(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6544690号
(P6544690)
(45)発行日　令和1年7月17日(2019.7.17)　(24)登録日　令和1年6月28日(2019.6.28)

(51)Int.Cl.			F I		
B23Q	15/12	(2006.01)	B23Q	15/12	Z
G05B	19/404	(2006.01)	G05B	19/404	K
B24B	49/16	(2006.01)	B24B	49/16	
B24B	5/04	(2006.01)	B24B	5/04	
B24B	7/02	(2006.01)	B24B	7/02	

請求項の数 14　(全 25 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2016-188858(P2016-188858)
(22)出願日　平成28年9月27日(2016.9.27)
(65)公開番号　特開2018-51665(P2018-51665A)
(43)公開日　平成30年4月5日(2018.4.5)
審査請求日　平成30年12月10日(2018.12.10)

早期審査対象出願

(73)特許権者　509089340
株式会社塩
東京都八王子市弐分方町７０５番１号
(74)代理人　100137969
弁理士　岡部　憲昭
(74)代理人　100104824
弁理士　穐場　仁
(72)発明者　駒澤　増彦
東京都八王子市美山町１２３６　株式会社塩内
(72)発明者　木下　▲れい▼一
東京都八王子市美山町１２３６　株式会社塩内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】数値制御研削装置、その制御装置、制御方法、及び制御プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、この被作業物を研削する数値制御研削装置であって、

砥石を回転駆動する第１モータと、

砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、

第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、

第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、

砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサからの出力値に基づき、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を変化させ、この変化した修正速度値をもって、砥石による被作業物を研削するよう制御するとともに、

第２トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とする、

制御手段と、

を有することを特徴とする数値制御研削装置。
【請求項２】
制御手段は、
（i）第１トルクセンサの出力値が第１の値までは、最大比率を砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を指定する速度値に乗じるようにし、
（ii）第１トルクセンサの出力値が第１の値からそれより大の第２の値までは、最大比率よりも小さい最小比率まで漸次減少する比率を砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を指定する速度値に乗じるようにし、
（iii）第１トルクセンサの出力値が第２の値を超えて大きな値となり、過負荷が検出されると、最小比率を砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を指定する速度値に乗じるようにし、
（iv）第２トルクセンサの出力値により砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、最大比率と最小比率との中間にある中間比率を砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値に乗じるようにして、
修正速度値を得るようにしたことを特徴とする請求項１記載の数値制御研削装置。
【請求項３】
制御手段に対し、操作者によって、少なくとも第１の値、第２の値、最大比率から最小比率までの変化率を定めるパラメータが入力されて、制御手段は、所定のアルゴリズムの演算の実行によって修正速度値を求めることを特徴とする請求項２記載の数値制御研削装置。
【請求項４】
操作者により入力されるパラメータが複数組記憶されるメモリを更に備え、複数組のパラメータが選択的に用いられて、所定のアルゴリズムの実行がなされることを特徴とする請求項３に記載の数値制御研削装置。
【請求項５】
砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を指定する値が、速度値から修正速度値に変化している期間、その旨を操作者に示すインディケータを更に備えたことを特徴とする請求項３または４に記載の数値制御研削装置。
【請求項６】
砥石と被作業物との間の相対的な移動速度が、修正速度値に変化していることを記録するログメモリを更に備えたことを特徴とする請求項１ないし５のいずれかに記載の数値制御研削装置。
【請求項７】
数値制御研削装置は、平面研削装置又は円筒研削装置であることを特徴とする請求項１ないし６のいずれかに記載の数値制御研削装置。
【請求項８】
数値制御により砥石と被作業物との間の少なくとも左右方向の相対的な移動速度を制御して、この被作業物を平面研削する数値制御平面研削装置であって、
砥石を回転駆動する第１モータと、
砥石と被作業物との間の左右方向の相対的な移動を行う第２モータと、
砥石と被作業物との間の前後方向の相対的な移動を行う第３モータと、
第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、
第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、
第３モータのトルクを検知する第３トルクセンサと、
砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサからの出力値に基づき、第２モータによる砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値及び／又は第３モータによる砥石と被作業物との間の前後方向の相対的移動速度を指定する速度値を変化させ、この変化

した修正速度値をもって、砥石による被作業物を研削するよう制御するとともに、
第２トルクセンサ及び／又は第３トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度及び／又は第３モータによる砥石と被作業物との間の前後方向の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値及び／又は砥石と被作業物との間の前後方向の相対的移動速度を指定する速度値より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値及び／又は砥石と被作業物との間の前後方向の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とする、
制御手段と、
を有することを特徴とする数値制御平面研削装置。
【請求項９】
数値制御により砥石と被作業物との間の少なくとも左右方向の相対的な移動速度を制御して、この被作業物を円筒研削する数値制御円筒研削装置であって、
砥石を回転駆動する第１モータと、
被作業物を回転駆動する第２モータと、
砥石と被作業物との間の左右方向の相対的な移動を行う第３モータと、
第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、
第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、
第３モータのトルクを検知する第３トルクセンサと、
砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサからの出力値に基づき、第３モータによる砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値を変化させ、この変化した修正速度値をもって、砥石による被作業物を研削するよう制御するとともに、
第２トルクセンサ及び／又は第３トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第３モータによる砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とする、
制御手段と、
を有することを特徴とする数値制御円筒研削装置。
【請求項１０】
砥石を回転駆動する第１モータと、
砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、
第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、
第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、
を備え、
数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、被作業物を研削する数値制御研削装置であって、
砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサの出力値に応じて第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を変更制御して修正速度値とし、
第２トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値

を高くすることのないように、正常作業状態での正常移動速度より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とする、
制御手段を有することを特徴とする数値制御研削装置。
【請求項１１】
砥石を回転駆動する第１モータと、
砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、
第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、
第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、
を備え、
数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、被作業物を研削する数値制御研削装置の制御装置であって、
砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサの出力値に応じて第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を変更制御して修正速度値とし、
第２トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での正常移動速度より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とする、
制御手段を有することを特徴とする制御装置。
【請求項１２】
砥石を回転駆動する第１モータと、
砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、
第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、
第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、
を備え、
数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、被作業物を研削する数値制御研削装置の制御方法であって、
砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサの出力値に応じて第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を変更制御して修正速度値とするステップと、
第２トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での正常移動速度より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とするステップと、
を有することを特徴とする制御方法。
【請求項１３】
砥石を回転駆動する第１モータと、
砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、
第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、
第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、
を備え、
数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、被作業物を研削する数値制御研削装置の制御方法を実現するプログラムであって、
砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサの出力値に応じて第２モータによる砥石と被作業物と

の間の相対的な移動速度を変更制御して修正速度値とするステップと、
第２トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での正常移動速度より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とするステップと、
を有することを特徴とする制御用のプログラム。
【請求項１４】
数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、この被作業物を研削する数値制御研削装置であって、
砥石を回転駆動する第１モータと、
砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、
第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、
第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、
（i）第１トルクセンサの出力値が第１の値までは、最大比率を出力し、
（ii）第１トルクセンサの出力値が第１の値からそれより大の第２の値までは、最大比率よりも小さい最小比率まで漸次減少する比率を出力し、
（iii）第１トルクセンサの出力値が第２の値を超えて大きな値となり、過負荷が検出されると、最小比率を出力し、
（iv）第２トルクセンサの出力値により砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、最大比率と最小比率との中間にある中間比率を出力する、
ようにして成る制御値出力手段と、
オーバーライド指定の際は、砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を指定する速度値に対して、制御値出力手段からの比率を乗じて修正速度値を得て、得られた修正速度値をもって、砥石が被作業物を研削するよう制御するオーバーライド制御手段と、
を有することを特徴とする数値制御研削装置。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、数値制御研削装置、そのための制御装置、制御方法、及びその制御方法を実行するためのプログラムに関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、回転する砥石によって被作業物（ワークともいう）を研削する研削装置において、被作業物と砥石との間の負荷を、砥石の軸負荷の電流値（実負荷電流値ｉ）により検知するようにしたものがある。そしてその実負荷電流値（ｉ）の増減により被作業物を載置したテーブルの移動速度を増減調整して好適な結果を提供している（特許文献1参照）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】実開平２-１９４６３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかし、この技術においては、被作業物を載置したテーブルの移動速度を、実負荷電流値

（ｉ）が設定した電流値（設定電流値ｉ０）を上回ったら下降し、下回ったら上昇するようにしており、被作業物と砥石との間の実際の負荷量が一定となるようにした単純なものであり、操作者がその時々の研削条件（被作業物の種類、砥石の種類や幅、その他の状態、或いは更に研削装置固有の状態など）に合わせて、きめ細かく設定できるものではなかった。

【０００５】

本発明はこのような従来技術の問題点に着眼して開発されたものであり、本発明の目的は、数値制御（ＮＣ：Ｎｕｍｅｒｉｃａｌ　Ｃｏｎｔｒｏｌ）により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御する数値制御研削装置であって、被作業物を研削する砥石を回転駆動するモータのトルクセンサの出力値に基づき、砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を、最適に修正するようにした数値制御研削装置、そのための制御装置、制御方法、及びその制御方法を実行するためのプログラムを提供することである。

【０００６】

本発明の他の目的は、砥石が被作業物と接触し始める時点を、砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御するモータや被作業物を回転支持又は移動するモータなど砥石を回転駆動するモータ以外のモータのトルクセンサの出力値に基づき検知して、被作業物に問題を発生させない適合した速度で、研削をするよう制御するようにした数値制御研削装置、そのための制御装置、制御方法、及びその制御方法を実行するためのプログラムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１１】

本発明のひとつの実施形態によると、数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、この被作業物を研削する数値制御研削装置であって、砥石を回転駆動する第１モータと、砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサからの出力値に基づき、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を変化させ、この変化した修正速度値をもって、砥石による被作業物を研削するよう制御するとともに、第２トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とする、制御手段と、を有する。

【００１３】

本発明の他の実施形態によると、数値制御により砥石と被作業物との間の少なくとも左右方向の相対的な移動速度を制御して、この被作業物を平面研削する数値制御平面研削装置であって、砥石を回転駆動する第１モータと、砥石と被作業物との間の左右方向の相対的な移動を行う第２モータと、砥石と被作業物との間の前後方向の相対的な移動を行う第３モータと、第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、第３モータのトルクを検知する第３トルクセンサと、砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサからの出力値に基づき、第２モータによる砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値及び／又は第３モータによる砥石と被作業物との間の前後方向の相対的移動速度を指定する速度値を変化させ、この変化した修正速度値をもって、砥石による被作業物を研削するよう制御するとともに、第２トルクセンサ及び／又は第３トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小

さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度及び／又は第３モータによる砥石と被作業物との間の前後方向の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値及び／又は砥石と被作業物との間の前後方向の相対的移動速度を指定する速度値より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値及び／又は砥石と被作業物との間の前後方向の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とする、制御手段と、を有する。

【００１６】
本発明の他の実施形態によれば、数値制御により砥石と被作業物との間の少なくとも左右方向の相対的な移動速度を制御して、この被作業物を円筒研削する数値制御円筒研削装置であって、砥石を回転駆動する第１モータと、被作業物を回転駆動する第２モータと、砥石と被作業物との間の左右方向の相対的な移動を行う第３モータと、第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、第３モータのトルクを検知する第３トルクセンサと、砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサからの出力値に基づき、第３モータによる砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値を変化させ、この変化した修正速度値をもって、砥石による被作業物を研削するよう制御するとともに、第２トルクセンサ及び／又は第３トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第３モータによる砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の砥石と被作業物との間の左右方向の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とする、制御手段と、を有する。

【００１７】
本発明の他の実施形態によれば、砥石を回転駆動する第１モータと、砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、
第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、を備え、数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、被作業物を研削する数値制御研削装置であって、砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサの出力値に応じて第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を変更制御して修正速度値とし、第２トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での正常移動速度より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とする、制御手段を有する。

【００１８】
本発明の他の実施形態によれば、砥石を回転駆動する第１モータと、砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、
第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、を備え、数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、被作業物を研削する数値制御研削装置の制御

装置であって、砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサの出力値に応じて第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を変更制御して修正速度値とし、第２トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での正常移動速度より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とする、制御手段を有する。

【００１９】
本発明の他の実施形態によれば、砥石を回転駆動する第１モータと、砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、
第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、を備え、数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、被作業物を研削する数値制御研削装置の制御方法であって、砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサの出力値に応じて第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を変更制御して修正速度値とするステップと、
第２トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での正常移動速度より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とするステップと、を有する。

【００２０】
本発明の他の実施形態によれば、砥石を回転駆動する第１モータと、砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、を備え、数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、被作業物を研削する数値制御研削装置の制御方法を実現するプログラムであって、砥石の幅の全体が被作業物と接触しながら円滑に通常的な研削作業が実行される正常作業状態においては、第１トルクセンサの出力値に応じて第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を変更制御して修正速度値とするステップと、第２トルクセンサの出力値により、砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、正常作業状態での正常移動速度より低い値であって、第１トルクセンサの出力値が大きな値となって過負荷が検出された場合の相対的移動速度を指定する速度値よりも高い値の中間的な修正速度値とするステップと、を有する。
本発明の他の実施形態によれば、数値制御により砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を制御して、この被作業物を研削する数値制御研削装置であって、砥石を回転駆動する第１モータと、砥石と被作業物との間の相対的な移動を行う第２モータと、第１モータのトルクを検知する第１トルクセンサと、第２モータのトルクを検知する第２トルクセンサと、（ｉ）第１トルクセンサの出力値が第１の値までは、最大比率を出力し、（ii）第１トルクセンサの出力値が第１の値からそれより大の第２の値までは、最大比率よりも小さい最小比率まで漸次減少する比率を出力し、（iii）第１トルクセンサの出力値が第２の値を超えて大きな値となり、過負荷が検出されると、最小比率を出力し、（iv）第２トルクセンサの出力値により砥石が被作業物に接触開始したことを検出したとき、検出された

接触開始時点から所定の期間、第１トルクセンサの出力値が小さく検出されることにより、第２モータによる砥石と被作業物との間の相対的移動速度を指定する速度値を高くすることのないように、最大比率と最小比率との中間にある中間比率を出力する、ようにして成る制御値出力手段と、オーバーライド指定の際は、砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を指定する速度値に対して、制御値出力手段からの比率を乗じて修正速度値を得て、得られた修正速度値をもって、砥石が被作業物を研削するよう制御するオーバーライド制御手段と、を有する。

【発明の効果】

【００２１】

本発明によると、砥石を回転駆動して被作業物を研削する際の砥石と被作業物の間の負荷の大きさを、砥石を回転するモータのトルクを検知するトルクセンサにて検知し、砥石と被作業物との間の相対的移動速度を修正して研削することで、研削作業の効率化が図れる。加えて、操作者から与えられる変化情報によって、この修正速度を指定する速度値を求めるプロセスの実行態様を適宜に変化させた場合、きめ細かな研削条件（被作業物の種類、砥石の種類や幅、その他の状態、更に研削装置固有の状態など）の設定や、タイムリーな変更、更には熟練者の研削作業についての知見を反映することも可能となる。

【００２２】

更に、本発明によると、研削作業開始時或いは研削作業方向の転換時に、砥石と被作業物とが接触し始める時点から、所定の期間、砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を好適に低減制御して、研削作業の有効な結果を得ることを可能とする。

【図面の簡単な説明】

【００２３】

以下の詳細な記述が以下の図面と合わせて考慮されると、本発明のより深い理解が得られる。これらの図面は例示に過ぎず、本発明の範囲を限定するものではない。

【図１】本発明の一実施形態による平面研削をする数値制御研削装置の外観の正面図の要部を示す図である。

【図２】同数値制御研削装置の側面図の要部を示す図である。

【図３】歪みセンサ（歪みゲージ）を用いたトルクセンサの一例の分解図である。

【図４】同トルクセンサの一部組み立て状態を示す図である。

【図５】同トルクセンサの回路ブロック図である。

【図６】磁歪式トルクセンサの要部を示す図である。

【図７】同トルクセンサの一部組み立て状態を示す図である。

【図８】数値制御研削装置の回路図である。

【図９】同数値制御研削装置の制御装置の入力表示部を示す図である。

【図１０】同数値制御研削装置の制御方法を示したフローチャート図である。

【図１１】図１０のアルゴリズム演算を具体的に示したフローチャート図である。

【図１２】図１１のアルゴリズム演算で実現する状態を模式的に示す図である。

【図１３】本発明の一実施形態による平面研削を行う数値制御研削装置の作業方向を概念的に示した図である。

【図１４】本発明の一実施形態によるトルクセンサ出力を受信するタイマーインタラプトのフローチャート図である。

【図１５】本発明の一実施形態による数値制御研削装置のログファイルの内容を示す図である。

【図１６】本発明の他の一実施形態による円筒研削を行う数値制御研削装置の外観の正面図の要部を示す図である。

【図１７】同数値制御研削装置の側面図の要部を示す図である。

【図１８】同実施形態による円筒研削を行う数値制御研削装置の作業方向を概念的に示した図である。

【発明を実施するための形態】
【００２４】
本明細書においては、主に本発明を、砥石を回転させ被作業物を加工する数値制御（ＮＣ）の平面研削装置（横軸角テーブル平面研削盤）及び円筒研削装置に適用した実施形態について説明するが、本発明の適用分野はこれらに限定されない。
【００２５】
例えば、本発明は、他のタイプの研削装置、具体的には、平面研削装置であれば、横軸回転テーブル形平面研削盤、立軸角テーブル形平面研削盤、立軸回転テーブル形平面研削盤、対向二軸平面研削盤などに、円筒研削装置であれば、ロール研削盤、万能研削盤などに、その他の研削装置であれば、内面研削装置、工具研削装置などにも適用可能であるということに留意する。
【００２６】
以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。
【００２７】
図１は本発明の一実施形態による数値制御（ＮＣ）平面研削装置の外観の正面の要部を示し、図２は、同外観の側面の要部を示した図面である。図示のとおり、研削装置１０は、回転して被作業物４０を研削加工する砥石２０と、砥石２０によって加工される被作業物４０が載置され固定されるテーブル３０を含む。このテーブル３０は、サドル５０上に配置されている。
【００２８】
前記砥石２０は、モータ（後述）によって回転したり停止したりする。また、前記砥石２０は上下方向（図面のＹ軸方向）に移動して被作業物４０と接触したり離れたりする。砥石２０が回転しながらＹ軸方向で下降して被作業物４０と接触して、被作業物４０に研削作業が行われる。このような研削作業は砥石２０が回転している状態で、砥石２０を下降させて開始することもできるが、他の実施形態によれば、前記テーブル３０を上昇させて開始することもできる。
【００２９】
テーブル３０は、左右方向（図面のＸ軸方向）および前後方向（図面のＺ軸方向）に移動する。このようなテーブルのＸおよびＺ軸方向の動きと、砥石２０のＹ軸方向の動きにより、被作業物４０は所定の形状を持つように研削加工される。一例としては、Ｘ方向の往復運動を行いながらＺ軸方向へ徐々にずらし、Ｚ方向の最終端に到達すると折り返すように、研削動作が行われる。
【００３０】
図２に示す通り、サドル５０（テーブル３０）をＸ軸方向（＋Ｘ、－Ｘ）に移動するモータＭ１、テーブル３０をＺ軸方向（＋Ｚ、－Ｚ）に移動するモータＭ２、砥石２０をＹ軸方向（＋Ｙ、－Ｙ）に移動するモータＭ３のほか、砥石２０を回転駆動するモータＭ４が、研削装置１０には設けられている。そして、各モータＭ１～Ｍ４（Ｍｉ、ｉ＝１～４とする）には、夫々トルクセンサＴＳ１~ＴＳ４（ＴＳｉ、ｉ＝１~４とする）が取り付けられ、その時々のトルク（回転モーメント）が検出できるようになっている。なお、別の実施形態では、サドル５０とテーブル３０の移動方向は、逆にすることもできる。つまり、サドル５０がＺ軸方向に、テーブル３０と共に移動し、テーブル３０は単独でＸ軸方向に移動するようにしもよい。要は、サドル５０とテーブル３０の機能により、砥石２０に対して被作業物４０が、Ｘ軸とＺ軸とで作られる平面上で自由に移動できるようにすればよい。また、モータＭｉは、主軸モータ、サーボモータその他が利用できる。
【００３１】
図３は、トルクセンサＴＳｉの一例の要部分解図を示している。これは、ＷＯ２０１５／１０８１５２号に開示されたものを、モータＭｉの主軸（スピンドル）にかかるトルクを検出するように適用したものである。この実施形態の方式は、歪みセンサ（歪みゲージ）で、モータ主軸の歪みを検出してトルクを検出するもので、小型化が図れる一方、歪みセンサを用いたトルクセンサは、磁歪式センサと違い電力の供給が必要となる。そして、こ

の歪みセンサは、回転側のモータ主軸に設けられるため、固定側基板から回転側基板への無線での電力供給を必要とする。

【００３２】

具体的には、図３に示す通り、トルクセンサＴＳｉは、ボトムブラケット５０１に固定される固定側基板５０２とモータ主軸（スピンドル）５０３に固定されてモータ主軸５０３（モータ自体は図示を省略）と一体に回転する回転側基板５０４及び歪センサ部５０５を備えている。ボトムブラケット５０１には、モータ主軸５０３を支持する軸受け（図示せず）が設けられている。また、モータ主軸５０３には、砥石２０の回動機構（モータＭ４の場合）又はサドル５０のＸ方向の移動機構（モータＭ１の場合）、テーブル３０のＺ各方向の移動機構（モータＭ２の場合）や、砥石２０のＹ方向の移動機構（モータＭ３の場合）が連結されるが、図示を省略する。略リング形状の固定側基板５０２は、スペーサ５０６を介してボトムブラケット５０１にねじ止めされる。モータ主軸５０３は、固定側基板５０２の貫通孔５０７に隙間を介して貫挿される。略リング形状の回転側基板５０４は、モータ主軸５０３の外周面に固定される。回転側基板５０４の固定方法については、例えば、基板ホルダをモータ主軸５０３に固定し、その基板ホルダに回転側基板５０４を固定するようにしてもよい。

【００３３】

回転側基板５０４は、モータ主軸５０３に対して基板面がほぼ垂直になるように固定される。固定側基板５０２と回転側基板５０３とは僅かな隙間を介してほぼ平行に配置されており、固定側基板５０２及び回転側基板５０４の互いの対抗面には、アンテナパターンが銅パターンなどにより形成される。５０８は、固定側基板５０２に形成されたアンテナパターンである。固定側基板５０２及び回転側基板５０４のアンテナパターンが形成された面と反対側の面には、固定側基板５０２には、送電側の回路部品が実装され、回転側基板５０４には、受電側の回路部品が実装される。上述したスペーサ５０６は、固定側基板５０２に実装された回路部品がボトムブラケット５０１に接触するのを防止するために設けられている。

【００３４】

歪センサ部５０５は、モータ主軸５０３に貼り付される検出部５０５ａと、検出部５０５ａと回転側基板５０４とを接続するフレキシブルケーブル５０５ｂを備える。検出部５０５ａにはＡＤコンバータが内蔵されており、歪み量に対応した検出電圧はＡＤコンバータによりデジタル信号に変換され検出部５０５ａから出力される。フレキシブルケーブル５０５ｂは、回転側基板５０４に設けられたコネクタ５１１に接続される。

【００３５】

図４は、フレキシブルケーブル５０５ｂの回転側基板への接続状態を説明する図であり、歪みセンサ部５０５の検出部５０５ａが貼付されたモータ主軸５０３と回転側基板５０４とを側面方向から見た図である。回転側基板５０４は、基板面がモータ主軸５０３に対して垂直になるように取り付けられる。回転側基板５０４には、フレキシブルケーブル５０５ｂのコネクタ接続部５０５ｃが接続されるコネクタ５１１が設けられている。コネクタ５１１は、フレキシブルケーブル５０５ｂがモータ主軸５０３に平行な方向に抜き差しされるように、回転側基板５０４に実装されている。符号Ａで示す面はアンテナパターンが形成される面で、符号Ｂで示す面は回路部品が実装される面である。

【００３６】

検出部５０５ａからのフレキシブルケーブル５０５ｂの引き出し方向が、回転側基板５０４の回路部品実装面Ｂと反対方向になるように、フレキシブルケーブル５０５ｂはモータ主軸５０３に貼り付けられる。検出部５０５ａから引き出されたフレキシブルケーブル５０５ｂは、破断等の防止による信頼性向上のため途中から破線Ｃで示すように途中から、曲率が小さい円弧上に変形されて回路部品実装面Ｂ側に向けられ、回転側基板５０４のコネクタ５１１に接続される。

【００３７】

図４中、符号５０５ｄは、歪ゲージを内蔵するセンサチップであり、薄い金属板（ステン

レス製の薄版など）５０５ｅ上に貼り付けられている。センサチップ５０５ｄの中には、歪ゲージのほかに、歪み計測に必要な回路および歪み信号をデジタル信号に変化するＡＤコンバータ等が組み込まれている。センサチップ５０５ｄは、フレキシブルケーブル５０５ｂの配線パターンとワイヤ接続（図示せず）されている。センサチップ５０５ｄ、ワイヤ（図示せず）、フレキシブルケーブル５０５ｂのワイヤ接続部は、封止樹脂でモールドされている。

【００３８】

図５は、トルクセンサＴＳｉの回路構成を示すブロック図であり、送電部５２０は図３の固定側基板５０２に設けられ、受電部５４０は回転側基板５０４に設けられる。図５に示すトルクセンサＴＳｉでは、送電部５２０と受電部５４０とにより非接触給電装置が構成される。つまり、送電部５２０から受電部５４０に電力が非接触で磁気的に結合して供給される。送電部５２０には、給電コイル５２１と共鳴コイル５２２があり、これは、図３のアンテナパターン５０８に対応する。実装上は、給電コイル５２１は、共鳴コイル５２２の外周側の同一面内に配置される。送電部５２０は、これらの給電コイル５２１、共鳴コイル５２２のほか、発振器、クロック発生器、ドライバ、変調回路、復調回路など（図示せず）を含む。

【００３９】

受電部５４０は、受電コイル（負荷コイル）５４１を備える。この受電コイル５４１には、図示しないが、共振用コンデンサ、整流回路、ローパスフィルタ、負荷変調回路、スイッチング素子、検波部などが接続される。更に、受電部５４０には、電源回路、クロック発生回路なども設けられている。受電コイル５４１と共振用コンデンサが直列接続されて直列共振回路を形成し、そこに整流回路と電源回路を介して歪センサ部５０５が接続される。送電部５２０の共鳴コイル５２２は、電磁誘導作用により、自己共振周波数に等しい周波数で励磁され、共鳴コイル５２２に大きな電流が流れ強い磁界が発生する。共鳴コイル５２２に近接して受電部５４０の受電コイル５４１を配置すると、共鳴コイル５２２からの強い磁界が受電コイル５４１と磁気的に結合し、受電コイル５４１の両端子間に起電力が発生する。発生した起電力は、整流回路により直流電圧に整流され、ローパスフィルタを介して電源回路にて、歪みセンサ部５０５が必要とする一定の電圧値に変換し、歪みセンサ部５０５に供給する。

【００４０】

このようにして、送電部５２０から受電部５４０に給電された電力により、歪みセンサ部５０５は動作する。また、受電部５４０にある負荷変調回路は、歪みセンサ部５０５の歪みゲージで検出された歪みデータによって、受電側のインピーダンスを変化させ、受電コイル５４１から送電コイル５２１へデータ転送を行わせる。つまり、歪みデータに基づきスイッチング素子がオンオフし、受電側のインピーダンスが変動し、送電部５２０からの搬送波（交流磁界）に対する反射を変化させる。受電コイル５４１で反射した搬送波は、インピーダンス変動に応じて、振幅が変動し、送電部５２０では、反射された搬送波を内部の復調回路で復調処理して、歪みデータを取得する。

【００４１】

受電部５４０から送電部５２０への歪みデータの伝送は、研削装置１０のコントローラ３００からのリクエスト信号に基づいて実行する。そして、所定クロック信号に同期して、歪みデータをコントローラ３００に送信する。或いは他の実施形態によれば、受電部５４０から送電部５２０への歪みデータの伝送を、所的期間ごとに、送電部５２０が起動をかけるようにしてもよい。そして、送電部５２０では所定期間ごとに歪みデータをメモリに更新記憶し、コントローラ３００からのリクエスト信号が到来する都度、最新の歪みデータ或いはそれに基づくトルクデータを送電部５２０から供給するようにする。このようにして、各トルクセンサＴＳｉ（ｉ＝１～４）は、モータ主軸のトルクデータをコントローラ３００へデータ供給することができるようになる。

【００４２】

図６は、別のトルクセンサＴＳｉ（ｉ＝１～４）の例で、特許第３２６５８１３号に開示

されたものを、モータＭ１～Ｍ４の主軸（スピンドル）にかかるトルクを検出するように適用したものである。この方式は、強磁性体に機械的な歪みを与えたときに透磁率が変化する現象を利用する磁歪式のものである。回転するモータ主軸の外側に配置することで、モータ主軸のトルクを検知することができる。

【００４３】

同図（Ａ）のとおり、正方形の頂点上に配置された４本の四角柱状の磁心たる脚部６１１ａ～６１１ｄを有するフェライトなどの透磁率の高いコア６１０に同一形状から成る励磁コイル６２０と検出コイル６３０を、その相対位置関係を９０度ずらした状態で重ね合わせて配置する。励磁コイル６２０は、逆方向に所定の同一ターン数だけ夫々巻回された第１、第２の巻線６２１、６２２を備え、第１の巻線６２１は、脚部６１１ａ、６１１ｂの周囲を巻回し、第２の巻線６２２は、脚部６１１ｃ、６１１ｄの周囲を巻回するようにしている。これにより、両巻線６２１、６２２は、その平面形状が略長方形になり、更にその配置方向は平行になる。これにより、励磁コイル６２０に第１の巻線６２１側から電流を流すと、同図（Ｂ）に示すような方向で、各巻線内を電流が流れることになる。

【００４４】

同様に、検出コイル６３０は、コア６１０の脚部６１１ａ、６１１ｄの周囲を所定ターン数だけ巻回するようにして構成される第１の巻線６３１と、その第１の巻回方向と逆方向に脚部６１１ｂ、６１１ｃの周囲を所定ターン数だけ巻回するようにして構成される第２の巻線６３２とから構成される。そして、この両巻線６３１、６３２も、平面形状が略長方形で、配置方向が平行となる。

【００４５】

これにより、励磁コイル６２０の配置方向と、検出コイル６３０の配置方向とが、直交するようになる。また、両コイル６２０、６３０は、夫々１本の線を所定方向に巻回することにより形成される。励磁コイル６２０のほうを、脚部６１１ａ～６１１ｄの解放側の先端部に配置し、検出コイル６３０は、脚部６１１ａ～６１１ｄの根元側に位置させている。これにより、両コイル６２０、６３０の脚部の軸方向での離反距離が長くなる。

【００４６】

図７は、上記の如きトルクセンサＴＳｉを実装した状態を示す。磁性体で形成されたモータ主軸６５０の側面に近接して対向配置する。このとき、励磁コイル６２０の両巻線６２１、６２２の長辺の配置方向が、モータ主軸６５０の軸方向と直交し、検出コイル６３０の両巻線６３１、６３２の長辺の配置方向がモータ主軸６５０の軸方向と平行になるように配置する。なお、図７では、モータ自体の図示を省略するほか、モータ主軸６５０は、砥石２０の回動機構（モータＭ４の場合）又はサドル５０のＸ方向の移動機構（モータＭ１の場合）、テーブル３０のＺ各方向の移動機構（モータＭ２の場合）や、砥石２０のＹ方向の移動機構（モータＭ３の場合）が連結されるが、これらの図示を省略する。

【００４７】

そして励磁コイル６２０には、交流電源に接続して交流信号（励磁電流）を供給し、検出コイル６３０の両端子間に同期整流子を接続して、出力電圧を検出可能とする。この構造により、モータ主軸６５０にトルクがかかっていないと、検出コイル６３０側には、誘導起電力が発生せず、同期整流器の出力もゼロとなる。しかし、モータ主軸６５０にトルクがかかると、透磁率の変化が起こり、誘導起電力が発生し、トルクの大きさに依存した電圧が、検出コイル６３０側に現れる。同期整流器により、位相も検出でき、モータ主軸６５０にかかるトルクの方向も検出可能となる。この電圧信号をデジタル信号に変換して、研削装置１０のコントローラ３００からのリクエスト信号に基づいてトルクデータとして、コントローラ３００に供給する。

【００４８】

以上、歪みゲージを用いたトルクセンサ（図３～図５）と、磁歪方式のトルクセンサ（図６～図７）の２つのタイプのトルクセンサＴＳｉにつき説明したが、その他の方式によるものや別の実装、回路構成により、モータ主軸（スピンドル）のトルクデータを検知するセンサであってもよい。なお、トルクデータは、その処理の性格上、必要に応じて、トル

クセンサＴＳｉの出力値そのもの、または、その絶対値、或いは二乗値、短時間毎の二乗累積値などとしてもよい。このような変換処理は、後述するコントローラ３００のＣＰＵ３０１で適宜必要に応じて行う。このようなデータも、本発明では、全て、「トルクセンサの出力値」或いは「トルクデータ」や「トルク値」と称する。

【００４９】

次に、図８を参照して、研削装置１０の回路図につき、詳細に説明する。図示する通り、大きく分けて研削盤駆動制御回路１００と、この研削盤駆動制御回路１００を数値制御するＣＮＣ（Ｃｏｍｕｐｕｔｅｒ　Ｎｕｍｅｒｉｃ　Ｃｏｎｔｒｏｌ）装置２００と、コントローラ３００とが備えられている。このコントローラ３００は、ＣＮＣ装置２００に対して、予め設定されたテーブル３０やサドル５０の移動速度、つまり被作業物４０と砥石２０との間の相対的な移動速度であるが、これを砥石２０を回転駆動するモータＭ４のトルクセンサＴＳ４の出力トルク値（ＴＳ４）に基づき修正する。

【００５０】

また、後述する通り、コントローラ３００は、サドル５０（テーブル３０）をＸ軸方向に移動するモータＭ１のトルクセンサＴＳ１およびテーブル３０をＺ軸方向に移動するモータＭ２のトルクセンサＴＳ２の出力の一方又は双方に基づき、砥石２０と被作業物４０との接触開始を検知し、研削作業開始時或いは研削作業方向の転換時に、所定期間モータＭ１を制御してＸ軸方向の移動速度、或いは更にモータＭ２を制御してＺ軸方向の移動速度を適宜遅くすることも行う。

【００５１】

このコントローラ３００に対しては、操作者が所定のプロセスの実行態様を変化させるための変化情報を入力できる。具体的な一例としては、パラメータ（初期値Ｖ１，係数α、βや最小値Ｖｍｉｎ、中間値Ｖｍｅａｎなど）を入力設定して、所定のアルゴリズム演算を実行させる。その結果、テーブル３０の移動速度、つまり、砥石２０と被作業物４０との間の相対的な移動速度を指定する速度値を、ＣＮＣ装置２００が定めた速度値から、砥石２０を回転駆動するモータＭ４のトルクセンサＴＳ４の出力に依存して、入力設定されたパラメータによって変化しながら修正速度値に修正して求め、それを、ＣＮＣ装置２００の速度値を記憶するメモリ（詳細は後述）に対してオーバーライド（ｏｖｅｒｒｉｄｅ）して研削装置１０を自動運転する。本実施形態においては、砥石２０と被作業物４０との間の相対的な移動速度は、テーブル３０の移動速度が相当するが、前記した他のタイプの研削装置では、これに限られるものではなくそのタイプに依存して種々変更できる。具体的には、砥石２０自体の被作業物４０に対する移動速度であってもよいし、砥石２０と被作業物４０との双方の移動速度であってもよい。砥石２０と被作業物４０との間の相対的な移動速度は、前記テーブル３０のＸ軸方向やＺ軸方向の一方や両方の移動速度（Ｖｘおよび／またはＶｚ）である。更に、Ｙ軸方向の移動速度（Ｖｙ）も変更する必要があれば、同様に実現できる。

【００５２】

研削盤駆動制御回路１００には、全体制御するＣＰＵ１０１、ワークメモリ１０２のほか、サドル５０（テーブル３０）のＸ軸、テーブル３０のＺ軸方向の移動制御するモータＭ１、Ｍ２の駆動回路を含む移動制御回路１０３ｘ、１０３ｚや、砥石２０のＹ軸方向の移動を制御するモータＭ３の駆動回路を含む移動制御回路１０３ｙ、砥石２０の回転駆動を制御するモータＭ４の駆動回路を含む砥石回転駆動回路１０４を備える。移動制御回路１０３ｘ、ｙ、ｚ及び砥石回転駆動回路１０４は、ＣＰＵ１０１やワークメモリ１０２とバスを介して接続され、ＣＰＵ１０１により、夫々の駆動制御がなされる。更に、研削盤駆動制御回路１００には、ＣＮＣ装置２００とデータや信号をやり取りするインターフェース（Ｉ／Ｏ）１０５が設けられている。

【００５３】

また、移動制御回路１０３ｘ、ｙ、ｚには、モータＭ１、Ｍ３、Ｍ２のトルクセンサＴＳ１、ＴＳ３、ＴＳ２が含まれ、砥石回転駆動回路１０４には、モータＭ４のトルクセンサＴＳ４が含まれており、夫々の出力は、コントローラ３００のインタフェース３０５に供

給される。

【００５４】

ＣＮＣ装置２００は、この研削装置１０の全体制御を数値制御により行うものであり、その制御用のＣＰＵ２０１とメモリ２０２のほか、操作者の操作により各種データやパラメータを入力することができる入力部２０３と、各種データやパラメータ、研削装置１０の動作状態などを示す表示部２０４とを有する。メモリ２０２内には、テーブル３０の移動方向を示す情報を記憶するエリア２０２ａ、詳細は後述する研削動作の状態を示すＯＰ／ＣＵＴを記憶するエリア２０２ｂ、テーブル３０の移動のＸ方向とＺ方向の速度値を記憶するエリア２０２ｃのほか、ワークメモリ２０２ｄを有する。更に、ＣＮＣ装置２００には、研削盤駆動制御回路１００及びコントローラ３００とデータや信号をやり取りするインターフェース（Ｉ／Ｏ）２０５が設けられている。

【００５５】

コントローラ３００は、ＣＮＣ装置２００に対して、後述するような情報を送ることにより、操作者がその時々の研削条件（被作業物の種類、砥石の種類や幅、その他の状態、或いは更に研削装置固有の状態など）に合わせて、砥石と被作業物との間の相対的な移動速度を、きめ細かく設定でき、またそれを必要に応じてタイムリーに変更することができるようにしたもので、ＣＮＣ装置２００や研削盤駆動制御回路１００とは別体のＰＣ（Ｐｅｒｓｏｎａｌ　Ｃｏｍｐｕｔｅｒ）やタブレットＰＣ、ワンボードＰＣとして、外付けとすることもできるし、あるいはそれらの一方と一体化することもできる。

【００５６】

そして、コントローラ３００は、制御用のＣＰＵ３０１とメモリ３０２のほか、操作者の操作により各種データやパラメータを入力することができる入力部３０３と、各種データやパラメータ、研削装置１０の動作状態などを示す表示部３０４とを有する。メモリ３０２内には、後述するアルゴリズム演算のためのトルクセンサＴＳ１～ＴＳ４の出力に基づくトルク値を記憶するエリア３０２ａ、アルゴリズム演算の結果得られる制御値Ｖを記憶するエリア３０２ｂ、操作者から入力された初期値Ｖ１、係数α、係数β、最小値Ｖｍｉｎ、中間値Ｖｍｅａｎを、複数組記憶するエリア３０２ｃ＃１～＃ｎのほか、ワークメモリ３０２ｄを有する。更に、コントローラ３００には、ＣＮＣ装置２００との間でデータや信号のやり取りをするとともに、研削盤駆動制御回路１００内のトルクセンサＴＳ１～ＴＳ４の出力を取得するインターフェース（Ｉ／Ｏ）３０５が設けられている。さらに、研削動作のログを記録するログメモリ３０６が備えられている。このログメモリ３０６は、メモリ３０２の一部エリアを用いて実現することもできる。

【００５７】

図９は、コントローラ３００の入力部３０３と表示部３０４とが、画面上で実現された一実施形態を示す。図中において、エリア３１１は、砥石２０の駆動モータＭ４に対応するトルクセンサＴＳ４の出力を百分率（％）表示する。図９ではトルク値（ＴＳ４）が４７％であることを示している。つまり、砥石２０の駆動モータＭ４に研削動作によって、大きな負荷がかかればトルク値が大きな値となり、あまり負荷がかからなければ、小さな値となる。この百分率のデータは、コントローラ３００内のＣＰＵ３０１が適宜演算処理を行うことで求められる。

【００５８】

エリア３１２は、オーバーライド自動運転状態を示している。つまり、ＣＮＣ装置２００で設定されているテーブル３０の移動速度を示すもともとの速度値から、所定のアルゴリズムによる演算の実行の結果、修正速度値を得た場合に、ＣＮＣ装置２００のメモリ２０２内の速度値を記憶するエリア２０２ｃの内容を上書き（オーバーライド）して、テーブル３０の移動速度を変更する。このような場合に、エリア３１２には、オーバーライド状態での所定アルゴリズム演算の制御値の初期値Ｖ１を表示するエリア３１２ａ、係数α、係数βを表示し、係数βのみは操作者がリアルタイムで変更できるアップ、ダウンボタンを備えているエリア３１２ｂを有する。図では、係数αが３０であり、係数βが３であることを示している。更に、アルゴリズム演算の結果の出力値（前記制御値Ｖ）と実際の修

正速度値を表示するエリア３１２ｃを有する。図９では、砥石２０の駆動モータＭ４のトルク値（ＴＳ４）が４７％、初期値Ｖ１が１００％、係数αが３０、係数βが３である場合、アルゴリズム演算の結果の出力値（前記制御値Ｖ）は４９％で、実際の修正速度値はＣＥ（１６進表現）となっていることを示している。

【００５９】

エリア３１２ｄは、オーバーライドの自動運転中を示すインディケータであり、“ＯＶＥＲＲＩＤＥ　ＮＯＷ！”という表示がなされている。勿論、このインディケータは、単にランプ表示であってもよいし、その他のマークや絵などを表示して、操作者に、修正速度値によるテーブルの移動がなされているオーバーライド自動運転中であることを注意喚起するものであれば、如何なるものであってもよい。

【００６０】

エリア３１２ｅは、オーバーライドの自動運転をスタートするか、ストップするかを操作者が指示するボタンである。エリア３１２ｆは、各種パラメータや係数を設定する場合に表示されるラジオボタンであり、詳細な説明は省略するが、パラメータなどを初期設定する初期設定モードにおいて表示される。この他、複数組のパラメータを設定した場合に、選択的に特定組のパラメータを選択して、オーバーライドの自動運転を実行させる選択ボタンなどもある（図示を省略）。また、中間値Ｖｍｅａｎを直接入力、表示するようにすることもできる。

【００６１】

エリア３１３は、テーブル３０及び砥石２０のＸ、Ｙ、Ｚ軸の移動方向（プラス方向は“０”で、マイナス方向は“１”、情報未取得の場合は“－１”が表示される）及び研削状態を示す情報ＯＰ／ＣＵＴ（オーバーライドによる自動運転中の場合ＯＰ＝Ａ０、それ以外の場合ＯＰ＝００、研削実行中の場合ＣＵＴ＝４０、それ以外の場合ＣＵＴ＝００が表示され、例えば、オーバーライドによる自動運転中で実際に研削が行われているとコントローラ３００が認識しておれば、ＯＰ／ＣＵＴ＝Ａ０／４０が表示される）を表示する。更に、コントローラ３００には、その動作を終了するＥＮＤボタン３１４が設けられている。コントローラ３００を動作終了した場合は、研削盤駆動制御回路１００は、ＣＮＣ装置２００の指示に基づいて、研削動作が行われ、テーブル３０の移動速度について、モータ４の主軸のトルク値（トルクセンサＴＳ４出力）に基づく修正動作は行われない。

【００６２】

次に本実施形態の動作について説明する。電源が印加され、ＣＮＣ装置２００にて指定されている内容に基づいて、研削盤駆動制御回路１００は研削作業制御動作を始める。砥石回転駆動回路１０４は砥石駆動用のモータＭ４を稼動する。移動制御回路１０３ｘ、ｙ、ｚは、テーブル３０及び砥石２０のＸ、Ｙ、Ｚ方向の移動制御を行う。この時、砥石駆動モータＭ４の回転速度と、テーブル３０や砥石２０の移動速度（つまり、モータＭ１～Ｍ３の回転速度）は、ＣＮＣ装置２００内のメモリ２０２の記憶内容などによって制御され、初期設定値に到達するまでに上昇することになる。

【００６３】

オーバーライドによる自動運転をスタートさせたときは、図１０のフローに従って、コントローラ３００のＣＰＵ３０１が動作する。まず、ステップＳ１において、オーバーライドがスタートしたと判断した場合は、ステップＳ２に移行し、ＣＮＣ装置２００のメモリ２０２のエリア２０２ａから、テーブル方向の情報を取得する。これは、テーブル３０又は砥石２０がＸ、Ｙ、Ｚのいずれの方向に移動しているかを検知する。更に、ステップＳ３に進み、運転情報（前記情報ＯＰ／ＣＵＴ）をエリア２０２ｂから取得する。そして、これらの情報に基づき、図９の表示エリア３１３の動作状態表示を書き換える。

【００６４】

続いて、ステップＳ４に進み、所定のアルゴリズム演算を実行し、制御値Ｖを算出する。このステップＳ４の詳細は、図１１に示されている。図１１のステップＳ４１では、トルクセンサＴＳ４に基づく砥石２０の駆動モータＭ４のトルク値（ＴＳ４と表記する）と、係数αとを大小比較する。このαの意味は、図１２を参照すると理解される。図１２は、

ステップＳ４のアルゴリズム演算の内容を摸式的に示したものであり、横軸が前記トルク値（ＴＳ４）、縦軸がアルゴリズム演算の結果得られる値である制御値Ｖを示す。係数αは、トルク値（ＴＳ４）が一定程度大きくなってきた時点から、制御値Ｖを初期値Ｖ１（例えば、１００％）から漸次減少させるポイントである。この減少の比率は、直線変化の場合、係数β（％）で表される。

【００６５】

図１１のステップＳ４１でトルク値（ＴＳ４）が係数αより小の場合、ＹＥＳの判断がなされ、ステップＳ４２に移行し、制御値Ｖを初期値Ｖ１として終了する。ステップＳ４１でＮＯの判断がなされた場合は、ステップＳ４３に移行し、トルク値（ＴＳ４）が、係数α以上でかつ（Ｖ１－Ｖｍｉｎ）／β＋αよりも小であるか判断する。もしＹＥＳなら、ステップＳ４４に進み、制御値ＶをＶ１－（ＴＳ４－α）×βとして、終了する。もし、ステップＳ４３でＮＯの判断がなされたら、ステップＳ４５に進み、制御値Ｖを最小値Ｖｍｉｎとして終了する。

【００６６】

この図１１のアルゴリズム演算によって、図１２の模式図に示す通り、負荷値がαを超えると、傾きβで制御値Ｖが漸次減少し、最も減少した場合は、最小の制御値Ｖｍｉｎで推移する。正常作業状態であれば、トルク値（ＴＳ４）の大きさによって、制御値Ｖを直線状で増減しながら、推移することになる。つまり、砥石２０による被作業物４０に対する負荷が大きくなったら、モータＭ４のトルク値（ＴＳ４）が大きくなり、制御値Ｖを下げてテーブル３０の移動速度を落とし、結果として砥石２０の被作業物４０に対する研削負荷を減少するようにし、負荷が小さくなったら制御値Ｖを上げてテーブル３０の移動速度を上げて、結果として砥石２０の被作業物４０に対する研削負荷を増加するようにする。具体的には、例えば、テーブル３０の移動速度が２０００ｍｍ／ｍｉｎの場合、初期値Ｖ１＝１００％とし、α＝３０、β＝３（％）とし、最小値Ｖｍｉｎ＝２０％とした場合、トルク値（ＴＳ４）＝３０で、テーブル３０の移動速度は２０００ｍｍ／ｍｉｎであるが、トルク値（ＴＳ４）＝３１で、２０００×（１００－３）＝１９４０ｍｍ／ｍｉｎとなり、例えば、トルク値（ＴＳ４）＝６０では、（Ｖ１－Ｖｍｉｎ）／β＋α（　５６．７）＜ＴＳ４＝６０のため、２０００×Ｖｍｉｎ＝４００ｍｍ／ｍｉｎとなる。なお、係数α、β、初期値Ｖ１、最小値Ｖｍｉｎは、熟練の操作者が研削加工を行うにあたり得られた知見をもとに設定するようにすれば、より効果的である。また、このアルゴリズム演算は、ＣＰＵ３０１によるリアルタイムの計算で行ってもよいし、予め演算結果のテーブルをメモリ３０２内に持って、それをアクセスするにしてもよい。また、漸次減少するカーブは、直線のほか、図１２に示す一点鎖線や二点鎖線のように適宜変化する曲線であってもよい。

【００６７】

ステップＳ４２、Ｓ４４、Ｓ４５のいずれかを経て、図１０のステップＳ４のアルゴリズム演算が終了すると、ステップＳ５に進む。このステップＳ５では、トルクセンサＴＳ１単独又はトルクセンサＴＳ１とＴＳ２の双方の出力に基づき、研削開始時、或いは、研削方向が転換した時に、砥石２０と被作業物４０とが接触し始めたことを検知し、所定の期間は、強制的に図１２の制御値Ｖを中間値のＶｍｅａｎとするものである。この中間値Ｖｍｅａｎは、最大値Ｖ１と最小値Ｖｍｉｎとの間にあり、経験や実験等により最適な値を設定する。

【００６８】

図１３は、この動作状態を摸式的に説明するもので、被作業物４０は、太い実線で描かれている。図１３の上部では、テーブル３０がＸ軸方向に矢印の通り左右（＋Ｘ軸方向／－Ｘ軸方向）に往復しながら、砥石２０により研削が行われ、更にテーブル３０は、前後方向（＋Ｚ軸方向／－Ｚ軸方向）に徐々に移動する。そして、被作業物４０の端部までＺ方向の移動が終わると、逆方向に太い矢印に従って、折り返す。これを繰り返して、研削が行われるわけであるが、破線の個所、つまり、作業が開始して砥石２０が最初に被作業物３０に接触し始めるとき、および研削動作を折り返す時点で、被作業物４０から離れて再

接触するときには、砥石２０の一部だけ被作業物に接触することになる。特に、砥石２０の横幅が大のときは、影響が顕著である。このとき、砥石２０の駆動モータＭ４のトルクセンサＴＳ４の出力が小さいとして、Ｘ方向の移動速度を過度に上げてしまうと、被作業物４０の一部が焦げてしまうという問題が生じたり、過度に研磨されてしまうという結果となる。そこで、砥石２０が被作業物４０と接触して、所定の期間（図示では、破線部分のＸ軸方向の一往復の期間であるが、これに限られるものではない）の研削期間は、強制的に砥石２０と被作業物４０の相対速度を、正常の作業速度よりも落とすことにする。

【００６９】

図１０のステップＳ６の処理が終了するか、或いは、ステップＳ５でＮＯの判断がなされると、ステップＳ７のオーバーライド制御に移る。ステップＳ７では、ステップＳ４或いはＳ６で得られた制御値Ｖ（％）を、ＣＮＣ装置２００の速度値を記憶するエリア２０２ｃの内容に乗じて、修正速度を決める制御値とする。つまり、ＣＮＣ装置２００において、予め設定されたテーブル３０のＸ方向、Ｚ方向の２次元の速度Ｖｘ、Ｖｚ（必要があれば、Ｙ方向の速度Ｖｙも同様に制御して３次元の速度制御としてもよい）に、制御値Ｖ（％）の比率を乗じて、修正速度値としてオーバーライドする。この操作で、テーブル３０の移動速度が、砥石２０の駆動モータＭ４のトルクセンサＴＳ４の出力、つまりトルク値（ＴＳ４）によって、その都度適切に変化することになる。なお、ＣＮＣ装置２００内の速度値Ｖｘ、Ｖｚ（更にはＶｙ）の計算は、コントローラ３００内のＣＰＵ３０１で行ってもよいし、ＣＮＣ装置２００内のＣＰＵ２０１が担当するようにしてもよい。

【００７０】

前記ステップＳ４とＳ７の処理によって、トルクセンサＴＳ４（本発明の「第１トルクセンサ」に相当）の出力値が、

（ｉ）第１の値（α）までは、最大比率（Ｖ１）を砥石２０と被作業物４０との間の相対的な移動速度を指定する速度値に乗じるようにし、

（ii）前記第１の値（α）からそれより大の第２の値（（Ｖ１－Ｖｍｉｎ）／β＋α）までは、最大比率（Ｖ１）よりも小さい最小比率（Ｖｍｉｎ）まで特定の変化率で漸次減少する比率を砥石２０と被作業物４０との間の相対的な移動速度を指定する速度値に乗じるようにし、

（iii）第２の値（（Ｖ１－Ｖｍｉｎ）／β＋α）を超えて大きな値となると、最小比率（Ｖｍｉｎ）を砥石２０と被作業物４０との間の相対的な移動速度を指定する前記速度値に乗じるようにしている。

そして、ステップＳ６とＳ７の処理によって、

（iv）トルクセンサＴＳ１またはＴＳ１とＴＳ２（本発明の「第２トルクセンサ」に相当）の出力値により、砥石２０が被作業物４０に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間（図１４の破線の研削期間）、最大比率（Ｖ１）と最小比率（Ｖｍｉｎ）との中間にある中間比率（Ｖｍｅａｎ）を砥石２０と被作業物４０との間の相対的移動速度を指定する速度値に乗じるようにして修正速度値を得るようにしている。

【００７１】

ところで、各モータＭ１～Ｍ４からのトルク値（ＴＳｉ）は、図１４のタイマーインタラプトで起動するＣＰＵ３０１の動作フローにより、コントローラ３００が検知する。そのインターラプト間隔は、例えば、５０ミリ秒である。図１４のステップＳ５１では、オーバーライド制御を実行しているか否かを判断し、もしスタートしているなら、ステップＳ５２に移行し、ＣＰＵ３０１はコマンドをインターフェース３０５経由でトルクセンサＴＳｉに送り、ステップＳ５３にて対応するコマンドを受信して、ステップＳ５４で、受信が正常になされていたら、ステップＳ５５にて、取得したトルク値（ＴＳｉ）をメモリエリア３０２ａに更新格納して、次のアルゴリズム演算（図１０のステップＳ４及び図１１のフロー）やステップＳ５の判断に用いるようにする。ステップＳ５１において、オーバーライド制御がストップしている場合や、ステップＳ５４でエラー受信の場合は、図１４のフローに基づく処理を終了する。

【００７２】
図１０のステップＳ７の処理の後、ステップＳ８に進み、オーバーライド自動運転の動作ログをコントローラ３００内のログメモリ３０６に書き込む。例えば、その内容は、図１５に示すようなものである。これは、オーバーライド制御をした際に、研削装置１０の動作不具合などが生じた場合に後刻解析する資料となる。具体的には、１レコードが、行番号、時間（あるいは時刻）、オーバーライド係数（初期値Ｖ１、係数α、係数β、必要に応じて最小値Ｖｍｉｎや中間値Ｖｍｅａｎも含める）、Ｘ、Ｙ、Ｚの各軸方向の移動状況（０がマイナス方向で、１がプラス方向、－１が情報未取得の場合）、自動運転状況（オーバーライドによる自動運転中か否か）、切削送り（研削がなされているか否か）、トルク値（ＴＳ１～４の全てまたはいずれか）、オーバーライド出力値（制御値Ｖ）、デバッグ情報などである。これらの項目は、必要に応じて定めることができる。

【００７３】
以上説明した実施形態においては、算出された修正速度値をもって、ＣＮＣ装置２００にて設定した速度値を上書き（オーバーライド）して、テーブル３０或いは更に砥石２０の移動速度を調整制御するようにしたが、ＣＮＣ装置２００内のメモリを適宜使用すれば、必ずしも、オーバーライド処理を行わなくてもよい。要は、砥石２０と被作業物４０との間の負荷を検知して、所定のアルゴリズム演算により、砥石２０と被作業物４０との間の相対的移動速度を変更するようにすればよい。また、この所定のアルゴリズム演算の実行は、前記実施形態のように、リアルタイムでの演算の他、予めテーブルに演算結果をストアしておき、それを読み出すようにしてもよく、算術演算のほか、各種の論理演算を含む。本発明における「所定のアルゴリズムの演算の実行」とは、これらの実施形態を含む。更には、推論エンジンや人工知能（ＡＩ）を搭載して、所定のプロセスを実行し、最適な修正速度値を求めるようにしてもよい。この所定のプロセスの実行において、操作者は、その実行態様を変化させる変化情報を与えるようにする。本発明における「所定のプロセスの実行」とは、前記した「所定のアルゴリズムの演算の実行」のみならず、様々なコンピュータ技術を用いることも含む。

【００７４】
次に、図１６に示す数値制御（ＮＣ）円筒研削装置に適用した本発明の他の実施形態について説明する。研削装置７００の円筒形状の被作業物４０は、主軸台６０と心押台７０の心押軸７１の間に支持され、砥石２０にて、外周面が研削される。このとき、被作業物４０も、砥石２０も回転して加工される。この場合、図中の左右方向（Ｚ軸方向）の移動は、砥石２０自体が移動するタイプと、砥石２０は移動させず、テーブル３０の移動に伴って、被作業物４０が移動するタイプとがある。前後方向（Ｘ軸方向）の砥石２０の移動は、砥石軸頭サドル８０による。

【００７５】
図１７は、研削装置７００の側面の要部を示しており、モータＭ１が、Ｘ軸方向の砥石の移動用、モータＭ２がＺ方向のテーブル３０又は砥石２０の移動用、モータＭ３が被作業物４０の回転支持用、モータＭ４が砥石２０の回転駆動用である。そして、各モータＭ１～Ｍ４に対して、トルクセンサＴＳ１～ＴＳ４を設け、各モータＭ１～Ｍ４の主軸（スピンドル）のトルクを検知することを可能とする。この場合、上述した平面研削装置１０と同様に、砥石２０の駆動モータＭ４のトルクセンサのＴＳ４の出力トルク値によって、モータＭ２にて制御されるＺ方向の砥石２０と被作業物４０との相対的な移動速度を制御することが可能となる。つまり、砥石２０に、負荷が大きくかかってきたことを、トルクセンサＴＳ４で検知して、砥石２０と被作業物４０との相対的な移動速度を適宜落とし、逆に、負荷が小さい場合は、そのことを、トルクセンサＴＳ４で検知して、砥石２０と被作業物４０との相対的な移動速度を適宜早めることで、研削効率を上げることが可能となる。その場合の制御回路並びに制御フローは、すでに説明した研削装置１０のそれと同様なもので実現できるので、省略する。

【００７６】
ところで、図１８に示す通り、円筒研削装置７００においても、破線の個所、つまり、作

業が開始して砥石２０が最初に被作業物４０に接触し始めるとき、および折り返す時点で、被作業物４０から離れて再接触するときには、砥石２０の一部だけ被作業物に接触することになる。この砥石２０が被作業物接触の検出は、Ｚ方向への移動のためのモータＭ２及び被作業物４０の回転用のモータＭ３のトルクセンサＴＳ２、ＴＳ３の一方又は双方の出力によって行う。なお、図１８の被作業物４０の回転方向は、砥石２０の回転と同じ方向としているが、場合によっては逆の方向であってもよい。このとき、砥石２０の駆動モータＭ４のトルクセンサＴＳ４の出力が小さいとして、Ｚ方向の移動速度を過度に上げてしまうと、被作業物４０の一部が焦げてしまうという問題が生じたり、過度に研削されてしまうという結果となる。特に、砥石２０の横幅が大きいときは、その影響が顕著である。そこで、砥石２０が被作業物４０と接触して、所定の期間（図示では、破線部分のＺ軸方向の相対的移動の所定の期間）の研削期間は、強制的に砥石２０と被作業物４０のＺ方向の相対速度を、正常の作業速度よりも落とすことにする。この具体的な制御も、平面研削装置１０にて詳細に説明した制御回路およびフローで実現できるので、次の説明を除き省略する。

【００７７】

すなわち、この円筒研削装置７００においても、図４の前記ステップＳ４とＳ７の処理によって、図１７のトルクセンサＴＳ４（本発明の「第１トルクセンサ」に相当）の出力値が、

（ｉ）第１の値（α）までは、最大比率（Ｖ１）を砥石２０と被作業物４０との間の相対的な移動速度を指定する速度値に乗じるようにし、

（ii）前記第１の値（α）からそれより大の第２の値（（Ｖ１－Ｖｍｉｎ）／β＋α）までは、最大比率（Ｖ１）よりも小さい最小比率（Ｖｍｉｎ）まで特定の変化率で漸次減少する比率を砥石２０と被作業物４０との間の相対的な移動速度を指定する速度値に乗じるようにし、

（iii）第２の値（（Ｖ１－Ｖｍｉｎ）／β＋α）を超えて大きな値となると、最小比率（Ｖｍｉｎ）を砥石２０と被作業物４０との間の相対的な移動速度を指定する前記速度値に乗じるようにしている。

そして、ステップＳ６とＳ７の処理によって、

（iv）図１７のトルクセンサＴＳ２および／またはＴＳ３（本発明の「第２トルクセンサ」に相当）の出力値により、砥石２０が被作業物４０に接触開始したことを検出したとき、検出された接触開始時点から所定の期間（図１４の破線の研削期間）、最大比率（Ｖ１）と最小比率（Ｖｍｉｎ）との中間にある中間比率（Ｖｍｅａｎ）を砥石２０と被作業物４０との間の相対的移動速度を指定する速度値に乗じるようにして修正速度値を得るようにしている。

【００７８】

この他に、本発明は、すでに述べたとおり、平面研削装置であれば、横軸回転テーブル形平面研削盤、立軸角テーブル形平面研削盤、立軸回転テーブル形平面研削盤、対向二軸平面研削盤などにも、円筒研削装置であれば、ロール研削盤、万能研削盤などに、その他の研削装置であれば、円筒研削装置や、内面研削装置、工具研削装置などにも適用可能である。要するに、砥石の主軸の駆動用モータにトルクセンサを設け、その出力の大きさで、砥石と被作業物との相対的な移動速度（直線的な移動であろうが回転による移動であろうが）を、適宜増減制御する

ことで、効率的で効果的な研削作業が実現できる。そしてまた、砥石と被作業物との相対的な移動を制御するモータや、被作業物を回転支持または移動するモータなど砥石を回転駆動するモータ以外のモータにトルクセンサを設け、その出力で、砥石と被作業物との初めての接触や研削方向の変更などにより、一度砥石が被作業物から離れた後の再接触を検知し、所定期間は、通常の研削速度よりも遅い速度をもって研削を行うことで、被作用物に過度な研削力がかかり、一部焦げてしまうたり過度の研削がなされることなどが防げる。

【００７９】

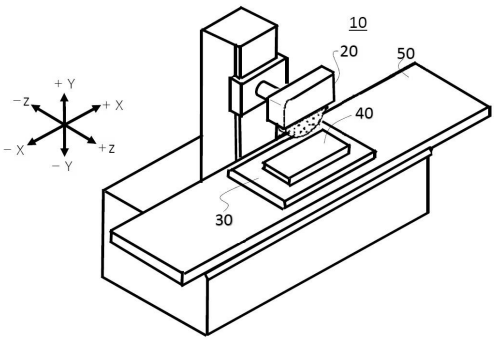
本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者は、前記説明及び関連図面から本発明の多くの変形及び他の実施形態を導出することができる。従って、本発明は開示された特定の実施形態に限定されない。本明細書では、複数の特定用語が使われているが、これらは一般的な意味として単に説明の目的のために使われただけであり、発明を制限する目的で使われたものではない。添付の特許請求の範囲及びその均等物により定義される一般的な発明の概念及び思想を抜け出さない範囲で多様な変形が可能である。

【符号の説明】

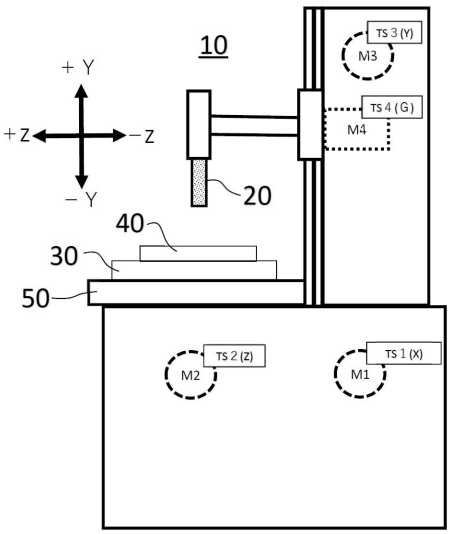
【００８０】

１０　平面研削装置
２０　砥石
３０　テーブル
４０　被作業物
５０　サドル
１００　研削盤駆動回路
１０３ｘ、ｙ、ｚ　移動制御回路
１０４　砥石回転駆動回路
２００　ＣＮＣ装置
２０１　ＣＰＵ
２０２　メモリ
３００　コントローラ
３０１　ＣＰＵ
３０２　メモリ
３０３　入力部
３０４　表示部
３０６　ログメモリ
５０２　固定側基板
５０３　モータ主軸（スピンドル）
５０４　回転側基板
５０５　歪センサ部
５２０　送電部
５４０　受電部
６１０　コア
６２０　励磁コイル
６３０　検出コイル
６５０　モータ主軸（スピンドル）
７００　円筒研削装置
Ｍ１～Ｍ４　モータ
ＴＳ１～ＴＳ４　トルクセンサ

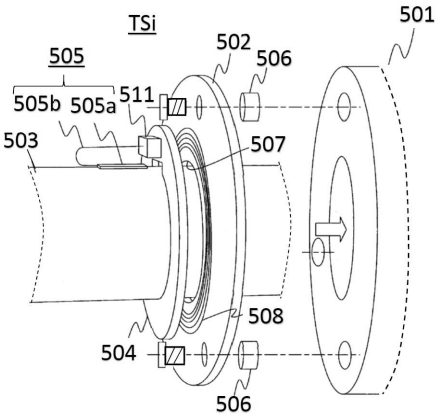
【図１】


10
20
50
40
30
+Y
−Z
+X
−X
+Z
−Y

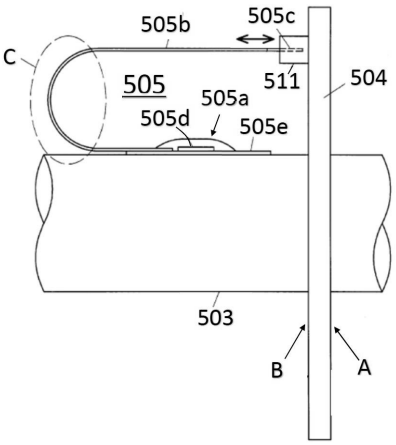
【図２】


10
+Y
+Z
−Z
−Y
TS 3 (Y)
M3
TS 4 (G)
M4
20
40
30
50
TS 2 (Z)
M2
TS 1 (X)
M1

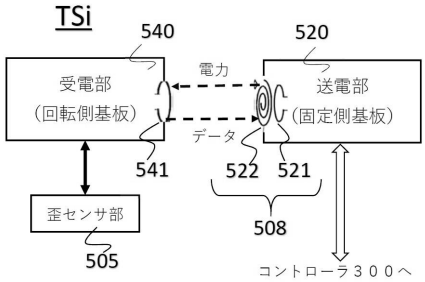
【図３】


TSi
501
502
506
505
505b
505a
511
503
507
508
504
506

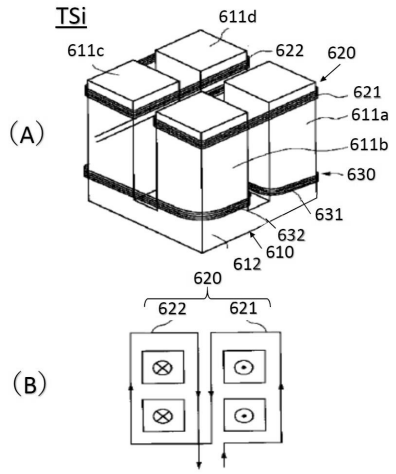
【図４】


505b
505c
C
505
511
504
505a
505d
505e
503
B
A

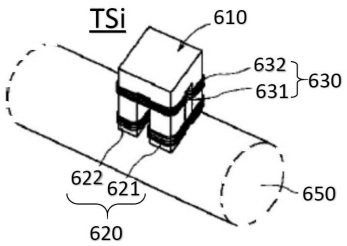
【図５】


TSi
540
520
受電部
（回転側基板）
電力
送電部
（固定側基板）
データ
541
522
521
歪センサ部
508
505
コントローラ３００へ

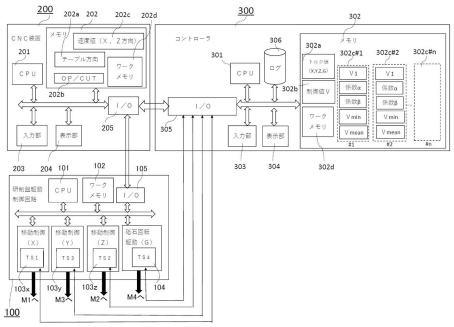
【図６】



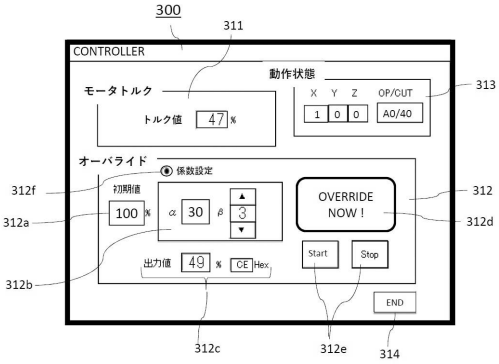
【図７】



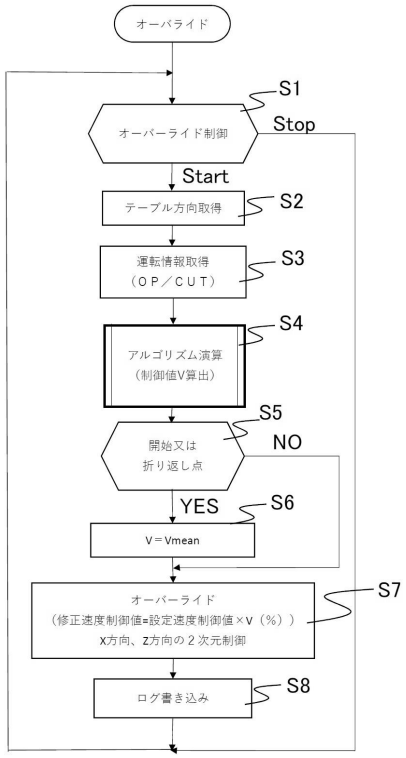
【図８】



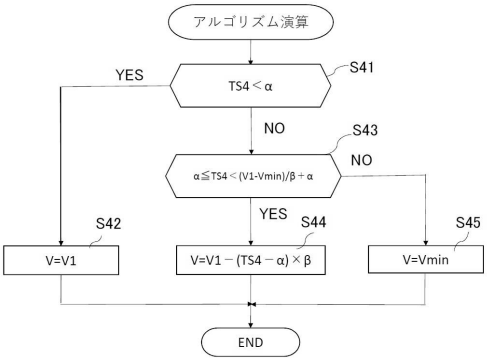
【図９】



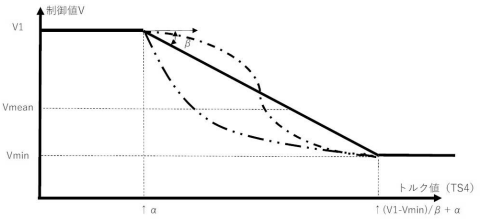
【図１０】



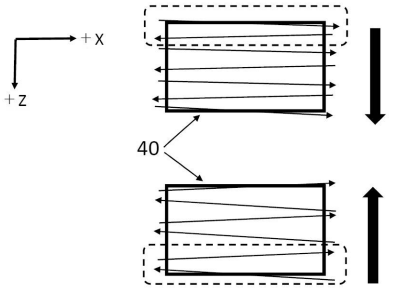
【図１１】



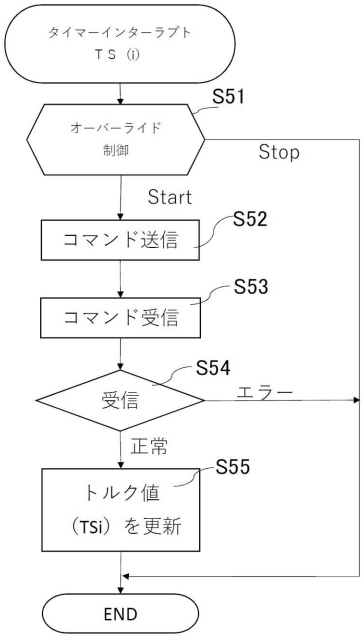
【図１２】



【図１３】



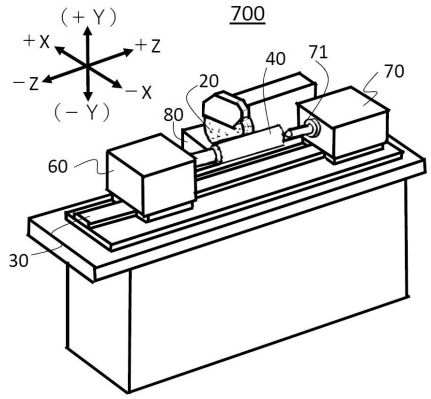
【図１４】



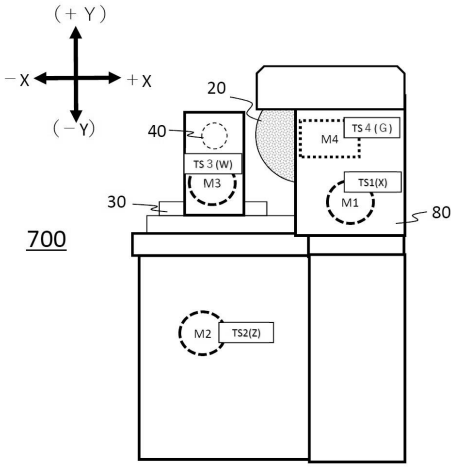
【図１５】

行番号, 時間, オーバライド係数, 軸方向X, 軸方向Y, 軸方向Z, 自動運転, 切削送り, トルク値, オーバライド出力値, , Debug
⋮

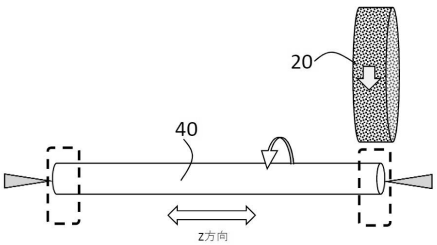
【図１６】



【図１７】



【図１８】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
Ｂ２３Ｑ 17/09 (2006.01) Ｂ２３Ｑ 17/09 Ｈ

(72)発明者 大木 勝
東京都八王子市美山町１２３６ 株式会社塩内

審査官 武市 匡紘

(56)参考文献 特開２０１６－１１２６４９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－０３０３５５（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２８７１１８（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－０２８８６０（ＪＰ，Ａ）
実開平０２－０１９４６３（ＪＰ，Ｕ）
特開昭６２－０１９３４７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２３Ｑ １５／００－１５／２８
Ｂ２４Ｂ ５／００－７／３０
Ｇ０５Ｂ １９／１８－１９／４１６
Ｇ０５Ｂ １６／４２－１９／４６
Ｂ２５Ｊ １／００－２１／０２
Ｈ０２Ｐ ４／００－３１／００