

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6366926号  
(P6366926)

(45) 発行日 平成30年8月1日(2018.8.1)

(24) 登録日 平成30年7月13日(2018.7.13)

(51) Int.Cl.

F 1

GO 1 B 21/00 (2006.01)

GO 1 B 21/00

L

GO 1 B 21/32 (2006.01)

GO 1 B 21/00

C

GO 1 B 21/32

請求項の数 8 (全 24 頁)

(21) 出願番号

特願2013-232675 (P2013-232675)

(22) 出願日

平成25年11月11日(2013.11.11)

(65) 公開番号

特開2015-94610 (P2015-94610A)

(43) 公開日

平成27年5月18日(2015.5.18)

審査請求日

平成28年10月7日(2016.10.7)

(73) 特許権者 000137694

株式会社ミツトヨ

神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号

(74) 代理人 100103894

弁理士 家入 健

(72) 発明者 境 久嘉

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミツトヨ内

審査官 三好 貴大

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 産業機械及びその伸縮量測定方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

直交三軸方向にそれぞれ平行な3つの移動軸を用いてプローブ又は工具とワークを相対移動する移動機構と、

前記移動機構の構成要素を形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成された低熱膨張部材と、

温度変化による前記構成要素の前記直交三軸方向の一方向の伸縮量を、前記低熱膨張部材を基準として測定する伸縮量測定手段とを具備し、

前記直交三軸方向は、X軸方向、Y軸方向、及びZ軸方向を含み、

前記移動機構は、

前記ワークが設置されるベース上面が形成されたベースと、

前記ベースに支持され、前記ベースに対して前記Y軸方向に移動するブリッジ構造であるYキャリッジと、

前記Yキャリッジに支持され、前記Yキャリッジに対して前記X軸方向に移動するXスライダと、

前記Xスライダに支持され、前記Xスライダに対して前記Z軸方向に移動し、前記プローブ又は前記工具を保持するZラムとを備え、

前記ベース上面は前記Z軸方向に直交し、

10

20

前記 Y キャリッジは、

前記 Z 軸方向に沿ってそれぞれ立設され、前記 X 軸方向に互いに離れたコラム及びサポートと、

前記コラム及び前記サポートに支持され、前記 X スライダを前記 X 軸方向に案内する X ビームと  
を備え、

前記低熱膨張部材は、

前記コラムを形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成された第 1 低熱膨張部材と、

前記サポートを形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成された第 2 低熱膨張部材と  
を含み、

前記 Z ラムに固定され、前記 Z 軸方向に延びる Z スケールと、

前記 X スライダに設けられ、前記 Z スケールの値を読み取る Z 検出器と  
を更に具備し、

前記第 1 低熱膨張部材は、前記 Z 軸方向の両側にそれぞれ位置する第 1 上端部及び第 1 下端部を備え、

前記第 1 下端部は、前記コラムの前記ベース側の端部に対して前記 Z 軸方向に変位しないように固定され、

前記第 1 上端部は、前記第 1 低熱膨張部材と前記コラムの熱膨脹差により前記コラムに  
に対して前記 Z 軸方向に自由に変位することを許容され、

前記第 2 低熱膨張部材は、前記 Z 軸方向の両側にそれぞれ位置する第 2 上端部及び第 2 下端部を備え、

前記第 2 下端部は、前記サポートの前記ベース側の端部に対して前記 Z 軸方向に変位しないように固定され、

前記第 2 上端部は、前記第 2 低熱膨張部材と前記サポートの熱膨脹差により前記サポート  
に対して前記 Z 軸方向に自由に変位することを許容され、

前記伸縮量測定手段は、

前記第 1 上端部を基準として前記コラムの前記 Z 軸方向の伸縮量を測定し、

前記第 2 上端部を基準として前記サポートの前記 Z 軸方向の伸縮量を測定し、

前記第 1 下端部及び前記第 2 下端部の前記 Z 軸方向の位置は、前記ベース上面の前記 Z 軸方向の位置に概ね一致し、

前記第 1 上端部及び前記第 2 上端部の前記 Z 軸方向の位置は、前記 Z 検出器の検出基準  
点の前記 Z 軸方向の位置に概ね一致し、

前記 Z スケールの熱膨脹係数は、前記 Z ラムの熱膨脹係数よりも小さく、

前記 Z スケールは、前記プローブ又は前記工具側の端部が固定されている

産業機械。

#### 【請求項 2】

前記低熱膨張部材は、前記コラムを形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成  
された第 3 低熱膨張部材を更に含み、

前記第 1 低熱膨張部材は、前記コラムの第 1 位置に配置され、

前記第 3 低熱膨張部材は、前記第 1 位置から前記 Y 軸方向に離れた前記コラムの第 2 位  
置に配置され、

前記伸縮量測定手段は、

前記第 1 位置における前記コラムの前記 Z 軸方向の伸縮量を、前記第 1 低熱膨張部材を  
基準として測定し、

前記第 2 位置における前記コラムの前記 Z 軸方向の伸縮量を、前記第 3 低熱膨張部材を  
基準として測定する

請求項 1 に記載の産業機械。

#### 【請求項 3】

10

20

30

40

50

直交三軸方向にそれぞれ平行な3つの移動軸を用いてプローブ又は工具とワークを相対移動する移動機構と、

前記移動機構の構成要素を形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成された低熱膨張部材と、

温度変化による前記構成要素の前記直交三軸方向の一方向の伸縮量を、前記低熱膨張部材を基準として測定する伸縮量測定手段とを具備し、

前記直交三軸方向は、X軸方向、Y軸方向、及びZ軸方向を含み、

前記移動機構は、

ベースと、

10

前記ベースに支持され、前記ベースに対して前記Y軸方向に移動するYテーブルと、

前記ベースに固定された固定ブリッジと、

前記固定ブリッジに支持され、前記固定ブリッジに対して前記X軸方向に移動するXスライダと、

前記Xスライダに支持され、前記Xスライダに対して前記Z軸方向に移動し、前記プローブ又は前記工具を保持するZラムと

を備え、

前記ワークが設置されるテーブル上面が前記Yテーブルに形成され、

前記テーブル上面は前記Z軸方向に直交し、

前記固定ブリッジは、

20

前記Yテーブルを前記X軸方向に跨ぐ両側で前記Z軸方向に沿ってそれぞれ立設された第1コラム及び第2コラムと、

前記第1コラム及び前記第2コラムに支持され、前記Xスライダを前記X軸方向に案内するXビームと

を備え、

前記低熱膨張部材は、

前記第1コラムを形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成された第1低熱膨張部材と、

前記第2コラムを形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成された第2低熱膨張部材と

30

を含み、

前記Zラムに固定され、前記Z軸方向に延びるZスケールと、

前記Xスライダに設けられ、前記Zスケールの値を読み取るZ検出器とを更に具備し、

前記第1低熱膨張部材は、前記Z軸方向の両側にそれぞれ位置する第1上端部及び第1下端部を備え、

前記第1下端部は、前記第1コラムの前記ベース側の端部に対して前記Z軸方向に変位しないように固定され、

前記第1上端部は、前記第1低熱膨張部材と前記第1コラムの熱膨脹差により前記第1コラムに対して前記Z軸方向に自由に変位することを許容され、

40

前記第2低熱膨張部材は、前記Z軸方向の両側にそれぞれ位置する第2上端部及び第2下端部を備え、

前記第2下端部は、前記第2コラムの前記ベース側の端部に対して前記Z軸方向に変位しないように固定され、

前記第2上端部は、前記第2低熱膨張部材と前記第2コラムの熱膨脹差により前記第2コラムに対して前記Z軸方向に自由に変位することを許容され、

前記伸縮量測定手段は、

前記第1上端部を基準として前記第1コラムの前記Z軸方向の伸縮量を測定し、

前記第2上端部を基準として前記第2コラムの前記Z軸方向の伸縮量を測定し、

前記第1下端部及び前記第2下端部の前記Z軸方向の位置は、前記テーブル上面の前記

50

Z 軸方向の位置に概ね一致し、

前記第1上端部及び前記第2上端部の前記Z軸方向の位置は、前記Z検出器の検出基準点の前記Z軸方向の位置に概ね一致し、

前記Zスケールの熱膨張係数は、前記Zラムの熱膨張係数よりも小さく、

前記Zスケールは、前記プローブ又は前記工具側の端部が固定されている

産業機械。

**【請求項4】**

前記低熱膨張部材は、前記構成要素の内部に形成された空洞に配置される

請求項1乃至3のいずれか1項に記載の産業機械。

**【請求項5】**

前記伸縮量測定手段は、接触測定子を有する差動トランス式変位計、渦電流式変位計、静電容量式変位計、又は光学式変位計を含む

請求項1乃至4のいずれか1項に記載の産業機械。

**【請求項6】**

前記低熱膨張部材の温度を検出する温度検出センサと、

前記温度、前記低熱膨張部材の熱膨張係数、及び基準温度における前記低熱膨張部材の寸法に基づいて前記低熱膨張部材の伸縮量を算出し、前記低熱膨張部材の前記伸縮量に基づいて前記構成要素の前記伸縮量を補正する伸縮量補正手段と  
を更に具備する

請求項1乃至5のいずれか1項に記載の産業機械。

**【請求項7】**

直交三軸方向にそれぞれ平行な3つの移動軸を用いてプローブ又は工具とワークを相対移動する移動機構を備える産業機械の伸縮量測定方法であって、

温度変化による前記移動機構の構成要素の前記直交三軸方向の一方向の伸縮量を、前記構成要素を形成する材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成された低熱膨張部材を基準として測定し、

前記直交三軸方向は、X軸方向、Y軸方向、及びZ軸方向を含み、

前記移動機構は、

前記ワークが設置されるベース上面が形成されたベースと、

前記ベースに支持され、前記ベースに対して前記Y軸方向に移動するブリッジ構造であるYキャリッジと、

前記Yキャリッジに支持され、前記Yキャリッジに対して前記X軸方向に移動するXスライダと、

前記Xスライダに支持され、前記Xスライダに対して前記Z軸方向に移動し、前記プローブ又は前記工具を保持するZラムと

を備え、

前記ベース上面は前記Z軸方向に直交し、

前記Yキャリッジは、

前記Z軸方向に沿ってそれぞれ立設され、前記X軸方向に互いに離れたコラム及びサポートと、

前記コラム及び前記サポートに支持され、前記Xスライダを前記X軸方向に案内するXビームと  
を備え、

前記低熱膨張部材は、

前記コラムを形成する材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成された第1低熱膨張部材と、

前記サポートを形成する材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成された第2低熱膨張部材と  
を含み、

前記産業機械は、

10

20

30

40

50

前記 Z ラムに固定され、前記 Z 軸方向に延びる Z スケールと、  
前記 X スライダに設けられ、前記 Z スケールの値を読み取る Z 検出器と  
を更に具備し、

前記第1低熱膨張部材は、前記 Z 軸方向の両側にそれぞれ位置する第1上端部及び第1下端部を備え、

前記第1下端部は、前記コラムの前記ベース側の端部に対して前記 Z 軸方向に変位しないように固定され、

前記第1上端部は、前記第1低熱膨張部材と前記コラムの熱膨脹差により前記コラムに対して前記 Z 軸方向に自由に変位することを許容され、

前記第2低熱膨張部材は、前記 Z 軸方向の両側にそれぞれ位置する第2上端部及び第2下端部を備え、 10

前記第2下端部は、前記サポータの前記ベース側の端部に対して前記 Z 軸方向に変位しないように固定され、

前記第2上端部は、前記第2低熱膨張部材と前記サポータの熱膨脹差により前記サポータに対して前記 Z 軸方向に自由に変位することを許容され、

前記第1上端部を基準として前記コラムの前記 Z 軸方向の伸縮量を測定し、

前記第2上端部を基準として前記サポータの前記 Z 軸方向の伸縮量を測定し、

前記第1下端部及び前記第2下端部の前記 Z 軸方向の位置は、前記ベース上面の前記 Z 軸方向の位置に概ね一致し、

前記第1上端部及び前記第2上端部の前記 Z 軸方向の位置は、前記 Z 検出器の検出基準点の前記 Z 軸方向の位置に概ね一致し、 20

前記 Z スケールの熱膨張係数は、前記 Z ラムの熱膨張係数よりも小さく、

前記 Z スケールは、前記プローブ又は前記工具側の端部が固定されている

産業機械の伸縮量測定方法。

**【請求項 8】**

直交三軸方向にそれぞれ平行な3つの移動軸を用いてプローブ又は工具とワークを相対移動する移動機構を備える産業機械の伸縮量測定方法であって、

温度変化による前記移動機構の構成要素の前記直交三軸方向の一方の伸縮量を、前記構成要素を形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成された低熱膨張部材を基準として測定し、 30

前記直交三軸方向は、X 軸方向、Y 軸方向、及び Z 軸方向を含み、

前記移動機構は、

ベースと、

前記ベースに支持され、前記ベースに対して前記 Y 軸方向に移動する Y テーブルと、

前記ベースに固定された固定ブリッジと、

前記固定ブリッジに支持され、前記固定ブリッジに対して前記 X 軸方向に移動する X スライダと、

前記 X スライダに支持され、前記 X スライダに対して前記 Z 軸方向に移動し、前記プローブ又は前記工具を保持する Z ラムと

を備え、 40

前記ワークが設置されるテーブル上面が前記 Y テーブルに形成され、

前記テーブル上面は前記 Z 軸方向に直交し、

前記固定ブリッジは、

前記 Y テーブルを前記 X 軸方向に跨ぐ両側で前記 Z 軸方向に沿ってそれぞれ立設された第1コラム及び第2コラムと、

前記第1コラム及び前記第2コラムに支持され、前記 X スライダを前記 X 軸方向に案内する X ピームと

を備え、

前記低熱膨張部材は、

前記第1コラムを形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成された第1低熱膨 50

張部材と、

前記第2コラムを形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成された第2低熱膨

張部材と

を含み、

前記産業機械は、

前記Zラムに固定され、前記Z軸方向に延びるZスケールと、

前記Xスライダに設けられ、前記Zスケールの値を読み取るZ検出器と

を更に具備し、

前記第1低熱膨張部材は、前記Z軸方向の両側にそれぞれ位置する第1上端部及び第1下端部を備え、

前記第1下端部は、前記第1コラムの前記ベース側の端部に対して前記Z軸方向に変位しないように固定され、

前記第1上端部は、前記第1低熱膨張部材と前記第1コラムの熱膨脹差により前記第1コラムに対して前記Z軸方向に自由に変位することを許容され、

前記第2低熱膨張部材は、前記Z軸方向の両側にそれぞれ位置する第2上端部及び第2下端部を備え、

前記第2下端部は、前記第2コラムの前記ベース側の端部に対して前記Z軸方向に変位しないように固定され、

前記第2上端部は、前記第2低熱膨張部材と前記第2コラムの熱膨脹差により前記第2コラムに対して前記Z軸方向に自由に変位することを許容され、

前記第1上端部を基準として前記第1コラムの前記Z軸方向の伸縮量を測定し、

前記第2上端部を基準として前記第2コラムの前記Z軸方向の伸縮量を測定し、

前記第1下端部及び前記第2下端部の前記Z軸方向の位置は、前記テーブル上面の前記Z軸方向の位置に概ね一致し、

前記第1上端部及び前記第2上端部の前記Z軸方向の位置は、前記Z検出器の検出基準点の前記Z軸方向の位置に概ね一致し、

前記Zスケールの熱膨脹係数は、前記Zラムの熱膨脹係数よりも小さく、

前記Zスケールは、前記プローブ又は前記工具側の端部が固定されている

産業機械の伸縮量測定方法。

**【発明の詳細な説明】**

30

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、ワークの測定又は加工に用いられる産業機械及びその伸縮量測定方法に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

ワークの測定に用いられる産業機械である三次元測定機(Coordinate Measuring Machine)は、互いに直交する三軸にそれぞれ対応する案内と、案内に沿って移動する可動体と、可動体の移動量を測定するためのスケールと、測定対象であるワークとの接触を検知するプローブを備え、各軸方向の移動量からプローブの三次元座標値を求めることができる。三次元測定機の構造形態には多くのバリエーションが存在するが、ブリッジ移動形三次元測定機が最も普及している。

**【0003】**

ブリッジ移動形三次元測定機は、互いに直交する三軸にそれぞれ対応する駆動案内機構をシリアルに積み上げた構造を有している。すなわち、ブリッジ移動形三次元測定機は、ベースと、Yキャリッジと、Xスライダと、Zラムとを備える。ベースには、Y軸方向に延びるYレールが固定されている。Yキャリッジは、Yレールに案内されてベース上面を移動可能なブリッジ構造に形成されている。Yキャリッジは、コラムと、サポートと、コラム及びサポートに支持されてX軸方向に延びるXビームとを備える。Xスライダは、Xビームに案内されて移動可能である。Zラムは、Xスライダに設けられたガイド部に案内

40

50

10

されてZ軸方向に移動可能であり、且つ、プローブを保持する。

#### 【0004】

ブリッジ移動形三次元測定機は、Xスケール、Yスケール、及びZスケールを用いてプローブの各軸方向の位置を測定する。例えば、Xスライダに設けられたZ検出器でコラムに固定されたZスケールの値を読み取ることで、Z軸方向の位置を測定する。尚、三次元測定機が備えるXスケール、Yスケール、及びZスケールで構成される三次元座標系を「機械座標系」と称している。

#### 【0005】

ところで、特許文献1では、ブリッジ移動形三次元測定機のXスケール、Yスケール、及びZスケールに温度センサを装着し、環境温度の変化によってスケール材質固有の熱膨脹係数に応じてスケールが伸縮する場合でも、温度補正機能によってスケールの伸縮量を補正している。しかし、スケール以外の構成部品であるコラムやサポートが温度変化によりZ軸方向に伸縮すると、Xスライダを案内するXビームがコラム及びサポートによって支持されているため、Xスライダに設けられたZ検出器がZ軸方向に変位する。その結果、プローブの座標値にZ軸方向の誤差が発生するという課題がある。

10

#### 【0006】

特許文献2は、特許文献1の課題に着目してなされた発明を開示している。すなわち、特許文献2では、温度変化によるコラム及びサポートの伸縮に起因するZ検出器のZ軸方向の変位に対応するため、コラム及びサポートに温度検出センサを設けて温度を測定している。そして、コラム及びサポートの温度及び熱膨脹係数に基づいてコラム及びサポートのZ軸方向の伸縮量の推定値を算出し、推定値に基づいて補正を行っている。

20

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

##### 【0007】

【特許文献1】特開2001-21303号公報

【特許文献2】特開2012-53033号公報

##### 【発明の概要】

##### 【発明が解決しようとする課題】

##### 【0008】

しかし、特許文献2に開示された補正方法を実施するにあたっては、コラム及びサポートの温度及び熱膨脹係数から算出される伸縮量の推定値が必ずしも実態を反映せず、伸縮量の推定値に不確かさが存在するという課題がある。

30

##### 【0009】

すなわち、三次元測定機のコラム及びサポートは、サイズ及び質量が大きく、温度変化に関わる時定数も大きい。そのため、コラム及びサポートの温度分布に起因する不確かさが伸縮量の推定値に存在する。例えば、温度検出センサをコラム及びサポートの表面の特定部分に配置した場合、コラム及びサポートの表面温度と内部温度との差に起因する不確かさが存在する。また、コラム及びサポートを形成する材料の公称熱膨脹係数の不確かさ及び温度検出センサの不確かさも伸縮量の推定値の不確かさの原因となる。

40

##### 【0010】

本発明は、上記課題を解決するため、温度変化による伸縮量を正確に測定することができる産業機械及びその伸縮量測定方法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】

本発明の第1の観点による産業機械は、直交三軸方向にそれぞれ平行な3つの移動軸を用いてプローブ又は工具とワークを相対移動する移動機構と、前記移動機構の構成要素を形成する材料よりも熱膨脹係数が小さい材料で形成された低熱膨張部材と、温度変化による前記構成要素の前記直交三軸方向の一方向の伸縮量を、前記低熱膨張部材を基準として測定する伸縮量測定手段とを具備する。

##### 【0012】

50

前記直交三軸方向は、X軸方向、Y軸方向、及びZ軸方向を含んでもよい。前記移動機構は、前記ワークが設置されるベース上面が形成されたベースと、前記ベースに支持され、前記ベースに対して前記Y軸方向に移動するブリッジ構造であるYキャリッジと、前記Yキャリッジに支持され、前記Yキャリッジに対して前記X軸方向に移動するXスライダと、前記Xスライダに支持され、前記Xスライダに対して前記Z軸方向に移動し、前記プローブ又は前記工具を保持するZラムとを備えてもよい。前記ベース上面は前記Z軸方向に直交する。前記Yキャリッジは、前記Z軸方向に沿ってそれぞれ立設され、前記X軸方向に互いに離れたコラム及びソーラーと、前記コラム及び前記ソーラーに支持され、前記Xスライダを前記X軸方向に案内するXビームとを備える。この場合、前記低熱膨張部材は、前記コラムを形成する材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成された第1低熱膨張部材と、前記ソーラーを形成する材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成された第2低熱膨張部材とを含むことが好ましい。前記伸縮量測定手段は、前記コラムの前記Z軸方向の伸縮量を、前記第1低熱膨張部材を基準として測定し、前記ソーラーの前記Z軸方向の伸縮量を、前記第2低熱膨張部材を基準として測定することが好ましい。10

#### 【0013】

前記低熱膨張部材は、前記コラムを形成する材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成された第3低熱膨張部材を更に含むことが好ましい。前記第1低熱膨張部材は、前記コラムの第1位置に配置され、前記第3低熱膨張部材は、前記第1位置から前記Y軸方向に離れた前記コラムの第2位置に配置されることが好ましい。前記伸縮量測定手段は、前記第1位置における前記コラムの前記Z軸方向の伸縮量を、前記第1低熱膨張部材を基準として測定し、前記第2位置における前記コラムの前記Z軸方向の伸縮量を、前記第3低熱膨張部材を基準として測定することが好ましい。20

#### 【0014】

上記産業機械は、前記Zラムに固定され、前記Z軸方向に延びるZスケールと、前記Xスライダに設けられ、前記Zスケールの値を読み取るZ検出器とを更に具備してもよい。この場合、前記第1低熱膨張部材は、前記コラムの内部に形成された空洞に配置され、前記Z軸方向の両側にそれぞれ位置する第1上端部及び第1下端部を備えることが好ましい。前記第1下端部は、前記コラムの前記ベース側の端部に対して前記Z軸方向に変位しないように固定されることが好ましい。前記第1上端部は、前記第1低熱膨張部材と前記コラムの熱膨脹差により前記コラムに対して前記Z軸方向に自由に変位することを許容されていることが好ましい。前記第2低熱膨張部材は、前記ソーラーの内部に形成された空洞に配置され、前記Z軸方向の両側にそれぞれ位置する第2上端部及び第2下端部を備えることが好ましい。前記第2下端部は、前記ソーラーの前記ベース側の端部に対して前記Z軸方向に変位しないように固定されることが好ましい。前記第2上端部は、前記第2低熱膨張部材と前記ソーラーの熱膨脹差により前記ソーラーに対して前記Z軸方向に自由に変位することを許容されていることが好ましい。前記伸縮量測定手段は、前記第1上端部を基準として前記コラムの前記Z軸方向の伸縮量を測定し、前記第2上端部を基準として前記ソーラーの前記Z軸方向の伸縮量を測定することが好ましい。前記第1下端部及び前記第2下端部の前記Z軸方向の位置は、前記ベース上面の前記Z軸方向の位置に概ね一致することが好ましい。前記第1上端部及び前記第2上端部の前記Z軸方向の位置は、前記Z検出器の検出基準点の前記Z軸方向の位置に概ね一致することが好ましい。30

#### 【0015】

前記直交三軸方向は、X軸方向、Y軸方向、及びZ軸方向を含んでもよい。前記移動機構は、ベースと、前記ベースに支持され、前記ベースに対して前記Y軸方向に移動するYテーブルと、前記ベースに固定された固定ブリッジと、前記固定ブリッジに支持され、前記固定ブリッジに対して前記X軸方向に移動するXスライダと、前記Xスライダに支持され、前記Xスライダに対して前記Z軸方向に移動し、前記プローブ又は前記工具を保持するZラムとを備えてもよい。前記ワークが設置されるテーブル上面が前記Yテーブルに形成される。前記テーブル上面は前記Z軸方向に直交する。前記固定ブリッジは、前記Yテーブルを前記X軸方向に跨ぐ両側で前記Z軸方向に沿ってそれぞれ立設された第1コラム40

及び第2コラムと、前記第1コラム及び前記第2コラムに支持され、前記Xスライダを前記X軸方向に案内するXビームとを備える。この場合、前記低熱膨張部材は、前記第1コラムを形成する材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成された第1低熱膨張部材と、前記第2コラムを形成する材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成された第2低熱膨張部材とを含むことが好ましい。前記伸縮量測定手段は、前記第1コラムの前記Z軸方向の伸縮量を、前記第1低熱膨張部材を基準として測定し、前記第2コラムの前記Z軸方向の伸縮量を、前記第2低熱膨張部材を基準として測定することが好ましい。

【0016】

上記産業機械は、前記Zラムに固定され、前記Z軸方向に延びるZスケールと、前記Xスライダに設けられ、前記Zスケールの値を読み取るZ検出器とを更に具備してもよい。この場合、前記第1低熱膨張部材は、前記第1コラムの内部に形成された空洞に配置され、前記Z軸方向の両側にそれぞれ位置する第1上端部及び第1下端部を備えることが好ましい。前記第1下端部は、前記第1コラムの前記ベース側の端部に対して前記Z軸方向に変位しないように固定されることが好ましい。前記第1上端部は、前記第1低熱膨張部材と前記第1コラムの熱膨張差により前記第1コラムに対して前記Z軸方向に自由に変位することを許容されていることが好ましい。前記第2低熱膨張部材は、前記第2コラムの内部に形成された空洞に配置され、前記Z軸方向の両側にそれぞれ位置する第2上端部及び第2下端部を備えることが好ましい。前記第2下端部は、前記第2コラムの前記ベース側の端部に対して前記Z軸方向に変位しないように固定されることが好ましい。前記第2上端部は、前記第2低熱膨張部材と前記第2コラムの熱膨張差により前記第2コラムに対して前記Z軸方向に自由に変位することを許容されていることが好ましい。前記伸縮量測定手段は、前記第1上端部を基準として前記第1コラムの前記Z軸方向の伸縮量を測定し、前記第2上端部を基準として前記第2コラムの前記Z軸方向の伸縮量を測定することが好ましい。前記第1下端部及び前記第2下端部の前記Z軸方向の位置は、前記テーブル上面の前記Z軸方向の位置に概ね一致することが好ましい。前記第1上端部及び前記第2上端部の前記Z軸方向の位置は、前記Z検出器の検出基準点の前記Z軸方向の位置に概ね一致することが好ましい。

【0017】

前記低熱膨張部材は、前記構成要素（例示：前記コラム、前記サポート、前記第1コラム、前記第2コラム）の内部に空洞が形成されていない等の場合は、前記構成要素の外に配置されてもよい。

【0018】

前記伸縮量測定手段は、接触測定子を有する差動トランス式変位計、渦電流式変位計、静電容量式変位計、又は光学式変位計を含むことが好ましい。

【0019】

上記産業機械は、前記低熱膨張部材の温度を検出する温度検出センサと、前記温度、前記低熱膨張部材の熱膨張係数、及び基準温度における前記低熱膨張部材の寸法に基づいて前記低熱膨張部材の伸縮量を算出し、前記低熱膨張部材の前記伸縮量に基づいて前記構成要素の前記伸縮量を補正する伸縮量補正手段とを更に具備することが好ましい。

【0020】

本発明の第2の観点による産業機械の伸縮量測定方法は、直交三軸方向にそれぞれ平行な3つの移動軸を用いてプローブ又は工具とワークを相対移動する移動機構を備える産業機械の伸縮量測定方法であって、温度変化による前記移動機構の構成要素の前記直交三軸方向の一方向の伸縮量を、前記構成要素を形成する材料よりも熱膨張係数が小さい材料で形成された低熱膨張部材を基準として測定する。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、温度変化による伸縮量を正確に測定することができる産業機械及びその伸縮量測定方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

## 【0022】

【図1】実施の形態1にかかる三次元測定機（産業機械）の概略構成を示す図である。

【図2】実施の形態1にかかる三次元測定機の測定機本体の平面図である。

【図3】実施の形態1にかかる三次元測定機のZ軸方向変位に関わる要素を抽出して示す図である。

【図4】実施の形態2にかかる三次元測定機（産業機械）の概略構成を示す図である。

【図5】実施の形態3にかかるZ補正基準ユニットの概略構成を示す図である。

【図6】実施の形態4にかかるZ補正基準ユニットの概略構成を示す斜視図である。

【図7】実施の形態5にかかるZ補正基準ユニットの概略構成を示す図である。

【図8A】変形例1にかかる三次元測定機（産業機械）の概略構成を示す図である。

10

【図8B】変形例2にかかる三次元測定機（産業機械）の概略構成を示す図である。

【図8C】変形例3にかかる三次元測定機（産業機械）の概略構成を示す図である。

【図8D】変形例4にかかる三次元測定機（産業機械）の概略構成を示す図である。

【図8E】変形例5にかかる三次元測定機（産業機械）の概略構成を示す図である。

【図8F】変形例6にかかる三次元測定機（産業機械）の概略構成を示す図である。

【図8G】変形例7にかかる三次元測定機（産業機械）の概略構成を示す図である。

【図8H】変形例8にかかる三次元測定機（産業機械）の概略構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

## 【0023】

（実施の形態1）

20

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。各図面においては、同一要素には同一の符号が付されており、必要に応じて重複説明は省略される。

## 【0024】

図1は、実施の形態1に係る産業機械である三次元測定機の概略構成を示す図である。

図1において、三次元測定機1は、測定機本体2と、測定機本体2の駆動制御や三次元座標値の演算処理などを実行する制御部3と、被測定物であるワークWと測定子4aとの接触を示す信号や接触による測定子4aの変位量の信号を制御部3に出力するプローブ4とを備える。三次元測定機1は、ブリッジ移動形三次元測定機である。また、三次元測定機1は、三軸直交座標を有するブリッジ構造形機械装置と称される場合がある。

## 【0025】

30

測定機本体2は、X軸方向、Y軸方向、及びZ軸方向からなる直交三軸方向にプローブ4を移動する移動機構2aを備える。移動機構2aは、主な構成要素として、ベース21、Yレール212、Yキャリッジ22、Xスライダ23、及びZラム24を備える。ベース21は、設置床の所定の位置に設置される。Yレール212は、ベース21に固定されY軸方向に延びる。Yキャリッジ22は、Yレール212に沿ってベース21のベース上面211を移動可能である。Xスライダ23は、Yキャリッジ22に支持されてYキャリッジ22に対してX軸方向に移動可能である。Zラム24は、Xスライダ23に支持されてXスライダ23に対してZ軸方向に移動可能であり、プローブ4を保持する。

## 【0026】

ベース21のベース上面211には、ワークW及びマスタボール213が設置される。ベース上面211は、Z軸方向に直交する。Yキャリッジ22は、ベース21に支持され、Yレール212に案内されて、ベース21に対してY軸方向に移動するブリッジ構造である。Yキャリッジ22は、Z軸方向に沿ってそれぞれ立設されたコラム222及びサポート223と、X軸方向に延びるXビーム221とを備える。コラム222及びサポート223は、互いにX軸方向に離れている。

40

## 【0027】

Xビーム221は、コラム222及びサポート223によって支持され、Xスライダ23を案内する。Xスライダ23は、Xビーム221に沿って移動可能である。Zラム24は、Xスライダ23の内部に設けられたガイド部に沿ってZ軸方向に移動可能である。すわわち、移動機構2aは、X軸方向、Y軸方向、及びZ軸方向にそれぞれ平行な3つの移

50

動軸を用いてプローブ4（プローブ4を保持するコラム222）とワークW（ワークWが設置されるベース21）を相対移動することができる。

【0028】

Yキャリッジ22のZ軸方向（鉛直方向）の重量は、コラム222の下端面に設けられるエアパッド225A及び225Bと、サポート223の下端面に設けられるエアパッド225Cにより、全3カ所で支持される。エアパッド225A及び225Bは、互いにY軸方向に離れている。エアパッド225A～225Cの各々は、静圧気体軸受の機能を有する要素部品である。また、コラム222とエアパッド225Aのジョイント部、コラム222とエアパッド225Bのジョイント部、及びサポート223とエアパッド225Cのジョイント部にはそれぞれ調整ねじ224が設けられ、Xスライダ23の運動がベース上面211と平行になるように三点の支持高さを調整できるようになっている。

10

【0029】

図2は、Z軸上方から見た測定機本体2を示している。エアパッド225A～225Cにそれぞれ対応する位置A～CにZ補正基準ユニット25が設けられている。Z補正基準ユニット25は、それぞれエアパッド225A～225Cの上方に設けられる。Z補正基準ユニット25は、低熱膨張部材である低熱膨張シャフト251と、ガイドユニット253とを備える。Z補正基準ユニット25については、以下に詳しく説明する。

【0030】

図1に戻って、コラム222及びサポート223の内部には空洞が形成されている。エアパッド225Aに対応する位置Aに設けられたZ補正基準ユニット25は、エアパッド225Aに対応する調整ねじ224の軸上に配置された低熱膨張シャフト251と、低熱膨張シャフト251をコラム222の空洞内でZ軸方向に平行に支持するガイドユニット253と、低熱膨張シャフト251を基準として位置Aにおけるコラム222のZ軸方向の相対変位を検出する変位計252とを備える。

20

【0031】

エアパッド225Bに対応する位置Bに設けられたZ補正基準ユニット25は、エアパッド225Bに対応する調整ねじ224の軸上に配置された低熱膨張シャフト251と、低熱膨張シャフト251をコラム222の空洞内でZ軸方向に平行に支持するガイドユニット253と、低熱膨張シャフト251を基準として位置Bにおけるコラム222のZ軸方向の相対変位を検出する変位計252とを備える。

30

【0032】

エアパッド225Cに対応する位置Cに設けられたZ補正基準ユニット25は、エアパッド225Cに対応する調整ねじ224の軸上に配置された低熱膨張シャフト251と、低熱膨張シャフト251をサポート223の空洞内でZ軸方向に平行に支持するガイドユニット253と、低熱膨張シャフト251を基準として位置Cにおけるサポート223のZ軸方向の相対変位を検出する変位計252とを備える。

【0033】

低熱膨張シャフト251は、温度変化にロバストな低熱膨張材料により形成される。したがって、位置A及びBに配置される低熱膨張シャフト251を形成する材料の熱膨張係数はコラム222を形成する材料の熱膨張係数より小さく、位置Cに配置される低熱膨張シャフト251を形成する材料の熱膨張係数はサポート223を形成する材料の熱膨張係数より小さい。

40

【0034】

低熱膨張シャフト251の下端部は、ベース上面211の近傍に配置され、調整ねじ224の頭頂部に接触している。したがって、低熱膨張シャフト251の下端部は、コラム222又はサポート223の下端部（ベース21側の端部）に対してZ軸方向に変位しないように固定された固定端となっている。尚、低熱膨張シャフト251は、必ずしもエアパッド225A～225Cの中心軸上（調整ねじ224の軸上）に配置される必要はない。

【0035】

50

ガイドユニット 253 は、例えばストロークベアリングを備えることで、低熱膨張シャフト 251 とコラム 222 又はサポート 223 との伸縮量の差による Z 軸方向の相対変位を拘束することなく低熱膨張シャフト 251 を支持する。したがって、低熱膨張シャフト 251 の上端部は、低熱膨張シャフト 251 とコラム 222 又はサポート 223 との熱膨脹差によりコラム 222 又はサポート 223 の上端部に対して Z 軸方向に自由に変位することを許容された自由端となっている。

#### 【0036】

変位計 252 は、コラム 222 又はサポート 223 の上端部（例えば上面）に配置されている。コラム 222 又はサポート 223 の上端部は、X ビーム 221 側の端部である。変位計 252 は、Z 軸方向に変位するプランジャー式の接触測定子 252a を備える。接触測定子 252a の先端は、低熱膨張シャフト 251 の上端部（例えば上端面）に接触している。変位計 252 は、例えば、差動トランス式変位計である。位置 A に設けられた変位計 252 は、温度変化により生じた位置 A におけるコラム 222 の Z 軸方向の伸縮量を、位置 A に設けられた熱膨張シャフト 251 の上端部を基準として直接測定し、測定信号を制御部 3 に出力する。位置 B に設けられた変位計 252 は、温度変化により生じた位置 B におけるコラム 222 の Z 軸方向の伸縮量を、位置 B に設けられた熱膨張シャフト 251 の上端部を基準として直接測定し、測定信号を制御部 3 に出力する。位置 C に設けられた変位計 252 は、温度変化により生じた位置 C におけるサポート 223 の Z 軸方向の伸縮量を、位置 C に設けられた熱膨張シャフト 251 の上端部を基準として直接測定し、測定信号を制御部 3 に出力する。

10

20

#### 【0037】

したがって、三次元測定機 1 の移動機構 2a の構成要素であるコラム 222 及びサポート 223 の温度変化による伸縮量を正確に測定することができる。また、本実施の形態にかかる伸縮量の測定方法は、コラム 222 及びサポート 223 に複数の温度検出センサを配置して温度を測定し、コラム 222 及びサポート 223 の温度及び熱膨脹係数に基づいて伸縮量を推定する方法に比べて簡便である。

#### 【0038】

測定機本体 2 は、プローブ 4 の X 軸方向の移動量を測定するための X スケール 231 及び X 検出器 232 と、プローブ 4 の Y 軸方向の移動量を測定するための Y スケール 214 及び Y 検出器 226 と、プローブ 4 の Z 軸方向の移動量を測定するための Z スケール 241 及び Z 検出器 233 とを備える。X スケール 231 は、X ビーム 221 に固定され、X 軸方向に延びている。X 検出器 232 は、X スライダ 23 に設けられ、X スケール 231 の値を読み取り、読み取り結果を示す信号を制御部 3 に出力する。Y スケール 214 は、Y レール 212 に固定され、Y 軸方向に延びている。Y 検出器 226 は、コラム 222 に設けられ、Y スケール 231 の値を読み取り、読み取り結果を示す信号を制御部 3 に出力する。Z スケール 241 は、Z ラム 24 に固定され、Z 軸方向に延びている。Z 検出器 233 は、X スライダ 23 に設けられ、Z スケール 241 の値を読み取り、読み取り結果を示す信号を制御部 3 に出力する。

30

#### 【0039】

制御部 3 は、CPU (Central Processing Unit) や、メモリなどを備えて構成され、記憶部 31 と、変位検出部 32 と、補正演算部 33 とを備える。記憶部 31 は、制御部 3 で用いられる情報を記憶する。変位検出部 32 及び補正演算部 33 の機能は後述する。

40

#### 【0040】

図 3 は、温度変化による Z 軸座標の変位を補正する機能を説明するため、三次元測定機 1 における Z 軸方向変位に関わる要素を抽出して示す。コラム 222 の高さを Lc、低熱膨張シャフト 251 の長さを Ls とする。Z スケール 241 の固定点 E は、Z ラム 24 の先端部（プローブ 4 側の端部）に固定されている。Z スケール 241 の固定点 E 以外の部分は、温度変化による Z スケール 241 と Z ラム 24 の伸縮差を逃がすことができるよう Z ラム 24 に装着されている。固定点 E は、Z スケール目盛検出下端と称される場合が

50

ある。Zスケール241の熱膨脹係数がZラム24の熱膨脹係数より小さい場合、固定点Eはプローブ4に近いことが好ましい。ラム24を最下端に下した際のZ検出器233の検出基準点Oと固定点Eとの距離(O-E)をZ軸測定範囲Lzとしている。Z検出器233の検出基準点OのZ軸方向の位置は、低熱膨張シャフト251の上端部のZ軸方向の位置に一致している。尚、検出基準点Oは、スケール検出基準点と称される場合がある。

#### 【0041】

変位検出部32は、変位計252が出力した測定信号に基づいて、変位量を算出する。例えば、変位検出部32は、コラム222及びサポート223の伸縮に起因して生じる、Xスライダ23又はZラム24のZ軸方向の変位量を算出する。補正演算部33は、変位検出部32が算出した変位量に基づいて補正を行う。換言すると、制御部3は、温度変化によるコラム222及びサポート223のZ軸方向の伸縮量に基づいて、プローブ4又はワークWの座標を算出することができる。

#### 【0042】

通常、ワークW及びマスタボール213は、ベース上面211に設置される。マスタボール213の球中心座標が「ワーク座標系」と呼ばれるワークW側の座標基準点となる。したがって、特許文献1及び2に関わる技術的な問題点を言い換えると、Xスケール231、Yスケール214、及びZスケール241で構成される「機械座標系」と「ワーク座標系」が温度変化に起因してZ軸方向に相対的に変位するということである。

#### 【0043】

以上により、Z補正基準ユニット25により測定したコラム222及びサポート223のZ軸方向の伸縮量を用いて温度変化によるZ軸方向の変位を補正することができる。したがって、三次元測定機1の「機械座標系」におけるZ座標は、コラム222及びサポート223を低熱膨張材料で形成した場合と同等の熱的安定度を得ることができる。尚、温度変化によるプローブ長Lpの伸縮量をZ補正基準ユニット25により補正することはできないが、プローブ長Lpが比較的短いことに加え、プローブ4の筐体を低熱膨張材料で形成するなどの工夫によって、温度変化によるプローブ長Lpの伸縮はほとんど問題にならない。Zラム24の固定点Eより下側の部分及びプローブ4の温度とそれらの熱膨脹係数に基づいて、プローブ長Lpの伸縮量を補正してもよい。

#### 【0044】

更に、コラム222及びサポート223のZ軸方向の伸縮量を個別に測定しているため、XZ平面内でのXビーム221の傾き及びXZ平面内でのZ軸の倒れ(Z軸のY軸まわりの回転)を検出することができる。更に、Y軸方向に互いに離れた位置A及びBにおけるコラム222のZ軸方向の伸縮量を個別に測定しているため、YZ平面内でのZ軸の倒れ(Z軸のX軸まわりの回転)を検出することができる。

#### 【0045】

更に、固定端である低熱膨張シャフト251の下端部のZ軸方向の位置がワークW及びマスタボール213が設置されるベース上面211のZ軸方向の位置に概ね一致し、伸縮量測定の基準点である低熱膨張シャフト251の上端部のZ軸方向の位置がZ検出器233の検出基準点OのZ軸方向の位置に概ね一致している。そのため、温度変化による「機械座標系」と「ワーク座標系」のZ軸方向の相対変位をより正確に検出することができる。尚、Zスケール241とワークWが測定中の誤操作により干渉し損傷することを防ぐためにスケール241を上方に配置すると、Z検出器233も上方に配置する必要がある。このような場合、低熱膨張シャフト251の上端部をXビーム221の内部に形成された空洞内に配置し、変位計252をXビーム221に固定すればよい。

#### 【0046】

更に、低熱膨張シャフト251がコラム222及びサポート223の内部に形成された空洞に配置されているため、低熱膨張シャフト251は環境温度変化の影響を受けにくい。

#### 【0047】

低熱膨張シャフト251を形成する低熱膨張材料としては、スーパインバー(FN-3)

10

20

30

40

50

15) やインバー (FN-36) が好適であるが、溶融石英や低熱膨張ガラスセラミックスを用いることもできる。スーパインバー やインバーで形成された低熱膨張シャフト 251 を用いることで、コラム 222 又は 223 をスーパインバー やインバーで形成した場合に比べてコストを削減できる。更に、コラム 222 及びサポート 223 とは異なり、低熱膨張シャフト 251 には X ビーム 221 等の重量がかからないため、高脆性材料を用いて低熱膨張シャフト 251 を形成することができる。また、低熱膨張シャフト 251 は、棒状であればよく、断面は円形に限らない。

【0048】

以上、実施の形態 1 に係る産業機械の例として三次元測定機 1 を説明した。尚、実施の形態 1 に係る産業機械は工作機械であってもよい。この場合、Z ラム 24 は、プローブ 4 又は、ワーク W を加工するための工具を保持する。

10

【0049】

(実施の形態 2)

次に、実施の形態 2 にかかる産業機械を説明する。尚、実施の形態 1 と共通する事項の説明は省略される場合がある。以下、実施の形態 2 にかかる産業機械が三次元測定機の場合を説明するが、実施の形態 2 にかかる産業機械は工作機械であってもよい。

【0050】

図 4 は、実施の形態 2 に係る産業機械である三次元測定機の概略構成を示す図である。

図 4 において、三次元測定機 10 は、測定機本体 20 と、測定機本体 20 の駆動制御や三次元座標値の演算処理などを実行する制御部 30 と、被測定物であるワーク W (図 4 に示されず) と測定子との接触を示す信号や接触による測定子の変位量の信号を制御部 30 に出力するプローブ 4 とを備える。三次元測定機 10 は、固定ブリッジ形三次元測定機 (ブリッジ固定テーブル移動形三次元測定機) である。また、三次元測定機 10 は、三軸直交座標を有するブリッジ構造形機械装置と称される場合がある。

20

【0051】

測定機本体 20 は、X 軸方向、Y 軸方向、及び Z 軸方向にそれぞれ平行な 3 つの移動軸を用いてプローブ 4 とワーク W を相対移動する移動機構 20a を備える。移動機構 20a は、主な構成要素として、ベース 201、固定ブリッジ 220、2 本の Y レール 202、Y テーブル 204、X スライダ 23、及び Z ラム 24 を備える。固定ブリッジ 220 は、ベース 201 のベース上面 201a に固定される。2 本の Y レール 202 は、ベース上面 201a の中央部に形成された凹部に固定され、Y 軸方向に延びる。Y テーブル 204 は、2 本の Y レール 202 に案内されてベース 201 上を移動可能である。X スライダ 23 は、固定ブリッジ 220 に支持されて固定ブリッジ 220 に対して X 軸方向に移動可能である。Z ラム 24 は、X スライダ 23 に支持されて X スライダ 23 に対して Z 軸方向に移動可能であり、プローブ 4 を保持する。

30

【0052】

Y テーブル 204 のテーブル上面 205 には、ワーク W 及びマスタボール 213 (図 4 に示されず) が設置される。テーブル上面 205 は、Z 軸方向に直交する。テーブル上面 205 の Z 軸方向の位置は、ベース上面 201a の Z 軸方向の位置に概ね一致している。Y テーブル 204 は、2 本の Y レール 202 を介してベース 201 に支持され、固定ブリッジ 220 をくぐるような態様でベース 201 に対して Y 軸方向に移動する。固定ブリッジ 220 は、Y テーブル 204 を X 軸方向に跨ぐ両側で Z 軸方向に沿ってそれぞれ立設された 2 本のコラム 228 と、X 軸方向に延びる X ビーム 221 とを備える。2 本のコラム 228 は、互いに X 軸方向に離れてベース上面 201a に固定されている。X ビーム 221 は、2 本のコラム 228 に支持され、X スライダ 23 を X 軸方向に案内する。

40

【0053】

2 本のコラム 228 の内部には空洞が形成されている。コラム 228 の各々に対して Z 補正基準ユニット 25 が設けられている。Z 補正基準ユニット 25 は、コラム 228 の空洞内に配置された低熱膨張シャフト 251 と、低熱膨張シャフト 251 をコラム 228 の空洞内で Z 軸方向に平行に支持するガイドユニット 253 と、低熱膨張シャフト 251 を

50

基準としてコラム 228 の Z 軸方向の相対変位を検出する変位計 252 とを備える。低熱膨張シャフト 251 を形成する材料の熱膨脹係数はコラム 228 を形成する材料の熱膨脹係数より小さい。

【0054】

低熱膨張シャフト 251 の下端部は、ベース上面 201a に接触している。したがって、低熱膨張シャフト 251 の下端部は、コラム 228 の下端部（ベース 201 側の端部）に対して Z 軸方向に変位しないように固定された固定端となっている。尚、低熱膨張シャフト 251 の下端部は、必ずしもベース上面 201a に支持される必要はなく、ベース上面 201a の近傍でコラム 228 の下端部に支持されてもよい。

【0055】

ガイドユニット 253 は、低熱膨張シャフト 251 とコラム 228 の伸縮量の差による Z 軸方向の相対変位を拘束することなく低熱膨張シャフト 251 を支持する。したがって、低熱膨張シャフト 251 の上端部は、低熱膨張シャフト 251 とコラム 228 の熱膨脹差によりコラム 228 の上端部に対して Z 軸方向に自由に変位することを許容された自由端となっている。変位計 252 は、コラム 228 の上端部（例えば上面）に配置され、温度変化により生じたコラム 228 の Z 軸方向の伸縮量を、低熱膨張シャフト 251 の上端部を基準として直接測定し、測定信号を制御部 30 に出力する。

【0056】

したがって、三次元測定機 10 の移動機構 20a の構成要素であるコラム 228 の温度変化による伸縮量を正確に測定することができる。

10

20

【0057】

測定機本体 20 は、プローブ 4 の X 軸方向の移動量を測定するための X スケール 231 及び X 検出器 232 と、プローブ 4 の Y 軸方向の移動量を測定するための Y スケール 203 及び Y 検出器 206 と、プローブ 4 の Z 軸方向の移動量を測定するための Z スケール 241 及び Z 検出器 233 とを備える。X 検出器 232 は、X スケール 231 の値を読み取り、読み取り結果を示す信号を制御部 30 に出力する。Y スケール 203 は、ベース 201 に固定され、Y 軸方向に延びている。Y 検出器 206 は、Y テーブル 204 に設けられ、Y スケール 203 の値を読み取り、読み取り結果を示す信号を制御部 30 に出力する。Z 検出器 233 は、X スライダ 23 に設けられ、Z スケール 241 の値を読み取り、読み取り結果を示す信号を制御部 30 に出力する。

30

【0058】

制御部 30 は、記憶部 301 と、変位検出部 302 と、補正演算部 303 とを備える。制御部 30、記憶部 301、変位検出部 302、及び補正演算部 303 は、それぞれ、実施の形態 1 にかかる制御部 3、記憶部 31、変位検出部 32、及び補正演算部 33 に対応している。変位検出部 302 は、変位計 252 が出力した測定信号に基づいて、変位量を算出する。例えば、変位検出部 302 は、2 本のコラム 228 の伸縮に起因して生じる、X スライダ 23 又は Z ラム 24 の Z 軸方向の変位量を算出する。補正演算部 303 は、変位検出部 302 が算出した変位量に基づいて補正を行う。換言すると、制御部 30 は、温度変化によるコラム 228 の Z 軸方向の伸縮量に基づいて、プローブ 4 又はワーク W の座標を算出することができる。

40

【0059】

以上により、Z 補正基準ユニット 25 により測定したコラム 228 の Z 軸方向の伸縮量を用いて温度変化による Z 軸方向の変位を補正することができる。したがって、三次元測定機 10 の「機械座標系」における Z 座標は、コラム 228 を低熱膨張材料で形成した場合と同等の熱的安定度を得ることができる。

【0060】

更に、2 本のコラム 228 の Z 軸方向の伸縮量を個別に測定しているため、X Z 平面内の X ピーム 221 の傾き及び X Z 平面内の Z 軸の倒れ（Z 軸の Y 軸まわりの回転）を検出することができる。更に、固定端である低熱膨張シャフト 251 の下端部の Z 軸方向の位置がワーク W 及びマスタボール 213 が設置されるテーブル上面 205 の Z 軸方向の

50

位置に概ね一致し、伸縮量測定の基準点である低熱膨張シャフト 251 の上端部の Z 軸方向の位置が Z 検出器 233 の検出基準点 O の Z 軸方向の位置に概ね一致している。そのため、温度変化による「機械座標系」と「ワーク座標系」の Z 軸方向の相対変位をより正確に検出することができる。

#### 【0061】

##### (実施の形態3)

次に、実施の形態3にかかるZ補正基準ユニットを説明する。尚、実施の形態1及び2と共に通する事項の説明は省略される場合がある。

図5は、実施の形態3にかかるZ補正基準ユニットの概略構成を示す図である。実施の形態3にかかるZ補正基準ユニット25は、実施の形態1及び2のいずれにも適用することができる。図5は、実施の形態3にかかるZ補正基準ユニット25をコラム228に設けた例を示しているが、コラム222又はサポート223に設けることも可能である。

10

#### 【0062】

実施の形態3にかかるZ補正基準ユニット25は、低熱膨張シャフト251に取り付けられた温度検出センサ254を備える。温度検出センサ254は、低熱膨張シャフト251の温度を検出し、検出した温度を制御部3又は30に出力する。制御部3又は30は、低熱膨張シャフト251の温度、低熱膨張シャフト251の熱膨脹係数、及び基準温度(例えば20)における低熱膨張シャフト長Lsに基づいて、低熱膨張シャフト251の伸縮量を算出する。更に、制御部3又は30は、低熱膨張シャフト251の伸縮量に基づいて、変位計252が測定したコラム222、サポート223、又はコラム228の伸縮量を補正する。これにより、コラム222、サポート223、又はコラム228の伸縮量を更に正確に測定することができる。また、低熱膨張シャフト251を支持する調整ねじ224を形成する材料にインバーやスーパインバーのような低熱膨張材料を用いることも有効である。

20

#### 【0063】

##### (実施の形態4)

次に、実施の形態4にかかるZ補正基準ユニットを説明する。尚、実施の形態1乃至3と共に通する事項の説明は省略される場合がある。

図6は、実施の形態4にかかるZ補正基準ユニットの概略構成を示す図である。実施の形態4にかかるZ補正基準ユニット25は、実施の形態1乃至3のいずれにも適用することができる。

30

#### 【0064】

実施の形態4にかかるZ補正基準ユニット25は、プランジャー式の接触測定子252aを備えた変位計252のかわりにリニアスケール255及びリニアエンコーダ256を備えることができる。リニアスケール255は、低熱膨張ガラスセラミックスのような低熱膨張材料により形成され、低熱膨張シャフト251の上端部に固定される。リニアエンコーダ256は、コラム222、サポート223、又はコラム228の上端部に固定され、リニアスケール255に基づいてコラム222、サポート223、又はコラム228の伸縮量を測定する光学式変位計である。

40

#### 【0065】

尚、コラム222、サポート223、又はコラム228の伸縮量を測定するために、渦電流式変位計、静電容量式変位計、及びレーザ干渉を用いた光学式変位計のような非接触変位計を用いてもよい。静電容量式変位計を用いる場合、静電容量式変位計の測定面は低熱膨張シャフト251の上端面である。

#### 【0066】

##### (実施の形態5)

次に、実施の形態5にかかるZ補正基準ユニットを説明する。尚、実施の形態1乃至4と共に通する事項の説明は省略される場合がある。

図7は、実施の形態5にかかるZ補正基準ユニットの概略構成を示す図である。実施の形態5にかかるZ補正基準ユニット25は、実施の形態1乃至4のいずれにも適用するこ

50

とができる。図7は、実施の形態5にかかるZ補正基準ユニット25をサポート223に設けた例を示しているが、コラム222又は228に設けることも可能である。

#### 【0067】

実施の形態5にかかるZ補正基準ユニット25においては、低熱膨張シャフト251が、コラム222、サポート223、又はコラム228の外に配置される。本実施の形態5は、既存の三次元測定機にZ補正基準ユニット25を後から取り付ける場合や、コラム222、サポート223、又はコラム228の内部に空洞が形成されていない場合に有効である。低熱膨張シャフト251がコラム222、サポート223、又はコラム228の外に配置される場合であっても、低熱膨張シャフト251をカバー258で覆うことで、低熱膨張シャフト251が環境温度変化の影響を受けにくくすることができる。カバー258を断熱材で形成すれば、低熱膨張シャフト251が環境温度変化の影響を一層受けにくくすることができる。10

#### 【0068】

(低熱膨張シャフト、コラム、及びサポートの伸縮量についての考察)

次に、低熱膨張シャフト251を形成する材料としてスパインバー材を用い、コラム222、サポート223、及びコラム228を形成する材料としてアルミ合金系材料を用いた場合について、環境温度変化による低熱膨張シャフト251、コラム222、サポート223、及びコラム228の伸縮量について考察する。低熱膨張シャフト251を形成するスパインバーの熱膨張係数<sub>I</sub>は、 $0.5 \times 10^{-6} / K$ であり、コラム222、サポート223、及びコラム228を形成するアルミ合金系材料の熱膨張係数の約1/45である。20

#### 【0069】

例えば、環境温度変化幅Tが9K(17~26)、低熱膨張シャフト長Ls(コラム高さLc)が約1000mmであるならば、低熱膨張シャフト長Lsの伸縮量Lsは、下記式で表される。

#### 【数1】

$$\begin{aligned}\Delta L_s &= L_s \times \alpha_I \times \Delta T = 1000[\text{mm}] \times 0.5 \times 10^{-6} [\text{K}^{-1}] \times 9[\text{K}] \\ &= 0.0045[\text{mm}] = 4.5[\mu\text{m}] \quad \cdots \quad (1)\end{aligned}$$

したがって、補正の基準である低熱膨張シャフト251のZ軸方向の変位は4.5μmである。30

#### 【0070】

ここで、実施の形態3のように低熱膨張シャフト251に温度補正を適用するならば、スパインバー材の熱膨張係数の不確かさ<sub>I</sub>を公称値の20%とし、温度検出センサ254の検出不確かさTを検出幅の20%とすると、温度補正量の不確かさLsは、下記式で表される。

#### 【数2】

$$\begin{aligned}\delta L_s &= L_s \times \delta \alpha_I \times \delta T = 1000[\text{mm}] \times 0.1 \times 10^{-6} [\text{K}^{-1}] \times 1.8[\text{K}] \\ &= 0.00018[\text{mm}] = 0.18[\mu\text{m}] \quad \cdots \quad (2)\end{aligned}$$

したがって、低熱膨張シャフト251をより確かな長さ基準として、より高精度な補正を行うことが可能となる。

#### 【0071】

因みに、コラム222、サポート223、及びコラム228を形成するアルミ合金系材料の熱膨張係数<sub>A</sub>は約 $22.5 \times 10^{-6} / K$ である。例えば、環境温度変化幅Tが9K(17~26)、コラム高さLcが約1000mmであるならば、コラム高さLcの伸縮量Lcは、下記式で表される。

10

20

40

## 【数3】

$$\Delta L_c = L_c \times \alpha_A \times \Delta T = 1000[\text{mm}] \times 22.5 \times 10^{-6} [\text{K}^{-1}] \times 9[\text{K}] \\ = 0.2025[\text{mm}] = 202.5[\mu\text{m}] \quad \cdots (3)$$

## 【0072】

なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。例えば、図8Aに示すように、変形例1にかかる産業機械11は、ブリッジ、フロア形(ガントリー形)三次元測定機である。産業機械11は、Xスケール11X、Yスケール11Y、Zスケール11Z、及びZ補正基準ユニット25を備える。図8Bに示すように、変形例2にかかる産業機械12は、ブリッジ、ベッド形三次元測定機である。産業機械12は、Xスケール12X、Yスケール12Y、Zスケール12Z、Z補正基準ユニット25を備える。  
10

## 【0073】

図8Cに示すように、変形例3にかかる産業機械13は、L形ブリッジ形三次元測定機である。産業機械13は、Xスケール13X、Yスケール13Y、Zスケール13Z、Z補正基準ユニット25を備える。図8Dに示すように、変形例4にかかる産業機械14は、カンチレバーY軸移動形三次元測定機である。産業機械14は、Xスケール14X、Yスケール14Y、Zスケール14Z、Z補正基準ユニット25を備える。

## 【0074】

図8Eに示すように、変形例5にかかる産業機械15は、シングルコラム、コラム移動形三次元測定機である。産業機械15は、Xスケール15X、Yスケール15Y、Zスケール15Z、Z補正基準ユニット25、X補正基準ユニット25Xを備える。図8Fに示すように、変形例6にかかる産業機械16は、シングルコラム、XYテーブル形三次元測定機である。産業機械16は、Xスケール16X、Yスケール16Y、Zスケール16Z、Z補正基準ユニット25、X補正基準ユニット25Xを備える。  
20

## 【0075】

図8Gに示すように、変形例7にかかる産業機械17は、ホリゾンタルアーム、テーブル移動形三次元測定機である。産業機械17は、Xスケール17X、Yスケール17Y、Zスケール17Z、Z補正基準ユニット25を備える。図8Hに示すように、変形例8にかかる産業機械18は、ホリゾンタルアーム、固定テーブル形三次元測定機である。産業機械18は、Xスケール18X、Yスケール18Y、Zスケール18Z、Z補正基準ユニット25を備える。尚、産業機械11~18は工作機械であってもよい。  
30

## 【符号の説明】

## 【0076】

- 1、10、11~18 三次元測定機
- 2、20 測定機本体
- 2a、20a 移動機構
- 3、30 制御部
- 4 プローブ
- 21、201 ベース
- 22 Yキャリッジ
- 23 Xスライダ
- 24 Zラム
- 25 Z補正基準ユニット
- 201a、211 ベース上面
- 204 Yテーブル
- 205 テーブル上面
- 220 固定ブリッジ
- 221 Xビーム
- 222、228 コラム

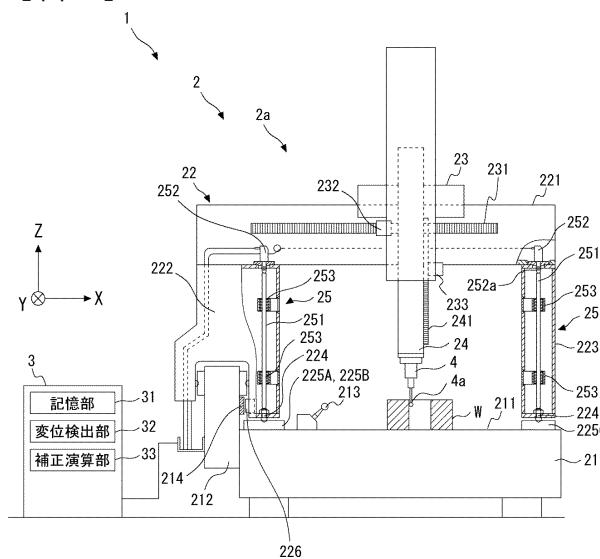
40

50

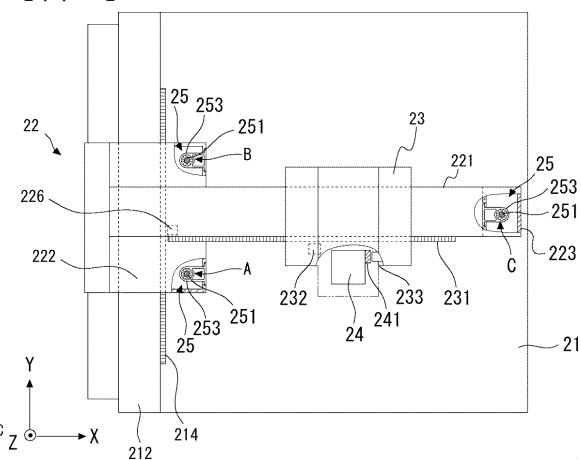
2 2 3 サポータ  
 2 3 3 Z 検出器  
 2 4 1 Z スケール  
 2 5 1 低熱膨張シャフト  
 2 5 2 变位計  
 2 5 2 a 接触測定子  
 2 5 4 溫度検出センサ  
 A ~ C 位置  
 O スケール検出基準点  
 W ワーク

10

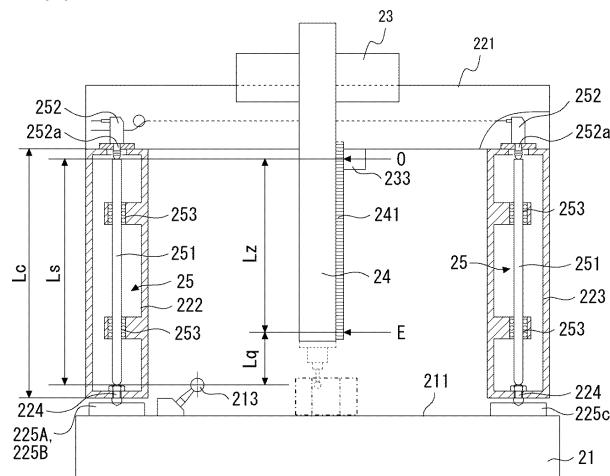
【図1】



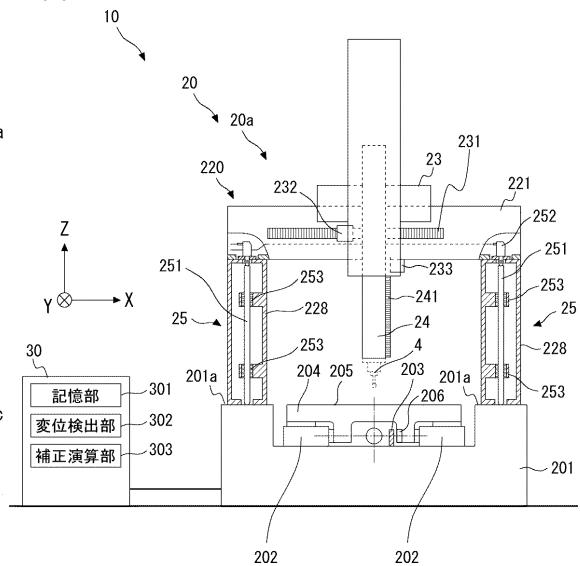
【 図 2 】



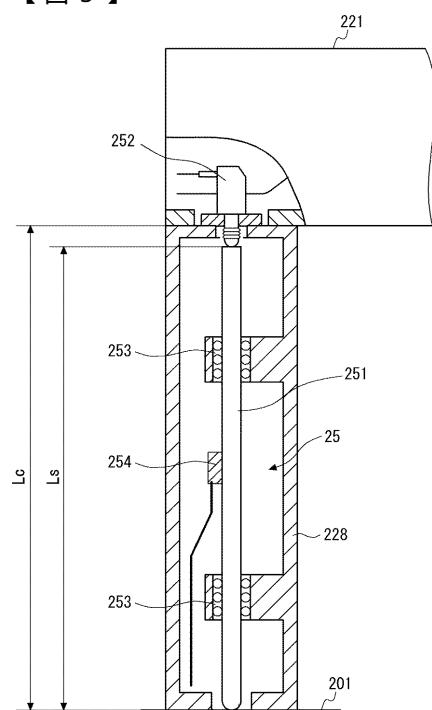
【図3】



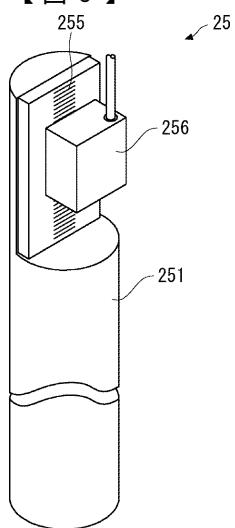
【図4】



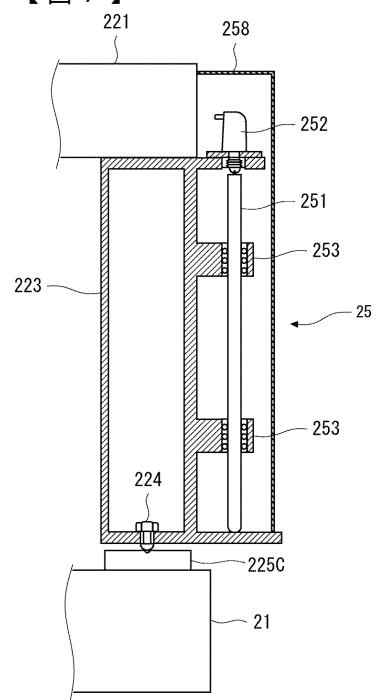
【図5】



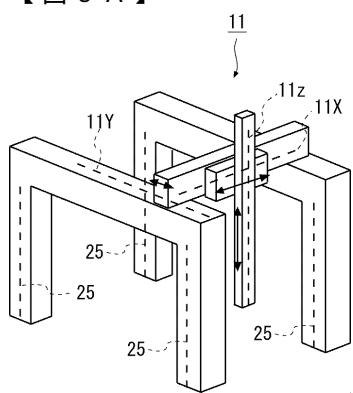
【図6】



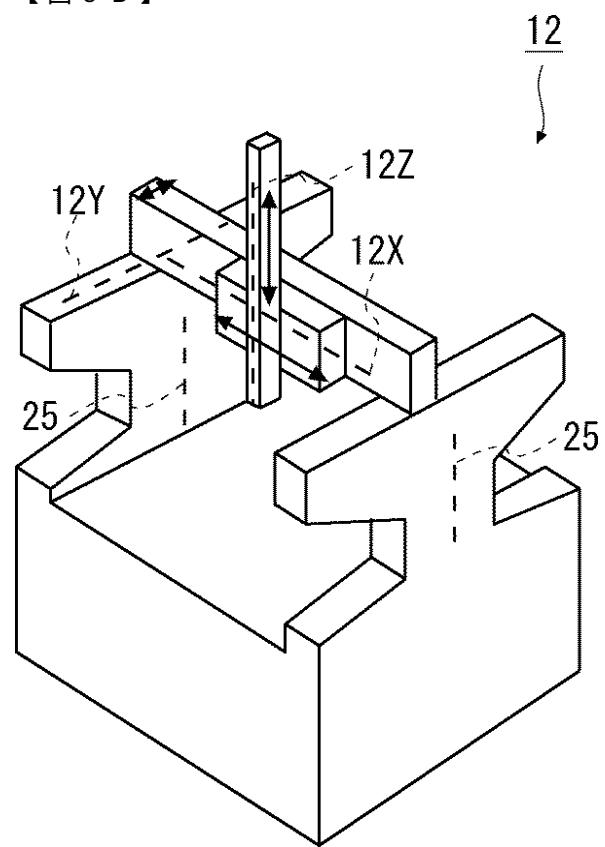
【図 7】



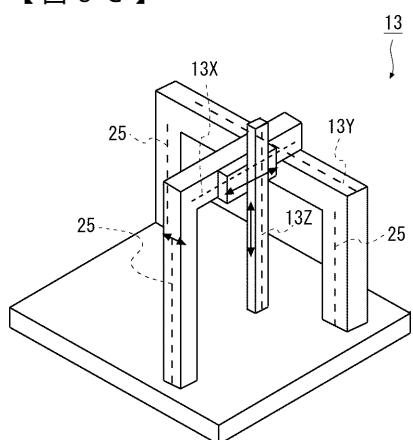
【図 8 A】



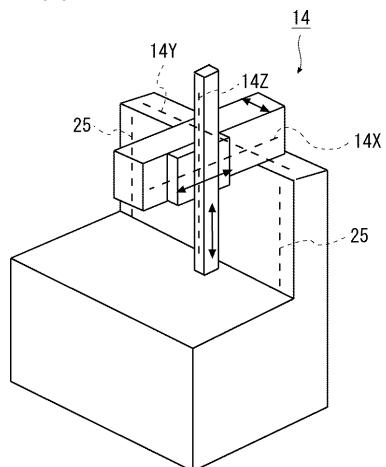
【図 8 B】



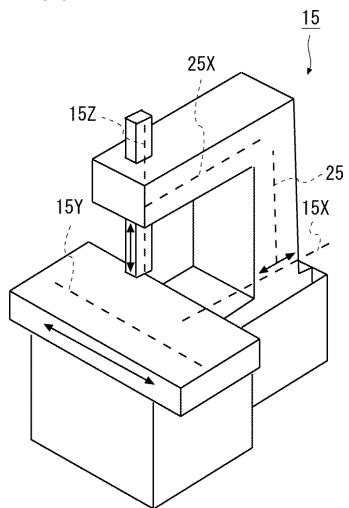
【図 8 C】



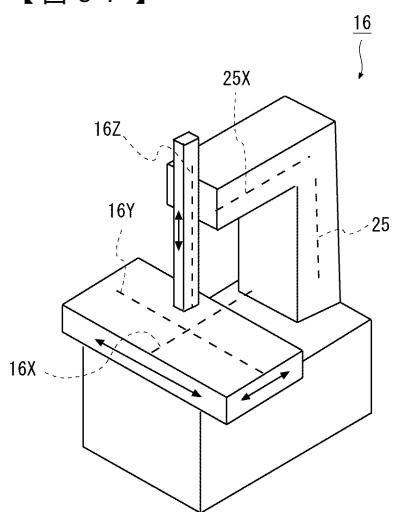
【図 8 D】



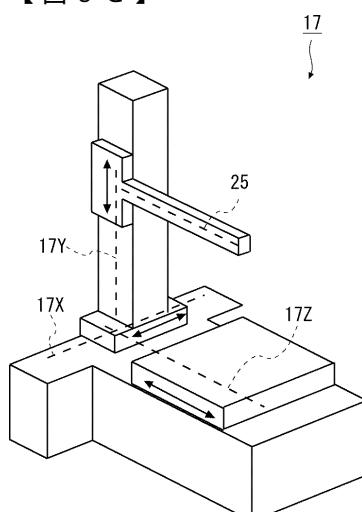
【図 8 E】



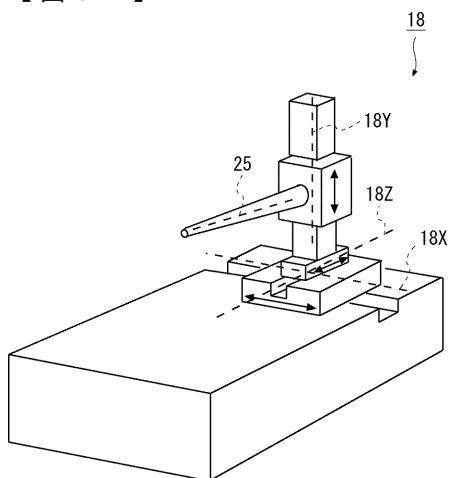
【図 8 F】



【図 8 G】



【図 8 H】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平05-172769(JP,A)  
特開2012-053033(JP,A)  
特開2001-021304(JP,A)  
特開2004-317243(JP,A)  
特開平07-318341(JP,A)  
特開平06-185968(JP,A)  
米国特許出願公開第2004/0066831(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 B 21/00 - 21/32  
G 01 B 11/00 - 11/30  
G 01 B 5/00 - 5/30