

(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2020-196094

(P2020-196094A)

(43) 公開日 令和2年12月10日(2020.12.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B23Q 15/18 (2006.01)	B23Q 15/18	3C001
G05B 19/404 (2006.01)	G05B 19/404	K 3C029
B23Q 5/40 (2006.01)	B23Q 5/40	C 3C269
B23Q 17/00 (2006.01)	B23Q 17/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2019-103931 (P2019-103931)	(71) 出願人	000001247
(22) 出願日	令和1年6月3日(2019.6.3)		株式会社ジェイテクト
		(74) 代理人	大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 110000604 特許業務法人 共立
		(72) 発明者	今野 悠生 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
		(72) 発明者	外山 弘治 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号 株式会社ジェイテクト内
		Fターム(参考)	3C001 KA05 KB09 TA04 TB02 TC02 TD02 3C029 EE01 3C269 AB31 BB03 EF10 MN07 MN14 MN16

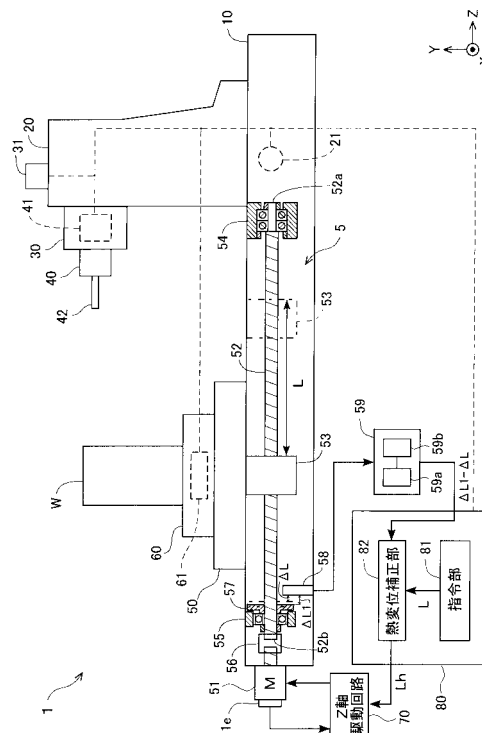
(54) 【発明の名称】 工作機械

(57) 【要約】

【課題】 主軸に回転軸線方向に沿うボールねじを主軸に近い側で固定する構成を採用しつつ熱変位の影響を低減して位置決め精度を安定化できる工作機械を提供する。

【解決手段】 工作機械1は、Z軸ボールねじ52の主軸40に近い側である第1端52aを回転可能且つ軸方向移動不能に支持するラジアルスラスト支持部54と、Z軸ボールねじ52の主軸40から遠い側である第2端52bを回転可能且つ軸方向移動可能に支持するラジアル支持部55と、ベッド10においてZ軸ボールねじ52の第2端52bに近い側に設けられ、Z軸ボールねじ52の軸方向の熱変位を検知する変位検知部としての鰐付きカラー57及びギャップセンサ58を備え、制御装置80は、ギャップセンサ58により検知された熱変位に基づいて、テーブル50の位置を補正する熱変位補正部82を備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ベッドと、回転する主軸を有し前記ベッド上に載置される主軸装置と、前記主軸の回転軸線方向に移動可能に前記ベッド上に載置されたテーブルと、前記テーブルを前記主軸の回転軸線方向に移動させる送り装置と、前記送り装置を制御する制御装置とを備え、前記送り装置が、前記ベッドに両端で回転可能に支持されるボールねじと、前記ボールねじに連結されるサーボモータとを備えて構成される工作機械であって、

前記ボールねじの前記主軸に近い側である第 1 端を回転可能且つ軸方向移動不能に支持するラジアルスラスト支持部と、

前記ボールねじの前記主軸から遠い側である第 2 端を回転可能且つ軸方向移動可能に支持するラジアル支持部と、

前記ベッドにおいて前記ボールねじの前記第 2 端に近い側に設けられ、前記ボールねじの軸方向の熱変位を検知する変位検知部と、

を備え、

前記制御装置は、前記変位検知部により検知された前記熱変位に基づいて、前記テーブルの位置を補正する熱変位補正部を備える、工作機械。

【請求項 2】

前記変位検知部は、前記ボールねじ側の測定対象に対向するように配置され、前記測定対象との離間距離を測定するギャップセンサを有する、請求項 1 に記載の工作機械。

【請求項 3】

前記測定対象は、前記ボールねじの前記第 2 端近傍に取付けられた鏝付きのカラー部材であり、

前記ギャップセンサは、前記カラー部材に対向するように配置される、請求項 2 に記載の工作機械。

【請求項 4】

前記ギャップセンサは、前記カラー部材との離間距離を常に同一の回転位相で測定する、請求項 2 に記載の工作機械。

【請求項 5】

前記測定対象は、前記テーブルに固定され且つ前記ボールねじに螺合するボールねじナットであり、

前記ギャップセンサは、前記テーブルが移動方向における特定位置に位置する時に前記ボールねじナットとの離間距離を測定する、請求項 2 に記載の工作機械。

【請求項 6】

前記サーボモータは、前記ボールねじの前記第 2 端側に連結される、請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載の工作機械。

【請求項 7】

前記測定対象は、前記ボールねじの前記第 2 端の端面であり、

前記ギャップセンサは、前記ボールねじの前記第 2 端の端面に対向するように配置される、請求項 1 又は 2 に記載の工作機械。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、工作機械に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、横型マシニングセンタ等の工作機械において、ベッド上に載置されたテーブルを、ボールねじ機構により主軸装置の回転軸線方向に移動させる構成が多く採用されている。このような工作機械では、ボールねじが軸線方向において主軸に近い第 1 端側が回転可能に支持され且つ軸線方向に移動不能に固定され、主軸から遠い第 2 端側が回転可能に支持され且つ軸線方向に移動可能に支持する構成となっている。

【0003】

このようにボールねじの主軸に近い側を固定側とする構成によれば、次のような利点がある。第1に、ボールねじの伸び方向が主軸の伸び方向と同一のため、熱変位による双方の伸びが打ち消し合う関係となる。第2に、多くの場合、工作物の加工位置は主軸に近い場所となるため、固定側である第1端から加工位置に対応するボールねじナットまでの距離が短くなり、軸方向の剛性を大きく確保することができる。さらに、ボールねじの熱変位による位置決め精度の悪化に対しては、ボールねじに予め引っ張り力を加えてボールねじの伸びをキャンセルするプリテンション方式によって対策が図られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0004】

【特許文献1】特開2015-30083号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、ボールねじによる送り速度の一層の高速化を行うと、発熱量の増大によってボールねじの伸び量がプリテンション量を上回ることが想定され、位置決め精度の悪化に対して十分に対応できなくなることが懸念される。このため、発熱量が大きい場合においても位置決め精度を安定化させることが求められている。

【0006】

20

本発明は、主軸の回転軸線方向に沿うボールねじを主軸に近い側で固定する構成を採用しつつ熱変位の影響を低減して位置決め精度を安定化できる工作機械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】

【0007】

本発明に係る工作機械は、ベッドと、回転する主軸を有し前記ベッド上に載置される主軸装置と、前記主軸の回転軸線方向に移動可能に前記ベッド上に載置されたテーブルと、前記テーブルを前記主軸の回転軸線方向に移動させる送り装置と、前記送り装置を制御する制御装置とを備え、前記送り装置が、前記ベッドに両端で回転可能に支持されるボールねじと、前記ボールねじに連結されるサーボモータとを備えて構成される工作機械である。

30

【0008】

そして、本発明に係る工作機械は、前記ボールねじの前記主軸に近い側である第1端を回転可能且つ軸方向移動不能に支持するラジアルスラスト支持部と、前記ボールねじの前記主軸から遠い側である第2端を回転可能且つ軸方向移動可能に支持するラジアル支持部と、前記ベッドにおいて前記ボールねじの前記第2端に近い側に設けられ、前記ボールねじの軸方向の熱変位を検知する変位検知部と、を備え、前記制御装置は、前記変位検知部により検知された前記熱変位に基づいて、前記テーブルの位置を補正する熱変位補正部を備える。

【0009】

40

この構成によれば、ボールねじの伸び方向が主軸の伸び方向と同一のため、熱変位による双方の伸びが打ち消し合う関係となると共に、ボールねじにおいて軸方向移動不能な第1端から加工位置までの距離が短くなって軸方向の剛性を大きく確保できるという効果を奏する。さらに、ベッドにおいてボールねじの第2端に近い側に設けられた変位検知部が、ボールねじの軸方向の熱変位を検知し、制御装置の熱変位補正部が変位検知部により検知された熱変位に基づいて、テーブルの位置を補正することができる。よって、主軸の回転軸線方向に沿うボールねじを主軸に近い側で固定する構成を採用しつつ熱変位の影響を低減して位置決め精度を安定化できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

50

【図 1】実施形態に係る工作機械の全体構成を示す概略側面図である。

【図 2】変形例に係る工作機械の全体構成を示す概略側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の工作機械の実施形態について図面を参照しつつ説明する。

(1. 工作機械の全体構成)

まず、本発明を適用する工作機械 1 の全体構成について説明する。工作機械 1 の一例として、横型マシニングセンタを例に挙げ、図 1 を参照しつつ説明する。つまり、当該工作機械 1 は駆動軸として、相互に直交する 3 つの直進軸 (X, Y, Z 軸) および鉛直方向の回転軸 (B 軸) を有する工作機械である。なお、本発明は、横型マシニングセンタ以外の工作機械に対しても適用可能である。

10

【0012】

工作機械 1 は、図 1 に示すように、ベッド 10 と、コラム 20 と、主軸 40 を有する主軸装置 30 と、テーブル 50 と、回転台 60 と、制御装置 80 とを備えて構成される。

【0013】

ベッド 10 は、設置面上に配置される。コラム 20 は、主軸装置 30 を有しベッド 10 上に載置される。すなわち、ベッド 10 の上面には、コラム 20 が X 軸方向に直動可能に設けられている。コラム 20 は、X 軸モータ 21 により X 軸ボールねじ (図示せず) を介して駆動される。コラム 20 の側面には、主軸装置 30 が Y 軸方向に直動可能に設けられている。すなわち、主軸装置 30 は、コラム 20 を介してベッド 10 上に載置される。主軸装置 30 は、Y 軸モータ 31 により Y 軸ボールねじ (図示せず) を介して駆動される。主軸装置 30 には、主軸 40 が回転可能に設けられている。主軸 40 は、Z 軸方向を回転軸線方向とし、主軸モータ 41 により駆動される。主軸 40 の先端には、回転工具 42 が固定されている。回転工具 42 は、例えば、ボールエンドミル、エンドミル、ドリル、タップ等である。

20

【0014】

また、テーブル 50 は、主軸 40 の回転軸線方向に移動可能にベッド 10 上に載置される。すなわち、ベッド 10 の上面には、テーブル 50 が Z 軸方向に直動可能に設けられている。テーブル 50 は、Z 軸モータ 51 及び Z 軸ボールねじ 52 を有する Z 軸送り装置 5 を介して Z 軸方向に駆動される。Z 軸送り装置 5 の構成については、後述の (2. Z 軸送り装置 5 の構成) で詳細に説明する。テーブル 50 の上面には、回転台 60 が B 軸回転 (Y 軸回りの回転) を可能に設けられている。回転台 60 の上面には、工作物 W が固定される。回転台 60 は、B 軸モータ 61 により駆動される。

30

【0015】

制御装置 80 は、Z 軸送り装置 5 を含む工作機械 1 各部を制御する装置であって、主軸モータ 41 を制御して回転工具 42 を回転させ、かつ、各軸モータ 21, 31, 51, 61 を制御して、工作物 W と回転工具 42 とを相対移動させることにより、工作物 W の加工を行う。以下、Z 軸送り装置 5 の制御に関連する構成についてのみ述べる。制御装置 80 は、指令部 81 と、熱変位補正部 82 とを備えている。指令部 81 は、Z 軸送り装置 5 における距離 L の移動指令を熱変位補正部 82 に対して送信する。熱変位補正部 82 は、後述するギャップセンサ 58 からの信号に基づいて Z 軸ボールねじ 52 の熱変位補正を行い、Z 軸駆動回路 70 を介して Z 軸モータ 51 を駆動する。

40

【0016】

(2. Z 軸送り装置 5 の構成)

次に、Z 軸送り装置 5 の構成について、図 1 を参照しつつ説明する。Z 軸送り装置 5 は、テーブル 50 を主軸 40 の回転軸線方向に移動させる送り装置であって、Z 軸モータ 51 と、Z 軸ボールねじ 52 と、ボールねじナット 53 と、ラジアルスラスト支持部 54 と、ラジアル支持部 55 と、カップリング 56 と、鏝付きカラー 57 と、ギャップセンサ 58 とを備えて構成される。尚、以下の説明では、Z 軸ボールねじ 52 において、主軸 40 を備えるコラム 20 に近接する側の軸方向端部を第 1 端 52a と呼び、その反対側の軸方

50

向端部を第２端５２ｂと呼ぶ。

【００１７】

Z軸モータ５１は、Z軸ボールねじ５２を回転駆動するためのモータであって、サーボモータによって構成され、エンコーダ５１ｅを備えている。Z軸モータ５１は、Z軸ボールねじ５２の第２端５２ｂにカップリング５６を介して連結される。エンコーダ５１ｅは、Z軸ボールねじ５２の現在位置を検出し、検出信号をZ軸駆動回路７０へ送信する。Z軸駆動回路７０は、熱変位補正部８２からの補正指令だけZ軸モータ５１が動いたかどうかを、エンコーダ５１ｅからの信号に基づいて監視している。Z軸モータ５１は、ベッド１０においてコラム２０から遠い側の端部に配置されている。すなわち、Z軸モータ５１をベッド１０の端部に配置することで効率的に排熱できるのに加え、コラム２０から遠い側に配置することでZ軸モータ５１の熱がコラム２０やテーブル５０に及ぼす影響を少なくすることができる。

10

【００１８】

Z軸ボールねじ５２は、主軸４０の軸線と同一方向であるZ軸方向に沿ってベッド１０内に配置され、両端で回転可能に支持される。ボールねじナット５３は、テーブル５０の下面に固定されると共に、Z軸ボールねじ５２に螺合している。尚、図１では、ボールねじナット５３の移動先の位置を一点鎖線にて示している。

【００１９】

ラジアルスラスト支持部５４は、Z軸ボールねじ５２の主軸４０に近い側である第１端５２ａを回転可能且つ軸方向移動不能に支持する部材であって、複列背面合わせアンギュラベアリングを備える。ラジアルスラスト支持部５４は、ベッド１０側のハウジングと、ハウジングの内周及びZ軸ボールねじ５２の外周の間に介挿される一対のアンギュラベアリングと、アンギュラベアリングの外輪を挟み込むハウジングの段部及びハウジングに螺合されたナットと、アンギュラベアリングの内輪を挟み込むZ軸ボールねじ５２の段部及びZ軸ボールねじ５２に螺合されたナットとを有する。

20

【００２０】

ラジアル支持部５５は、Z軸ボールねじ５２の主軸４０から遠い側である第２端５２ｂを回転可能且つ軸方向移動可能に支持する部材であって、ラジアルベアリングを備える。ラジアル支持部５５は、ベッド１０側のハウジングと、ハウジングの内周及びZ軸ボールねじ５２の外周の間に介挿されるラジアルベアリングと、ラジアルベアリングの内輪を挟み込むZ軸ボールねじ５２の段部に係合する鍔付きカラー５７及びZ軸ボールねじ５２に螺合されたナットとを有する。よって、カップリング５６は、Z軸ボールねじ５２とZ軸モータ５１のモータ軸との芯ずれを吸収するのに加え、ラジアル支持部５５によって軸方向移動可能に支持される第２端５２ｂ側に配置されることで、Z軸ボールねじ５２の熱による軸方向の伸びを吸収する役割をも有している。尚、本実施形態は、Z軸ボールねじ５２の第２端５２ｂがラジアル支持部５５によって軸方向移動可能に支持される構成であるため、従来技術で述べたボールねじに予め引っ張り力を加えてボールねじの伸びをキャンセルするプリテンション方式を採用できない構造である。

30

【００２１】

鍔付きカラー５７は、円筒部と、円筒部の一端で径方向へ板状に延びる鍔部とを有するカラー部材であって、Z軸ボールねじ５２の図略の段部及びラジアル支持部５５のラジアルベアリングの内輪の間に介挿される。ギャップセンサ５８は、非接触で測定対象との微小な離間距離を検出する公知のセンサである。ギャップセンサ５８としては、磁力式や差動トランス式等の公知の物を用いることができる。ギャップセンサ５８は、鍔付きカラー５７に対向する位置で、ベッド１０に対して取付け固定されている。ギャップセンサ５８は、アンプ５９を介して制御装置８０と電氣的に接続されている。アンプ５９は、基準値設定回路５９ａと、減算器５９ｂとを有している。基準値設定回路５９ａは、熱膨張が無い時の鍔付きカラー５７とギャップセンサ５８との距離が基準距離 ΔL として設定される。減算器５９ｂは、ギャップセンサ５８から出力された検出距離 ΔL_1 から基準距離 ΔL を減算し、その結果が制御装置８０の熱変位補正部８２に送信される。

40

50

【0022】

(3. 熱変位補正の内容)

次に、Z軸ボールねじ52の熱変位に対するテーブル50の位置補正の内容について説明する。ギャップセンサ58が鰐付きカラー57との離間距離を検出距離 $\Delta L1$ として検出すると、アンプ59へ信号送信される。ギャップセンサ58による検出は任意のタイミングで実行可能であるが、鰐付きカラー57の鰐部の形状や取付け上の誤差の影響を排除するために常に同一回転位相で検出することが好ましい。例えば、Z軸駆動回路70にエンコーダ51eからの信号を加減算するカウンタを設け、カウンタの値が所定の値になった時にギャップセンサ58による検出を行うようにしてもよい。Z軸駆動回路70のカウンタが所定の値となった時は鰐付きカラー57は常に同一回転位相となるので、鰐付きカラー57の鰐部の形状や取付け上の誤差の影響を排除することができる。

10

【0023】

上述したように、基準値設定回路59aには、熱膨張の無い基準温度時のギャップセンサ58の検出値が基準距離 ΔL として設定されている。ギャップセンサ58は、工作機械1運転時の検出値を検出距離 $\Delta L1$ としてアンプ59に送信する。検出距離 $\Delta L1$ は、Z軸ボールねじ52が熱膨張によって軸方向に伸びた量（すなわち熱変位）を含んでいる。アンプ59では、減算器59bによって、ギャップセンサ58から送信された検出距離 $\Delta L1$ から基準距離 ΔL を減算し、減算結果、すなわち検出値と基準値との差分（ $\Delta L1 - \Delta L$ ）が制御装置80の熱変位補正部82に送信される。

20

【0024】

制御装置80の熱変位補正部82は、熱変位補正後の移動距離 Lh を、指令部81による移動指令の距離 L （指令距離 L とも称する）と、基準温度時のボールねじ52の全長 $L0$ （第1端52aから鰐付きカラー57までの距離）と、減算器59bから送られたギャップセンサ58検出値と基準値との差分 $\Delta L1 - \Delta L$ とに基づいて、 $Lh = L + (\Delta L1 - \Delta L) \times L / L0$ と算出する。すなわち、差分 $\Delta L1 - \Delta L$ に、ボールねじ52の全長に対する移動指令の距離の比率 $L / L0$ を乗ずることで移動指令の距離 L における熱変位量を算出し、その結果を指令距離 L に加算することで熱変位補正後の移動距離 Lh を求める。そして、制御装置80の熱変位補正部82は、熱変位補正後の移動距離 Lh に基づいてZ軸モータ51を駆動してテーブル50の位置制御を行う。このようにギャップセンサ58の検出結果を用いてテーブル50の位置を熱変位補正することができる。

30

【0025】

(4. まとめ)

上述したように、本実施形態によれば、Z軸ボールねじ52の伸び方向が主軸40の伸び方向と同一のため、熱変位による双方の伸びが打ち消し合う関係となると共に、Z軸ボールねじ52において軸方向移動不能な第1端52aから加工位置であるテーブル50の位置までの距離が短くなって軸方向の剛性を大きく確保できるという効果を奏する。

【0026】

さらに、ベッド10においてZ軸ボールねじ52の第2端52bに近い側に設けられた変位検知部としての鰐付きカラー57及びギャップセンサ58により、Z軸ボールねじ52の軸方向の熱変位を検知し、制御装置80の熱変位補正部82が検知された熱変位に基づいて、テーブル50の位置を補正することができる。よって、主軸40の回転軸線方向にテーブル50を移動させるZ軸ボールねじ52の熱変位の影響を低減して位置決め精度を安定化することができるという効果を奏する。

40

【0027】

また、本実施形態では、Z軸ボールねじ52側の測定対象に対向するように配置され、測定対象との離間距離を測定するギャップセンサ58によって、第2端52b側でZ軸ボールねじ52の熱変位を簡単な構成で確実に検知することができる。特に、Z軸ボールねじ52側の測定対象が第2端52b近傍に取付けられた鰐付きカラー57であり、ギャップセンサ58は、鰐付きカラー57に対向するように配置されている。よって、Z軸モータ51が連結されて端面が露出しない第2端52b側において、鰐付きカラー57を介し

50

てZ軸ボールねじ52の熱変位を確実に検出することができる。

【0028】

(5. 変形例)

本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で種々に変更を施すことが可能である。例えば、上記実施形態において、Z軸ボールねじ52の第2端52b近傍に錨付きカラー57を取付けてギャップセンサ58により離間距離を測定してテーブル50の位置を熱変位補正する例を示したが、これには限られない。例えば、図2に示す変形例のように、錨付きカラー57を省略し、ボールねじナット53をギャップセンサ58の測定対象とする構成としてもよい。尚、図2では、ボールねじナット53の移動先の位置を一点鎖線にて示し、原点復帰時の位置を破線で示している。テーブル50が移動方向における特定位置に位置する時（例えば、原点復帰時）に、ギャップセンサ58がボールねじナット53との離間距離を測定することにより、Z軸ボールねじ52の熱変位を検出することができる。

10

【0029】

本変形例では、上記実施形態と同様に、熱膨張の無い基準温度時のギャップセンサ58の検出値が基準距離 ΔL として設定されている。ギャップセンサ58は、工作機械1運転時における原点復帰時の検出値を検出距離 $\Delta L1$ としてアンプ59に送信する。アンプ59では、減算器59bによって、ギャップセンサ58から送信された検出距離 $\Delta L1$ を基準距離 ΔL から減算し、減算結果、すなわち検出値と基準値との差分 $(\Delta L - \Delta L1)$ が制御装置80の熱変位補正部82に送信される。そして、熱変位補正後の移動距離 Lh を、 $Lh = L + (\Delta L - \Delta L1) \times L / L0$ と算出する。すなわち、差分 $\Delta L - \Delta L1$ に、ボールねじ52の全長に対する移動指令の距離の比率 $L / L0$ を乗ずることで移動指令の距離 L における熱変位量を算出し、その結果を指令距離 L に加算することで熱変位補正後の移動距離 Lh を求める。そして、制御装置80の熱変位補正部82は、熱変位補正後の移動距離 Lh に基づいてZ軸モータ51を駆動してテーブル50の位置制御を行う。このようにギャップセンサ58の検出結果を用いてテーブル50の位置を熱変位補正することができる。

20

【0030】

また、上記実施形態では、サーボモータであるZ軸モータ51をZ軸ボールねじ52の第2端52b側に連結する構成としたが、これには限られず、Z軸モータ51を第1端52a側に連結する構成としてもよい。この構成では、Z軸ボールねじ52の第2端52bの端面が露出するので、当該端面に対向するようにギャップセンサ58を配置して離間距離を測定し、熱変位補正を行うように構成してもよい。

30

【符号の説明】

【0031】

W…工作物、1…工作機械、10…ベッド、30…主軸装置、40…主軸、50…テーブル、51…Z軸モータ（サーボモータ）、52…Z軸ボールねじ（ボールねじ）、52a…第1端、52b…第2端、53…ボールねじナット、57…錨付きカラー（変位検知部、測定対象、カラー部材）、58…ギャップセンサ（変位検知部）、80…制御装置、82…熱変位補正部。

40

【図 2】

