

(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
2020年7月23日(23.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/149268 A1

(51) 国際特許分類:

B23Q 5/40 (2006.01) *B23Q 1/01* (2006.01)
F16H 25/22 (2006.01) *B23Q 11/00* (2006.01)

人 東京大学 (THE UNIVERSITY OF TOKYO)
[JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/000919

(22) 国際出願日: 2020年1月14日(14.01.2020)

(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 2019-007016 2019年1月18日(18.01.2019) JP

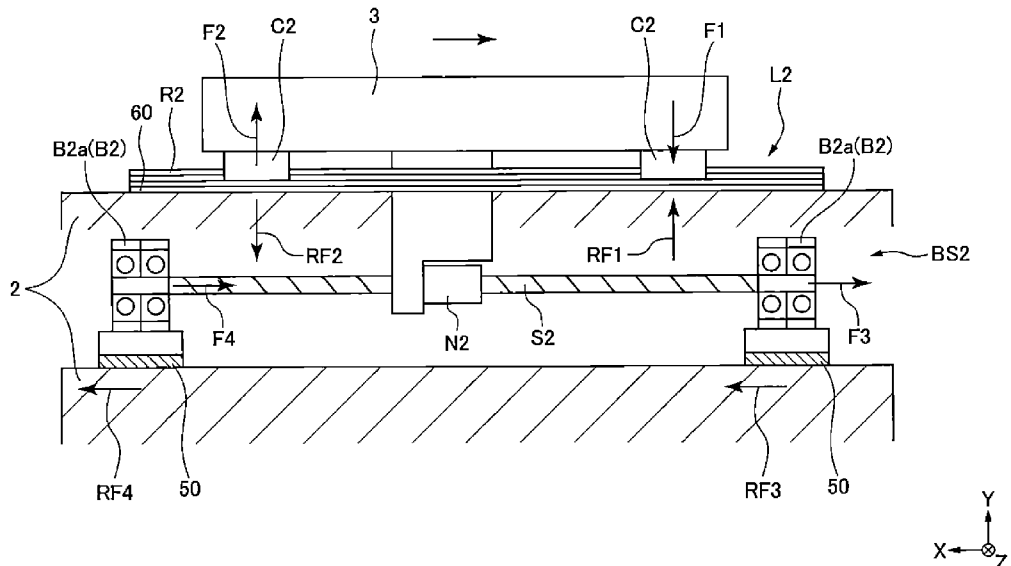
(71) 出願人: 株式会社牧野フライス製作所 (MAKINO MILLING MACHINE CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒1528578 東京都目黒区中根2丁目3番19号 Tokyo (JP). 国立大学法

(72) 発明者: 高野 和雅 (KONO, Kazumasa);
〒2430303 神奈川県愛甲郡愛川町中津4023番地 株式会社牧野フライス製作所内 Kanagawa (JP). 梶川 真吾 (KAJIKAWA, Shingo); 〒2430303 神奈川県愛甲郡愛川町中津4023番地 株式会社牧野フライス製作所内 Kanagawa (JP). 磯▲崎▼泰佑 (ISOZAKI, Taisuke); 〒2430303 神奈川県愛甲郡愛川町中津4023番地 株式会社牧野フライス製作所内 Kanagawa (JP). 杉田 直彦 (SUGITA, Naohiko); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

(54) Title: FEEDING DEVICE OF MACHINE TOOL

(54) 発明の名称: 工作機械の送り装置

FS2



木崎 通(KIZAKI, Toru); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP). 柏原 翔一(KASHIWABARA, Shoichi); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1058423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル 青和特許法律事務所 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, JO, KE, KG, KH, 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))

(B2) and the base member (2).

(57) 要約: 送り装置(F S 2)は、ベース部材(2)と移動体(3)との間に配置され、ベース部材(2)に対する移動体(3)の移動を案内する直動転がりガイド(L 2)と、ベース部材(2)に対して移動体(3)を駆動するボールねじ機構(B S 2)と、を備える。ボールねじ機構(B S 2)は、ねじ軸(S 2)と、ねじ軸(S 2)に沿って移動するナット(N 2)と、ベース部材(2)に対して固定され且つねじ軸(S 2)を支持するねじ軸ホルダ(B 2)と、を有する。ねじ軸ホルダ(B 2)とベース部材(2)との間に、CFRP材(5 0)が挟まれる。

明 細 書

発明の名称： 工作機械の送り装置

技術分野

[0001] 本願は、工作機械の送り装置に関する。

背景技術

[0002] 工作機械の分野では、振動を低減するための様々な構造が提案されている。例えば、特許文献1は、工作機械として光走査型レーザ加工機を開示している。この工作機械は、ベッドと、ベッド上を移動するクロスビームと、クロスビーム上を移動するサドルと、サドルによって支持される加工ヘッドと、を備えている。この工作機械では、クロスビームに全体的にCFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastic）が用いられている。このような構成によって、軽重量及び高剛性を達成しつつ、振動を低減している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2000-263356号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般的に、工作機械では、様々な振動が発生する。これらは、例えば、（1）回転する主軸のアンバランスによるもの、（2）断続的な切削力によるもの、（3）再生びびりによるもの、及び、（4）移動体が移動を開始又は停止するときにベース部材に作用する反力によるもの、等の振動を含む。（1）主軸のアンバランスによる振動では、主に、主軸が振動する。また、（2）断続的な切削力による振動では、主に、主軸及びテーブルが振動する。また、（3）再生びびりによる振動では、主に、工具が振動する。これら主軸、テーブル及び工具は、比較的重量が軽く、且つ、工作機械の末端に位置する。したがって、これらの構成要素の振動は、ベッド、コラム及びサドル等の比較的重量が重く且つ工作機械のより下方に位置する、ベース部材の低

い周波数での大きな変位の振動を引き起しにくい。これに対して、（４）移動体の動作に起因してベース部材に作用する反力による振動は、その反力が転がりガイド及びボールねじを介してベース部材に対して直接的に作用し、ベース部材の低い周波数での大きな変位の振動を引き起しやすい。近年は、高速加工が頻繁に行われ、移動体は高加速度及び高減速度で移動される。したがって、このような移動体の動作に起因する反力によって、ベース部材が加振され、ワークの加工面品位が悪化する場合がある。このような問題に対処するには、ベース部材を重くして剛性を増すことが考えられる。しかしながら、これは工作機械全体の重量の増加につながり、好ましくない。また、特許文献１の工作機械のように、クロスビーム等の移動体に全体的にＣＦＲＰを用いることも考えられる。しかしながら、ＣＦＲＰでは繊維の方向以外の方向の剛性は比較的低いため、移動体に全体的にＣＦＲＰを用いることは、静剛性の低下につながり得る。

[0005] 本発明は、静剛性が高く、且つ、移動体が移動を開始又は停止するときの反力によるベース部材の振動変位を低減することができる、工作機械の送り装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様は、ベース部材に対して移動体が案内、送り駆動される工作機械の送り装置において、ベース部材と移動体との間に配置され、ベース部材に対する移動体の移動を案内する直動転がりガイドと、ベース部材に対して移動体を駆動するボールねじ機構であって、ねじ軸と、ねじ軸に沿って移動するナットと、ベース部材に対して固定され且つねじ軸を支持するねじ軸ホルダと、を有する、ボールねじ機構と、を備え、ねじ軸ホルダとベース部材との間にＣＦＲＰ材が挟まれる、工作機械の送り装置である。

[0007] 本開示の一態様に係る工作機械の送り装置では、ボールねじ機構のねじ軸ホルダとベース部材との間にＣＦＲＰ材が挟まれる。本発明者は、当該箇所においてＣＦＲＰ材を挟むことによって、ベース部材又は移動体の材質を変更することなく、移動体が移動を開始又は停止するときの反力によるベース部材の

振動変位を低減することができることを見出した。したがって、高い静剛性を維持しつつ、上記のようなベース部材の振動変位を低減することができる。

[0008] 直動転がりガイドとベース部材との間にCFRP材が挟まれてもよい。この場合、ベース部材の振動変位がさらに低減され得る。また、この場合、直動転がりガイドは、レールと、レールに沿って移動するキャリッジと、を有してもよく、CFRP材は、レールとベース部材との間に、又はキャリッジとベース部材との間に挟まれてもよい。

[0009] ねじ軸ホルダは、ねじ軸に沿って離間して配置された第1及び第2の軸受ブラケットユニットを含んでもよく、CFRP材は、第1及び第2の軸受ブラケットユニットを含む範囲に敷き詰められてもよい。この場合、第1及び第2の軸受ブラケットユニットの間に隙間なくCFRP材が敷き詰められるため、ベース部材の振動変位がさらに低減され得る。

[0010] CFRP材は、各々が所定の方向に沿ったカーボン繊維を含有する複数の層を含んでもよく、複数の層は、カーボン繊維の配向が移動体の移動方向に対して $\pm 45^\circ$ となるように積層されていてもよい。この場合、移動体の移動方向を含む平面内の全方向に対して、CFRP材が高い剛性を有する。

[0011] ベース部材が、アルミニウム合金製であってもよい。この場合、ベース部材を軽量化することができる。

発明の効果

[0012] 本開示の一態様によれば、静剛性が高く、且つ、移動体が移動を開始又は停止するときの反力によるベース部材の振動変位を低減することができる、工作機械の送り装置を提供することが可能である。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]一実施形態に係る送り装置を具備する工作機械を示す正面図である。

[図2]図1の工作機械を示す平面図である。

[図3]図1の工作機械を示す側面図である。

[図4]送り装置を示す拡大側面図である。

[図5]送り装置を示す拡大正面図である。

[図6]図5中のVI-VI矢視断面図である。

[図7]実験結果の一例を示すグラフである。

[図8] (a) はアルミニウム合金の振動減衰挙動を示すグラフである。(b) はCFRPの振動減衰挙動を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、添付図面を参照して、実施形態に係る工作機械の送り装置を説明する。同様な又は対応する要素には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。理解を容易にするために、図の縮尺は変更されている場合がある。

[0015] 図1は、一実施形態に係る送り装置を具備する工作機械を示す正面図である。また、図2及び図3は、それぞれ、図1の工作機械を示す平面図及び側面図である。図1を参照して、工作機械100は、例えば、立形マシニングセンタであることができる。工作機械100は、他の加工機であってもよい。工作機械100は、ベッド1と、スライダ2と、サドル3と、ラム4と、主軸頭5と、主軸6と、テーブル7と、を備えている。工作機械100は、他の構成要素を更に有していてもよい。

[0016] 本実施形態では、主軸6は、鉛直な軸線Os周りに回転する。工作機械100では、軸線Osに沿った方向がZ軸方向（上下方向とも称され得る）である。また、図2を参照して、工作機械100では、水平方向のうち、スライダ2、サドル3、ラム4及び主軸頭5が配列されている方向が、Y軸方向（前後方向とも称され得る）である。スライダ2に対してサドル3、ラム4及び主軸頭5が在る側が前側であり、その反対の側が後側である。さらに、工作機械100では、水平方向のうち、Y軸方向と垂直な方向が、X軸方向（左右方向とも称され得る）である。

[0017] 図1を参照して、ベッド1は、土台11と、本体部12と、を有する。土台11は、工場の床面等の基礎上に配置されている。本体部12は、土台11の上方に設けられている。本体部12は、一対の側壁12aと、一対の側壁12aの上部に架け渡された天井壁12bと、を有している。一対の側壁

1 2 a は、X 軸方向において互いに対向するように配置されている。天井壁 1 2 b は、一对の側壁 1 2 a の上部を連結している。

[0018] 図 2 を参照して、スライダ 2 は、ベッド 1 の一对の側壁 1 2 a の上面に跨っている。本実施形態では、スライダ 2 は、軽量化のために、アルミニウム合金によって形成されている。スライダ 2 は、送り装置 F S 1 によって、ベッド 1 上を Y 軸方向に沿って駆動される。すなわち、ベッド 1 及びスライダ 2 の間の関係においては、スライダ 2 が、所定方向（Y 軸方向）に移動する「移動体」としての役割を果たし、ベッド 1 が、移動体を支持する「ベース部材」としての役割を果たす。送り装置 F S 1 は、1 つ又は複数（本実施形態では一对）の直動転がりガイド L 1 と、ボールねじ機構 B S 1 と、モータ M 1 と、を有している。

[0019] 図 3 を参照して、直動転がりガイド L 1 は、ベッド 1 とスライダ 2 との間に配置されており、ベッド 1 に対するスライダ 2 の移動を案内する。直動転がりガイド L 1 の各々は、レール R 1 と、1 つ又は複数（本実施形態では一对）のキャリッジ C 1 と、を含んでいる。送り装置 F S 1 では、レール R 1 が、「ベース部材」であるベッド 1 の上面に対して固定され、キャリッジ C 1 が、「移動体」であるスライダ 2 の底面に対して固定されている。

[0020] 図 2 を参照して、ボールねじ機構 B S 1 は、ベッド 1 に対してスライダ 2 を駆動する。ボールねじ機構 B S 1 は、ねじ軸 S 1 と、ナット N 1 と、ねじ軸ホルダ B 1 と、を含んでいる。ねじ軸 S 1 は、その中心軸線が Y 軸方向に沿うように配置されている。ねじ軸ホルダ B 1 は、ねじ軸 S 1 に沿って離間して配置された第 1 及び第 2 の軸受ブラケットユニット B 1 a を含んでいる（図では、一方の軸受ブラケットユニット B 1 a のみ図示）。各軸受ブラケットユニット B 1 a は、1 つ又は複数の転がり軸受と、当該転がり軸受を支持するブラケットと、を含んでいる。第 1 及び第 2 の軸受ブラケットユニット B 1 a は、例えば、ねじ軸 S 1 の両端を支持することができる。ねじ軸ホルダ B 1 は、ベッド 1 の天井壁 1 2 b に対して固定されている。なお、他の実施形態では、ねじ軸ホルダ B 1 は、1 つのみの軸受ブラケットユニット B

1 aを含んでもよい（例えば、ねじ軸S 1が片持ちで支持されてもよい）。

[0021] ナットN 1は、ねじ軸S 1に沿って移動する。ナットN 1は、スライダ2の底面に対して固定されている。モータM 1は、ねじ軸S 1の一方の端部に連結されている。ナットN 1及びスライダ2は、モータM 1によってねじ軸S 1が回転されるにつれて、Y軸方向に沿って移動する。スライダ2のY軸方向の送りは、NC装置（不図示）によって制御される。

[0022] サドル3は、スライダ2の前面に取り付けられている。サドル3は、送り装置FS 2によって、スライダ2上をX軸方向に沿って駆動される。すなわち、スライダ2及びサドル3の関係においては、スライダ2が、「ベース部材」としての役割を果たし、サドル3が、「移動体」としての役割を果たす。送り装置FS 2は、1つ又は複数（本実施形態では一対）の直動転がりガイドL 2と、ボールねじ機構BS 2と、モータM 2と、を有している。

[0023] 直動転がりガイドL 2は、スライダ2とサドル3との間に配置されており、スライダ2に対するサドル3の移動を案内する。直動転がりガイドL 2の各々は、レールR 2と、1つ又は複数（本実施形態では一対）のキャリッジC 2と、を含んでいる。送り装置FS 2では、レールR 2が、「ベース部材」であるスライダ2の前面に対して固定されており、キャリッジC 2が、「移動体」であるサドル3の後面に対して固定されている。

[0024] ボールねじ機構BS 2は、スライダ2に対してサドル3を駆動する。ボールねじ機構BS 2は、ねじ軸S 2と、ナットN 2と、ねじ軸ホルダB 2と、を含んでいる。ねじ軸S 2は、X軸方向に沿うように配置されている。ねじ軸ホルダB 2は、ねじ軸S 2に沿って離間して配置された第1及び第2の軸受ブラケットユニットB 2 aを含んでいる（図5参照）。各軸受ブラケットユニットB 2 aは、1つ又は複数の転がり軸受と、当該転がり軸受を支持するブラケットと、を含んでいる。第1及び第2の軸受ブラケットユニットB 2 aは、例えば、ねじ軸S 2の両端を支持することができる。ねじ軸ホルダB 2は、スライダ2の前面に対して固定されている。他の実施形態では、ねじ軸ホルダB 2は、1つのみの軸受ブラケットユニットB 2 aを含んでもよ

い（例えば、ねじ軸S 2が片持ちで支持されてもよい）。

[0025] 図2を参照して、ナットN 2は、ねじ軸S 2に沿って移動する。ナットN 2は、サドル3の後面に対して固定されている。モータM 2は、ねじ軸S 2の一方の端部に連結されている。ナットN 2及びサドル3は、モータM 2によってねじ軸S 2が回転されるにつれて、X軸方向に沿って移動する。サドル3のX軸方向の送りは、NC装置によって制御される。

[0026] 図3を参照して、ラム4は、サドル3の前面に取り付けられている。ラム4は、送り装置FS 3によって、サドル3上をZ軸方向に沿って駆動される。すなわち、サドル3及びラム4の関係においては、サドル3が、「ベース部材」としての役割を果たし、ラム4が、「移動体」としての役割を果たす。送り装置FS 3は、1つ又は複数（本実施形態では一対）の直動転がりガイドL 3と、ボールねじ機構BS 3と、モータM 3と、を有している。

[0027] 直動転がりガイドL 3は、サドル3とラム4との間に配置されており、サドル3に対するラム4の移動を案内する。直動転がりガイドL 3の各々は、レールR 3と、1つ又は複数（本実施形態では一対）のキャリッジC 3と、を含んでいる。上記の送り装置FS 1, FS 2では、レールR 1, R 2が「ベース部材」に対して固定され、キャリッジC 1, C 2が「移動体」に対して固定されている一方で、送り装置FS 3では、レールR 3が「移動体」であるラム4の後面に対して固定されており、キャリッジC 3が「ベース部材」であるサドル3の前面に対して固定されている。

[0028] ボールねじ機構BS 3は、サドル3に対してラム4を駆動する。ボールねじ機構BS 3は、Z軸方向に沿うように配置されたねじ軸（不図示）と、ラム4に対して固定されたナット（不図示）と、ねじ軸ホルダB 3と、を含むことができる。ねじ軸ホルダB 3は、ねじ軸に沿って離間して配置された第1及び第2の軸受ブラケットユニットB 3 aを含んでいる（図では、一方の軸受ブラケットユニットB 3 aのみ図示）。各軸受ブラケットユニットB 3 aは、1つ又は複数の転がり軸受と、当該転がり軸受を支持するブラケットと、を含んでいる。第1及び第2の軸受ブラケットユニットB 3 aは、例え

ば、ねじ軸の両端を支持することができる。ねじ軸ホルダB 3は、サドル3の前面に対して固定されている。他の実施形態では、ねじ軸ホルダB 3は、1つのみの軸受ブラケットユニットB 3 aを含んでもよい（例えば、ねじ軸が片持ちで支持されてもよい）。モータM 3は、ねじ軸の一方の端部に連結されている。

[0029] ボールねじ機構B S 3のナットは、上記のボールねじ機構B S 1, B S 2のナットN 1, N 2と同様に構成されることができ、これによって、ナット及びラム4が、モータM 3によってねじ軸が回転されるにつれて、Z軸方向に沿って移動することができる。ラム4のZ軸方向の送りは、NC装置によって制御される。

[0030] 次に、上記の工作機械100のうち、スライダ2とサドル3との間の送り装置F S 2について詳細に説明する。

[0031] 図4及び図5は、それぞれ、送り装置F S 2を示す拡大側面図及び拡大正面図である。なお、図4及び図5では、理解し易いように、いくつかの構成要素（例えば、サドル3及びナットN 2等）が省略されていることに留意されたい。図5に示されるように、送り装置F S 2では、ねじ軸ホルダB 2と、スライダ2との間に、CFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastic）材50が挟まれている。

[0032] CFRP材50は、第1及び第2の軸受ブラケットユニットB 2 aを含む範囲に敷き詰められている。具体的には、図5では、CFRP材50は、1枚の板であり、スライダ2の前面の略全体を覆うことができるサイズを有している。これによって、第1及び第2の軸受ブラケットユニットB 2 aの間には、隙間なくCFRP材50が敷き詰められている。代替的に、図5のCFRP材50は、複数の板に分割されていてもよい。さらに代替的に、図6に示されるように、CFRP材50は、第1及び第2の軸受ブラケットユニットB 2 aのそれぞれの直下にのみ配置されてもよい。この場合、第1及び第2の軸受ブラケットユニットB 2 aの間には、CFRP材が配置されていないスペースが存在する。

[0033] 図5を参照して、CFRP材50は、複数の層を含んでいる。各層は、所定の方向に沿ったカーボン繊維を含有している。具体的には、複数の層は、カーボン繊維の配向51がサドル3の移動方向（X軸方向）に対して $\pm 45^\circ$ となるように、積層されている。CFRP材50は、例えば、複数のボルト52によって、スライダ2に対して固定されることができる。ねじ軸ホルダB2は、複数のボルト53によって、CFRP材50と共にスライダ2に対して固定されることができる。スライダ2とCFRP材50との間、及び、CFRP材50とねじ軸ホルダB2との間には、接着剤がさらに使用されてもよい。CFRP材50の各種仕様（例えば、厚さ、ヤング率等の弾性率、引張強さ等の強度、マトリクス樹脂の種類、炭素繊維の種類、及び、炭素繊維含有量等）は、例えばCFRP材50にかかる荷重等の様々な要因を考慮して適宜決定され得る。これらの仕様は、例えば機械の送り軸設計仕様に合わせて静剛性を下げ過ぎない厚さ（例えば、1～5mm）、特定方向の減衰性の高い配向（例えば 0° 、 90° ）、ヤング率の高い熱硬化性樹脂とすることができる。

[0034] 図4を参照して、送り装置FS2では、直動転がりガイドL2とスライダ2との間にも、CFRP材60が挟まれている。具体的には、送り装置FS2では、レールR2とスライダ2との間に、CFRP材60が挟まれている。CFRP材60は、例えば、一枚の板であることができ、レールR2の略全長に亘るサイズを有することができる。代替的に、CFRP材60は、複数の板に分割されていてもよい。CFRP材60は、上記のCFRP材50と同様に、複数の層を含んでおり、これら複数の層は、CFRP材60のカーボン繊維の配向がサドル3の移動方向（X軸方向）に対して $\pm 45^\circ$ となるように、積層されている。

[0035] 図5を参照して、レールR2は、例えば、複数のボルト54によって、CFRP材60（図5において不図示）と共にスライダ2に対して固定されることができる。スライダ2とCFRP材60との間、及び、CFRP材60とレールR2との間には、接着剤がさらに使用されてもよい。CFRP材60

0の各種仕様は、例えば、CFRP材60にかかる荷重等の様々な要因を考慮して適宜決定され得、例えば、CFRP材50と同様であることができる。

[0036] 次に、サドル3が移動を開始又は停止するときにスライダ2に作用する反力について説明する。

[0037] 図6は、図5中のVI-VI矢視断面図である。なお、図6では、理解し易いように、いくつかの構成要素（例えば、モータM2等）が省略されていることに留意されたい。図6は、サドル3が右側への移動を停止するときの状態を示している。この状態では、慣性によりサドル3には、サドル3を時計回りに回転させるようにモーメントが作用する。したがって、右側のキャリッジC2には、下向きの力F1が作用し、スライダ2には、逆向きの反力RF1が作用する。また、左側のキャリッジC2には、上向きの力F2が作用し、スライダ2には、逆向きの反力RF2が作用する。第1及び第2の軸受ブラケットユニットB2aには、それぞれ、サドル3からナットN2及びねじ軸S2を介して慣性力F3、F4が作用し、スライダ2には、逆向きの反力RF3、RF4が作用する。以上のような反力RF1、RF2、RF3、RF4は、スライダ2の振動を発生し得る。特に、反力RF3、RF4は、ボールねじ機構BS2を介してスライダ2に対してX軸方向に直接的に作用し、スライダ2の低い周波数での大きな変位の振動を引き起しやすい。なお、サドル3が右側への移動を開始するときの状態では、スライダ2に上記の反力RF1、RF2、RF3、RF4と逆向きの反力が作用することが理解可能であろう。

[0038] 上記のように、以上のような反力は、サドル3がX軸方向の移動を開始又は停止するときに、スライダ2に作用する。このような反力に起因するスライダ2の振動は、主軸6に取り付けられた工具がワークと接触していない早送りや空切削の場合には、ワークの加工面品位に影響しない。しかしながら、いくつかの加工においては、主軸6に取り付けられた工具がワークと接触しているときに、サドル3がX軸方向の移動を開始又は停止する場合がある

(例えば、エンドミルによるX軸及びY軸方向の移動を含むコーナー加工、並びに、ボールエンドミルによるX軸及びZ軸方向の移動を含み、Y軸方向のピックフィードを繰り返すスキャン加工等)。このような場合、反力に起因するスライダ2の振動は、ワークの加工面品位に影響し得る。

[0039] 本発明者は、このような問題に対処するために、ねじ軸ホルダB2とスライダ2との間にCFRP材50が挿入され、且つ、レールR2とスライダ2との間にCFRP材60が挿入されている場合、上記のような反力RF1, RF2, RF3, RF4によるスライダ2の振動がCFRP材50, 60によって低減可能であることを見出した。

[0040] 具体的には、本発明者は、上記のような工作機械100において、図6に示されるようにサドル3のX軸方向の移動を停止させた場合、工作機械100は、その構造全体がX軸方向に低周波数(一例では、約30Hz)で振動するモードを有することを見出した。このモードについて調べるために、工作機械100において、加振試験を行った。具体的には、主軸6に取り付けられた工具に加速度センサを設置し、工具の先端をX軸方向に加振した。試験は、CFRP材50, 60が設けられている条件と、CFRP材50, 60が設けられていない条件と、について実施された。

[0041] 図7は、実験結果の一例を示すグラフである。横軸は周波数を示し、縦軸は振幅を示している。図7に示されるように、CFRP材50, 60が設けられている条件Cn1及びCFRP材50, 60が設けられていない条件Cn2の各々が、約30Hzに大きなピークを有することがわかる。図7に示されるように、条件Cn1のピークは、CFRP材50, 60の存在によって、条件Cn2のピークから低減されていることがわかる。この結果からも、CFRP材50, 60によって、問題としている振動変位を低減可能であることがわかる。尚、主軸6とテーブル7との間にX軸、Y軸及びZ軸方向の静荷重を与えて、主軸6の変位を測定した結果、CFRP材50, 60の有無による差は認められず、共に静剛性に問題のないことが確認できている。

[0042] 以上のように、実施形態に係る工作機械100の送り装置FS2では、ボールねじ機構BS2のねじ軸ホルダB2と、スライダ2との間に、CFRP材50が挟まれている。上記のように、本発明者は、当該箇所にCFRP材50を挟むことによって、スライダ2又はサドル3の材質を変更することなく、サドル3がX軸方向の移動を開始又は停止するときの反力RF1, RF2, RF3, RF4によるスライダ2の振動変位を低減可能であることを見出した。したがって、高い静剛性を維持しつつ、スライダ2の振動変位を低減することができる。

[0043] また、送り装置FS2では、直動転がりガイドL2のレールR2とスライダ2との間に、CFRP材60が挟まれている。したがって、スライダ2の振動変位がさらに低減され得る。

[0044] また、送り装置FS2では、ねじ軸ホルダB2は、ねじ軸S2に沿って離間して配置された第1及び第2の軸受ブラケットユニットB2aを含んでおり、図5の形態では、CFRP材50は、第1及び第2の軸受ブラケットユニットB2aを含む範囲に敷き詰められている。したがって、第1及び第2の軸受ブラケットユニットB2aの間に隙間なくCFRP材が敷き詰められ、スライダ2の振動変位がさらに低減され得る。

[0045] また、送り装置FS2では、CFRP材50は、各々が所定の方

向に沿ったカーボン繊維を含有する複数の層を含んでおり、複数の層は、カーボン繊維の配向51がサドル3の移動方向（X軸方向）に対して $\pm 45^\circ$ となるように、積層されている。したがって、サドル3の移動方向を含むXZ平面内の全方向に対して、CFRP材50が高い剛性を有する。

[0046] また、送り装置FS2では、スライダ2が、アルミニウム合金製である。したがって、スライダ2、ひいては工作機械100全体を軽量化することができる。従来は、振動を低減するために、ベース部材であるスライダ2を重い鉄鋳物で製作することが一般的であったが、CFRP材50, 60を挟むことによって振動が低減でき、ベース部材を重くする必要がなくなった。そして、ヤング率が鉄鋳物よりやや劣るものの、アルミニウム合金等の軽量金

属材料を使うことができるようになった。

[0047] CFRPは、軽量・高剛性な材料であるため、構造体の固有振動数を高くすることができる。アルミニウム合金とCFRPの振動減衰挙動を図8の（a）と（b）にそれぞれ示す。減衰挙動の周期は固有振動数に依存するため、高い固有振動数を有する材料は、振動減衰性能も高くなる。したがって、CFRP材を挟んだ移動体では、発進、停止時の慣性力による振動が抑制される。

[0048] 工作機械の送り装置の実施形態について説明したが、本発明は上記の実施形態に限定されない。当業者であれば、上記の実施形態の様々な変形が可能であることを理解するだろう。また、当業者であれば、1つの実施形態に含まれる特徴は、矛盾が生じない限り、他の実施形態に組み込むことができる、又は、他の実施形態に含まれる特徴と交換可能であることを理解するだろう。

[0049] 例えば、上記の実施形態では、CFRP材50、60が、送り装置FS2にのみ用いられている。しかしながら、他の実施形態では、代替的に又は追加的に、CFRP材が、送り装置FS1及び／又は送り装置FS3に用いられてもよい。

[0050] 具体的には、図2を参照して、送り装置FS1では、上記のように、スライダ2が、所定の方向（Y軸方向）に移動する「移動体」の役割を果たし、ベッド1が、移動体を支持する「ベース部材」の役割を果たす。CFRP材が送り装置FS1に用いられる場合、ベッド1とねじ軸ホルダB1との間に、CFRP材が挟まれることができる。また、ベッド1とレールR1との間にも、CFRP材が挟まれてもよい。この場合、スライダ2がY軸方向の移動を開始又は停止するときの反力によるベッド1の振動変位を低減可能である。

[0051] 図3を参照して、送り装置FS3では、ラム4が、所定の方向（Z軸方向）に移動する「移動体」の役割を果たし、サドル3が、移動体を支持する「ベース部材」の役割を果たす。CFRP材が送り装置FS3に用いられる場

合、サドル3とねじ軸ホルダB3との間に、CFRP材が挟まれることができる。また、サドル3とキャリッジC3との間にも、CFRP材が挟まれてもよい。この場合、ラム4がZ軸方向の移動を開始又は停止するときの反力によるサドル3の振動変位を低減可能である。

符号の説明

[0052]	1	ベッド（ベース部材）
	2	スライダ（ベース部材、移動体）
	3	サドル（ベース部材、移動体）
	4	ラム（移動体）
	50	CFRP材
	51	CFRP材の配向
	60	CFRP材
	100	工作機械
	B1, B2, B3	ねじ軸ホルダ
	B1a, B2a, B3a	第1及び第2の軸受ブラケットユニット
	BS1, BS2, BS3	ボールねじ機構
	C1, C2, C3	キャリッジ
	FS1, FS2, FS3	送り装置
	L1, L2, L3	直動転がりガイド
	N1, N2, N3	ナット
	R1, R2, R3	レール
	S1, S2	ねじ軸

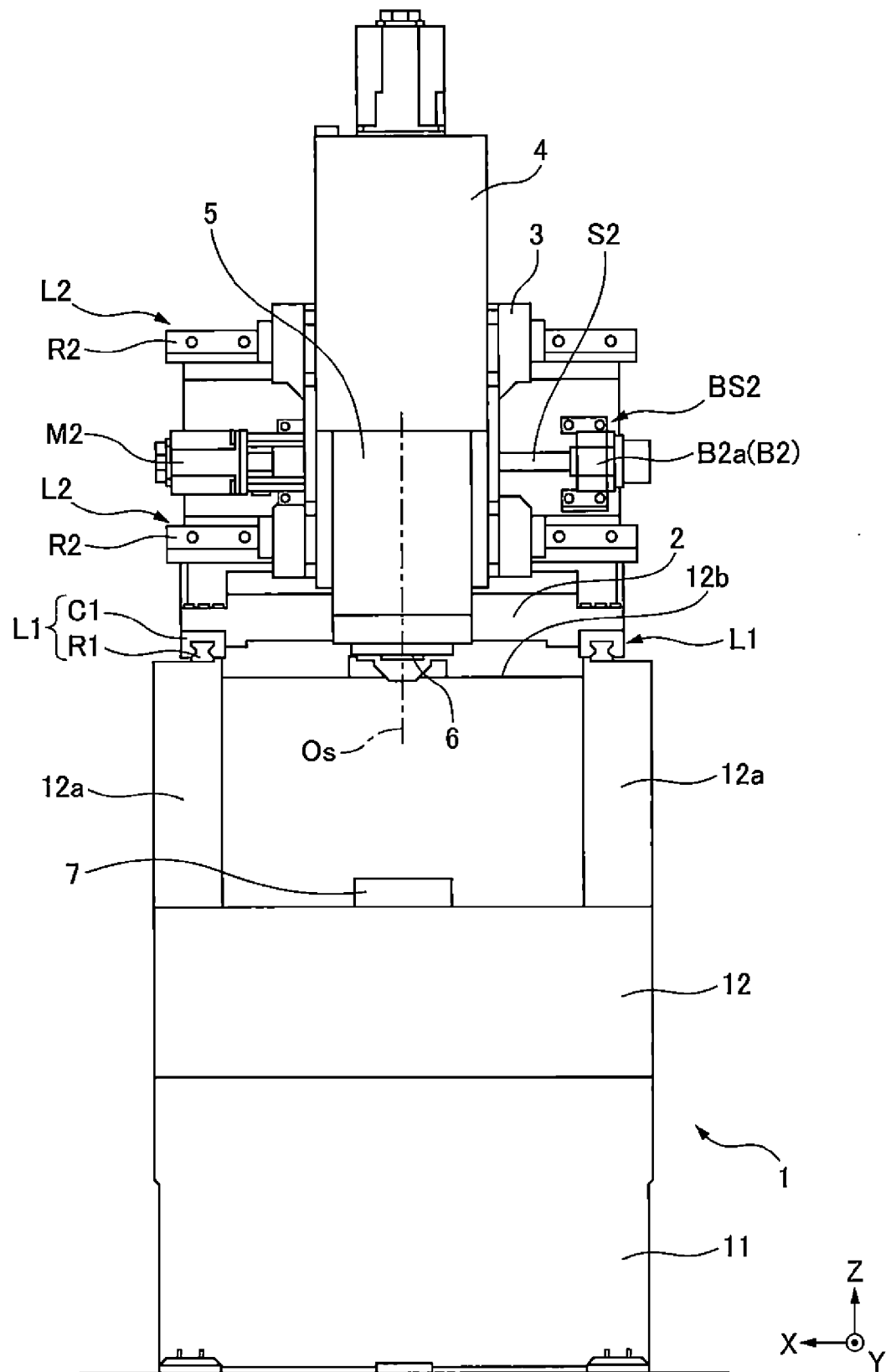
請求の範囲

- [請求項1] ベース部材に対して移動体が案内、送り駆動される工作機械の送り装置において、
- 前記ベース部材と前記移動体との間に配置され、前記ベース部材に対する前記移動体の移動を案内する直動転がりガイドと、
- 前記ベース部材に対して前記移動体を駆動するボールねじ機構であって、
- ねじ軸と、
- 前記ねじ軸に沿って移動するナットと、
- 前記ベース部材に対して固定され且つ前記ねじ軸を支持するねじ軸ホルダと、
- を有する、ボールねじ機構と、
- を備え、
- 前記ねじ軸ホルダと前記ベース部材との間にC F R P材が挟まれる、工作機械の送り装置。
- [請求項2] 前記直動転がりガイドと前記ベース部材との間にC F R P材が挟まれる、請求項1に記載の工作機械の送り装置。
- [請求項3] 前記直動転がりガイドは、レールと、前記レールに沿って移動するキャリッジと、を有し、
- 前記C F R P材は、前記レールと前記ベース部材との間に、又は前記キャリッジと前記ベース部材との間に挟まれる、請求項2に記載の工作機械の送り装置。
- [請求項4] 前記ねじ軸ホルダは、前記ねじ軸に沿って離間して配置された第1及び第2の軸受ブラケットユニットを含み、
- 前記C F R P材は、前記第1及び第2の軸受ブラケットユニットを含む範囲に敷き詰められている、請求項1に記載の工作機械の送り装置。
- [請求項5] 前記C F R P材は、各々が所定の方向に沿ったカーボン繊維を含有

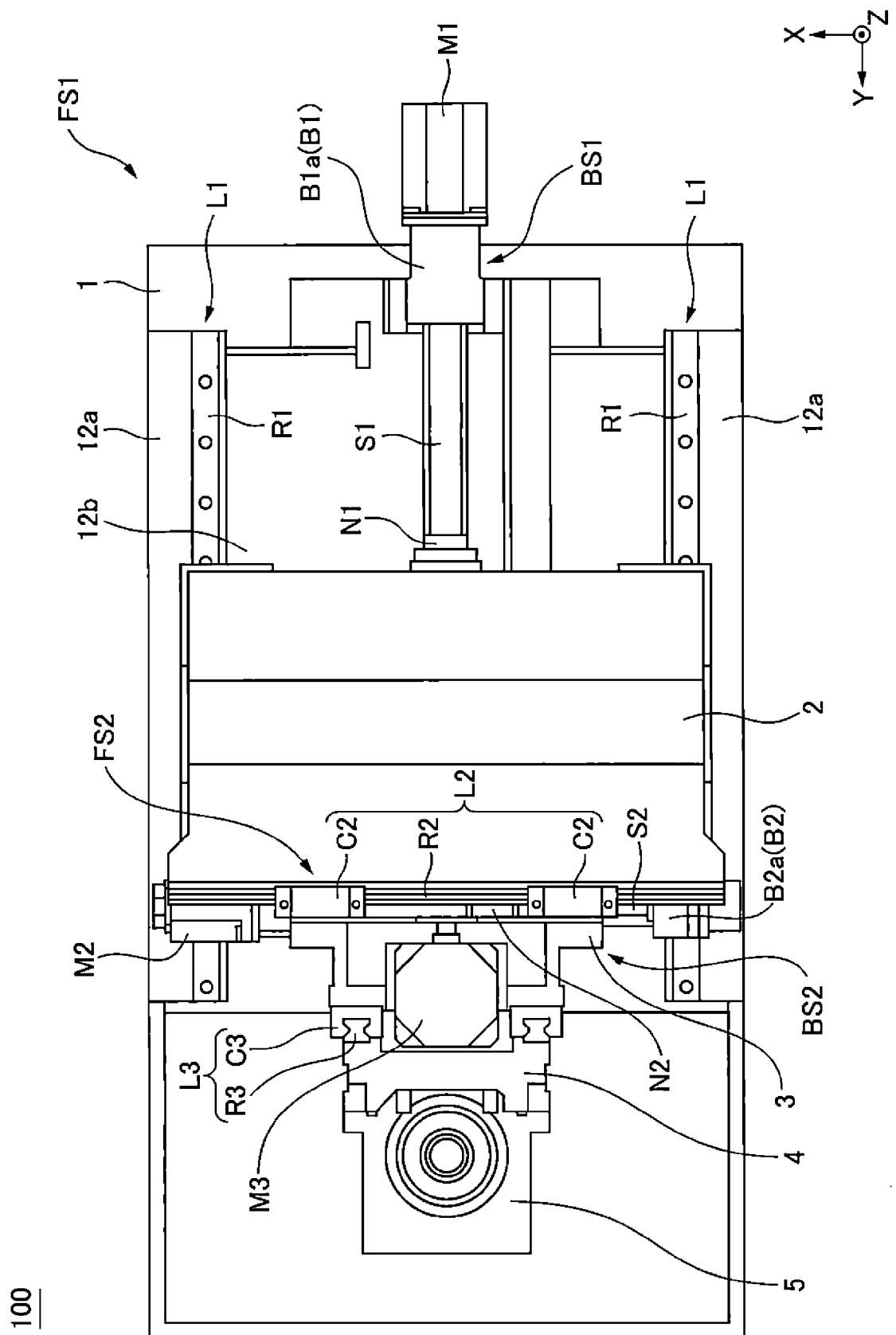
する複数の層を含み、前記複数の層は、前記カーボン繊維の配向が前記移動体の移動方向に対して $\pm 45^{\circ}$ となるように積層されている、請求項 1 又は 2 に記載の工作機械の送り装置。

[請求項6] 前記ベース部材が、アルミニウム合金製である、請求項 1 に記載の工作機械の送り装置。

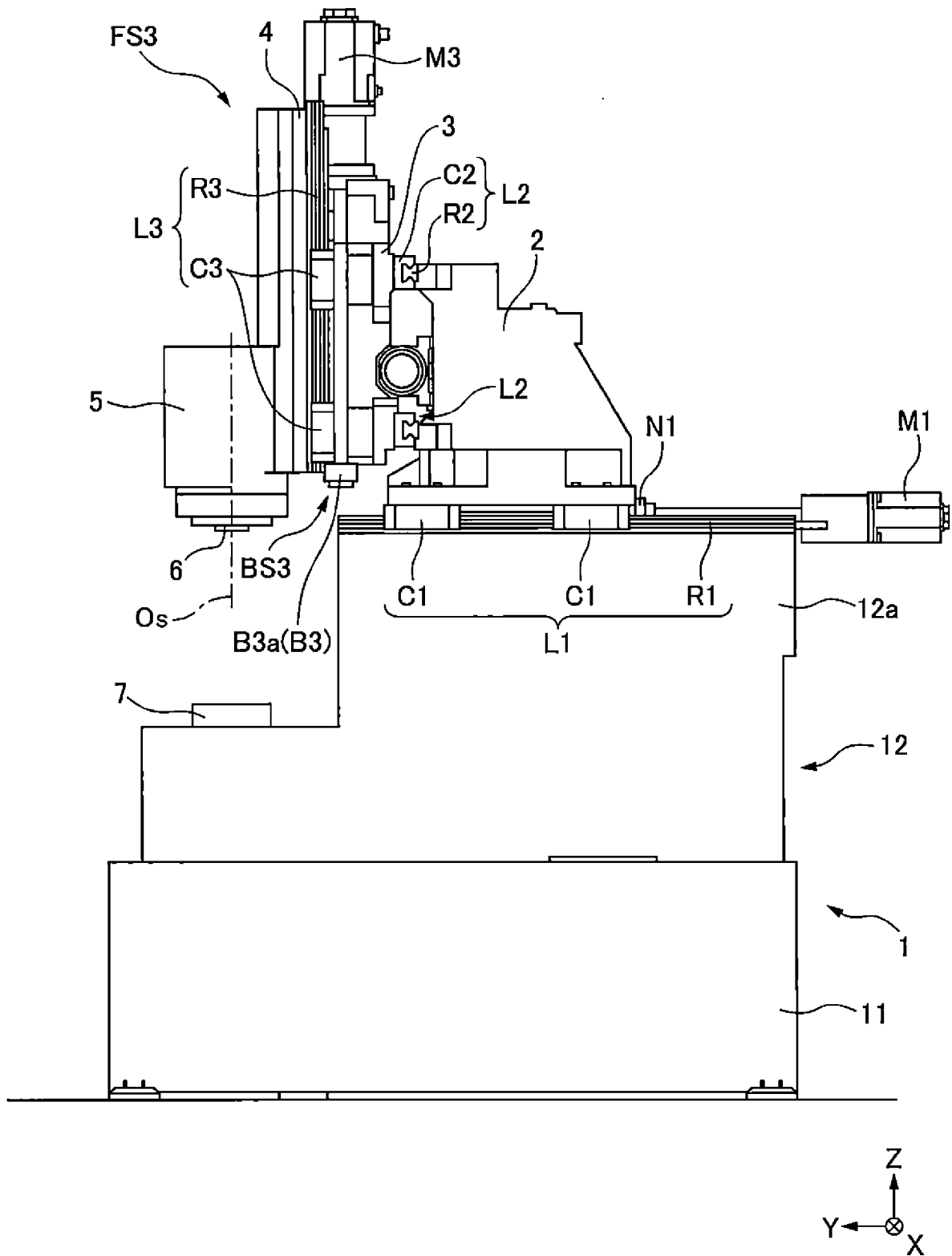
[図1]

100

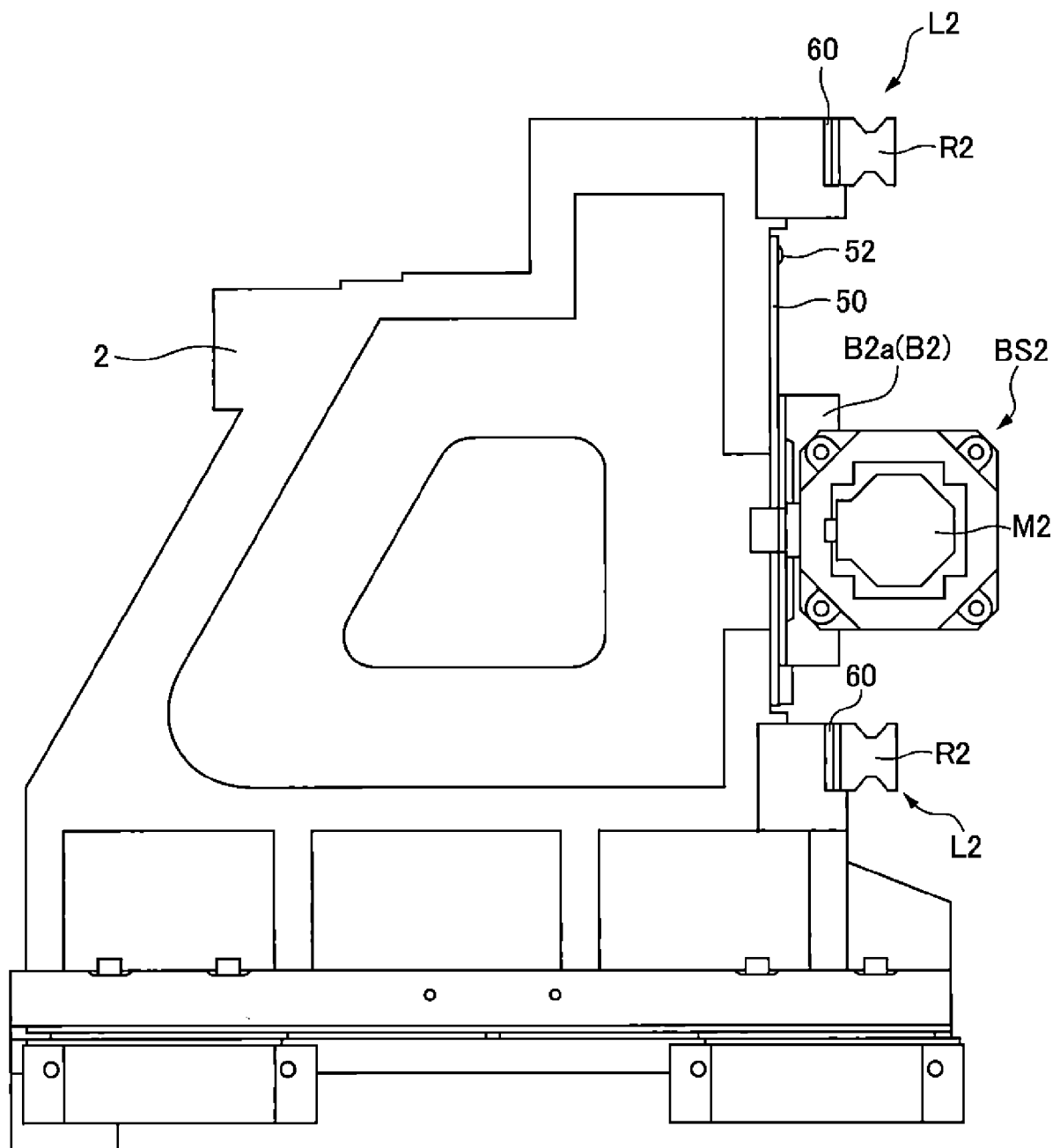
[図2]



100

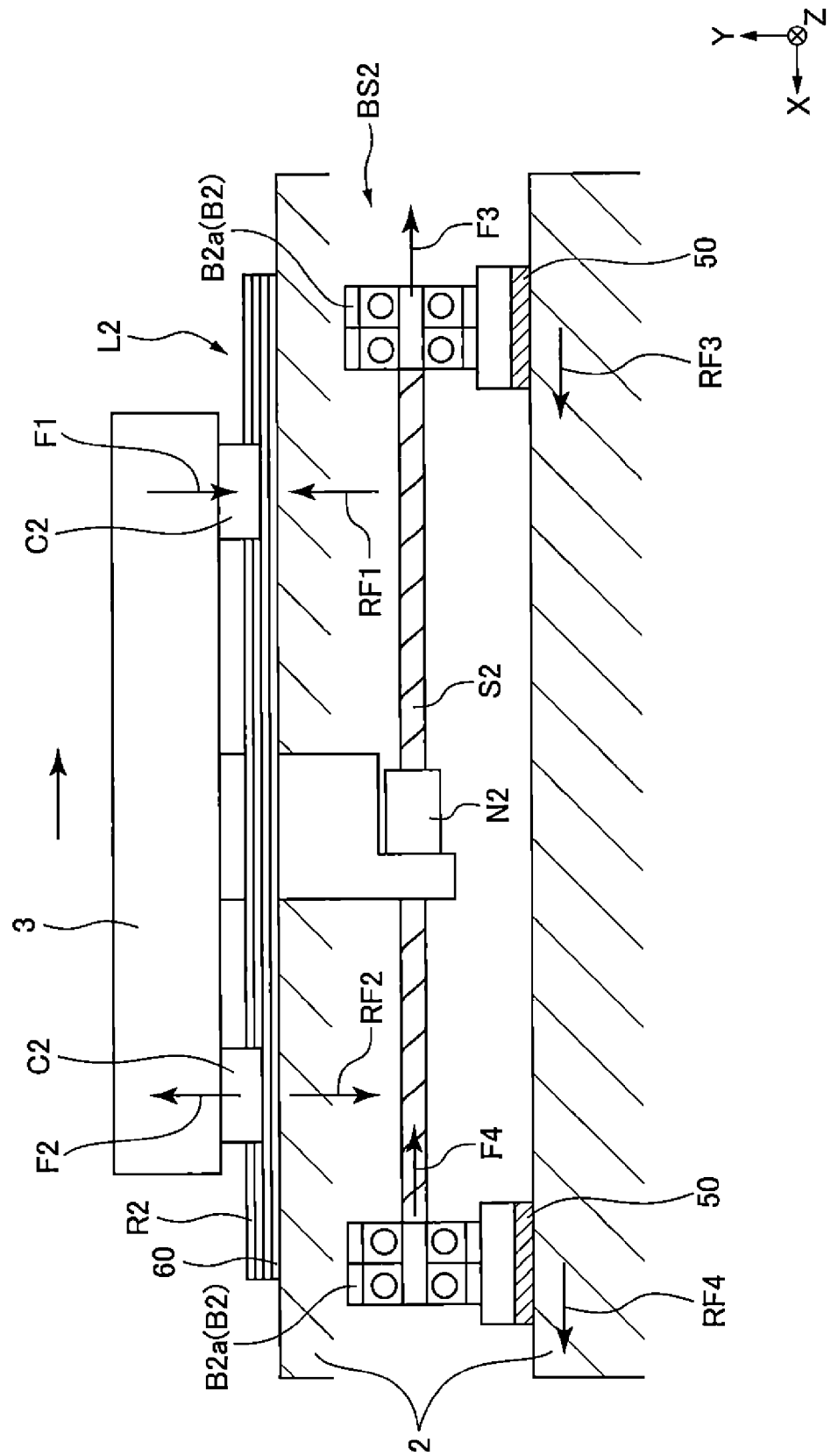


[図4]

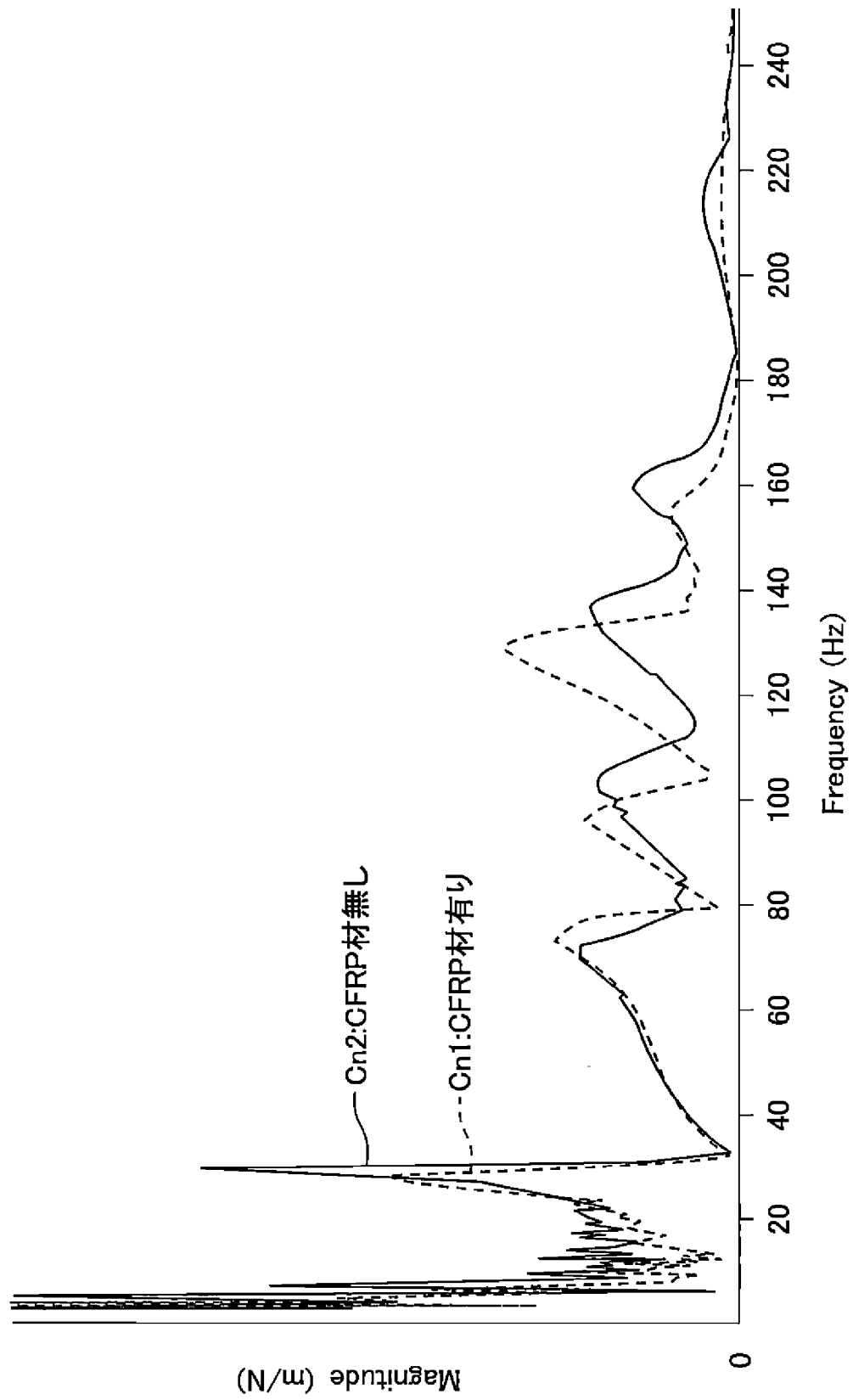
FS2

[図6]

FS2

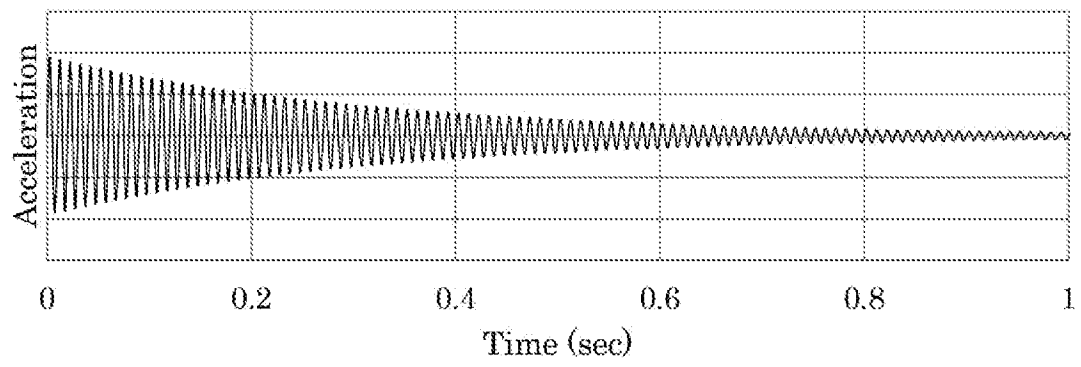


[図7]

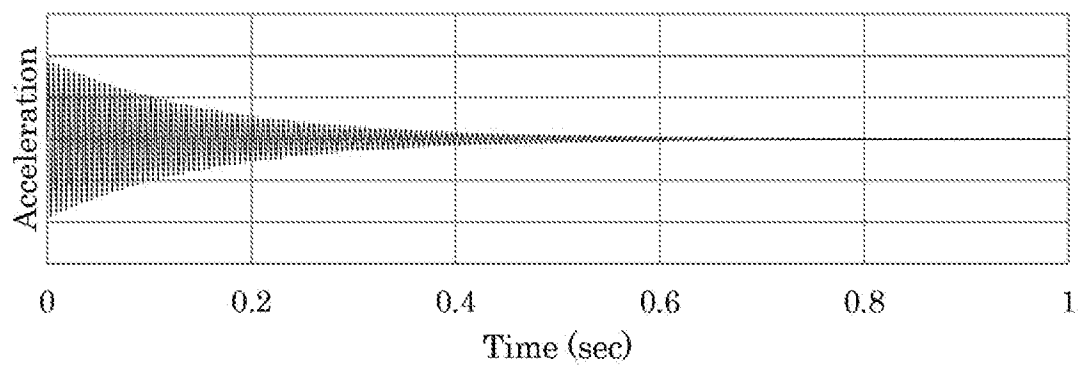


[図8]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/000919

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23Q 5/40(2006.01)i; F16H 25/22(2006.01)i; B23Q 1/01(2006.01)i; B23Q 11/00(2006.01)i

FI: B23Q5/40 B; B23Q11/00 A; B23Q1/01 W; F16H25/22 Z

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)

B23Q5/40; F16H25/22; B23Q1/01; B23Q11/00

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 6-297287 A (FANUC CORPORATION) 25.10.1994 (1994-10-25)	1-6
A	US 2016/0074946 A1 (POCKET NC COMPANY) 17.03.2016 (2016-03-17)	1-6
A	JP 2017-106622 A (THK CO., LTD.) 15.06.2017 (2017-06-15)	1-6
A	JP 9-201002 A (SMC CORPORATION) 31.07.1997 (1997-07-31)	1-6
A	JP 2014-20435 A (FUDOW CO., LTD.) 03.02.2014 (2014-02-03)	1-6
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 26657/1991 (Laid-open No. 118758/1992) (TOYO ELECTRIC MANUFACTURING CO., LTD.) 23.10.1992 (1992-10-23)	1-6



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
17 March 2020 (17.03.2020)

Date of mailing of the international search report
31 March 2020 (31.03.2020)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
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/JP2020/000919

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 6-297287 A	25 Oct. 1994	(Family: none)	
US 2016/0074946 A1	17 Mar. 2016	(Family: none)	
JP 2017-106622 A	15 Jun. 2017	US 2018/0355959 A1	
		CN 108138846 A	
JP 9-201002 A	31 Jul. 1997	US 6000292 A	
JP 2014-20435 A	03 Feb. 2014	(Family: none)	
JP 4-118758 U1	23 Oct. 1992	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23Q 5/40(2006.01)i; F16H 25/22(2006.01)i; B23Q 1/01(2006.01)i; B23Q 11/00(2006.01)i FI: B23Q5/40 B; B23Q11/00 A; B23Q1/01 W; F16H25/22 Z														
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）） B23Q5/40; F16H25/22; B23Q1/01; B23Q11/00 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 <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 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の 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 請求項の番号												
A	JP 6-297287 A（ファナック株式会社）25.10.1994（1994 - 10 - 25）	1-6												
A	US 2016/0074946 A1（POCKET NC COMPANY）17.03.2016（2016 - 03 - 17）	1-6												
A	JP 2017-106622 A（THK株式会社）15.06.2017（2017 - 06 - 15）	1-6												
A	JP 9-201002 A（エスエムシー株式会社）31.07.1997（1997 - 07 - 31）	1-6												
A	JP 2014-20435 A（フドー株式会社）03.02.2014（2014 - 02 - 03）	1-6												
A	日本国実用新案登録出願3-26657号（日本国実用新案登録出願公開4-118758号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（東洋電機製造株式会社）23.10.1992（1992-10-23）	1-6												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ 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、一般的な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>“&” 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、一般的な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、一般的な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 17.03.2020	国際調査報告の発送日 31.03.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 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） 久保田 信也 3C 3628 電話番号 03-3581-1101 内線 3324													

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/JP2020/000919

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	6-297287	A	25.10.1994	(ファミリーなし)	
US	2016/0074946	A1	17.03.2016	(ファミリーなし)	
JP	2017-106622	A	15.06.2017	US 2018/0355959	A1
				CN 108138846	A
JP	9-201002	A	31.07.1997	US 6000292	A
JP	2014-20435	A	03.02.2014	(ファミリーなし)	
JP	4-118758	U1	23.10.1992	(ファミリーなし)	