

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7276631号
(P7276631)

(45)発行日 令和5年5月18日(2023.5.18)

(24)登録日 令和5年5月10日(2023.5.10)

(51)国際特許分類		F I		
B 2 3 Q	17/09 (2006.01)	B 2 3 Q	17/09	C
G 0 5 B	19/18 (2006.01)	G 0 5 B	19/18	X
G 0 5 B	19/4155(2006.01)	G 0 5 B	19/4155	V

請求項の数 13 (全23頁)

(21)出願番号	特願2022-576538(P2022-576538)	(73)特許権者	000002130 住友電気工業株式会社
(86)(22)出願日	令和4年8月8日(2022.8.8)		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/030298	(74)代理人	110000280 弁理士法人サンクレスト国際特許事務所
審査請求日	令和4年12月21日(2022.12.21)	(72)発明者	岩崎 類 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内
早期審査対象出願		審査官	城野 祐希

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 異常検知システム、異常検知装置、異常検知方法、及びコンピュータプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

工作機械に取り付けられた工具の異常を検知する異常検知システムであって、
前記工作機械が前記工具によって加工対象物を加工している間に前記工具に発生する歪みを計測する歪みセンサと、
前記歪みセンサの計測データに基づいて前記工具の異常を検知する異常検知装置と、
を備え、
前記異常検知装置は、
前記歪みセンサの計測データに基づく対象データを入力とし、前記対象データの分類結果を出力とする機械学習済みモデルである分類部と、
前記分類部による前記対象データの分類結果に基づいて、前記工具の異常を検知する異常検知部と、
前記異常検知部による検知結果を出力する出力部と、
を含み、
前記機械学習済みモデルは、前記工具による加工初期から異常発生点より前の学習期間における前記歪みセンサの計測データである学習データを用いて構築される、
異常検知システム。

【請求項2】

前記歪みセンサは、前記工具に取り付けられている、
請求項1に記載の異常検知システム。

【請求項 3】

前記工具は、旋削工具または転削工具を含む切削工具であり、
前記切削工具は、前記歪みセンサと、前記歪みセンサの計測データを無線送信する無線通信部とを備える、
請求項 2 に記載の異常検知システム。

【請求項 4】

前記分類部は、1 クラス分類を行う 1 クラス分類部であり、
前記異常検知部は、前記 1 クラス分類において生成される異常度に基づいて、前記工具の異常を検知する、
請求項 1 に記載の異常検知システム。

10

【請求項 5】

前記異常検知部は、前記異常度を複数の閾値と比較することにより前記対象データの多クラス分類を行い、前記多クラス分類の結果に基づいて前記工具の異常を検知する、
請求項 4 に記載の異常検知システム。

【請求項 6】

前記異常検知部は、前記異常度を第 1 閾値及び第 2 閾値と比較することにより、前記対象データを正常状態、異常直前状態、及び異常状態に分類する、
請求項 5 に記載の異常検知システム。

【請求項 7】

前記出力部は、前記異常検知部によって前記対象データが異常状態に分類された場合に、前記工具が異常であることを通知するための情報を出力する、
請求項 6 に記載の異常検知システム。

20

【請求項 8】

前記出力部は、前記異常検知部によって前記対象データが異常直前状態に分類された場合に、前記工具の異常発生が予測されることを通知するための情報を出力する、
請求項 6 に記載の異常検知システム。

【請求項 9】

前記対象データを正常状態と異常直前状態との間で区別するための第 1 閾値は、前記工具が異常となる直前の前記歪みセンサによる計測データに基づく対象データに基づいて決定される、
請求項 6 に記載の異常検知システム。

30

【請求項 10】

前記異常検知装置は、前記加工対象物の切削と非切削とを繰り返す断続加工工程における前記工具の歪みの計測データに基づいて、前記工具の異常を検知する、
請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の異常検知システム。

【請求項 11】

工作機械に取り付けられた工具の異常を検知する異常検知装置であって、
前記工作機械が前記工具によって加工対象物を加工している間に前記工具に発生する歪みを計測する歪みセンサから出力された計測データに基づく対象データを取得する取得部と、

40

前記取得部によって取得された前記対象データを入力とし、前記対象データの分類結果を出力とする機械学習済みモデルである分類部と、

前記分類部による前記対象データの分類結果に基づいて、前記工具の異常を検知する異常検知部と、

前記異常検知部による検知結果を出力する出力部と、
を備え、

前記機械学習済みモデルは、前記工具による加工初期から異常発生点より前の学習期間における前記歪みセンサの計測データである学習データを用いて構築される、

異常検知装置。

【請求項 12】

50

工作機械に取り付けられた工具の異常を検知する異常検知装置によって実行される異常検知方法であって、

前記工作機械が前記工具によって加工対象物を加工している間に前記工具に発生する歪みを計測する歪みセンサから出力された計測データに基づく対象データを取得するステップと、

取得された前記対象データを入力とし、前記対象データの分類結果を出力とする機械学習済みモデルである分類部によって前記対象データを分類するステップと、

前記分類部による前記対象データの分類結果に基づいて、前記工具の異常を検知するステップと、

前記工具の異常の検知結果を出力するステップと、

を含み、

前記機械学習済みモデルは、前記工具による加工初期から異常発生点より前の学習期間における前記歪みセンサの計測データである学習データを用いて構築される、

異常検知方法。

【請求項 13】

工作機械に取り付けられた工具の異常を検知するためのコンピュータプログラムであって、

コンピュータに、

前記工作機械が前記工具によって加工対象物を加工している間に前記工具に発生する歪みを計測する歪みセンサから出力された計測データに基づく対象データを取得するステップと、

取得された前記対象データを入力とし、前記対象データの分類結果を出力とする機械学習済みモデルである分類部を用いて前記対象データを分類するステップと、

前記分類部による前記対象データの分類結果に基づいて、前記工具の異常を検知するステップと、

前記工具の異常の検知結果を出力するステップと、

を実行させ、

前記機械学習済みモデルは、前記工具による加工初期から異常発生点より前の学習期間における前記歪みセンサの計測データである学習データを用いて構築される、

コンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、異常検知システム、異常検知装置、異常検知方法、及びコンピュータプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、工作機械に取り付けられた工具の異常を検知する異常検知装置が開示されている。特許文献1に開示された異常検知装置は、工具の振動情報、切削力情報、音情報、主軸負荷、モータ電流、電力値の各測定データを1クラスSVM法で学習して、正常モデルを作成し、正常モデル作成後の加工時に測定データを取得しながら、正常モデルに基づいて、測定データが正常か異常かを診断する。異常検知装置はさらに、異常と診断された測定データについて、インバリエント解析などの1クラスSVM法とは異なる方法で再診断を行う。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2018-024055号公報

【発明の概要】

【0004】

10

20

30

40

50

本開示の一態様に係る異常検知システムは、工作機械に取り付けられた工具の異常を検知する異常検知システムであって、前記工作機械が前記工具によって加工対象物を加工している間に前記工具に発生する歪みを計測する歪みセンサと、前記歪みセンサの計測データに基づいて前記工具の異常を検知する異常検知装置と、を備え、前記異常検知装置は、前記歪みセンサの計測データに基づく対象データを入力とし、前記対象データの分類結果を出力とする機械学習済みモデルである分類部と、前記分類部による前記対象データの分類結果に基づいて、前記工具の異常を検知する異常検知部と、前記異常検知部による検知結果を出力する出力部と、を含む。

【0005】

本開示は、上記のような特徴的な構成を備える異常検知システムとして実現することができるだけでなく、異常検知システムに含まれる異常検知装置として実現したり、異常検知システムにおける特徴的な処理をステップとする異常検知方法として実現したりすることができる。本開示は、コンピュータを異常検知装置として機能させるコンピュータプログラムとして実現したり、異常検知装置の一部又は全部を半導体集積回路として実現したりすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0006】

【図1】図1は、実施形態に係る異常検知システムの全体構成の一例を示す図である。

【図2A】図2Aは、実施形態に係る切削工具の構成の一例を示す図である。

【図2B】図2Bは、実施形態に係る切削工具の構成の他の例を示す図である。

【図2C】図2Cは、実施形態に係る切削工具の構成の他の例を示す図である。

【図2D】図2Dは、実施形態に係る切削工具の構成の他の例を示す図である。

【図3】図3は、実施形態に係るセンサモジュールの構成の一例を示す図である。

【図4】図4は、実施形態に係る異常検知装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

【図5】図5は、実施形態に係る異常検知装置の機能の一例を示す機能ブロック図である。

【図6】図6は、切削工具の歪みの時系列の波形の一例を示すグラフである。

【図7】図7は、断続加工工程に用いられる加工対象物の一例を示す図である。

【図8A】図8Aは、断続加工工程における切削工具の歪みの時系列の波形の一例を示すグラフである。

【図8B】図8Bは、断続加工工程における切削工具の歪みの時系列の波形の他の例を示すグラフである。

【図9】図9は、1クラス分類器の学習期間の一例を説明するためのグラフである。

【図10】図10は、局所外れ値因子の概要を模式的に示した図である。

【図11】図11は、異常通知画面の一例を示す図である。

【図12】図12は、異常予測画面の一例を示す図である。

【図13】図13は、実施形態に係る異常検知装置による異常検知処理の一例を示すフローチャートである。

【図14】図14は、対象データの分類処理の一例を示すフローチャートである。

【図15】図15は、多クラス分類器の学習期間の一例を説明するためのグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0007】

<本開示が解決しようとする課題>

特許文献1に開示された異常検知装置では、工具の振動を測定する振動センサを用いているが、振動センサは工具から離れた主軸の振動を計測するため、工具の異常を検知するために有用な振動情報を正確に得ることが難しい。

【0008】

<本開示の効果>

本開示によれば、工作機械に取り付けられた工具の状態を正確に反映した情報を用いて工具の異常を検知することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

< 本開示の実施形態の概要 >

以下、本開示の実施形態の概要を列記して説明する。

【 0 0 1 0 】

(1) 本実施形態に係る異常検知システムは、工作機械に取り付けられた工具の異常を検知する異常検知システムであって、前記工作機械が前記工具によって加工対象物を加工している間に前記工具に発生する歪みを計測する歪みセンサと、前記歪みセンサの計測データに基づいて前記工具の異常を検知する異常検知装置と、を備え、前記異常検知装置は、前記歪みセンサの計測データに基づく対象データを入力とし、前記対象データの分類結果を出力とする機械学習済みモデルである分類部と、前記分類部による前記対象データの分類結果に基づいて、前記工具の異常を検知する異常検知部と、前記異常検知部による検知結果を出力する出力部と、を含む。これにより、工具の状態を正確に反映した情報である工具の歪みを用いて工具の異常を検知することができる。

10

【 0 0 1 1 】

(2) 上記(1)において、前記歪みセンサは、前記工具に取り付けられていてもよい。これにより、歪みセンサによって工具の歪みを直接計測することができる。

【 0 0 1 2 】

(3) 上記(2)において、前記工具は、旋削工具または転削工具を含む切削工具であり、前記歪みセンサと、前記歪みセンサの計測データを無線送信する無線通信部とが前記切削工具に取り付けられていてもよい。これにより、工具自体が回転しない旋削工具または工具自体が回転する転削工具に歪みセンサが取り付けられ、無線によって計測データを送信することができる。

20

【 0 0 1 3 】

(4) 上記(1)から(3)のいずれか1つにおいて、前記分類部は、1クラス分類を行う1クラス分類部であり、前記異常検知部は、前記1クラス分類において生成される異常度に基づいて、前記工具の異常を検知してもよい。これにより、教師なし学習によって構築される1クラス分類部を用いて、工具の異常を検知することができる。

【 0 0 1 4 】

(5) 上記(4)において、前記異常検知部は、前記異常度を複数の閾値と比較することにより前記対象データの多クラス分類を行い、前記多クラス分類の結果に基づいて前記工具の異常を検知してもよい。これにより、対象データの多クラス分類の結果を用いて、工具の異常を正確に検知することができる。

30

【 0 0 1 5 】

(6) 上記(5)において、前記異常検知部は、前記異常度を第1閾値及び第2閾値と比較することにより、前記対象データを正常状態、異常直前状態、及び異常状態に分類してもよい。これにより、異常度を用いて対象データを細かく分類することができる。

【 0 0 1 6 】

(7) 上記(6)において、前記出力部は、前記異常検知部によって前記対象データが異常状態に分類された場合に、前記工具が異常であることを通知するための情報を出力してもよい。これにより、ユーザに工具の異常を通知することができる。

40

【 0 0 1 7 】

(8) 上記(6)において、前記出力部は、前記異常検知部によって前記対象データが異常直前状態に分類された場合に、前記工具の異常発生が予測されることを通知するための情報を出力してもよい。これにより、ユーザに工具の異常発生が予測されることを通知することができる。

【 0 0 1 8 】

(9) 上記(6)から(8)のいずれか1つにおいて、前記対象データを正常状態と異常直前状態との間で区別するための第1閾値は、前記工具が異常となる直前の前記歪みセンサによる計測データに基づく対象データに基づいて決定されてもよい。これにより、実測されたデータに基づいて決定された第1閾値によって、工具が正常状態であるか異常

50

直前の状態であるかを正確に区別することができる。

【 0 0 1 9 】

(1 0) 上記 (1) から (9) のいずれか 1 つにおいて、前記異常検知装置は、前記加工対象物の切削と非切削とを繰り返す断続加工工程における前記工具の歪みの計測データに基づいて、前記工具の異常を検知してもよい。断続加工工程では、加工対象物の切削が連続して行われる連続加工工程に比べて工具の状態が歪みに表れやすい。したがって、工具の異常を正確に検知することができる。

【 0 0 2 0 】

(1 1) 本実施形態に係る異常検知装置は、工作機械に取り付けられた工具の異常を検知する異常検知装置であって、前記工作機械が前記工具によって加工対象物を加工している間に前記工具に発生する歪みを計測する歪みセンサから出力された計測データに基づく対象データを取得する取得部と、前記取得部によって取得された前記対象データを入力とし、前記対象データの分類結果を出力とする機械学習済みモデルである分類部と、前記分類部による前記対象データの分類結果に基づいて、前記工具の異常を検知する異常検知部と、前記異常検知部による検知結果を出力する出力部と、を備える。これにより、工具の状態を正確に反映した情報である工具の歪みを用いて工具の異常を検知することができる。

10

【 0 0 2 1 】

(1 2) 本実施形態に係る異常検知方法は、工作機械に取り付けられた工具の異常を検知する異常検知装置によって実行される異常検知方法であって、前記工作機械が前記工具によって加工対象物を加工している間に前記工具に発生する歪みを計測する歪みセンサから出力された計測データに基づく対象データを取得するステップと、取得された前記対象データを入力とし、前記対象データの分類結果を出力とする機械学習済みモデルである分類部によって前記対象データを分類するステップと、前記分類部による前記対象データの分類結果に基づいて、前記工具の異常を検知するステップと、前記工具の異常の検知結果を出力するステップと、を含む。これにより、工具の状態を正確に反映した情報である工具の歪みを用いて工具の異常を検知することができる。

20

【 0 0 2 2 】

(1 3) 本実施形態に係るコンピュータプログラムは、工作機械に取り付けられた工具の異常を検知するためのコンピュータプログラムであって、コンピュータに、前記工作機械が前記工具によって加工対象物を加工している間に前記工具に発生する歪みを計測する歪みセンサから出力された計測データに基づく対象データを取得するステップと、取得された前記対象データを入力とし、前記対象データの分類結果を出力とする機械学習済みモデルである分類部を用いて前記対象データを分類するステップと、前記分類部による前記対象データの分類結果に基づいて、前記工具の異常を検知するステップと、前記工具の異常の検知結果を出力するステップと、を実行させる。これにより、工具の状態を正確に反映した情報である工具の歪みを用いて工具の異常を検知することができる。

30

【 0 0 2 3 】

< 本開示の実施形態の詳細 >

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態の詳細を説明する。なお、以下に記載する実施形態の少なくとも一部を任意に組み合わせてもよい。

40

【 0 0 2 4 】

[1 . 異常検知システム]

図 1 は、本実施形態に係る異常検知システムの全体構成の一例を示す図である。異常検知システム 1 0 は、工作機械 2 0 の切削工具 3 0 の異常を検知する。切削工具 3 0 は、工作機械 2 0 に取り付けられる。工作機械 2 0 は、切削工具 3 0 を用いて加工対象物を切削加工する。ここでいう「切削加工」は、回転する加工対象物を切削工具 3 0 によって切削する「旋削加工」、及び、固定された加工対象物を、回転する切削工具 3 0 によって切削する「転削加工」を含む。工作機械 2 0 は、旋盤等の旋削機械であってもよく、フライス盤等の転削機械であってもよい。

50

【 0 0 2 5 】

異常検知システム 1 0 は、切削工具 3 0 と、無線機 2 0 0 と、異常検知装置 3 0 0 とを含む。無線機 2 0 0 は、異常検知装置 3 0 0 に例えば有線で接続されている。無線機 2 0 0 は、たとえばアクセスポイントである。

【 0 0 2 6 】

切削工具 3 0 は、センサモジュール 1 0 0 を備える。後述するように、センサモジュール 1 0 0 は、センサを含む。

【 0 0 2 7 】

なお、異常検知システム 1 0 は、1 つの切削工具 3 0 を備える構成に限らず、複数の切削工具 3 0 を備えてもよい。

【 0 0 2 8 】

切削工具 3 0 は、センサモジュール 1 0 0 におけるセンサの計測結果を時系列で異常検知装置 3 0 0 へ送信する。

【 0 0 2 9 】

より詳細には、切削工具 3 0 は、計測値を格納したパケットを含む無線信号を無線機 2 0 0 へ無線送信する。

【 0 0 3 0 】

無線機 2 0 0 は、切削工具 3 0 から受信した無線信号に含まれるパケットを取得して異常検知装置 3 0 0 へ中継する。

【 0 0 3 1 】

異常検知装置 3 0 0 は、無線機 2 0 0 経由で切削工具 3 0 からセンサパケットを受信すると、受信したセンサパケットから計測情報を取得し、取得した計測情報を処理する。

【 0 0 3 2 】

切削工具 3 0 及び無線機 2 0 0 は、例えば、IEEE 8 0 2 . 1 5 . 4 に準拠した ZigBee (登録商標)、IEEE 8 0 2 . 1 5 . 1 に準拠した Bluetooth (登録商標) 及び IEEE 8 0 2 . 1 5 . 3 a に準拠した UWB (Ultra Wide Band) 等の通信プロトコルを用いた無線による通信を行う。なお、切削工具 3 0 及び無線機 2 0 0 間において、上記以外の通信プロトコルが用いられてもよい。

【 0 0 3 3 】

[2 . 切削工具の具体例]

図 2 A は、本実施形態に係る切削工具の構成の一例を示す図である。

【 0 0 3 4 】

切削工具 3 0 の一例である旋削工具 3 0 A は、回転する加工対象物の加工に用いられる旋削加工用の工具であり、旋盤等の工作機械に取り付けられる。旋削工具 3 0 A は、切削部 3 1 A と、切削部 3 1 A に設けられたセンサモジュール 1 0 0 とを含む。

【 0 0 3 5 】

例えば、切削部 3 1 A は、切刃を有する切削インサート 3 2 を取り付け可能である。具体的には、切削部 3 1 A は、切削インサート 3 2 を保持するシャンクである。すなわち、旋削工具 3 0 A は、いわゆるスローアウェイバイトである。

【 0 0 3 6 】

より詳細には、切削部 3 1 A は、固定用部材 3 3 A , 3 3 B を含む。固定用部材 3 3 A , 3 3 B は、切削インサート 3 2 を保持する。

【 0 0 3 7 】

切削インサート 3 2 は、例えば、上面視で三角形、正方形、ひし形、及び五角形等の多角形状である。切削インサート 3 2 は、例えば、上面の中央において貫通孔が形成され、固定用部材 3 3 A , 3 3 B により切削部 3 1 A に固定される。

【 0 0 3 8 】

図 2 B は、本実施形態に係る切削工具の構成の他の例を示す図である。

【 0 0 3 9 】

切削工具 3 0 の一例である旋削工具 3 0 B は、旋削加工用の工具であり、旋盤等の工作

10

20

30

40

50

機械に取り付けられる。旋削工具 3 0 B は、切削部 3 1 B と、切削部 3 1 B に設けられたセンサモジュール 1 0 0 とを含む。

【 0 0 4 0 】

例えば、切削部 3 1 B は、切刃 3 4 を有する。すなわち、旋削工具 3 0 B は、むくバイトまたはろう付けバイトである。

【 0 0 4 1 】

図 2 C は、本実施形態に係る切削工具の構成の他の例を示す図である。図 2 C は、切削工具の断面図を示している。

【 0 0 4 2 】

切削工具 3 0 の一例である転削工具 3 0 C は、固定された加工対象物の加工に用いられる転削加工用の工具であり、フライス盤等の工作機械に取り付けられる。転削工具 3 0 C は、切削部 3 1 C と、切削部 3 1 C に設けられたセンサモジュール 1 0 0 とを含む。

10

【 0 0 4 3 】

例えば、切削部 3 1 C は、切刃を有する切削インサート 3 2 を取り付け可能である。具体的には、切削部 3 1 C は、切削インサート 3 2 を保持するホルダである。すなわち、転削工具 3 0 C は、いわゆるフライスである。

【 0 0 4 4 】

より詳細には、切削部 3 1 C は、複数の固定用部材 3 3 C を含む。固定用部材 3 3 C は、切削インサート 3 2 を保持する。

【 0 0 4 5 】

切削インサート 3 2 は、固定用部材 3 3 C により切削部 3 1 C に固定される。

20

【 0 0 4 6 】

図 2 D は、本実施形態に係る切削工具の構成の他の例を示す図である。

【 0 0 4 7 】

切削工具 3 0 の一例である転削工具 3 0 D は、転削加工用の工具であり、フライス盤等の工作機械に取り付けられる。転削工具 3 0 D は、切削部 3 1 D と、切削部 3 1 D に設けられたセンサモジュール 1 0 0 とを含む。

【 0 0 4 8 】

例えば、切削部 3 1 D は、切刃 3 5 を有する。すなわち、転削工具 3 0 D は、エンドミルである。

30

【 0 0 4 9 】

[3 . センサモジュール]

図 3 は、本実施形態に係るセンサモジュールの構成の一例を示す図である。

【 0 0 5 0 】

センサモジュール 1 0 0 は、プロセッサ 1 0 1 と、不揮発性メモリ 1 0 2 と、揮発性メモリ 1 0 3 と、通信インタフェース (I / F) 1 0 4 と、歪みセンサ 1 1 0 A , 1 1 0 B とを含む。

【 0 0 5 1 】

揮発性メモリ 1 0 3 は、例えば S R A M (Static Random Access Memory)、D R A M (Dynamic Random Access Memory) 等の揮発性メモリである。不揮発性メモリ 1 0 2 は、例えばフラッシュメモリ、R O M (Read Only Memory) 等の不揮発性メモリである。不揮発性メモリ 1 0 2 には、例えば図示しないコンピュータプログラム及び当該コンピュータプログラムの実行に使用されるデータが格納される。コンピュータプログラムは、歪みセンサ 1 1 0 A , 1 1 0 B の計測値を時系列で送信するためのプログラムである。

40

【 0 0 5 2 】

プロセッサ 1 0 1 は、例えば C P U (Central Processing Unit) である。ただし、プロセッサ 1 0 1 は、C P U に限られない。プロセッサ 1 0 1 は、G P U (Graphics Processing Unit) であってもよい。具体的な一例では、プロセッサ 1 0 1 は、マルチコア G P U である。プロセッサ 1 0 1 は、例えば、A S I C (Application Specific Integrate

50

d Circuit)であってもよいし、ゲートアレイ、FPGA(Field Programmable Gate Array)等のプログラマブルロジックデバイスであってもよい。

【0053】

通信I/F104は、例えば、IEEE 802.15.4に準拠したZigBee、IEEE 802.15.1に準拠したBluetooth及びIEEE 802.15.3aに準拠したUWB等の通信プロトコル用の通信インタフェースである。通信I/F104は、例えば、通信用IC(Integrated Circuit)等の通信回路により実現される。

【0054】

センサモジュール100は、電池105を含む。電池105は、プロセッサ101、不揮発性メモリ102、揮発性メモリ103、通信I/F104、及び歪みセンサ110A、110Bに電力を供給する。

10

【0055】

歪みセンサ110A、110Bは、例えば、切削工具30における切刃の近傍に設けられる。歪みセンサ110A及び110Bは、互いに異なる方向の歪みを計測するように切削工具30に取り付けられる。例えば、歪みセンサ110Aは、切削工具30の長手方向の歪みを計測し、歪みセンサ110Bは、切削工具30の幅方向の歪みを計測する。以下、歪みセンサ110A、110Bを総称して歪みセンサ110ともいう。歪みセンサ110は、センサの一例である。センサは、電池105から供給される電力により駆動される。

【0056】

なお、センサモジュール100は、2つの歪みセンサ110を含む構成に限らず、1つまたは3つ以上の歪みセンサ110を含んでもよい。また、センサモジュール100は、歪みセンサ110の代わりに、又は、歪みセンサ110に加えて、加速度センサ、圧力センサ、音センサ及び温度センサ等の他のセンサを含んでもよい。

20

【0057】

[4. 異常検知装置のハードウェア構成]

図4は、本実施形態に係る異常検知装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

【0058】

異常検知装置300は、プロセッサ301と、不揮発性メモリ302と、揮発性メモリ303と、入出力インタフェース(I/O)304と、グラフィックコントローラ305と、表示装置306とを含む。

30

【0059】

揮発性メモリ303は、例えばSRAM、DRAM等の揮発性メモリである。不揮発性メモリ302は、例えばフラッシュメモリ、ハードディスク、ROM等の不揮発性メモリである。不揮発性メモリ302には、コンピュータプログラムである異常検知プログラム307及び異常検知プログラム307の実行に使用されるデータが格納される。異常検知装置300の各機能は、異常検知プログラム307がプロセッサ301によって実行されることで実現される。異常検知プログラム307は、フラッシュメモリ、ROM、CD-ROMなどの記録媒体に記憶させることができる。

40

【0060】

不揮発性メモリ302には、計測結果データベース(DB)309が設けられている。計測結果DB309は、歪みセンサ110による計測結果を格納する。さらに具体的には、計測結果DB309には、一定のサンプリング周期毎に歪みセンサ110から出力された歪みの計測値が時系列で蓄積される。

【0061】

不揮発性メモリ302には、分類器310が格納されている。分類器310は、機械学習済みモデルであり、分類部の一例である。分類器310については後述する。

【0062】

プロセッサ301は、例えばCPUである。プロセッサ301は、1又は複数のCPU

50

であってもよい。ただし、プロセッサ 301 は、CPU に限られない。プロセッサ 301 は、GPU であってもよい。具体的な一例では、プロセッサ 301 は、マルチコア GPU である。プロセッサ 301 は、例えば、ASIC であってもよいし、ゲートアレイ、FPGA 等のプログラマブルロジックデバイスであってもよい。この場合、ASIC 又はプログラマブルロジックデバイスは、異常検知プログラム 307 と同様の処理を実行可能に構成される。

【0063】

I/O 304 は、無線機 200 に接続されている。I/O 304 は、例えば、通信 I/F であり、特定の通信プロトコルによる通信を行うことが可能である。I/O 304 は、例えばイーサネットインタフェース（「イーサネット」は登録商標）を含む。I/O 304 は、無線機 200 を介して、切削工具 30 から歪みセンサ 110 の計測結果を受信することができる。

10

【0064】

グラフィックコントローラ 305 は、表示装置 306 に接続されており、表示装置 306 における表示を制御する。グラフィックコントローラ 305 は、例えば、GPU 及び VRAM (Video RAM) を含み、表示装置 306 に表示するデータを VRAM に保持し、VRAM から 1 フレーム分の映像データを定期的に読み出し、映像信号を生成する。生成された映像信号は表示装置 306 に出力され、表示装置 306 に映像が表示される。グラフィックコントローラ 305 の機能は、プロセッサ 301 に含まれてもよい。揮発性メモリ 303 の一部の領域を、VRAM として利用してもよい。

20

【0065】

表示装置 306 は、例えば液晶パネル又は OEL (有機エレクトロルミネッセンス) パネルを含む。表示装置 306 は、文字又は図形の情報を表示することができる。

【0066】

[5 . 異常検知装置の機能]

図 5 は、実施形態に係る異常検知装置の機能の一例を示す機能ブロック図である。異常検知装置 300 は、分類器 310 と、入力部 311 と、異常検知部 313 と、出力部 314 との各機能を有する。

【0067】

入力部 311 は、工作機械 20 が切削工具 30 によって加工対象物を加工している間に切削工具 30 に発生する歪みの計測データを取得する。入力部 311 は、計測結果 DB 309 から歪みの計測データを受け付ける。計測データは、歪みセンサ 110 の計測値のデータであり、例えば、歪みの計測値の時系列データである。

30

【0068】

分類器 310 は、機械学習済みモデルである。分類器 310 は、工作機械 20 が切削工具 30 によって加工対象物を加工している間の切削工具 30 の歪みの計測データに基づく対象データを入力とし、対象データの分類結果を出力とする。

【0069】

図 6 は、切削工具の歪みの時系列の波形の一例を示すグラフである。図 6 において、縦軸は歪みを示し、横軸は時間を示す。加工対象物の切削加工には、加工条件が異なる複数の工程が含まれる。例えば、1 つの加工対象物に対する旋盤による旋削加工には、複数の外径の外径加工工程、及び複数の内径の内径加工工程が含まれる。一連の切削加工において、工程毎に切削工具 30 の歪みの計測値の波形パターンは変化する。図 6 の例では、1 つの加工対象物の切削加工において、工程 A、工程 B、工程 C、工程 D、工程 E、及び工程 F が含まれる。期間 P 1 に工程 A が実行され、期間 P 2 に工程 B が実行され、期間 P 3 に工程 C が実行され、期間 P 4 に工程 D が実行され、期間 P 5 に工程 E が実行され、期間 P 6 に工程 F が実行される。工程 A、工程 B、工程 C、工程 D、工程 E、及び工程 F のそれぞれの加工条件は互いに異なっている。このため、工程 A、工程 B、工程 C、工程 D、工程 E、及び工程 F のそれぞれにおける歪みの波形パターンは互いに異なっている。

40

【0070】

50

異常検知装置 300 は、上記のような複数の工程から選択された 1 つの工程（以下、「対象工程」ともいう）の計測データを解析し、切削工具 30 の異常を検知する。具体的な一例では、対象工程は、加工対象物の切削と非切削とを繰り返す断続加工工程である。

【0071】

図 7 は、断続加工工程に用いられる加工対象物の一例を示す図である。加工対象物 400 は、円柱の外周に、軸方向に延びる複数の溝 401 を有する。つまり、加工対象物 400 において、周方向に、円弧面 402 と溝 401 とが交互に並ぶ。このような加工対象物 400 の外径加工工程では、加工対象物 400 が周方向（矢印方向）に回転し、切削工具 30 が加工対象物 400 の外周面を加工する。切削工具 30 の切刃は、円弧面 402 への接触（切削）と、溝 401 への通過（非切削）とを繰り返す。

10

【0072】

図 8 A は、断続加工工程における切削工具の歪みの時系列の波形の一例を示すグラフであり、図 8 B は、断続加工工程における切削工具の歪みの時系列の波形の他の例を示すグラフである。図 8 A は、計測時間が 1.4 秒のグラフであり、図 8 B は、計測時間が 1.5 秒のグラフである。図 8 A 及び図 8 B において、縦軸は歪みを示し、横軸は時間を示す。図 8 B の時間軸のスケール（単位時間に対応する長さ）は、図 8 A の時間軸のスケールよりも大きい。加工対象物の切削が連続する連続加工工程では、切削工具 30 に異常が発生していても、切削工具 30 に安定して一定の歪みが生じる。これに対して、断続加工工程では、非切削時には切削工具 30 に歪みが生じず、切削時には切削工具 30 に歪みが生じる。すなわち、切削工具 30 に歪みが生じる状態と生じない状態とが繰り返される。特に図 8 B に示されるように、断続加工工程における切削工具の歪みの計測結果では、高値（切削）と低値（非切削）とが交互に繰り返される。このため、切削工具 30 に生じた異常は、例えば、切削工具 30 における歪みの変動として表れる。したがって、断続加工工程における歪みの計測結果を用いて、切削工具 30 の異常を正確に検知することができる。

20

【0073】

図 5 に戻り、対象データは、例えば切削工具 30 の歪みの計測値の特徴量を含む特徴データである。異常検知装置 300 は、変換部 312 の機能をさらに有する。変換部 312 は、歪みの計測値を特徴量に変換し、対象データを生成する。

【0074】

歪みの特徴量は、例えば、歪みの計測値の移動平均値である。歪みの特徴量の他の例は、歪みの計測値の移動標準偏差である。歪みの特徴量のさらに他の例は、歪みの計測値のパーセンタイルの差であり、具体的な一例では、95 パーセンタイルと 5 パーセンタイルとの差である。歪みの特徴量のさらに他の例は、歪みの計測値をバンドパスフィルターでフィルタリングした後の値の RMS（二乗平均平方根）である。

30

【0075】

対象データは、切削工具 30 の歪みの計測データ（いわゆる生データ）であってもよい。この場合、変換部 312 は省略されてもよい。

【0076】

分類器 310 は、1 クラス分類器（1 クラス分類部）である。1 クラス分類器である分類器 310 は、教師なし学習によって構築される。

40

【0077】

図 9 は、1 クラス分類器の学習期間の一例を説明するためのグラフである。図 9 において、縦軸は歪みを示し、横軸は時間を示す。図 9 において、「異常」と示した時点（以下、「異常発生点」という）で切削工具 30 の異常が発生している。図 9 のグラフでは、加工初期から異常発生点より前では切削工具 30 が正常である。学習期間は、切削工具 30 が正常な期間に設定される。すなわち、分類器 310 の学習では、計測結果 DB 309 に格納された計測データのうち、学習期間における計測データが学習データとして用いられる。これにより、分類器 310 は、切削工具 30 が正常な場合の計測データ（以下、「正常時データ」ともいう）の特徴を捉え、正常時データの特徴とは異なる特徴を有する、切削工具 30 が異常な場合の計測データ（以下、「異常時データ」ともいう）を、正常時デ

50

ータと区別することができる。

【 0 0 7 8 】

例えば、分類器 3 1 0 は、局所外れ値因子 (L O F) である。以下、局所外れ値因子の分類器 3 1 0 を説明する。

【 0 0 7 9 】

図 1 0 は、局所外れ値因子の概要を模式的に示した図である。L O F は、データの集合から外れ値を検知する外れ値検知アルゴリズムの 1 つである。L O F では、各点について k 個の近傍点との距離から局所密度 (図中破線の円で示す) を算出し、注目点 A と近傍群との局所密度を比較して、注目点の局所密度が低い場合は注目点が異常値 (外れ値) であると判断する。

10

【 0 0 8 0 】

L O F を具体的に説明する。k - d i s t a n c e (A) を、点 A から k 番目の近傍点までの距離とし、 $N_k(A)$ を、k 最近傍点の集合とする。点 A の点 B からの到達可能性距離 $\text{reachability-distance}_k(A, B)$ は式 (1) によって定義される。

【 数 1 】

$$\text{reachability-distance}_k(A, B) = \max\{k\text{-distance}(B), d(A, B)\} \quad \dots (1)$$

【 0 0 8 1 】

20

点 A の局所到達可能性密度 $\text{lrd}_k(A)$ は式 (2) によって定義される。

【 数 2 】

$$\text{lrd}_k(A) := 1 / \left(\frac{\sum_{B \in N_k(A)} \text{reachability-distance}_k(A, B)}{|N_k(A)|} \right) \quad \dots (2)$$

【 0 0 8 2 】

さらに点 A の L O F は式 (3) によって定義される。

【 数 3 】

30

$$\text{LOF}_k(A) := \frac{\sum_{B \in N_k(A)} \frac{\text{lrd}(B)}{\text{lrd}(A)}}{|N_k(A)|} \quad \dots (3)$$

【 0 0 8 3 】

算出された L O F は、注目点 A の局所密度と、近傍点の局所密度との等しさの程度を示している。L O F が低いほど注目点 A の局所密度は高く、注目点 A は正常データである可能性が高い。L O F が高いほど注目点 A の局所密度は低く、注目点 A は異常データである可能性が高い。つまり、L O F は外れ値スコアであり、異常度の一例である。

40

【 0 0 8 4 】

分類器 3 1 0 は、L O F に限られない。分類器 3 1 0 は、L O F 以外の 1 クラス分類器であってもよい。例えば、分類器 3 1 0 は、I s o l a t i o n F o r e s t であってもよい。分類器 3 1 0 のさらに他の例は、1 クラス S V M である。

【 0 0 8 5 】

図 5 に戻り、異常検知部 3 1 3 は、分類器 3 1 0 による対象データの分類結果に基づいて、切削工具 3 0 の異常を検知する。具体的には、異常検知部 3 1 3 は、分類器 3 1 0 による 1 クラス分類において生成される異常度に基づいて、切削工具 3 0 の異常を検知する。

【 0 0 8 6 】

50

さらに具体的には、異常検知部 3 1 3 は、異常度を複数の閾値と比較することにより対象データの多クラス分類を行い、多クラス分類の結果に基づいて切削工具 3 0 の異常を検知する。

【 0 0 8 7 】

具体的な一例では、異常検知部 3 1 3 は、異常度を第 1 閾値及び第 2 閾値と比較することにより、対象データを正常状態、異常直前状態、及び異常状態に分類する。第 1 閾値は、正常クラスと、異常直前クラス及び異常クラスの集合とに対象データを区別するために用いられる。正常クラスは、切削工具 3 0 が正常である対象データのクラスであり、異常クラスは、切削工具 3 0 が異常である対象データのクラスであり、異常直前クラスは、切削工具 3 0 が異常直前である対象データのクラスである。ここでいう正常状態とは、切削工具 3 0 によって正常に加工対象物を加工することができる状態であり、このまま切削工具 3 0 を使用し続けてもしばらく異常にはならない状態である。異常状態とは、切削工具 3 0 によって正常に加工対象物を加工することができない状態である。異常直前状態とは、切削工具 3 0 の正常状態と異常状態との間の中間状態であり、切削工具 3 0 によって正常に加工対象物を加工することができるが、このまま切削工具 3 0 を使用し続ければまもなく異常になる状態である。

10

【 0 0 8 8 】

第 1 閾値は、第 2 閾値よりも小さい値である。異常度 (L O F) が第 1 閾値以下である場合、対象データは正常クラスに属する。異常度が第 1 閾値より大きい場合、対象データは異常直前クラス又は異常クラスに属する。異常度が第 2 閾値以下である場合、対象データは正常クラス又は異常直前クラスに属する。異常度が第 2 閾値より大きい場合、対象データは異常クラスに属する。すなわち、異常度が第 1 閾値より大きく第 2 閾値以下である場合、対象データは異常直前クラスに属する。

20

【 0 0 8 9 】

分類器 3 1 0 が L O F である場合、例えば第 1 閾値は 1 であり、第 2 閾値は 1 より大きい値、例えば 1 . 2 5 である。

【 0 0 9 0 】

異常検知部 3 1 3 は、異常度が第 2 閾値より大きい場合、切削工具 3 0 の異常を検知する。異常検知部 3 1 3 は、異常度が第 1 閾値より大きく第 2 閾値以下である場合、切削工具 3 0 が異常直前状態であると判断することができる。すなわち、異常検知部 3 1 3 は、切削工具 3 0 の異常発生を予測することができる。

30

【 0 0 9 1 】

出力部 3 1 4 は、異常検知部 3 1 3 による切削工具 3 0 の異常の検知結果を出力する。具体的な一例では、異常検知部 3 1 3 が切削工具 3 0 の異常を検知した場合、出力部 3 1 4 は異常の発生をユーザに通知するための情報を出力する。例えば、出力部 3 1 4 は、切削工具 3 0 の異常の発生を通知するための画面 (以下、「異常通知画面」ともいう) を、表示装置 3 0 6 に表示させる。図 1 1 は、異常通知画面の一例を示す図である。異常通知画面 5 0 0 は、切削工具 3 0 の異常の発生を通知するための文字、図形、色彩又はこれらの組み合わせを含む。図 1 1 の例では、異常通知画面 5 0 0 は、「工具に異常が発生しました。」の文字を含む。これにより、ユーザに切削工具 3 0 の異常を通知することができる。

40

【 0 0 9 2 】

他の例では、異常検知部 3 1 3 が切削工具 3 0 の異常発生を予測した場合、出力部 3 1 4 は、異常発生が予測されることをユーザに通知するための情報を出力する。例えば、出力部 3 1 4 は、切削工具 3 0 の異常発生が予測されることを通知するための画面を、表示装置 3 0 6 に表示させる。図 1 2 は、異常予測画面の一例を示す図である。異常予測画面 5 1 0 は、切削工具 3 0 の異常発生が予測されることを通知するための文字、図形、色彩又はこれらの組み合わせを含む。図 1 2 の例では、異常予測画面 5 1 0 は、「まもなく工具に異常が発生します。」の文字を含む。これにより、ユーザに切削工具 3 0 の異常発生が予測されることを通知することができる。

50

【 0 0 9 3 】

[6 . 異常検知装置の動作]

異常検知装置 3 0 0 のプロセッサ 3 0 1 が異常検知プログラム 3 0 7 を実行することにより、プロセッサ 3 0 1 は、以下に説明する異常検知処理を実行する。図 1 3 は、実施形態に係る異常検知装置による異常検知処理の一例を示すフローチャートである。

【 0 0 9 4 】

切削工具 3 0 が使用され、工作機械 2 0 によって加工対象物が切削加工されている間、歪みセンサ 1 1 0 が切削工具 3 0 の歪みを計測する。センサモジュール 1 0 0 は、歪みセンサ 1 1 0 による計測結果を無線によって異常検知装置 3 0 0 へ送信する。異常検知装置 3 0 0 は、歪みの計測結果を受信し、計測結果 DB 3 0 9 に計測結果を格納する。このようにして、計測データが計測結果 DB 3 0 9 に蓄積される。

10

【 0 0 9 5 】

プロセッサ 3 0 1 は、計測結果 DB から、切削工具 3 0 の歪みの計測データを取得する (ステップ S 1 0 1)。

【 0 0 9 6 】

対象データが特徴データである場合、プロセッサ 3 0 1 は、取得された計測データの計測値から特徴量を算出し、特徴データを生成する (ステップ S 1 0 2)。ただし、対象データが計測データである場合、ステップ S 1 0 2 は省略することができる。

【 0 0 9 7 】

次にプロセッサ 3 0 1 は、分類器 3 1 0 による対象データの分類処理 (1 クラス分類) を実行する (ステップ S 1 0 3)。

20

【 0 0 9 8 】

図 1 4 は、対象データの分類処理の一例を示すフローチャートである。図 1 4 では、L O F による分類処理が示される。

【 0 0 9 9 】

プロセッサ 3 0 1 は、上述した式 (1) によって、到達可能性距離を算出する (ステップ S 2 0 1)。

【 0 1 0 0 】

プロセッサ 3 0 1 は、上述した式 (2) によって、局所到達可能性密度を算出する (ステップ S 2 0 2)。

30

【 0 1 0 1 】

プロセッサ 3 0 1 は、上述した式 (3) によって、L O F (異常度) を算出する (ステップ S 2 0 3)。

【 0 1 0 2 】

プロセッサ 3 0 1 は、L O F によって対象データを分類する (ステップ S 2 0 3)。つまり、対象データが外れ値 (異常値) であるか否かを判定する。ただし、異常度に基づく多クラス分類を行う場合、ステップ S 2 0 4 の結果は使用されない。この場合、ステップ S 2 0 4 は省略してもよい。以上で、分類処理が終了する。

【 0 1 0 3 】

図 1 3 に戻り、プロセッサ 3 0 1 は、分類器 3 1 0 により算出された異常度を用いて、対象データを多クラス分類する (ステップ S 1 0 4)。つまり、プロセッサ 3 0 1 は、異常度を第 1 閾値及び第 2 期視位置と比較し、対象データを正常クラス、異常直前クラス、及び異常クラスに分類する。

40

【 0 1 0 4 】

プロセッサ 3 0 1 は、分類結果が異常クラスであるか否かを判定する (ステップ S 1 0 5)。分類結果が異常クラスである場合 (ステップ S 1 0 5 において Y E S)、つまり、切削工具 3 0 の異常が検知された場合、プロセッサ 3 0 1 は異常通知画面 5 0 0 を表示装置 3 0 6 に表示させる (ステップ S 1 0 7)。

【 0 1 0 5 】

分類結果が異常クラスでない場合 (ステップ S 1 0 5 において N O)、プロセッサ 3 0

50

1は、分類結果が異常直前クラスであるか否かを判定する（ステップS106）。分類結果が異常直前クラスである場合（ステップS106においてYES）、つまり、切削工具30の異常発生が予測された場合、プロセッサ301は異常予測画面510を表示装置306に表示させる（ステップS107）。

【0106】

表示装置306に異常通知画面500又は異常予測画面510が表示されると、異常検知処理が終了する。分類結果が正常クラスである場合（ステップS106においてNO）、プロセッサ301は異常検知処理を終了する。

【0107】

[7.変形例]

対象データは、切削工具30の歪みの計測データに基づくデータ（特徴データ又は計測データ。以下、「歪みデータ」ともいう）だけでなく、切削工具30の加速度の計測データに基づくデータ（特徴データ又は計測データ。以下、「加速度データ」ともいう）を含んでもよい。すなわち、対象データは、同時刻における歪みデータと加速度データとの組み合わせであってもよい。切削工具30の加速度は、例えば、工作機械20の主軸に取り付けられた加速度センサ（図示せず）によって計測される。

【0108】

変換部312は、歪みの特徴データだけでなく、加速度の特徴データを生成してもよい。加速度の特徴量は、例えば、加速度の計測値のRMSである。加速度の特徴量の他の例は、加速度の計測値の移動標準偏差である。加速度の特徴量のさらに他の例は、加速度の計測値のパーセントイルであり、具体的な例では、95パーセントイル又は5パーセントイルである。加速度の特徴量のさらに他の例は、加速度の計測値のパーセントイルの差であり、具体的な一例では、95パーセントイルと5パーセントイルとの差である。加速度の特徴量のさらに他の例は、加速度の計測値をバンドパスフィルターでフィルタリングした後の値のRMSである。加速度の特徴量のさらに他の例は、加速度の時系列計測値の尖度である。加速度の特徴量のさらに他の例は、加速度の時系列計測値の歪度である。

【0109】

上述した実施形態では、分類器310を1クラス分類器としたが、これに限定されない。分類器310は多クラス分類器であってもよい。

【0110】

多クラス分類器である分類器310は、対象データの多クラス分類を行う。具体的な一例では、分類器310は、正常クラスと、異常直前クラスと、異常クラスとに対象データを分類する。多クラス分類器である分類器310は、教師あり学習によって構築される。

【0111】

図15は、多クラス分類器の学習期間の一例を説明するためのグラフである。図15において、縦軸は歪みを示し、横軸は時間を示す。多クラス分類器の学習には、切削工具30が正常状態であるときの計測データと、切削工具30が異常直前状態であるときの計測データと、切削工具30が異常状態であるときの計測データとが用いられる。学習期間は、切削工具30が正常状態である期間（正常期間）と、切削工具30が異常直前状態である期間（異常直前期間）と、切削工具30が異常状態である期間（異常期間）とに設定される。すなわち、分類器310の学習では、計測結果DB309に格納された計測データのうち、正常期間、異常直前期間、及び異常期間における計測データ（又は特徴データ）が学習データとして用いられる。これにより、分類器310は、切削工具30が正常状態である場合の計測データ（正常時データ）の特徴と、切削工具30が異常直前状態である場合の計測データ（以下、「異常直前データ」ともいう）の特徴と、切削工具30が異常状態である場合の計測データ（異常時データ）の特徴とをそれぞれ捉え、正常時データ、異常直前データ、及び異常データを区別することができる。

【0112】

上述した実施形態では、1クラス分類器によって算出された異常度を用いて対象データの多クラス分類を行ったが、これに限定されない。1クラス分類器である分類器310が

10

20

30

40

50

外れ値（異常データ）を検知することで、切削工具 3 0 の異常を検知してもよい。

【 0 1 1 3 】

上述した実施形態では、断続加工工程に切出期間を設定し、断続加工工程における切削工具の異常を検知したが、これに限定されない。連続加工工程に切出期間を設定し、連続加工工程における切削工具の異常を検知してもよい。さらに、一又は複数の断続加工工程と、一又は複数の連続加工工程とを含む期間を切出期間として設定し、切出期間における切削工具の異常を検知してもよい。

【 0 1 1 4 】

[8 . 補記]

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、制限的ではない。本発明の権利範囲は、上述の実施形態ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及びその範囲内でのすべての変更が含まれる。

【符号の説明】

【 0 1 1 5 】

1 0 異常検知システム

2 0 工作機械

3 0 切削工具

3 0 A , 3 0 B 旋削工具

3 0 C , 3 0 D 転削工具

3 1 A , 3 1 B , 3 1 C , 3 1 D 切削部

3 2 切削インサート

3 3 A , 3 3 B , 3 3 C 固定用部材

3 4 , 3 5 切刃

1 0 0 センサモジュール

1 0 1 プロセッサ

1 0 2 不揮発性メモリ

1 0 3 揮発性メモリ

1 0 4 通信インタフェース（通信 I / F ）

1 0 5 電池

1 1 0 , 1 1 0 A , 1 1 0 B 歪みセンサ

2 0 0 無線機

3 0 0 異常検知装置

3 0 1 プロセッサ

3 0 2 不揮発性メモリ

3 0 3 揮発性メモリ

3 0 4 入出力インタフェース（ I / O ）

3 0 5 グラフィックコントローラ

3 0 6 表示装置

3 0 7 異常検知プログラム

3 0 8 基準データ

3 0 9 計測結果 D B

3 1 0 分類器（分類部）

3 1 1 入力部

3 1 2 変換部

3 1 3 異常検知部

3 1 4 出力部

4 0 0 加工対象物

4 0 1 溝

4 0 2 円弧面

5 0 0 異常通知画面

10

20

30

40

50

5 1 0 異常予測画面

A , B , C , D , E , F 工程

P 1 , P 2 , P 3 , P 4 , P 5 , P 6 期間

【要約】

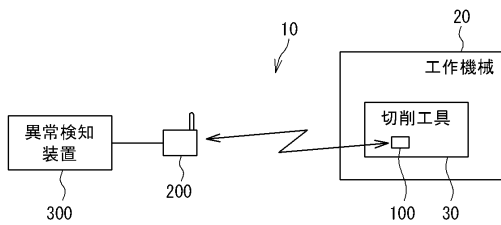
異常検知システムは、工作機械に取り付けられた工具の異常を検知する異常検知システムであって、前記工作機械が前記工具によって加工対象物を加工している間に前記工具に発生する歪みを計測する歪みセンサと、前記歪みセンサの計測データに基づいて前記工具の異常を検知する異常検知装置と、を備え、前記異常検知装置は、前記歪みセンサの計測データに基づく対象データを入力とし、前記対象データの分類結果を出力とする機械学習済みモデルである分類部と、前記分類部による前記対象データの分類結果に基づいて、前記工具の異常を検知する異常検知部と、前記異常検知部による検知結果を出力する出力部と、を含む。

10

【図面】

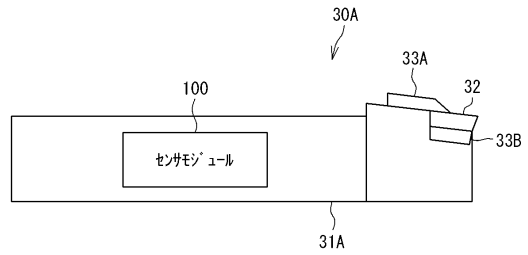
【図 1】

図 1



【図 2 A】

図 2 A



20

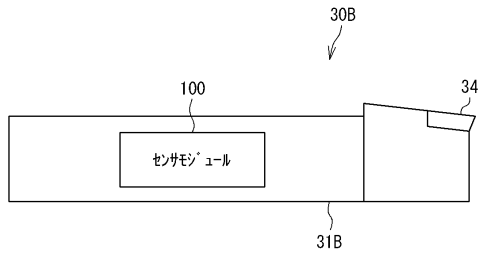
30

40

50

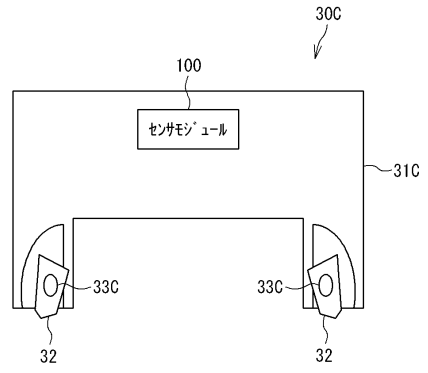
【図 2 B】

図 2 B



【図 2 C】

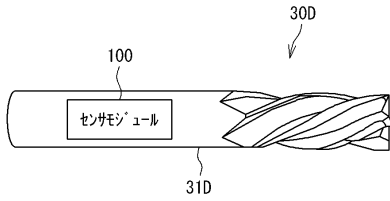
図 2 C



10

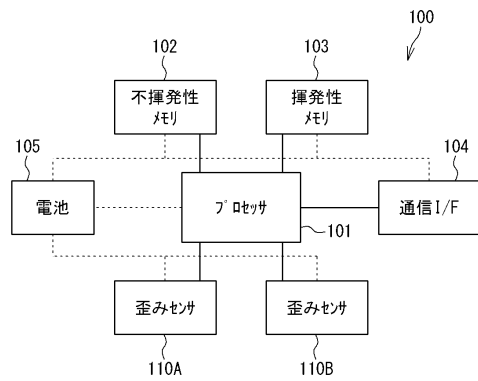
【図 2 D】

図 2 D



【図 3】

図 3



20

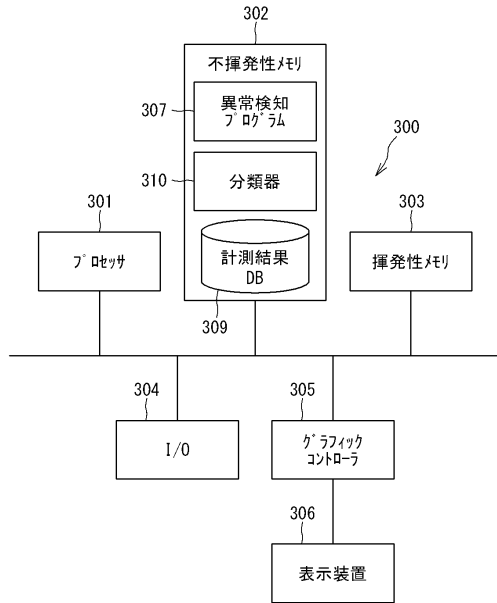
30

40

50

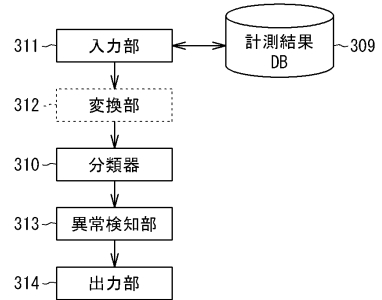
【図4】

図4



【図5】

図5

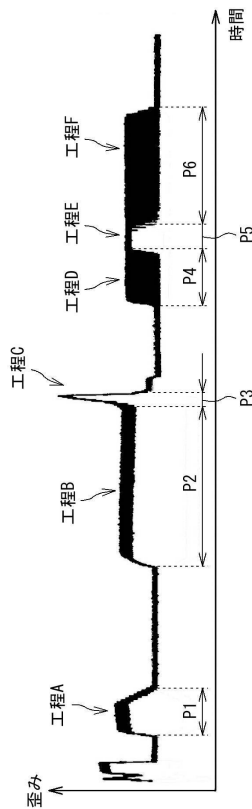


10

20

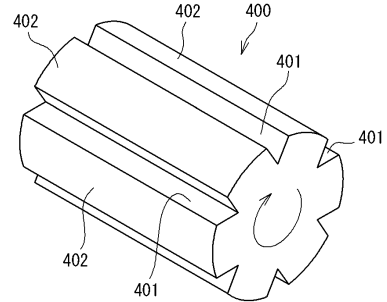
【図6】

図6



【図7】

図7



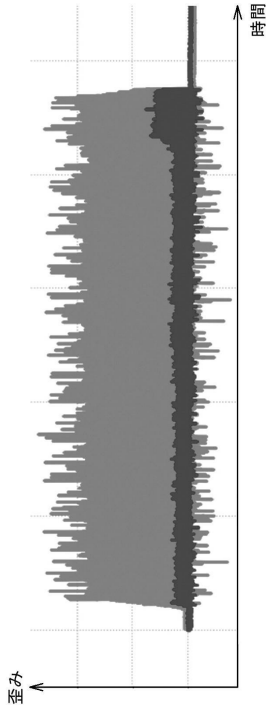
30

40

50

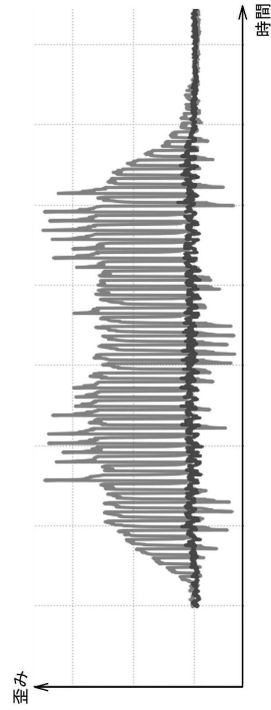
【図 8 A】

図 8 A



【図 8 B】

図 8 B

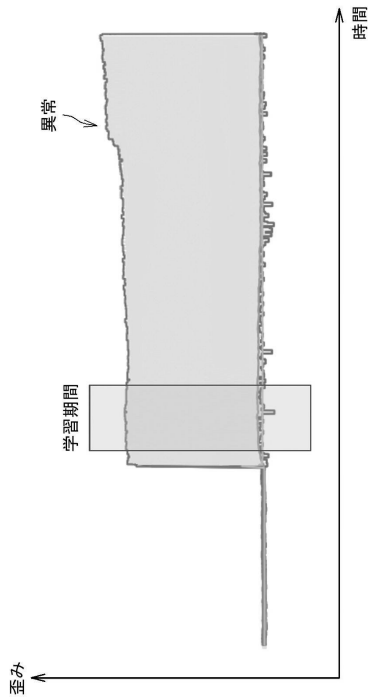


10

20

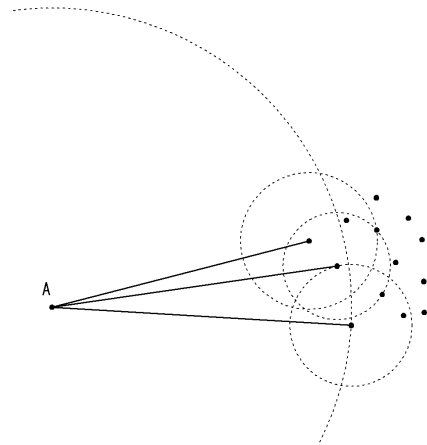
【図 9】

図 9



【図 10】

図 10



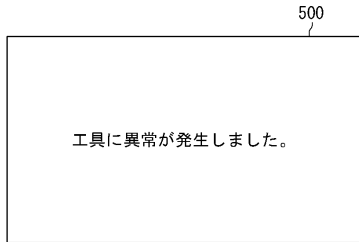
30

40

50

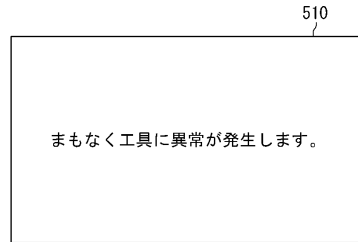
【図 1 1】

図 1 1



【図 1 2】

図 1 2

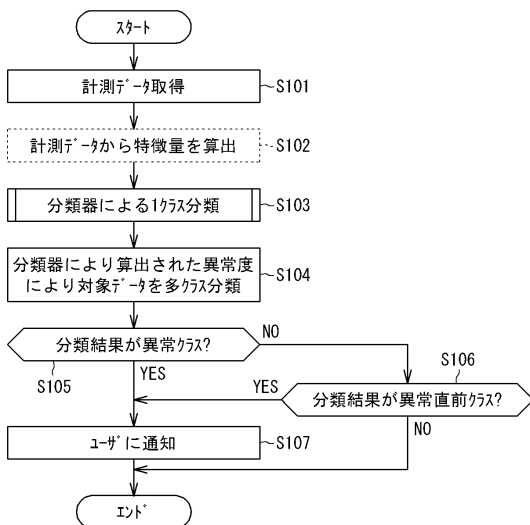


10

20

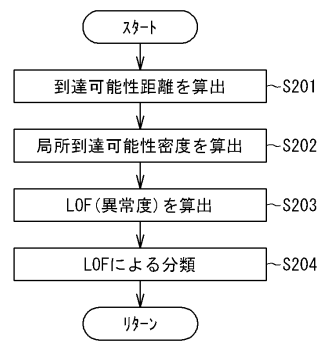
【図 1 3】

図 1 3



【図 1 4】

図 1 4



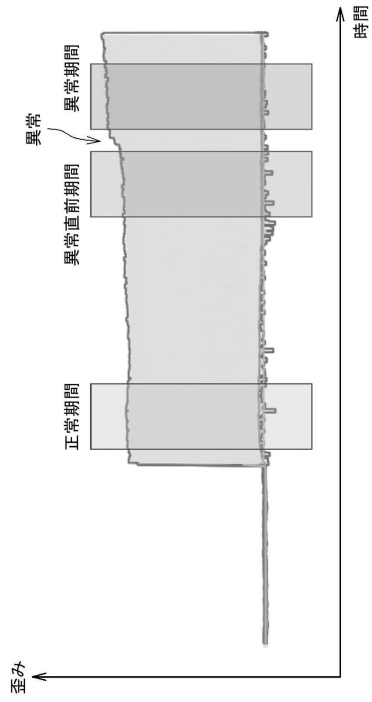
30

40

50

【 図 15 】

図 15



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 2 2 - 0 2 0 7 2 2 (J P , A)
国際公開第 2 0 2 1 / 1 5 7 5 1 8 (W O , A 1)
特許第 7 0 3 6 2 9 2 (J P , B 1)
特開 2 0 1 8 - 0 2 4 0 5 5 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 2 1 / 0 2 6 0 7 7 7 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- B 2 3 Q 1 7 / 0 9
G 0 5 B 1 9 / 1 8
G 0 5 B 1 9 / 4 1 5 5