車輪 2 3 を回転駆動させる。

[0085] 図 9 は、図 8 に示す段差乗り越え制御部 3 2 の構成を示すブロック図である。図 9 に示すように、段差乗り越え制御部 3 2 は、段差乗り越えシーケンス処理部 3 3 と、段差検出処理部 3 4 と、モータ制御部 3 5 とを備える。

[0086] 段差乗り越えシーケンス処理部 3 3 は、段差乗り越え動作を自律的に実行するためのシーケンス処理を行う。具体的に段差乗り越えシーケンス処理部 3 3 は、駆動用モータ 2 4 の駆動情報（エンコーダ値など）および段差検出処理部 3 4 から得られる段差検出値 S_R 、 S_L （後述）に基づき、アーム 2 2 の揺動角や駆動輪（主車輪 2 1 および副車輪 2 3）に関する制御指令を出力する。この処理については後述する。

[0087] 段差検出処理部 3 4 は、移動本体部 1 0 の左右に設けられた段差検出部 4 0 の出力から左右の段差検出値 S_R 、 S_L を算出する処理を実行する。なお、上記した段差検出値 S_R は、右側の段差検出部 4 0 から算出された値であり、段差検出値 S_L は、左側の段差検出部 4 0 から算出された値である。

[0088] 具体的に段差検出処理部 3 4 は、左右の段差検出部 4 0 の出力信号が入力されると、A/D コンバータ 3 4 a を介して出力電圧 A_{outR} 、 A_{outL} を得る。そして、段差検出処理部 3 4 では、出力電圧 A_{outR} 、 A_{outL} を乗算器 3 4 b、フィルタ 3 4 c へ供給し、下記の式（7）のように左右の段差検出値 S_R 、 S_L を算出する。なお、段差検出値 S_R 、 S_L は段差乗り越えシーケンス処理部 3 3 へ入力され、そこで左右の段差検出値 S_R 、 S_L から下記の式（8）を用いて段差 C の平均段差検出値（段差 C の高さ） S を求める。

[数7]

$$S_{R,L} = \frac{1}{T_g s + 1} G_{ADC} A_{outR,L} \quad \dots (7)$$

[数8]

$$S = \frac{S_R + S_L}{2} \quad \dots (8)$$

S_R, S_L : 左右の段差検出値、 T_g : フィルタ時定数、 s : ラプラス演算子、 G_{ADC} : ADC換算ゲイン
 A_{outR}, A_{outL} : 左右の段差検出部40の出力電圧、 S : 平均段差検出値

[0089] モータ制御部35の説明の前に、段差乗り越え制御部32の機能について説明すると、段差乗り越え制御部32では、アーム22の角度制御が主として行われる。アーム22への角度指令は、段差乗り越えシーケンス処理部33によって生成されるため、モータ制御部35は2次フィルタ35cを乗じた値をアーム用モータ26への位置指令として出力する。

[0090] なお、本実施形態に係る移動ロボット1の段差乗り越えでは、副車輪23の接地時における衝撃を軽減させるため、下記のような動作1, 2が採られている。

(動作1) : 副車輪23の接地直前でアーム22の振り下げ速度を落とし、接地衝撃を緩和する。

(動作2) : アドミッタンス制御を用いて柔軟制御し、接地衝撃を緩和する。

[0091] モータ制御部35において、アドミッタンス制御に基づく位置指令補正量 θ_{comp} は、図9において破線で囲まれた、外力 $\hat{T}_{dx}$ を推定する外乱オブザーバ (DOBS (Disturbance Observer)) 35a と、仮想的なマスバネダンパ系を模擬する2次フィルタ35bによって得られる。具体的には下記の式 (9) にしたがって演算する。

[数9]

$$\theta_{comp} = \frac{1}{Ms^2 + Ds + K} \hat{T}_{dx} = \frac{1}{M_n s^2 + D_n s + K_n} \left\{ \frac{1}{T_d s + 1} (J_m s \omega_{mx} - T_{mx}^*) \right\} \quad \dots (9)$$

θ_{comp} : 位置指令補正量、 M_n : 仮想質量、 D_n : 仮想ダンパ、 K_n : 仮想バネ、 $\hat{T}_{dx}$: 外乱トルク推定値
 T_d : DOBS推定時定数、 J_m : イナーシャ、 ω_{mx} : モータ速度、 T_{mx}^* : トルク指令

[0092] したがって、アーム用モータ26への位置指令 θ_{mx}^* は、位置指令補正量 θ_{comp} と、段差乗り越えシーケンス処理部33からの位置指令 θ_x^* を2次フ

フィルタ 35 c に供給して得た値とを、加算器 35 d において加算して算出される。具体的に位置指令 θ^*_{mx} は、下記の式 (10) を用いて演算される。なお、ここでの指令フィルタの設定は、例えば減衰係数 ζ が 1.0、角周波数 ω_n が $2\pi \text{ rad/s}$ 程度とされるが、これらは例示であって限定されるものではない。

[数10]

$$\theta^*_{mx} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \theta^*_x + \theta_{\text{compx}} \quad \dots (10)$$

[0093] そして、位置指令 θ^*_{mx} はアーム用モータ 26 側の位置速度制御部 36 へ供給され、そこでトルク指令 T^*_{mx} が算出され、算出されたトルク指令 T^*_{mx} に基づいてアーム用モータ 26 は駆動される。なお、上記した各式および後述する式における添字 x は、前後左右のアーム 22 であることを示し、例えば右前、左前、右後、左後のアーム 22 の順で、 θ^*_x は θ^*_{fr} , θ^*_{fl} , θ^*_{br} , θ^*_{bl} などと置換することができるものとする。

[0094] 以上を踏まえつつ、次いで、移動ロボット 1 の制御部 30 (正確には段差乗り越えシーケンス処理部 33 など) で実行される、移動ロボット 1 の段差乗り越え処理について説明する。

[0095] なお、以下では、移動ロボット 1 が段差 C を乗り越える場面を例に挙げて説明するが、段差 C を降りる場合についても使用する数式等は変化せず、段差 C や管理する距離の符号を反転することで対応することができる。

[0096] 図 10 は、移動ロボット 1 の段差乗り越え処理手順を示すフローチャートである。図 10 に示すように、先ず制御部 30 は、段差乗り越え開始指令 (以下「開始指令」という) が例えば上位コントローラから入力されたか否かを判定する (ステップ S10)。

[0097] 制御部 30 は、開始指令が入力されない場合 (ステップ S10, No)、ステップ S10 の処理を繰り返す。一方、制御部 30 は、開始指令が入力された場合 (ステップ S10, Yes)、続いて排他処理を実行する (ステップ S11)。この排他処理とは、移動ロボット 1 において、段差 C を乗り越

えるための制御が行われているときは、例えば非常停止指令以外の処理を受け付けないようにする処理である。

[0098] 次いで、制御部30は、移動ロボット1が所定速度 V_a で前進するように、駆動用モータ24の動作を制御する（ステップS12）。この所定速度 V_a は、比較的低い値、例えば 0.02 m/s に設定される。したがって、ステップS12の処理では、移動ロボット1は比較的低速で走行させられることとなる。

[0099] なお、上記した所定速度 V_a の具体的な値は、例示であって限定されるものではない。また、以下においても各種の値に関して具体的な数値を例として挙げることもあるが、それらはあくまでも例示であって限定されるものではない。

[0100] 次いで、制御部30は、移動ロボット1の前進した距離 P_1 がしきい値 P_{1a} 未満か否かを判定する（ステップS13）。なお、ここでしきい値 P_{1a} は、移動ロボット1の大きさや用途、移動ロボット1が走行する場所などに基づいて適宜な値に設定され、ここでは例えば 1 m と設定される。

[0101] 制御部30は、移動ロボット1の前進距離 P_1 がしきい値 P_{1a} 未満であると判定した場合（ステップS13、Yes）、続いて左右の段差検出部40のうちの少なくともいずれかで段差Cが検出されたか否かを判定する（ステップS14）。

[0102] ステップS14では、具体的には左右の段差検出値 S_R 、 S_L のうちの少なくともいずれかがしきい値 S_a よりも大きいか否かで段差Cの有無を判定し、具体的にしきい値 S_a よりも大きい場合、路面Bに段差Cがあると判定する。なお、しきい値 S_a は例えば 0.01 m とされる。

[0103] 制御部30は、左右の段差検出部40のいずれでも段差Cが検出されない場合（ステップS14、No）、ステップS12の処理に戻って前進動作を続ける。また、制御部30は、左右の段差検出部40のいずれかで段差Cが検出された場合（ステップS14、Yes）、次いで移動ロボット1の位置補正・段差高さ取得処理を実行する（ステップS15）。

- [0104] 図11は、図10のステップS15の位置補正・段差高さ取得処理の概要を示すフローチャートである。
- [0105] 図11に示すように、制御部30は、先ず移動ロボット1を所定距離P2前進させ（ステップS100）、続いて左右の段差検出部40の両方で段差Cが検出されたか否かを判定する（ステップS101）。
- [0106] ここで、ステップS100の処理で使用される所定距離P2、およびステップS101の処理について、図12、図13A、図13Bを参照して詳しく説明する。図12、図13A、図13Bは、移動ロボット1の模式平面図である。なお、図12などでは、図の簡略化のため、アーム22や副車輪23などの図示を省略した。
- [0107] 先ず図12において、 L_s は、左右の段差検出部40の離間距離を表し、 θ_a は、移動本体部10の前面10fに対して平行な直線10f1と、段差Cの側壁面C2とのなす角度を表す。
- [0108] 図12の θ_a は、例えば移動ロボット1が段差Cの側壁面C2に対して傾いているが、そのままの状態であっても移動ロボット1は段差Cを乗り越えることができる角度の上限値とされる。すなわち、 θ_a は移動ロボット1の段差Cに対する許容角度である。
- [0109] 所定距離P2は、上記した離間距離 L_s と許容角度 θ_a とを用いた、 $L_s \sin(\theta_a)$ によって求められる（図12参照）。
- [0110] ここでは、ステップS14で左右の段差検出部40のいずれか一方で段差Cが検出された後、ステップS100で移動ロボット1を所定距離P2だけ前進させ、そしてステップS101で左右の段差検出部40の両方で段差Cが検出されたか否かを判定している。
- [0111] すなわち、図13Aに示すように、移動ロボット1が所定距離P2進んだにもかかわらず、左右の段差検出部40の両方で段差Cが検出されない場合、移動ロボット1は、側壁面C2に対して許容角度 θ_a を超えて傾いている状態にある。したがって、後述するように、移動本体部10の向きを補正するようにする。

- [0112] 他方、図 1 3 B に示すように、移動ロボット 1 が所定距離 P 2 進んだときに、左右の段差検出部 4 0 の両方で段差 C が検出される場合、移動ロボット 1 の側壁面 C 2 に対する角度は許容角度 θ_0 の範囲内である。したがって、移動本体部 1 0 の向きの補正を行わず、そのまま段差乗り越え動作に移行するようにする。
- [0113] 図 1 1 の説明に戻る。制御部 3 0 は、左右の段差検出部 4 0 の両方で段差 C が検出されない場合（ステップ S 1 0 1, No）、正確には左右の段差検出部 4 0 のうちの一方で段差 C が検出され、他方で段差 C が検出されない場合、ステップ S 1 0 2 以降で移動本体部 1 0 の向きを補正する。詳しくは、ステップ S 1 0 2 以降では、移動本体部 1 0 が段差 C の側壁面 C 2 と正対するように移動本体部 1 0 の向きを補正する。
- [0114] 具体的に制御部 3 0 は、移動ロボット 1 が所定角速度 γ で信地旋回動作するように、駆動用モータ 2 4 の動作を制御、具体的には主車輪 2 1 の動作を制御する（ステップ S 1 0 2）。
- [0115] この信地旋回動作について、図 1 4 A から図 1 4 C を参照して説明する。図 1 4 A から図 1 4 C は、移動ロボット 1 の模式平面図である。
- [0116] 図 1 4 A では、例えば左右の段差検出部 4 0 のうち、右側の段差検出部 4 0 で段差 C が検出され、左側の段差検出部 4 0 で段差 C が検出されない場面が示されている。以下、この場面を例にとって説明する。
- [0117] この場合、制御部 3 0 は、左右の主車輪 2 1 のうち段差 C が検出されていない側の主車輪 2 1、すなわち、左側の主車輪 2 1 を移動本体部 1 0 が前進する方向へ回転するように、駆動用モータ 2 4 の動作を制御する。なお、このときの右側の主車輪 2 1 は停止している。これにより、左側の段差検出部 4 0 は、段差 C へ向けて徐々に近づけられることとなる。
- [0118] なお、図 1 4 A などでは、信地旋回動作を理解し易くするため、主車輪 2 1 の向きを変えて示したが、例えば実際に主車輪 2 1 を操舵する機構を設け、同図のように、主車輪 2 1 の向きを変えながら信地旋回動作を行うようにしてもよい。

[0119] また、上記では、段差Cが検出されていない左側の主車輪21を前進方向へ回転させるようにしたが、これに限定されるものではなく、段差Cが検出された右側の主車輪21を、後進方向へ回転させて、信地旋回動作を行ってもよい。さらには、左右の主車輪21で、回転方向を相違させる、いわゆる超信地旋回であってよい。

[0120] 図11の説明に戻ると、制御部30は、信地旋回による旋回角度 $P\gamma$ がしきい値 $P\gamma a$ 未満か否かを判定する（ステップS103）。このしきい値 $P\gamma a$ は、例えば45degとされる。

[0121] 制御部30は、旋回角度 $P\gamma$ がしきい値 $P\gamma a$ 未満の場合（ステップS103, Yes）、続いて、最初に段差Cを検出していない段差検出部40、ここでは左側の段差検出部40で段差Cが検出されたか否かを判定する（ステップS104）。具体的にステップS104は、移動本体部10が図14Bに示すような状態になったか否かを判定する処理である。

[0122] 制御部30は、左側の段差検出部40で段差Cが検出されない場合（ステップS104, No）、ステップS102の処理に戻る。他方、制御部30は、左側の段差検出部40で段差が検出された場合（ステップS104, Yes）、今度はステップS102での旋回方向とは反対側の方向へ所定旋回角度 $R\gamma$ だけ信地旋回動作を行う（ステップS105）。具体的にこの場合の制御部30は、例えば右側の主車輪21を移動本体部10が前進する方向へ回転するように、駆動用モータ24の動作を制御する。

[0123] また、所定旋回角度 $R\gamma$ は、ステップS102の処理を最初に実行してからステップS104で肯定されるまでに旋回した旋回角度 $P\gamma$ よりも小さい値、例えば旋回角度 $P\gamma$ の半分程度とされる。

[0124] このように、制御部30は、移動本体部10を反対方向へ少し戻すように旋回させて、図14Bに示す状態だった移動本体部10を、図14Cに示すような、段差Cの側壁面C2と正対した状態にする。このように、ステップS102～S105の処理では、移動本体部10が段差Cの側壁面C2と正対するように移動本体部10の向きを補正する。これにより、後述する段差

Cの乗り越え動作において、移動ロボット1は確実に段差Cを乗り越えることができる。

[0125] また、上記のように、移動本体部10を信地旋回させて移動本体部10の向きを補正することから、移動本体部10において側壁面C2と正対させるときの動作範囲を小さくすることができる。

[0126] なお、制御部30は、旋回角度 $P\gamma$ がしきい値 $P\gamma a$ 以上となった場合（ステップS103, No）、そこまで旋回して段差検出部40で段差Cが検出されないときには何らかの異常が発生したと判定して、そのまま図10のフローチャートへ戻る。

[0127] 制御部30は、移動本体部10の向きを補正した後、移動ロボット1が所定速度 Va で前進するように、駆動用モータ24の動作を制御する（ステップS106）。

[0128] 次いで、制御部30は、ステップS106の処理によって移動ロボット1の前進した距離 $P3$ がしきい値 $P3a$ 未満か否かを判定する（ステップS107）。なお、しきい値 $P3a$ は例えば10cmと設定される。

[0129] 制御部30は、移動ロボット1の前進距離 $P3$ がしきい値 $P3a$ 未満である場合（ステップS107, Yes）、次いで段差検出部40の両方で段差Cが検出されたか否かを判定する（ステップS108）。

[0130] 制御部30は、左右の段差検出部40の両方で段差Cが検出されない場合（ステップS108, No）、ステップS106の処理に戻る。なお、制御部30は、前進距離 $P3$ がしきい値 $P3a$ 以上となった場合（ステップS107, No）、そこまで前進して段差検出部40で段差Cが検出されないときには何らかの異常が発生したと判定して、そのまま図10のフローチャートへ戻る。

[0131] 制御部30は、左右の段差検出部40の両方で段差Cが検出された場合（ステップS108, No）、続いて、検出された段差Cの高さ S 、正確には平均段差検出値 S を取得する（ステップS109）。これについては、前述した式（8）を用いて算出する。

[0132] 次いで、制御部 30 は、主車輪 21 の動作を制御し、前副車輪 23 f が段差 C の所定位置に接地するように移動本体部 10 の位置を調整する（ステップ S110）。

[0133] 図 15 は、その移動本体部 10 の位置の調整を説明するための移動ロボット 1 の模式側面図である。

[0134] 図 15 に示すように、段差検出部 40 で段差 C を検出した後、前副車輪 23 f を段差 C の段差面 C1 の所定位置に接地させるため、移動本体部 10 を前進もしくは後退させる必要がある。なお、この所定位置とは、前副車輪 23 f が段差面 C1 において確実に、かつ安定して乗ることができるような位置を意味する。

[0135] ここでは、例えば移動本体部 10 を後退距離 x_2 後退させて、前副車輪 23 f を段差 C の段差面 C1 の所定位置に接地させるものとする。後退距離 x_2 は、側面視において段差 C の段差面 C1 から前副車輪 23 f の下端 23 f1 までの Z 軸方向における距離を α 、側面視において段差 C の側壁面 C2 から前副車輪 23 の下端 23 f1 までの X 軸方向における距離を β と定義すると、下記の式 (11) から得られる。また、式 (11) 中にあるアーム 22 の終端位置 θ_{fn}^* は、下記の式 (12) から得られる。

[数11]

$$x_2 = D_x + L_a \cos(\theta_{fn}^*) - \beta - L_{sx} \quad \dots (11)$$

L_{sx} : 前輪 21f の回転中心軸 21c から段差検出部 40 の取付位置までの X 軸方向における距離

[数12]

$$\theta_{fn}^* = \arcsin \left\{ \frac{D_s/2 + S + \alpha - D_m/2 + D_z}{L_a} \right\} \quad \dots (12)$$

[0136] 具体的には、式 (12) によって求めた終端位置 θ_{fn}^* を式 (11) に代入することによって、後退距離 x_2 を得ることができる。なお、この θ_{fn}^* は後に、アーム 22 を振り下げるときの終端位置 θ_{fn}^* として利用する。

[0137] そして、制御部 30 は、移動本体部 10 が算出された後退距離 x_2 だけ移動

するように、駆動用モータ 24 を介して主車輪 21 の動作を制御する。これにより、前副車輪 23 f を段差 C の段差面 C1 に確実かつ安定して乗せることができる。

[0138] 制御部 30 は、次いで位置補正が正常に終了したことを示すフラグを立てて（ステップ S111）、図 10 のフローチャートへ戻る。なお、ステップ S101 で左右の段差検出部 40 の両方で段差 C が検出された場合（ステップ S101, Yes）、移動ロボット 1 は図 13 B に示す状態であるため、位置補正することなくステップ S111 へ進んで、上記した処理を行う。

[0139] 図 10 の説明に戻ると、制御部 30 は、位置補正が正常に終了したか否かを判定、すなわち、上記したフラグが立っているか否かを判定する（ステップ S16）。制御部 30 は、位置補正が正常に終了している場合（ステップ S16, Yes）、次いでアーム振り下げ処理を実行する（ステップ S17）。

[0140] 図 16 は、そのアーム振り下げ処理の概要を示すフローチャートである。

[0141] 図 16 に示すように、制御部 30 は、先ずアーム 22 の振り下げ速度 ω_{max1} を設定する（ステップ S200）。ここでは振り下げ速度 ω_{max1} は比較的高い値、例えば 30 deg/s に設定される。

[0142] 制御部 30 は、次いで前後のアーム 22 を、ステップ S200 で設定された振り下げ速度 ω_{max1} で終端位置 θ^*_{fn} まで振り下げるように揺動させる（ステップ S201）。終端位置 θ^*_{fn} は、上記した式（12）によって得られる。

[0143] したがって、図 15 に示すように、例えば前アーム 22 f は、実線で示される初期位置から想像線で示される終端位置 θ^*_{fn} まで、比較的高速で振り下げられることとなる。また、後アーム 22 b も、前アーム 22 f と同様、初期位置から、想像線で示す終端位置 θ^*_{bn} まで比較的高速で振り下げられる。なお、終端位置 θ^*_{fn} と終端位置 θ^*_{bn} とは、同じ値とされる。

[0144] 次いで、制御部 30 は、アーム 22 の振り下げ速度 ω_{max2} を設定する（ステップ S202）。ここで振り下げ速度 ω_{max2} は、ステップ S200 で設定

した値よりも低い値、例えば 10 deg/s に設定される。

[0145] 制御部 30 は、前アーム 22 f を、ステップ S 202 で設定された振り下げ速度 $\omega_{\max}$ で終端位置 θ_{fe}^* (後述) まで振り下げるように揺動させる (ステップ S 203)。

[0146] 図 17 は、そのときの移動ロボット 1 を示す模式側面図である。図 17 に示すように、ステップ 203 の処理によって、前副車輪 23 f が路面 B に接地、正確には段差 C の段差面 C1 に接地される。

[0147] 次いで、制御部 30 は、後アーム 22 b を、ステップ S 202 で設定された振り下げ速度 $\omega_{\max}$ で終端位置 θ_{be}^* (後述) まで、前アーム 22 f と同期させつつ振り下げるように揺動させる (ステップ S 204)。これにより、後副車輪 23 b が路面 B に接地される。

[0148] このように、路面 B から離間した位置、すなわち初期位置にある副車輪 23 を路面 B に接地させる場合、副車輪 23 が路面 B に接地する直前にアーム 22 の動作速度を減速させる。これにより、副車輪 23 が路面 B に接地する際に、移動ロボット 1 に作用する衝撃を軽減することができる。

[0149] 次いで、制御部 30 は、後副車輪 23 b を前後アーム 22 f, 22 b に同期させつつ移動させる (ステップ S 205)。

[0150] 上記したステップ S 203 ~ S 205 の一連の処理について、図 18 を参照して詳説する。図 18 は、ステップ S 203 ~ S 205 の処理を説明するための、移動ロボット 1 を示す模式側面図である。

[0151] まず、本実施形態に係る移動ロボット 1 にあっては、段差 C を乗り越える場合、移動本体部 10 を所定の姿勢、例えば水平を維持しつつ乗り越えるように、前アーム 22 f と後アーム 22 b とを協働させて動作させるようにする。この移動本体部 10 を水平に維持するため条件は、下記の式 (13) によって表される。

[数13]

$$D_z + L_a \sin(-\theta_b) + \frac{D_s}{2} = D_z + L_a \sin(-\theta_f) + \frac{D_s}{2} + S \quad \cdots (13)$$

[0152] したがって、図 18 に示すように、移動本体部 10 を水平に維持するための後アーム 22b の制御角指令は、前アーム 22f の角度を基準とすると、以下の式 (14) によって算出される。

[数14]

$$\theta_b^* = \arcsin \left\{ \frac{S}{L_a} + \sin(\theta_f^*) \right\} \quad \dots (14)$$

[0153] また、前輪 21f と後輪 21b とはともに、サーボロックされているため、アーム 22 の揺動に合わせて主車輪 21 の位置を協調制御する必要がある。段差 C に掛かる前輪 21f をサーボロックし、後輪 21b の位置で調整することを考え、段差 C と前副車輪 23f が接触した角度を近似的に θ_{fn}^* 、 θ_{bn}^* とみなし、その後の副車輪 23b の移動量を式 (15) によって求める。

[数15]

$$dPosxb = L_a \left\{ \cos(\theta_b^*) + \cos(\theta_f^*) - \cos(\theta_{bn}^*) - \cos(\theta_{fn}^*) \right\} \quad \dots (15)$$

[0154] また、アーム揺動の終端位置 θ_{fe}^* 、 θ_{be}^* は、主車輪 21 の接地点が段差 C を越えればよいと、マージン δ を見込んで式 (16)、式 (17) で算出される。なお、この終端位置 θ_{fe}^* 、 θ_{be}^* が、ステップ S203、S204 で使用される。

[0155] アドミッタンス制御を用いているため、自重によって位置指令と終端位置に誤差が生じるが、仮想的に設定したバネダンパの特性に応じてマージン δ を調整すればよい。

[数16]

$$\theta_{fe}^* = -\arcsin \left\{ \frac{D_m/2 + \delta - S - D_s/2 - D_z}{L_a} \right\} \quad \dots (16)$$

[数17]

$$\theta_{be}^* = \arcsin \left\{ \frac{S}{L_a} + \sin(\theta_{fe}^*) \right\} \quad \dots (17)$$

- [0156] このように、制御部 30 は、移動本体部 10 を所定の姿勢、例えば水平を維持しつつ乗り越えるように、前後アーム 22 f, 22 b を協働させて動作させるようにした。
- [0157] これにより、移動ロボット 1 は、段差 C を乗り越える際に重心のバランスも維持されることから、横転などすることはなく、段差 C を確実に乗り越えることができる。また、例えば移動ロボット 1 が物を運搬する用途で用いられる場合、段差 C を乗り越えるときに移動本体部 10 の姿勢を水平に維持することで、物が落下するのを防止することができる。
- [0158] また、前後アーム 22 f, 22 b を協働させることで、移動本体部 10 が持ち上がるときに移動本体部 10 からアーム 22 へ作用する負荷を分散させることができ、アーム 22 やアーム用モータ 26 を小型化することもできる。
- [0159] なお、移動本体部 10 の所定の姿勢は、水平に限定されるものではなく、例えば移動本体部 10 を前方または後方に傾斜するような姿勢でもよく、あるいは左側または右側に傾斜するようにしてもよい。
- [0160] 図 10 の説明に戻ると、制御部 30 は次いで移動ロボット 1 を所定速度 V_a で所定距離 P_4 前進させる（ステップ S18）。所定距離 P_4 は、例えば進行方向 A における移動ロボット 1 の長さ（全長）と同程度の値に設定される。
- [0161] 図 19 は、所定距離 P_4 前進した後の移動ロボット 1 を示す模式側面図である。図 19 に示すように、ステップ S18 の処理によって移動ロボット 1 は、前輪 21 f および後輪 21 b がともに、段差 C の段差面 C1 のところまで移動された状態とされる。
- [0162] なお、移動ロボット 1 にあっては、上記したマージン δ を見込むようにしたことから、図 19 に示すように、主車輪 21 は段差 C の段差面 C1 から離れているが、例えばマージン δ をゼロに設定し、主車輪 21 が段差面 C1 に接地するようにしてもよい。これにより、移動ロボット 1 は、主車輪 21 と副車輪 23 との両方の回転駆動によって所定距離 P_4 前進することができ、

段差Cを乗り越えるのに要する時間を短縮することもできる。

- [0163] 制御部30は、次いでアーム振り上げ処理を実行する（ステップS19）。図20は、そのアーム振り上げ処理の概要を示すフローチャートである。
- [0164] 図20に示すように、制御部30は、アーム22の振り上げ速度 ω_{max3} を設定する（ステップS300）。ここでは振り上げ速度 ω_{max3} は、比較的低い値、例えば10deg/sに設定される。
- [0165] 制御部30は、前アーム22fを、ステップS300で設定された振り上げ速度 ω_{max3} で終端位置 θ^*_{fp} （後述）まで振り上げるように揺動させる（ステップS301）。
- [0166] 図21は、そのときの移動ロボット1を示す模式側面図である。図21に示すように、ステップ301の処理によって、前副車輪23fが路面Bから所定距離（マージン δ ）離反される。
- [0167] 次いで、制御部30は、後アーム22bを、ステップS300で設定された振り上げ速度 ω_{max3} で終端位置 θ^*_{bp} （後述）まで、前アーム22fと同期させつつ振り上げるように揺動させる（ステップS302）。これにより、図21に示す如く、後副車輪23bも路面Bから離反される。
- [0168] 次いで、制御部30は、後副車輪23bを前後アーム22f、22bに同期させつつ移動させる（ステップS303）。
- [0169] 上記したステップS300～S303の一連の処理について詳説する。図21に示すように、移動ロボット1が段差Cを乗り越えた後、式（16）において $S=0$ かつ $\delta<0$ とすると、移動本体部10が着地して副車輪23が路面Bから所定距離（マージン δ ）だけ浮上した状態に制御することができる。
- [0170] よって、このときのアーム22の終端位置 θ^*_{fp} 、 θ^*_{bp} は、下記の式（18）、（19）を用いて算出され、ステップS301、S302で使用される。また、上記したようにアーム振り上げ時は、終端位置 θ^*_{fp} 、 θ^*_{bp} になるまでアーム22を低速で動作させる。

[数18]

$$\theta_{fp}^* = -\arcsin \left\{ \frac{D_m/2 + \delta - D_s/2 - D_z}{L_a} \right\} \quad \dots (18)$$

[数19]

$$\theta_{bp}^* = \theta_{fp}^* \quad \dots (19)$$

[0171] また、ステップS303において、振り上げ時の後副車輪23bの移動量dPosxbについても、振り下げ時の式(15)と同様に考え、下記の式(20)を用いて算出するようにする。

[数20]

$$dPosxb = L_a \{ \cos(\theta_b^*) + \cos(\theta_f^*) - \cos(\theta_{bp}^*) - \cos(\theta_{fp}^*) \} \quad \dots (20)$$

[0172] 図20の説明に戻ると、次いで、制御部30は、アーム22の振り上げ速度 ω_{max4} を設定する(ステップS304)。ここで振り上げ速度 ω_{max4} は、ステップS300で設定した値よりも高い値、例えば30deg/sに設定される。

[0173] 次いで、制御部30は、図21に想像線で示すように、前後アーム22f、22bを、ステップS304で設定された振り上げ速度 ω_{max4} で終端位置 θ_{init}^* まで振り上げるように揺動させる(ステップS305)。すなわち、ステップS305の処理によって、アーム22および副車輪23が初期位置まで戻される。

[0174] このようにアーム22を動作させて、路面Bに接地される副車輪23を路面Bから離反させて初期位置へ戻す場合、副車輪23が路面Bから所定距離 δ 離反するまでのアーム22の動作速度(振り上げ速度 ω_{max3})が、副車輪23が所定距離 δ 離反してから初期位置へ戻るまでのアーム22の動作速度(振り上げ速度 ω_{max4})よりも低くなるようにした。

[0175] これにより、副車輪23は比較的低速で路面Bから離反することから、主車輪21が路面Bに接地するときに、移動ロボット1が路面Bから受ける衝

撃を軽減することができる。

[0176] 図10の説明に戻ると、制御部30は、排他処理を解除する（ステップS20）。これにより、移動ロボット1は段差乗り越え制御から通常制御へ切り替えられる。このようにして、移動ロボット1の段差乗り越え動作が終了する。

[0177] なお、制御部30は、ステップS13において移動ロボット1の前進した距離P1がしきい値P1a以上になった場合（ステップS13, No）、移動ロボット1の付近に段差Cがない、あるいは何らかの異常が発生したと判定してステップS20の処理後、プログラムを終了する。

[0178] また、制御部30は、ステップS16において位置補正が正常に終了していないと判定した場合（ステップS16, No）、同様に、何らかの異常が発生したと判定してステップS20の処理後、プログラムを終了する。

[0179] 上述してきたように、本実施形態では、主車輪21は、移動本体部10に回転可能に取り付けられる。アーム22は、移動本体部10に揺動可能に取り付けられ、揺動中心軸22cが主車輪21の回転中心軸21cに対してオフセットされる。副車輪23は、アーム22の先端部22dに回転可能に取り付けられる。制御部30は、路面Bの状態に応じてアーム22の動作を制御し、副車輪23を路面Bに接地させる。これにより、移動ロボット（移動体）1において、走行効率を維持しつつ、小型でかつ簡素な構成で路面Bの段差Cを乗り越えることができる。

[0180] なお、上述した実施形態では、移動本体部10の前後にアーム22および副車輪23をそれぞれ取り付けるように構成したが、これに限定されるものではなく、例えば移動本体部10の前側にのみアーム22および副車輪23を取り付けるようにしてもよい。

[0181] また、主車輪21および副車輪23はともに駆動用モータ24で駆動されるようにしたが、これに限定されるものでない。すなわち、主車輪21および副車輪23のそれぞれに別の駆動源が接続され、独立に駆動されるように構成してもよい。これにより、例えば移動ロボット1が段差Cを昇降する

場合に限って、副車輪 2 3 を回転駆動させるようにすることができる。また、駆動源にあつては、対応する主車輪 2 1 または副車輪 2 3 のみを駆動できればよいことから、小型化することもできる。

[0182] また、主車輪 2 1 などの駆動源として、移動本体部 1 0 に収納された駆動用モータ 2 4 を例に挙げて説明したが、例えばインホイールモータなどその他の駆動源であってもよく、さらには例えば内燃機関などであってもよい。

[0183] また、上記では、移動体が移動ロボット 1 であるものとして説明したが、これに限定されるものではなく、例えば自動車や二輪車など移動するような構成であれば、どのようなものであってもよい。

[0184] さらに効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

符号の説明

- [0185] 1 移動ロボット（移動体）
- 1 0 移動本体部
- 2 0 移動部
- 2 1 主車輪
- 2 1 c （主車輪の）回転中心軸
- 2 2 アーム
- 2 2 c （アームの）揺動中心軸
- 2 3 副車輪
- 2 4 駆動用モータ（駆動源）
- 2 6 アーム用モータ
- 3 0 制御部
- 4 0 段差検出部
- B 路面

C 段差

C 1 段差面

C 2 側壁面

請求の範囲

- [請求項1] 移動本体部に回転可能に取り付けられる主車輪と、
前記移動本体部に揺動可能に取り付けられ、揺動中心軸が前記主車輪の回転中心軸に対してオフセットされるアームと、
前記アームの先端部に回転可能に取り付けられる副車輪と、
路面の状態に応じて前記アームの動作を制御し、前記副車輪を路面に接地させる制御部と
を備えることを特徴とする移動体。
- [請求項2] 前記アームの揺動中心軸は、
前記主車輪の回転中心軸よりも鉛直方向において下方にオフセットされること
を特徴とする請求項1に記載の移動体。
- [請求項3] 前記主車輪および前記副車輪の両方に接続され、前記主車輪および前記副車輪を駆動する駆動源
を備えることを特徴とする請求項1に記載の移動体。
- [請求項4] 前記アームは、
進行方向において前記移動本体部の前後にそれぞれ取り付けられ、
前記制御部は、
路面の段差を昇降する場合、前記移動本体部が所定の姿勢を維持するように、前記移動本体部の前側の前記アームと、前記移動本体部の後側の前記アームとを協働させて動作させること
を特徴とする請求項1に記載の移動体。
- [請求項5] 進行方向において前記移動本体部の前方の左右側にそれぞれ取り付けられ、路面の段差を検出する段差検出部
を備え、
前記制御部は、
前記左右の段差検出部のうち的一方で段差が検出され、他方で段差が検出されない場合、前記主車輪の動作を制御し、前記移動本体部が

段差の側壁面と正対するように前記移動本体部の向きを補正することを特徴とする請求項 1 に記載の移動体。

[請求項6]

前記制御部は、

前記移動本体部を信地旋回させて前記移動本体部の向きを補正すること

を特徴とする請求項 5 に記載の移動体。

[請求項7]

前記制御部は、

前記アームを動作させて、路面から離間した位置にある前記副車輪を路面に接地させる場合、前記副車輪が路面に接地する直前に前記アームの動作速度を減速させること

を特徴とする請求項 1 に記載の移動体。

[請求項8]

前記制御部は、

前記アームを動作させて、路面に接地される前記副車輪を路面から離反させて初期位置へ戻す場合、前記副車輪が路面から所定距離離反するまでの前記アームの動作速度が、前記副車輪が前記所定距離離反してから前記初期位置へ戻るまでの前記アームの動作速度よりも低くなるようにすること

を特徴とする請求項 1 に記載の移動体。

[請求項9]

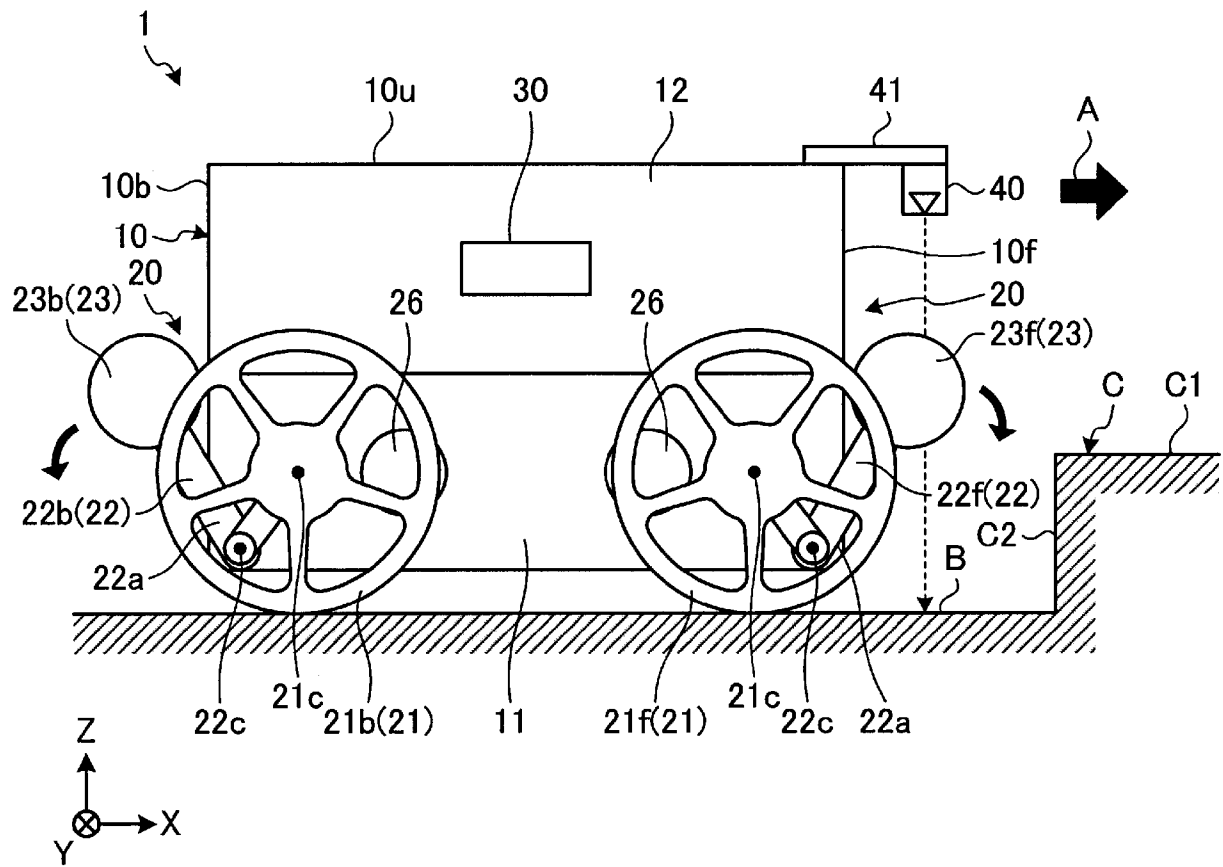
前記移動本体部に取り付けられ、路面の段差を検出する段差検出部を備え、

前記制御部は、

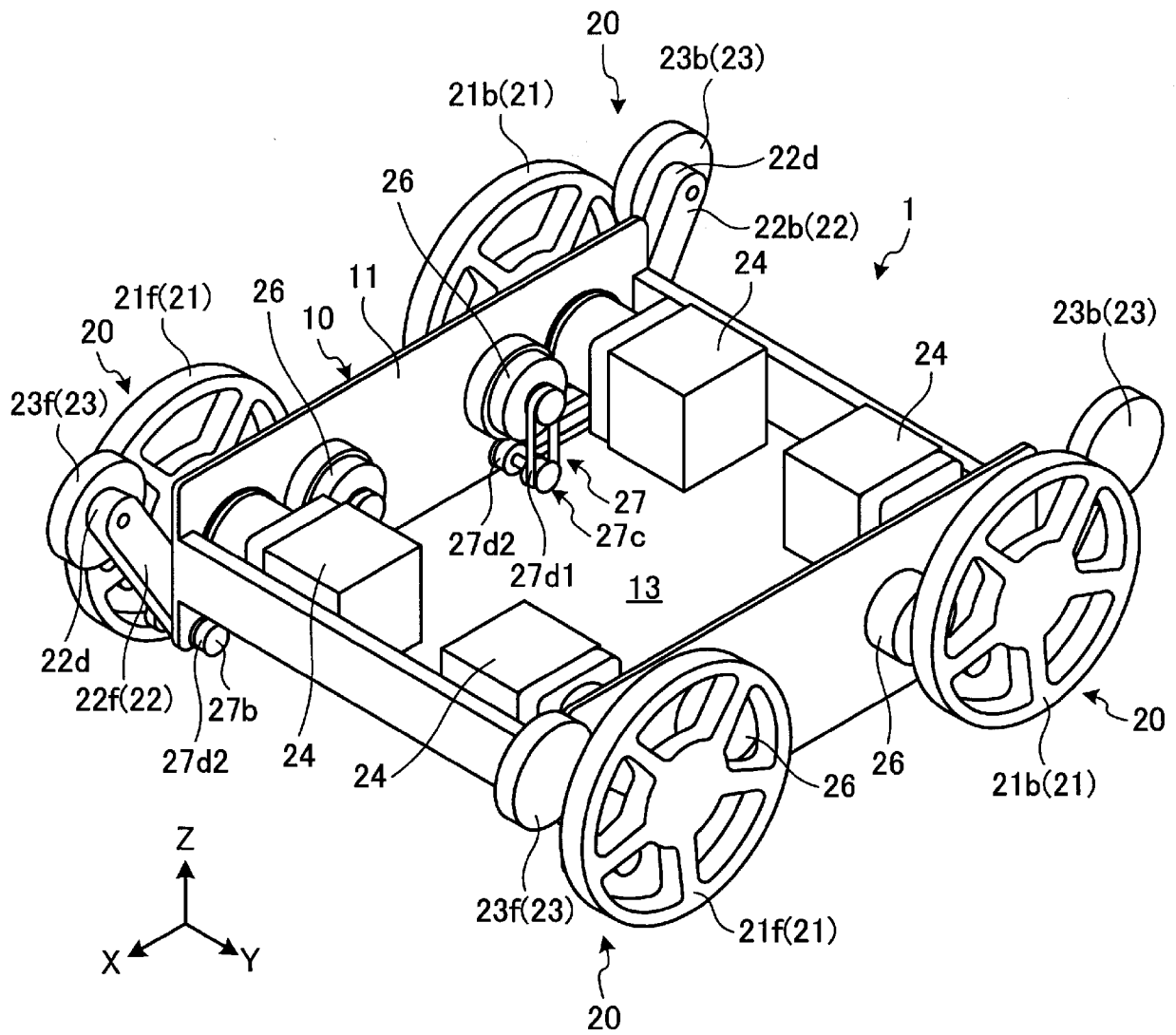
前記段差検出部によって段差が検出された場合、前記主車輪の動作を制御し、前記副車輪が段差の所定位置に接地するように前記移動本体部の位置を調整すること

を特徴とする請求項 1 ～ 8 のいずれか一つに記載の移動体。

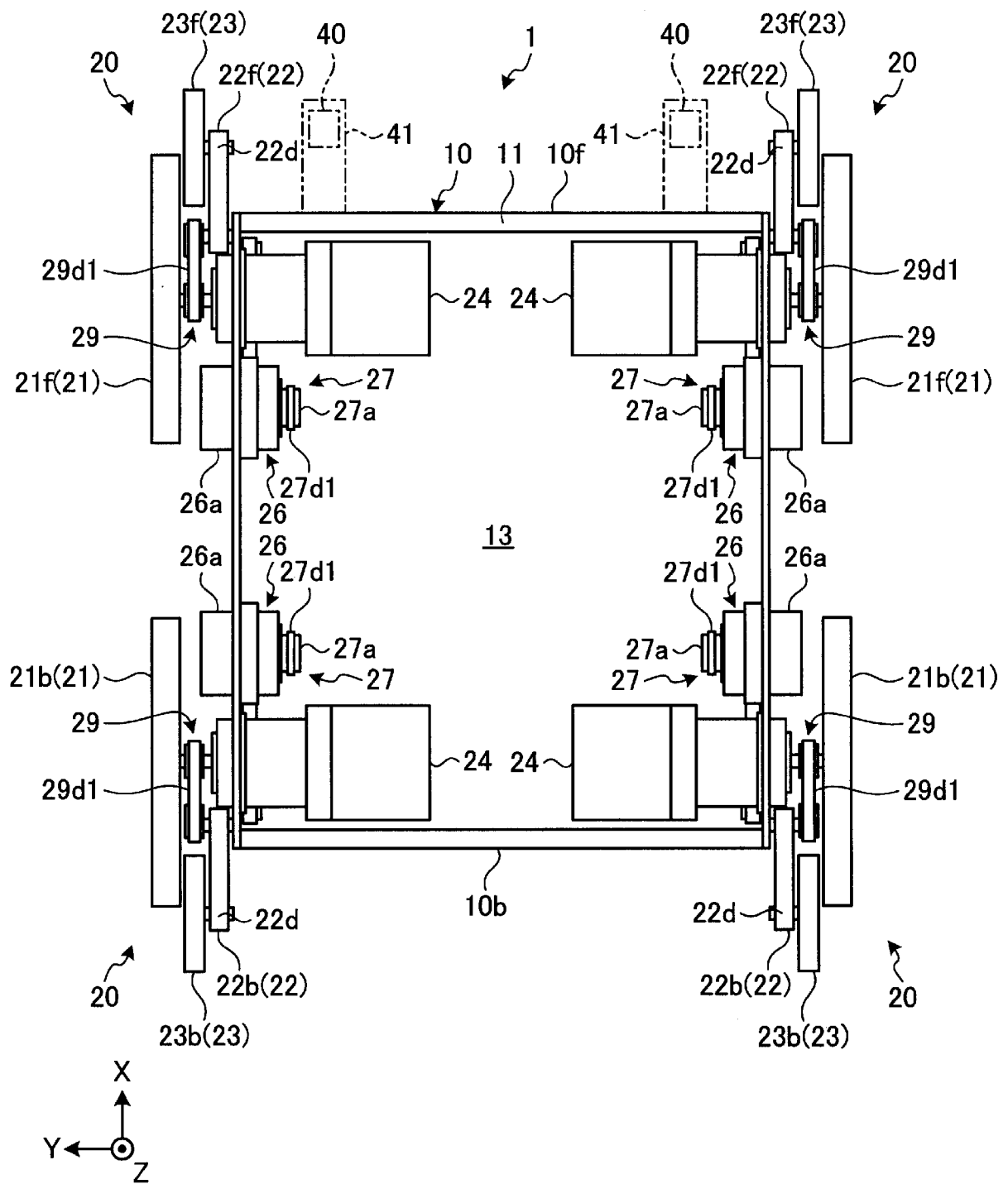
[図1]



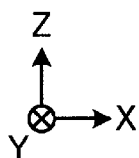
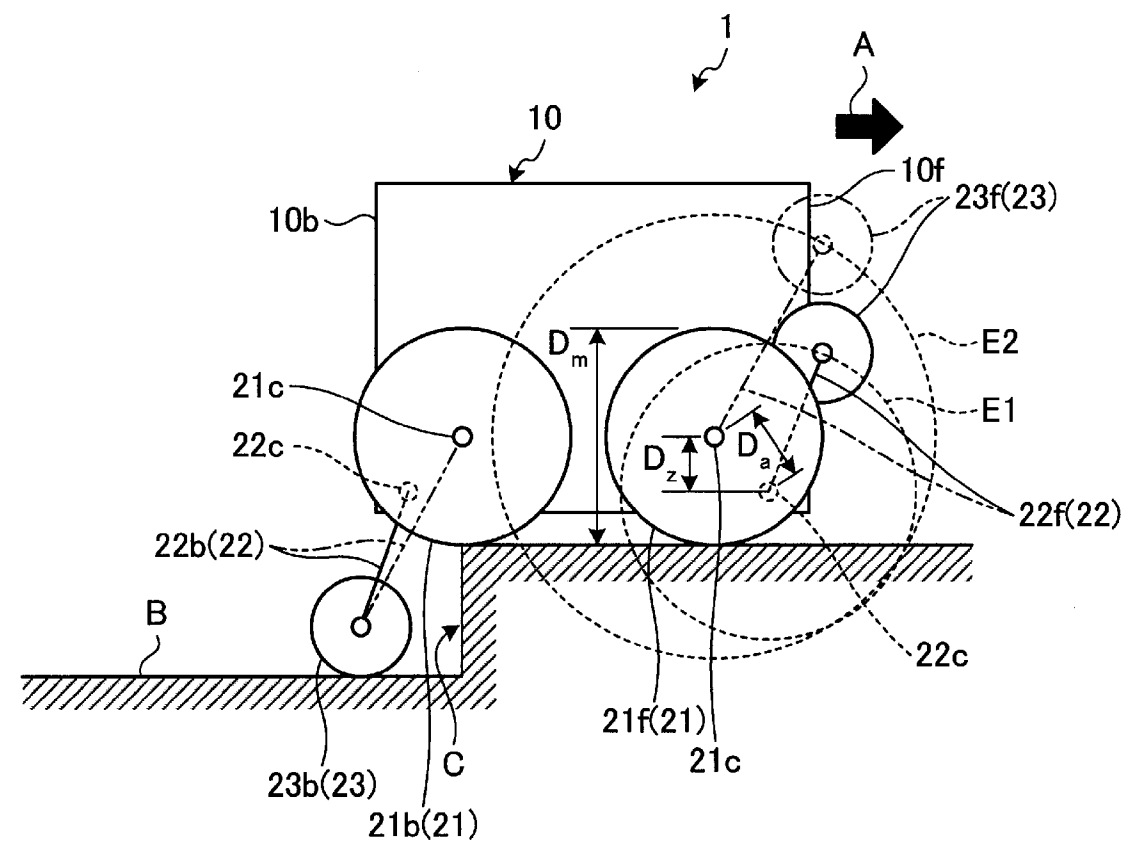
[図2]



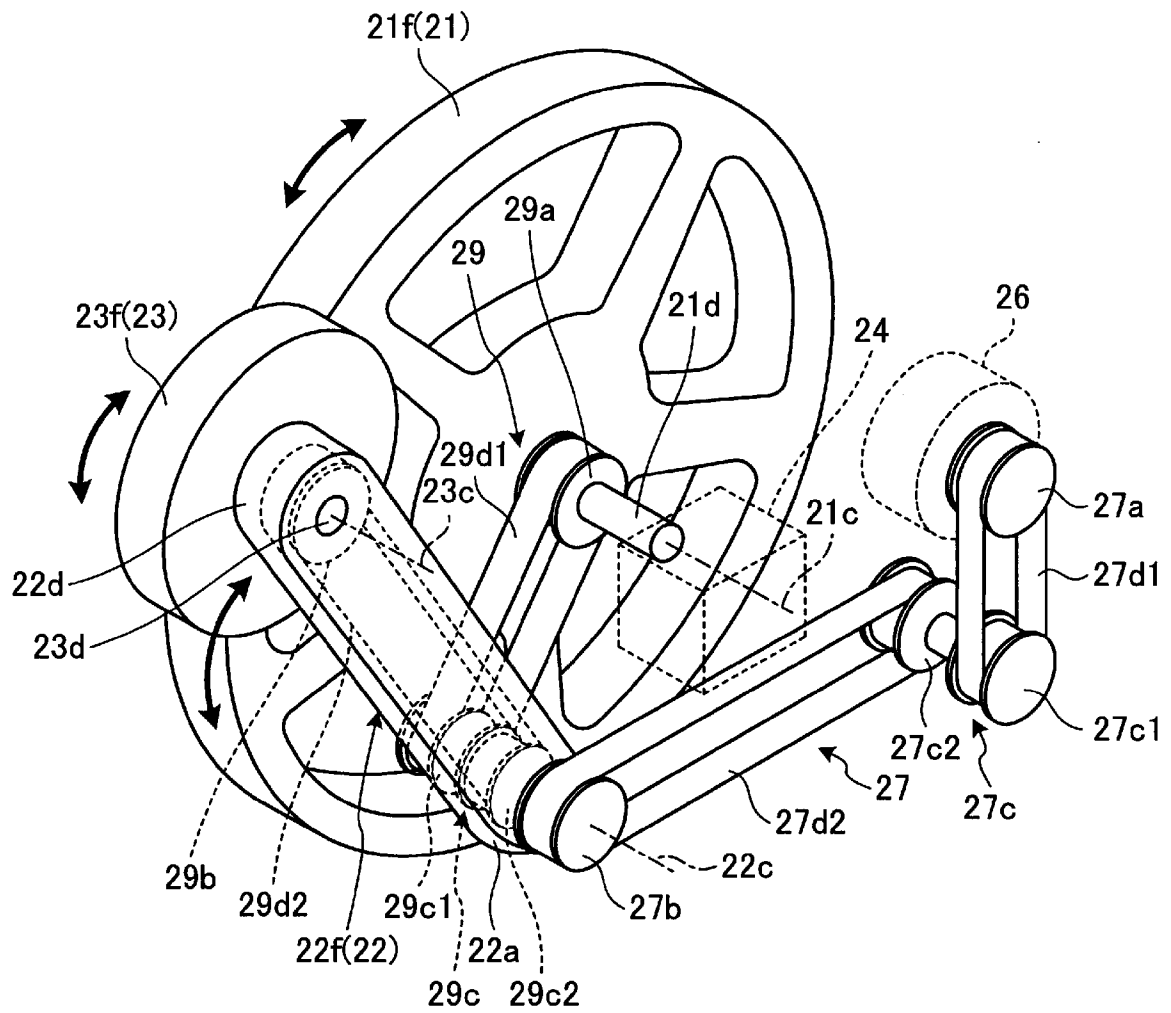
[図3]



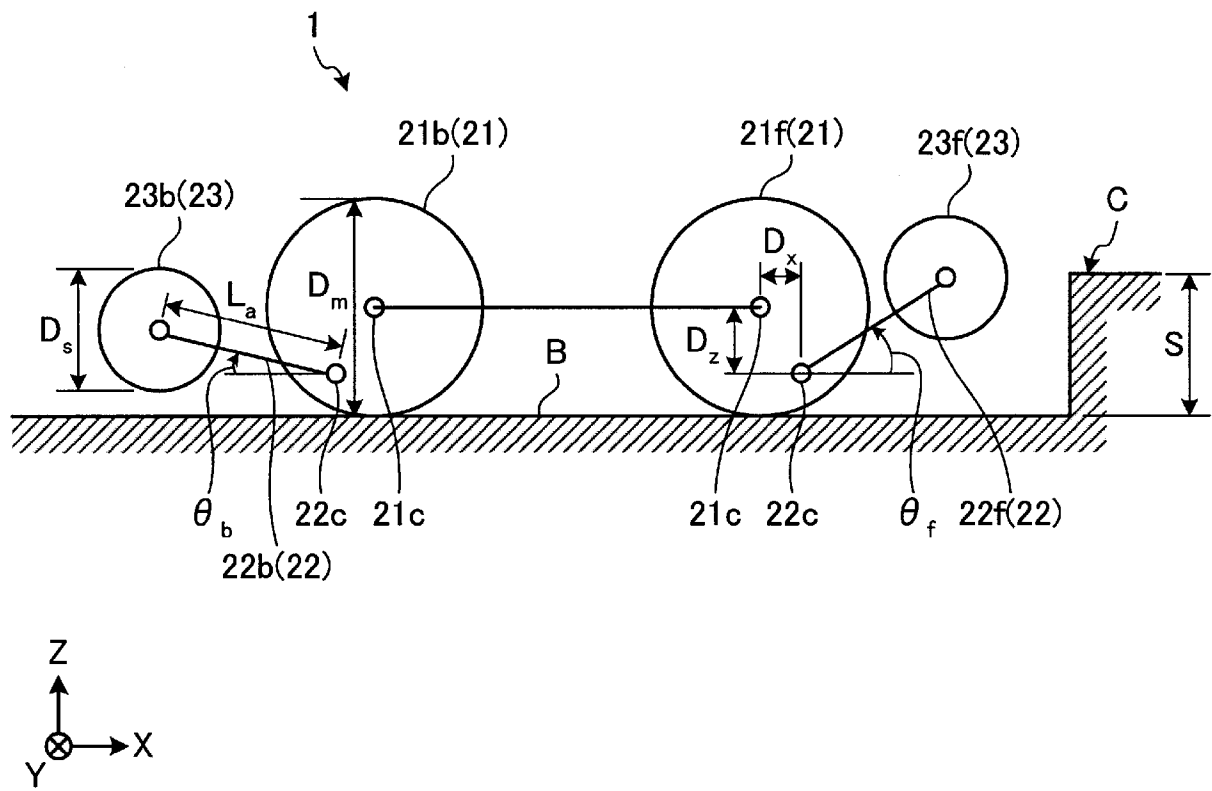
[図4]



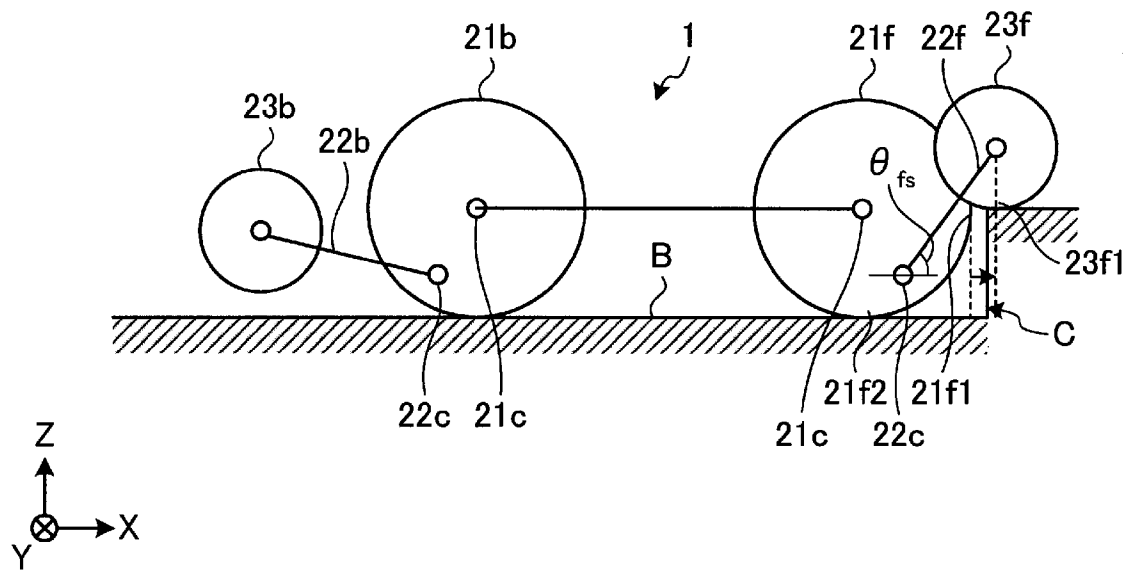
[図5]



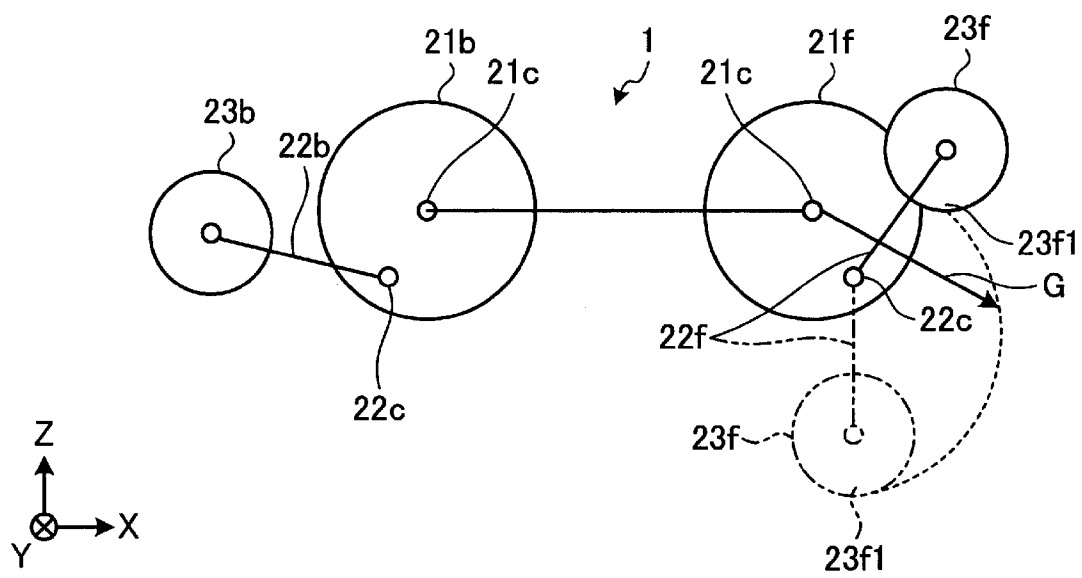
[図6]



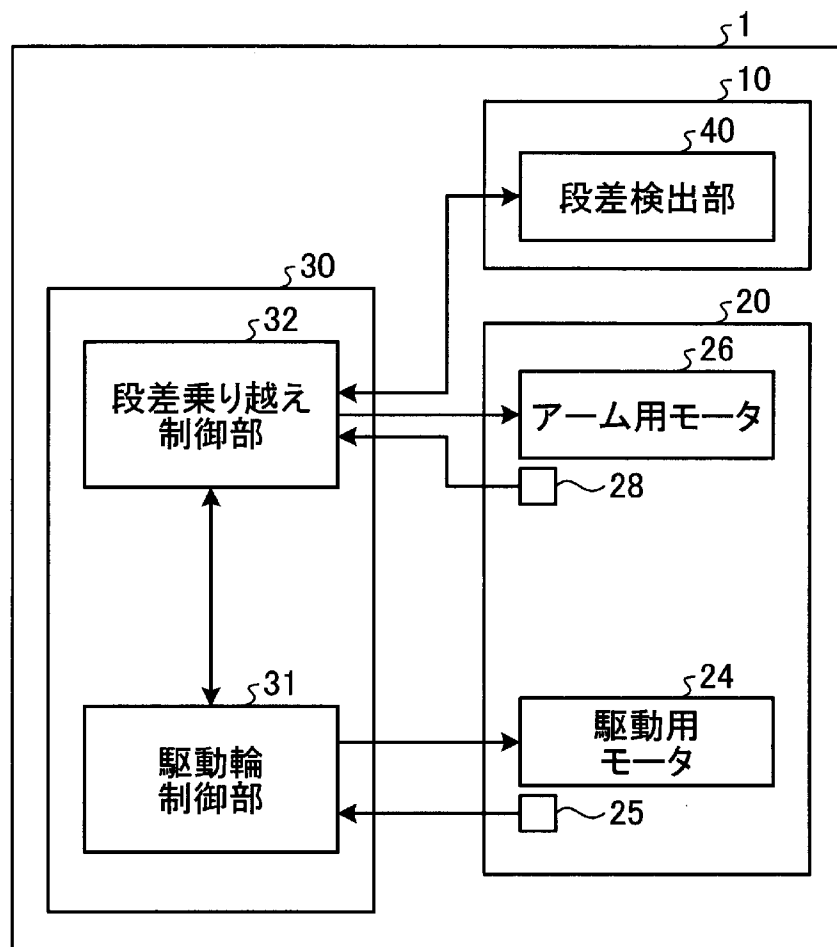
[図7A]



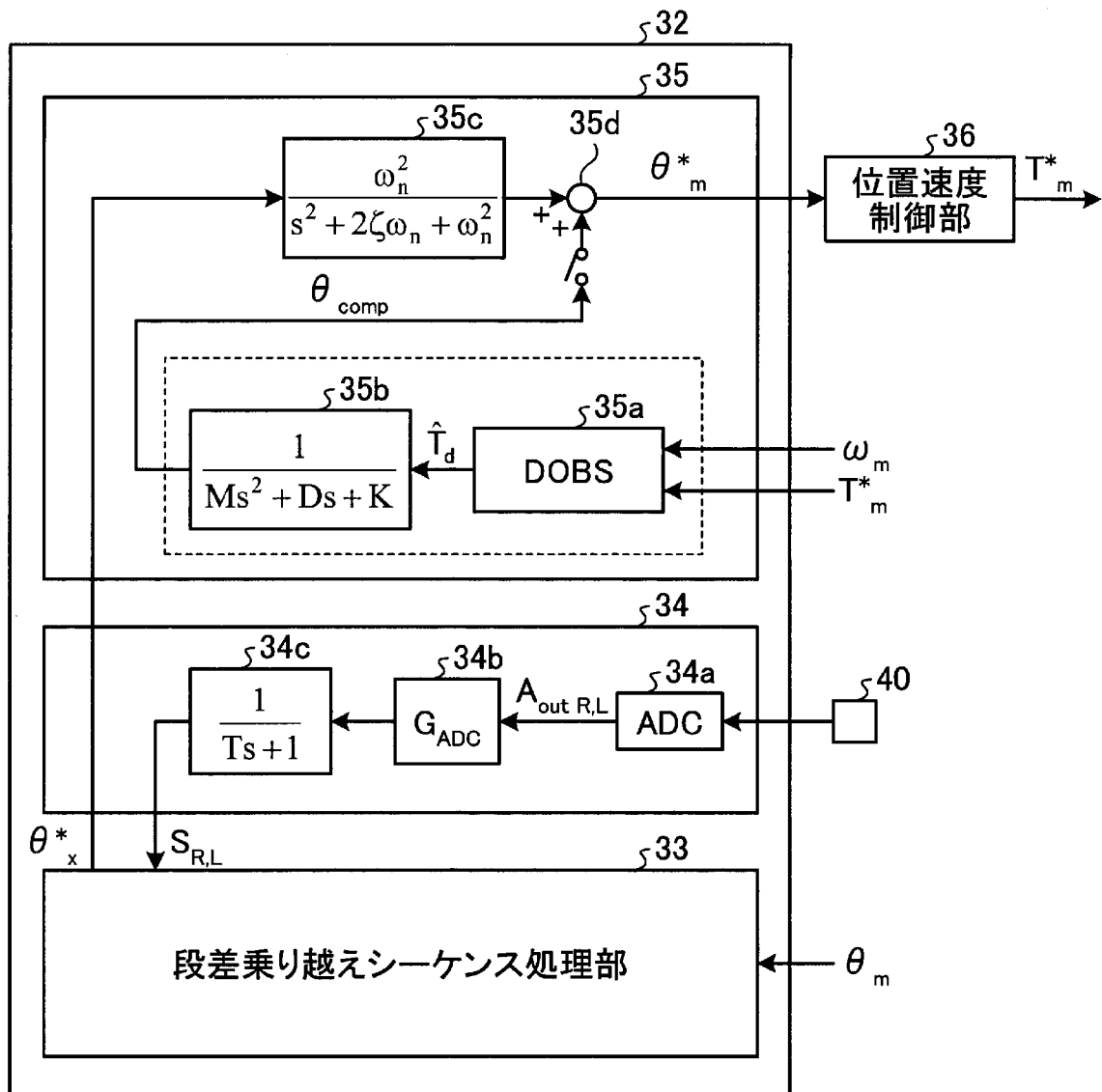
[図7B]



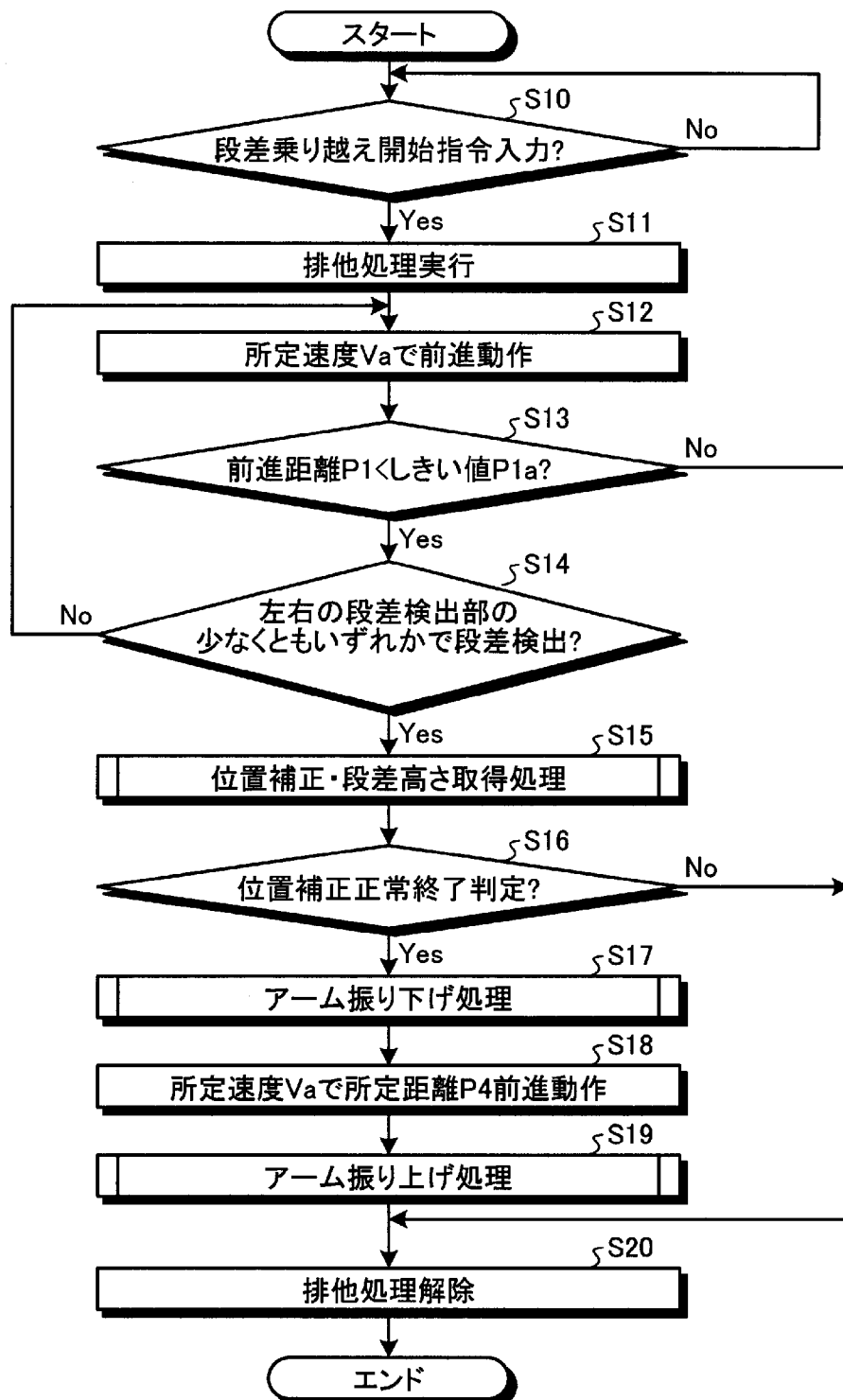
[図8]



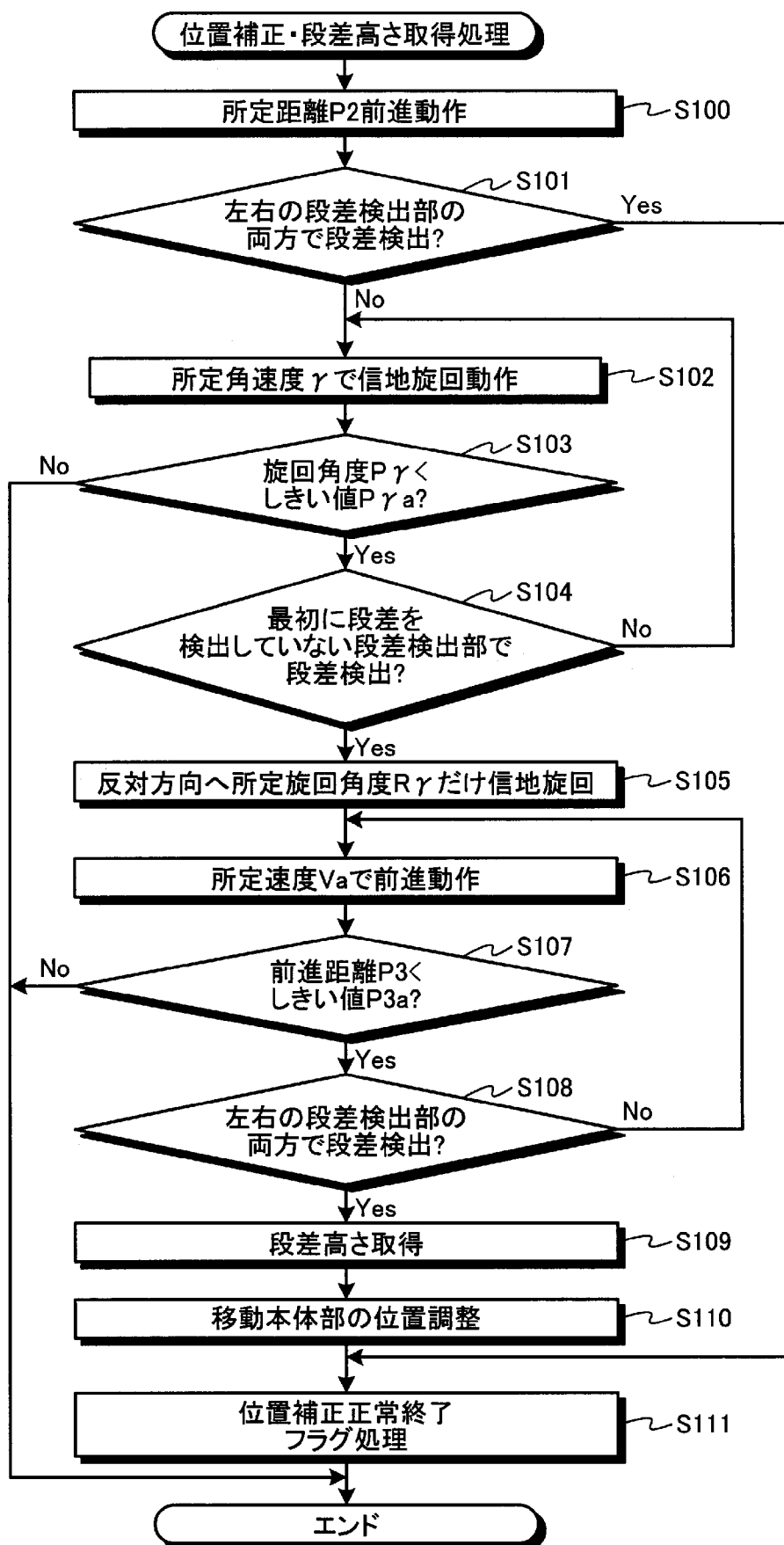
[図9]



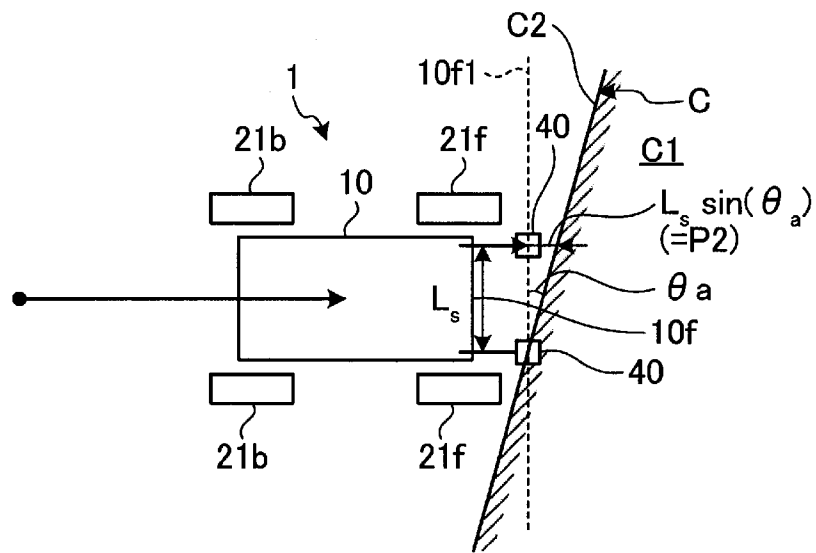
[図10]



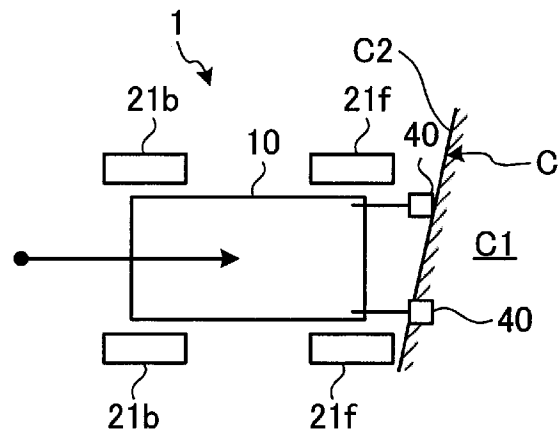
[図11]



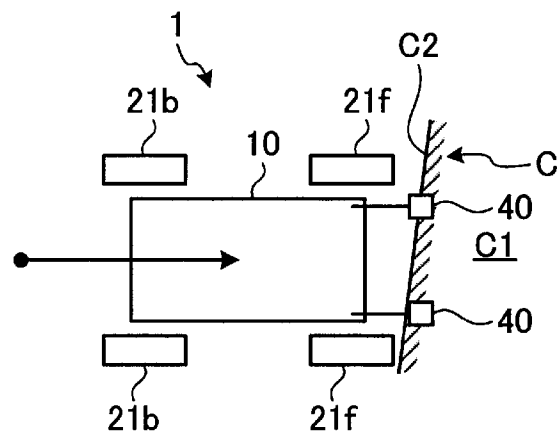
[図12]



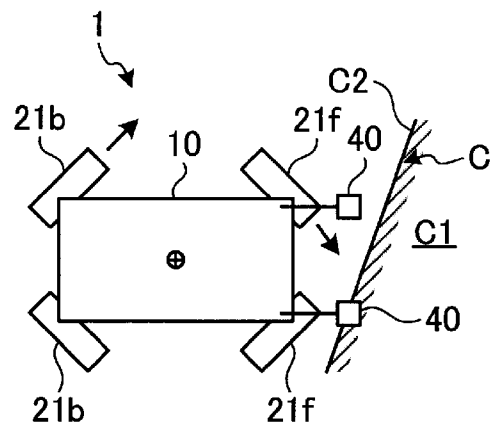
[図13A]



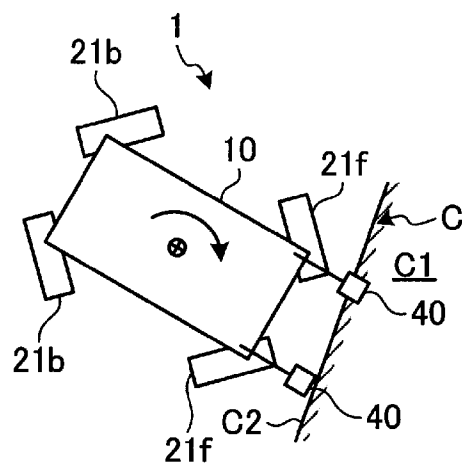
[図13B]



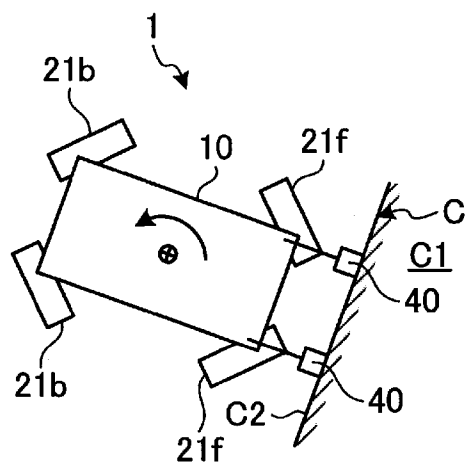
[図14A]



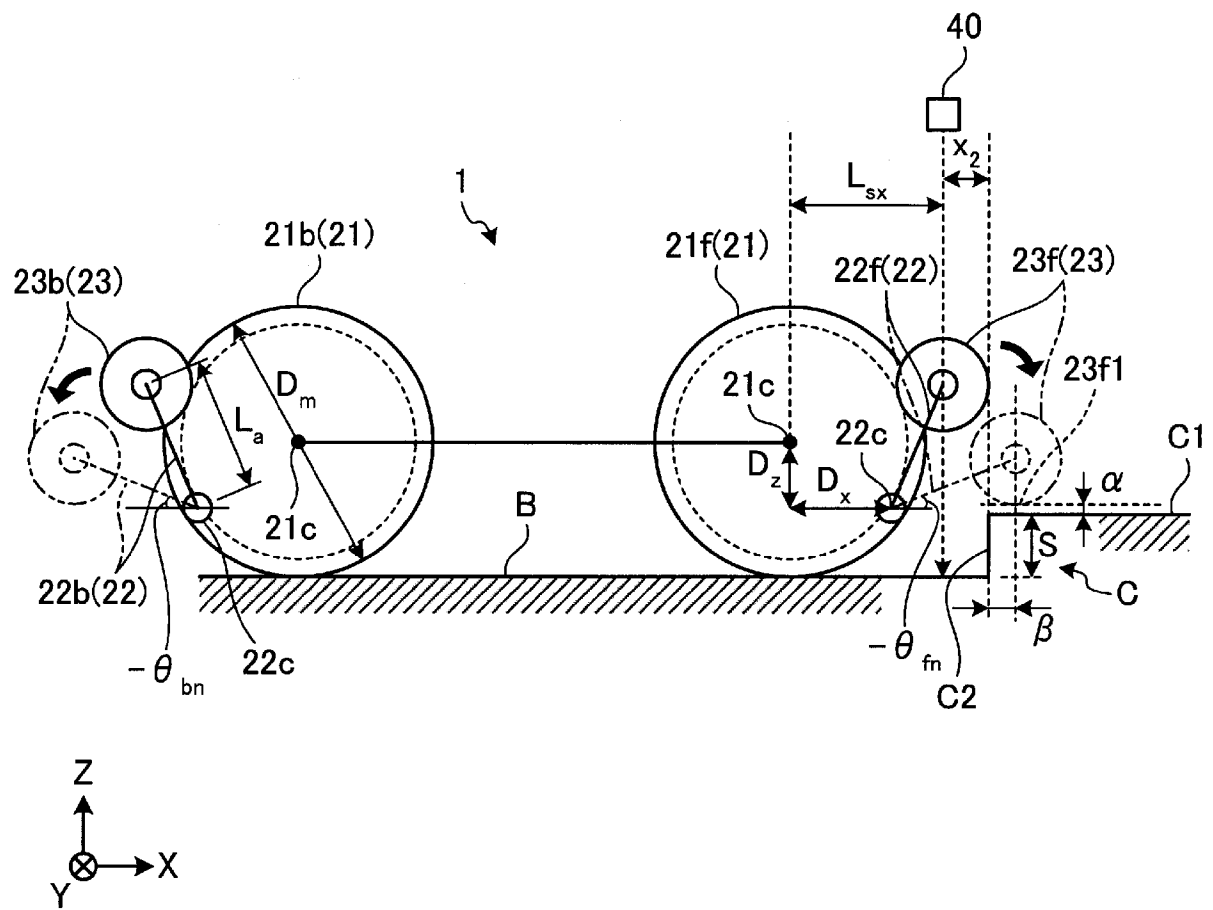
[図14B]



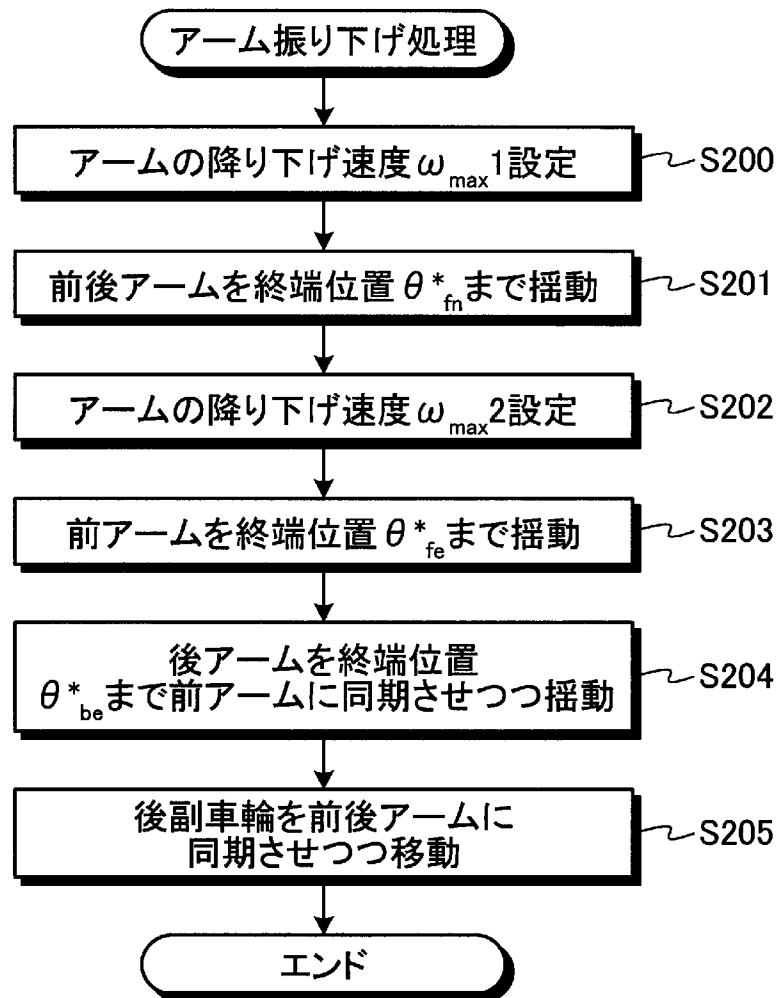
[図14C]



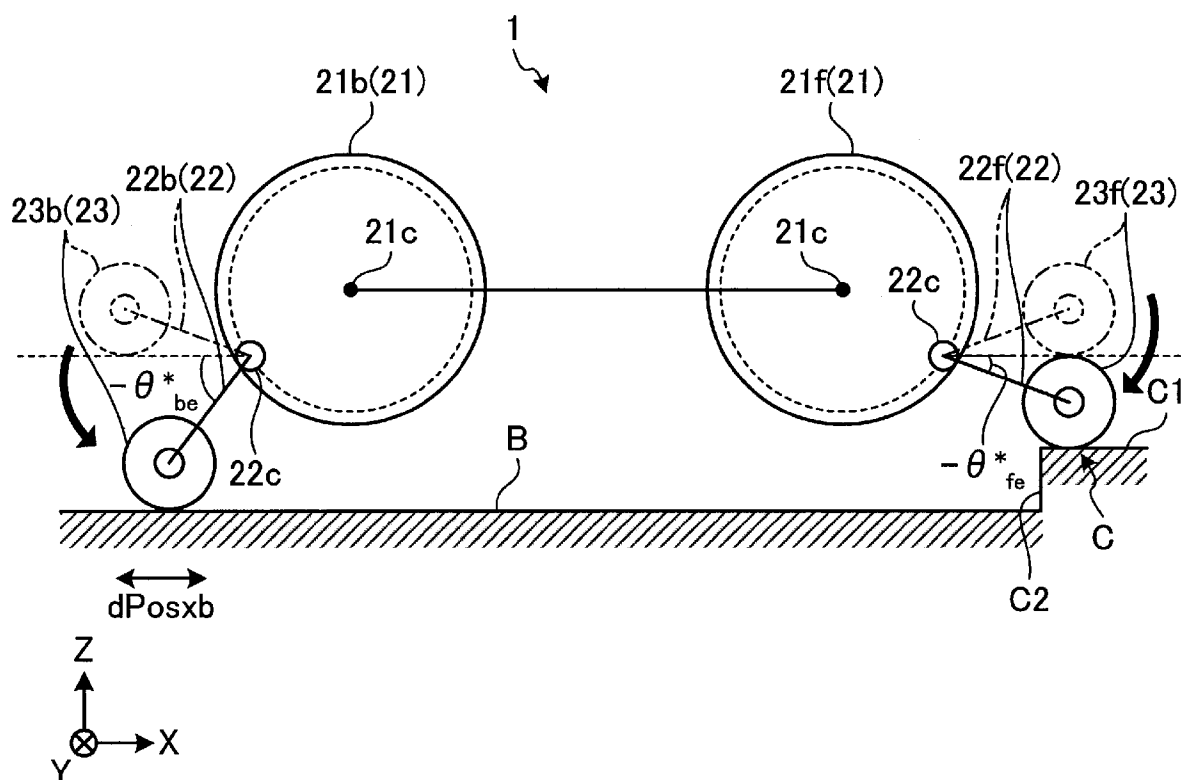
[図15]



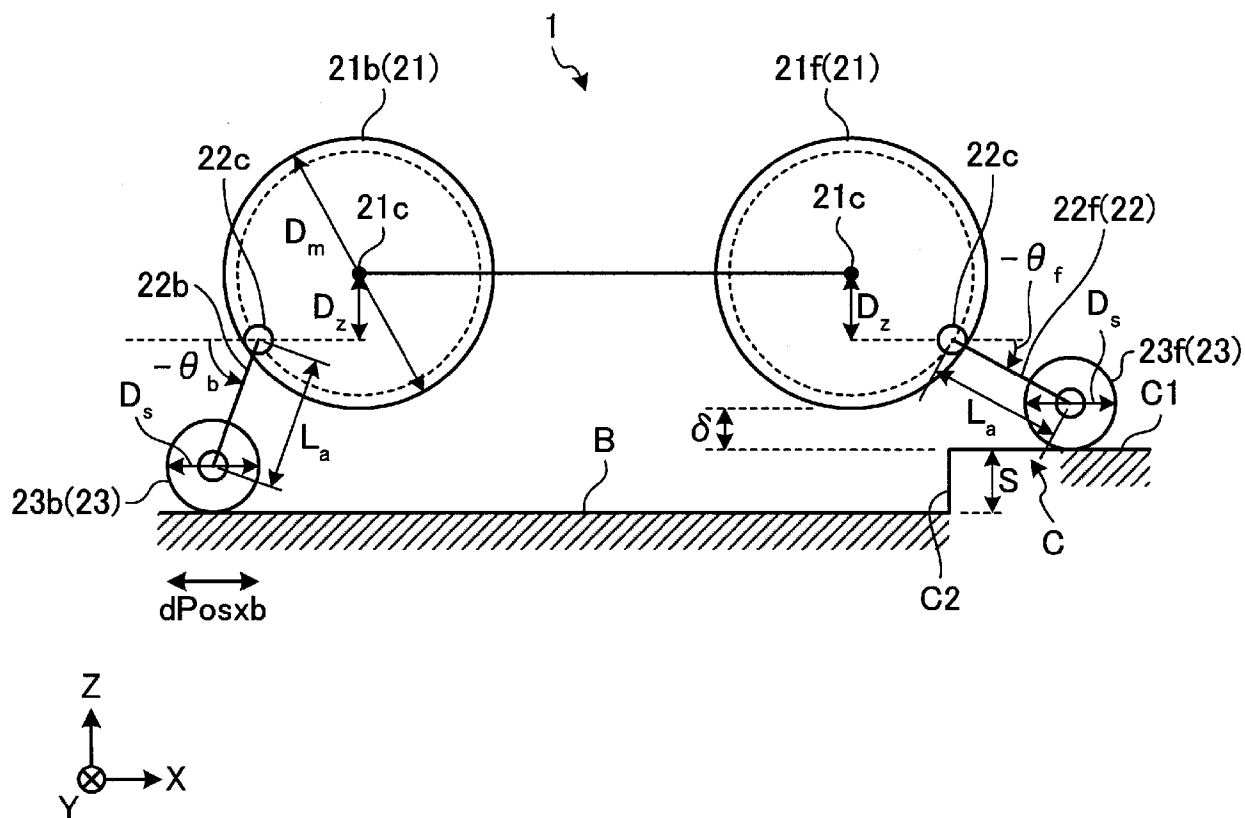
[図16]



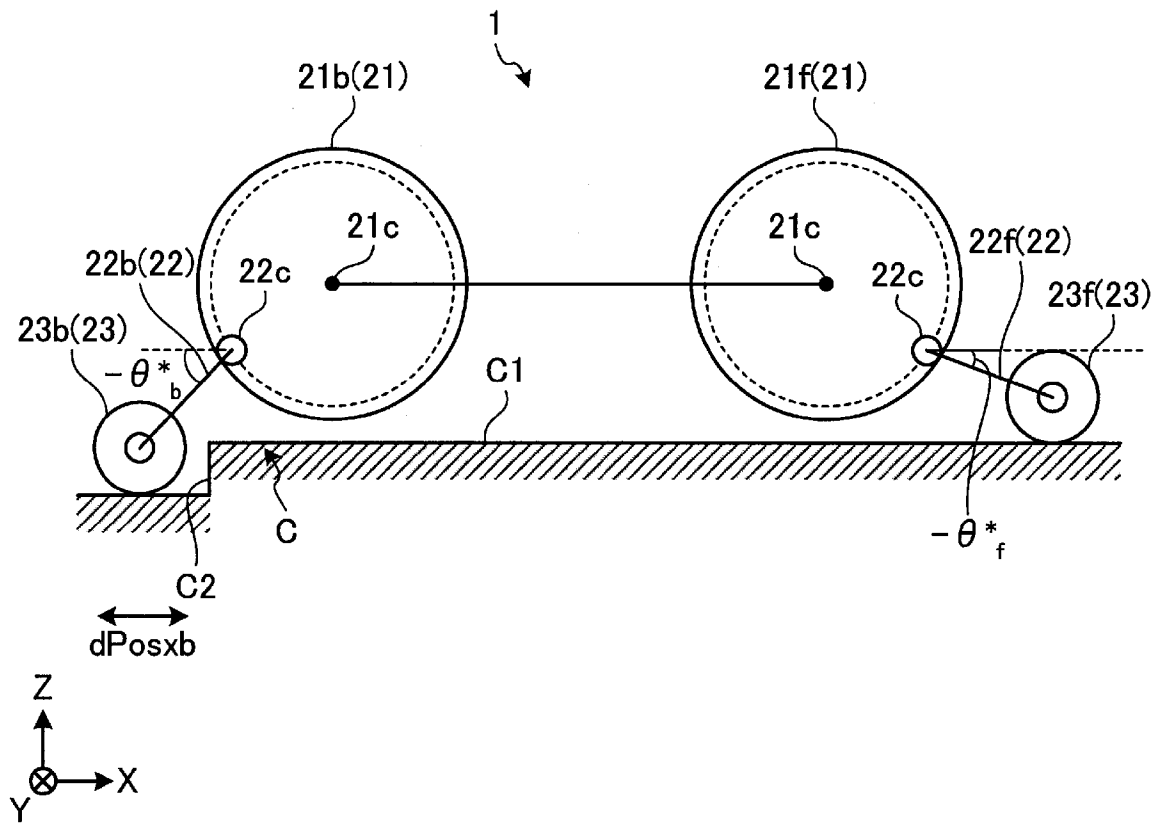
[図17]



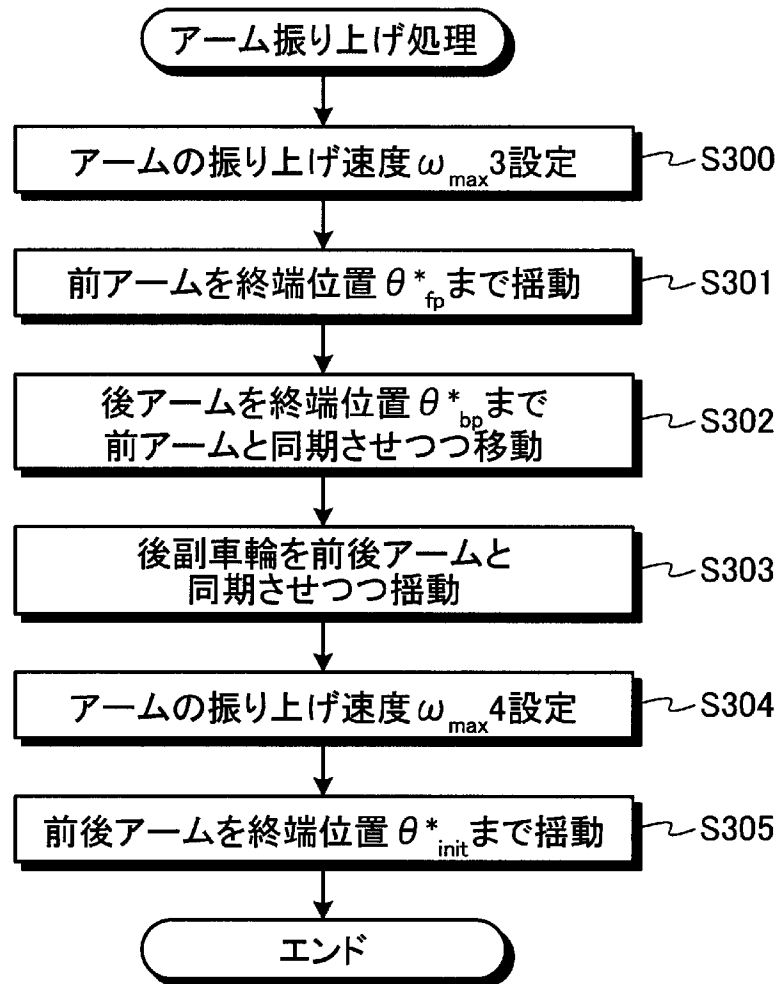
[図18]



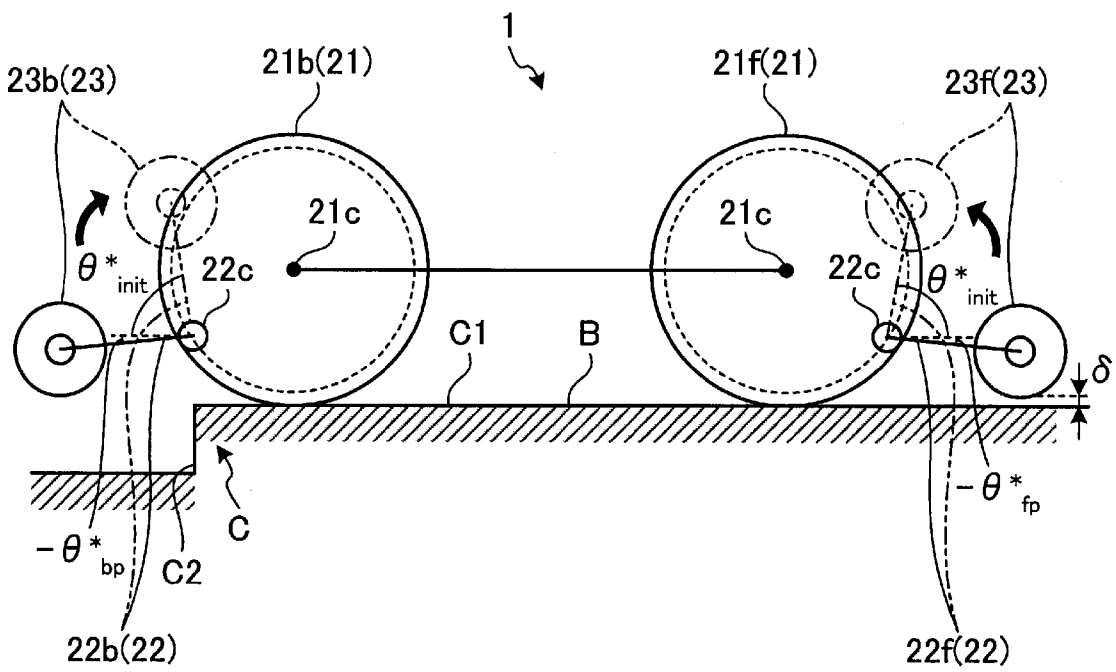
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/060532

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62D57/02 (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)

B62D57/02

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 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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 2006-190105 A (Toshiba Corp.), 20 July 2006 (20.07.2006), entire text; fig. 1 to 10 (Family: none)	1-2 9
X	JP 2010-6247 A (Panasonic Corp.), 14 January 2010 (14.01.2010), entire text; fig. 1 to 20 (Family: none)	1
X Y	JP 2009-298208 A (Panasonic Corp.), 24 December 2009 (24.12.2009), entire text; fig. 1 to 18 (Family: none)	1 9

☒ 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
24 June, 2013 (24.06.13)Date of mailing of the international search report
09 July, 2013 (09.07.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/060532

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-236350 A (The Nippon Signal Co., Ltd.), 08 September 1998 (08.09.1998), paragraphs [0012] to [0016] (Family: none)	9
A	JP 63-170179 A (Toshiba Corp.), 14 July 1988 (14.07.1988), entire text; fig. 1 to 5 (Family: none)	1
A	JP 2010-30523 A (Toyota Motor Corp.), 12 February 2010 (12.02.2010), paragraph [0018]; fig. 1 (Family: none)	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/060532

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-2 and 9

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/060532

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

The invention of claim 1 is disclosed in the following document 1, and does not have a special technical feature.

As a result of judging special technical features with respect to claims dependent on claim 1, six inventions (invention groups) are involved in claims.

The special technical feature of each of these inventions (invention groups) is as follows.

Meanwhile, the invention of claim 1 having no special technical feature is classified into invention 1.

(Invention 1) the inventions of claims 1-2 and 9

A mobile object having the matter specifying the invention in claim 1, the matter specifying the invention in claim 2, and the matter specifying the invention in claim 9.

(Invention 2) the invention of claim 3

A mobile object having the matter specifying the invention in claim 3.

(Invention 3) the invention of claim 4

A mobile object having the matter specifying the invention in claim 4.

(Invention 4) the inventions of claims 5-6

A mobile object having the matter specifying the invention in claims 5.

(Invention 5) the invention of claim 7

A mobile object having the matter specifying the invention in claim 7.

(Invention 6) the invention of claim 8

A mobile object having the matter specifying the invention in claim 8.

Document 1: JP2006-190105 A (Toshiba Corp.), 20 July 2006 (20.07.2006), entire text; fig. 1 to 10

Document 1 describes a mobile object provided with: main wheels 6, 12 rotatably mounted to a mobile body part; arms 24-2, 26-2 swingably mounted to the mobile body part and having swing center axes that are offset vertically downward with respect to the rotation center axes 4, 14 of the main wheels; sub wheels 30, 32 rotatably mounted to the leading ends of the arms; and a control unit 72 for controlling the operations of the arms according to the state of a road surface to bring the sub wheels into contact with the road surface.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B62D57/02 (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. B62D57/02

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 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y	JP 2006-190105 A（株式会社東芝） 2006.07.20, 全文, 図 1-10（ファミリーなし）	1-2 9
X	JP 2010-6247 A（パナソニック株式会社） 2010.01.14, 全文, 図 1-20（ファミリーなし）	1
X Y	JP 2009-298208 A（パナソニック株式会社） 2009.12.24, 全文, 図 1-18（ファミリーなし）	1 9

☒ 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 4 . 0 6 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 7 . 2 0 1 3

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）

鈴木 敏史

3 D

9 4 3 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 請求項の番号
Y	JP 10-236350 A (日本信号株式会社) 1998.09.08, 【0012】 - 【0016】 (ファミリーなし)	9
A	JP 63-170179 A (株式会社東芝) 1988.07.14, 全文, 図 1-5 (ファミリーなし)	1
A	JP 2010-30523 A (トヨタ自動車株式会社) 2010.02.12, 【0018】, 図 1 (ファミリーなし)	1

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

特別ページ参照

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項 1 - 2, 9

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

請求項 1 に係る発明は、下記文献 1 に記載されており、特別な技術的特徴ではない。

そこで、請求項 1 の従属請求項について特別な技術的特徴を判断すると、請求の範囲には 6 の発明（群）が含まれる。これらの各発明（群）の特別な技術的特徴は以下のとおりである。

なお、特別な技術的特徴を有しない請求項 1 に係る発明は、発明 1 に区分する。

（発明 1）請求項 1－2，9 に係る発明

請求項 1 の発明特定事項、請求項 2 の発明特定事項及び請求項 9 の発明特定事項を有する移動体。

（発明 2）請求項 3 に係る発明

請求項 3 の発明特定事項を有する移動体。

（発明 3）請求項 4 に係る発明

請求項 4 の発明特定事項を有する移動体。

（発明 4）請求項 5－6 に係る発明

請求項 5 の発明特定事項を有する移動体。

（発明 5）請求項 7 に係る発明

請求項 7 の発明特定事項を有する移動体。

（発明 6）請求項 8 に係る発明

請求項 8 の発明特定事項を有する移動体。

文献 1：JP 2006-190105 A（株式会社東芝）2006.07.20，全文，図 1-10

文献 1 には、移動本体部に回転可能に取り付けられる主車輪 6、12 と、移動本体部に揺動可能に取付けられ、揺動中心軸が主車輪の回転中心軸 4、14 に対して鉛直方向下方にオフセットされるアーム 24-2、26-2 と、アームの先端部に回転可能に取り付けられる副車輪 30、32 と、路面の状態に応じてアームの動作を制御し、副車輪を路面に接地させる制御部 72 とを備える移動体が記載されている。