

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6637021号  
(P6637021)

(45) 発行日 令和2年1月29日(2020.1.29)

(24) 登録日 令和1年12月27日(2019.12.27)

(51) Int. Cl. F I  
**B 2 3 Q 11/10 (2006.01)**  
 B 2 3 Q 11/10 Z  
 B 2 3 Q 11/10 A

請求項の数 6 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-225324 (P2017-225324)</p> <p>(22) 出願日 平成29年11月24日(2017.11.24)</p> <p>(65) 公開番号 特開2019-93479 (P2019-93479A)</p> <p>(43) 公開日 令和1年6月20日(2019.6.20)</p> <p>審査請求日 平成31年2月15日(2019.2.15)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 390008235                  ファナック株式会社                  山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358                  〇番地</p> <p>(74) 代理人 110001151                  あいわ特許業務法人</p> <p>(72) 発明者 高原 徹志                  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</p> <p>審査官 村上 哲</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 切削液供給タイミング制御装置及び機械学習装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

加工位置に対して切削液を供給する切削液供給装置による切削液の供給タイミングを推定する切削液供給タイミング制御装置において、  
 前記切削液供給装置の稼働状態に対する前記切削液の供給タイミングの推定を学習する機械学習装置を備え、  
 前回切削液の供給を停止してから経過した時間を少なくとも含む前記切削液供給装置の稼働状態に係る稼働状態データを、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、  
 前記切削液の供給タイミングを示す供給タイミングデータを、ラベルデータとして取得するラベルデータ取得部と、  
 前記状態変数と前記ラベルデータとを用いて、前記稼働状態データと、前記供給タイミングデータとの相関性を学習する学習部と、  
 を備える切削液供給タイミング制御装置。

10

【請求項2】

前記学習部は、  
 前記状態変数から前記切削液の供給タイミングを推定する相関性モデルと、予め用意された教師データから識別される相関性特徴との誤差を計算する誤差計算部と、  
 前記誤差を縮小するように前記相関性モデルを更新するモデル更新部とを備える、  
 請求項1に記載の切削液供給タイミング制御装置。

20

## 【請求項 3】

前記学習部は、前記状態変数と前記ラベルデータとを多層構造で演算する、請求項 1 または 2 に記載の切削液供給タイミング制御装置。

## 【請求項 4】

前記学習部による学習結果に基づいて、前記切削液の供給タイミングの推定結果を出力する推定結果出力部を更に備える、

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の切削液供給タイミング制御装置。

## 【請求項 5】

前記機械学習装置は、クラウドサーバに存在する、

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の切削液供給タイミング制御装置。

10

## 【請求項 6】

加工位置に対して切削液を供給する切削液供給装置の稼働状態に対する前記切削液の供給タイミングの推定を学習する機械学習装置であって、

前回切削液の供給を停止してから経過した時間を少なくとも含む前記切削液供給装置の稼働状態に係る稼働状態データを、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、

前記切削液の供給タイミングを示す供給タイミングデータを、ラベルデータとして取得するラベルデータ取得部と、

前記状態変数と前記ラベルデータとを用いて、前記稼働状態データと、前記供給タイミングデータとの相関性を学習する学習部と、

20

を備える機械学習装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、切削液供給タイミング制御装置及び機械学習装置に関し、特にブロック先読みにより切削液の供給タイミングを制御する切削液供給タイミング制御装置及び機械学習装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

切削加工において、安定した加工を行うためには、切削点に適切に切削液が供給される必要がある。しかしながら、切削液を供給する電動機あるいは電磁弁が切削点から離れている場合、加工プログラム中の切削液供給指令から実際に切削液が吐出され切削点に切削液が供給されるまでに遅れが生じ、切削液が掛かっていない状態で加工が始まってしまう場合がある。

30

## 【0003】

このような問題を防止するために、主にプログラム中の切削液供給指令を、切削開始よりも十分に前に指令したり、切削液を常時供給したりする方法が取られている。また、切削液の供給遅れを改善する従来技術として、例えば特許文献 1 には、加工液の噴射ノズルの近傍に逆止弁を設けることで、加工液の噴射遅れを解消する技術が開示されている。

## 【先行技術文献】

40

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 068680 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

しかしながら、切削開始よりも十分に前に指令する方法や切削液を常時供給する方法では、実際に加工が開始される前から切削液が供給されるため、無駄に切削液を消費してしまうだけでなく、切削液を供給するポンプの動作時間が長くなり電力も余計に消費することとなる。また、特許文献 1 に開示される技術である程度加工液の噴射遅れを解消するこ

50

とは可能ではあるものの、切削液を供給する全ての機械に対して逆流防止弁を設ける必要があり、また、物理的な構成である逆流防止弁に対するメンテナンスが必要となるためコストが増加する問題がある。

#### 【0006】

そこで本発明の目的は、切削液や電力等を無駄に消費することなく加工のタイミングに合わせて切削液を供給することが可能な切削液供給タイミング制御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】

#### 【0007】

本発明の切削液供給タイミング制御装置は、加工プログラムのブロック先読みにより、切削液供給指令時刻を計算し、指令時刻に切削点に切削液が供給されるよう、指令実行に先駆けて切削液供給制御を開始する機能を提供する。切削点への切削液の供給遅れ時間は、作業者の目視による手動設定、あるいは切削液吐出口付近に設置した流量センサ、切削液を供給する電動機の負荷（経路に切削液が満たされるに連れ負荷が上昇）、ビジョンカメラ等による自動設定、もしくはそれらの組み合わせによって与えられる。切削液の供給タイミングの自動設定には機械学習を利用する。

#### 【0008】

そして、本発明の一態様は、加工位置に対して切削液を供給する切削液供給装置による切削液の供給タイミングを推定する切削液供給タイミング制御装置において、前記切削液供給装置の稼働状態に対する前記切削液の供給タイミングの推定を学習する機械学習装置を備え、前回切削液の供給を停止してから経過した時間を少なくとも含む前記切削液供給装置の稼働状態に係る稼働状態データを、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、前記切削液の供給タイミングを示す供給タイミングデータを、ラベルデータとして取得するラベルデータ取得部と、前記状態変数と前記ラベルデータとを用いて、前記稼働状態データと、前記供給タイミングデータとの相関性を学習する学習部と、を備える切削液供給タイミング制御装置である。

#### 【0009】

本発明の他の態様は、加工位置に対して切削液を供給する切削液供給装置の稼働状態に対する前記切削液の供給タイミングの推定を学習する機械学習装置であって、前回切削液の供給を停止してから経過した時間を少なくとも含む前記切削液供給装置の稼働状態に係る稼働状態データを、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、前記切削液の供給タイミングを示す供給タイミングデータを、ラベルデータとして取得するラベルデータ取得部と、前記状態変数と前記ラベルデータとを用いて、前記稼働状態データと、前記供給タイミングデータとの相関性を学習する学習部と、を備える機械学習装置である。

#### 【発明の効果】

#### 【0010】

本発明により、切削液の吐出遅れを考慮したプログラムを作成する必要が無く、安定した加工を実現することができる。また、電動機を適宜停止することで消費電力の削減が可能となり、切削液供給停止時においても同様の制御を適用することで、消費電力の削減が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1】一実施形態による切削液供給タイミング制御装置の概略的なハードウェア構成図である。

【図2】一実施形態による切削液供給タイミング制御装置の概略的な機能ブロック図である。

【図3】切削液供給タイミング制御装置の一形態を示す概略的な機能ブロック図である。

【図4A】ニューロンを説明する図である。

【図4B】ニューラルネットワークを説明する図である。

10

20

30

40

50

【図5】切削液供給タイミング制御装置を組み込んだ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。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の実施形態を図面と共に説明する。

図1は第1の実施形態による切削液供給タイミング制御装置の要部を示す概略的なハードウェア構成図である。切削液供給タイミング制御装置1は、例えば製造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、切削液供給タイミング制御装置1は、製造機械を制御する制御装置と併設されたコンピュータや、製造機械を制御する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、製造機械を制御する制御装置と併設されたコンピュータとして切削液供給タイミング制御装置1を実装した場合の例を示している。

10

【0013】

本実施形態による切削液供給タイミング制御装置1が備えるCPU11は、切削液供給タイミング制御装置1を全体的に制御するプロセッサである。CPU11は、ROM12に格納されたシステム・プログラムをバス20を介して読み出し、該システム・プログラムに従って切削液供給タイミング制御装置1全体を制御する。RAM13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。

20

【0014】

不揮発性メモリ14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、切削液供給タイミング制御装置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14には、製造機械を制御する制御装置3やその周辺装置である切削液供給装置2や図示しないロボットから取得された各種データ(例えば、インタフェース19を介して制御装置3から取得した制御装置3で現在実行されている加工プログラムや製造機械に取り付けられたセンサによる検出値、インタフェース18を介して取得した切削液供給装置2の稼働状態やタンク内の切削液の量、ポンプ圧、図示しないロボットに取り付けられたカメラからの映像等)等が記憶されている。不揮発性メモリ14に記憶された各種データは、利用時にはRAM13に展開されても良い。また、ROM12には、切削液供給タイミング制御装置1の動作に必要な各種のシステム・プログラム(機械学習装置100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。

30

【0015】

表示装置70は、インタフェース17を介して出力された切削液供給タイミング制御装置1や切削液供給装置2等の状態を示すテキストやグラフィックを表示するための装置であり、液晶ディスプレイ等が利用できる。

【0016】

インタフェース21は、切削液供給タイミング制御装置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ROM102、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RAM103、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を介して切削液供給タイミング制御装置1で取得可能な各情報(例えば、制御装置3で実行される加工プログラムのブロックや、製造機械に取り付けられたセンサによる検出値、切削液供給装置2の稼働状態、タンク内の切削液の量、ポンプ圧、ロボットに取り付けられたカメラからの映像等)を観測することができる。また、切削液供給タイミング制御装置1は、機械学習装置100から出力される値に基づいて、切削液の供給タイミングの制御等を行う。

40

【0017】

50

図2は、第1の実施形態による切削液供給タイミング制御装置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に示した切削液供給タイミング制御装置1が備えるCPU11、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、切削液供給タイミング制御装置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。

#### 【0018】

本実施形態の切削液供給タイミング制御装置1は、制御装置3から取得した加工プログラムのブロックを読み出して後述する制御部34による制御に用いるデータを生成する指令解析部32と、指令解析部32から出力された制御用のデータと機械学習装置100から出力された切削液の供給タイミングの推定結果に基づいて製造装置及びその周辺装置である切削液供給装置2とを制御する制御部34を備える。

10

#### 【0019】

指令解析部32は、制御装置3から取得した加工プログラムのブロックを解析し、制御部34による製造機械の制御に用いられる制御用のデータを作成すると共に、制御装置3から取得した加工プログラムのブロックを制御装置3による実行に対して先読みして切削液供給指令（例えば、MコードのM08等）を見つけると、該切削液供給指令による切削液の供給のタイミング（ポンプを稼働させるタイミング）を推定するように機械学習装置100へと指令する。

#### 【0020】

一方、切削液供給タイミング制御装置1が備える機械学習装置100は、切削液供給装置2の稼働状態に対する、切削液の供給タイミングの推定を、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。切削液供給タイミング制御装置1が備える機械学習装置100が学習するものは、切削液供給装置2の稼働状態と、切削液の供給タイミングとの、相関性を表すモデル構造に相当する。

20

#### 【0021】

図2に機能ブロックで示すように、切削液供給タイミング制御装置1が備える機械学習装置100は、切削液供給装置2の稼働状態を示す稼働状態データS1を含む環境の現在状態を表す状態変数Sとして観測する状態観測部106と、切削液の供給タイミングを示す供給タイミングデータL1を含むラベルデータLを取得するラベルデータ取得部108と、状態変数SとラベルデータLとを用いて、切削液供給装置2の稼働状態に、切削液の供給タイミングを関連付けて学習する学習部110と、学習部110による学習済みモデルを用いて切削液供給装置2の稼働状態から推定した切削液の供給タイミングを出力する推定結果出力部122と、を備える。

30

#### 【0022】

状態観測部106は、学習部110による学習時において、状態変数Sとしての稼働状態データS1を不揮発性メモリ14から取得する。また、状態観測部106は、学習部110の学習結果を用いた切削液の供給タイミング推定時において、状態変数Sとしての稼働状態データS1を切削液供給装置2から取得する（無論、不揮発性メモリ14を経由して取得しても良い）。

40

#### 【0023】

状態観測部106が観測する状態変数Sのうち、稼働状態データS1は、例えば切削液供給装置2による切削液の供給状況に係るデータのセットとして取得することができる。切削液供給装置2による切削液の供給状況に係る情報としては、例えば、前回切削液の供給を停止（ポンプをオフ、又はバルブを閉じる）してから経過した時間、前回切削液を供給した際のポンプ圧等が例示される。稼働状態データS1としては、切削液供給装置2による切削液の供給に関連するデータであれば、それぞれの切削液供給装置2の稼働環境に応じた各種データを用いることができる。稼働状態データS1に含まれるそれぞれの稼働状態に係るデータは、例えば単体の数値であっても良いし、所定の期間において変化する値を所定周期でサンプリングした値の系列であっても良い。

50

## 【 0 0 2 4 】

ラベルデータ取得部 1 0 8 は、学習部 1 1 0 の学習時において、ラベルデータ L として、切削液の供給タイミングに係る供給タイミングデータ L 1 を不揮発性メモリ 1 4 に記憶されているデータに基づいて算出する。供給タイミングデータ L 1 は、例えば制御部 3 4 から切削液供給装置 2 に対して切削液の供給が指令されてから、実際に切削液がノズル等から吐出して加工位置へと供給されるまでの時間に基づいて算出される。制御部 3 4 から切削液供給装置 2 に対して切削液の供給が指令された時刻は、制御部 3 4 による指令の出力タイミングを適宜不揮発性メモリ 1 4 へと記憶しておく。また、実際に切削液がノズル等から吐出して加工位置へと供給された時刻は、例えば、作業者が目視による手動で計測し図示しない入力装置を介して設定した時刻や、切削液の吐出口付近に設置した流量センサにより吐出を検出した時刻、切削液を供給する電動機の負荷から推定される吐出時刻（経路に切削液が満たされるに連れてポンプの負荷が上昇し吐出と共に安定するためその時間を吐出時刻と推定できる）、ロボットに取り付けられたカメラ等により切削液の吐出が観測された時刻等を用いればよい。なお、ラベルデータ取得部 1 0 8 は、学習部 1 1 0 による学習時において利用されるものであり、学習部 1 1 0 による学習が完了した後は機械学習装置 1 0 0 の必須の構成とする必要は無い。

10

## 【 0 0 2 5 】

学習部 1 1 0 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（切削液供給装置 2 の稼働状態を示す稼働状態データ S 1）に対するラベルデータ L（切削液の供給タイミングを示す供給タイミングデータ L 1）を学習する。学習部 1 1 0 は、例えば状態変数 S に含まれる稼働状態データ S 1 と、ラベルデータ L に含まれる供給タイミングデータ L 1 との相関性を学習することができる。学習部 1 1 0 は、状態変数 S とラベルデータ L とを含むデータ集合に基づく学習を反復実行することができる。

20

## 【 0 0 2 6 】

学習部 1 1 0 による学習においては、複数の切削液供給装置 2 のそれぞれについて得られたデータに基づいた複数の学習サイクルを実行することが望ましい。このような学習サイクルを繰り返すことにより、学習部 1 1 0 は、切削液供給装置 2 の稼働状態（稼働状態データ S 1）と、切削液の供給タイミング（供給タイミングデータ L 1）との相関性を自動的に解釈する。学習アルゴリズムの開始時には稼働状態データ S 1 に対する供給タイミングデータ L 1 の相関性は実質的に未知であるが、学習部 1 1 0 が学習を進めるに従い徐々に稼働状態データ S 1 に対する供給タイミングデータ L 1 との関係を徐々に解釈し、その結果として得られた学習済みモデルを用いることで稼働状態データ S 1 に対する供給タイミングデータ L 1 の相関性を解釈可能になる。

30

## 【 0 0 2 7 】

推定結果出力部 1 2 2 は、学習部 1 1 0 が学習した結果（学習済みモデル）に基づいて、切削液供給装置 2 の稼働状態に基づいて切削液の供給タイミングを推定し、推定した切削液の供給タイミングを出力する。より具体的には、学習部 1 1 0 が切削液供給装置 2 の稼働状態を示す稼働状態データ S 1 に関連付けて学習した切削液の供給タイミングに係る供給タイミングデータ L 1 は、制御部 3 4 が切削液の供給を指令してから実際に加工位置に切削液が供給されるタイミングを示しており、学習部 1 1 0 による学習済みモデルを用いた推定ではこの値が出力される。そして、推定結果出力部 1 2 2 は、この出力された値に基づいて加工プログラムの切削液供給指令（M 0 8）のブロックが実行される時刻に先立ってどの程度前に切削液の供給を開始する指令を切削液供給装置 2 に対して出力するべきかを推定し、その推定結果を制御部 3 4 へと出力する。

40

## 【 0 0 2 8 】

搬送機の切削液供給タイミング制御装置 1 が備える機械学習装置 1 0 0 の一変形例として、状態観測部 1 0 6 は、稼働状態データ S 1 に加えて、切削液供給装置 2 が供給する切削液の状態を示す切削液状態データ S 2 を状態変数 S として観測するようにしても良い。切削液状態データ S 2 としては、切削液のタンクに残っている切削液の量（切削液が少なくなってくると供給する切削液に空気が混入して供給遅れが悪化することがある）、切削

50

液の品質（季節要因、経年劣化等により切削液の液質が変化する）等が例示される。

【0029】

上記変形例によれば、機械学習装置100は、稼働状態データS1及び切削液状態データS2に対して供給タイミングデータL1を関連付けて学習することができるので、切削液の状態変化による切削液の供給タイミングの変化に対して精度の高い推定を行うことができるようになる。

【0030】

上記構成を有する機械学習装置100では、学習部110が実行する学習アルゴリズムは特に限定されず、機械学習として公知の学習アルゴリズムを採用できる。図3は、図2に示す切削液供給タイミング制御装置1の他の形態であって、学習アルゴリズムの他の例として教師あり学習を実行する学習部110を備えた構成を示す。教師あり学習は、入力とそれに対応する出力との既知のデータセット（教師データと称する）が与えられ、それら教師データから入力と出力との相関性を暗示する特徴を識別することで、新たな入力に対する所要の出力を推定するための相関性モデルを学習する手法である。

10

【0031】

図3に示す切削液供給タイミング制御装置1が備える機械学習装置100において、学習部110は、切削液供給装置2の稼働状態から切削液の供給タイミングを推定する相関性モデルMと過去に取得された切削液供給装置2の稼働状態のデータ及び実際の切削液の供給タイミングの結果から得られた教師データTから識別される相関性特徴との誤差Eを計算する誤差計算部112と、誤差Eを縮小するように相関性モデルMを更新するモデル更新部114とを備える。学習部110は、モデル更新部114が相関性モデルMの更新を繰り返すことによって切削液供給装置2の稼働状態からの切削液の供給タイミングの推定を学習する。

20

【0032】

相関性モデルMの初期値は、例えば、状態変数SとラベルデータLとの相関性を単純化して（例えば一次関数で）表現したものであり、教師あり学習の開始前に学習部110に与えられる。教師データTは、本発明では上述したように過去に取得された切削液供給装置2の稼働状態のデータと実際の切削液の供給タイミングのデータとを利用することができる。切削液供給タイミング制御装置1の運用時に随時学習部110に与えられる。誤差計算部112は、学習部110に随時与えられた教師データTにより、切削液供給装置2の稼働状態と該識別コードの該切削液供給装置2に取り付けられた切削液の供給タイミングとの相関性を暗示する相関性特徴を識別し、この相関性特徴と、現在状態における状態変数S及びラベルデータLに対応する相関性モデルMとの誤差Eを求める。モデル更新部114は、例えば予め定めた更新ルールに従い、誤差Eが小さくなる方向へ相関性モデルMを更新する。

30

【0033】

次の学習サイクルでは、誤差計算部112は、更新後の相関性モデルMに従って状態変数Sを用いて切削液の供給タイミングの推定が行われ、該推定の結果と実際に取得されたラベルデータLの誤差Eを求め、モデル更新部114が再び相関性モデルMを更新する。このようにして、未知であった環境の現在状態とそれに対する推定との相関性が徐々に明らかになる。

40

【0034】

前述した教師あり学習を進める際に、ニューラルネットワークを用いることができる。図4Aは、ニューロンのモデルを模式的に示す。図4Bは、図4Aに示すニューロンを組み合わせて構成した三層のニューラルネットワークのモデルを模式的に示す。ニューラルネットワークは、例えば、ニューロンのモデルを模した演算装置や記憶装置等によって構成できる。

【0035】

図4Aに示すニューロンは、複数の入力 $x$ （ここでは一例として、入力 $x_1 \sim$ 入力 $x_3$ ）に対する結果 $y$ を出力するものである。各入力 $x_1 \sim x_3$ には、この入力 $x$ に対応する重み

50

$w$  ( $w_1 \sim w_3$ ) が掛けられる。これにより、ニューロンは、次の数 1 式により表現される出力  $y$  を出力する。なお、数 1 式において、入力  $x$ 、出力  $y$  及び重み  $w$  は、すべてベクトルである。また、 $\theta$  はバイアスであり、 $f_k$  は活性化関数である。

【 0 0 3 6 】

【 数 1 】

$$y = f_k \left( \sum_{i=1}^n x_i w_i - \theta \right)$$

【 0 0 3 7 】

図 4 B に示す三層のニューラルネットワークは、左側から複数の入力  $x$  (ここでは一例として、入力  $x_1 \sim$  入力  $x_3$ ) が入力され、右側から結果  $y$  (ここでは一例として、結果  $y_1 \sim$  結果  $y_3$ ) が出力される。図示の例では、入力  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  のそれぞれに対応の重み (総称して  $w_1$  で表す) が乗算されて、個々の入力  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  がいずれも 3 つのニューロン  $N_{11}$ 、 $N_{12}$ 、 $N_{13}$  に入力されている。

10

【 0 0 3 8 】

図 4 B では、ニューロン  $N_{11} \sim N_{13}$  の各々の出力を、総称して  $z_1$  で表す。 $z_1$  は、入力ベクトルの特徴量を抽出した特徴ベクトルと見なすことができる。図示の例では、特徴ベクトル  $z_1$  のそれぞれに対応の重み (総称して  $w_2$  で表す) が乗算されて、個々の特徴ベクトル  $z_1$  がいずれも 2 つのニューロン  $N_{21}$ 、 $N_{22}$  に入力されている。特徴ベクトル  $z_1$  は、重み  $W_1$  と重み  $W_2$  との間の特徴を表す。

20

【 0 0 3 9 】

図 4 B では、ニューロン  $N_{21} \sim N_{22}$  の各々の出力を、総称して  $z_2$  で表す。 $z_2$  は、特徴ベクトル  $z_1$  の特徴量を抽出した特徴ベクトルと見なすことができる。図示の例では、特徴ベクトル  $z_2$  のそれぞれに対応の重み (総称して  $w_3$  で表す) が乗算されて、個々の特徴ベクトル  $z_2$  がいずれも 3 つのニューロン  $N_{31}$ 、 $N_{32}$ 、 $N_{33}$  に入力されている。特徴ベクトル  $z_2$  は、重み  $W_2$  と重み  $W_3$  との間の特徴を表す。最後にニューロン  $N_{31} \sim N_{33}$  は、それぞれ結果  $y_1 \sim y_3$  を出力する。

なお、三層以上の層を為すニューラルネットワークを用いた、いわゆるディープラーニングの手法を用いることも可能である。

【 0 0 4 0 】

30

切削液供給タイミング制御装置 1 が備える機械学習装置 100 においては、状態変数  $S$  を入力  $x$  として、学習部 110 が上記したニューラルネットワークに従う多層構造の演算を行うことで、切削液供給装置 2 の稼働状態の値 (入力  $x$ ) から切削液の供給タイミング (出力  $y$ ) を推定することができる。なお、ニューラルネットワークの動作モードには、学習モードと価値予測モードとがあり、例えば学習モードで学習データセットを用いて重み  $w$  を学習し、学習した重み  $w$  を用いて価値予測モードで行動の価値判断を行うことができる。なお価値予測モードでは、検出、分類、推論等を行うこともできる。

【 0 0 4 1 】

上記した機械学習装置 100 の構成は、プロセッサ 101 が各々実行する機械学習方法 (或いはソフトウェア) として記述できる。この機械学習方法は、切削液供給装置 2 の稼働状態から切削液の供給タイミングの推定を学習する機械学習方法であって、プロセッサ 101 が、切削液供給装置 2 の稼働状態 (稼働状態データ  $S_1$ ) を現在状態を表す状態変数  $S$  として観測するステップと、切削液の供給タイミング (供給タイミングデータ  $L_1$ ) をラベルデータ  $L$  として取得するステップと、状態変数  $S$  とラベルデータ  $L$  とを用いて、稼働状態データ  $S_1$  と、切削液の供給タイミングとを関連付けて学習するステップとを有する。

40

【 0 0 4 2 】

機械学習装置 100 の学習部 110 により学習されて得られた学習済みモデルは機械学習に係るソフトウェアの一部であるプログラムモジュールとしての利用することが可能である。本発明の学習済みモデルは、CPU や GPU 等のプロセッサとメモリを備えるコン

50

コンピュータにて用いることができる。より具体的には、コンピュータのプロセッサが、メモリに記憶された学習済みモデルからの指令に従って、切削液供給装置2の稼働状態を入力として演算を行い、演算結果に基づいて切削液の供給タイミングの推定結果を出力するように動作する。本発明の学習済みモデルは、外部記憶媒体やネットワーク等を介して他のコンピュータに対して複製して利用することが可能である。

**【0043】**

また、本発明の学習済みモデルを他のコンピュータに対して複製して新しい環境で利用する際に、当該環境で得られた新たな状態変数やラベルデータに基づいて当該学習済みモデルに対して更なる学習を行わせることもできる。このようにした場合、当該環境による学習済みモデルから派生した学習済みモデル（以下、派生モデルとする）を得ることが可能である。本発明の派生モデルは、切削液供給装置2の稼働状態から切削液の供給タイミングの推定結果を出力するという点では元の学習済みモデルと同じだが、元の学習済みモデルよりも新しい環境に適合した結果を出力するという点で異なる。この派生モデルもまた、外部記憶媒体やネットワーク等を介して他のコンピュータに対して複製して利用することが可能である。

10

**【0044】**

更に、本発明の学習済みモデルを組み込んだ機械学習装置に対する入力に対して得られる出力を用いて、他の機械学習装置において1から学習を行うことで得られる学習済みモデル（以下、蒸留モデルとする）を作成し、これを利用することも可能である（このような学習工程を蒸留と言う）。蒸留において、元の学習済みモデルを教師モデル、新たに作成する蒸留モデルを生徒モデルとも言う。一般に、蒸留モデルは元の学習済みモデルよりもサイズが小さく、それでいて元の学習済みモデルと同等の正確度を出せるため、外部記憶媒体やネットワーク等を介した他のコンピュータに対する配布により適している。

20

**【0045】**

図5は、切削液供給タイミング制御装置1を備えた一実施形態によるシステム170を示す。システム170は、セルコンピュータや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一部として実装された少なくとも1台の切削液供給タイミング制御装置1と、複数の切削液供給装置2（を備えた製造機械）と、切削液供給タイミング制御装置1、切削液供給装置2を互いに接続する有線/無線のネットワーク172とを備える。なお、図5では省略しているが、それぞれの切削液供給装置2を周辺装置とする制御装置もまた、ネットワーク172に接続されている。

30

**【0046】**

上記構成を有するシステム170は、機械学習装置100を備える切削液供給タイミング制御装置1が、学習部110の学習結果を用いて、切削液供給装置2の稼働状態に対する切削液の供給タイミングを自動的かつ正確に推定することができる。また、切削液供給タイミング制御装置1の機械学習装置100が、複数の切削液供給装置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、全ての切削液供給装置2に共通する切削液の供給タイミングの推定を学習し、その学習結果を全ての切削液供給装置2において利用するように構成できる。したがってシステム170によれば、より多様なデータ集合（状態変数 $S$ 及びラベルデータ $L$ を含む）を入力として、切削液の供給タイミングの推定の学習の速度や信頼性を向上させることができる。

40

**【0047】**

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。

**【0048】**

例えば、機械学習装置100が実行する学習アルゴリズム、演算アルゴリズム、切削液供給タイミング制御装置1が実行するアルゴリズム等は、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。

**【0049】**

50

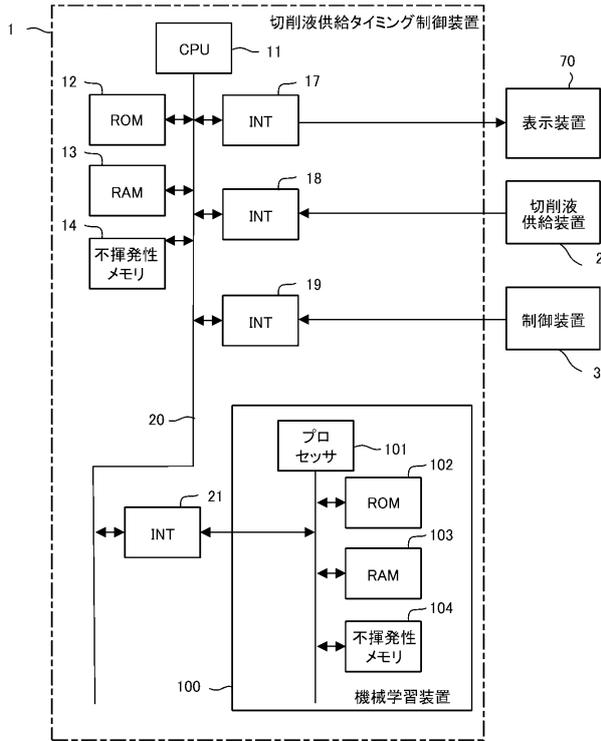
また、上記した実施形態では切削液供給タイミング制御装置 1 と機械学習装置 100 が異なる CPU を有する装置として説明しているが、機械学習装置 100 は切削液供給タイミング制御装置 1 が備える CPU 11 と、ROM 12 に記憶されるシステム・プログラムにより実現するようにしても良い。

【符号の説明】

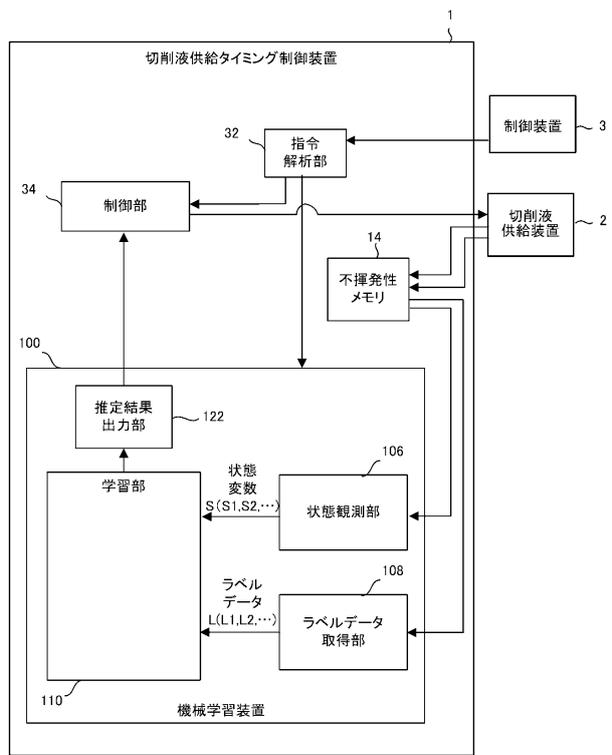
【0050】

1	切削液供給タイミング制御装置	
2	切削液供給装置	
3	制御装置	
11	CPU	10
12	ROM	
13	RAM	
14	不揮発性メモリ	
17, 18, 19	インタフェース	
20	バス	
21	インタフェース	
32	指令解析部	
34	制御部	
70	表示装置	
100	機械学習装置	20
101	プロセッサ	
102	ROM	
103	RAM	
104	不揮発性メモリ	
106	状態観測部	
108	ラベルデータ取得部	
110	学習部	
112	誤差計算部	
114	モデル更新部	
122	推定結果出力部	30
170	システム	
172	ネットワーク	

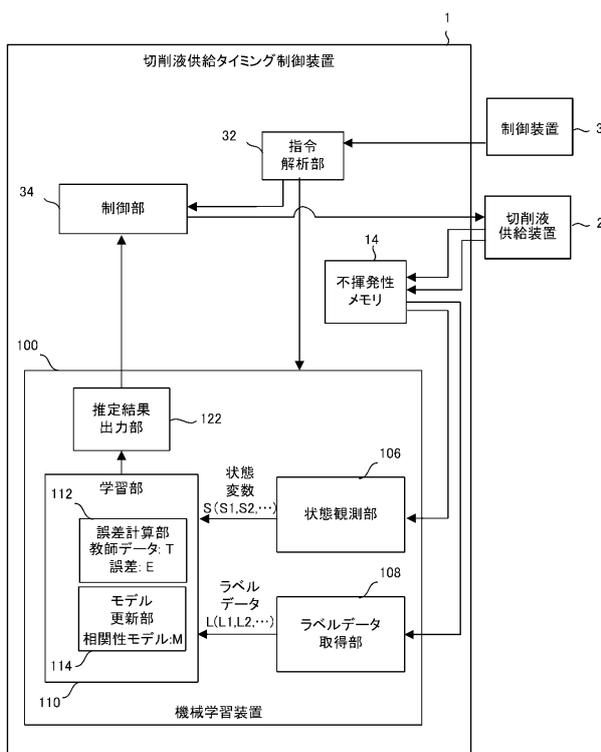
【図1】



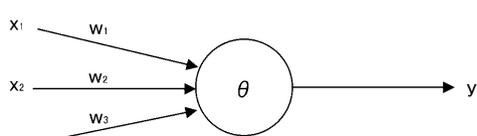
【図2】



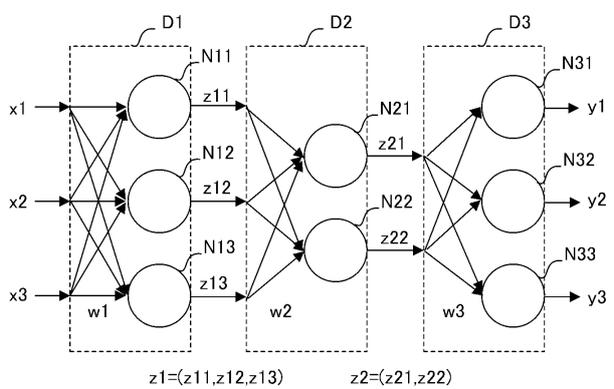
【図3】



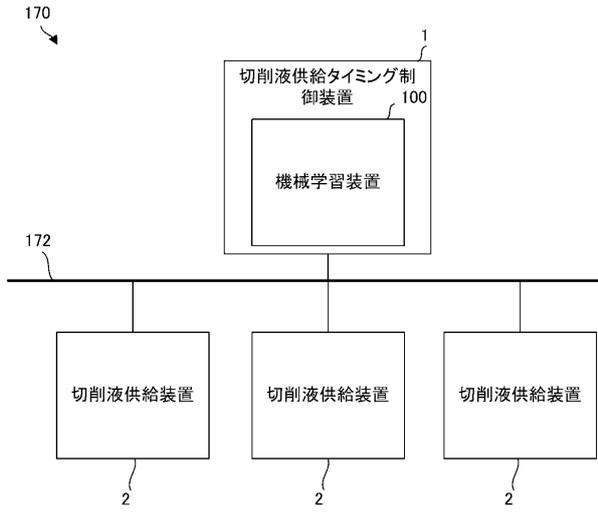
【図4A】



【図4B】



【図5】



## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-175398(JP,A)  
国際公開第2017/090098(WO,A1)  
特開2003-068680(JP,A)  
特開2017-068563(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23Q 11/00 - 13/00  
B23B 51/06  
B23C 5/28  
B24B 3/00 - 3/60  
B24B 21/00 - 39/06  
G05B 1/00 - 7/04  
G05B 11/00 - 13/04  
G05B 17/00 - 17/02  
G05B 19/05  
G05B 21/00 - 21/02  
G06N 3/00 - 99/00  
G06Q 10/00 - 99/00  
H01L 21/00 - 49/02