

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年3月14日(14.03.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/053101 A1

(51) 国際特許分類:

G06Q 10/101 (2023.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/033926

(22) 国際出願日: 2022年9月9日(09.09.2022)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 富士通株式会社 (FUJITSU LIMITED)
[JP/JP]; 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 片岡 正弘 (KATAOKA, Masahiro);
〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 松村 量 (MATSUMURA, Ryo); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 尾上 聡 (ONOUE, Satoshi); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP). 永尾 砂富 (NAGAO, Satomi); 〒2118588 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 Kanagawa (JP).

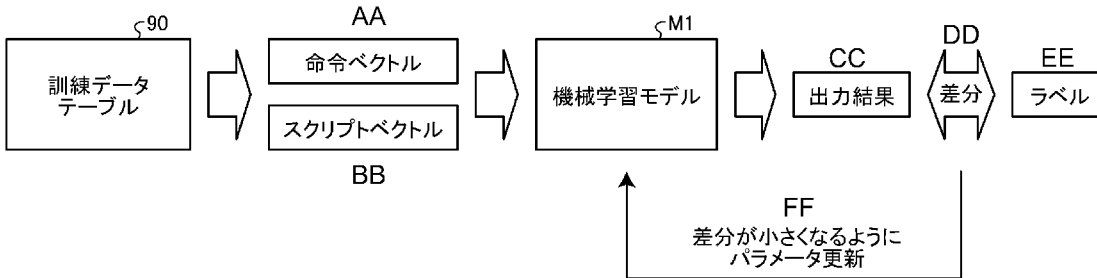
(74) 代理人: 弁理士法人 酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: LEARNING PROGRAM, GENERATION PROGRAM, LEARNING METHOD, AND INFORMATION PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 学習プログラム、生成プログラム、学習方法および情報処理装置

[図7]



- 90... TRAINING DATA TABLE
- M1... MACHINE LEARNING MODEL
- AA... COMMAND VECTOR
- BB... SCRIPT VECTOR
- CC... OUTPUT RESULT
- DD... DIFFERENCE
- EE... LABEL
- FF... UPDATE PARAMETER SUCH THAT DIFFERENCE BECOMES SMALL

(57) Abstract: This information processing device converts a plurality of numerical values, in a time sequence, included in sensing information of a sensor set in a machine or around a machine, into a character string which represents transition in the time sequence. The information processing device trains a machine learning model by using: input data generated on the basis of a control command for controlling the machine and information of the character string which represents the transition in the time sequence; and training data which has a label indicating whether or not abnormality is occurring in the machine.

HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))
-

(57) 要約 : 情報処理装置は、機械又は機械の周辺に設定されたセンサーのセンシング情報に含まれる時系列の複数の数値を、時系列の推移を表す文字列に変換する。情報処理装置は、機械を制御する制御命令、および、時系列の推移を表す文字列の情報を基にして生成される入力データと、機械に異常が発生しているか否かを示すラベルとを有する訓練データを用いて、機械学習モデルを訓練する。

明 細 書

発明の名称：

学習プログラム、生成プログラム、学習方法および情報処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、学習プログラム等に関する。

背景技術

[0002] 製造現場における人手不足の解消や業務効率の向上を目的として、工作機械や化学プラントの保守やライン停止などの、従来は人の判断が必要だった作業においても自動化が進んでいる。たとえば、製造作業員は、工作機械にNC (Numerically Control) 制御プログラムを入力し、工作機械を稼働させ、製造の効率化を図っている。

[0003] なお、工作機械に何らかの故障などの異常が発生した場合、製造ラインが停止して製造効率が悪化したり、人的な事故につながったりする恐れがあるため、未然に、工作機械の故障を予測することが求められている。

[0004] たとえば、従来技術では、複数のセンサー情報と、故障の情報とからなる訓練データセットを用いて、学習モデルを機械学習し、この機械学習済みの学習モデルに、複数のセンサー情報を入力して、工作機械の故障発生を検知している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2017-033526号公報

特許文献2：特表2021-526250号公報

特許文献3：特開2018-092428号公報

特許文献4：特開2019-091367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、上述した従来技術では、工作機械の故障を高精度に予測す

ることができないという問題がある。

[0007] たとえば、従来技術では、複数のセンサー情報を用いて、学習モデルの機械学習を行っているが、工作機械のセンサー情報は、NC制御プログラムの制御命令に同期して変化する場合もあり、センサー情報だけでは、故障を予測することは難しい。

[0008] 1つの側面では、機械の故障を高精度に予測することができる学習モデルの学習プログラム、生成プログラム、学習方法および情報処理装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 第1の案では、コンピュータに次の処理を実行させる。コンピュータは、機械又は機械の周辺に設定されたセンサーのセンシング情報に含まれる時系列の複数の数値を、時系列の推移を表す文字列に変換する。コンピュータは、機械を制御する制御命令、および、時系列の推移を表す文字列の情報を基にして生成される入力データと、機械に故障の予兆が発生しているか否かを示すラベルとを有する訓練データを用いて、機械学習モデルを訓練する。

発明の効果

[0010] 機械の故障を高精度に予測することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本実施例に係るシステムの一例を示す図である。

[図2]図2は、準備フェーズの処理を説明するための図(1)である。

[図3]図3は、準備フェーズの処理を説明するための図(2)である。

[図4]図4は、学習フェーズの処理を説明するための図(1)である。

[図5]図5は、学習フェーズの処理を説明するための図(2)である。

[図6]図6は、訓練データテーブルのデータ構造の一例を示す図である。

[図7]図7は、情報処理装置が機械学習モデルを訓練する処理を説明するための図である。

[図8]図8は、推論フェーズの処理を説明するための図である。

[図9]図9は、本実施例に係る情報処理装置の構成を示す機能ブロック図であ

る。

[図10]図10は、第1ベクトル辞書のデータ構造の一例を示す図である。

[図11]図11は、第2ベクトル辞書のデータ構造の一例を示す図である。

[図12]図12は、機械制御プログラムの一例を示す図である。

[図13]図13は、準備フェーズの処理手順を示すフローチャート(1)である。

[図14]図14は、準備フェーズの処理手順を示すフローチャート(2)である。

[図15]図15は、学習フェーズの処理手順を示すフローチャート(1)である。

[図16]図16は、学習フェーズの処理手順を示すフローチャート(2)である。

[図17]図17は、推論フェーズの処理手順を示すフローチャート(1)である。

[図18]図18は、推論フェーズの処理手順を示すフローチャート(2)である。

[図19]図19は、線の形状とPostscriptプログラムとの関係の一例を説明する図である。

[図20]図20は、実施例の情報処理装置と同様の機能を実現するコンピュータのハードウェア構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下に、本願の開示する学習プログラム、生成プログラム、学習方法および情報処理装置の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

実施例

[0013] 本実施例に係るシステムの一例について説明する。図1は、本実施例に係るシステムの一例を示す図である。図1に示すように、このシステムは、センサー5と、工作機械10と、情報処理装置100とを有する。センサー5

と、情報処理装置100とは、無線又は有線によって相互に接続される。工作機械10と、情報処理装置100とは、無線又は有線によって相互に接続される。本実施例では、工作機械10と、情報処理装置100とを別々の装置として説明するが、工作機械10の機能と、情報処理装置100の機能とを有する単一の装置であってもよい。

[0014] センサー5は、工作機械10の温度又は工作機械10の周辺の温度を計測する温度センサーである。センサー5は、工作機械10に設置されていてもよいし、工作機械10の周辺に設置されていてもよい。本実施例では一例として、センサー5を温度センサーとして説明するが、振動センサー、湿度センサー等の他のセンサーであってもよい。センサー5は、温度を計測する度に、測定結果となる値を、情報処理装置100に出力する。

[0015] 工作機械10は、情報処理装置100から入力される機械制御プログラムに基づいて、駆動する機械である。たとえば、情報処理装置100は、機械制御プログラムに含まれる各行の命令文を、順に工作機械10に入力し、工作機械10は、命令文を順に実行する。

[0016] 情報処理装置100は、工作機械10を制御する機械制御プログラムの文字列の情報と、センサー5から出力される時系列の数値を時系列の推移を表す文字列に変換した情報とを基にして、工作機械10の故障を予測する。たとえば、情報処理装置100は、準備フェーズの処理、学習フェーズの処理、推論フェーズの処理を行う。以下において、準備フェーズの処理、学習フェーズの処理、推論フェーズの処理について順に説明する。

[0017] 準備フェーズの処理について説明する。図2および図3は、準備フェーズの処理を説明するための図である。まず、図2について説明する。情報処理装置100は、機械制御プログラム50を用いて、次の処理を実行する。機械制御プログラム50は、「制御命令」の一例である。機械制御プログラム50は、工作機械10を制御するプログラムであり、後述する第1ベクトル辞書D1を生成されるために予め準備されるプログラムである。機械制御プログラム50は、複数の行を有し、各行には、命令種別、複数の引数等が含

まれる。以下の説明では、機械制御プログラム50の各行の文字列をそれぞれ「命令文」と表記する。

[0018] 情報処理装置100は、機械制御プログラム50に対して、命令分割を行うことで、複数の命令文51, 52を生成する。たとえば、命令文51は、機械制御プログラム50の1行目の命令文であり、命令種別A、引数a1、引数a2等を有する。命令文52は、機械制御プログラム50の2行目の命令文であり、命令種別B、引数b1、引数b2等を有する。図2では、説明の便宜上、命令文51, 52以外の命令文を省略する。

[0019] 続いて、情報処理装置100は、各命令文をトークン分割することで、各命令文を複数のトークンに分割する。たとえば、情報処理装置100は、命令文51を、トークン51a, 51b, 51cに分割する。たとえば、トークン51aは「命令種別A」である。トークン51bは「引数a1」である。トークン51cは「引数a2」である。

[0020] 情報処理装置100は、命令文52を、トークン52a, 52b, 52cに分割する。たとえば、トークン52aは「命令種別B」である。トークン52bは「引数b1」である。トークン52cは「引数b2」である。

[0021] 情報処理装置100は、他の命令文についても同様にして、トークン分割する。

[0022] 情報処理装置100は、トークン分割を実行した後に、各トークンを順番に並べる。たとえば、情報処理装置100は、1行目の命令文51に含まれるトークン51a, 51b, 51c、2行目の命令文に含まれるトークン52a, 52b, 52c、・・・、n行目の命令文に含まれる各トークンの順に、各トークンを順番に並べる。

[0023] 情報処理装置100は、順番に並べた各トークンに対して、CBoWやskip-gram (Word2vec) のアルゴリズムを適用し、各トークンをそれぞれ単語に見立て、各トークンのベクトルを計算する。情報処理装置100は、命令文に含まれるトークンと、このトークンのベクトルとを関係を、第1ベクトル辞書D1に登録する。たとえば、第1ベクトル辞書D1には、命令文に含まれる

、命令種別Aのベクトル、引数a1のベクトル、引数a2のベクトル等が登録される。

[0024] 情報処理装置100は、他の機械制御プログラムに対しても、上記処理を繰り返し実行することで、機械制御プログラムに含まれるトークンと、ベクトルとの関係を、第1ベクトル辞書D1に登録する。

[0025] 図3の説明に移行する。情報処理装置100は、センサーデータ60を用いて、次の処理を実行する。センサーデータ60は、センサー5から出力される値（たとえば、温度）と時刻Tとを対応付けた時系列の情報である。

[0026] センサーデータ60の時刻と値との関係を示すグラフは、グラフ61となる。グラフ61において、横軸は時刻に対応し、縦軸はセンサー5の値に対応する。たとえば、センサーデータ60の時刻と値との関係は、グラフ61の線61aとなる。

[0027] 情報処理装置100は、センサーデータ60に含まれる各時刻と値との関係を基にして、Postscript（登録商標）プログラム62を生成する。Postscriptプログラム62は、「時系列の推移を表す文字列」に対応する。Postscriptプログラム62は、グラフ61の線61aを描画するページ記述言語のプログラムであり、Postscriptで利用される文字列を有する。値0～値nは、温度の値を便宜的に示すものである。値0=0とする。

[0028] 情報処理装置100は、Postscriptプログラム62をトークン分割する。たとえば、Postscriptプログラム62は、トークン62a, 62b, 62c, 62d, 62e, 62f, 62g, 62h, 62i, 62j, …, 62n, 62o, 62p, 62q, 62rに分割される。T0～Tnは、時刻を便宜的に示すものである。T0=0とする。

[0029] トークン62aは「newpath」である。トークン62bは「T0」である。トークン62cは「値0」である。トークン62dは「moveto」である。トークン62eは「<T1-T0>」である。トークン62fは「<値1-値0>」である。トークン62gは「lineto」である。トークン62hは「<T2-T1>」である。トークン62iは「<値2-値1>」である。トークン62jは「lineto」である。

トークン62nは「<Tn-T(n-1)>」である。トークン62oは「<値n-値(n-1)>」である。トークン62pは「lineto」である。トークン62qは「stroke」である。トークン62rは「showpage」である。

- [0030] 情報処理装置100は、トークン分割を実行した後に、各トークンを順番に並べる。たとえば、情報処理装置100は、トークン62a~62lを、トークン62a, 62b, 62c, 62d, 62e, 62f, 62g, 62h, 62i, 62j, . . . , 62n, 62o, 62p, 62q, 62rの順に並べる。
- [0031] 情報処理装置100は、順番に並べた各トークン62a~62rに対して、CBoWやskip-gram (Word2vec) のアルゴリズムを適用し、各トークン62a~62rの単語と見立て、各トークンのベクトルを計算する。情報処理装置100は、Postscriptプログラム62の各トークンと、このトークンのベクトルとを関係を、第2ベクトル辞書D2に登録する。たとえば、第2ベクトル辞書D2には、newpathやlinetoのベクトル、T1-T0のベクトル、値1-値0のベクトル等が登録される。
- [0032] 情報処理装置100は、他のPostscriptプログラムに対しても、上記処理を繰り返し実行することで、Postscriptプログラムに含まれるトークンと、ベクトルとの関係を、第2ベクトル辞書D2に登録する。なお、描画については、Postscriptなどのページ記述言語だけでなく、SVG等のマークアップ言語で同様に処理してもよい。
- [0033] 情報処理装置100は、上記の準備フェーズの処理を実行することで、第1ベクトル辞書D1と、第2ベクトル辞書D2とを生成する。なお、情報処理装置100は、既に生成済みの第1ベクトル辞書D1、第2ベクトル辞書D2を外部装置等から取得し、続く、学習フェーズの処理、推論フェーズの処理を実行してもよい。
- [0034] 続いて、学習フェーズの処理について説明する。図4および図5は、学習フェーズの処理を説明するための図である。まず、図4について説明する。たとえば、情報処理装置100は、機械制御プログラムによって、工作機械

10を動作させる場合に、各行の命令文を順に、工作機械10に出力し、命令文を出力した時刻と、命令文の文字列とを対応付けて、命令実行履歴テーブル70に登録する。

[0035] また、情報処理装置100は、センサー5から、計測結果となる値（温度）を取得する度に、値を取得した時刻と、値とを対応付けて、センサー値履歴テーブル80に登録する。

[0036] 情報処理装置100は、命令実行履歴テーブル70と、センサー値履歴テーブル80とを基にして、命令実行履歴テーブル70の命令文と、センサー値履歴テーブル80の複数のセンサーの値とを対応付ける。たとえば、情報処理装置100は、命令実行履歴テーブル70の命令文を一つ選択する。情報処理装置100が選択した命令文を「第1命令文」と表記する。第1命令文の時刻を「第1時刻」と表記する。情報処理装置100は、第1命令文の次に実行された命令文（以下、第2命令文）の時刻を特定する。かかる所定の時間は、適宜変更可能である。

[0037] 情報処理装置100は、センサー値履歴テーブル80に登録されたセンサーの値のうち、第1時刻から第2時刻までの複数の値を抽出する。ここで、情報処理装置100は、「第1命令文」と、「第1時刻から第2時刻までの複数の値」とを対応付けて、訓練データテーブル90に登録する。また、製造作業員は、第1時刻から第2時刻までの間に、工作機械10に故障の予兆があるか否かを確認し、「正常」または「故障の予兆あり」のラベルを設定する。製造作業員は、いかなるタイミングで、訓練データテーブル90にラベルを設定してもよい。かかる値や設定は、適宜変更可能である。

[0038] 図5の説明に移行する。図5に示すグラフ75において、横軸は時刻に対応し、縦軸はセンサー5の値に対応する。たとえば、第1命令の時刻を「 $T=0$ 」とする。また、第1命令の次に実行された第2命令の時刻を「 $T=1$ 」とする。ここで、区間 t_{s1} は、工作機械10が第1命令を実行する時間帯である。区間 t_{s2} は、工作機械10が第2命令を実行する時間帯である。「 $T=2$ 」は、第2命令の次の命令の時刻である。情報処理装置100

は、第1命令と、区間 $t_s 1$ にセンサー5に計測された複数の値とを対応付けて、訓練データテーブル90に登録する。情報処理装置100は、第2命令と、区間 $t_s 2$ にセンサー5に計測された複数の値とを対応付けて、訓練データテーブル90に登録する。情報処理装置100は、センサー5に測定された複数の値を、訓練データテーブル90に登録する場合、各値が計測された時刻もあわせて登録する。

[0039] 情報処理装置100は、選択する命令文を変更しながら、上記処理を繰り返し実行することで、命令文と、命令文に対応するセンサーの複数の値と、ラベルとを対応付けて、訓練データテーブル90に登録する。

[0040] 図6は、訓練データテーブルのデータ構造の一例を示す図である。図6に示すように、この訓練データテーブル90は、項番と、命令文と、命令ベクトルと、値と、計測時刻と、スクリプトベクトルと、ラベルとを対応付ける。項番は、訓練データテーブル90の各レコードを識別する番号である。

[0041] 命令文は、命令実行履歴テーブル70に含まれる命令文であり、値は、センサー値履歴テーブル80に含まれる複数の値である。訓練データテーブル90の同一のレコードに含まれる命令文と、値との組は、図5で説明した、「第1命令文」と、「第1時刻から第2時刻までの複数の値」との組に対応する。ラベルは、工作機械10が、「正常」であるか「故障の予兆あり」であるかを示すラベルである。たとえば、工作機械10が正常である場合には、ラベルは「0」となる。工作機械に故障の予兆がある場合には、ラベルは「1」となる。計測時刻は、各値が計測された時刻である。

[0042] ここで、訓練データテーブル90に含まれる命令ベクトルおよびスクリプトベクトルは、情報処理装置100が、下記の処理を実行することで、算出される。

[0043] 情報処理装置100が、命令ベクトルを算出する処理について説明する。情報処理装置100は、訓練データテーブル90から、命令文（たとえば、命令種別C 引数c1 引数c2）を取得し、命令文を複数のトークンに分割する。情報処理装置100が、命令文を複数のトークンに分割する処理は

、図2で説明した処理と同様である。

[0044] 情報処理装置100は、分割した各トークンと、第1ベクトル辞書D1とを比較して、各トークンのベクトルを特定する。情報処理装置100は、特定した各トークンのベクトルを積算することで、命令ベクトルを算出し、訓練データテーブル90に登録する。

[0045] 情報処理装置100は、訓練データテーブル90に含まれる各命令文について、上記処理を繰り返し実行し、各命令文に対する命令ベクトルを算出し、訓練データテーブル90に登録する。

[0046] 情報処理装置100が、スクリプトベクトルを算出する処理について説明する。情報処理装置100は、訓練データテーブル90から、1つのレコードに設定された複数の値（たとえば、値1、値2、値3、・・・）と、計測時刻を取得し、取得した複数の値と時刻との関係を基にして、Postscriptプログラムを生成する。情報処理装置100は、生成したPostscriptプログラムをトークン分割する。情報処理装置100は、分割した各トークンと、第2ベクトル辞書D2とを比較して、各トークンのベクトルを特定する。情報処理装置100は、特定した各トークンのベクトルを積算することで、スクリプトベクトルを算出し、訓練データテーブル90に登録する。情報処理装置100が、複数の値と時刻との関係を基にして、Postscriptプログラムを生成する処理、Postscriptプログラムをトークン分割する処理は、図3で説明した処理と同様である。

[0047] 情報処理装置100は、訓練データテーブル90に含まれる各値、計測時刻について、上記処理を繰り返し実行し、各値に対するスクリプトベクトルを算出し、訓練データテーブル90に登録する。

[0048] 情報処理装置100は、上記の処理を実行することで、機械学習モデルを訓練するための訓練データテーブル90が生成される。

[0049] 図7は、情報処理装置が機械学習モデルを訓練する処理を説明するための図である。本実施例で訓練する機械学習モデルM1は、DNN（Deep Neural Network）等である。

- [0050] 情報処理装置100は、訓練データテーブル90から、一つのレコード（以下、訓練データ）を選択し、選択した訓練データに含まれる、命令ベクトル、スクリプトベクトル、ラベルを取得する。情報処理装置100は、命令ベクトルと、スクリプトベクトルとを、機械学習モデルM1に入力し、機械学習モデルM1の出力結果と、ラベルとの差分を算出し、差分が小さくなるように、機械学習モデルM1のパラメータを更新する。
- [0051] 情報処理装置100は、複数の訓練データを基にして、上記処理を繰り返し実行する。たとえば、情報処理装置100は、逆伝播法に基づいて、機械学習モデルM1を訓練する。
- [0052] 続いて、推論フェーズの処理について説明する。図8は、推論フェーズの処理を説明するための図である。たとえば、情報処理装置100は、機械制御プログラムに含まれる命令文55を、工作機械10に出力し、工作機械10を駆動させる。情報処理装置100は、センサー5からセンサーの値を取得する。たとえば、工作機械10によって、命令文55が実行される区間を区間 t_{s55} とすると、情報処理装置100は、区間 t_{s55} において、センサー5から受信した値と、時刻（計測時刻）との関係を、センサーデータ66として取得する。情報処理装置は、命令文55を、工作機械10に出力した時刻から、予め設定された所定時間後までの時間帯を、区間 t_{s55} としてもよい。
- [0053] 情報処理装置100は、命令文55を複数のトークンに分割する。情報処理装置100が、命令文を複数のトークンに分割する処理は、図2で説明した処理と同様である。情報処理装置100は、分割した各トークンと、第1ベクトル辞書D1とを比較して、各トークンのベクトルを特定する。情報処理装置100は、特定した各トークンのベクトルを積算することで、命令ベクトルSV1-55を算出する。
- [0054] 情報処理装置100は、センサーデータ66に含まれる複数の値と時刻との関係を基にして、Postscriptプログラム67を生成する。情報処理装置100は、生成したPostscriptプログラム67をトークン分割する。情報処理

装置100は、分割した各トークンと、第2ベクトル辞書D2とを比較して、各トークンのベクトルを特定する。情報処理装置100は、特定した各トークンのベクトルを積算することで、スクリプトベクトルWV2-66を算出する。情報処理装置100が、複数の値と時刻との関係に基づいて、Postscriptプログラムを生成する処理、Postscriptプログラムをトークン分割する処理は、図3で説明した処理と同様である。

[0055] 情報処理装置100は、命令ベクトルSV1-55と、スクリプトベクトルWV2-66とを、訓練済みの機械学習モデルM1に入力することで、推論結果を取得する。情報処理装置100は、推論結果が「0」となる場合には、工作機械10が正常であると判定する。一方、情報処理装置100は、推論結果が「1」となる場合には、工作機械10に故障の予兆があると判定し、警告を出力する。

[0056] 上記のように、本実施例に係る情報処理装置100は、工作機械10に設定されたセンサー5の計測結果となる値と、時刻とを対応付けて情報を基にして、時系列の値の変位を描画可能なPostscriptプログラムを生成する。情報処理装置100は、工作機械10に対する命令文の命令ベクトルと、Postscriptプログラムのスクリプトベクトルを算出し、命令ベクトルおよびスクリプトベクトルを基にして、機械学習モデルM1を訓練する。係る機械学習モデルM1を利用することで、工作機械10の故障を高精度に予測することができる。

[0057] 情報処理装置100は、センサー5の計測結果となる値と、時刻とを対応付けて情報を基にして、一旦、Postscriptプログラムを生成し、係るPostscriptプログラムの文字列を基にして、スクリプトベクトルを算出し、機械学習モデルM1を訓練や、故障の予測を行っている。これによって、自然言語を対象とした機械学習モデルM1のみによって、訓練および故障の予測を行うことができる。

[0058] 次に、図1～図8で説明した処理を実行する情報処理装置の構成例について説明する。図9は、本実施例に係る情報処理装置の構成を示す機能ブロッ

ク図である。図9に示すように、情報処理装置100は、タイマ105、通信部110、入力部120、表示部130、記憶部140、制御部150を有する。

[0059] タイマ105は、現在の時刻の情報を、制御部150に出力する。なお、制御部150は、ネットワーク上の外部装置から、現在の時刻の情報を取得してもよい。

[0060] 通信部110は、有線又は無線で工作機械10、センサー5、外部装置等に接続され、データ通信を実行する。たとえば、通信部110は、NIC (Network Interface Card) 等である。

[0061] 入力部120は、各種の情報を、情報処理装置100に入力する入力装置である。入力部120は、キーボードやマウス、タッチパネル等に対応する。

[0062] 表示部130は、制御部150から出力される情報を表示する表示装置である。表示部130は、液晶ディスプレイ、有機EL (Electro Luminescence) ディスプレイ、タッチパネル等に対応する。

[0063] 記憶部140は、コーパスデータ40、第1ベクトル辞書D1、第2ベクトル辞書D2、命令実行履歴テーブル70、センサー値履歴テーブル80、訓練データテーブル90、機械学習モデルM1、機械制御プログラム141を有する。記憶部140は、たとえば、RAM (Random Access Memory)、フラッシュメモリ (Flash Memory) 等の半導体メモリ素子、または、ハードディスク、光ディスク等の記憶装置によって実現される。

[0064] コーパスデータ40は、準備フェーズを行う場合に利用する機械制御プログラム50、センサーデータ60等を含む。コーパスデータ40は、事前に準備され、第1ベクトル辞書D1、第2ベクトル辞書D2を生成する場合に利用される。

[0065] 第1ベクトル辞書D1は、機械制御プログラムの命令文に含まれるトークン (命令種別、引数等) のベクトルを示す辞書である。図10は、第1ベクトル辞書のデータ構造の一例を示す図である。図10に示すように、第1ベ

クトル辞書D1は、命令文のトークンと、ベクトルとを対応付ける。

[0066] 第2ベクトル辞書D2は、Postscriptプログラムに含まれるトークンのベクトルを示す辞書である。図11は、第2ベクトル辞書のデータ構造の一例を示す図である。図11に示すように、第2ベクトル辞書D2は、Postscriptプログラムに含まれるトークンと、ベクトルとを対応付ける。

[0067] 命令実行履歴テーブル70は、制御部150の駆動制御部152が、工作機械10に対して出力した命令文と、係る命令文を出力した時刻とを対応付けて保持する。命令実行履歴テーブル70に関するその他の説明は、図4で説明した、命令実行履歴テーブル70の説明に対応する。

[0068] センサー値履歴テーブル80は、センサー5から取得した値と、値を取得した時刻とを対応付けて保持する。センサー値履歴テーブル80に関するその他の説明は、図4で説明した、センサー値履歴テーブル80の説明に対応する。

[0069] 訓練データテーブル90は、上述した学習フェーズの処理で生成される訓練データを保持するテーブルである。訓練データテーブル90に関する説明は、図6で説明した、訓練データテーブル90の説明に対応する。

[0070] 機械学習モデルM1は、命令ベクトルおよびスクリプトベクトルが入力された場合に、工作機械10が正常であるか否かの推定結果を出力する。機械学習モデルM1は、DNN等である。

[0071] 機械制御プログラム141は、学習フェーズ、または、推論フェーズにおいて、工作機械10を制御するための命令文を有する。図12は、機械制御プログラムの一例を示す図である。図12に示すように、機械制御プログラムは、複数の命令文からなり、各命令文には、命令種別、引数等が含まれる。

[0072] 図9の説明に戻る。制御部150は、取得部151と、駆動制御部152と、センサー値取得部153と、前処理部154と、前処理部154と、学習部155と、推論部156とを有する。制御部150は、たとえば、CPU (Central Processing Unit) やMPU (Micro Processing Unit) によ

り実現される。また、制御部150は、例えばASIC (Application Specific Integrated Circuit) やFPGA (Field Programmable Gate Array) 等の集積回路により実行されてもよい。

- [0073] 取得部151は、ネットワークを介して、外部装置等から、コーパスデータ40を取得し、取得したコーパスデータ40を、記憶部140に登録する。取得部151は、外部装置から、第1ベクトル辞書D1、第2ベクトル辞書D2の情報を取得し、記憶部140に登録してもよい。
- [0074] 駆動制御部152は、学習フェーズ、および、推論フェーズにおいて、機械制御プログラム141から命令文を取得し、取得した命令文を、工作機械10に出力することで、工作機械10を駆動させる。また、駆動制御部152は、命令文を工作機械10に出力する際の時刻を、タイマ105から取得し、時刻と、命令文とを対応付けて、命令実行履歴テーブル70に登録する。駆動制御部152は、機械制御プログラム141から命令文を取得する度に、上記処理を繰り返し実行する。
- [0075] 駆動制御部152は、学習フェーズ、または、推論フェーズにおいて、機械制御プログラム141から、命令文を取得してもよいし、学習フェーズ、推論フェーズにおいて、それぞれ異なる機械制御プログラムから、命令文を取得してもよい。
- [0076] センサー値取得部153は、学習フェーズ、および、推論フェーズにおいて、センサー5から、センサーの値を取得する。センサー値取得部153は、センサー値を取得した際の時刻を、タイマ105から取得し、時刻と、センサーの値とを対応付けて、センサー値履歴テーブル80に登録する。センサー値取得部153は、センサー5から、値を取得する度に、上記処理を繰り返し実行する。
- [0077] 前処理部154は、図2および図3で説明した準備フェーズの処理を実行する。たとえば、前処理部154は、コーパスデータ40に含まれる機械制御プログラム50を取得し、機械制御プログラム50に対して、命令分割、トークン分割を行う。前処理部154は、各トークンに対して、CBoWやskip-

gram (Word2vec) のアルゴリズムを適用し、各トークンのベクトルを計算する。前処理部 154 は、命令文に含まれるトークンと、このトークンのベクトルとを関係を、第 1 ベクトル辞書 D 1 に登録する。

[0078] 前処理部 154 は、コーパスデータ 40 に含まれるセンサーデータ 60 を取得し、センサーデータ 60 に含まれる各時刻と値との関係を基にして、Postscript プログラム 62 を生成する。前処理部 154 は、Postscript プログラム 62 を複数のトークンに分割し、各トークンに対して、Word2vec のアルゴリズムを適用し、各トークンのベクトルを計算する。前処理部 154 は、Postscript プログラム 62 の各トークンと、このトークンのベクトルとを関係を、第 2 ベクトル辞書 D 2 に登録する。

[0079] 前処理部 154 に関するその他の処理は、図 2 および図 3 で説明した準備フェーズの処理と同様である。

[0080] 学習部 155 は、図 4 ~ 図 7 で説明した学習フェーズの処理を実行する。学習部 155 は、命令実行履歴テーブル 70 と、センサー値履歴テーブル 80 とを基にして、命令実行履歴テーブル 70 の命令文と、センサー値履歴テーブル 80 の複数のセンサーの値とを対応付ける。学習部 155 は、入力部 120 等から、ラベルの情報を取得する。学習部 155 は、命令文と、命令文に対応するセンサーの複数の値と、ラベルとを対応付けて、訓練データテーブル 90 に登録する。

[0081] 学習部 155 は、訓練データテーブル 90 に登録された各命令文について、次の処理を実行する。学習部 155 は、命令文を複数のトークンに分割し、分割した各トークンと、第 1 ベクトル辞書 D 1 とを比較して、各トークンのベクトルを特定する。学習部 155 は、特定した各トークンのベクトルを積算することで、命令ベクトルを算出し、算出した命令ベクトルを訓練データテーブル 90 に登録する。

[0082] 学習部 155 は、訓練データテーブル 90 に登録されたセンサー 5 の値および各値の計測時刻について、次の処理を実行する。学習部 155 は、複数の値と時刻との関係を基にして、Postscript プログラムを生成する。学習部

155は、Postscriptプログラムをトークン分割し、分割した各トークンと、第2ベクトル辞書D2とを比較して、各トークンのベクトルを特定する。学習部155は、特定した各トークンのベクトルを積算することで、スクリプトベクトルを算出し、訓練データテーブル90に登録する。

[0083] 学習部155が、上記の処理を実行することで、機械学習モデルM1を訓練するための訓練データテーブル90が生成される。

[0084] 学習部155は、訓練データテーブル90から、訓練データを選択し、選択した訓練データに含まれる、命令ベクトル、スクリプトベクトル、ラベルを取得する。学習部155は、命令ベクトルと、スクリプトベクトルとを、機械学習モデルM1に入力し、機械学習モデルM1の出力結果と、ラベルとの差分を算出し、差分が小さくなるように、機械学習モデルM1のパラメータを更新する。

[0085] 学習部155は、複数の訓練データを基にして、上記処理を繰り返し実行する。たとえば、学習部155は、逆伝播法に基づいて、機械学習モデルM1を訓練する。

[0086] 学習部155に関するその他の処理は、図4～図7で説明した学習フェーズの処理と同様である。

[0087] 推論部156は、図8で説明した推論フェーズの処理を実行する。推論部156は、駆動制御部152によって、工作機械10に出力された命令文（たとえば、命令文55）を取得する。また、推論部156は、取得した命令文55が工作機械10によって実行される区間のセンサー5の値と時刻との情報を、センサー値履歴テーブル80から取得する。たとえば、推論部156は、工作機械10によって、命令文55が実行される区間を区間ts55とすると、区間ts55において、センサー5から受信した値と、時刻（計測時刻）との関係を、センサーデータ66として、センサー値履歴テーブル80から取得する。

[0088] 推論部156は、命令文55を複数のトークンに分割する。推論部156が、命令文を複数のトークンに分割する処理は、図2で説明した処理と同様

である。推論部156は、分割した各トークンと、第1ベクトル辞書D1とを比較して、各トークンのベクトルを特定する。推論部156は、特定した各トークンのベクトルを積算することで、命令ベクトルSV1-55を算出する。

[0089] 推論部156は、センサーデータ66に含まれる複数の値と時刻との関係を基にして、Postscriptプログラム67を生成する。推論部156は、生成したPostscriptプログラム67をトークン分割する。推論部156は、分割した各トークンと、第2ベクトル辞書D2とを比較して、各トークンのベクトルを特定する。推論部156は、特定した各トークンのベクトルを積算することで、スクリプトベクトルWV2-66を算出する。推論部156が、複数の値と時刻との関係を基にして、Postscriptプログラムを生成する処理、Postscriptプログラムをトークン分割する処理は、図3で説明した処理と同様である。

[0090] 推論部156は、命令ベクトルSV1-55と、スクリプトベクトルWV2-66とを、訓練済みの機械学習モデルM1に入力することで、推論結果を取得する。推論部156は、推論結果が「0」となる場合には、工作機械10が正常であると判定する。一方、推論部156は、推論結果が「1」となる場合には、工作機械10に故障の予兆があると判定し、警告を表示部130等に出力する。

[0091] 次に、本実施例に係る情報処理装置100の処理手順の一例について説明する。図13は、準備フェーズの処理手順を示すフローチャート(1)である。情報処理装置100の前処理部154は、コーパスデータ40から、機械制御プログラムを取得する(ステップS101)。前処理部154は、機械制御プログラムに対して命令分割を実行する(ステップS102)。

[0092] 前処理部154は、各命令文に対してトークン分割を実行する(ステップS103)。前処理部154は、CBoWやskip-gramのアルゴリズムを適用し、各トークンのベクトルを算出する(ステップS104)。

[0093] 前処理部154は、トークンとトークンのベクトルとを対応付けて、第1

ベクトル辞書D1に登録する（ステップS105）。

[0094] 前処理部154は、未処理の機械制御プログラムが存在する場合には（ステップS106, Yes）、ステップS101に移行する。一方、前処理部154は、未処理の機械制御プログラムが存在しない場合には（ステップS106, No）、処理を終了する。

[0095] 図14は、準備フェーズの処理手順を示すフローチャート（2）である。情報処理装置100の前処理部154は、コーパスデータ40から、センサーデータを取得する（ステップS111）。前処理部154は、センサーデータに含まれる各時刻と値との関係を基にして、Postscriptプログラムを生成する（ステップS112）。

[0096] 前処理部154は、Postscriptプログラムに対してトークン分割を実行する（ステップS113）。前処理部154は、CBoWやskip-gramのアルゴリズムを適用し、各トークンのベクトルを算出する（ステップS114）。

[0097] 前処理部154は、トークンとトークンのベクトルとを対応付けて、第2ベクトル辞書D2に登録する（ステップS115）。

[0098] 前処理部154は、未処理のセンサーデータが存在する場合には（ステップS116, Yes）、ステップS111に移行する。一方、前処理部154は、未処理のセンサーデータが存在しない場合には（ステップS116, No）、処理を終了する。

[0099] 図15は、学習フェーズの処理手順を示すフローチャート（1）である。図15に示すように、情報処理装置100の学習部155は、命令実行履歴テーブル70から、第1命令文を選択する（ステップS201）。学習部155は、命令実行履歴テーブル70から、第1命令文よりも一つ後に実行された第2命令文を選択する（ステップS202）。

[0100] 学習部155は、第1命令文の時刻と、第2命令文の時刻とを基にして、第2命令文を工作機械10が実行する区間を特定する（ステップS203）。学習部155は、特定した区間に対応する複数の値および計測時刻を、センサー値履歴テーブル80から取得する（ステップS204）。学習部15

5は、第2命令と、区間に対応する複数の値および計測時刻とを対応付けて、訓練データテーブル90に登録する（ステップS205）。

[0101] 学習部155は、命令実行履歴テーブル70に未選択の命令文が存在する場合には（ステップS206, Yes）、ステップS201に移行する。一方、学習部155は、命令実行履歴テーブル70に未選択の命令文が存在しない場合には（ステップS206, No）、ステップS207に移行する。

[0102] 学習部155は、訓練データテーブル90の命令文をトークン分割し、各トークンと第1ベクトル辞書D1とを基にして、各トークンのベクトルを特定する（ステップS207）。学習部155は、各トークンのベクトルを積算することで、命令ベクトルを算出し、訓練データテーブル90に登録する（ステップS208）。

[0103] 学習部155は、訓練データテーブル90の複数の値、計測時刻を基にして、Postscriptプログラムを生成する（ステップS209）。学習部155は、Postscriptプログラムをトークン分割し、各トークンと第2ベクトル辞書D2とを基にして、各トークンのベクトルを特定する（ステップS210）。学習部155は、各トークンのベクトルを積算することで、スクリプトプログラムを算出し、訓練データテーブル90に登録する（ステップS211）。

[0104] 学習部155は、入力部120等から、各ラベルの情報を受け付け、訓練データテーブル90に設定する（ステップS212）。

[0105] 図16は、学習フェーズの処理手順を示すフローチャート（2）である。図16に示すように、情報処理装置100の学習部155は、訓練データテーブル90から、命令ベクトル、スクリプトベクトル、ラベルの組を訓練データとして取得する（ステップS251）。

[0106] 学習部155は、命令ベクトルおよびスクリプトベクトルを機械学習モデルに入力し、出力結果を取得する（ステップS252）。

[0107] 学習部155は、出力結果と、ラベルとの誤差が小さくなるように、機械学習モデルM1のパラメータを更新する（ステップS253）。

- [0108] 学習部155は、未選択の訓練データが存在する場合には（ステップS254, Yes）、ステップS251に移行する。一方、学習部155は、未選択の訓練データが存在しない場合には（ステップS254, No）、処理を終了する。
- [0109] 図17および図18は、推論フェーズの処理手順を示すフローチャートである。図17に示すように、情報処理装置100の推論部156は、工作機械10に出力された命令文を取得する（ステップS301）。推論部156は、命令文に対してトークン分割を実行する（ステップS302）。推論部156は、命令文の各トークンと、第1ベクトル辞書とを基にして、各トークンのベクトルを特定する（ステップS303）。推論部156は、命令文の各トークンのベクトルを積算することで、命令ベクトルを算出する（ステップS304）。
- [0110] 推論部156は、工作機械によって、命令文が実行される区間のセンサーの値と計測時刻とを含むセンサーデータをバッファに登録する（ステップS305）。推論部156は、センサーデータに含まれるセンサーの値と計測時刻との関係を基にして、Postscriptプログラムを生成する（ステップS306）。
- [0111] 推論部156は、Postscriptプログラムに対してトークン分割を実行する（ステップS307）。推論部156は、Postscriptプログラムの各トークンと、第2ベクトル辞書D2とを基にして、各トークンのベクトルを特定する（ステップS308）。推論部156は、Postscriptプログラムの各トークンのベクトルを積算することで、スクリプトベクトルを算出する（ステップS309）。
- [0112] 推論部156は、直近のセンサーの値と計測時刻を残して、それ以外の情報をバッファからクリアし（ステップS310）、図18のステップS311に移行する。
- [0113] 図18に示すように、推論部156は、命令ベクトルと、スクリプトベクトルとを機械学習モデルM1に入力する（ステップS311）。推論部15

- 6は、機械学習モデルM1の出力結果を取得する（ステップS312）。
- [0114] 推論部156は、出力結果が「故障の予兆あり」となる場合には（ステップS313, Yes）、表示部130に警告を出力し（ステップS314）、図17のステップS301に移行する。
- [0115] 推論部156は、出力結果が「故障の予兆あり」とならない場合には（ステップS313, No）、図17のステップS301に移行する。
- [0116] 次に、本実施例に係る情報処理装置100の効果について説明する。情報処理装置100は、工作機械10に設定されたセンサー5の計測結果となる値と、時刻とを対応付けた情報を基にして、時系列の数値の推移を描画可能なPostscriptの文字列に変換する。情報処理装置100は、工作機械10に対する命令文の命令ベクトルと、Postscriptの文字列（Postscriptプログラム）のスクリプトベクトルを算出し、命令ベクトルおよびスクリプトベクトルを基にして、機械学習モデルM1を訓練する。係る機械学習モデルM1を利用することで、工作機械10の故障を高精度に予測することができる。
- [0117] 実施例では説明を省略したが、情報処理装置100は、バッファリングセンサーデータを線形補間のような回帰分析の手法を用いて、センサーデータの時系列の数値の推移を精度よく描画可能なPostscriptプログラムに変換してもよい。このような場合には、かかるPostscriptプログラムは、ノイズを除去した後のデータに相当するといえる。このため、ノイズを除去した後のデータに相当するPostscriptプログラムを使って機械学習モデルM1を学習することができる。
- [0118] 機械が新たな命令を実行すると、その動作が変わることでセンサー情報にも変動が生じる。また、センサー情報のみを学習すると、動作変更による正常な変動なのか、何らかの故障を予知させうる異常な変動なのかを判別するための情報が不足する。これに対して、情報処理装置100は、命令と同期させることで、不足する情報を得ることができる。
- [0119] 情報処理装置100は、センサー5の計測結果となる値と、時刻とを対応付けて情報を基にして、一旦、Postscriptプログラムを生成し、係るPostscr

iptプログラムの文字列を基にして、スクリプトベクトルを算出し、機械学習モデルM1を訓練や、故障の予測を行っている。これによって、自然言語を対象とした機械学習モデルM1のみによって、訓練および故障の予測を行うことができる。

- [0120] 情報処理装置100は、命令文を複数のトークンに分割し、第1ベクトル辞書D1を基にして、各トークンのベクトルを算出し、各トークンのベクトルを積算することで、命令文の命令ベクトルを算出する。これによって、命令文の特徴を示す命令ベクトルを生成することができる。
- [0121] 情報処理装置100は、センサー5の値と計測時刻との関係からPostscriptプログラムを生成し、Postscriptプログラムの文字列を複数のトークンに分割する。情報処理装置100は、第1ベクトル辞書D2を基にして、各トークンのベクトルを算出し、各トークンのベクトルを積算することで、Postscriptプログラムのスクリプトベクトルを算出する。これによって、センサー5の時系列の値の特徴を示すスクリプトベクトルを自然言語から生成することができる。
- [0122] 情報処理装置100は、工作機械10に出力する命令文の命令文ベクトルと、命令文が実行される区間のセンサーデータから得られるスクリプトベクトルとを、訓練済みの機械学習モデルM1に入力し、出力結果を得る。これによって、工作機械10の故障を高精度に予測することができる。
- [0123] 情報処理装置100は、機械又は前記機械の周辺に設定されたセンサーのセンシング情報に含まれる時系列の複数の数値を、時系列の推移を表す文字列に変換し、文字列を複数のトークンに分割し、複数のトークンにベクトルを割り当て、トークンと、当該トークンに対応するベクトルとを対応付けた第2ベクトル辞書D2を生成する。かかる第2ベクトル辞書D2を用いることで、センサーデータから変換したPostscriptプログラムのトークンとを比較して、センサーデータから変換したPostscriptプログラムのトークンのベクトルを容易に特定することができる。
- [0124] 上述した実施例では、情報処理装置100がセンサー5の値と計測時刻と

の関係からPostscriptプログラムを生成していたが、ここでは、線の形状と、Postscriptプログラムとの関係の一例について説明する。

[0125] 図19は、線の形状とPostscriptプログラムとの関係の一例を説明する図である。たとえば、直線と曲線とからなる線情報160-1のPostscriptプログラムは、Postscriptプログラム160-2となる。なお、線情報のA、B、C、Dは、接続点を示し、 α 、 β は、制御点を示す。他の線情報も同様である。

[0126] 一つの直線からなる線情報161-1のPostscriptプログラムは、Postscriptプログラム161-2となる。二つの直線からなる線情報162-1のPostscriptプログラムは、Postscriptプログラム162-2となる。

[0127] ベジエ曲線に対応する線情報163-1のPostscriptプログラムは、Postscriptプログラム163-2となる。二つの曲線（ベジエ曲線）からなる線情報164-1のPostscriptプログラムは、Postscriptプログラム164-2となる。

[0128] たとえば、情報処理装置100は、図19に示した線情報と、係る線情報に対応するPostscriptプログラムとの関係をテーブルに保持している。情報処理装置100は、センサー5の値と計測時刻とから得られる形状にフィットする線情報の組み合わせを特定し、特定した線情報に対応するPostscriptプログラムを組み合わせることで、最終的なPostscriptプログラムを生成する。情報処理装置100は、図19に説明した以外の線情報と、Postscriptプログラムとの関係をテーブルに保持していてもよい。

[0129] 次に、上記実施例に示した情報処理装置100と同様の機能を実現するコンピュータのハードウェア構成の一例について説明する。図20は、実施例の情報処理装置と同様の機能を実現するコンピュータのハードウェア構成の一例を示す図である。

[0130] 図20に示すように、コンピュータ200は、各種演算処理を実行するCPU201と、ユーザからのデータの入力を受け付ける入力装置202と、ディスプレイ203とを有する。また、コンピュータ200は、有線または

無線ネットワークを介して、工作機械10、センサー5、外部装置等との間でデータの授受を行う通信装置204と、インタフェース装置205とを有する。また、コンピュータ200は、各種情報を一時記憶するRAM206と、ハードディスク装置207とを有する。そして、各装置201~207は、バス208に接続される。

[0131] ハードディスク装置207は、取得プログラム207a、駆動制御プログラム207b、センサー値取得プログラム207c、前処理プログラム207d、学習プログラム207e、推論プログラム207fを有する。また、CPU201は、各プログラム207a~207fを読み出してRAM206に展開する。

[0132] 取得プログラム207aは、取得プロセス206aとして機能する。駆動制御プログラム207bは、駆動制御プロセス206bとして機能する。センサー値取得プログラム207cは、センサー値取得プロセス206cとして機能する。前処理プログラム207dは、前処理プロセス206dとして機能する。学習プログラム207eは、学習プロセス206eとして機能する。推論プログラム207fは、推論プロセス206fとして機能する。

[0133] 取得プロセス206aの処理は、取得部151の処理に対応する。駆動制御プロセス206bの処理は、駆動制御部152の処理に対応する。センサー値取得プロセス206cの処理は、センサー値取得部153の処理に対応する。前処理プロセス206dの処理は、前処理部154の処理に対応する。学習プロセス206eの処理は、学習部155の処理に対応する。推論プロセス206fの処理は、推論部156の処理に対応する。

[0134] なお、各プログラム207a~207fについては、必ずしも最初からハードディスク装置207に記憶させておかなくても良い。例えば、コンピュータ200に挿入されるフレキシブルディスク(FD)、CD-ROM、DVD、光磁気ディスク、ICカードなどの「可搬用の物理媒体」に各プログラムを記憶させておく。そして、コンピュータ200が各プログラム207a~207fを読み出して実行するようにしてもよい。

符号の説明

[0135]	40	コーパスデータ
	70	命令実行履歴テーブル
	80	センサー値履歴テーブル
	90	訓練データテーブル
	100	情報処理装置
	105	タイマ
	110	通信部
	120	入力部
	130	表示部
	140	記憶部
	150	制御部
	151	取得部
	152	駆動制御部
	153	センサー値取得部
	154	前処理部
	155	学習部
	156	推論部

請求の範囲

- [請求項1] 機械又は前記機械の周辺に設定されたセンサーのセンシング情報に含まれる時系列の複数の数値を、時系列の推移を表す文字列に変換し、
- 前記機械を制御する制御命令、および、前記時系列の推移を表す文字列の情報を基にして生成される入力データと、前記機械に故障の予兆が発生しているか否かを示すラベルとを有する訓練データを用いて、機械学習モデルを訓練する
- 処理をコンピュータに実行させることを特徴とする学習プログラム。
- [請求項2] 前記変換する処理は、前記センシング情報を、前記センシング情報に含まれる時系列の複数の値を線分または曲線で接続した線を描画するプログラムにより文字列に変換することを特徴とする請求項1に記載の学習プログラム。
- [請求項3] 前記制御命令をトークンに分割し、分割したトークンのベクトルを積算することで、前記制御命令のベクトルを算出する処理を更にコンピュータに実行させることを特徴とする請求項1に記載の学習プログラム。
- [請求項4] 前記変換する処理によって変換された文字列をトークンに分割し、分割したトークンのベクトルを積算することで、前記センシング情報のベクトルを算出する処理を更にコンピュータに実行させることを特徴とする請求項3に記載の学習プログラム。
- [請求項5] 前記制御命令のベクトルを算出する処理は、前記機械に出力された制御命令の第1ベクトルを算出し、前記センシング情報のベクトルを算出する処理は、前記機械に出力された制御命令に対応するセンシング情報の第2ベクトルを算出し、前記第1ベクトルと前記第2ベクトルとを訓練済みの前記機械学習モデルに入力することで、前記機械に故障の予兆が発生しているか否かを推論する処理を更にコンピュータ

に実行させることを特徴とする請求項4に記載の学習プログラム。

[請求項6] 機械又は前記機械の周辺に設定されたセンサーのセンシング情報に含まれる時系列の複数の数値を、時系列の推移を表す文字列に変換し、

前記機械を制御する制御命令、および、前記時系列の推移を表す文字列の情報を基にして生成される入力データと、前記機械に故障の予兆が発生しているか否かを示すラベルとを有する訓練データを用いて、機械学習モデルを訓練する

処理をコンピュータが実行することを特徴とする学習方法。

[請求項7] 前記変換する処理は、前記センシング情報を、前記センシング情報に含まれる時系列の複数の値を線分または曲線で接続した線を描画するプログラムにより文字列に変換することを特徴とする請求項6に記載の学習方法。

[請求項8] 前記制御命令をトークンに分割し、分割したトークンのベクトルを積算することで、前記制御命令のベクトルを算出する処理を更にコンピュータに実行させることを特徴とする請求項6に記載の学習方法。

[請求項9] 前記変換する処理によって変換された文字列をトークンに分割し、分割したトークンのベクトルを積算することで、前記センシング情報のベクトルを算出する処理を更にコンピュータが実行することを特徴とする請求項8に記載の学習方法。

[請求項10] 前記制御命令のベクトルを算出する処理は、前記機械に出力された制御命令の第1ベクトルを算出し、前記センシング情報のベクトルを算出する処理は、前記機械に出力された制御命令に対応するセンシング情報の第2ベクトルを算出し、前記第1ベクトルと前記第2ベクトルとを訓練済みの前記機械学習モデルに入力することで、前記機械に故障の予兆が発生しているか否かを推論する処理を更にコンピュータに実行させることを特徴とする請求項9に記載の学習方法。

[請求項11] 機械又は前記機械の周辺に設定されたセンサーのセンシング情報に

含まれる時系列の複数の数値を、時系列の推移を表す文字列に変換し、

前記機械を制御する制御命令、および、前記時系列の推移を表す文字列の情報を基にして生成される入力データと、前記機械に故障の予兆が発生しているか否かを示すラベルとを有する訓練データを用いて、機械学習モデルを訓練する

処理を実行する制御部を有する情報処理装置。

[請求項12] 前記変換する処理は、前記センシング情報を、前記センシング情報に含まれる時系列の複数の値を線分または曲線で接続した線を描画するプログラムにより文字列に変換することを特徴とする請求項11に記載の情報処理装置。

[請求項13] 前記制御命令をトークンに分割し、分割したトークンのベクトルを積算することで、前記制御命令のベクトルを算出する処理を更に実行することを特徴とする請求項11に記載の情報処理装置。

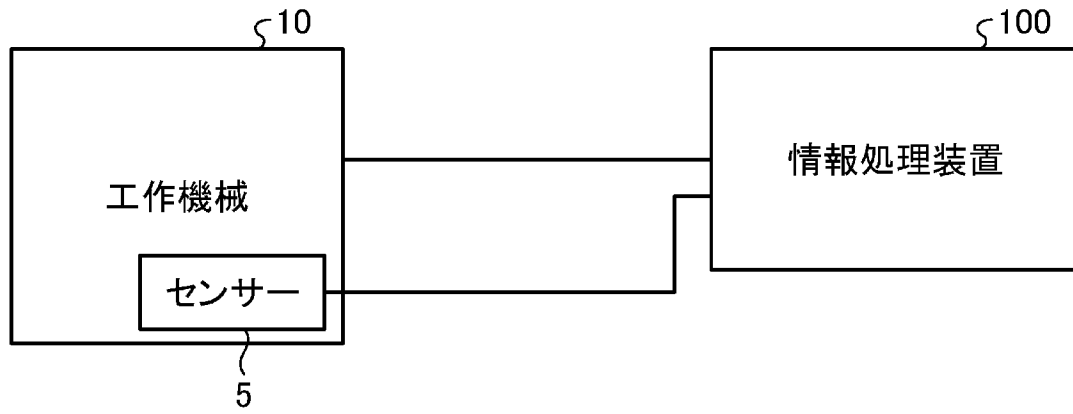
[請求項14] 前記変換する処理によって変換された文字列をトークンに分割し、分割したトークンのベクトルを積算することで、前記センシング情報のベクトルを算出する処理を更に実行することを特徴とする請求項13に記載の情報処理装置。

[請求項15] 前記制御命令のベクトルを算出する処理は、前記機械に出力された制御命令の第1ベクトルを算出し、前記センシング情報のベクトルを算出する処理は、前記機械に出力された制御命令に対応するセンシング情報の第2ベクトルを算出し、前記第1ベクトルと前記第2ベクトルとを訓練済みの前記機械学習モデルに入力することで、前記機械に故障の予兆が発生しているか否かを推論する処理を更に実行することを特徴とする請求項14に記載の情報処理装置。

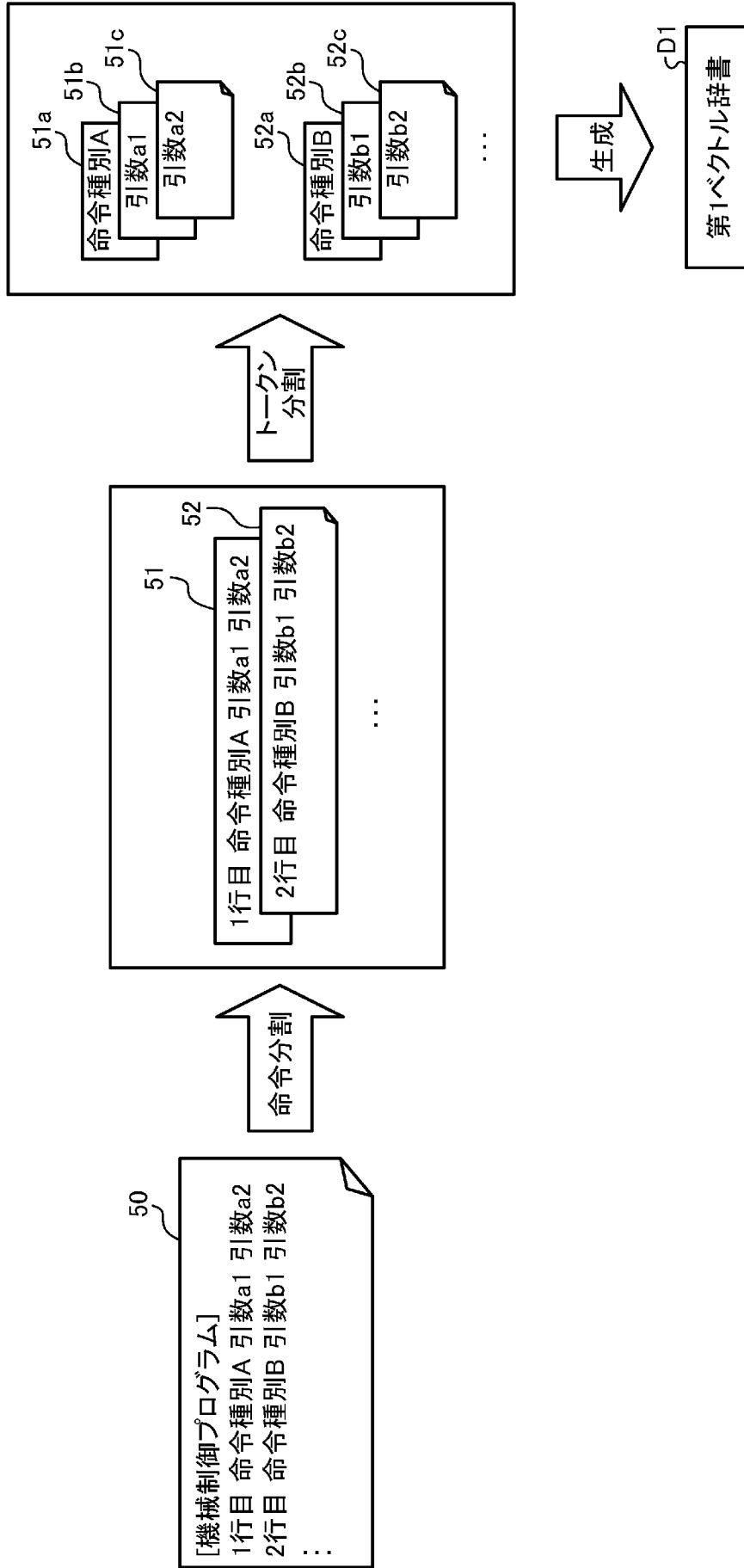
[請求項16] 機械又は前記機械の周辺に設定されたセンサーのセンシング情報に含まれる時系列の複数の数値を、時系列の推移を表す文字列に変換し、

前記文字列を複数のトークンに分割し、
前記複数のトークンにベクトルを割り当て、
前記トークンと、当該トークンに対応するベクトルとを対応付けた
辞書データを生成する
処理をコンピュータに実行させることを特徴とする生成プログラム
。

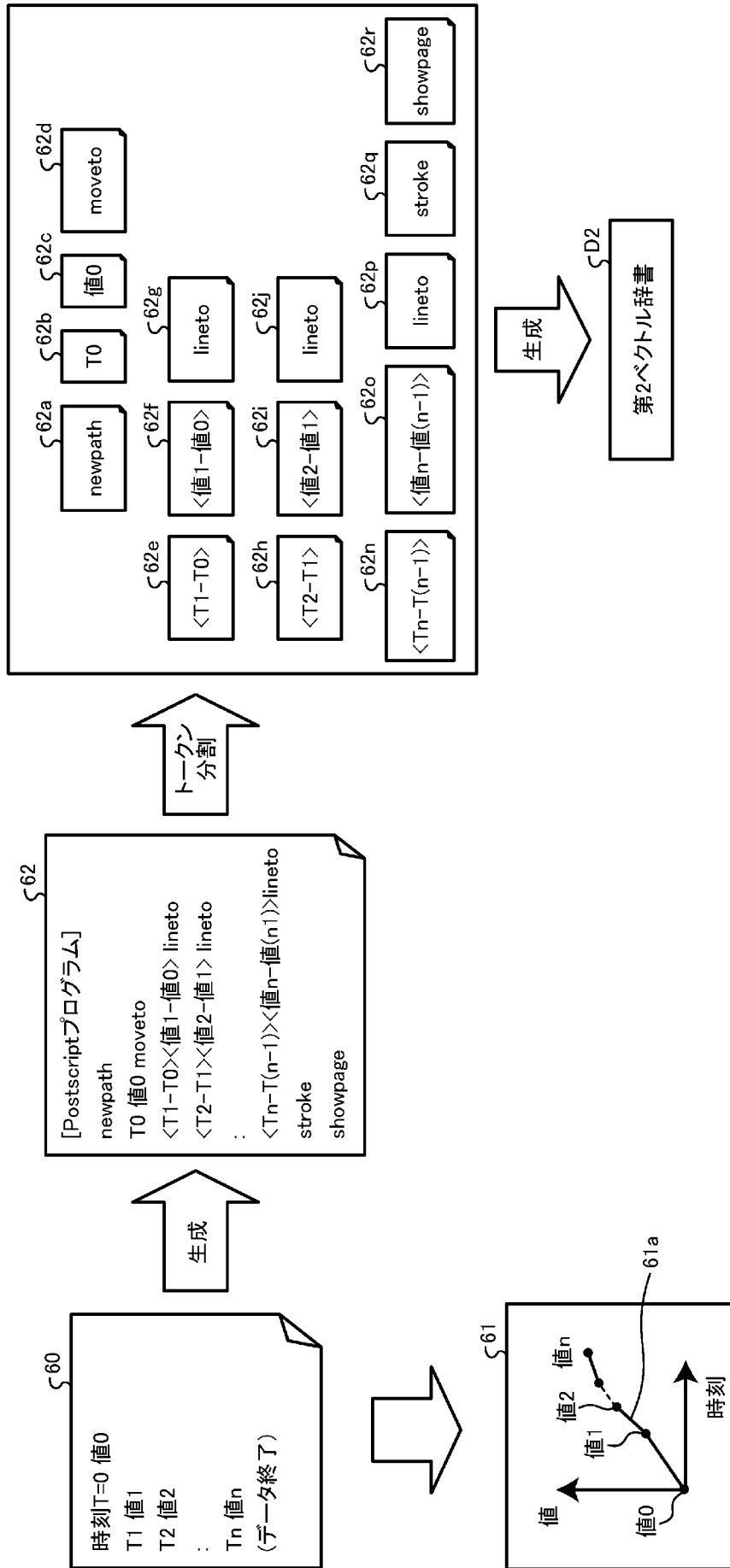
[図1]



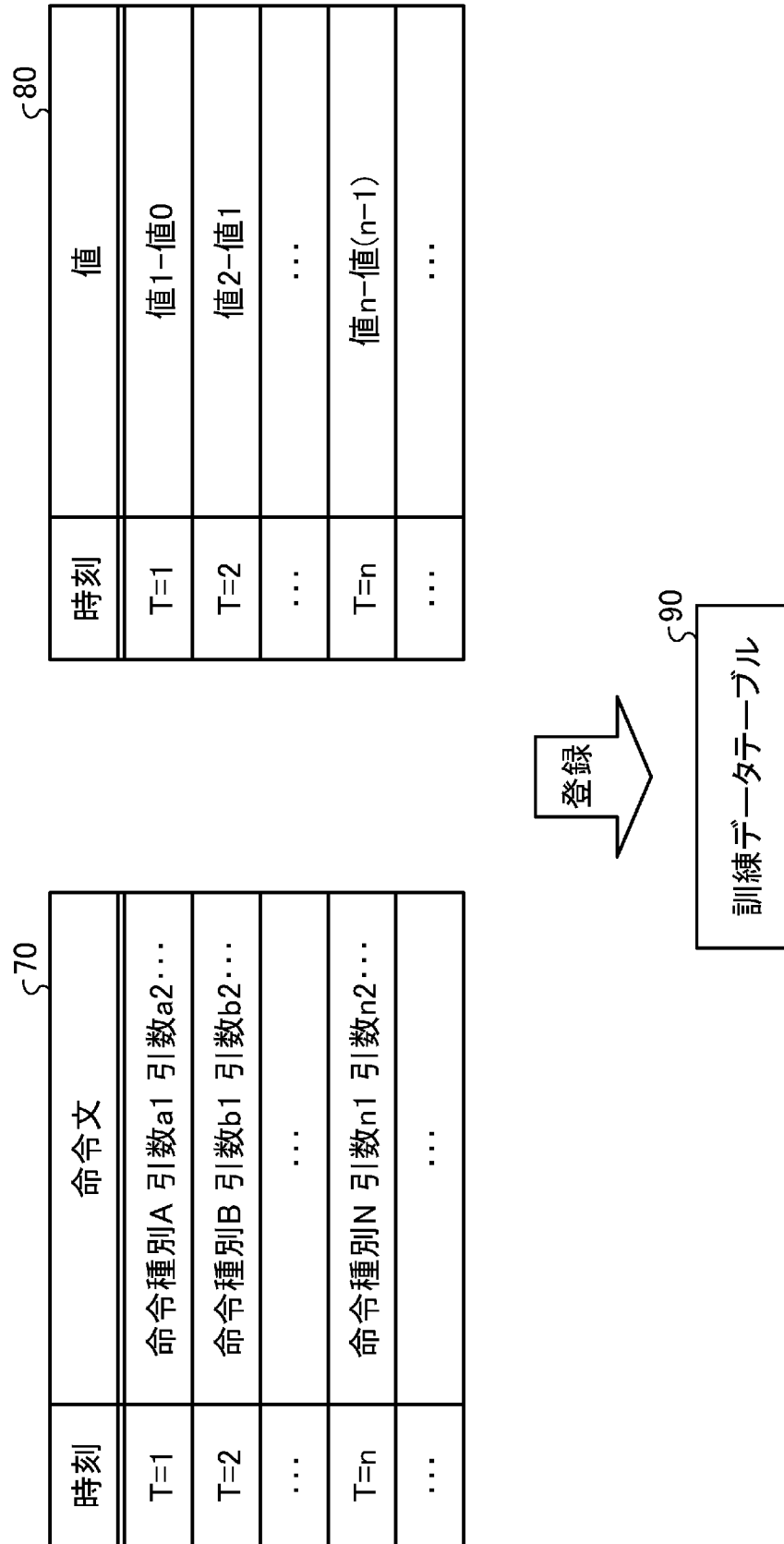
[図2]



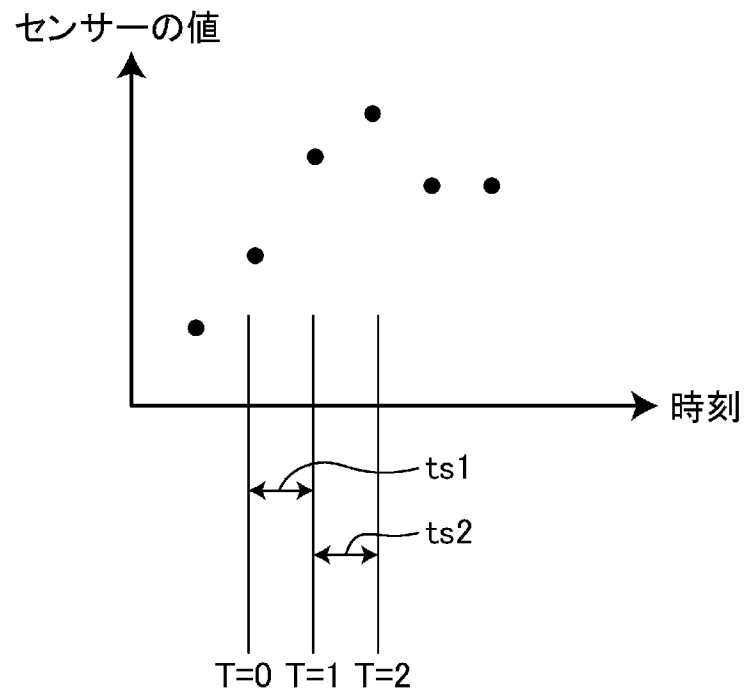
[図3]



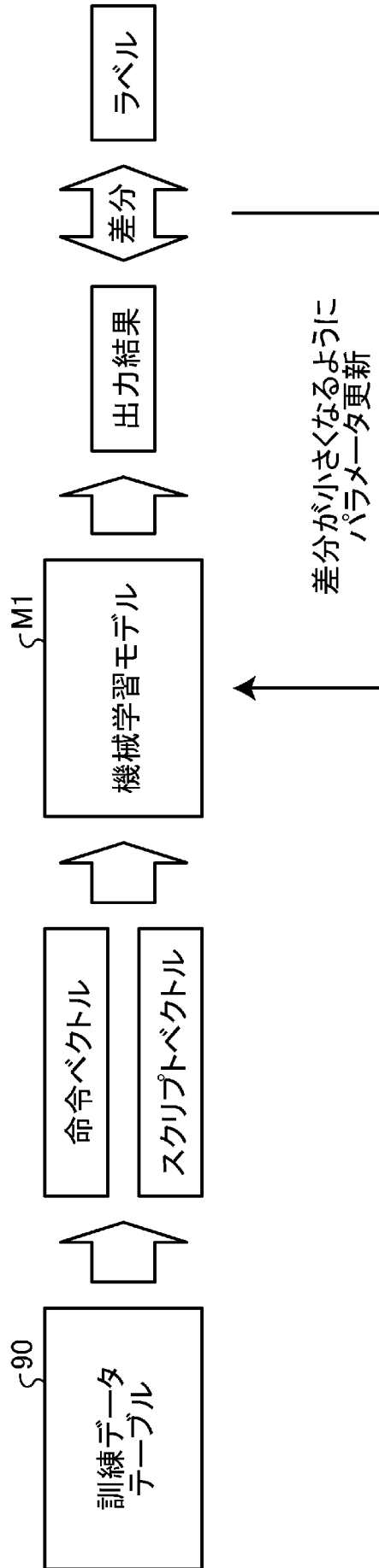
[図4]



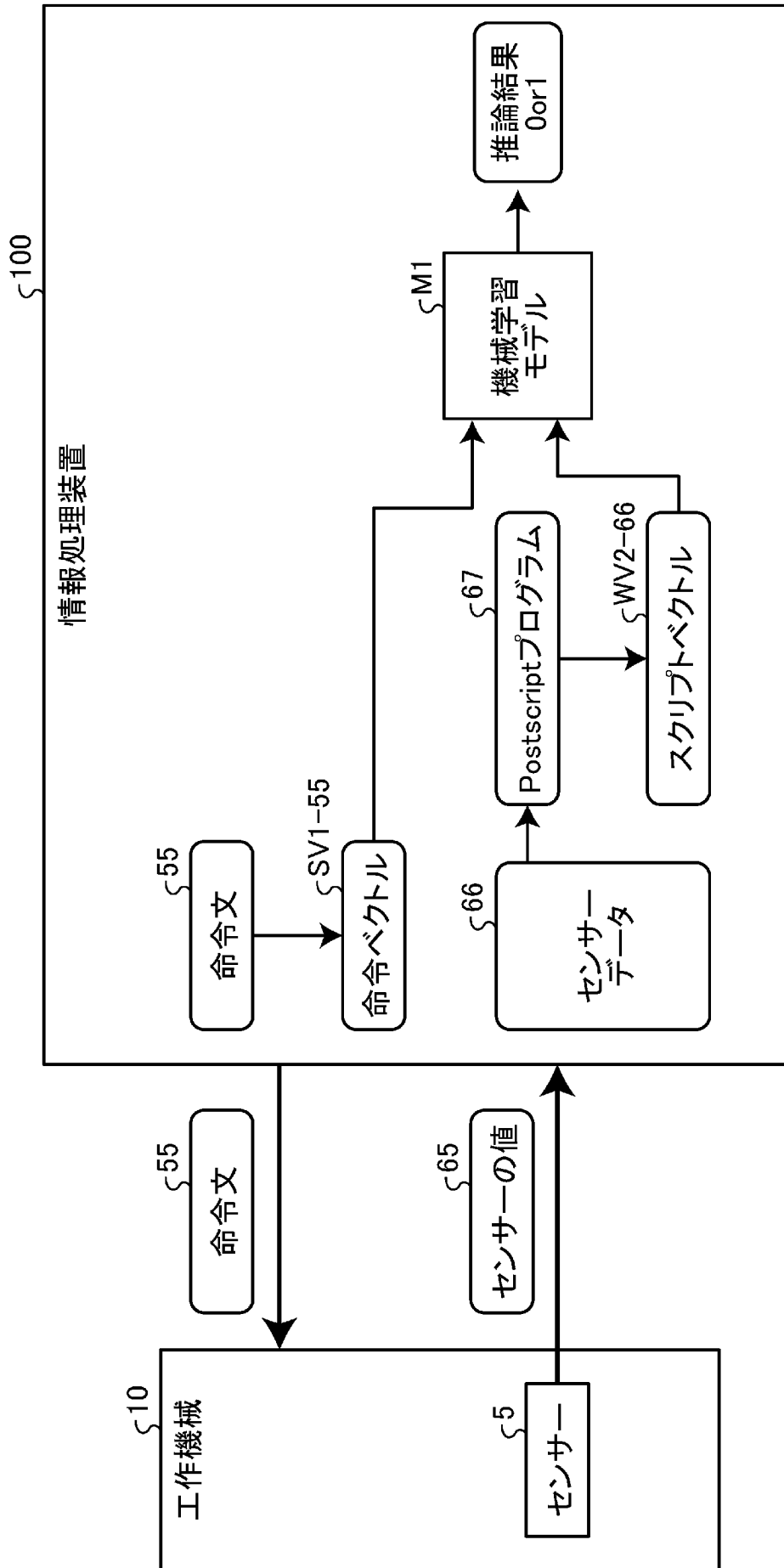
[図5]



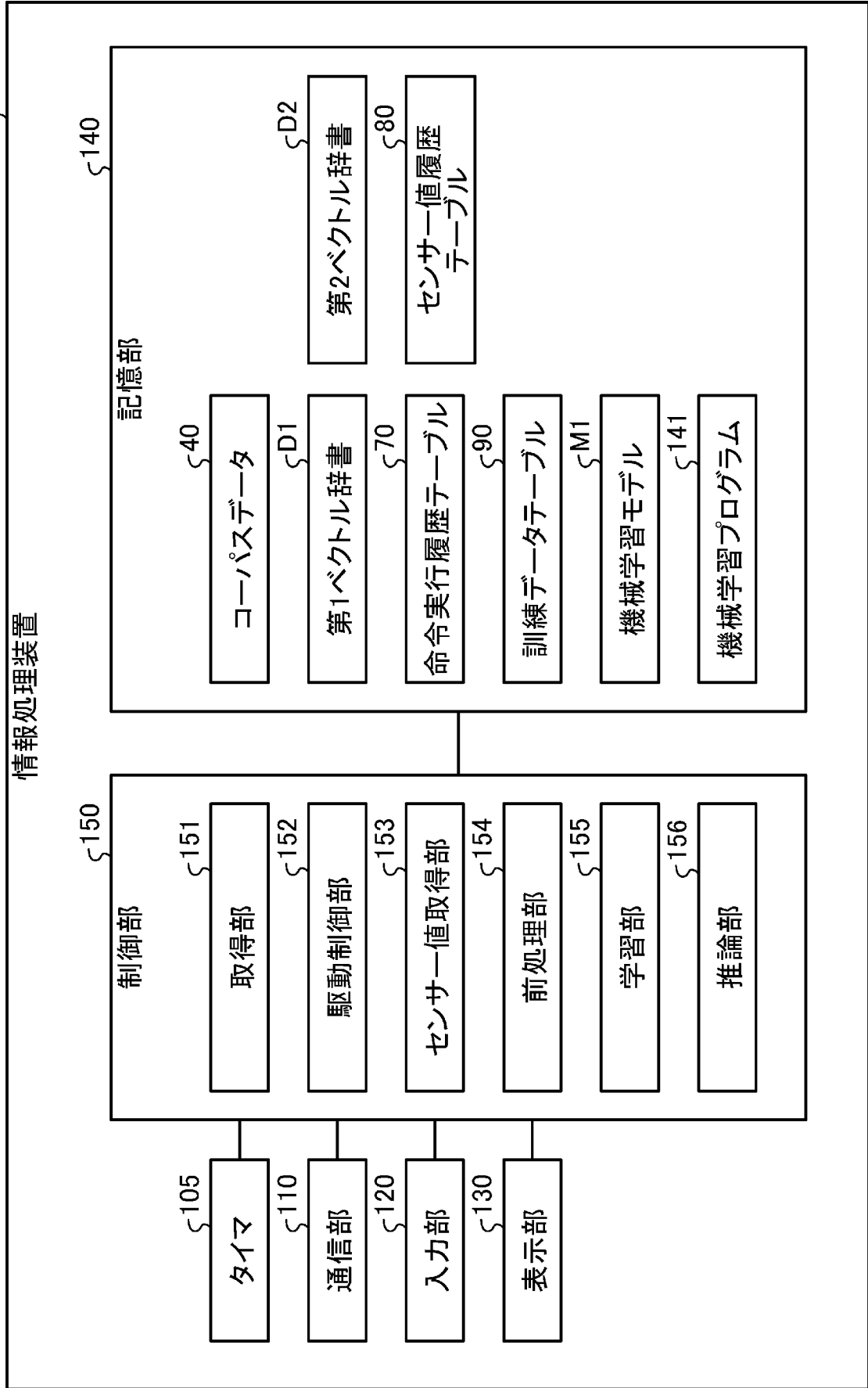
[図7]



[図8]



[図9]



[図10]

$\zeta D1$

トークン(命令文)	ベクトル
命令種別A	V1-1
引数a1	V1-2
引数a2	V1-3
...	...
命令種別B	V1-11
引数b1	V1-12
引数b2	V1-13
...	...

[図11]

$\zeta D2$

トークン(スクリプト)	ベクトル
newpath	V2-1
moveto	V2-2
lineto	V2-3
curveto	V2-4
...	...
T1-T0	V2-11
T2-T1	V2-12
T3-T2	V2-13
...	...
値1-値0	V2-21
値2-値1	V2-22
値3-値2	V2-23
...	...

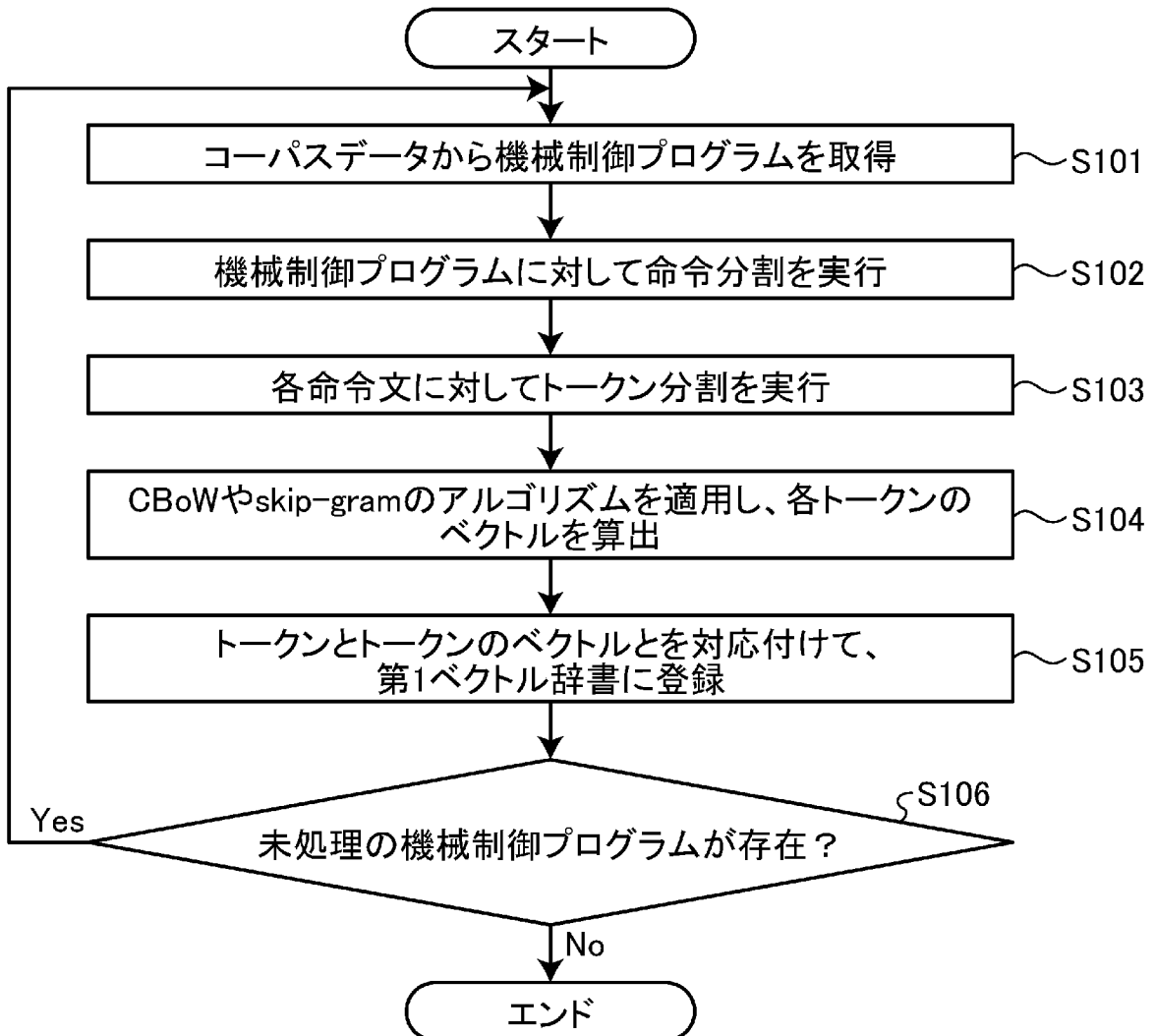
[図12]

§141

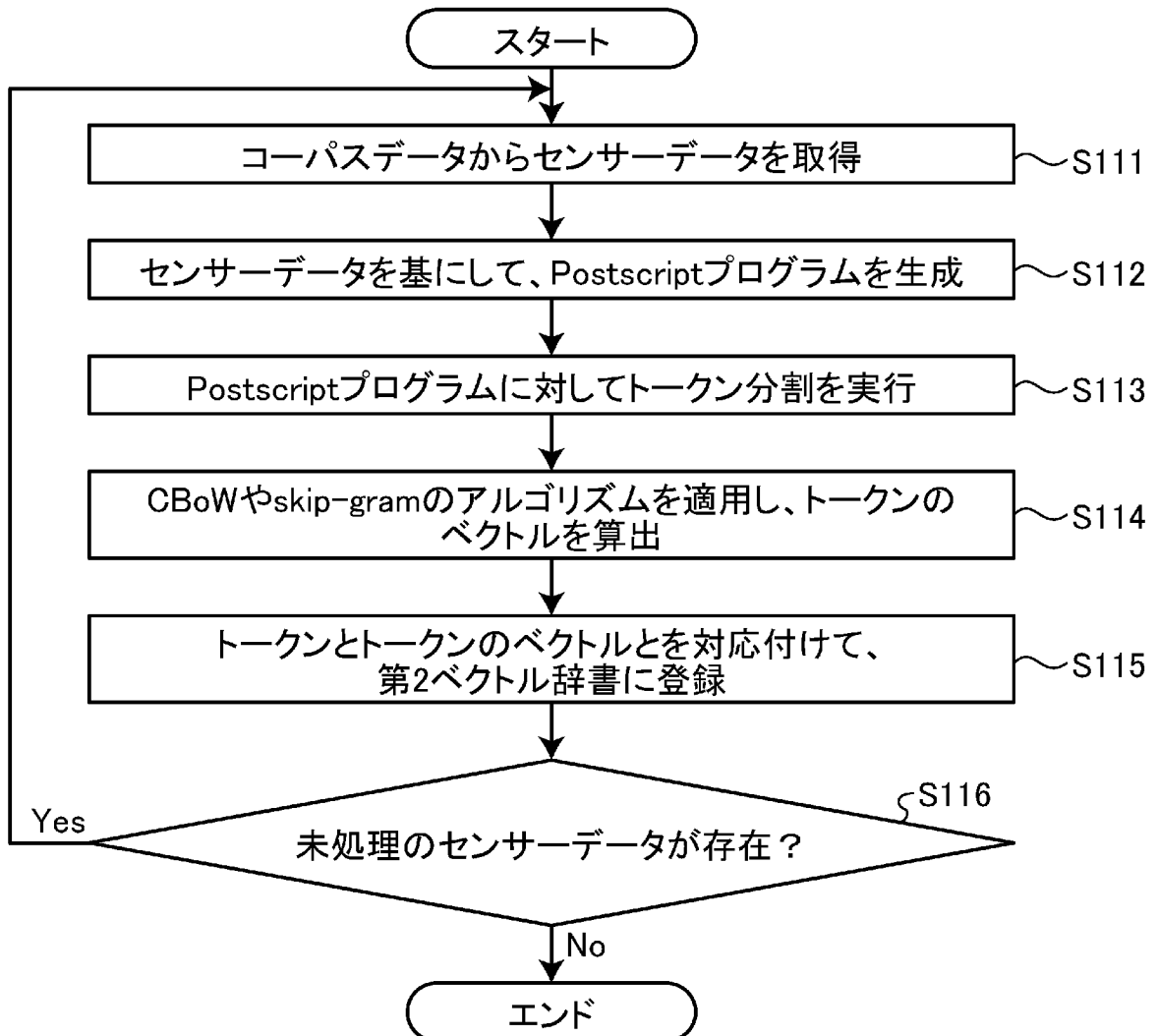
```
O0001
N1 T03 M06 ;
N2 G90 G54 G00 X0. Y0. ;
N3 S1000 M03 ;
N4 M08 ;
N5 G00 Z100. ;
N6 G91 G00 Z-95. ;
N7 G01 Z-5. F200 ;
N8 G00 Z100. ;
N9 M09 ;
N10 M05 ;
N11 M30 ;
...

```

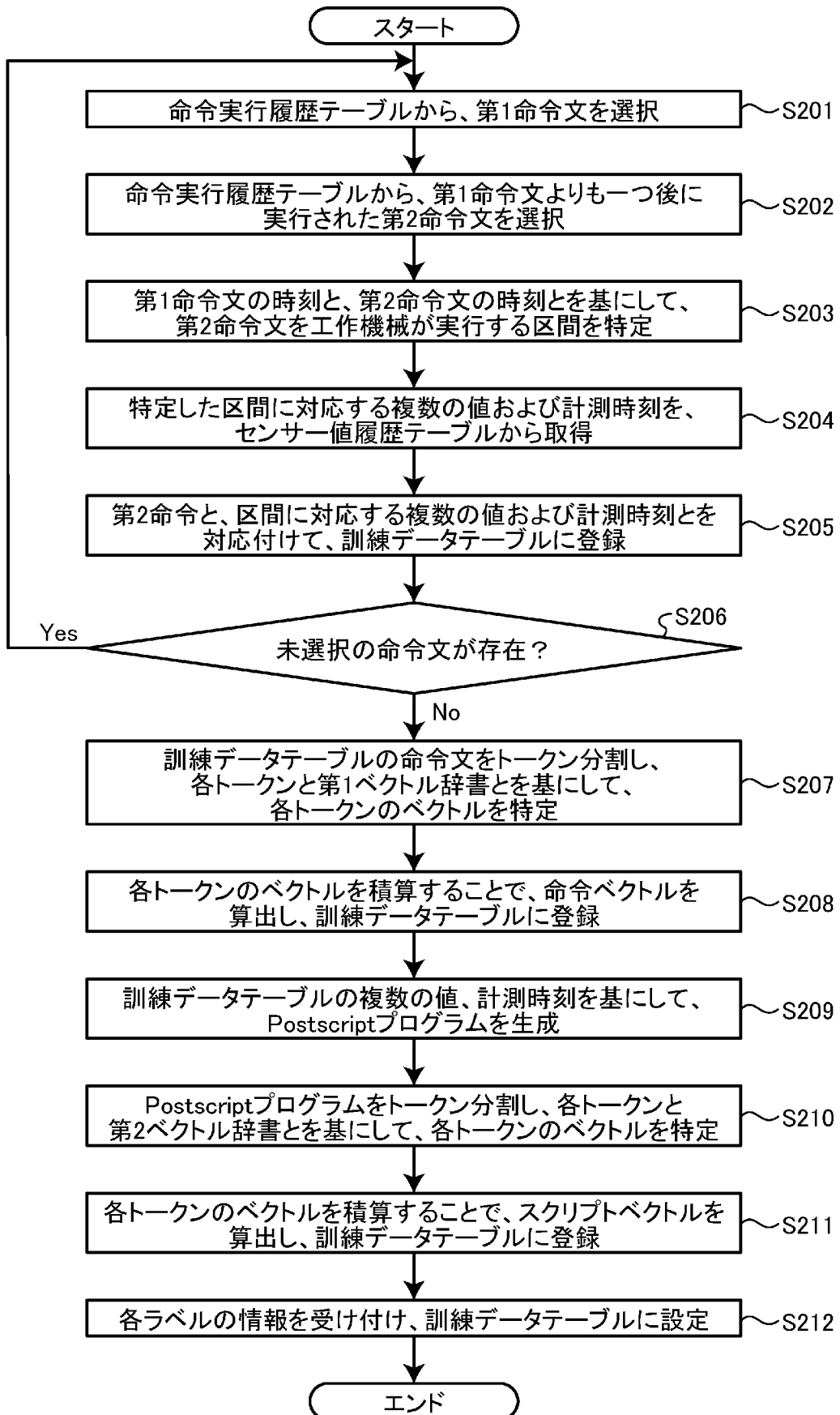
[図13]



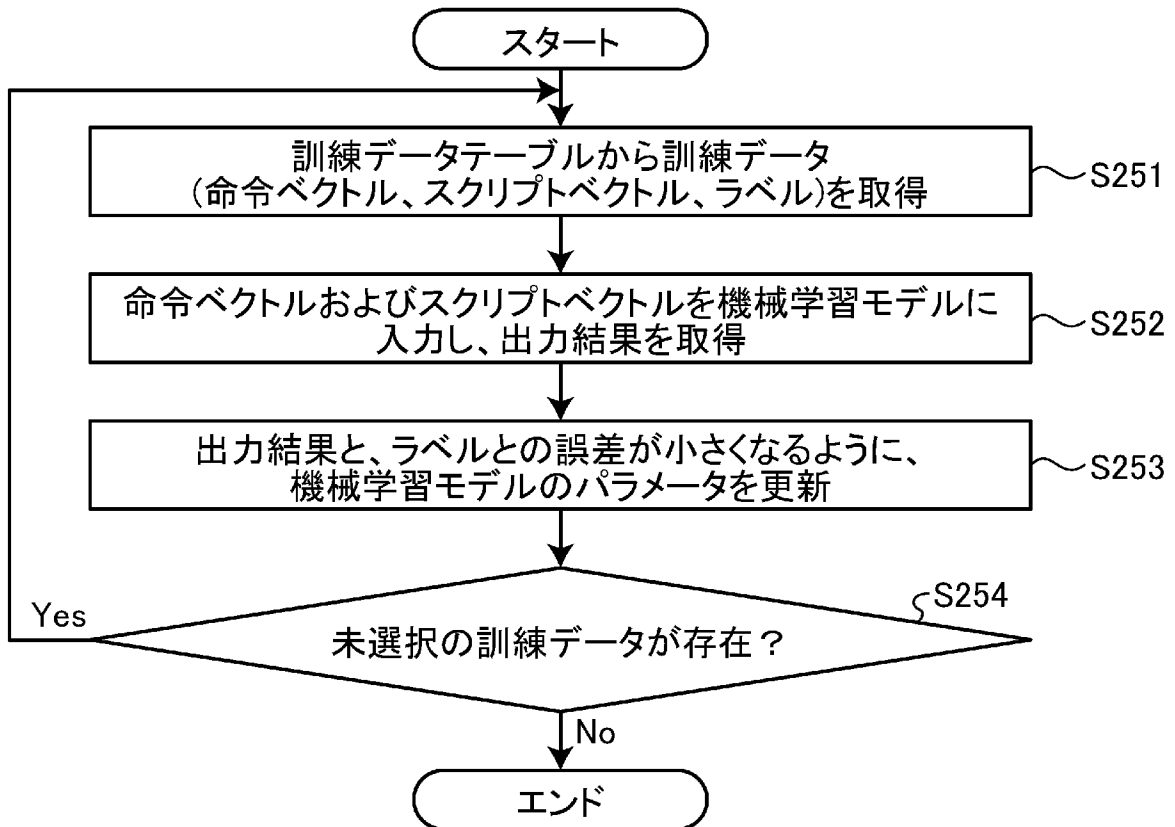
[図14]



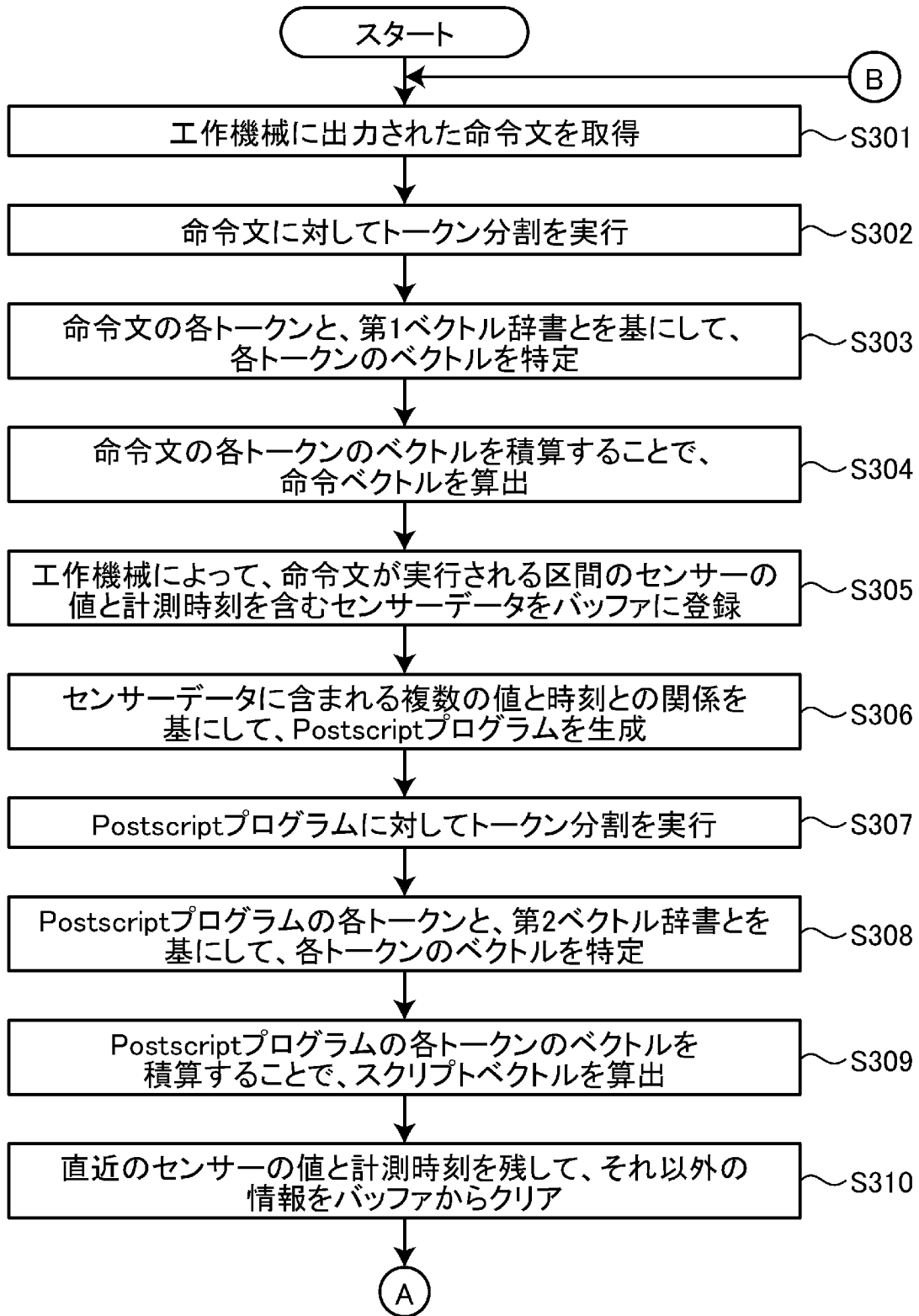
[図15]



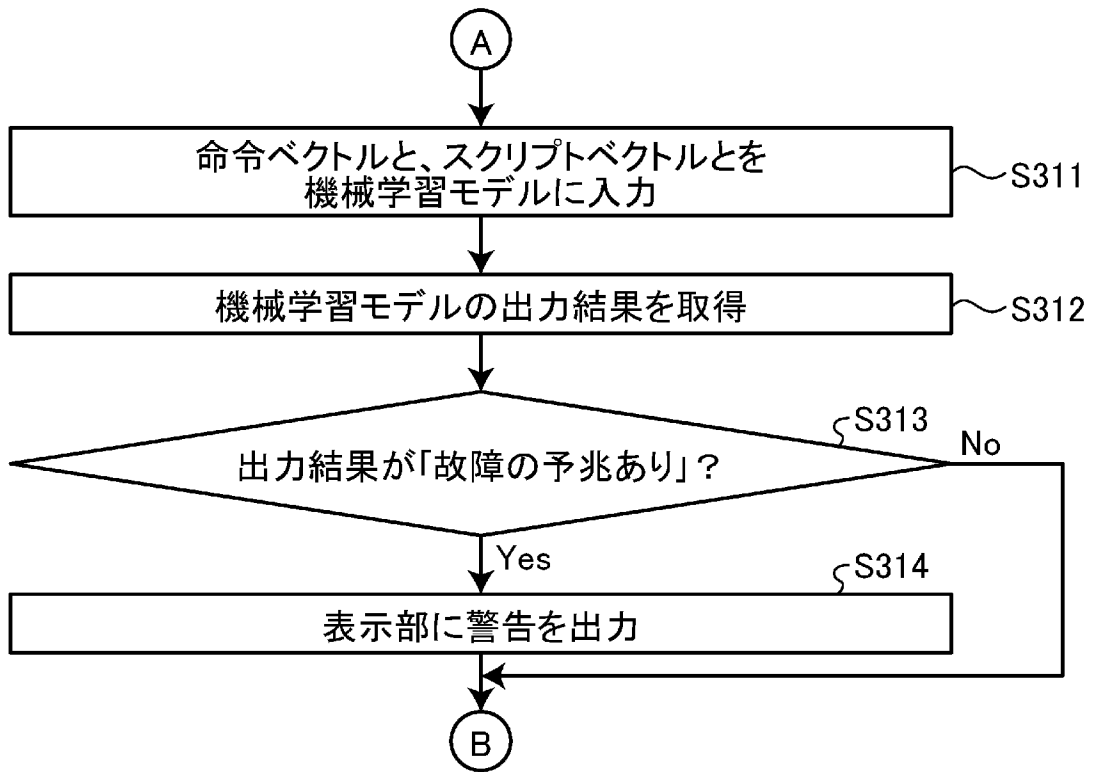
[図16]



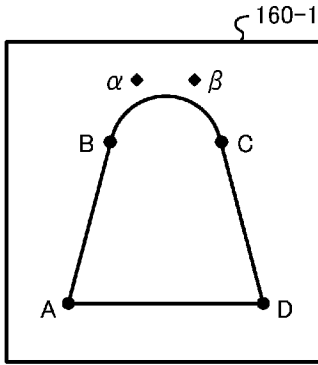
[図17]



[図18]



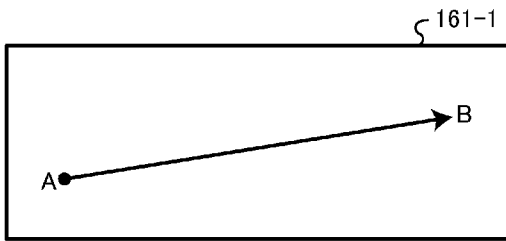
[図19]



§ 160-2

```

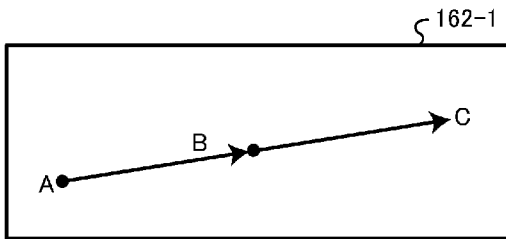
newpath
(Xa) (Ya) moveto
(Xb-Xa) (Yb-Ya) lineto
(X alpha-Xb) (Y alpha-Yb) (X beta-Xb) (Y beta-Yb) (Xc-Xb) (Yc-Yb)
curveto
(Xd-Xc) (Yd-Yc) lineto
(Xa-Xd) (Ya-Yd) lineto
stroke
showpage
    
```



§ 161-2

```

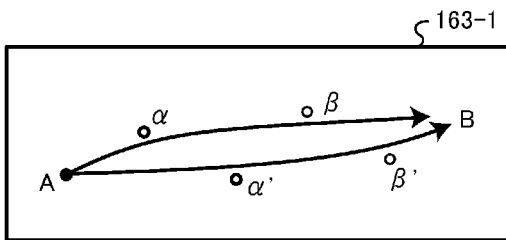
(Xa) (Ya) moveto
(Xb-Xa) (Yb-Ya) lineto
    
```



§ 162-2

```

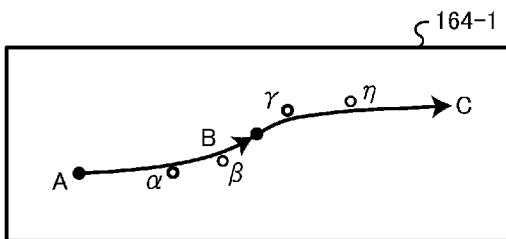
(Xa) (Ya) moveto
(Xb-Xa) (Yb-Ya) lineto
(Xc-Xb) (Yc-Yb) lineto
    
```



§ 163-2

```

(Xa) (Ya) moveto
(X alpha-Xa) (Y alpha-Ya) (X beta-Xa) (Y beta-Ya) (Xb-Xa) (Yb-Ya)
curveto
    
```

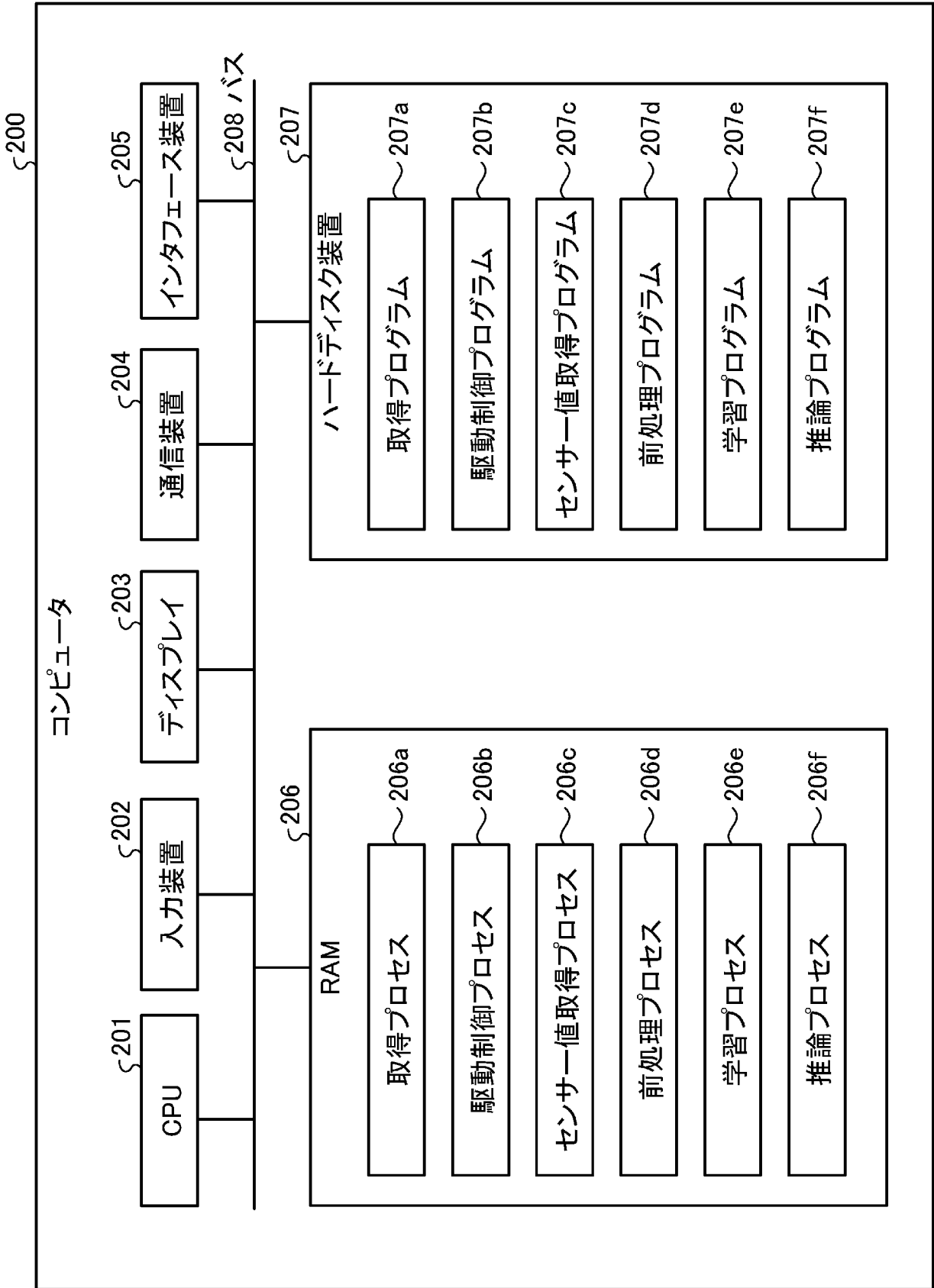


§ 164-2

```

(Xa) (Ya) moveto
(X alpha-Xa) (Y alpha-Ya) (X beta-Xa) (Y beta-Ya) (Xb-Xa) (Yb-Ya)
curveto
(X gamma-Xb) (Y gamma-Yb) (X eta-Xb) (Y eta-Yb) (Xc-Xb) (Yc-Yb)
curveto
    
```

[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/033926

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
G06Q 10/101(2023.01)i FI: G06Q10/10 300		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06Q10/101		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2017-033526 A (FANUC CORP.) 09 February 2017 (2017-02-09) paragraphs [0007]-[0009]	1-16
Y	US 2022/0066413 A1 (GLOWFORGE INC.) 03 March 2022 (2022-03-03) paragraph [0144]	1-16
Y	JP 2018-077586 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 17 May 2018 (2018-05-17) paragraphs [0007]-[0013]	3-5, 8-10, 13-16
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 14 November 2022		Date of mailing of the international search report 22 November 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/033926

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2017-033526 A	09 February 2017	US 2017/0031329 A1 paragraphs [0009]-[0021]	
US 2022/0066413 A1	03 March 2022	EP 3907570 A1 paragraph [0144] CN 107438495 A	
JP 2018-077586 A	17 May 2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06Q 10/101(2023.01)i FI: G06Q10/10 300		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G06Q10/101 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2017-033526 A（ファナック株式会社）09.02.2017（2017-02-09） 段落0007-0009	1-16
Y	US 2022/0066413 A1（GLOWFORGE INC.）03.03.2022（2022-03-03） 段落0144	1-16
Y	JP 2018-077586 A（日本電信電話株式会社）17.05.2018（2018-05-17） 段落0007-0013	3-5,8-10,13-16
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	14.11.2022	国際調査報告の発送日 22.11.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 原 忠 5L 5880 電話番号 03-3581-1101 内線 3502	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/033926

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2017-033526 A	09.02.2017	US 2017/0031329 A1 段落0009-0021	
US 2022/0066413 A1	03.03.2022	EP 3907570 A1 段落0144	
		CN 107438495 A	
JP 2018-077586 A	17.05.2018	(ファミリーなし)	