(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
2017 年 9 月 21 日(21.09.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/159188 A1

(51) 国際特許分類:
B25J 19/00 (2006.01) *B25J 17/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/005506

(22) 国際出願日: 2017 年 2 月 15 日(15.02.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-049165 2016 年 3 月 14 日(14.03.2016) JP

(71) 出願人: 国立大学法人東京工業大学(TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1528550 東京都目黒区大岡山２－１２－１ Tokyo (JP).

(72) 発明者: 遠藤　玄(ENDO Gen); 〒1528550 東京都目黒区大岡山２－１２－１　国立大学法人東京工業大学内 Tokyo (JP). 堀米　篤史(HORIGOME Atsushi); 〒1528550 東京都目黒区大岡山２－１２－１　国立大学法人東京工業大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 五十嵐　省三(IGARASHI Shozo); 〒2310021 神奈川県横浜市中区日本大通１７番地　ＪＰＲ横浜日本大通ビル１１階 Kanagawa (JP).

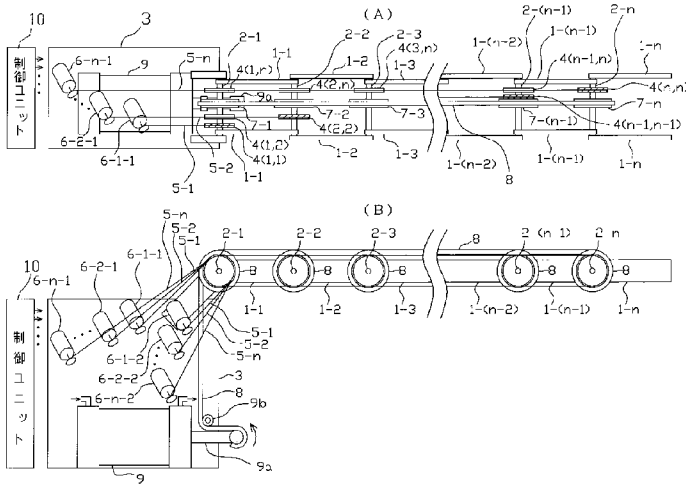
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, 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, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: ARTICULATED MANIPULATOR HAVING GRAVITY-COMPENSATION WIRE

(54) 発明の名称 : 自重補償用ワイヤを有する多関節マニピュレータ



10 Control unit

(57) **Abstract**: An articulated manipulator according to the present invention is provided with: a base; n (≥ 2) pitch axis joints; a plurality of links that are serially linked by the pitch axis joints and that are connected to the base; (n - i + 1) pulleys that are axially supported by the i-th (i = 1, 2, ..., n) pitch axis joint from the base; n wires, the i-th wire being wound, by at least one turn, onto the pulley axially supported by the i-th pitch axis joint from the first pitch axis joint; a plurality of actuators that are each connected to both ends of each of the wires, that are provided in the base, and that adjust the tension of the respective wires; a plurality of pitch-axis gravity-compensation pulleys that are axially supported by the respective pitch axis joints; a gravity-compensation wire that is wound, by at least one turn, onto each of the pitch-axis gravity-compensation pulleys and that is guided to the inside of the base; and a gravity-compensation-rod-equipped actuator that is connected to the gravity-compensation wire, that is provided in the base, and that adjusts the tension of the gravity-compensation wire.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/159188 A1

多関節マニピュレータは、基台と、ｎ（≧２）個のピッチ軸関節と、ピッチ軸関節によってシリアルに連結され、基台に結合された複数のリンクと、基台から第ｉ番目（ｉ＝１、２、…、ｎ）のピッチ軸関節に軸着された（ｎ－ｉ＋１）個のプーリと、ｎ個のワイヤであって、第ｉ番目のワイヤは第１番目のピッチ軸関節から第ｉ番目のピッチ軸関節に軸着されたプーリに少なくとも１回転して巻き架されたものと、各ワイヤの両端に接続され、基台内に設けられ、各ワイヤの張力を調整するための複数のアクチュエータと、各ピッチ軸関節に軸着された複数のピッチ軸自重補償用プーリと、各ピッチ軸自重補償用プーリに少なくとも１回転して巻き架けられ、基台内に導かれた自重補償用ワイヤと、自重補償用ワイヤに接続され、基台内に設けられ、自重補償用ワイヤの張力を調整するための自重補償用ロッド付アクチュエータとを具備するものである。

明　細　書

発明の名称 ： 自重補償用ワイヤを有する多関節マニピュレータ

技術分野

[0001] 本発明は手先出力が大きく細長いアームの超長尺超多自由度の多関節マニピュレータに関する。

背景技術

[0002] 過酷事故後の原子力発電所において溶融した核燃料取り出すための遠隔操作用マニピュレータとして、超長尺超多自由度の多関節マニピュレータが必要である。

[0003] 図９は第１の従来の多関節マニピュレータを示す正面図である（参照：非特許文献１のＦｉｇ．１（ｃ））。図９の多関節マニピュレータは垂直（ピッチ軸）型であって、最も重力の影響を受け易い水平に伸展した姿勢を示している。図９においては、多数のリンク１０１－１、１０１－２、…（４つのみ図示）は水平方向のピッチ軸関節１０２－１、１０２－２、…によってシリアルに連結されて基台１０３に結合されている。各ピッチ軸関節１０２－１、１０２－２、…にはプーリ１０４－１、１０４－２、…が固定的に軸着されている。各リンク１０１－１、１０１－２、…はプーリ１０４－１、１０４－２、…に巻き架けたワイヤ１０５－１、１０５－２、…を基台１０３内に設けられたアクチュエータ（モータ）（図示せず）を駆動することによって駆動される。この場合、各ピッチ軸関節１０２－１、１０２－２、…における関節トルクτ_1、τ_2、…はワイヤ１０５－１、１０５－２、…の張力とプーリ１０４－１、１０４－２、…の半径との積に比例する。

[0004] 図１０は第２の従来の多関節マニピュレータを示す斜視図である（参照：非特許文献１のＦｉｇ．３）。図１０の多関節マニピュレータは、垂直（ピッチ軸）型であって、最も重力の影響を受け易い水平に伸展した姿勢を示している。図１０においては、多数のリンク２０１－１、２０１－２、…（３つのみ図示）は水平方向の各ピッチ軸関節２０２－１、２０２－２、…によ

ってシリアルに連結されて基台２０３に固定リンク２０１－０を介して結合されている。ピッチ軸関節２０２－１にはプーリ２０４（１、１）、２０４（１、２）、２０４（１、３）が軸着され、ピッチ軸関節２０２－２にはプーリ２０４（２、２）、２０４（２、３）が軸着され、ピッチ軸関節２０２－３にはプーリ２０４（３、３）が軸着されている。この場合、プーリ２０４（１、１）、２０４（２、２）、２０４（３、３）はピッチ軸関節２０２－１、２０２－２、２０２－３に固定的に軸着され、プーリ２０４（１、２）、２０４（１、３）、２０４（２、３）はピッチ軸関節２０２－１、２０２－２に摺動自在に軸着されている。ワイヤ２０５－１－１、２０５－１－２はプーリ２０４（１、１）に互い逆向きに１回転巻き架され、ワイヤ２０５－２－１、２０５－２－２はプーリ２０４（１、２）、２０４（２、２）に互い逆向きに１回転巻き架され、ワイヤ２０５－３－１、２０５－３－２はプーリ２０４（１、３）、２０４（２、３）、２０４（３、３）に互い逆向きに１回転巻き架されている。また、多数のリンク２０１－１、２０１－２、…の重量の増加を抑制するために、ワイヤ２０５－１－１、２０５－１－２；２０５－２－１、２０５－２－２；…を介して各リンク２０１－１、２０１－２、…を駆動するためのアクチュエータ（モータ）２０６－１－１、２０６－１－２；２０６－２－１、２０６－２－２；…はマニピュレータの基台２０３内に設けている。これにより、関節機構を簡略化できる。

[0005] 図１０において、たとえば、アクチュエータ２０６－３－１をワイヤ２０５－３－１を巻き取るように、かつアクチュエータ２０６－３－２をワイヤ２０５－３－２を弛ませるように駆動させると、リンク２０１－１、２０１－２、２０１－３は同時に上昇する。また、さらにアクチュエータ２０６－２－２及び２０６－１－２をワイヤ２０５－２－２及び２０５－１－２を巻き取るように、かつアクチュエータ２０６－１－１及び２０６－２－１をワイヤ２０５－１－１及び２０５－２－１を弛ませるように駆動させると、リンク２０１－１のみが上昇する。

[0006] 図１１は第３の従来の多関節マニピュレータを示す斜視図である（参照：

特許文献１）。図１１の多関節マニピュレータは、垂直（ピッチ軸）かつ水平（ヨー軸）型であって、２節目を重力の影響を受け易い水平に伸展した姿勢を示している。図１１においては、複数の４節平行リンク構造Ｌ１、Ｌ２、…（２つのみ図示）がシリアルに連結されて基台３００に結合されている。各４節平行リンク構造Ｌ１、Ｌ２、…は、フレーム３０１、３０２、及びフレーム３０１、３０２間に設けられた平行な主リンク３０３及び副リンク３０４によって構成され、垂直方向のピッチ軸回りのα回転するようにする。さらに、基台３００側の４節平行リンク構造Ｌ１のフレーム３０２と隣接する４節平行リンク構造Ｌ２のフレーム３０１とを垂直連結し、ヨー軸回りのθ回転するようにする。これらピッチ軸回り及びヨー軸回りの各アクチュエータ（モータ）は関節つまりフレーム３０１、３０２内に設けられる。さらに、図１１においては、多数の４節平行リンク構造Ｌ１、Ｌ２、…の自重を補償するために、各フレーム３０１、３０２に自重補償用二重プーリ３０５、３０６を摺動自在に設け、自重補償用ワイヤ３０７－１、３０７－２、…を自重補償用二重プーリ３０６（３０５）の小径プーリから自重補償用二重プーリ３０５（３０６）の大径プーリに巻き架け、最後に自重補償用二重プーリ３０５の小径プーリをカウンタウェイト３０８で引張ることにより自重トルクを相殺している。

[0007] 図１１においては、平行リンク構造Ｌ１、Ｌ２、…を採用しているので、モーメントが変化しても主リンク３０３、副リンク３０４の圧縮力として構造的に支えるので、先端のみの力が関節トルクとして作用し、結果的に、次の平行リンク機構の姿勢に依存せず、一定のトルクで自重補償が可能である。

[0008] 図１２は第４の従来の多関節マニピュレータを示す正面図である（参照：非特許文献２）。図１２の多関節マニピュレータは、垂直（ピッチ軸）型であって、最も重力の影響を受け易い水平に伸展した姿勢を示している。図１２においては、多数のリンク４０１－１、４０１－２、…（３つのみ図示）は水平方向のピッチ軸関節４０２－１、４０２－２、…によってシリアルに

連結されて基台４０３に固定リンク４０１－０を介して結合されている。各ピッチ軸関節４０２－１、４０２－２、…にはプーリ（図示せず）が固定的に軸着されている。各リンク４０１－１、４０１－２、…はこれらプーリに巻き架けたワイヤ（図示せず）をピッチ軸関節４０２－１、４０２－２、…内に設けられたアクチュエータ（モータ）（図示せず）によって駆動される。この場合、各ピッチ軸関節４０２－１、４０２－２、…における関節トルクτ_1、τ_2、…は上述の各ワイヤの張力とプーリ半径との積に比例する。さらに、図１２においては、多数のリンク４０１－１、４０１－２、…の自重を補償するために、各ピッチ軸関節４０２－１、４０２－２、…に自重補償用プーリ４０４－１、４０４－２、…を摺動自在に軸着し、１本の自重補償用ワイヤ４０５を先端のリンクたとえば４０１－３に固定し各自重補償用プーリ４０４－１、４０４－２、…に１回転して巻き架け、その自重補償用ワイヤ４０５の端部４０５ａをカウンタウェイト４０６で引っ張ることにより自重トルクを相殺している。

先行技術文献

非特許文献

[0009] 非特許文献1：広瀬茂男、馬　書根：ワイヤ干渉駆動型多関節マニピュレータの開発、計測自動制御学会論文集、２６－１１、１２９１／１２９８（１９９０）

非特許文献2：石井智之、葉石敦生、広瀬茂男：ワイヤと二重プーリによる自重補償機構の説明とＦｌｏａｔ　Ａｒｍ　Ｖの性能評価、日本ロボット学会創立２０周年記念学術講演会、２００２

特許文献

[0010] 特許文献1：特開２００３－８９０９０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011]　図９の第１の従来の多関節マニピュレータにおいては、ピッチ軸関節１０

２－ｉの関節トルクτ_iは、

$$\tau_i = (n+1-i)MgL + (1/2)(n+1-i)^2 mgL \quad (1)$$

但し、ｎは関節数

Ｍはアーム先端質量

ｍはリンクの質量

Ｌはリンク長

ｇは重力加速度

で表せる。ここで、（１）式右辺の第１項はアーム先端荷重Ｍｇを支持するトルクであり、基台１０３側になると関節数ｎに比例し、また、（１）式右辺の第２項はアームの自重を支持するトルクであり、基台１０３側になると関節数ｎの２乗に比例する。この結果、各関節トルクτ_iを支えるのに要するワイヤ張力は、図１３の（Ａ）に示すごとく、関節番号ｉが小さい程つまり基台１０３側程大きくなり、従って、基台１０３内のアクチュエータ（モータ）が強力かつ高価となり、また、リンクの自重の補償できず、長尺化が困難であるという課題もある。尚、図１３の（Ａ）においては、リンク１０１－１、１０１－２、…の全長（アーム長）及び全重は１５ｍ及び９６ｋｇとし、ピッチ軸関節１０２－１、１０２－２、…の数ｎは１２とする。

[0012] また、図１０の第２の従来の多関節マニピュレータにおいては、ピッチ軸関節２０２－ｉの関節トルクτ_iは、

$$\tau_i = MgL + (n+1/2-i)mgL \quad (2)$$

で表せる。ここで、（２）式右辺の第１項はアーム先端荷重Ｍｇを支持するトルクであり、関節番号ｉが小さくなってもつまり基台２０３側になっても一定であり、また、（１）式右辺の第２項はアームの自重を支持するトルクであり、トルクの干渉のために関節番号ｉが小さい程つまり基台２０３側になると関節数ｎに比例する。この結果、各関節トルクτ_iを支えるのに要するワイヤ張力は、図１３の（Ｂ）に示すごとく、基台２０３側も小さくなり、基台２０３側のアクチュエータ（モータ）２０６－１－１、２０６－１－２；

２０６－２－１、２０６－２－２；…も強力でないので製造コストを低下させることができる。尚、図１３の（Ｂ）においても、全長（アーム長）及び全重は１５ｍ及び９６ｋｇとし、関節数ｎは１２とする。しかしながら、アクチュエータ（モータ）２０６－１－１、２０６－１－２；２０６－２－１、２０６－２－２；…は依然として強力かつ高価であり、また、リンク自身の自重を補償できず、従って、長尺化が困難であるという課題もある。

[0013] さらに、図１１、図１２の第３、第４の従来の多関節マニピュレータにおいては、第１の従来の多関節マニピュレータと同様に、アクチュエータ（モータ）はフレーム３０１、３０２、又は各ピッチ軸関節４０２－１、４０２－２、…内に設けられるので、関節機構が複雑となるという課題がある。また、平行リンク構造Ｌ１、Ｌ２、…又はリンク４０１－１、４０１－２、…の自重がカウンタウェイト３０８又は４０６によって補償されているので、図１３の（Ｃ）に示すごとく、ワイヤ張力は小さくなるが、アクチュエータ（モータ）は依然として強力かつ高価であり、長尺化が困難であるという課題もある。尚、図１３の（Ｃ）においても、全長（アーム長）及び全重は１５ｍ及び９６ｋｇとし、関節数ｎは１２とする。しかも、カウンタウェイト３０８又は４０６が重くなり過ぎ、この結果、多関節マニピュレータを軽量化できないという課題もある。たとえば、平行リンク構造Ｌ１、Ｌ２、…又はリンク４０１－１、４０１－２、…の全長（アーム長）及び全重を１５ｍ及び９６ｋｇとすれば、カウンタウェイト３０８又は４０６の重量は約５６００ｋｇにもなる。また、図１１、図１２に示すごとく、最も重力の影響を受け易い水平に伸展した姿勢の場合には、自重補償トルクは最大となるが、垂直に伸展した姿勢の場合には、自重補償トルクはゼロである。しかし、このような自重補償トルクの変化には対応できないという課題もある。

課題を解決するための手段

[0014] 上述の課題を解決するために、本発明に係る多関節マニピュレータは、基台と、ｎ（≧２）個のピッチ軸関節と、ピッチ軸関節によってシリアルに連結され、基台に結合された複数のリンクと、基台から第ｉ番目（ｉ＝１、２

、…、ｎ）のピッチ軸関節に軸着された（ｎ－ｉ＋１）個のプーリと、ｎ個のワイヤであって、第ｉ番目のワイヤは第１番目のピッチ軸関節から第ｉ番目のピッチ軸関節に軸着されたプーリに少なくとも１回転して巻き架されたものと、各ワイヤの両端に接続され、基台内に設けられ、各ワイヤの張力を調整するための複数のアクチュエータと、各ピッチ軸関節に軸着された複数のピッチ軸自重補償用プーリと、各ピッチ軸自重補償用プーリに少なくとも１回転して巻き架けられ、基台内に導かれた自重補償用ワイヤと、自重補償用ワイヤに接続され、基台内に設けられ、自重補償用ワイヤの張力を調整するための自重補償用ロッド付アクチュエータとを具備するものである。

[0015] また、本発明に係る多関節マニピュレータは、基台と、ｎ（≧２）個のピッチ軸関節と、ｎ個のピッチ軸関節の間に設けられた少なくとも１つの第１のヨー軸関節と、ｎ個のピッチ軸関節の最先端側のピッチ軸関節の外側に設けられた第２のヨー軸関節と、ピッチ軸関節及び第１、第２のヨー軸関節によってシリアルに連結され、基台に結合された複数のリンクと、基台から第ｉ番目（ｉ＝１、２、…、ｎ）のピッチ軸関節に軸着された（ｎ－ｉ＋１）個のプーリと、ｎ個のワイヤであって、第ｉ番目のワイヤは第１番目のピッチ軸関節から第ｉ番目のピッチ軸関節に軸着されたプーリに少なくとも１回転して巻き架されたものと、各ワイヤの両端に接続され、基台内に設けられ、各ワイヤの張力を調整するための複数のアクチュエータと、各ピッチ軸関節に摺動自在に軸着された１対のピッチ軸自重補償用プーリと、第１のヨー軸関節に摺動自在に軸着された１対の第１のヨー軸自重補償用プーリと、第２のヨー軸関節に摺動自在に軸着された第２のヨー軸自重補償用プーリと、各１対のピッチ軸自重補償用プーリの一方に少なくとも１回転して巻き架けられかつ１対の第２のヨー軸自重補償用プーリの一方に架けられ、第２のヨー軸自重補償用プーリに架けられ、各１対のピッチ軸自重補償用プーリの他方に少なくとも１回転して巻き架けられかつ１対の第２のヨー軸自重補償用プーリに架けられ、基台内に２本に分岐して導かれた自重補償用ワイヤと、自重補償用ワイヤに接続され、基台内に設けられ、自重補償用ワイヤの張力

を調整するための自重補償用ロッド付アクチュエータとを具備するものである。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、各関節トルクが小さくなるので、関節トルクを支えるのに要するワイヤ張力を小さくでき、この結果、長尺化できると共に、基台内のアクチュエータは強力でなくなるので製造コストを低下できる。

[0017] また、自重補償用ロッド付アクチュエータによって自重補償トルクの変化に対応できると共に、自重補償用ロッド付アクチュエータは軽量なので、多関節マニピュレータを軽量化できる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明に係る多関節マニピュレータの第１の実施例を示し、（Ａ）は上面図、（Ｂ）は正面図である。

[図2A]図１の空圧アクチュエータの第１の変更例を示し、（１）は上面図、（２）は正面図である。

[図2B]図１の空圧アクチュエータの第２の変更例を示し、（１）は上面図、（２）は正面図である。

[図3]図１の空圧アクチュエータの前段に存在するエアコンプレッサ及び電空レギュレータを示す図である。

[図4]図１のワイヤ張力を示すグラフである。

[図5]図１の制御ユニットの動作を示すフローチャートである。

[図6]図５のフローチャートを補足説明する図である。

[図7]本発明に係る多関節マニピュレータの第２の実施例を示し、（Ａ）は上面図、（Ｂ）は正面図である。

[図8]本発明に係る多関節マニピュレータが適用された原子炉システムを示す図である。

[図9]第１の従来の多関節マニピュレータを示す正面図である。

[図10]第２の従来の多関節マニピュレータを示す斜視図である。

[図11]第３の従来の多関節マニピュレータを示す斜視図である。

[図12]第４の従来の多関節マニピュレータを示す正面図である。

[図13]図９、図１０、図１１、図１２のワイヤ張力を示すグラフである。

実施例

[0019] 図１は本発明に係る多関節マニピュレータの第１の実施例を示し、（Ａ）は上面図、（Ｂ）は正面図である。尚、図１の多関節マニピュレータは垂直（ピッチ軸）型であって、最も重力の影響を受け易い水平に伸展した姿勢を示している。

[0020] 図１において、ｎ個のリンク１－１、１－２、…、１－ｎは水平方向のピッチ軸関節２－１、２－２、…、２－ｎによってシリアルに連結され、基台３に結合される。

[0021] ピッチ軸関節２－１には、ｎ個のプーリ４（１、１）、４（１、２）、…、４（１、ｎ）が軸着され、ピッチ軸関節２－２には、（ｎ－１）個のプーリ４（２、２）、４（２、３）、…、４（２、ｎ）が軸着されている。以下同様であり、最後のピッチ軸関節２－ｎには、１個のプーリ４（ｎ、ｎ）が軸着されている。この場合、プーリ４（１、１）、４（２、２）、…、４（ｎ、ｎ）は各ピッチ軸関節２－１、２－２、…、２－ｎに固定的に軸着され、他方、プーリ４（１、２）、…、４（１、ｎ）；４（２、３）、４（２、４）、…、４（２、ｎ）；…；４（ｎ－１、ｎ）は各ピッチ軸関節２－１、２－２、…、２－（ｎ－１）に摺動自在に軸着されている。

[0022] ワイヤ５－１はプーリ４（１、１）に１回転して巻き架けられて基台３内に導かれ、ワイヤ５－１の両端は基台３内のアクチュエータ（モータ）６－１－１、６－１－２に接続されている。ワイヤ５－２はプーリ４（１、２）、４（２、２）に１回転して巻き架けられて基台３内に導かれ、ワイヤ５－２の両端は基台３内のアクチュエータ（モータ）６－２－１、６－２－２に接続されている。以下同様であり、最後のワイヤ５－ｎはプーリ４（１、ｎ）、４（２、ｎ）、…、４（ｎ、ｎ）に１回転して巻き架けられて基台３内に導かれ、ワイヤ５－ｎの両端は基台３内のアクチュエータ（モータ）６－ｎ－１、６－ｎ－２に接続されている。

[0023] また、各ピッチ軸関節２－１、２－２、…、２－ｎには、自重補償用プーリ７－１、７－２、…、７－ｎが摺動自在に軸着されている。自重補償用ワイヤ８は各自重補償用プーリ７－１、７－２、…、７－ｎに１回転して巻き架けられ、基台３内の空圧シリンダ及びピストンよりなる片ロッドシリンダ型の空圧アクチュエータ９のピストンに結合したロッド９ａにプーリ９ｂを介して固定されている。この場合、自重補償用ワイヤ８はワイヤ５－１、５－２、…、５－ｎより太くし、従って、自重補償用ワイヤ８の最大張力を大きくしてある。

[0024] 制御ユニット１０はアクチュエータ６－１－１、６－１－２；６－２－１、６－２－２；…；６－ｎ－１、６－ｎ－２及び空圧アクチュエータ９を制御するものであり、たとえばマイクロコンピュータによって構成される。

[0025] プーリ９ｂが空圧アクチュエータ９のロッド９ａ上に位置しているので、自重補償用ワイヤ８の張力によって矢印に示すロッド９ａの曲げモーメントが発生する。尚、図２Ａに示すように、自重補償用ワイヤ８を空圧アクチュエータ９のロッド９ａ上で２つの分岐部８－１、８－２に分岐し、ロッド９ａ近傍の両側のプーリ９ｂ－１、９ｂ－２を介して折返してロッド９ａの先端に固定することもできる。この場合、自重補償用ワイヤ８の張力はその分岐部８－１、８－２においてロッド９ａに対して平行となり、ロッド９ａの曲げモーメントは相殺されて発生しない。また、図２Ｂに示すように、自重補償用ワイヤ８を空圧アクチュエータ９のロッド９ａ上で２つの分岐部８－１、８－２に分岐し、ロッド９ａの前方に位置するプーリ９ｂ－１、９ｂ－２を介して折返さずにロッド９ａの先端に固定することもできる。この場合も、自重補償用ワイヤ８の張力はその分岐部８－１、８－２においてロッド９ａに対して平行となり、しかも、ロッド９ａの曲げモーメントが発生しない分、空圧アクチュエータ９のシリンダの摺動抵抗の増大はなく、ロッド９ａには純粋な引張力のみが印加されるので、自重補償用ワイヤ８の制御特性を改善できる。但し、図２Ｂの場合、自重補償用ワイヤ８を分岐する必要性はない。いずれの場合も、空圧アクチュエータ９の空圧を調整することによ

り自重補償用ワイヤ８の張力を制御できる。

[0026] また、図３に示すごとく、実際には、空圧アクチュエータ９の前段にたとえばエアコンプレッサ９ｃ及び電空レギュレータ９ｄが設けられている。電空レギュレータ９ｄは制御ユニット１０からの入力信号に応じてエアコンプレッサ９ｃから空圧アクチュエータ９への供給空気圧力を高精度に調整するものである。従って、制御ユニット１０は電空レギュレータ９ｄを介して空圧アクチュエータ９を制御する。この場合、電空レギュレータ９ｄは圧力センサを内蔵している。尚、エアコンプレッサ９ｃ及び電空レギュレータ９ｄは基台３の内部に設けることもできる。

[0027] 図４は図１のピッチ軸関節２－ｉにおける関節トルクτ_iを支えるのに要するワイヤ５－１、５－２、…、５－ｎの張力を示すグラフである。尚、図４においても、アーム長は１５ｍ、関節数ｎは１２である。図４に示すごとく、ワイヤ５－１、５－２、…、５－ｎの張力は、図１３の（Ａ）、（Ｂ）、（Ｃ）に示す第１、第２、第３、第４の従来の多関節マニピュレータのワイヤ張力に比較して小さくなる。従って、アクチュエータ（モータ）６－１－１、６－１－２；６－２－１、６－２－２；…；６－ｎ－１、６－ｎ－２は強力である必要がないので製造コストを低下させることができ、従って、長尺化が容易となる。また、図１１、図１２の約５６００ｋｇカウンタウェイト３０８、４０６と同等の力を出すためには、空圧アクチュエータ９の直径は、エアコンプレッサ９ｃの空圧０．８ＭＰａとすれば、３００ｍｍ程度必要であり、空圧アクチュエータ９の重量は２１２ｋｇ程度となる。従って、多関節マニピュレータを軽量化できる。

[0028] 図５は図１の制御ユニット１０の動作を示すフローチャートである。

[0029] 始めに、ステップ５０１にて、図６の（Ａ）に示すピッチ軸関節２－１、２－２、…の姿勢角θ_1、θ_2、…を対象物に合せて決定する。

[0030] 次に、ステップ５０２にて、ステップ５０１にて決定された姿勢角θ_1、θ_2、…の基で図６の（Ｂ）に示すアーム先端荷重Mg及び各ピッチ軸関節２－１、２－２、…の自重

m_1g、m_2g、…を支えるために、各ピッチ軸関節２－１、２－２、…で生成すべき関節トルクτ_1、τ_2、…を演算する。このとき、動力学を考慮してもよい。

[0031] 次に、ステップ５０３にて、ステップ５０２にて演算された関節トルクτ_1、τ_2、…に対応するアクチュエータ（モータ）で生成するワイヤ５－１、５－２、…の張力の最大値が最も小さくなるように、ワイヤ５－１、５－２、…の張力及び自重補償用ワイヤ８の張力を演算する。

[0032] 最後に、ステップ５０４にて、ステップ５０２にて演算されたワイヤ張力を生成すべくアクチュエータ（モータ）６－１－１、６－１－２；６－２－１、６－２－２；…；６－ｎ－１、６－ｎ－２を駆動すると共に、ステップ５０３にて演算された自重補償用ワイヤ張力を生成すべく電空レギュレータ９ｄを駆動する。

[0033] 図７は本発明に係る多関節マニピュレータの第２の実施例を示し、（Ａ）は上面図、（Ｂ）は正面図である。尚、図７の多関節マニピュレータは垂直（ピッチ軸）かつ水平（ヨー軸）型であって、最も重力の影響を受け易い水平に伸展した姿勢を示している。

[0034] 図７においては、ピッチ軸関節２－１、２－３、…、２－ｎは垂直方向のピッチ軸であり、他方、ヨー軸関節２’－２、２’－４、…、２’－（ｎ＋１）は水平方向のヨー軸である。この場合、ピッチ軸関節２－１、２－３、…、２－ｎとヨー軸関節２’－２、２’－４、…、２’－（ｎ＋１）とは交互に配置されている。但し、ピッチ軸関節２－１、２－３、…、２－ｎ間には少なくとも１つのヨー軸関節を設ければよく、その組合せ方法は適宜変更できる。他方、最先端側のピッチ軸関節２－ｎの外側には１つのヨー軸関節２－（ｎ＋１）が設けられる。

[0035] 図７においては、ヨー軸関節２’－２、２’－４、…、２’－（ｎ－１）には１対の自重補償用プーリ７’－２－１、７’－２－２；７’－４－１、７’－４－２；…；７’－（ｎ－１）－１、７’－（ｎ－１）－２が摺動自在に軸着されている。この場合、ヨー軸関節たとえば２’－２はリンク１－

２に固定され、リンク１－１に対しては回転可能となっている。他方、先端のヨー軸関節２’－（ｎ＋１）には１つの自重補償用プーリ７’－（ｎ＋１）が摺動自在に軸着されている。自重補償用ワイヤ８’は２系統に分岐し、各対の自重補償用プーリ７－１－１、７－３－１、…、７－ｎ－１；７－１－２、７－３－２、…、７－ｎ－２に少なくとも１回転して巻き架けると共に、自重補償用プーリ７’－２－１、７’－２－２；７’－４－１、７’－４－２；…；７’－（ｎ＋１）にも架ける。また、空圧アクチュエータ９は図２Ａ、図２Ｂに示すものを用いる。つまり、図２Ａに示すごとく、２系統の自重補償用ワイヤ８’は空圧アクチュエータ９のロッド９ａに対して平行とされ、折返すことによりロッド９ａの曲げモーメントを相殺するようにする。又は、図２Ｂに示すごとく、２系統の自重補償用ワイヤ８’は空圧アクチュエータ９のロッド９ａに対して折返さずに直接平行とされる。その他の構成要素は図１と同一である。

[0036] 図８は本発明に係る多関節マニピュレータが適用された原子炉システムを示す図である。

[0037] 図８においては、移動台車８０１に多関節マニピュレータ８０２を搭載し、過酷事故後の原子炉建屋８１１内の格納容器８１２の圧力容器８１３から溶融した燃料棒８１３ａを取り出すための調査や実作業を想定する。この場合、格納容器８１２の圧力容器８１３下に直径約０．３ｍの穴８１２ａを予め開口し、移動台車８０１を穴８１２ａの近傍に固定する。次いで、多関節マニピュレータ８０２を穴８１２ａを介して圧力容器８１３内へ伸展させて調査や実作業を行う。この場合、格納容器８１２の下部直径Ｄがたとえば１８ｍであれば、多関節マニピュレータ８０２のアーム全長は１４ｍ程度とする。尚、８１４は
圧力抑制プールである。

[0038] 尚、上述の実施例においては、ピッチ軸関節２－１、２－２（２－２’）、…、２－ｎ、２’－（ｎ＋１）は基台３からの距離に関係なく一定であるが、ピッチ軸関節２－１、２－２（２－２’）、…、２－ｎ、２’－（ｎ＋

１）は基台３からの距離に応じて小さくすることができる。これにより、ワイヤ５－１、５－２、…、５－ｎの張力をさらに小さくでき、従って、アクチュエータ６－１－１、６－１－２；６－２－１、６－２－２；…；６－ｎ－１、６－ｎ－２はさらに強力である必要性はなくなり製造コストをさらに低下させることができ、また、自重補償用ワイヤ８、８’の張力も小さくでき、従って、空圧アクチュエータ９も軽量化できる。

[0039] また、上述の実施例における空圧アクチュエータは、他のアクチュエータたとえば油圧アクチュエータ、水圧アクチュエータ、ボールねじ、ウォームギア等の大きな減速比が得られるロッド付き減速機を取付けたモータに置換し得る。

[0040] さらに、本発明は上述の実施の形態の自明の範囲のいかなる変更にも適用し得る。

符号の説明

[0041] １－１、１－２、…、１－ｎ：リンク

２－１、２－２、…、２－ｎ：ピッチ軸関節

２’－２、２’－４、…、２’－（ｎ＋１）：ヨー軸関節

３：基台

４（１、１）、４（１、２）、…、４（１、ｎ）；４（２、２）、４（２、３）、…、４（２、ｎ）；…；４（ｎ、ｎ）：プーリ

５－１、５－２、…、５－ｎ：ワイヤ

６－１－１、６－１－２；６－２－１、６－２－２；…；６－ｎ－１、６－ｎ－２：アクチュエータ（モータ）

７－１、７－２、…、７－ｎ；７－１－１、７－１－２、７－２－１、７－２－２、…、７－ｎ－１、７－ｎ－２；７’－２、７’－４、…、７’－（ｎ＋１）：自重補償用プーリ

８、８’：自重補償用ワイヤ

９：空圧アクチュエータ

９ａ：ロッド

９ｂ：プーリ

９ｃ：エアコンプレッサ

９ｄ：電空レギュレータ

１０：制御ユニット

１０１－１、１０１－２、…：リンク

１０２－１、１０２－２、…：ピッチ軸関節

１０３：基台

１０４－１、１０４－２、…：プーリ

１０５－１、１０５－２、…：ワイヤ

２０１－０：固定リンク

２０１－１、２０１－２、…：リンク

２０２－１、２０２－２、…：ピッチ軸関節

２０３：基台

２０４（１、１）、２０４（１、２）、２０４（１、３）；２０４（２、２）、２０４（２、３）、２０４（３、３）：プーリ

２０５－１、２０５－２、２０５－３、…：ワイヤ

２０６－１－１、２０６－１－２；２０６－２－１、２０６－２－２；…：アクチュエータ（モータ）

Ｌ１、Ｌ２：４節平行リンク機構

３００：基台

３０１、３０２：フレーム

３０３：主リンク

３０４：副リンク

３０５、３０６：自重補償用プーリ

３０７－１、３０７－２、…：自重補償用ワイヤ

３０８：カウンタウェイト

４０１－０：固定リンク

４０１－１、４０１－２、…：リンク

４０２－１、４０２－２、…：ピッチ軸関節

４０３：基台

４０４－１、４０４－２、…：自重補償用プーリ

４０５：自重補償用ワイヤ

４０５ａ：端部

４０６：カウンタウェイト

８０１：移動台車

８０２：多関節マニピュレータ

８１１：原子炉建屋

８１２：格納容器

８１２ａ：穴

８１３：圧力容器

８１３ａ：燃料棒

８１４：圧力抑制プール

請求の範囲

[請求項1] 基台と、

ｎ（≧２）個のピッチ軸関節と、

前記ピッチ軸関節によってシリアルに連結され、前記基台に結合された複数のリンクと、

前記基台から第ｉ番目（ｉ＝１、２、…、ｎ）のピッチ軸関節に軸着された（ｎ－ｉ＋１）個のプーリと、

ｎ個のワイヤであって、第ｉ番目のワイヤは前記第１番目のピッチ軸関節から第ｉ番目のピッチ軸関節に軸着されたプーリに少なくとも１回転して巻き架されたものと、

前記各ワイヤの両端に接続され、前記基台内に設けられ、前記各ワイヤの張力を調整するための複数のアクチュエータと、

前記各関節に軸着された複数のピッチ軸自重補償用プーリと、

前記各ピッチ軸自重補償用プーリに少なくとも１回転して巻き架けられ、前記基台内に導かれた自重補償用ワイヤと、

前記自重補償用ワイヤに接続され、前記基台内に設けられ、前記自重補償用ワイヤの張力を調整するための自重補償用ロッド付アクチュエータと

を具備する多関節マニピュレータ。

[請求項2] 前記自重補償用ロッド付アクチュエータは前記自重補償用ワイヤの張力をロッドの曲げモーメントで調整する請求項１に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項3] 前記自重補償用ワイヤは自重補償用ロッド付アクチュエータのロッド近傍で２分岐され、該２分岐された部分を前記ロッドに対して平行にし、前記ロッドの曲げモーメントを相殺するようにした請求項１に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項4] 前記自重補償用ワイヤは自重補償用ロッド付アクチュエータのロッド前方で前記ロッドに対して平行にした請求項１に記載の多関節マニ

ピュレータ。

[請求項5] さらに、

エアコンプレッサと、

前記エアコンプレッサと前記自重補償用ロッド付アクチュエータとの間に設けられ、前記エアコンプレッサから前記自重補償用ロッド付アクチュエータへの供給空気圧力を調整するための電空レギュレータと

を具備する請求項１に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項6] 前記ピッチ軸関節は前記基台からの距離に応じて小さくなる請求項１に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項7] さらに、

対象物に合わせて前記各ピッチ軸関節の姿勢角を決定し、前記姿勢角の基で前記多関節マニピュレータの先端荷重及び前記各ピッチ軸関節の自重を支えるために前記各ピッチ軸関節で生成すべきピッチ軸関節トルクを演算し、前記各ピッチ軸関節トルクに対応する前記各アクチュエータで生成する前記各ワイヤの張力の最大値が最も小さくなるように前記各ワイヤの張力及び前記自重補償用ワイヤの張力を演算し、前記各関節トルクに対する前記ワイヤの各張力を生成すべく前記各アクチュエータを駆動しかつ前記自重補償用ワイヤの張力を生成すべく前記自重補償用ロッド付アクチュエータを駆動するための制御ユニットを具備する請求項１に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項8] さらに、

前記ｎ個のピッチ軸関節の隣接する２つのピッチ軸関節の間にリンクを介して設けられた少なくとも１つの第１のヨー軸関節と、

前記ｎ個のピッチ軸関節の最先端側のピッチ軸関節の外側にリンクを介して設けられた第２のヨー軸関節と、

前記第１のヨー軸関節に摺動自在に設けられた１対の第１のヨー軸自重補償用プーリと、

前記第２のヨー軸関節に摺動自在に設けられた第２のヨー軸自重補償用プーリと、

を具備し、

前記各ピッチ軸自重補償用プーリは１対のピッチ軸自重補償用プーリを具備し、

前記自重補償用ワイヤは第１、第２の系統に分岐され、前記第１の系統は前記１対のピッチ軸自重補償用プーリの一方に少なくとも１回転して巻き架けられかつ前記１対のヨー軸自重補償用プーリの一方に架けられ、前記第２の系統は前記１対のピッチ軸自重補償用プーリの他方に少なくとも１回転して巻き架けられかつ前記１対のヨー軸自重補償用プーリの他方に架けられ、前記第１、第２の系統は前記第２のヨー軸自重補償用プーリに架けられて結合した請求項１に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項9] 前記自重補償用ワイヤの分岐された前記第１、第２の系統は前記自重補償用ロッド付アクチュエータのロッド近傍にて平行にされ、前記ロッドの曲げモーメントを相殺するようにした請求項８に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項10] 前記自重補償用ワイヤの分岐された前記第１、第２の系統は前記自重補償用ロッド付アクチュエータのロッド前方にて平行にされた請求項８に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項11] 前記ピッチ軸関節及び前記ヨー軸関節は前記基台からの距離に応じて小さくなる請求項８に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項12] 基台と、

ｎ（≧２）個のピッチ軸関節と、

前記ｎ個のピッチ軸関節の間に設けられた少なくとも１つの第１のヨー軸関節と、

前記ｎ個のピッチ軸関節の最先端側のピッチ軸関節の外側に設けられた第２のヨー軸関節と、

前記ピッチ軸関節及び前記第１、第２のヨー軸関節によってシリアルに連結され、前記基台に結合された複数のリンクと、

前記基台から第ｉ番目（ｉ＝１、２、…、ｎ）のピッチ軸関節に軸着された（ｎ－ｉ＋１）個のプーリと、

ｎ個のワイヤであって、第ｉ番目のワイヤは前記第１番目のピッチ軸関節から第ｉ番目のピッチ軸関節に軸着されたプーリに少なくとも１回転して巻き架されたものと、

前記各ワイヤの両端に接続され、前記基台内に設けられ、前記各ワイヤの張力を調整するための複数のアクチュエータと、

前記各ピッチ軸関節に摺動自在に軸着された１対のピッチ軸自重補償用プーリと、

前記第１のヨー軸関節に摺動自在に軸着された１対の第１のヨー軸自重補償用プーリと、

前記第２のヨー軸関節に摺動自在に軸着された第２のヨー軸自重補償用プーリと、

前記各１対のピッチ軸自重補償用プーリの一方に少なくとも１回転して巻き架けられかつ前記１対の第２のヨー軸自重補償用プーリの一方に架けられ、前記第２のヨー軸自重補償用プーリに架けられ、前記各１対のピッチ軸自重補償用プーリの他方に少なくとも１回転して巻き架けられかつ前記１対の第２のヨー軸自重補償用プーリに架けられ、前記基台内に２本に分岐して導かれた自重補償用ワイヤと、

前記自重補償用ワイヤに接続され、前記基台内に設けられ、前記自重補償用ワイヤの張力を調整するための自重補償用ロッド付アクチュエータと

を具備する多関節マニピュレータ。

[請求項13] 前記自重補償用ワイヤの分岐された２本は前記自重補償用ロッド付アクチュエータのロッド近傍で平行にされ、前記ロッドの曲げモーメントを相殺するようにした請求項１２に記載の多関節マニピュレータ

。

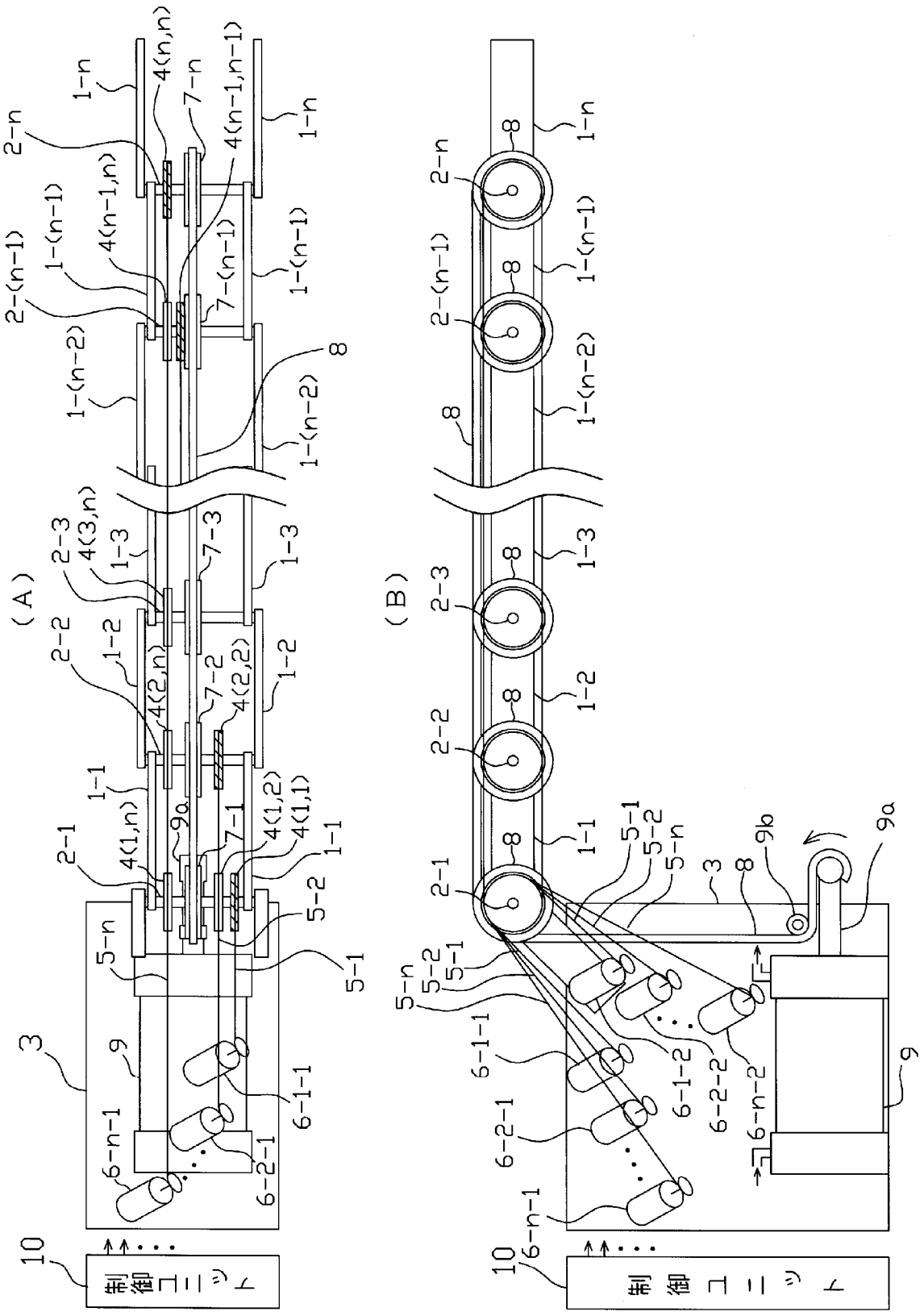
[請求項14] 前記自重補償用ワイヤの分岐された２本は前記自重補償用ロッド付アクチュエータのロッド前方で平行にされた請求項１２に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項15] 前記ピッチ軸関節及び前記第１、第２のヨー軸関節は前記基台からの距離に応じて小さくなる請求項１２に記載の多関節マニピュレータ。

[請求項16] さらに、

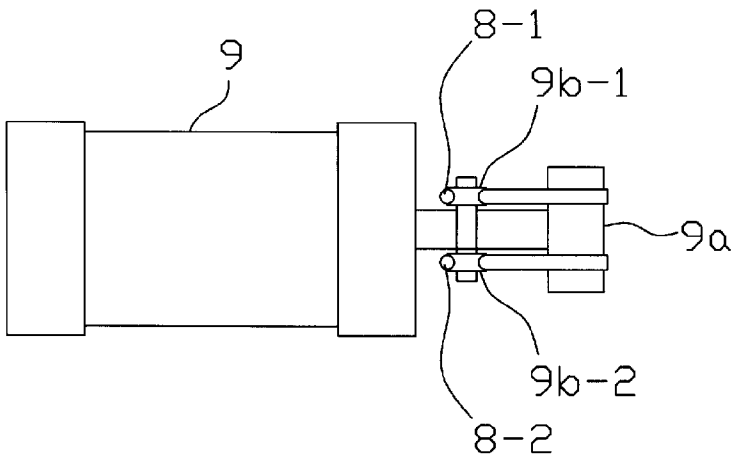
対象物に合わせて前記各ピッチ軸関節の姿勢角を決定し、前記姿勢角の基で前記多関節マニピュレータの先端荷重及び前記各ピッチ軸関節の自重を支えるために前記各ピッチ軸関節で生成すべきピッチ軸関節トルクを演算し、前記各ピッチ軸関節トルクに対応する前記各アクチュエータで生成する前記各ワイヤの張力の最大値が最も小さくなるように前記各ワイヤの張力及び前記自重補償用ワイヤの張力を演算し、前記各関節トルクに対する前記ワイヤの各張力を生成すべく前記各アクチュエータを駆動しかつ前記自重補償用ワイヤの張力を生成すべく前記自重補償用ロッド付アクチュエータを駆動するための制御ユニットを具備する請求項１２に記載の多関節マニピュレータ。

[図1]

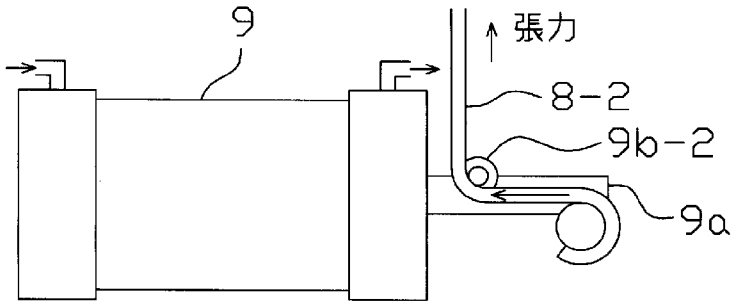


[図2A]

(1)

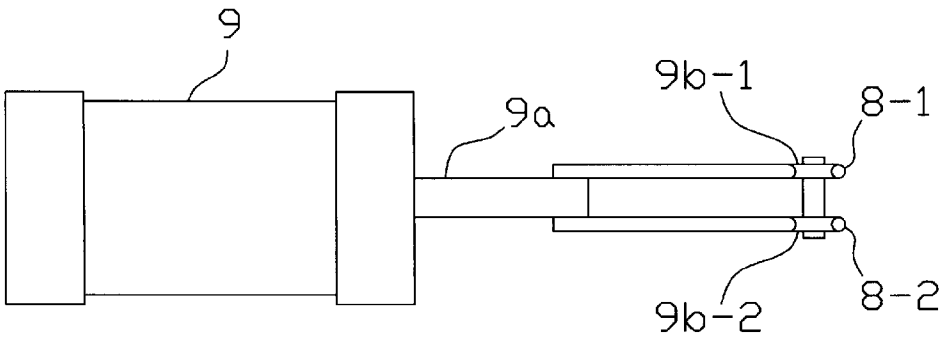


(2)

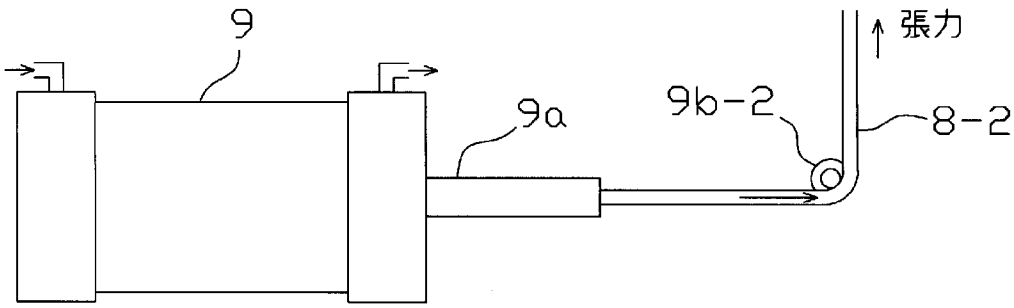


[図2B]

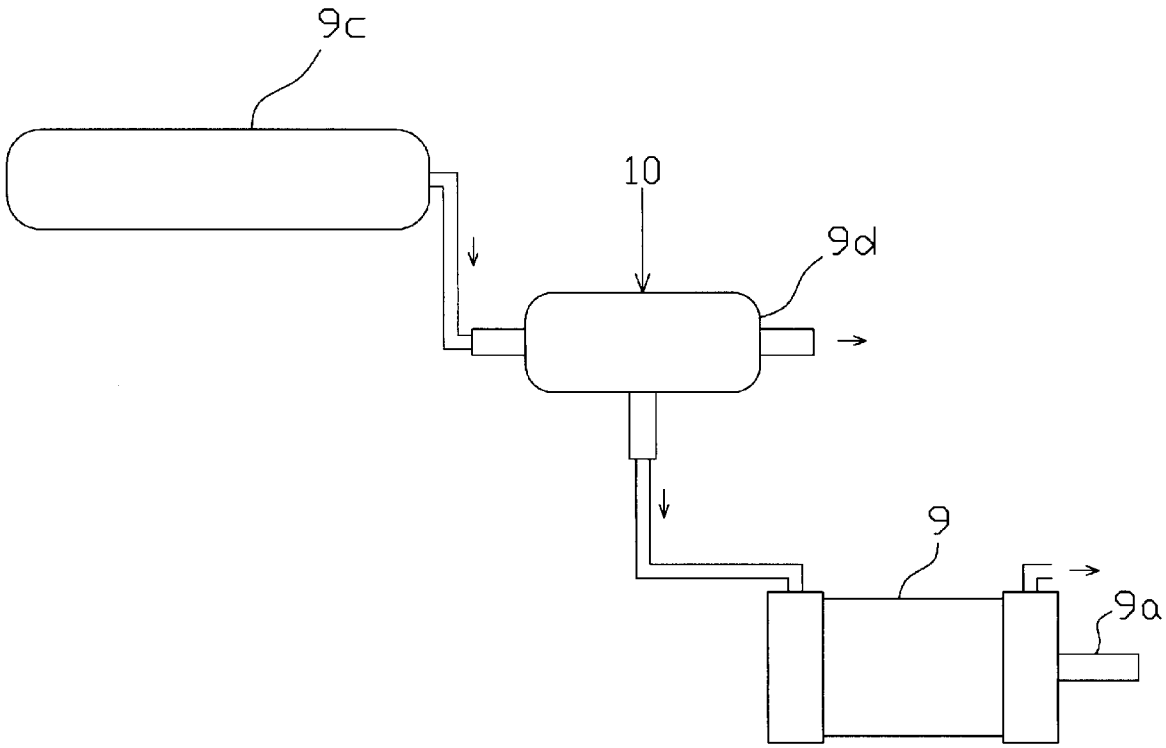
(1)



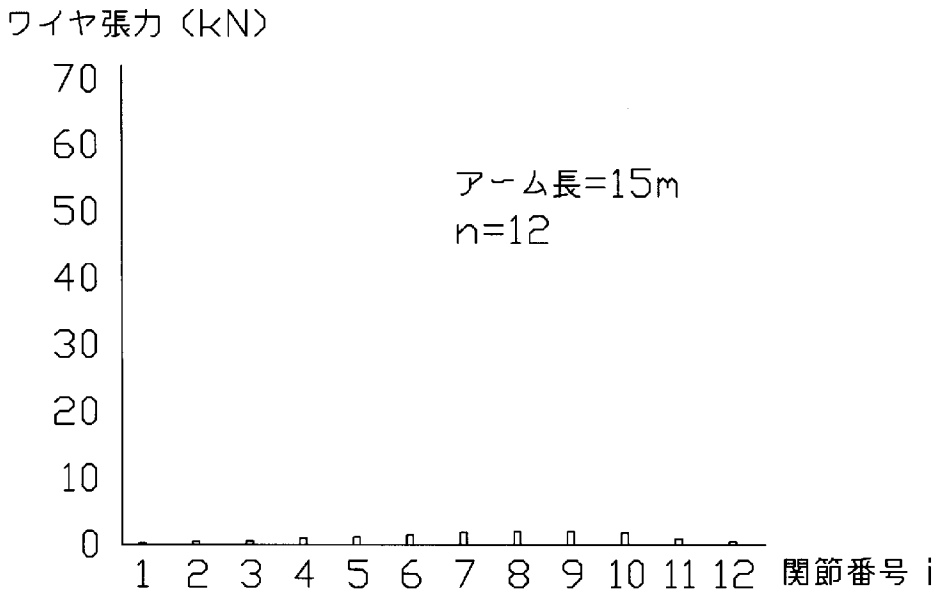
(2)



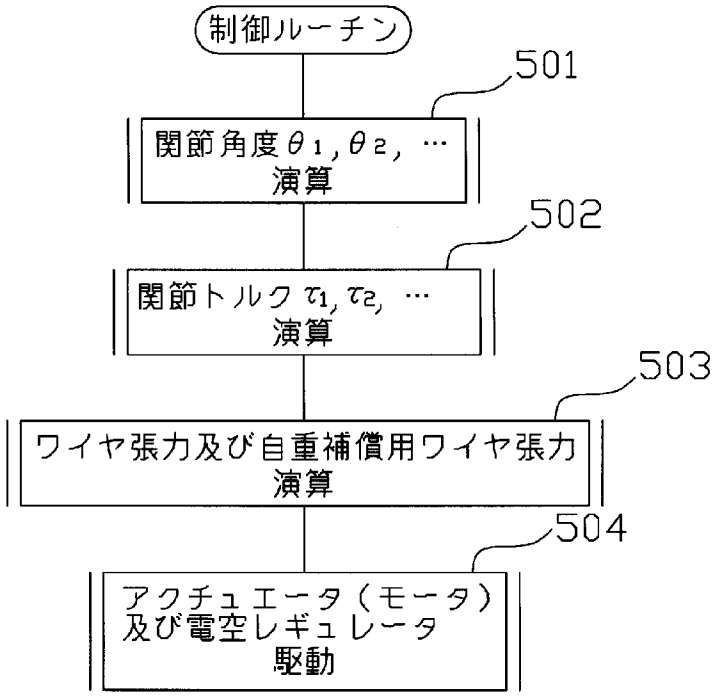
[図3]



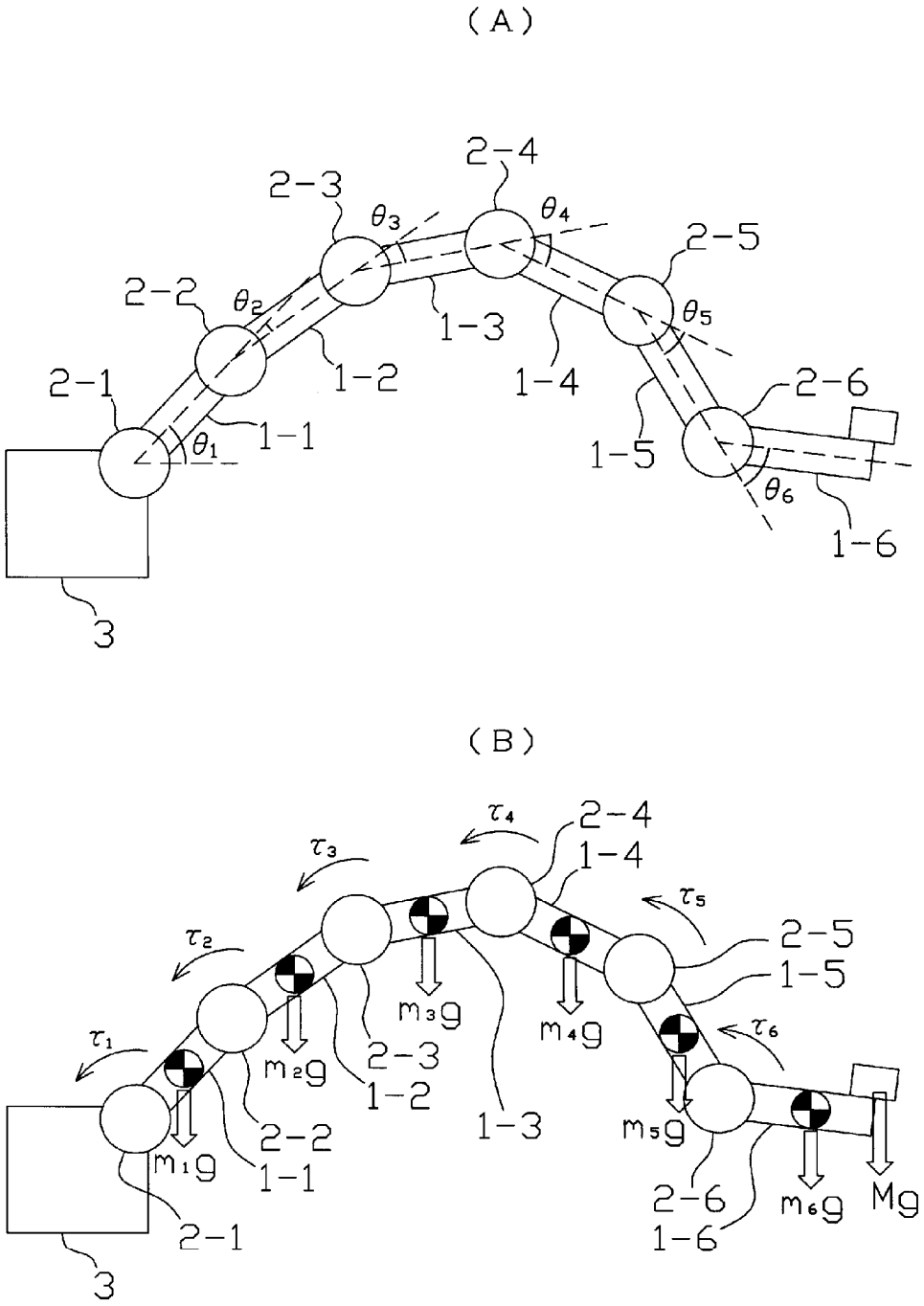
[図4]


ワイヤ張力（kN）
70
60
50
40
30
20
10
0
アーム長=15m
n=12
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
関節番号 i

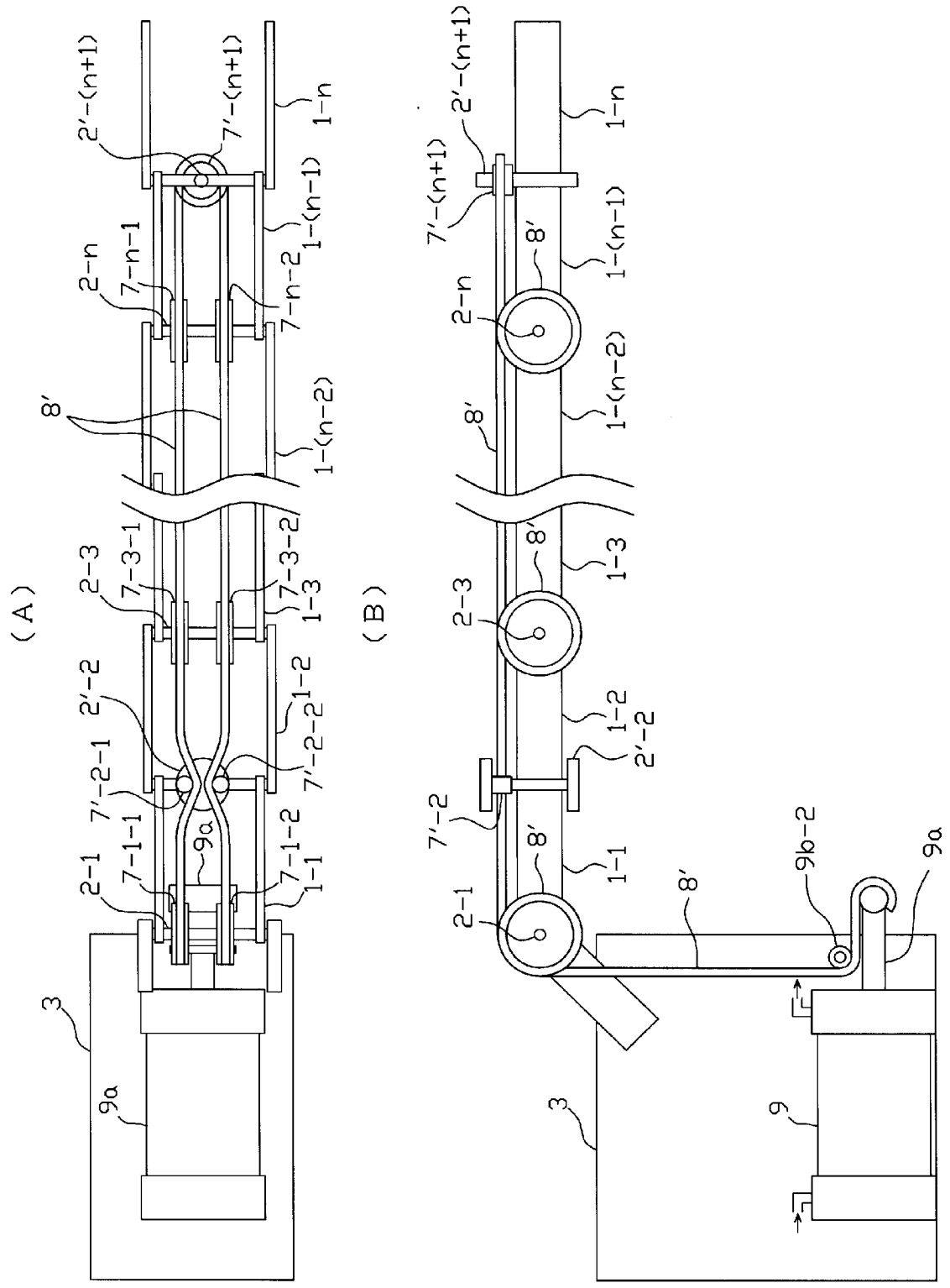
[図5]


制御ルーチン
501
関節角度θ1, θ2, …
演算
502
関節トルクτ1, τ2, …
演算
503
ワイヤ張力及び自重補償用ワイヤ張力
演算
504
アクチュエータ（モータ）
及び電空レギュレータ
駆動

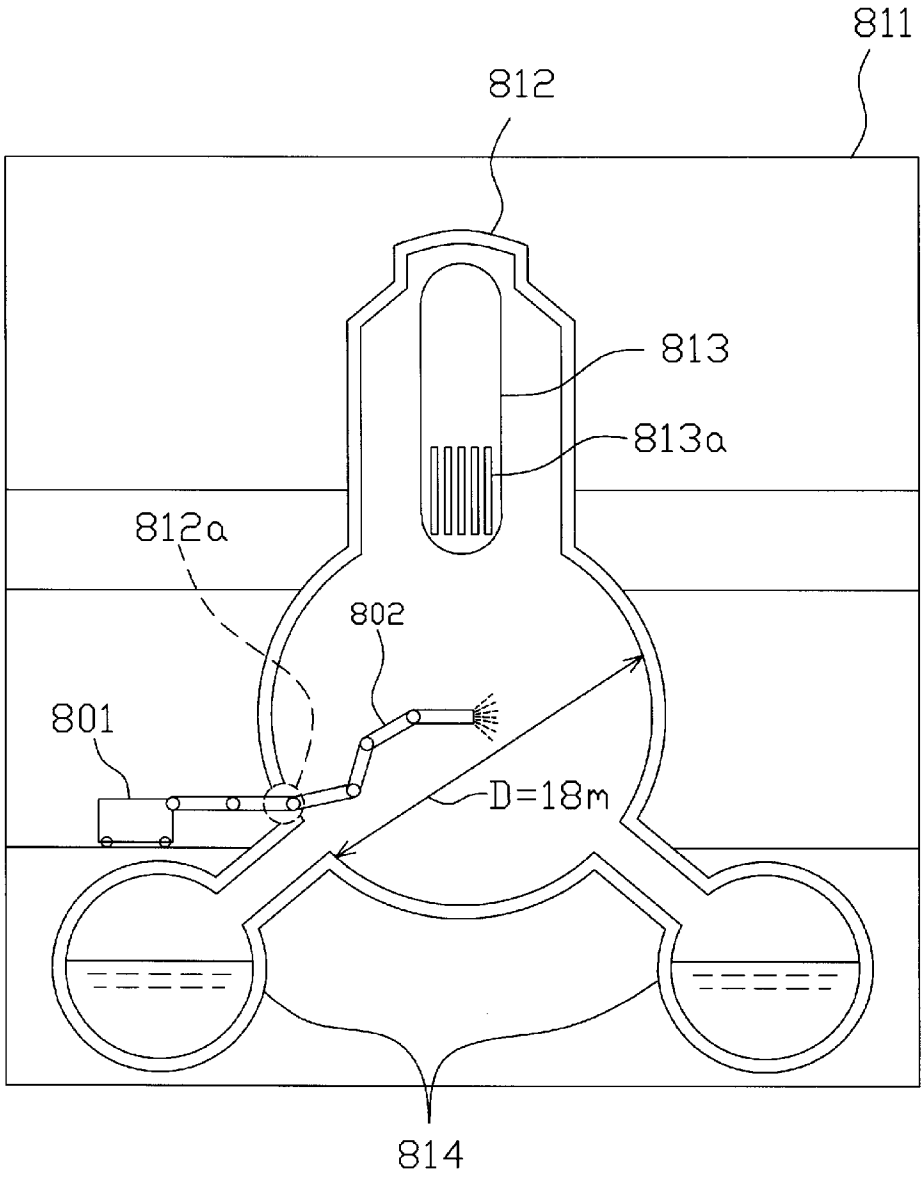
[図6]


(A)
2-4
2-3
θ3
θ4
2-5
2-2
θ2
1-3
θ5
2-1
1-2
1-4
2-6
θ1
1-1
1-5
θ6
1-6
3
(B)
τ4
2-4
1-4
τ3
τ5
2-5
τ2
1-5
m3g
m4g
τ6
τ1
m2g
2-3
1-2
1-3
m5g
m1g
2-2
1-1
2-6
m6g
Mg
2-1
1-6
3

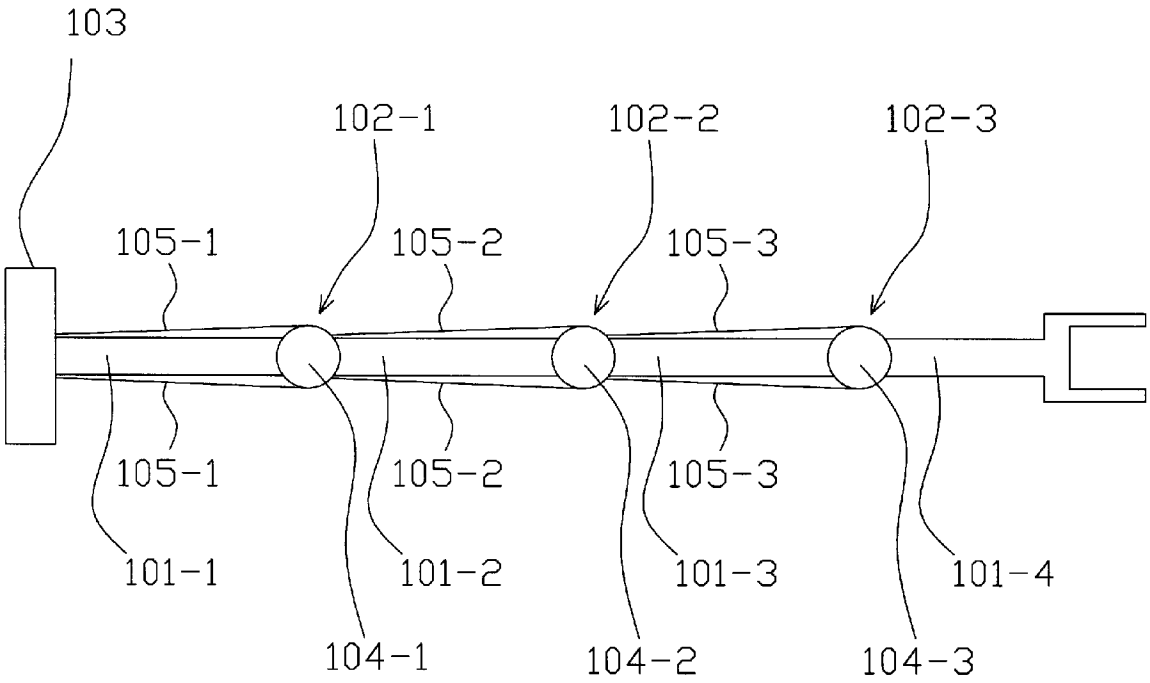
[図7]


(A)
(B)
2'-(n+1)
7'-(n+1)
1-n
1-(n-1)
2-n
7-n-1
7-n-2
8'
1-(n-2)
2-3
7-3-1
7-3-2
1-3
2'-2
1-2
7'-2-1
7'-2-2
7'-1-1
9a
7-1-2
2-1
1-1
3
9a
7'-(n+1)
2'-(n+1)
1-n
1-(n-1)
8'
2-n
1-(n-2)
8'
8'
2-3
1-3
1-2
2'-2
7'-2
8'
1-1
2-1
8'
9b-2
9a
3
9

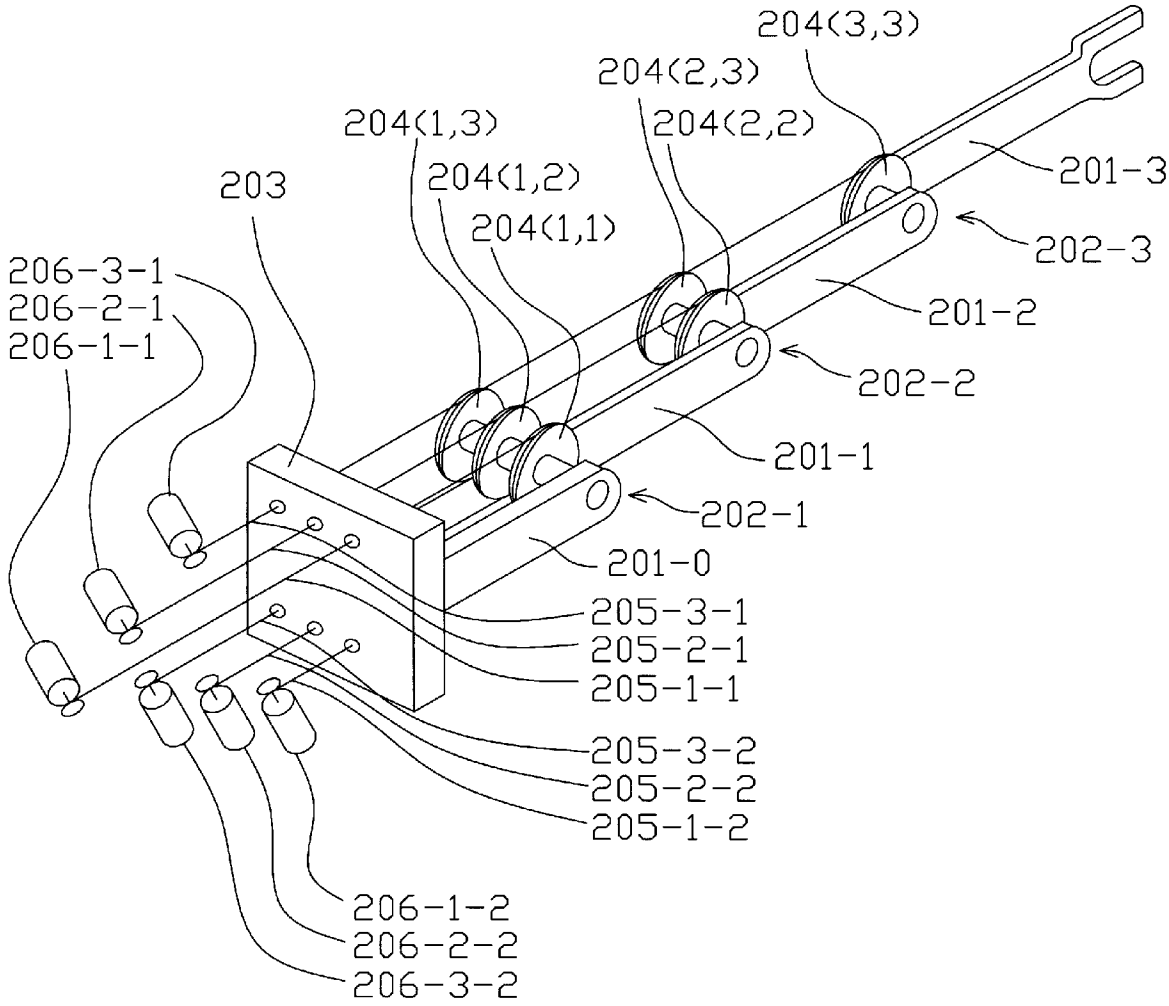
[図8]



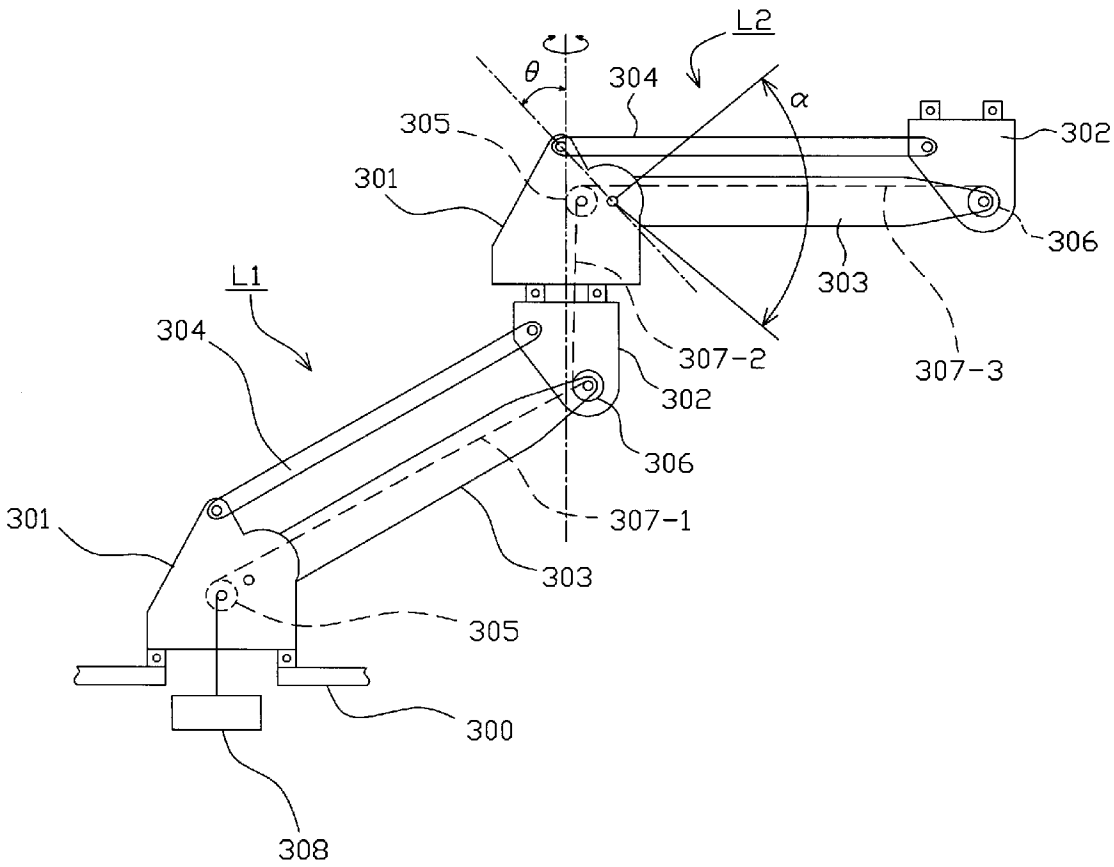
[図9]


103
102-1
102-2
102-3
105-1
105-2
105-3
105-1
105-2
105-3
101-1
101-2
101-3
101-4
104-1
104-2
104-3

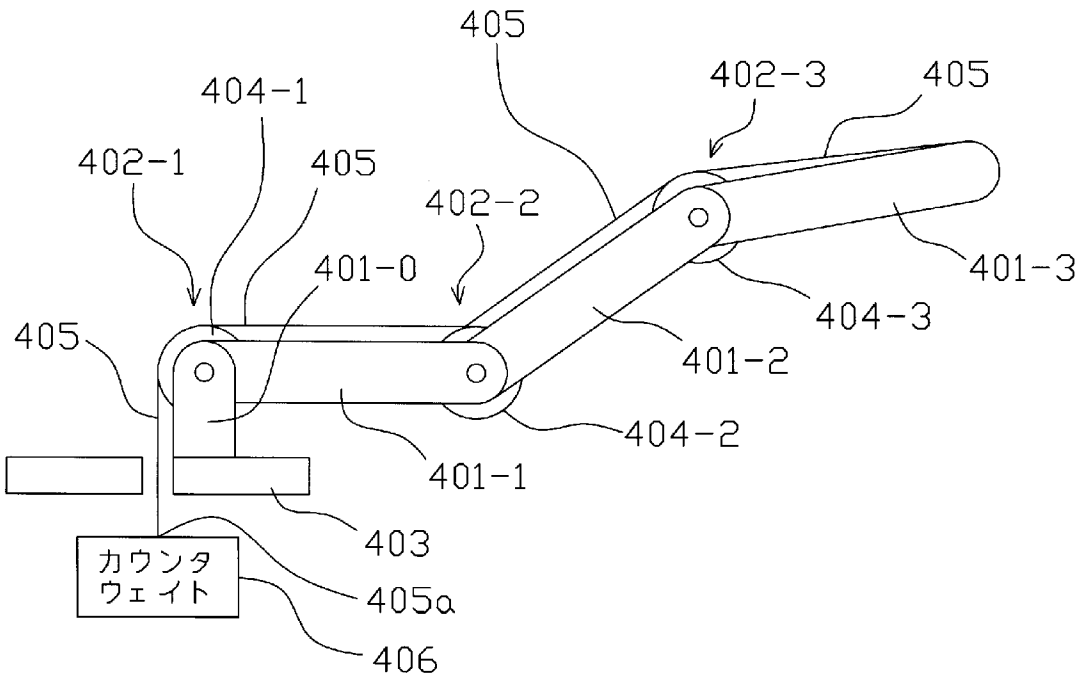
[図10]


204(3,3)
204(2,3)
204(2,2)
204(1,3)
204(1,2)
204(1,1)
203
201-3
202-3
201-2
202-2
201-1
202-1
201-0
206-3-1
206-2-1
206-1-1
205-3-1
205-2-1
205-1-1
205-3-2
205-2-2
205-1-2
206-1-2
206-2-2
206-3-2

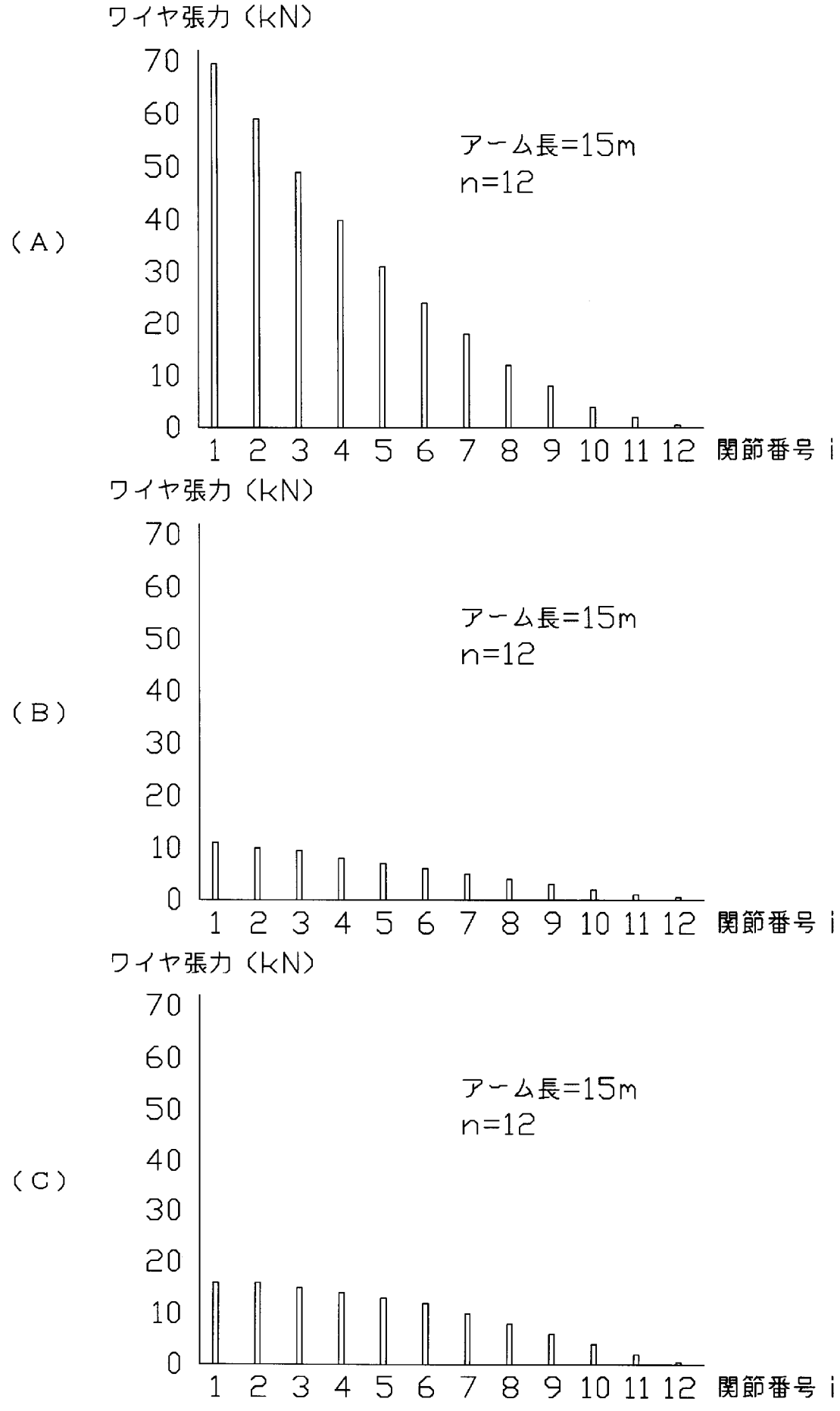
[図11]


L2
θ
304
α
305
302
301
306
303
L1
304
307-2
307-3
302
306
307-1
301
303
305
300
308

[図12]


405
402-3
405
404-1
402-1
405
402-2
401-0
401-3
404-3
405
401-2
404-2
401-1
403
カウンタ
ウェイト
405a
406

[図13]


（A）
ワイヤ張力（kN）
70
60
50
40
30
20
10
0
アーム長=15m
n=12
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
関節番号 i
（B）
ワイヤ張力（kN）
70
60
50
40
30
20
10
0
アーム長=15m
n=12
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
関節番号 i
（C）
ワイヤ張力（kN）
70
60
50
40
30
20
10
0
アーム長=15m
n=12
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
関節番号 i

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/005506

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B25J19/00(2006.01)i, *B25J17/00*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B25J19/00, B25J17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y A	JP 04-082688 A (Research Development Corp. of Japan), 16 March 1992 (16.03.1992), page 3, lower part, right column, line 8 to page 6, lower part, right column, line 6; fig. 1 to 2 (Family: none)	1,4-5 2-3,6-16
Y A	JP 2010-005757 A (Tokyo Institute of Technology), 14 January 2010 (14.01.2010), paragraphs [0009] to [0064]; fig. 2 to 4 (Family: none)	1,4-5 2-3,6-16

☒ 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	Date of mailing of the international search report
02 May 2017 (02.05.17)	16 May 2017 (16.05.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/005506

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 61-008296 A (Cincinnati Milacron Inc.), 14 January 1986 (14.01.1986), page 5, upper part, right column, line 2 to lower part, left column, line 12; fig. 2 & AU 3779685 A & EP 156194 A2 page 5, line 34 to page 6, line 16; fig. 2	1,4-5 2-3,6-16
Y A	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 088444/1992(Laid-open No. 053910/1994) (Tokyo Seimitsu Co., Ltd.), 22 July 1994 (22.07.1994), paragraphs [0013] to [0027]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1,4-5 2-3,6-16
A	JP 2003-089090 A (The Circle for the Promotion of Science and Engineering), 25 March 2003 (25.03.2003), paragraphs [0021] to [0037]; fig. 1 to 18 (Family: none)	1-16
A	JP 2012-240191 A (Korea Institute of Science and Technology), 10 December 2012 (10.12.2012), paragraphs [0043] to [0084]; fig. 1 to 7 & EP 2524777 A1 & KR 10-2012-0127888 A & US 2012/0291582 A1 paragraphs [0050] to [0095]; fig. 1 to 7	1-16

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／００５５０６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B25J19/00(2006.01)i, B25J17/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B25J19/00, B25J17/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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
Y A	JP 04-082688 A (新技術事業団) 1992.03.16, 第３ページ下段右欄第８行-第６ページ下段右欄第６行, 第1-2図 (ファミリーなし)	1, 4-5 2-3, 6-16
Y A	JP 2010-005757 A (国立大学法人東京工業大学) 2010.01.14, 段落[0009]-[0064], 図2-4 (ファミリーなし)	1, 4-5 2-3, 6-16
Y A	JP 61-008296 A (シンシナテイ・ミラクロン・インコーポレーテツド) 1986.01.14, 第５ページ上段右欄第２行-同ページ下段左欄第12行, Fig. 2 & AU 3779685 A & EP 156194 A2, 第５ページ第34行-	1, 4-5 2-3, 6-16

☑　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 ０２．０５．２０１７	国際調査報告の発送日 １６．０５．２０１７
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｕ　４５５０ 臼井　卓巳 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６４

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
	第6ページ第16行，Fig. 2	
Y A	日本国実用新案登録出願4-088444号(日本国実用新案登録出願公開6-053910号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したCD-ROM（株式会社東京精密）1994.07.22，段落[0013]-[0027]，図1-6（ファミリーなし）	1，4-5 2-3，6-16
A	JP 2003-089090 A（財団法人　理工学振興会）2003.03.25，段落[0021]-[0037]，図1-18（ファミリーなし）	1-16
A	JP 2012-240191 A（コリア・インスティテュート・オブ・サイエンス・アンド・テクノロジー）2012.12.10，段落[0043]-[0084]，図1-7 & EP 2524777 A1 & KR 10-2012-0127888 A & US 2012/0291582 A1 段落[0050]-[0095]，FIGS. 1-7	1-16