

(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
2024年8月29日(29.08.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/176309 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 19/4093 (2006.01) **B23Q 15/013** (2006.01)
B23B 1/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/006024

(22) 国際出願日: 2023年2月20日(20.02.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者:長江 啓史(NAGAE, Keishi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

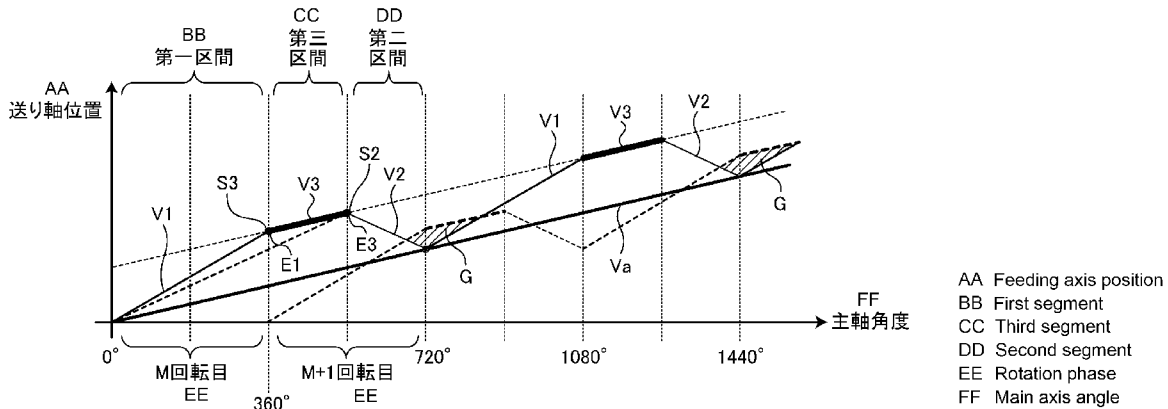
(74) 代理人:高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎ノ門ダイビルイースト 弁理士法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,

(54) Title: NUMERICAL CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 数値制御装置

[図7]



(57) Abstract: This numerical control device (1) comprises a rotation command output unit (13) that outputs a rotation command for causing a workpiece and a tool to relatively rotate, and a feeding command output unit (12) that outputs a feeding command for causing the workpiece and the tool to relatively move. It is possible to include a vibration action command for repeatedly alternating between a forward-motion action and a reverse-motion action within the feeding command. A single vibration in the vibration action command includes: a first segment in which the workpiece and the tool move at a first speed that is a movement speed in the forward-motion action; a second segment in which the workpiece and the tool move at a second speed that is a movement speed in the reverse-motion action; and a third segment in which the workpiece and the tool move at a third speed that is a movement speed in the forward-motion action, the third speed

[続葉有]

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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

being lower than the first speed.

(57) 要約: 数値制御装置(1)は、ワークと工具とを相対的に回転させる回転指令を出力する回転指令出力部(13)と、ワークと工具とを相対的に移動させる送り指令を出力する送り指令出力部(12)と、を備え、送り指令に、前進動作と後退動作とを交互に繰り返す振動動作指令を含めることが可能である。振動動作指令における1振動のうちに、前進動作の際の移動速度である第一速度で移動する第一区間と、後退動作の際の移動速度である第二速度で移動する第二区間と、前進動作の際の移動速度であって、第一速度よりも遅い速度である第三速度で移動する第三区間と、を含む。

明 細 書

発明の名称： 数値制御装置

技術分野

[0001] 本開示は、工作機械の制御装置である数値制御装置に関する。

背景技術

[0002] 切削加工においては、切削工具とワークとを加工方向に相対的に振動させることによって切り屑を細かく分断する振動切削機能が知られている（例えば特許文献１）。

[0003] 振動切削機能を用いた加工中は、加工方向と同じ方向へ向かう前進動作と、加工方向と逆方向へ向かう後退動作とを交互に繰り返しながら切削加工を行う。前進動作時の切削工具とワークとの間の相対的な移動速度である相対移動速度は、振動切削を行わない通常の加工である非振動加工の際の相対移動速度と比べて高いため、後退動作を行っても、前進と後退とを合計した平均の相対移動速度を非振動加工の際の相対移動速度と同等にすることが可能であり、これによって加工時間、すなわち生産性を変えることなく振動切削を適用することができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特許第７０９６２２７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、特許文献１では、振動切削機能を用いた場合、非振動加工に比べて前進動作時の相対移動速度が速くなり、工具とワークとの間の負荷が一時的に高まる。このとき、過度の切削力、切削熱によって工具摩耗の加速あるいは工具破損等が生じたり、工具とワークとの相対的な移動速度を示す送り速度、工具とワークとの相対的な回転速度を示す主軸の回転速度、及び切り取り厚さ等についての加工条件を満たせず、加工面の滑らかさを示す

加工面品位が悪化したりするなどの問題が生じる場合がある。

[0006] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであり、振動切削において工具とワークとの間の相対的な移動速度が大きくなることに起因する加工の問題を低減することができる数値制御装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示における数値制御装置は、ワークと工具とを相対的に回転させる回転指令を出力する回転指令出力部と、ワークと工具とを相対的に移動させる送り指令を出力する送り指令出力部と、を備え、送り指令に、前進動作と後退動作とを交互に繰り返す振動動作指令を含めることが可能である。振動動作指令における1振動のうちに、前進動作の際の移動速度である第一速度で移動する第一区間と、後退動作の際の移動速度である第二速度で移動する第二区間と、前進動作の際の移動速度であって、第一速度よりも遅い速度である第三速度で移動する第三区間と、を含む。

発明の効果

[0008] 本開示の数値制御装置によれば、振動切削において工具とワークとの間の相対的な移動速度が大きくなることに起因する加工の問題を低減することができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]実施の形態1にかかる数値制御装置の構成例を示すブロック図
[図2]実施の形態1の数値制御装置の後退動作の終点決定方法に関する説明図
[図3]実施の形態1の数値制御装置の前進動作の波形決定方法に関する説明図
[図4]基本的な振動波形の決定方法に関する説明図
[図5]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の決定方法に関する説明図
[図6]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持たない他の基本的な振動波形の決定方法に関する説明図
[図7]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ他の振動波形の決

定方法に関する説明図

[図8]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ他の振動波形の決定方法に関する説明図

[図9]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の他の決定方法に関する説明図

[図10]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の他の決定方法に関する説明図

[図11]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の他の決定方法に関する説明図

[図12]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の他の決定方法に関する説明図

[図13]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の他の決定方法に関する説明図

[図14]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の作成のために用いられるデータテーブルの一例を示す図

[図15]実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の作成のために用いられるデータテーブルの他の例を示す図

[図16]実施の形態3にかかる数値制御装置の学習時の構成を示すブロック図

[図17]実施の形態3の数値制御装置に用いられるニューラルネットワークの構成例を示す図

[図18]実施の形態3の数値制御装置の学習処理に関するフローチャート

[図19]実施の形態3にかかる数値制御装置の推論時の構成を示すブロック図

[図20]実施の形態3の数値制御装置の推論処理に関するフローチャート

[図21]実施の形態1～実施の形態3の数値制御装置のハードウェア構成例を示す図

発明を実施するための形態

[0010] 以下、実施の形態にかかる数値制御装置を図面に基づいて詳細に説明する。

。

[0011] 実施の形態 1.

図 1 は、実施の形態 1 にかかる数値制御装置の構成例を示すブロック図である。本実施形態における数値制御装置 1 は、加工プログラム解析部 10、各区間比率決定部 15、振動指令生成部 11、送り指令出力部 12、回転指令出力部 13、および負荷情報取得部 14 を有する。

[0012] 加工プログラム解析部 10 は、加工プログラム 16 の解析を行い、加工プログラム 16 に記述された動作指令の情報を各区間比率決定部 15 および振動指令生成部 11 に出力する。

[0013] 加工プログラム 16 の形式は問わず、例えば E I A (Electronic Industries Alliance) / I S O (International Organization for Standardization) 形式の文字列であってもよいし、対話形式のプログラムと呼ばれる、ワークの形状、加工形状および寸法といった情報を含んだ構成のプログラムでもよい。

[0014] 動作指令の情報としては、工具とワークとの相対的な移動経路を定義する始点および終点の座標値、始点と終点とを結ぶ移動経路の補間方法(直線補間、円弧補間など)、移動時の送り速度、主軸の回転数、回転方向などが含まれる。さらに、動作指令の情報には、振動切削が有効であるか否か、振動波形の形状を指定する情報が含まれていてもよい。振動波形の形状を指定する情報としては、振動周波数、振動振幅、単位時間当たりの振動回数または単位回数当たりの振動回数、後述する各区間の比率に関する情報などが挙げられる。なお、これらの振動波形の形状を指定する情報は必ず全て指定する必要はなく、一部が省略されていてもよい。

[0015] 各区間比率決定部 15 は、1 振動において第一区間、第二区間、第三区間が占める比率(以降、各区間比率、各区間の比率などと呼ぶ場合がある)を決定する。1 振動とは、振動切削において通常の加工の移動動作に重畳される振動の単位であって、例えば、振動回数 N が 1.0 の場合、1 振動当たりの主軸の回転角度は 360 度となる。各区間比率決定部 15 は、決定した比率を振動指令生成部 11 に対して出力する。各区間比率の決定方法は、加工プ

ログラム解析部 10 からの情報に基づいて決定してもよいし、予め設けられたパラメータなどの外部情報を参照し、その値に基づいて決定してもよい。

[0016] 振動指令生成部 11 は、加工プログラム解析部 10 からの情報に基づき、振動波形を算出し、送り軸の送り指令と、主軸に対する回転指令とを作成する。振動波形の算出方法については後述する。振動動作における各区間の比率については、各区間比率決定部 15 から入力される情報を利用してもよいし、予め設けられたパラメータなどの情報を参照し、その値に基づいて決定してもよい。

[0017] 送り指令出力部 12 は、振動指令生成部 11 によって生成された送り指令を、制御対象の工作機械が有する送り部 2 に対して出力する。送り部 2 としては、サーボモータおよびサーボモータを制御するサーボアンプが想定されるが、ワークと工具との相対的な移動を実現し、振動動作を実現しうる手段であれば特に制限はない。

[0018] 回転指令出力部 13 は、振動指令生成部 11 によって生成された回転指令を、制御対象の工作機械が有する回転部 3 に対して出力する。回転部 3 としては主軸モータおよび主軸モータを制御する主軸アンプが想定されるが、ワークと工具との相対的な回転を実現しうる手段であれば特に制限はない。

[0019] 振動切削による加工は、振動指令生成部 11 が生成した送り指令および回転指令に従い、送り部 2 および回転部 3 がワークと工具とを相対的に移動、回転させることにより実現される。相対的に回転しているワークと工具とが接触することによって、ワークが切削加工され、相対的な移動によって所望の形状への加工が実現される。この移動が振動を伴うことによって、前進および後退の動作による空振り、すなわち切削加工の中断が生じ、切り屑を細かく分断する振動切削の効果が発揮される。

[0020] 振動波形の計算方法について説明する。まず、主軸 1 回転当たりの振動回数 N が 0.5 の場合、つまり主軸 2 回転で 1 回振動する場合を例に説明する。

[0021] 以後、ワークと工具との相対的な移動の速度を送り速度と呼ぶ。送り速度

の単位は、単位時間当たりの移動量、例えば mm/min で表される場合と、主軸 1 回転当たりの移動量、例えば mm/rev で表される場合がある。本実施の形態においては、どちらの送り速度であっても特に制限はないが、理解を容易にするため主軸 1 回転当たりの移動量で説明を行う。

[0022] まず、図 2 に基づき後退動作波形の終点の決定方法について説明する。図 2 は、実施の形態 1 の数値制御装置の後退動作の終点決定方法に関する説明図である。図 2 において、縦軸は送り軸の位置を示し、横軸は主軸角度を示している。 V_a は、振動切削を行わない通常の加工である非振動加工時の送り軸の移動速度（移動波形）を示している。 V_1 は、振動加工時の前進動作の移動速度（移動波形）を示している。 V_2 は、振動加工時の後退動作の移動速度（移動波形）を示している。本説明においては、主軸 1 回転当たりの振動回数 N を 0.5 としているので、主軸 2 回転の波形である、主軸 M 回転目の波形と、主軸 $M+1$ 回転目の波形が示されている。図 2 では、主軸が M 回転目のときの初期角度が 0 度であると仮定している。

[0023] 1 回の振動動作が完了したとき、非振動加工時の送り軸の移動速度 V_a で移動した場合と同じ位置に戻ってきていれば、振動切削が有効の場合と無効の場合で、平均の送り速度は変わらないことになり、加工時間を変えることなく加工を行うことが可能となる。そこで、後退動作の移動波形 V_2 の終点 E_2 を非振動加工時の送り軸の移動速度 V_a を示す直線上にとる。また、主軸 1 回転当たりの振動回数 N が 0.5 であるので、後退動作の移動波形 V_2 の終点 E_2 は前進動作の移動波形 V_1 の始点 S_1 から 720 度、主軸が回転した時点の位置となる。このようにして、後退動作の移動波形 V_2 の終点 E_2 が決定される。

[0024] つぎに、図 3 に基づき前進動作の移動波形 V_1 の決定方法について説明する。図 3 は、実施の形態 1 の数値制御装置の前進動作の波形決定方法に関する説明図である。図 3 において、縦軸は送り軸の位置を示し、横軸は主軸角度を示している。 V_a は、非振動加工時の送り軸の移動速度を示している。 V_1 は、振動加工時の前進動作の移動速度を示している。 V_2 は、振動加工

時の後退動作の移動速度を示している。図3の矢印K1で示すように、主軸M回転目での前進動作の移動波形V1を主軸M+1回転目に移動することで、主軸M回転目での前進動作の移動波形V1を加工した部分が、主軸M+1回転目で後退動作の移動波形V2とどのように関係するかを考える。後退動作の移動波形V2と、破線で示される主軸M回転目の前進動作の移動波形V1とが交われば、この交点を含む領域で理論上は空振り動作が発生し、切り屑が分断されると考えられる。

[0025] ただし、実際には工具刃先では振幅が指令振幅よりも減衰し、切り屑が分断できない可能性がある。これは、モータから工具刃先までに存在する、ボールねじなどの駆動送り機構および刃物台等の機械構造などの影響が考えられる。したがって実際には、前進動作の終点E1は、後退動作の終点E2よりも大きくし、ある程度の余裕量 α を持って空振り区間が生じるように振動波形を調整することが望ましい。

[0026] このような手法により、主軸M回転目の前進動作の移動波形V1の傾き、すなわち前進動作の移動速度V1である第一速度が決定される。図4は、基本的な振動波形の決定方法に関する説明図である。図4に示すように、前進動作の区間である第一区間と、後退動作の区間である第二区間との比率を、例えば、0.5 : 0.5とすると、前進動作の終点E1が決定される。この終点E1を始点として、後退動作の移動波形V2の傾きも決定され、後退動作の移動速度V2である第二速度が決定される。これにより、第一区間の前進動作および第二区間の後退動作を含み、第三区間を含まない基本的な振動波形が算出され、振動振幅Wも決定される。振動振幅Wは、例えば、前進動作の終点E1と、この終点E1に対応する非振動加工時の位置との距離として表される。

[0027] 以上が、基本的な振動波形の計算方法である。なお、振動波形の計算方法はこれに限定されることはなく、例えば振動周波数から振動波形を算出し、空振り領域の有無および大きさを判定して振幅を調整する方法も考えられる。図4において、ハッチングで示される領域が空振り領域Gである。

[0028] ここで、実施の形態 1 においては、例えば、第一速度 V_1 で移動する前進動作の区間である第一区間と、第二速度 V_2 で移動する後退動作の区間である第二区間との間に、第一速度よりも遅い速度である第三速度 V_3 で前進移動する第三区間を設ける。以下、第三速度 V_3 で移動する第三区間を持つ振動波形の計算方法を説明する。ここでは例として、第一区間の比率は変化させず、第二区間を半分にし、第二区間の半分を第二区間とし、第二区間の残り半分以上を第三区間とする場合について説明する。

[0029] 前進動作の終点 E_1 を求めるまでの計算は、図 2 および図 3 での説明と同様である。図 5 は、実施の形態 1 の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の決定方法に関する説明図である。図 5 では、第三速度 V_3 を、非振動加工時の送り軸の移動速度 V_a と同じとする。第三速度 V_3 が決定されると、第三区間の比率に応じて第三速度 V_3 での波形の終点 E_3 が算出され、この終点 E_3 を始点とし、後退動作の終点 E_2 を終点として後退動作の波形を計算することで第二速度 V_2 が決定される。以上のようにして、振動振幅 W を変更することなく第三速度 V_3 の区間を持つ振動波形を算出することができる。

[0030] なお、図 5 の例では第三速度 V_3 は、非振動加工時の送り軸の移動速度 V_a と同じとしたが、第三速度 V_3 は、第一速度 V_1 より低い速度であれば、他の任意の速度としてもよい。

[0031] ここで、振動波形の上死点・下死点と非振動加工時の送り軸位置の波形との関係性について補足する。非振動加工時の送り軸位置の波形は、加工によって実現したい形状を得るために必要となる、送り軸の位置である。すなわち、非振動加工時の送り軸位置の波形よりもワーク側に刃物が進んでしまえば、所望の形状に対して削り込むことになり、逆の場合は削り残すことになる。削り残しであれば、追加工により所望の形状を実現することが可能であるが、一旦削り込んでしまうと、通常の切削加工では元に戻すことはできないため、削り込みは回避する必要がある。

[0032] 本実施の形態では、振動の上死点、または下死点を非振動加工時の送り軸

の位置の波形に一致させることにより、削り込みを回避しつつ、振動切削を行う。

[0033] 図6は、実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持たない他の基本的な振動波形の決定方法に関する説明図である。図6では、第一区間の比率が第二区間の比率の3倍としている。図7は、実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ他の振動波形の決定方法に関する説明図である。図7では、図6の振動波形に第三区間を追加し、第一区間：第二区間：第三区間＝0.5：0.25：0.25となるようにしている。なお、図6と図7との違いを判り易くするために、図6の振動波形では、720度、1440度の位置で、前回の前進動作の移動波形と今回の後退動作の移動波形が交差するようにしている。

[0034] 図6、図7に示すように、第一区間の比率を0.75から0.5に下げて第三区間を追加する場合、前述の例とは逆に、第二区間の始点S2を第三区間の終点E3として、第三区間の始点S3を計算する。この第三区間の始点S3を第一区間の終点E1とすることで第一速度が決定される。図7では、第三速度V3を非振動加工時の送り軸の移動速度Vaと同じとしている。

[0035] 図8は、実施の形態1の数値制御装置において第三区間を持つ他の振動波形の決定方法に関する説明図である。図8においては、第三速度V3を第一速度V1よりも遅い速度でかつ非振動加工時の送り軸の移動速度Vaと異なる速度としている。図8の場合は、第一区間の終点位置が変化する。

[0036] ここまでは、主軸1回転当たりの振動回数Nが0.5の場合について説明してきたが、本実施の形態は振動回数Nの値によらず適用可能である。また、第一区間と第二区間が決まっている状態で第三区間を追加するという手順での計算方法を示してきたが、振動振幅Wと各区間の比率から振動波形を計算することもできる。

[0037] そこで次に、振動回数Nが1.5の場合を例に、振動振幅Wと各区間の比率に基づいて振動波形を計算する手順について説明する。例えば、第一区間：第三区間：第二区間＝0.5：0.25：0.25という比率が与えられ

ており、非振動加工時の送り軸の移動速度 V_a と振動振幅 W が与えられた場合を考える。図 9 は、実施の形態 1 の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の他の決定方法に関する説明図である。図 10 は、実施の形態 1 の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の他の決定方法に関する説明図である。図 9 に示すように、第一区間：第三区間：第二区間 = 0.5 : 0.25 : 0.25 という各区間の比率と、非振動加工時の送り軸の移動速度 V_a と、振動振幅 W とが与えられているとする。

[0038] 振動回数 N が 1.5 であるから、1 振動当たりの主軸の回転角度は 240 度となる。この 1 振動当たりの主軸の回転角度を、各区間の比率で分割することにより、各区間の長さ（主軸角度）が決定する。

[0039] ここでたとえば、第三速度 V_3 を非振動加工時の送り軸の移動速度 V_a と同じ速度に設定すると、図 10 に示すように、第三区間の始点 S_3 および終点 E_3 が決定するので、第一速度 V_1 は第三区間の始点 S_3 までの距離を第一区間の長さ（主軸角度）で割った値で決定される。同様にして、第二速度も計算することができる。なお、第二区間の終点 E_2 は、振動を付加しない通常の送り速度で主軸角度が 240 度分進んだ位置となることに注意する必要がある。

[0040] 図 11 は、実施の形態 1 の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の他の決定方法に関する説明図である。図 11 では、第三速度 V_3 を第一速度 V_1 よりも遅い速度でかつ非振動加工時の送り軸の移動速度 V_a と異なる速度としている。第三速度 V_3 を第一速度 V_1 よりも低い任意の速度とする場合、仮に、第一速度 $V_1 =$ 第三速度 V_3 として計算した場合に算出される速度に対して、第一速度 V_1 は高く、第三速度 V_3 は低い範囲の速度で設定すれば波形を算出することができる。

[0041] これまでの説明では、第三区間を第一速度 V_1 から第二速度 V_2 への切替わりの箇所でのみ設ける例と、第三区間を 1 振動中の一箇所でのみ設ける例を示してきたが、これに限定されず、他の様々なパターンをとることが可能である。

[0042] 例えば、第二速度 V_2 から第一速度 V_1 への切替わりの箇所に第三区間を設けることも可能である。図 12 は、実施の形態 1 の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の他の決定方法に関する説明図である。図 12 では、第一速度 V_1 から第二速度 V_2 への切替わりの箇所と、第二速度 V_2 から第一速度 V_1 への切替わりの箇所との双方に第三速度 V_3 で動作する第三区間を設けている。

[0043] 更に、第一区間の途中、第二区間の途中に第三区間を挿入し、第一区間、第二区間を分割するようにしてもよい。図 13 は、実施の形態 1 の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の他の決定方法に関する説明図である。図 13 では、第一区間の途中と、第二区間の途中と、第一速度 V_1 から第二速度 V_2 への切替わりの箇所と、第二速度 V_2 から第一速度 V_1 への切替わりの箇所に、第三速度 V_3 で動作する第三区間を設けている。

[0044] このような振動波形を得るための計算に、図 14、図 15 に示すような、各区間の比率と各区間の速度との組を順番に格納したデータテーブルを用いて計算してもよい。図 14 は、実施の形態 1 の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の作成のために用いられるデータテーブルの一例を示す図である。図 15 は、実施の形態 1 の数値制御装置において第三区間を持つ振動波形の作成のために用いられるデータテーブルの他の例を示す図である。図 14 のデータテーブルでは、第一速度 V_1 で動作する第一区間から第二速度 V_2 で動作する第二区間への切替わりの箇所と、第二区間から第一区間への切替わりの箇所とに、第三速度 V_3 で動作する第三区間を設けている。図 15 のデータテーブルでは、第一区間の途中と、第二区間の途中と、第一速度 V_1 から第二速度 V_2 への切替わりの箇所と、第二速度 V_2 から第一速度 V_1 への切替わりの箇所に、第三速度 V_3 で動作する第三区間を設けている。

[0045] 以上のように、実施の形態 1 にかかる数値制御装置によれば、第一速度 V_1 よりも遅い速度である第三速度 V_3 で加工する第三区間を設けているので、高い送り速度に起因した加工の問題を低減することができる。例えば、加

工時に発生する切削力、切削熱が低減することで、工具の寿命が延びる効果と加工面品位の向上が期待できる。

[0046] また、実施の形態 1 にかかる数値制御装置によれば、第三速度 V_3 で加工する領域で、第一速度 V_1 で加工する領域に比べて切削力が低下することにより、ワークなどに生じる弾性変形量を低減することができ、切りくずを分断しやすくなる効果を奏する。すなわち、前進動作時の切削力が増加すると、ワーク自体、あるいは機械、工具、刃物台等を含む工具支持構造の剛性が低い場合、弾性変形量が大きくなる。振動切削における切り屑分断の効果は、往復動作によって主軸 1 回転前に加工した部分を再度通過することでワークと工具とが空振りし、加工が断続的になることで発揮される。弾性変形量が大きくなると、ワークと工具とが相対的に遠ざかることで切込み量が少なくなる。すると、本来であれば主軸 1 回転前で加工済みの箇所が加工できておらず、理論上空振り動作となるはずの条件であってもワークと工具とが空振りせず、切屑分断の効果が得られないという問題を生じるが、実施の形態 1 にかかる数値制御装置によれば、この問題を解決することができる。

[0047] 更に、実施の形態 1 にかかる数値制御装置によれば、第一速度 V_1 と第二速度 V_2 の切替わり区間に第三速度 V_3 で加工する第三区間を設けることにより、急激な速度変化を抑制し、反転時の加速度を低減することができる。これにより、加速度に起因する振動で発生する諸問題を低減することができる。すなわち、第三区間を設けない場合、前進と後退とが瞬時に切り替わるため、振動切削の動作を行っている送り軸では反転動作時に大きな加速度を生じる。送り軸に生じた加速度は、ワークと工具との間の相対的な振動を励起することで加工面品位を悪化させるのみならず、機械全体を加振する加振源となり、機械共振、機械構造の振動といった問題を発生させる。実施の形態 1 にかかる数値制御装置によれば、例えば、工具の振動によって加工面品位が悪化することを防止したり、機械が振動することで締結部品などが摩耗することを防いだり、といった効果が期待できる。

[0048] なお、各速度区間の切替わり部分については、速度が滑らかに変化するよ

うにしてもよい。実現方法としては、例えば振動指令生成部 11 において、振動を含んだ送り指令の出力直前で移動平均フィルタ等の平滑化フィルタを設けることにより、速度変化を滑らかにすることができる。これにより、各速度間の変化によって生じる加速度を更に低減し、より振動を抑制する効果が期待できる。

[0049] また、変形例として、位相、周波数、振幅のいずれか 1 つ以上が互いに異なる複数の正弦波の重ね合わせによって、これまで説明してきた波形と同等の波形を生成してもよい。正弦波を基本とすることで、より滑らかな移動波形とすることができる。

[0050] 実施の形態 2.

実施の形態 2 では、各区間比率決定部 15 で行われる各区間比率の決定方法についてより詳細に説明する。実施の形態 2 における数値制御装置 1 の構成は、図 1 に示した数値制御装置 1 と同じであり、重複する説明は省略する。

[0051] 各区間比率の決定方法として、

- (1)加工プログラム 16 による入力を用いる方法、
- (2)送り部 2 または回転部 3 の負荷情報を用いる方法、
- (3)予め定められたパラメータを用いる方法

を説明する。なお、それ以外の方法を用いてもよいし、(1)～(3)の複数の方法を組み合わせてもよい。

[0052] (1)加工プログラム 16 による入力を用いる方法について説明する。各区間比率決定部 15 では、加工プログラム 16 に記述された文字列、数値に基づいて、各区間比率を決定する。例えば、E I A / I S O プログラムの場合、「L0.5 M0.25 N0.25」のようにして文字列と数値の組合せにより、第一区間：第二区間：第三区間＝0.5：0.25：0.25と指定する構成としてもよい。

[0053] (2)送り部 2 または回転部 3 の負荷情報を用いる方法について説明する。この方法における実施の形態では、数値制御装置 1 は、図 1 に示したように、

負荷情報取得部 14 を有する。負荷情報取得部 14 は、送り部 2 および回転部 3 より、負荷を表す負荷情報を随時取得する。例えば、送り部 2 としてサーボモータおよびサーボアンプを用いる場合、サーボモータは加工に伴い発生する負荷に逆らいながら、所望の動作を実現するためにトルクを発生させる。負荷が大きくなれば対抗するトルクも大きくなるため、トルクに比例して大きな電流を流すことになる。そのため、負荷情報取得部 14 が取得する負荷情報の一例としては、この電流のフィードバック情報が挙げられる。その他、負荷情報としては、トルクのフィードバック値、サーボモータに取り付けられた加速度センサあるいはロードセルなどの圧力計で取得した実際の負荷の値でもよい。

[0054] また、回転部 3 として主軸モータおよび主軸アンプを用いる場合、工具とワークとの相対的な回転速度を維持するためにトルクを発生させる。加工に伴い工具とワークとが接触することで回転速度を低下させる方向に負荷が働き、それに対抗するためにトルクを発生させる。このため、前述のサーボモータと同じ理屈により、電流フィードバック値、トルクのフィードバック値を取得することで負荷情報を得ることができる。

[0055] 次に、負荷情報に基づいて各区間比率を決定する方法について説明する。振動波形の形状を指定する情報に含まれる各区間比率などの設定値が、加工条件と工具、ワーク、および機械構造の剛性とに照らして適切な場合、ワークと工具とが離間する空振り動作を生じ、切り屑分断が発生する。空振り動作時にはワークと工具とが離間するため、ワークおよび工具にかかる負荷が低減する。従って、空振り動作時には、送り部 2 および回転部 3 に発生する負荷も低減する。逆に、加工負荷が大きいために弾性変形を生じ、空振り動作が発生していない場合には、加工が常時継続するため、負荷の低減が発生しない。このことから、負荷情報を監視することにより、正常に切り屑分断が発生しているかどうかを判定することが可能である。

[0056] 負荷情報取得部 14 から負荷情報を取得した各区間比率決定部 15 は、負荷情報に基づいて切り屑分断の発生の有無を判定し、切り屑分断が発生しな

いと判定した場合、第三速度での移動区間の比率を増加させる。これによって加工負荷を低減し、切り屑分断が発生する可能性を高める。どの程度第三区間の比率を高めるかは、予め変動量をパラメータ等で決めておいてもよいし、負荷情報の大きさに比例するように決めてもよい。第三区間の比率を変更しても負荷の減少が発生しない場合には、更に第三区間の比率を増加させ、負荷の減少が発生するまで繰り返すようにしてもよい。

[0057] あるいは、弾性変形を低減するために、各区間の比率自体は変更せずに、第一区間を分割し、分割した第一区間の間に第三区間を追加するようにしてもよい。第一速度よりも低い第三速度で加工する区間では、相対的に弾性変形が低減する効果が期待できるため、第一区間をまとめて設けるよりも、第一区間を分割して間に第三区間を設けることで、同じ比率であっても弾性変形量を抑えることで切り屑分断が発生する効果が期待できる。

[0058] また、他の区間比率決定方法の例として、負荷が一定の閾値を超えた場合について説明する。例えば第一速度が高すぎる場合、負荷が高すぎるために工具が破損したり、加工されたワークの加工面の品質が低下したりする可能性がある。そこで、負荷が或る一定の閾値を超えた場合に、第一速度を下げるように各区間比率を調整してもよい。例えば第一区間の比率を増やす方法が考えられる。

[0059] (3) 予め定められたパラメータを用いる方法について説明する。各区間比率決定部 15 では、予め定められたパラメータによって各区間比率を決定する。複数の比率設定値を設定しておき、各種閾値によって使用する比率を切り替えてもよい。閾値の例としては、送り速度、主軸回転数、振動周波数、振動回数、振動振幅などが挙げられる。また、テーブルまたはマトリクスの形で、各種条件と閾値との組合せを用意しておき、選択するようにしてもよい。

[0060] 以上の各手法によって各区間比率が決定され、当該比率に基づいて振動指令生成部 11 が振動波形を生成する。振動波形の生成方法及び以降の動作については、前述した実施の形態 1 と同様であるためここでは説明を省略する。

。

[0061] このように実施の形態2によれば、状況に応じて各区間比率を調整することが可能となる。これによって、加工の状況に応じた振動波形で振動切削を行うことができ、加工時の負荷を適切に調整したり、発生する加速度を適切に調整したりすることが可能となる。また、工具またはワークに生じる負荷情報に基づいて各区間比率を変更することで、常に適切に各速度および各区間比率を自動調整することができ、切り屑の分断を確実に発生させることができる。

[0062] 実施の形態3.

実施の形態3では、機械学習を用いた実施例について説明する。ここでは、実施の形態3に特有の事項について主に説明し、前述の実施の形態1, 2と同様の次項については説明を省略する。図16は、実施の形態3にかかる数値制御装置の学習時の構成を示すブロック図である。

[0063] 図16において、状態取得部20は、機械学習の入力値としての状態変数を振動切削による加工実施中に取得する。状態変数は、加工条件を表すデータ、振動条件を表すデータ、送り動作内容を表すデータ、1振動における第一区間と第二区間と第三区間とのそれぞれの比率、すなわち各区間比率を表すデータを含んでもよい。加工条件を表すデータは、例えば前述の動作指令の情報を含み、加工プログラム解析部10から取得される。振動条件を表すデータは、例えば前述の振動波形の形状を指定する情報を含み、振動指令生成部11から取得される。送り動作内容を表すデータは、例えば前述の送り指令を含み、振動指令生成部11から取得される。各区間比率を表すデータは、振動指令生成部11から取得する。

[0064] 判定部22は、負荷情報取得部14より取得した負荷情報に基づき、振動切削による加工の良否を判定する。判定結果は、加工良否判定データとして学習部21に出力される。良否の判定方法としては、単に空振りの発生有無を負荷情報から判定してもよいし、負荷が一定の閾値を超えたことを基準としてもよい。また、一定期間の負荷の統計量を用いて判定してもよい。例え

ば負荷のばらつきが大きい場合、速度変化が頻繁に起きており、加工面品位の低下が懸念されるため、判定を否としてもよい。

[0065] 学習部 21 は、状態取得部 20 から出力される状態変数、および判定部 22 から出力される加工良否判定データの組合せに基づいて作成される訓練用データセットに従い、各区間比率の決定ルールを学習する。すなわち、学習部 21 は、状態変数と加工良否判定データから最適な各区間比率を推論する学習済みモデルを生成する。

[0066] 加工良否の判定と状態変数との関連性について説明する。状態変数は上述のように、加工条件を表すデータ、振動条件を表すデータ、送り動作内容を表すデータ、各区間比率を表すデータを含んでいる。例えば、加工条件を表すデータの一例である送り速度が高い場合、非振動加工時であっても加工に伴う負荷が高くなる傾向にあるため、振動切削時の負荷はさらに高くなることが考えられる。これによって加工良否の判定が否となる傾向は、送り速度が低い場合に比べて高くなるといえる。

[0067] あるいは、振動条件を表すデータの一例である振動振幅が大きい場合、空振り領域が大きくなる傾向にあるため、切り屑分断が発生して加工良否の判定が良となる傾向が強まる。

[0068] また、送り動作内容を表すデータの一例である送り指令において、振動指令が含まれる軸による特性の差が加工良否の判定に影響することも考えられる。例えば、重力方向に動作する軸が振動する場合、重力に逆らう方向では振幅が減衰しやすくなるため、切り屑分断が発生しにくくなる傾向にある。あるいは、機械構造の観点から、重量の大きな構造が載っている軸が振動する場合も同様に、振幅が減衰しやすくなるため切り屑分断が発生しにくくなる傾向にあり、いずれの場合も加工良否の判定が否となる傾向が強まる。

[0069] 学習部 21 は、こうした各状態変数と加工良否判定データとの組合せの傾向から、最適な各区間比率の決定ルールを学習する。

[0070] 学習部 21 が用いる学習アルゴリズムは、教師あり学習、教師なし学習、強化学習等の公知のアルゴリズムを用いることができる。ここでは一例とし

て、ニューラルネットワークを適用した場合について説明する。

[0071] 学習部 21 は、例えば、ニューラルネットワークモデルに従って、いわゆる教師あり学習により、最適な各区間比率の組合せを学習する。ここで、教師あり学習とは、入力と結果（ラベル）のデータとの組を数値制御装置 1 に与えることで、それらの学習用データにある特徴を学習し、入力から結果を推論する手法をいう。

[0072] ニューラルネットワークは、複数のニューロンからなる入力層、複数のニューロンからなる中間層（隠れ層）、及び複数のニューロンからなる出力層で構成される。中間層は、1 層、又は 2 層以上でもよい。

[0073] 図 17 は、実施の形態 3 の数値制御装置に用いられるニューラルネットワークの構成例を示す図である。例えば、図 17 に示すような 3 層のニューラルネットワークであれば、複数の入力が入力層（ $X_1 - X_3$ ）に入力されると、その値に重み W_1 （ $w_{11} - w_{16}$ ）を掛けて中間層（ $Y_1 - Y_2$ ）に入力され、その結果にさらに重み W_2 （ $w_{21} - w_{26}$ ）を掛けて出力層（ $Z_1 - Z_3$ ）から出力される。この出力結果は、重み W_1 および重み W_2 の値によって変わる。

[0074] 実施の形態 3 において、ニューラルネットワークは、状態取得部 20 によって取得される状態変数と判定部 22 から出力される加工良否判定データとの組合せに基づいて作成される学習用データに従って、いわゆる教師あり学習により、最適な各区間比率を学習する。すなわち、ニューラルネットワークは、入力層に状態変数を入力して出力層から出力された結果が、加工良否判定データに近づくように重み W_1 および重み W_2 を調整することで学習する。学習部 21 は、以上のような学習を実行することで学習済みモデルを生成し、出力する。

[0075] 学習済みモデル記憶部 23 は、学習部 21 から出力された学習済みモデルを記憶する。

[0076] 次に、図 18 を用いて、数値制御装置 1 の学習処理について説明する。図 18 は、実施の形態 3 の数値制御装置 1 の学習処理に関するフローチャート

である。ステップb 1において、状態取得部2 0は状態変数を取得し、判定部2 2は負荷情報を取得して加工良否を判定し、加工良否判定データを出力する。なお、状態変数、加工良否判定データは同時に取得、出力するものとしたが、状態変数、加工良否判定データを関連づけて入力できれば良く、状態変数、加工良否判定データをそれぞれ別のタイミングで取得、出力しても良い。ステップb 2において、学習部2 1は、状態取得部2 0によって取得される状態変数と、判定部2 2から出力される加工良否判定データとの組合せに基づいて作成される学習用データに従って、いわゆる教師あり学習により、最適な各区分比率を学習し、学習済みモデルを生成する。ステップb 3において、学習済みモデル記憶部2 3は、学習部2 1が生成した学習済みモデルを記憶する。

[0077] 図1 9は、実施の形態3にかかる数値制御装置の推論時の構成を示すブロック図である。推論部2 4は、学習済みモデル記憶部2 3に記憶される学習済みモデルを利用して得られる最適な各区分比率を推論する。すなわち、この学習済みモデルに状態取得部2 0で取得した状態変数を入力することで、状態変数から推論される最適な各区分比率を出力することができる。なお、推論部2 4は、数値制御装置1の状態取得部2 0で学習した学習済みモデルを用いて最適な各区分比率を出力するものとして説明したが、他の数値制御装置等の外部から学習済みモデルを取得し、この学習済みモデルに基づいて最適な各区分比率を出力するようにしてもよい。

[0078] 次に、図2 0を用いて、学習済みモデルを用いて最適な各区分比率を得るための処理を説明する。図2 0は、実施の形態3の数値制御装置1の推論処理に関するフローチャートである。ステップc 1において、状態取得部2 0は状態変数を取得する。ステップc 2において、推論部2 4は学習済みモデル記憶部2 3に記憶された学習済みモデルに状態変数を入力し、最適な各区分比率を得る。ステップc 3において、推論部2 4は、学習済みモデルにより得られた最適な各区分比率を数値制御装置1に出力する。ステップc 4において、数値制御装置1は、出力された最適な各区分比率を用いて、振動波

形を計算する。これにより、振動切削を用いた加工の状態を最適に調整することができる。

[0079] なお、本実施の形態では、学習部 21 が用いる学習アルゴリズムに教師あり学習を適用した場合について説明したが、これに限られるものではない。学習アルゴリズムについては、教師あり学習以外にも、強化学習、教師なし学習、または半教師あり学習等を適用することも可能である。また、特徴量そのものの抽出を学習する、深層学習 (Deep Learning) を用いることもでき、他の公知の方法、例えば遺伝的プログラミング、機能論理プログラミング、サポートベクターマシンなどに従って機械学習を実行してもよい。

[0080] このように実施の形態 3 によれば、振動切削による加工の状況に応じて最適な各区間比率を決定することができる。実際に加工を行いながら学習を行うため、正確な各区間比率の決定方法が学習される。また、実際に加工を行いながら学習した学習済みモデルを用いるため、正確な推論が可能となる。例えば旋削加工では、所望の形状を得るために複数回に分けて徐々に切り込んでいく。例えば、荒加工、中仕上げ加工、仕上げ加工などに分けられて加工される。そのため、類似の加工経路を繰り返し加工するため、加工が進むにしたがって各区間比率を最適化していくということも可能となる。

[0081] ここで、数値制御装置 1 のハードウェア構成について説明する。図 21 は、実施の形態 1 ～実施の形態 3 の数値制御装置 1 のハードウェア構成例を示す図である。数値制御装置 1 は、図 21 に示したプロセッサ 301、メモリ 302、およびインタフェース回路 303 により実現することができる。プロセッサ 301 の例は、CPU (Central Processing Unit、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサ、DSP (Digital Signal Processor) ともいう) またはシステム LSI (Large Scale Integration) である。メモリ 302 の例は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) である。

[0082] 数値制御装置 1 は、プロセッサ 301 が、メモリ 302 で記憶されている、数値制御装置 1 の動作を実行するためのプログラムを読み出して実行する

ことにより実現される。また、このプログラムは、数値制御装置 1 の手順または方法をコンピュータに実行させるものであるともいえる。メモリ 302 は、プロセッサ 301 が各種処理を実行する際の一時メモリにも使用される。なお、数値制御装置 1 の機能について、一部を専用のハードウェアで実現し、一部をソフトウェアまたはファームウェアで実現するようにしてもよい。

[0083] 以上の実施の形態に示した構成は、本開示の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本開示の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0084] 1 数値制御装置、2 送り部、3 回転部、10 加工プログラム解析部、11 振動指令生成部、12 送り指令出力部、13 回転指令出力部、14 負荷情報取得部、15 各区分比率決定部、16 加工プログラム、20 状態取得部、21 学習部、22 判定部、23 学習済みモデル記憶部、24 推論部、E1, E2, E3 終点、G 空振り領域、N 振動回数、S1, S2, S3 始点、V1 第一速度、V2 第二速度、V3 第三速度、Va 非振動加工時の送り軸の移動速度、W 振動振幅、 α 余裕量。

請求の範囲

- [請求項1] ワークと工具とを相対的に回転させる回転指令を出力する回転指令出力部と、
 前記ワークと前記工具とを相対的に移動させる送り指令を出力する送り指令出力部と、を備え、
 前記送り指令に、前進動作と後退動作とを交互に繰り返す振動動作指令を含めることが可能である数値制御装置であって、
 前記振動動作指令における1振動のうちに、
 前記前進動作の際の移動速度である第一速度で移動する第一区間と、
 、
 前記後退動作の際の移動速度である第二速度で移動する第二区間と、
 、
 前記前進動作の際の移動速度であって、前記第一速度よりも遅い速度である第三速度で移動する第三区間と、を含む
 ことを特徴とする数値制御装置。
- [請求項2] 前記第三区間は、少なくとも前記第一区間と前記第二区間との間に設けられている
 ことを特徴とする請求項1に記載の数値制御装置。
- [請求項3] 前記第三速度は、非振動加工時の前記ワークと前記工具との相対的な移動速度と同じ速度である
 ことを特徴とする請求項1または2に記載の数値制御装置。
- [請求項4] 前記振動動作指令における1振動のうちに占める、前記第一区間と、前記第二区間と、前記第三区間との比率を決定する各区間比率決定部をさらに有する
 ことを特徴とする請求項1から3の何れか一つに記載の数値制御装置。
- [請求項5] 前記各区間比率決定部は、振動動作中に前記ワークおよび前記工具に生じる負荷を表す負荷情報に基づいて、前記振動動作指令における

1 振動のうちに占める、前記第一区間と、前記第二区間と、前記第三区間との比率を決定する

ことを特徴とする請求項 4 に記載の数値制御装置。

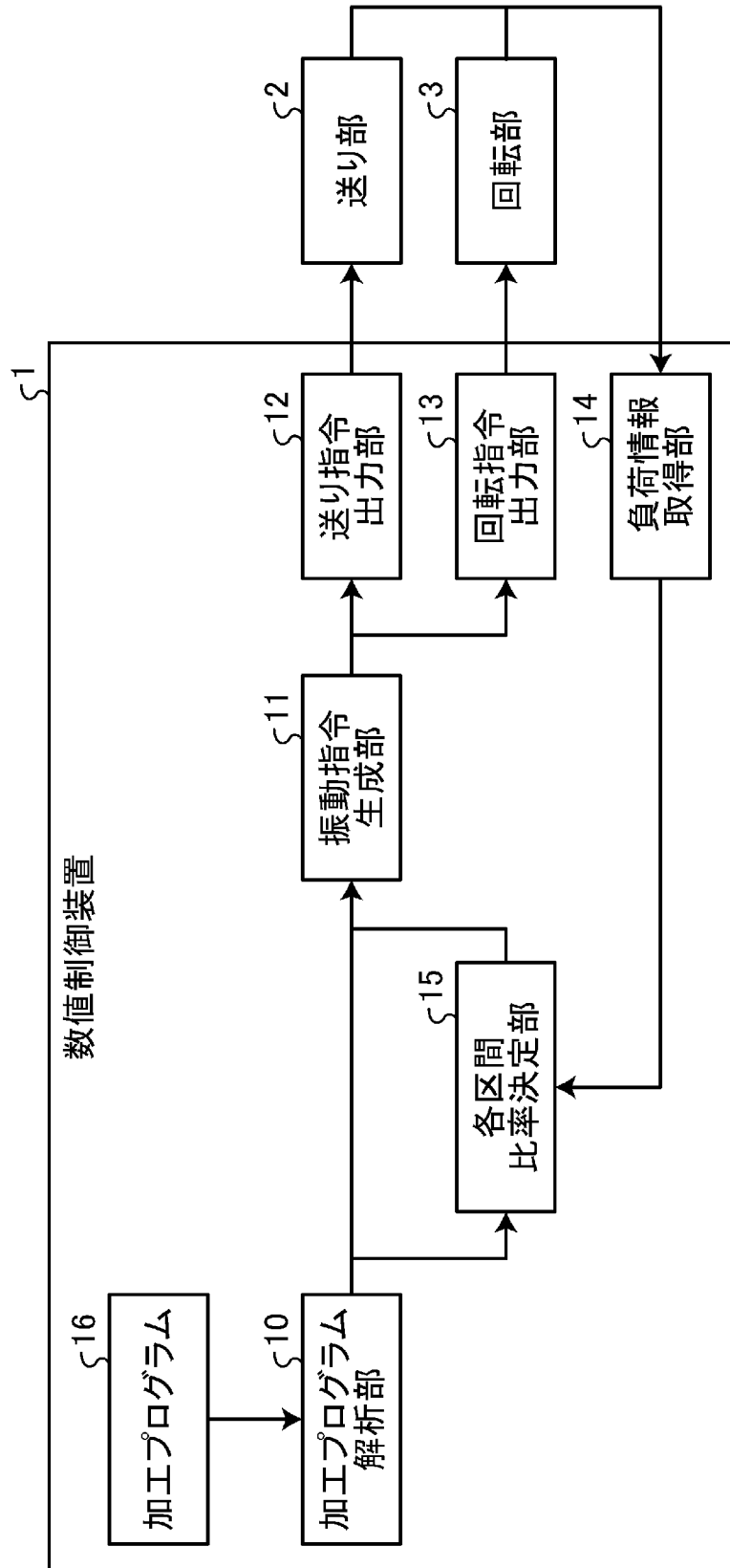
[請求項6] 加工条件を表すデータ、振動条件を表すデータ、送り動作内容を表すデータの少なくとも 1 つを含む状態変数を取得する状態取得部と、
学習済みモデルに前記状態変数を入力した際の前記学習済みモデルからの出力に基づき、前記振動動作指令における 1 振動のうちに占める、前記第一区間と、前記第二区間と、前記第三区間との比率を決定する推論部と、をさらに有する

ことを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の数値制御装置。

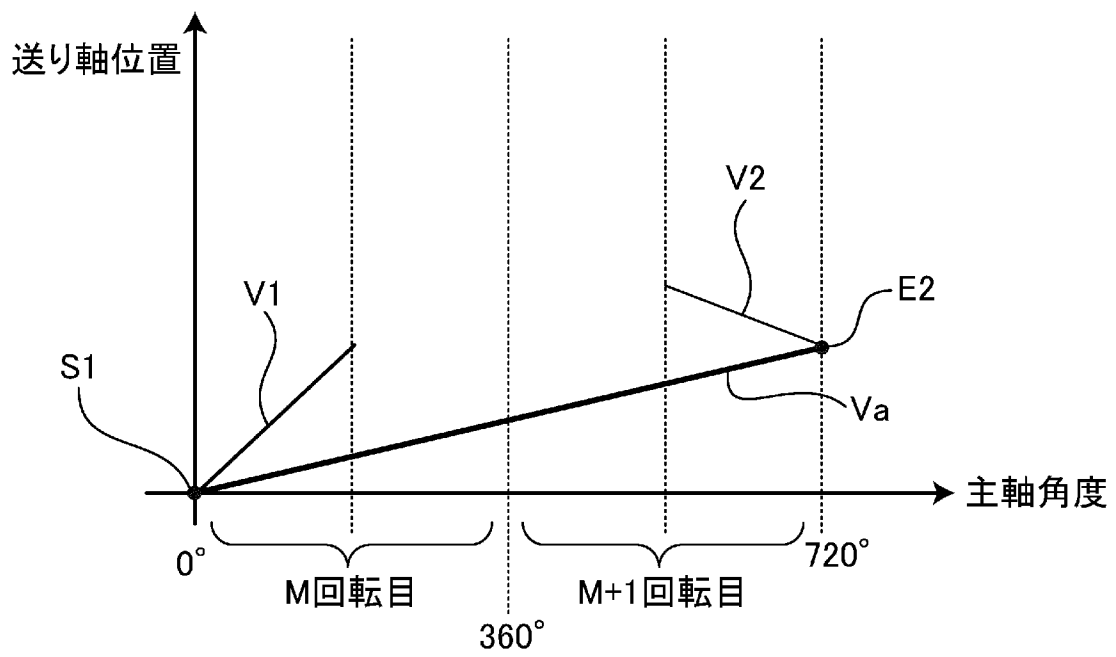
[請求項7] 前記学習済みモデルは、前記加工条件を表すデータ、前記振動条件を表すデータ、前記送り動作内容を表すデータの少なくとも 1 つと、前記振動動作指令における 1 振動のうちに占める、前記第一区間と、前記第二区間と、前記第三区間との比率を表すデータとを含む状態変数と、振動動作中に前記ワークおよび前記工具に生じる負荷を表す負荷情報との組み合わせを含む訓練用データセットを用いて学習されたものである

ことを特徴とする請求項 6 に記載の数値制御装置。

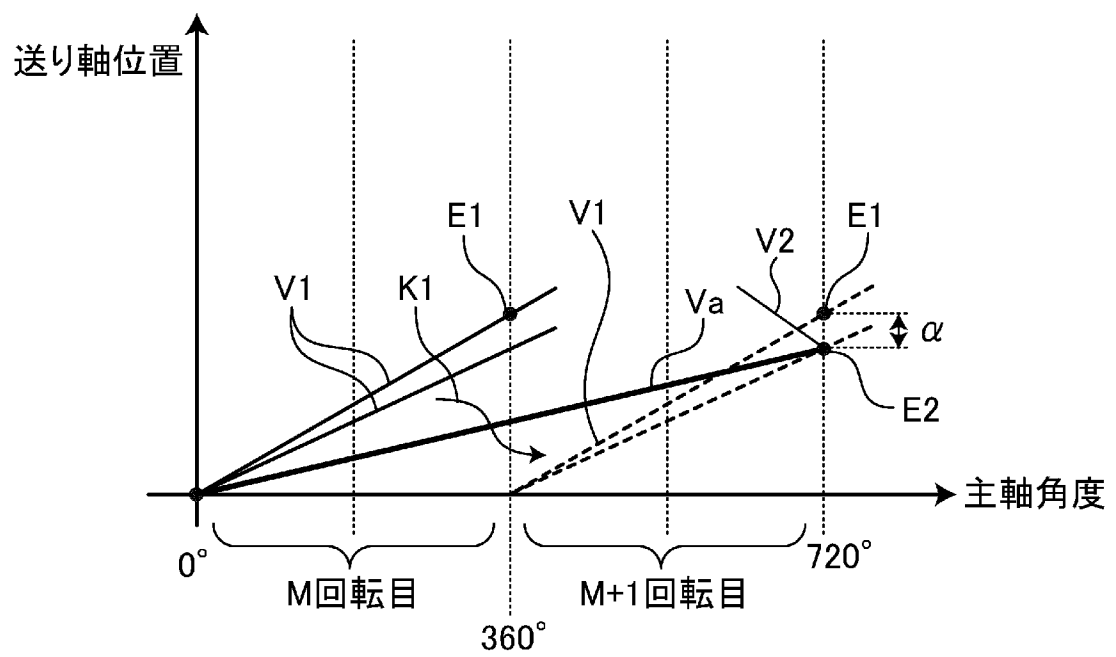
[図1]



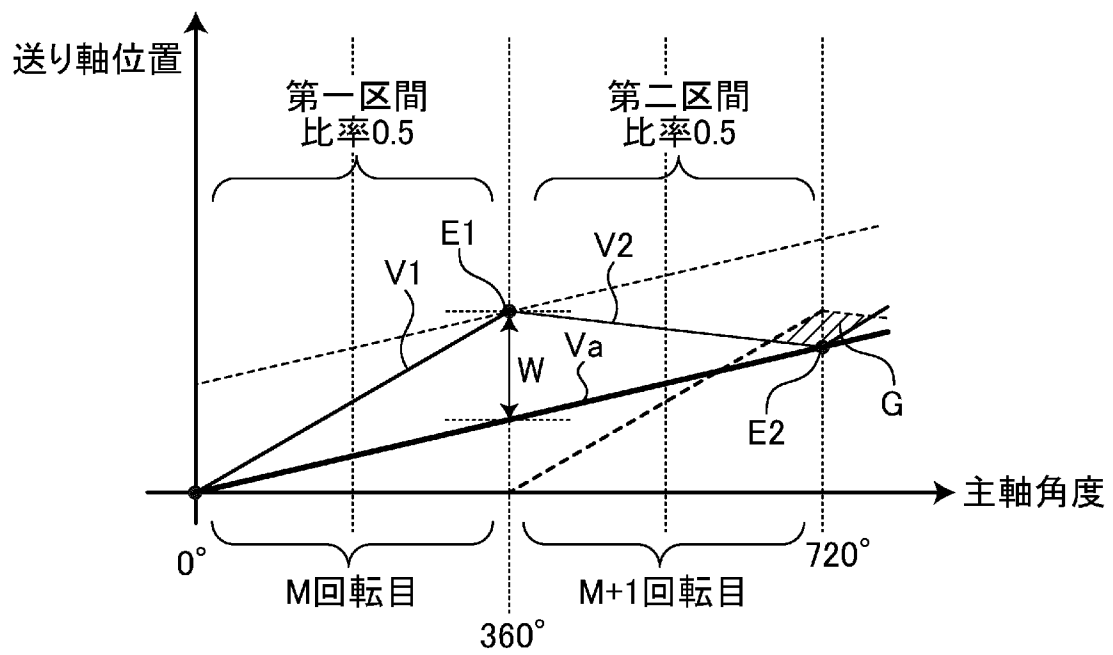
[図2]



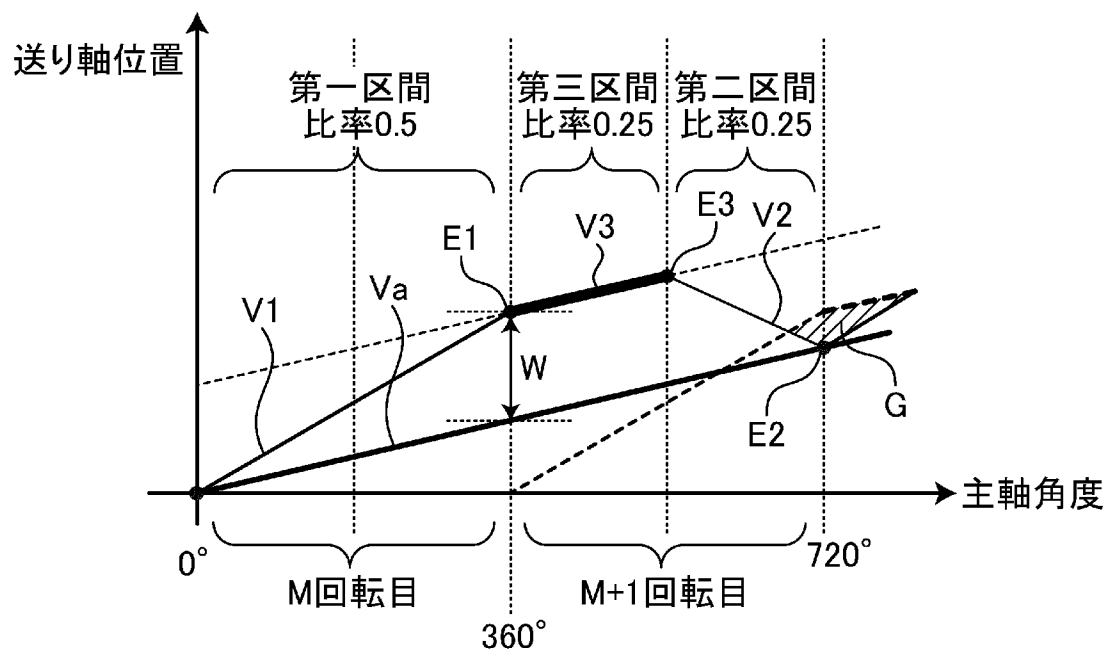
[図3]



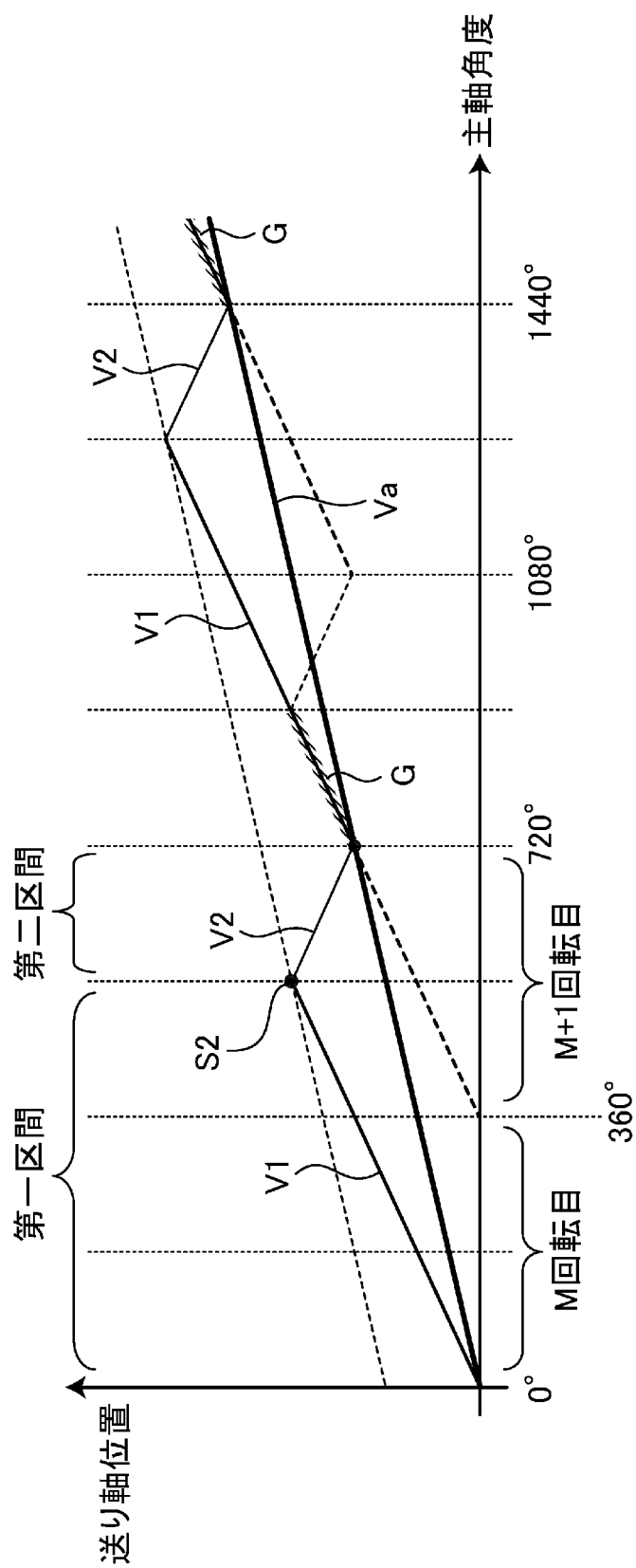
[図4]



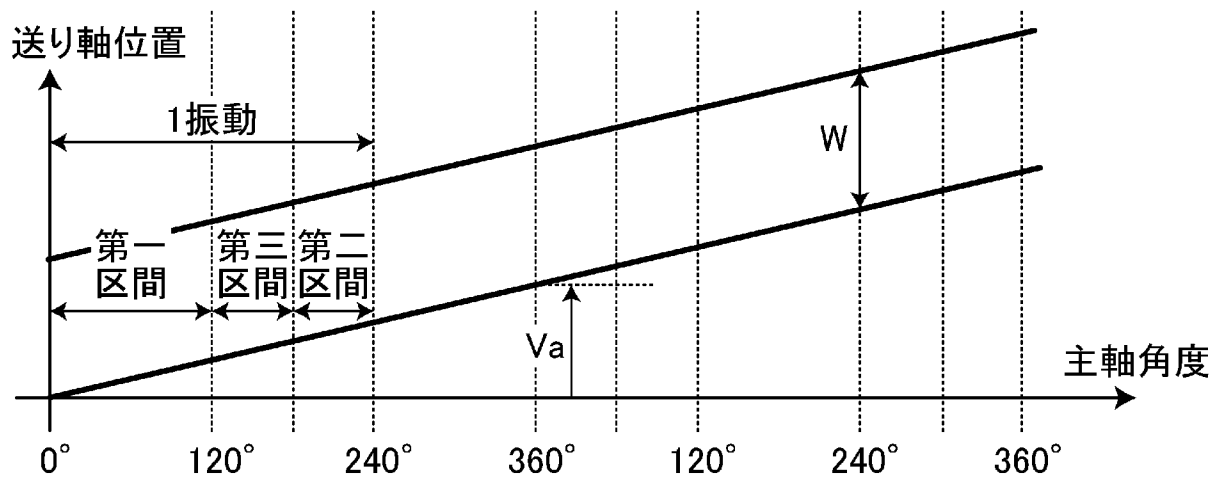
[図5]



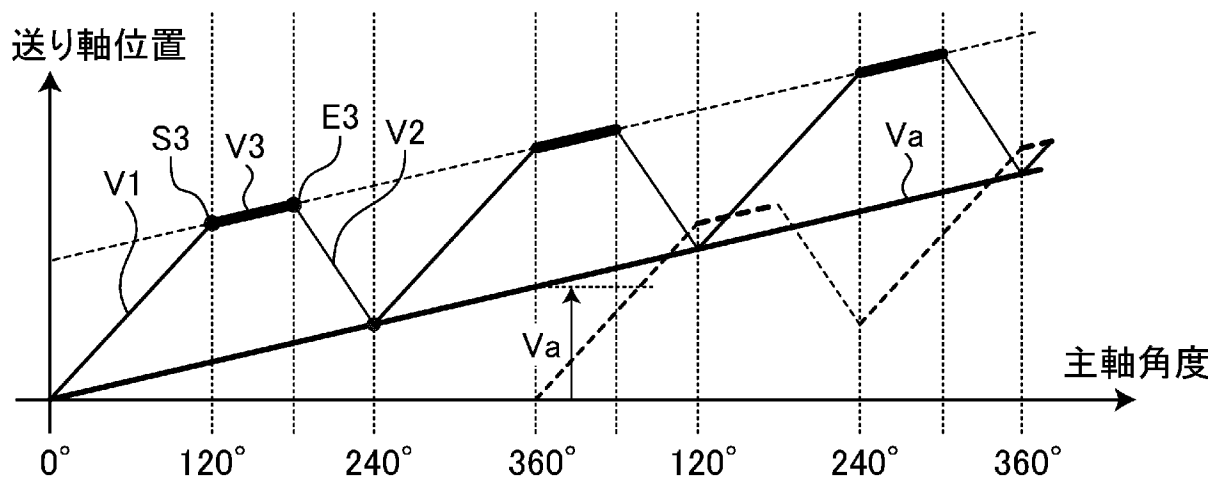
[図6]



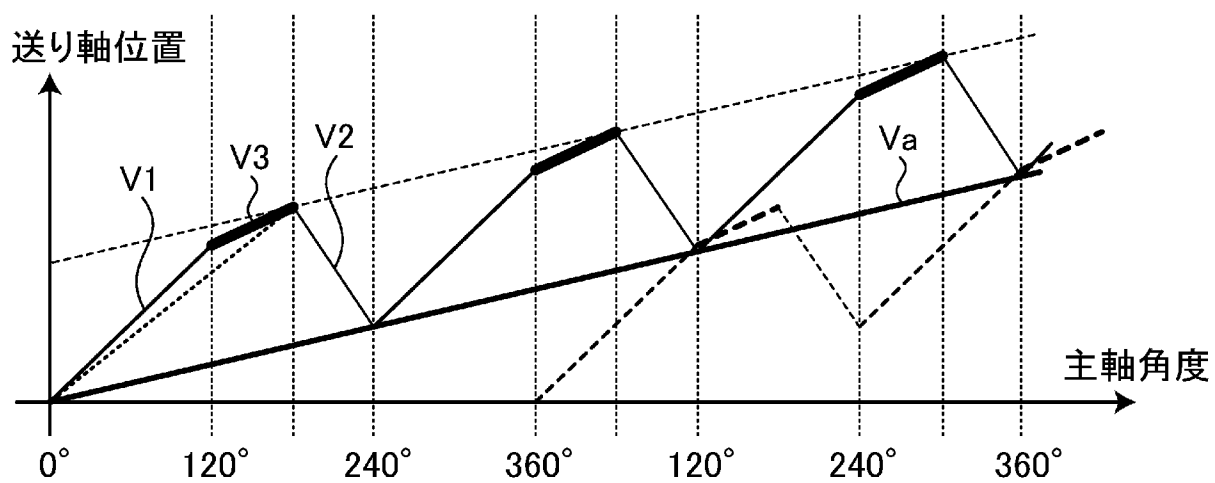
[図9]



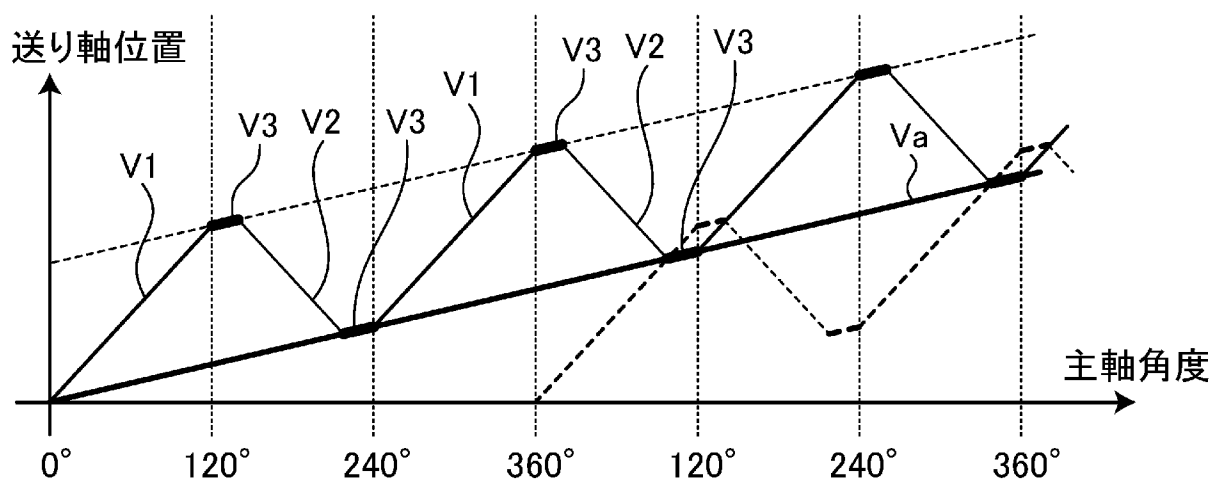
[図10]



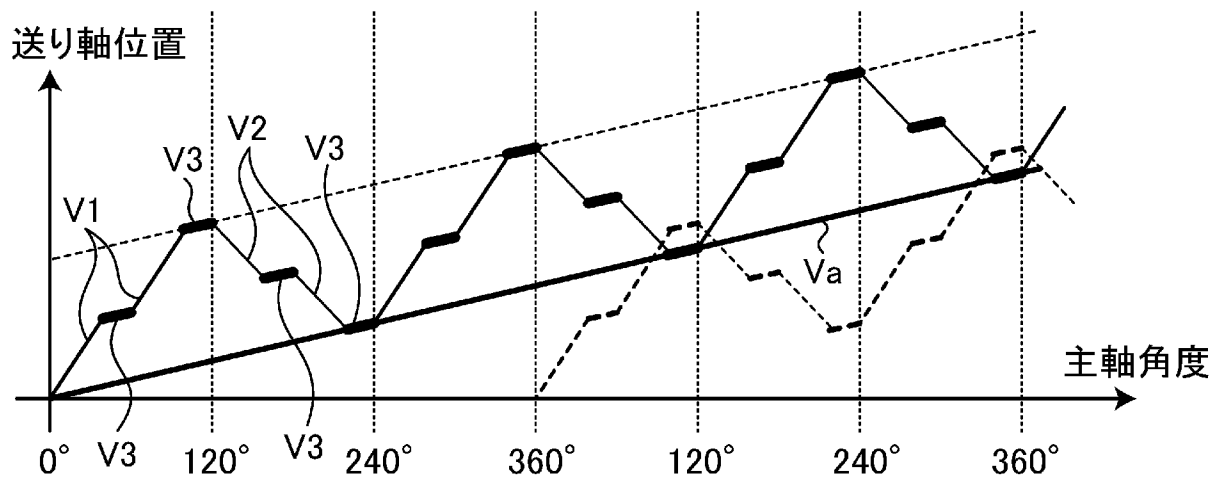
[図11]



[図12]



[図13]



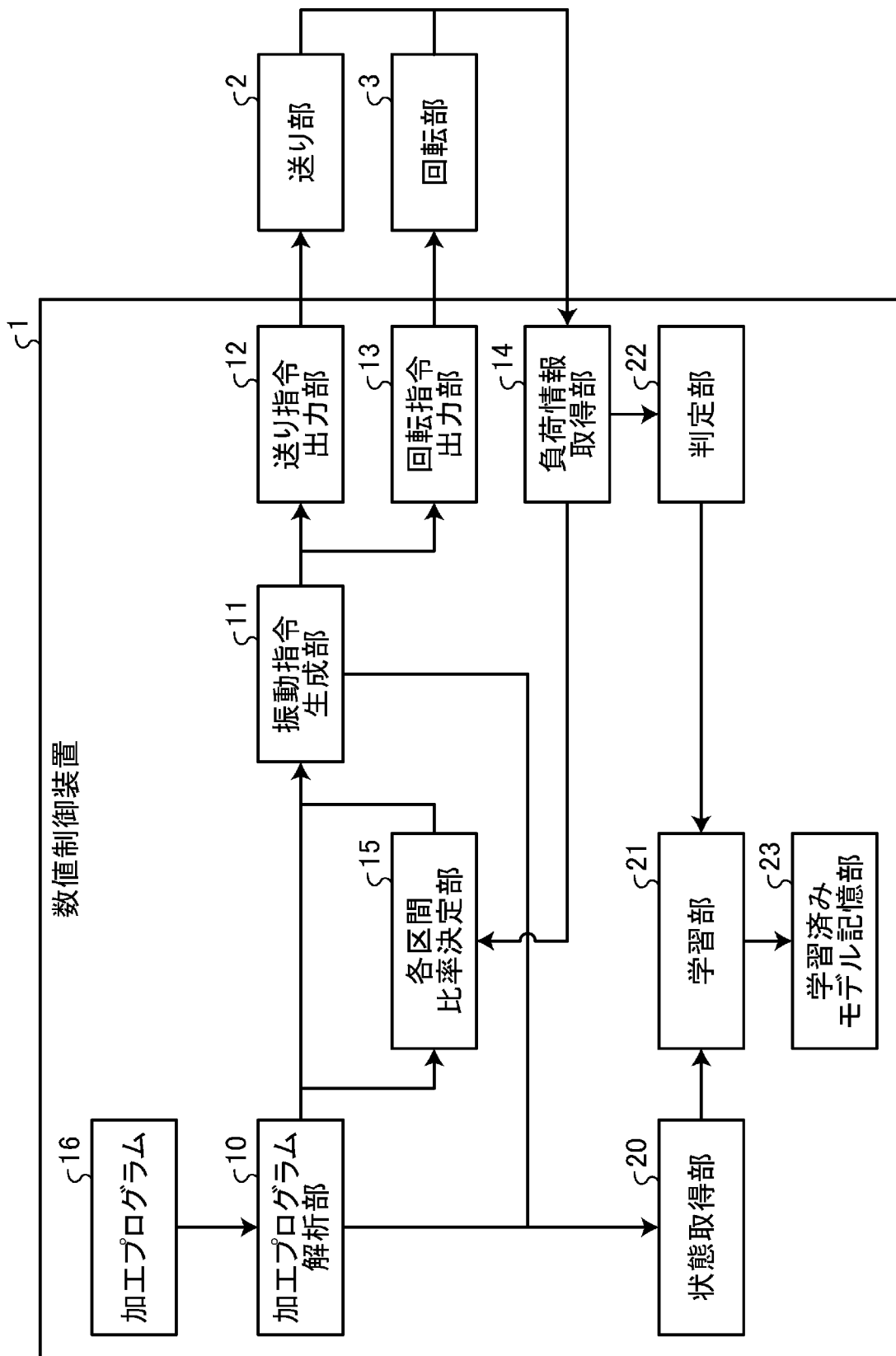
[図14]

No.	移動速度	比率	累積比率
1	V1	0.5	0.5
2	V3	0.1	0.6
3	V2	0.3	0.9
4	V3	0.1	1.0

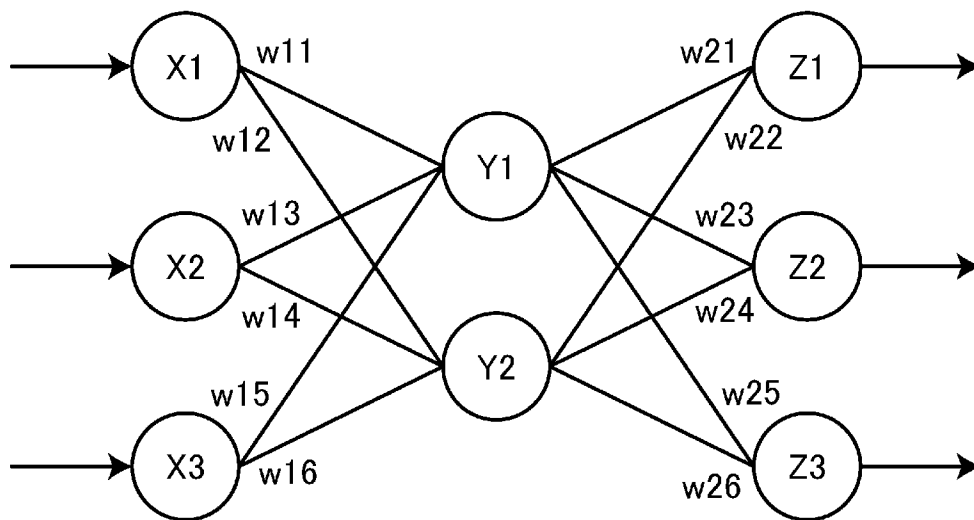
[図15]

No.	移動速度	比率	累積比率
1	V1	0.15	0.15
2	V3	0.1	0.25
3	V1	0.15	0.4
4	V3	0.1	0.5
5	V2	0.15	0.65
6	V3	0.1	0.75
7	V2	0.15	0.9
8	V3	0.1	1.0

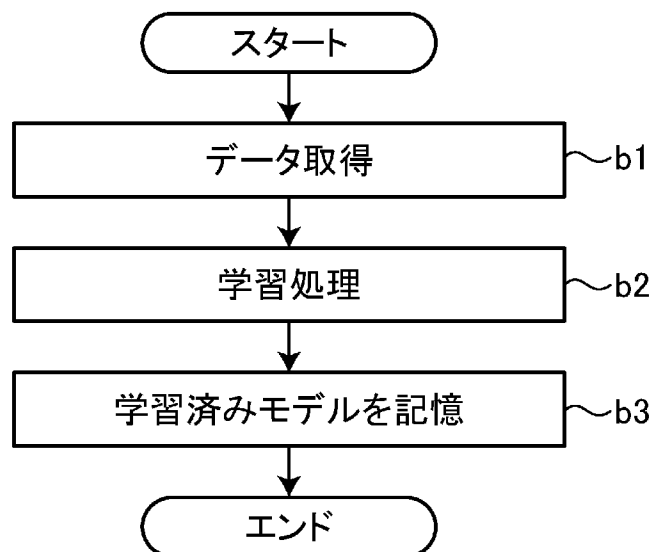
[図16]



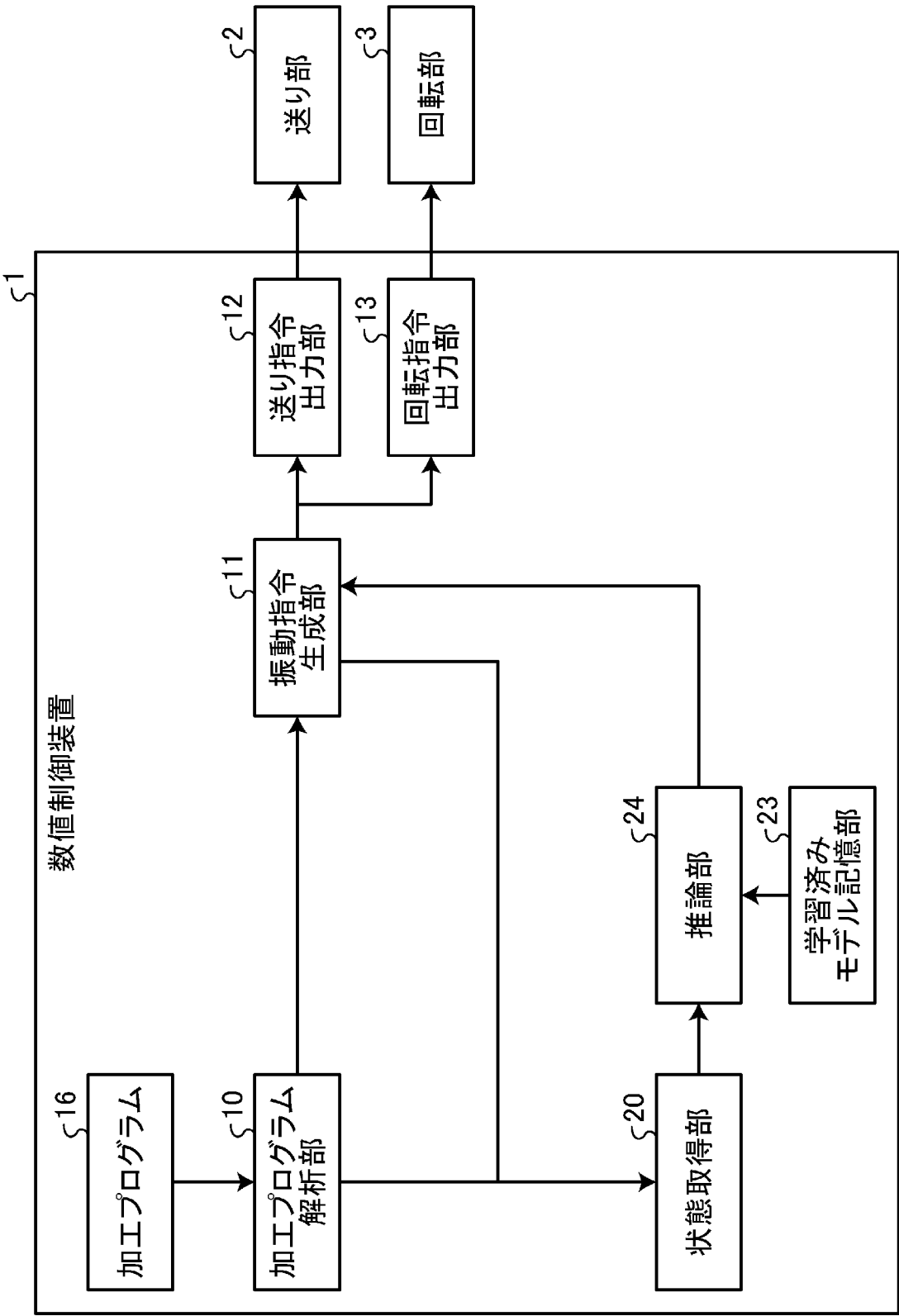
[図17]



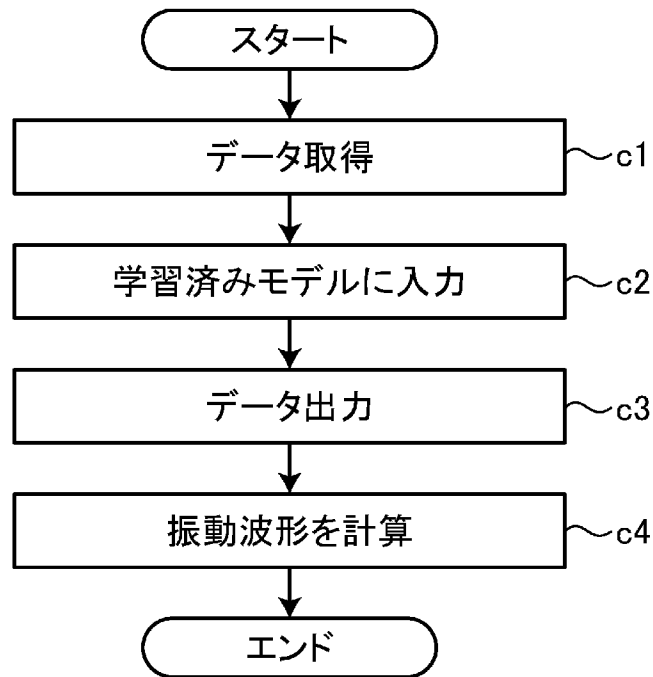
[図18]



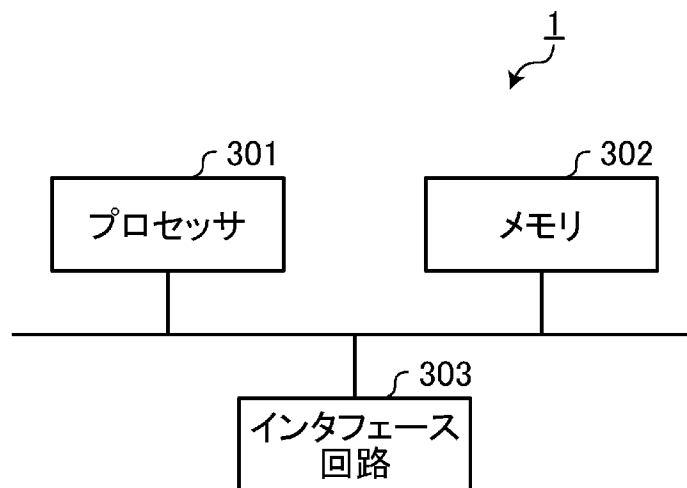
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/006024

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G05B 19/4093**(2006.01)i; **B23B 1/00**(2006.01)i; **B23Q 15/013**(2006.01)i

FI: G05B19/4093 M; B23B1/00 A; B23Q15/013

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)

G05B19/4093; B23B1/00; B23Q15/013

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
X	JP 5781241 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 16 September 2015 (2015-09-16) paragraphs [0010]-[0019], [0029], [0069]-[0076], fig. 3, 14, 15(f)	1-4
A		5-7
A	JP 7158604 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 21 October 2022 (2022-10-21) paragraphs [0010]-[0098], fig. 1-12	1-7
A	WO 2021/166974 A1 (FANUC CORPORATION) 26 August 2021 (2021-08-26) paragraphs [0020], [0030], [0038], fig. 3	1-7

☐ 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

28 March 2023

Date of mailing of the international search report

04 April 2023

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/JP2023/006024

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	5781241	B1	16 September 2015	WO	2015/140906	A1	
				CN	105144008	A	
JP	7158604	B1	21 October 2022	WO	2022/254621	A1	
WO	2021/166974	A1	26 August 2021	US	2023/0069907	A1	
				paragraphs [0026], [0036], [0044], fig. 3			
				CN	115104074	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 19/4093(2006.01)i; B23B 1/00(2006.01)i; B23Q 15/013(2006.01)i FI: G05B19/4093 M; B23B1/00 A; B23Q15/013										
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）） G05B19/4093; B23B1/00; B23Q15/013										
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 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023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 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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 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								
X	JP 5781241 B1（三菱電機株式会社）16.09.2015（2015 - 09 - 16） [0010]-[0019], [0029], [0069]-[0076], 図3, 14, 15(f)	1-4								
A		5-7								
A	JP 7158604 B1（三菱電機株式会社）21.10.2022（2022 - 10 - 21） [0010]-[0098], 図1-12	1-7								
A	WO 2021/166974 A1（ファナック株式会社）26.08.2021（2021 - 08 - 26） [0020], [0030], [0038], 図3	1-7								
☐ 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 “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 “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） “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 </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 “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 “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） “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	“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 “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 “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） “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	“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 “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 “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 “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 28.03.2023		国際調査報告の発送日 04.04.2023								
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） 増山 慎也 3C 3642 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/JP2023/006024

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	5781241	B1	16.09.2015	WO	2015/140906	A1	
				CN	105144008	A	
JP	7158604	B1	21.10.2022	WO	2022/254621	A1	
WO	2021/166974	A1	26.08.2021	US	2023/0069907	A1	
				[0026], [0036], [0044], 図3			
				CN	115104074	A	