(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4263189号
(P4263189)

(45)発行日　平成21年5月13日(2009.5.13)　(24)登録日　平成21年2月20日(2009.2.20)

(51)Int.Cl.　F I
B25J 17/00 (2006.01)　B25J 17/00　E
B25J 19/00 (2006.01)　B25J 19/00　F

請求項の数 8　(全 20 頁)

(21)出願番号　特願2005-504872(P2005-504872)
(86)(22)出願日　平成16年2月5日(2004.2.5)
(86)国際出願番号　PCT/JP2004/001177
(87)国際公開番号　WO2004/069493
(87)国際公開日　平成16年8月19日(2004.8.19)
審査請求日　平成17年8月4日(2005.8.4)
(31)優先権主張番号　特願2003-31656(P2003-31656)
(32)優先日　平成15年2月7日(2003.2.7)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000000974
川崎重工業株式会社
兵庫県神戸市中央区東川崎町３丁目１番１号
(73)特許権者　000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町１番地
(74)代理人　100075812
弁理士　吉武　賢次
(74)代理人　100091982
弁理士　永井　浩之
(74)代理人　100096895
弁理士　岡田　淳平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】多関節マニピュレータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

直列に設けられる複数のアーム体と、隣接する２つのアーム体を回転自在に連結する関節部とを有する多関節マニピュレータであって、

前記隣接する２つのアーム体を相対的に回転駆動する複数の駆動手段をさらに有し、

少なくとも１つのアーム体は、両端部が関節部によって２つの他のアーム体にそれぞれ連結され、前記１つのアーム体には、この１つのアーム体に対して連結される２つのアーム体を回転駆動する２つの駆動手段が内蔵され、

前記１つのアーム体に内蔵される各駆動手段は、前記１つのアーム体の軸線方向に関して少なくとも部分的に共通の領域に配置され、

前記関節部のうち少なくとも１つは、隣接する２つのアーム体をこれら２つのアーム体の軸線に対して傾斜する回転軸線まわりに回転自在に連結する傾斜関節部であって、

前記傾斜関節部によって連結される２つのアーム体のうち、多関節マニピュレータの遊端部側のアーム体に前記２つの駆動手段が内蔵されており、前記駆動手段は、前記傾斜関節部によって連結される２つのアーム体のうちの遊端部側と反対側のアーム体に対し遊端部側の前記アーム体を駆動する

ことを特徴とする多関節マニピュレータ。

【請求項２】

直列に設けられる複数のアーム体と、隣接する２つのアーム体を回転自在に連結する関節部とを有する多関節マニピュレータであって、

前記隣接する２つのアーム体を相対的に回転駆動する複数の駆動手段をさらに有し、
少なくとも１つの駆動手段は、この駆動手段によって回転駆動される各アーム体のいずれかに内蔵され、各アーム体を回転させる駆動力を出力する駆動源と、各アーム体の回転を制動する駆動源とは別体の制動部とを有し、駆動源と制動部とは、アーム体の軸線方向に関して少なくとも部分的に共通の領域に配置され、
前記関節部のうち少なくとも１つは、隣接する２つのアーム体をこれら２つのアーム体の軸線に対して傾斜する回転軸線まわりに回転自在に連結する傾斜関節部であって、
前記傾斜関節部によって連結される２つのアーム体のうち、多関節マニピュレータの遊端部側のアーム体に前記２つの駆動手段が内蔵されており、前記駆動手段は、前記傾斜関節部によって連結される２つのアーム体のうちの遊端部側と反対側のアーム体に対し遊端部側の前記アーム体を駆動する
ことを特徴とする多関節マニピュレータ。
【請求項３】
駆動源から与えられる回転駆動力を駆動源が設けられるアーム体とは異なるアーム体に、減速して与える減速機構と、
関節部が連結する２つのアーム体の回転軸線に平行な軸線を有する複数の平歯車を備える歯車列から成り、駆動源からの回転駆動力を減速機構に伝達する伝達機構とをさらに有する
ことを特徴とする請求項１または２記載の多関節マニピュレータ。
【請求項４】
各アーム体には、索状が挿通して設けられ、
減速機構および伝達機構が設けられる領域を挿通して、隣接する２つのアーム体間にわたって設けられる筒状の索条保護部材をさらに有し、
前記索条は、索条保護部材を挿通して設けられることを特徴とする請求項３記載の多関節マニピュレータ。
【請求項５】
減速機構および伝達機構が設けられる領域と、索条保護部材内の空間とは、密に仕切られている
ことを特徴とする請求項４記載の多関節マニピュレータ。
【請求項６】
前記駆動手段が内蔵される遊端部側の前記アーム体は、多関節マニピュレータの遊端部側の第２のアーム体と、前記傾斜関節部と平行に傾斜された第２の傾斜関節部によって連結されている
ことを特徴とする請求項１または２記載の多関節マニピュレータ。
【請求項７】
前記第２のアーム体は、多関節マニピュレータの遊端部側の第３のアーム体と、前記第２の傾斜関節部と直交して傾斜された第３の傾斜関節部によって連結されている
ことを特徴とする請求項６記載の多関節マニピュレータ。
【請求項８】
前記第２のアーム体に第２の駆動手段が内蔵されており、前記第２の駆動手段は前記アーム体に対し前記第２のアーム体を駆動する
ことを特徴とする請求項７記載の多関節マニピュレータ。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
本発明は、複数のアーム体と各アーム体を回転自在に連結する関節部を有する多関節マニピュレータに関し、特にその関節部が、隣接する２つのアーム体を同軸回転自在に連結する同軸関節部と、一方のアーム体を他方のアーム体に対して円錐回転自在に連結する傾斜関節部とによって構成される多関節マニピュレータに関する。
【背景技術】
従来の技術として、傾斜関節部によって２つのアーム体を連結する多関節マニピュレー

タが提案されている。傾斜関節部は、連結される２つのアーム体に関して、一方のアーム体を他方のアーム体に対して円錐回転自在に連結する。円錐回転するアーム体は、各アーム体の軸線に所定角度傾斜した回転軸線まわりに回転する。このような傾斜関節部を備える多関節マニピュレータは、その先端に設けられる対象物を、目標とする位置に変位駆動する（たとえば、特許文献１参照）。

また多関節マニピュレータは、各アーム体の直列方向に挿通する中空空間が形成される。この中空空間に電源配線および信号配線などが配設されることによって、アーム体を回転するための電力および信号伝送路を多関節マニピュレータ内部に設けることができる（たとえば、特許文献２および特許文献３参照）。

特許文献１　　特開昭６２－１４８１８２号公報

特許文献２　　特開平１０－２２５８８１号公報

特許文献３　　特開２００１－１３８２７９号公報

特許文献２に開示される多関節マニピュレータは、索条を内蔵するための中空空間が形成される。この多関節マニピュレータは、中空空間を形成するために、コアレス電動直接駆動モータ、いわゆる中空ダイレクトモータを有する。電源配線および信号配線などの索条は、中空ダイレクトモータを挿通して、各アーム体の軸線方向に延びる。

中空ダイレクトモータは、そのステータ部分が一方のアーム体に固定され、ロータ部分が他方のアーム体に固定される。中空ダイレクトモータは、リング状に形成される特殊な形状のモータである。したがって中空ダイレクトモータを有する多関節マニピュレータは、生産コストが高くなる。また中空ダイレクトモータは、そのサイズに対して得られるパワーが小さく、また回転軸線上にエンコーダを配置することができず高精度の位置決めを行うことが困難であるという問題がある。

特許文献３に開示される多関節マニピュレータは、アーム体ごとに１つづつモータを内蔵する。この場合、アーム体ごとにモータが内蔵されるので、各アーム体を内蔵するモータよりも小さくすることができない。すなわち多関節マニピュレータを十分に小型化することができないという問題がある。またモータからの駆動力を内歯のベベルギアまたはベルトによって伝達している。

内歯のベベルギアの場合には、加工が複雑になる。またモータ中心の入力軸と、減速機の出力軸が直交していないので、支持部の加工および組み付けに高精度が要求される。またベベルギアおよび減速機構の中空部がシールされていないので、グリースまたはオイルなどの潤滑剤が漏れ出す。またモータがベベルギアの内側に配置されているので、中空部の利用空間に干渉しており、空間の利用効率を悪くしている。

またベルトの場合は、張力調整可能な構造およびベルト取付け可能な構造にする必要があり、アーム体の構造が複雑になる。

【発明の開示】

したがって、本発明の目的は、特殊なモータを用いることなく、単純な機構で小型化可能な多関節マニピュレータを提供することである。

本発明は、直列に設けられる複数のアーム体と、隣接する２つのアーム体を回転自在に連結する関節部とを有する多関節マニピュレータであって、

前記隣接する２つのアーム体を相対的に回転駆動する複数の駆動手段をさらに有し、

少なくとも１つのアーム体は、両端部が関節部によって２つの他のアーム体にそれぞれ連結され、前記１つのアーム体には、この１つのアーム体に対して連結される２つのアーム体を回転駆動する２つの駆動手段が内蔵され、

前記１つのアーム体に内蔵される各駆動手段は、前記１つのアーム体の軸線方向に関して少なくとも部分的に共通の領域に配置されることを特徴とする多関節マニピュレータである。

本発明に従えば、２つの駆動手段が前記１つのアーム体に内蔵されるので、１つのアーム体の両側の他のアーム体のうちの少なくとも一方のアーム体には、駆動手段を内蔵させる必要がない。これによって駆動手段の形状にかかわらず他のアーム体を小型化することができる。また２つの駆動手段がアーム体の軸線方向に関して部分的に共通の領域に配置

されるので、２つの駆動手段を、１つのアーム体の軸線に垂直な方向に並べて配置することができる。これによって前記１つのアーム体の軸線寸法を小さくした場合であっても、１つのアーム体に内蔵される２つの駆動手段が互いに接触することを防止することができ、１つのアーム体の軸線寸法を小さくすることができる。このように１つのアーム体および１つのアーム体の両側に連結される２つの他のアーム体を小型化することができ、全体として多関節マニピュレータの直列方向の長さを小型化することができる。

また本発明は、直列に設けられる複数のアーム体と、隣接する２つのアーム体を回転自在に連結する関節部とを有する多関節マニピュレータであって、

前記隣接する２つのアーム体を相対的に回転駆動する複数の駆動手段をさらに有し、

少なくとも１つの駆動手段は、この駆動手段によって回転駆動される各アーム体のいずれかに内蔵され、各アーム体を回転させる駆動力を出力する駆動源と、各アーム体の回転を制動する駆動源とは別体の制動部とを有し、駆動源と制動部とは、アーム体の軸線方向に関して少なくとも部分的に共通の領域に配置されることを特徴とする多関節マニピュレータである。

本発明に従えば、駆動源と制動部とが、アーム体の軸線方向に関して部分的に共通の領域に配置され、駆動源および制動部とが１つのアーム体の軸線に垂直な方向に並べて配置される。これによって駆動源と制動部とがアーム体の軸線方向に一列に並んで設けられる場合に比べて、１つのアーム体の軸線寸法を小さくすることができる。また、傾斜設置の場合は軸線垂直寸法も小さくすることができる。したがって全体として多関節マニピュレータの直列方向の長さおよび太さを小型化することができる。

また本発明は、駆動源から与えられる回転駆動力を駆動源が設けられるアーム体とは異なるアーム体に、減速して与える減速機構と、

関節部が連結する２つのアーム体の回転軸線に平行な軸線を有する複数の平歯車を備える歯車列から成り、駆動源からの回転駆動力を減速機構に伝達する伝達機構とをさらに有することを特徴とする。

本発明に従えば、駆動手段は、隣接する２つのアーム体を相対的に回転させるにあたって、減速機構を介して他方のアーム体に回転駆動力を与える。減速機構を介して回転駆動力を与えることによって、小型の駆動手段であっても、大きなトルクを得ることができる。したがって小型の駆動手段を用いることができ、駆動手段が内蔵される１つのアーム体をさらに小型化することができる。また減速機構を介して駆動力を伝達することによって、駆動手段の回転角度に対して２つのアーム体の相対角度を細かく制御することができ、位置決め精度を向上することができる。

また平歯車によって駆動力を伝達することによって、単純な機構で実現することができる。これによって駆動モータが内蔵されるアーム体の構造を簡略化することができ、さらにアーム体を小型化することができる。また多関節マニピュレータの設計および加工、組立てを容易化することができ、信頼性を向上することができる。また減速機構に固定される減速機構側平歯車が予め定める配置位置に設けられる場合、駆動手段に固定される駆動手段側平歯車を減速機構側平歯車に噛み合わせた上で、任意の位置に配置することができる。これによってアーム体内における駆動手段の配置位置を選択することができる。

また本発明は、各アーム体には、索状が挿通して設けられ、

減速機構および伝達機構が設けられる領域を挿通して、隣接する２つのアーム体間にわたって設けられる筒状の索条保護部材をさらに有し、

前記索条は、索条保護部材を挿通して設けられることを特徴とする。

本発明によれば、アーム体に索条を挿通させることによって、アーム体の外周表面に索条を沿わせる必要がない。これによってアーム体の外表面から突出する部分を少なくすることができ、索条がアーム体外の障害物に接触することを防止することができる。索条は、たとえば電気配線であり、基端部のアーム体から先端部のアーム体に向けて延びる。

また筒状の索条保護部材が減速機構および伝達機構が設けられる領域を挿通し、その索条保護部材を索条が挿通する。これによって稼動中の減速機構および伝達機構に、索条が接触することをなくして、索条の破損を防ぐことができる。

また本発明は、減速機構および伝達機構が設けられる領域と、索条保護部材内の空間とは、密に仕切られていることを特徴とする。

本発明によれば、減速機構および伝達機構における雰囲気中の液体が漏れ出し、索条に侵入することを防止することができる。たとえばグリースまたはオイルなどの潤滑剤が、減速機構および伝達機構に塗布される場合であっても、それらの潤滑剤が漏れ出し、索条が配置される領域に侵入することを防止することができる。これによって潤滑不足による減速機構および伝達機構の損傷を防止するとともに、索条が配置される領域が汚染されることを防止することができる。

また本発明は、前記関節部のうち少なくとも１つは、隣接する２つのアーム体をこれら２つのアーム体の軸線に対して傾斜する回転軸線まわりに回転自在に連結する傾斜関節部であって、

傾斜関節部によって連結される２つのアーム体のうち、多関節マニピュレータの遊端部側のアーム体に駆動手段が内蔵されることを特徴とする。

本発明に従えば、駆動手段が内蔵される遊端部側のアーム体が、駆動手段が内蔵されない基端部側のアーム体に対して回転する。言換えると駆動手段が内蔵されるアーム体は、従動側となり、駆動手段が内蔵されないアーム体は、駆動側となる。

従動側となるアーム体は、駆動手段によって駆動側となるアーム体に対して傾斜関節部の回転軸線まわりに円錐回転する。駆動手段が内蔵されるアーム体は、駆動手段が内蔵されないアーム体に比べて軸線方向長さが大きい。したがって駆動手段が内蔵されるアーム体が、従動側として傾斜回転軸の回転軸線まわりに円錐回転することで、駆動手段が内蔵されないアーム体が従動側として円錐回転する場合に比べて、アーム体の回転半径を大きくすることができる。このように従動側のアーム体の回転半径を大きくすることで、多関節マニピュレータの可動範囲を拡大することができる。これによって多関節マニピュレータの全長が予め定められる場合であっても、多関節マニピュレータの可動範囲を拡大することができる。

また本発明は、直列に設けられる複数のアーム体と、隣接する２つのアーム体を回転自在に連結する関節部と、前記隣接する２つのアーム体を相対的に回転駆動する駆動手段とを有する多関節マニピュレータであって、

関節部のうち少なくとも１つは、隣接する２つのアーム体をこれら２つのアーム体の軸線に対して傾斜する回転軸線まわりに回転自在に連結する傾斜関節部であって、

傾斜関節部によって連結される２つのアーム体のうち、多関節マニピュレータの遊端部側のアーム体に駆動手段が内蔵されることを特徴とする多関節マニピュレータである。

本発明に従えば、駆動手段が内蔵される遊端部側のアーム体が、駆動手段が内蔵されない基端部側のアーム体に対して回転する。言換えると駆動手段が内蔵されるアーム体は、従動側となり、駆動手段が内蔵されないアーム体は、駆動側となる。

従動側となるアーム体は、駆動手段によって駆動側となるアーム体に対して傾斜関節部の回転軸線まわりに円錐回転する。駆動手段が内蔵されるアーム体は、駆動手段が内蔵されないアーム体に比べて軸線方向長さが大きい。したがって駆動手段が内蔵されるアーム体が、従動側として傾斜回転軸の回転軸線まわりに円錐回転することで、駆動手段が内蔵されないアーム体が従動側として円錐回転する場合に比べて、アーム体の回転半径を大きくすることができる。このように従動側のアーム体の回転半径を大きくすることで、多関節マニピュレータの可動範囲を拡大することができる。これによって多関節マニピュレータの全長が予め定められる場合であっても多関節マニピュレータの可動範囲を拡大することができる。

【図面の簡単な説明】

図１は、本発明の実施の一形態である多関節マニピュレータ２０の一部を示す断面図である。

図２は、多関節マニピュレータ２０を模式化して示す側面図である。

図３は、多関節マニピュレータ２０を示す断面図である。

図４は、多関節マニピュレータ２０の傾斜関節部付近を拡大して示す断面図である。

図５は、多関節マニピュレータ２０の同軸関節部付近を拡大して示す断面図である。ただし伝達機構が見えるように図１の方向より９０°回転させた図としている。

図６は、本実施の形態の第１アーム体３０Ａおよび第２アーム体３０Ｂの変形状態を模式的に示す図である。

図７は、比較例の第１アーム体３０Ａおよび第２アーム体３０Ｂの変形状態を模式的に示す図である。

図８は、本発明の他の実施の形態である多関節マニピュレータ１００の一部を示す断面図である。

図９は、多関節マニピュレータ１００を示す断面図である。

図１０は、図８のＡ－Ａ切断面線からみた多関節マニピュレータ１００の断面図である。

図１１は、第１のアーム体３０Ａに収容される２つの駆動モータ３３，３４およびブレーキ１３３を説明するための斜視図である。

図１２は、本発明の他の実施の形態である多関節マニピュレータ３００の一部を示す断面図である。

図１３は、多関節マニピュレータ３００を模式化して示す側面図である。

図１４は、多関節マニピュレータ３０００を示す断面図である。

【発明を実施するための最良の形態】

図１は、本発明の実施の一形態である多関節マニピュレータ２０の一部を示す断面図である。本発明の実施の一形態である多関節マニピュレータ２０は、複数のアーム体３０と、アーム体３０を回転自在に連結する複数の関節部３１，３２とを有する。各アーム体３０は、関節部３１，３２によってそれぞれ連結されて直列に延びる。

各関節部３１，３２は、同軸関節部３１と傾斜関節部３２とを有する。同軸関節部３１は、隣接する２つのアーム体３０を、その各アーム体３０の軸線Ｌと同軸の同軸回転軸線Ｒ１まわりに回転自在に連結する。また傾斜関節部３２は、隣接する２つのアーム体３０のうち一方を、各アーム体３０の軸線Ｌに対して傾斜する傾斜回転軸線Ｒ２まわりに円錐回転自在に連結する。

なお本発明において、「円錐回転」は、傾斜回転軸線Ｒ２を中心とし、２つのアーム体３０の連結位置を頂点とする仮想円錐の周面に沿って相対的に回転することである。また本発明において、「回転」は、回転軸線まわりに角変位する状態も含む。

このような同軸関節部３１および傾斜関節部３２を含む多関節マニピュレータ２０は、複数のアーム体３０をそれぞれ相対的に回転させることによって、蛇のような動きをさせて、３次元位置決めが可能である。たとえば設備等が複雑に入り組み作業経路が複雑な場合、また天井と床との間隔が小さく低姿勢での作業が必要な場合などであっても、本発明の多関節マニピュレータ２０は、先端に連結される対象物を好適に目的とする位置および姿勢に配置することができる。

図２は、多関節マニピュレータ２０を模式化して示す側面図であり、図３は、多関節マニピュレータ２０を示す断面図である。たとえば多関節マニピュレータ２０は、直列に設けられる６つのアーム体ｃ１～ｃ６と、隣接する２つのアーム体を回転自在に連結する複数の関節部３１，３２とを有する。

多関節マニピュレータ２０の直列方向一端部に設けられる第１のアーム体ｃ１は、基台２１に連結され、直列方向他端部に設けられる第６のアーム体ｃ６は、手先装置２２が連結される。第１～第６のアーム体ｃ１～ｃ６は、それぞれの軸線が同軸に配置されて一直線状に延びる状態に変形可能である。各関節部３１，３２は、３つの同軸関節部３１と３つの傾斜回転部３２とを有する。本実施の形態の場合、アーム体ｃ１～ｃ６の直列方向に沿って、同軸関節部３１と傾斜関節部３２とが交互に配置される。多関節マニピュレータ２０は、隣接するアーム体を相対的に回転することによって、先端部のアーム体ｃ６を目標とする位置および姿勢に配置することができる。

多関節マニピュレータ２０の先端部には、各種手先装置、いわゆるエンドエフェクタが連結される。多関節マニピュレータ２０は、手先装置を目標位置に配置する。たとえば多

関節マニピュレータ２０は、自動車外から自動車内に手先装置２２を配置する。またたとえば多関節マニピュレータ２０は、床面と天井との隙間に手先装置２２を配置する。目標位置に配置された手先装置２２は、たとえばハンドリング、シーリング、塗装、スポット溶接およびアーク溶接などを行う。

図１に示すように、各アーム体３０は、その軸線Ｌまわりを一周する周壁部４１と、軸線方向Ｚ両端部に設けられ、周壁部４１に連なり、周壁部４１を塞ぐ端壁部４２とを有する。各アーム体３０は、周壁部４１と各端壁部４２とによって、各アーム体３０の内部にアーム内部空間４０が形成される。

また隣接する２つのアーム体３０は、ベアリング３６によって回転自在に連結される。このベアリング３６は、内輪側リングと外輪側リングとが相対的に回転自在に設けられる。ベアリング３６の内輪側リングが一方のアーム体に固定され、ベアリング３６の外輪側リングが他方のアーム体に固定される。このベアリング３６は、たとえばリング状のクロスローラベアリングによって実現される。クロスローラベアリングによって実現されることによって、単体ベアリングにてラジアル荷重およびアキシアル荷重を受けても、２つのアーム体を回転自在に支持することができる。

同軸関節部３１では、連結される２つのアーム体３０の軸線とベアリング３６の回転軸線とが一致する。同軸関節部３１が連結する２つのアーム体３０は、ベアリング３６に固定される同軸連結面３７をそれぞれ有する。各同軸連結面３７は、各アーム体３０の端壁部４２に設けられ、アーム体３０の軸線Ｌに垂直である。

傾斜関節部３２では、連結される２つのアーム体３０の軸線とベアリング３６の回転軸線とが傾斜する。傾斜関節部３２が連結する２つのアーム体３０は、ベアリング３６に固定される傾斜連結面３８をそれぞれ有する。各傾斜連結面３８は、各アーム体３０の端壁部４２に設けられ、アーム体３０の軸線Ｌに対して傾斜する。また各傾斜連結面３８は、互いに平行である。本実施の形態では、傾斜連結面３８とアーム体の軸線とは、４５度の傾斜角を成す。

このようにベアリング３６によって連結される２つのアーム体３０は、ベアリング３６の回転軸線まわりに回転する。したがってベアリング３６の回転軸線が、各アーム体３０の回転軸線Ｒ１、Ｒ２となる。また各端壁部４２には、アーム体３０の回転軸線Ｒ１，Ｒ２に沿って端壁部４２を貫通する貫通孔３９が形成される。この貫通孔３９は、回転軸線Ｒ１、Ｒ２と同軸に延び、アーム内部空間４０と連通する。

多関節マニピュレータ２０は、電気配線またはホースなどから成る索条３５を備える。索条３５は、基台２１から多関節マニピュレータ２０の先端部に向けて、各アーム体３０の直列方向に延びる。索条３５は、各アーム体３０の軸線方向一方Ｚ１の端壁部４２の貫通孔３９、アーム内部空間４０、軸線方向他方Ｚ２の端壁部４２の貫通孔３９を挿通する。すなわち索条３５は、アーム体４０の内部を軸線方向Ｚに挿通する。また索条３５は、可撓性を有し、アーム体３０が回転することによって、多関節マニピュレータ２０とともに変形する。

また多関節マニピュレータ２０は、隣接する２つの各アーム体３０を相対的に回転駆動する駆動手段を有する。駆動手段は、駆動モータ３３，３４を含んで実現される。各アーム体３０は、２つの駆動モータ３３，３４が内蔵される第１アーム体３０Ａと、駆動モータ３３，３４が内蔵されない第２アーム体３０Ｂとを有する。なお、ここで、第１アーム体３０Ａと第２アーム体３０Ｂとは、駆動モータ３３，３４を含んでいるか否かによって識別する呼称であり、多関節マニピュレータ２０を構成する第１～第６のアーム体ｃ１～ｃ６のうちの第１のアーム体ｃ１と第２のアーム体ｃ２の呼称とは区別されるべきものである。

第１アーム体３０Ａの一方側には、第２のアーム体３０Ｂが連結される。本実施の形態では、第１のアーム体３０Ａと第２のアーム体３０Ｂとが交互に配置される。

第１のアーム体３０Ａに内蔵される２つの駆動モータ３３，３４のうち、一方の駆動モータ３３は、第１のアーム体３０Ａと、その軸線方向一方Ｚ１に連結される第２のアーム体３０Ｂとを相対回転するために設けられる。また第１のアーム体３０Ａに内蔵される２

つの駆動モータ３３，３４のうち、他方の駆動モータ３４は、第１のアーム体３０Ａと、その軸線方向他方Ｚ２に連結される第２のアーム体３０Ｂとを相対回転するために設けられる。一方の駆動モータ３３と他方の駆動モータ３４とは、内蔵される第１のアーム体３０Ａの軸線方向Ｚ１，Ｚ２に関して、第１のアーム体３０Ａのアーム内部空間４０のうち、少なくとも部分的に共通の重畳領域１３５に配置され、軸線方向に垂直な方向に並ぶ。

また多関節マニピュレータ２０は、アーム体を駆動する駆動源となる駆動モータ３３，３４のほかに、駆動モータ３３，３４から伝達される回転駆動力を減速する減速機構４４と、複数の平歯車を備える歯車列からなり、駆動モータ３３，３４からの回転駆動力を減速機構４４に伝達する伝達機構４５とを有する。減速機機構４４は、入力される回転速度に対して出力される回転速度が著しく低い、高い減速比のものが用いられる。本実施の形態では、高い減速比を実現する減速機構として波動歯車機構、いわゆるハーモニックドライブ（登録商標）が用いられる。また高い減速比の減速機構は、ハーモニックドライブ以外の機構であってもよく、遊星歯車減速機構や特殊歯形減速機構も適用可能である。

図４は、多関節マニピュレータ２０の傾斜関節部付近を拡大して示す断面図である。減速機構４４は、入力軸４８と、出力軸４９と、固定軸５０とを有する。入力軸４８および出力軸４９は、予め定める回転軸線まわりに回転する。減速機構４４は、回転駆動される入力軸４８の回転速度に比例して、固定軸５０に対して出力軸４９を減速して回転駆動する。言換えると固定軸５０と出力軸４９とを相対的に回転する。本実施の形態では、上述したようにリング形状の波動歯形機構が用いられ、入力軸４８および出力軸４９の回転軸線が、ベアリング３６の回転軸線Ｒ１と同軸に設けられる。

傾斜関節部３２に臨む第１のアーム体３０Ａの端壁部４２には、ボルト部材によって駆動モータ３３および減速機構４４の出力軸４９が着脱可能に固定される。また傾斜関節部３２に臨む第２のアーム体３０Ｂの端壁部４２には、ボルト部材によって減速機構４４の固定軸５０が着脱可能に固定される。

駆動モータ３３は、その回転軸４３が回転自在に設けられ、回転軸４３と一体に駆動側平歯車４６が固定される。駆動側平歯車４６は、従動側平歯車４７と噛み合う。従動側平歯車４７は、回転自在に設けられ、ボルト部材によって、減速機構４４の入力軸４８に着脱可能に固定される。減速機構４４の入力軸４８は、減速機構４４の内周部に設けられ、リング状に形成される。また従動側歯車４７もまたリング状に形成される。従動側歯車４７は、減速機構４４の内部空間と外部空間とが連通するように減速機構４４の入力軸４８に固定される。また従動側平歯車４７および減速機構４４の入力軸４８は、ベアリング３６の回転軸線と同軸に配置され、ベアリング３６の回転軸線まわりに回転自在に設けられる。

駆動側歯車４６は、ベアリング３６の回転軸線、すなわち２つのアーム体３０Ａ，３０Ｂの回転軸線Ｒ２に平行な軸線を有する。これによって駆動モータ３３の回転軸４３は、駆動側平歯車４６および従動側平歯車４７とが噛み合った状態で、アーム体３０Ａ，３０Ｂの回転軸線Ｒ２と平行に配置される。

また減速機構４４の出力軸４９が第１のアーム体３０Ａに固定され、減速機構４４の固定軸５０が第２のアーム体３０Ｂに固定される。これによって減速機構４４の入力軸４８から回転駆動力が与えられると、固定軸５０に対して出力軸４９が減速されて回転し、第１および第２のアーム体３０Ａ，３０Ｂが相対的に回転する。また駆動側歯車４６の歯数は、従動側歯車４７の歯数よりも少なく、減速比をさらに大きくすることができる。

図５は、多関節マニピュレータ２０の同軸関節部付近を拡大して示す断面図である。ただし伝達機構が見えるように図１を９０°回転した方向の図となっている。同軸関節部３１も、傾斜関節部３２と同様に減速機構４４および伝達機構４５が設けられる。具体的には、同軸関節部３１に臨む第１のアーム体３０Ａの端壁部４２には、ボルト部材によって駆動モータ３４および減速機構４４の出力軸４９が着脱可能に固定される。また同軸関節部３１に臨む第２のアーム体３０Ｂの端壁部４２には、ボルト部材によって減速機構４４の固定軸５０が着脱可能に固定される。

駆動モータ３４は、その回転軸４３が回転自在に設けられ、回転軸４３と一体に駆動側

平歯車４６が固定される。駆動側平歯車４６は、従動側平歯車４７と噛み合う。従動側平歯車４７は、回転自在に設けられ、ボルト部材によって、減速機構４４の入力軸４８に着脱可能に固定される。従動側平歯車４７および減速機構４４の入力軸４８は、ベアリング３６の回転軸線と同軸に配置され、ベアリング３６の回転軸線まわりに回転自在に設けられる。

駆動側歯車４６は、ベアリング３６の回転軸線、すなわち２つのアーム体３０Ａ，３０Ｂの回転軸線Ｒ１に平行な軸線を有する。これによって駆動モータ３４の回転軸４３は、駆動側平歯車４６および従動側平歯車４７とが噛み合った状態で、アーム体３０Ａ，３０Ｂの回転軸線Ｒ１平行に配置される。駆動側歯車４６の歯数は、従動側歯車４７の歯数よりも少なく、減速比をさらに大きくすることができる。

またリング状に形成される減速機構４４の中空空間５４は、連結される２つのアーム体３０Ａ，３０Ｂのうち一方のアーム体３０Ａの端壁部４２の貫通孔３９と、他方のアーム体３０Ｂの端壁部４２の貫通孔３９とを連通する。索条３５は、一方の端壁部４２の貫通孔３９から減速機構４４の中空空間５４を挿通して他方の端壁部４２の貫通孔３９に延びることによって、複数のアーム体にわたって挿通する。

また多関節マニピュレータ２０は、隣接する２つのアーム体３０Ａ，３０Ｂのうち、一方のアーム体３０Ａの端壁部４２の貫通孔３９と、減速機構４４の中空空間５４と、他方のアーム体３０Ｂの端壁部４２の貫通孔３９とを挿通する筒状の索条保護部材５５が設けられる。各索条保護部材５５は、隣接する２つのアーム体３０Ａ，３０Ｂの間に設けられ、隣接する２つのアーム体３０Ａ，３０Ｂの回転軸線Ｒ１，Ｒ２と同軸に配置される。

索条保護部材５５は、いずれか一方のアーム体の一方の端壁部４２に固定され、他方のアーム体の端壁部４２まで延びる。また索条保護部材５５は、固定される一方のアーム体３０とともに回転する。本実施の形態では、索条保護部材５５は、第１のアーム体３０Ａの端壁部４２に固定される。また索条保護部材５５の外周面と、第１のアーム体３０Ａの端壁部４２の貫通孔３９に臨む内周面５６とは、ガスケットまたはＯリングなどのシール部材によって、その隙間が塞がれる。また索条保護部材５５の外周面と、第２のアーム体３０Ｂの端壁部４２の貫通孔３９に臨む内周面とは、オイルシールなどのシール部材によって、その隙間が塞がれる。すなわち第２のアーム体３０Ｂの端壁部４２と索条保護部材５５との相対回転を許容したうえで、索条保護部材５５の外周面５７と第２のアーム体３０Ｂの端壁部４２の内周面との隙間が塞がれる。

これによって減速機構４４および伝達機構４５が設けられる領域と、索条保護部材５５内の空間とが密に仕切られる。減速機構４４および伝達機構４５には、円滑な駆動力の伝達および駆動力の減速を行うためにグリースまたはオイルなどの潤滑剤が塗布される。シール部材によって、索条保護部材５５と各端壁部の内周面５６，５７との隙間が塞がれるので、減速機構４４および伝達機構４５に塗布される潤滑剤が漏れ出し、索条保護部材５５内およびアーム内部空間４０に侵入することを防止することができる。

また索条３５が索条保護部材５５を挿通して延びることによって、減速機構４４および伝達機構４５に索条３５が接触することを防止できる。２つのアーム体３０Ａ，３９Ｂを相対回転するにあたって、減速機構４４および伝達機構４５が可動しても、減速機構４４および伝達機構４５に索条３５が接触することがないので、索条３５の破損を防ぐことができる。また索条保護部材５５は、索条３５に臨む部分が、索条３５に対して摩擦抵抗が少ない材料から成ることが好ましい。

以上のように本発明の実施の一形態によれば、第１および第２のアーム体３０Ａ，３０Ｂにアーム内部空間４０が形成される。また索条保護部材５５が、隣接する２つのアーム体３０Ａ，３０Ｂの間を連通する。これによって索条３５を、多関節マニピュレータ２０に内蔵して、各アーム体の直列方向に向けて延ばすことができる。

索条３５は、多関節マニピュレータ２０の外表面を沿うことがない。これによって索条３５が多関節マニピュレータ２０の周辺の障害物に接触することを防止することができる。これによって作業空間が狭隘な場合、また障害物が多数配置される場合であっても、索条３５の破損を防ぐことができる。

索条３５は、たとえば駆動モータ３３，３４を回転させるための電力、駆動モータ３３，３４の回転指令を示す電気信号などを供給する電気配線であってもよく、また多関節マニピュレータ２０の先端部に連結される手先装置の動力、手先装置が消費する消費物などを供給するホースであってもよい。たとえば手先装置が、接着装置である場合には、接着剤を索条３５によって供給してもよい。また手先装置が、塗布装置である場合には、塗料を索条３５によって供給してもよい。

また第１のアーム体３０Ａに２つの駆動モータ３３，３４を配置し、各駆動モータ３３，３４を軸線方向Ｚに垂直な方向に並べることによって、２つの駆動モータ３３，３４を内蔵するために必要な、第１アーム体３０Ａの軸線方向寸法を小型化することができる。さらに第２のアーム体３０Ｂには、駆動モータ３３，３４を配置する必要がないので、駆動モータ３３，３４の大きさにかかわらず、第２のアーム体３０Ｂの形状を小型化することができる。これによって、第１および第２のアーム体３０Ａ，３０Ｂを小型化することができるので、全体として多関節マニピュレータ２０を小型化することができる。多関節マニピュレータ２０を小型化することによって、狭隘な作業空間であっても、多関節マニピュレータ２０の先端部を目標とする位置および姿勢に保つことができる。

さらに多関節マニピュレータ２０は、高減速比の減速機構４４を有し、この減速機構４４を用いて駆動モータ３３，３４からの駆動回転力を、連結される２つのアーム体のいずれか一方に与える。これによって小型の駆動モータ３３，３４を用いる場合であっても、アーム体を回転させるのに必要なトルクを得ることができる。言換えると小型の駆動モータ３３，３４を用いることができ、駆動モータを内蔵する第１のアーム体３０Ａの軸線方向寸法をさらに小型化することができる。また駆動モータ３３，３４の回転軸４３の回転が制御されて、多関節マニピュレータ２０の位置決めが行われる場合、高減速比の減速機構４４を介することによって、位置決め精度を向上することができる。

また索条３５は、索条保護部材５５を通過して、連結される２つのアーム体間を延びる。索条３５は、索条保護部材５５によって減速機構４４および伝達機構４５に接触することが防止される。これによって減速機構４４および伝達機構４５が、アーム体を回転するために回転変位しても、索条３５が回転変位する減速機構４４および伝達機構４５に接触することを防ぐことができる。

さらに減速機構４４および伝達機構４５とが配置される領域と、索条保護部材５５の中空空間とが密に仕切られているので、減速機構４４および伝達機構４５に潤滑剤を塗布しても、漏れ出して索条保護部材５５の中空空間およびアーム体内部空間４０に潤滑剤が侵入することを防止することができる。同時に潤滑不足による減速機構４４および伝達機構４５の損傷を防止することができる。また逆に、索条内を流れる物質、たとえば塗料および接着剤などが減速機構４４および伝達機構４５に侵入することがない。また減速機構４４および伝達機構４５の熱が索条３５に伝わりにくくすることができる。

また平歯車４６，４７を用いて、伝達機構４５を達成することによって、単純な構成の伝達機構４５を実現することができる。平歯車４６，４７を用いることによって、ベルト伝達に比べて、駆動モータ３３，３４からの回転駆動力を確実に伝えることができ、許容可能なパワーも大きい。これによって伝達機構４５の信頼性を向上させることができ、高精度の位置決めを行うことができる。また駆動側歯車４６よりも従動側歯車４７の歯数を増やすことによって、伝達機構４５でも、減速機構を達成することができ、駆動モータ３３，３４の回転速度をさらに減速することができる。

また内歯ベベルギア伝達と異なり伝達機構４５の各歯車４６，４７は、駆動モータ３３，３４の回転軸４３の回転軸線と、減速機構４４の入力軸４８の回転軸線とを平行にすることができる。これによって駆動モータ３３，３４を支持する支持部、減速機構４４を支持する支持部の加工および組立てを容易に行うことができる。

ここで、ベルト伝達によっても、駆動モータ３３と減速機構４４の回転軸とを平行にできるが、一方、ベルトの取り付けおよび張力調整するための各機構を設ける必要があり、構造が複雑になる。またその機構を設けるためにアーム体の形状が大型化する。またベルトの曲げ容量が小さいので高減速比を得ることができない場合がある。

本実施の形態では、伝達機構４５に平歯車を用いることによって、伝達機構４５にベルトを用いた場合に比べて、第１のアーム体３０Ａの構造を簡略化することができ、第１のアーム体３０Ａをさらに小型化することができる。

また従動側歯車４７に噛み合う位置であれば、駆動側歯車４６の配置位置を容易に移動させることができる。これによって索条３５が第１のアーム体内を挿通する空間を十分に確保することができるとともに、第１のアーム体３０Ａが小型になるような配置位置に各駆動モータ３３，３４を容易に配置することができる。

また本実施の形態では、傾斜関節部３２によって連結される２つのアーム体の回転軸線Ｒ２は、各アーム体の軸線に対してすべて４５度に傾斜する。これによって多関節マニピュレータ２０を製造するために必要な部品の種類を低減することができる。

図６は、本実施の形態の第１アーム体３０Ａおよび第２アーム体３０Ｂの変形状態を模式的に示す図である。図７は、比較例の第１アーム体３０Ａおよび第２アーム体３０Ｂの変形状態を模式的に示す図である。アーム長さＬ５を可及的に短くした場合には、駆動モータ３３，３４が含まれる第１アーム体３０Ａの軸線方向長さＬ４よりも第２アーム体３０Ｂの軸線方向長さＬ３が短く形成される。

この場合、傾斜関節部３２によって連結される各アーム体３０Ａ，３０Ｂのうち、基端部側である基台２１側に第２アーム体３０Ｂを配置し、傾斜関節部３２の遊端部側である手先装置側に第１アーム体３０Ａを配置することが好ましい。すなわち基台側を駆動側のアーム体とし、手先装置側を従動側のアーム体とすると、従動側のアーム体に駆動モータ３３，３４が固定される。第１アーム体３０Ａの２つの駆動モータ３３，３４のうち一方の駆動モータ３３は、予め定める位置に配置される第２アーム体３０Ｂに対して、第１アーム体３０Ａを回転駆動する。本実施の形態では、図６に示すように第１アーム体３０Ａが、その軸線方向長さＬ４を母線として、傾斜関節部３２の回転軸線Ｒ２まわりに回転する。これに対して、比較例では、図７に示すように第２アーム体３０Ｂが、その軸線方向長さＬ３を母線として、傾斜関節部３２の回転軸線Ｒ２まわりに回転する。第１アーム体３０Ａの軸線方向長さＬ４は、第２アーム体３０Ｂの軸線方向長さＬ３よりも長いので、本実施例のほうが比較例に比べて回転するアーム体の回転半径を大きくすることができ、多関節マニピュレータの可動範囲を広くすることができる。したがって多関節マニピュレータのアーム長さを可及的に小さくした場合であっても、比較例に比べてアーム体の可動範囲を広くすることができる。言換えると、多関節マニピュレータのアーム長さＬ５が予め定められている場合、第２アーム体３０Ｂの軸線方向長さＬ３を小さくして、第１アーム体３０Ａを角変位させることによって、可動範囲を広くすることができる。

さらに本実施の形態では、多関節マニピュレータが基台２１から上方に向かって延び、基台側に配置される第２アーム体３０Ｂが下方に位置し、手先装置側に配置される第１アーム体３０Ａが上方に位置する場合が多い。また第１アーム体３０Ａは、傾斜関節部３２よりも上方に配置されることが多くなる。これによって駆動モータ３３は、傾斜関節部３２よりも上方に配置され、駆動モータ３３に傾斜関節部３２の減速機構４４等における潤滑剤が侵入することを防止することができる。

また減速機構４４としてハーモニックドライブを用いた場合には、後述するように、潤滑剤が必要なハーモニックドライブの潤滑領域が、第２アーム体３０Ｂ側に設けられる。第２アーム体３０Ｂが、傾斜関節部３２よりも下方に位置することで、潤滑剤がハーモニックドライブの潤滑領域に移動しやすくハーモニックドライブが潤滑不足に陥ることを防止することができる。

ハーモニックドライブについて説明すると、図４および図５に示すように、入力軸４８は、楕円形カムの外周に薄肉のボールベアリング２００が嵌められ、全体が楕円形をした部品である。このベアリング２００の内輪２０２はカム２０１を介して従動側平歯車４７に固定されており、ベアリング２００の外輪２０３は、ボール２０４を介して弾性変形する。また固定軸５０は、剛体のリング状の部品である。固定軸５０は、その内周部を一周する内歯２０５が形成される。この内歯２０５は、出力軸４９の外周部に形成される外歯２０６が噛合うように形成され、外歯２０５の歯数よりも２枚多く形成される。出力軸４

９は、弾発性および可撓性を有する円筒状部分２０７と、円筒状部分２０７の一端部に連なる固定部分２０８とを有する金属部品である。円筒状部分２０７には、外周部に固定軸５０の内歯２０５と噛合う外歯２０６が形成される。固定部分２０８が、第１のアーム体３０Ａと一体に固定される。

円筒状部分２０７は、ベアリング２００の外輪２０３に嵌め込まれており、楕円状に撓められる。円筒状部分２０７の外歯２０３は、楕円に撓められた外周部のうち長軸部分で、固定軸５０の内歯２０５と噛合う。また円筒状部分２０７の外歯２０３は、楕円に撓められた外周部のうち短軸部分で、固定軸５０の内歯２０５と噛合わない。入力軸４８を回転させると、入力軸４８とともに円筒状部分２０７が弾性変形し、内歯２０５と外歯２０６とが噛合う位置が順次移動する。入力軸４８が一回転すると、出力軸４９は、固定軸５０の内歯２０５よりも出力軸５０の外歯２０６の歯数が２枚少ないので、歯数差の２枚分だけ入力軸４８の回転方向と反対方向に移動する。この反対方向への移動を出力として取り出し、高減速比機構を実現する。

ハーモニックドライブにおいて、内歯２０５と外歯２０６との間および、ベアリングの外輪２０３と円筒状部分２０７との間には、高速回転接触しており、潤滑剤を十分に補給する必要がある。したがって内歯２０５と外歯２０６との間および、ベアリングの外輪２０３と円筒状部分２０７との間が潤滑が必要な潤滑領域となる。

したがってハーモニックドライブにおける潤滑領域は、固定軸５０寄り、すなわち第２アーム体３０Ｂ側に設けられる。上述したように第２アーム体３０Ｂが下方に配置されることで、ハーモニックドライブのうち、潤滑領域は下方に配置される。したがって、潤滑剤が潤滑領域に移動しやすく、ハーモニックドライブが潤滑不足に陥ることを防止することができる。

図８は、本発明の他の実施の形態である多関節マニピュレータ１００の一部を示す断面図であり、図９は、多関節マニピュレータ１００を示す断面図である。図１０は、図８のＡ－Ａ切断面線からみた多関節マニピュレータ１００の断面図であり、図１１は、第１のアーム体３０Ａに収容される２つの駆動モータ３３，３４およびブレーキ１３３を説明するための斜視図である。多関節マニピュレータ１００は、駆動手段において、駆動源である駆動モータ３３と、制動部であるブレーキ１３３とが別体に設けられる。駆動モータ３３は、その回転軸が駆動側歯車に固定される。この駆動歯車が従動側歯車４７に噛み合うことによって、従動歯車４７を回転駆動する。ブレーキ１３３は、その回転軸が制動側歯車に固定される。この制動側歯車が従動側歯車４７に噛み合うことによって、従動側歯車４７を制動する。このように従動側歯車４７は、駆動側歯車４６と制動側歯車との２つの歯車に噛み合うことによって、その駆動および制動が行われる。駆動モータ３３と、ブレーキ１３３とは、第１のアーム体３０Ａの軸線方向Ｚに関して、少なくとも部分的に共通の領域に配置される。この他の構成については、図１に示す多関節マニピュレータ２０と同様の構成を有し、説明を省略して同一の参照符号を付する。

通常、駆動モータ３３とブレーキ１３３とは、一体に設けられ、駆動モータ３３とブレーキ１３３とが同軸に並ぶ。この場合、ブレーキ１３３を含む駆動モータ３３は、ブレーキ１３３を含んだ分だけその軸線方向寸法が大きくなる。このような場合には、第１のアーム体３０Ａは、駆動モータ３３を収容するために必要な空間よりも、さらにブレーキ１３３分の空間が必要となる。言換えると第１のアーム体の軸線方向寸法および外周径寸法が、ブレーキ１３３分だけ大きくなる。

本発明では、駆動モータ３３とブレーキ１３３とを別体に設け、第１のアーム体３０Ａの軸線方向に、駆動モータ３３とブレーキ１３３とを並べて配置する。これによって、ブレーキ１３３分を考慮することなく、第１のアーム体３０Ａの軸線方向寸法および外周径寸法を小さくすることが可能である。駆動モータ３３およびブレーキ１３３は、索条３５が第１アーム体３０Ａを挿通可能な空間を確保したうえで、第１のアーム体３０Ａの軸線方向寸法および外周径寸法が小さくなるように配置される。

第１のアーム体３０Ａは、軸線方向一方Ｚ１の駆動モータ３３とブレーキ１３３とが分離される一方の駆動手段と、軸線方向他方Ｚ２の駆動モータ３４とブレーキとが一体の他

方の駆動手段とを内蔵する。

また上述したように最適位置Ｐ１の近傍に軸線方向一方Ｚ１の駆動モータ３３が固定されることによって、軸線方向一方Ｚ１の駆動モータ３３の軸線方向寸法が大きい場合であっても、周壁部４１および端壁部４２の内面５２，５３に接触することなく、軸線方向一方Ｚ１の駆動モータ３３を第１のアーム体３０Ａに収めることができ、第１のアーム体３０Ａを小型化することができる。言換えれば、軸線方向一方Ｚ１の駆動モータ３３を第１のアーム体３０Ａに内蔵したうえで、第１のアーム体３０Ａの軸線方向寸法を小さくすることができる。

また軸線方向他方Ｚ２の駆動モータ３４は、索条３５が挿通する空間を確保したうえで、軸線方向一方Ｚ１の駆動モータ３３、ブレーキ１３３、端壁部４２および周壁部４１に接触しない限り、任意の位置に配置することができる。

以上のような本発明の他の形態の多関節マニピュレータ１００では、図１に示す多関節マニピュレータ２０と同様の効果を得ることができる。さらに駆動モータ３３とブレーキ１３３とを分割して配置することによって、さらに第１のアーム体３０Ａを軸線方向に小型化することができる。

次に、図１２、図１３及び図１４を参照して、本発明のさらに他の実施の形態である多関節マニピュレータ３００について説明する。多関節マニピュレータ３００における複数のアーム体３０は、一端が傾斜し他端が水平なアーム体の他に、上端と下端とが同方向あるいは反対方向にともに傾斜したアーム体からなり、これに応じて多関節マニピュレータ３００は複数のアーム体を連結する同軸関節部３１と傾斜回転部３２の配列及び個数が図１に示す多関節マニピュレータ２０とは異なる。これらの点を除けば、多関節マニピュレータ３００は多関節マニピュレータ２０とほぼ同様の構成を有する。多関節マニピュレータ２０と同様の構成については、説明を省略して同一の参照符号を付する。

図１２は、本発明の実施の一形態である多関節マニピュレータ３００の一部を示す断面図である。図１３は、多関節マニピュレータ３００を模式化して示す側面図であり、図１４は、多関節マニピュレータ３００を示す断面図である。多関節マニピュレータ３００は、直列に設けられる６つのアーム体ｃ１～ｃ６と、隣接する２つのアーム体を回転自在に連結する複数の関節部３１，３２とを有する。多関節マニピュレータ３００の直列方向一端部に設けられる第１のアーム体ｃ１は、基台２１に連結され、直列方向他端部に設けられる第６のアーム体ｃ６は、手先装置２２が連結される。第１～第６のアーム体ｃ１～ｃ６は、それぞれの軸線が同軸に配置されて一直線状に延びる状態に変形可能である。各関節部３１，３２は、２つの同軸関節部３１と４つの傾斜回転部３２とを有する。

図１３と図２とを比較するとわかるように、本実施の形態に係る多関節マニピュレータ３００におけるアーム体ｃ１は、図１等に示す多関節マニピュレータ２０におけるアーム体ｃ１と同一形状を有し、多関節マニピュレータ３００におけるアーム体ｃ２は図１３に示されるように、その下端と上端とはともに右上方に４５度の角度で傾斜しており、多関節マニピュレータ２０におけるアーム体ｃ２とは異なる形状を有し、多関節マニピュレータ３００におけるアーム体ｃ３は、その下端は右上方に４５度の角度で傾斜し上端は左上方に４５度の角度で傾斜しており、多関節マニピュレータ２０におけるアーム体ｃ３とは異なる形状を有する。また、多関節マニピュレータ３００におけるアーム体ｃ４は、その下端が右上方ではなく左上方に４５度の角度で傾斜していることを除けば、多関節マニピュレータ２０におけるアーム体ｃ４と同じ形状を有し、同様に、多関節マニピュレータ３００におけるアーム体ｃ５は、上端が右上方ではなく左上方に４５度の角度で傾斜していることを除けば、多関節マニピュレータ２０におけるアーム体ｃ５と同じ形状を有し、多関節マニピュレータ３００におけるアーム体ｃ６は、下端が右上方ではなく左上方に４５度の角度で傾斜していることを除けば、多関節マニピュレータ２０におけるアーム体ｃ６と同じ形状を有する。

図１４に示すように、多関節マニピュレータ３００において、アーム体ｃ１とアーム体ｃ２とは傾斜関節部３２で連結されており、アーム体ｃ２とアーム体ｃ３とは傾斜関節部３２で連結されており、アーム体ｃ３とアーム体ｃ４とは傾斜関節部３２で連結されてお

り、アーム体ｃ４とアーム体ｃ５とは同軸関節部３２で連結されており、アーム体ｃ５とアーム体ｃ６とは同軸関節部３２で連結されている。

このように、多関節マニピュレータ３００においては多関節マニピュレータ２０とは異なり、アーム体ｃ２の上端と下端とが、互いに平行に傾斜した傾斜関節部３２によって隣接するアーム体に連結され、アーム体ｃ３の上端と下端とが、互いに直交する方向に傾斜した傾斜関節部３２によって隣接するアーム体に連結されている。

多関節マニピュレータ３００は、多関節マニピュレータ２０と同様に、隣接する２つの各アーム体３０を相対的に回転駆動する駆動手段を有し、駆動手段は、駆動モータ３３，３４を含んで実現される。多関節マニピュレータ３００の各アーム体３０は、２つの駆動モータ３３，３４が内蔵される第１アーム体３０Ａと、駆動モータ３３，３４が内蔵されない第２アーム体３０Ｂと、駆動モータ３３のみが内蔵される第３アーム体３０Ｃのいずれかから構成されている。多関節マニピュレータ３００において、アーム体ｃ１は第２アーム体３０Ｂであり、アーム体ｃ２は第３アーム体３０Ｃであり、アーム体ｃ３は第３アーム体３０Ｃであり、アーム体ｃ４は第１アーム体３０Ａであり、アーム体ｃ５は第２アーム体３０Ｂであり、アーム体ｃ６は第１アーム体３０Ａである。

多関節マニピュレータ３００においても、多関節マニピュレータ２０の場合と同様に、第１のアーム体３０Ａに内蔵される２つの駆動モータ３３と駆動モータ３４とは、内蔵される第１のアーム体３０Ａの軸線方向Ｚ１，Ｚ２に関して、第１のアーム体３０Ａのアーム内部空間４０のうち、少なくとも部分的に共通の重畳領域１３５に配置され、軸線方向に垂直な方向に並ぶ。

本実施の形態に係る多関節マニピュレータ３００おいてはアーム体ｃ４、ｃ６の各々が第１のアーム体３０Ａであって、この第１のアーム体３０Ａに２つの駆動モータ３３，３４を配置し、各駆動モータ３３，３４を軸線方向Ｚに垂直な方向に並べることによって、２つの駆動モータ３３，３４を内蔵するために必要な、第１アーム体３０Ａの軸線方向寸法を小型化することができる。さらに第２のアーム体３０Ｂ（アーム体ｃ４、ｃ６に隣接するアーム体ｃ５）には、駆動モータ３３，３４を配置する必要がないので、駆動モータ３３，３４の大きさにかかわらず、第２のアーム体３０Ｂの形状を小型化することができる。これによって、第１および第２のアーム体３０Ａ，３０Ｂを小型化することができるので、全体として多関節マニピュレータ２０を小型化することができる。多関節マニピュレータ２０を小型化することによって、狭隘な作業空間であっても、多関節マニピュレータ２０の先端部を目標とする位置および姿勢に保つことができる。なお、多関節マニピュレータ２０おいては、第１のアーム体３０Ａに連結される両側のアーム体がともに第２のアーム体３０Ｂであるので第１のアーム体３０Ａの両側のアーム体の形状の小型化を図ることができるのに対し、多関節マニピュレータ３００においては、第１のアーム体３０Ａに連結されるアーム体は一方が第２のアーム体３０Ｂであり他方が第３のアーム体３０Ｃであるので、一方のアーム体である第２のアーム体３０Ｂの形状の小型化を図ることができる。

また、本実施の形態に係る多関節マニピュレータ３００おいては、アーム体ｃ２の上端と下端とが互いに平行に傾斜し、アーム体ｃ３の上端と下端とが互いに直交する方向に傾斜し、アーム体ｃ２の上端とアーム体ｃ３の下端とが傾斜関節部３２によって連結されているので、例えばアーム体ｃ２に水平な姿勢をとらせアーム体ｃ３に垂直な姿勢をとらせるというようにしてアーム体ｃ２の姿勢とアーム体ｃ３の姿勢を組み合わせることによって、手先装置２２を基台２１に近い低い位置にも移動させることができ、基台２１に対する手先装置２２の動作範囲を広くすることが可能になる。

なお、本実施の形態に係る多関節マニピュレータ３００おいても、上述の効果の他に、図１に示す多関節マニピュレータ２０に得られる効果と同様の効果を得ることができることは、いうまでもない。

以上のような本発明の実施の形態は、発明の例示に過ぎず発明の範囲内で構成を変更することができる。たとえば多関節マニピュレータ２０の関節部の並ぶ順番は、上述した順番に限らず他の順番であってもよい。また関節部の数およびアーム体の数についても限定

しない。また、傾斜関節角度についても４５度に限定しない。また索条３５は、アーム体の直列方向一方から他方に延びる線状体であればよく、電気配線およびホースに限定しない。

以上のように、本発明によれば、１つのアーム体およびその１つのアーム体に連結される両側の２つの他のアーム体のうちの少なくとも一方のアーム体を小型化することができる。これによって多関節マニピュレータを小型化することができる。また多関節マニピュレータを小型化することによって、狭隘な空間たとえば天井と床との隙間が小さい空間であっても、天井および床に接触することなく、各アーム体を回転駆動することができる。これによって多関節マニピュレータに連結される対象物を容易にかつ確実に移動させることができる。

また、本発明によれば、駆動源と制動部とが、アーム体の軸線方向に一列に並んで設けられる場合に比べて、１つのアーム体の軸線寸法を小さくすることができる。これによって全体として多関節マニピュレータの直列方向の長さを小型化することができる。多関節マニピュレータを小型化することによって、狭隘な空間たとえば天井と床との隙間が小さい空間であっても、天井および床に接触することなく、各アーム体を回転駆動することができる。これによって多関節マニピュレータに連結される対象物を容易にかつ確実に移動させることができる。

また、本発明によれば、減速機構を介して回転駆動力を伝達してアーム体を相対回転させる。これによって小型の駆動手段でアーム体を回転させるに必要なトルクを得ることができる。小型の駆動手段を用いることによって、駆動手段が内蔵される１つのアーム体の形状を小型化することができる。これによってさらに多関節マニピュレータを小型化することができる。

また、さらに平歯車によって駆動手段から減速機構に駆動力を伝達するので、駆動手段が内蔵される１つのアーム体の構造を簡略化することができ、１つのアーム体を小型化することができる。また多関節マニピュレータの設計および加工、組立てを容易化することができる。また減速機構側の歯車が予め定める位置に配置される場合、減速機構側の歯車に噛合う位置であれば、駆動手段側の歯車を任意の位置に配置することができる。これによって駆動手段をアーム体内の適切な位置に配置することができ、アーム体の内部空間を有効利用することができる。たとえば駆動手段の配置位置を選択可能であるので、アーム体を小型化した場合であっても、駆動手段が収容される収容空間をアーム体に確保することができる。また索条が挿通するための十分な空間をアーム体に確保することができる。

また、本発明によれば、索条がアーム体内を挿通することによって、アーム体の外周表面に沿って索条を配置する必要がない。したがって索条が、アーム体外の障害物に接触することを防ぐことができる。さらに索条は、索条保護部材を挿通するので、減速機構および伝達機構に接触することが防がれる。このように、索条がアーム体外の障害物、減速機構、伝達機構に接触することがないので、索条が破損することを防止し、多関節マニピュレータにおける作業を円滑に行うことができる。

また、本発明によれば、減速機構および伝達機構における雰囲気中の液体が、漏れ出し、索条空間に侵入することを防止することができる。たとえばグリースまたはオイルなどの潤滑剤が、減速機構および伝達機構に塗布される場合であっても、それらの潤滑剤が漏れ出し索条空間に侵入することを防止することができ、潤滑不足による減速機構および伝達機構の損傷を防止することができる。また索条が汚染されることを防止することができる。

また、本発明によれば、多関節マニピュレータの全長が予め定められる場合であっても、駆動手段が内蔵されないアーム体を駆動側のアーム体とすることで、多関節マニピュレータの可動範囲を拡大することができる。したがって、多関節マニピュレータの全長を大型化することなく、予め必要な可動範囲を得ることができる。また多関節マニピュレータの全長が同じであれば、その可動範囲を拡大することができる。

また、本発明によれば、多関節マニピュレータの全長が予め定められる場合であっても、駆動手段が内蔵されないアーム体を駆動側のアーム体とすることで、多関節マニピュレ

ータの可動範囲を拡大することができる。したがって、多関節マニピュレータの全長を大型化することなく、予め必要な可動範囲を得ることができる。また多関節マニピュレータの全長が同じであれば、その可動範囲を拡大することができる。

【図１】

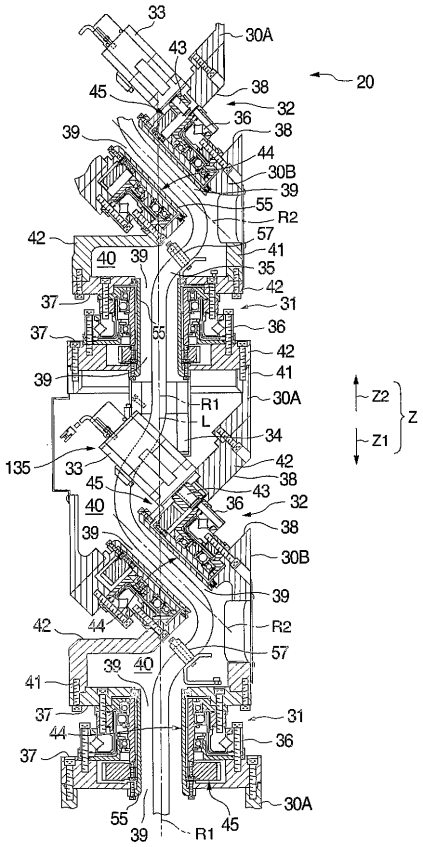

FIG. 1

【図２】

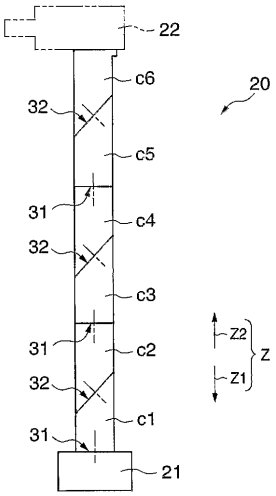

FIG. 2

【図３】

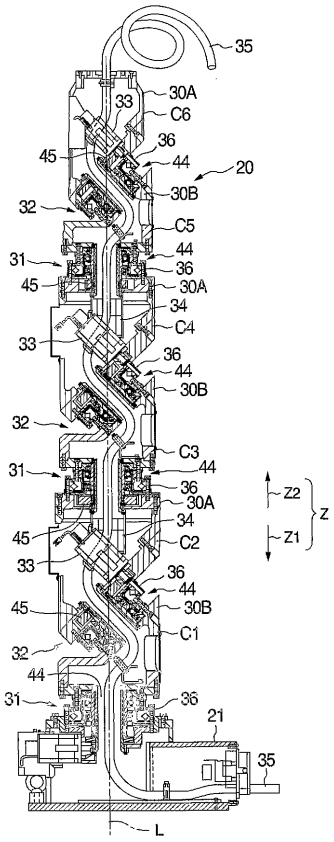

FIG. 3

【図４】

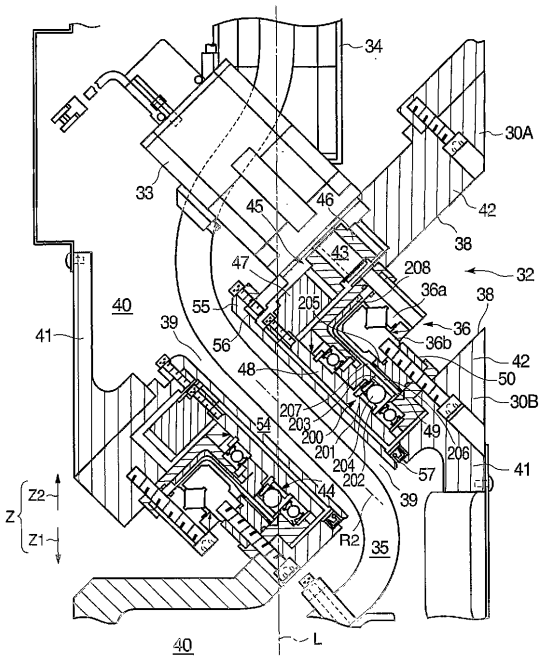

FIG. 4

【図５】

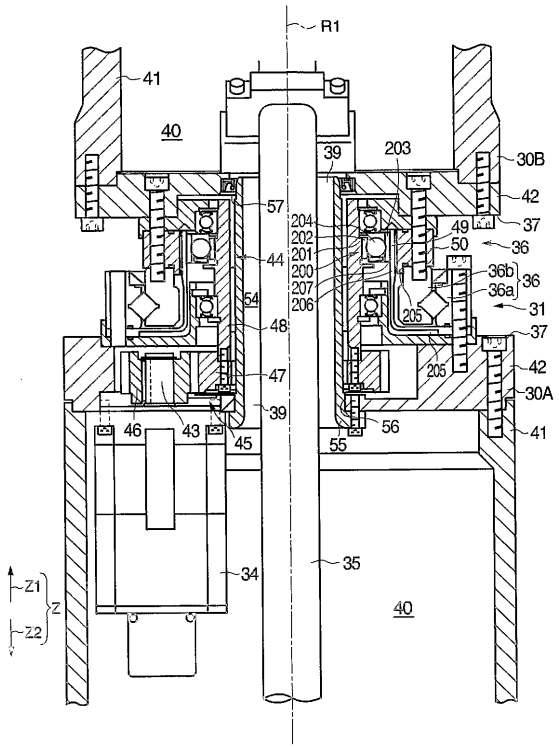

FIG. 5

【図６】

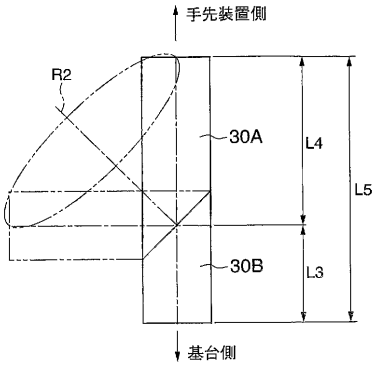

FIG. 6

【図７】

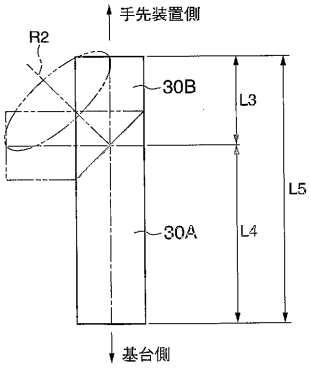

FIG. 7

【図８】

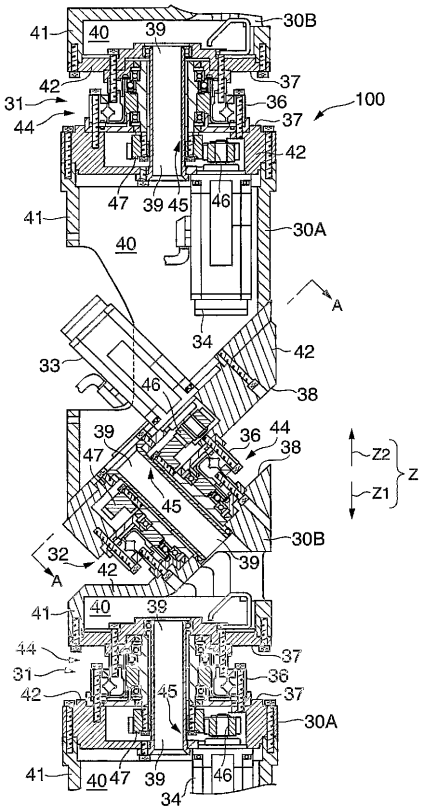

FIG. 8

【図９】

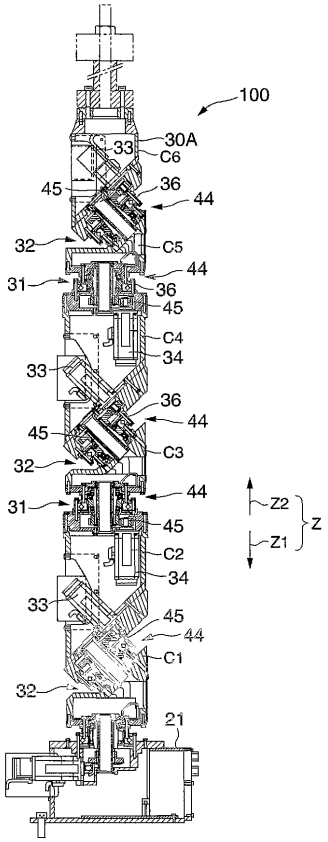

FIG. 9

【図１０】

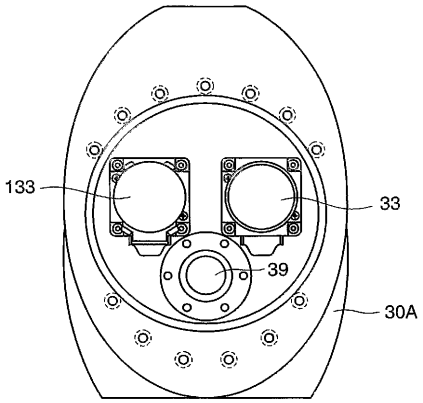

FIG. 10

【図１１】

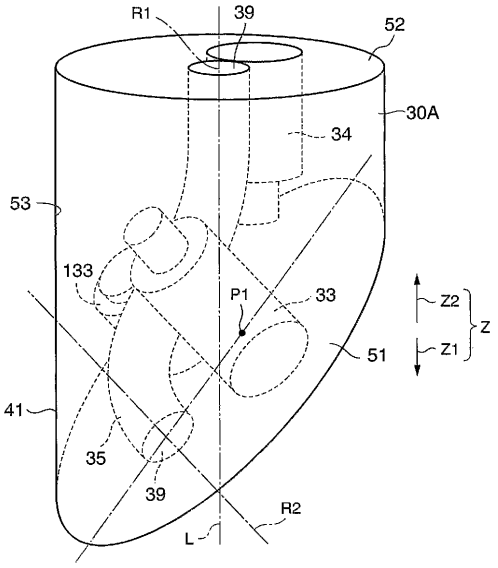

FIG. 11

【図１２】

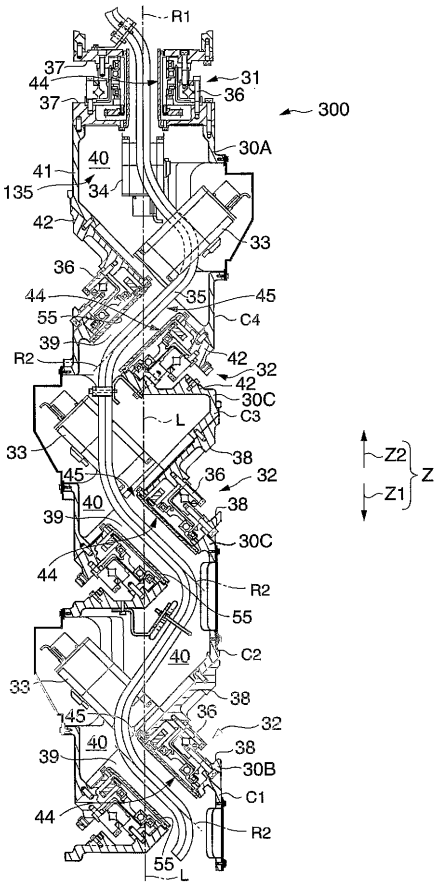

FIG. 12

【図１３】

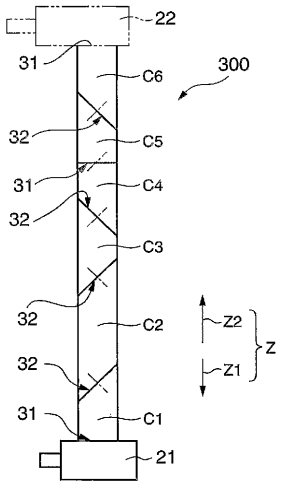

FIG. 13

【図１４】

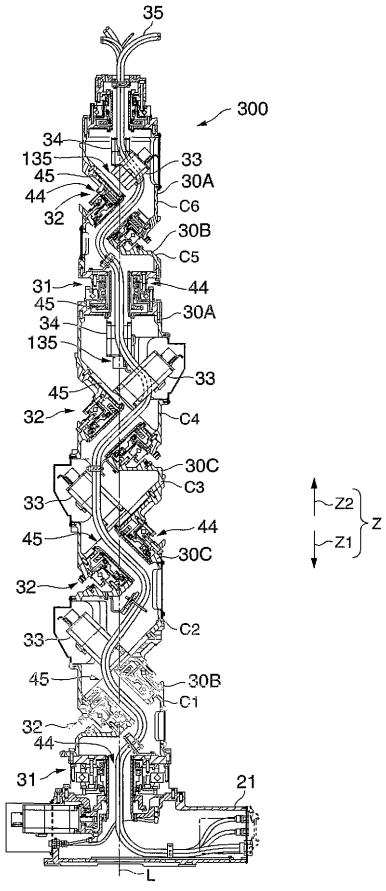

FIG. 14

フロントページの続き

(72)発明者　濱　　安　宏
兵庫県加古川市別府町新野辺１１６６－１５
(72)発明者　田　中　良　明
兵庫県明石市朝霧台２８６９－２３
(72)発明者　稲　田　隆　浩
兵庫県加古川市平岡町一色５９７－５－５０５

審査官　所村　美和

(56)参考文献　特開２００１－１３８２７９（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－３１５８７９（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－１９８０８８（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２２５８８１（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－１７５１８８（ＪＰ，Ａ）
実開平０４－１１５５９２（ＪＰ，Ｕ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B25J　1/00-21/02