(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4897632号
(P4897632)
(45)発行日　平成24年3月14日(2012.3.14)　(24)登録日　平成24年1月6日(2012.1.6)

(51)Int.Cl.　　F I
G05B 19/4063 (2006.01)　G05B 19/4063 L
G05B 19/18 (2006.01)　G05B 19/18 X
B23Q 17/00 (2006.01)　B23Q 17/00 A
　　B23Q 17/00 D

請求項の数 4　(全 9 頁)

(21)出願番号　特願2007-251114(P2007-251114)
(22)出願日　平成19年9月27日(2007.9.27)
(65)公開番号　特開2009-80752(P2009-80752A)
(43)公開日　平成21年4月16日(2009.4.16)
審査請求日　平成20年7月10日(2008.7.10)

(73)特許権者　390008235
ファナック株式会社
山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地
(74)代理人　100082304
弁理士　竹本　松司
(74)代理人　100088351
弁理士　杉山　秀雄
(74)代理人　100093425
弁理士　湯田　浩一
(74)代理人　100102495
弁理士　魚住　高博
(74)代理人　100112302
弁理士　手島　直彦

最終頁に続く

(54)【発明の名称】衝突検出機能を有する工作機械の制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

機械の可動部を駆動する手段または前記可動部に配置された位置または速度検出器と、前記位置または速度検出器の出力値を記録する記録手段と、前記可動部の衝突を検知する衝突検知手段と、前記記録手段に記録された前記位置または速度検出器の出力値から前記衝突検知手段により特定された衝突検出時およびその前後の時間の加速度を算出する加速度算出手段と、前記算出した加速度と前記可動部の質量とから衝突の負荷を算出する衝突負荷算出手段と、前記算出した負荷とあらかじめ設定された基準値とを比較し、衝撃の大きさを判定するとともに、衝突直前の速度とあらかじめ設定された基準速度とを比較して衝突の大きさを判定する判定手段と、前記判定手段の結果を表示する表示手段とを有することを特徴とする工作機械の制御装置。

【請求項２】

前記機械の可動部を駆動する手段はサーボモータであることを特徴とする請求項１記載の工作機械の制御装置。

【請求項３】

前記あらかじめ設定された基準値は可動部の静定格荷重であることを特徴とする請求項１または２のいずれか１つに記載の工作機械の制御装置。

【請求項４】

前記判定手段の結果に基づき、前記可動部の部品交換の要否を判断する判断手段を有することを特徴とする請求項１～３のいずれか１つに記載の工作機械の制御装置。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、工作機械に関し、特に衝突検出機能を有する工作機械の制御装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
工作機械では、作業者の操作ミスにより軸を衝突させてしまう場合があり、その衝突の程度によってはボールネジ、ベアリングなどが損傷し部品の交換が必要になる場合がある。
サーボモータに関する障害発生原因を特定するため、サーボデータを記録し後の機械の障害原因追跡に役立てる技術として特許文献１～３の文献に開示されるものがある。また、サーボデータから機械の異常を検出するものとして特許文献４、５に開示されるものがある。これらの文献に開示される技術は、サーボデータなどを用いて機械の異常を検出するものである。
【０００３】
【特許文献１】特開平６－８６５８０号公報
【特許文献２】特開平８－１１５１１５号公報
【特許文献３】特開２００５－２２１２５８号公報
【特許文献４】特開平５－１１６０９４号公報
【特許文献５】特開２００６－１５４９９８号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
背景技術で説明した技術ではサーボモータの過負荷エラーや誤差過大エラーにより衝突したことがわかるが、それだけでは衝突の程度を正確に判断することができない。そのため、衝突を起こしたとき、早送りで衝突させた場合はボールネジの交換が必要、低速で衝突させた場合は交換する必要は無いなど、衝突したときの状況によって、経験的にボールネジを交換する、しないを判断していた。また、作業者が衝突の様子を的確に表現できない場合などには、保守担当者がボールネジなどの交換が必要かどうか判断できない場合があった。
そこで、本発明の目的は、軸を衝突させてしまったときに、機械の衝突後に衝突の程度を評価し機械の損傷の程度を判断し、機械の部品交換が必要であるか否かの判断をすることが可能な工作機械の制御装置を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
本願の請求項１に係る発明は、機械の可動部を駆動する手段または前記可動部に配置された位置または速度検出器と、前記位置または速度検出器の出力値を記録する記録手段と、前記可動部の衝突を検知する衝突検知手段と、前記記録手段に記録された前記位置または速度検出器の出力値から前記衝突検知手段により特定された衝突検出時およびその前後の時間の加速度を算出する加速度算出手段と、前記算出した加速度と前記可動部の質量とから衝突の負荷を算出する衝突負荷算出手段と、前記算出した負荷とあらかじめ設定された基準値とを比較し、衝撃の大きさを判定するとともに、衝突直前の速度とあらかじめ設定された基準速度とを比較して衝突の大きさを判定する判定手段と、前記判定手段の結果を表示する表示手段とを有することを特徴とする工作機械の制御装置である。
【０００６】
請求項２に係る発明は、前記機械の可動部を駆動する手段はサーボモータであることを特徴とする請求項１記載の工作機械の制御装置である。
請求項３に係る発明は、前記あらかじめ設定された基準値は可動部の静定格荷重であることを特徴とする請求項１または２のいずれか１つに記載の工作機械の制御装置である。
請求項４に係る発明は、前記判定手段の結果に基づき、前記可動部の部品交換の要否を

判断する判断手段を有することを特徴とする請求項１～３のいずれか１つに記載の工作機械の制御装置である。

【発明の効果】

【０００７】

本発明により、従来作業者の経験に頼っていた衝突したときの機械の部品交換の要否を、機械の衝突後に衝突の程度を評価して機械の損傷の程度を判断し、機械の部品交換の要否を判断することにより、的確な機械の部品交換が可能となった。

本発明の衝突により機械に作用した力を表示することにより、機械の使用者は、衝突箇所と本提案による衝突により作用した力の表示により、衝突による力が影響を及ぼす箇所の破損を評価することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００８】

以下、本発明を工作機械の制御装置として数値制御装置に適用したときの例をとって説明する。

図１は本発明の一実施形態の要部ブロック図である。ＣＰＵ２１は数値制御を実行する制御装置１を全体的に制御するプロセッサである。ＣＰＵ２１は、ＲＯＭ２２に格納されたシステムプログラムをバス７０を介して読み出し、該システムプログラムにしたがって制御装置全体を制御する。ＲＡＭ２３には一時的な計算データや表示データ及び液晶などで構成される表示器とキーボードなどで構成される手動入力手段とからなる表示器／ＭＤＩユニット２９を介してオペレータが入力した各種データが格納される。ＣＭＯＳ２４は図示しないバッテリでバックアップされ、制御装置１の電源がオフにされても記憶状態が保持される不揮発性メモリとして構成される。ＣＭＯＳ２４中には、インタフェース２５を介して読み込まれた加工プログラムや表示器／ＭＤＩユニット２９などを介して入力された加工プログラムなどが記憶される。また、ＲＯＭ２２には各種システムプログラムがあらかじめ格納されている。

【０００９】

インタフェース２５は、制御装置１と外部機器との接続を可能とするものである。ＰＭＣ（プログラマブル・マシン・コントローラ）２６は、制御装置１に内蔵されたシーケンスプログラムで制御対象物である工作機械の補助装置（例えば、工具交換装置のアクチュエータなど）にＩ／Ｏユニット２７を介して信号を出力し制御する。また、制御装置１で制御される制御対象である工作機械の本体に配備された操作盤の各種スイッチなどの信号を受け、必要な信号処理を施した後、ＣＰＵ２１に渡す。

【００１０】

各軸の軸制御回路３０～３２はＣＰＵ２１からの各軸の移動指令を受けて、各軸の指令をサーボアンプ４０～４２に出力する。サーボアンプ４０～４２はこの指令を受けて、機械（制御対象物）の各軸被駆動体のサーボモータ５０～５２を駆動する。各軸のサーボモータ５０～５２は位置・速度検出器６０～６２を内蔵し、この位置・速度検出器６０～６２からの位置・速度フィードバック信号６０ａ～６２ａを軸制御回路３０～３２にフィードバックし、各軸制御回路３０～３２で位置・速度のフィードバック制御を行なう。この軸制御回路３０～３２はプロセッサとＲＯＭ、ＲＡＭなどで構成され、位置、速度、さらには電流フィードバック制御を行い、各軸のサーボモータ５０～５２の位置、速度、電流を制御し、各軸サーボモータ５０～５２で駆動される図示しない被駆動体（ワーク、テーブルや工具軸）の位置、速度を制御する。

【００１１】

なお、位置・速度検出器６０～６２を各軸のサーボモータにそれぞれ取り付けるのではなく、図示しない前記被駆動体に取り付けて、直接被駆動体の位置、速度を検出しフィードバックする構成としてもよい。また、図１では主軸を駆動する制御系については記載を省略している。

【００１２】

そして、位置・速度検出器６０～６２からのフィードバック信号６０ａ～６２ａの信号

の位置または速度信号のうち少なくとも一方を、過去数秒間程度も参照できるように時間とともに常に不揮発性メモリであるＣＭＯＳ２４ないし揮発性メモリであるＲＡＭ（軸制御回路を構成するＲＡＭないしＲＡＭ２３）に記録する。過去数秒間程度参照できるようにするために、位置・速度検出器６０～６２からの信号を前記メモリに常に上書きしながら記録し、衝突に起因するアラームが発生した場合、上書き用の記録装置に記録されているデータを別の記録装置にコピーする方法、もしくは、上書きを停止する方法などがある。そして、当該記録した信号を用いて、過負荷アラームや誤差過大アラームが発生した場合、衝突の前後の位置・速度検出装置の信号、および、機械の可動部の質量を用いて、衝突の程度を評価し判断する。

【００１３】

図２は、工作機械の動作時に可動部（テーブルやテーブル積載物など）が主軸などと衝突した時の過去数秒間程度を参照できるように記録された時間と位置との関係を示す図である。図２に示されるように工作機械の動作時に可動部が主軸などと衝突すると（衝突点）、衝突検知手段によりアラームが発生し、前記可動部はある加速度で速度が低下し停止に至る（停止点）。停止点は前記可動部が跳ね返りのない場合と跳ね返りのある場合とで位置がずれることも示している。そして、前記可動部の衝突時の前記加速度は、前記記録した位置・速度検出器６０～６２からの信号に基づいて算出する。位置・速度検出器６２～６２の信号のうち位置信号を利用する場合には２階微分の演算、速度信号を利用する場合には１階微分の演算により加速度を算出する。そして、算出した加速度から、例えば、式Ｆ＝α＊ｍ（Ｆ：衝突時の負荷、α：機械の可動部の衝突時の加速度、ｍ：機械の可動部の質量）によりボールねじや軸受に作用した負荷を求める。

【００１４】

図３は、工作機械を制御する本発明である制御装置の機能ブロックの概略図である。

制御装置として工作機械を制御する数値制御装置を使用した例である。制御装置１は、位置・速度検出手段３（位置・速度検出器６０～６２からのフィードバック信号６０ａ～６２ａ（図１参照））の信号のうち少なくとも位置または速度信号を、衝突時の過去数秒間程度及び衝突後数秒間程度を記録する記録手段１ａ、工作機械の可動部が衝突したことを検知する衝突検知手段１ｂ、記録手段１ａに記録された位置・速度検出手段３からの信号と衝突検知手段１ｂにより特定された衝突検出時およびその前後の加速度を算出する加速度算出手段１ｃと、加速度算出手段１ｃにより算出した加速度と前記可動部の質量とから衝突の負荷を算出する衝突負荷算出手段１ｄと、前記算出した負荷とあらかじめ設定された基準値とを比較し、衝撃の大きさを判定する判定手段１ｅと、前記判定手段の結果を表示する表示手段１ｇの機能を有する。なお、可動部の質量など機械各部の質量に関するデータはあらかじめ登録しておく。また、テーブル上のワークへの加工の進展度合いに応じて質量変動を加味する場合もある。

【００１５】

ここで、判定手段１ｅで実行される衝撃の程度の判定について説明する。判定手段１ｅで判定の根拠とされるパラメータは、衝突時の力またはトルクである。前記力、トルクは、位置・速度検出器の出力値から求めた衝突による加速度（テーブルの加速度やボールネジの角加速度など）、と、可動部の質量（テーブルやテーブル積載物の質量、モータのロータ、ボールねじなどの慣性モーメントなど）とから、数式１によって評価する。

【００１６】

【数１】

$$F = \alpha * m$$

$$T = \ddot{\theta} * I$$

（Ｆ：力、α：加速度、ｍ：質量、Ｔトルク、$\ddot{\theta}$：角加速度、Ｉ：慣性モーメント）　なお、「＊」は乗算を表す記号である。

【００１７】

さらに、判定手段１ｅで実行される衝突の程度の判定に、衝突直前の可動部の速度によ

る評価をして判定することも可能である。
力またはトルクによる評価を項目Ａ、衝突直前の速度による評価を項目Ｂとすると、「表１」に示されるように判定手段１ｅで衝突の程度の判定が行われる。項目Ａの評価について付言すると、例えば、リニアモータ駆動の場合は力「Ｆ」を評価基準とする、ボールネジの場合はトルク「Ｔ」を評価基準とする、テーブルに衝突された部品の場合は力「Ｆ」およびトルク「Ｔ」を評価基準とする。

【００１８】

【表１】

衝突程度の判定表		
	Ａ　　大	Ａ　　小
Ｂ　　大	重度	重度・軽度
Ｂ　　小	重度	軽度

【００１９】
図４は図３で説明した制御装置に可動部の部品交換の要否を判断する判断手段１ｆを付加した機能ブロックの概略図である。衝突負荷算出手段１ｄで算出した負荷がボールネジや軸受の静定格荷重より大きい場合、致命的な衝突とし、表示手段１ｇの表示画面にボールネジ、もしくは、軸受の交換を促す警告を表示する。また、必要に応じて衝突直前の速度を考慮しより正確な評価を行う。ここで、静定格荷重とは、最大荷重を受けている転動体と軌道との接触部中央における次の計算上の接触応力を生じさせる静荷重をいう。
玉軸受：４２０００ＭＰａ、ころ軸受：４０００ＭＰａ
この接触部において転動体の永久変形と軌道の永久変形との和は、転動体の直径のほぼ０．０００１倍となる。

【００２０】
工作機械において、機械が衝突した場合、高い確率で破損し交換が必要となる部品としては、主軸やボールネジを支持するベアリング、ＬＭガイド、および、ジグの機器などがある。それらの部材の中で、本発明により直接作用した力を求めることができるのは、衝突の原因となる動作をしていたボールネジおよびそのボールネジを支持するベアリングのみであるが、相手側の衝突箇所にも動作した側と同等の力が作用すると考えることができる。

【００２１】
そこで、衝突により機械に作用した力を表示することにより、機械の使用者は、衝突箇所と本提案による衝突により作用した力の表示により、衝突による力が影響を及ぼす箇所の破損を評価することができる。この場合の力の表示は具体的な数値の場合だけでなく、破損を引き起こすのに十分な力を重度、破損したかどうかを不明瞭な場合を中度、破損の可能性がほとんどない場合を軽度というように、おおよその目安の表示でもよい。

【００２２】
次に部品交換の要否の判断について説明する。
図５に示すように、テーブルに固定されたテーブルの積載物であるワーク１２が、主軸に取り付けられたツール８に衝突した場合を考える。この衝突において、例えば、テーブルを駆動するボールネジ（Ｘ軸のボールネジ）、その支持ベアリング、主軸、主軸頭を支持するＬＭガイドが破損するので、それらの部品の交換の要否を判断する事例について説明する。
（１）ボールネジおよびボールネジの支持ベアリングに作用する負荷について。
図５に示されるような衝突が起きたとき、ボールネジの軸には図６のようなトルクが作用する。衝突によってボールネジ、および、モータのロータの回転が減速される。その減速時の角加速度を位置・速度検出器の出力値から求める。衝突によりボールネジに作用したトルクは、ボールネジ及びモータのロータを減速するので、ボールネジとモータの回転モーメント、角加速度、および、ボールネジのリードから、ボールネジに作用した力（ボ

ールネジの軸とナット間に作用した力）を求める。この力とモータがボールネジに加えた力の和がボールネジに作用した負荷を考えることができる。また、ボールネジを支える支持ベアリングにも同様の力が作用する。

【００２３】

【数２】

図６の模式図において、

T_M ：衝突時にモータが出力していたトルク（通常モータの最大トルク、モータの固有値）

$\ddot{\theta}$ ：回転系の角加速度（位置検出器のデータより求める）

I_{BS} ：ボールネジ軸の慣性モーメント（機械の固有値）

I_M ：モータのロータの慣性モーメント（機械の固有値）とし、

$T_{BSCrash}$ ：衝突によりボールネジの軸に作用するトルク

を下記の式により求める。なお、「＊」は乗算を表す記号である。

$$T_{BSCrash} = T_M + \ddot{\theta} * (I_{BS} + I_M)$$

【００２４】

次に、Ｌ：ボールネジのリードを用いて、$F_{BSCrash} = (2\pi / L) T_{BSCrash}$

この$F_{BSCrash}$がボールネジの静定格荷重より大きい場合は交換が必要と判断する。

（２）主軸、および、主軸頭を支持するＬＭガイドに作用する負荷について。

位置検出器からの出力値から可動部（テーブル、テーブル積載物など）の加速度を求め、可動部の質量と加速度から作用した負荷を求める。

図５のような衝突において、α_{Table} ：可動部（テーブルやテーブル積載物などの）加速度、Ｍ ：直線運動する可動部（テーブルやテーブル積載物など）の質量とすると、F_{TCrash} ：直線運動部の衝突により衝突箇所に作用する力を下記の式により求めることができる。$F_{TCrash} = M \cdot \alpha_{Table}$、また、（１）で求めた$F_{BSCrash}$ の反作用の力がテーブルに作用しているので、F_{TCrash} と $F_{BSCrash}$の和が衝突箇所に作用した力となり、F_{Crash} ：衝突箇所に作用した力は$F_{Crash} = F_{TCrash} + F_{BSCrash}$のようになる。

【００２５】

このF_{Crash}の値を表示することにより、機械の使用者がF_{Crash}と衝突の状況（何がどこに、どの方向から衝突したかなど）から部品の交換の要否を判断する。なお、上記の例では簡易化のために、構造部材は剛体と考え構造部材の変形は考慮していないが、必要に応じて、構造部材の変形を考慮するとよい。

【００２６】

本発明は上述したように、主軸、ボールネジ、主軸やボールネジを支持するベアリング、ＬＭガイド、ジグなどに加わった力を求めることができるので、ボールネジを用いる工作機械だけでなく、リニアモータ駆動の工作機械にも適用することが可能である。

なお、本発明における衝突検知機能を実現するためには少なくとも位置検出器または速度検出器の一方の検出器からの信号を用いればよく、どちらか一方の検出器を配置ことで充分である。

【図面の簡単な説明】

【００２７】

【図１】本発明の工作機械の制御装置の一実施形態の要部ブロック図である。

【図２】位置検出器の測定データの模式図である。

【図３】本発明の工作機械を制御する制御装置の機能ブロックの概略図である。

【図４】図３で説明した制御装置に可動部の部品交換の要否を判断する判断手段１ｆを付加した機能ブロックの概略図である。

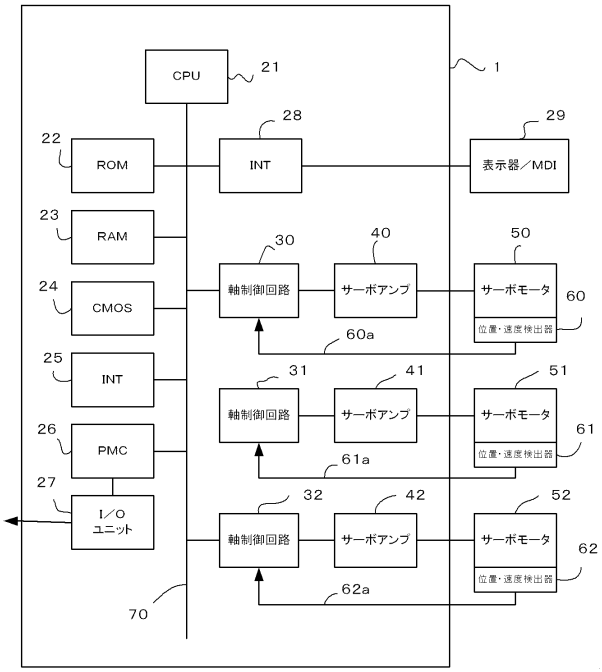
【図５】主軸９とワーク１２との衝突の一例を表す図である。

【図６】図５で示した衝突時の回転系にかかるトルクの状態を示す模式図である。

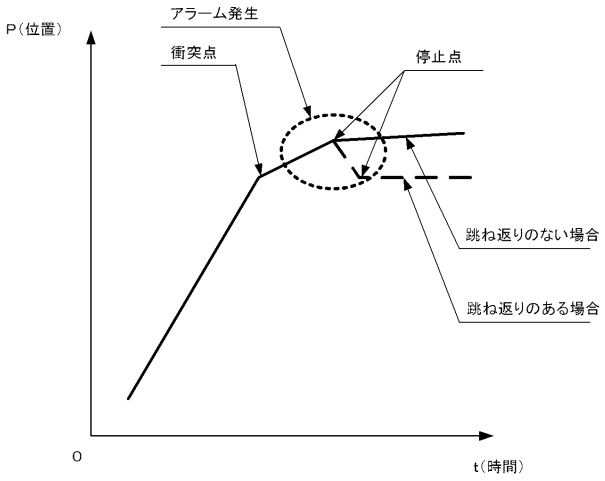
【符号の説明】

【００２８】
１　制御装置
２　モータ
３　位置・速度検出手段
４　ボールねじ（ナット）
５　ボールねじ（軸）
６　支持ベアリング
７ａ、７ｂ　ＬＭガイド
８　ツール
９　主軸
１０　主軸頭
１１　テーブル
１２　ワーク
５０，５１，５２　サーボモータ
６０，６１，６２　位置・速度検出器
６０ａ，６１ａ，６２ａ　位置・速度検出信号

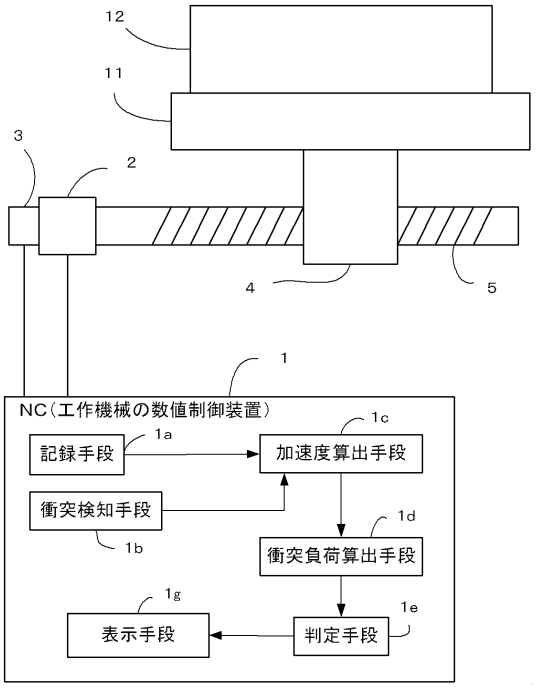
【図１】



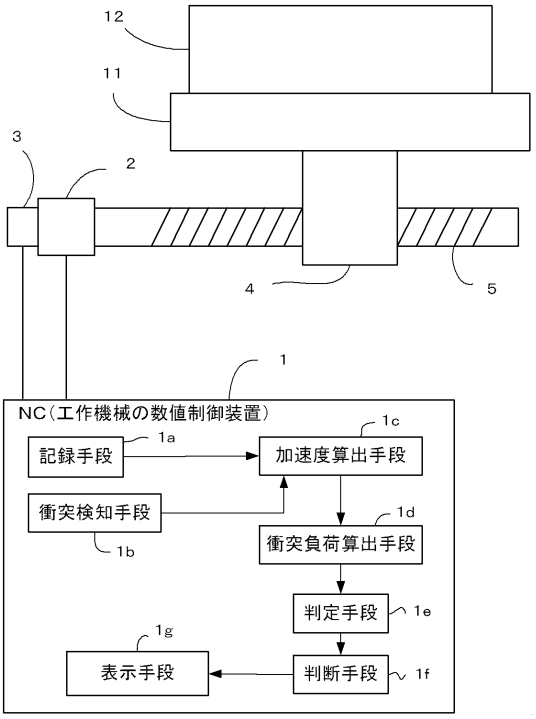
【図２】



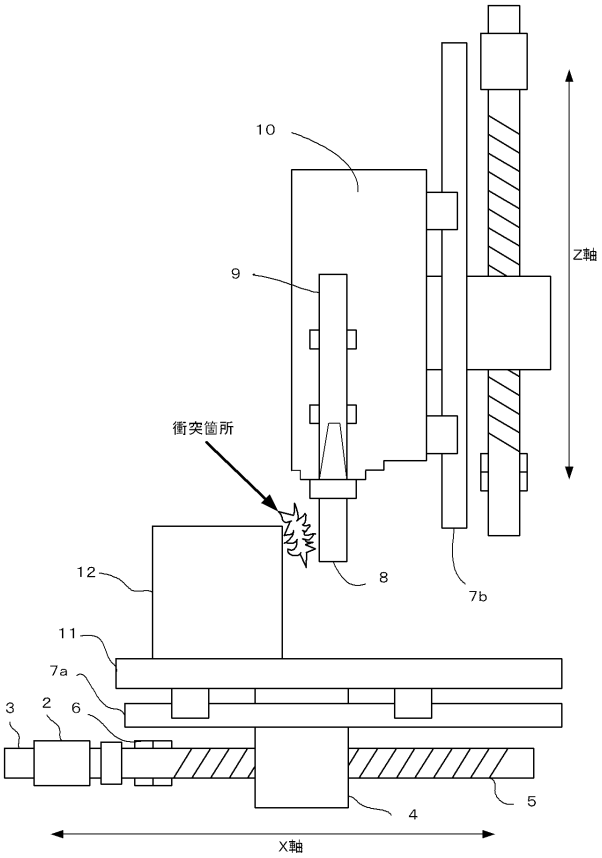
【図３】


12
11
3
2
4
5
1
NC（工作機械の数値制御装置）
1c
記録手段
1a
加速度算出手段
衝突検知手段
1b
1d
衝突負荷算出手段
1g
表示手段
判定手段
1e

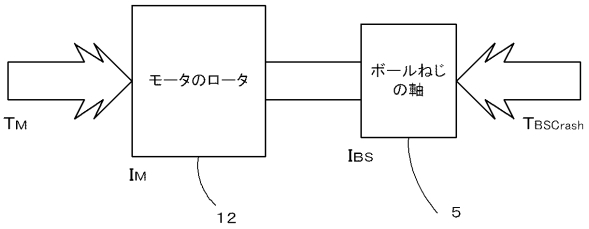
【図４】


12
11
3
2
4
5
1
NC（工作機械の数値制御装置）
1c
記録手段
1a
加速度算出手段
衝突検知手段
1b
1d
衝突負荷算出手段
判定手段
1e
1g
表示手段
判断手段
1f

【図５】


10
9
Z軸
衝突箇所
8
7b
12
11
7a
3
2
6
4
5
X軸

【図６】


モータのロータ
ボールねじの軸
TM
TBSCrash
IM
IBS
12
5

フロントページの続き

(74)代理人　100152124
弁理士　白石　光男
(72)発明者　稲口　雄三
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地　ファナック株式会社内
(72)発明者　佐藤　直樹
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地　ファナック株式会社内

審査官　林　茂樹

(56)参考文献　特開２００３－２３６７８７（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２２９２９３（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－２６０２９８（ＪＰ，Ａ）
特開平０９－０８１２１５（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－０８６５８０（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１１５１１５（ＪＰ，Ａ）
特開２００５－２２１２５８（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１１６０９４（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－１５４９９８（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０５Ｂ　１９／１８～１９／４１６
Ｂ２３Ｑ　１７／００