

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4799088号
(P4799088)

(45) 発行日 平成23年10月19日(2011.10.19)

(24) 登録日 平成23年8月12日(2011.8.12)

(51) Int.Cl.	F I
G O 1 B 11/00 (2006.01)	G O 1 B 11/00 H
G O 1 B 11/26 (2006.01)	G O 1 B 11/26 H
G 2 1 C 17/003 (2006.01)	G 2 1 C 17/00 E

請求項の数 6 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2005-258301 (P2005-258301)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成17年9月6日(2005.9.6)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2007-71660 (P2007-71660A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成19年3月22日(2007.3.22)	(74) 代理人	100075812
審査請求日	平成19年12月10日(2007.12.10)		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
		(74) 代理人	100117787
			弁理士 勝沼 宏仁
		(72) 発明者	湯 口 康 弘
			神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
			式会社東芝 横浜事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 遠隔検査における作業位置計測方法およびその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面の概略形状が既知である作業対象面に対して遠隔操作により検査、補修等の保守作業を施す作業位置を計測する方法であって、

前記作業対象面との相対距離と相対角度を一定に保持することが可能であり表面に位置計測用の参照点を複数有し、前記作業対象面に平行な2軸の姿勢角が既知である移動体を前記作業対象面に接触させ、

カメラと照明を有する監視装置を前記作業対象面との相対位置が既知である任意の基準点に設置し、

前記位置計測用の移動体と監視装置を複数の相対角度及び相対距離に設定し、作業環境と同様の光学的環境下で、前記移動体を撮影した映像データをあらかじめ集積し、

前記映像データに基づいて、前記設定した相対角度毎に、前記設定した相対距離と映像上での前記参照点2点間の寸法距離を一対一に相関させる相関データをあらかじめ求めておき、

前記移動体と監視装置との相対角度を測定し、

前記監視装置のカメラにより移動体を撮影し、その映像上の前記参照点間の寸法距離と、測定した相対角度に一致する前記相関データとを照合することにより、前記監視装置と該移動体の間の相対距離を算出し、

前記監視装置と前記移動体の前記算出した相対距離、前記測定した相対角度に基づいて、位置計測用の該移動体の作業位置を算出することを特徴とする作業位置計測方法。

10

20

【請求項 2】

前記作業対象が原子炉压力容器の内面であることを特徴とする請求項 1 に記載の作業位置計測方法。

【請求項 3】

前記移動体に補助カメラと照明を設置し、この補助カメラと作業対象面の相対距離と相対角度を取得し、

予め計測される補助カメラと対象面の前記相対距離と相対角度に応じた対象面を想定し、寸法あるいは座標のマークなどのスケール表示を施した模擬対象面のスケール映像データを予め作成しておき、

前記スケール映像データと前記補助カメラにより撮影した実際の対象面の映像を重ね合わせることによって、作業対象面上の特徴点の形状寸法を測定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の作業位置計測方法。

10

【請求項 4】

前記移動体に補助カメラを設置し、前記補助カメラにより撮影した前記作業対象面上にある寸法が既知の構造物あるいは模様等の目印の映像上の寸法と実際の寸法とを用いた比例計算を行い、その比例計算結果に基づいて前記映像上にスケール表示を行なうことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の作業位置計測方法。

【請求項 5】

前記作業対象面に溶接ビード、グラインダ加工痕、ひび、クラッドの剥離痕など、特徴点がある場合には、位置計測対象である前記移動体を移動させ、少なくとも前記補助カメラによる撮像範囲が重複する 2 つの映像を並べることによって、寸法計測範囲を拡大することを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の作業位置計測方法。

20

【請求項 6】

表面の概略形状が既知である作業対象面に対して遠隔操作により検査、補修等の保守作業を施す作業位置を計測する装置であって、

表面に位置計測用の参照点を複数有し遠隔操作により移動自在であり前記作業対象面に平行な直交 2 軸の姿勢角が既知である移動体と、前記作業対象面と前記移動体との相対距離と相対角度を一定に保つ手段と、作業対象面に所定の作業を施すための作業効果器と、を有する作業装置と、

カメラと照明を有し、任意の基準点に設置される監視装置と、

30

前記位置計測用の移動体と監視装置を複数の相対角度及び相対距離に設定し、作業環境と同様の光学的環境下で、前記移動体を撮影した映像データをあらかじめ集積した映像データ記憶手段と、

前記映像データに基づいて、前記設定した相対角度毎または前記設定した相対距離毎に、前記設定した相対距離または前記設定した相対角度と映像上での前記参照点 2 点間の距離寸法を一対一に相関させる相関データを求め、これらの相関データをあらかじめ集積した相関データ記憶手段と、

前記移動体と監視装置の相対角度または相対距離を測定し、前記監視装置のカメラにより撮影した移動体の映像上の前記参照点 2 点間の距離寸法と、前記測定した相対角度または前記測定した相対距離に対応する前記相関データとを照合することにより、前記監視装置と該移動体の間の相対距離または相対角度を求める照合手段と、

40

前記測定した相対距離または相対角度と前記求められた相対距離または相対角度に基づいて、位置計測用の移動体の位置を算出する位置演算手段と、
を具備することを特徴とする作業位置計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、遠隔検査における作業位置計測方法およびその装置に関し、特に、原子炉内など作業員の接近が困難な場所で、検査あるいは作業対象の参照点の位置や長さなどの寸法を把握できるようにする作業位置計測方法およびその装置に関する。

50

【背景技術】**【0002】**

一般に、構造物や機械設備で検査位置、作業位置を把握するためには、作業員が検査場所に接近し、スケールを用いて測定する方法が取られている。ところが、原子炉の圧力容器内などを検査、補修する場合には、作業員は接近できないために、計測技術を応用して間接的に位置を計測しなければならない。

【0003】

従来、例えば、原子炉のシュラウド内面のひびの位置とその大きさを計測する場合、水中にカメラと照明を投下するとともに、別にスケールとなる基準構造物を利用し、計測対象をスケールといっしょにカメラで撮影し、その映像からひびの位置と大きさなどをスケールと対比して読み取る方法が行われていた。

10

【0004】

近年、原子炉に関しては、新たな維持基準が設けられ、より精度の高い炉内点検の必要性が高まっている。この点、従来のカメラによる計測では、画面上に表示される映像からは、検査員にはどの箇所を点検しているのかわからなくなる点に大きな問題があった。

【0005】

そこで、計測精度と効率の向上を図るため、ロボットアームのように複数の駆動軸を設け、これらの各駆動軸の位置を計算することにより、位置および形状寸法を計測する方法がある（特許文献1）。また、複数のカメラにより同一のターゲットをステレオ視することで相対距離を計測する手法（特許文献2）が考案されている。

20

【0006】

以下、図19を参照して、特許文献2による位置及び寸法計測方法の従来例について説明する。

【0007】

図19は、ステレオ視による位置及び寸法計測方法に用いる計測装置を示す。この計測装置では、ロボットの多関節のアーム1の先端に、計測対象に照明する2台の光源2と、2台の水中カメラ3が取り付けられている。

【0008】

このように構成された計測装置においては、原子炉内の基準構造物からのアーム1の各軸の変位量から先端部の水中カメラ3の位置を計算し、2台の水中カメラ3のステレオ視により三次元立体寸法を把握するものである。

30

【特許文献1】特願2004-123273号明細書

【特許文献2】（（社）日本原子力学会「2001年秋の大会」H48水中目視検査用カメラのステレオ視3次元位置標定技術の開発）

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0009】**

しかしながら、上述の従来の位置及び寸法計測方法においては、特に原子炉内の狭隘部への適用を考慮すると、対象面への接近が必要であるため、必要に応じて冗長なアームを適用する必要性が有り、この場合準備が大規模になり時間がかかる、アームを使用するためアクセス範囲が限定されることが課題であった。

40

【0010】

本発明はかかる従来の課題を解決するためになされたものであり、カメラ映像に基づいて簡便に寸法計測を実施できる作業位置計測方法およびその装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0011】**

上記目的を達成するため、本発明の請求項1に係る発明は、表面の概略形状が既知である作業対象面に対して遠隔操作により検査、補修等の保守作業を施す作業位置を計測する方法であって、前記作業対象面との相対距離と相対角度を一定に保持することが可能であ

50

り表面に位置計測用の参照点を複数有し、前記作業対象面に平行な2軸の姿勢角が既知である移動体を前記作業対象面に接触させ、カメラと照明を有する監視装置を前記作業対象面との相対位置が既知である任意の基準点に設置し、前記位置計測用の移動体と監視装置を複数の相対角度及び相対距離に設定し、作業環境と同様の光学的環境下で、前記移動体を撮影した映像データをあらかじめ集積し、前記映像データに基づいて、前記設定した相対角度毎に、前記設定した相対距離と映像上で前記参照点2点間の寸法距離を一对一に相関させる相関データをあらかじめ求めておき、前記移動体と監視装置との相対角度を測定し、前記監視装置のカメラにより移動体を撮影し、その映像上の前記参照点間の寸法距離と、測定した相対角度に一致する前記相関データとを照合することにより、前記監視装置と該移動体の間の相対距離を算出し、前記監視装置と前記移動体の前記算出した相対距離、前記測定した相対角度に基づいて、位置計測用の該移動体の作業位置を算出することを特徴とするものである。

10

【0012】

また、本発明の請求項2に係る発明は、請求項1の発明において、前記作業対象が原子炉圧力容器の内面であることを特徴とするものである。

【0013】

また、本発明の請求項3に係る発明は、請求項1または2の発明において、前記移動体に補助カメラと照明を設置し、この補助カメラと作業対象面の相対距離と相対角度を取得し、予め計測される補助カメラと対象面の前記相対距離と相対角度に応じた対象面を想定し、寸法あるいは座標のマークなどのスケール表示を施した模擬対象面のスケール映像データを予め作成しておき、前記スケール映像データと前記補助カメラにより撮影した実際の対象面の映像を重ね合わせることによって、作業対象面上の特徴点の形状寸法を測定することを特徴とするものである。

20

【0014】

本発明の請求項4に係る発明は、請求項1または2の発明において、前記移動体に補助カメラを設置し、前記補助カメラにより撮影した前記作業対象面上にある寸法が既知の構造物あるいは模様等の目印の映像上の寸法と実際の寸法とを用いた比例計算を行い、その比例計算結果に基づいて前記映像上にスケール表示を行なうことを特徴とするものである。

【0016】

上記請求項3または4の発明では、前記作業対象面に溶接ビード、グラインダ加工痕、ひび、クラッドの剥離痕など、特徴点がある場合には、位置計測対象である前記移動体を移動させ、少なくとも前記補助カメラによる撮像範囲が重複する2つの映像を並べることによって、寸法計測範囲を拡大するようにしてもよい。

30

【0017】

本発明の請求項6に係る発明は、表面の概略形状が既知である作業対象面に対して遠隔操作により検査、補修等の保守作業を施す作業位置を計測する装置であって、表面に位置計測用の参照点を複数有し遠隔操作により移動自在であり前記作業対象面に平行な直交2軸の姿勢角が既知である移動体と、前記作業対象面と前記移動体との相対距離と相対角度を一定に保つ手段と、作業対象面に所定の作業を施すための作業効果器と、を有する作業装置と、カメラと照明を有し、任意の基準点に設置される監視装置と、前記位置計測用の移動体と監視装置を複数の相対角度及び相対距離に設定し、作業環境と同様の光学的環境下で、前記移動体を撮影した映像データをあらかじめ集積した映像データ記憶手段と、前記映像データに基づいて、前記設定した相対角度毎または前記設定した相対距離毎に、前記設定した相対距離または前記設定した相対角度と映像上で前記参照点2点間の距離寸法を一对一に相関させる相関データを求め、これらの相関データをあらかじめ集積した相関データ記憶手段と、前記移動体と監視装置の相対角度または相対距離を測定し、前記監視装置のカメラにより撮影した移動体の映像上の前記参照点2点間の距離寸法と、前記測定した相対角度または前記測定した相対距離に対応する前記相関データとを照合することにより、前記監視装置と該移動体の間の相対距離または相対角度を求める照合手段と、前記測定した相対距離または相対角度と前記求められた相対距離または相対角度に基づいて

40

50

、位置計測用の移動体の位置を算出する位置演算手段と、を具備することを特徴とするものである。

【 0 0 1 8 】

本発明の請求項 8 に係る発明は、表面の概略形状が未知である作業対象面に対して遠隔検査作業を施す作業位置を計測する装置であって、前記作業対象面との相対距離と相対角度を一定に保つ手段と、作業対象面に沿って移動するための移動手段と、作業対象面上の目視検査を実施するためのカメラおよび照明と、位置計測用の被撮影体と、を有する計測作業装置と、前記計測作業装置のカメラと作業対象面とが任意の相対角度または相対距離において作業対象部位と同様の光学的環境下で、前記作業対象面を撮影した映像データをあらかじめ集積した映像データ記憶手段と、撮影した前記作業対象面の映像と、前記映像データとを照合することにより相対距離および相対角度を求める照合手段と、この相対距離および相対角度に基づいて映像内における寸法の基準スケールとなる定尺格子を作成するとともに該映像に重ね合わせ、移動体を自走させながら、前記作業対象面の映像に映っている特徴点の形状の寸法および位置を算出する演算手段と、を具備することを特徴とするものである。

10

【発明の効果】

【 0 0 1 9 】

請求項 1 に記載した発明によれば、カメラと照明を備えた監視装置を作業対象面との相対位置が既知である基準位置に対して据え付け、前記カメラによって、位置計測用の移動体の外観を撮影した映像と、映像上の寸法距離と相対距離についてあらかじめ用意した相関データに基づいて移動体と監視装置との相対距離または相対角度を求められるので、複雑な三次元計算を行わなくても、簡便に作業位置を計測することができる。

20

【 0 0 2 0 】

請求項 2 に記載した発明によれば、カメラと照明を備えた監視装置を座標原点に対して据え付け、前記カメラによって撮影した移動体の外観映像と、映像上の寸法距離と相対距離についてあらかじめ用意した相関データに基づいて、位置計測対象の装置と監視装置の相対距離および相対角度を求めることができるので、監視装置にモータなどの駆動装置を必要とせず、位置計測対象の存在する場所の予測が困難な場合、移動を伴う場合でも簡便に装置の位置を計測することができる。

【 0 0 2 1 】

30

請求項 3 に記載した発明によれば、位置計測用の移動体の位置を計測するだけでなく、目視点検時のひびの端部など、対象面の寸法計測を簡便に行うことができる。

【 0 0 2 2 】

請求項 4 に記載にした発明によれば、作業対象面上にあらかじめある既知の構造物や目印を基準として、絶対的な位置を計測することが容易になるとともに、監視装置の位置が不明でも、作業位置及び作業対象面内の寸法計測が可能になる。

【 0 0 2 4 】

請求項 5 に記載した発明によれば、カメラ映像に一度に収まらない大きな計測対象であっても、移動体の移動距離と、カメラの視野角に応じたスケールにより、監視装置がなくても寸法計測が簡便に行い、映像精度で寸法計測できる範囲を拡大することができる。

40

【 0 0 2 5 】

請求項 6 に記載した発明によれば、ロボットアームのようなアームを使用せずに、接近し難い作業対象面上の位置測定や形状測定を、カメラによる映像を利用して簡便に行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 7 】

以下、本発明による作業位置計測方法およびその装置の実施形態について、添付の図面を参照しながら説明する。

【 0 0 2 8 】

第 1 実施形態

50

図１は、本発明の第１の実施形態による作業位置計測方法を実施するための計測装置を示す。

本実施の形態は、例えば、原子力発電施設の圧力容器について、水中カメラを用いて遠隔操作による目視検査、補修などの保守作業を行う際して、作業を施している現在位置を把握できるようにするための実施の形態である。

【００２９】

図１において、参照番号５０は、作業対象面を示す。この作業対象面５０は、概略形状は既知であるものとする。参照番号１０は、作業対象面５０に沿って移動しながら目視検査、サンプル採取、検査、サンプル採取、欠陥除去、補修溶接、予防保全などの保守作業を実施する作業装置の全体を示す。この作業装置１０は、大きく分けると、遠隔操作により水中を移動する移動体１１と、上記作業を実施する手段を構成する作業効果器１２と、から構成されている。移動体１１には、作業対象面５０との相対距離と相対角度を一定に保つ手段として、この実施例では４点で移動体を支持する干渉体１３が取り付けられている。また、移動体１１は、推進器１４、照明灯１５を備えており、この推進器１４は、移動体１１を移動させるための推力と、移動体１１の干渉体１３を作業対象面５０に対して押し付けるための推力を発生させることができる。

10

【００３０】

この実施形態では、移動体１１は直方体形状であり、干渉体１３が取り付けられている面を除いた各５面には、目盛り１６が設けられているとともにそれぞれ適所に位置計測用の参照点１７が付印されている。このような移動体１１は、任意の直交２軸の姿勢角が傾斜計（図示せず）で計測されるか、浮心と重心のオフセットからほぼ一定に保たれるかして既知である。また、移動体１１に取り付けられた作業効果器１２の作業点、照明灯１５、参照点１７、目盛り１６、干渉体１３の相対的な取り付け位置は既知である。

20

【００３１】

次に、参照番号１８は、移動体１１をカメラで撮影して、位置測定ための映像を取得するための監視装置を示す。この監視装置１８の本体フレーム１９には、カメラ２０と照明２１が取り付けられている。この第１実施形態における監視装置１８は、作業対象面５０からの相対位置が既知である基準点Ｐに設置されている。この監視装置１８では、カメラ２０の基準点に対する相対的な取り付け位置、角度は予め測定され、既知である。

【００３２】

30

図２は、監視装置１８のカメラ２０で移動体１１を撮影したカメラ映像２２を示している。作業対象面５０に干渉体１３が当接した状態で相対距離と相対角度が一定に保たれていると、カメラ映像２２は、カメラ２０と作業対象面５０との相対距離および相対角度が異なれば、違った映像になる。

【００３３】

そこで、作業対象面５０との監視装置１８のカメラ２０の間で、角度と距離を様々に変えて、作業部位と同様の光の屈折率に関連する環境下で移動体１１を多様な位置、角度にて撮影した映像データ（図示せず）があらかじめ取得される。

【００３４】

図３は、あらかじめ取得してあるこれらの映像データから求めた映像寸法相関データの一例を示すグラフである。

40

【００３５】

この映像寸法相関データでは、移動体１１のカメラ２０の光軸に対する相対角度が与えられた場合に、カメラ２０と移動体１１の間の距離に応じた映像寸法の相関を示すデータである。この図３では、横軸がカメラ２０から中心軸と移動体１１の被撮影面との交点２３までの距離を表し、縦軸がその映像における寸法距離を表している。

【００３６】

なお、図１において、参照番号２４は、上述の映像データや映像寸法相関データが集積されて記憶されている記憶装置、参照番号２５は、前記相関データとを照合することにより、監視装置１８と移動体１１の間の相対距離や相対角度を算出し、移動体１１が実際に

50

存在する位置を計算する演算装置を示す。

【0037】

以上のように構成された第1実施の形態の作業位置計測装置を用いて実施する作業位置計測方法について説明する。

【0038】

遠隔操作により推進機14を作動させて移動体11を作業対象面50に向かって移動させ、移動体11の干渉体13を作業対象面50に対して接触させる。この接触状態で移動体11は、作業対象面50に対して一定の姿勢角度で一定の距離を保つことができる。また、必要に応じて、推進機14を作動させて、停止位置を調節する。

【0039】

次に、監視装置18のカメラ20で移動体11を撮影する。このとき、図2に示すようなカメラ映像22が得られる。このような鮮明な映像が得られるように、監視装置18の設置位置を調節する。

【0040】

このとき、作業対象面50と移動体11の姿勢角、監視装置18の基準点Pに対する位置及び角度は既知であるから、これらから移動体11のカメラ20の中心軸に対する相対角度を算出することができる。

【0041】

そこで、このとき得られた相対角度に対応する映像寸法相関データを参照して、次のようにして、カメラ20と移動体11との相対距離、すなわち、移動体11の外表面とカメラ20の中心軸の交点23までの距離を求める。図2において、例えば、カメラ映像9内の任意の照明灯15、参照点17、目盛り16の距離寸法がL1であるとする、図3からこのときのカメラから移動体11の外表面とカメラ6中心軸との交点16までの距離Lを求めることができる。

【0042】

作業対象面50の任意の座標が既知で、移動体11の干渉体13が作業対象面50に接触して一定の距離に保たれているので、移動体11の外表面上の任意の照明灯15、参照点17、目盛り16の存在する可能性のある座標を予め求められる。移動体11上の交点23までの距離のデータあるいは予め把握されている監視装置18のカメラ20の指向角度から、移動体11の実際に存在する座標を計算する。

【0043】

そして、移動体11の姿勢と任意の参照点17の座標から、作業効果器12の作業点の座標を計算することができる。また、必要に応じて、推進機14を作動させ、作業効果器12の作業点を移動、調節、位置決めする。

【0044】

以上のように、本実施形態によれば、予め監視装置18に対する作業対象面50の相対座標が把握されていれば、移動体11を動かしてその干渉体13を作業対象面50に対して接触させることにより、そのときの移動体11の姿勢及び存在座標が限定できる。従って、カメラ映像22内に移動体11の全景あるいは一部が映った時の作業対象面50に対する監視装置18の相対角度を求め、カメラ20に映ったカメラ映像22内の映像寸法から移動体11と監視装置5の相対距離を導出することにより、複雑な三次元の計算を行わなくても、簡便に移動体11及び作業効果器12による作業点座標を簡便に計算できる。

【0045】

また、これにより、基準点からマニピュレータのように関節軸で接続された装置でなく、推進機14を有する空間を自由に移動できる移動体12でも特定の座標に対する各種作業ができるようになる。また、検査時など任意の対象点の座標を求めることができる。

【0046】

第2実施形態

次に、第2の実施形態による作業位置計測方法について図4に基づき説明する。

【0047】

図4において、本実施の形態で用いる作業位置計測に用いられる移動体11そのものは、図1で示した移動体11と同一であり、同じ構成要素には同一の参照符号を付してその詳細な説明は省略する。

【0048】

この第2実施形態の場合、第1の実施の形態と比較して最も異なる点は、第1実施形態では、作業対象面50の概略形状が既知であるのに対して、この第2実施形態では、作業対象面50が特定されている必要はないことである。また、移動体11の任意直交2軸の姿勢角が傾斜計(図示せず)で計測されるか、浮心と重心のオフセットからほぼ一定に保たれる必要はない。

【0049】

他方、監視装置18については、カメラ20と照明21を備えた構成は同様であるが設置位置が第1実施形態と異なる。すなわち、第1実施形態における監視装置18は、作業対象面50からの相対位置が既知である基準点Pに設置されているのに対して、この第2実施形態では、作業対象面そのものが特定されていないので、図4に示すように、あらかじめ座標系を設定しておき、監視装置18の設置位置は、座標原点とする。

【0050】

この第2実施形態では、第1実施形態と異なり、作業対象面50があらかじめ特定されていないので、座標軸の原点に監視装置18を配置した場合、図4において、カメラ20と移動体11の相対距離として、カメラ20から移動体11上のカメラ中心軸の交点23までの距離 L と、移動体11に対するカメラ20の相対角度 θ は未知である。

【0051】

そこで、記憶装置24に集積されている映像データ、すなわち、移動体11と監視装置18のカメラ20の間で、角度と距離を様々に変えて、作業部位と同様の光の屈折率に関連する環境下で移動体11を多様な位置、角度にて撮影した映像データを利用して相対角度 θ を求めるようになっている。

【0052】

また、移動体11とカメラの相対距離 L については、図3に示したような、あらかじめ取得してあるこれらの映像データから求めた映像寸法関連データを利用して求める点は第1実施形態と同様である。

【0053】

次に、以上のように構成された第2実施形態による作業位置計測方法について説明する。

【0054】

移動体11は、遠隔操作により作業対象面50まで推進器14を作動させて移動し、移動体11の干涉体13を作業対象面50に接触させ、そのまま推進器14の推力で接触状態を維持すると、移動体11は作業対象面50に対して一定の距離、姿勢角度を保つ。また、必要に応じて、推進器14を作動させて、停止位置を調節する。このとき、監視装置18のカメラ20から得られるカメラ映像22は、図2に示したような映像になり、この点は第1実施形態と同様である。

【0055】

次に、移動体11のカメラ20の相対角度 θ は未知であるので、これを求めるために、演算装置25は、記憶装置24に集積されている映像データと、撮影した移動体11のカメラ映像22とを照合する。そして、映像が一致すれば、その映像データを撮影したときの相対角度は、現在の移動体11とカメラ20の相対角度 θ にほかならないことになるから、これにより、相対角度 θ を求めることができる。

【0056】

他方、こうして得られた相対角度 θ に対応する映像寸法関連データを参照して、カメラ20と移動体11との相対距離 L を求めるやり方は、第1実施形態と同様である。すなわち、図2において、例えば、カメラ映像22内の任意の照明灯15、参照点17、目盛り16の距離寸法が $L1$ であるとする、図3からこのときのカメラから移動体11の外表

10

20

30

40

50

面とカメラ 20 中心軸との交点 23 までの距離 L を求めることができる。

【0057】

以上のようにして、作業対象面の位置について事前にわからず、予測できない場合であっても、相対角度 θ と相対距離 L がわかるので、移動体 11 の干渉体 13 が作業対象面 50 に接触して一定の距離に保たれていることから、そのときの移動体 11 の姿勢及び存在座標が限定できるので、複雑な三次元の計算を行わなくても、簡便に移動体 11 及び作業効果器による作業点座標を簡便に計算することができる。

【0058】

また、これにより、基準点からマニピュレータのように関節軸で接続された装置でなく、推進機 12 を有する空間を自由に移動できる装置 1 でも特定の座標に対する各種作業ができるようになる。また、検査時など任意の対象点の座標を求めることができる。

【0059】

第 3 実施形態

図 5 は、第 1 の実施形態、第 2 実施の形態に関連し、監視装置 5 に能動的に駆動できる指向調節機構を付加した実施形態を示す。

【0060】

本実施の形態で用いる作業位置計測に用いられる移動体 11 そのものは、図 1、図 4 で示した移動体 11 と同一であり、同じ構成要素には同一の参照符号を付してその詳細な説明は省略する。

【0061】

この第 3 実施形態の場合、監視装置 18 には、カメラ 20 と照明 21 が指向する方向を 2 軸について調整できるように、本体フレーム 19 をその軸周りに回転させる回転機構 26 と軸方向に上下に伸縮される上下機構 27 が設けられている。そして、回転機構 26、上下機構 27 によりカメラ 20 が変位する角度と上下方向の移動量は、図示しない変位計測器により検出されるようになっている。

【0062】

以上のように構成される第 3 実施形態によれば、移動体 11 の干渉体 13 を作業対象面 50 に接触させて移動体 11 が作業対象面 50 から一定の距離に保たれた状態でカメラ 20 により移動体 11 を撮影する点は同じであるが、監視装置 18 において角度及び変位計測可能な回転機構 26 と上下機構 27 を作動させることにより、カメラ 20 を適切な方位に指向させ、図 6 に示すように、図 2 の映像とは違った方位から撮影できるように、カメラ映像 22 の映り方を調節することができるので、監視装置 18 の設置換えを行わずに、監視領域を広げることができる。

【0063】

また、監視装置 18 のカメラ 20 で撮影したカメラ映像 22 と映像寸法相関データとの照合や、座標計算は、第 1 実施形態または第 2 実施形態と同じようにすることができる。その場合、映像寸法相関データとの照合に可能な限り適したカメラ映像 22 が得られるようカメラの指向方向を調節できるので、予め取得すべき映像データ量の低減や映像寸法相関データと実際のカメラ映像 22 との照合の作業量が軽減される。

【0064】

第 4 実施形態

次に、図 7 は、第 1 の実施の形態、第 2 の実施の形態に関連し、移動体 11 には、作業対象面の表面をカメラにより目視検査をする実施形態を示す。

【0065】

この第 4 実施形態では、移動体 11 には、作業効果器 12 の具体例として、目視検査用のカメラ 28 と照明 29 が配設されている。監視装置 18 については、第 3 実施形態における図 5 に示した監視装置 18 と同じく、角度及び変位計測可能な回転機構 26 と上下機構 27 を作動させることにより、移動体 11 を撮影するカメラ 20 を適切な方位に指向させ、映像の映り方を調節する点は同じである。

【0066】

図7において、移動体11の干渉体13を作業対象面50に接触させ、移動体11に配置したカメラ28で作業対象面50を撮影すると、図8、図9に示すようなカメラ画像30が得られる。これらのカメラ画像30において、作業対象面50上には特徴点31、32が映し出されている。これらの特徴点31、32は、例えば、溶接ビートや、グラインダ加工痕、ひび割れ、クラットの剥離痕などを利用できる。

【0067】

移動体11は、干渉体13が作業対象面50に当たっていることにより、移動体11と作業対象面50は一定距離に保たれるので、カメラ28で得られたカメラ映像30における寸法は一定であるから、この寸法をあらかじめ把握することにより、図10に示す定尺格子模様33の画像を作成し、これを寸法の基準スケールとして利用することができる。

10

【0068】

図8あるいは図9のカメラ画像のように作業対象面50上の特徴点31、32の映像を取得した後、図11に示すように、定尺格子模様33の画像を特徴点31、32の映った映像に重畳させることにより、特徴点31、32の寸法を計測することができる。

【0069】

このとき、監視装置18のカメラ20で移動体11を撮影したカメラ映像22（図12）と映像寸法相関データ（図3）との照合や、座標計算は、第1実施形態または第2実施形態と同じようにすることができる。その際、監視装置18によりカメラ20を適切な方位に指向させることができるので、監視装置18の設置換えを行わず、監視領域を広げることができる。また、映像寸法相関データとの照合に可能な限り適したカメラ映像22が得られるよう調節できるので、予め取得すべき映像データ量の低減や映像寸法相関データと実際のカメラ映像22との照合の負荷が軽減される。

20

【0070】

このようにして、第1実施形態または第2実施形態による作業位置計測方法を実施し、移動体11のカメラの位置を把握した上で、特徴点31、32の寸法を計測し、その位置座標を計測することができる。

【0071】

なお、監視装置18では、特徴点31、32が斜視となり視認困難な場合であっても、正面付近よりカメラ28にて映像を取得できるため、精度の高い位置及び寸法計測が可能となる。

30

【0072】

次に、図7に示したカメラ28と照明29が配設された移動体11を用いて、作業対象面を目視検査を実施する他の検査態様について、図13～図16を参照して説明する。

【0073】

図13において、移動体11には、作業効果器12の具体例として、目視検査用のカメラ28と照明29が配設されている。監視装置18については、第3実施形態における図5に示した監視装置18と同じく、角度及び変位計測可能な回転機構26と上下機構27を備えている。

【0074】

図7と異なる点は、事前に定尺格子模様33のような基準スケールを取得する代わりに、寸法既知のランドマークを利用する点にある。図13において、作業対象面50には、ランドマークして、構造物35が取付けられていることを前提とする。

40

【0075】

そこで、移動体11の干渉体13を作業対象面50に接触させ、移動体11に配置したカメラ28で作業対象面50を撮影すると、図14に示すようなカメラ画像36が得られる。このカメラ画像36では、構造物35が図14に示すように写っているとすると、構造物35は事前に寸法a、bが既知なのであるから、この構造物35の既知の寸法a、bを定尺格子模様33のような基準スケールの代わりに用い比例計算を行うことによって、カメラ画像36上の任意の寸法を測定することができる。

【0076】

50

なお、監視装置 18 のカメラ 20 で移動体 11 を撮影したカメラ映像 22 (図 12) と映像寸法相関データとの照合や、座標計算は、第 1 実施形態または第 2 実施形態と同じようにする点は、定尺格子模様 33 を基準スケールとする場合と同様である。

【0077】

次に、図 15 に示す移動体 11 では、カメラ 28 の両側に指向性のある光を照射する光照射装置 37 が 2 台、カメラ 28 の光軸に平行に配設されている。この光照射装置 37 の光軸間距離はあらかじめ測定され、既知であるものとする。

【0078】

この図 15 では、図 13 の作業対象面 50 にある構造物 35 をランドマークとする代わりに、光照射装置 35 から作業対象面 50 に向けて照射し、作業対象面 50 での光点 38、38 の間の寸法距離 c を基準スケールとして、比例計算により寸法計測するものである。

10

【0079】

移動体 11 では、干渉体 13 の接触により、移動体 11 と作業対象面 50 は一定距離に保たれている。このとき、カメラ 28 で得られたカメラ画像 40 (図 16) における寸法は一定である。そして、カメラ画像 40 には、光照射装置 37 から平行に照射され作業対象面 50 にて反射する光点 38、38 が図 16 に示すように映し出されており、光点 38、38 の間の寸法距離 c は、光照射装置 37 が平行に設置され指向性のある光を照射するため、光点 38、38 間の寸法距離 c は予め把握することができる。したがって、光点 38、38 の間の寸法距離 c を基準スケールとして、比例計算によりカメラ画像 40 上の任意の寸法を測定することができる。

20

【0080】

なお、監視装置 18 のカメラ 20 で移動体 11 を撮影したカメラ映像 22 (図 12) と映像寸法相関データとの照合や、座標計算は、第 1 実施形態または第 2 実施形態と同じようにする点は、定尺格子模様を基準スケールとする場合と同様である。

【0081】

以上のようにして、第 4 実施形態によれば、図 11 に示すような定尺格子模様 33 や、図 13 のような構造物 35 をランドマークとしたり、あるいは、図 15 のようにカメラ 28 の両側の光照射装置 37 から指向性のある光を作業対象面に照射することにより、移動体 11 のカメラで撮影した画像から寸法を計測できる。しかも、監視装置 18 では、斜視となり視認困難な対象面であっても、正面付近よりカメラ 21 にて映像を取得できるため、精度の高い位置及び寸法計測が可能となる。なお、構造物 35 をランドマークとしたり、光を照射する場合には、必ずしも定尺格子模様 33 を事前に取得する必要がないため、準備が勘弁となる。また、映像寸法相関データを用いて、光点 38、38 間の寸法差を把握する場合には、カメラ映像 40 の奥行き方向の補正が可能である。

30

【0082】

第 5 実施形態

次に、第 1 の実施の形態では、作業対象面 50 と監視装置 18 との相対位置が既知である場合であったが、この第 5 実施形態では、作業対象面 50 が未知であるため、あらかじめ未知の作業対象面 50 の形状を計測した上で、作業位置及び寸法計測を実施する場合の実施形態を図 17 を参照して説明する。

40

【0083】

図 17 において、未知の作業対象面 50 の形状測定を実施する装置は、図 5 における回転機構 26 及び上下機構 27 を備えた監視装置 18 の本体フレーム 19 に、照明 21、カメラ 20 の代わりに、距離測定装置 42 が取付けられている。第 1 の実施の形態の実施に先立ち、作業対象面 50 の形状計測を行うことが本実施形態の特徴であり、それ以外の構成は、第 1 の実施の形態と同じである。

【0084】

図 17 に示すような、距離測定装置 42 を備えた監視装置 18 を作業対象面 50 に対して適当な位置に設置し、作業対象面 50 との間の距離を計測する。その計測データに基づ

50

いて、第 1 の実施の形態と同様に、移動体 11 を作業対象面 501 に接触させ、監視装置 18 のカメラ 20 で移動体を撮影し、このカメラ映像から位置及び寸法計測を実施する。

【0085】

以上の第 5 実施形態によれば、未知の作業対象面 50 の相対距離、寸法を把握して寸法計測を実施することになるため、予め取得すべき映像データ量の低減や関連データと実際のカメラ映像との照合の負荷が軽減される。

【0086】

第 6 実施形態

次に、図 18 を参照しながら、第 1 の実施の形態、第 2 の実施の形態に関連して監視装置 18 を必要としない実施例の形態について説明する。

図 18 において、本実施の形態の場合、移動体 11 は、目視検査を実施するカメラ 28 と照明 29 を作業効果器として備え、移動及び作業対象面 50 に対する押付けのための推進機 14 に加えて、押付け後に作業対象面 50 に沿っての移動を行う走行機構 44 を具備している。この走行機構 44 には走行位置を計測する手段（図示せず）を有しており、作業対象面 50 上の基準位置からの走行時の相対位置を計測することができる。移動体 11 のカメラ 28 を用いて、カメラ 28 と対象面角度と距離に応じて作業部位と同様の光の屈折率に関連する環境下で取得された映像データ（図示せず）と、その映像の寸法に合わせて作成した図 10 に示す定尺格子模様 33 があらかじめ取得されている点は、第 4 実施形態と同様である。なお、移動体 11 に取付けられたカメラ 28 の光軸、走行機構 44 の相対的な取り付け位置及び角度は予め測定され、既知である。

【0087】

本実施形態によれば、移動体 11 では、走行機構 44 により作業対象面 50 に接触することにより、移動体 11 と作業対象面 13 は一定距離に保たれるため、第 4 実施形態と同じようにして、カメラ 28 からの映像における寸法をあらかじめ把握し、図 10 に示す定尺格子模様 33 を作成することができる。図 8 あるいは図 9 のように作業対象面 50 上の特徴点 31 の映像を取得した後、図 11 に示すように、定尺格子模様 33 を特徴点 31 の映った映像に重複させ、特徴点 31 の寸法計測を行う。このとき、走行機構 44 の走行位置計測により、移動体 11 の特徴点を基準に作業対象面上での相対座標を計測することができ、移動体 11 のカメラ 28 の位置も予め把握できるため、特徴点 31 の位置座標を計測することができる。

【0088】

本実施形態のように、移動体 11 に位置計測機能がある場合には、第 1 実施形態のように必ずしも監視装置 18 を用いる必要はなく、移動体 11 のもつ位置計測機能と定尺格子模様 33 を用いることで、特徴点 31 の位置座標の測を簡便に行うことができる。

【0089】

更に、監視装置 18 のカメラ 20 による撮影では、斜視となり視認困難な特徴点 31 であっても、移動体 11 のカメラ 28 にて正面付近より映像を取得できるため、精度の高い位置及び寸法計測が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態による作業位置計測方法を実施する装置の全体構成図。

【図 2】図 1 の状態における監視装置からの映像を示す図。

【図 3】映像寸法関連データの例（対象面までの距離と映像内寸法のグラフ）を示す図。

【図 4】本発明の第 2 の実施形態による作業位置計測方法を実施する装置の全体構成図。

【図 5】本発明の第 3 の実施形態による作業位置計測方法を実施する装置の全体構成図。

【図 6】図 5 の状態における監視装置からの映像を示す図。

【図 7】本発明の第 4 の実施形態による作業位置計測方法を実施する装置の全体構成図。

【図 8】図 7 の状態において、移動体のカメラからの映像を示す図。

【図 9】図 7 の状態において、移動体のカメラからの映像を示す図。

【図 10】あらかじめ取得される映像内の定尺格子模様（スケールテンプレート）を示す

10

20

30

40

50

図。

【図 1 1】位置計測対象装置からのカメラ映像と図 1 0 の定尺格子模様の重ね合わせの説明図。

【図 1 2】図 7 の状態における監視装置からの映像を示す図。

【図 1 3】本発明の第 4 の実施形態による他の実施例の作業位置計測方法を実施する装置の全体構成図。

【図 1 4】図 1 3 の状態において、移動体のカメラからの映像を示す図。

【図 1 5】本発明の第 4 の実施形態による他の実施例の作業位置計測方法を実施する装置の全体構成図。

【図 1 6】図 1 5 の状態において、移動体のカメラからの映像を示す図。

10

【図 1 7】本発明の第 5 の実施形態による他の実施例の作業位置計測方法を実施する装置の全体構成図。

【図 1 8】本発明の第 6 の実施形態による他の実施例の作業位置計測方法を実施する装置の全体構成図。

【図 1 9】アームを用いた従来の位置及び寸法計測方法の説明図。

【符号の説明】

【 0 0 9 1 】

1 1 移動体

1 2 作業効果器

1 3 干渉体

1 4 推進器

1 5 照明灯

1 7 参照点

1 8 監視装置

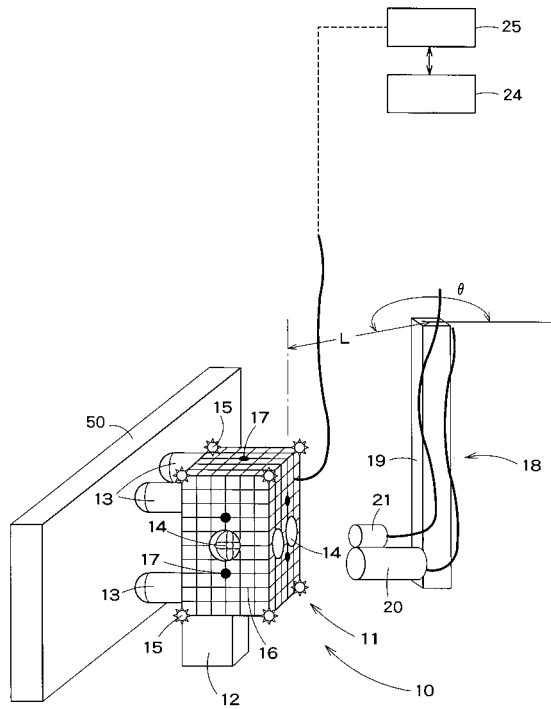
2 0 カメラ

2 1 照明

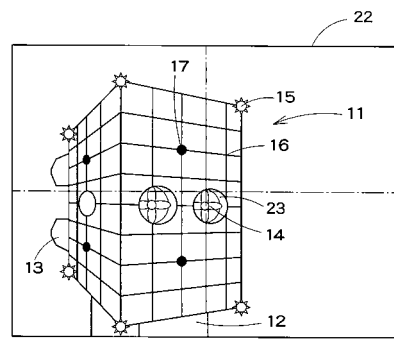
5 0 作業対象面

20

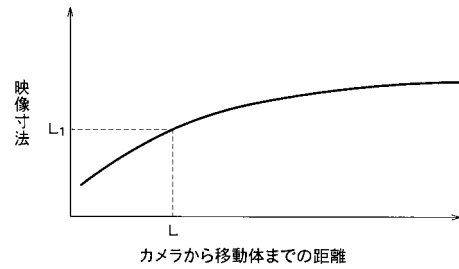
【図 1】



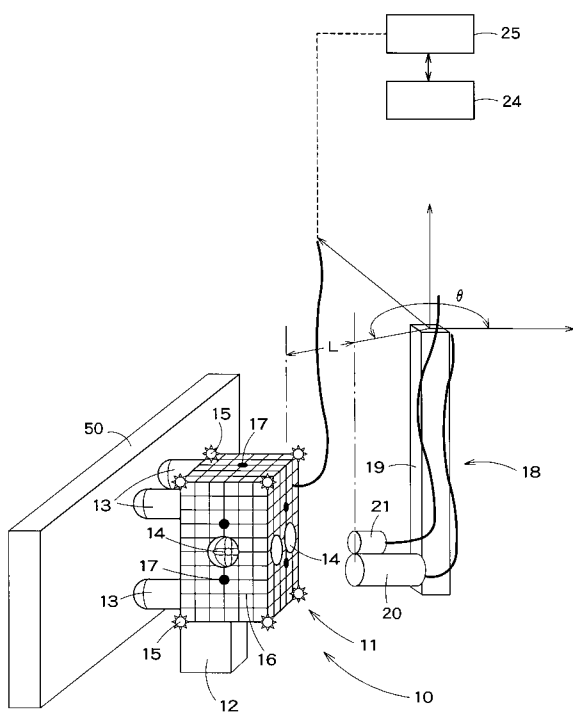
【図 2】



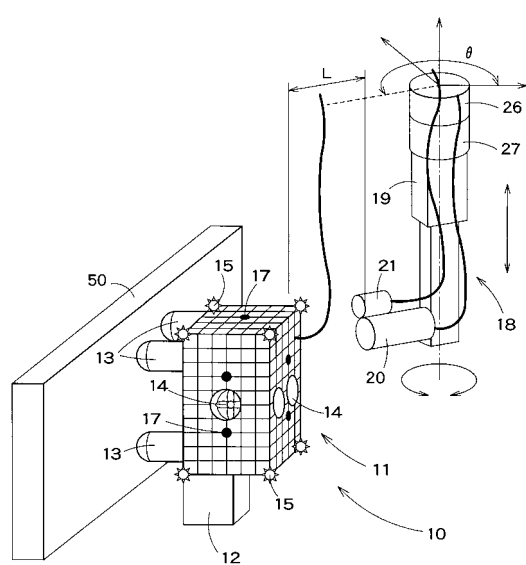
【図 3】



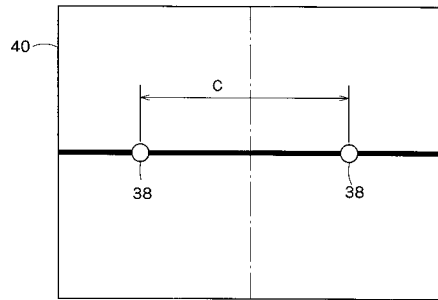
【図 4】



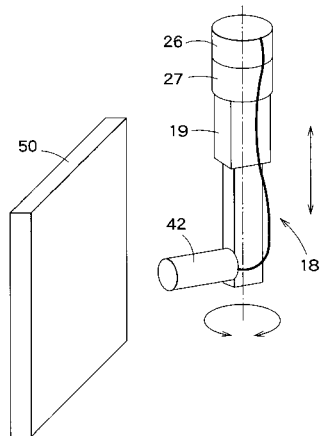
【図 5】



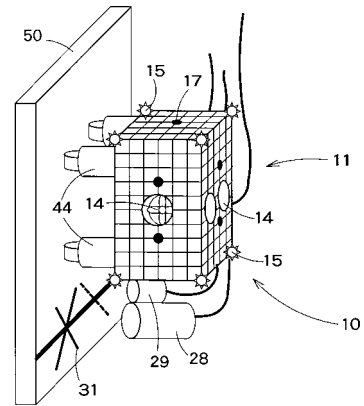
【図 16】



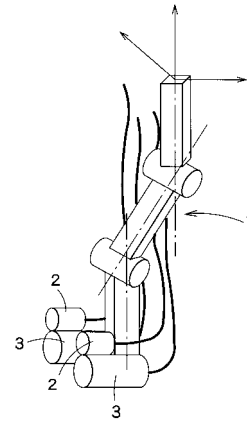
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

- (72)発明者 相 馬 浩 一
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝 京浜事業所内
- (72)発明者 前 原 剛
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝 京浜事業所内
- (72)発明者 亀 山 育 子
神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地 株式会社東芝 京浜事業所内
- (72)発明者 中 川 哲 郎
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝 横浜事業所内
- (72)発明者 安 達 弘 幸
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝 横浜事業所内

審査官 八島 剛

- (56)参考文献 国際公開第2002/023122(WO, A1)
特開平04-370704(JP, A)
国際公開第2004/094943(WO, A1)
特開平03-078606(JP, A)
特開平08-080791(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B11/00-11/30
G21C17/00-17/14