

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7363407号  
(P7363407)

(45)発行日 令和5年10月18日(2023.10.18)

(24)登録日 令和5年10月10日(2023.10.10)

(51)国際特許分類 F I  
 G 0 5 B 23/02 (2006.01) G 0 5 B 23/02 G  
 G 0 1 M 99/00 (2011.01) G 0 1 M 99/00 Z

請求項の数 6 (全13頁)

(21)出願番号	特願2019-210657(P2019-210657)	(73)特許権者	000002945 オムロン株式会社 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地
(22)出願日	令和1年11月21日(2019.11.21)	(74)代理人	110001519 弁理士法人太陽国際特許事務所
(65)公開番号	特開2021-82139(P2021-82139A)	(72)発明者	上山 勇樹 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
(43)公開日	令和3年5月27日(2021.5.27)	(72)発明者	伊藤 喜輝 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
審査請求日	令和4年9月7日(2022.9.7)	(72)発明者	阿部 泰明 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 追加学習装置、方法、及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

説明変数に対する目的変数を出力する予め学習されたモデルからの出力に応じた指示で制御される制御対象において観測されるデータに基づく情報を取得する取得部と、

前記取得部により取得された情報に対応する説明変数が、前記モデルにおいて未知か否かを判定する判定部と、

前記判定部により前記説明変数が未知であると判定された場合に、前記説明変数に対応する目的変数を取得し、前記説明変数と前記目的変数とを対応付けて、前記モデルを追加学習する追加学習部と、を含み、

前記追加学習部は、未知の説明変数に対応する情報が取得されてから所定時間後に前記制御対象において観測されるデータに基づく情報を、前記目的変数として取得する追加学習装置。

10

【請求項2】

前記判定部は、前記モデルの説明変数空間において、前記モデルを学習する際の学習データとして説明変数が存在した領域と、前記学習データとして説明変数が存在しなかった領域とを示すマップ情報を保持し、前記取得部により取得された情報に対応する説明変数がいずれの領域に属するかに基づいて、前記取得部により取得された情報に対応する説明変数が未知か否かを判定する請求項1に記載の追加学習装置。

【請求項3】

前記モデルから出力された目的変数から、前記制御対象を制御するための制御信号を生

20

成して出力する制御部を更に含む請求項 1 又は請求項 2 に記載の追加学習装置。

【請求項 4】

前記制御対象が製造装置である請求項 3 に記載の追加学習装置。

【請求項 5】

取得部が、説明変数に対する目的変数を出力する予め学習されたモデルからの出力に応じた指示で制御される制御対象において観測されるデータに基づく情報を取得し、

判定部が、前記取得部により取得された情報に対応する説明変数が、前記モデルにおいて未知か否かを判定し、

追加学習部が、前記判定部により前記説明変数が未知であると判定された場合に、前記説明変数に対応する目的変数を取得し、前記説明変数と前記目的変数とを対応付けて、前記モデルを追加学習する追加学習方法であって、

前記追加学習部は、未知の説明変数に対応する情報が取得されてから所定時間後に前記制御対象において観測されるデータに基づく情報を、前記目的変数として取得する追加学習方法。

【請求項 6】

コンピュータを、

説明変数に対する目的変数を出力する予め学習されたモデルからの出力に応じた指示で制御される制御対象において観測されるデータに基づく情報を取得する取得部、

前記取得部により取得された情報に対応する説明変数が、前記モデルにおいて未知か否かを判定する判定部、及び、

前記判定部により前記説明変数が未知であると判定された場合に、前記説明変数に対応する目的変数を取得し、前記説明変数と前記目的変数とを対応付けて、前記モデルを追加学習する追加学習部として機能させるための追加学習プログラムであって、

前記追加学習部は、未知の説明変数に対応する情報が取得されてから所定時間後に前記制御対象において観測されるデータに基づく情報を、前記目的変数として取得する追加学習プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、追加学習装置、追加学習方法、及び追加学習プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、製品を製造する製造装置では、材料や外部環境変化の影響を低減し、所望の製品品質基準を満たすように、加工等の動作を実現することを目的としている。そのために必要な指標を観測するセンサや、制御動作をアクチュエータに対して指示するコントローラが製造装置には内蔵されている。コントローラには、機械学習されたモデルを用いるデータドリブな機能を内包するものもある。

【0003】

通常、製造装置の設計の段階で想定される材料や外部環境変化の影響を加味して、既定の品質基準を満たすような実装を設計者は試みるが、実際に現場運用に入ってから想定していない変化（外乱）によって品質不良の発生につながることもある。また、こうした想定外の事象の発生率を下げる目的で、生産効率を犠牲にして対応することが多い。

【0004】

上記のような装置における計測や制御等の機器動作を決めるプログラムに内包されるモデルに関する技術として、診断性能を常に好適に保ちつつ、モデルの性能を向上させる上で必要な情報を適切に保持する診断装置が提案されている。この診断装置は、工作機械から診断情報を取得し、物理的特徴を元に異常が発生した際に生じると予測される特徴量を用いて診断を行う物理モデルによる診断手段を含む。また、この診断装置は、正常時及び異常時の信号を元に学習した機械学習モデルを用いて診断を行う数理モデルによる診断手段を含む。そして、この診断装置は、両診断手段による診断結果が異なった場合に、物理

10

20

30

40

50

モデル及び数理モデルの少なくとも一方を更新する必要があると判断し、その旨を通知する（特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2018-119924号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記特許文献1に記載の技術では、モデルを更新する必要がある旨が通知されるが、最終的な更新判断は人が行う必要がある。この場合、例えば、材料の変更や外部環境変化が頻繁に生じると、人手で都度判断することが困難な場合がある、という問題がある。

10

【0007】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、未知の外乱事象に対して、人手を要することなくモデルを更新することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明に係る追加学習装置は、説明変数に対する目的変数を出力する予め学習されたモデルからの出力に応じた指示で制御される制御対象において観測されるデータに基づく情報を取得する取得部と、前記取得部により取得された情報に対応する説明変数が、前記モデルにおいて未知か否かを判定する判定部と、前記判定部により前記説明変数が未知であると判定された場合に、前記説明変数に対応する目的変数を取得し、前記説明変数と前記目的変数とを対応付けて、前記モデルを追加学習する追加学習部と、を含んで構成される。

20

【0009】

また、前記追加学習部は、未知の説明変数に対応する情報が取得されてから所定時間後に前記制御対象において観測されるデータに基づく情報を、前記目的変数として取得することができる。

【0010】

30

また、前記追加学習部は、未知の説明変数に対応する所定の目的変数を設定し、設定した目的変数に対応する出力に応じた指示で前記制御対象を制御した場合に観測されるデータに基づく情報が、予め定めた条件を満たす場合に、前記所定の目的変数を、前記未知の説明変数に対応する目的変数として取得することができる。

【0011】

また、前記追加学習部は、未知の説明変数に対応する目的変数を、ユーザからの入力により取得することができる。

【0012】

また、前記判定部は、前記モデルの説明変数空間において、前記モデルを学習する際の学習データとして説明変数が存在した領域と、前記学習データとして説明変数が存在しなかった領域とを示すマップ情報を保持し、前記取得部により取得された情報に対応する説明変数がいずれの領域に属するかに基づいて、前記取得部により取得された情報に対応する説明変数が未知か否かを判定することができる。

40

【0013】

また、本発明に係る追加学習装置は、前記モデルから出力された目的変数から、前記制御対象を制御するための制御信号を生成して出力する制御部を更に含んで構成することができる。

【0014】

また、前記制御対象が製造装置とすることができる。

【0015】

50

また、本発明に係る追加学習方法は、取得部が、説明変数に対する目的変数を出力する予め学習されたモデルからの出力に応じた指示で制御される制御対象において観測されるデータに基づく情報を取得し、判定部が、前記取得部により取得された情報に対応する説明変数が、前記モデルにおいて未知か否かを判定し、追加学習部が、前記判定部により前記説明変数が未知であると判定された場合に、前記説明変数に対応する目的変数を取得し、前記説明変数と前記目的変数とを対応付けて、前記モデルを追加学習する方法である。

【0016】

また、本発明に係る追加学習プログラムは、コンピュータを、説明変数に対する目的変数を出力する予め学習されたモデルからの出力に応じた指示で制御される制御対象において観測されるデータに基づく情報を取得する取得部、前記取得部により取得された情報に対応する説明変数が、前記モデルにおいて未知か否かを判定する判定部、及び、前記判定部により前記説明変数が未知であると判定された場合に、前記説明変数に対応する目的変数を取得し、前記説明変数と前記目的変数とを対応付けて、前記モデルを追加学習する追加学習部として機能させるためのプログラムである。

10

【発明の効果】

【0017】

本発明に係る追加学習装置、方法、及びプログラムによれば、未知の外乱事象に対して、人手を要することなくモデルを更新することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

20

【図1】本実施形態に係るPLCの機能構成を示すブロック図である。

【図2】本実施形態に係るPLCのハードウェア構成を示すブロック図である。

【図3】マップ情報を概念的に示す図である。

【図4】モデルの追加学習の様子を概念的に示す図である。

【図5】追加学習の回数と、モデルに反映される事象の割合との関係を示す図である。

【図6】本実施形態における制御処理の流れを示すフローチャートである。

【図7】本実施形態における追加学習処理の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施形態の一例を、図面を参照しつつ説明する。本実施形態では、本発明に係る追加学習装置を搭載したPLC(Programmable Logic Controller)を例に説明する。なお、各図面において同一又は等価な構成要素及び部分には同一の参照符号を付与している。また、図面の寸法及び比率は、説明の都合上誇張されており、実際の比率とは異なる場合がある。

30

【0020】

図1に示すように、本実施形態に係るPLC10は、モデル生成装置30で生成されたモデルを用いて、制御対象である製造装置35の動作を制御する。製造装置35は、例えば、搬送装置、プレス機等である。制御対象の製造装置35は、1つであってもよいし、複数であってもよい。

【0021】

40

図2は、本実施形態に係るPLC10のハードウェア構成を示すブロック図である。図2に示すように、PLC10は、CPU(Central Processing Unit)42、メモリ44、記憶装置46、入出力I/F(Interface)48、記憶媒体読取装置52、及び通信I/F54を有する。各構成は、バス56を介して相互に通信可能に接続されている。

【0022】

記憶装置46には、後述する制御処理及び追加学習処理を実行するための追加学習プログラムが格納されている。CPU42は、中央演算処理ユニットであり、各種プログラムを実行したり、各構成を制御したりする。すなわち、CPU42は、記憶装置46からプログラムを読み出し、メモリ44を作業領域としてプログラムを実行する。CPU42は

50

、記憶装置 46 に記憶されているプログラムに従って、上記各構成の制御及び各種の演算処理を行う。

【0023】

メモリ 44 は、RAM (Random Access Memory) により構成され、作業領域として一時的にプログラム及びデータを記憶する。記憶装置 46 は、ROM (Read Only Memory)、及び HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive) 等により構成され、オペレーティングシステムを含む各種プログラム、及び各種データを格納する。

【0024】

入出力 I/F 48 は、製造装置 35 からのデータの入力、及び製造装置 35 へのデータの出力を行うインタフェースである。また、例えば、キーボードやマウス等の、各種の入力を行うための入力装置、及び、例えば、ディスプレイやプリンタ等の、各種の情報を出力するための出力装置が接続されてもよい。出力装置として、タッチパネルディスプレイを採用することにより、入力装置として機能させてもよい。

10

【0025】

記憶媒体読取装置 52 は、CD (Compact Disc) - ROM、DVD (Digital Versatile Disc) - ROM、ブルーレイディスク、USB (Universal Serial Bus) メモリ等の各種記憶媒体に記憶されたデータの読み込みや、記憶媒体に対するデータの書き込み等を行う。

【0026】

通信 I/F 54 は、他の機器と通信するためのインタフェースであり、例えば、イーサネット (登録商標)、FDDI、Wi-Fi (登録商標) 等の規格が用いられる。

20

【0027】

モデル生成装置 30 のハードウェア構成は、PLC 10 のハードウェア構成と同様であるため、説明を省略する。

【0028】

次に、モデル生成装置 30 の機能構成について説明する。図 1 に示すように、モデル生成装置 30 は、機能的には、生成部 32 を含む。

【0029】

生成部 32 は、説明変数に対する目的変数を出力するモデルであって、PLC 10 により製造装置 35 を制御するために利用されるモデルのパラメータを、学習データを用いて予め学習することによりモデルを生成する。

30

【0030】

本実施形態では、説明変数は、製造装置 35 において観測されるデータに基づく情報 (以下、「観測情報」という) である。観測情報は、例えば、製造装置 35 内のモーターの回転数、製造装置 35 に設けられた各種センサにより検出されたセンサ値、これらの値に基づいて判定処理等を行った処理結果等の情報である。目的変数は、入力された説明変数に対して推論される製造装置 35 の状態等の予測値である。すなわち、モデルは、観測情報に基づいて、製造装置 35 の制御に必要な予測値を推論するものである。

【0031】

したがって、生成部 32 は、観測情報に基づく説明変数と、その観測情報が観測された場合における製造装置 35 の正解の状態を示す目的変数とのペアを学習データとして、モデルのパラメータを学習することにより、モデルを生成する。生成部 32 は、PLC 10 のモデル記憶部 20 (詳細は後述) に、学習したモデルのパラメータを記憶する。

40

【0032】

また、生成部 32 は、説明変数空間において、モデルの学習に利用した学習データとして説明変数が存在した領域と、学習データとして説明変数が存在しなかった領域とを示すマップ情報を生成する。図 3 に、マップ情報を概念的に示す。図 3 の例では、 $y_1$  及び  $y_2$  が説明変数、 $y^{\wedge}$  (図 3 中では、「 $y$ 」の上に「 $\wedge$  (ハット) 」) が目的変数である。 $y_1$  及び  $y_2$  の各々を各軸とする説明変数空間を、例えば図 3 に示すようなメッシュ状の小

50

領域に分割する。説明変数と正解の目的変数とのペアである学習データ（図3中の黒丸）の各々について、その学習データに含まれる説明変数（図3中の白丸）が属する小領域に、説明変数が存在したことを示す値を付与する。図3の例では、学習データとして説明変数が存在した小領域を網掛けの領域で、学習データとして説明変数が存在しなかった小領域を白の領域で表している。生成部32は、PLC10のモデル記憶部20（詳細は後述）に、生成したマップ情報を記憶する。

【0033】

次に、本実施形態に係るPLC10の機能構成について説明する。

【0034】

図1に示すように、PLC10は、機能構成として、取得部12と、判定部14と、追加学習部16と、制御部18とを含む。また、PLC10の所定の記憶領域には、モデル記憶部20が記憶される。各機能構成は、CPU42が記憶装置46に記憶された追加学習プログラムを読み出し、メモリ44に展開して実行することにより実現される。

10

【0035】

取得部12は、製造装置35から観測情報を取得する。取得部12は、観測情報から特徴量を抽出するなどの必要な処理を行って、モデルに入力する説明変数に加工し、説明変数を判定部14及び制御部18に受け渡す。観測情報がそのままモデルに入力する説明変数となる場合には、取得部12は、観測情報をそのまま説明変数として判定部14及び制御部18へ受け渡す。

【0036】

判定部14は、取得部12から受け渡された説明変数が、モデルにおいて未知か否かを判定する。具体的には、判定部14は、モデル記憶部20からマップ情報を読み出し、取得部12から受け渡された説明変数が、学習データとして説明変数が存在した小領域に属するか、学習データとして説明変数が存在しなかった領域に属するかを判定する。判定部14は、前者の場合、取得部12から受け渡された説明変数は既知、後者の場合、取得部12から受け渡された説明変数は未知と判定し、判定結果を追加学習部16へ受け渡す。

20

【0037】

追加学習部16は、判定部14により説明変数が未知であると判定された場合に、未知の説明変数に対応する目的変数を取得し、未知の説明変数と取得した目的変数とを対応付けて、モデルを追加学習する。

30

【0038】

追加学習は、オンライン学習とも呼ばれ、初期又は既存の学習データに基づき生成されたモデルの一部を、新たに得られた学習データに基づき更新する処理である。例えば、追加の学習データを用いて、確率的勾配降下法等により、モデルのパラメータを最適化することにより、モデルを追加学習することができる。

【0039】

図4に、モデルの追加学習の様子を概念的に示す。図4に示すように、モデルが木構造で表される場合、追加学習により、新たなノード（図4中の黒丸で示すノード）が追加される。このように、説明変数が未知の場合、その説明変数に対応する目的変数を取得して新たな学習データとしてモデルを追加学習により更新する。このため、モデルの既存部分による推論結果は変化しない。

40

【0040】

図5に示すように、追加学習の回数が増えるほど、説明変数で説明される全事象、すなわち、起こり得る事象の上限のうち、学習データとして存在する既知の説明変数で説明される事象、すなわち、モデルに反映される事象の割合が高くなり、モデルによる推論の精度が向上する。

【0041】

追加学習部16は、以下のように、未知の説明変数に対応する目的変数を取得することができる。

【0042】

50

モデルから出力される目的変数が、所定時間後に製造装置 3 5 で観測される観測情報に応じた値であるとする。この場合、追加学習部 1 6 は、未知の説明変数に対応する観測情報が取得されてから所定時間後に取得される観測情報に応じた値を、未知の説明変数に対応する目的変数として取得する。

【 0 0 4 3 】

また、モデルから出力される目的変数を探索的に導出可能な場合、追加学習部 1 6 は、未知の説明変数に対応する目的変数として所定の目的変数を設定する。例えば、追加学習部 1 6 は、マップ情報に基づいて、未知の説明変数が属する小領域の近隣の小領域のうち、説明変数が既知の小領域に属する学習データに含まれる目的変数の値を線形補間するなどして得られる値を、所定の目的変数とすることができる。追加学習部 1 6 は、設定した目的変数に対応する出力に応じた指示で製造装置 3 5 を制御した場合に観測される観測情報が規定範囲内の値である場合に、設定した所定の目的変数を、未知の説明変数に対応する目的変数として取得する。

10

【 0 0 4 4 】

また、追加学習部 1 6 は、未知の説明変数に対応する目的変数を、ユーザからの入力により取得してもよい。

【 0 0 4 5 】

追加学習部 1 6 は、追加学習により更新したモデルのパラメータをモデル記憶部 2 0 に記憶する。また、追加学習部 1 6 は、追加学習に用いた説明変数と目的変数とのペアで表される学習データに基づいて、マップ情報を更新する。具体的には、追加学習部 1 6 は、学習データとして説明変数が存在しなかった小領域に、学習データとして説明変数が存在することを示す値を付与する。

20

【 0 0 4 6 】

制御部 1 8 は、取得部 1 2 から受け渡された説明変数をモデルに入力し、モデルから出力された目的変数に基づいて、製造装置 3 5 を制御するための制御信号を生成して出力する。例えば、制御部 1 8 は、モデルで予測された製造装置 3 5 の状態に応じて、ローラーの角度を調整したり、モーターの回転速度を変更したりするための制御信号を生成する。

【 0 0 4 7 】

次に、本実施形態に係る P L C 1 0 の作用について説明する。

【 0 0 4 8 】

まず、モデルの出力を用いて製造装置 3 5 を制御する処理である制御処理について説明する。図 6 は、P L C 1 0 の C P U 4 2 により実行される制御処理の流れを示すフローチャートである。C P U 4 2 が記憶装置 4 6 から制御プログラムを読み出して、メモリ 4 4 に展開して実行することにより、C P U 4 2 が P L C 1 0 の各機能構成として機能し、図 6 に示す制御処理が繰り返し実行される。

30

【 0 0 4 9 】

ステップ S 1 2 で、制御部 1 8 が、製造装置 3 5 を制御するための制御信号を生成して出力する。これにより、製造装置 3 5 が、制御信号に基づいて制御されて動作する。製造装置 3 5 の動作に伴い、製造装置 3 5 において観測情報が観測され、P L C 1 0 に出力される。

40

【 0 0 5 0 】

次に、ステップ S 1 4 で、取得部 1 2 が、製造装置 3 5 から観測情報を取得する。そして、取得部 1 2 が、観測情報に必要な処理を行って、モデルに入力する説明変数に加工し、説明変数を判定部 1 4 及び制御部 1 8 に受け渡す。観測情報がそのままモデルに入力する説明変数となる場合には、取得部 1 2 は、観測情報をそのまま説明変数として判定部 1 4 及び制御部 1 8 へ受け渡す。

【 0 0 5 1 】

次に、ステップ S 1 6 で、制御部 1 8 が、取得部 1 2 から受け渡された説明変数をモデルに入力し、モデルから出力された目的変数に基づいて、製造装置 3 5 を制御するための制御信号を生成する。そして、処理はステップ S 1 2 に戻る。

50

## 【 0 0 5 2 】

次に、モデルを追加学習する追加学習処理について説明する。図 7 は、P L C 1 0 の C P U 4 2 により実行される追加学習処理の流れを示すフローチャートである。C P U 4 2 が記憶装置 4 6 から追加学習プログラムを読み出して、メモリ 4 4 に展開して実行することにより、C P U 4 2 が P L C 1 0 の各機能構成として機能し、図 7 に示す追加学習処理が実行される。追加学習処理は、製造装置 3 5 から観測情報を取得する都度実行される。

## 【 0 0 5 3 】

ステップ S 2 2 で、判定部 1 4 が、制御処理（図 6）のステップ S 1 4 において取得部 1 2 により取得された観測情報に基づく説明変数を受け取る。そして、判定部 1 4 が、モデル記憶部 2 0 からマップ情報を読み出し、マップ情報において、受け取った説明変数が、学習データとして説明変数が存在しなかった小領域に属するか否かを判定する。肯定判定の場合、判定部 1 4 は、受け取った説明変数は未知であると判定し、処理はステップ S 2 4 へ移行する。否定判定の場合、受け取った説明変数は既知であるため、モデルの追加学習を行うことなく、追加学習処理は終了する。

10

## 【 0 0 5 4 】

ステップ S 2 4 では、追加学習部 1 6 が、モデルから出力される目的変数が、所定時間後に製造装置 3 5 で観測される観測情報に応じた値であるか否かを判定する。肯定判定の場合、処理はステップ S 2 6 へ移行し、否定判定の場合、処理はステップ S 3 4 へ移行する。

## 【 0 0 5 5 】

ステップ S 2 8 では、取得部 1 2 が、所定時間待機し、次のステップ S 2 8 で、製造装置 3 5 から観測情報を取得する。

20

## 【 0 0 5 6 】

次に、ステップ S 3 0 で、追加学習部 1 6 が、上記ステップ S 2 8 で取得された観測情報に応じた値を、未知の説明変数に対応する目的変数として取得する。そして、追加学習部 1 6 が、未知の説明変数と取得した目的変数とを対応付けて、モデルを追加学習する。

## 【 0 0 5 7 】

次に、ステップ S 3 2 で、追加学習部 1 6 が、追加学習により更新したモデルのパラメータをモデル記憶部 2 0 に記憶する。また、追加学習部 1 6 が、追加学習に用いた説明変数と目的変数とのペアで表される学習データに基づいて、マップ情報を更新する。そして、追加学習処理は終了する。

30

## 【 0 0 5 8 】

一方、ステップ S 3 4 では、追加学習部 1 6 が、モデルから出力される目的変数を探索的に導出可能か否かを判定する。導出可能な場合には、処理はステップ S 3 6 へ移行し、導出できない場合には、処理はステップ S 4 4 へ移行する。

## 【 0 0 5 9 】

ステップ S 3 6 では、追加学習部 1 6 が、未知の説明変数に対応する目的変数として所定の目的変数を設定する。これにより、制御部 1 8 が、設定された目的変数に応じた制御信号を生成して出力し、製造装置 3 5 がこの制御信号に応じて動作する。

## 【 0 0 6 0 】

次に、ステップ S 3 8 で、取得部 1 2 が、設定された所定の目的変数に応じた制御信号で動作した製造装置 3 5 から観測情報を取得する。

40

## 【 0 0 6 1 】

次に、ステップ S 4 0 で、追加学習部 1 6 が、上記ステップ S 3 8 で取得された観測情報が規定範囲内か否かを判定する。規定範囲内の場合には、処理はステップ S 4 2 へ移行し、規定範囲外の場合には、追加学習処理は終了する。

## 【 0 0 6 2 】

ステップ S 4 2 では、追加学習部 1 6 が、上記ステップ S 3 6 で設定した所定の目的変数を、未知の説明変数に対応する目的変数として取得する。そして、追加学習部 1 6 が、未知の説明変数と取得した目的変数とを対応付けて、モデルを追加学習し、ステップ S 3

50



2へ移行する。

【0063】

なお、上記ステップS40で否定判定となった場合、ステップS36に戻り、前回とは異なる目的変数を設定して、ステップS36～S40の処理を所定回数繰り返してもよい。

【0064】

ステップS44では、追加学習部16が、ユーザから、未知の説明変数に対応する目的変数の入力を受け付ける。そして、次のステップS46で、追加学習部16が、受け付けた目的変数を、未知の説明変数に対応する目的変数として取得し、モデルを追加学習し、ステップS32へ移行する。

【0065】

以上説明したように、本実施形態に係るPLCによれば、説明変数に対する目的変数を出力する予め学習されたモデルからの出力に応じた指示で制御される製造装置から観測情報を取得する。そして、取得された観測情報に対応する説明変数が、モデルにおいて未知の場合に、未知の説明変数に対応する目的変数を取得し、未知の説明変数と取得した目的変数とを対応付けて、モデルを追加学習する。

【0066】

これにより、未知の外乱事象に対して、装置を止めることなく、また人手を要することなく、PLC内でモデルを更新することができる。その結果、従来技術のように、人が都度、更新判断を行う場合に比べ、未知の事象がモデルに反映されるまでのタイムロスを減らすことができる。そのため、上記実施形態のように、PLCにより製造装置を制御しているような場面では、歩留まりの改善につながる。

【0067】

なお、上記実施形態では、本発明の追加学習装置をPLCに搭載した例について説明したが、これに限定されない。例えば、車両の自動運転又は運転アシストの機能にも適用することができる。この場合、車両から、アクセルやブレーキの踏み込み量、ステアリングの操舵角、速度、加速度等のデータを観測情報として取得し、観測情報に基づく説明変数を入力として、モデルにより、車両の状態を推論した予測値を目的変数として出力する。そして、目的変数に基づく制御信号を車両に出力すればよい。

【0068】

また、上記実施形態でCPUがソフトウェア(プログラム)を読み込んで実行した追加学習処理を、CPU以外の各種のプロセッサが実行してもよい。この場合のプロセッサとしては、FPGA(Field-Programmable Gate Array)等の製造後に回路構成を変更可能なPLD(Programmable Logic Device)、及びASIC(Application Specific Integrated Circuit)等の特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路等が例示される。また、追加学習処理を、これらの各種のプロセッサのうちの1つで実行してもよいし、同種又は異種の2つ以上のプロセッサの組み合わせ(例えば、複数のFPGA、及びCPUとFPGAとの組み合わせ等)で実行してもよい。また、これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造は、より具体的には、半導体素子等の回路素子を組み合わせた電気回路である。

【0069】

また、上記実施形態では、追加学習プログラムが記憶装置に予め記憶(インストール)されている態様を説明したが、これに限定されない。プログラムは、CD-ROM、DVD-ROM、ブルーレイディスク、USBメモリ等の記憶媒体に記憶された形態で提供されてもよい。また、プログラムは、ネットワークを介して外部装置からダウンロードされる形態としてもよい。

【符号の説明】

【0070】

12 取得部

14 判定部

10

20

30

40

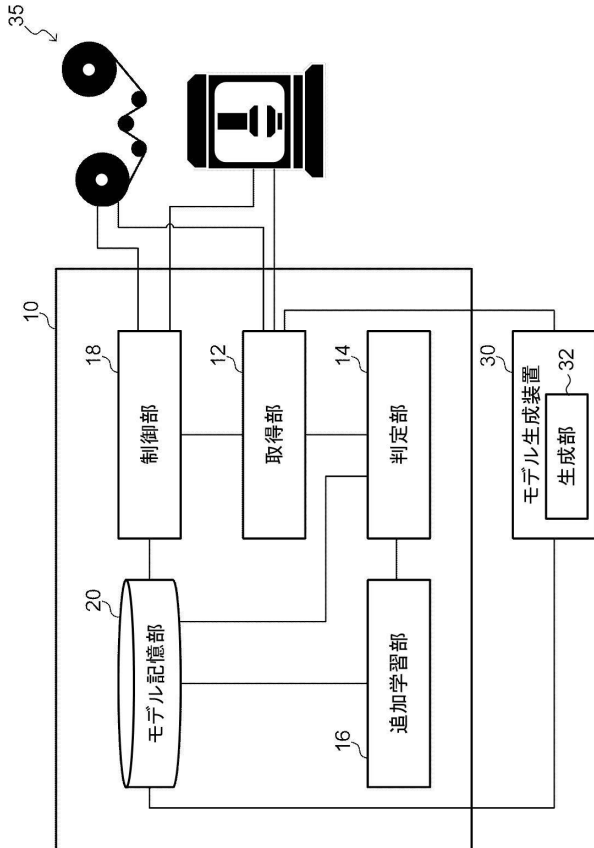
50

- 16 追加学習部
- 18 制御部
- 20 モデル記憶部
- 30 モデル生成装置
- 32 生成部
- 35 製造装置
- 42 CPU
- 44 メモリ
- 46 記憶装置
- 48 入出力I/F
- 52 記憶媒体読取装置
- 54 通信I/F

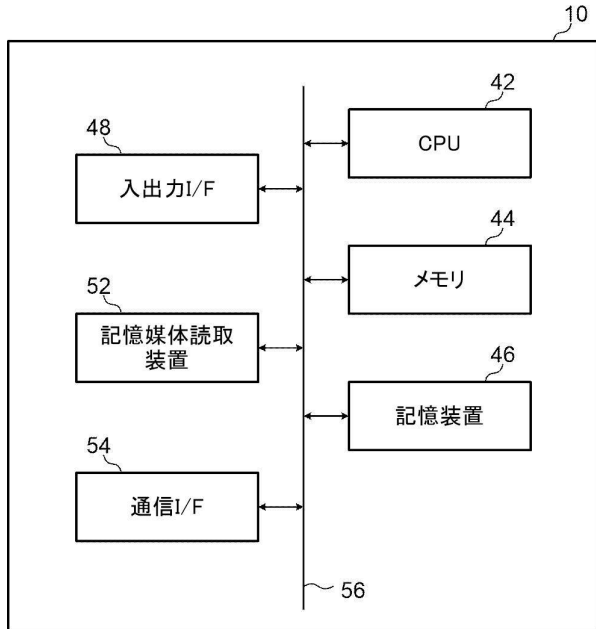
10

【図面】

【図1】



【図2】



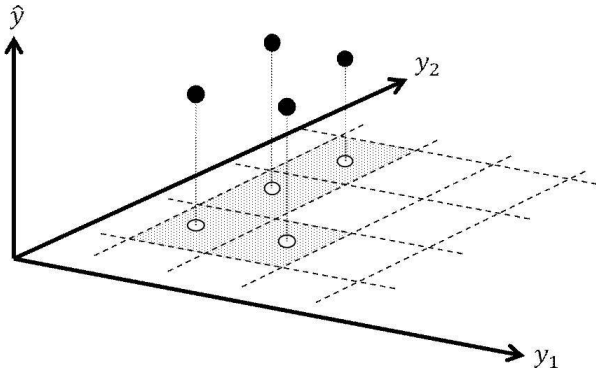
20

30

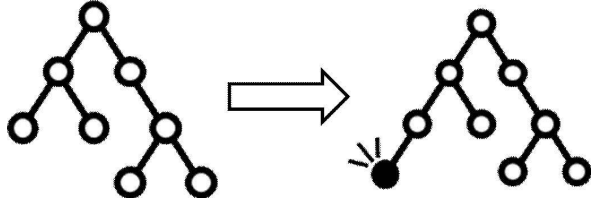
40

50

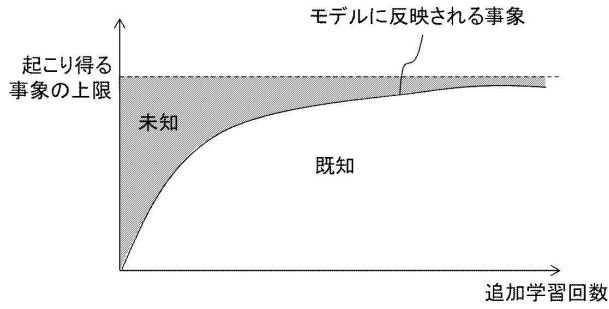
【図3】



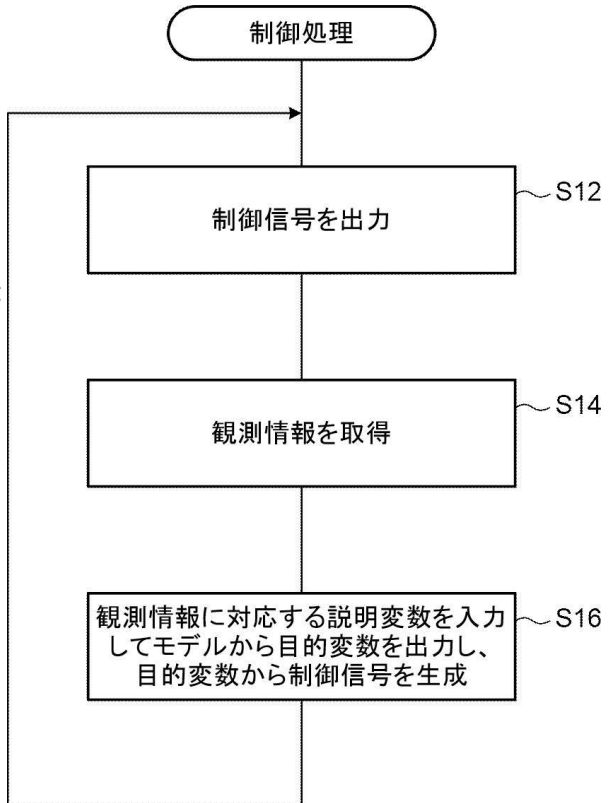
【図4】



【図5】



【図6】



10

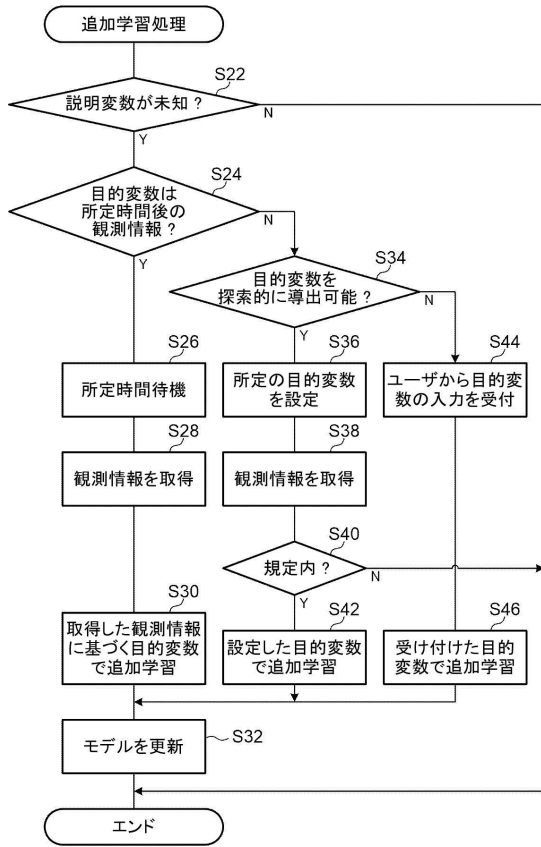
20

30

40

50

【 図 7 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

(72)発明者 稲本 修治  
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

(72)発明者 阪谷 信幸  
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内

審査官 藤崎 詔夫

(56)参考文献 特開2019-185422(JP,A)  
特開2018-077823(JP,A)  
特開2013-025367(JP,A)  
特開2019-079275(JP,A)  
特開2019-028765(JP,A)  
特開2014-096058(JP,A)  
特開2010-191556(JP,A)  
特開2018-206061(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G05B 23/02  
G01M 99/00