

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-188558

(P2019-188558A)

(43) 公開日 令和1年10月31日(2019.10.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B23Q 15/00 (2006.01)	B23Q 15/00 301E	3C269
G06N 20/00 (2019.01)	G06N 99/00 156	
G05B 19/4155 (2006.01)	G05B 19/4155 V	
	B23Q 15/00 301C	

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2018-85768 (P2018-85768)
 (22) 出願日 平成30年4月26日 (2018.4.26)

(71) 出願人 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358
 〇番地
 (74) 代理人 110001151
 あいわ特許業務法人
 (72) 発明者 齋藤 卓哉
 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
 〇番地 ファナック株式会社内
 Fターム(参考) 3C269 AB01 BB07 EF15 EF23 KK08
 MN16 MN29 MN44

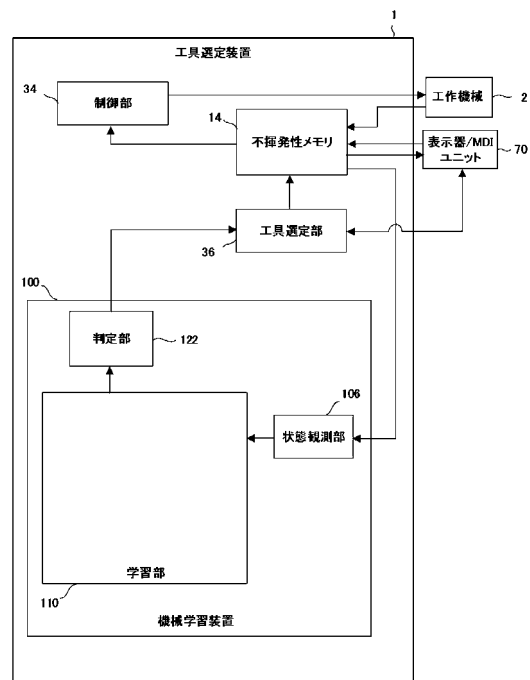
(54) 【発明の名称】 工具選定装置及び機械学習装置

(57) 【要約】

【課題】適切な工具の選定を行うことが可能な工具選定装置及び機械学習装置を提供すること。

【解決手段】本発明の工具選定装置1が備える機械学習装置100は、加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、加工結果に係るデータ、及び工具に係るデータを、環境の現在状態を表す状態変数として観測する状態観測部106と、状態変数を用いて、工具に係るデータに対する、加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータの分布を学習する学習部110と、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

指定された条件の下でワークの加工に使用可能な工具種別を選定する工具選定装置であって、

指定された条件に対してワークの加工に使用可能な工具種別を学習する機械学習装置を備え、

前記機械学習装置は、

加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、加工結果に係るデータ、及び工具に係るデータを、環境の現在状態を表す状態変数として観測する状態観測部と、

前記状態変数を用いて、前記工具に係るデータに対する、前記加工条件に係るデータ、前記切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータの分布を学習する学習部と、
を備える工具選定装置。

10

【請求項 2】

指定された条件の下でワークの加工に使用可能な工具種別を選定する工具選定装置であって、

指定された条件に対してワークの加工に使用可能な工具種別を学習した機械学習装置を備え、

前記機械学習装置は、

加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータを、環境の現在状態を表す状態変数として観測する状態観測部と、

加工に用いられた工具に係るデータに対する、加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータの分布を学習した学習部と、

前記状態観測部が観測した状態変数と、前記学習部による学習結果に基づいて、前記状態変数により指定された条件の下で使用可能な工具種別を判定して出力する判定部と、
を備える工具選定装置。

20

【請求項 3】

前記判定部は、使用可能であると判定した工具種別において指定可能な切削条件を判定して出力する、

請求項 2 に記載の工具選定装置。

【請求項 4】

指定された条件に対してワークの加工に使用可能な工具種別を学習する機械学習装置であって、

加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、加工結果に係るデータ、及び工具に係るデータを、環境の現在状態を表す状態変数として観測する状態観測部と、

前記状態変数を用いて、前記工具に係るデータに対する、前記加工条件に係るデータ、前記切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータの分布を学習する学習部と、

を備える機械学習装置。

30

【請求項 5】

指定された条件に対してワークの加工に使用可能な工具種別を学習した機械学習装置であって、

加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータを、環境の現在状態を表す状態変数として観測する状態観測部と、

加工に用いられた工具に係るデータに対する、加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータの分布を学習した学習部と、

前記状態観測部が観測した状態変数と、前記学習部による学習結果に基づいて、前記状態変数により指定された条件の下で使用可能な工具種別を判定して出力する判定部と、

を備える機械学習装置。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

50

本発明は、適切な工具の選定及び切削条件の決定を行う工具選定装置及び機械学習装置に関する。

【背景技術】

【0002】

工作機械でワークの加工を行う場合には、該加工に用いる工具の選定と、選定された工具による加工における切削条件の決定が必要である。工具の選定や切削条件の決定は、加工計画段階で、工具のカatalog本や、工具メーカーの準備した工具選定ツールを用いて、使用工具および切削条件（主軸回転数、送り）を仮決定し、仮決定した工具及び切削条件での試し加工を繰り返しながら切削条件の調整を行い、問題ないことを確認した上で、工具及び切削条件を決定する。

10

【0003】

工作機械の加工に用いる切削条件を決定する従来技術として、特許文献1には、加工において許容できる工具負荷の条件に基づいて切削条件を決定する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2017-064837号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

切削条件は、主軸出力や剛性等の機械特性や、ワークの材質や加工種類等の加工条件による部分が多いが、Catalog本や工具選定ツールにより提供される情報は汎用的なものであるため、加工に使用する機械や加工条件に合致した条件を導出するには何度も試し加工を行い、その加工結果を検証する必要がある、これには時間と手間がかかる。また、切削条件を調整すると、これに伴い加工プログラムあるいは工具データの修正も必要があり、この操作にも時間を要する。更に、サイクルタイムを重視した運転か、加工精度や工具寿命を重視した運転かによって、切削条件の調整が更に必要となる。

20

【0006】

一方、特許文献1に開示される技術では、切削条件を決定することは可能であっても、その切削条件はある工具を用いた加工において利用可能なものであり、加工の目的に合わせて更に適切な工具を選定してくれるものではない。

30

【0007】

そこで本発明の目的は、適切な工具の選定及び切削条件の決定を行うことが可能な工具選定装置及び機械学習装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の工具選定装置は、加工条件（ワーク材質、加工種類、切込量、切削幅）と運転の要求仕様（速度、精度、工具寿命）を満たす主軸負荷のピーク値に対し、最適な工具および切削条件（回転数、送り速度）を導出する仕組みを機械学習を用いて実現する。加工プログラムや工具データは、上記の仕組みで導出された工具、切削条件に応じた内容に自動で書換えられる。

40

【0009】

作業者は、段取工程で加工プログラムやワーク情報を入力した時点で、上記仕組みを用いることで、試運転および加工プログラムと工具データの変更操作を行うことなく、加工に即した工具選定および切削条件の設定を行うことができる。

【0010】

そして、本発明の一態様は、指定された条件の下でワークの加工に使用可能な工具種別を選定する工具選定装置であって、指定された条件に対してワークの加工に使用可能な工具種別を学習する機械学習装置を備え、前記機械学習装置は、加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、加工結果に係るデータ、及び工具に係るデータを、環境の現在状態

50

を表す状態変数として観測する状態観測部と、前記状態変数を用いて、前記工具に係るデータに対する、前記加工条件に係るデータ、前記切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータの分布を学習する学習部と、を備える工具選定装置である。

【0011】

本発明の他の態様は、指定された条件の下でワークの加工に使用可能な工具種別を選定する工具選定装置であって、指定された条件に対してワークの加工に使用可能な工具種別を学習した機械学習装置を備え、前記機械学習装置は、加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータを、環境の現在状態を表す状態変数として観測する状態観測部と、加工に用いられた工具に係るデータに対する、加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータの分布を学習した学習部と、前記状態観測部が観測した状態変数と、前記学習部による学習結果に基づいて、前記状態変数により指定された条件の下で使用可能な工具種別を判定して出力する判定部と、を備える工具選定装置である。

10

【0012】

本発明の他の態様は、指定された条件に対してワークの加工に使用可能な工具種別を学習する機械学習装置であって、加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、加工結果に係るデータ、及び工具に係るデータを、環境の現在状態を表す状態変数として観測する状態観測部と、前記状態変数を用いて、前記工具に係るデータに対する、前記加工条件に係るデータ、前記切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータの分布を学習する学習部と、を備える機械学習装置である。

20

【0013】

本発明の他の態様は、指定された条件に対してワークの加工に使用可能な工具種別を学習した機械学習装置であって、加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータを、環境の現在状態を表す状態変数として観測する状態観測部と、加工に用いられた工具に係るデータに対する、加工条件に係るデータ、切削条件に係るデータ、及び加工結果に係るデータの分布を学習した学習部と、前記状態観測部が観測した状態変数と、前記学習部による学習結果に基づいて、前記状態変数により指定された条件の下で使用可能な工具種別を判定して出力する判定部と、を備える機械学習装置である。

【発明の効果】

【0014】

本発明により、機械特性、加工条件、運転で重視する点（速度、精度、工具寿命）といった現場の用途に合致した工具選定および切削条件の導出と適用が容易に行えるようになり、段取り工程にかかる時間の短縮に繋がる。

30

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】第1の実施形態による工具選定装置の概略的なハードウェア構成図である。

【図2】第1の実施形態による工具選定装置の概略的な機能ブロック図である。

【図3】学習部が実行するクラスタ分析について説明する図である。

【図4】工具選定装置を備えたシステムの一形態を示す概略的な機能ブロック図である。

【図5】工具選定装置を備えたシステムの他の形態を示す概略的な機能ブロック図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施形態を図面と共に説明する。

図1は本発明の一実施形態による工具選定装置の要部を示す概略的なハードウェア構成図である。工具選定装置1は、工作機械等の機械を制御する制御装置として実装することができる。また、工具選定装置1は、機械を制御する制御装置と併設されたパソコンや、制御装置とネットワークを介して接続されたセルコンピュータ、ホストコンピュータ、クラウドサーバ等のコンピュータとして実装することが出来る。図1は、工作機械を制御する制御装置として工具選定装置1を実装した場合の例を示している。

50

【 0 0 1 7 】

本実施形態による工具選定装置 1 が備える CPU 1 1 は、工具選定装置 1 を全体的に制御するプロセッサである。CPU 1 1 は、ROM 1 2 に格納されたシステム・プログラムをバス 2 0 を介して読み出し、該システム・プログラムに従って工具選定装置 1 全体を制御する。RAM 1 3 には一時的な計算データや表示データ、図示しない入力部を介してオペレータが入力した各種データ等が一時的に格納される。

【 0 0 1 8 】

不揮発性メモリ 1 4 は、例えば図示しないバッテリーでバックアップされるなどして、工具選定装置 1 の電源がオフされても記憶状態が保持されるメモリとして構成される。不揮発性メモリ 1 4 には、インタフェース 1 5 を介して外部機器 7 2 から読み込まれた加工プログラムや表示器 / M D I ユニット 7 0 を介して入力された加工プログラム、工具選定装置 1 の各部や工作機械から取得された各種データ（例えば、作業者により入力された加工条件（ワーク材質、加工種類、切込量、切削量）、工具情報、切削条件（主軸回転数、送り速度）、該切削条件による加工時の主軸負荷等）が記憶される。不揮発性メモリ 1 4 に記憶された加工プログラムや各種データは、実行時 / 利用時には RAM 1 3 に展開されても良い。また、ROM 1 2 には、公知の解析プログラムなどの各種のシステム・プログラム（後述する機械学習装置 1 0 0 とのやりとりを制御するためのシステム・プログラムを含む）があらかじめ書き込まれている。

【 0 0 1 9 】

インタフェース 1 5 は、工具選定装置 1 とアダプタ等の外部機器 7 2 と接続するためのインタフェースである。外部機器 7 2 側からはプログラムや各種パラメータ等が読み込まれる。また、工具選定装置 1 内で編集したプログラムや各種パラメータ等は、外部機器 7 2 を介して外部記憶手段に記憶させることができる。PMC（プログラマブル・マシン・コントローラ）1 6 は、工具選定装置 1 に内蔵されたシーケンス・プログラムで工作機械及び該工作機械の周辺装置（例えば、工具交換用のロボットハンドといったアクチュエータ）に I / O ユニット 1 7 を介して信号を出力し制御する。また、工作機械の本体に配備された操作盤の各種スイッチ等の信号を受け、必要な信号処理をした後、CPU 1 1 に渡す。

【 0 0 2 0 】

表示器 / M D I ユニット 7 0 はディスプレイやキーボード等を備えた手動データ入力装置であり、インタフェース 1 8 は表示器 / M D I ユニット 7 0 のキーボードからの指令、データを受けて CPU 1 1 に渡す。インタフェース 1 9 は各軸を手動で駆動させる際に用いる手動パルス発生器等を備えた操作盤 7 1 に接続されている。

【 0 0 2 1 】

工作機械が備える軸を制御するための軸制御回路 3 0 は CPU 1 1 からの軸の移動指令量を受けて、軸の指令をサーボアンプ 4 0 に出力する。サーボアンプ 4 0 はこの指令を受けて、工作機械が備える軸を移動させるサーボモータ 5 0 を駆動する。軸のサーボモータ 5 0 は位置・速度検出器を内蔵し、この位置・速度検出器からの位置・速度フィードバック信号を軸制御回路 3 0 にフィードバックし、位置・速度のフィードバック制御を行う。なお、図 1 のハードウェア構成図では軸制御回路 3 0、サーボアンプ 4 0、サーボモータ 5 0 は 1 つずつしか示されていないが、実際には制御対象となる工作機械に備えられた軸の数だけ用意される。

【 0 0 2 2 】

スピンドル制御回路 6 0 は、製造機械への主軸回転指令を受け、スピンドルアンプ 6 1 にスピンドル速度信号を出力する。スピンドルアンプ 6 1 はこのスピンドル速度信号を受けて、製造機械のスピンドルモータ 6 2 を指令された回転速度で回転させ、工具を駆動する。スピンドルモータ 6 2 にはポジションコード 6 3 が結合され、ポジションコード 6 3 が主軸の回転に同期して帰還パルスを出力し、その帰還パルスは CPU 1 1 によって読み取られる。

【 0 0 2 3 】

10

20

30

40

50

インタフェース 21 は、工具選定装置 1 と機械学習装置 100 とを接続するためのインタフェースである。機械学習装置 100 は、機械学習装置 100 全体を統御するプロセッサ 101 と、システム・プログラム等を記憶した ROM 102、機械学習に係る各処理における一時的な記憶を行うための RAM 103、及び学習モデル等の記憶に用いられる不揮発性メモリ 104 を備える。機械学習装置 100 は、インタフェース 21 を介して工具選定装置 1 で取得可能な各情報（例えば、作業員により入力された加工条件（ワーク材質、加工種類、切込量、切削量等）、工具情報、切削条件（主軸回転数、送り速度）、動作状態（加工時の主軸負荷等）等）を観測することができる。また、工具選定装置 1 は、機械学習装置 100 から出力される工具選定と切削条件の提案を表機器 / M D I ユニット 70 に表示し、表示を確認した作業員の選択に基づいて工具選定及び切削条件の設定（加工プログラムの修正、工具データの設定等）を行う。

10

【0024】

図 2 は、第 1 の実施形態による工具選定装置 1 と機械学習装置 100 の概略的な機能ブロック図である。図 2 に示した各機能ブロックは、図 1 に示した工具選定装置 1 が備える CPU 11、及び機械学習装置 100 のプロセッサ 101 が、それぞれのシステム・プログラムを実行し、工具選定装置 1 及び機械学習装置 100 の各部の動作を制御することにより実現される。

【0025】

本実施形態の工具選定装置 1 は、不揮発性メモリ 14 に記憶された加工プログラムや加工条件、切削条件等の設定に基づいて工作機械 2 が備えるサーボモータ 50 やスピンドルモータ 62 等のモータ、及び図示しない工作機械 2 の周辺機械の制御を行う制御部 34 と、機械学習装置 100 が加工に使用可能であると判定した工具種別やその他の条件を表示器 / M D I ユニットへ表示し、作業員が選定した工具種別やその他の条件を加工に用いる情報として設定する工具選定部 36 とを備える。

20

【0026】

一方、工具選定装置 1 が備える機械学習装置 100 は、加工条件に係るデータ（ワーク材質、加工種類、切込量、切削量等）、加工結果に係るデータ（加工時の主軸負荷等）、切削条件に係るデータ（主軸回転数、送り速度）に対する工具に係るデータの学習、及び、入力された加工条件に係るデータ（ワーク材質、加工種類、切込量、切削量等）、切削条件に係るデータ（主軸回転数、送り速度）、加工結果に係るデータ（加工時の主軸負荷、加工精度等）に対する工具に係るデータの判定を、いわゆる機械学習により自ら学習するためのソフトウェア（学習アルゴリズム等）及びハードウェア（プロセッサ 101 等）を含む。工具選定装置 1 が備える機械学習装置 100 が学習するものは、加工条件に係るデータ（ワーク材質、加工種類、切込量、切削量等）、切削条件に係るデータ（主軸回転数、送り速度）、加工結果に係るデータ（加工時の主軸負荷、加工精度等）に対する工具に係るデータの相関性を表すモデル構造に相当する。

30

【0027】

図 2 に機能ブロックで示すように、工具選定装置 1 が備える機械学習装置 100 は、加工条件に係るデータ（ワーク材質、加工種類、切込量、切削量等）を含む加工条件データ S1、切削条件に係るデータ（主軸回転数、送り速度）を含む切削条件データ S2、加工結果に係るデータ（加工時の主軸負荷、加工精度等）を含む加工結果データ S3、工具に係るデータを含む工具データ S4 を含む状態変数 S を観測する状態観測部 106 と、状態変数 S を用いて、加工条件に係るデータ（ワーク材質、加工種類、切込量、切削量等）、切削条件に係るデータ（主軸回転数、送り速度）、加工結果に係るデータ（加工時の主軸負荷等）に対して工具に係るデータを関連付けて学習する学習部 110 と、学習部 110 が学習した学習済みモデルを用いて加工条件に係るデータ（ワーク材質、加工種類、切込量、切削量等）、切削条件に係るデータ（主軸回転数、送り速度）、加工結果に係るデータ（加工時の主軸負荷、加工精度等）に対する工具に係るデータを判定する判定部 122 を備える。

40

【0028】

50

状態観測部 106 が観測する状態変数 S のうち、加工条件データ S 1 は、工作機械 2 における加工時に作業者が設定した加工条件として取得することができる。加工条件は、例えば加工対象となるワークの材質、リジットタップ加工やエンドミル加工等といった加工の種類、工具のワークに対する切込量や切削量等を含んでいても良い。状態観測部 106 は、工作機械 2 乃至制御装置に入力された加工条件や、加工プログラム内に設定されている加工条件を加工条件データ S 1 として観測する。

【0029】

状態観測部 106 が観測する状態変数 S のうち、切削条件データ S 2 は、工作機械 2 における加工時に作業者が設定した切削条件として取得することができる。切削条件は、例えば主軸回転数、送り速度等を含んでいても良い。状態観測部 106 は、工作機械 2 乃至制御装置に入力された切削条件や、加工プログラム内に設定されている切削条件を切削条件データ S 3 として観測する。

10

【0030】

状態観測部 106 が観測する状態変数 S のうち、加工結果データ S 3 は、工作機械 2 に取付けられた工具（工具データ S 4 として観測される）を用いて、設定された加工条件（加工条件データ S 1 として観測される）、切削条件（切削条件データ S 2 として観測される）の元で行われたワークの加工時に工作機械 2（又は工作機械 2 に取付けられたセンサ等）で検出された送り軸負荷や主軸負荷等の最大値や、加工されたワークの設計との寸法誤差を示す加工誤差等として取得することができる。加工結果データ S 3 は、行われた加工において加工不良や工作機械 2 の故障、工具の折損等の原因となる物理量を検出した値や、加工の結果を評価するデータや作業者の入力値等を用いることができる。

20

【0031】

状態観測部 106 が観測する状態変数 S のうち、工具データ S 4 は、工作機械 2 における加工時に用いられる工具に係る情報として取得することができる。工具に係る情報は、例えば工具種別を一意に特定できる情報（例えば、工具の型番）を含んでいても良く、必要に応じて、工具のメーカ、工具の材質（硬度）等を含んでいても良い。工具に係る情報は、主に作業者により入力されたデータや、セルコンピュータ等の上位装置により設定された加工の指示に含まれるデータ等を用いることができる。

【0032】

学習部 110 は、機械学習と総称される任意の学習アルゴリズムに従い、状態変数 S（加工条件データ S 1、切削条件データ S 2、加工結果データ S 3、工具データ S 4）に基づくクラスタ分析を行ない、該クラスタ分析により作成されたクラスタを学習済みモデルとして記憶（学習）する。学習部 110 は、ワークの加工が正常に行われた際に取得された所定数の状態変数 S（加工条件データ S 1、切削条件データ S 2、加工結果データ S 3、工具データ S 4）に基づいてクラスタを作成する。クラスタの作成に使用する状態変数 S は、例えば工場に配置される工作機械 2 から有線/無線のネットワークを介して取得されて蓄積されたデータ（ビッグデータ）を用いるようにしても良い。このような学習を行うことにより、学習部 110 は、工具種別（工具データ S 4）毎の、加工条件（加工条件データ S 1）、切削条件（切削条件データ S 2）、及び工作機械 2 の動作状態（加工結果データ S 3）の分布をクラスタ集合として解析する。

30

40

【0033】

図 3 は、学習部 110 が生成するクラスタ集合の例を示す図である。なお、図 3 では、説明を簡単にするために、データが分布する空間を 3 次元とし、各軸を切込み量（加工条件データ S 1）、切削速度（切削条件データ S 2）、主軸負荷（加工結果データ S 3）としているが、実際には状態変数 S として取得した（工具種別（工具データ S 4）を除く）データ項目を各軸とした多次元空間上にデータが分布することになる。図 3 に例示するように、学習部 110 は、少なくとも工具種別毎に異なるクラスタを作成する。図 3 に示すように、学習部 110 が作成するクラスタは、工具種別毎に、加工条件、切削条件に対する動作状態の分布の傾向を示す。即ち、それぞれのクラスタは、所定の工具を用いた場合において、設定された加工条件（切込み量）及び切削条件（切削速度）で加工を行った時

50

の動作状態（主軸負荷）の傾向を示すこととなる。このクラスタは、判定部 1 2 2 が、例えば加工条件、切削条件、動作状態の制約が与えられた時の工具の選定の判定をする際に利用される。

【 0 0 3 4 】

判定部 1 2 2 は、学習部 1 1 0 がワークの加工が正常に行われた際に取得された状態変数 S （加工条件データ S_1 、切削条件データ S_2 、加工結果データ S_3 、工具データ S_4 ）に基づいて学習した学習済みモデル（工具種別（工具データ S_4 ）毎の、加工条件（加工条件データ S_1 ）、切削条件（切削条件データ S_2 ）、及び工作機械 2 の動作状態（加工結果データ S_3 ）のクラスタ）と、新たに観測（入力）された加工条件データ S_1 、切削条件データ S_2 、及び加工結果データ S_3 とに基づいて、何れの工具を用いるのが適切であるのかを判定する機能手段である。図 3 を例として判定部 1 2 2 の動作を説明すると、ワークの加工が正常に行われた場合のクラスタが作成されている状態で、新たに加工条件データ S_1 、切削条件データ S_2 、及び加工結果データ S_3 が観測（入力）されると、判定部 1 2 2 は、当該データと、各工具種別毎のクラスタとの関係を解析し、新たに入力された状態変数 S が属するクラスタに対応する工具種別を、指定された条件で使用可能な工具種別であると判定する。なお、ここで入力される状態変数 S は、所定の範囲を伴っていても良い。例えば、加工結果データ S_3 として、主軸負荷が L_1 以下であることが主軸負荷の条件として入力された場合には、その範囲に掛かる全てのクラスタに対応する工具種別を、指定された条件で使用可能な工具種別であると判定するようにしても良い。

10

【 0 0 3 5 】

判定部 1 2 2 は、単純に工具種別を判定するだけでなく、新たに観測（入力）された加工条件データ S_1 、切削条件データ S_2 、及び加工結果データ S_3 のクラスタ空間上の位置が、それぞれのクラスタの中心からの距離、又は、新たに観測（入力）された加工条件データ S_1 、切削条件データ S_2 、及び加工結果データ S_3 の位置における、それぞれのクラスタのクラスタ密度に基づいて、指定された条件で使用する工具種別の優先度を判定するようにしても良い。

20

【 0 0 3 6 】

更に、判定部 1 2 2 は、新たに加工条件データ S_1 、切削条件データ S_2 、及び加工結果データ S_3 が観測（入力）に対して使用可能な工具種別を判定した後に、該工具種別の工具を用いて加工する際に設定可能な加工条件乃至切削条件の範囲を判定するようにしても良い。例えば、使用可能な工具種別を判定した後に、該工具種別のクラスタにおける指定されたか好結果（主軸負荷等）を保てる範囲での切削速度の最大値を判定するようにしても良い。

30

【 0 0 3 7 】

上記したように、指定された加工条件、切削条件、及び望まれる加工結果で正常に加工を行うことができる工具種別を演算や目算によらずに自動的に判定することができれば、作業者は必要な加工条件、切削条件、及び望まれる加工結果を入力するだけで（あるいは、CAD / CAM 等から読み込ませることで）、適切な工具の選定を迅速に判断することができるようになる。

【 0 0 3 8 】

そして、判定部 1 2 2 により判定された工具選定部 3 6 へと出力される。工具選定部 3 6 は、指定された条件の下で使用可能な 1 乃至複数の工具種別を表示器 / M D I ユニット 7 0 へと表示し、作業者が表示器 / M D I ユニット 7 0 を操作して選定した工具種別を加工に使用する工具として不揮発性メモリ 1 4 内に記憶された加工プログラム等に設定する。工具選定部 3 6 は、判定部 1 2 2 がそれぞれの工具種別の工具を用いて加工する際に設定可能な加工条件乃至切削条件の範囲を判定している場合には、その加工条件乃至切削条件の範囲も併せて表示し、作業者が指定した加工条件乃至切削条件を変更するか入力を促すようにしても良い。作業者が指定した加工条件乃至切削条件は、工具選定部 3 6 により不揮発性メモリ 1 4 内に記憶された加工プログラム乃至不揮発性メモリ 1 4 上に設けられた設定領域等に設定される。

40

50

【 0 0 3 9 】

図 4 は、工作機械 2 を備えた一実施形態によるシステム 8 0 を示す。システム 8 0 は、同一の機械構成を有する複数の工作機械 2 と、それら工作機械 2 を互いに接続するネットワーク 8 2 とを備え、複数の工作機械 2 のうち少なくとも 1 つが、上記した工具選定装置 1 を備える工作機械 2 として構成される。工作機械 2 は、ワークの加工に必要とされる一般的な工作機械が備える構成を有する。

【 0 0 4 0 】

上記構成を有するシステム 8 0 は、複数の工作機械 2 のうちで工具選定装置 1 を備える工作機械 2 が、学習部 1 1 0 の学習結果を用いて、工作機械 2 (工具選定装置 1 を含まない工作機械 2 を含む) において指定された加工に係る各条件に対して、該工作機械 2 において指定された条件の下で使用可能な工具種別を自動的に、しかも正確に求めることができる。また、少なくとも 1 つの工作機械 2 の工具選定装置 1 が、他の複数の工作機械 2 のそれぞれについて得られた状態変数 S に基づき、全ての工作機械 2 に共通する学習を行い、その学習結果を全ての工作機械 2 が共有するように構成できる。したがってシステム 8 0 によれば、より多様なデータ集合 (状態変数 S を含む) を入力として、工作機械 2 から検出される各データの学習の速度や信頼性を向上させることができる。

10

【 0 0 4 1 】

図 5 は、工作機械 2 を備えた他の実施形態によるシステム 8 0 を示す。システム 8 0 は、工作機械 2 (の制御装置) とネットワークを介して接続されたセルコンピュータ、ホストコンピュータ、クラウドサーバ等のコンピュータの上に配置された機械学習装置 1 0 0 と、同一の機械構成を有する複数の工作機械 2、及び工作機械 2 の制御装置として実装された工具選定装置 1'、工作機械 2 (の制御装置) と機械学習装置 1 0 0 とを互いに接続するネットワーク 8 2 とを備える。なお、図 5 に例示される形態では、工具選定装置 1' は、図 2 で説明した不揮発性メモリ 1 4、制御部 3 4、工具選定部 3 6 を備えている。

20

【 0 0 4 2 】

上記構成を有するシステム 8 0 は、機械学習装置 1 0 0 が、複数の工作機械 2 のそれぞれについて得られた状態変数 S (及びラベルデータ L) に基づき、全ての工作機械 2 に共通する学習を行う。そして、機械学習装置 1 0 0 の学習結果を用いて、工作機械 2 から指定された条件の下で使用可能な工具の選定と切削条件の提案を該工作機械 2 が備える工具選定装置 1' へと送信する。そして、工具選定装置 1' では、機械学習装置 1 0 0 から受けた工具の選定と切削条件の提案に基づいた工作機械 2 で使用する適切な工具選定及び切削条件の設定をすることができるようになる。この構成によれば、複数の工作機械 2 のそれぞれが存在する場所や時期に関わらず、必要なときに必要な数の工作機械 2 を工具選定装置 1 に接続することができる。

30

【 0 0 4 3 】

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上述した実施の形態の例のみに限定されることなく、適宜の変更を加えることにより様々な態様で実施することができる。

【 0 0 4 4 】

例えば、機械学習装置 1 0 0 が実行する学習アルゴリズム、機械学習装置 1 0 0 が実行する演算アルゴリズム、工具選定装置 1 が実行する制御アルゴリズム等は、上述したものに限定されず、様々なアルゴリズムを採用できる。

40

【 符号の説明 】

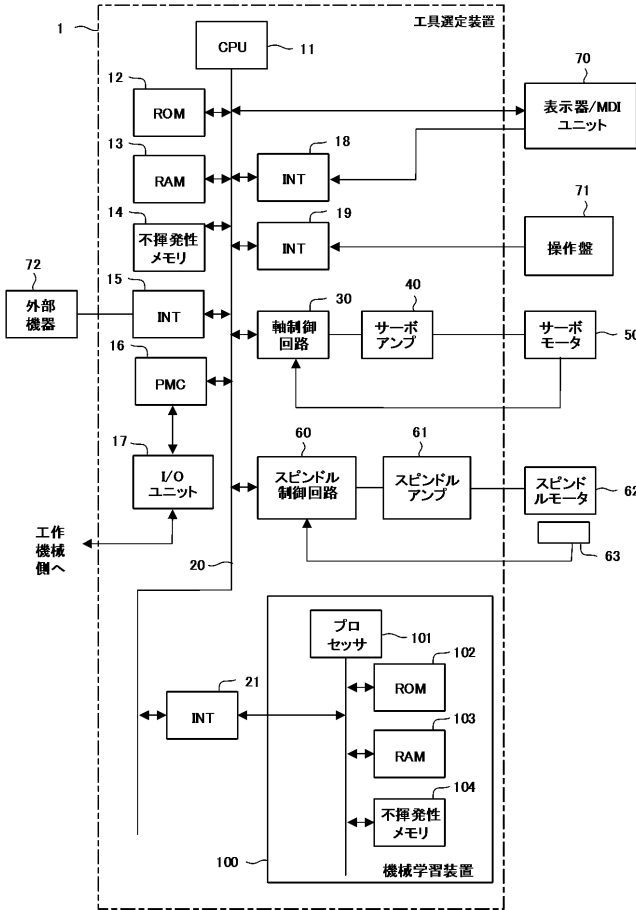
【 0 0 4 5 】

- 1, 1' 工具選定装置
- 2 工作機械
- 1 1 CPU
- 1 2 ROM
- 1 3 RAM
- 1 4 不揮発性メモリ

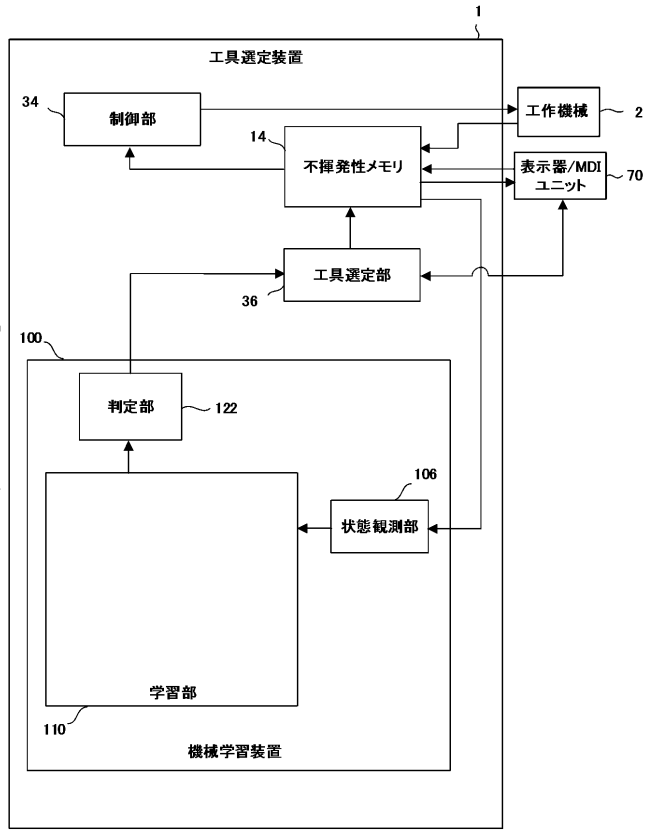
50

1 5	, 1 8 , 1 9	インタフェース	
1 7		I / Oユニット	
2 0		バス	
2 1		インタフェース	
3 0		軸制御回路	
3 4		制御部	
3 6		工具選定部	
4 0		サーボアンプ	
5 0		サーボモータ	
6 0		スピンドル制御回路	10
6 1		スピンドルアンプ	
6 2		スピンドルモータ	
6 3		ポジションコーダ	
7 0		表示器 / M D Iユニット	
7 1		操作盤	
7 2		外部機器	
8 0		システム	
8 2		ネットワーク	
1 0 0		機械学習装置	
1 0 1		プロセッサ	20
1 0 2		R O M	
1 0 3		R A M	
1 0 4		不揮発性メモリ	
1 0 6		状態観測部	
1 1 0		学習部	
1 2 2		判定部	

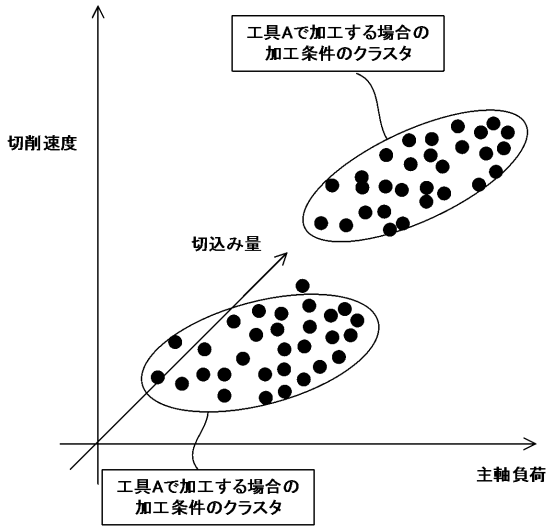
【図1】



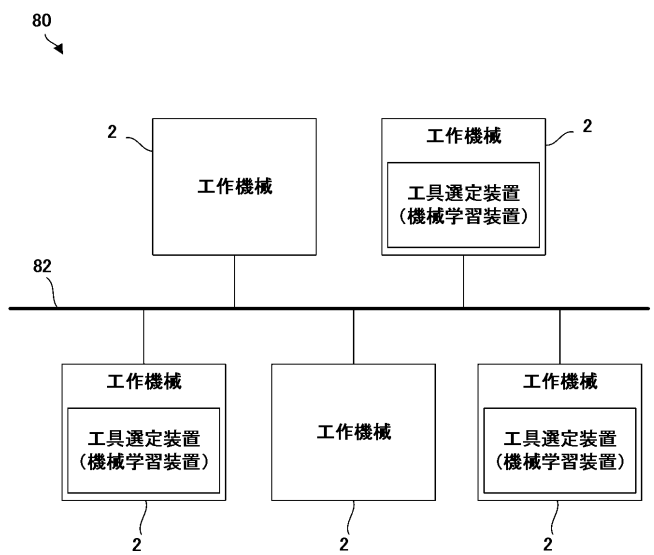
【図2】



【図3】



【図4】



【 図 5 】

