

(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2015-171735

(P2015-171735A)

(43) 公開日 平成27年10月1日(2015.10.1)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)		
B 2 5 J	9/08	(2006.01)	B 2 5 J	9/08	2 D 0 5 9	
E 0 1 D	22/00	(2006.01)	E 0 1 D	22/00	A	3 C 7 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-47851 (P2014-47851)	(71) 出願人	513005280 株式会社 amuse oneself 大阪府大阪市中央区島之内一丁目19番2 1号 大和長堀ビル5階
(22) 出願日	平成26年3月11日 (2014.3.11)	(71) 出願人	301031392 国立研究開発法人土木研究所 茨城県つくば市南原1番地6
		(71) 出願人	390004558 株式会社アンドー 長野県松本市大字島内3481番地1
		(74) 代理人	110000947 特許業務法人あーく特許事務所

最終頁に続く

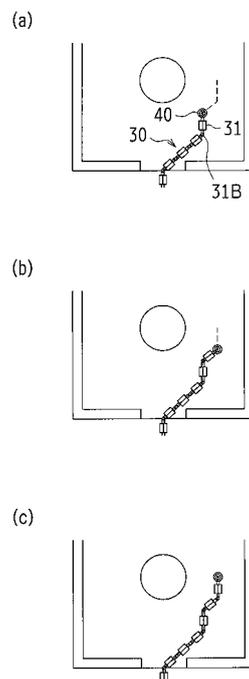
(54) 【発明の名称】 フレキシブルアーム装置および点検診断装置

(57) 【要約】

【課題】 橋梁の狭窄部や輻輳箇所自由に進入できるフレキシブルアーム装置、および該フレキシブルアーム装置を用いて橋梁等の点検を低コストで安全かつ容易に行える点検診断装置を提供する。

【解決手段】 フレキシブルアーム装置は、複数の関節モジュール31を直列に連結してなるアーム部30と、アーム部30を、その連結方向に移動させる土台部10およびスライド部20とを有している。連結された関節モジュール31同士は、その相対角度を回動部31Bによって変化させることができる。アーム部30の移動経路は先頭の関節モジュールに対してのみ入力され、後続の関節モジュールは先頭の関節モジュールの移動経路を追随するように動作する。

【選択図】 図6



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の関節モジュールを直列に連結してなるアーム部を有しており、
上記各関節モジュールは、
本体部と、
連結された関節モジュール間の相対角度を変化させる回動部とを備えて構成されており、

先頭の関節モジュールの移動経路のみの入力に対して、先頭の関節モジュールが入力された移動経路に沿う移動を行い、後続の関節モジュールが先頭の関節モジュールの移動経路を追従するように動作することを特徴とするフレキシブルアーム装置。

10

【請求項 2】

上記アーム部を、該アームの連結方向に移動させる移動部を有しており、
先頭の関節モジュールの移動経路のみの入力に対して、
前記移動部により前記アーム部の前進移動させる動作と、前記各回動部の回動動作を連動させることによって、先頭の関節モジュールが入力された移動経路に沿う移動を行い、後続の関節モジュールが先頭の関節モジュールの移動経路を追従するように動作することを特徴とするフレキシブルアーム装置。

【請求項 3】

先頭の関節モジュールの移動経路のみの入力に対して、
前記各回動部の回動動作のみによって、先頭の関節モジュールが入力された移動経路に沿う移動を行い、後続の関節モジュールが先頭の関節モジュールの移動経路を追従するように動作することを特徴とするフレキシブルアーム装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 から 3 の何れか一項に記載のフレキシブルアーム装置の先端に撮影用カメラを取り付けたことを特徴とする点検診断装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の点検診断装置であって、
さらに、フレキシブルアーム装置の先端に、先端部全周囲の空間情報を取得するための空間情報取得部を備えており、

上記空間情報取得部によって取得された空間情報に基づき、周囲の構造物との距離が所定値以下となる動作を制限することを特徴とする点検診断装置。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、高速道路等の橋梁等の底面や狭隘部を調査・点検する為の点検診断装置に適用可能なフレキシブルアーム装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

高速道路等の社会基盤施設は、社会資本として経済に与える影響が大きいものであるにも係わらず、老朽化による事故も少なからず発生している。このため、このような社会基盤施設に対しては、定期的に調査・点検を行うことが必要とされる。このような調査・点検を必要とする社会基盤施設の一つとして、高速道路等の橋梁が挙げられる。

40

【0003】

現在の橋梁点検においては、主に点検者の目視と写真撮影等によって得られた画像をもとに異常個所の有無を把握するとともに、各種変状の程度（ひび割れの幅や長さ）を計測するのが一般的である。この点検方法では、点検者が対処箇所に接近しないと必要な情報を得ることができない。そのため、接近困難な箇所においては足場の設置や橋梁点検車などで対処している。

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】**

50

【0004】

しかしながら、足場の設置には多くの人手や手間を要し、また、橋梁点検車も極めて高額なものである。このため、従来の点検方法は高コストになりすぎるといった問題がある。

【0005】

さらに、橋梁には人の立ち入り困難な狭窄部や輻輳箇所が多く、また手前の支障物や屈曲部の陰に位置するため、視線や照明が届かない。現状ではこのような不可視部に対する有効な点検手段が無いため、診断や補修設計等に際して必ずしも十分な点検データが得られているとは言いがたい。このため、上記問題を解決して的確な診断や補修設計を行えるようにすることが急務である。

10

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、橋梁等の狭窄部や輻輳箇所に自由に進入できるフレキシブルアーム装置、および該フレキシブルアーム装置を用いて橋梁等の点検を低コストで安全かつ容易に行える点検診断装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するために、本発明に係るフレキシブルアーム装置は、複数の関節モジュールを直列に連結してなるアーム部を有しており、上記各関節モジュールは、本体部と、連結された関節モジュール間の相対角度を変化させる回動部とを備えて構成されており、先頭の関節モジュールの移動経路のみの入力に対して、先頭の関節モジュールが入力された移動経路に沿う移動を行い、後続の関節モジュールが先頭の関節モジュールの移動経路を追随するように動作することを特徴としている。

20

【0008】

上記の構成によれば、上記フレキシブルアーム装置の操作時において、先頭の関節モジュールが入力された移動経路に沿う移動を行い、後続の関節モジュールが先頭の関節モジュールの移動経路を追随するように動作する。このため、オペレータは、先頭の関節モジュールの移動経路のみを入力すればよく、このような入力によっても後続モジュールが周囲の構造物に衝突するようなことは無い。したがって、特別な技能を持たないオペレータが操作する場合であっても、容易な調査作業が可能となり、また調査施設の損傷及びフレキシブルアームの破損を防止できる。

30

【0009】

また、上記フレキシブルアーム装置は、上記アーム部を、該アームの連結方向に移動させる移動部を有しており、先頭の関節モジュールの移動経路のみの入力に対して、前記移動部により前記アーム部の前進移動させる動作と、前記各回動部の回動動作を連動させることによって、先頭の関節モジュールが入力された移動経路に沿う移動を行い、後続の関節モジュールが先頭の関節モジュールの移動経路を追随するように動作する構成とすることができる。

【0010】

上記の構成によれば、上記アーム部は、上記移動部によって前進・後退運動が可能となり、この前進・後退運動に連動させて上記回動部を回動させることで、任意の移動経路に沿った移動が可能となる。このため、上記アーム部は、人が入れないような狭窄部にも自由に進入できる。

40

【0011】

また、上記フレキシブルアーム装置は、先頭の関節モジュールの移動経路のみの入力に対して、前記各回動部の回動動作のみによって、先頭の関節モジュールが入力された移動経路に沿う移動を行い、後続の関節モジュールが先頭の関節モジュールの移動経路を追随するように動作する構成とすることができる。

【0012】

上記の構成によれば、アーム部を前進・後退移動させるための移動部を省略することで、装置を軽量化できる。

50

【0013】

また、本発明に係る点検診断装置は、上記フレキシブルアーム装置の先端に撮影用カメラを取り付けたことを特徴としている。

【0014】

上記の構成によれば、フレキシブルアーム装置の先端に取り付けた撮影用カメラを、橋梁の狭窄部や輻輳箇所に自由に進入させることができ、橋梁の点検を低コストで安全かつ容易に行うことができる。

【0015】

また、上記点検診断装置は、さらに、フレキシブルアーム装置の先端に、先端部全周囲の空間情報を取得するための空間情報取得部を備えており、上記空間情報取得部によって取得された空間情報に基づき、周囲の構造物との距離が所定値以下となる動作を制限する構成とすることができる。

10

【0016】

上記の構成によれば、特別な技能を持たないオペレータが操作する場合であっても、先頭の関節モジュールが誤った操作によって周囲の構造物に衝突することを回避できる。

【発明の効果】

【0017】

本発明のフレキシブルアーム装置は、アーム部を人が入れないような狭窄部に自由に進入させることができる。このため、アーム部の先端に撮影用カメラを取り付けた点検診断装置として用いられれば、橋梁等の点検を低コストで安全かつ容易に行うことができる。

20

【0018】

また、特別な技能を持たないオペレータが操作する場合であっても、アーム部が周囲の構造物に衝突するようなことは無く、容易な調査作業が可能となり、また調査施設の損傷及びフレキシブルアームの破損を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の一実施形態を示すものであり、実施の形態1に係るフレキシブルアーム装置の概要を示す平面図である。

【図2】本発明の一実施形態を示すものであり、実施の形態1に係るフレキシブルアーム装置の概要を示す側面図である。

30

【図3】本発明の一実施形態を示すものであり、実施の形態1に係るフレキシブルアーム装置の概要を示す斜視図である。

【図4】図1～3に示すフレキシブルアーム装置における関節モジュールの斜視図である。

【図5】(a)～(d)は、図1～3に示すフレキシブルアーム装置の動作を示す図である。

【図6】(a)～(c)は、他のフレキシブルアーム装置の動作を示す図である。

【図7A】フレキシブルアーム装置の制御手順を示す図である。

【図7B】フレキシブルアーム装置の制御手順を示す図である。

【図7C】フレキシブルアーム装置の制御手順を示す図である。

40

【図7D】フレキシブルアーム装置の制御手順を示す図である。

【図7E】フレキシブルアーム装置の制御手順を示す図である。

【図7F】フレキシブルアーム装置の制御手順を示す図である。

【図7G】フレキシブルアーム装置の制御手順を示す図である。

【図8】フレキシブルアーム装置における首振り動作を示す図である。

【図9】フレキシブルアーム装置の制御手段のブロック図である。

【図10】フレキシブルアーム装置の動作制御を示すフローチャートである。

【図11】TS測量によるフレキシブルアーム装置の座標設定動作を示す図である。

【図12】TS測量によるフレキシブルアーム装置の座標設定動作を示す図である。

【図13】本発明の一実施形態を示すものであり、(a)～(c)は、実施の形態2に係

50

るフレキシブルアーム装置の構成及び動作を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

〔実施の形態1〕

以下、本発明の実施の形態1について、図面を参照して詳細に説明する。

【0021】

<フレキシブルアーム装置の構成>

図1～3は、本実施の形態1に係るフレキシブルアーム装置（以下、本アーム装置と称する）の概要を示す平面図、側面図、および斜視図である。本アーム装置は、土台部10、スライド部20、およびアーム部30から構成されている。

10

【0022】

土台部10は、端部板11とスライド軸12とからなる。具体的には、2枚の端部板11の間に複数のスライド軸12が平行に配置されて土台部10を構成している。複数のスライド軸12は、基本的には長さ及び太さが同じものであるが、その本数は特に限定されない。

【0023】

スライド部20は、スライド軸12に沿ってスライド移動可能である。図示は省略しているが、スライド部20の内部には、上記スライド移動のための駆動力を発生させる駆動部（モータ等）が内蔵されている。あるいは、スライド部20は、本アーム装置の外部に設置された駆動部により、ワイヤ等を介して駆動力を受ける構成であってもよい。また、スライド部20は、スライド軸12に沿ったスライド移動の間、その向きを変化させることなく平行移動する。

20

【0024】

アーム部30は、複数の関節モジュール31を直列に連結してなるフレキシブルアームである。各関節モジュール31は、図4に示すように、略直方体形状の本体部31Aと、回動部31Bと、駆動部31Cとを有している。各関節モジュール31は、直方体形状である本体部31Aの長手方向の端部同士が連結される。

【0025】

回動部31Bは、本体部31Aの長手方向の一方の端部に設けられており、該長手方向と直交する軸の周りに回動可能となっている。また、回動部31Bは、回動板31B1を有しており、この回動板31B1に関節モジュール31が連結される。すなわち、回動部31Bの回動変位によって連結された2つの関節モジュール31間の相対角度が変化させられる。尚、隣接する二つの関節モジュール31において、上記長手方向の軸が平行になっている状態の相対角度を0°とすれば、回動部31Bは±90°の範囲で回動変位が可能である。無論、上記回動変位の可能範囲は、±90°に限定されるものではなく、本発明において任意に設定可能である。

30

【0026】

駆動部31Cとしては、例えばステッピングモータ等の駆動部が備えられる。図1～3に示す関節モジュール31では、駆動部31Cは本体部31Aの側面から突出して配置されている。しかしながら、本体部31Aおよび駆動部31Cのサイズによっては、駆動部31Cは本体部31Aに内蔵されていても良い。また、駆動部31Cによる駆動力は、図示しないギア等を介して回動部31Bに伝えられる。これにより、回動部31Bには、駆動部31Cによって適切な回転トルク及び適切な回転速度が与えられる。

40

【0027】

本アーム装置では、8個の関節モジュール31が直列に接続されており、その一端の関節モジュール31がスライド部20に固定されている。無論、このように直列に接続される関節モジュール31の個数は、本発明において限定されるものではない。土台部10やスライド部20がアーム部30を支持できる範囲で任意の数の関節モジュール31を接続しても良い

このように直列に接続される各関節モジュール31では、スライド部20から遠い側の

50

端部に回動部 3 1 B が設けられる。すなわち、直列に接続された関節モジュール 3 1 を、スライド部 2 0 に近い側から 1, 2, ..., n, ... 番目とする場合、(n - 1) 番目の関節モジュール 3 1 の回動板 3 1 B 1 に、n 番目の関節モジュール 3 1 の本体部 3 1 A の端部が接続される。

【0028】

また、n 番目の関節モジュール 3 1 における回動部 3 1 B の回転軸を n 番目の回転軸とする場合、(n - 1) 番目の回転軸と n 番目の回転軸とは以下の関係を有する。

(1) (n - 1) 番目の回転軸と n 番目の回転軸とは、共に n 番目の関節モジュール 3 1 の長手軸に対して直交する。

(2) (n - 1) 番目の回転軸と n 番目の回転軸とは、互いに直交する。

10

【0029】

上記例では、各回動部 3 1 B は 1 軸稼動（回転軸が 1 軸）としたものを示しているが、これはアーム部 3 0 を小型化するために適した構成であって、一例に過ぎない。すなわち、機構的に大型化することが許容できるのであれば、各回動部 3 1 B は 2 軸稼動のものを用いることが望ましい。ここでの 2 軸稼動とは、各回動部 3 1 B の回転軸として、本体部 3 1 A の長手軸に対して直交すると共に、互いに直交する 2 軸を有するものを指す。また、アーム部 3 0 が狭い場所に入り込むためには、回動部 3 1 B 間の距離を短くすることが重要である。さらには、本アーム装置の生産コストを抑えるためには、モータやフレーム等の制作費を考慮して、各関節モジュール 3 1 を同一の仕様とすることが望ましい。

【0030】

20

アーム部 3 0 の先端（スライド部 2 0 から最も離れた側）の関節モジュール 3 1 では、その回動板 3 1 B 1 において、任意の器具を取り付けることができる。例えば、本アーム装置を橋梁の点検診断装置として用いる場合、先端の関節モジュール 3 1 にはカメラ等の点検器具を取り付けることが好適である。すなわち、本アーム装置によってカメラを橋梁内の狭窄部や輻輳箇所へ侵入させ、人が直接視認できない不可視部を撮影して点検することができる。

【0031】

<フレキシブルアーム装置の動作>

続いて、本アーム装置の動作について説明する。以下の説明では、本アーム装置を点検診断装置に適用し、橋梁点検の際にカメラ等の点検器具を不可視部に近接させる為のアプローチツールとして用いる場合の動作を例示する。また、本発明に係る点検診断装置は、橋桁と橋脚との間の支承部分の点検を好適に実施することができる。尚、本アーム装置を橋梁の点検診断装置に適用する場合、本アーム装置の土台部 1 0 が高所作業車等に取り付けられる。

30

【0032】

本アーム装置は、スライド部 2 0 のスライド軸 1 2 に沿ったスライド移動と、各関節モジュール 3 1 における回動部 3 1 B の回転移動とを連動させることにより、アーム部 3 0 の先端に取り付けられたカメラを支承内の不可視部に近接させる。

【0033】

本アーム装置の動作においては、アーム部 3 0 をスライド部 2 0 のスライド移動によって前進移動させ、このとき、回動部 3 1 B の回転移動を適切に制御することによって先頭の関節モジュール 3 1 の移動軌跡をそれ以降の関節モジュール 3 1 に追従させる。この動作を図にて示すと、図 5 (a) ~ (d) のようになる。

40

【0034】

図 5 (a) は、アーム部 3 0 が点検対象の支承内に入り込む寸前の初期状態を示す図である。この初期状態は、高所作業車等によって本アーム装置を支承近くまで持ち上げることで実現できる。また、初期状態では、スライド部 2 0 は最も後端側に位置している。

【0035】

この初期状態から、アーム部 3 0 をスライド部 2 0 のスライド移動によって前進移動させる。また、このスライド移動に伴って、アーム部 3 0 における先頭の関節モジュール 3

50

1を所定の軌跡に沿って支承内に進入させる。このときの関節モジュール31の移動経路は、オペレータの操作によって与えられる。例えば、地上にいるオペレータは、アーム部30の先端に取り付けられたカメラ40からリアルタイム伝送される画像を見ながら、タブレット機器等の画面操作により関節モジュール31の移動経路を指示する。さらに、オペレータは、アーム部30の前進移動のみならず、先頭モジュールの首振り動作をも操作することができる。図5(a)~(d)では、オペレータによって指示された移動経路は、破線にて示されている。

【0036】

尚、オペレータによる操作方法は、上記のようにタブレット機器を用いた方法に限定されるものではなく、任意の操作方法を用いることができる。但し、オペレータは、先頭モジュールの移動経路のみを指示するだけで良く、後続モジュールの移動経路は考慮する必要が無い。このため、オペレータには特別な技能は必要とされず、容易に操作ができる。

10

【0037】

上述の動作方法を、図1~3に示すアーム装置(各回動部31Bが1軸稼動のもの)に適用した場合、図5(a)~(d)に示すように、先頭から数えて3番目以降の後続モジュールの位置は、2つ前の先行モジュールの2ストローク前の位置と完全に一致させることができる。尚、ここでの1ストロークとは、関節モジュール31を1つ分進めた場合を意味する。さらに、この2ストローク分の移動の間も、各関節モジュール31は、オペレータによって指示された移動経路から大きくずれることは無い。

20

【0038】

また、上述の動作方法を、各回動部31Bが2軸稼動のアーム装置に適用した場合には、先頭から数えて2番目以降の後続モジュールの位置を、1つ前の先行モジュールの1ストローク前の位置と一致させることができる(図6(a)~(c)参照)。

【0039】

<フレキシブルアーム装置の制御>

続いて、本アーム装置を上述のように動作させるための制御方法について説明する。以下の説明では、操作は地上(または高所作業車上部)にいるオペレータが、タブレット機器に表示される画像を見ながら行うものとする。例えば、タブレット機器に表示される画像において、進みたい方向をタッチすることでアーム部30の前進動作を行わせることができる。また、タブレット機器に内蔵されているジャイロに同期させて、カメラが取り付けられた先頭の関節モジュールを首振り動作させることができる。

30

【0040】

また、制御プログラムを実行するためのCPU(Central Processing Unit)や、該制御プログラム及び各種の制御用データを格納するためのメモリは、本アーム装置自身が備えていても良いが、制御デバイス(例えば、操作用のタブレット機器)が備えていても良い。

【0041】

図7~図8を用いて、より具体的に説明すると以下の通りである。尚、図7~図8および後述する図9,10で示される本アーム装置は、アーム部30における各回動部31Bが2軸稼動のものである。

40

【0042】

図7Aに示すように、本アーム装置は高所作業車などに固定された状態で、点検対象の近傍まで移動させられる。その後、TS(Total Station)による測量を行い、支承付近のローカル座標を得る。得られた座標はメモリに格納され、その後の動作制御において用いられる。

【0043】

また、本制御では、1ストロークの動作毎に3Dレーザスキャナ(空間情報取得部:図示せず)によって先端部全周囲(360°)の空間情報が取得される。このため、本アーム装置では、アーム部30の先端に、カメラのみならず、先端部全周囲の空間情報を取得するための3Dレーザスキャナが備えられている。この空間情報に基づき、周囲の構造物

50

との距離が予め設定しておいたクリアランス以下となる動作を制限する。すなわち、オペレータによって指示された動作であっても、アーム部 30 が周囲の構造物と衝突する虞があるような動作は禁止される。したがって、特別な技能を持たないオペレータが操作する場合であっても、容易な調査作業が可能となり、また調査施設の損傷及びフレキシブルアームの破損を防止できる。

【0044】

本アーム装置が高所作業車などに固定された状態で移動される際、アーム部 30 は展開した状態（関節モジュール 31 が直線状に配列された状態）とせず、一部を折り曲げた状態としておくことが望ましい。これは、アーム部 30 がスライド部 20 に対して片持ち支持された状態であるため、アーム部 30 を展開した状態で移動させると、慣性力によってアーム部 30 の根元に掛かるトルクが過大となり、破損が生じることも考えられるためである。これに対し、アーム部 30 を折り曲げた状態で移動させれば、アーム部 30 の根元に掛かるトルクを軽減でき、上記破損を回避できる。

10

【0045】

本アーム装置が高所作業車などによって所定の位置まで移動させられると、続いて図 7 B に示すように、アーム部 30 を展開させる。これにより、点検のための動作開始が可能な初期状態となる。

【0046】

オペレータが本アーム装置の操作を行うにあたっては、操作デバイスであるタブレット機器上に表示される先端部の画像を見ながら、前進/後退の動作を行う。また、タブレット機器に内蔵されるジャイロに同期し、先頭の関節モジュール 31 を首振り動作させることが可能である。この操作では、画面をタッチすることで、図 7 C に示すように、現在向いている方向にあらかじめ設定されているストローク分前進させることができる。すなわち、先頭モジュールの首振り動作によって進めたい方向を決定し、方向決定後に前進させることによって、移動経路を入力することができる。

20

【0047】

前進動作を行った後は、図 7 D に示すように、すぐに 3 D レーザースキャニングが始まる。3 D レーザースキャナによる空間情報を元に、現在の位置から動作できる範囲が求められる。これにより、次の動作において、アーム部 30 が周囲の構造物等に衝突する場所への移動や首振り動作は禁止される。

30

【0048】

上記の前進動作および 3 D レーザースキャニング動作を繰り返すことで、目的の点検箇所まで先端部のカメラを移動させることができる（図 7 E、図 7 F 参照）。

【0049】

目的の点検箇所では、首振り動作にてカメラによる点検を行う（図 7 G、図 8 参照）。カメラにて撮影された画像データには、各関節の角度と距離から計算される座標値や姿勢情報を記録する。調査後は、これまでの経路を自動後退し、引き抜く動作が完了する。

【0050】

上記一連の制御においては、3 D レーザースキャナの位置は各関節の旋回角度と関節間の設計距離により座標化することができるので、各 3 D レーザースキャニング動作にて得られる全ての空間情報を結合することが可能である。

40

【0051】

さらに、本アーム装置の制御の具体例について、図 9 のブロック図および図 10 のフローチャートを参照して説明する。尚、以下の説明は、各回動部 31 B が 1 軸稼動のアーム装置における制御例を示すものであるが、各回動部 31 B が 2 軸稼動のアーム装置においても基本的には同様の制御が可能である。

【0052】

図 9 に示すように、本アーム装置は、移動制御を行うための機能部として、操作入力部 61、制御部 62、記憶部 63 を有している。操作入力部 61 としては、上述したように、操作デバイスとしてのタブレット機器等が使用される。また、制御部 62 は、判定部 6

50

2 Aと演算部6 2 Bとを有している。

【0053】

以下の説明では、アーム部30が備える関節モジュール31の数を n 個とし、スライド部20に近い側から1, 2, ..., n 番目とする。また、 i 番目の関節モジュール31が有する回動部31Bを i 番目の回動部31Bとする。 i 番目の回動部31Bの変位量は i で表されるものとし、 i は $\pm 90^\circ$ の範囲で変位可能とする。最初に、各回動部31Bの変位量の初期設定が行われる(S1)。ここで、動作開始時の初期状態を図1に示す状態とすれば、各回動部31Bの回動量が 0° に設定される。初期設定された各回動部31Bの回動量は、記憶部63に記憶される。

【0054】

操作入力部61から操作入力となされると、判定部62Aによって、該入力が移動操作であるのか、首振り操作であるのかが判定される(S2)。この判定結果は、演算部62Bに送られ、演算部62Bはこの判定結果に応じた演算処理を行う。

【0055】

操作入力部61からの入力が移動操作であった場合、演算部62Bは、オペレータから入力される先頭ブロックの移動経路に基づいて、現在の位置から2ストローク分移動後の $(n-1)'$ および $(n-2)'$ を演算する(S3)。本具体例では、各回動部31Bが1軸稼動のものを想定しているため、2ストローク分の移動を移動制御の一単位としている。このため、S3のステップでは、先頭の関節モジュール31と先頭から2番目の関節モジュール31とが、オペレータから入力された移動経路に沿う場合の、先頭から2番目と3番目との回動部31Bの変位量を演算する。尚、先頭の回動部の変位量 i は、首振り操作時にカメラの首振り量を与えるものであるため、移動操作の場合には必要とされない。また、各回動部31Bが2軸稼動のアーム装置においては、1ストローク分の移動を移動制御の一単位とすることができるため、先頭から2番目の変位量を演算するのみでよい。

【0056】

次に、S4では、記憶部に格納されている $(n-1)$ および $(n-2)$ を、S3にて演算された $(n-1)'$ および $(n-2)'$ に置き換える。さらに、 i ($i=1, \sim, n-3$)を $(i+2)$ ($i=1, \sim, n-3$)に置き換える。こうして再設定された i ($i=1, \sim, n-1$)は、記憶部63に記憶される。

【0057】

その後、S4にて再設定された i ($i=1, \sim, n-1$)によって、各モジュールの回動制御を行う(S5)。すなわち、 $1 \sim (n-1)$ 番目の回動部31Bの回動量が、 $1 \sim (n-1)$ となるように制御する。また、S5の回動制御を行うときには、同時に、スライド部20を2ストローク分前進移動させるスライド制御を行う(S6)。

【0058】

これにより、上記移動操作では、先頭から2つ分の関節モジュール31をオペレータから入力された移動経路に沿って移動させると共に、先頭から3番目以降の後続モジュールの位置を2つ前の先行モジュールの2ストローク前の位置と完全に一致させることができる。

【0059】

S2において、操作入力部61からの入力が首振り操作であった場合、演算部62Bは、オペレータから入力に基づいて、カメラの首振り量、すなわち先頭の回動部31Bの回動量 n を演算する(S7)。そして、演算された n に基づいて、カメラの首振り制御を行う(S8)。

【0060】

S5およびS6、またはS8の処理が終わった後は、再びS2へ移行し、S2~S8のステップを繰り返すことで、本アーム装置の制御が行える。

【0061】

<複数の支承を連続して点検する時の制御>

10

20

30

40

50

実際に橋梁の点検を行う際には、複数の支承を連続して点検して行うことが必要となる。このとき、最初の支承を点検したときに得られた座標データを記憶しておけば、二本目以降の点検では、この座標データを元に半自動の操作で同じ箇所の撮影をすることが可能となる。これにより、点検作業の効率を大幅に向上させることができる。この方法について以下に説明する。

【0062】

狭窄部や輻輳箇所において撮影を行った時の座標や姿勢の情報は、撮影された画像データに埋め込まれる。さらに、先頭の関節モジュール31の座標データを所定のストローク毎に記憶しておけば、先頭の関節モジュール31の移動経路を座標データとして記憶することができる。また、同一の橋梁内において存在する全ての支承の内部構造は、ほぼ同じである。

10

【0063】

このため、最初の支承の点検時に得られた座標データを記憶しておけば、各支承で共通となるローカル座標内で、上記記憶された座標データに基づいてアーム部30を他の支承内においても最初の支承の点検時と同じ移動経路で半自動での撮影動作を行わせることができる。

【0064】

上述のような半自動での撮影動作を行うためには、各支承の点検動作時には、最初にローカル座標の設定動作が必要となる。この設定動作を行うためには、基準となる既知点を、点検を行う支承が存在する橋脚の所定の（少なくとも）2箇所にリフレクターシール（測量用の反射状のシール）を用いて設置する。各支承の点検時には、この2つの既知点をTSを用いて測量することで、ローカル座標を定義することができる。

20

【0065】

さらに、本アーム装置の土台部10には基準点となる測量用のプリズムが設置されている。根元に近いほうのプリズムをP1、先端部寄りのプリズムをP2とし、毎回の点検前にTSを用いてP1、P2を測量すれば、常に同じ座標系で制御することが可能となる。

【0066】

図11は、TSを用いてプリズムP1、P2を測量しているイメージ図である。さらに、図11には、橋脚に設置された既知点（リフレクターシール）50を示す。

【0067】

通常、本アーム装置は、支承を点検する毎に上記ローカル座標内での設置位置が異なる。このため、点検前にP1、P2を測量し制御プログラムに入力することで、初回の点検時に先端部が取ったルート（線形）をトレースするように動作させることが可能となる。図12は2回目以降の点検時のアーム部30の移動経路のイメージであり、図11と同様の経路を進んでいる様子を表している。

30

【0068】

また、狭隘部の内部において撮影を行った位置や姿勢情報も同座標系に基づいて記憶されているので、自動的に同撮影位置の同じ姿勢の写真を撮影することが可能となる。

【0069】

さらに、上記のような半自動での撮影動作を行う場合であっても、所定ストローク毎に3Dレーザースキャニングによる空間情報を得ることが好ましい。これにより、万一、付帯設備が増えるなど状況が変わっている時でも、衝突回避することができる。こうした座標系の概念、制御アルゴリズムにより、特別な技能を持たない作業員であっても点検作業を容易に且つ間違えずに行うことができるようになる。

40

【0070】

さらに、これまで足場の設置や橋梁点検車を利用しなければならなかった箇所について、自動飛行が可能な電動無人自動ヘリコプター（以後UAV）により近接画像を撮影し、スクリーニング後に対象を絞り込んだ点検を実施すれば、予算・時間とも大幅に効率化できる。また運用ルール及び計測までの操作をマニュアル化することで汎用性を持たせることができる。

50

【 0 0 7 1 】

〔 実施の形態 2 〕

上記実施の形態 1 に係る本アーム装置は、アーム部 3 0 を前進移動させるために、土台部 1 0 およびスライド部 2 0 を備えた構成となっている。これに対し、実施の形態 2 に係る本アーム装置は、アーム部 3 0 の動きのみでアーム部の前進移動をも行わせる構成である。以下、本発明の実施の形態 2 について、図面を参照して詳細に説明する。

【 0 0 7 2 】

＜フレキシブルアーム装置の構成＞

図 1 3 (a) ~ (c) は、本実施の形態 2 に係るフレキシブルアーム装置（以下、本アーム装置と称する）構成及び動作を説明する概略図である。図 1 3 (a) ~ (c) において、左側の図は本アーム装置を上方から見た図であり、右側の図は本アーム装置を側方から見た図である。本アーム装置は、図 1 ~ 3 に示す土台部 1 0 およびスライド部 2 0 を省略しており、アーム部 3 0 のみから構成されている。但し、ここでは、各回動部 3 1 B は 2 軸稼動のものを例示する。

10

【 0 0 7 3 】

本アーム装置を橋梁の点検診断装置に適用する場合、最も根元側（先端のカメラ 4 0 から離れた側）の関節モジュール 3 1 が土台となる高所作業車等に直接取り付けられる。図 1 3 (a) は、本アーム装置の初期状態での姿勢を示すものであり、アーム部 3 0 は、その全体がコの字型に折れた姿勢をとっている。この姿勢により、先頭の関節モジュール 3 1 は、土台に最も近づいた状態で保持される。

20

【 0 0 7 4 】

本アーム装置を動作させるに当たって、オペレータの操作入力方法は、実施の形態 1 と基本的に同じである。すなわち、オペレータは、先頭の関節モジュール 3 1 の移動経路を指示するのみでよい。そして、先頭の関節モジュール 3 1 を前進させるためには、初期状態でアーム部 3 0 のコの字型の部分の長さが短くなるように変位させる。すなわち、アーム部 3 0 のコの字型の部分の長さが短くなる分、先頭の関節モジュール 3 1 を前進移動させることが可能となる。尚、前進移動するアーム部 3 0 の制御方法は、実施の形態 1 と基本的に同じである。

【 0 0 7 5 】

このように、本実施の形態 2 に係るフレキシブルアーム装置では、図 1 ~ 3 に示す土台部 1 0 およびスライド部 2 0 が無くても、先頭の関節モジュール 3 1 を前進移動させることが可能となる。これにより、本実施の形態 1 に係るフレキシブルアーム装置に比べ、土台部 1 0 およびスライド部 2 0 を省略できる分、装置を軽量化できる。

30

【 0 0 7 6 】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせ得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 7 7 】

本発明は、高速道路等の橋梁の底面や狭隘部を調査・点検する為の点検診断装置に利用することができる。

40

【 符号の説明 】

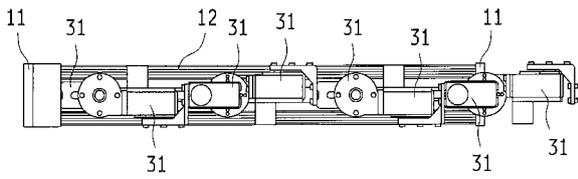
【 0 0 7 8 】

- 1 0 土台部（移動部）
- 2 0 スライド部（移動部）
- 3 0 アーム部
- 3 1 関節モジュール
- 3 1 A 本体部
- 3 1 B 回動部
- 3 1 C 駆動部

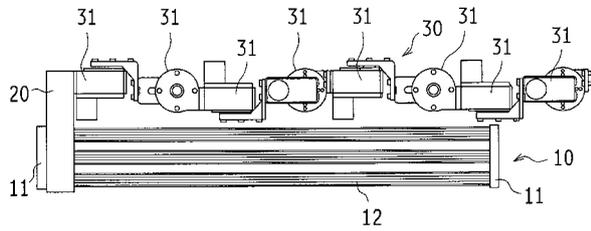
50

- 4 0 カメラ
- 5 0 リフレクタシール
- 6 1 操作入力部
- 6 2 制御部
- 6 2 A 判定部
- 6 2 B 演算部
- 6 3 記憶部
- 6 4 出力部

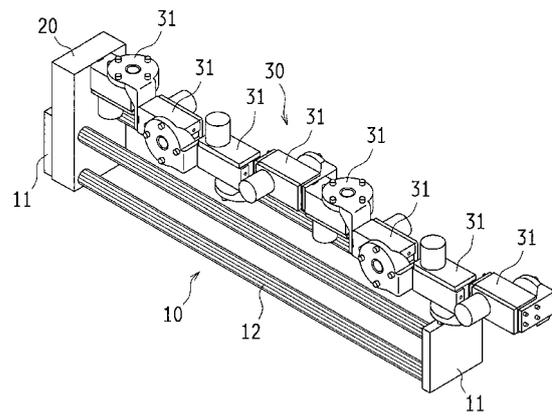
【 図 1 】



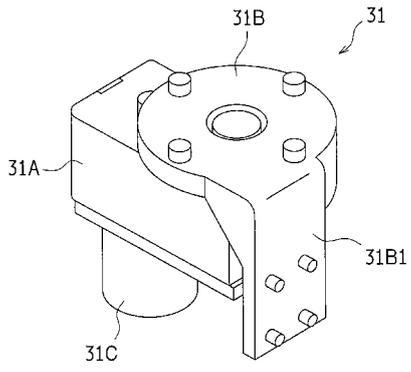
【 図 2 】



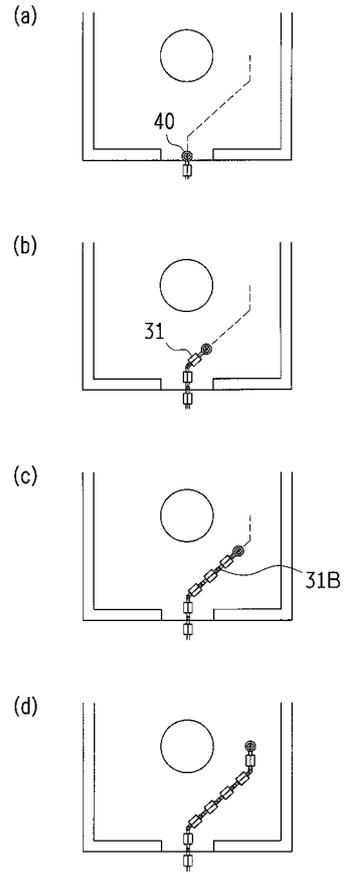
【 図 3 】



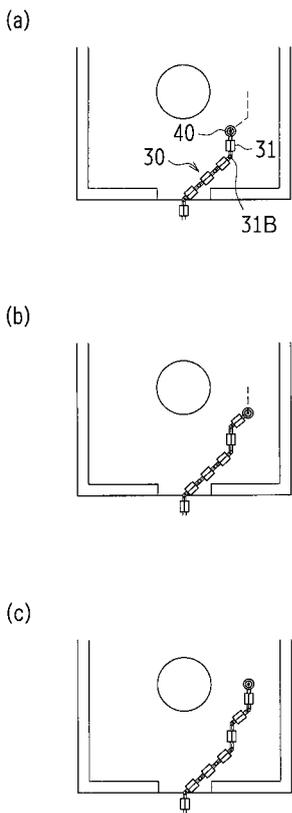
【 図 4 】



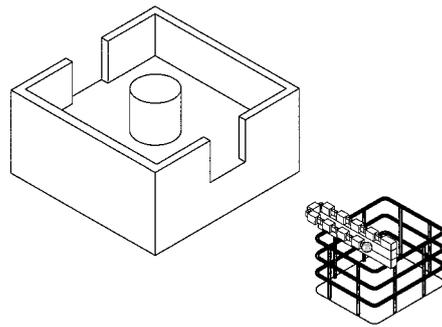
【 図 5 】



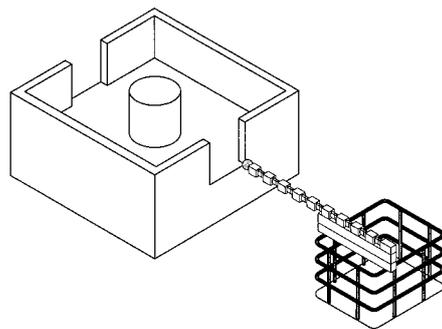
【 図 6 】



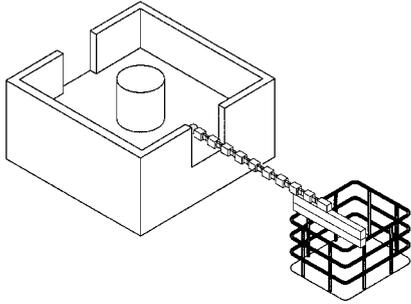
【 図 7 A 】



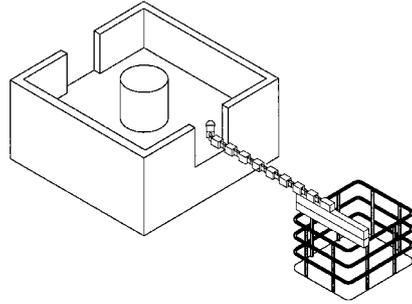
【 図 7 B 】



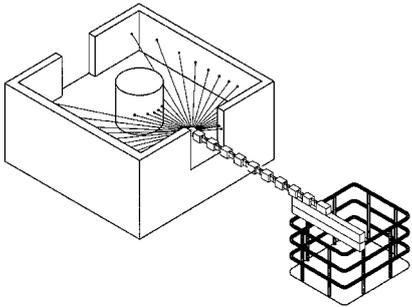
【図 7 C】



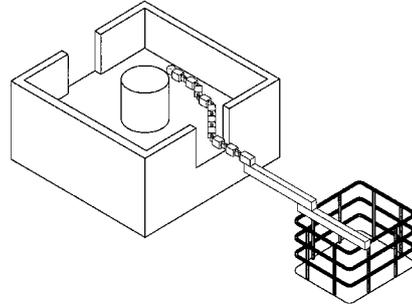
【図 7 E】



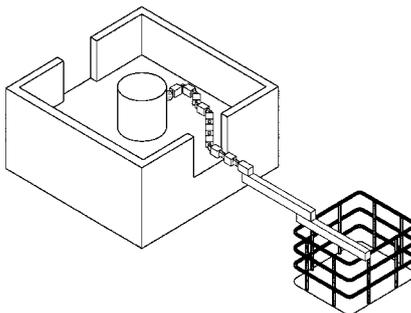
【図 7 D】



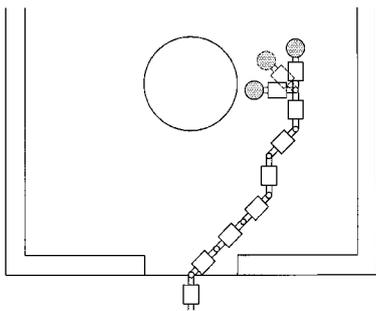
【図 7 F】



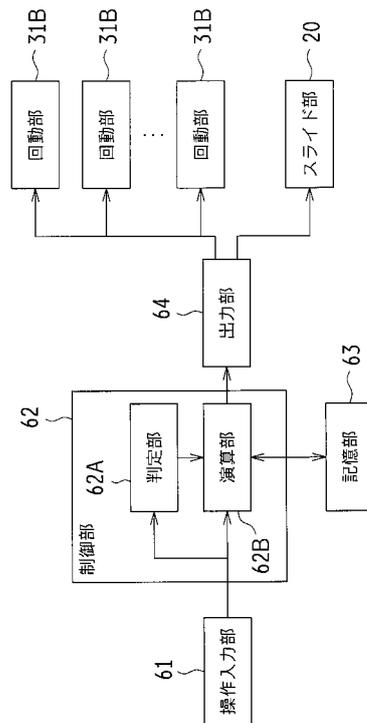
【図 7 G】



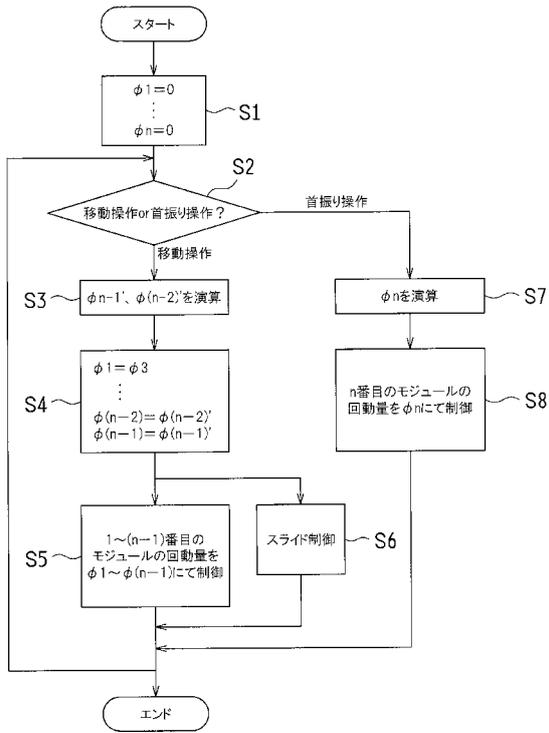
【図 8】



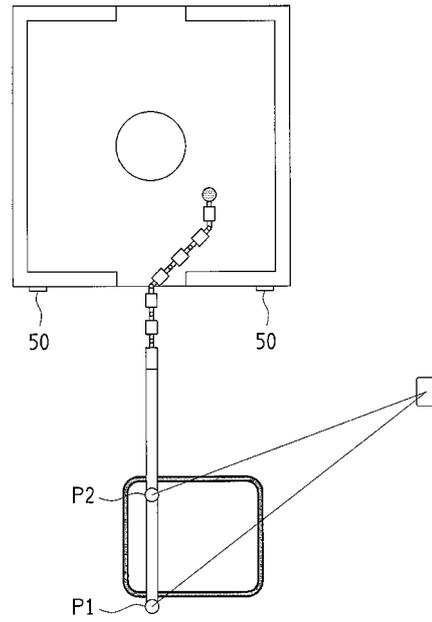
【図 9】



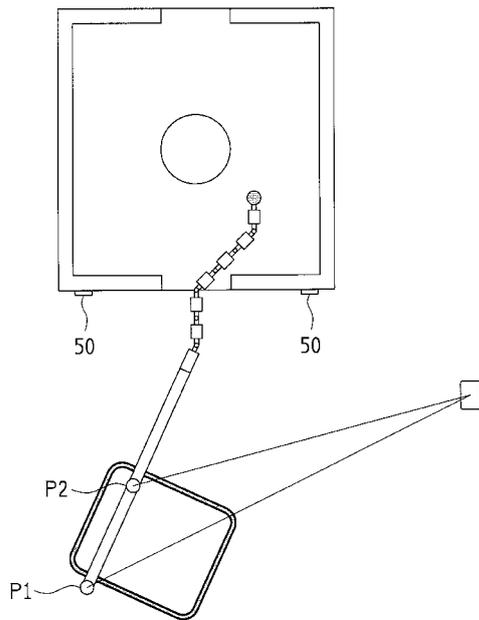
【図10】



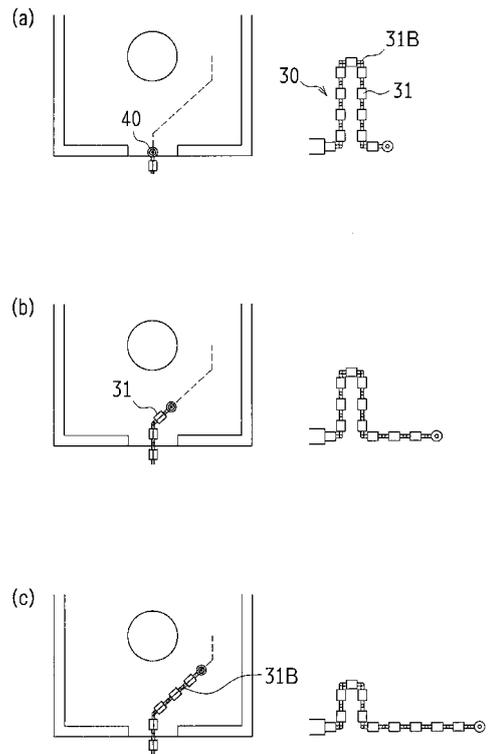
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 富井 隆春
大阪府大阪市中央区島之内1丁目19番地21号 大和長堀ビル5階 株式会社amuse on
e self内

(72)発明者 茂木 正晴
茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所内

(72)発明者 西山 章彦
茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所内

(72)発明者 藤野 健一
茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所内

(72)発明者 沢田 和秀
岐阜県岐阜市柳戸1番1 国立大学法人岐阜大学内

(72)発明者 坪井 利幸
長野県松本市島内3481番地1 株式会社アンドー内

(72)発明者 平林 康成
長野県松本市島内3481番地1 株式会社アンドー内

Fターム(参考) 2D059 AA31 EE00 GG39
3C707 AS14 AS21 BS19 CT02 CT07 CU09 JU12 KS12 KS21 KS36
KT01 KT18 LT01 LT07 LV15 MS10