

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-45215
(P2017-45215A)

(43) 公開日 平成29年3月2日(2017.3.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G05B 23/02 (2006.01)	G05B 23/02 302R	3C223
F02D 45/00 (2006.01)	F02D 45/00 372G	3G384

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2015-166406 (P2015-166406)
(22) 出願日 平成27年8月26日 (2015.8.26)

(71) 出願人 000005522
日立建機株式会社
東京都台東区東上野二丁目16番1号
(74) 代理人 110001829
特許業務法人開知国際特許事務所
(72) 発明者 藤原 淳輔
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
株式会社日立製作所
内
(72) 発明者 鈴木 英明
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
株式会社日立製作所
内

最終頁に続く

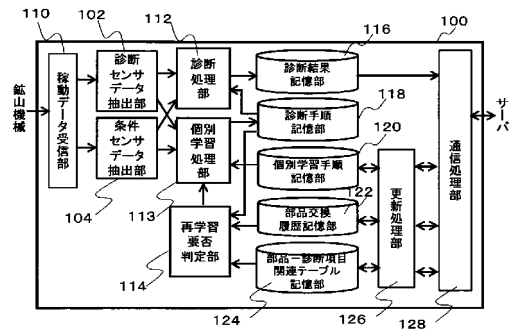
(54) 【発明の名称】 診断装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】診断項目ごとに異なる学習条件と学習手順で再学習処理を行う診断装置を提供する。

【解決手段】作業機械の稼働データを収集して故障予兆の発生を診断する診断装置100であって、前記作業機械の稼働データである入力センサデータを基に複数の診断項目の診断指標を学習する個別学習処理部113と、前記診断指標を基に前記作業機械の異常診断を行う診断処理部112と、部品交換履歴に基づいて前記診断指標を更新すべき診断項目を決定する再学習要否判定部114と、診断項目ごとの学習条件を記憶した個別学習手順記憶部120を備え、前記個別学習処理部は、前記学習条件を基に診断項目ごとに異なる学習手順を実行することを特徴とする。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

作業機械の稼働データを収集して故障予兆の発生を診断する診断装置であって、
前記作業機械の稼働データである入力センサデータを基に複数の診断項目の診断指標を学習する個別学習処理部と、前記診断指標を基に前記作業機械の異常診断を行う診断処理部と、部品交換履歴に基づいて前記診断指標を更新すべき診断項目を決定する再学習要否判定部と、診断項目ごとの学習条件を記憶した個別学習手順記憶部を備え、
前記個別学習処理部は、前記学習条件を基に診断項目ごとに異なる学習手順を実行することを特徴とする診断装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の診断装置において、
前記個別学習処理部は、診断項目ごとに前記個別学習処理部に入力する前記入力センサデータの数量を変更した学習条件を基に異なる学習手順を実行することを特徴とする診断装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の診断装置において、
診断項目に応じて診断処理または学習処理に用いる第 1 センサデータを前記入力センサデータから抽出する診断センサデータ抽出部と、
診断項目ごとの診断条件または学習条件に用いる第 2 センサデータを前記入力センサデータから抽出する条件センサデータ抽出部とを備え、
前記個別学習処理部は、診断項目ごとに前記条件センサデータ抽出部からの第 2 センサデータを基に診断条件を決定し、前記診断センサデータ抽出部からの第 1 センサデータを基に診断指標を学習することを特徴とする診断装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の診断装置において、
前記個別学習処理部は、診断項目ごとに診断指標を変更した学習条件を基に異なる学習手順を実行することを特徴とする診断装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の診断装置において、
前記個別学習処理部は、前記診断指標を前記入力センサデータの平均値と標準偏差とを基に決定することを特徴とする診断装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の診断装置において、
前記個別学習手順記憶部に記憶した前記学習条件を外部端末から更新可能とする更新処理部を更に備えたことを特徴とする診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、診断装置に係り、更に詳しくは、作業機械の故障を未然に防ぐための診断装置に関する。

【背景技術】

【0002】

鉱山等で使用されるショベルやダンプトラック等の作業機械（自走式機械）は、土石掘削作業や運搬作業などのために世界各地で動作しており、生産性向上のために連続稼働が要求されるケースが多い。そのため、突発的な故障が発生した場合には、点検・メンテナンスや部品交換等のために、作業機械を停止させる必要が生じ、生産性を著しく低下させ

10

20

30

40

50

ることになる。

【0003】

このような状況を未然に回避するために機械の故障予兆をいち早く検知し、故障に至る前に部品交換やメンテナンスを実施する予防保全の考え方が広く認知されている。この予防保全を支える一つの技術として状態監視保守がある。状態監視保守は、機械に取り付けた各種センサで計測した温度や圧力などの計測値（以下、稼動データと呼ぶ）に基づいて機械の稼動状態を監視し、正常状態からの逸脱を検知することで故障予兆を捕らえる技術である。

【0004】

この状態監視保守に関わる主な処理として学習処理と診断処理がある。学習処理は、機械の正常状態に基づいて診断処理に用いる診断指標を計算する処理である。一般に機械はその使われ方や稼動地域、稼動年数などに応じて特性に個体差が生じてくる傾向があり、その個体差を吸収するために機械ごとに収集した稼動データに基づいて個別に診断指標を計算する。そして、診断処理では、機械から収集した稼動データに対して診断指標を用いて異常判定処理を実行する。

10

【0005】

診断指標は、診断対象とする部位・系統における故障モードごとに作成する。ここで、診断対象とする部位・系統の故障モードのことを診断項目と呼ぶ。例えば、診断対象とする部位・系統には、油圧システム系統やエンジン冷却水系統、エンジン排気系統などがある。そして、故障モードを考慮した診断項目としては、例えば、油圧ポンプ圧力異常、エンジン冷却水温度異常、エンジン排気温度異常などがある。

20

【0006】

学習処理による診断指標の計算は、鉱山機械が市場投入された直後に実施する必要があるほか、部品交換などのメンテナンス作業によって機械の正常状態が変化した際にも実施する必要がある。例えば、エンジン冷却水の交換作業が行われた際には、その作業によってエンジン冷却系統の正常状態が変化すると考えられるため、「エンジン冷却水異常」の診断項目の診断指標を再学習する必要がある。以上のようにメンテナンスが行われた際には、メンテナンスによってどの部品が交換されたのかに基づいてどの診断項目の診断指標を更新すべきかを判断する必要がある。

【0007】

再学習処理に伴う判断作業を効率よく実施する発明として部品交換履歴データをもとに再学習すべき診断項目を自動判定して、特定の診断指標のみを更新する診断装置が考案されている（例えば、特許文献1参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】国際公開第W O 2 0 1 4 / 1 0 2 9 1 8号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上述した診断装置を用いることで部品交換後の再学習処理に伴う作業を効率よく実施することが可能となる。しかしながら、この診断装置においては、診断指標の学習手順がすべての診断項目で固定されていて、診断項目ごとに柔軟に変更できないという問題がある。

40

【0010】

上述した診断装置は、全ての診断項目において、1センサに対して1閾値の診断指標で閾値判定処理を行っている。このため、学習処理としては診断項目によって扱うセンサは異なるものの、閾値に対応するセンサのデータを用いて診断指標を計算するようにしている。つまり、学習手順が診断項目によらず共通固定化されている。

【0011】

50

しかしながら、診断項目によっては1センサの閾値判定では診断性能が望めないものがある。例えば、エンジン冷却水異常の診断項目ではラジエータの入口と出口の冷却水の温度差を見る方法が考えられ、その場合には2センサのデータを扱う必要がある。また、診断条件としてエンジン回転数がある一定値以上のときのみ診断する場合、エンジン回転数を含めて3センサを扱う必要が生じる。この場合、診断指標を計算する学習処理としても同様に3センサを扱う必要が生じるが、上述した診断装置ではこのような学習手順を設定できないという問題がある。

【0012】

また、エンジン排気温度異常の診断項目では、複数気筒の排気温度から全体バランスを示す統計量を計算し、正常状態から異常状態への推移を診断する方法が考えられる。この場合には、上述したエンジン冷却水異常とは異なる学習手順を設定する必要があるが、上述した診断装置では、診断項目ごとに個別に学習手順を設定できないため達成できず、再学習後の診断性能を著しく低下させる虞があった。

【0013】

本発明は、上述の事柄に基づいてなされたもので、その目的は、診断項目ごとに異なる学習条件と学習手順で再学習処理を行う診断装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記課題を解決するために、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。本願は、上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、作業機械の稼働データを収集して故障予兆の発生を診断する診断装置であって、前記作業機械の稼働データである入力センサデータを基に複数の診断項目の診断指標を学習する個別学習処理部と、前記診断指標を基に前記作業機械の異常診断を行う診断処理部と、部品交換履歴に基づいて前記診断指標を更新すべき診断項目を決定する再学習要否判定部と、診断項目ごとの学習条件を記憶した個別学習手順記憶部を備え、前記個別学習処理部は、前記学習条件を基に診断項目ごとに異なる学習手順を実行することを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、診断項目ごとに個別に学習手順を設定できるので、部品交換により更新が必要と判定した診断項目について、個別の学習条件を基に再学習処理が実行できて、診断指標を更新できる。この結果、再学習後の診断性能向上を実現できるので、連続稼働を阻止する故障発生を精度よく未然に防ぐことができ、作業機械の生産性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の診断装置の一実施の形態を備えた作業機械のシステム全体の構成を示す概念図である。

【図2】本発明の診断装置の一実施の形態を備えた作業機械のコントローラネットワークの構成を示す概略構成図である。

【図3】本発明の診断装置の一実施の形態を備えた油圧ショベルの作動油冷却システムの全体概略構成を示す概略構成図である。

【図4】本発明の診断装置の一実施の形態を備えた油圧ショベルのエンジンの冷却水系統及び吸気系統の全体概略構成を示す概略構成図である。

【図5】本発明の診断装置の一実施の形態の構成を示す概略構成図である。

【図6】本発明の診断装置の一実施の形態における稼働データの構成例の一例を示す表図である。

【図7】本発明の診断装置の一実施の形態を適用する作業機械における構成系統とセンサ情報の体系の一例を示す表図である。

【図8】本発明の診断装置の一実施の形態における診断手順記憶部に格納されている情報の一例を示す表図である。

【図9】本発明の診断装置の一実施の形態における診断処理部が行う処理内容を示すフロ

10

20

30

40

50

ーチャート図である。

【図10】本発明の診断装置の一実施の形態における部品交換履歴記憶部に格納されている情報の一例を示す表図である。

【図11】本発明の診断装置の一実施の形態における部品 診断項目関連テーブル記憶部に格納されている情報の一例を示す表図である。

【図12】本発明の診断装置の一実施の形態における再学習要否判定部が行う処理内容を示すフローチャート図である。

【図13】本発明の診断装置の一実施の形態における個別学習手順記憶部に格納される情報の一例を示す表図である。

【図14】本発明の診断装置の一実施の形態における個別学習処理部が行う処理内容を示すフローチャート図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、作業機械として鉱山等で用いられる油圧ショベル（以下、「ショベル」と略す）やダンプトラック（以下、「ダンプ」と略す）を例にとって本発明の診断装置の実施の形態を図面を用いて説明する。図1は本発明の診断装置の一実施の形態を備えた作業機械のシステム全体の構成を示す概念図である。

【0018】

図1に示すように、鉱山の採石場では、ショベル1Aやダンプ1Bなどの作業機械（自走機械）1が使用されている。これら作業機械1には診断装置100が搭載され、診断装置100は、作業機械1の稼動データを収集して機械の故障予兆の発生を診断する。

【0019】

図1に示すように、鉱山の採石場の近傍もしくは遠隔の管理センタ201に、サーバ200が設置されている。また、作業機械1には、GPS衛星405を利用して自機の位置を取得する位置取得装置（図示せず）と、各種センサ（図示せず）が搭載されている。そして、各作業機械1の診断装置100は、各種データや診断結果等を、無線通信回線400を介してサーバ200との間で送受信するようになっている。なお、401は中継局である。

【0020】

ショベル1Aは、超大型の油圧ショベルであって、走行体2と、この走行体2上に旋回可能に設けた旋回体3と、運転室4と、旋回体3の前部中央に設けたフロント作業機5と、を備えて構成される。フロント作業機5は、旋回体3に回動可能に設けたブーム6と、このブーム6の先端に回動可能に設けたアーム7と、そのアーム7の先端に取り付けられたバケット8とで構成されている。また、診断装置100は、運転室4のなかに設置されており、運転室4の上部等の見通しの良い場所にアンテナ102が設置されている。また、ショベル1Aには、ショベル1Aの部位毎の動作状態に関わる状態量を収集するためのコントローラネットワーク9が設けられている。

【0021】

また、ダンプ1Bは、本体を形成するフレーム505と、運転室504と、前輪501および後輪502と、フレーム505の後方部分に設けられたヒンジピン（図示せず）を回動中心として上下方向に回動可能な荷台503と、この荷台503を上下方向に回動させる左右一対のホイストシリンダ（図示せず）と、を備えて構成される。また、運転室504の中には、ダンプ1Bの部位ごとの動作状態にかかわる状態量を収集するためのコントローラネットワーク509が設けられている。なお、診断装置100は、運転室504の中に設置されており、運転室504の上部等の見通しの良い場所にはアンテナ102が設置されている。

【0022】

次に、図2を用いてショベル1Aのコントローラネットワーク9の構成例を説明する。図2は本発明の診断装置の一実施の形態を備えた作業機械のコントローラネットワークの構成を示す概略構成図である。

10

20

30

40

50

図 2 に示すようにコントローラネットワーク 9 は、エンジン制御装置 10 と、噴射量制御装置 12 と、エンジンモニタ装置 13 と、走行体 2 を操作するための電気レバー 15 と、フロント作業機 5 を操作するための電気レバー 16 と、電気レバー 15、16 の操作量に応じて油圧制御を行う電気レバー制御装置 17 と、ディスプレイ 18 と、表示制御装置 19 と、キーパッド 14 と、油圧モニタ装置 23 と、診断装置 100 と、により構成されている。

【0023】

エンジン制御装置 10 は、噴射量制御装置 12 を制御することによりエンジン 11 への燃料噴射量を制御する装置である。また、エンジンモニタ装置 13 は、エンジン 11 の動作状態に係わる状態量を各種センサにより取得してモニタリングを行う。エンジン 11 の動作状態を検出するためのセンサとして、例えば、エンジンの吸排気系統や冷却系統の動作状態をセンシングするためのセンサ群 20 がエンジンモニタ装置 13 に接続されている。

10

【0024】

エンジン制御装置 10 とエンジンモニタ装置 13 とは、通信線によって接続されており、またエンジンモニタ装置 13 と診断装置 100 とは、ネットワーク回線を介して接続されている。

【0025】

このような構成をとることにより、各種センサで検出したエンジン 11 の吸気系統や冷却水系統の動作上にかかわる状態量を診断装置 100 に送信することが可能になっている。ディスプレイ 18 は、運転室 4 内に設けられ油圧シヨベル 1A の各種稼働情報を表示する。表示制御装置 19 はディスプレイ 18 と接続され、表示を制御する。また、キーパッド 14 は、表示制御装置 19 と接続されており、オペレータの操作入力により各種データ設定やディスプレイ 18 の画面切り替え等を受け付ける。

20

【0026】

油圧モニタ装置 23 は、油圧シヨベル 1A の油圧システムの動作状態に係わる状態量のモニタリングを行う装置である。油圧モニタ装置 23 には、油圧システムの動作状態を検出する各種センサが接続されており、例えば、作動油冷却系統の動作状態をセンシングするためのセンサ群 24 が接続されている。油圧モニタ装置 23 と診断装置 100 とは、ネットワーク回線を介して接続されており、油圧モニタ装置 23 で検出した作動油冷却系統の動作状態にかかわる状態量についても診断装置 100 に送信することが可能な構成になっている。

30

【0027】

また、診断装置 100 は、アンテナ 102 を介してサーバ 200 とつながっており、診断装置 100 との情報送受信は無線ネットワークを介してサーバ 200 との間で可能な構成となっている。

【0028】

次に、図 3 を用いて油圧シヨベル 1A の油圧システムの全体概略構成について説明する。図 3 は本発明の診断装置の一実施の形態を備えた油圧シヨベルの作動油冷却系統の全体概略構成を示す概略構成図である。

40

【0029】

図 3 において、11 は油圧シヨベル 1A の旋回体 3 に搭載されたエンジンであり、25 はこのエンジン 11 のクランクシャフト(図示せず)の回転駆動力によりポンプトランスミッション 26 を介して駆動されるメインポンプ、27 はこのメインポンプ 25 から吐出される作動油により駆動されるアクチュエータ(例えば、ブームシリンダやアームシリンダなど)である。

【0030】

また、28 はメインポンプ 25 の吐出配管に接続され、メインポンプ 25 からアクチュエータ 27 への作動油の流量および流れ方向を制御するコントロールバルブ、30 は前記メインポンプ 25 と同様にエンジン 11 のクランクシャフトの回転駆動力によりポンプト

50

ランスミッション 26 を介して駆動され、コントロールバルブ 28 を切替駆動するためのパイロット元圧を生成するパイロットポンプ、31 はこのパイロットポンプ 30 の吐出配管に接続され、パイロットポンプ 30 で生成されたパイロット元圧を電気レバー制御装置 17 からの制御信号に応じて減圧しパイロット圧を生成するパイロット減圧弁である。

【0031】

また、33 はコントロールバルブ 28 と作動油タンク 34 との間に設けられ作動油を冷却するオイルクーラ、36 はこのオイルクーラ 33 を冷却する冷却風を生起するオイルクーラ冷却ファン、37 はこのオイルクーラ冷却ファン 36 を駆動するオイルクーラファン駆動モータ、38 はエンジン 11 のクランクシャフト（図示せず）の回転駆動力によりポンプランスミッション 26 を介して駆動され、オイルクーラファン駆動モータ 37 を駆動するための作動油を吐出配管を介して供給するオイルクーラファン駆動ポンプ、40 はオイルクーラファン駆動モータ 37 のドレン配管である。

10

【0032】

なお、図 3 では、便宜上、アクチュエータやこれに対応するコントロールバルブやパイロット減圧弁をそれぞれ 1 個のみ図示しているが、実際には油圧ショベル 1A には多数のアクチュエータが搭載されており、それらに対応した複数のコントロールバルブ及びパイロット減圧弁等の油圧機器が設けられている。

【0033】

次に、図 3 の油圧システムにおける各種センサについて説明する。図 3 において、T10 は作動油タンク 34 内の作動油温度を検出する作動油温度センサ、T11 はオイルクーラ 33 のオイルクーラ冷却ファン 36 の前面の空気温度を検出するオイルクーラ前面温度センサ、T12 はオイルクーラ 33 の下流側配管に設けられ、オイルクーラ 33 から流出する作動油の温度を検出するオイルクーラ出口温度センサである。

20

【0034】

また、P1～P6 は、メインポンプ 25 が 6 ポンプあるケースを想定してポンプごとの吐出圧力をそれぞれ検出する油圧センサである。油圧システムの動作状態を検出するためのセンサ群 24（図 2 参照）に含まれる各センサで取得した状態量、すなわち、上記の作動油温度センサ T10 で検出される作動油温度、オイルクーラ前面温度センサ T11 で検出されるオイルクーラ前面温度、オイルクーラ出口温度センサ T12 で検出されるオイルクーラ出口温度、油圧センサ P1～P6 で検出されるメインポンプ油圧は、油圧モニタ装置 23 に入力される。そして、油圧モニタ装置 23 は、入力された上記センサデータをネットワーク回線を介して診断装置 100 に送信する。

30

【0035】

次に、図 4 を用いてショベル 1A のエンジン 11 の冷却水系統及び吸排気系統の全体概略構成について説明する。図 4 は本発明の診断装置の一実施の形態を備えた油圧ショベルのエンジンの冷却水系統及び吸気系統の全体概略構成を示す概略構成図である。

【0036】

エンジン 11 の冷却水系統について説明する。図 4 において、45 はエンジン 11 のクランクシャフトの回転駆動力を利用してポンプランスミッション 26 を介して駆動される冷却水ポンプ、46 はこの冷却水ポンプ 45 から吐出され、エンジン 11 を冷却して水温が上昇した冷却水を冷却するラジエータである。また、47 はこのラジエータ 46 の入口に接続されたラジエータ入口配管、48 はラジエータ 46 の出口に接続されたラジエータ出口配管である。54 は図示しないファン駆動ポンプからの圧油により駆動されるラジエータ冷却ファン駆動モータ、58 はラジエータ冷却ファン駆動モータ 54 により駆動され、ラジエータ 46 を冷却する風を生起するラジエータ冷却ファンである。

40

【0037】

次に、エンジン 11 の吸排気系統の説明を行う。図 4 において、65 はエアクリーナ、66 はエアクリーナ 65 から吸い込まれた空気を加圧するターボ、67 はこのターボ 66 で加圧されエンジン 11 に吸い込まれる空気の冷却を行うインタクーラ、68 はこのインタクーラ 67 の入口に接続されたインタクーラ入口配管、69 はインタクーラ 67 の出口

50

に接続されたインタクーラ出口配管である。70はエンジン11に設けられ、インタクーラ67で冷却された空気を吸い込んで燃料と混合して燃焼させる複数のシリンダである。71はこれらの複数のシリンダ70で発生した燃焼ガスの排気を行う排気配管、72はマフラである。

【0038】

次に、図4のエンジン11の冷却水系統と吸排気系統における各種センサについて説明する。R1はエンジン11の図示しないクランクシャフトにおける回転数を計測する回転数センサである。T4はラジエータ入口配管47に設けられ、ラジエータ46に流入する冷却水の温度を検出するラジエータ入口温度センサである。T5はラジエータ出口配管48に設けられ、ラジエータ46から流出する冷却水の温度を検出するラジエータ出口温度センサである。T1はインタクーラ入口配管68に設けられ、インタクーラ67に流入する空気の温度を検出するインタクーラ入口温度センサである。T2はインタクーラ出口配管69に設けられ、インタクーラ67から排出する空気の温度を検出するインタクーラ出口温度センサである。また、T3は排気配管71に設けられ、エンジンの排気温度を検出する排気温度センサであり、エンジンが16気筒の場合、気筒毎にT101～T116まで16個設置されている。

10

【0039】

エンジン11の冷却水系統と吸排気系統の動作状態を検出するためのセンサ群20(図2参照)に含まれる各センサで取得した状態量は、エンジンモニタ装置13に入力される。そして、エンジンモニタ装置13は、センサデータをエンジン11の冷却水系統と吸排気系統に関するセンシングデータとしてネットワーク回線を介して診断装置100に送信する。

20

【0040】

次に、図5を用いて診断装置100の構成について説明する。図5は本発明の診断装置の一実施の形態の構成を示す概略構成図である。

図5に示すように診断装置100は、稼働データ受信部110と、診断センサデータ抽出部102と、条件センサデータ抽出部104と、診断処理部112と、個別学習処理部113と、再学習要否判定部114と、診断結果記憶部116と、診断手順記憶部118と、個別学習手順記憶部120と、部品交換履歴記憶部122と、部品-診断項目関連テーブル記憶部124と、更新処理部126と、通信処理部128とを備えている。

30

【0041】

稼働データ受信部110は、図2に示すように通信線を介してエンジンモニタ装置13および油圧モニタ装置23と接続されていて、部位系統毎の状態量として各種センサの計測データを稼働データとして受信する。

【0042】

診断センサデータ抽出部102は、稼働データ受信部110で受信した稼働データのなかから、第1センサデータとして、診断項目ごとの診断処理もしくは学習処理に用いるセンサ項目の稼働データのみを抽出し、診断処理部112と個別学習処理部113へ出力する。

【0043】

条件センサデータ抽出部104は、稼働データ受信部110で受信した稼働データのなかから、第2センサデータとして、診断項目ごとの診断条件もしくは学習データ条件の判断に用いるセンサ項目の稼働データのみを抽出し、診断処理部112と個別学習処理部113へ出力する。

40

【0044】

診断処理部112は、診断センサデータ抽出部102と、条件センサデータ抽出部104からの稼働データの入力に対して、診断手順記憶部118からの診断処理を実行するための手順及び条件に基づいて、作業機械のエンジンや油圧システムなどの部位系統ごとの稼働状態を診断するための診断処理を実行する。

【0045】

50

診断手順記憶部 118 は、診断処理部 112 で実行する部位系統ごとの診断処理のための手順および条件を記憶している。

【0046】

診断結果記憶部 116 は、診断処理部 112 が診断処理を実行した結果を記憶している。

【0047】

個別学習処理部 113 は、診断センサデータ抽出部 102 と、条件センサデータ抽出部 104 からの稼働データの入力に対して、個別学習手順記憶部 120 からの個別学習を実行するための手順及び条件に基づいて、診断処理部 112 が部位系統ごとの診断処理を実行する際に参照する診断手順記憶部 118 の診断指標を更新する処理を実行する。

10

【0048】

個別学習手順記憶部 120 は、個別学習処理部 113 が部位系統ごとの個別学習を実行するための手順および条件を記憶している。

【0049】

部品交換履歴記憶部 122 は、外部サーバからアップロードされた部品交換履歴情報を記憶している。

【0050】

部品 - 診断項目関連テーブル記憶部 124 は、部位系統ごとの診断項目について、作業機械の部品との関連付けを行うテーブルを記憶している。

【0051】

20

再学習要否判定部 114 は、部品交換履歴記憶部 122 と部品 - 診断項目関連テーブル記憶部 124 と診断手順記憶部 118 とからの情報に基づいて、部位系統ごとの再学習処理の実行要否を判定する処理を行い、その信号を個別学習処理部 113 へ出力する。

【0052】

通信処理部 128 は、外部サーバとの通信を司り、サーバとの間で情報の送受信処理を行う。サーバから受信した情報については更新処理部 126 に送信し、サーバからの要求に応じて各種記憶情報をサーバへ送信する処理を行う。

【0053】

更新処理部 126 は、個別学習手順記憶部 120 と部品交換履歴記憶部 122 と部品 - 診断項目関連テーブル記憶部 124 と通信処理部 128 とに接続されていて、各記憶部の更新処理を実行する。

30

【0054】

次に、診断装置 100 が行う処理内容の詳細について図面を用いて説明する。稼働データ受信部 110 は、図 2 に示す通信線を介してエンジンモニタ装置 13 および油圧モニタ装置 23 と接続されており、部位系統毎の状態量として各種センサの稼働データを受信する。

【0055】

図 6 は本発明の診断装置の一実施の形態における稼働データの構成例の一例を示す表図である。例えば、稼働データは、部位系統 ID とセンサ ID とセンサ値とをひとつのまとまりとして構成するメッセージ本体と、診断装置 100 の図示しない内部クロックによって計測した当該メッセージの受信日時とで構成されている。ここで、部位系統 ID は、対象センサの取り付けられている部位系統を特定するための ID であり、センサ ID は、対象部位系統に取り付けられているセンサのなかから対象センサを一意に特定するための ID である。センサ値は、部位系統 ID とセンサ ID とから特定される唯一のセンサによる計測値を示している。

40

【0056】

図 7 は本発明の診断装置の一実施の形態を適用する作業機械における構成系統とセンサ情報の体系の一例を示す表図である。図 7 に示すように部位系統としては、例えば、油圧システム系統と、エンジン冷却水系統と、エンジン排気系統と、エンジン吸気系統がある。そして、ここでは、それぞれの部位系統 ID として、m1、m2、m3、m4 を割り当

50

てている。また、部位系統には、稼働状況を確認するために複数の物理量を計測するためのセンサが取り付けられている。例えば、エンジン吸気系統（m4）に関しては、インタクーラ入口温度センサと、インタクーラ出口温度センサと、が取り付けられている。そして、ここでは、それぞれのセンサIDとしてT1、T2を割り当てている。従って、作業機械に取り付けられているセンサに関しては部位系統IDとセンサIDの組み合わせによって一意に特定可能になっている。

【0057】

次に、診断手順記憶部118が記憶している内容について図8を用いて説明する。図8は本発明の診断装置の一実施の形態における診断手順記憶部に格納されている情報の一例を示す表図である。

10

【0058】

診断手順記憶部118は、診断処理部112で実行する部位系統ごとの診断処理のための手順および条件を記憶している。具体的には、図8に示すように、診断項目と、更新日と、第1センサである診断センサと、第2センサである条件センサおよび診断条件と、前処理と、異常判定処理と、診断指標に関する情報を記憶している。診断項目とは、診断対象とする部位・系統の故障モードを示している。更新日とは、当該診断項目の診断指標が個別学習処理部113によって更新された日付が記録されている。診断センサとは、該診断項目ごとの診断処理で用いる第1センサデータのセンサIDを示している。条件センサおよび診断条件とは、診断項目ごとの診断処理を実行するための条件と第2センサデータのセンサIDを示しており、ここで示した条件を満足する場合に限って以降の前処理と異常判定処理を実行することを意味している。例えば、項目ID=1の場合、第1センサである診断センサは、メインポンプの油圧を検出する油圧センサP1~P6であり、第2センサである条件センサは、作動油温度を検出する作動油温度センサT10である。

20

【0059】

前処理とは、診断センサデータに対して行う処理内容を記載している。図8示す項目ID=1、3については「正常クラスタ中心からの乖離距離L」を求めるとなっており、診断指標に記憶しているクラスタ中心と標準偏差の値をもとに計算する。一方、項目ID=2、4については「出入口温度差」となっており、診断センサの間の差分から求められる。

【0060】

異常判定処理とは、前処理の結果について異常発生の有無を判定するための処理内容を記載している。項目ID=1、3については、乖離距離Lと値「3」との大小関係を判定する。一方、項目ID=2、4については出入口温度差と診断指標との大小関係を判定する。いずれの項目もこれを満足するケースにおいて異常と判定する。診断指標とは、個別学習処理113が更新対象とする診断用パラメータである。

30

【0061】

次に、診断装置100の診断処理部112が実行する処理内容について図9を用いて説明する。図9は本発明の診断装置の一実施の形態における診断処理部が行う処理内容を示すフローチャート図である。

【0062】

診断処理部112は、診断手順記憶部118から診断手順に関する情報を読み込む（ステップS1000）。この処理ステップは、診断処理が起動したタイミングと診断手順記憶部118の内容が更新されたタイミングに実行するように設定する。

40

【0063】

診断処理部112は、診断センサデータ抽出部102から診断センサデータを受信すると共に、条件センサデータ抽出部104から条件センサデータを受信する（ステップS100）。

【0064】

次に、診断処理部112は、図8に示す診断手順記憶部118に記憶されている診断項目毎に（ステップS1200）以降の処理を実行する。

50

診断処理部 1 1 2 は、(ステップ S 1 1 0 0) で抽出した条件センサに基づいて診断条件を満たしているか否かを判断する(ステップ S 1 2 0 0)。

例えば、図 8 に示す項目 I D = 1 の場合、診断条件としては「T 1 0 4 0」となっており、これを満たした場合に Y E S の判定となり、満たさない場合に N O の判定となる。

【 0 0 6 5 】

(ステップ S 1 2 0 0) で Y E S の判定となった場合、診断処理部 1 1 2 は、前処理を実行する(ステップ S 1 3 0 0)。前処理の内容は診断項目ごとに異なっており、ここでは 2 通りの方法を採用している。図 8 に示す項目 I D = 1、3 では、「正常クラスタ中心からの乖離距離」の計算であり、項目 I D = 2、4 では、「出入口温度差」の計算である。

10

【 0 0 6 6 】

前者の乖離距離の計算について以下に説明する。

診断センサを d_1, d_2, \dots, d_N とし、診断指標である正常クラスタ中心を $\mu(d_1), \mu(d_2), \dots, \mu(d_N)$ 、標準偏差を $\sigma(d_1), \sigma(d_2), \dots, \sigma(d_N)$ とした場合、乖離距離 $L(d_1, d_2, \dots, d_N)$ は以下の数式 1 で計算する。

【 0 0 6 7 】

【数 1】

$$L(d_1, d_2, \dots, d_N) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{d_i - \mu(d_i)}{\sigma(d_i)} \right)^2}$$

20

【 0 0 6 8 】

ここで、 d_1, d_2, \dots, d_N については項目 I D = 1 についてはメインポンプ油圧である P 1 ~ P 6 が相当し、項目 I D = 3 については、排気温度である T 1 0 0 ~ T 1 1 6 が相当する。

【 0 0 6 9 】

一方、後者の「出入口温度差」の計算については、図 8 に示す項目 I D = 2、4 のそれぞれの診断センサ「T 4、T 5」、「T 1、T 2」について差分温度 T を計算する。

【 0 0 7 0 】

図 9 に戻り、診断処理部 1 1 2 は、異常判定処理を実行する(ステップ S 1 4 0 0)。当該処理ステップでは、図 8 に示す診断手順記憶部 1 1 8 の「異常判定処理」に記載されている処理を実行する。すなわち、(ステップ S 1 3 0 0) で計算した前処理の結果について、異常判定閾値との比較処理を実行する。これを満足する場合には、異常判定処理の結果は「異常」であり、満たさない場合には、「正常」との判定結果となる。

30

【 0 0 7 1 】

診断処理部 1 1 2 は、(ステップ S 1 3 0 0) と (ステップ S 1 4 0 0) で計算した結果を診断結果記憶部 1 1 6 に出力する(ステップ S 1 5 0 0)。以降、新しい稼働データ(診断項目 I D) について(ステップ S 1 1 0 0) からの処理を繰り返す。

【 0 0 7 2 】

図 5 に戻り、再学習要否判定部 1 1 4 が行う処理について説明する。再学習要否判定部 1 1 4 は、部品交換履歴記憶部 1 2 2 と、部品 - 診断項目関連テーブル記憶部 1 2 4 と、診断手順記憶部 1 1 8 の情報に基づいて、図 8 で示す診断項目ごとの診断指標の更新の要否を判定する処理を行う。

40

【 0 0 7 3 】

図 1 0 は本発明の診断装置の一実施の形態における部品交換履歴記憶部に格納されている情報の一例を示す表図である。ここに記録されている部品交換履歴データは、外部サーバから受信したデータであり、通信処理部 1 2 8 と更新処理部 1 2 6 を介して書き込まれたものである。図 1 0 に示すように部品交換履歴記憶部 1 2 2 には、実施日時と、部品と、作業内容のフィールドを有している。実施日時には、部品交換作業が行われた日付が記

50

録されている。また、部品とは、作業が行われた部品そのものの名称である。作業内容には、例えば、「交換」「オーバーホール」「調整」などの項目が入る。この部品交換履歴記憶部 1 2 2 の内容は外部サーバから部品交換履歴データが到着するごとに追記の形で更新される。

【 0 0 7 4 】

図 1 1 は本発明の診断装置の一実施の形態における部品 診断項目関連テーブル記憶部に格納されている情報の一例を示す表図である。部品 診断項目関連テーブル記憶部 1 2 4 には、部品と、作業内容と、再学習必要な診断項目のフィールドを有している。ここで、部品と作業内容については、図 1 0 で示した部品交換履歴と同じインデックス表記の項目が入り、一通りの部品アイテムと作業内容が記載されている。そして、再学習必要な診断項目については、当該部品交換作業が行われた際に診断指標を更新すべき診断項目の項目 ID が記されている。

10

【 0 0 7 5 】

例えば、図 1 1 の 1 行目は、部品「エンジン」を作業内容「交換」した場合には項目 ID = 1、2、3、4 の診断項目の診断指標を更新するべきであることを意味している。図 1 1 の 3 行目は、部品「エンジンオイル」を作業内容「交換」した場合には、どの診断項目も再学習する必要はないことを意味している。

【 0 0 7 6 】

次に、診断装置 1 0 0 の再学習要否判定部 1 1 4 が実行する再学習要否判定処理の内容について図 1 2 を用いて説明する。図 1 2 は本発明の診断装置の一実施の形態における再学習要否判定部が行う処理内容を示すフローチャート図である。

20

【 0 0 7 7 】

再学習要否判定部 1 1 4 は、部品交換履歴記憶部 1 2 2 の情報を読み込む（ステップ S 2 0 0 0）。

【 0 0 7 8 】

再学習要否判定部 1 1 4 は、部品 診断項目関連テーブル記憶部 1 2 4 の情報を読み込む（ステップ S 2 1 0 0）。

【 0 0 7 9 】

再学習要否判定部 1 1 4 は、診断手順記憶部 1 1 8 から診断手順に関する情報を読み込む（ステップ S 2 2 0 0）。

30

【 0 0 8 0 】

次に、再学習要否判定部 1 1 4 は、図 8 に示す診断手順記憶部 1 1 8 に記憶されている診断項目毎に（ステップ S 2 3 0 0）以降の処理を実行する。

再学習要否判定部 1 1 4 は、診断手順記憶部 1 1 8 の対象とする診断項目の更新日と、部品交換履歴記憶部 1 2 2 の項目の実施日時とを比較して新しい部品交換履歴データが存在しないかを確認する（ステップ S 2 3 0 0）。ここで、新しい部品交換履歴データが存在する場合には YES の判定となって（ステップ S 2 4 0 0）に進み、新しい部品交換履歴データが存在しない場合には NO の判定となり、次の診断項目の処理に移行する。

【 0 0 8 1 】

再学習要否判定部 1 1 4 は、新しい部品交換履歴データが存在した場合に、部品 - 診断項目関連テーブル記憶部 1 2 4 を参照して、再学習必要な診断項目に当該診断項目が含まれているか否かを判断する（ステップ S 2 4 0 0）。そして、再学習必要な診断項目に当該診断項目が含まれている場合には、次の（ステップ S 2 5 0 0）において、更新必要の判断において、更新必要である YES と判定し、含まれていない場合には、更新不要である NO と判定する（ステップ S 2 5 0 0）。

40

【 0 0 8 2 】

再学習要否判定部 1 1 4 は、（ステップ S 2 5 0 0）において NO の判定のときには、次の診断項目の処理に移行する。一方、YES の判定のときは、当該診断項目について再学習が必要との診断結果を個別学習処理部 1 1 3 に通知する処理を行う（ステップ S 2 6 0 0）。

50

【0083】

以上の（ステップS2300）から（ステップS2600）の処理を全ての診断項目について実施した後に再学習要否判定部114の一連の処理を終了する。

【0084】

次に、個別学習処理部113の処理内容について図13を用いて詳細に説明する。図13は本発明の診断装置の一実施の形態における個別学習手順記憶部に格納される情報の一例を示す表図である。上述したように個別学習処理部113は、診断センサデータ抽出部102と、条件センサデータ抽出部104からの稼動データの入力に対して、個別学習手順記憶部120からの個別学習を実行するための手順及び条件に基づいて、診断処理部112が部位系統ごとの診断処理を実行する際に参照する診断手順記憶部118の診断指標を更新する処理を実行する。

10

【0085】

図13に示す個別学習手順記憶部120の項目数（4）は、診断手順記憶部118の項目数（4）と同数であり、かつ同じ診断項目名称が記載されている。個別学習手順記憶部120は、診断項目と、データ数と、学習データ条件と、診断指標と、算出条件とのフィールドを有している。

【0086】

診断項目とは、診断対象とする部位・系統の故障モードを示している。データ数には、以降の学習処理を行うために必要となるデータ数が示されている。ここでは、100[ms]間隔のサンプリングで稼動データを受信するケースを想定した蓄積データ時間と蓄積データ点数が示されている。

20

【0087】

学習データ条件には蓄積するデータの条件が記されており、基本的には診断手順記憶部118の診断条件と同じ条件が適用される。診断指標には、学習すべき診断用パラメータが記載されており、こちらも基本的には診断手順記憶部118の診断指標と同じ内容が適用される。算出条件には、蓄積したデータ集合からどのように診断指標を算出するのか、を示す条件が記されている。ここで、項目ID=2、4については「分布95%点+10」と記載されているが、これは、蓄積データ分布における上位95%位置に相当する数値（温度）について10加算した数値の温度を診断指標に採用することを意味している。

30

【0088】

次に、診断装置100の個別学習処理部113が実行する処理の内容について図14を用いて説明する。図14は本発明の診断装置の一実施の形態における個別学習処理部が行う処理内容を示すフローチャート図である。

【0089】

個別学習処理部113は、再学習要否判定部114から、再学習が必要な診断項目に関する情報を受け取ったか否かを判断する（ステップS3000）。ここで、情報を受け取った場合には、YESと判定し（ステップS3100）へ進み、受け取らない場合には、NOと判定して戻る。

【0090】

個別学習処理部113は、個別学習手順記憶部120の情報を読み込む（ステップS3100）。

40

【0091】

個別学習処理部113は、診断手順記憶部118の情報を読み込む（ステップS3200）。

【0092】

次に、個別学習処理部113は、（ステップS3000）において再学習必要と通知を受けた診断項目に限定して（ステップS3300）以降の処理を実行する。

個別学習処理部113は、個別学習手順記憶部120の情報を基に、再学習必要と判断された診断項目のデータ数に基づいて学習用データを蓄積する処理を行う（ステップS3

50

300)。ここで、蓄積する学習用データは学習データ条件を満足する時刻のデータを採用し、かつ診断指標の算出に必要なセンサデータを蓄積する。

【0093】

個別学習処理部113は、診断指標の算出処理を実行する(ステップS3400)。ここで、図13に示す個別学習手順記憶部120の項目ID=1、3については、必要データ数を満たす蓄積学習用データを用いて、対象センサの平均値と標準偏差を計算してクラスタ中心と標準偏差に設定する。一方、図13に示す個別学習手順記憶部120の項目ID=2、4については、必要データ数を満たす蓄積学習用データを用いて、対象センサの上位95%位置の温度データを検索し、その温度に10加算した値を診断指標として計算する。これらの処理は、個別学習手順記憶部120の診断指標と算出条件の記載の内容に基づいて達成される。

10

【0094】

図14に戻り、個別学習処理部113は、診断手順記憶部118の当該診断項目における診断指標の内容を(ステップS3400)で求めた診断指標の内容に更新するとともに診断手順記憶部118の当該診断項目における更新日時について部品交換履歴記憶部122の実施日時の日付データで更新する(ステップS3500)。

【0095】

以上の(ステップS3300)から(ステップS3500)の処理を再学習必要と通知を受けた診断項目について実施した後に個別学習処理部113の一連の処理を終了する。

【0096】

上述した本発明の診断装置の一実施の形態によれば、診断項目ごとに個別に学習手順を設定できるので、部品交換により更新が必要と判定した診断項目について、個別の学習条件を基に再学習処理が実行できて、診断指標を更新できる。この結果、再学習後の診断性能向上を実現できるので、連続稼働を阻止する故障発生を精度よく未然に防ぐことができ、作業機械の生産性が向上する。

20

【0097】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。

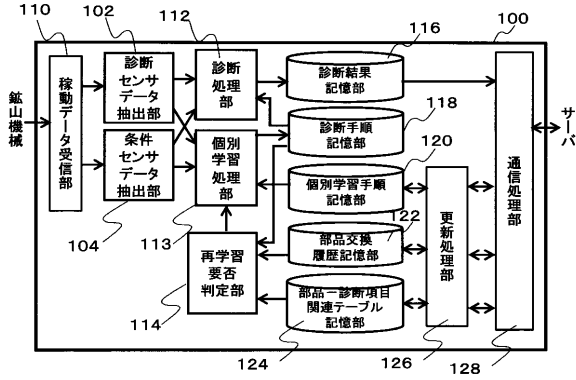
【符号の説明】

30

【0098】

1...作業機械、100...診断装置、102...診断センサデータ抽出部、104...条件センサデータ抽出部、110...稼働データ受信部、112...診断処理部、113...個別学習処理部、114...再学習要否判定部、116...診断結果記憶部、118...診断手順記憶部、120...個別学習手順記憶部、122...部品交換履歴記憶部、124...部品-診断項目関連テーブル記憶部、126...更新処理部、128...通信処理部

【図5】



【図6】

受信日時
部位系統ID, センサID, センサ値
部位系統ID, センサID, センサ値
...

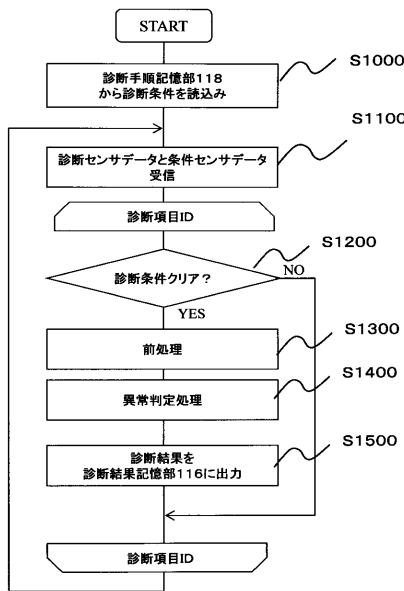
【図7】

部位系統ID	センサID	取得データ
油圧システム系統(m1)	メインポンプ油圧センサ(P1~P6)	メインポンプオイル油圧(MPa)
エンジン冷却水系統(m2)	作動油温度センサ(T10)	作動油温度(°C)
エンジン排気系統(m3)	オイルクーラ前温度センサ(T11)	オイルクーラ前温度(°C)
エンジン吸気系統(m4)	オイルクーラ出口温度センサ(T12)	オイルクーラ出口温度(°C)
...
	エンジン回転数センサ(R1)	エンジン回転数(rpm)
	ラジエータ入口温度センサ(T4)	ラジエータ入口温度(°C)
	ラジエータ出口温度センサ(T5)	ラジエータ出口温度(°C)
	排気温度センサ(T101~T116)	排気温度(°C)
	インタークーラ入口温度センサ(T1)	インタークーラ入口温度(°C)
	インタークーラ出口温度センサ(T2)	インタークーラ出口温度(°C)

【図8】

診断項目	更新日	診断センサ	条件センサおよび診断条件	前処理	異常判定処理	診断指標
1	2015.02.19	P1~P6	T10 ≥ 40°C	正常クラスタ中心からの 標準偏差(σ(P1)~σ(P6))	L ≥ 3σ	クラスタ中心: μ(P1)~μ(P6) 標準偏差: σ(P1)~σ(P6)
2	2015.03.20	T4,T5	RI ≥ 2000rpm	出入口温度差 ΔT = T4 - T5	ΔTc ≥ TcTh	TcTh
3	2015.02.19	T101~T116	RI ≥ 1700rpm	正常クラスタ中心からの 標準偏差(σ(T101)~σ(T116))	L ≥ 3σ	クラスタ中心: μ(T101)~μ(T116) 標準偏差: σ(T101)~σ(T116)
4	2015.02.19	T1,T2	RI ≥ 1400rpm	出入口温度差 ΔT = T1 - T2	ΔTi ≥ TTh	TTh

【図9】



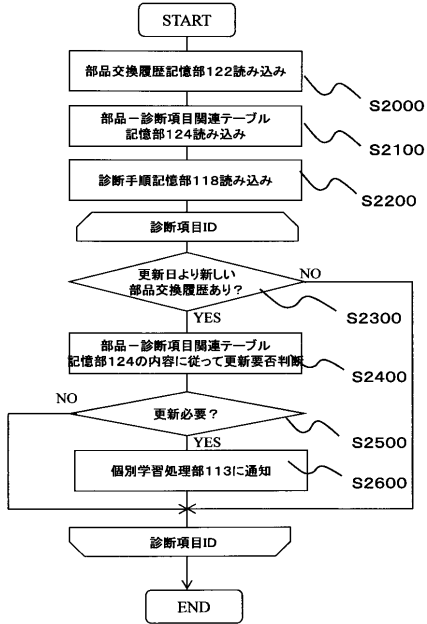
【図11】

部品	作業内容	再学習必要な診断項目
エンジン	交換	1,2,3,4
エンジン	オーバーホール	1,2,3,4
エンジンオイル	交換	-
エンジンオイルフィルタ	交換	-
冷却水	交換	2
ラジエータ	交換	2
インタークーラ	交換	4
作動油	交換	1
メインポンプ	交換	1
...

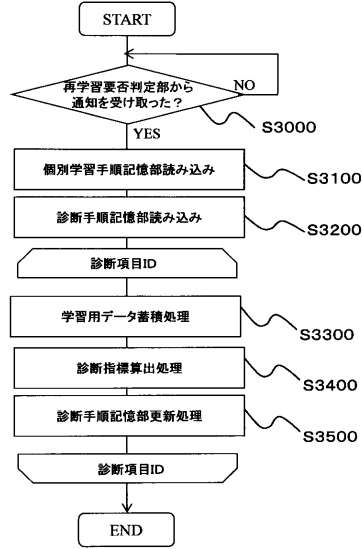
【図10】

実施日時	部品	作業内容
2015.03.20	エンジンオイル	交換
2015.03.20	冷却水	交換
2015.02.19	作動油	交換
2015.02.19	エンジン	オーバーホール
...

【 図 1 2 】



【 図 1 4 】



【 図 1 3 】

診断項目	データ数	学習データ条件	診断指標	算出条件
1 ポンプ油圧異常	12hours (432000点)	T10 ≥ 40℃	クラスタ中心: $\mu(P1) \sim \mu(P6)$ 標準偏差: $\sigma(P1) \sim \sigma(P6)$	-
2 エンジン冷却水異常	18hours (648000点)	RI ≥ 2000rpm	Teth	分布95%点+10℃
3 エンジン排気温度異常	24hours (864000点)	RI ≥ 1700rpm	クラスタ中心: $\mu(T101) \sim \mu(T116)$ 標準偏差: $\sigma(T101) \sim \sigma(T116)$	-
4 エンジン吸気温度異常	20hours (720000点)	RI ≥ 1400rpm	Tth	分布95%点+10℃

フロントページの続き

(72)発明者 相原 三男

茨城県土浦市神立町 6 5 0 番地

日立建機株式会社 土浦工場内

Fターム(参考) 3C223 AA22 BA04 BB12 CC02 CC04 DD03 EB01 FF13 FF14 FF26

FF35 FF52 GG01 HH02 HH29

3G384 AA25 BA11 DA44 DA64 EC11 FA28B FA45B FA56B FA86B