

(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  
2022年7月14日(14.07.2022)



(10) 国際公開番号

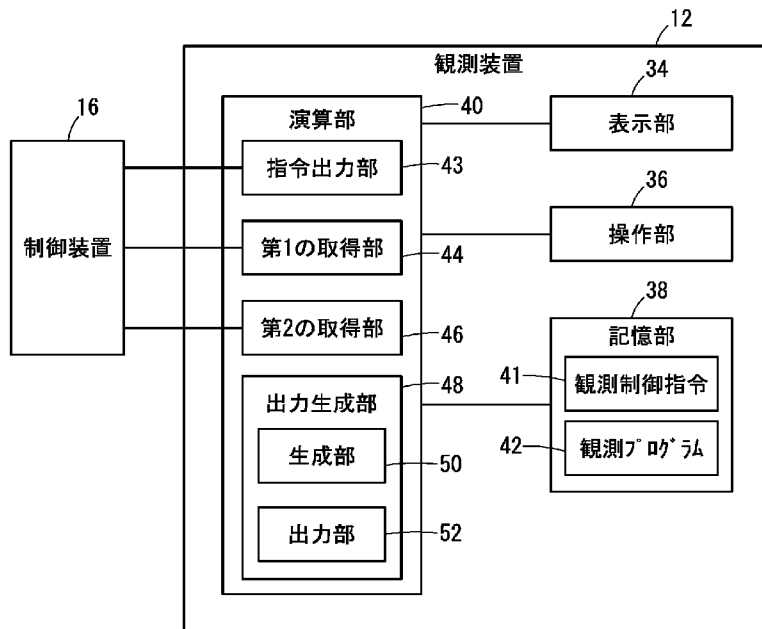
WO 2022/149571 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01M 1/16 (2006.01) B23Q 17/00 (2006.01)  
G05B 19/4063 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/000060
- (22) 国際出願日: 2022年1月5日(05.01.2022)
- (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 2021-001367 2021年1月7日(07.01.2021) JP
- (71) 出願人: ファナック株式会社 (FANUC CORPORATION) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 Yamanashi (JP).
- (72) 発明者: 亀田幸季 (KAMETA Koki); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).  
劉思辰 (LIU Sichen); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 千葉剛宏, 外 (CHIBA Yoshihiro et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木 2 丁目 1 番 1 号 新宿マインズタワー 1 6 階 Tokyo (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, IT, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) Title: OBSERVATION DEVICE AND OBSERVATION METHOD

(54) 発明の名称: 観測装置および観測方法

FIG. 2



- 12 Observation device  
16 Control device  
34 Display unit  
36 Operation unit  
38 Storage unit  
40 Computation unit  
41 Observation control command  
42 Observation program  
43 Command output unit  
44 First acquisition unit  
46 Second acquisition unit  
48 Output generation unit  
50 Generation unit  
52 Output unit

(57) Abstract: An observation device (12) observes a balance state of a main spindle (18) of a machine tool (14) including the main spindle (18) and a moving body (22) to which the main spindle (18) is rotatably fixed and which moves in a direction orthogonal to the axial direction of the main spindle (18). The observation device (12) comprises: a first acquisition unit (44) for acquiring rotation angles of the main spindle (18) during rotation; a second acquisition unit (46) for acquiring movement information indicating a movement state of the moving body (22) when the main spindle (18) is

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,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

rotating; and an output generation unit (48) for displaying, on a display unit (34), each of the rotation angles of the main spindle (18) and the movement information in association with each other.

(57) 要約: 主軸 (18) と、主軸 (18) が回転可能に固定され、主軸 (18) の軸方向に直交する方向に移動する移動体 (22) とを備える工作機械 (14) の、主軸 (18) のバランス状態を観測する観測装置 (12) は、回転する主軸 (18) の回転角度を取得する第1の取得部 (44) と、主軸 (18) が回転しているときの移動体 (22) の移動状態を示す移動情報を取得する第2の取得部 (46) と、主軸 (18) の回転角度の各々と移動情報とを対応付けて表示部 (34) に表示させる出力生成部 (48) と、を備える。

## 明 細 書

**発明の名称：** 観測装置および観測方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、工作機械の主軸のバランス状態を観測する観測装置および観測方法に関する。

### 背景技術

[0002] 特開平０３－２５１０６６号公報には、フィールドバランスが記載されている。フィールドバランスは、回転駆動する測定対象のバランス状態を測定するための装置である。測定対象は例えばモータ（モータのシャフト）である。

### 発明の概要

[0003] 工作機械（例えば、旋盤機）のオペレータは、例えば工作機械の主軸のバランス状態を測定するために、フィールドバランスを使用する。ここで、オペレータは、フィールドバランス（加速度ピックアップセンサ）を工作機械に取り付ける。しかし、フィールドバランスを工作機械に取り付ける作業は、手間と時間とがかかる。また、フィールドバランスによる主軸のバランス状態の観測精度は、工作機械へのフィールドバランスの取り付け方と、フィールドバランスの取り付け位置とに依存する。したがって、誰もが安定した観測精度で主軸のバランス状態を調べることは難しい。

[0004] 本発明は、上述した課題を解決することを目的とする。

[0005] 本発明の第１の態様は、工作機械の主軸のバランス状態を観測する観測装置であって、前記工作機械は、前記主軸と、前記主軸が回転可能に固定され、前記主軸の軸方向に直交する方向に移動する移動体とを備え、前記観測装置は、回転する前記主軸の回転角度を取得する第１の取得部と、前記主軸が回転しているときの前記移動体の移動状態を示す移動情報を取得する第２の取得部と、前記主軸の回転角度の各々と前記移動情報とを対応付けて表示部に表示させる出力生成部と、を備える。

[0006] 本発明の第2の態様は、工作機械の主軸のバランス状態を観測する観測方法であって、前記工作機械は、前記主軸と、前記主軸が回転可能に固定され、前記主軸の軸方向に直交する方向に移動する移動体とを備え、前記観測方法は、回転する前記主軸の回転角度を取得する第1の取得ステップと、前記主軸が回転しているときの前記移動体の移動状態を示す移動情報を取得する第2の取得ステップと、前記主軸の回転角度の各々と前記移動情報とを対応付けて表示部に表示させる出力生成ステップと、を含む。

[0007] 本発明の態様によれば、フィールドバランスによらず工作機械の主軸のバランス状態が観測される。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、実施の形態の観測システムの構成図である。

[図2]図2は、実施の形態の観測装置の構成図である。

[図3]図3は、第1の取得部が取得する主軸の時間軸上の回転角度を例示するグラフである。

[図4]図4は、第2の取得部が取得する移動体の位置偏差の位相を示すグラフである。

[図5]図5は、実施の形態の観測装置が観測した主軸のバランス状態の観測結果を例示する図である。

[図6]図6は、実施の形態の観測方法の流れを例示したフローチャートである。

[図7]図7は、変形例4の観測システムの構成図である。

[図8]図8は、変形例5の観測装置の構成図である。

[図9]図9は、移動体の位置偏差の時間推移を例示するグラフである。

[図10]図10は、変形例6の観測装置の構成図である。

[図11]図11は、主軸の回転角度と、補正部による補正前後の位置偏差との時間軸上の位相を例示するグラフである。

[図12]図12は、記憶部が記憶する補正量を説明するためのグラフである。

[図13]図13は、変形例7の観測装置の構成図である。

[図14]図 1 4 は、変形例 7 の観測装置が観測した主軸のバランス状態の観測結果を例示する図である。

### 発明を実施するための形態

#### [0009] [実施の形態]

図 1 は、実施の形態の観測システム 1 0 の構成図である。

[0010] 観測システム 1 0 は、工作機械 1 4 と、制御装置 1 6 と、観測装置 1 2 と、を有する。制御装置 1 6 は、工作機械 1 4 を制御可能に工作機械 1 4 と接続される。制御装置 1 6 と観測装置 1 2 とは通信可能に相互に接続される。

[0011] 工作機械 1 4 は、例えば旋盤機である。工作機械 1 4 は、主軸 1 8 と、主軸モータ 2 0 と、移動体 2 2 と、送り軸モータ 2 4 と、を備える。主軸 1 8 は軸  $A_{18}$  を中心に回転する（図 1 参照）。主軸モータ 2 0 は、スピンドルモータである。主軸モータ 2 0 は、主軸 1 8 を回転させる。主軸モータ 2 0 には、駆動電流が供給される。これにより、主軸モータ 2 0 が駆動する。主軸 1 8 は主軸モータ 2 0 の駆動に応じて回転する。

[0012] 主軸モータ 2 0 には、第 1 の検出器 2 6 が設けられる。第 1 の検出器 2 6 は、例えばロータリエンコーダである。第 1 の検出器 2 6 は、主軸モータ 2 0 のシャフトの回転角度に応じた信号を出力する。第 1 の検出器 2 6 は、その信号を、主軸アンプ 3 2 A にフィードバックする。なお、主軸アンプ 3 2 A は後述される。

[0013] 移動体 2 2 は、移動方向  $D_{22}$  に沿って主軸 1 8 を移動させる。移動方向  $D_{22}$  は、軸  $A_{18}$  の延在方向に直交する方向である（図 1 参照）。移動体 2 2 は、不図示の変換機構を介して送り軸モータ 2 4 に接続される。この不図示の変換機構は、例えばボールねじ機構である。不図示の変換機構は、送り軸モータ 2 4 が生じる回転力を、移動方向  $D_{22}$  の直動力に変換して移動体 2 2 に伝達する。移動体 2 2 は、不図示の変換機構から伝達される直動力に応じて、移動方向  $D_{22}$  に沿って移動する。主軸 1 8 は、移動体 2 2 に回転可能に固定（支持）される。したがって、移動体 2 2 が移動方向  $D_{22}$  に移動すると、主軸 1 8 も一緒に移動方向  $D_{22}$  に移動する。

- [0014] 送り軸モータ 24 は、移動体 22 の移動を制御するためのサーボモータである。送り軸モータ 24 には、駆動電流が供給される。これにより、送り軸モータ 24 のシャフトが回転駆動する。その結果、送り軸モータ 24 は、前述の回転力を生じる。なお、送り軸モータ 24 は、移動体 22 の位置を維持させる場合にも、駆動電流の供給を受ける。
- [0015] 送り軸モータ 24 には、第 2 の検出器 28 が設けられる。第 2 の検出器 28 は、例えばロータリエンコーダである。第 2 の検出器 28 は、送り軸モータ 24 のシャフトの回転角度に応じた信号を出力する。第 2 の検出器 28 は、その信号を、送り軸アンプ 32 B にフィードバックする。なお、送り軸アンプ 32 B は後述される。
- [0016] 工作機械 14 は、送り軸モータ 24 を複数備えてもよい。その場合、複数の送り軸モータ 24 は、互いに異なる方向に沿って、移動体 22 を移動させてもよい。送り軸モータ 24 は、リニアモータであってもよい。その場合、送り軸モータ 24 は直動軸を有する。また、第 2 の検出器 28 は、送り軸モータ 24 の直動軸の位置を検出する。送り軸モータ 24 の直動軸の位置を検出する第 2 の検出器 28 は、例えばリニアエンコーダである。送り軸モータ 24 がリニアモータである場合、送り軸モータ 24 は直動力を生じる。その場合、前述の変換機構は不要である。
- [0017] 制御装置 16 は、工作機械 14 をフィードバック制御する数値制御装置である。制御装置 16 は、指令部（プロセッサ）30 とアンプ 32 とを備える。指令部 30 は、主軸モータ 20 と、送り軸モータ 24 とを数値制御するための制御指令を生成する。また、指令部 30 は、生成した制御指令をアンプ 32 に出力する。なお、指令部 30 は、観測制御指令 41 に基づく指令を観測装置 12 から受けてもよい（詳細は後述）。この場合、指令部 30 は、観測制御指令 41 に基づく制御指令をアンプ 32 に出力する。
- [0018] アンプ 32 は、主軸アンプ 32 A と、送り軸アンプ 32 B と、を有する。主軸アンプ 32 A は、指令部 30 と主軸モータ 20 とに接続される駆動装置である。主軸アンプ 32 A は、指令部 30 の制御指令と、主軸モータ 20 の

シャフトの回転角度とに基づいて、主軸モータ 20 に駆動電流を供給する。なお、主軸モータ 20 のシャフトの回転角度は、第 1 の検出器 26 の出力信号に基づいて算出される。送り軸アンプ 32 B は、指令部 30 と送り軸モータ 24 とに接続される駆動装置である。送り軸アンプ 32 B は、指令部 30 の制御指令と、送り軸モータ 24 の回転角度とに基づいて、送り軸モータ 24 に駆動電流を供給する。なお、送り軸モータ 24 の回転角度は、第 2 の検出器 28 の出力信号に基づいて算出される。

[0019] 工作機械 14 と、制御装置 16 との説明は以上である。続いて、観測装置 12 が以下に説明される。

[0020] 図 2 は、実施の形態の観測装置 12 の概略構成図である。

[0021] 観測装置 12 は、主軸 18 のバランス状態を観測するための電子装置（コンピュータ）である。以下に詳細に説明されるが、観測装置 12 は、主軸 18 の回転角度と、移動体 22 の移動状態を示す情報（移動情報）とを時間軸で対応付けることで、主軸 18 のバランス状態を観測する。

[0022] 観測装置 12 は、移動情報を取得する。移動情報は、具体的には例えば移動体 22 の位置偏差である。なお、制御装置 16 は、送り軸モータ 24 をフィードバック制御している。移動体 22 の位置偏差は、一般的に、フィードバック制御の過程で算出される。したがって、観測装置 12 は、制御装置 16 から移動体 22 の位置偏差を取得可能である。

[0023] 移動情報は、主軸 18 から伝わる振動の影響を受けた偏差成分を多く含むと好ましい。したがって、観測装置 12 は、制御装置 16 が移動体 22 を静止させるために送り軸モータ 24 を制御している状態で、移動情報を取得すると好ましい。

[0024] 以上の予備的説明を踏まえ、図 5 に例示される観測結果を得ることが可能な観測装置 12 の構成例が以下に説明される。観測装置 12 は、表示部 34 と、操作部 36 と、記憶部 38 と、演算部 40 と、を備える。

[0025] 表示部 34 は、画面を有する表示装置である。画面は、例えば液晶の画面である。画面には情報が適宜表示される。例えば画面には、図 5 の観測結果

が表示される。

[0026] 操作部 36 は、情報入力を受け付ける入力装置である。操作部 36 は、例えばキーボードと、マウスと、タッチパネルとを有する。ただし、操作部 36 は、操作盤を有してもよい。タッチパネルは、例えば表示部 34 の画面に設置される。オペレータは、操作部 36 を介して、例えばバランス状態の観測の開始を観測装置 12 に指示することができる。

[0027] 記憶部 38 は、情報を記憶するメモリを有する。記憶部 38 は、例えば RAM (Random Access Memory) と、ROM (Read Only Memory) とを有する。記憶部 38 は、観測制御指令 41 と、所定の観測プログラム 42 と、を記憶する。

[0028] 観測制御指令 41 は、制御装置 16 に指示するための指令内容を含む情報である。観測制御指令 41 は、主軸 18 を回転させるための指令を含む。また、観測制御指令 41 は、移動体 22 の位置を予め決められた位置に維持させるための指令をさらに含むと好ましい。

[0029] 観測プログラム 42 は、本実施の形態の観測方法を観測装置 12 に実行させるためのプログラムである。観測方法の詳細は後述される。

[0030] 演算部 40 は、情報を演算により処理するプロセッサを有する。演算部 40 は、例えば CPU (Central Processing Unit) と、GPU (Graphics Processing Unit) とを有する。

[0031] 演算部 40 は、指令出力部 43 と、第 1 の取得部 44 と、第 2 の取得部 46 と、出力生成部 48 と、を備える。指令出力部 43 と、第 1 の取得部 44 と、第 2 の取得部 46 と、出力生成部 48 との各々は、演算部 40 が観測プログラム 42 を実行することにより実現される。

[0032] 指令出力部 43 は、少なくとも観測制御指令 41 を含む指令を制御装置 16 に出力する。これにより、制御装置 16 は、主軸 18 を回転させるために主軸モータ 20 を制御する。ここで、制御装置 16 は、主軸モータ 20 のシャフトの回転速度を一定の加速度で徐々に上昇させてもよい。また、制御装置 16 は、主軸モータ 20 のシャフトの回転速度を段階的に上昇させてもよ

い。また、制御装置 16 は、移動体 22 の位置を予め決められた位置に維持させるために送り軸モータ 24 を制御する。例えば、移動体 22 の位置が予め決められた位置からずれた場合、制御装置 16 は、移動体 22 を予め決められた位置に移動させる。

[0033] 第 1 の取得部 44 は、主軸 18 の回転角度を取得する。なお、主軸 18 の回転角度と主軸モータ 20 のシャフトの回転角度とは一致する。ここで、制御装置 16 は、主軸モータ 20 をフィードバック制御するために、主軸モータ 20 のシャフトの回転角度を算出する。したがって、第 1 の取得部 44 は、制御装置 16 から主軸モータ 20 のシャフトの回転角度を取得してもよい。これにより、第 1 の取得部 44 は、主軸 18 の回転角度を実質的に取得する。

[0034] 記憶部 38 は、取得された主軸 18 の回転角度を記憶する。

[0035] 図 3 は、第 1 の取得部 44 が取得する主軸 18 の時間軸上の回転角度を例示するグラフである。

[0036] 図 3 に例示されるグラフは、主軸 18 の回転角度の位相 (R A) を示す。図 3 のグラフは、回転角度を示す縦軸と、時間を示す横軸とを有する。なお、図 3 において、回転角度の範囲は、0 度～360 度 (主軸 18 の 1 回転分) である。ただし、回転角度の範囲はこれに限定されない。

[0037] 第 2 の取得部 46 は、制御装置 16 から移動情報を取得する。ここで、制御装置 16 は、移動体 22 を予め決められた位置に静止させるために送り軸モータ 24 を制御している。したがって、移動情報は、主軸 18 から伝わる振動の影響を受けた偏差成分を多く含む。

[0038] 図 4 は、第 2 の取得部 46 が取得する時間軸上の位置偏差を例示するグラフである。

[0039] 図 4 に例示されるグラフは、移動体 22 の位置偏差 (P d) の位相を示す。図 4 のグラフは、位置偏差を示す縦軸と、時間を示す横軸とを有する。移動体 22 の位置偏差は、移動体 22 の振動に応じて変動する。この振動は、主軸 18 から移動体 22 に伝達する。つまり、主軸 18 は、回転することで

振動を生じる。ここで、主軸 18 の振動量は、主軸 18 のバランス状態に応じて変わる。したがって、位置偏差の推移は、主軸 18 のバランス状態の変化を間接的に示す。

[0040] 出力生成部 48 は、主軸 18 の回転角度と、移動情報（移動体 22 の位置偏差）とに基づいて、観測結果（図 5）を生成する。また、出力生成部 48 は、生成した観測結果を表示部 34 に出力する。より詳細に、出力生成部 48 は、生成部 50 と、出力部 52 と、を有する。

[0041] 図 5 は、実施の形態の観測装置 12 が観測した主軸 18 のバランス状態の観測結果を例示する図である。

[0042] 生成部 50 は、主軸 18 の回転角度（図 3）と、移動体 22 の位置偏差（図 4）とを、時間軸上において互に対応付ける。すなわち、互いに同時刻において検出された回転角度と位置偏差とが、対応付けられる。これにより、生成部 50 は、観測結果（図 5）を生成する。図 5 の例示において、主軸 18 の回転に伴う位置偏差（ $P_d$ ）の推移は極座標形式で表示される。

[0043] 図 5 において、原点からの距離が位置偏差の大きさを示す。 $P_{d0}$  は、位置偏差の基準値である。つまり、 $P_{d0}$  において、位置偏差はゼロである。

[0044] 出力部 52 は、生成部 50 が生成した観測結果を表示部 34 に出力する。オペレータは、表示される観測結果を観察する。これにより、オペレータは、主軸 18 の回転に伴う移動体 22 の位置偏差の変化を把握することができる。すなわち、オペレータは、回転する主軸 18 のバランス状態の変化を容易に把握することができる。

[0045] 観測装置 12 の構成例の説明は以上である。続いて、観測装置 12 により実行される観測方法が以下に説明される。

[0046] 図 6 は、実施の形態の観測方法の流れを例示したフローチャートである。

[0047] 本実施の形態の観測方法は、指令出力ステップ（S1）と、第1の取得ステップ（S2）と、第2の取得ステップ（S3）と、判定ステップ（S4）と、出力生成ステップ（S5）と、を含む。

[0048] まず、観測装置 12 は、指令出力ステップを実行する。指令出力ステップ

では、指令出力部 4 3 が、制御装置 1 6 に指令を出力する。この指令は、観測制御指令 4 1 の内容を含む。これにより、主軸 1 8 は回転を開始する。また、移動体 2 2 の位置は、予め決められた位置に維持される。次に、観測装置 1 2 は、第 1 の取得ステップと、第 2 の取得ステップとを実行する。なお、第 1 の取得ステップと、第 2 の取得ステップとは、互いに並行して実行されてもよい。

[0049] 第 1 の取得ステップでは、指令に基づいて回転する主軸 1 8 の回転角度を、第 1 の取得部 4 4 が取得する。記憶部 3 8 は、取得された主軸 1 8 の回転角度を記憶する。第 2 の取得ステップでは、主軸 1 8 の回転中における移動情報（移動体 2 2 の位置偏差）を、第 2 の取得部 4 6 が取得する。記憶部 3 8 は、取得された移動情報を記憶する。

[0050] 第 2 の取得ステップ（第 1 の取得ステップ）が行われる間、移動体 2 2 は主軸 1 8 の回転に応じて振動する。したがって、第 2 の取得部 4 6 により取得される位置偏差は、主軸 1 8 の振動に応じた偏差成分を多く含む。

[0051] 判定ステップでは、演算部 4 0 が、主軸 1 8 の 1 回転分の回転角度と、主軸 1 8 の 1 回転分に対応する位置偏差とを取得できたか否かを判定する。この判定は記憶部 3 8 に記憶済の情報に基づいて行われる。ここで、主軸 1 8 の 1 回転分の回転角度と、主軸 1 8 の 1 回転分に対応する位置偏差とが取得されていない場合（判定ステップ：NO）、観測装置 1 2 は第 1 の取得ステップと、第 2 の取得ステップとをもう一度実行する。その一方で、主軸 1 8 の 1 回転分の回転角度と、主軸 1 8 の 1 回転分に対応する位置偏差とが取得された場合（判定ステップ：YES）、観測装置 1 2 は、後続のステップを開始する。

[0052] 出力生成ステップは、生成ステップ（S 5 1）と、出力ステップ（S 5 2）とを含む。生成ステップでは、主軸 1 8 のバランス状態の観測結果（図 5）を、生成部 5 0 が生成する。観測結果は、主軸 1 8 の各回転角度と位置偏差とを対応付けることで生成される。出力ステップでは、生成ステップにおいて生成された観測結果を、出力部 5 2 が表示部 3 4 に出力する。これによ

り、オペレータは、表示部 34 を介して主軸 18 のバランス状態を観察することができる。

[0053] 本実施の形態によれば、フィールドバランスによらず、主軸 18 のバランス状態を観測することが可能である。また、本実施の形態によれば、既存の工作機械 14 と、既存の制御装置 16 との各々を、オペレータは流用可能である。本実施の形態の制御方法の構成例の説明は以上である。

[0054] フィールドバランスは、バランス状態の観測精度が不安定であるとの問題を有する。すなわち、フィールドバランスによるバランス状態の観測の精度は、フィールドバランスの取り付け方と、取り付け位置とに依存する。これに対し、観測装置 12 は、制御装置 16 から取得される情報に基づいて、バランス状態を観測する。したがって、観測装置 12 によるバランス状態の観測の精度は、フィールドバランスを用いる場合よりも安定する。

[0055] [変形例]

以下に、実施の形態に係る変形例が説明される。ただし、実施の形態と重複する説明は、以下の説明では可能な限り省略される。実施の形態で説明済の構成要素には、特に断らない限り、実施の形態と同一の参照符号が流用される。

[0056] (変形例 1)

観測装置 12 は、制御装置 16 に備わってもよい。これにより、例えば表示部 34 と、操作部 36 と、記憶部 38 と、演算部 40 とは、制御装置 16 のハードウェアにより実現される。

[0057] (変形例 2)

観測装置 12 は、主軸 18 の 1 回転分の回転角度と、主軸 18 の 1 回転分に対応する移動体 22 の位置偏差との取得を完了する前に、観測結果の生成を開始してもよい。例えば観測装置 12 は、主軸 18 の回転角度の取得と移動体 22 の位置偏差の取得との進行に伴って、観測結果を表示部 34 に順次描画してもよい。この場合、例えば観測装置 12 は、主軸 18 の第 1 の回転角度と、移動体 22 の第 1 の位置偏差とを対応付ける。観測装置 12 は、第

1の回転角度と第1の位置偏差とを、表示部34に出力する。次に、観測装置12は、主軸18の第2の回転角度と、移動体22の第2の位置偏差とを対応付ける。観測装置12は、第2の回転角度と第2の位置偏差とを、表示部34に出力する。

[0058] (変形例3)

回転する部材(主軸18)と、回転する部材の振動に応じて移動(振動)する部材(移動体22)とを備える限りにおいて、工作機械14は旋盤機に限定されない。

[0059] (変形例4)

主軸18は、供給されるエアに応じて回転するエア主軸でもよい。

[0060] 図7は、変形例4の観測システム10の構成図である。

[0061] 図7の主軸18は、エア主軸である。この場合、図7の工作機械14は、第3の検出器54と、エアタービン55とを備える。第3の検出器54は、主軸18の回転角度を検出するためのセンサである。第1の取得部44は、第3の検出器54の検出結果に基づいて、主軸18の回転角度を取得する。エアタービン55は、主軸18を回転させるためのタービンである。

[0062] 図7の第3の検出器54は、観測装置12と接続される。この場合、第3の検出器54は、主軸18の回転に応じた信号を観測装置12に入力する。ただし、第3の検出器54は、主軸18の回転に応じた信号を制御装置16に入力してもよい。その場合、観測装置12は、制御装置16を介して、第3の検出器54の信号を取得してもよい。

[0063] 本変形例においても、フィールドバランスは不要である。

[0064] (変形例5)

以下では、送り軸モータ24のフィードバック制御に関して検討される事項が予備的に説明される。また、その予備的説明を踏まえ、変形例5の観測装置12が説明される。

[0065] 送り軸モータ24のフィードバック制御の応答性は、ゲインに応じて変わる。ゲインの代表例を挙げると、位置ループゲインと、電流ループゲインと

、速度ループゲインとがある。

[0066] 一般に、工作機械 14 の加工精度は、ゲインを高くするほどに上がる。したがって、工作機械 14 の一般的な制御において、ゲインは、できるだけ高い数値で最適化される。

[0067] 以下において、加工を精度よく行うためにゲインが最適化された状態は、ハイゲイン状態またはハイゲインと記載される。また、位置ループゲインと、電流ループゲインと、速度ループゲインとの少なくとも 1 つがハイゲインの設定値よりも低くされた状態は、ローゲイン状態またはローゲインと記載される。以上を踏まえ、本変形例の観測装置 12 が以下に説明される。

[0068] 図 8 は、変形例 5 の観測装置 12 の構成図である。

[0069] 本変形例において、第 2 の取得部 46 は、送り軸モータ 24 がローゲインで制御される間の移動情報を取得する。これに関し、本変形例の観測装置 12 は、ゲイン調整部 56 をさらに備える。ゲイン調整部 56 は、送り軸モータ 24 をローゲインで制御することを制御装置 16（指令部 30）に要求する。

[0070] 例えば、ゲイン調整部 56 は、位置ループゲインを低くすることを制御装置 16 に要求する。制御装置 16 は、その要求に基づいて位置ループゲインを低くする。なお、ゲイン調整部 56 は、電流ループゲインまたは速度ループゲインを低くすることを制御装置 16 に要求してもよい。

[0071] 図 9 は、移動体 22 の位置偏差の時間推移を例示するグラフである。なお、図 9 には、送り軸モータ 24 がハイゲインで制御される場合の位置偏差と、送り軸モータ 24 がローゲインで制御される場合の位置偏差と、が図示される。

[0072] 図 9 のうち、二点鎖線  $Pd_{High}$  がハイゲインで取得される位置偏差の位相を示す。図 9 のうち、破線  $Pd_{Low}$  がローゲインで取得される位置偏差の位相を示す。ローゲインの場合、送り軸モータ 24 の制御の応答性は、ハイゲインの場合よりも低くなる。したがって、ハイゲインの場合の位置偏差と比較して、ローゲインの場合の位置偏差は、より大きく変動し易い。

[0073] つまり、ハイゲインとローゲインとでは、ローゲインの方が、主軸 18 のバランス状態の影響を位置偏差に反映させ易い。したがって、バランス状態を観測するとの観点では、ローゲインの方がハイゲインよりも好ましい。前述の通り、ゲイン調整部 56 は、送り軸モータ 24 をローゲインで制御することを制御装置 16 に要求する。これにより、第 2 の取得部 46 は、主軸 18 のバランス状態をより強く反映した位置偏差を取得し易くなる。

[0074] ゲイン調整部 56 は、バランス状態の観測をしない場合（観測が完了した場合）に、ゲインの設定を元（ハイゲイン）に戻してもよい。

[0075] （変形例 6）

以下では、実施の形態で説明した観測結果（図 5）に関する補足事項が説明される。また、その補足説明を踏まえ、変形例 6 の観測装置 12 が説明される。

[0076] 移動体 22 と主軸 18 とは互いに別個の部材である。したがって、主軸 18 が振動してから、その振動が移動体 22 に伝達するまでの間にタイムラグがある。タイムラグに応じて、移動体 22 の位置偏差の時間的位相は、主軸 18 の回転角度の時間的位相よりも遅延する。以下に具体的が説明される。例えば、以下の説明において、時刻  $t$  における主軸 18 の回転角度は  $\alpha(t)$  である。タイムラグは  $t'$  である。時刻  $t + t'$  における主軸 18 の回転角度は  $\alpha(t + t')$  である。以下の説明において、時刻  $t + t'$  における移動体 22 の位置偏差は  $Pd(t + t')$  である。時刻  $t$  において主軸 18 に生じた振動は、時刻  $t + t'$  において移動体 22 に伝達する。この場合、位置偏差  $Pd(t + t')$  は、回転角度  $\alpha(t)$  における主軸 18 のバランス状態を反映する。位置偏差  $Pd(t + t')$  は、回転角度  $\alpha(t + t')$  における主軸 18 のバランス状態を反映しない。

[0077] ほとんどの場合、前述のタイムラグは、微小時間である。したがって、仮にタイムラグを無視しても、観測結果の信頼性が大きく低下することはない。しかし、観測精度を可能な限り高めるためには、タイムラグを考慮する方が、より好ましい。

- [0078] 以上の説明を踏まえ、本変形例の観測装置 12 が以下に説明される。
- [0079] 図 10 は、変形例 6 の観測装置 12 の構成図である。
- [0080] 本変形例の観測装置 12 は、補正部 58 をさらに備える。補正部 58 は、主軸 18 の回転角度を、補正量 C に基づいて補正する。補正量 C とは、前述のタイムラグを表す時間量である。
- [0081] 図 11 は、主軸 18 の回転角度と、補正部 58 による補正前後の位置偏差との時間軸上の位相を例示するグラフである。
- [0082] 図 11 には、一点鎖線 ( $Pd'$ ) と、破線 ( $Pd$ ) と、実線 ( $RA$ ) とが図示される。一点鎖線 ( $Pd'$ ) は、補正前の移動体 22 の位置偏差の時間的位相を示す。破線 ( $Pd$ ) は、補正後の移動体 22 の位置偏差の時間的位相を示す。実線 ( $RA$ ) は、主軸 18 の回転角度の時間的位相を示す (図 3 と同様)。補正部 58 は、位置偏差 ( $Pd'$ ) の時間的位相を、補正量 C の分だけ進ませる。これにより、生成部 50 は、主軸 18 の回転角度 ( $RA$ ) と、移動体 22 の位置偏差 ( $Pd'$ ) とを精度よく対応付けることができる。例えば前述の具体例において、生成部 50 は、回転角度  $\alpha(t)$  と位置偏差  $Pd(t+t')$  とを対応付けることができる。
- [0083] タイムラグは、主軸 18 の回転速度に応じて変わる。したがって、主軸 18 の回転速度に応じて補正量 C を変えることが望ましい。主軸 18 の回転速度ごとの補正量 C は、実験に基づいて求められる。その実験は、例えば次のように行われる。まず、実験者は、意図的に主軸 18 をアンバランス状態にする。実験者は、主軸 18 に錘 (鉛) を取り付けることで、主軸 18 をアンバランス状態にすることができる。次に、実験者は、主軸 18 を特定の回転速度で回転させつつ、移動体 22 の位置偏差を観測する。主軸 18 がアンバランス状態であるため、移動体 22 の位置偏差は、主軸 18 の回転角度ごとに異なる。ここで、実験者は、主軸 18 のアンバランス角度 (錘の取り付け位置) に基づいて、移動体 22 の位置偏差の最大値に対応する主軸 18 の回転角度を予想することができる。しかし、前述のタイムラグに起因して、移動体 22 の位置偏差が最大になる時点における主軸 18 の回転角度は、実験

者が予想した回転角度と異なる。したがって、この角度差に基づいて、実験者は主軸 18 の特定の回転速度に対応するタイムラグ（補正量 C）を逆算することができる。

[0084] 図 12 は、記憶部 38 が記憶する補正量 C を説明するためのグラフである。

[0085] 図 12 に実線 TL が例示される。実線 TL は、主軸 18 の回転速度に応じたタイムラグ（補正量 C）の変化を示す。主軸 18 の回転速度とタイムラグ（補正量 C）との対応関係は、記憶部 38 により記憶される。補正部 58 は、記憶部 38 を参照することで、主軸 18 の回転速度に応じて補正量 C を使い分ける。これにより、補正部 58 は、主軸 18 の回転角度を精度よく補正することができる。

[0086] 複数の補正量 C は、前述の実験を、主軸 18 の回転速度を変えつつ複数回行うことにより得られる。得られた複数の補正量 C は、図 12 と同様のグラフ（ただし、縦軸が補正量 C を表す）に表すこともできる。

[0087] なお、本変形例は、上記の説明に限定されず、さらに変形可能である。例えば前述のタイムラグは、主軸 18 の回転速度のみならず、主軸 18 の荷重（質量）に応じて異なる。したがって、複数の補正量 C は、主軸 18 の荷重に応じて求められてもよい。また、例えば図 12 のようなグラフに表せる複数の補正量 C のうちのいくつかは、既に求められている他のいくつかの補正量 C に基づく補間（線形補間）により求められてもよい。その具体的が次に記載される。例えば、複数の補正量 C が、第 1 の補正量と、第 2 の補正量とを含む場合、第 1 の補正量と、第 2 の補正量とに基づいて、第 3 の補正量が図 12 のグラフに補間されてもよい。この場合、補間は例えば線形補間である。

[0088] （変形例 7）

以下では、実施の形態で説明された観測結果（図 5）に関する補足事項が説明される。また、その補足説明を踏まえ、変形例 7 の観測装置 12 が説明される。

[0089] 図5の観測結果は、制御装置16から取得される数値に基づいて生成される。ここで、図5に示した位置偏差の推移を示す線(Pd)は、できるだけ滑らかな線である方がオペレータにとって見やすい。

[0090] 以上の説明を踏まえ、本変形例の観測装置12が以下に説明される。

[0091] 図13は、変形例7の観測装置12の構成図である。

[0092] 本変形例の観測装置12は、算出部60をさらに備える。算出部60は、複数の角度区間の各々について、複数の位置偏差の平均値を求める。

[0093] 角度区間とは、主軸18の1回転分の回転角度(0度~360度)のうちの、所定の角度幅で区分された区間である。所定の角度幅は、例えば5度である。この場合、主軸18の1回転分の回転角度は、72個の角度区間(例えば、0度~5度の区間、6度~10度の区間、...)を含む。なお、角度幅は5度に限定されず、適宜変更されてもよい。

[0094] 算出部60は、生成部50が行った主軸18の回転角度と移動体22の位置偏差との対応付けの結果を参照する。なお、この対応付けは、実施の形態で既に説明されているので、本変形例における説明は割愛される。算出部60は、各角度区間について、角度区間に含まれる複数の回転角度に対応する複数の位置偏差の平均値を算出する。生成部50は、算出部60により算出された平均値に基づいて、主軸18の回転角度と移動体22の位置偏差との対応付けを再度行う。ここで、生成部50は、各角度区間について、角度区間に含まれる複数の回転角度と、その角度区間について算出された平均値とを対応付ける。

[0095] 図14は、変形例7の観測装置12が観測した主軸18のバランス状態の観測結果を例示する図である。

[0096] 図14には、主軸18の回転に伴う位置偏差の推移が、図5よりも滑らかに表される。したがって、主軸18のバランス状態の変化の傾向を観察することが、オペレータにとって容易になる。

[0097] (変形例8)

前述の算出部60は、主軸18の回転角度の各々に対応する複数の位置偏

差の平均値を求めてもよい。つまり、主軸 18 が複数回転することで、第 2 の取得部 46 は、同一の回転角度に対応する複数の位置偏差を取得することができる。この場合、算出部 60 は、その複数の位置偏差の平均値を求めてもよい。

[0098] これにより、主軸 18 の回転角度の各々に対応する位置偏差が平滑化される。

[0099] (変形例 9)

前述の算出部 60 は、主軸 18 が 1 回転する間の複数の位置偏差の移動平均を求めてもよい。例えば観測装置 12 は、ある回転角度  $\alpha$  について  $n$  回転分の位置偏差 ( $p d_1$ 、 $p d_2$ 、 $\dots$ 、 $p d_n$ ) を取得する。この場合、算出部 60 は、その  $n$  個の位置偏差の移動平均値を求めてもよい。また、生成部 50 は、回転角度  $\alpha$  と、 $n$  個の位置偏差 ( $p d_1$ 、 $p d_2$ 、 $\dots$ 、 $p d_n$ ) の移動平均値と、を対応付けてもよい。なお、 $n$  は自然数である。

[0100] これにより、主軸 18 の回転角度の各々に対応する位置偏差が平滑化される。

[0101] (変形例 10)

移動情報は、移動体 22 の位置偏差に限定されない。観測装置 12 は、例えば、送り軸モータ 24 の駆動位置、駆動電流、速度、速度偏差、加速度、加速度偏差、加加速度、または加加速度偏差を、移動情報として取得してもよい。

[0102] 駆動位置と、駆動電流と、速度と、速度偏差と、加速度と、加速度偏差と、加加速度と、加加速度偏差とは、送り軸モータ 24 のフィードバック制御において一般に扱われる情報である。したがって、観測装置 12 は、駆動位置、駆動電流、速度、速度偏差、加速度、加速度偏差、加加速度、または加加速度偏差を、位置偏差と同様に制御装置 16 から取得可能である。

[0103] 本変形例では、例えば移動情報として速度偏差を用いた場合、図 5 または図 14 に例示される観測結果は、位置偏差に代えて、回転角度ごとの送り軸モータ 24 の速度偏差を含む。

[0104] (変形例 1 1)

出力部 5 2 は、観測装置 1 2 の外部機器に観測結果を出力してもよい。外部機器は、例えば制御装置 1 6 である。つまり、出力部 5 2 が観測結果を出力する対象である表示部 3 4 は、観測装置 1 2 の外部機器に備わってもよい。

[0105] また、外部機器は、操作用インターフェース（入力装置）を有してもよい。この場合、観測装置 1 2 は、外部機器の操作用インターフェースを介して操作されてもよい。この場合、操作部 3 6 は、不要であれば観測装置 1 2 の構成から省略されてもよい。

[0106] (変形例 1 2)

前述の各変形例は、矛盾の生じない範囲内で適宜組み合わせられてもよい。

[0107] [実施の形態から得られる発明]

上記実施の形態および変形例から把握しうる発明について、以下に記載する。

[0108] <第 1 の発明>

工作機械（1 4）の主軸（1 8）のバランス状態を観測する観測装置（1 2）であって、前記工作機械は、前記主軸と、前記主軸が回転可能に固定され、前記主軸の軸方向に直交する方向（ $D_{22}$ ）に移動する移動体（2 2）とを備え、前記観測装置は、回転する前記主軸の回転角度を取得する第 1 の取得部（4 4）と、前記主軸が回転しているときの前記移動体の移動状態を示す移動情報を取得する第 2 の取得部（4 6）と、前記主軸の回転角度の各々と前記移動情報とを対応付けて表示部（3 4）に表示させる出力生成部（4 8）と、を備える。

[0109] これにより、フィールドバランスによらず工作機械の主軸のバランス状態を観測する観測装置が提供される。

[0110] 前記主軸が回転し、且つ前記移動体が予め決められた位置からずれないように前記工作機械を制御する指令出力部（4 3）をさらに備えてもよい。これにより、移動体を移動させるために生じる偏差成分が移動情報に含まれる

ことがなくなる。

[0111] 前記工作機械は、前記主軸に接続される主軸モータ（20）と、前記主軸モータの回転軸の回転角度を検出する検出器（26）と、をさらに備え、前記主軸は、前記主軸モータの駆動により回転する電動主軸であり、前記第1の取得部は、前記検出器の検出結果に基づいて前記主軸の回転角度を取得してもよい。これにより、加速度ピックアップ等の検出器類を工作機械および制御装置の構成とは別途で主軸に取り付けることなく、電動主軸の回転角度が取得される。

[0112] 前記工作機械は、前記主軸の回転角度を検出する検出器（54）をさらに備え、前記主軸はエアによって回転するエア主軸であり、前記第1の取得部は、前記検出器の検出結果に基づいて前記主軸の回転角度を取得してもよい。これにより、加速度ピックアップ等の検出器類を工作機械および制御装置の構成とは別途で主軸に取り付けることなく、エア主軸の回転角度が取得される。

[0113] 前記工作機械は、前記移動体の移動を制御する送り軸モータ（24）をさらに備え、前記第2の取得部は、前記移動情報として前記送り軸モータの駆動電流、駆動位置、位置偏差、速度、速度偏差、加速度、加速度偏差、加加速度または加加速度偏差を前記移動情報として取得してもよい。これにより、移動情報を検出するための検出器類を工作機械および制御装置の構成とは別途で取り付けることなく、移動情報が取得される。

[0114] 第1の発明は、前記送り軸モータを制御するゲインを、前記移動情報を取得する際には前記工作機械の加工実行時よりも低く設定するゲイン調整部（56）をさらに備えてもよい。これにより、バランス状態の傾向を読み取り易い移動情報が取得され易くなる。

[0115] 前記ゲインは、前記送り軸モータの位置ループゲイン、電流ループゲインおよび速度ループゲインを含み、前記ゲイン調整部は、前記移動情報を取得する際には前記位置ループゲイン、前記電流ループゲインおよび前記速度ループゲインの少なくとも1つを低下させてもよい。

[0116] 第1の発明は、前記主軸の回転により生じる振動が前記移動体に伝達されるまでのタイムラグを表す予め決められた補正量（C）を前記主軸の回転速度に応じて複数記憶した記憶部（38）と、前記移動情報の時間軸上の位相を前記補正量に基づいて補正する補正部（58）と、をさらに備え、前記出力生成部は、前記主軸の回転角度の各々と補正された前記移動情報とを対応付けて表示させてもよい。これにより、観測結果の信頼性がより良好となる。

[0117] 第1の発明は、前記主軸の1回転分の回転位相は複数の角度区間を有し、前記観測装置は、前記複数の角度区間の各々について、前記主軸が角度区間の範囲内を回転しているときの前記移動情報の平均値を求める算出部（60）をさらに備え、前記出力生成部は、前記複数の角度区間の各々について求められた前記移動情報の平均値を、前記複数の角度区間の各々の範囲に対応する前記移動情報として表示させてもよい。これにより、主軸の回転角度の各々に対応する移動情報を平滑化することができ、観測結果を観察することがオペレータにとってより容易となる。

[0118] 第1の発明は、前記主軸の回転角度の各々に対応する複数の前記移動情報の平均値を求める算出部（60）をさらに備え、前記第2の取得部は、前記移動情報を前記主軸の複数回転する間にわたって取得し、前記算出部は、前記第2の取得部が取得した複数回転分の前記移動情報に基づいて平均値を求め、前記出力生成部は、求められた前記平均値を前記主軸の回転角度の各々に対応する前記移動情報として表示させてもよい。これにより、主軸の回転角度の各々に対応する移動情報を平滑化することができ、観測結果を観察することがオペレータにとってより容易となる。

[0119] 第1の発明は、前記主軸の1回転分に対応する複数の前記移動情報に基づいて、前記主軸が1回転する間の前記移動情報の移動平均を求める算出部（60）をさらに備え、前記出力生成部は、求められた前記移動平均を前記主軸の回転角度の各々に対応する前記移動情報として表示させてもよい。これにより、主軸の回転角度の各々に対応する移動情報を平滑化することができ

、観測結果を観察することがオペレータにとってより容易となる。

[0120] <第2の発明>

工作機械（14）の主軸（18）のバランス状態を観測する観測方法であって、前記工作機械は、前記主軸と、前記主軸が回転可能に固定され、前記主軸の軸方向に直交する方向（ $D_{22}$ ）に移動する移動体（22）とを備え、前記観測方法は、回転する前記主軸の回転角度を取得する第1の取得ステップと、前記主軸が回転しているときの前記移動体の移動状態を示す移動情報を取得する第2の取得ステップと、前記主軸の回転角度の各々と前記移動情報とを対応付けて表示部（34）に表示させる出力生成ステップと、を含む。

[0121] これにより、フィールドバランスによらず工作機械の主軸のバランス状態を観測する観測方法が提供される。

[0122] 前記主軸が回転し、且つ前記移動体が予め決められた位置からずれないように前記工作機械を制御する指令出力ステップをさらに含んでもよい。これにより、移動体を移動させるために生じる偏差成分が移動情報に含まれることがなくなる。

[0123] 前記工作機械は、前記移動体の移動を制御する送り軸モータ（24）をさらに備え、前記観測方法は、前記送り軸モータを制御するゲインを、前記移動情報を取得する際には前記工作機械の加工実行時よりも低く設定するゲイン調整ステップをさらに含んでもよい。これにより、バランス状態の傾向を読み取り易い移動情報が取得され易くなる。

[0124] 第2の発明は、前記主軸の回転により生じる振動が前記移動体に伝達されるまでのタイムラグを表す予め決められた補正量（C）を前記主軸の回転速度に応じて複数記憶する記憶ステップと、前記移動情報の前記時間軸上の位相を前記補正量に基づいて補正する補正ステップと、をさらに含み、前記出力生成ステップでは、前記主軸の回転角度の各々と補正された前記移動情報とを対応付けて表示させてもよい。これにより、観測結果の信頼性がより良好になる。

## 請求の範囲

- [請求項1]            工作機械（１４）の主軸（１８）のバランス状態を観測する観測装置（１２）であって、
- 前記工作機械は、前記主軸と、前記主軸が回転可能に固定され、前記主軸の軸方向に直交する方向（ $D_{22}$ ）に移動する移動体（２２）とを備え、
- 前記観測装置は、回転する前記主軸の回転角度を取得する第１の取得部（４４）と、
- 前記主軸が回転しているときの前記移動体の移動状態を示す移動情報を取得する第２の取得部（４６）と、
- 前記主軸の回転角度の各々と前記移動情報とを対応付けて表示部（３４）に表示させる出力生成部（４８）と、
- を備える、観測装置。
- [請求項2]            請求項１に記載の観測装置であって、
- 前記主軸が回転し、且つ前記移動体が予め決められた位置からずれないように前記工作機械を制御する指令出力部（４３）をさらに備える、観測装置。
- [請求項3]            請求項１または２に記載の観測装置であって、
- 前記工作機械は、
- 前記主軸に接続される主軸モータ（２０）と、
- 前記主軸モータの回転軸の回転角度を検出する検出器（２６）と、
- をさらに備え、
- 前記主軸は、前記主軸モータの駆動により回転する電動主軸であり、
- 前記第１の取得部は、前記検出器の検出結果に基づいて前記主軸の回転角度を取得する、観測装置。
- [請求項4]            請求項１または２に記載の観測装置であって、
- 前記工作機械は、前記主軸の回転角度を検出する検出器（５４）を

さらに備え、

前記主軸はエアによって回転するエア主軸であり、

前記第 1 の取得部は、前記検出器の検出結果に基づいて前記主軸の回転角度を取得する、観測装置。

[請求項5]

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の観測装置であって、

前記工作機械は、前記移動体の移動を制御する送り軸モータ（24）をさらに備え、

前記第 2 の取得部は、前記移動情報として前記送り軸モータの駆動電流、駆動位置、位置偏差、速度、速度偏差、加速度、加速度偏差、加加速度または加加速度偏差を前記移動情報として取得する、観測装置。

[請求項6]

請求項 5 に記載の観測装置であって、

前記送り軸モータを制御するゲインを、前記移動情報を取得する際には前記工作機械の加工実行時よりも低く設定するゲイン調整部（56）をさらに備える、観測装置。

[請求項7]

請求項 6 に記載の観測装置であって、

前記ゲインは、前記送り軸モータの位置ループゲイン、電流ループゲインおよび速度ループゲインを含み、

前記ゲイン調整部は、前記移動情報を取得する際には前記位置ループゲイン、前記電流ループゲインおよび前記速度ループゲインの少なくとも 1 つを低下させる、観測装置。

[請求項8]

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の観測装置であって、

前記主軸の回転により生じる振動が前記移動体に伝達されるまでのタイムラグを表す予め決められた補正量（C）を前記主軸の回転速度に応じて複数記憶した記憶部（38）と、

前記移動情報の時間軸上の位相を前記補正量に基づいて補正する補正部（58）と、

をさらに備え、

前記出力生成部は、前記主軸の回転角度の各々と補正された前記移動情報とを対応付けて表示させる、観測装置。

[請求項9]

請求項1～8のいずれか1項に記載の観測装置であって、

前記主軸の1回転分の回転位相は複数の角度区間を有し、

前記観測装置は、前記複数の角度区間の各々について、前記主軸が角度区間の範囲内を回転しているときの前記移動情報の平均値を求める算出部(60)をさらに備え、

前記出力生成部は、前記複数の角度区間の各々について求められた前記移動情報の平均値を、前記複数の角度区間の各々の範囲に対応する前記移動情報として表示させる、観測装置。

[請求項10]

請求項1～8のいずれか1項に記載の観測装置であって、

前記主軸の回転角度の各々に対応する複数の前記移動情報の平均値を求める算出部(60)をさらに備え、

前記第2の取得部は、前記移動情報を前記主軸の複数回転する間にわたって取得し、

前記算出部は、前記第2の取得部が取得した複数回転分の前記移動情報に基づいて平均値を求め、

前記出力生成部は、求められた前記平均値を前記主軸の回転角度の各々に対応する前記移動情報として表示させる、観測装置。

[請求項11]

請求項1～8のいずれか1項に記載の観測装置であって、

前記主軸の1回転分に対応する複数の前記移動情報に基づいて、前記主軸が1回転する間の前記移動情報の移動平均を求める算出部(60)をさらに備え、

前記出力生成部は、求められた前記移動平均を前記主軸の回転角度の各々に対応する前記移動情報として表示させる、観測装置。

[請求項12]

工作機械(14)の主軸(18)のバランス状態を観測する観測方法であって、

前記工作機械は、前記主軸と、前記主軸が回転可能に固定され、前

記主軸の軸方向に直交する方向 ( $D_{22}$ ) に移動する移動体 (22) とを備え、

前記観測方法は、

回転する前記主軸の回転角度を取得する第1の取得ステップと、

前記主軸が回転しているときの前記移動体の移動状態を示す移動情報を取得する第2の取得ステップと、

前記主軸の回転角度の各々と前記移動情報とを対応付けて表示部 (34) に表示させる出力生成ステップと、

を含む、観測方法。

[請求項13] 請求項12に記載の観測方法であって、

前記主軸が回転し、且つ前記移動体が予め決められた位置からずれないように前記工作機械を制御する指令出力ステップをさらに含む、観測方法。

[請求項14] 請求項12または13に記載の観測方法であって、

前記工作機械は、前記移動体の移動を制御する送り軸モータ (24) をさらに備え、

前記観測方法は、前記送り軸モータを制御するゲインを、前記移動情報を取得する際には前記工作機械の加工実行時よりも低く設定するゲイン調整ステップをさらに含む、観測方法。

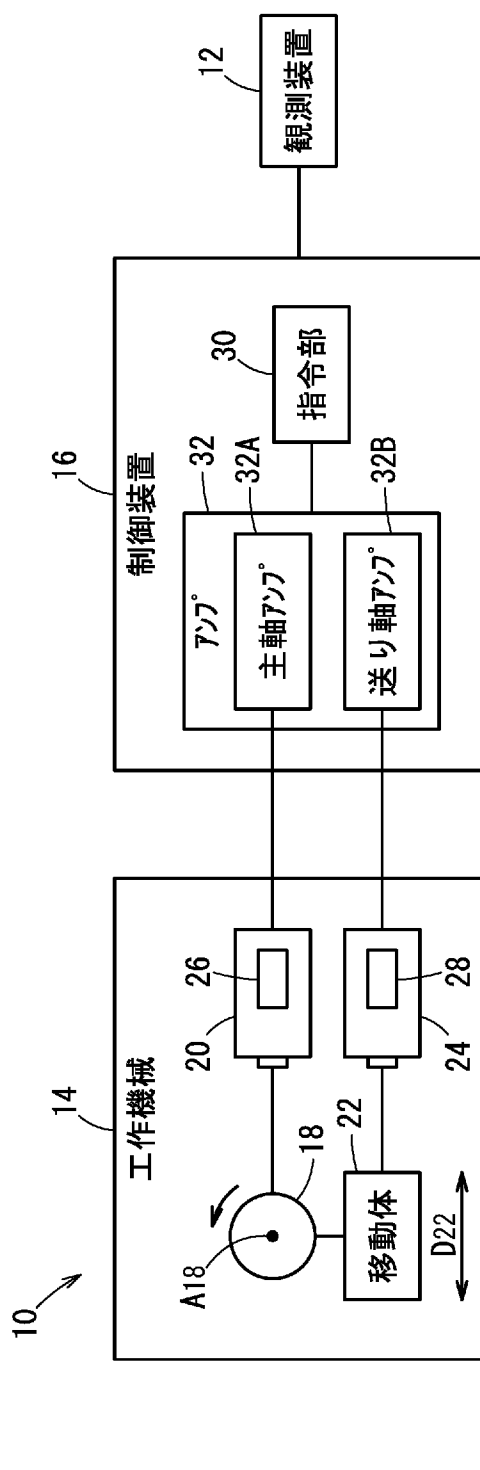
[請求項15] 請求項12～14のいずれか1項に記載の観測方法であって、

前記主軸の回転により生じる振動が前記移動体に伝達されるまでのタイムラグを表す予め決められた補正量 (C) を前記主軸の回転速度に応じて複数記憶する記憶ステップと、

前記移動情報の時間軸上の位相を前記補正量に基づいて補正する補正ステップと、をさらに含む、

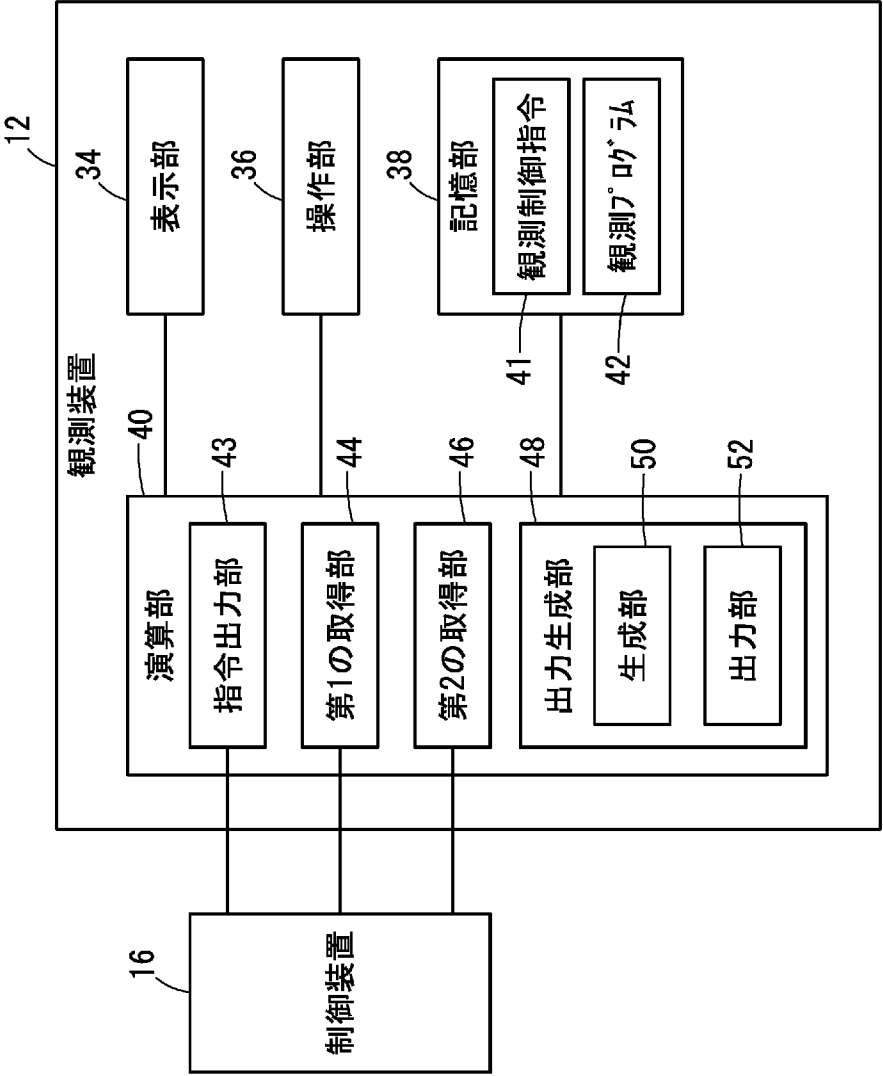
前記出力生成ステップでは、前記主軸の回転角度の各々と補正された前記移動情報とを対応付けて表示させる、観測方法。

[図1]



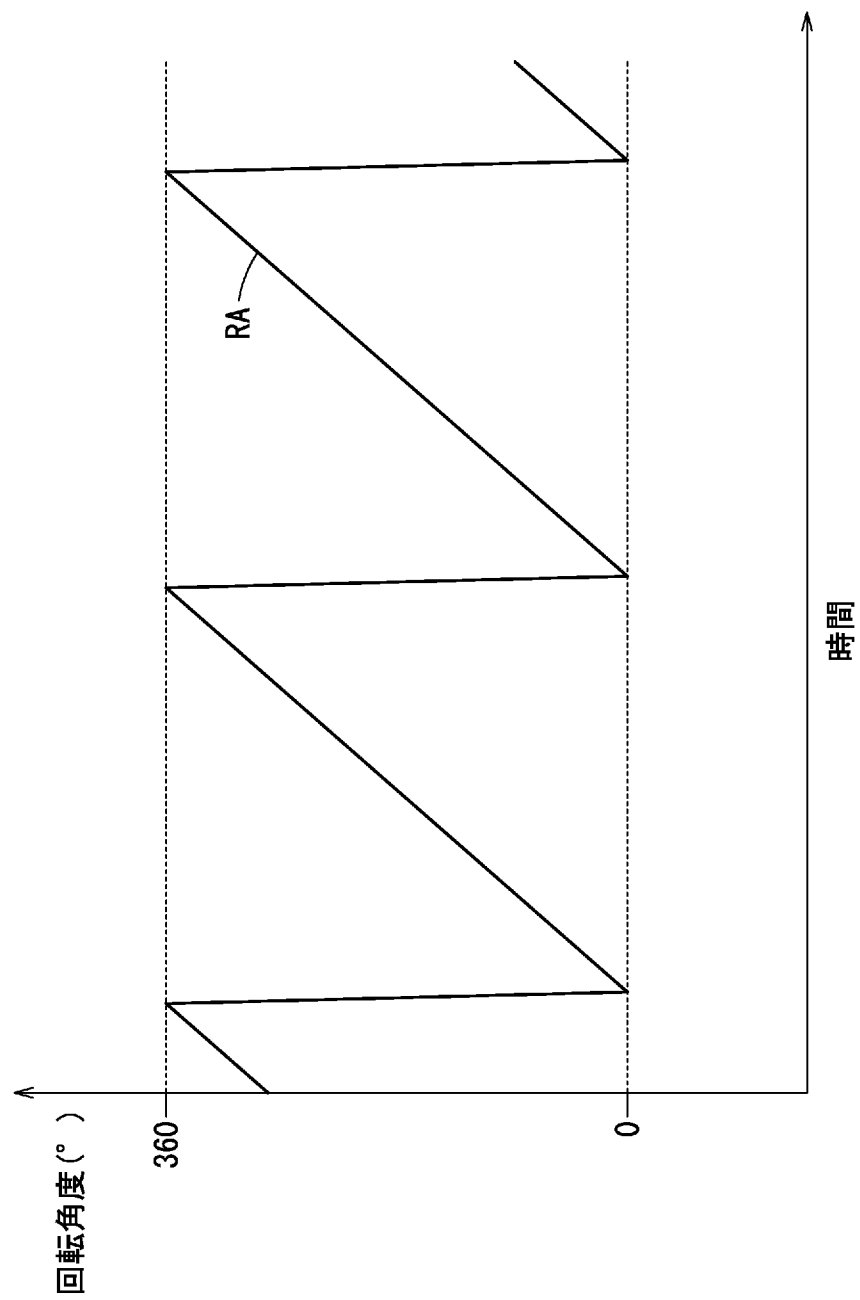
[図2]

FIG. 2



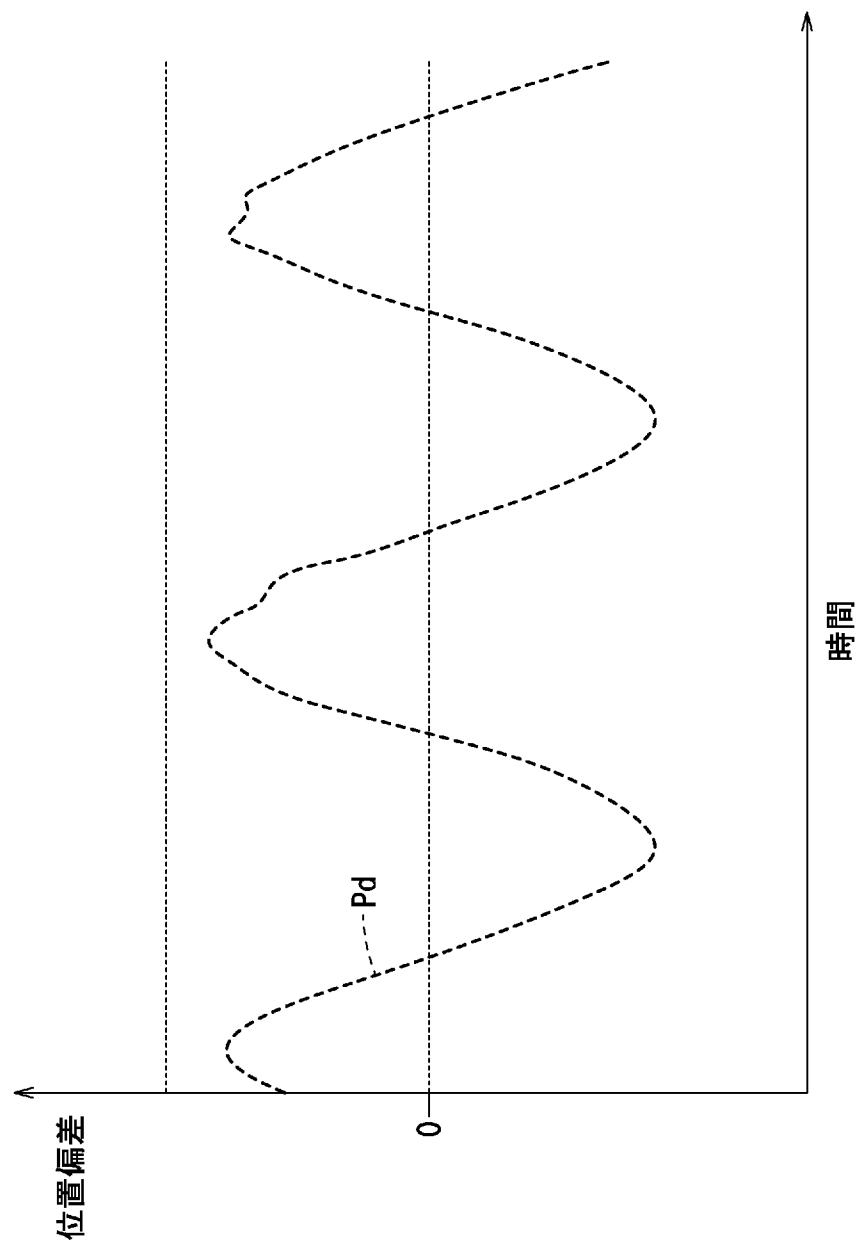
[図3]

FIG. 3



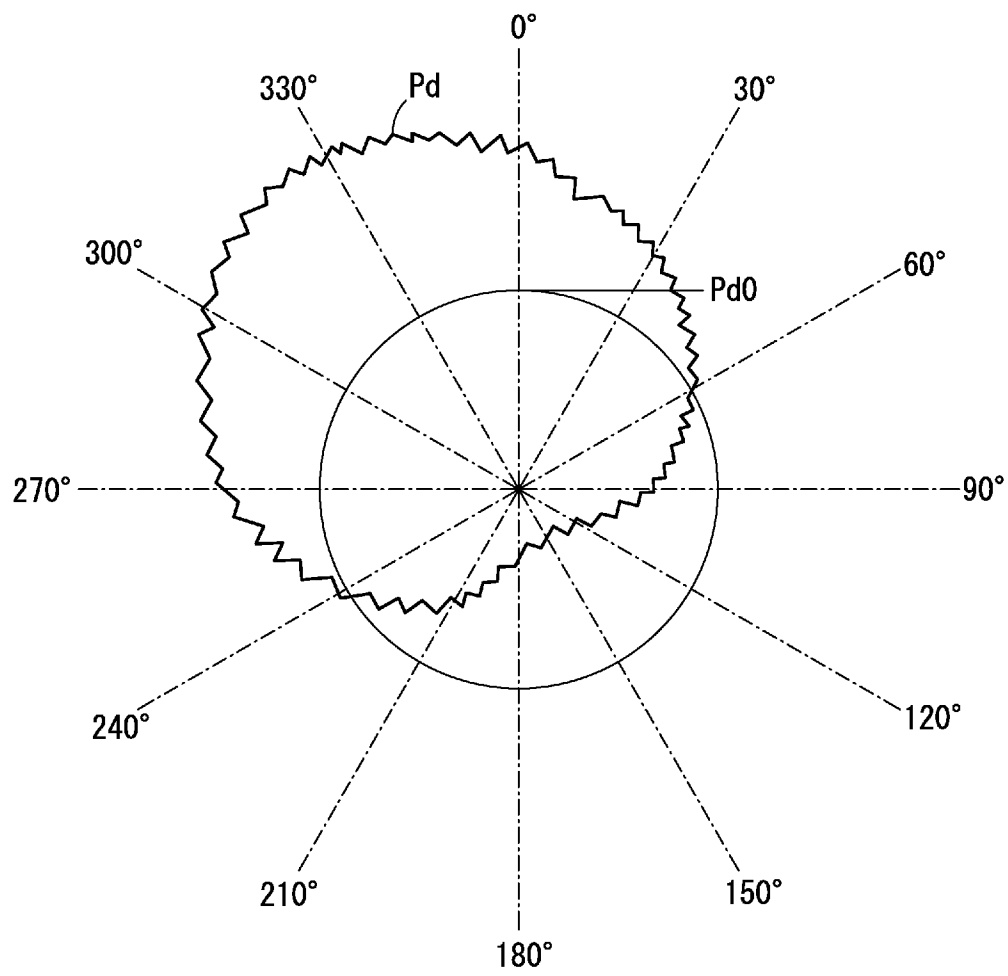
[図4]

FIG. 4



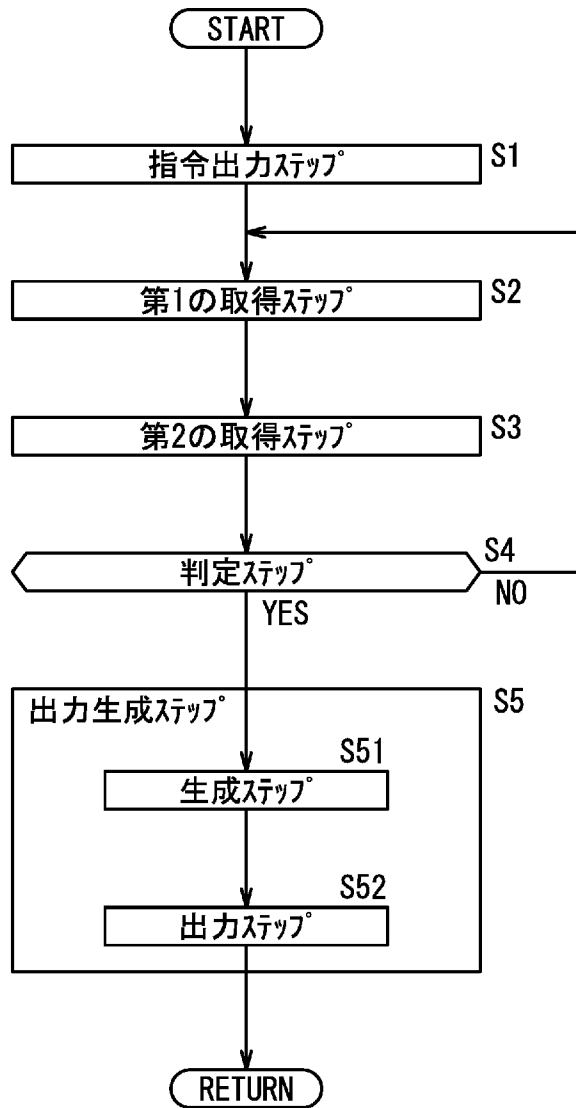
[図5]

FIG. 5



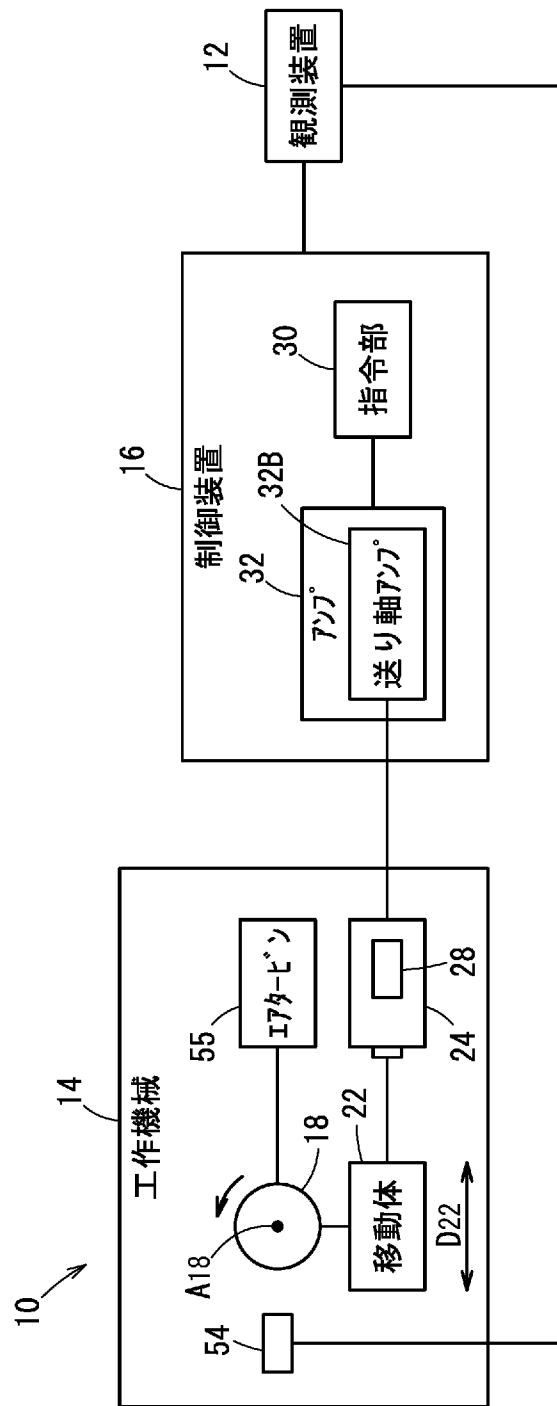
[図6]

FIG. 6



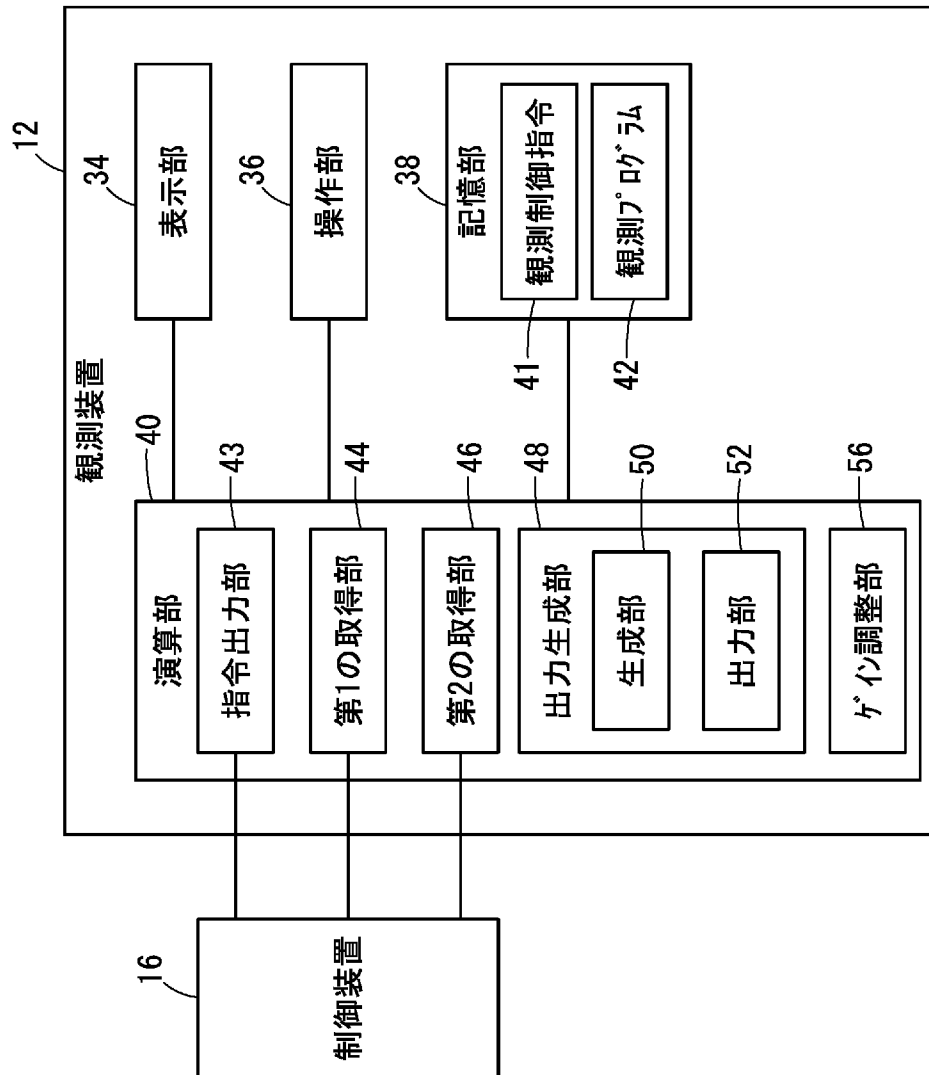
[図7]

FIG. 7



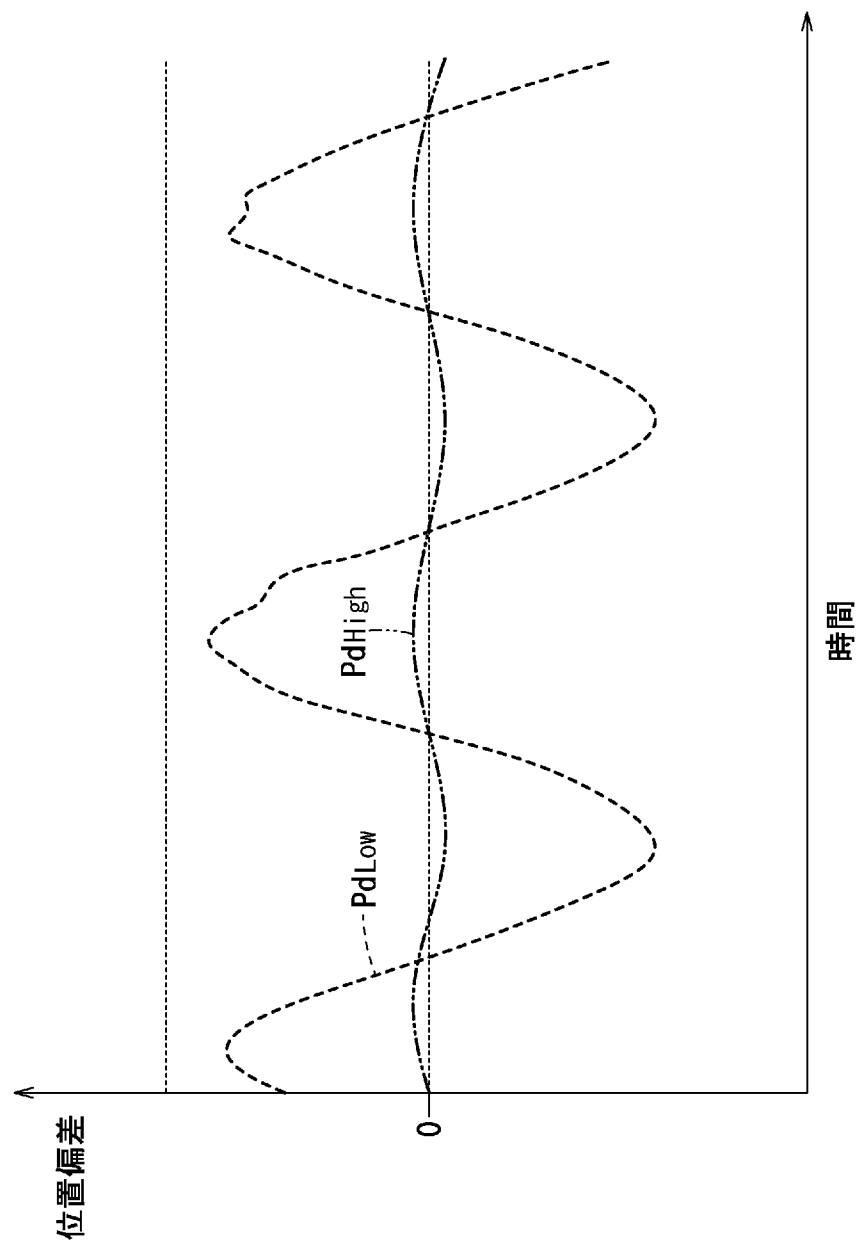
[図8]

FIG. 8



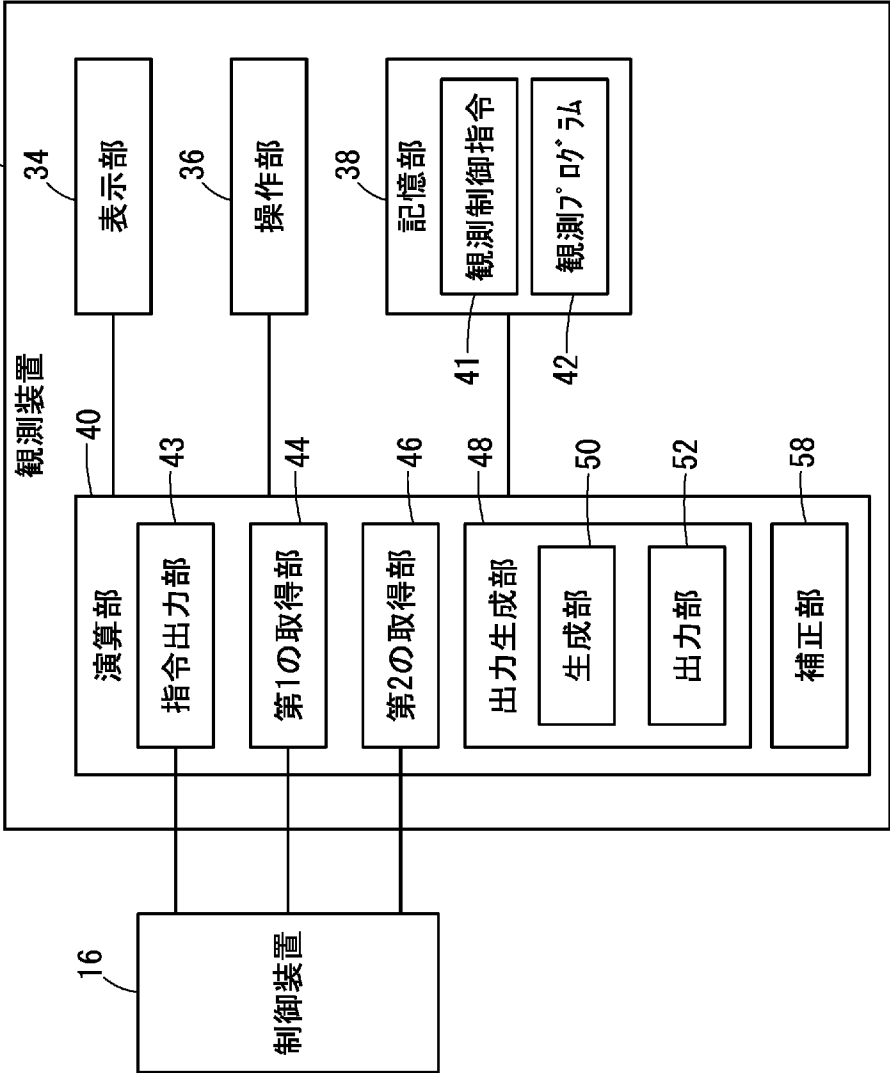
[図9]

FIG. 9



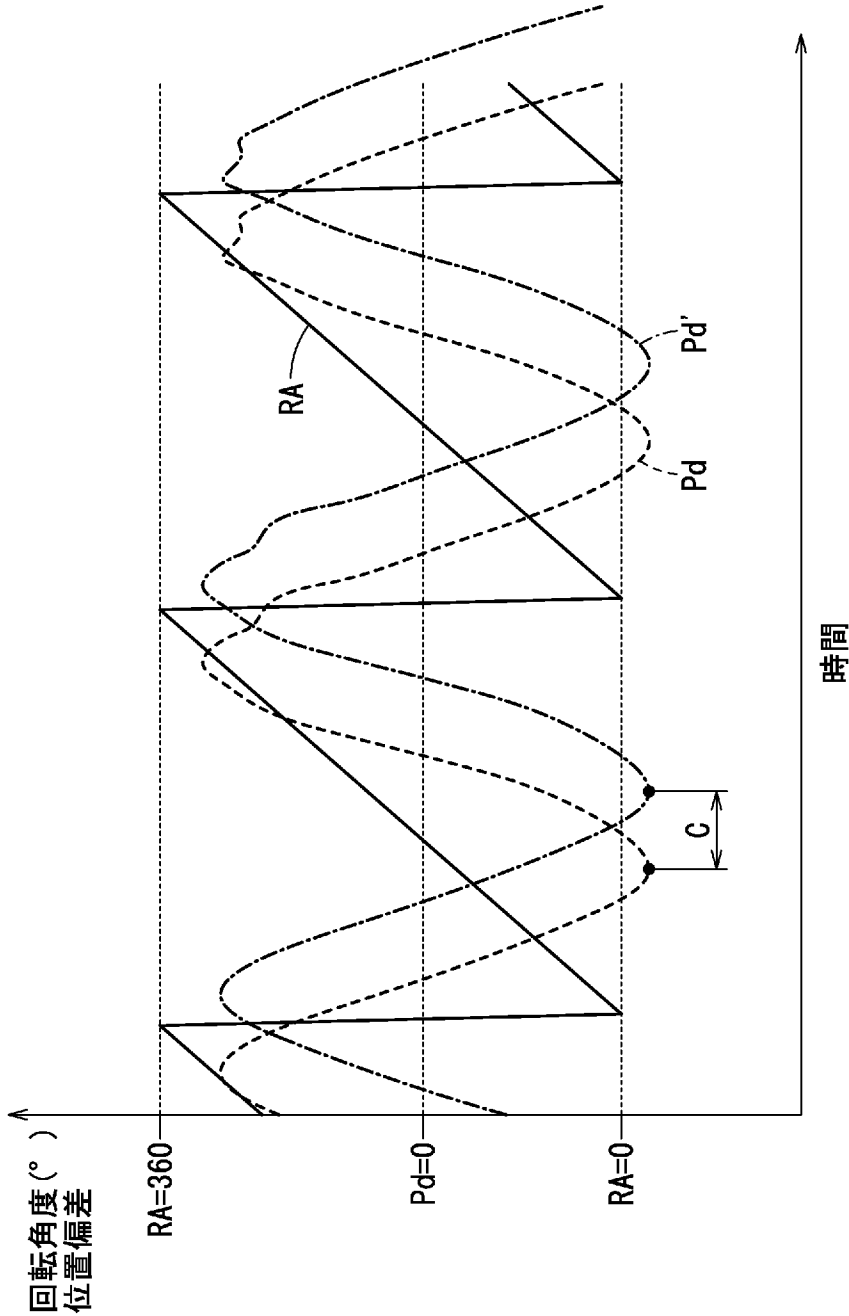
[図10]

FIG. 10



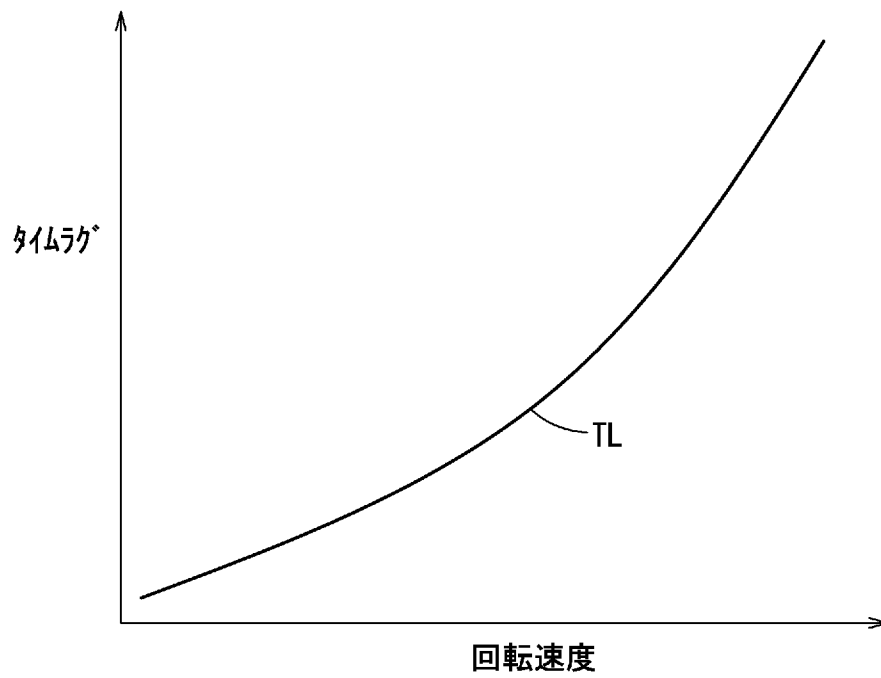
[図11]

FIG. 11



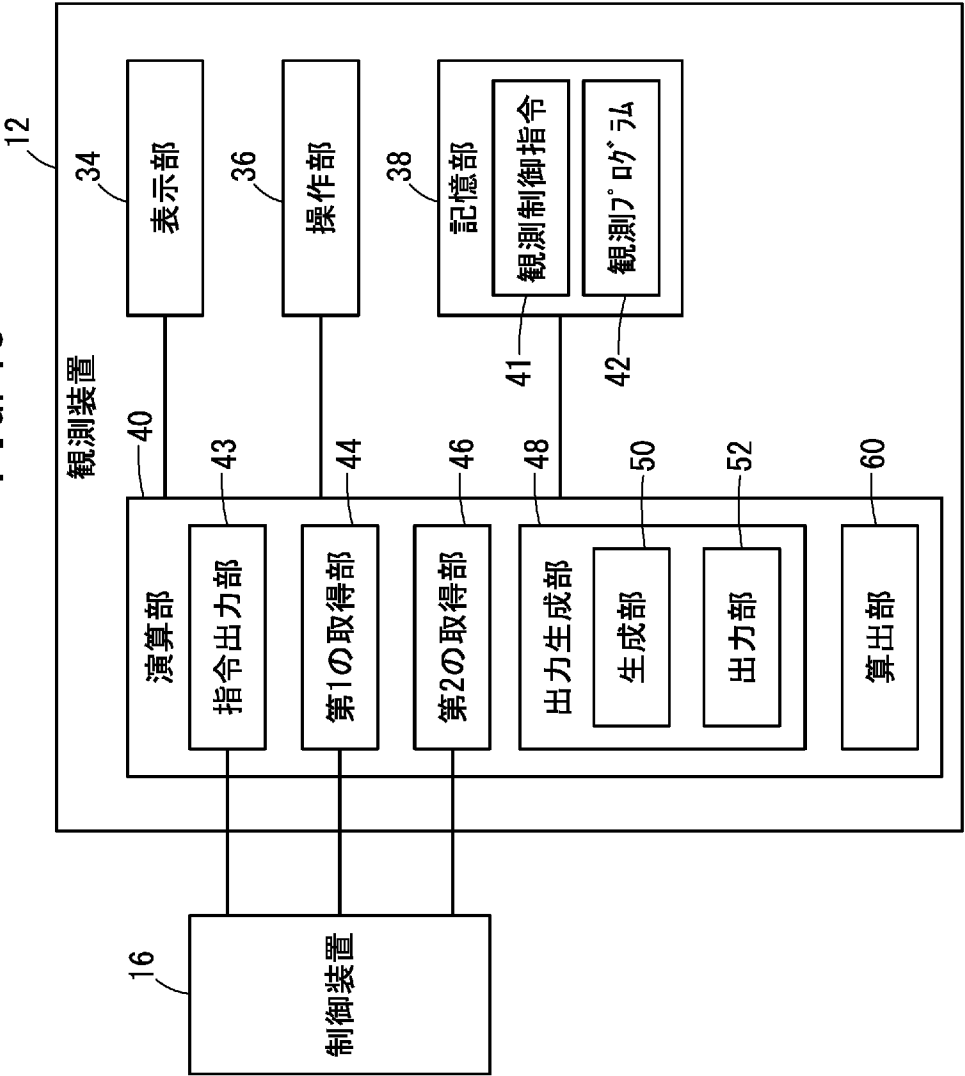
[図12]

FIG. 12



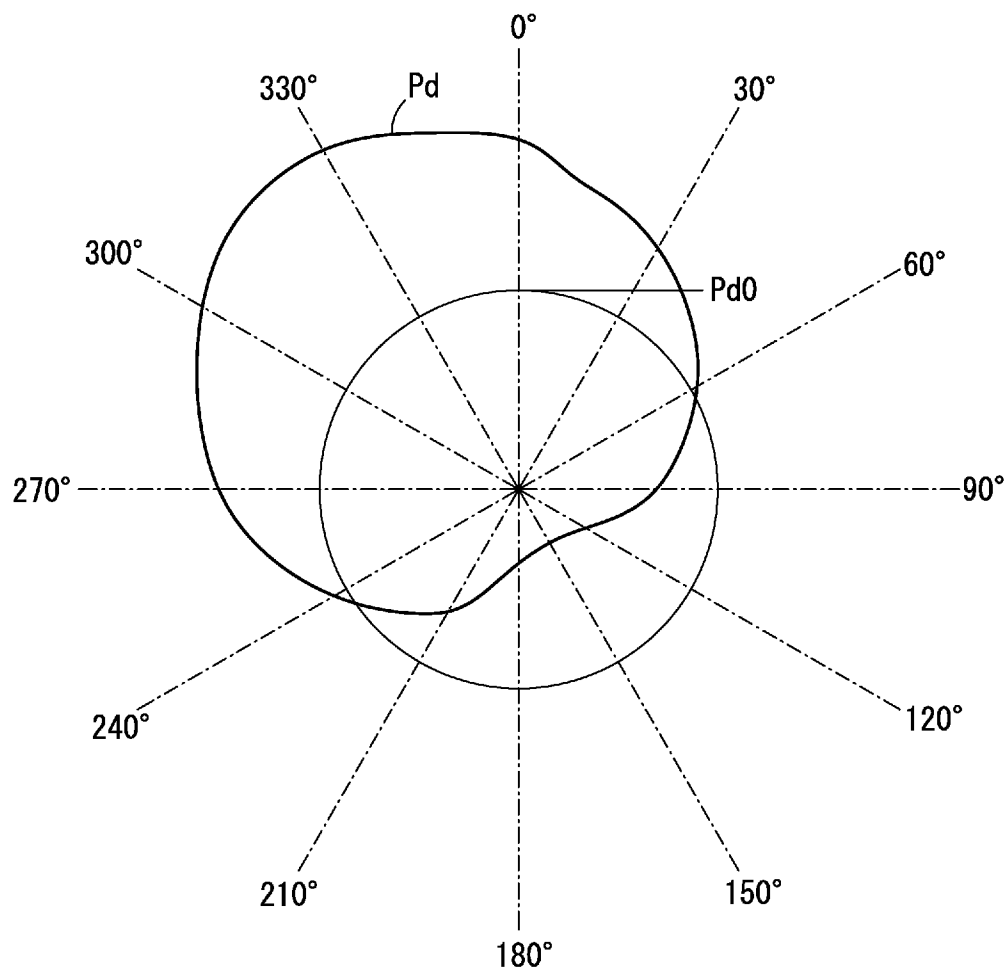
[図13]

FIG. 13



[図14]

FIG. 14



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/000060

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01M 1/16**(2006.01)i; **G05B 19/4063**(2006.01)i; **B23Q 17/00**(2006.01)i

FI: G05B19/4063 L; B23Q17/00 A; G01M1/16

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)

G01M1/16; G05B19/4063; B23Q17/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996  
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022  
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022  
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2019-95951 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES MACHINE TOOL CO., LTD.) 20 June 2019 (2019-06-20)<br>entire text, all drawings | 1-15                  |
| A         | JP 2020-140447 A (FANUC LTD.) 03 September 2020 (2020-09-03)<br>entire text, all drawings                                   | 1-15                  |
| A         | JP 2018-111149 A (JTEKT CORP.) 19 July 2018 (2018-07-19)<br>entire text, all drawings                                       | 1-15                  |

☐ 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

**24 February 2022**

Date of mailing of the international search report

**08 March 2022**

Name and mailing address of the ISA/JP

**Japan Patent Office (ISA/JP)**  
**3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915**  
**Japan**

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/000060**

| Patent document<br>cited in search report |             |   | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s)                         | Publication date<br>(day/month/year) |
|-------------------------------------------|-------------|---|--------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------|
| JP                                        | 2019-95951  | A | 20 June 2019                         | (Family: none)                                  |                                      |
| JP                                        | 2020-140447 | A | 03 September 2020                    | US 2020/0278659 A1<br>entire text, all drawings |                                      |
|                                           |             |   |                                      | CN 111618661 A                                  |                                      |
| JP                                        | 2018-111149 | A | 19 July 2018                         | US 2018/0193976 A1<br>entire text, all drawings |                                      |
|                                           |             |   |                                      | DE 102018100229 A1                              |                                      |
|                                           |             |   |                                      | CN 108284353 A                                  |                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                        |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|--|------------------------------------------|--|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>G01M 1/16(2006.01)i; G05B 19/4063(2006.01)i; B23Q 17/00(2006.01)i<br>FI: G05B19/4063 L; B23Q17/00 A; G01M1/16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                        |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 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））<br>G01M1/16; G05B19/4063; B23Q17/00                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                        |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 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<br><table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                        |                | 日本国実用新案公報    | 1922-1996年                                                      | 日本国公開実用新案公報                    | 1971-2022年                                      | 日本国実用新案登録公報                            | 1996-2022年                                                          | 日本国登録実用新案公報                                                   | 1994-2022年        |                           |  |                                          |  |
| 日本国実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1922-1996年                                                             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国公開実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1971-2022年                                                             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国実用新案登録公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1996-2022年                                                             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国登録実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1994-2022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<br>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<br>請求項の番号 |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2019-95951 A（三菱重工工作機械株式会社）20.06.2019（2019-06-20）<br>全文、全図           | 1-15           |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2020-140447 A（ファナック株式会社）03.09.2020（2020-09-03）<br>全文、全図             | 1-15           |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2018-111149 A（株式会社ジェイテクト）19.07.2018（2018-07-19）<br>全文、全図            | 1-15           |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| <input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                        |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| <table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table> |                                                                        |                | * 引用文献のカテゴリー | “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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの | “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 | “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 | “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 | “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 | “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） | “&” 同一パテントファミリー文献 | “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 |  |
| * 引用文献のカテゴリー                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | “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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの        |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | “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                        |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | “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    |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | “&” 同一パテントファミリー文献                                                      |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                        |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 国際調査を完了した日<br><br>24.02.2022                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 国際調査報告の発送日<br><br>08.03.2022                                           |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 権限のある職員（特許庁審査官）<br><br>樋口 幸太郎 3U 5561<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3364 |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/000060

| 引用文献 |             |   | 公表日        | パテントファミリー文献     | 公表日 |
|------|-------------|---|------------|-----------------|-----|
| JP   | 2019-95951  | A | 20.06.2019 | (ファミリーなし)       |     |
| JP   | 2020-140447 | A | 03.09.2020 | US 2020/0278659 | A1  |
|      |             |   |            | 全文、全図           |     |
|      |             |   |            | CN 111618661    | A   |
| JP   | 2018-111149 | A | 19.07.2018 | US 2018/0193976 | A1  |
|      |             |   |            | 全文、全図           |     |
|      |             |   |            | DE 102018100229 | A1  |
|      |             |   |            | CN 108284353    | A   |