(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7633286号
(P7633286)

(45)発行日　令和7年2月19日(2025.2.19)

(24)登録日　令和7年2月10日(2025.2.10)

(51)国際特許分類

		FI		
G05B	*19/404(2006.01)*	G05B	19/404	K
B23Q	*15/013(2006.01)*	B23Q	15/013	
G05B	*19/4093(2006.01)*	G05B	19/4093	M
B23B	*1/00 (2006.01)*	B23B	1/00	D

請求項の数　12　（全22頁）

(21)出願番号　特願2022-576667(P2022-576667)
(86)(22)出願日　令和4年1月17日(2022.1.17)
(86)国際出願番号　PCT/JP2022/001357
(87)国際公開番号　WO2022/158415
(87)国際公開日　令和4年7月28日(2022.7.28)
審査請求日　令和5年8月9日(2023.8.9)
(31)優先権主張番号　特願2021-7937(P2021-7937)
(32)優先日　令和3年1月21日(2021.1.21)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　390008235
ファナック株式会社
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５
８０番地
(74)代理人　100106002
弁理士　正林 真之
(74)代理人　100165157
弁理士　芝 哲央
(74)代理人　100160794
弁理士　星野 寛明
(72)発明者　安田 将司
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５
８０番地 ファナック株式会社内
審査官　牧 初

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　制御装置及び計算装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

工作機械を制御する制御装置であって、

前記工作機械の工具又はワークの少なくとも一方を振動させると共に、前記ワークと前記工具との相対的な位置関係を一定にする第１の振動指令を生成する振動指令生成部と、

前記工具と前記ワークとを相対的に振動させると共に、前記ワークと前記工具との相対的な位置関係を変動させる第２の振動指令である相対振動指令を生成する相対振動指令生成部と、

前記第１の振動指令及び前記相対振動指令に基づいて、前記第１の振動指令及び前記相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する振動位相調整部と、

を備える制御装置。

【請求項２】

前記振動位相調整部は、前記第１の振動指令及び前記相対振動指令によって生じる振動を合成した合成振動によるパラメータが予め定められた値となるように、前記第１の振動指令及び前記相対振動指令のうち、少なくとも一方の前記振動位相を調整する、請求項１に記載の制御装置。

【請求項３】

前記パラメータが予め定められた許容値内であるか否かを判定する判定部を更に備え、

前記振動位相調整部は、前記パラメータが許容値外である場合、前記第１の振動指令及び前記相対振動指令のうち、少なくとも一方の前記振動位相を調整する、請求項２に記載

の制御装置。
【請求項４】
前記第１の振動指令に基づいて前記工具又は前記ワークの振動の振幅を算出し、前記相対振動指令に基づいて前記工具及び前記ワークの相対的な振動の振幅を算出する振幅算出部を更に備え、
前記判定部は、前記パラメータとして、前記工具又は前記ワークの振動の振幅と、前記工具及び前記ワークの相対的な振動の振幅との和を示す合成振幅和が、前記許容値としての振幅上限値以下であるか否かを判定し、
前記振動位相調整部は、前記合成振幅和が前記振幅上限値を超える場合、前記第１の振動指令及び前記相対振動指令のうち、少なくとも一方の前記振動位相を調整する、請求項３に記載の制御装置。
【請求項５】
前記第１の振動指令に基づいて前記工具又は前記ワークの振動の振幅を算出し、前記相対振動指令に基づいて前記工具及び前記ワークの相対的な振動の振幅を算出する振幅算出部を更に備え、
前記判定部は、前記パラメータとして、前記工具又は前記ワークの振動の振幅と、前記工具及び前記ワークの相対的な振動の振幅との和を示す合成振幅和が、前記許容値としての振幅下限値以上であるか否かを判定し、
前記振動位相調整部は、前記合成振幅和が振幅下限値未満である場合、前記第１の振動指令及び前記相対振動指令のうち、少なくとも一方の前記振動位相を調整する、請求項３に記載の制御装置。
【請求項６】
前記振動位相調整部によって調整された前記振動位相に応じて、前記第１の振動指令又は前記相対振動指令に関係する他の軸方向に対する振動の振動位相を設定する振動位相設定部を更に備える、請求項１から５のいずれか一項に記載の制御装置。
【請求項７】
前記振動位相調整部は、前記第１の振動指令による振動と前記相対振動指令による振動との振動周波数が異なる場合、前記第１の振動指令及び前記相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動周波数を調整すると共に、前記振動位相を調整する、請求項１から６のいずれか一項に記載の制御装置。
【請求項８】
工作機械を制御する制御装置であって、
前記工作機械の工具又はワークの少なくとも一方を振動させると共に、前記ワークと前記工具との相対的な位置関係を一定にする第１の振動指令を生成する振動指令生成部と、
前記工具と前記ワークとを相対的に移動させると共に、前記ワークと前記工具との相対的な位置関係を変動させる第２の移動指令である相対移動指令を生成する相対移動指令生成部と、
前記第１の振動指令及び前記相対移動指令に基づいて、前記第１の振動指令及び前記相対移動指令の複数のパラメータのうち、少なくとも１つのパラメータを調整する指令調整部と、
を備える制御装置。
【請求項９】
前記相対移動指令の前記パラメータは、前記相対移動指令の実行のタイミングを含み、前記指令調整部は、前記第１の振動指令に基づいて前記少なくとも１つのパラメータを調整する、請求項８に記載の制御装置。
【請求項１０】
前記相対移動指令の前記パラメータは、前記相対移動指令による前記工具の移動速度を含み、前記指令調整部は、前記第１の振動指令に基づいて前記少なくとも１つのパラメータを調整する、請求項８又は９に記載の制御装置。
【請求項１１】

工作機械を制御する制御装置のための計算装置であって、
前記工作機械の工具又はワークの少なくとも一方を振動させると共に、前記ワークと前記工具との相対的な位置関係を一定にする第１の振動指令を生成する振動指令生成部と、
前記工具と前記ワークとを相対的に振動させると共に、前記ワークと前記工具との相対的な位置関係を変動させる第２の振動指令である相対振動指令を生成する相対振動指令生成部と、
前記第１の振動指令及び前記相対振動指令に基づいて、前記第１の振動指令及び前記相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する振動位相調整部と、
を備える計算装置。
【請求項１２】
工作機械を制御する制御装置のための計算装置であって、
前記工作機械の工具又はワークの少なくとも一方を振動させると共に、前記ワークと前記工具との相対的な位置関係を一定にする第１の振動指令を生成する振動指令生成部と、
前記工具と前記ワークとを相対的に移動させると共に、前記ワークと前記工具との相対的な位置関係を変動させる第２の移動指令である相対移動指令を生成する相対移動指令生成部と、
前記第１の振動指令及び前記相対移動指令に基づいて、前記第１の振動指令及び前記相対移動指令の複数のパラメータのうち、少なくとも１つのパラメータを調整する指令調整部と、
を備える計算装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、制御装置及び計算装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、偏心したワークを加工するために、工作機械によって偏心加工を行う技術が知られている（例えば、特許文献１参照）。偏心加工において、工作機械は、偏心加工されるワークの位置に工具を合わせるために、工具を振動させる必要がある。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特開平５－３０５５０１公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
一方、例えば揺動切削等のようにワークに対して工具を相対的に振動させる加工も知られている。上述したような偏心加工時に、ワークに対して工具を相対振動させる場合、偏心加工による工具の振動と、ワークに対する工具の相対振動との合成振動（例えば、合成振動の振幅、加速度、機械振動、音等）は、許容値を外れる場合がある。また、工作機械の負担を考慮し、振動をできる限り小さくしたい場合がある。よって、工作機械において合成振動を調整することが求められている。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本開示の一態様に係る、工作機械を制御する制御装置は、前記工作機械の工具又はワークを振動させる振動指令を生成する振動指令生成部と、前記工具と前記ワークとを相対的に振動させる相対振動指令を生成する相対振動指令生成部と、前記振動指令及び前記相対振動指令に基づいて、前記振動指令及び前記相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する振動位相調整部と、を備える。
【０００６】

本開示の一態様に係る、工作機械を制御する制御装置は、前記工作機械の工具又はワークを振動させる振動指令を生成する振動指令生成部と、前記工具と前記ワークとを相対的に移動させる相対移動指令を生成する相対移動指令生成部と、前記振動指令及び前記相対移動指令に基づいて、前記振動指令及び前記相対移動指令の複数のパラメータのうち、少なくとも１つのパラメータを調整する指令調整部と、を備える。

【０００７】

本開示の一態様に係る、工作機械を制御する制御装置のための計算装置は、前記工作機械の工具又はワークを振動させる振動指令を生成する振動指令生成部と、前記工具と前記ワークとを相対的に振動させる相対振動指令を生成する相対振動指令生成部と、前記振動指令及び前記相対振動指令に基づいて、前記振動指令及び前記相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する振動位相調整部と、を備える。

【０００８】

本開示の一態様に係る、工作機械を制御する制御装置のための計算装置は、前記工作機械の工具又はワークを振動させる振動指令を生成する振動指令生成部と、前記工具と前記ワークとを相対的に移動させる相対移動指令を生成する相対移動指令生成部と、前記振動指令及び前記相対移動指令に基づいて、前記振動指令及び前記相対移動指令の複数のパラメータのうち、少なくとも１つのパラメータを調整する指令調整部と、を備える。

【発明の効果】

【０００９】

本開示の一態様によれば、工作機械において合成振動を調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】第１実施形態に係る制御装置の概要を示す図である。

【図２】第１実施形態に係る揺動切削及び偏心加工の概要を示す図である。

【図３】第１実施形態に係る、揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。

【図４】第１実施形態に係る、振動位相の調整前後における揺動切削による振動、及び偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。

【図５】第１実施形態に係る、揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。

【図６】第１実施形態に係る、振動位相の調整前後における揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。

【図７】第１実施形態に係る、揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。

【図８】第１実施形態に係る、振動位相の調整前後における揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。

【図９】第１実施形態に係る揺動切削及び偏心加工の概要を示す図である。

【図１０】第１実施形態に係る揺動切削及び偏心加工の概要を示す図である。

【図１１】第１実施形態に係る２つの揺動切削を用いる例について示す図である。

【図１２】第１実施形態に係る２つの揺動切削を用いる別の例について示す図である。

【図１３】第１実施形態に係る制御装置の処理の流れを示すフローチャートである。

【図１４】第２実施形態に係る制御装置の概要を示す図である。

【図１５】第２実施形態に係る相対移動及び偏心加工の概要を示す図である。

【図１６】第２実施形態に係る工具の移動速度について示す図である。

【図１７】第２実施形態に係る工具の移動速度について示す図である。

【図１８】第２実施形態に係る工具の移動速度について示す図である。

【図１９】第２実施形態に係る制御装置の処理の流れを示すフローチャートである。

【図２０】他の実施形態に係る計算装置の概要を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

［第１実施形態］
以下、本発明の実施形態の一例について説明する。図１は、第１実施形態に係る制御装置１の概要を示す図である。制御装置１は、工作機械２を制御するための装置であり、例えば、数値制御装置である。
【００１２】
工作機械２は、制御装置１の制御に従い、揺動切削を用いてワークを加工する。また、工作機械２は、モータ２１及び２２を有する。モータ２１は、例えば主軸２４を駆動制御し、モータ２２は、工具２３を駆動制御する。
【００１３】
制御装置１は、振動指令生成部１１と、相対振動指令生成部１２と、振動位相調整部１３と、振幅算出部１４と、判定部１５と、関連軸振動指令生成部１６と、振動位相設定部１７と、を備える。
【００１４】
振動指令生成部１１は、少なくとも工作機械２の工具２３又はワーク３０を振動させるための揺動条件に基づいて、工作機械２の工具２３又はワーク３０を振動させる振動指令を生成する。振動指令生成部１１は、例えば、揺動振幅倍率及び揺動周波数倍率を含む揺動条件と加工条件とに基づいて、振動指令を生成してもよく、揺動振幅及び揺動周波数を含む揺動条件に基づいて、振動指令を生成してもよい。
【００１５】
相対振動指令生成部１２は、少なくとも工具２３及びワーク３０を相対的に振動させるための揺動条件に基づいて、工具２３及びワーク３０を相対的に振動させる相対振動指令を生成する。相対振動指令生成部１２は、例えば、揺動振幅倍率及び揺動周波数倍率を含む揺動条件と、ワーク３０を加工するための加工条件とに基づいて、相対振動指令を生成してもよく、揺動振幅及び揺動周波数を含む揺動条件に基づいて、相対振動指令を生成してもよい。
【００１６】
振動位相調整部１３は、振動指令及び相対振動指令に基づいて、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する。具体的には、振動位相調整部１３は、振動指令及び相対振動指令によって生じる振動を合成した合成振動によるパラメータが予め定められた値となるように、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する。
【００１７】
振幅算出部１４は、振動指令に基づいて工具２３又はワーク３０の振動の振幅を算出し、相対振動指令に基づいて工具２３及びワーク３０の相対的な振動の振幅を算出する。
【００１８】
判定部１５は、合成振動によるパラメータが予め定められた許容値内であるか否かを判定する。振動位相調整部１３は、パラメータが許容値外である場合、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する。
【００１９】
また、判定部１５は、合成振動によるパラメータとして、工具２３又はワーク３０の振動の振幅と、工具２３及びワーク３０の相対的な振動の振幅との和を示す合成振幅和が、許容値としての振幅上限値以下であるか否かを判定する。振動位相調整部１３は、合成振幅和が振幅上限値を超える場合、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する。
【００２０】
また、判定部１５は、パラメータとして、工具２３又はワーク３０の振動の振幅と、工具２３及びワーク３０の相対的な振動の振幅との和を示す合成振幅和が、許容値としての振幅下限値以上であるか否かを判定する。振動位相調整部１３は、合成振幅和が振幅下限値未満である場合、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の前記振動位相を調整する。

【００２１】
関連軸振動指令生成部１６は、ワーク３０を加工するための加工条件に基づいて、工具２３又はワーク３０の振動又は工具２３及びワーク３０の相対的な振動に関係する他の軸方向に対して振動させる関連軸振動指令を生成する。
【００２２】
振動位相設定部１７は、振動位相調整部１３によって振動位相を調整した後、振動位相調整部１３によって調整された振動位相に応じて、工具２３又はワーク３０の振動又は工具２３及びワーク３０の相対的な振動に関係する他の軸方向に対する振動の振動位相を設定する。例えば、振動位相設定部１７は、振動位相調整部１３によって調整された振動位相及び関連軸振動指令に基づいて、他の軸方向に対する振動の振動位相を設定する。
【００２３】
また、振動位相調整部１３は、工具２３又はワーク３０の振動と工具２３及びワーク３０の相対的な振動との振動周波数が異なる場合、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動周波数を調整すると共に、振動位相を調整してもよい。
【００２４】
図２は、第１実施形態に係る揺動切削及び偏心加工の概要を示す図である。図２に示すように、工作機械２は、工具２３によってねじ切り揺動切削を行うと共に、ワーク３０に対する偏心加工を行う。
【００２５】
図２に示す例では、ねじ切り揺動切削による振動は、Ｘ軸方向に発生し、ワーク３０に対する偏心加工による振動もＸ軸方向に発生する。
【００２６】
ねじ切り揺動切削による振動は、工具２３及びワーク３０を相対的に振動させる相対振動指令に基づいて発生する。偏心加工による振動は、工作機械２の工具２３を振動させるための振動指令に基づいて発生する。
【００２７】
次に、ねじ切り揺動切削による振動と偏心加工による振動との位相差αを求めるために、以下に示すような数式を用いる。
偏心加工による振動は、$A\sin(D\omega)$と表され、ねじ切り揺動切削による振動は、$B\sin(D\omega+\alpha)$と表される。
【００２８】
この場合、偏心加工による振動とねじ切り揺動切削による振動とを合成した合成振動は、$R\sin(D\omega+\sin^{-1}((B/R)\sin\alpha))$と表される。
ここで、Ａ、Ｂ及びＤは、定数であり、ωは角速度である。
また、$R=\sqrt{(A^2+B^2+2AB\cos\alpha)}$である。
【００２９】
そして、合成振動の振幅上限値がＣの場合、位相差αは以下の式で表される。
$\alpha=\cos^{-1}((C^2-A^2-B^2)/2AB)$
また、位相差αに対応する時間Ｔは以下の式で表される。
$T=\alpha/D\omega$
【００３０】
また、Ｒが最小となるαを算出することによって、合成振動の振幅を最小にすることができる。
【００３１】
図３は、第１実施形態に係る、揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。図４は、第１実施形態に係る、振動位相の調整前後における揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。
【００３２】
図３及び図４は、図２で説明したようなねじ切り揺動切削による振動、偏心加工による

振動及び合成振動についての波形を示している。図３及び図４に示される波形は、横軸に時間を示し、縦軸に工具２３のＸ方向の工具位置を示す。

【００３３】

図３に示す例は、振幅が許容値外になる場合であった。同様に、加速度、機械振動及び音等について着目しても、合成振動が許容値外になる場合がある。この場合、制御装置１は、位相を調整することで回避できる。

【００３４】

そこで、振動位相調整部１３は、ねじ切り揺動切削による振動の振幅と、偏心加工による振動の振幅との和を示す合成振幅和が振幅上限値を超える場合、合成振幅和が振幅上限値以下となるように、ねじ切り揺動切削による振動と偏心加工による振動との位相差αを調整する。

【００３５】

具体的には、図４に示すように、振動位相調整部１３は、ねじ切り揺動切削による振動を、位相差αに対応する時間Ｔだけ停止するように、ねじ切り揺動切削のための指令（相対振動指令）の振動位相を調整する。また、振動位相調整部１３は、偏心加工による振動を、位相差αに対応する時間Ｔだけ停止するように、偏心加工のための指令（振動指令）の振動位相を調整してもよい。

【００３６】

また、上述した処理に代えて、振動位相調整部１３は、ねじ切り揺動切削のための指令（相対振動指令）の振動位相と偏心加工のための指令（振動指令）の振動位相の位相差がαとなるように、いずれか一方又は両方の位相を調整してもよい。

【００３７】

これにより、振動位相の調整後、合成振幅和は、振幅上限値以下となる。また、振動位相調整部１３は、Ｒが最小となるαを算出することによって、合成振幅和が最小となるように、位相差αを調整してもよい。

【００３８】

図５は、第１実施形態に係る、揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。図６は、第１実施形態に係る、振動位相の調整前後における揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。

【００３９】

図５及び図６は、図３及び図４と同様に、図２で説明したようなねじ切り揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示している。図３では、ねじ切り揺動切削による振動の振幅と、偏心加工による振動の振幅とを合成した合成振動の和を示す合成振動和が、振幅上限値を超えていたが、図５では、合成振動和が振幅下限値未満である場合を示している。

【００４０】

合成振動和が振幅下限値未満である場合、工作機械２は、微小振動によってフレッチングが発生する可能性がある。そのため、工作機械２は、微小振動によって生じるフレッチングを回避するために、合成振動和を大きくする必要がある。

【００４１】

そこで、振動位相調整部１３は、合成振幅和が振幅下限値未満である場合、合成振幅和が振幅下限値以上となるように、ねじ切り揺動切削による振動と偏心加工による振動との位相差αを調整する。

【００４２】

具体的には、図６に示すように、振動位相調整部１３は、ねじ切り揺動切削による振動を、位相差αに対応する時間Ｔだけ停止するように、ねじ切り揺動切削のための指令（相対振動指令）の振動位相を調整する。

また、振動位相調整部１３は、偏心加工による振動を、位相差αに対応する時間Ｔだけ停止するように、偏心加工のための指令（振動指令）の振動位相を調整してもよい。

【００４３】
　また、上述した処理に代えて、振動位相調整部１３は、ねじ切り揺動切削のための指令（相対振動指令）の振動位相と偏心加工のための指令（振動指令）の振動位相の位相差がαとなるように、いずれか一方又は両方の位相を調整してもよい。これにより、振動位相の調整後、合成振幅和は、振幅下限値以上となる。
【００４４】
　図３から図６に示す例は、位相差αを事前に算出して位相を調整したが、合成振幅和が事前に求められず、実際に動作させないと分からない場合がある。例えば、合成振動による工具刃先の実際の振動振幅は、機械特性の影響があり事前の計算では算出が難しく、位相差αの算出が難しい。そのような場合には、制御装置１は、合成振幅和を直接観測できるセンサからのフィードバックを基に、２つの振動の位相を徐々にずらしていき、所望の値を満たした時点で２つの振動の位相を徐々にずらすのをやめることで、位相を調整しても良い。
【００４５】
　図７は、第１実施形態に係る、揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。図８は、第１実施形態に係る、振動位相の調整前後における揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示す図である。
【００４６】
　図７及び図８は、図３及び図４と同様に、図２で説明したようなねじ切り揺動切削による振動、偏心加工による振動及び合成振動についての波形を示している。図３及び図４に示す例では、ねじ切り揺動切削による振動と偏心加工による振動との振動周波数は、同一であったが、図７及び図８に示す例では、ねじ切り揺動切削による振動と偏心加工による振動との振動周波数は、同一ではない。
【００４７】
　図７及び図８に示す例でも図３及び図４に示す例と同様に、振動位相調整部１３は、ねじ切り揺動切削による振動の振幅と、偏心加工による振動の振幅との和を示す合成振幅和が振幅上限値を超える場合、合成振幅和が振幅上限値以下となるように、ねじ切り揺動切削による振動と偏心加工による振動との位相差αを調整する。
【００４８】
　図９は、第１実施形態に係る揺動切削及び偏心加工の概要を示す図である。図３に示す例では、偏心加工による振動及びねじ切り揺動切削による振動は、いずれもＸ軸方向に発生していたが、図９に示す例では、偏心加工による振動は、Ｘ軸方向に発生し、揺動切削による振動は、Ｚ軸方向に発生する。すなわち、合成振動は、Ｘ軸方向に発生する偏心加工による振動と、Ｚ軸方向に発生する揺動切削による振動とを合成した振動となる。
【００４９】
　そして、図９に示す例のように、偏心加工による振動と揺動切削による振動とが同一軸上に発生しない場合であっても、振動位相調整部１３は、揺動切削による振動の振幅と、偏心加工による振動の振幅との和を示す合成振幅和が振幅上限値を超える場合、合成振幅和が振幅上限値以下となるように、揺動切削による振動と偏心加工による振動との位相差αを調整する。
【００５０】
　これにより、振動位相の調整後、合成振幅和は、振幅上限値以下となり、制御装置１は、合成振動の最大加速度等を抑えることができる。
【００５１】
　図１０は、第１実施形態に係る揺動切削及び偏心加工の概要を示す図である。図１０に示す例では、揺動切削は、偏心したワーク３０のテーパ方向に沿って行われる。したがって、図１０に示す例では、偏心加工による振動は、Ｘ軸方向に発生し、揺動切削による振動は、Ｘ軸方向及びＺ軸方向に発生する。
【００５２】

このような場合、振動位相調整部１３は、Ｘ軸方向に発生する揺動切削による振動の振幅と、Ｘ軸方向に発生する偏心加工による振動の振幅との和を示す合成振幅和が振幅上限値を超える場合、合成振幅和が振幅上限値以下となるように、揺動切削による振動と偏心加工による振動との位相差αを調整する。

【００５３】

そして、振動位相設定部１７は、振動位相調整部１３によって調整された位相差α（振動位相）に応じて、Ｘ軸方向に発生する揺動切削による振動の振動位相と、Ｚ軸方向に発生する揺動切削による振動の振動位相とを維持するように、揺動切削による振動に関係するＺ軸方向（すなわち、他の軸方向）に対する振動の振動位相を設定する。

【００５４】

このように振動位相を設定することによって、工作機械２は、ねじ切り揺動切削において、工具２３をワーク３０のテーパ方向に沿って振動させることができる。

【００５５】

また、振動位相調整部１３は、偏心加工による振動と揺動切削による振動との振動周波数が異なる場合、揺動切削のための指令（相対振動指令）又は偏心加工のための指令（振動指令）のうち、少なくとも一方の振動周波数を調整すると共に、振動位相を調整してもよい。

【００５６】

具体的には、偏心加工による振動の振動周波数が１０Ｈｚ、偏心加工による振動の振幅が１．００mm、揺動切削による振動の振動周波数が６Ｈｚ、揺動切削による振動の振幅が０．５０mmである場合、合成振動による振動の振幅の最小値（振動位相を調整することによって実現される最小の振幅）は、１．３５mmとなる。

【００５７】

しかし、この場合、合成振動による振動の振幅の振幅上限値が、１．３０mmであるため、合成振動による振動の振幅の最小値（１．３５mm）は、振幅上限値を超えてしまう。そこで、振動位相調整部１３は、偏心加工による振動と揺動切削による振動との振動周波数が異なる場合、揺動切削のための指令において、振動周波数を調整すると共に、振動位相を調整する。

【００５８】

具体的には、振動位相調整部１３は、揺動切削による振動の振動周波数を６Ｈｚから５Ｈｚに変更する共に、振動位相を調整する。これにより、合成振動による振動の振幅の最小値（振動位相を調整することによって実現される最小の振幅）は、１．２７mmとなる。よって、合成振動による振動の振幅の振幅上限値が、１．３０mmであるため、合成振動による振動の振幅の最小値（１．２７mm）は、振幅上限値以下となる。

【００５９】

上記では、制御装置１は、合成振幅和を調整するために位相の調整を行なったが、振幅以外にも、例えば合成振動の加速度であったり、他にも駆動機構部の特定部品における振動の大きさ（振幅、加速度）であったり、機械全体の振動であったり、合成振動によって影響するパラメータのいずれか１つを制御するように、２つの振動の位相を調整することも可能である。

【００６０】

図１１は、第１実施形態に係る２つの揺動切削を用いる例について示す図である。図１１に示す例では、工作機械２は、上述した揺動切削及び偏心加工に代えて、２つの揺動切削によってワーク７０を加工する。すなわち、工作機械２において、固定刃物台６５Ａと可動主軸台７５との揺動切削が行われると共に、可動主軸台７５と可動刃物台６５Ｂとの相対的な揺動切削が行われる。

【００６１】

そして、固定刃物台６５Ａと可動主軸台７５との揺動切削によって、ワーク７０は、工具６６Ａによって加工され、可動主軸台７５と可動刃物台６５Ｂとの相対的な揺動切削によって、ワーク７０は、工具６６Ｂによって加工される。

【００６２】
この場合、固定刃物台６５Ａと可動主軸台７５との揺動切削によって、振動しているワーク７０に対する工具６６Ａの振動が発生する。また、可動主軸台７５と可動刃物台６５Ｂとの相対的な揺動切削によって、ワーク７０に対する工具６６Ｂの相対振動が発生する。
【００６３】
また、可動主軸台７５と可動刃物台６５Ｂとの相対的な揺動切削による振動は、ワーク７０及び工具６６Ｂを相対的に振動させる相対振動指令に基づいて発生する。固定刃物台６５Ａと可動主軸台７５との揺動切削による振動は、工作機械２の工具２３を振動させるための振動指令に基づいて発生する。
【００６４】
そして、図１１に示す例では、振動位相調整部１３は、可動主軸台７５と可動刃物台６５Ｂとの相対的な揺動切削による振動の振幅と、固定刃物台６５Ａと可動主軸台７５との揺動切削による振動の振幅との和を示す合成振幅和が振幅上限値を超える場合、合成振幅和が振幅上限値以下となるように、相対的な揺動切削による振動と揺動切削による振動との位相差を調整する。
【００６５】
また、振動位相調整部１３は、合成振幅和が振幅下限値未満である場合、合成振幅和が振幅下限値以上となるように、相対的な揺動切削による振動と揺動切削による振動との位相差を調整する。
【００６６】
これにより、制御装置１は、可動主軸台７５と可動刃物台６５Ｂとの相対的な揺動切削による振動と、固定刃物台６５Ａと可動主軸台７５との揺動切削による振動とを組み合わせた重畳制御を用いた加工において、合成振動の最大加速度等を抑えることができる。
【００６７】
図１２は、第１実施形態に係る２つの揺動切削を用いる例について示す図である。図１２に示す例では、工作機械２は、図１１と同様に、２つの揺動切削によってワーク８３Ａ及びワーク８３Ｂを加工する。すなわち、工作機械２において、固定主軸台８２Ａと可動刃物台８０との揺動切削が行われると共に、可動刃物台８０と可動主軸台８２Ｂとの相対的な揺動切削が行われる。
【００６８】
そして、固定主軸台８２Ａと可動刃物台８０との揺動切削によって、ワーク８３Ａは、工具８１Ａによって加工され、可動刃物台８０と可動主軸台８２Ｂとの相対的な揺動切削によって、ワーク８３Ｂは、工具８１Ｂによって加工される。
【００６９】
この場合、固定主軸台８２Ａと可動刃物台８０との揺動切削によって、工具８１Ａの振動が発生する。また、可動刃物台８０と可動主軸台８２Ｂとの相対的な揺動切削によって、ワーク８３Ｂに対する工具８１Ｂの相対振動が発生する。
【００７０】
また、可動刃物台８０と可動主軸台８２Ｂとの相対的な揺動切削による振動は、工具８１Ｂ及びワーク８３Ｂを相対的に振動させる相対振動指令に基づいて発生する。固定主軸台８２Ａと可動刃物台８０との揺動切削による振動は、工具８１Ａを振動させるための振動指令に基づいて発生する。
【００７１】
そして、図１２に示す例では、振動位相調整部１３は、可動刃物台８０と可動主軸台８２Ｂとの相対的な揺動切削による振動の振幅と、固定主軸台８２Ａと可動刃物台８０との揺動切削による振動の振幅との和を示す合成振幅和が振幅上限値を超える場合、合成振幅和が振幅上限値以下となるように、相対的な揺動切削による振動と揺動切削による振動との位相差を調整する。
【００７２】
また、振動位相調整部１３は、合成振幅和等のような、合成振動によるパラメータが最

小となるように、位相差を調整してもよい。これにより、制御装置１は、可動刃物台８０と可動主軸台８２Ｂとの相対的な揺動切削による振動と、固定主軸台８２Ａと可動刃物台８０との揺動切削による振動とを組み合わせた重畳制御を用いた加工において、機械への負担を軽減することができる。

【００７３】

また、振動位相調整部１３は、合成振幅和が振幅下限値未満である場合、合成振幅和が振幅下限値以上となるように、相対的な揺動切削による振動と揺動切削による振動との位相差を調整する。

【００７４】

これにより、制御装置１は、可動刃物台８０と可動主軸台８２Ｂとの相対的な揺動切削による振動と、固定主軸台８２Ａと可動刃物台８０との揺動切削による振動とを組み合わせた重畳制御を用いた加工において、フレッチング磨耗を抑えることができる。

【００７５】

図１３は、第１実施形態に係る制御装置１の処理の流れを示すフローチャートである。

ステップＳ１において、振動指令生成部１１は、工作機械２の工具２３又はワーク３０を振動させるための振動指令を生成する。

ステップＳ２において、相対振動指令生成部１２は、工具２３及びワーク３０を相対的に振動させる相対振動指令を生成する。

【００７６】

ステップＳ３において、振幅算出部１４は、振動指令に基づいて工具２３又はワーク３０の振動の振幅を算出し、相対振動指令に基づいて工具２３及びワーク３０の相対的な振動の振幅を算出する。

【００７７】

ステップＳ４において、判定部１５は、工具２３又はワーク３０の振動の振幅と、工具２３及びワーク３０の相対的な振動の振幅との和を示す合成振幅和が振幅上限値以下又は振幅下限値以上であるか否かを判定する。合成振幅和が振幅上限値以下又は振幅下限値以上である場合（ＹＥＳ）、処理は、その後終了する。一方、合成振幅和が振幅上限値を超える又は振幅下限値未満である場合（ＮＯ）、処理は、ステップＳ５へ移る。

【００７８】

ステップＳ５において、振動位相調整部１３は、振動指令及び相対振動指令に基づいて、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する。

【００７９】

以上説明したように、第１実施形態に係る制御装置１は、工作機械２の工具又はワークを振動させる振動指令を生成する振動指令生成部１１と、工具とワークとを相対的に振動させる相対振動指令を生成する相対振動指令生成部１２と、振動指令及び相対振動指令に基づいて、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する振動位相調整部１３と、を備える。

【００８０】

これにより、制御装置１は、振動指令及び相対振動指令に基づいて、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整するため、工具又はワークの振動と工具及びワークの相対的な振動との合成振動を適切に調整することができる。よって、制御装置１は、合成振動に起因する要素（例えば、合成振動の振幅及び加速度、工作機械２全体の振動及び音等）をできるだけ小さく、又はできるだけ大きくすることができる。

【００８１】

振動位相調整部１３は、振動指令及び相対振動指令によって生じる振動を合成した合成振動によるパラメータが予め定められた値となるように、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する。これにより、制御装置１は、合成振動によるパラメータを適切な値とすることができる。

【００８２】

また、制御装置１は、パラメータが予め定められた許容値内であるか否かを判定する判

定部１５を更に備え、振動位相調整部１３は、パラメータが許容値外である場合、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する。これにより、制御装置１は、パラメータ許容値外である場合、振動位相を適切に調整することができる。

【００８３】

また、制御装置１は、振動指令に基づいて工具又はワークの振動の振幅を算出し、相対振動指令に基づいて工具及びワークの相対的な振動の振幅を算出する振幅算出部１４を更に備える。判定部１５は、パラメータとして、工具又はワークの振動の振幅と、工具及びワークの相対的な振動の振幅との和を示す合成振幅和が、許容値としての振幅上限値以下であるか否かを判定し、振動位相調整部１３は、合成振幅和が振幅上限値を超える場合、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動位相を調整する。これにより、制御装置１は、合成振幅和が振幅上限値を超える場合、振動位相を適切に調整することができる。

【００８４】

また、制御装置１は、振動指令に基づいて工具又はワークの振動の振幅を算出し、相対振動指令に基づいて工具及びワークの相対的な振動の振幅を算出する振幅算出部１４を更に備える。判定部１５は、パラメータとして、工具又はワークの振動の振幅と、工具及びワークの相対的な振動の振幅との和を示す合成振幅和が、許容値としての振幅下限値以上であるか否かを判定し、振動位相調整部１３は、合成振幅和が振幅下限値未満である場合、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の前記振動位相を調整する。これにより、制御装置１は、合成振幅和が振幅下限値未満である場合、振動位相を適切に調整することができる。

【００８５】

また、制御装置１は、振動位相調整部１３によって調整された振動位相に応じて、振動指令又は相対振動指令に関係する他の軸方向に対する振動の振動位相を設定する振動位相設定部１７を更に備える。これにより、制御装置１は、合成振動を調整した後に、他の軸方向に対する振動の振動位相を適切な値に設定することができる。

【００８６】

また、振動位相調整部１３は、振動指令による振動と相対振動指令による振動との振動周波数が異なる場合、振動指令及び相対振動指令のうち、少なくとも一方の振動周波数を調整すると共に、振動位相を調整する。これにより、制御装置１は、振動位相だけでなく、振動周波数も調整することができるため、合成振動の振動等をより小さくすることができる。

【００８７】

［第２実施形態］

次に、第２実施形態に係る制御装置１０について説明する。なお、第２実施形態の説明にあたっては、第１実施形態と同一の構成要件については同一符号を付し、その説明を省略もしくは簡略化する。

【００８８】

第２実施形態に係る制御装置１０は、相対振動指令生成部及び振動位相調整部に代えて、工具とワークとを相対的に移動させる相対移動指令を生成する相対移動指令生成部、及び振動指令及び相対移動指令のパラメータを調整する指令調整部を有する点が第１実施形態とは主として異なり、他の構成は、第１実施形態と同様の構成を備える。

【００８９】

図１４は、第２実施形態に係る制御装置１０の概要を示す図である。制御装置１０は、工作機械２０を制御するための装置であり、例えば、数値制御装置である。

図１５は、第２実施形態に係る相対移動及び偏心加工の概要を示す図である。

【００９０】

工作機械２０は、工具２６をワーク３５に対して相対的に位置決めを行うと共に、ワーク３５に対する偏心加工を行う。図１５に示す例では、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令は、Ｘ軸方向に発生し、ワーク３５に対する偏心加工による振動もＸ軸方向に

発生する。また、工作機械２０は、モータ２１及び２５を有する。モータ２１は、例えば主軸２４を駆動制御し、モータ２５は、工具２６を駆動制御する。

【００９１】

制御装置１０は、振動指令生成部９１と、相対移動指令生成部９２と、工具速度取得部９３と、判定部９４と、指令調整部９５と、を備える。

【００９２】

振動指令生成部９１は、少なくとも工作機械２の工具２６又はワーク３５を振動させる振動指令を生成する。具体的には、振動指令生成部９１は、偏心加工を行うために、ワーク３５を振動させる振動指令を生成する。

【００９３】

相対移動指令生成部９２は、少なくとも工具２６とワーク３５とを相対的に移動させる相対移動指令を生成する。

【００９４】

工具速度取得部９３は、少なくとも相対移動指令及び振動指令に基づいて、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令に基づく工具２６の第１移動速度、及び偏心加工による振動による工具２６の第２移動速度を取得する。

【００９５】

判定部９４は、工具速度取得部９３によって取得された第１移動速度と第２移動速度との和を示す合成速度和が速度上限値を超えるか否かを判定する。

【００９６】

指令調整部９５は、振動指令及び相対移動指令に基づいて、振動指令及び相対移動指令の複数のパラメータのうち、少なくとも１つのパラメータを調整する。具体的には、指令調整部９５は、合成速度和が速度上限値を超える場合、合成速度和が速度上限値以下となるように、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令の実行のタイミングを調整する。また、指令調整部９５は、合成速度和が速度上限値を超える場合、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令による工具の移動速度を調整してもよい。

【００９７】

図１６から図１８は、第２実施形態に係る工具２６の移動速度について示す図である。

具体的には、図１６は、第２実施形態に係る、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令による工具２６の第１移動速度、偏心加工による振動による工具２６の第２移動速度、及びそれらの合成指令による工具２６の第３移動速度を示す図である。

【００９８】

図１７は、第２実施形態に係る、指令の調整前後におけるワーク３５に対する工具２６の相対移動指令による工具２６の第１移動速度、偏心加工による振動による工具２６の第２移動速度、及びそれらの合成指令による工具の第３移動速度を示す図である。

【００９９】

図１６及び図１７に示される波形は、横軸に時間を示し、縦軸に工具２６のＸ方向の移動速度を示す。

図１６に示す例では、工具２６の移動速度が許容値外となる。この場合、制御装置１は、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令の実行のタイミングを調整することで回避できる。

【０１００】

そこで、判定部９４は、工具速度取得部９３によって取得された第１移動速度と第２移動速度との和を示す合成速度和が速度上限値を超えるか否かを判定する。

そして、指令調整部９５は、合成速度和が速度上限値を超える場合、合成速度和が速度上限値以下となるように、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令の実行のタイミングを調整する。

【０１０１】

具体的には、図１７に示すように、指令調整部９５は、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令の実行のタイミングを時間Ｔだけ停止するように、ワーク３５に対する工具

２６の相対移動指令の実行のタイミングを調整する。また、指令調整部９５は、偏心加工による振動指令を時間Ｔだけ進めるように、偏心加工による振動の振動位相を調整してもよい。

【０１０２】

また、上述した処理に代えて、指令調整部９５は、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令の実行のタイミング及び偏心加工による振動の振動位相の両方を調整してもよい。これにより、調整後、合成速度和は速度上限値以下となる。

【０１０３】

また、指令調整部９５は、工具の移動速度の絶対値が可能な限り小さくするように調整してもよい。これにより、制御装置１０は、工作機械２０への負担を軽減することができる。

【０１０４】

図１８は、第２実施形態に係る、指令の調整前後におけるワーク３５に対する工具２６の相対移動指令による工具２６の第１移動速度、偏心加工による振動による工具２６の第２移動速度、及びそれらの合成指令による工具２６の第３移動速度を示す図である。

【０１０５】

図１８に示す例は、図１７のようにワーク３５に対する工具２６の相対移動指令のタイミングを調整するのではなく、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令による工具の第１移動速度を調整する。図１８に示す例では、指令調整部９５は、合成速度和が速度上限値を超える場合、合成速度和が速度上限値と一致するようにワーク３５に対する工具２６の相対移動指令による第１移動速度を調整する。これにより、合成速度和が速度上限値を超えることがなくなる。

【０１０６】

上述以外にも、指令調整部９５は、合成速度和が速度上限値を超える場合、例えば、合成速度和がゼロになるように第１移動速度を調整してもよい。また、指令調整部９５は、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令による工具２６の第１移動速度の調整に加え、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令のタイミングを調整してもよい。これにより、制御装置１０は、工作機械２０への負担を軽減することが可能になる。

【０１０７】

また、前述のとおり、指令調整部９５は、合成速度以外にも、合成指令による加速度等のような他のパラメータを調整してもよい。

【０１０８】

また、前述のとおり、指令調整部９５は、合成指令によるパラメータが事前に求められない場合は、それらを直接観測できるセンサからのフィードバックに基づいて指令を調整し、所望の値を満たした時点で調整を終了することによって、合成指令によるパラメータを調整してもよい。

【０１０９】

図１９は、第２実施形態に係る制御装置１０の処理の流れを示すフローチャートである。

ステップＳ１１において、振動指令生成部９１は、工作機械２の工具２６又はワーク３５を振動させる振動指令を生成する。

【０１１０】

ステップＳ１２において、相対移動指令生成部９２は、工具２６とワーク３５とを相対的に移動させる相対移動指令を生成する。

【０１１１】

ステップＳ１３において、工具速度取得部９３は、少なくとも相対移動指令及び振動指令に基づいて、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令に基づく工具２６の第１移動速度、及び偏心加工による振動による工具２６の第２移動速度を取得する。

【０１１２】

ステップＳ１４において、判定部９４は、工具速度取得部９３によって取得された第１移動速度と第２移動速度との和を示す合成速度和が速度上限値を超えるか否かを判定する

。合成速度和が速度上限値を超える場合（ＹＥＳ）、処理は、ステップＳ１５へ移る。一方、合成速度和が速度上限値を超えない場合（ＮＯ）、処理は、その後終了する。

【０１１３】

ステップＳ１５において、指令調整部９５は、合成速度和が速度上限値を超える場合、合成速度和が速度上限値以下となるように、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令の実行のタイミングを調整する。また、指令調整部９５は、合成速度和が速度上限値を超える場合、ワーク３５に対する工具２６の相対移動指令による工具の移動速度を調整してもよい。

【０１１４】

以上説明したように、第２実施形態に係る制御装置１０は、工作機械２０の工具又はワークを振動させる振動指令を生成する振動指令生成部９１と、工具とワークとを相対的に移動させる相対移動指令を生成する相対移動指令生成部９２と、振動指令及び相対移動指令に基づいて、振動指令及び相対移動指令の複数のパラメータのうち、少なくとも１つのパラメータを調整する指令調整部９５と、を備える。

【０１１５】

これにより、制御装置１０は、振動指令及び相対移動指令に基づいて、振動指令及び相対移動指令の複数のパラメータのうち、少なくとも１つのパラメータを調整するため、工具又はワークの振動と工具及びワークの相対的な移動との合成振動を適切に調整することができる。よって、制御装置１は、合成振動に起因する要素（例えば、合成振動の振幅及び加速度、工作機械２０全体の振動及び音等）をできるだけ小さく、又はできるだけ大きくすることができる。

【０１１６】

また、相対移動指令のパラメータは、相対移動指令の実行のタイミングを含み、指令調整部９５は、振動指令に基づいて少なくとも１つのパラメータを調整してもよい。これにより、制御装置１は、合成振動によるパラメータを適切な値とすることができる。

【０１１７】

また、相対移動指令のパラメータは、相対移動指令による工具の移動速度を含み、指令調整部９５は、振動指令に基づいて少なくとも１つのパラメータを調整してもよい。これにより、制御装置１は、合成振動によるパラメータを適切な値とすることができる。

【０１１８】

上述した実施形態は、工作機械２を制御するための制御装置１について説明したが、本発明は、上述した実施形態に限定されない。例えば、本発明に係る他の実施形態は、制御装置１に代えて、計算装置１００を用いてもよい。

【０１１９】

図２０は、他の実施形態に係る計算装置１００の概要を示す図である。計算装置１００は、制御装置１と接続されたコンピュータ装置である。図２０に示す実施形態では、制御装置１は、計算装置１００から出力される制御指令に従って工作機械２を制御する。

【０１２０】

図２０に示すように、計算装置１００は、振動指令生成部１０１と、相対振動指令生成部１０２と、振動位相調整部１０３と、振幅算出部１０４と、判定部１０５と、関連軸振動指令生成部１０６と、振動位相設定部１０７と、を備える。

【０１２１】

そして、振動指令生成部１０１、相対振動指令生成部１０２、振動位相調整部１０３、振幅算出部１０４、判定部１０５、関連軸振動指令生成部１０６及び振動位相設定部１０７は、それぞれ、上述した実施形態の振動指令生成部１１、相対振動指令生成部１２、振動位相調整部１３、振幅算出部１４、判定部１５、関連軸振動指令生成部１６及び振動位相設定部１７に相当し、上述した第１実施形態と同様の制御を実行する。

【０１２２】

これにより、計算装置１００は、上述した第１実施形態における制御装置１と同様に、工具又はワークの振動と工具及びワークの相対的な振動との合成振動を適切に調整するこ

とができる。また、計算装置１００は、上記の構成に代えて、上述した第２実施形態の構成を有してもよい。この場合、計算装置１００は、上述した第２実施形態と同様の制御を実行する。これにより、計算装置１００は、上述した第２実施形態における制御装置１０と同様に、工具又はワークの振動と工具及びワークの相対的な移動との合成振動を適切に調整することができる。

【０１２３】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記の制御装置１及び計算装置１００は、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現することができる。また、上記の制御装置１及び計算装置１００により行なわれる制御方法も、ハードウェア、ソフトウェア又はこれらの組み合わせにより実現することができる。ここで、ソフトウェアによって実現されるとは、コンピュータがプログラムを読み込んで実行することにより実現されることを意味する。

【０１２４】

プログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体（ｎｏｎ－ｔｒａｎｓｉｔｏｒｙ　ｃｏｍｐｕｔｅｒ　ｒｅａｄａｂｌｅ　ｍｅｄｉｕｍ）を用いて格納され、コンピュータに供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体（ｔａｎｇｉｂｌｅ　ｓｔｏｒａｇｅ　ｍｅｄｉｕｍ）を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体（例えば、ハードディスクドライブ）、光磁気記録媒体（例えば、光磁気ディスク）、ＣＤ－ＲＯＭ（Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）、ＣＤ－Ｒ、ＣＤ－Ｒ／Ｗ、半導体メモリ（例えば、マスクＲＯＭ、ＰＲＯＭ（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　ＲＯＭ）、ＥＰＲＯＭ（Ｅｒａｓａｂｌｅ　ＰＲＯＭ）、フラッシュＲＯＭ、ＲＡＭ（ｒａｎｄｏｍ　ａｃｃｅｓｓ　ｍｅｍｏｒｙ））を含む。

【０１２５】

また、本明細書では、工具やワークが単軸方向に沿って前後に動作するような振動指令に対して、更に他の振動指令及び移動指令を合成する場合の制御装置の動作を例に挙げたが、例えば、制御装置は、特許第３０９３９３３号のような２軸以上を同期させて振動させることで連続的な円弧動作をする場合にも適用することが可能である。

【０１２６】

また、上述した各実施形態は、本発明の好適な実施形態ではあるが、上記各実施形態のみに本発明の範囲を限定するものではない。本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更を施した形態での実施が可能である。

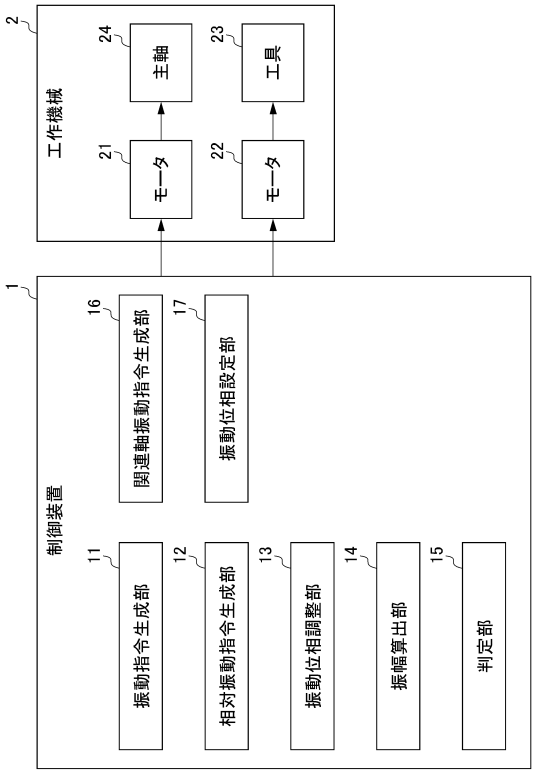
【符号の説明】

【０１２７】

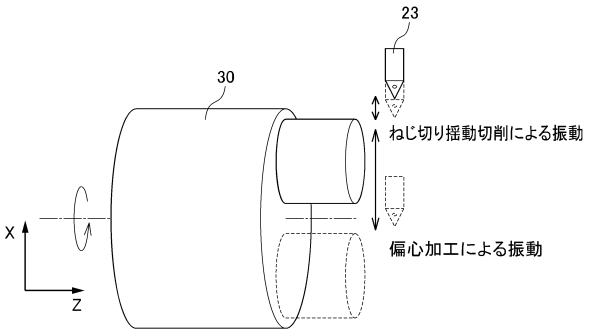
１　制御装置
２　工作機械
１１　振動指令生成部
１２　相対振動指令生成部
１３　振動位相調整部
１４　振幅算出部
１５　判定部
１６　関連軸振動指令生成部
１７　振動位相設定部
２１　モータ
２２　モータ
２３　工具
２４　主軸
３０　ワーク
１００　計算装置

【図面】

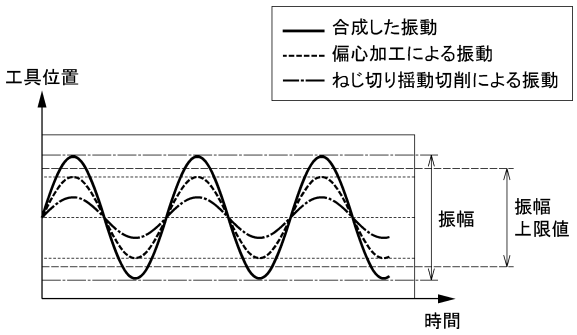
【図１】


2
工作機械
24
主軸
23
工具
21
モータ
22
モータ
1
制御装置
16
関連軸振動指令生成部
17
振動位相設定部
11
振動指令生成部
12
相対振動指令生成部
13
振動位相調整部
14
振幅算出部
15
判定部

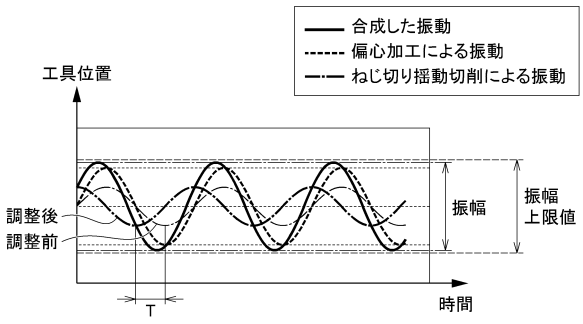
【図２】


23
30
ねじ切り揺動切削による振動
偏心加工による振動
X
Z

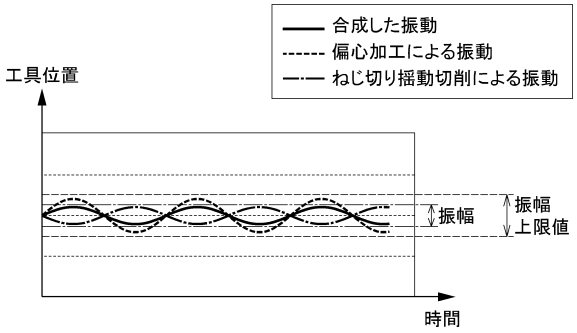
【図３】


合成した振動
偏心加工による振動
ねじ切り揺動切削による振動
工具位置
振幅
振幅
上限値
時間

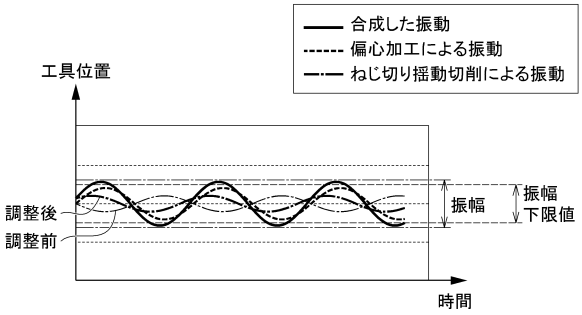
【図４】


合成した振動
偏心加工による振動
ねじ切り揺動切削による振動
工具位置
調整後
調整前
振幅
振幅
上限値
T
時間

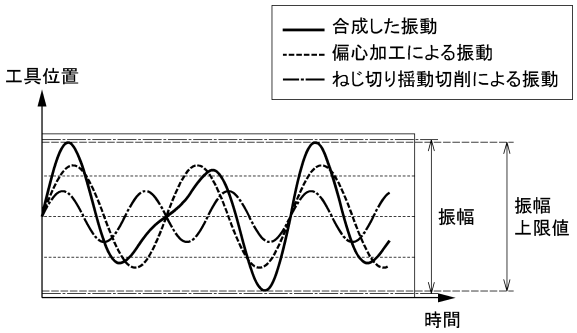
【図５】


合成した振動
偏心加工による振動
ねじ切り揺動切削による振動
工具位置
振幅
振幅
上限値
時間

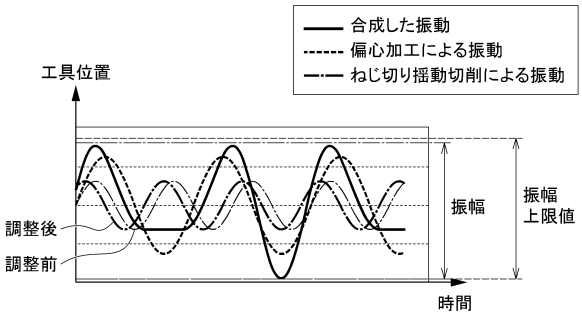
【図６】


合成した振動
偏心加工による振動
ねじ切り揺動切削による振動
工具位置
調整後
調整前
振幅
振幅
下限値
時間

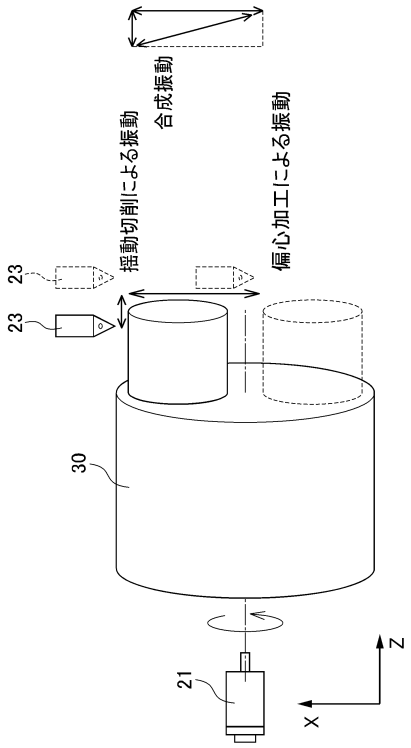
【図７】


合成した振動
偏心加工による振動
ねじ切り揺動切削による振動
工具位置
振幅
振幅
上限値
時間

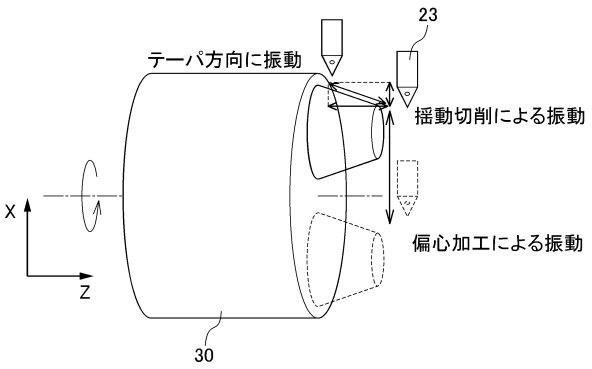
【図８】


合成した振動
偏心加工による振動
ねじ切り揺動切削による振動
工具位置
調整後
調整前
振幅
振幅
上限値
時間

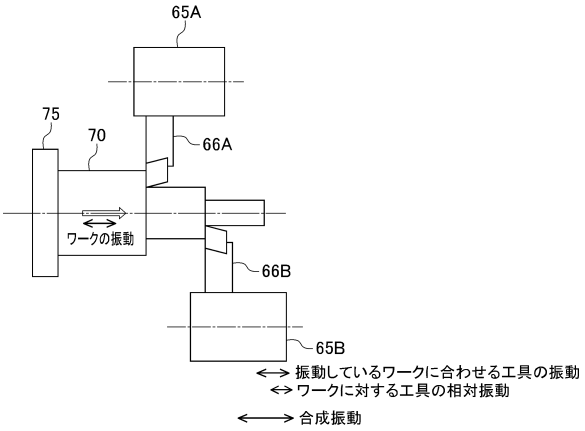
【図９】



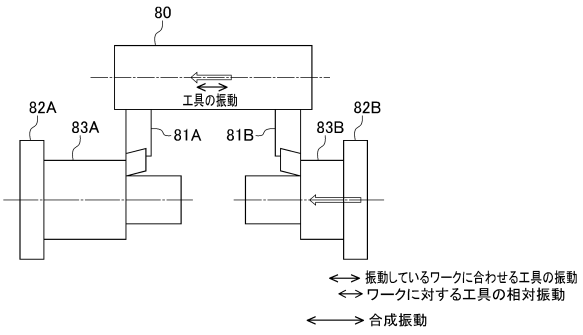
【図１０】



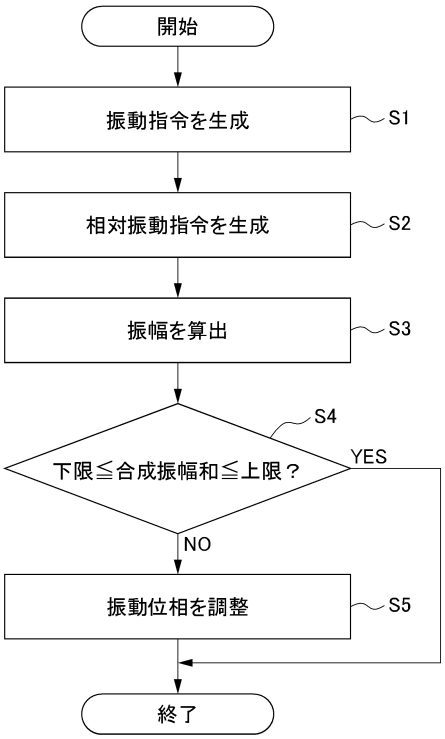
【図１１】



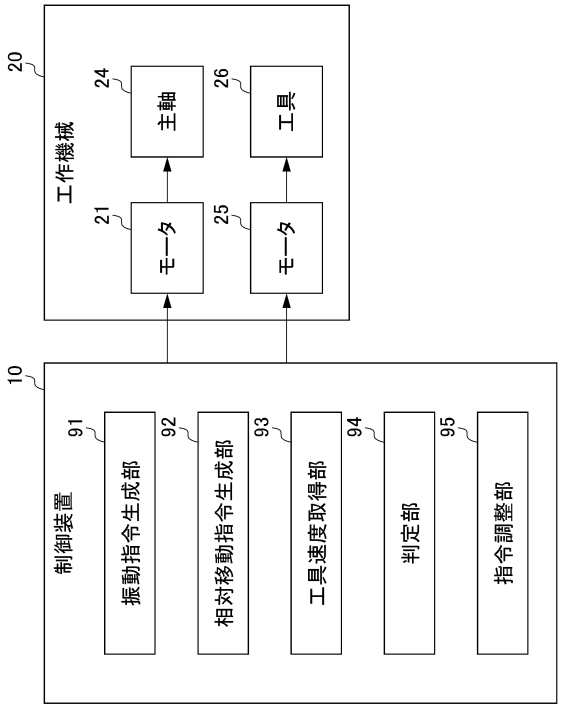
【図１２】



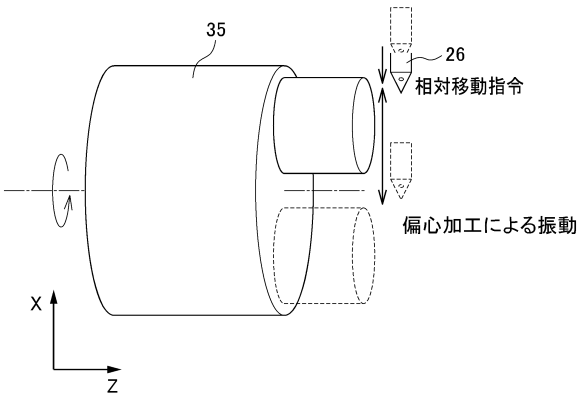
【図１３】



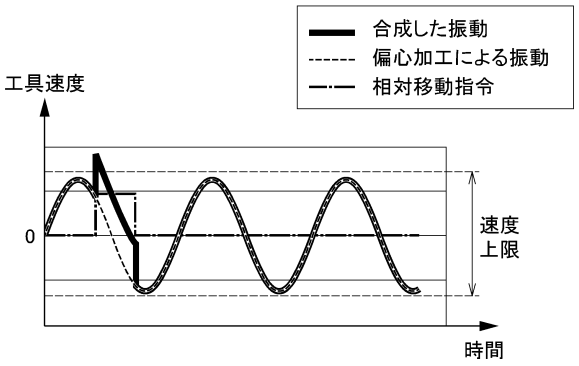
【図１４】



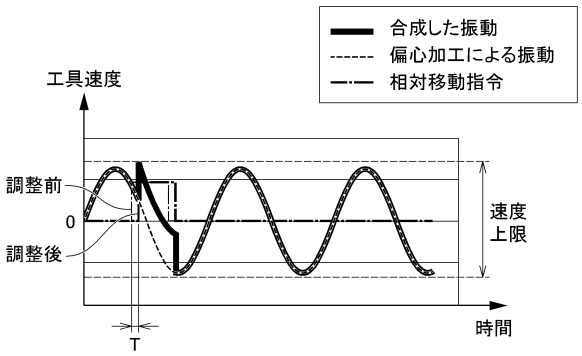
【図１５】



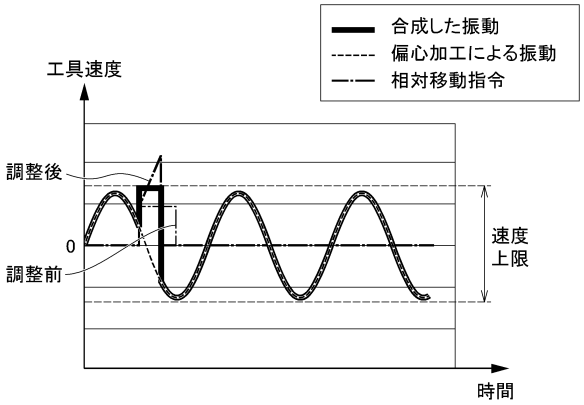
【図１６】



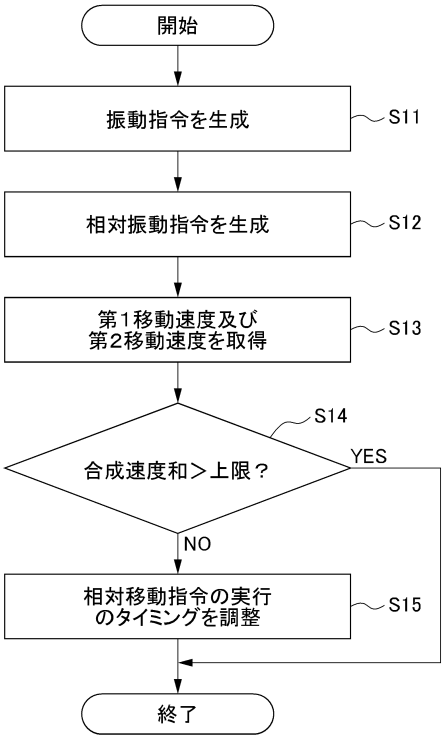
【図１７】



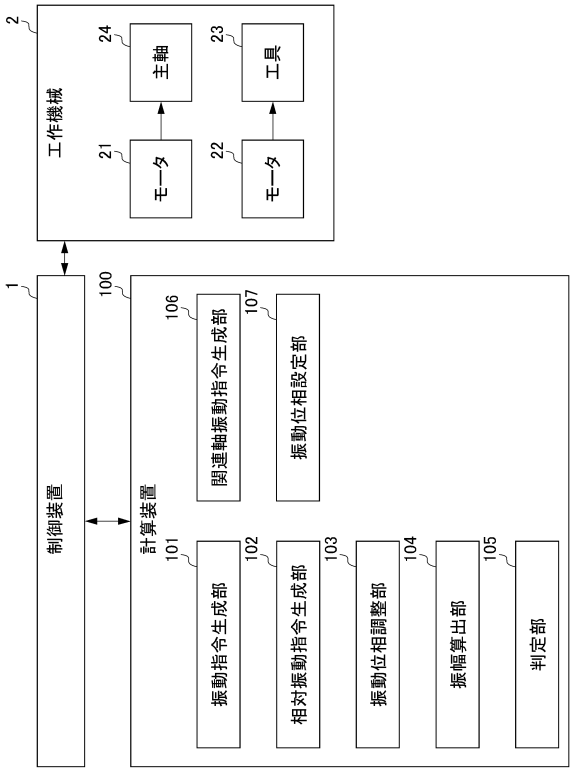
【図１８】



【図１９】



【図２０】



フロントページの続き

(56)参考文献　国際公開第２０１３／０６１４４５（WO，Ａ１）
中国特許出願公開第１０２１２９２３１（ＣＮ，Ａ）
特開２０２１－００３８０２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０５Ｂ　１９／１８－１９／４１６
Ｇ０５Ｂ　１９／４２－１９／４６
Ｂ２３Ｑ　１５／００－１５／２８
Ｂ２３Ｂ　１／００－２５／０６