(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
2020年7月30日(30.07.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/153486 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 23/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/002559

(22) 国際出願日： 2020年1月24日(24.01.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-009830 2019年1月24日(24.01.2019) JP

(71) 出願人: 株式会社荏原製作所 (**EBARA CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 Tokyo (JP).

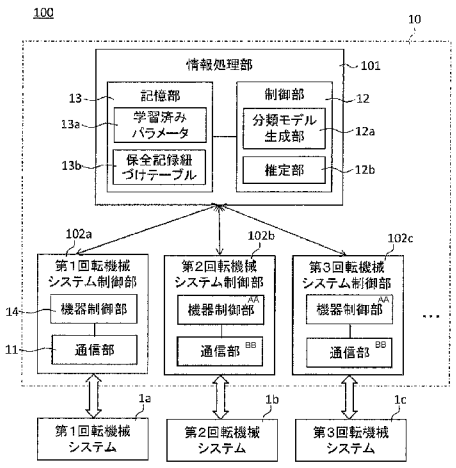
(72) 発明者: 横山 道洋 (**YOKOYAMA Michihiro**); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 神子島 隆仁 (**KAGOSHIMA Takahito**); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 杉山 和彦 (**SUGIYAMA Kazuhiko**); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 市原 堅治 (**ICHIHARA Kenji**); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 金田 一宏 (**KANEDA Kazuhiro**); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 高橋 美佐子 (**TAKAHASHI Misako**); 〒1448510 東京都大田区羽田旭町１１番１号 株式会社荏原製作所内 Tokyo (JP). 河内 隆宏 (**KAWACHI Takahiro**); 〒1440042 東京都大田区羽田旭町１１番１号 荏原環境プラント株式会社内 Tokyo (JP). 松岡 慶 (**MATSUOKA Kei**); 〒1440042 東京都大田区羽田旭町１１番１号 荏原環境プラント株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 大野 聖二, 外 (**OHNO Seiji** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内一丁目６番５号 丸の内北口ビル２１階 大野総合法律事務所 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,

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

(54) 発明の名称： 情報処理装置、情報処理プログラム、および情報処理方法



1a First rotating machine system
1b Second rotating machine system
1c Third rotating machine system
11, BB Communication unit
12 Control unit
12a Classification model generation unit
12b Estimation unit
13 Storage unit
13a Learned parameter
13b Maintenance record association table
14, AA Equipment control unit
101 Information processing unit
102a First rotating machine system control unit
102b Second rotating machine system control unit
102c Third rotating machine system control unit

(57) **Abstract:** Provided is an information processing device comprising an estimation device that has a classification model generated by machine learning of past data of one or more sensors provided in a rotating machine, inputs new time-series data of the one or more sensors into the classification model, and estimates whether there is a sign of failure in the rotating machine on the basis of an output trend of the classification model.

(57) 要約：情報処理装置は、回転機械に設けられた１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して生成された分類モデルを有し、センサの新たな時系列のデータを前記分類モデルに入力し、前記分類モデルの出力のトレンドに基づいて、前記回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する推定部を備える。

WO 2020/153486 A1

[続葉有]

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, 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, 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)）

明　細　書

発明の名称 ：

情報処理装置、情報処理プログラム、および情報処理方法

技術分野

[0001] 本開示は、情報処理装置、情報処理プログラム、および情報処理方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、機械設備に取り付けられたセンサのデータを、専門家が人の目で見て異常の予兆の有無を判定することが行われている。しかしながら、影響因子はわかっていても、組み合わせによって異常になる寄与度合いは通常不明であり、熟練した専門家であっても、人の目による判断では潜在的な不具合の予兆は見つけることができないことがある。

[0003] 特許第５８８７２１７公報には、圧縮機の吸入温度や吐出温度の所定期間における平均変化率（上昇率）が所定値以上である場合、異常の予兆があると機械的に判定する情報処理手段が提案されている。

発明の概要

[0004] 特許第５８８７２１７公報に提案される技術によれば、熟練した専門家でなくても異常の予兆の有無を判定できるようになり、人手不足に対応できるようになるが、その判定基準・判定手法は、専門家が用いる判定基準・判定手法を単に数値で置き換えただけであるから、人の目では分からない潜在的な不具合の予兆を見つけることはできない。

[0005] 人の目では分からない潜在的な不具合の予兆を見つけることができる情報処理装置、情報処理プログラムおよび情報処理方法を提供することが望まれる。

[0006] 本開示の一態様に係る情報処理装置は、

回転機械の運転状態に関連する１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して生成された分類モデルを有し、前記センサの新たな時系列のデー

タを前記分類モデルに入力し、前記分類モデルの出力のトレンドに基づいて、前記回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する推定部
を備える。

[0007] 本開示の一態様に係る記憶媒体は、以下の情報処理プログラムを非一時的（non-transitory）に記憶している：情報処理プログラムは、
コンピュータを、
回転機械の運転状態に関連する１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して生成された分類モデルを有し、前記センサの新たな時系列のデータを前記分類モデルに入力し、前記分類モデルの出力のトレンドに基づいて、前記回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する推定部
として機能させる。

[0008] 本開示の一態様に係る情報処理方法は、
回転機械の運転状態に関連する１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して生成された分類モデルに、前記センサの時系列のデータを前記分類モデルに入力し、前記分類モデルの出力のトレンドに基づいて、前記回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図１は、一実施の形態に係る情報処理装置を備えたシステムの構成を示すブロック図である。

[図2]図２は、一実施の形態に係る回転機械システムの構成を示す概略図である。

[図3]図３は、一実施の形態に係る情報処理装置による情報処理方法の一例を示すフローチャートである。

[図4]図４は、分類モデル生成部の処理の一例を説明するための概念図である。

[図5]図５は、不具合紐づけテーブルの一例を示す図である。

[図6]図６は、推定部の処理の一例を説明するための概念図である。

発明を実施するための形態

[0010] 実施形態の第１の態様に係る情報処理装置は、

回転機械の運転状態に関連する１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して生成された分類モデルを有し、前記センサの新たな時系列のデータを前記分類モデルに入力し、前記分類モデルの出力のトレンドに基づいて、前記回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する推定部

を備える。

[0011] このような態様によれば、センサの過去のデータを機械学習することにより生成される分類モデルを利用して、センサの新たな時系列のデータから、回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定するため、判定基準・判定手法が専門家の知識や経験とは無関係であり、人の目では分からない潜在的な不具合の予兆を見つけることが可能である。

[0012] 実施形態の第２の態様に係る情報処理装置は、第１の態様に係る情報処理装置であって、

前記推定部は、前記分類モデルの出力のトレンドが、正常に分類される確からしさが時の経過につれて減少していくトレンドである場合に、前記回転機械に不具合の予兆があると推定する。

[0013] 実施形態の第３の態様に係る情報処理装置は、第１または２の態様に係る情報処理装置であって、

前記分類モデルによる分類の種類に前記回転機械の保全記録における不具合の種類を紐づけて記憶する記憶部をさらに備え、

前記推定部は、前記回転機械に不具合の予兆があると判定した場合には、前記分類モデルの出力のトレンドにおいてそれに分類される確からしさが時間の経過につれて増加していく分類を特定し、当該分類に紐づけられた不具合の種類に基づいて、前記回転機械の不具合の種類を推定する。

[0014] このような態様によれば、人の目では分からない潜在的な不具合の予兆を見つけることができるだけでなく、その不具合の種類を推定することができるようになる。これにより、不具合の種類に応じて迅速に対応することが可能となる。

[0015] 実施形態の第４の態様に係る情報処理装置は、第１～３のいずれかの態様に係る情報処理装置であって、

前記センサは、音、振動、温度、電流、電圧、周波数、圧力、流量、回転速度、AE（アコースティックエミッション）のうちの１つまたは２つ以上を計測する。

[0016] 実施形態の第５の態様に係る情報処理装置は、第１～４のいずれかの態様に係る情報処理装置であって、

前記データは、前記センサの出力から変換されて取り出される周波数、位相および強度のデータである。

[0017] このような態様によれば、データ量を大幅に減らすことができ、これにより、処理の高速化が可能となる。

[0018] 実施形態の第６の態様に係る情報処理装置は、第１～５のいずれかの態様に係る情報処理装置であって、

前記回転機械は、ポンプ、送風機、冷凍機、圧縮機、除塵機、撹拌機、バルブ、ＣＭＰ装置、めっき装置、電動機、蒸気タービンのうちのいずれかである。

[0019] 実施形態の第７の態様に係る情報処理装置は、第１～６のいずれかの態様に係る情報処理装置であって、

回転機械の運転状態に関連する１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して前記分類モデルを生成する分類モデル生成部

をさらに備える。

[0020] 実施形態の第８の態様に係る記憶媒体は、以下の情報処理プログラムを非一時的（non-transitory）に記憶している：情報処置プログラムは、

コンピュータを、

回転機械の運転状態に関連する１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して生成された分類モデルを有し、前記センサの新たな時系列のデータを前記分類モデルに入力し、前記分類モデルの出力のトレンドに基づいて、前記回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する推定部

として機能させる。

[0021] 実施形態の第９の態様に係る情報処理方法は、

回転機械の運転状態に関連する１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して生成された分類モデルに、前記センサの時系列のデータを前記分類モデルに入力し、前記分類モデルの出力のトレンドに基づいて、前記回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する。

[0022] 以下に、添付の図面を参照して、実施の形態の具体例を詳細に説明する。なお、以下の説明および以下の説明で用いる図面では、同一に構成され得る部分について、同一の符号を用いるとともに、重複する説明を省略する。

[0023] 図１は、一実施の形態に係る情報処理装置１０を備えたシステム１００の構成を示すブロック図である。

[0024] 図１に示すように、本実施の形態に係るシステム１００は、複数の回転機械システム１ａ～１ｃと、情報処理装置１０とを備えている。このうち情報処理装置１０は、各回転機械システム１ａ～１ｃをそれぞれ制御する回転機械システム制御部１０２ａ～１０２ｃと、各回転機械システム制御部１０２ａ～１０２ｃと通信可能な情報処理部１０１とを有している。以下、一対のペアを組んでいる回転機械システムおよび回転機械システム制御部にそれぞれ符号１、１０２を付して代表して説明することがある。

[0025] 図２は、一実施の形態に係る回転機械システム１の構成を示す概略図である。なお、以下では回転機械システム１の一例として発電用システムについて説明するが、発電用システムはあくまで一例であり、本実施の形態に係る回転機械システムは発電用システムに限定されるものではなく、たとえば、浄水場、下水処理場、揚水機場、排水機場、発電所（水力・火力・原子力・バイオマス・地熱）、石油・化学プラント、工場（造船・重機・鉄鋼・紙パルプ等）であってもよい。

[0026] 図２に示す例では、回転機械システム１は、発電用システムであって、押込送風機２と、炉３と、ボイラ４と、通風機５と、蒸気タービン６と、ボイラ給水ポンプ７と、機器冷却水ポンプ８とを有している。

[0027] このうち押込送風機２は、回転機械であり、羽根車を回転させることにより、大気中の空気を炉３へと送り出す。炉３は、押込送風機２から供給される空気を利用して、可燃物（石炭、石油、LNG（液化天然ガス）、木材、ごみ等）を燃焼させることにより、灰と排ガスとを生成する。

[0028] 通風機５は、回転機械であり、羽根車を回転させることにより、炉３にて生成された排ガスを誘引し、煙突から大気中へと排出する。ボイラ４は、炉３から通風機５へと誘引される排ガスの熱を利用して、ボイラ給水ポンプ７から供給される水を加熱することにより、蒸気を生成する。

[0029] 蒸気タービン６は、ボイラ４で生成された蒸気のエネルギーを利用して羽根車を回転させることにより、電気と水が生成する。ボイラ給水ポンプ７は、回転機械であり、羽根車を回転させることにより、蒸気タービン６にて生成された水をボイラ４へと送り出す。

[0030] 機器冷却水ポンプ８は、回転機械であり、羽根車を回転させることにより、各機器２～７に冷却水を循環させる。

[0031] 各回転機械には、１ないし複数のセンサが設けられている。１ないし複数のセンサは、音、振動、温度、電流、電圧、電源周波数、圧力、流量、回転速度、AE（アコースティックエミッション）、軸変位、軸トルク、機器ケーシングの歪、架台の歪のうちの１つまたは２つ以上を計測してもよい。図示された例では、押込送風機２には、温度センサ２ａと、電流センサ２ｂと、振動センサ２ｃと、入口空気流量センサ２ｄとが設けられている。また、炉３には、炉内圧力センサ３ａが設けられている。また、通風機５には、温度センサ５ａと、電流センサ５ｂと、振動センサ５ｃと、煙突排ガス流量センサ５ｄとが設けられている。また、ボイラ給水ポンプ７には、温度センサ７ａと、電流センサ７ｂと、振動センサ７ｃと、給水流量吐出圧力センサ７ｄとが設けられている。さらに、機器冷却水ポンプ８には、温度センサ８ａと、電流センサ８ｂと、振動センサ８ｃと、冷却水温度センサ８ｄとが設けられている。各センサの出力は、情報処理装置１０へと送信される。

[0032] 次に、情報処理装置１０の構成について説明する。なお、以下の説明では

、情報処理装置１０が、回転機械の運転状態に関連するセンサのデータに基づいて回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する構成の一例として、押込送風機２に設けられたセンサ２ａ～２ｄのデータに基づいて押込送風機２に不具合の予兆があるか否かを推定する構成について説明するが、これに限られるものではなく、たとえば、情報処理装置１０は、通風機５に設けられたセンサ５ａ～５ｄのデータに基づいて誘引通風機５に不具合の予兆があるか否かを推定するように構成されていてもよいし、ボイラ給水ポンプ７に設けられたセンサ７ａ～７ｄのデータに基づいてボイラ給水ポンプ７に不具合の予兆があるか否かを推定するように構成されていてもよいし、機器冷却水ポンプ８に設けられたセンサ８ａ～８ｄのデータに基づいて機器冷却水ポンプ８に不具合の予兆があるか否かを推定するように構成されていてもよい。

[0033] 図１に示すように、情報処理装置１０は、各回転機械システム１ａ～１ｃをそれぞれ制御する回転機械システム制御部１０２ａ～１０２ｃと、各回転機械システム制御部１０２ａ～１０２ｃと通信可能な情報処理部１０１とを有している。情報処理部１０１と回転機械システム制御部１０２ａ～１０２ｃの少なくとも一部はコンピュータにより実現される。

情報処理部１０１は各回転機械システム制御部１０２ａ～１０２ｃから各回転機械システム１ａ～１ｃのプロセスデータを受け取り、情報処理部１０１からは機器のアラーム信号や故障信号が各回転機械システム制御部１０２ａ～１０２ｃに出力される。

[0034] 図１に示す例では、情報処理部１０１は、制御部１２と、記憶部１３とを有しており、回転機械システム制御部１０２ａ～１０２ｃはそれぞれ、通信部１１と、機器制御部１４とを有している。各部は、バスを介して互いに通信可能に接続されている。

[0035] このうち通信部１１は、回転機械システム１ａ～１ｃの押込送風機２（回転機械）に設けられた各センサ２ａ～２ｄと情報処理装置１０との間の通信インターフェースである。通信部１１は、各センサ２ａ～２ｄと情報処理装

置１０との間で情報を送受信する。

[0036] 記憶部１３は、たとえばハードディスク等の固定型データストレージである。記憶部１３には、制御部１２が取り扱う各種データが記憶される。また、記憶部１３には、学習済みパラメータ１３ａと、保全記録紐づけテーブル１３ｂとが記憶される。学習済みパラメータ１３ａは、後述する分類モデル生成部１２ａにより生成される分類モデルを実現するためのデータである。保全記録紐づけテーブル１３ｂには、学習済みパラメータ１３ａにより実現される分類モデルによる分類の種類と押込送風機２（回転機械）の保全記録における不具合の種類とが紐づけて記憶されている。

[0037] 図５は、保全記録紐づけテーブル１３ｂの一例を示す図である。図５に示す例では、保全記録と照合した結果に基づいて、４種類の分類Ｃ１～Ｃ４のうち、分類Ｃ１には、「正常（不具合なし）」という状態が紐づけされ、分類Ｃ２には、「羽根車の変形」という不具合が紐づけされ、分類Ｃ３には、「羽根車に異物付着」という不具合が紐づけされ、分類Ｃ４には、「羽根車の腐食」という不具合が紐づけされて記憶されている。

[0038] 保全記録紐づけテーブル１３ｂは、たとえば、保全記録が作成された日付と同じ日付（またはその前後の日付）のセンサ２ａ～２ｄのデータが、分類モデルではどの分類に分類分けされるのかを特定し、特定された分類に当該保全記録に記録された不具合の種類を紐づけることにより、作成される。具体的には、たとえば、時刻Ｔ０の保全記録に「羽根車の変形」という不具合が記録されており、一方、図４に示すように、分類モデルでは時刻Ｔ０のセンサ２ａ～２ｄのデータ（白丸）が分類Ｃ２に分類される場合には、分類Ｃ２には、「羽根車の変形」という不具合が紐づけされて記憶される。

[0039] 制御部１２は、情報処理装置１０の各種処理を行う制御手段である。図２に示すように、制御部１２は、分類モデル生成部１２ａと、推定部１２ｂとを有している。これらの各部は、情報処理装置１０内のプロセッサが所定のプログラムを実行することにより実現されてもよいし、ハードウェアで実装されてもよい。

[0040] 分類モデル生成部１２ａは、各センサ２ａ～２ｄの過去のデータを機械学習（教師無し学習）して分類モデル（または分類モデルを実現するための学習済みパラメータ１３ａ）を生成する。分類モデル（または分類モデルを実現するための学習済みパラメータ１３ａ）の生成アルゴリズムとしては、たとえば、ｔｗｏ－ｓｔｅｐ法やウォード法などの階層的手法が用いられてもよいし、ｋ－ｍｅａｎｓ法やコホーネント法などの非階層的手法が用いられてもよい。

[0041] 図４は、分類モデル生成部１２ａの処理の一例を説明するための概念図である。図４において、各白丸は、それぞれ異なる日時に取得されたセンサ２ａ～２ｄのデータを示している（図４に示す例では、図示の理解のしやすさの便宜上、２軸のみ図示されているが、本実施の形態に係る分類モデルの生成において、軸の数が２軸に限定されないことは言うまでもない）。分類モデル生成部１２ａは、センサ２ａ～２ｄの過去のデータ（白丸）を機械学習（教師無し学習）することにより、センサ２ａ～２ｄの過去のデータ（白丸）を機械的に分類分けして分類モデルを生成する。図４に示す例では、センサ２ａ～２ｄの過去のデータ（白丸）は、破線で囲まれた４つの分類Ｃ１～Ｃ４に分類分けされている。図４において、符号Ａ１～Ａ４を付して示すバツ印は、各分類Ｃ１～Ｃ４の中心位置を示している。

[0042] 分類モデル生成部１２ａは、各センサ２ａ～２ｄの過去のデータとして、センサ２ａ～２ｄの出力そのものを機械学習して分類モデルを生成してもよいし、センサ２ａ～２ｄの出力から周波数分析されて取り出される周波数、位相および強度のデータを機械学習して分類モデルを生成してもよい。

[0043] 本件発明者らの知見によれば、センサ２ａ～２ｄの出力そのものは、データ量が１日あたり３０メガバイト程度であるのに対し、センサ２ａ～２ｄの出力から変換されて取り出される周波数、位相および強度のデータは、データ量が１日あたり２０～３０バイト程度である。したがって、各センサ２ａ～２ｄの過去のデータとして、センサ２ａ～２ｄの出力から周波数分析されて取り出される周波数、位相および強度のデータを利用することにより、デ

ータ量を大幅に減らすことができ、これにより、分類モデル生成部１２ａにおける処理の高速化が可能となる。

[0044] 推定部１２ｂは、分類モデル生成部１２ａにより生成された分類モデル（学習済みパラメータ１３ａにより実現される分類モデル）を有しており、各センサ２ａ～２ｄの新たな時系列のデータを分類モデルに入力する。各センサ２ａ～２ｄの過去のデータを機械学習することにより生成された分類モデル（学習済みパラメータ１３ａにより実現される分類モデル）からは、センサ２ａ～２ｃの新たな時系列のデータの各々について、その分類の種類が確からしさの情報とともに時系列で出力される。具体的には、たとえば、図６を参照し、時刻Ｔ１のセンサ２ａ～２ｄのデータが分類モデルに入力されると、分類モデルからは、当該データが分類Ｃ１に分類される確からしさが９７％、分類Ｃ２に分類される確からしさが０％、分類Ｃ３に分類される確からしさが１％、分類Ｃ４に分類される確からしさが２％といった情報が出力される。

[0045] そして、推定部１２ｂは、分類モデルの出力のトレンド（時系列の変動の傾向）に基づいて、押込送風機２（回転機械）に不具合の予兆があるか否かを推定する。

[0046] 推定部１２ｂは、分類モデルの出力のトレンドが、正常に分類される確からしさが時間の経過につれて減少していくトレンドである場合に、押込送風機２（回転機械）に不具合の予兆があると推定してもよい。

[0047] 図６は、推定部１２ｂの処理の一例を説明するための概念図である。図６に示す例では、各時刻Ｔ１～Ｔ３のデータに対応する各白丸が、時間の経過につれて分類Ｃ１の中心位置Ａ１から徐々に離れており、すなわち、分類モデルによって分類Ｃ１（＝「正常（異常なし）」の分類）に分類される確からしさが時間の経過につれて徐々に減少している。したがって、推定部１２ｂは、時刻Ｔ１～Ｔ３の時系列のデータについての分類モデルの出力のトレンドに基づいて、押込送風機２（回転機械）に不具合の予兆があると推定する。

[0048] 一方、図６に示す例では、各時刻Ｔ４～Ｔ６のデータに対応する各白丸が、時間の経過につれて分類Ｃ１の中心位置Ａ１に対して離れたり近づいたりしており（一定の傾向を有しておらず）、すなわち、分類モデルによって分類Ｃ１（＝「正常（異常なし）」の分類）に分類される確からしさが時間の経過につれて減少したり増加したりしている（一定の傾向を有していない）。したがって、推定部１２ｂは、時刻Ｔ４～Ｔ６の時系列のデータについての分類モデルの出力のトレンドに基づいて、押込送風機２（回転機械）に不具合の予兆は無いと推定する。

[0049] 推定部１２ｂは、押込送風機２（回転機械）に不具合の予兆があると推定した場合には、分類モデルの出力のトレンドにおいて、それに分類される確からしさが時間の経過につれて増加していく分類を特定し、次いで、記憶部１３に記憶された保全記録紐づけテーブル１３ｂを参照し、当該分類に紐づけられた不具合の種類に基づいて、押込送風機２（回転機械）の不具合の種類を判別してもよい。

[0050] 具体的には、たとえば、図６に示す例において、各時刻Ｔ１～Ｔ３のデータに対応する各白丸が、時間の経過につれて分類Ｃ４の中心位置Ａ４に徐々に近づいており、すなわち、分類モデルによって分類Ｃ４に分類される確からしさが時間の経過につれて徐々に増加している。そして、図５に示すように、保全記録紐づけテーブル１３ｂでは、分類Ｃ４には、「羽根車の腐食」という不具合が紐づけられて記憶されている。したがって、推定部１２ｂは、記憶部１３に記憶された保全記録紐づけテーブル１３ｂを参照し、時刻Ｔ１～Ｔ３の時系列のデータについての分類モデルの出力のトレンドに基づいて、不具合の種類が「羽根車の腐食」であると推定してもよい。

[0051] 図１を参照し、情報処理装置１０は、回転機械システム１ａ～１ｃと同一場所あるいは同一構内にあってもよいし、別の監視場所にあってもよいし、クラウドサーバ上に存在してもよい。

[0052] また、情報処理装置１０は、回転機械システム１ａ～１ｃと同一場所・同一構内、クラウドサーバ、そして回転機械システム１ａ～１ｃとは別の場所

の監視場所のそれぞれで構成や機能を分担してもよい。

[0053] たとえば、回転機械システム１ａ～１ｃと同一構内、さらに同一場所と近くに機器制御部１４と通信部１１と推定部１２ｂを設置することにより、より早く、より高精度に推定し制御に活用することが可能である。

[0054] また、分類モデル生成部１２ａをクラウドサーバあるいは監視場所に設置して集中して分類モデル（分類モデルを実現するための学習済みパラメータ）を生成することにより、今まで特定の回転機械システム１ａ～１ｃで発生していた事象に対する分類モデルを別の回転機械システム１ａ～１ｃで活用することができたり、多くの事象や機器のサンプルが得られるので学習効果や推定精度が向上する。

[0055] 次に、このような構成からなる情報処理装置１０による情報処理方法の一例について説明する。図３は、情報処理方法の一例を示すフローチャートである。

[0056] 図３に示すように、まず、分類モデル生成部１２ａが、センサ２ａ～２ｄの過去のデータを機械学習して分類モデル（分類モデルを実現するための学習済みパラメータ１３ａ）を生成する（ステップＳ１１）。本実施の形態では、分類モデル生成部１２ａは、各センサ２ａ～２ｄの過去のデータとして、センサ２ａ～２ｄの出力から周波数分析されて取り出される周波数、位相および強度のデータを機械学習して分類モデル（分類モデルを実現するための学習済みパラメータ１３ａ）を生成する。これにより、センサ２ａ～２ｄの出力そのものを機械学習する場合に比べて、学習データのデータ量を圧縮することができ、これにより、処理の高速化が可能となる。

[0057] もちろん、情報処理装置１０が、センサ２ａ～２ｄの出力そのものを機械学習するのに十分な処理速度を有する場合は、周波数分析を行わずにセンサ２ａ～２ｄの出力そのものを学習データとして用いてもよい。または、センサ２ａ～２ｄの出力の一定期間（例えば１時間、１日間、１週間、１ヶ月間など）の平均値、中央値、最大値、最小値、標準偏差などの統計量を学習データとして用いてもよい。

[0058] 次いで、図５を参照し、記憶部１３の保全記録紐づけテーブル１３ｂには、分類モデルによる分類の種類Ｃ１～Ｃ４に、押込送風機２（回転機械）の保全記録における不具合の種類が紐づけられて記憶される（ステップＳ１２）。運転状態が時間とともに推移することにより、これらの不具合現象が発生する。

[0059] 次に、推定部１２ｂは、センサ２ａ～２ｄの新たな時系列のデータを分類モデル（学習済みパラメータ１３ａにより実現される分類モデル）に入力する（ステップＳ１３）。分類モデルからは、センサ２ａ～２ｃの新たな時系列のデータの各々について、その分類の種類が確からしさの情報とともに時系列で出力される。

[0060] 推定部１２ｂは、分類モデルの出力のトレンドに基づいて、押込送風機２（回転機械）に不具合の予兆があるか否を推定する（ステップＳ１４）。本実施の形態では、推定部１２ｂは、分類モデルの出力のトレンドが、分類Ｃ１（＝「正常（異常なし）」の分類）に分類される確からしさが時間の経過につれて減少していくトレンドであるか否かを判定し、そういったトレンドであった場合に、押込送風機２（回転機械）に不具合の予兆があると推定する。

[0061] そして、不具合の予兆があると推定された場合には（ステップＳ１５：ＹＥＳ）、推定部１２ｂは、保全記録紐づけテーブル１３ｂを参照し、分類モデルの出力のトレンドに基づいて、押込送風機２（回転機械）の不具合の種類を推定する（ステップＳ１６）。より詳しくは、推定部１２ｂは、分類モデルの出力のトレンドにおいて、それに分類される確からしさが時間の経過につれて増加していく分類を特定し、次いで、記憶部１３に記憶された保全記録紐づけテーブル１３ｂを参照し、当該分類に紐づけられた不具合の種類に基づいて、押込送風機２（回転機械）の不具合の種類を判別する。その後、制御部１２は、押込送風機２（回転機械）を停止すべきか否かの判断を行う（ステップＳ１７）。押込送風機２（回転機械）を停止すべきでないと判断された場合には（ステップＳ１７：ＮＯ）、ステップＳ１３に戻って新た

なデータについて処理が繰り返される。

[0062] ところで、上述したように、特許第５８８７２１７公報に提案される技術によれば、熟練した専門家でなくても異常の予兆の有無を判定できるようになり、人手不足に対応できるようになるが、その判定基準・判定手法は、専門家が用いる判定基準・判定手法を単に数値で置き換えただけであるから、人の目では分からない潜在的な不具合の予兆を見つけることはできなかった。

[0063] これに対し、本実施の形態によれば、推定部１２ｂが、センサ２ａ～２ｄの過去のデータを機械学習することにより生成される分類モデルを利用して、センサ２ａ～２ｄの新たな時系列のデータから、押込送風機２（回転機械）に不具合の予兆があるか否かを推定するため、判定基準・判定手法が専門家の知識や経験とは無関係であり、人の目では分からない潜在的な不具合の予兆を見つけることが可能である。

[0064] また、本実施の形態によれば、推定部１２ｂは、押込送風機２（回転機械）に不具合の予兆があると判定した場合には、分類モデルの出力のトレンドにおいてそれに分類される確からしさが時間の経過につれて増加していく分類を特定し、当該分類に紐づけられた不具合の種類に基づいて、回転機械の不具合の種類を推定するため、人の目では分からない潜在的な不具合の予兆を見つけることができるだけでなく、その不具合の種類を推定することができるようになる。これにより、不具合の種類に応じて迅速に対応することが可能となる。

[0065] また、本実施の形態によれば、センサ２ａ～２ｄのデータは、センサ２ａ～２ｄの出力から周波数分析される周波数、位相および強度のデータであるため、データ量を大幅に減らすことができ、これにより、処理の高速化が可能となる。

[0066] なお、上述した実施の形態では、情報処理装置１０により不具合の予兆が推定される回転機械として、押込送風機２が一例として挙げられて説明されたが、回転機械であれば送風機に限定されるものではなく、たとえば、ポン

プ、冷凍機、圧縮機、除塵機、撹拌機、バルブ、ＣＭＰ（化学機械研磨）装置、めっき装置等の被動機であってもよいし、あるいは電動機、蒸気タービン等の原動機であってもよい。

[0067] 分類モデル生成部１２ａが分類モデルを生成するために使用するセンサーデータ及び回転機械システム全体のプロセスデータは、最初は全部あるいは数多くの種類のデータを使用する場合もあるが、モデルの生成と学習が進めば、より少ない種類のセンサーデータやプロセスデータで同じ事象をモデル化できる場合もあり、そのような場合はより高速な処理が可能になる。

[0068] 以上、実施の形態および変形例を例示により説明したが、本発明の範囲はこれらに限定されるものではなく、請求項に記載された範囲内において目的に応じて変更・変形することが可能である。また、各実施の形態および変形例は、処理内容を矛盾させない範囲で適宜組み合わせることが可能である。

[0069] また、本実施の形態に係る情報処理装置１０は１つまたは複数のコンピュータによって構成され得るが、１つまたは複数のコンピュータに情報処理装置１０を実現させるためのプログラム及び当該プログラムを記録した記録媒体も、本件の保護対象である。

[0070] 本システムを使用することにより、機器の状態をタイムリーに把握することができるようになるため、従来の閾値管理や時間予防保全によるメンテナンスから、状態監視保全等の最適なメンテンスに変更することができ、交換部品の適正在庫・タイムリーな手配、保全員の最適配置、メンテナンススケジュールを予め計画可能になる等の効果が期待できる。

請求の範囲

[請求項1] 回転機械の運転状態に関連する１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して生成された分類モデルを有し、前記センサの新たな時系列のデータを前記分類モデルに入力し、前記分類モデルの出力のトレンドに基づいて、前記回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する推定部

を備えたことを特徴とする情報処理装置。

[請求項2] 前記推定部は、前記分類モデルの出力のトレンドが、正常に分類される確からしさが時間の経過につれて減少していくトレンドである場合に、前記回転機械に不具合の予兆があると推定する、

ことを特徴とする請求項１に記載の情報処理装置。

[請求項3] 前記分類モデルによる分類の種類に前記回転機械の保全記録における不具合の種類を紐づけて記憶する記憶部をさらに備え、

前記推定部は、前記回転機械に不具合の予兆があると推定した場合には、前記分類モデルの出力のトレンドにおいてそれに分類される確からしさが時間の経過につれて増加していく分類を特定し、当該分類に紐づけられた不具合の種類に基づいて、前記回転機械の不具合の種類を推定する、

ことを特徴とする請求項１または２に記載の情報処理装置。

[請求項4] 前記センサは、音、振動、温度、電流、電圧、周波数、圧力、流量、回転速度、AE（アコースティックエミッション）のうちの１つまたは２つ以上を計測する、

ことを特徴とする請求項１～３のいずれかに記載の情報処理装置。

[請求項5] 前記データは、前記センサの出力から変換されて取り出される周波数、位相および強度のデータである、

ことを特徴とする請求項１～４のいずれかに記載の情報処理装置。

[請求項6] 前記回転機械は、ポンプ、送風機、冷凍機、圧縮機、除塵機、撹拌機、バルブ、ＣＭＰ装置、めっき装置、電動機、蒸気タービンのうち

のいずれかである、

ことを特徴とする請求項１～５のいずれかに記載の情報処理装置。

[請求項7] 回転機械の運転状態に関連する１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して前記分類モデルを生成する分類モデル生成部

をさらに備えたことを特徴とする請求項１～６のいずれかに記載の情報処理装置。

[請求項8] コンピュータを、

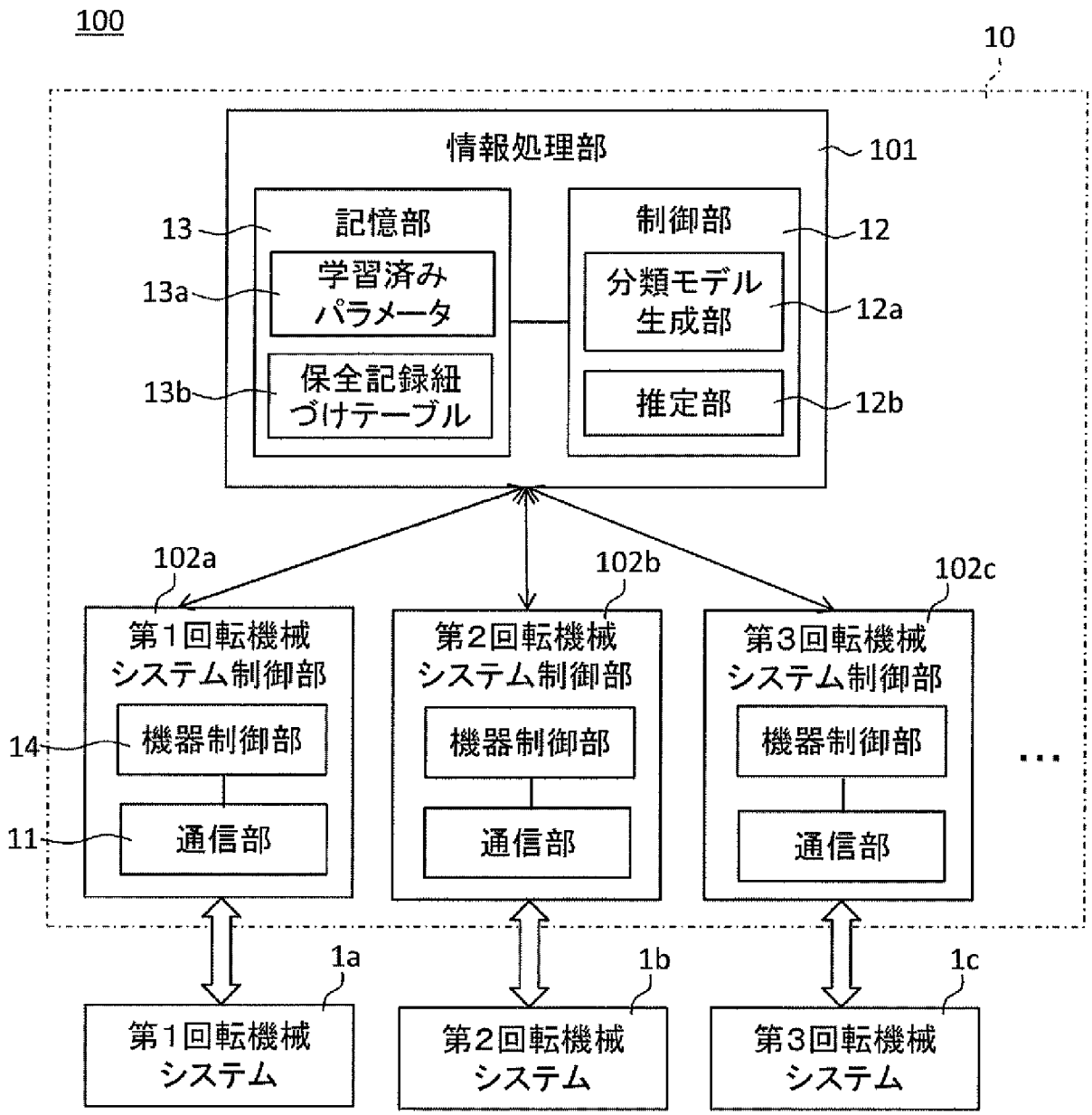
回転機械の運転状態に関連する１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して生成された分類モデルを有し、前記センサの新たな時系列のデータを前記分類モデルに入力し、前記分類モデルの出力のトレンドに基づいて、前記回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する推定部

として機能させることを特徴とする情報処理プログラム。

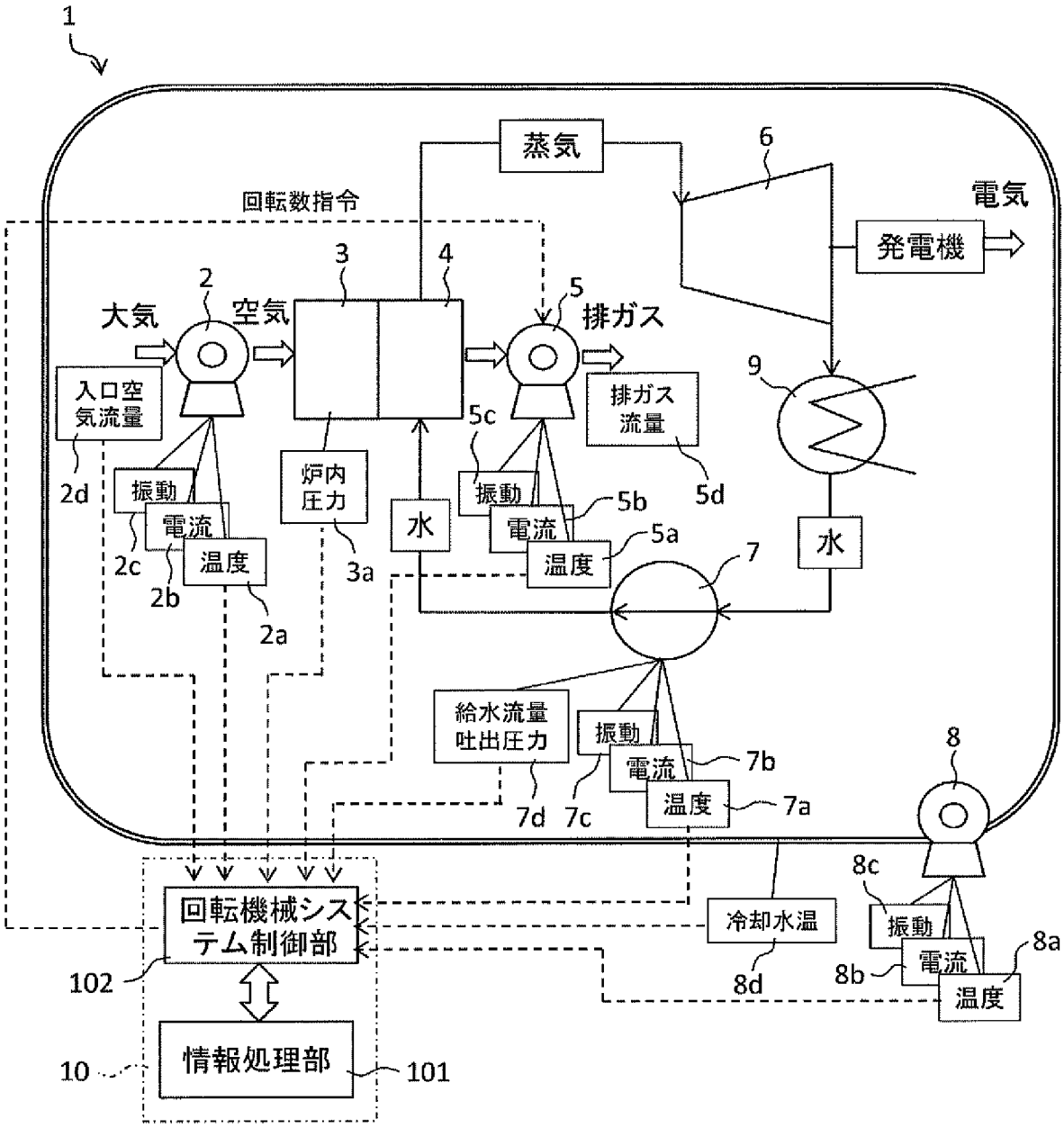
[請求項9] 回転機械に設けられた１ないし複数のセンサの過去のデータを機械学習して生成された分類モデルに、前記センサの新たな時系列のデータをし、前記分類モデルの出力のトレンドに基づいて、前記回転機械に不具合の予兆があるか否かを推定する

ことを特徴とする情報処理方法。

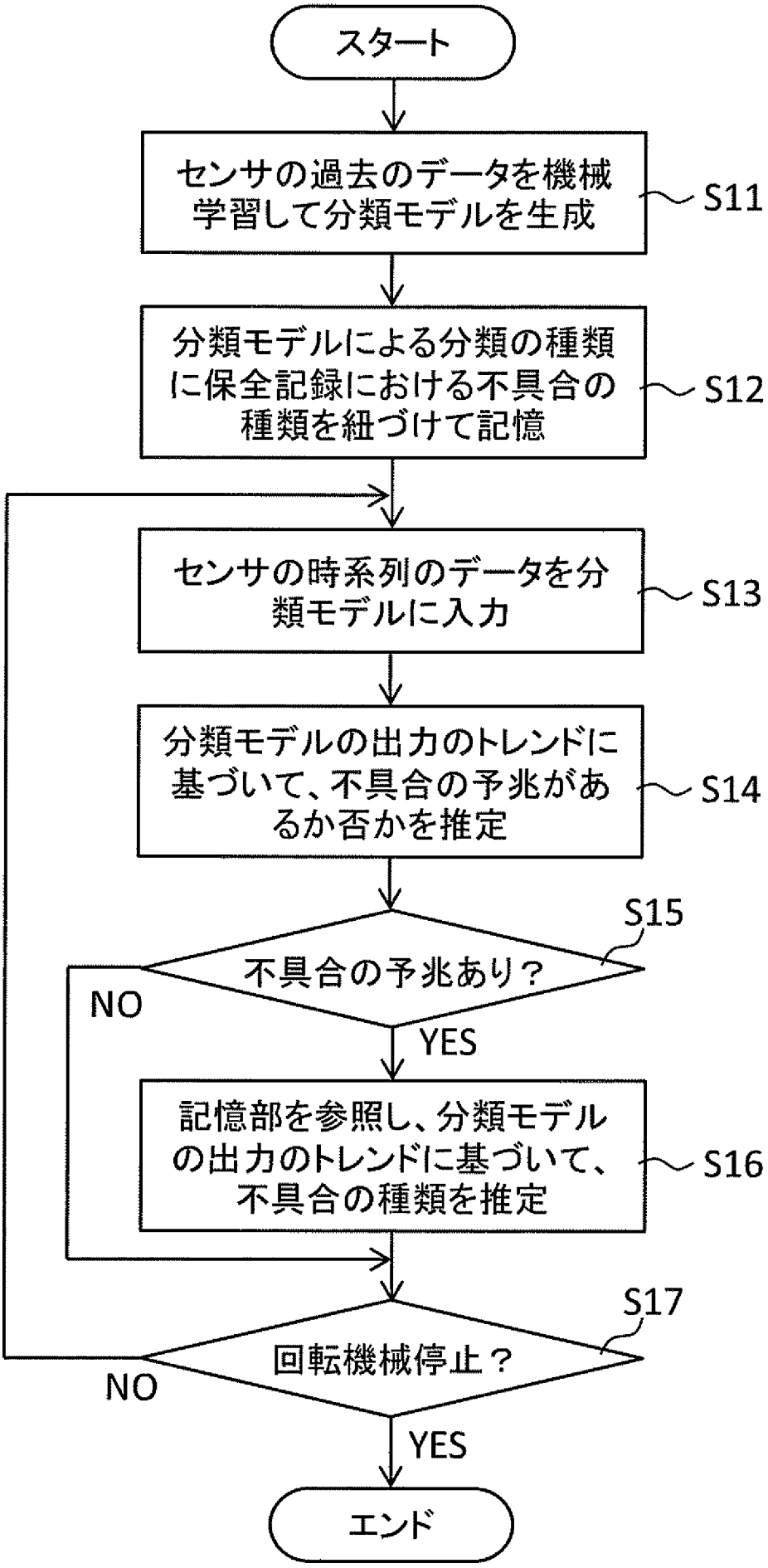
[図1]


100
10
情報処理部
101
記憶部
13
学習済み
パラメータ
13a
保全記録紐
づけテーブル
13b
制御部
12
分類モデル
生成部
12a
推定部
12b
102a
102b
102c
第1回転機械
システム制御部
第2回転機械
システム制御部
第3回転機械
システム制御部
機器制御部
14
通信部
11
...
1a
1b
1c
第1回転機械
システム
第2回転機械
システム
第3回転機械
システム

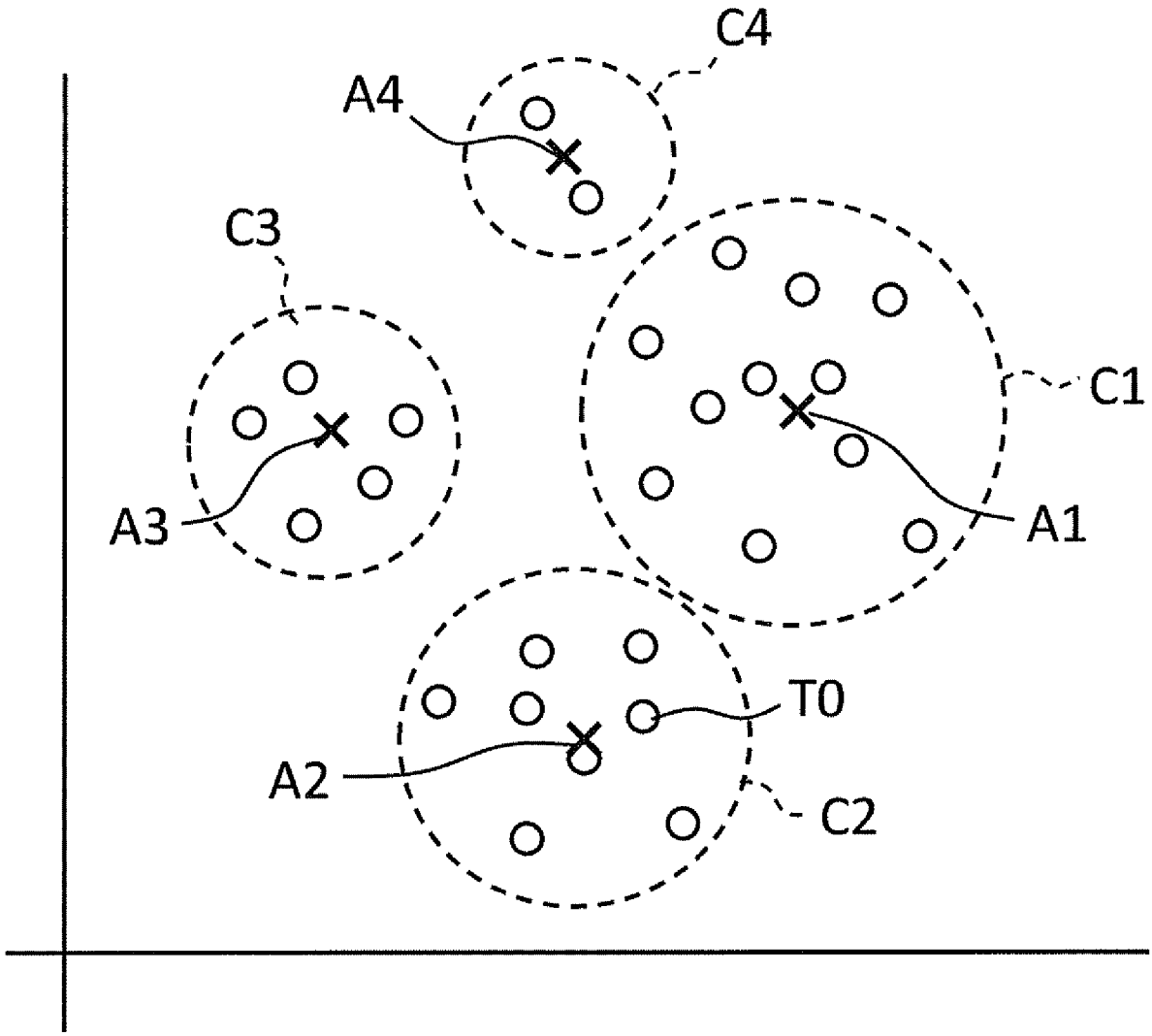
[図2]


1
蒸気
6
電気
回転数指令
発電機
3
4
2
5
大気
空気
排ガス
入口空気流量
排ガス流量
9
5c
炉内圧力
振動
電流
温度
水
5b
5a
5d
2d
2c
2b
2a
3a
7
水
給水流量吐出圧力
振動
電流
温度
7b
7a
7d
7c
8
8c
振動
電流
温度
8a
8b
冷却水温
8d
回転機械システム制御部
102
情報処理部
10
101

[図3]


スタート
センサの過去のデータを機械学習して分類モデルを生成
S11
分類モデルによる分類の種類に保全記録における不具合の種類を紐づけて記憶
S12
センサの時系列のデータを分類モデルに入力
S13
分類モデルの出力のトレンドに基づいて、不具合の予兆があるか否かを推定
S14
S15
不具合の予兆あり？
NO
YES
記憶部を参照し、分類モデルの出力のトレンドに基づいて、不具合の種類を推定
S16
S17
回転機械停止？
NO
YES
エンド

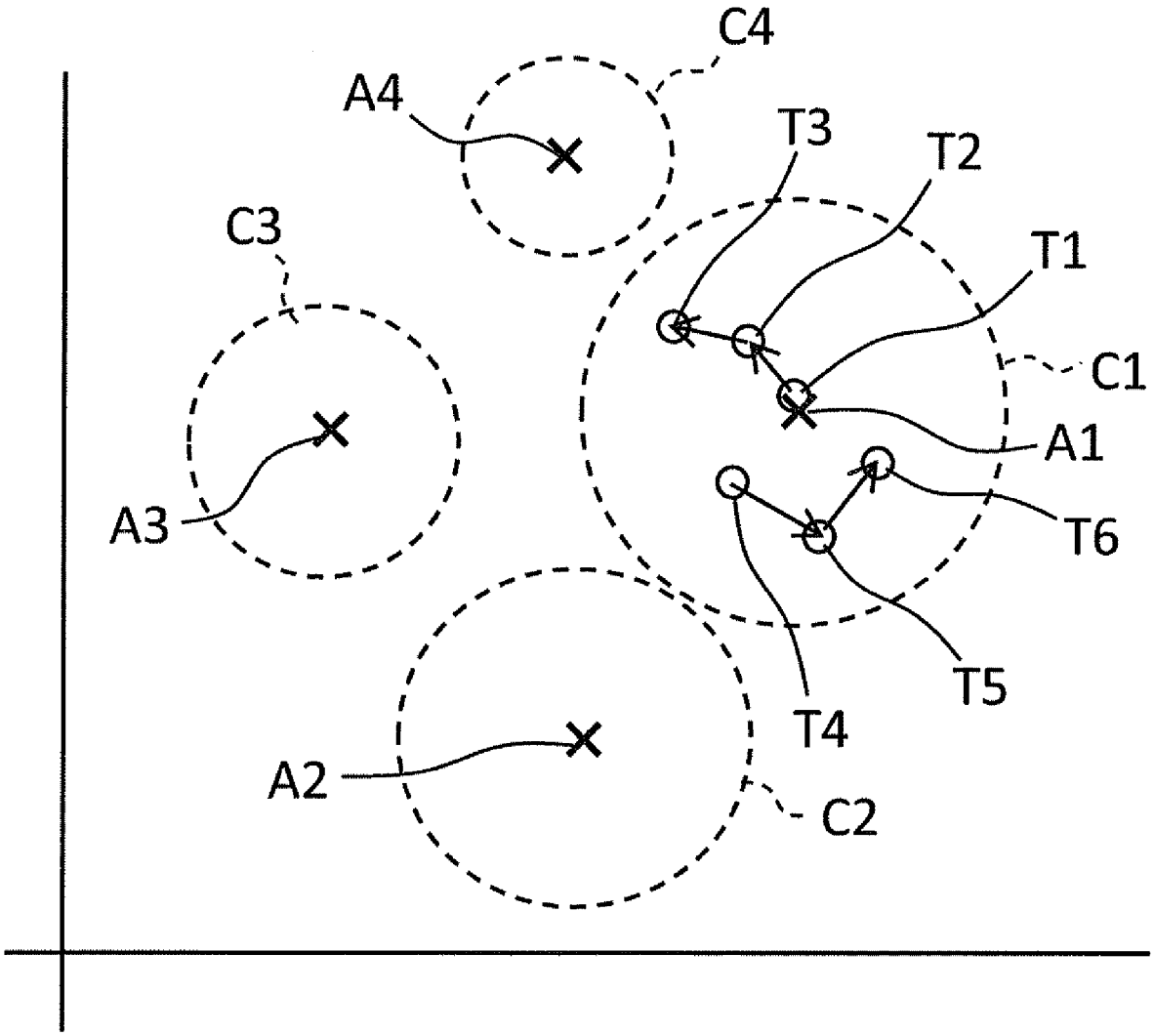
[図4]



[図5]

分類	不具合の種類
C1	正常（不具合なし）
C2	羽根車の変形
C3	羽根車に異物付着
C4	羽根車の腐食

[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/002559

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. G05B23/02(2006.01)i
FI: G05B23/02302R

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)
Int.Cl. G05B23/02

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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	WO 2011/089649 A1 (HITACHI, LTD.) 28.07.2011 (2011-07-28), paragraphs [0028]-[0122], fig. 1-6B	1-9
Y	WO 2012/073289 A1 (HITACHI, LTD.) 07.06.2012 (2012-06-07), paragraphs [0117], [0118]	1-9
Y	WO 2011/145374 A1 (HITACHI, LTD.) 24.11.2011 (2011-11-24), paragraphs [0110], [0116]-[0125], fig. 13A	3, 5
Y	JP 2018-24055 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES MACHINE TOOL CO., LTD.) 15.02.2018 (2018-02-15), paragraphs [0081], [0088], fig. 12	3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ 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	Date of mailing of the international search report
05.03.2020	17.03.2020

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/002559

WO 2011/089649 A1	28.07.2011	CN 102713777 A
WO 2012/073289 A1	07.06.2012	(Family: none)
WO 2011/145374 A1	24.11.2011	US 2013/0205014 A1 paragraphs [0139], [0145]-[0155], fig. 13A
JP 2018-24055 A	15.02.2018	US 2019/0210176 A1 paragraphs [0122], [0129], fig. 12 CN 109562500 A

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/002559

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G05B 23/02(2006.01)i
FI: G05B23/02 302R

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））

G05B23/02

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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	WO 2011/089649 A1 (株式会社日立製作所) 28.07.2011 (2011-07-28) 段落[0028]-[0122], 図1-6B	1-9
Y	WO 2012/073289 A1 (株式会社日立製作所) 07.06.2012 (2012-06-07) 段落[0117]-[0118]	1-9
Y	WO 2011/145374 A1 (株式会社日立製作所) 24.11.2011 (2011-11-24) 段落[0110], [0116]-[0125], 図13A	3,5
Y	JP 2018-24055 A (三菱重工工作機械株式会社) 15.02.2018 (2018-02-15) 段落[0081], [0088], 図12	3

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ 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	国際調査報告の発送日
05.03.2020	17.03.2020

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）
大古　健一 3U 1180
電話番号 03-3581-1101 内線 3364

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/JP2020/002559

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2011/089649 A1	28.07.2011	CN 102713777 A	
WO 2012/073289 A1	07.06.2012	（ファミリーなし）	
WO 2011/145374 A1	24.11.2011	US 2013/0205014 A1 段落[0139], [0145]-[0155], 図13A	
JP 2018-24055 A	15.02.2018	US 2019/0210176 A1 段落[0122], [0129], 図12 CN 109562500 A	