

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-167883

(P2023-167883A)

(43)公開日 令和5年11月24日(2023.11.24)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
G 0 5 B 23/02 (2006.01)	G 0 5 B 23/02 R	3 C 1 0 0
G 0 5 B 19/418 (2006.01)	G 0 5 B 19/418 Z	3 C 2 2 3

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全23頁)

(21)出願番号	特願2022-79412(P2022-79412)	(71)出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22)出願日	令和4年5月13日(2022.5.13)	(74)代理人	100095407 弁理士 木村 満
		(74)代理人	100131152 弁理士 八島 耕司
		(74)代理人	100147924 弁理士 美恵 英樹
		(74)代理人	100148149 弁理士 渡邊 幸男
		(74)代理人	100181618 弁理士 宮脇 良平
		(74)代理人	100174388 弁理士 龍竹 史朗

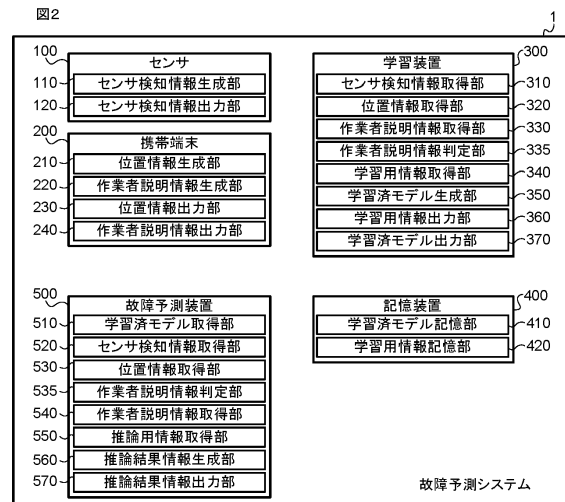
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 故障予測システム、故障予測装置、学習装置、故障予測方法及びプログラム

(57)【要約】

【課題】工場の機器の故障を精度良く予測する。
 【解決手段】学習用情報取得部340は、センサ100が機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報と、機器を用いる作業者の携帯端末200が生成した機器の状態について作業者が説明した情報である作業者説明情報とに基づく学習用情報を取得し、学習済モデル生成部350は、予め取得した学習用情報を用いた機械学習によって機器の状態と故障との関係性を示す学習済モデルを生成し、学習済モデル出力部370は、学習済モデルを出力する。学習済モデル取得部510は、学習済モデルを取得し、推論結果情報生成部560は、新たに取得したセンサ検知情報と作業者説明情報とに基づく推論用情報を学習済モデルに入力して機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果情報を生成し、推論結果情報出力部570は、推論結果情報を出力する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

工場の機器の故障を予測する故障予測システムであって、
 前記機器の状態を検知するセンサと、
 前記機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末と、
 前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を学習する学習装置と、
 前記機器の状態に基づいて前記機器の故障を推論する推論装置と、
 を備え、
 前記学習装置は、
 前記センサが前記機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報と、前記携帯端末
 が生成した前記機器の状態について前記作業者が説明した情報である作業者説明情報とに
 基づく学習用情報を取得する学習用情報取得部と、
 予め取得した前記学習用情報を用いた機械学習によって前記機器の状態と前記機器の故
 障との関係性を示す学習済モデルを生成する学習済モデル生成部と、
 前記学習済モデルを出力する学習済モデル出力部と、
 を含み、
 前記推論装置は、
 前記学習済モデルを取得する学習済モデル取得部と、
 前記センサから前記センサ検知情報を取得するセンサ検知情報取得部と、
 前記携帯端末から前記作業者説明情報を取得する作業者説明情報取得部と、
 前記学習済モデルに、新たに取得した前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに
 基づく推論用情報を入力して、前記機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果
 情報を生成する推論結果情報生成部と、
 前記推論結果情報を出力する推論結果情報出力部と、
 を含む、
 故障予測システム。

【請求項 2】

前記作業者説明情報は、前記機器の状態について前記作業者が音声で説明した音声情報
 を含む、
 請求項 1 に記載の故障予測システム。

【請求項 3】

前記推論装置は、
 前記携帯端末が生成した前記作業者の位置情報に基づいて、前記携帯端末から取得し
 た情報が前記作業者説明情報であるか否かを判定する作業者説明情報判定部、
 を更に含み、
 前記作業者説明情報取得部は、前記携帯端末から取得した情報が前記作業者説明情報で
 あると判定された場合、前記携帯端末から取得した前記情報を前記作業者説明情報として
 取得する、
 請求項 1 に記載の故障予測システム。

【請求項 4】

前記学習用情報取得部は、前記センサ検知情報と、前記作業者説明情報と、前記機器の
 故障の実績を示す情報である故障実績情報とに基づく前記学習用情報を取得し、
 前記学習済モデル生成部は、予め取得した前記学習用情報を用いた機械学習によって前
 記推論用情報から前記故障実績情報に基づく前記推論結果情報を出力するための前記学習
 済モデルを生成する、
 請求項 1 に記載の故障予測システム。

【請求項 5】

工場の機器の故障を予測する故障予測装置であって、
 前記機器の状態を検知するセンサから前記機器の状態を検知した情報であるセンサ検知
 情報を取得するセンサ検知情報取得部と、

前記機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末から前記機器の状態について前記作業者が説明した情報である作業者説明情報を取得する作業者説明情報取得部と、

前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく学習用情報を用いた機械学習によって生成された前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を示す学習済モデルに、新たに取得した前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく推論用情報を入力して、前記機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果情報を生成する推論結果情報生成部と、

前記推論結果情報を出力する推論結果情報出力部と、
を含む、
故障予測装置。

10

【請求項 6】

工場の機器の状態と前記機器の故障との関係性を学習する学習装置であって、

前記機器の状態を検知するセンサが前記機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報と、前記機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末が生成した前記機器の状態について前記作業者が説明した情報である作業者説明情報とに基づく学習用情報を取得する学習用情報取得部と、

予め取得した前記学習用情報を用いた機械学習によって前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を示す学習済モデルを生成する学習済モデル生成部と、

前記学習済モデルを出力する学習済モデル出力部と、
を備える学習装置。

20

【請求項 7】

工場の機器の故障を予測する故障予測方法であって、

コンピュータが、前記機器の状態を検知するセンサから前記機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報を取得するセンサ検知情報取得ステップと、

前記コンピュータが、前記機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末から前記機器の状態について前記作業者が説明した情報である作業者説明情報を取得する作業者説明情報取得ステップと、

前記コンピュータが、前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく学習用情報を用いた機械学習によって生成された前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を示す学習済モデルに、新たに取得した前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく推論用情報を入力して、前記機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果情報を生成する推論結果情報生成ステップと、

30

前記コンピュータが、前記推論結果情報を出力する推論結果情報出力ステップと、
を含む故障予測方法。

【請求項 8】

コンピュータを、

工場の機器の状態を検知するセンサから前記機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報を取得するセンサ検知情報取得部、

前記機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末から前記機器の状態について前記作業者が説明した情報である作業者説明情報を取得する作業者説明情報取得部、

40

前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく学習用情報を用いた機械学習によって生成された前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を示す学習済モデルに、新たに取得した前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく推論用情報を入力して、前記機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果情報を生成する推論結果情報生成部、

前記推論結果情報を出力する推論結果情報出力部、
として機能させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本開示は、故障予測システム、故障予測装置、学習装置、故障予測方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、生産工場においては、事故の発生を防止するため、工場内の機器、設備の不具合、故障を検知する装置、システムが用いられる。このような装置、システムは、機器、設備から得られた情報から正常な状態とのズレを検知することで故障を検知している。

【0003】

特許文献1には、産業機械又は周囲環境の状態を検出するセンサの出力データから得られる現在の状態変数の入力に応答して産業機械の故障の有無又は故障の度合いを表す故障情報を出力する故障予知装置が開示されている。特許文献1の故障予知装置は、センサの出力データから観測した状態変数と産業機械の故障の有無又は故障の度合いを表す判定データとの組合せに基づいて作成される訓練データセットに従って産業機械の故障に関連付けられる条件を予め学習している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2021-2398号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0005】

特許文献1に記載された装置は、センサの出力データから得られる状態変数に基づいて学習、推論する。しかしながら、産業機械は故障の頻度が低いため、当該産業機械について故障した状態を示す状態変数を不足なく用意することは困難である。このため、特許文献1に記載された装置は、予め十分な学習ができず、故障を検知する精度が低くなる虞がある。この結果、特許文献1に記載された装置は、例えば、現場で産業機械を取り扱う熟練の作業員よりも故障を予測する精度が低い虞がある。

【0006】

本開示は、上記実情に鑑みてなされたものであり、工場の機器の故障を精度良く予測することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するため、本開示に係る故障予測システムは、工場の機器の故障を予測する。本開示に係る故障予測システムは、機器の状態を検知するセンサと、機器を用いた作業を行う作業員が携帯する携帯端末と、機器の状態と機器の故障との関係性を学習する学習装置と、機器の状態に基づいて機器の故障を推論する推論装置とを備える。学習装置は、センサが機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報と、携帯端末が生成した機器の状態について作業員が説明した情報である作業員説明情報とに基づく学習用情報を取得する学習用情報取得部と、予め取得した学習用情報を用いた機械学習によって機器の状態と機器の故障との関係性を示す学習済モデルを生成する学習済モデル生成部と、学習済モデルを出力する学習済モデル出力部とを含む。推論装置は、学習済モデルを取得する学習済モデル取得部と、センサからセンサ検知情報を取得するセンサ検知情報取得部と、携帯端末から作業員説明情報を取得する作業員説明情報取得部と、学習済モデルに、新たに取得したセンサ検知情報と作業員説明情報とに基づく推論用情報を入力して、機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果情報を生成する推論結果情報生成部と、推論結果情報を出力する推論結果情報出力部とを含む。

40

【発明の効果】

【0008】

本開示によれば、学習装置は、センサ検知情報だけでなく作業員説明情報にも基づく学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成する。すなわち、学習装置は、セ

50

ンサが検知した機器の状態だけでなく、機器を用いて作業を行う作業者が説明した機器の状態も考慮して機器の状態と機器の故障との関係性を学習する。この結果、本開示に係る故障予測システムは、学習装置がセンサ検知情報と作業者説明情報とに基づく学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成しない故障予測システムよりも工場の機器の故障を精度良く予測できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態1に係る故障予測システムの全体説明図

【図2】実施の形態1に係る故障予測システムの機能構成を示す図

【図3】実施の形態1に係る各装置のハードウェア構成を示すブロック図

10

【図4】(A)実施の形態1に係る学習用情報の表示例、(B)実施の形態1に係る推論用情報の表示例、(C)実施の形態1に係る推論結果情報の表示例

【図5】実施の形態1に係る学習済モデル生成処理のフローチャート

【図6】実施の形態1に係る推論結果情報生成処理のフローチャート

【図7】実施の形態2に係る故障予測システムの機能構成を示す図

【図8】実施の形態2に係るニューラルネットワークの説明図

【図9】(A)実施の形態2に係る学習用情報の表示例、(B)実施の形態2に係る故障予測装置が出力する新たな学習用情報の表示例

【発明を実施するための形態】

【0010】

20

以下、本開示を実施するための形態に係る故障予測システム、故障予測装置、学習装置、故障予測方法及びプログラムについて図面を参照して詳細に説明する。なお、図中同一又は相当する部分には同じ符号を付す。

【0011】

[実施の形態1]

(実施の形態1に係る故障予測システム1について)

本開示の実施の形態1に係る故障予測システム1は、工場の機器の故障を予測するシステムである。図1に示すように、故障予測システム1は、機器の状態を検知するセンサ100、機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末200、機器の状態と機器の故障との関係性を学習する学習装置300、情報を記憶する記憶装置400を備える。また、故障予測システム1は、機器の状態に基づいて機器の故障を推論する推論装置の一例としての故障予測装置500を備える。センサ100、携帯端末200、学習装置300、記憶装置400及び故障予測装置500は、図示しない無線LAN(Local Area Network)を介して情報の送受信が可能となっている。

30

【0012】

故障予測システム1では、センサ100は、工場内の予め定められた位置に設けられて機器自体及び機器の周辺環境に関する情報を収集しており、これらの情報から機器の状態を検知した情報としてのセンサ検知情報を出力している。また、携帯端末200は、作業者が作業中において常に携帯しており、作業者の位置を示す情報である位置情報と、作業者が機器の状態について説明した情報である作業者説明情報とを収集、出力している。

40

【0013】

また、故障予測システム1では、学習装置300は、センサ100からこれまでに出力されたセンサ検知情報、携帯端末200からこれまでに出力された位置情報及び作業者説明情報を取得し、記憶装置400に蓄積させている。また、学習装置300は、予め蓄積しているこれらの情報に基づく学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成し、生成した学習済モデルを記憶装置400に出力して記憶させている。

【0014】

そして、故障予測システム1では、故障予測装置500は、記憶装置400から学習済モデルを取得し、センサ100及び携帯端末200から新たにセンサ検知情報、位置情報及び作業者説明情報を取得する。よって、故障予測装置500は、これらの情報に基づく

50

推論用情報を学習済モデルに入力して機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果情報を生成、出力することで機器の故障を予測することができる。

【0015】

(実施の形態1に係るセンサ100について)

センサ100は、例えば、無線LANを介してセンサ検知情報を送信可能なカメラ、温度計、湿度計、電流計、電圧計、速度センサ、加速度センサ、変位センサである。すなわち、センサ100は、工場の機器自体又は機器の周辺環境に関する情報として、例えば、機器の画像、機器内部の温度・電流・電圧・速度・加速度・変位、周辺環境の温度・湿度といった情報を検知して当該情報をセンサ検知情報として出力可能なセンサである。図2に示すように、センサ100は、センサ検知情報を生成するセンサ検知情報生成部110、センサ検知情報を出力するセンサ検知情報出力部120を含む。

10

【0016】

(実施の形態1に係る携帯端末200について)

携帯端末200は、例えば、スマートウォッチ、スマートグラスといった作業者が身に着ける所謂ウェアラブル端末である。なお、携帯端末200は、作業者が携帯可能である限りにおいてウェアラブル端末に限定されず、例えば、スマートフォン、ノート型のパーソナルコンピュータといったコンピュータ装置であってもよい。携帯端末200は、作業者の位置情報を生成する位置情報生成部210、作業者説明情報を生成する作業者説明情報生成部220、位置情報を出力する位置情報出力部230、作業者説明情報を出力する作業者説明情報出力部240を含む。

20

【0017】

(実施の形態1に係る学習装置300について)

学習装置300は、例えば、パーソナルコンピュータ、サーバコンピュータ、スーパーコンピュータといったコンピュータ装置である。学習装置300は、センサ検知情報を取得するセンサ検知情報取得部310、位置情報を取得する位置情報取得部320、作業者説明情報を取得する作業者説明情報取得部330を含む。また、学習装置300は、作業者説明情報を判定する作業者説明情報判定部335、学習用情報を取得する学習用情報取得部340、学習済モデルを生成する学習済モデル生成部350、学習用情報を出力する学習用情報出力部360、学習済モデルを出力する学習済モデル出力部370を含む。

30

【0018】

(実施の形態1に係る記憶装置400について)

記憶装置400は、例えば、無線LANで接続された通信ネットワーク上のHDD(Hard Disk Drive)、所謂NAS(Network Attached Storage)である。記憶装置400は、学習済モデルを記憶する学習済モデル記憶部410、学習用情報を記憶する学習用情報記憶部420を含む。

【0019】

(実施の形態1に係る故障予測装置500について)

故障予測装置500は、学習装置300と同様のコンピュータ装置である。故障予測装置500は、学習済モデルを取得する学習済モデル取得部510、センサ検知情報を取得するセンサ検知情報取得部520、位置情報を取得する位置情報取得部530、作業者説明情報を判定する作業者説明情報判定部535、作業者説明情報を取得する作業者説明情報取得部540を含む。また、故障予測装置500は、推論用情報を取得する推論用情報取得部550、推論結果情報を生成する推論結果情報生成部560、推論結果情報を出力する推論結果情報出力部570を含む。

40

【0020】

(実施の形態1に係る学習装置300のハードウェア構成について)

図3に示すように、学習装置300は、制御プログラム59に従って処理を実行する制御部51を備える。制御部51は、CPU(Central Processing Unit)を備える。制御部51は、制御プログラム59に従って、図2に示す、作業者説明情報判定部335、学習用情報取得部340、学習済モデル生成部350として機能する。

50

【 0 0 2 1 】

図 3 に戻り、学習装置 3 0 0 は、制御プログラム 5 9 をロードし、制御部 5 1 の作業領域として用いられる主記憶部 5 2 を備える。主記憶部 5 2 は、R A M (Random Access Memory) を備える。

【 0 0 2 2 】

また、学習装置 3 0 0 は、制御プログラム 5 9 を予め記憶する外部記憶部 5 3 を備える。外部記憶部 5 3 は、制御部 5 1 の指示に従って、このプログラムが記憶するデータを制御部 5 1 に供給し、制御部 5 1 から供給されたデータを記憶する。外部記憶部 5 3 は、フラッシュメモリ、H D D (Hard Disk Drive)、S S D (Solid State Drive) 等の不揮発性メモリを備える。

10

【 0 0 2 3 】

また、学習装置 3 0 0 は、ユーザに操作される操作部 5 4 を備える。操作部 5 4 を介して、入力された情報が制御部 5 1 に供給される。操作部 5 4 は、キーボード、マウス、タッチパネル等の情報入力部品を備える。

【 0 0 2 4 】

また、学習装置 3 0 0 は、操作部 5 4 を介して入力された情報及び制御部 5 1 が出力した情報を表示する表示部 5 5 を備える。表示部 5 5 は、L C D (Liquid Crystal Display)、有機 E L (Electro-Luminescence) ディスプレイ等の表示装置を備える。

【 0 0 2 5 】

学習装置 3 0 0 は、情報を送受信する送受信部 5 6 を備える。送受信部 5 6 は、ネットワークに接続する通信網終端装置、無線通信装置等の情報通信部品を備える。送受信部 5 6 は、図 2 に示す、センサ検知情報取得部 3 1 0、位置情報取得部 3 2 0、作業者説明情報取得部 3 3 0、学習用情報出力部 3 6 0、学習済モデル出力部 3 7 0 として機能する。

20

【 0 0 2 6 】

図 3 に戻り、学習装置 3 0 0 では、主記憶部 5 2、外部記憶部 5 3、操作部 5 4、表示部 5 5 及び送受信部 5 6 はいずれも内部バス 5 0 を介して制御部 5 1 に接続されている。

【 0 0 2 7 】

学習装置 3 0 0 は、制御部 5 1 が主記憶部 5 2、外部記憶部 5 3、操作部 5 4、表示部 5 5 及び送受信部 5 6 を資源として用いることによって、図 2 に示す上記の各部 3 1 0、3 2 0、3 3 0、3 3 5、3 4 0、3 5 0、3 6 0、3 7 0 の機能を実現する。例えば、学習装置 3 0 0 は、センサ検知情報取得部 3 1 0 が行うセンサ検知情報取得ステップ、位置情報取得部 3 2 0 が行う位置情報取得ステップ、作業者説明情報取得部 3 3 0 が行う作業者説明情報取得ステップを実行する。また、例えば、学習装置 3 0 0 は、作業者説明情報判定部 3 3 5 が行う作業者説明情報判定ステップ、学習用情報取得部 3 4 0 が行う学習用情報取得ステップ、学習済モデル生成部 3 5 0 が行う学習済モデル生成ステップを実行する。また、例えば、学習装置 3 0 0 は、学習用情報出力部 3 6 0 が行う学習用情報出力ステップ、学習済モデル出力部 3 7 0 が行う学習済モデル出力ステップを実行する。

30

【 0 0 2 8 】

(実施の形態 1 に係る故障予測装置 5 0 0 のハードウェア構成について)

また、図 3 に示すように、故障予測装置 5 0 0 も学習装置 3 0 0 と同様に、内部バス 5 0 を介して接続された制御部 5 1、主記憶部 5 2、外部記憶部 5 3、操作部 5 4、表示部 5 5、送受信部 5 6 を備える。制御部 5 1 は、制御プログラム 5 9 に従って、図 2 に示す、作業者説明情報判定部 5 3 5、推論用情報取得部 5 5 0、推論結果情報生成部 5 6 0 として機能する。また、表示部 5 5 は、図 2 に示す推論結果情報出力部 5 7 0 として機能する。また、送受信部 5 6 は、図 2 に示す、学習済モデル取得部 5 1 0、センサ検知情報取得部 5 2 0、位置情報取得部 5 3 0、作業者説明情報取得部 5 4 0 として機能する。

40

【 0 0 2 9 】

図 3 に戻り、故障予測装置 5 0 0 は、制御部 5 1 が主記憶部 5 2、外部記憶部 5 3、操作部 5 4、表示部 5 5 及び送受信部 5 6 を資源として用いることによって、図 2 に示す上記の各部 5 1 0、5 2 0、5 3 0、5 3 5、5 4 0、5 5 0、5 6 0、5 7 0 の機能を実

50

現する。例えば、故障予測装置 5 0 0 は、学習済モデル取得部 5 1 0 が行う学習済モデル取得ステップ、センサ検知情報取得部 5 2 0 が行うセンサ検知情報取得ステップを実行する。また、例えば、故障予測装置 5 0 0 は、位置情報取得部 5 3 0 が行う位置情報取得ステップ、作業者説明情報判定部 5 3 5 が行う作業者説明情報判定ステップ、作業者説明情報取得部 5 4 0 が行う作業者説明情報取得ステップを実行する。また、例えば、故障予測装置 5 0 0 は、推論用情報取得部 5 5 0 が行う推論用情報取得ステップ、推論結果情報生成部 5 6 0 が行う推論結果情報生成ステップ、推論結果情報出力部 5 7 0 が行う推論結果情報出力ステップを実行する。

【 0 0 3 0 】

(実施の形態 1 に係るセンサ 1 0 0 のハードウェア構成について)

10

また、図示は省略するが、センサ 1 0 0 は、内部バス 5 0 を介して接続された制御部 5 1、主記憶部 5 2、外部記憶部 5 3、操作部 5 4、送受信部 5 6 を備える。制御部 5 1 は、制御プログラム 5 9 に従って、図 2 に示すセンサ検知情報生成部 1 1 0 として機能する。また、送受信部 5 6 は、図 2 に示すセンサ検知情報出力部 1 2 0 として機能する。センサ 1 0 0 は、制御部 5 1 が主記憶部 5 2、外部記憶部 5 3、操作部 5 4 及び送受信部 5 6 を資源として用いることによって、図 2 に示す上記の各部 1 1 0、1 2 0 の機能を実現する。例えば、センサ 1 0 0 は、センサ検知情報生成部 1 1 0 が行うセンサ検知情報生成ステップ、センサ検知情報出力部 1 2 0 が行うセンサ検知情報出力ステップを実行する。

【 0 0 3 1 】

(実施の形態 1 に係る携帯端末 2 0 0 のハードウェア構成について)

20

また、図示は省略するが、携帯端末 2 0 0 は、内部バス 5 0 を介して接続された制御部 5 1、主記憶部 5 2、外部記憶部 5 3、操作部 5 4、送受信部 5 6 を備える。制御部 5 1 は、制御プログラム 5 9 に従って、図 2 に示す、位置情報生成部 2 1 0、作業者説明情報生成部 2 2 0 として機能する。また、送受信部 5 6 は、図 2 に示す、位置情報出力部 2 3 0、作業者説明情報出力部 2 4 0 として機能する。携帯端末 2 0 0 は、制御部 5 1 が主記憶部 5 2、外部記憶部 5 3、操作部 5 4 及び送受信部 5 6 を資源として用いることによって、図 2 に示す上記の各部 2 1 0 ~ 2 4 0 の機能を実現する。例えば、携帯端末 2 0 0 は、位置情報生成部 2 1 0 が行う位置情報生成ステップ、作業者説明情報生成部 2 2 0 が行う作業者説明情報生成ステップを実行する。また、例えば、携帯端末 2 0 0 は、位置情報出力部 2 3 0 が行う位置情報出力ステップ、作業者説明情報出力部 2 4 0 が行う作業者説明情報出力ステップを実行する。

30

【 0 0 3 2 】

(実施の形態 1 に係る携帯端末 2 0 0 の機能構成の詳細について)

位置情報生成部 2 1 0 は、例えば、携帯端末 2 0 0 が備える GPS (Global Positioning System) 機能を用いて作業者の位置情報を生成する。なお、位置情報には、例えば、携帯端末 2 0 0 が検知した作業者の位置を示す情報と、携帯端末 2 0 0 が検知した日時を示す日時情報とが含まれる。

【 0 0 3 3 】

作業者説明情報生成部 2 2 0 は、例えば、携帯端末 2 0 0 が備えるマイクロフォンを用いて作業者が発声した音声を集音、録音することで、音声情報としての作業者説明情報を生成する。なお、作業者説明情報には、例えば、「調子悪いな」、「また止まった」、「そろそろ寿命かな」といった機器の故障に関する言葉が含まれる音声情報と、音声情報を録音した日時を示す日時情報とが含まれる。

40

【 0 0 3 4 】

(実施の形態 1 に係る学習装置 3 0 0 の機能構成の詳細について)

センサ検知情報取得部 3 1 0 は、センサ 1 0 0 から出力されたセンサ検知情報を取得する。なお、センサ検知情報には、センサ 1 0 0 が検知した機器の状態を示す数値を示す数値情報と、センサ 1 0 0 が検知した日時を示す日時情報とが含まれる。また、位置情報取得部 3 2 0 は、携帯端末 2 0 0 から出力された作業者の位置情報を取得し、作業者説明情報取得部 3 3 0 は、携帯端末 2 0 0 から出力された作業者説明情報を取得する。

50

【 0 0 3 5 】

作業者説明情報判定部 3 3 5 は、位置情報に基づいて、携帯端末 2 0 0 から取得した作業者説明情報が実際に機器の状態を作業者が説明した情報であるか否かを判定する。作業者説明情報判定部 3 3 5 は、位置情報から特定した日時において作業者の位置から機器が設けられた位置までの距離が予め定めた閾値よりも小さい場合、作業者が機器を用いて作業している可能性が高いため、当該日時において携帯端末 2 0 0 から取得した作業者説明情報が実際に機器の状態を作業者が説明した情報であると判定する。

【 0 0 3 6 】

なお、作業者説明情報判定部 3 3 5 によって作業者説明情報が実際に機器の状態を作業者が説明した情報であると判定された日時から予め定めた時間が経過していない場合、作業者は、機器から離れた後も当該機器について発言している可能性が高い。このため、作業者説明情報判定部 3 3 5 は、上述した時間が経過するまでに携帯端末 2 0 0 から取得した作業者説明情報が実際に機器の状態を作業者が説明した情報であると判定してもよい。また、工場の機器として第 1 機器と第 2 機器とは異なる第 3 機器とが設けられている場合、作業者説明情報判定部 3 3 5 は、作業者と各機器との距離に基づいて、作業者説明情報が第 1 機器の状態を説明した第 1 作業者説明情報であるか第 2 機器の状態を説明した第 2 作業者説明情報であるかを判定する。

【 0 0 3 7 】

学習用情報取得部 3 4 0 は、センサ検知情報と作業者説明情報とに基づく学習用情報を取得する。学習用情報取得部 3 4 0 は、例えば、日時情報が同一のセンサ検知情報及び作業者説明情報について、センサ検知情報に含まれる数値情報を解析した数値解析情報と、作業者説明情報に含まれる音声情報を解析した音声解析情報とを含む学習用情報を取得する。なお、学習用情報は、図 4 (A) に示すテーブルの形式で表示可能な情報である。学習用情報は、例えば、日時情報が同一の数値解析情報 L N D 1 と音声解析情報 L M D 1 とを含む情報である。なお、音声情報の解析は、例えば、形態素解析、構文解析といった所謂自然言語処理 (Natural Language Processing) の公知の解析エンジン、解析アルゴリズムを用いて行われる。また、工場の機器として第 1 機器と第 2 機器とが設けられている場合、学習用情報取得部 3 4 0 は、第 1 機器の学習用情報である第 1 学習用情報と第 2 機器の学習用情報である第 2 学習用情報とを取得する。

【 0 0 3 8 】

学習済モデル生成部 3 5 0 は、予め取得した学習用情報を用いた機械学習によって機器の状態と機器の故障との関係性を示す学習済モデルを生成する。学習済モデル生成部 3 5 0 は、学習用情報記憶部 4 2 0 が記憶している予め取得した複数種類の学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成する。ここで、学習済モデル生成部 3 5 0 が行う機械学習の手法は、教師なし学習の一例としての K 平均法である。なお、教師なし学習とは、結果、所謂ラベルを含まない学習用情報を用いることでデータが有する特徴を学習する手法である。また、K 平均法とは、非階層型クラスタリングのアルゴリズムであり、データ、すなわち学習用情報を k 個の塊であるクラスタに分類し、各クラスタの平均を用いる手法である。

【 0 0 3 9 】

具体的には、K 平均法では、まず、n 個のデータ x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) に対してランダムにクラスタを割り振る。次に、割り振ったデータを基に各クラスタの中心 V_j ($j = 1, 2, \dots, k$) を算出する。次に、各データ x_i と各クラスタの中心 V_j との距離を算出し、各データ x_i を最も近い中心 V_j のクラスタに割り当て直す処理を繰り返す。そして、全てのデータ x_i のクラスタの割り当てが変化しなくなった場合、又は、変化量が予め定めた閾値を超えない場合、割り当てが収束したと判断して処理を終了する。また、工場の機器として第 1 機器と第 2 機器とが設けられている場合、学習済モデル生成部 3 5 0 は、第 1 機器の学習済モデルである第 1 学習済モデルと第 2 機器の学習済モデルである第 2 学習済モデルとを生成する。

【 0 0 4 0 】

学習用情報出力部 360 は、学習用情報を記憶装置 400 に出力して学習用情報記憶部 420 に記憶させる。また、工場の機器として第 1 機器と第 2 機器とが設けられている場合、学習用情報出力部 360 は、第 1 学習用情報と第 2 学習用情報とを記憶装置 400 に出力して学習用情報記憶部 420 に記憶させる。なお、学習済モデル生成部 350 は、学習済モデルを生成するときに学習用情報取得部 340 に学習用情報記憶部 420 が記憶している学習用情報を読み出させる。

【0041】

学習済モデル出力部 370 は、学習済モデルを記憶装置 400 に出力して学習済モデル記憶部 410 に記憶させる。また、工場の機器として第 1 機器と第 2 機器とが設けられている場合、学習済モデル出力部 370 は、第 1 学習済モデルと第 2 学習済モデルとを記憶装置 400 に出力して学習済モデル記憶部 410 に記憶させる。

10

【0042】

(実施の形態 1 に係る故障予測装置 500 の機能構成の詳細について)

学習済モデル取得部 510 は、学習済モデル記憶部 410 が記憶している学習済モデルを読み出すことで学習済モデルを取得する。また、工場の機器として第 1 機器と第 2 機器とが設けられている場合、学習済モデル取得部 510 は、第 1 機器の学習済モデルである第 1 学習済モデルと第 2 機器の学習済モデルである第 2 学習済モデルとを取得する。

【0043】

センサ検知情報取得部 520 は、センサ検知情報取得部 310 と同様に、センサ 100 から出力されたセンサ検知情報を取得する。また、位置情報取得部 530 は、位置情報取得部 320 と同様に、携帯端末 200 から出力された作業者の位置情報を取得する。

20

【0044】

作業者説明情報判定部 535 は、作業者説明情報判定部 335 と同様に、位置情報に基づいて、携帯端末 200 から位置情報とともに取得した情報が作業者説明情報であるか否かを判定する。また、工場の機器として第 1 機器と第 2 機器とが設けられている場合、作業者説明情報判定部 535 は、携帯端末 200 から取得した情報が第 1 機器の作業者説明情報である第 1 作業者説明情報であるか第 2 機器の作業者説明情報である第 2 作業者説明情報であるかを判定する。

【0045】

作業者説明情報取得部 540 は、携帯端末 200 から出力された作業者説明情報を取得する。作業者説明情報取得部 540 は、携帯端末 200 から位置情報とともに取得した情報が作業者説明情報であると判定された場合、当該情報を作業者説明情報として取得する。また、工場の機器として第 1 機器と第 2 機器とが設けられている場合、作業者説明情報取得部 540 は、携帯端末 200 から位置情報とともに取得した情報が第 1 作業者説明情報であると判定された場合、当該情報を第 1 作業者説明情報として取得し、携帯端末 200 から位置情報とともに取得した情報が第 2 作業者説明情報であると判定された場合、当該情報を第 2 作業者説明情報として取得する。

30

【0046】

推論用情報取得部 550 は、新たに情報を取得した日時のセンサ検知情報と作業者説明情報とに基づく推論用情報を取得する。推論用情報取得部 550 は、学習用情報取得部 340 と同様に、例えば、新たに情報を取得した日時のセンサ検知情報と作業者説明情報とから解析した数値解析情報と音声解析情報とを含む推論用情報を取得する。なお、推論用情報は、図 4 (B) に示すテーブルの形式で表示可能な情報である。推論用情報は、例えば、日時情報が新たに情報を取得した日時の数値解析情報 IND1 と音声解析情報 IMD1 とを含む情報である。また、工場の機器として第 1 機器と第 2 機器とが設けられている場合、推論用情報取得部 550 は、第 1 機器の推論用情報である第 1 推論用情報と第 2 機器の推論用情報である第 2 推論用情報とを取得する。

40

【0047】

推論結果情報生成部 560 は、学習済モデルに推論用情報を入力して推論結果情報を生成する。具体的には、推論結果情報生成部 560 は、学習済モデルによって推論用情報が

50

何れのクラスタに分類されるかを推論し、推論したクラスタに含まれる複数種類のデータに基づいて機器が故障しているか否かを示す推論結果情報を生成する。ここで、推論結果情報は、例えば、機器が故障している確率、機器が故障している場合における故障の種類、故障の程度といった情報のうちの何れかの情報を含む情報である。なお、推論結果情報は、図4(C)に示すテーブルの形式で表示可能な情報である。推論結果情報は、例えば、日時情報が新たに情報を取得した日時の故障の程度を示す故障程度情報RMD1を含む情報である。また、工場の機器として第1機器と第2機器とが設けられている場合、推論結果情報生成部560は、第1学習済モデルに第1推論用情報を入力して第1機器の推論結果情報である第1推論結果情報を生成する。また、この場合、推論結果情報生成部560は、第2学習済モデルに第2推論用情報を入力して第2機器の推論結果情報である第2推論結果情報を生成する。

【0048】

推論結果情報出力部570は、表示部55に推論結果情報を表示することで、推論結果情報を出力する。また、工場の機器として第1機器と第2機器とが設けられている場合、推論結果情報出力部570は、表示部55に第1推論結果情報及び第2推論結果情報を表示する。

【0049】

(実施の形態1に係る学習済モデル生成処理について)

次に、フローチャートを用いて学習装置300が学習済モデルを生成、出力する動作について説明する。学習装置300は、電源をオンにすると、図5に示す学習済モデル生成処理の実行を開始する。まず、学習済モデル生成部350は、学習用情報取得部340に学習用情報記憶部420が記憶している学習用情報を読み出させることで学習用情報を取得させる(ステップS101)。ここで、学習用情報は、学習用情報取得部340が取得したセンサ検知情報を解析した数値解析情報と作業者説明情報を解析した音声解析情報とを含む情報であって、学習用情報出力部360が記憶装置400に出力して学習用情報記憶部420に記憶させた情報である。

【0050】

次に、学習済モデル生成部350は、取得した全ての学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成する(ステップS102)。具体的には、学習済モデル生成部350は、全ての学習情報(x_i ($i = 1, 2, \dots, n$))をk個のクラスタの何れかに分類する学習済モデルを生成する。そして、学習済モデル出力部370は、生成された学習済モデルを記憶装置400に出力し(ステップS103)、処理を終了する。なお、学習済モデル出力部370が出力した学習済モデルは、記憶装置400の学習済モデル記憶部410に記憶される。

【0051】

(実施の形態1に係る推論結果情報生成処理について)

次に、フローチャートを用いて故障予測装置500が推論結果情報を生成、出力する動作について説明する。故障予測装置500は、電源をオンにすると、図6に示す推論結果情報生成処理の実行を開始する。まず、学習済モデル取得部510は、学習済モデル記憶部410が記憶している学習済モデルを読み出すことで学習済モデルを取得する(ステップS201)。次に、センサ検知情報取得部520は、センサ100から出力されたセンサ検知情報を取得し(ステップS202)、位置情報取得部530は、携帯端末200から出力された作業者の位置情報を取得する(ステップS203)。

【0052】

次に、作業者説明情報判定部535は、位置情報に基づいて、携帯端末200から位置情報とともに取得した情報が作業者説明情報であるか否かを判定する(ステップS204)。具体的には、作業者説明情報判定部535は、作業者から機器までの距離が閾値よりも小さいか否かを判定することによって携帯端末200から取得した情報が作業者説明情報であるか否かを判定する。作業者説明情報でない判定された場合(ステップS204; N)、故障予測装置500は、ステップS202に戻り、作業者説明情報であると判定

されるまでステップ S 2 0 2 ~ S 2 0 4 の処理を繰り返す。

【 0 0 5 3 】

一方、作業者説明情報であると判定された場合（ステップ S 2 0 4 ; Y）、作業者説明情報取得部 5 4 0 は、携帯端末 2 0 0 から位置情報とともに取得した情報を作業者説明情報として取得し（ステップ S 2 0 5）、推論用情報取得部 5 5 0 は、新たに取得したセンサ検知情報と作業者説明情報とに基づく推論用情報を取得する（ステップ S 2 0 6）。ここで、推論用情報は、センサ検知情報を解析した数値解析情報と作業者説明情報を解析した音声解析情報とを含む情報である。

【 0 0 5 4 】

次に、推論結果情報生成部 5 6 0 は、学習済モデルに推論用情報を入力して推論結果情報を生成する（ステップ S 2 0 7）。具体的には、推論結果情報生成部 5 6 0 は、学習済モデルを用いて推論用情報が k 個のクラスタのうちの何れのクラスタに属するかを推論し、属するクラスタに含まれる複数種類のデータに基づいて機器が故障しているか否かを示す推論結果情報を生成する。そして、推論結果情報出力部 5 7 0 は、生成された推論結果情報を表示部 5 5 に表示し（ステップ S 2 0 8）、処理を終了する。

10

【 0 0 5 5 】

以上説明したように、本実施の形態に係る故障予測システム 1 によれば、学習装置 3 0 0 では、学習用情報取得部 3 4 0 は、センサ検知情報と作業者説明情報とに基づく学習用情報を取得する。また、学習済モデル生成部 3 5 0 は、予め取得した学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成し、学習済モデル出力部 3 7 0 は、学習済モデルを出力する。また、故障予測装置 5 0 0 では、学習済モデル取得部 5 1 0 は、学習済モデルを取得し、センサ検知情報取得部 5 2 0 は、センサ 1 0 0 からセンサ検知情報を取得し、作業者説明情報取得部 5 4 0 は、携帯端末 2 0 0 から作業者説明情報を取得する。そして、推論結果情報生成部 5 6 0 は、新たに取得したセンサ検知情報と作業者説明情報とに基づく推論用情報を学習済モデルに入力して推論結果情報を生成し、推論結果情報出力部 5 7 0 は、推論結果情報を出力する。

20

【 0 0 5 6 】

このようにすることで、学習装置 3 0 0 は、センサ検知情報と作業者説明情報とに基づく学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成できる。すなわち、学習装置 3 0 0 は、センサ 1 0 0 が検知した機器の状態だけでなく、機器を用いて作業を行う作業者が説明した機器の状態も考慮して機器の状態と機器の故障との関係性を学習できる。このため、故障予測装置 5 0 0 は、現場で実際に機器を取り扱う熟練の作業者の勘、知見といった新たな要素を取り込んだ学習済モデルを用いて機器の故障の予測をすることができる。この結果、本実施の形態に係る故障予測システム 1 は、学習装置がセンサ検知情報と作業者説明情報とに基づく学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成しない故障予測システムよりも工場の機器の故障を精度良く予測できる。

30

【 0 0 5 7 】

また、本実施の形態に係る故障予測システム 1 によれば、作業者説明情報は、機器の状態について作業者が説明した音声情報を含む情報である。

このようにすることで、携帯端末 2 0 0 は、機器を用いて作業をしているときの作業者の発言を録音することで作業者説明情報を生成できる。この結果、本実施の形態に係る故障予測システム 1 では、作業者説明情報が音声情報を含まない故障予測システムよりも作業者説明情報を生成するための作業者の負担を低減できる。

40

【 0 0 5 8 】

また、本実施の形態に係る故障予測システム 1 によれば、故障予測装置 5 0 0 では、作業者説明情報判定部 5 3 5 は、位置情報に基づいて携帯端末 2 0 0 から取得した情報が作業者説明情報であるか否かを判定する。そして、作業者説明情報取得部 5 4 0 は、作業者説明情報であると判定された場合、携帯端末 2 0 0 から取得した情報を作業者説明情報として取得する。

このようにすることで、本実施の形態に係る故障予測システム 1 では、故障予測装置 5

50

00が携帯端末200から取得した情報に基づいて推論用情報を生成、取得することが可能であるか否かを特定できる。

【0059】

[実施の形態2]

実施の形態1では、学習装置300は、教師なし学習によって学習済モデルを生成したが、これに限定されない。実施の形態2に係る故障予測システム1では、学習装置300は、教師あり学習によって学習済モデルを生成する。以下、図3、図7、図8を参照して、実施の形態2に係る故障予測システム1について、詳細に説明する。なお、実施の形態2では、実施の形態1と異なる構成について説明し、実施の形態1と同一の構成については冗長であるため説明を省略する。

【0060】

(実施の形態2に係る学習装置300について)

図7に示すように、実施の形態2に係る学習装置300は、機器の故障の実績を示す情報である故障実績情報を取得する故障実績情報取得部380を更に含む。

【0061】

(実施の形態2に係る記憶装置400について)

実施の形態2に係る記憶装置400は、故障実績情報を記憶する故障実績情報記憶部430を更に含む。

【0062】

(実施の形態2に係る故障予測装置500について)

実施の形態2に係る故障予測装置500は、学習用情報を出力する学習用情報出力部580を更に含む。

【0063】

(実施の形態2に係る学習装置300のハードウェア構成について)

図3に示すように、実施の形態2に係る送受信部56は、図7に示す故障実績情報取得部380として機能する。学習装置300は、制御部51が主記憶部52、外部記憶部53、操作部54、表示部55及び送受信部56を資源として用いることによって、図7に示す故障実績情報取得部380の機能を実現する。例えば、学習装置300は、故障実績情報取得部380が行う故障実績情報取得ステップを実行する。

【0064】

(実施の形態2に係る故障予測装置500のハードウェア構成について)

実施の形態2に係る送受信部56は、図7に示す学習用情報出力部580として機能する。故障予測装置500は、制御部51が主記憶部52、外部記憶部53、操作部54、表示部55及び送受信部56を資源として用いることによって、図7に示す学習用情報出力部580の機能を実現する。例えば、学習装置300は、学習用情報出力部580が行う学習用情報出力ステップを実行する。

【0065】

(実施の形態2に係る学習装置300の機能構成の詳細について)

故障実績情報取得部380は、故障実績情報記憶部430が記憶している故障実績情報を読み出すことで故障実績情報を取得する。ここで、故障実績情報は、例えば、故障予測システム1の管理者、作業員、機器の管理者といった利用者が所有する端末において当該利用者の入力によって生成され、当該端末から出力された情報である。

【0066】

学習用情報取得部340は、センサ検知情報と作業員説明情報と故障実績情報とに基づく学習用情報を取得する。なお、学習用情報は、図9(A)に示すテーブルの形式で表示可能な情報である。学習用情報は、例えば、日時情報が同一の数値解析情報LND1と音声解析情報LMD1と故障実績情報に含まれる故障程度情報LMA1とを含む情報である。学習用情報取得部340は、例えば、上述した数値解析情報と音声解析情報と故障実績情報とを含む学習用情報を取得する。また、学習用情報取得部340は、故障予測装置500から出力された新たな学習用情報を取得する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 7 】

学習済モデル生成部 3 5 0 は、予め取得した学習用情報を用いた機械学習によって推論用情報から故障実績情報に基づく最適な推論結果情報を出力するための学習済モデルを生成する。学習済モデル生成部 3 5 0 は、学習用情報記憶部 4 2 0 が記憶している予め取得した複数種類の学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成する。ここで、学習済モデル生成部 3 5 0 が行う機械学習の手法は、教師あり学習の一例としてのニューラルネットワークである。

【 0 0 6 8 】

ここで、教師あり学習とは、入力と結果であるラベルとのデータの組を学習装置 3 0 0 に与えることで、それらの学習用情報にある特徴を学習し、入力から結果を推論する手法をいう。また、ニューラルネットワークは、複数のニューロンを含む入力層、複数のニューロンを含む隠れ層とも呼ばれる中間層、及び複数のニューロンを含む出力層で構成される。なお、中間層は、1 層としたが 2 層以上であってもよい。

【 0 0 6 9 】

例えば、図 8 に示すような 3 層のニューラルネットワークであれば、複数の入力が入力層 (X_1, X_2, X_3) に入力されると、その値に第 1 の重み W_1 ($w_{11}, w_{12}, \dots, w_{16}$) を掛けて中間層 (Y_1, Y_2) に入力され、その結果にさらに第 2 の重み W_2 ($w_{21}, w_{22}, \dots, w_{26}$) を掛けて出力層 (Z_1, Z_2, Z_3) から出力される。よって、出力結果は、各重み W_1, W_2 の値によって変化することになる。

【 0 0 7 0 】

本実施の形態では、ニューラルネットワークは、学習用情報取得部 3 4 0 によって取得される学習用情報に従って、所謂教師あり学習により、故障実績情報に基づく推論結果情報を学習する。すなわち、ニューラルネットワークは、各重み W_1, W_2 を調整することで、センサ検知情報と作業者説明情報とに基づく推論用情報を入力層に入力して出力層から出力された結果を故障実績情報に近づける学習を行う。学習済モデル生成部 3 5 0 は、上記のような学習を実行することで学習済モデルを生成する。

【 0 0 7 1 】

(実施の形態 2 に係る故障予測装置 5 0 0 の機能構成の詳細について)

推論結果情報生成部 5 6 0 は、学習済モデルに複数種類の推論用情報を入力して故障実績情報に基づく推論結果情報を生成する。具体的には、推論結果情報生成部 5 6 0 は、複数種類の推論用情報を示す入力値がニューラルネットワークの入力層 (X_1, X_2, X_3)、中間層 (Y_1, Y_2)、出力層 (Z_1, Z_2, Z_3) を経て各重み W_1, W_2 の値によって変化した出力値に基づいて推論結果情報を生成する。

【 0 0 7 2 】

学習用情報出力部 5 8 0 は、推論用情報と推論結果情報とに基づく新たな学習用情報を学習装置 3 0 0 に出力する。なお、新たな学習用情報は、具体的には、推論用情報に含まれるセンサ検知情報及び作業者説明情報に基づく数値解析情報及び音声解析情報と、故障実績情報と同様の推論結果情報とを含む情報である。なお、新たな学習用情報は、図 9 (B) に示すテーブルの形式で表示可能な情報である。新たな学習用情報は、例えば、日時情報が新たに情報を取得した日時の数値解析情報 IND_1 と音声解析情報 IMD_1 と推論結果情報に含まれる故障程度情報 RMD_1 とを含む情報である。

【 0 0 7 3 】

以上説明したように、本実施の形態に係る故障予測システム 1 によれば、学習装置 3 0 0 では、学習用情報取得部 3 4 0 は、センサ検知情報と作業者説明情報と故障実績情報とに基づく学習用情報を取得する。そして、学習済モデル生成部 3 5 0 は、予め取得した学習用情報を用いた機械学習によって推論用情報から故障実績情報に基づく最適な推論結果情報を出力するための学習済モデルを生成する。

【 0 0 7 4 】

このようにすることで、故障予測装置 5 0 0 は、教師あり学習によって機器の故障の実績を学習した学習済モデルを用いて機器の故障の予測をすることができる。この結果、本

10

20

30

40

50

実施の形態に係る故障予測システム 1 は、学習装置がセンサ検知情報と作業者説明情報と故障実績情報とに基づく学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成しない故障予測システムよりも工場の機器の故障を精度良く予測できる。

【 0 0 7 5 】

また、本実施の形態に係る故障予測システム 1 によれば、故障予測装置 5 0 0 では、学習用情報出力部 5 8 0 は、推論用情報と推論結果情報とに基づく新たな学習用情報を学習装置 3 0 0 に出力する。そして、学習用情報取得部 3 4 0 は、学習装置 3 0 0 では、故障予測装置 5 0 0 から出力された新たな学習用情報を取得し、学習済モデル生成部 3 5 0 は、新たな学習用情報を含む複数種類の学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成する。

10

【 0 0 7 6 】

このようにすることで、学習装置 3 0 0 は、故障予測装置 5 0 0 が推論した結果をフィードバックして機械学習を行うことができる。この結果、本実施の形態に係る故障予測システム 1 は、新たな学習用情報を含む複数種類の学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成しない故障予測システムよりも工場の機器の故障を精度良く予測できる。

【 0 0 7 7 】

[変更例]

なお、上記の実施の形態 1、2 では、各装置 1 0 0、3 0 0 ~ 5 0 0 を別体の装置としたが、一体の装置としてもよく、例えば、全ての装置 1 0 0、3 0 0 ~ 5 0 0 を一体の装置としてもよい。また、例えば、学習装置 3 0 0 と記憶装置 4 0 0 とを一体の装置とし、残りの装置 1 0 0、5 0 0 は別体の装置であってもよい。また、例えば、学習装置 3 0 0 と故障予測装置 5 0 0 とを一体の装置とし、残りの装置 1 0 0、4 0 0 は別体の装置であってもよい。

20

【 0 0 7 8 】

なお、上記の実施の形態 1、2 では、センサ 1 0 0、携帯端末 2 0 0、学習装置 3 0 0、記憶装置 4 0 0 及び故障予測装置 5 0 0 は、無線 LAN を介してデータの送受信を可能としたが、データの送受信の構成についてはこれに限定されない。例えば、センサ 1 0 0、学習装置 3 0 0、記憶装置 4 0 0 及び故障予測装置 5 0 0 を互いに接続する通信ケーブルを介して情報の送受信を可能とする一方、携帯端末 2 0 0 と各装置 1 0 0、3 0 0 ~ 5 0 0 は、インターネットを介して情報の送受信を可能としてもよい。また、例えば、学習装置 3 0 0、記憶装置 4 0 0 及び故障予測装置 5 0 0 については LAN を介して情報の送受信を可能とする一方、センサ 1 0 0 又は携帯端末 2 0 0 と各装置 3 0 0 ~ 5 0 0 についてはインターネットを介して情報の送受信を可能としてもよい。この場合、例えば、学習装置 3 0 0、記憶装置 4 0 0 及び故障予測装置 5 0 0 は、所謂クラウドサーバとして機能してもよい。この場合、クラウドサーバは、センサ 1 0 0 及び携帯端末 2 0 0 から取得した情報に基づく学習用情報を用いた機械学習によって学習済モデルを生成、記憶してもよい。また、この場合、クラウドサーバは、センサ 1 0 0 及び携帯端末 2 0 0 から取得した情報に基づく推論用情報を学習済モデルに入力して推論結果情報を生成、出力してもよい。

30

40

【 0 0 7 9 】

なお、上記の実施の形態 1 では、学習済モデル生成部 3 5 0 が行う機械学習の手法として K 平均法を採用したが、これに限定されず、K 平均法とは異なる教師なし学習を採用してもよい。例えば、教師なし学習の公知のアルゴリズムである、階層型クラスタリングの一例としての最短距離法、密度準拠型クラスタリングの一例としての DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)、主成分分析、自己組織化写像等を採用してもよい。また、上記の実施の形態 2 では、学習済モデル生成部 3 5 0 が行う機械学習の手法としてニューラルネットワークを採用したが、これに限定されず、ニューラルネットワークとは異なる教師あり学習を採用してもよい。例えば、教師あり学習の公知のアルゴリズムである、深層学習 (Deep Learning) を採用してもよ

50

い。なお、上述した教師なし学習、教師あり学習とは異なる手法を採用してもよく、例えば、半教師あり学習、強化学習等の公知のアルゴリズムを採用してもよい。

【0080】

なお、上記の実施の形態1、2では、日時情報が同一のセンサ検知情報及び作業者説明情報を用いて学習用情報を生成、取得したが、日時情報が近似するセンサ検知情報及び作業者説明情報を用いて学習用情報を生成、取得してもよい。例えば、日時情報から特定した日時のズレが予め定めた閾値よりも小さいセンサ検知情報及び作業者説明情報を用いて学習用情報を生成、取得してもよい。

【0081】

なお、上記の実施の形態1、2では、学習用情報は、数値解析情報と音声解析情報とを含む情報であるが、学習用情報は、センサ検知情報と作業者説明情報とに基づいて取得されている限りにおいてこれに限定されない。例えば、学習用情報は、センサ検知情報と作業者説明情報とに基づいて特定した機器の故障に関する情報であってもよい。また、例えば、学習用情報は、センサ検知情報と作業者説明情報とを含む情報であってもよい。

10

【0082】

なお、上記の実施の形態1、2では、学習装置300は、故障予測システム1に設けられたセンサ100及び携帯端末200から取得した情報に基づいて自ら学習用情報を生成、取得しているが、これに限定されない。例えば、学習用情報を用いた機械学習を行う他の故障予測システムの学習装置から学習用情報を取得してもよい。学習装置300は、例えば、同一のエリアで稼働している複数の故障予測システムから学習用情報を取得してもよく、異なるエリアで独立して稼働している故障予測システムから学習用情報を取得してもよい。この場合、学習装置300は、任意のタイミングで学習用情報を取得する他の故障予測システムを追加したり、除去したりしてもよい。

20

【0083】

なお、上記の実施の形態1、2では、故障予測システム1に予め設けられた学習装置300がセンサ100及び携帯端末200から取得した情報に基づく学習用情報のみを機械学習して学習済モデルを生成、出力したが、これに限定されない。例えば、他の故障予測システムに設けられセンサ及び携帯端末から取得した情報に基づいて生成された学習用情報を取得して機械学習を行った学習装置を故障予測システム1の学習装置300とし、センサ100及び携帯端末200から取得した情報に基づく学習用情報を生成、取得することで再学習を行って学習済モデルを更新、出力してもよい。

30

【0084】

なお、上記の実施の形態1、2では、学習装置300は、機器毎に異なる学習済モデルを複数種類生成し、故障予測装置500は、複数種類の学習済モデルを用いて各機器の故障を予測しているが、これに限定されない。例えば、学習装置300は、各機器の状態と各機器の故障との関係性を示す学習済モデルを1つ生成し、故障予測装置500は、1つの学習済モデルを用いて各機器の故障を予測してもよい。

【0085】

なお、上記の実施の形態1、2では、故障予測装置500は、故障予測システム1に設けられた学習装置300が生成、出力して記憶装置400に記憶されている学習済モデルを取得したが、これに限定されない。例えば、故障予測装置500は、他の学習装置、他の故障予測システムで生成、出力された学習済モデルを取得してもよい。具体的には、故障予測装置500は、同一のエリアで稼働している他の故障予測システムから学習済モデルを取得してもよく、異なるエリアで独立して稼働している他の故障予測システムから学習済モデルを取得してもよい。

40

【0086】

なお、上記の実施の形態1、2では、表示部55に推論結果情報を表示したが、推論結果情報の出力については、故障予測システム1の管理者、作業者が確認可能である限りにおいてこれに限定されない。例えば、推論結果情報に機器が故障している確率を示す情報が含まれている場合、当該確率が予め定めた閾値を超えていれば携帯端末200、管理者

50

が所有する故障予測装置 500 とは異なる管理用端末に警告メールを送信したり、故障予測装置 500 と電氣的に接続された工場内の警報を鳴らしたりしてもよい。

【0087】

なお、上記の実施の形態 1、2 では、作業者説明情報は、音声情報と日時情報とを含む情報であるが、これに限定されない。例えば、携帯端末 200 がスマートグラスであれば、作業者説明情報には、音声情報と日時情報とに加えて作業者の視線の先にあるものの画像情報が含まれていてもよい。この場合、学習装置 300 は、作業者説明情報に含まれる画像情報を解析した画像解析情報を含む学習用情報を取得して機械学習を行ってもよい。また、この場合、故障予測装置 500 は、作業者説明情報に含まれる画像情報を解析した画像解析情報を含む推論用情報を取得して推論を行ってもよい。

10

【0088】

なお、上記の実施の形態 1、2 のように、作業者の負担を低減するために作業者説明情報が音声情報を含む情報であることが好ましいが、作業者説明情報の種類については機器の状態について作業者が説明した情報である限りにおいて音声情報を含む情報でなくてもよい。例えば、作業者説明情報は、作業者がキーボードを用いて入力した文字情報、タッチパネルを用いて描いた手書き文字の画像情報といった情報であってもよい。

【0089】

なお、上記の実施の形態 2 では、故障実績情報取得部 380 は、記憶装置 400 から故障実績情報を取得しているが、これに限定されず、例えば、上述した利用者が所有する端末から故障実績情報を直接取得してもよい。

20

【0090】

なお、上記の実施の形態 2 では、故障予測装置 500 は、推論用情報に基づく数値解析情報及び音声解析情報と、故障実績情報に基づく推論結果情報とを含む情報を新たな学習用情報として学習装置 300 に出力したが、これに限定されない。例えば、故障予測装置 500 は、推論用情報に基づく数値解析情報及び音声解析情報と、推論用情報を取得した日時の故障実績情報とを含む情報を新たな学習用情報として学習装置 300 に出力してもよい。また、例えば、故障予測装置 500 は、推論用情報に基づく数値解析情報及び音声解析情報と、推論用情報を取得した日時の故障実績情報と、推論結果情報とを含む情報を新たな学習用情報として学習装置 300 に出力してもよい。

【0091】

なお、制御部 51、主記憶部 52、外部記憶部 53、操作部 54、送受信部 56、内部バス 50 等を備える学習装置 300 及び故障予測装置 500 の処理を行う中心となる部分は、専用のシステムによらず、通常のコンピュータシステムを用いて実現可能である。例えば、前記の動作を実行するためのコンピュータプログラムを、コンピュータが読み取り可能な記録媒体、例えば、フレキシブルディスク、DVD-ROM (Read-Only Memory) 等に格納して配布し、当該コンピュータプログラムをコンピュータにインストールすることにより、上記の処理を実行する学習装置 300 及び故障予測装置 500 を構成してもよい。また、通信ネットワーク上のサーバ装置が有する記憶装置に当該コンピュータプログラムを格納しておき、通常のコンピュータシステムがダウンロードすることで学習装置 300 及び故障予測装置 500 を構成してもよい。

30

【0092】

また、学習装置 300 及び故障予測装置 500 の機能を、OS (Operating System) とアプリケーションプログラムの分担により実現する場合、または、OS とアプリケーションプログラムとの協働により実現する場合には、アプリケーションプログラム部分のみを記録媒体、記憶装置に格納してもよい。

【0093】

また、搬送波にコンピュータプログラムを重畳し、通信ネットワークを介して提供することも可能である。例えば、通信ネットワーク上の掲示板 (BBS: Bulletin Board System) に前記コンピュータプログラムを掲示し、ネットワークを介して前記コンピュータプログラムを提供してもよい。そして、このコンピュータプログラムを起動し、OS

40

50

の制御下で、他のアプリケーションプログラムと同様に実行することにより、前記の処理を実行してもよい。

【 0 0 9 4 】

本開示は、本開示の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、本開示を説明するためのものであり、本開示の範囲を限定するものではない。つまり、本開示の範囲は、実施の形態ではなく、請求の範囲によって示される。そして、請求の範囲内及びそれと同等の開示の意義の範囲内で施される様々な変形が、本開示の範囲内とみなされる。

【 0 0 9 5 】

以下、本開示の諸態様を付記としてまとめて記載する。

10

【 0 0 9 6 】

(付記 1)

工場の機器の故障を予測する故障予測システムであって、
前記機器の状態を検知するセンサと、
前記機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末と、
前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を学習する学習装置と、
前記機器の状態に基づいて前記機器の故障を推論する推論装置と、
を備え、
前記学習装置は、

前記センサが前記機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報と、前記携帯端末が生成した前記機器の状態について前記作業者が説明した情報である作業者説明情報とに基づく学習用情報を取得する学習用情報取得部と、

20

予め取得した前記学習用情報を用いた機械学習によって前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を示す学習済モデルを生成する学習済モデル生成部と、

前記学習済モデルを出力する学習済モデル出力部と、
を含み、

前記推論装置は、

前記学習済モデルを取得する学習済モデル取得部と、

前記センサから前記センサ検知情報を取得するセンサ検知情報取得部と、

前記携帯端末から前記作業者説明情報を取得する作業者説明情報取得部と、

30

前記学習済モデルに、新たに取得した前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく推論用情報を入力して、前記機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果情報を生成する推論結果情報生成部と、

前記推論結果情報を出力する推論結果情報出力部と、

を含む、

故障予測システム。

(付記 2)

前記作業者説明情報は、前記機器の状態について前記作業者が音声で説明した音声情報を含む、

付記 1 に記載の故障予測システム。

40

(付記 3)

前記推論装置は、

前記携帯端末が生成した前記作業者の位置情報に基づいて、前記携帯端末から取得した情報が前記作業者説明情報であるか否かを判定する作業者説明情報判定部、

を更に含む、

前記作業者説明情報取得部は、前記携帯端末から取得した情報が前記作業者説明情報であると判定された場合、前記携帯端末から取得した前記情報を前記作業者説明情報として取得する、

付記 1 又は 2 に記載の故障予測システム。

(付記 4)

50

前記学習用情報取得部は、前記センサ検知情報と、前記作業者説明情報と、前記機器の故障の実績を示す情報である故障実績情報とに基づく前記学習用情報を取得し、

前記学習済モデル生成部は、予め取得した前記学習用情報を用いた機械学習によって前記推論用情報から前記故障実績情報に基づく前記推論結果情報を出力するための前記学習済モデルを生成する、

付記 1 から 3 の何れか 1 つに記載の故障予測システム。

(付記 5)

工場の機器の故障を予測する故障予測装置であって、

前記機器の状態を検知するセンサから前記機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報を取得するセンサ検知情報取得部と、

前記機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末から前記機器の状態について前記作業者が説明した情報である作業者説明情報を取得する作業者説明情報取得部と、

前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく学習用情報を用いた機械学習によって生成された前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を示す学習済モデルに、新たに取得した前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく推論用情報を入力して、前記機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果情報を生成する推論結果情報生成部と、

前記推論結果情報を出力する推論結果情報出力部と、

を含む、

故障予測装置。

(付記 6)

工場の機器の状態と前記機器の故障との関係性を学習する学習装置であって、

前記機器の状態を検知するセンサが前記機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報と、前記機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末が生成した前記機器の状態について前記作業者が説明した情報である作業者説明情報とに基づく学習用情報を取得する学習用情報取得部と、

予め取得した前記学習用情報を用いた機械学習によって前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を示す学習済モデルを生成する学習済モデル生成部と、

前記学習済モデルを出力する学習済モデル出力部と、

を備える学習装置。

(付記 7)

工場の機器の故障を予測する故障予測方法であって、

コンピュータが、前記機器の状態を検知するセンサから前記機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報を取得するセンサ検知情報取得ステップと、

前記コンピュータが、前記機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末から前記機器の状態について前記作業者が説明した情報である作業者説明情報を取得する作業者説明情報取得ステップと、

前記コンピュータが、前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく学習用情報を用いた機械学習によって生成された前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を示す学習済モデルに、新たに取得した前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく推論用情報を入力して、前記機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果情報を生成する推論結果情報生成ステップと、

前記コンピュータが、前記推論結果情報を出力する推論結果情報出力ステップと、

を含む故障予測方法。

(付記 8)

コンピュータを、

工場の機器の状態を検知するセンサから前記機器の状態を検知した情報であるセンサ検知情報を取得するセンサ検知情報取得部、

前記機器を用いた作業を行う作業者が携帯する携帯端末から前記機器の状態について前記作業者が説明した情報である作業者説明情報を取得する作業者説明情報取得部、

10

20

30

40

50

前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく学習用情報を用いた機械学習によって生成された前記機器の状態と前記機器の故障との関係性を示す学習済モデルに、新たに取得した前記センサ検知情報と前記作業者説明情報とに基づく推論用情報を入力して、前記機器の故障を推論した結果を示す情報である推論結果情報を生成する推論結果情報生成部、

前記推論結果情報を出力する推論結果情報出力部、
 として機能させるプログラム。

【符号の説明】

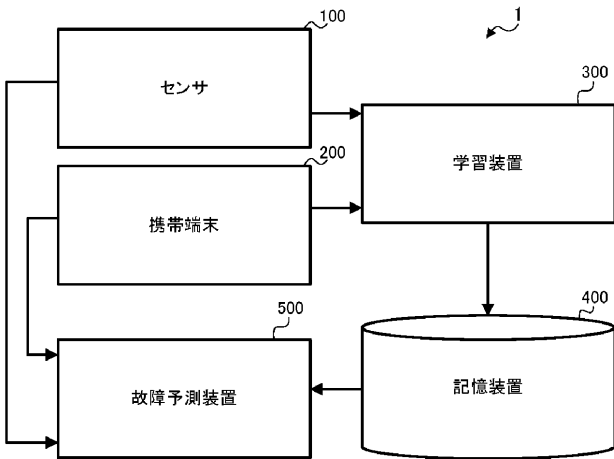
【0097】

1 ... 故障予測システム、50 ... 内部バス、51 ... 制御部、52 ... 主記憶部、53 ... 外部記憶部、54 ... 操作部、55 ... 表示部、56 ... 送受信部、59 ... 制御プログラム、100 ... センサ、110 ... センサ検知情報生成部、120 ... センサ検知情報出力部、200 ... 携帯端末、210 ... 位置情報生成部、220 ... 作業者説明情報生成部、230 ... 位置情報出力部、240 ... 作業者説明情報出力部、300 ... 学習装置、310 ... センサ検知情報取得部、320 ... 位置情報取得部、330 ... 作業者説明情報取得部、335 ... 作業者説明情報判定部、340 ... 学習用情報取得部、350 ... 学習済モデル生成部、360 ... 学習用情報出力部、370 ... 学習済モデル出力部、380 ... 故障実績情報取得部、400 ... 記憶装置、410 ... 学習済モデル記憶部、420 ... 学習用情報記憶部、430 ... 故障実績情報記憶部、500 ... 故障予測装置、510 ... 学習済モデル取得部、520 ... センサ検知情報取得部、530 ... 位置情報取得部、535 ... 作業者説明情報判定部、540 ... 作業者説明情報取得部、550 ... 推論用情報取得部、560 ... 推論結果情報生成部、570 ... 推論結果情報出力部、580 ... 学習用情報出力部。

【図面】

【図1】

図1



【図2】

図2



10

20

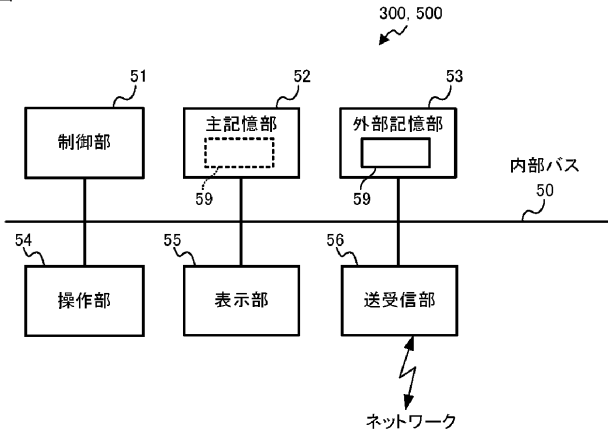
30

40

50

【図3】

図3



【図4】

図4

(A)

学習用情報			
数値解析情報	...	音声解析情報	...
LND1	...	LMD1	...
LND2	...	LMD2	...
⋮	⋮	⋮	⋮
LNDn	...	LMDn	...

(B)

推論用情報			
数値解析情報	...	音声解析情報	...
IND1	...	IMD1	...

(C)

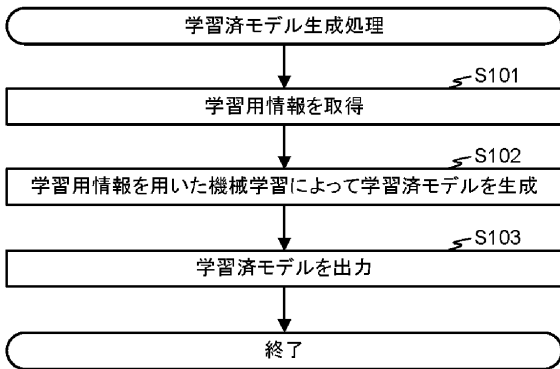
推論結果情報	
故障程度情報	...
RMD1	...

10

20

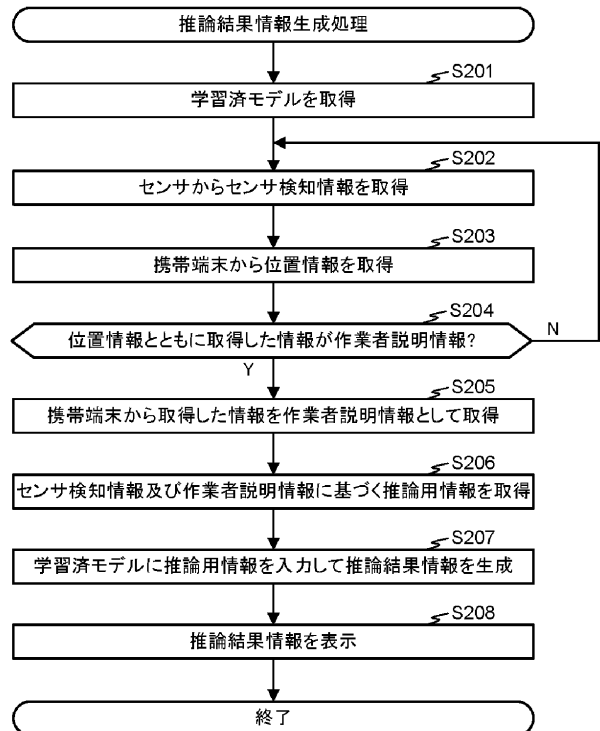
【図5】

図5



【図6】

図6

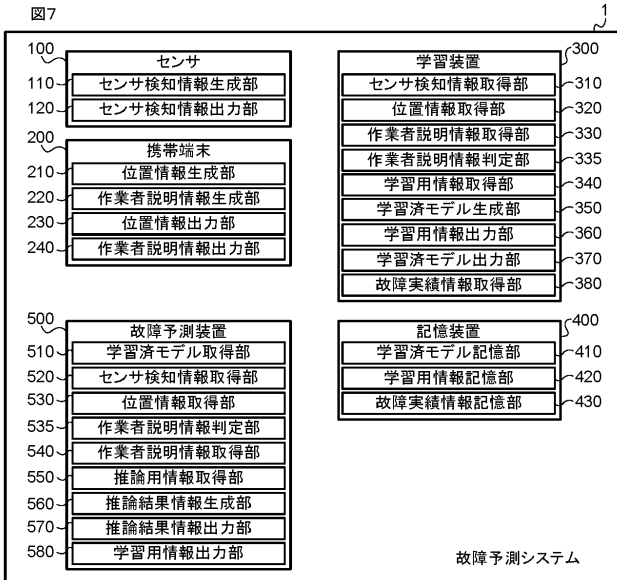


30

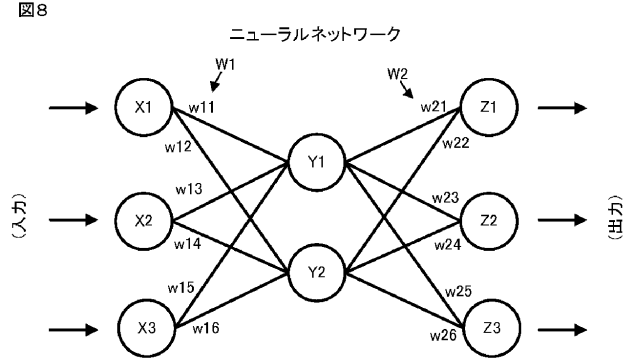
40

50

【 図 7 】



【 図 8 】



10

【 図 9 】

図9

(A)

学習用情報					
数値解析情報	...	音声解析情報	...	故障程度情報 (故障実績情報)	...
LND1	...	LMD1	...	LMA1	...
LND2	...	LMD2	...	LMA2	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
LNDn	...	LMDn	...	LMA _n	...

(B)

故障予測装置から出力する新たな学習用情報					
数値解析情報	...	音声解析情報	...	故障程度情報 (推論結果情報)	...
IND1	...	IMD1	...	RMD1	...

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 山野 雅裕
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 岸本 大輔
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 小林 健一
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 国分 裕介
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 林 裕也
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 梅 爽
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

F ターム (参考) 3C100 AA29 AA57 AA62 BB13 BB17 BB33 CC02
3C223 BA03 BB09 BB12 CC02 DD03 FF02 FF04 FF05 FF12 FF13
FF22 FF24 FF26 FF32 FF42 FF52 GG01 HH02 HH22 HH29