

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-52013

(P2017-52013A)

(43) 公開日 平成29年3月16日(2017.3.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 5 J 5/00 (2006.01)	B 2 5 J 5/00 C	3 C 7 0 7
B 2 5 J 9/06 (2006.01)	B 2 5 J 5/00 B	
B 6 2 D 57/028 (2006.01)	B 2 5 J 9/06 E	
B 6 2 D 55/065 (2006.01)	B 6 2 D 57/028 P	
B 6 2 D 55/075 (2006.01)	B 6 2 D 55/065	
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 15 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2015-175327 (P2015-175327)
 (22) 出願日 平成27年9月7日(2015.9.7)

特許法第30条第2項適用申請有り 平成27年3月10日 <http://www.kikuchiseisakusho.co.jp/company/news.html>を通じて発表 平成27年3月13日 株式会社菊池製作所南相馬工場で開催された成果発表会にて発表 平成27年8月27日 日本経済新聞 平成27年8月27日付夕刊第1面に掲載

(71) 出願人 899000068
 学校法人早稲田大学
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地
 591117413
 株式会社菊池製作所
 東京都八王子市美山町2161-21
 100114524
 弁理士 榎本 英俊
 (72) 発明者 亀▲崎▼ 允啓
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学
 校法人早稲田大学内
 (72) 発明者 石田 健蔵
 東京都新宿区戸塚町1丁目104番地 学
 校法人早稲田大学内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複腕移動ロボット

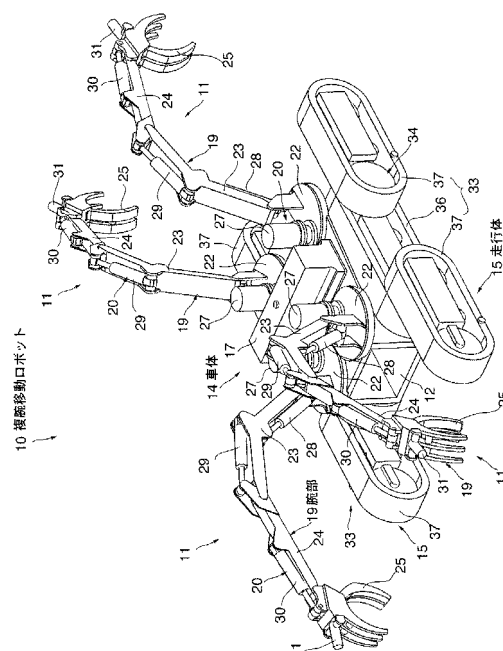
(57) 【要約】

【課題】多様な作業を行えるとともに、地面の様々な状況下でも走行可能となり、且つ、狭隘な災害現場等での作業や移動のためにロボット全体の小型化を促進する。

【解決手段】複腕移動ロボット10は、所定範囲内で動作可能な複数の腕部19を含む車体14と、車体14を移動させるように地面Gに接触しながら動作する走行体15と、操作者の操作に応じて各腕部19及び前記走行体15の動作を制御する制御装置44とを備えている。腕部19は、地面Gが所定の不整地状態のときに、先端側で地面Gに接触しながら車体14の移動をアシスト可能に構成されている。制御装置44は、腕部19と走行体15の動作制御を自動的に行う自動制御手段51を備えており、自動制御手段51では、腕部19及び走行体15を協調動作させることで、車体14の移動をアシストするように、腕部19及び走行体15の動作制御を行う。

【選択図】

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定範囲内で動作可能な複数の腕部を含む車体と、当該車体を移動させるように地面に接触しながら動作する走行体と、操作者の操作に応じて前記各腕部及び前記走行体の動作を制御する制御装置とを備えた複腕移動ロボットにおいて、

前記腕部は、前記地面が所定の不整地状態のときに、先端側で当該地面に接触しながら前記車体の移動をアシスト可能に構成されていることを特徴とする複腕移動ロボット。

【請求項 2】

前記走行体は、前記不整地状態で前記車体を移動させる際に、その姿勢を変化させることで、前記車体の移動をアシスト可能に構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の複腕移動ロボット。

【請求項 3】

前記腕部は、前記車体を安定させるように、その先端側を前記地面に押し当て可能に構成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の複腕移動ロボット。

【請求項 4】

前記走行体は、その姿勢を変化させることで、前記腕部での作業時に前記車体が安定化するように構成されていることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の複腕移動ロボット。

【請求項 5】

前記制御装置は、前記腕部と前記走行体の動作制御を自動的に行う自動制御手段を備え、

前記自動制御手段では、前記腕部及び前記走行体を協調動作させることで、前記車体の移動をアシストするように、前記腕部及び前記走行体の動作制御を行うことを特徴とする請求項 1～4 の何れかに記載の複腕移動ロボット。

【請求項 6】

前記自動制御手段では、前記走行体の動作のみでは走行できない不整地状態の地面を走行させる不整地走行モードによる制御がなされ、

前記不整地走行モードでは、前記腕部で前記地面を押しながら前記走行体を動作させることで、前記車体が移動するように、前記腕部及び前記走行体の動作制御を行うことを特徴とする請求項 5 記載の複腕移動ロボット。

【請求項 7】

前記自動制御手段では、進行方向の前方に存在する障害物を前記走行体で踏まずに跨いで乗り越える跨ぎ走行モードによる制御がなされ、

前記跨ぎ走行モードでは、前記車体を前記障害物よりも高い位置に持ち上げながら、当該車体を前進させるように、前記腕部及び前記走行体の動作制御を行うことを特徴とする請求項 5 又は 6 記載の複腕移動ロボット。

【請求項 8】

前記自動制御手段では、前記腕部の動作による特定の作業を自動化する作業モードによる制御がなされ、

前記作業モードでは、前記作業の際に前記車体を安定させるように、前記走行体及び／又は前記作業に使用していない前記腕部の動作制御を行うことを特徴とする請求項 5、6 又は 7 記載の複腕移動ロボット。

【請求項 9】

前記走行体は、前記車体の左右両側に位置して前記車体の移動用に回転するメインクローラと、当該各メインクローラの前後両側にそれぞれ繋がり、前記メインクローラの回転に伴って回転可能な前後両側のフリッパとにより構成され、

前記各フリッパは、前記制御装置での制御により、前記メインクローラに対する姿勢を可変に動作し、

前記不整地走行モードでは、少なくとも一部の前記フリッパの姿勢を変化させるとともに、少なくとも一部の前記腕部で前記地面を押すことにより、当該地面に対して前記車体

10

20

30

40

50

を持ち上げながら移動させるように、前記腕部及び前記走行体の動作制御を行うことを特徴とする請求項 6 記載の複腕移動ロボット。

【請求項 10】

前記走行体は、前記車体の左右両側に位置して前記車体の移動用に回転するメインクローラと、当該各メインクローラの前後両側にそれぞれ繋がり、前記メインクローラの回転に伴って回転可能な前後両側のフリッパとにより構成され、

前記各フリッパは、前記制御装置での制御により、前記メインクローラに対する姿勢を可変に動作し、

前記跨ぎ走行モードでは、少なくとも一部の前記フリッパの姿勢を変化させるとともに、少なくとも一部の前記腕部で前記地面を押すことにより、当該地面に対して前記車体を持ち上げながら移動させるように、前記腕部及び前記走行体の動作制御を行うことを特徴とする請求項 7 記載の複腕移動ロボット。

10

【請求項 11】

前記走行体は、前記車体の左右両側に位置して前記車体の移動用に回転するメインクローラと、当該各メインクローラの前後両側にそれぞれ繋がり、前記メインクローラの回転に伴って回転可能な前後両側のフリッパとにより構成され、

前記各フリッパは、前記制御装置での制御により、前記メインクローラに対する姿勢を可変に動作し、

前記作業モードでは、少なくとも一部の前記フリッパの姿勢を変化させ、及び／又は、前記作業に使用していない前記腕部の少なくとも一部を前記地面に押し当てることで、前記車体を安定化させることを特徴とする請求項 8 記載の複腕移動ロボット。

20

【請求項 12】

前記制御装置は、操作者によるマニュアル操作により、前記腕部と前記走行体の動作制御を行うマニュアル制御手段を更に備え、前記操作者による任意操作により、前記自動制御手段と前記マニュアル制御手段とによる制御を切り替え可能に設けられていることを特徴とする請求項 5 記載の複腕移動ロボット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、作業用アームを複数備えた移動ロボットに係り、更に詳しくは、過酷環境下での災害対応作業を行うのに好適となる複腕移動ロボットに関する。

30

【背景技術】

【0002】

災害発生時、2 次災害が起こる可能性のある作業環境や、放射線、火災、有毒ガス等の人間が入れないような過酷環境下での災害対応作業を行うために、遠隔操作型ロボットの導入が期待されている。現在、災害現場において、瓦礫処理等の作業に活躍しているのは、油圧ショベルやブルドーザ等の大型の建設機械であり、前述の過酷環境下のように、人間の直接作業が危険となる現場では、遠隔操縦による大型の建設機械での作業が行われる。

【0003】

40

しかしながら、災害現場は、大型の建設機械を導入できる広いところばかりではなく、密集した民家の狭い空間や、複雑な形状の狭い農地、或いは、山間部などで地面の傾斜が急な土地等がある。そのような場所には、大型の建設機械が入ることができず作業が困難になる。また、住宅密集地で既存の建築物を温存しながら瓦礫等の処理を行う場合、大型の建設機械では建築物を破壊してしまう危険性も高い。このような、作業空間が狭く、既存のインフラを維持したい現場では、どうしても人手に頼らざるを得ないが、そのような現場が、人間が入れないような前述の過酷環境下の危険な場所であるときには、人手でも作業が出来なくなり、そのまま放置されてしまうことになる。従って、このような災害現場での作業を無人で行えるように、遠隔操作が可能で、且つ、多様な作業を行える小型の災害対応ロボットが要請されている。

50

【0004】

ところで、特許文献1には、作業を行うために動作する複数の腕と、車輪やクローラ等からなる移動装置とを備え、予め定められた経路を自律移動する移動ロボットが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2014-210306号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

しかしながら、前記移動ロボットにあっては、段差等が存在する不整地状態の地面を走行する際、車輪やクローラのサイズによっては、段差を乗り越えることができない等、不整地状態の地面の移動ができない場合が生じる。従って、ある程度の不整地状態の地面でも移動ロボットを走行可能にするためには、車輪やクローラを大きくしなければならず、それにより移動ロボット全体が大型化し、狭隘な災害現場については、移動ロボットの導入が難しくなる。また、前記移動ロボットでは、進行方向における前方の地面上に走破できない障害物が存在する場合、当該障害物を跨いで移動することができない。このような場合には、災害現場の状況を事前に把握し、障害物を迂回させる経路の計画及び事前設定が予め必要であることから、地面の状況が予め把握し難い災害現場での作業への適用は難しい。

20

【0007】

本発明は、このような課題に着目して案出されたものであり、その目的は、多様な作業を行えるとともに、地面の様々な状況下でも走行可能となり、しかも、狭隘な災害現場等での作業や移動のために全体の小型化を促進可能な複腕移動ロボットを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記目的を達成するため、本発明は、主として、所定範囲内で動作可能な複数の腕部を含む車体と、当該車体を移動させるように地面に接触しながら動作する走行体と、操作者の操作に応じて前記各腕部及び前記走行体の動作を制御する制御装置とを備えた複腕移動ロボットにおいて、前記腕部は、前記地面が所定の不整地状態のときに、先端側で当該地面に接触しながら前記車体の移動をアシスト可能に設けられる、という構成を採っている。

30

【0009】

なお、本特許請求の範囲及び本明細書において、特に明記しない限り、位置若しくは方向を示す用語である「前」、「後」は、複腕移動ロボットの進行方向における「前」、「後」を意味し、同「左」、「右」は、複腕移動ロボットの進行方向における「左」、「右」を意味する。また、特に明記しない限り、同「上」、「下」は、複腕移動ロボットが設置される地面に対する鉛直方向における「上」、「下」を意味する。

40

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、腕部を複数設けたことから、複数台の建設機械を使って同一の作業を行う場合に比べ、1台の移動ロボットで同様の作業を行うことが可能になる。このため、機械の設置や作業に必要な現場スペースを狭小化でき、狭隘な災害現場等でも、多様な作業を行うことができる。また、遠隔操作可能な構成にすれば、人間が入れないような過酷環境の中での作業も可能になる。更に、複腕移動ロボットが走行する地面が不整地状態のときに、走行体の動作に加えて、腕部で地面を押しながら走行をアシストする動作を行えるため、走行体を大型化することなく、より多種の不整地状態の地面の走行や障害物を回避した走行が可能になる。従って、従来の構造よりもロボット全体を小型化すること

50

ができ、狭隘な災害現場等の様々な場所に導入可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本実施形態に係る複腕移動ロボットの概略斜視図。

【図2】図1に対して別角度から見た状態の前記複腕移動ロボットの概略斜視図。

【図3】(A)，(B)は、変形例に係る前記複腕移動ロボットの概略斜視図。

【図4】制御ユニット、腕駆動装置、及び走行駆動装置の構成を説明するためのブロック図。

【図5】(A)，(B)は、複腕移動ロボットが段差を乗り越えるときの動作を説明するための概略斜視図。

【図6】(A)～(F)は、複腕移動ロボットが段差を上って移動する際の腕部とクローラの動作を順に説明するための概念図。

【図7】(A)～(E)は、複腕移動ロボットが段差を下りて移動する際の腕部とクローラの動作を順に説明するための概念図。

【図8】(A)～(C)は、複腕移動ロボットが左右のどちらかに傾いた状態で前進する際の腕部とクローラの動作を説明するための概念図。

【図9】(A)～(I)は、複腕移動ロボットが障害物を跨いで移動する際の腕部とクローラの動作を順に説明するための概念図。

【図10】(A)～(E)は、複腕移動ロボットが引き剥がし作業を行う際の腕部とクローラの動作を説明するための概念図。

【図11】(A)，(B)は、前記複腕移動ロボットにおける作業状態を例示的に説明するための概略斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0013】

図1には、本実施形態に係る複腕移動ロボットの概略斜視図が示されており、図2には、前記複腕移動ロボットを図1に対して別角度から見た状態の概略斜視図が示されている。これらの図において、前記複腕移動ロボット10は、所望の作業を行うために動作する複数のアームユニット11及び当該アームユニット11を支持する胴体部12からなる車体14と、車体14を移動させるように地面上を動作する走行体15と、胴体部12の上面中央に設けられ、操作者の操作に応じてアームユニット11及び走行体15の動作を制御する制御ユニット17とを備えて構成されている。この複腕移動ロボット10は、図示省略した操作装置を操作者が遠隔操作することにより、アームユニット11及び走行体15に所望の動作をさせるようになっている。なお、特に限定されるものではないが、前記操作装置は、レバー、ボタン、ハンドル、及び／又はペダル等の操作によって、所望の動作指令を入力可能な構成となっている。

【0014】

前記アームユニット11は、平面視でほぼ方形状をなす胴体部12の上面の四隅にそれぞれ片持ち状に取り付けられており、これら4本のアームユニット11は、胴体部12の前後左右からそれぞれ外方に向かって延びるように配置されている。

【0015】

これら各アームユニット11は、相互に同一の構成となっており、所定範囲内で動作可能に設けられた多関節型の腕部19と、当該腕部19を動作させる腕駆動装置20とによりそれぞれ構成されている。なお、特に限定されるものではないが、本実施形態における各アームユニット11は、後述する5自由度の動作を可能に構成されており、4本に限らず複数本、好ましくは3本以上設けられていれば良い。

【0016】

前記腕部19は、胴体部12の上面に沿って回転可能に当該胴体部12に取り付けられた回旋用円盤22と、上下方向に揺動可能となるように回旋用円盤22に一端側が取り付け

10

20

30

40

50

けられたブーム 2 3 と、ブーム 2 3 の他端側に、当該ブーム 2 3 に対して上下方向に揺動自在に取り付けられたアーム 2 4 と、アーム 2 4 の先端側で当該アーム 2 4 に対して上下方向に揺動可能に取り付けられたグラブ 2 5 とにより構成されている。この腕部 1 9 は、後述するように、地面に接触しながら車体 1 4 の移動をアシスト可能にするように、グラブ 2 5 の先端が走行体 1 5 の下端よりも下方まで延伸可能なサイズに設けられるとともに、この移動のアシスト動作時の強度を確保できる形状に設けられている。特に限定されるものではないが、本実施形態のブーム 2 3 は、途中で 1 2 0 度屈曲した側面視くの字状をなす形状に設けられており、アーム 2 4 は、ほぼ直線状に延びる形状となっている。また、前記グラブ 2 5 は、その先端が二股に分岐する形状をなし、当該先端側が離間接近することで開閉可能に構成されている。

10

【0017】

前記腕駆動装置 2 0 は、回旋用円盤 2 2 を回転して腕部 1 9 を水平方向に回旋させる動力として胴体部 1 2 に設けられた油圧モータユニット 2 7 と、ブーム 2 3 を上下方向に揺動させる動力としてブーム 2 3 に取り付けられた第 1 の油圧シリンダ 2 8 と、アーム 2 4 を上下方向に揺動させる動力としてブーム 2 3 に取り付けられた第 2 の油圧シリンダ 2 9 と、グラブ 2 5 を上下方向に揺動させる動力としてアーム 2 4 に取り付けられた第 3 の油圧シリンダ 3 0 と、グラブ 2 5 を開閉させる動力としてグラブ 2 5 に設けられた第 4 の油圧シリンダ 3 1 とにより構成されている。

【0018】

なお、前記アームユニット 1 1 は、前述の構成に限定されるものではなく、後述する作用を奏することができる限りにおいて、様々な態様の構成を採用することができる。例えば、前述の構成に対し、グラブ 2 5 を振じる方向に回転させる自由度を更に増やすなど、前述の構成に対して自由度を増減させた構成を採用することもできる。また、本実施形態の腕駆動装置 2 0 は、油圧モータや油圧シリンダで構成したが、図 3 に示されるように、電氣的なモータ等の他の駆動装置により構成することもできる。更に、アーム 2 4 の先端にグラブ 2 5 が取り付けられているが、図 3 に示されるように、グラブ 2 5 の代わりに、バケットやカッター等、他の建設機械のアタッチメントを取り付けることも可能である。

20

【0019】

前記走行体 1 5 は、図 1 及び図 2 に示されるように、車体 1 4 の左右両側にそれぞれ設けられたクローラ 3 3 と、これら左右のクローラ 3 3 を独立して動作させる走行駆動装置 3 4 とにより構成されている。

30

【0020】

前記左右のクローラ 3 3 は、車体 1 4 の中央に位置して、走行駆動装置 3 4 の駆動により回転可能に設けられたメインクローラ 3 6 と、メインクローラ 3 6 の前後両側に位置し、メインクローラ 3 6 の回転に伴って一体的に回転可能な補助クローラとして機能する前側及び後側のフリッパ 3 7 とによりそれぞれ構成されている。ここで、メインクローラ 3 6 及びフリッパ 3 7 の回転動作（以下、「クローラ 3 3 全体の回転動作」と称する）により、車体 1 4 を地面に沿って移動させ、複腕移動ロボット 1 0 が地面を走行することになる。

【0021】

前側及び後側のフリッパ 3 7 は、スプロケット等の図示省略した動力伝達機構を介して、メインクローラ 3 6 に同期した回転動作を可能に構成されている。ここで、前側のフリッパ 3 7 は、その前方が上下方向に揺動可能となるようにメインクローラ 3 6 に繋がっており、後側のフリッパ 3 7 は、その後方が上下方向に揺動可能となるようにメインクローラ 3 6 に繋がっている。また、各フリッパ 3 7 の全長は、腕部 1 9 の全長よりも短寸となるように設定されている。すなわち、複腕移動ロボット 1 0 が前進している際に、フリッパ 3 7 の全長よりも高い障害物が存在する場合、メインクローラ 3 6 に対して前側のフリッパ 3 7 を上向きにほぼ直角に屈曲させても、クローラ 3 3 全体の回転動作のみでは、前記障害物を乗り越えることはできない。ところが、このような腕部 1 9 の構成により、後述するように、腕部 1 9 の先端を地面に押し当てて車体 1 4 を持ち上げながら、クローラ

40

50

３３全体の回転動作を行うことで、障害物を乗り越えて走行することが可能になる。なお、走行体１５としては、本実施形態の構成に限定されるものではなく、例えば、前後何れか一方のフリッパ３７を省略する等、本発明の効果を奏する限りにおいて、種々の構成のものを採用することができる。

【００２２】

前記走行駆動装置３４は、図４に示されるように、左右両側のクローラ３３全体の回転動作を独立して行うための動力となるクローラ回転用モータ３９と、左右両側の前側のフリッパ３７（図１等参照）をそれぞれ独立してメインクローラ３６（図１等参照）に対して揺動させる動力となる前側フリッパ動作用モータ４０と、左右両側の後側のフリッパ３７（図１等参照）をそれぞれ独立してメインクローラ３６に対して揺動させる動力となる後側フリッパ動作用モータ４１とからなる。これにより、各フリッパ３７は、各モータ４０、４１によって、メインクローラ３６に対しアクティブに上下動し、メインクローラ３６に対する姿勢を可変に動作する。なお、後述する自動制御を行わない場合には、各モータ４０、４１を駆動させずに、或いは、各モータ４０、４１を省略して、各フリッパ３７をメインクローラ３６に対してパッシブに動作させることも可能である。

10

【００２３】

前記制御ユニット１７は、図４に示されるように、複腕移動ロボット１０の現在の状況を把握するための検出装置４３と、操作者の操作に応じて腕駆動装置２０や走行駆動装置３４の駆動を制御する制御装置４４とにより構成されている。

【００２４】

20

前記検出装置４３は、複腕移動ロボット１０の自己姿勢を検出する姿勢センサ４６と、複腕移動ロボット１０の自己位置を検出する位置センサ４７と、複腕移動ロボット１０の周囲に存在する障害物や段差等、周囲の物体を認識する空間認識センサ４８とからなる。これらセンサ４６、４７、４８は、公知の構造のものが適用され、本発明の本質部分ではないため、構造等の詳細な説明は省略する。

【００２５】

前記制御装置４４は、操作者の遠隔操作により前記操作装置からの指令が入力されると、当該指令に基づき、所望の作業や移動に応じた腕部１９及びクローラ３３の動作制御を行うようになっている。なお、前記操作装置での指令に対応した電氣的な信号は、無線通信又は有線通信の何れかで制御装置４４に伝送される。

30

【００２６】

この制御装置４４は、前記操作装置から伝送された電氣的信号を受信する受信装置、電氣的信号に基づき各種処理を行うコンピュータ、及び、当該コンピュータによる処理に基づき各駆動装置２０、３４を駆動させるための電氣的信号を生成するドライバ等によって構成されており、前記コンピュータを以下の各手段として機能させるためのプログラムがインストールされている。

【００２７】

すなわち、制御装置４４は、操作者によるマニュアル操作により、腕部１９とクローラ３３の動作制御を行うマニュアル制御手段５０と、検出装置４３の検出結果により、腕部１９とクローラ３３の動作制御を自動的に行う自動制御手段５１とを備えている。ここで、これらマニュアル制御手段５０及び自動制御手段５１による制御は、前記操作装置上での操作者の任意の選択指令によって切り替え可能となっている。

40

【００２８】

前記マニュアル制御手段５０では、操作者による前記操作装置での操作に応じて、所望の腕部１９について所望の部分を動作させるように、また、所望のクローラ３３に所望の動作をさせるように、腕駆動装置２０や走行駆動装置３４の駆動を制御するようになっている。

【００２９】

前記自動制御手段５１では、操作者の選択によって、次の第１～第３のモードによる自動制御が行われ、各モードにおいて、腕部１９及びクローラ３３が一定時間自動的に所定

50

の動作を行うように、前記各駆動装置 20, 34 の駆動が制御される。

【0030】

前記第1のモードとして、不整地状態の地面を走行するための不整地走行モードがある。この不整地走行モードでは、複腕移動ロボット10が地面Sから突出した段差Sを乗り越えられない場合に、当該段差Sを乗り越えるために、図5(A), (B)に示されるように、腕部19及びクローラ33を協調して動作させ、クローラ33全体の回転動作による移動をアシストする。まず、図1に示されるように、前後のフリッパ37がメインクローラ36に対してほぼ一直線となる姿勢(以下、この姿勢を「水平姿勢」と称する)で、これらクローラ33の回転により地面上を前進している際に、空間認識センサ48の検出結果により、図6(A)に示されるように、進行方向(同図中右方)の先に地面Gから突出した段差Sが発見された場合、段差Sの手前で、左右両側の前方のフリッパ37の先端側を上方に持ち上げる。そして、同図(B)に示されるように、当該前方のフリッパ37を段差Sの上端に引っ掛けながら、クローラ33全体の回転動作で段差Sを上る。この際、地面Gに対して車体14が少し持ち上がるが、姿勢センサ46での自己姿勢の検出結果に基づき、複腕移動ロボット10全体のゼロモーメントポイント(以下、単に「ロボットのZMP」と称する)が前方に移動するように、前方の腕部19を下げる。更に、同図(C)に示されるように、前方のフリッパ37を水平姿勢にするとともに、車体14を更に持ち上げるように、後方のフリッパ37の先端側を下方に揺動させ、当該フリッパ37を地面Gに対して起立する方向に屈曲させる(以下、この姿勢を「起立姿勢」と称する)。ここで、位置センサ47の検出結果により、車体14が前進しておらず、クローラ33全体の回転動作のみでは段差Sを上れないと判断された場合には、同図(D)に示されるように、各腕部19の先端を地面Gに接触させ、当該腕部19で地面Gを押しながら車体14を更に持ち上げる。そして、同図(E)に示されるように、前方のフリッパ37が段上の地面Gに乗ったら、前後両側の腕部19の先端で地面Gを押さえながら、クローラ33全体の回転動作により段上の地面G上で車体14を前進させる。そして、姿勢センサ46による自己姿勢の検出結果に基づき、同図(F)に示されるように、ロボットのZMPが中央に移動するように、全ての腕部19を上げ、前後のフリッパ37を共に水平姿勢にして、クローラ33全体の回転動作により車体14を更に前進させる。

【0031】

ここで、図6(C)の状態から、位置センサ47の検出結果により、車体14が前進しており、クローラ33全体の回転動作のみで段差Sを上れていると判断された場合には、腕部19の先端を地面Gに接触させずに、前述した以降の動作が行われる。

【0032】

また、前記不整地走行モードにおいて、空間認識センサ48により、図7(A)に示されるように、同図中右方となる進行方向の前方に地面Gから凹んだ段差Sが発見された場合、姿勢センサ46での検出結果に基づき、ロボットのZMPが後方に移動するように、後方の腕部19を下げる。そして、位置センサ47及び空間認識センサ48の検出結果により、同図(B)に示されるように、メインクローラ36が段差Sよりも前方に突出したと判断されると、クローラ33全体の回転動作を停止し、前方のフリッパ37の先端側を下げる。そして、位置センサ47の検出結果によって、当該前方のフリッパ37が地面Gに接触せず、クローラ33全体の回転動作のみでは段差Sを下れないと判断された場合には、同図(C)に示されるように、前方の腕部19の先端を段差Sの先の地面Gに接触させる。その上で、当該前方の腕部19の先端を更に先の地面Gに接触させながら、クローラ33全体の回転動作を再び開始し、同図(D)に示されるように、前方のフリッパ37を水平姿勢にするとともに、後方のフリッパ37の先端側を上げる。そして、同図(E)に示されるように、全ての腕部19を上げるとともに、前後のフリッパ37を共に水平姿勢にして、クローラ33全体の回転動作により車体14を更に前進させる。

【0033】

ここで、図7(B)の状態から、位置センサ47の検出結果によって、前方のフリッパ37が地面Gに接触し、クローラ33全体の回転動作のみで段差Sを下れると判断された

場合には、腕部 19 の先端を地面 G に接触させずに、前述した以降の動作が行われる。

【0034】

なお、位置センサ 47 の検出結果により、前記各手順を経ても段差 S の上り下りが出来ないと判断されたときには、クローラ 33 全体の回転動作を逆方向にして複腕移動ロボット 10 を後退させ、別ルートで複腕移動ロボット 10 を前進させる。

【0035】

更に、前記不整地走行モードにおいて、姿勢センサ 46 の検出結果により、複腕移動ロボット 10 が、進行方向の左右に傾く斜面や同左右の段差の影響で、同左右何れかに傾いており、クローラ 33 の地面 G の接地のみでは地面 G 上を走行不能と判断された場合、次のように腕部 19 とクローラ 33 の動作が制御される。紙面直交方向が進行方向となる図 8 (A) に示されるように、複腕移動ロボット 10 が地面 G の低い方に横転しないよう、ロボットの ZMP を考慮しながら、左右両側の腕部 19 の先端を地面 G に接触させ、当該地面 G に押し当てる。この状態では、各フリッパ 37 を水平姿勢にし、クローラ 33 全体の回転動作により車体 14 を走行させる。また、姿勢センサ 46 の検出結果により、図 8 (A) のように動作しても、更に前記横転が発生する可能性がある場合には、同図 (B) や (C) に示されるように、ロボットの ZMP を考慮して、左右両側の腕部 19 の先端を地面 G に接触させて当該地面 G に押し当てながら、地面 G の低い方に存在する側のフリッパ 37 を起立姿勢にし、車体 14 の低い方を地面 G から持ち上げ、車体 14 がより水平状態に近づくようにする。

【0036】

なお、前記手順を経ても地面 G での走行が出来ないと判断されたときには、クローラ 33 全体の回転動作を逆方向にして複腕移動ロボット 10 を後退させ、別ルートで複腕移動ロボット 10 を前進させる。

【0037】

前記第 2 のモードとして、複腕移動ロボット 10 の進行方向の前方に存在する障害物をクローラ 33 で踏まずに跨いで乗り越える跨ぎ走行モードがある。この跨ぎ走行モードでは、次の手順で腕部 19 及びクローラ 33 を動作させることで、車体 14 を障害物よりも高い位置に持ち上げながら車体 14 を前進させるように、各駆動装置 20, 34 の駆動が制御される。まず、空間認識センサ 48 によって、図 9 (A) に示されるように、同図中右方となる進行方向の前方にクローラ 33 で踏むことのできない障害物 H が発見された場合には、左右両側の前後のフリッパ 37 を起立姿勢とし、車体 14 を障害物 H よりも高い位置に持ち上げる。その後、姿勢センサ 46 及び位置センサ 47 の各検出結果を利用しながら、同図 (B) に示されるように、各腕部 19 をそれぞれ地面に接触させる。この際、前方の腕部 19 は、障害物 H の先の地面 G 上に接触させる。そして、同図 (C) に示されるように、各腕部 19 で車体 14 を支持しながら、前方のフリッパ 37 の先端側を上げて水平姿勢にする。次いで、同図 (D) に示されるように、地面 G に接触した腕部 19 の動作により、車体 14 を前進させる。この際、姿勢センサ 46 の検出結果に基づき、ロボットの ZMP を考慮しながら、各腕部 19 の位置及び姿勢により車体 14 のバランスを取る。そして、位置センサ 47 及び空間認識センサ 48 の検出結果によって、前方のフリッパ 37 が障害物 H の上方を越えたと判断されたときに、同図 (E) に示されるように、当該前方のフリッパ 37 を再び起立姿勢とした後、同図 (F) に示されるように、前方の腕部 19 を更に前方に動かし、後方のフリッパ 37 の先端側を上げて水平姿勢にする。その状態から、同図 (G) に示されるように、地面 G に接触した腕部 19 の動作により、車体 14 を前進させる。そして、位置センサ 47 及び空間認識センサ 48 の検出結果によって、後方のフリッパ 37 が障害物 H の上方を越えたと判断されたときに、同図 (H) に示されるように、後側のフリッパ 37 を再び起立姿勢とする。その後、同図 (I) に示されるように、各腕部 19 を上げて地面 G から離れた後、前後のフリッパ 37 を下げて水平姿勢にし、クローラ 33 全体の回転動作により車体 14 を更に前進させる。

【0038】

前記第 3 のモードとして、腕部 19 の動作による特定の作業を自動化する作業モードが

ある。この作業モードでは、次の手順で腕部 19 やクローラ 33 が動作するように、各駆動装置 20、34 の駆動が制御される。まず、瓦礫等の物体を把持する把持作業の場合、空間認識センサ 48 により、進行方向の前方に把持対象とする物体が発見されると、当該物体に最も近い腕部 19 を物体に近づける。そして、腕部 19 の先端のクラブ 25 の位置及び姿勢を調整し、クラブ 25 を動作させて物体を把持する。

【0039】

また、前記作業モードとして、把持した物体をその場で保持する場合、前記把持作業と同様の手順により、何れか 2 本の腕部 19 で物体を把持した後、その把持状態を維持する。ここで、物体の重量等によって、物体の把持状態を維持できないと判断された場合には、物体を把持している腕部 19 を動作させて当該物体の保持姿勢を変更し、或いは、他の腕部 19 を更に使って物体を保持する。

【0040】

更に、前記作業モードとして、前述の手順により 2 本の腕部 19 で保持された把持物体に付着した付着物体を把持物体から引き剥がす作業のような場合、把持物体を保持していない他の腕部 19 が、次のように動作する。まず、図 10 (A) に示されるように、把持物体 A を把持している腕部 19 に、把持物体 A を把持していない他の腕部 19 を接近させる。その前後に、空間認識センサ 48 により、引き剥がす対象となる付着物体 B が認識され、当該付着物体 B に対する所定の基準位置からの距離が特定される。その後、前記他の腕部 19 の先端を付着物体 B に近づけながら、この腕部 19 の先端のクラブ 25 の位置及び姿勢を調整し、同図 (B) に示されるように、当該クラブ 25 を動作させて付着物体 B を把持する。そして、同図 (C) に示されるように、当該他の腕部 19 を動作させ、付着物体 B を把持物体 A から引き剥がす。また、この引き剥がし作業の際に、姿勢センサ 46 の検出結果により、車体 14 が不安定になる場合には、図 10 (D) に示されるように、一部のフリッパ 37 をメインクローラ 36 に対して下向きに屈曲させ、クローラ 33 で踏ん張ることで、引き剥がし作業時の車体 14 の安定化を図る。また、同図 (E) に示されるように、把持物体 A の把持作業や付着物体 B の引き剥がし作業に使用していない腕部 19 を地面 G に押し当てることで、引き剥がし作業時の車体 14 の安定化を図る。なお、これらの車体 14 の安定化動作は、引き剥がし作業以外の別の作業でも、当該作業を安定して行えないような場合や、当該作業時に車体 14 が倒れる可能性がある場合に、同様に適用可能である。また、図 10 (D) で説明したフリッパ 37 の屈曲動作と、同図 (E) で説明した作業不使用の腕部 19 の地面 G への押し当て動作とを併用し、作業時の車体 14 の安定化を図ることも可能である。

【0041】

なお、前記自動制御手段 51 での腕部 19 及びクローラ 33 の動作制御中に、前記マニュアル制御手段 50 での腕部 19 及びクローラ 33 の動作指令を行うことも可能である。

【0042】

前記複腕移動ロボット 10 によれば、図 11 にも示されるように、障害物 H が散乱した不安定な地面 G でも作業を行うことができ、また、4 本の腕部で異なる物体 A を同時に把持する等、1 台で多彩な作業を行うことができる。

【0043】

なお、前記実施形態では、前記制御装置 44 での制御機能として、マニュアル制御手段 50 及び自動制御手段 51 を設けているが、何れか一方のみを設けた態様とすることも可能である。

【0044】

また、前記自動制御手段 51 では、検出装置 43 の検出結果を利用して各種の自動制御を行うようになっているが、当該検出結果の一部若しくは全部を利用せずに、操作者等の目視による同様の状況認識後に、操作者の操作等に基づいて、腕部 19 及びクローラ 33 の一部の動作のみを自動化するように自動制御手段 51 を構成しても良い。

【0045】

その他、本発明における装置各部の構成は図示構成例に限定されるものではなく、実質

10

20

30

40

50

的に同様の作用を奏する限りにおいて、種々の変更が可能である。

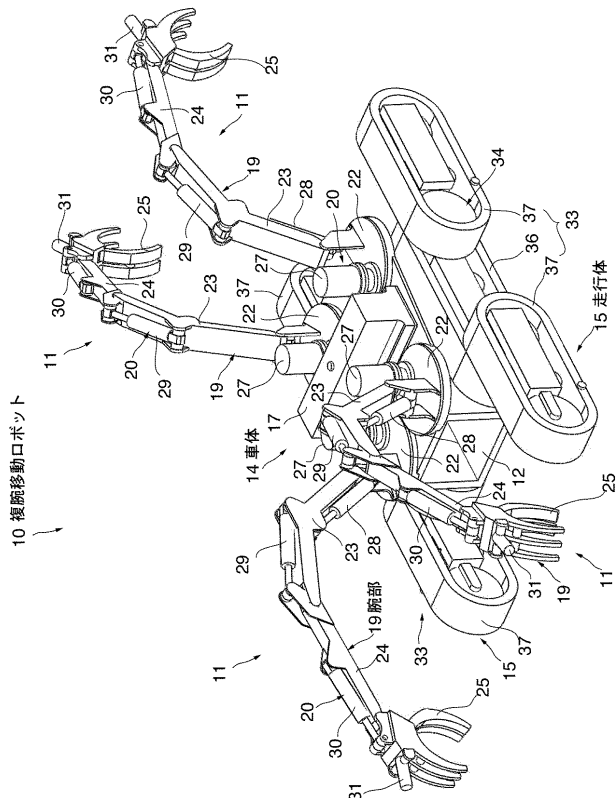
【符号の説明】

【0046】

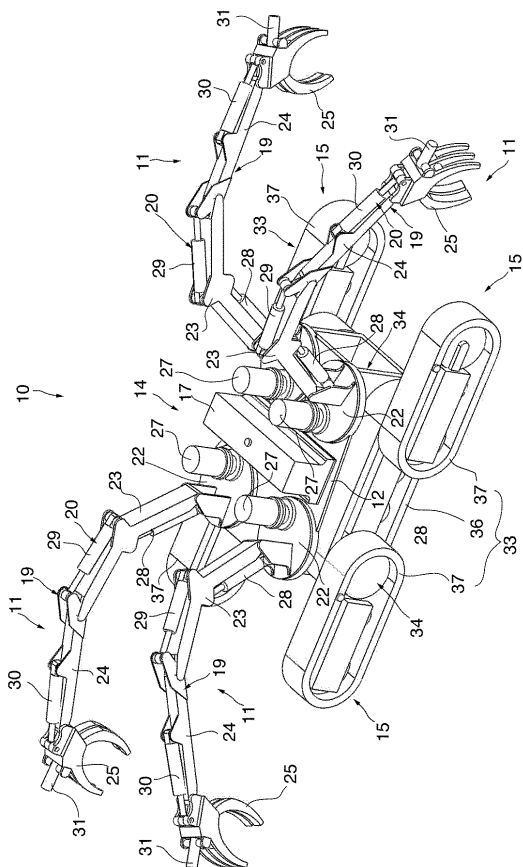
- 10 複腕移動ロボット
- 14 車体
- 15 走行体
- 19 腕部
- 33 メインクローラ
- 37 フリッパ
- 44 制御装置
- 50 マニュアル制御手段
- 51 自動制御手段
- G 地面
- H 障害物
- S 段差
- A 把持物体
- B 付着物体

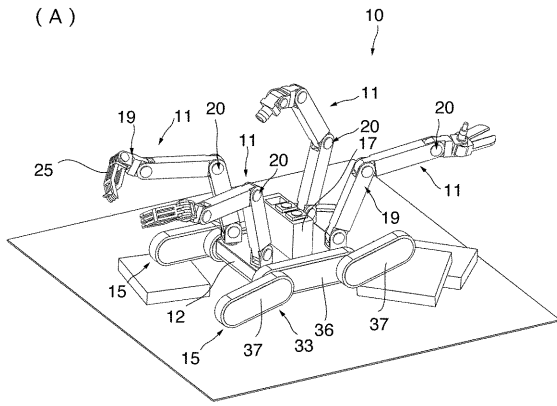
10

【図1】

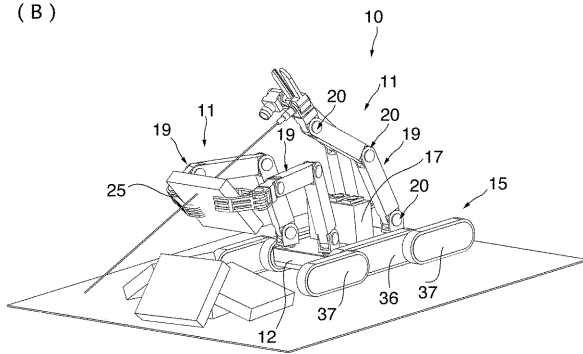
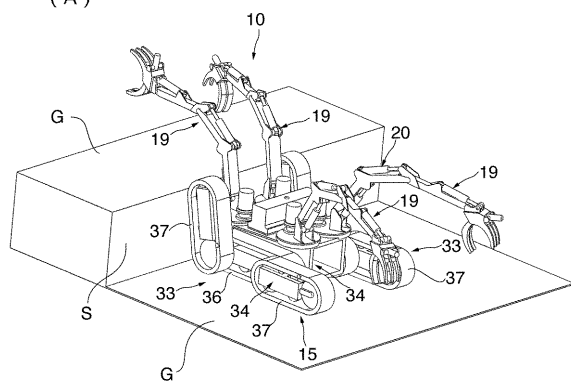


【図2】

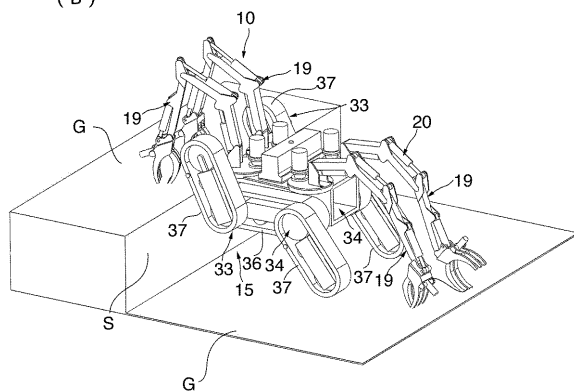


【図 3】
(A)

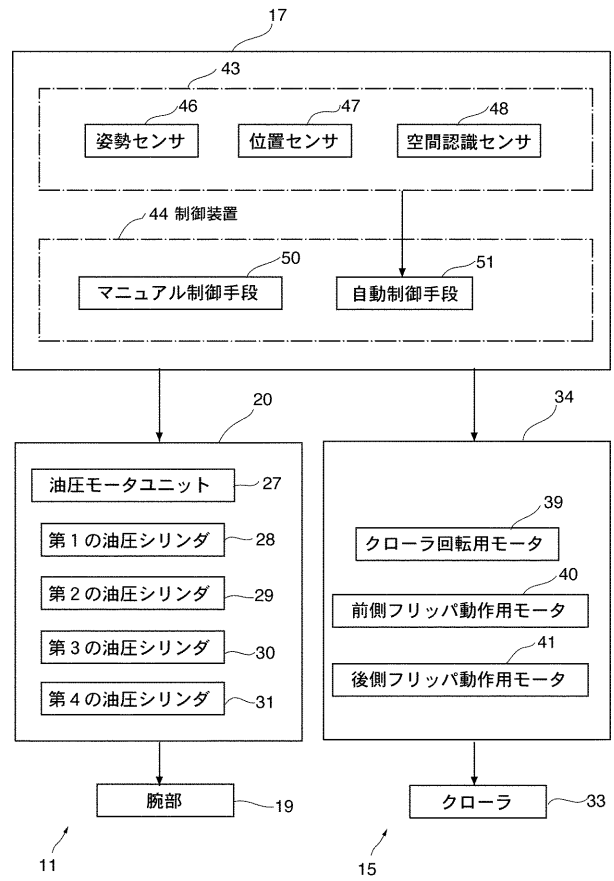
(B)

【図 5】
(A)

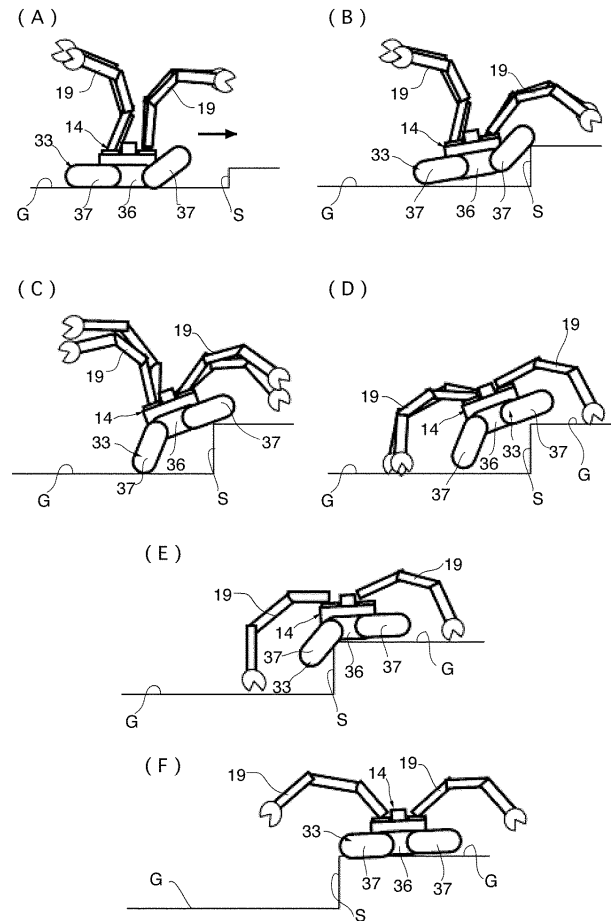
(B)



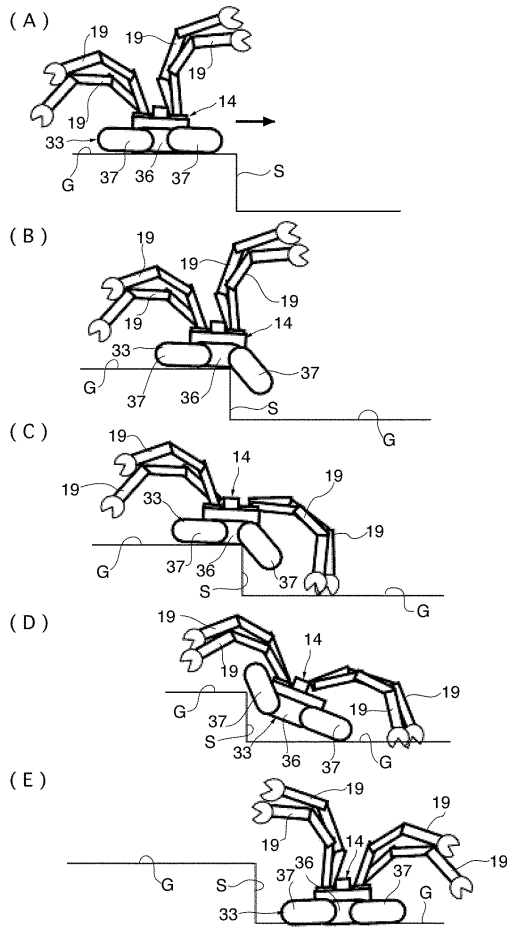
【図 4】



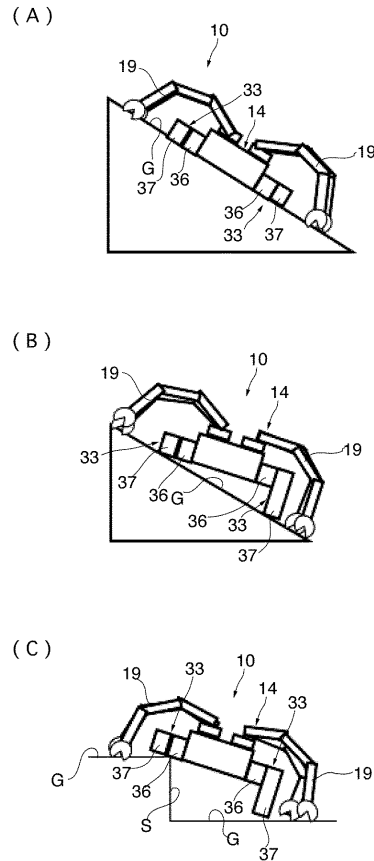
【図 6】



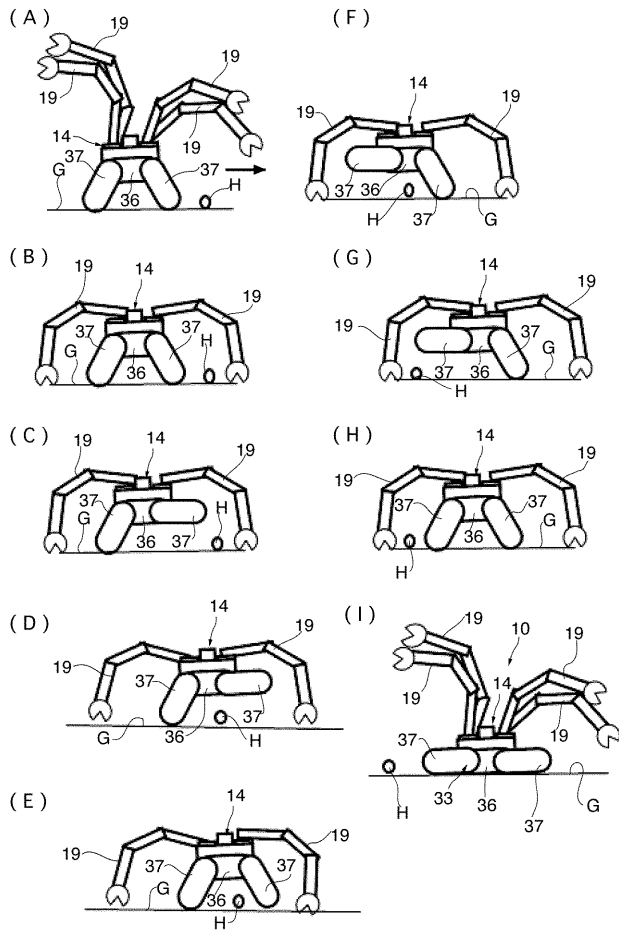
【図 7】



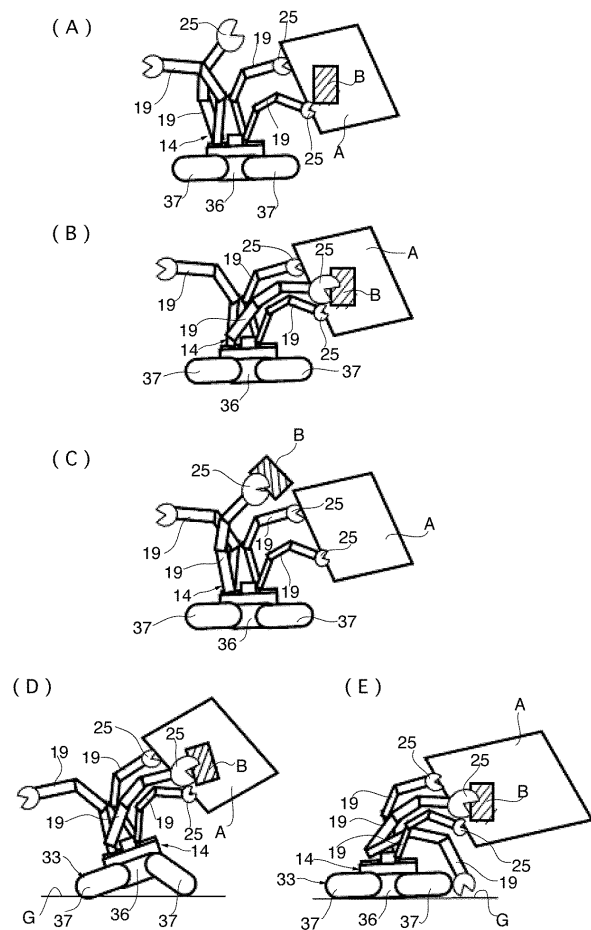
【図 8】



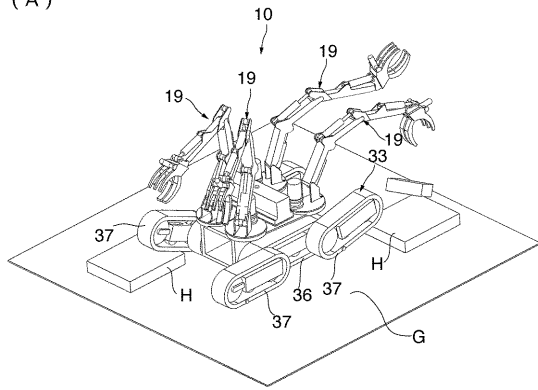
【図 9】



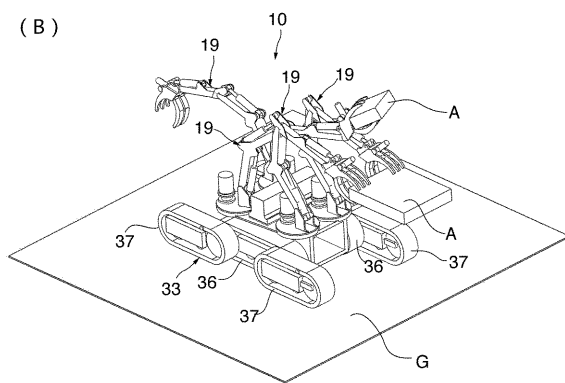
【図 10】



【図 11】
(A)



(B)



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

B 6 2 D 55/075

(72)発明者 橋本 健二

東京都新宿区戸塚町 1 丁目 1 0 4 番地 学校法人早稲田大学内

(72)発明者 関 雅俊

東京都八王子市美山町 2 1 6 1 - 2 1 株式会社菊池製作所内

(72)発明者 一柳 健

東京都八王子市美山町 2 1 6 1 - 2 1 株式会社菊池製作所内

F ターム (参考) 3C707 AS32 BS10 CS08 CV06 CW06 ES03 ET01 HS12 JU12 KS03

KS12 KS18 KS20 LV02 LV15 WA14 WA17 WA24 WK06