

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5220917号
(P5220917)

(45) 発行日 平成25年6月26日(2013.6.26)

(24) 登録日 平成25年3月15日(2013.3.15)

| | |
|------------------------|----------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| GO 1 M 99/00 (2011.01) | GO 1 M 99/00 |
| EO 2 F 9/26 (2006.01) | EO 2 F 9/26 Z |
| GO 5 B 23/02 (2006.01) | GO 5 B 23/02 V |

請求項の数 13 (全 26 頁)

| | | | |
|---------------|------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2011-505945 (P2011-505945) | (73) 特許権者 | 000005522 日立建機株式会社 東京都文京区後楽二丁目5番1号 |
| (86) (22) 出願日 | 平成22年3月3日(2010.3.3) | (74) 代理人 | 100077816 弁理士 春日 譲 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/JP2010/053470 | (74) 代理人 | 100156524 弁理士 猪野木 雄一 |
| (87) 国際公開番号 | W02010/110021 | (72) 発明者 | 鈴木 英明 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内 |
| (87) 国際公開日 | 平成22年9月30日(2010.9.30) | (72) 発明者 | 古野 義紀 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機 株式会社土浦工場 知的財産部内 |
| 審査請求日 | 平成24年1月30日(2012.1.30) | | |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2009-71120 (P2009-71120) | | |
| (32) 優先日 | 平成21年3月24日(2009.3.24) | | |
| (33) 優先権主張国 | 日本国(JP) | | |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 建設機械の異常検出装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

建設機械の複数の部位にそれぞれ配置されて複数の関連する物理状態を検出し、複数のセンサ情報を出力する複数のセンサ手段を備えた建設機械の異常検出装置において、

前記複数のセンサ手段から出力される複数のセンサ情報を入力して前記複数のセンサ手段に対応する複数のセンサ情報の各々の所定期間における時系列的物理状態情報を生成し、前記複数のセンサ情報の各々の時系列的物理状態情報に対して、時系列的物理状態情報間の複数の相関係数を算出する相関係数算出手段と、

該相関係数算出手段によって算出された複数の相関係数どうしを比較して前記複数の相関係数のそれぞれについての他の相関係数との差異の程度を算出する相関係数比較手段と

10

、
該相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応するセンサ手段に関連する部位に異常があったと判定する異常判定手段とを備えたことを特徴とする異常検出装置。

【請求項2】

請求項1記載の建設機械の異常検出装置において、

前記複数のセンサ手段は、前記複数の関連する物理状態として3つ以上の同じ物理状態を検出する3つ以上のセンサ手段であり、

前記相関係数算出手段は、前記3つ以上のセンサ手段から出力される3つ以上のセンサ情報を入力して、同一期間における3つ以上の時系列的物理状態情報を生成し、前記3つ

20

以上の時系列的物理状態情報から前記複数の相関係数を算出することを特徴とする異常検出装置。

【請求項3】

請求項1記載の建設機械の異常検出装置において、

前記複数のセンサ手段は、前記複数の関連する物理状態として2つ以上の関連して変化する物理状態を検出する2つ以上のセンサ手段であり、

前記相関係数算出手段は、前記2つ以上のセンサ手段から出力される2つ以上のセンサ情報を3つ以上の異なる期間のそれぞれにおいて入力して、センサ手段毎に同一期間における3つ以上の時系列的物理状態情報を生成し、前記センサ手段毎の3つ以上の時系列的物理状態情報から前記複数の相関係数を算出することを特徴とする異常検出装置。

10

【請求項4】

請求項1～3のいずれか1項記載の建設機械の異常検出装置において、

前記相関係数比較手段は、前記相関係数算出手段によって算出された複数の相関係数のそれぞれについて前記複数の相関係数間の正規化した偏差を求め、この正規化した偏差に基づいて前記差異の程度を算出することを特徴とする異常検出装置。

【請求項5】

請求項1～3のいずれか1項記載の建設機械の異常検出装置において、

前記相関係数比較手段は、前記相関係数算出手段によって算出された複数の相関係数からそれらの平均値と標準偏差を用いて前記複数の相関係数間の正規化した偏差を求め、この正規化した偏差の絶対値に応じて異常情報フラグとしての相関比較値を決定し、この相関比較値を集計して前記差異の程度を示す値を算出することを特徴とする異常検出装置。

20

【請求項6】

請求項1又は2記載の建設機械の異常検出装置において、

前記建設機械は複数の油圧ポンプを備え、

前記複数のセンサ手段は、前記複数の油圧ポンプにそれぞれ配置されて前記複数の油圧ポンプの圧力を検出し、圧力情報を出力する複数の圧力センサを含み、

前記異常判定手段は、前記相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応する相関係数の圧力センサに関連する油圧ポンプに異常があったと判定することを特徴とする異常検出装置。

【請求項7】

30

請求項6記載の建設機械の異常検出装置において、

該建設機械の操作情報を検出する操作情報検出手段と、

該操作情報に基づいて各油圧ポンプの動作状態を判定する油圧ポンプ動作判定手段とを備え、

前記相関係数算出手段は、前記動作判定手段の判定結果に基づいて、動作している油圧ポンプのみの圧力情報を用いて前記相関係数を算出することを特徴とする異常検出装置。

【請求項8】

請求項1又は2記載の建設機械の異常検出装置において、

前記建設機械は複数の気筒が配置されたエンジンを備え、

前記複数のセンサ手段は、前記エンジンの複数の気筒にそれぞれ配置されて前記複数の気筒の温度を検出し、温度情報を出力する複数の温度センサを含み、

前記異常判定手段は、前記相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応する温度センサに関連する気筒に異常があったと判定することを特徴とする異常検出装置。

40

【請求項9】

請求項8記載の建設機械の異常検出装置において、

前記エンジンのエンジン回転数を検出する回転数検出手段を備え、

前記相関係数算出手段は、前記回転数検出手段によって検出された前記エンジン回転数が所定の値以上の場合のみの該温度情報を用いて前記相関係数を算出することを特徴とする異常検出装置。

50

【請求項 10】

請求項 1 又は 3 記載の建設機械の異常検出装置において、

前記建設機械は、

エンジンと、

前記エンジンによって駆動され、タンク内の作動油を汲み上げて吐出する油圧ポンプと

、
前記油圧ポンプから吐出された作動油がコントロールバルブを介して供給され、その作動油によって駆動される油圧アクチュエータと、

前記油圧アクチュエータから前記コントロールバルブを介してタンクへと戻される作動油を冷却する作動油冷却装置とを備え、

前記作動油冷却装置は、

作動油が戻される経路に配置され、前記作動油を冷却する作動油クーラと、

前記作動油クーラを冷却する冷却ファンとを有し、

前記複数のセンサ手段は、

外気温度を検出する第 1 温度センサと、

前記タンク内の作動油の温度を検出する第 2 温度センサと、

前記作動油クーラの入口側における作動油の温度を検出する第 3 温度センサと、

前記作動油クーラの出口側における作動油の温度を検出する第 4 温度センサとを含み、

前記異常判定手段は、前記相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応する温度センサに関連する前記作動冷却装置の部位に異常があったと判定することを特徴とする異常検出装置。

【請求項 11】

請求項 1 又は 3 記載の建設機械の異常検出装置において、

前記建設機械は、

エンジンと、

前記エンジンによって駆動され、オイルパン内のエンジンオイルを汲み上げて吐出しエンジン内を循環させるオイルポンプ、前記エンジン内を循環したエンジンオイルが前記オイルパンに戻される経路に配置され、前記作動油を冷却するオイルクーラを有するエンジンオイル冷却系統と、

前記オイルクーラを冷却するウォータージャケット、前記エンジンによって駆動され、冷却水を前記ウォータージャケットに供給するウォーターポンプ、前記ウォータージャケットを通過した冷却水が前記ウォーターポンプに戻される経路に配置され、前記冷却水を冷却するラジエータ、前記エンジンにより駆動され、前記ラジエータを冷却する冷却ファンを有する冷却水冷却系統とを備え、

前記複数のセンサ手段は、

前記エンジンのエンジン回転数を検出する回転数センサと、

前記オイルポンプから吐出されたエンジンオイルの圧力を検出する第 1 圧力センサと、

前記ウォーターポンプから吐出された冷却水の圧力を検出する第 2 圧力センサとを含み

、
前記相関係数算出手段は、前記回転数センサから出力されるエンジン回転数情報と前記第 1 及び第 2 圧力センサから出力される圧力情報のそれぞれについて他の情報との相関係数を算出し、

前記相関係数比較手段は、前記相関係数算出手段によって算出された相関係数どうしを比較して差異の程度を算出し、

前記異常判定手段は、前記相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応するセンサ手段に関連する機器に異常があったと判定することを特徴とする異常検出装置。

【請求項 12】

請求項 1 又は 3 記載の建設機械の異常検出装置において、

前記建設機械は、

10

20

30

40

50

エンジンと、

前記エンジンによって駆動され、オイルパン内のエンジンオイルを汲み上げて吐出しエンジン内を循環させるオイルポンプ、前記エンジン内を循環したエンジンオイルが前記オイルパンに戻される経路に配置され、前記作動油を冷却するオイルクーラを有するエンジンオイル冷却系統と、

前記オイルクーラを冷却するウォータージャケット、前記エンジンによって駆動され、冷却水を前記ウォータージャケットに供給するウォーターポンプ、前記ウォータージャケットを通過した冷却水が前記ウォーターポンプに戻される経路に配置され、前記冷却水を冷却するラジエータ、前記エンジンにより駆動され、前記ラジエータを冷却する冷却ファンを有する冷却水冷却系統とを備え、

10

前記複数のセンサ手段は、

前記エンジンオイルの温度を検出する第1温度センサと、

前記冷却水の温度を検出する第2温度センサとを含み、

前記異常判定手段は、前記相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、前記エンジンオイル冷却系統及び前記冷却水冷却系統のうち、対応する温度センサに関連するものに異常があったと判定することを特徴とする異常検出装置。

【請求項13】

請求項1～12のいずれか1項記載の建設機械の異常検出装置において、

前記相関係数算出手段及び相関係数比較手段に代えて、前記複数のセンサ情報の各々の時系列的物理状態情報に対して、時系列的物理状態情報間の複数の相対比を算出する相対比算出手段と、該相対比算出手段によって算出された相対比どうしを比較して前記複数の相対値のそれぞれについての他の相対値との差異の程度を算出する相対比比較手段とを備え、

20

前記異常判定手段は、該相対比比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応するセンサ手段に関連する部位に異常があったと判定することを特徴とする異常検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、油圧ショベルなどの建設機械の異常を検出する異常検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

鉱山等で稼動する大型油圧ショベル等の建設機械においては、1日24時間ほとんど停止することなく365日連続稼動することが要求されるものがあり、異常停止する前に予め保守作業によって機器を万全な状態に保持する必要がある。一般的には、定期的に点検作業によって専門の保守員が点検を実施し、異常個所がないかを調査するとともに、異常が発見された場合には、必要な保守作業を行うことによって良好な機器状態が維持される。一方、点検保守作業を実施するためには、機器を停止する必要性が生じるため、連続稼働させたい運用者にとっては、機器状態が良好な限り、点検保守作業は運用にとっての障害となりうる。

40

【0003】

このため、各種センサを用いて機械の状態を測定し、異常がないかを監視する異常診断技術が開発されている。診断技術によって故障停止する前に異常を検出し、早期に保守対策を行うことで、機器の故障を未然に防ぐ予防保守が重視されるようになっている。

【0004】

一方で、異常診断のための診断アルゴリズムの開発には機械メーカーが鋭意取り組んでいるもののアルゴリズム開発の難しさから、適切な判定ができないケースがあった。適切な判定が難しい理由は、アルゴリズム開発時に行った実験環境と機械を利用するユーザがおかれている使用環境や運用形態が異なる点にある。

50

【 0 0 0 5 】

これに対して、実環境上での計測結果から判定しようとする発明がなされている。例えば特許文献1では、エンジンの気筒に配置された温度センサの出力の平均化温度を算出し、平均化温度との差異が一定以上になれば気筒の異常であると判定するものである。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献1 】特開平3 - 290046号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

10

【 0 0 0 7 】

しかしながら、鉱山向けの油圧ショベルなど大型のエンジンを搭載する機械においては、エンジンの冷却機構の配置によって気筒間で温度差があり、近年のエンジン制御においては低燃費化を向上するために馬力の必要ないときは、エンジンの片側バンクを休止させるといった複雑な制御を行っている。このような状況にあつて平均化温度を基準とすることは誤検出を招くことになる。また、油圧ポンプの制御はオペレータの操作に応じて行われるが、その制御は複雑であり、エンジンの制御に用いる異常の判定方法とは別の判定方法を用いる必要があつた。

【 0 0 0 8 】

本発明は以上の問題点に鑑みてなされたもので、建設機械のエンジンやポンプなどの機構部位の異常を複数のセンサ情報の関係に基づいて推定し、機械の故障を未然に防ぐことができる建設機械の異常検出装置を提供することを目的とする。

20

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために、本発明は、建設機械の複数の部位にそれぞれ配置されて複数の関連する物理状態を検出し、複数のセンサ情報を出力する複数のセンサ手段を備えた建設機械の異常検出装置において、前記複数のセンサ手段から出力される複数のセンサ情報を入力して前記複数のセンサ手段に対応する複数のセンサ情報の各々の所定期間における時系列的物理状態情報を生成し、前記複数のセンサ情報の各々の時系列的物理状態情報に対して、時系列的物理状態情報間の複数の相関係数を算出する相関係数算出手段と、該相関係数算出手段によって算出された複数の相関係数どうしを比較して前記複数の相関係数のそれぞれについての他の相関係数との差異の程度を算出する相関係数比較手段と、該相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応するセンサ手段に関連する部位に異常があつたと判定する異常判定手段とを備えたことを特徴とするものである。

30

【 0 0 1 0 】

また、本発明の異常検出装置は、前記複数のセンサ手段は、前記複数の関連する物理状態として3つ以上の同じ物理状態を検出する3つ以上のセンサ手段であり、前記相関係数算出手段は、前記3つ以上のセンサ手段から出力される3つ以上のセンサ情報を入力して、センサ手段毎に同一期間における3つ以上の時系列的物理状態情報を生成し、前記センサ手段毎の3つ以上の時系列的物理状態情報から前記複数の相関係数を算出することを特徴とするものである。

40

【 0 0 1 1 】

また、本発明の異常検出装置は、前記複数のセンサ手段は、前記複数の関連する物理状態として2つ以上の関連して変化する物理状態を検出する2つ以上のセンサ手段であり、前記相関係数算出手段は、前記2つ以上のセンサ手段から出力される2つ以上のセンサ情報を3つ以上の異なる期間のそれぞれにおいて入力して、センサ手段毎に同一期間における3つ以上の時系列的物理状態情報を生成し、前記センサ手段毎の3つ以上の時系列的物理状態情報から前記複数の相関係数を算出することを特徴とするものである。

【 0 0 1 2 】

50

また、本発明の異常検出装置は、前記相関係数比較手段は、前記相関係数算出手段によって算出された複数の相関係数のそれぞれについて前記複数の相関係数間の正規化した偏差を求め、この正規化した偏差に基づいて前記差異の程度を算出することを特徴とするものである。

【0013】

更に、本発明の異常検出装置は、前記相関係数比較手段は、前記相関係数算出手段によって算出された複数の相関係数からそれらの平均値と標準偏差を用いて前記複数の相関係数間の正規化した偏差を求め、この正規化した偏差の絶対値に応じて異常情報フラグとしての相関比較値を決定し、この相関比較値を集計して前記差異の程度を示す値を算出することを特徴とするものである。

10

【0014】

また、本発明の異常検出装置は、前記建設機械は複数の油圧ポンプを備え、前記複数のセンサ手段は、前記複数の油圧ポンプにそれぞれ配置されて前記複数の油圧ポンプの圧力を検出し、圧力情報を出力する複数の圧力センサを含み、前記異常判定手段は、前記相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応する相関係数の圧力センサに関連する油圧ポンプに異常があったと判定することを特徴とするものである。

【0015】

また、本発明の異常検出装置は、該建設機械の操作情報を検出する操作情報検出手段と、該操作情報に基づいて各油圧ポンプの動作状態を判定する油圧ポンプ動作判定手段とを備え、前記相関係数算出手段は、前記動作判定手段の判定結果に基づいて、動作している油圧ポンプのみの圧力情報を用いて前記相関係数を算出することを特徴とするものである。

20

【0016】

更に、本発明の異常検出装置は、前記建設機械は複数の気筒が配置されたエンジンを備え、前記複数のセンサ手段は、前記エンジンの複数の気筒にそれぞれ配置されて前記複数の気筒の温度を検出し、温度情報を出力する複数の温度センサを含み、前記異常判定手段は、前記相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応する温度センサに関連する気筒に異常があったと判定することを特徴とするものである。

30

【0017】

また、本発明の異常検出装置は、前記エンジンのエンジン回転数を検出する回転数検出手段を備え、前記相関係数算出手段は、前記回転数検出手段によって検出された前記エンジン回転数が所定の値以上の場合のみの該温度情報を用いて前記相関係数を算出することを特徴とするものである。

【0018】

また、本発明の異常検出装置は、前記建設機械は、エンジンと、前記エンジンによって駆動され、タンク内の作動油を汲み上げて吐出する油圧ポンプと、前記油圧ポンプから吐出された作動油がコントロールバルブを介して供給され、その作動油によって駆動される油圧アクチュエータと、前記油圧アクチュエータから前記コントロールバルブを介してタンクへと戻される作動油を冷却する作動油冷却装置とを備え、前記作動油冷却装置は、作動油が戻される経路に配置され、前記作動油を冷却する作動油クーラと、前記作動油クーラを冷却する冷却ファンとを有し、前記複数のセンサ手段は、外気温度を検出する第1温度センサと、前記タンク内の作動油の温度を検出する第2温度センサと、前記作動油クーラの入口側における作動油の温度を検出する第3温度センサと、前記作動油クーラの出口側における作動油の温度を検出する第4温度センサとを含み、前記異常判定手段は、前記相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応する温度センサに関連する前記作動油冷却装置の部位に異常があったと判定することを特徴とするものである。

40

【0019】

50

更に、本発明の異常検出装置は、前記建設機械は、エンジンと、前記エンジンによって駆動され、オイルパン内のエンジンオイルを汲み上げて吐出しエンジン内を循環させるオイルポンプ、前記エンジン内を循環したエンジンオイルが前記オイルパンに戻される経路に配置され、前記作動油を冷却するオイルクーラを有するエンジンオイル冷却システムと、前記オイルクーラを冷却するウォータージャケット、前記エンジンによって駆動され、冷却水を前記ウォータージャケットに供給するウォーターポンプ、前記ウォータージャケットを通過した冷却水が前記ウォーターポンプに戻される経路に配置され、前記冷却水を冷却するラジエータ、前記エンジンにより駆動され、前記ラジエータを冷却する冷却ファンを有する冷却水冷却システムとを備え、前記複数のセンサ手段は、前記エンジンのエンジン回転数を検出する回転数センサと、前記オイルポンプから吐出されたエンジンオイルの圧力を検出する第1圧力センサと、前記ウォーターポンプから吐出された冷却水の圧力を検出する第2圧力センサとを含み、前記相関関係算出手段は、前記回転数センサから出力されるエンジン回転数情報と前記第1及び第2圧力センサから出力される圧力情報のそれぞれについて他の情報との相関係数を算出し、前記相関係数比較手段は、前記相関係数算出手段によって算出された相関係数どうしを比較して差異の程度を算出し、前記異常判定手段は、前記相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応するセンサ手段に関連する機器に異常があったと判定することを特徴とするものである。

10

【0020】

また、本発明の異常検出装置は、前記エンジンオイル冷却システムと、前記冷却水冷却システムとを備え、前記複数のセンサ手段は、前記エンジンオイルの温度を検出する第1温度センサと、前記冷却水の温度を検出する第2温度センサとを含み、前記異常判定手段は、前記相関係数比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、前記エンジンオイル冷却システム及び前記冷却水冷却システムのうち、対応する温度センサに関連するものに異常があったと判定することを特徴とするものである。

20

【0021】

更に、本発明の異常検出装置は、前記相関係数算出手段及び相関係数比較手段に代えて、前記複数のセンサ情報の各々の時系列的物理状態情報に対して、時系列的物理状態情報間の複数の相対比を算出する相対比算出手段と、該相対比算出手段によって算出された相対比どうしを比較して前記複数の相対値のそれぞれについての他の相対値との差異の程度を算出する相対比比較手段とを備え、前記異常判定手段は、該相対比比較手段によって算出された差異の程度が予め定められた値を超えている場合に、対応するセンサ手段に関連する部位に異常があったと判定することを特徴とするものである。

30

【発明の効果】

【0022】

本発明の異常検出装置は、エンジンや油圧ポンプなどの機構部位の制御状態に応じて複数の温度センサもしくは圧力センサなどのセンサ手段から得たセンサ情報の相関係数の比較情報によって異常検出を行うので、予め建設機械の状態に応じた判定閾値や学習値を計測データから算出する必要がないため、建設機械の異なる使用環境や運用形態において、同一の判定方法によって機械に適切な判定を行い、機械の故障を未然に防ぐことができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の異常検出装置のシステム全体の構成図を示す図である。

【図2】本発明が適用される建設機械である油圧ショベルの全体構成を示す図である。

【図3】本発明が適用される建設機械（油圧ショベル）の油圧システムを示す図である。

【図4】本発明の実施例1の異常検出装置のシステム全体の構成図であり、図1のセンサをポンプケースドレン圧力センサに置き換えたものである。

【図5】実施例1で正常な状態のポンプ圧力を計測した結果を示す図である。

【図6】実施例1で正常な状態での相関係数を算出した結果を示す図である。

50

【図 7】実施例 1 の油圧ポンプの正常時における相関係数に対応する正規化した偏差を示す図である。

【図 8】実施例 1 の正常な状態での相関係数比較部の出力を示す図である。

【図 9】実施例 1 で異常が発生した時のポンプ圧力を計測した結果を示す図である。

【図 10】実施例 1 で異常が発生した時の相関係数を算出した結果を示す図である。

【図 11】実施例 10 の油圧ポンプの異常時における相関係数に対応する正規化した偏差を示す図である。

【図 12】実施例 1 で異常が発生した時の相関係数比較部の出力を示す図である。

【図 13】本発明の実施例 2 のシステム全体の構成図である。

【図 14】本発明の実施例 3 のシステム全体の構成図である。

10

【図 15】実施例 3 のエンジン気筒温度を示す図である。

【図 16】実施例 3 で異常が発生した時の相関係数を算出した結果を示す図である。

【図 17】実施例 3 で異常が発生した時の相関係数比較部の出力を示す図である。

【図 18】本発明の実施例 4 のシステム全体の構成図である。

【図 19】本発明の実施例 5 のシステム全体の構成図である。

【図 20】実施例 5 で異常が発生した時の相関係数を算出した結果を示す図である。

【図 21】実施例 5 で異常が発生した時の相関係数比較部の出力を示す図である。

【図 22】図 3 に示した油圧システムに作動油冷却装置を設けた場合の構成を示す図である。

【図 23】作動油冷却装置におけるリリーフ弁が正常時の温度変化とリリーフ弁が故障時の温度変化を示す図である。

20

【図 24】本発明の実施例 6 のシステム全体の構成図である。

【図 25】油圧ショベルのエンジンオイル冷却系統及び冷却水冷却系統の構成を示す図である。

【図 26】エンジン回転数、エンジンオイル圧力、冷却水圧力の時系列変化を示す図である。

【図 27】本発明の実施例 7 のシステム全体の構成図である。

【図 28】ラジエータ入口冷却水温度 T_r とエンジンオイル温度 T_e の時系列変化を示す図である。

【図 29】本発明の実施例 8 のシステム全体の構成図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

【実施例 1】

【0025】

(ポンプの事例(1)について)

本発明の一実施例について、建設機械である油圧ショベルを例に取り、図 1 ~ 図 12 を用いて説明する。本実施例は、複数のセンサが複数の関連する物理状態として 3 つ以上の同じ物理状態を検出する場合のものである。なお、本発明は油圧ショベルに限らず、クレーン車、ホイールローダ、ブルドーザ等のその他の建設機械にも適用可能である。

40

【0026】

図 1 は本発明の異常検出装置のシステム全体の構成図を示したものである。

【0027】

本発明の異常検出装置 1 は複数のセンサ 101 a, 101 b, 101 c, ... を備えた構成を示している。そして、これら複数のセンサ 101 a, 101 b, 101 c, ... (以下適宜 101 で代表する) からのセンサ信号 (センサ情報) を図示しない A/D 変換部を介して相関係数算出部 102 に入力する。相関係数算出部 102 では、所定の同一期間の複数 (3 つ以上) のセンサ信号を入力し、そのセンサ信号に時刻情報を付加して同一期間における複数 (3 つ以上) の時系列的物理状態情報を生成し、その時系列的物理状態情報である複数のセンサ信号の時系列値について互いの相関係数を算出する。そして、これらの

50

相関係数は相関係数比較部 103 に入力され、相関係数比較部 103 は相関係数に基づいて正規化した偏差を算出する。相関係数から正規化した偏差を算出する手順については後述するが、概要としては算出した相関係数からその平均値と標準偏差を用いて偏差の正規化を行う。その後、求めた正規化した偏差の絶対値に応じて正規化した偏差を相関比較値として置き換えて、各相関係数毎にこれらの相関比較値の合計値を算出して相関比較合計値を求める。相関係数比較部 103 は、この相関比較合計値の百分率を出力として、異常判定部 104 に渡す。

【0028】

異常判定部 104 では、例えば、相関比較合計値の百分率が 50% 以上については、「警告判定」、80% 以上については、「異常判定」を出力するよう構成する。

10

【0029】

また、図 2 は本発明の異常検出装置のシステム全体を搭載した、建設機械の全体構成図を示すものである。

【0030】

図 2 を用いて建設機械である油圧ショベル 852 の動作について説明する。油圧ショベル 852 は、備えられた各操作機構によって掘削などの動作を行うことができる。バケット 861、アーム 862、ブーム 863 は、油圧シリンダ 871、872、873 によって駆動される。これらの掘削に関わる部位全体はフロントと呼ばれることが多い。油圧シリンダ 871、872、873 が伸縮動作をすることによって、バケット 861、アーム 862、ブーム 863 などが動作する。ブーム 863 の基端は上部旋回体 856 の前部に回動可能に取り付けられている。上部旋回体 856 は、旋回機構 854 を介して下部走行体 855 上を旋回可能である。

20

【0031】

また、図 3 に油圧シリンダ 871、872、873 の油圧を発生させる油圧システムの構成を示す。

【0032】

図 3 において、エンジン 902 からのトルクにより油圧ポンプ 904 が駆動される。これによりタンク 940 に納められているオイルが油圧を制御するコントロールバルブ 906 に送られるようになる。コントロールバルブ 906 は外部から操作機構及び制御装置（ここでは図示せず）により制御され、例えば油圧シリンダ 871、872、873 等を稼働させて、バケット 861、アーム 862、ブーム 863 を動かす油圧を発生させる。また、コントロールバルブ 906 から制御にともない不要となるオイルについてはタンク 942 に排出されるようになっている。

30

【0033】

そして、この実施例では油圧ポンプ 904 に後述するポンプケースドレン圧力センサ 201 が設けられており、また、エンジン 902 にもエンジン気筒温度センサ 301 が設けられている。

【0034】

エンジン 902 によって駆動される油圧ポンプ 904 は複数個、例えば 5 個あり、それに応じてポンプケースドレン圧力センサ 201 も複数個、例えば 5 個ある。以下において、複数個の油圧ポンプ及び圧力センサをそれぞれ 1 つの符号で代表して説明する場合は符号 904、201 を用い、個別の油圧ポンプ及び圧力センサを表す場合は、添え字 a、b、c、... を付した符号 904a、904b、904c、... 及び 201a、201b、201c、... を用いて説明する。

40

【0035】

油圧ショベル 852 のエンジン 902 には複数個、例えば 16 個の気筒が備わっており、それに応じてエンジン気筒温度センサ 301 も複数個、例えば 19 個ある。以下において、エンジン気筒温度センサを 1 つの符号で代表して説明する場合は符号 301 を用い、個別のエンジン気筒温度センサを表す場合は、添え字 a、b、c、... を付した符号 301a、301b、301c、... を用いて説明する。

50

【 0 0 3 6 】

油圧シヨベル 8 5 2 の上部 旋回体 8 5 6 のキャブ 8 5 6 a 内にはモニタに接続されたコントローラ 8 5 6 b が配置されており、上述した A / D 変換部 (図示せず) 、相関係数算出部 1 0 2 、相関係数比較部 1 0 3 、異常判定部 1 0 4 はそのコントローラ 8 5 6 b によって構成されている。なお、コントローラ 8 5 6 b は管理室等に別置きとし、油圧シヨベル 8 5 2 ではセンサで検出したデータを一旦データベースに保存し、そのデータを定期的に取り出してコントローラに送信或いはダウンロードしてもよい。

【 0 0 3 7 】

図 4 は、図 1 におけるセンサ 1 0 1 をポンプケースドレン圧力センサ 2 0 1 に置き換えたものであり、前述の建設機械 8 5 2 に用いられているものである。油圧ポンプ 9 0 4 は、伝達する圧力を調整する重要な部品である。ポンプケースドレン圧力センサ 2 0 1 を用いて、建設機械 8 5 2 が正常に運転動作している時の正常な状態のポンプ内の圧力を計測した結果を図 5 に示す。測定した経過時間帯においてポンプ内の圧力は突出した高い圧力が発生していないことを示している。ここでは、ポンプケースドレン圧力センサ 2 0 1 はポンプケースドレン圧力センサ 2 0 1 a ~ 2 0 1 e (図なし) までの 5 つのポンプ 9 0 4 a ~ 9 0 4 e について計測しているとする。相関係数算出部 1 0 2 では、同一期間の複数のセンサ信号を時系列的に入力し、同一期間における 5 つの時系列的な圧力情報を生成し、これらの圧力情報の時系列値について、相関係数算出部 1 0 2 を用いて互いの相関係数を算出する。その結果を図 6 の表 6 0 1 に示す。相関係数の算出方法は、以下の式 1 の通りである。

10

20

【 0 0 3 8 】

入力値 (ここではポンプケースドレン圧力センサ 2 0 1 を用いて測定されたドレン圧力値) のうち、任意の 2 つの入力値を X_i と X_j ($i, j = 1, \dots, n$) (n は入力値となるセンサの数、本実施例では 5) とし、 X_i, X_j の時刻 t の計測値を $X_i(t), X_j(t)$ で表すとし、時刻 $t = 0$ から時刻 $t = T - 1$ までの計測値について算出すると、入力値 X_i と X_j の相関係数 (i, j) は、平均 μ_i, μ_j と標準偏差 σ_i, σ_j を用いて下記の式で算出される。

【 0 0 3 9 】

$$(i, j) = \frac{\sum_{t=0}^{T-1} (X_i(t) - \mu_i)(X_j(t) - \mu_j)}{\sqrt{\sum_{t=0}^{T-1} (X_i(t) - \mu_i)^2 \sum_{t=0}^{T-1} (X_j(t) - \mu_j)^2}}$$

30

ただし、

$$\begin{aligned} \mu_i &= \sum_{t=0}^{T-1} X_i(t) / T, \mu_j = \sum_{t=0}^{T-1} X_j(t) / T \\ \sigma_i &= \sqrt{(\sum_{t=0}^{T-1} X_i(t)^2 - (\sum_{t=0}^{T-1} X_i(t))^2) / (T \cdot (T - 1))} \\ \sigma_j &= \sqrt{(\sum_{t=0}^{T-1} X_j(t)^2 - (\sum_{t=0}^{T-1} X_j(t))^2) / (T \cdot (T - 1))} \end{aligned}$$

相関係数は、- 1 から 1 までの値をとり、図 6 に示した値はいずれも 1 に近い値を示しており (同じ値どうしの相関が 1 であるのは当然である) 、強い相関があることが分かる。

【 0 0 4 0 】

相関係数比較部 1 0 3 は、表 4 0 1 に示した相関係数に基づいて正規化した偏差を算出する。相関係数から正規化した偏差を算出する手順については、後述する。相関係数に基づいて算出された正規化した偏差を図 7 の表 7 0 1 に示す。相関係数比較部 1 0 3 は、この偏差を用いて、偏差の絶対値が 3 . 0 以上のときには 1 . 0 、 3 . 0 未満 1 . 5 以上のときには 0 . 5 、 1 . 5 未満のときには 0 の相関比較値として置き換える。この結果が図 8 に示した表 8 0 1 である。相関比較値 1 . 0 , 0 , 5 , 0 は異常フラグ情報として事前に決めた値である。相関係数比較部 1 0 3 は、最後にこれらの合計値を各相関係数について算出し、図 8 の表 8 0 2 に示す相関比較合計値を算出し、これを百分率として算出する。相関比較合計値或いはその百分率は相関比較値を集計して得た各相関係数の他の相関係数に対する差異の程度を示す値である。相関比較合計値が 5 0 % 未満の場合には、正常と判定される。相関比較合計値から直接異常を判定指定もよい。

40

【 0 0 4 1 】

50

次に、図9に異常が発生した時のポンプ圧力を計測した結果を示す。図9で分かるように、#3のポンプの圧力が高くなっている。このときの相関係数を相関係数算出部102を用いて算出すると、図10の表1001に示すとおりになる。#3以外の相関係数に大きな変化は現れていないが、#3の相関係数が小さくなっていることが分かる。すなわち、#3のポンプは他のポンプの動きとは異なる傾向を示していることを示している。この相関係数に関して、相関係数比較部103を用いて、相関係数の変化、すなわち正規化した偏差を検出する。例えば、図10の表1001において、#1からみた各ポンプの相関係数は、1.00, 0.88, 0.15, 0.89, 0.88である。相関係数比較部103では、これらの相関係数 $(1, j)$ ($j = 1, \dots, 5$) について、その平均 $\mu(1)$ と標準偏差 $\sigma(1)$ を用いて正規化を行う。正規化した値を $s(1, j)$ ($j = 1, \dots, 5$) とすれば、

$$s(1, j) = (r(1, j) - \mu(1)) / \sigma(1) \quad \dots \dots \dots \text{(式2)}$$

となり、#1のポンプの相関係数1.00, 0.88, 0.15, 0.89, 0.88に対応する正規化した偏差は、それぞれ図11の表1101に示したように0.70, 0.35, -1.77, 0.38, 0.35となる。式2を#1~#5全体について汎化すると、式2のようになる。

【0042】

$$s(i, j) = (r(i, j) - \mu(i)) / \sigma(i) \quad (i = 1, \dots, 5, j = 1, \dots, 5) \quad \dots \dots \dots \text{(式2)}$$

相関係数比較部103は、この偏差を用いて、偏差の絶対値が3以上のときには1.0、3未満1.5以上のときには0.5、1.5未満のときには0の相関比較値として置き換える。この結果が図12に示した表1201である。相関係数比較部103では、最後にこれらの合計値を各相関係数について算出する。図12の表1202に示すように、#1から#5までのポンプ圧力に対する相関比較合計値は、それぞれ0, 0, 2.5, 0, 0となり、これを百分率で表すと、0%, 0%, 50%, 0%, 0%となる。相関係数比較部103は、この相関比較合計値の百分率を出力として、異常判定部104に渡す。

【0043】

異常判定部104では、相関比較合計値の百分率が50%以上については、「警告判定」、80%以上については、「異常判定」を出力する。図12の例では、異常判定部104による判定結果は、#3のポンプに対して「警告判定」を出力するようになる。「異常判定」の出力方法としては、例えば「警告判定」或いは「異常判定」の文字をモニタに表示する。

【0044】

本実施例によれば、油圧ポンプの制御状態に応じて複数の圧力センサから得たセンサ情報の相関係数の比較情報によって異常検出を行うので、予め油圧シヨベルの状態に応じた判定閾値や学習値を計測データから算出する必要がないため、油圧シヨベルの異なる使用環境や運用形態において、同一の判定方法によって機械に適切な判定を行い、機械の故障を未然に防ぐことができる。

【実施例2】

【0045】

(ポンプの事例(2)について)

本発明の他の実施例を上記した実施例および図13を用いて説明する。本実施例は実施例1の変形例である。

【0046】

図13において、本実施例における異常検出装置1は、図2に示した構成に加え、油圧シヨベル852(図18参照)の操作情報を検出する操作情報検出部202と、その操作情報に基づいて各油圧ポンプ904の動作状態を判定するポンプ動作判定部203を更に備えている。油圧シヨベル852は、操作機構として、レバー操作量に応じた操作パイロット圧を生成し、その操作パイロット圧でコントロールバルブ906を駆動するコントロ

10

20

30

40

50

ールレバー装置を備えている。操作情報検出部 202 は例えばその操作パイロット圧を検出する圧力センサである。その場合、ポンプ動作判定部 203 は操作パイロット圧が一定値を超えると、その操作パイロット圧によって駆動されるコントロールバルブ 906 に係わる油圧ポンプ 904 は動作状態にあると判定する。

【0047】

相関係数算出部 102 は、ポンプ動作判定部 203 の判定結果に基づいて、動作している油圧ポンプ 904 のみの圧力情報を用いて相関係数を算出する。

【0048】

本実施の形態によれば、動作していない油圧ポンプは診断から除外されるので、より正確な異常検出ができる。

【実施例 3】

【0049】

(エンジンの事例(1)について)

本発明の更に他の実施例について、建設機械である油圧ショベルを例に取り、上述した実施例および図 14 から図 17 を用いて説明する。本実施例も、複数のセンサが複数の関連する物理状態として 3 つ以上の同じ物理状態を検出する場合のものである。

【0050】

図 14 は、図 1 におけるセンサ 101 をエンジン気筒温度センサ 301 に置き換えたものである。前述したように、油圧ショベル 852 のエンジン 902 には 16 個の気筒が備わっており、エンジン気筒温度センサ 301 a ~ 301 p (図示せず) までの 16 個のエンジン気筒温度センサによって各気筒の温度が測定され、エンジンの動作状態を知ることができる。

【0051】

図 15 は、異常な状態として、例えばエンジン気筒に燃料を供給するインジェクション機構に異常が発生して、燃料が供給過多になったときのエンジン気筒温度センサ 301 a ~ エンジン気筒温度センサ 301 p によって測定されたエンジン気筒温度を図示したものである。図 15 から、#3 の気筒温度は他の気筒温度に比べて高く、#4 と #9 の気筒温度は他の気筒温度とは異なる変化を示している。これらの気筒温度について、上述した実施例 1 と同様に、相関係数算出部 102 によって相関係数が算出された結果を図 16 に示す。そして、これを相関係数比較部 103 によって比較した結果を図 17 に示す。相関係数比較合計値の百分率は、#4 のエンジンが 41%、#9 のエンジンが 94% である。これを異常判定部 104 によって判定すると、#9 のエンジンのみが「異常判定」として出力される(#4 のエンジンは 41% であるので、「警告判定」の 50% には及ばない)。

【実施例 4】

【0052】

(エンジンの事例(2)について)

本発明の更に他の実施例を上述した実施例および図 18 を用いて説明する。本実施例は実施例 3 の変形例である。

【0053】

図 18 において、本実施例における異常検出装置 1 は、図 14 に示した構成に加え、エンジン 902 (図 3 参照) の回転数を検出する回転数センサ 302 を更に備えている。

【0054】

相関係数算出部 102 は、回転数センサ 302 によって検出されたエンジン回転数が所定の値以上の場合のみの温度情報を用いて相関係数を算出する。

【0055】

本実施の形態によれば、エンジン 902 が所定値未満の回転数で動作しているときの温度情報は診断から除外されるので、より正確な異常検出ができる。

【実施例 5】

【0056】

(エンジンの事例(3)について)

10

20

30

40

50

本発明の更に他の実施例について、建設機械である油圧ショベルを例に取り、上述した実施例および図19～図21を用いて説明する。本実施例も、複数のセンサが複数の関連する物理状態として3つ以上の同じ物理状態を検出する場合のものである。

【0057】

実施例3では、#9のエンジンに異常があることを判定して、#4のエンジンにおいては、その兆候があることが分かったが、#3のエンジンの異常は判定できなかった。これは、#3のエンジンについては、温度範囲が他の気筒と異なるものの、変化の仕方は他の気筒と同じ振る舞いであったためである。

【0058】

この為、本実施例は#3のエンジンのような異常を検出することを示したものである。

10

【0059】

図19に、本実施例の構成を示す。実施例3の図14の構成における相関係数算出部102及び相関係数比較部103の代わりとして、相対比算出部402及び相対比比較部403を備えた構成になっている。

【0060】

入力値（ここではエンジン気筒温度センサ301を用いて測定された気筒温度）のうち、任意の2つの入力値を X_i と X_j ($i, j = 1, \dots, n$) (n は入力値となるセンサの数、本実施例では16)とし、 X_i, X_j の時刻 t の計測値を $X_i(t), X_j(t)$ で表すとし、時刻 $t = 0$ から時刻 $t = T - 1$ までの計測値について算出すると、入力値 X_i に対する X_j の相対比 (i, j)は、下記の式で算出される。

20

【0061】

$$(i, j) = (X_j(t) / X_i(t)) / T \quad \dots \dots \dots \quad (\text{式3})$$

相対比算出部402を用いて、エンジン気筒温度の相対比を算出すると、図20の表に示すような結果となる。そして、相対比比較部403を用いて相対比比較合計値及びその百分率を算出すると、図21のようになる。この相対比比較合計値の算出方法は、上述した実施例3における相関係数を相対比で置き換えて算出したものである。図21に示すように、相対比比較合計値の百分率が、相対比算出部402から異常判定部104に出力され、異常判定部104によって、「異常判定」が出力されるようになる。

【0062】

30

なお、本実施例は実施例3の一部を変更するものとして説明したが、他の実施例に対しても同様に本実施例の考えを適用できるものである。

【実施例6】

【0063】

(作動油冷却装置の事例)

本発明の更に他の実施例について、建設機械である油圧ショベルを例に取り、上述した実施例および図22～図24を用いて説明する。本実施例は、複数のセンサが複数の関連する物理状態として2つ以上の関連して変化する物理状態を検出する場合のものである。

【0064】

図22は、図3に示した油圧システムに作動油冷却装置を設けた場合の構成を示す図である。

40

【0065】

図22において、前述したように、エンジン902によって発生された運動エネルギーは、油圧ポンプ904を駆動し、作動油タンク940から作動油を汲み上げ、コンロバルブ906を經由して油圧シリンダ871, 872, 873等に送り、油圧シリンダ871, 872, 873等を稼働させて、バケット861, アーム862, ブーム863を動かす油圧を発生させる。

【0066】

油圧シリンダ871, 872, 873等が伸縮するのに伴い、作動油が作動油タンク940に戻される。作動油は油圧シリンダ871, 872, 873等を駆動する際にその圧

50

力によって温度上昇するため、作動油タンク 940 に戻す前に作動油クーラー 1904 を通じて冷却される。作動油クーラー 1904 は、エンジン 902 に接続された冷却ファン 1908 を回転させ、外気を吸い込むことによって冷やされ、それによって作動油が冷やされて作動油タンク 940 に戻される。リリーフ弁 1905 は、コントロールバルブ 906 から戻された作動油の圧力が高いことで、作動油クーラー 1904 が壊れないようにするための安全弁である。リリーフ弁 1905 は必要に応じて開くようになっており、リリーフ弁 1905 が故障すると、各部の圧力や温度に異常が生じる。

【0067】

作動油クーラー 1904 は、外気温によって冷却されるため、外気温度 T_a が上昇するに伴って、作動油温度 T_o 、クーラー入口温度 T_{in} 、クーラー出口温度 T_{out} も上昇することになる。

10

【0068】

図 23 にリリーフ弁 1905 正常時の温度変化 2001 とリリーフ弁 1905 故障時の温度変化 2002 を示す。

【0069】

リリーフ弁 1905 が故障して、開いた状態のままになった場合を考える。リリーフ弁 1905 が開いたままになっているので、作動油クーラー 1904 に流入する作動油が減るため、作動油が十分に冷やされないという状態になる。温度変化 2002 に示すように、クーラー出口温度 T_{out} は、作動油クーラー 1904 に流入する作動油が減る分温度が下がるが、作動油クーラー 1904 に流入しない作動油が増える分、作動油温度 T_o は上昇する。結果として、作動油クーラー入口温度 T_{in} も上昇することになる。

20

【0070】

本実施例の異常検出装置は、上記外気温度 T_a 、作動油温度 T_o 、クーラー入口温度 T_{in} 、クーラー出口温度 T_{out} をそれぞれ温度センサ 501a, 501b, 501c, 501d で検出し、そのセンサ値を入力として、正常動作時の相関係数を基準として、異常動作時の相関係数の変化を検出する。これにより作動油冷却装置の異常（上記の例ではリリーフ弁 1905 の故障）を検出することができる。

【0071】

ここで、本実施例では、正常動作時の相関係数を得るために異なる期間の相関係数を利用する。

30

【0072】

すなわち、図 23 において、異なる期間 A, B, C を考える。期間 A はリリーフ弁 1905 故障直後の期間である。期間 B はリリーフ弁 1905 故障直前の期間である。期間 C は期間 B の前の期間である。期間 B と期間 C では、外気温度 T_a が上昇するに伴って、作動油温度 T_o 、クーラー入口温度 T_{in} 、クーラー出口温度 T_{out} が上昇している。したがって、期間 B と期間 C のセンサ値を用いて期間 B と期間 C のそれぞれにおいて相関係数を算出し、その相関係数と期間 A のセンサ値を用いて算出した相関係数とを比較することで、期間 A で何らかの異常が発生したことを検知することができる。

【0073】

また、期間 A における相関係数から、クーラー出口温度 T_{out} がクーラー入口温度 T_{in} 及び作動油温度 T_o とは外気温度 T_a に対して異なる変化をしていることを知ることができ、温度センサ 401d に係わる部位に異常が発生したと判定でき、リリーフ弁 1905 に故障が発生したことを推定することができる。

40

【0074】

図 24 は本実施例における異常検出装置 1 の構成を示す図である。本実施例における異常検出装置 1 は、図 1 におけるセンサ 101 を温度センサ 501a, 501b, 501c, 501d に置き換え、相関係数算出部 102 を相関係数算出部 502 に置き換えたものである。

【0075】

温度センサ 501a, 501b, 501c, 501d は、それぞれ、上記外気温度 T_a 、

50

作動油温度 T_o 、クーラー入口温度 T_{in} 、クーラー出口温度 T_{out} を検出する。

【0076】

相関係数算出部502は、温度センサ501a, 501b, 501c, 501dから出力されるセンサ信号を3つ以上の異なる所定期間(上記の例では期間A, B, C)のそれぞれにおいて入力し、センサ毎に同一期間における3つ以上の時系列的物理状態情報(上記の例では外気温度 T_a 、作動油温度 T_o 、クーラー入口温度 T_{in} 、クーラー出口温度 T_{ou} のそれぞれについて3つ以上の時系列的なセンサ値)を生成する。そして、その温度センサ毎の3つ以上の時系列的物理状態情報から相関係数を6つ以上算出する。

【0077】

相関係数比較部103及び異常判定部104は、実施例1等と同様な処理を行い、相関係数比較合計値の百分率が50%以上については、「警告判定」、80%以上については、「異常判定」を出力する。

10

【0078】

なお、上記実施例では、センサ信号を入力する期間の数は3つとしたが、3つよりも多くてもよい。センサ信号を入力する期間の数が増えれば増えるほど、正常動作時のセンサ信号が取り込まれる確率が高くなり、より正確な異常検出ができる。

【0079】

また、上記実施例では、センサ信号を入力する3つの期間を連続的な3つの期間としたが、これらの期間は非連続的であってもよい。

【実施例7】

20

【0080】

(エンジンオイル冷却系統及び冷却水冷却系統の事例(1)について)

本発明の更に他の実施例について、建設機械である油圧ショベルを例に取り、上述した実施例および図25~図27を用いて説明する。本実施例も、複数のセンサが複数の関連する物理状態として2つ以上の関連して変化する物理状態を検出する場合のものである。

【0081】

図25は、油圧ショベルのエンジンオイル冷却系統及び冷却水冷却系統の構成を示す図である。

【0082】

図25において、エンジン1901は、その温度を冷やすためにエンジンオイルを用いる。オイルポンプ2102は、エンジン1901の回転部と接続されており、そのエンジン1901の回転に合わせて駆動する。オイルポンプ2102は、オイルパン2106からエンジンオイルを汲み上げ、オイルクーラ2103に送り込む。オイルクーラ2103は、ウォータージャケット2104に満たされた冷却水によって冷却され、オイルクーラ2103によって冷却されたエンジンオイルはオイルパン2106に戻される。また、ウォーターポンプ2105もエンジン1901の回転部に接続され、ウォータージャケット2104から冷却水を汲み上げてラジエータ2101で冷却水を冷やし、ウォータージャケット2104に戻す。ラジエータ2101は、エンジン1901の回転部に接続された冷却ファン1908によって空冷される。

30

【0083】

図26にエンジン回転数 Re 、エンジンオイル圧力 Pe 、冷却水圧力 Pc の時系列変化を示す。エンジン回転数 Re (図ではグラフ2201)の変化に合わせて、エンジンオイル圧力 Pe (図ではグラフ2202)と冷却水圧力 Pc (図ではグラフ2203)が変化する。これは、図25に示したように、オイルポンプ2102とウォーターポンプ2105がエンジン1901の回転部に取り付けられており、エンジン1901の回転に合わせて駆動することを示している。

40

【0084】

ここで、ウォーターポンプ2105が何らかの要因によって故障した場合を考える。ウォーターポンプ2105が故障することによって、冷却水が循環しない、あるいは十分な循環量が得られないという状況が起きる。この場合、図26のグラフ2204に示すよう

50

に、冷却水圧力に通常とは異なる変動が生じる。これにより、エンジン回転数 Re 、エンジンオイル圧力 Pe 、冷却水圧力 Pc の間の相関に変化が生じることになる。

【0085】

本実施例の異常検出装置は、そのような考えに基づくものであり、上記エンジン回転数 Re 、エンジンオイル圧力 Pe 、冷却水圧力 Pc をそれぞれ回転数センサ601a、エンジンオイル圧力センサ601b、冷却水センサ601cで検出し、そのセンサ値を入力として、正常動作時の相関係数を基準として、異常動作時の相関係数の変化を検出する。これによりエンジンオイル系統或いは冷却水冷却系統の異常（上記の例ではウォーターポンプ210の故障）を検出することができる。

【0086】

本実施例においても正常動作時の相関係数を得るには、上述した実施例6と同様に異なる期間の相関係数を用いる。

【0087】

図27は本実施例における異常検出装置1の構成を示す図である。本実施例における異常検出装置1は、図24における温度センサ501a, 501b, 501c, 501dを回転数センサ601a、エンジンオイル圧力センサ601b、冷却水圧力センサ601cに置き換えたものである。

【0088】

回転数センサ601a、エンジンオイル圧力センサ601b、冷却水圧力センサ601cは、それぞれ、上記エンジン回転数 Re 、エンジンオイル圧力 Pe 、冷却水圧力 Pc を検出する。

【0089】

相関係数算出部502は、回転数センサ601a、エンジンオイル圧力センサ601b、冷却水圧力センサ601cから出力されるセンサ信号を3つ以上の異なる所定期間のそれぞれにおいて入力し、センサ毎に同一期間における3つ以上の時系列的物理状態情報を生成する。そして、そのセンサ毎の3つ以上の時系列的物理状態情報から相関係数を3つ以上算出する。

【0090】

相関係数比較部103及び異常判定部104は、実施例1等と同様な処理を行い、相関比較合計値の百分率が50%以上については、「警告判定」、80%以上については、「異常判定」を出力する。

【実施例8】

【0091】

（エンジンオイル冷却系統及び冷却水冷却系統の事例（2）について）

本発明の更に他の実施例を上述した実施例および図28及び図29を用いて説明する。本実施例も、複数のセンサが複数の関連する物理状態として2つ以上の関連して変化する物理状態を検出する場合のものである。また、本実施例は、検出される物理状態が2つである場合のものである。

【0092】

図28は、図25に示したエンジンオイル冷却系統及び冷却水冷却系統におけるラジエータ入口冷却水温度 Tr （図ではグラフ2301）とエンジンオイル温度 Te （図ではグラフ2302）の時系列変化を示す図である。図28に示すように、ラジエータ入口冷却水温度 Tr （図ではグラフ2301）とエンジンオイル温度 Te （図ではグラフ2302）を見ると、正常時にはエンジンオイル温度 Te の上昇に合わせてラジエータ入口冷却水温度 Tr も上昇するが、何らかの故障によってエンジンオイル温度 Te が急激に上昇するという状況が起きた場合、これら2つの温度の相関係数の変化から、どちらかの温度に異常が生じたということだけは判定できる。3つのセンサデータ（3つの物理状態）の関係をを用いると、どのセンサデータに通常とは異なる傾向が発生したかを検知できるが、2つのセンサデータ（2つの物理状態）のみの場合には、それら2つのセンサに關係する部位に異常が発生したということだけが判定できる。

10

20

30

40

50

【0093】

本実施例の異常検出装置は、そのような考えに基づくものであり、上記エンジンオイル温度 T_e 及びラジエータ入口冷却水温度 T_r をそれぞれエンジンオイル温度センサ601a及びラジエータ入口冷却水温度センサ601bで検出し、そのセンサ値を入力として、正常動作時の相関係数を基準として、異常動作時の相関係数の変化を検出する。これによりエンジンオイル系統と冷却水冷却系統のいずれかが異常であることを検出することができる。

【0094】

本実施例においても正常動作時の相関係数を得るには、上述した実施例6と同様に異なる期間の相関係数を用いる。

10

【0095】

図29は本実施例における異常検出装置1の構成を示す図である。本実施例における異常検出装置1は、図24における温度センサ501a, 501b, 501c, 501dをエンジンオイル温度センサ701a及びラジエータ入口冷却水温度センサ701bに置き換えたものである。

【0096】

エンジンオイル温度センサ701a及びラジエータ入口冷却水温度センサ701bは、それぞれ、上記エンジンオイル温度 T_e 及びラジエータ入口冷却水温度 T_r を検出する。

【0097】

相関係数算出部502は、エンジンオイル温度センサ701a及びラジエータ入口冷却水温度センサ701bから出力されるセンサ信号を3つの異なる所定期間のそれぞれにおいて入力し、センサ毎に同一期間における3つの時系列的物理状態情報を生成する。そして、そのセンサ毎の3つの時系列的物理状態情報から相関係数を6つ算出する。

20

【0098】

相関係数比較部103及び異常判定部104は、実施例1等と同様な処理を行い、相関係数比較合計値の百分率が50%以上については、「警告判定」、80%以上については、「異常判定」を出力する。

【産業上の利用可能性】

【0099】

建設機械全般に本発明を広く適用することが可能である。

30

【符号の説明】

【0100】

- 1 異常検出装置
- 101 (101a, 101b, 101c) センサ
- 102 相関係数算出部
- 103 相関係数比較部
- 104 異常判定部
- 201 (201a, 201b, 201c) ポンプケースドレン圧力センサ
- 202 操作情報検出部
- 203 ポンプ動作判定部
- 301 (301a, 301b, 301c) エンジン気筒温度センサ
- 302 回転数センサ
- 402 相対比算出部
- 403 相対比比較部
- 501a 外気温度センサ
- 501b 作動油温度センサ
- 501c 作動油クーラ入口温度センサ
- 501d 作動油クーラ出口温度センサ
- 502 相関係数算出手段
- 601a 回転数センサ

40

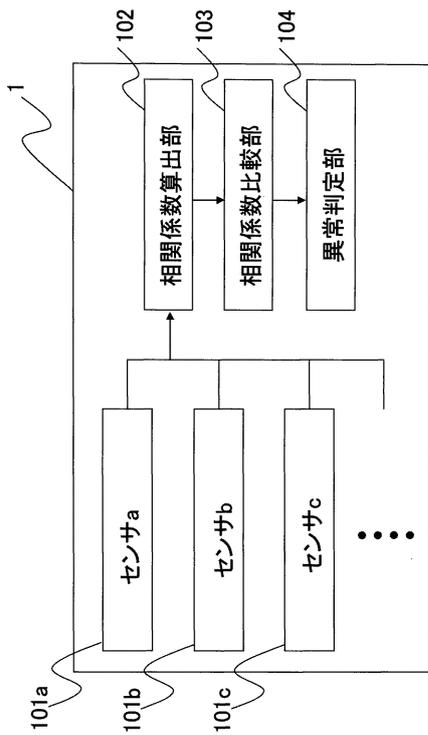
50

- 6 0 1 b エンジンオイル圧力センサ
- 6 0 1 c 冷却水圧力センサ
- 7 0 1 a エンジンオイル温度センサ
- 7 0 1 b 冷却水温度センサ
- 8 7 1 , 8 7 2 , 8 7 3 油圧シリンダ
- 9 0 2 エンジン
- 9 0 4 油圧ポンプ
- 9 0 6 コントロールバルブ
- 1 9 0 1 エンジン
- 1 9 0 2 コントロールバルブ
- 1 9 0 3 油圧シリンダ
- 1 9 0 4 作動油クーラ
- 1 9 0 5 リリーフ弁
- 1 9 0 6 作動油タンク
- 1 9 0 7 油圧ポンプ
- 1 9 0 8 冷却ファン
- 2 1 0 1 ラジエータ
- 2 1 0 2 オイルポンプ
- 2 1 0 3 オイルクーラ
- 2 1 0 4 ウォータジャケット
- 2 1 0 5 ウォータポンプ
- 2 1 0 6 オイルパン

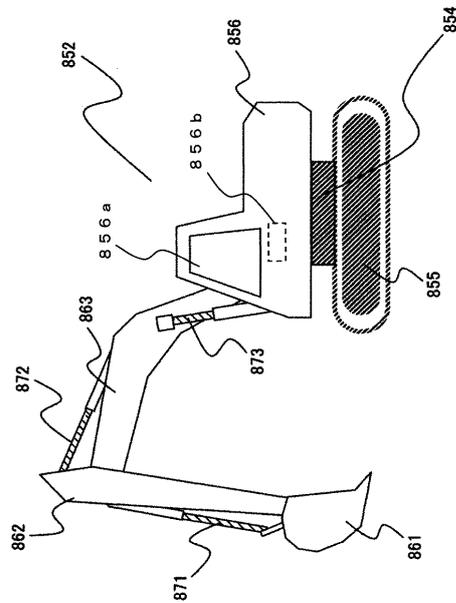
10

20

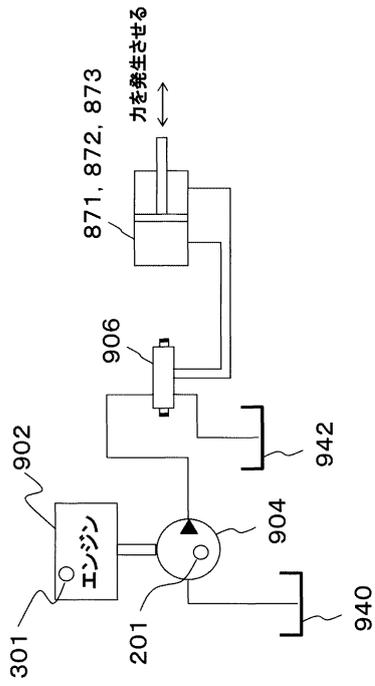
【 図 1 】



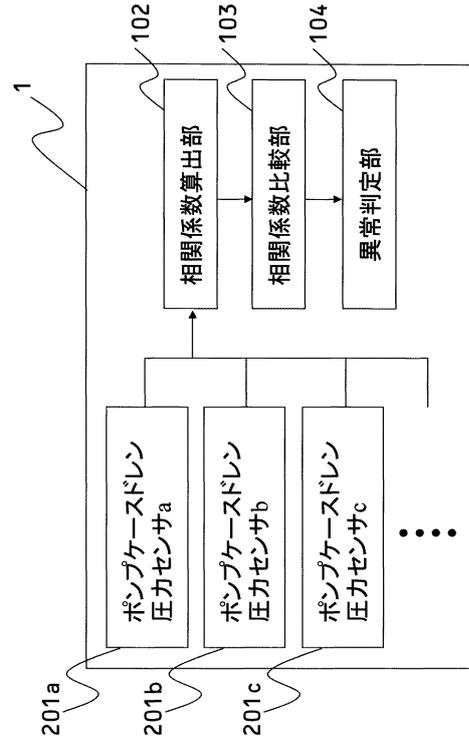
【 図 2 】



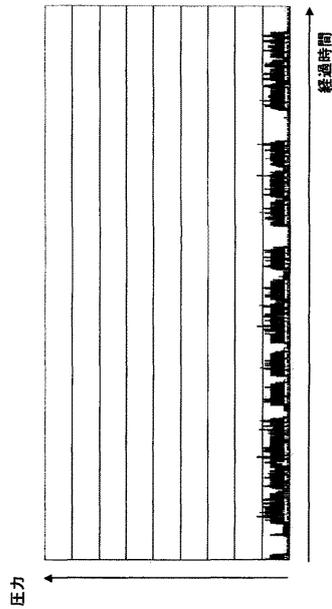
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

| | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|
| 601 | | | | | |
| | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 |
| #1 | 1.00 | 0.88 | 0.94 | 0.83 | 0.85 |
| #2 | 0.88 | 1.00 | 0.87 | 0.82 | 0.85 |
| #3 | 0.94 | 0.87 | 1.00 | 0.85 | 0.84 |
| #4 | 0.83 | 0.82 | 0.85 | 1.00 | 0.86 |
| #5 | 0.85 | 0.85 | 0.84 | 0.86 | 1.00 |

【 図 7 】

| | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| #1 | 1.44 | -0.29 | 0.57 | -1.01 | -0.72 |
| #2 | -0.06 | 1.69 | -0.20 | -0.93 | -0.49 |
| #3 | 0.59 | -0.44 | 1.47 | -0.73 | -0.88 |
| #4 | -0.57 | -0.71 | -0.30 | 1.75 | -0.16 |
| #5 | -0.44 | -0.44 | -0.59 | -0.30 | 1.78 |

701

【 図 8 】

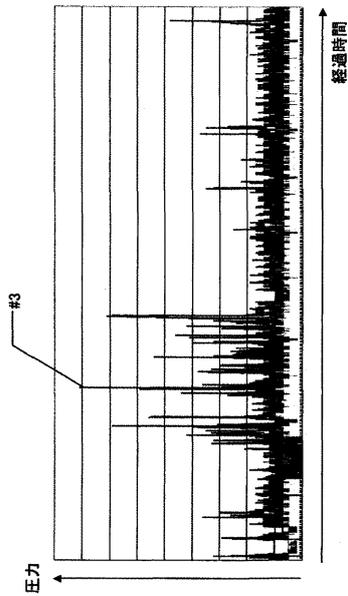
| | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 |
|----|----|-----|----|-----|-----|
| #1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| #2 | 0 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| #3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| #4 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0 |
| #5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 |

801

| | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 |
|----|----|-----|----|-----|-----|
| 合計 | 0 | 0.5 | 0 | 0.5 | 0.5 |
| | 0% | 10% | 0% | 10% | 10% |

802

【 図 9 】



【 図 10 】

| | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 |
|----|------|------|------|------|------|
| #1 | 1.00 | 0.88 | 0.15 | 0.89 | 0.88 |
| #2 | 0.88 | 1.00 | 0.15 | 0.87 | 0.88 |
| #3 | 0.15 | 0.15 | 1.00 | 0.15 | 0.15 |
| #4 | 0.89 | 0.87 | 0.15 | 1.00 | 0.90 |
| #5 | 0.88 | 0.88 | 0.15 | 0.90 | 1.00 |

1001

【図 1 1】

| | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| #1 | 0.70 | 0.35 | -1.77 | 0.38 | 0.35 |
| #2 | 0.36 | 0.71 | -1.77 | 0.33 | 0.36 |
| #3 | -0.45 | -0.45 | 1.79 | -0.45 | -0.45 |
| #4 | 0.37 | 0.31 | -1.77 | 0.69 | 0.40 |
| #5 | 0.34 | 0.34 | -1.77 | 0.40 | 0.89 |

1101

【図 1 2】

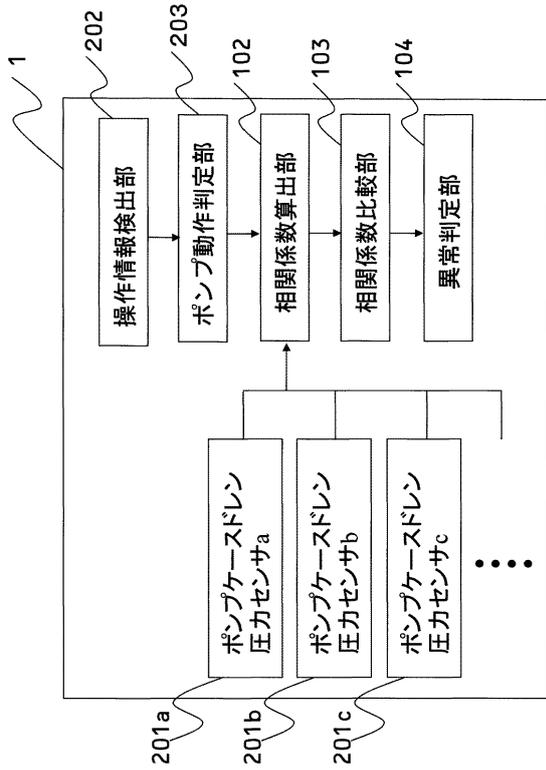
| | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 |
|----|----|----|-----|----|----|
| #1 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |
| #2 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |
| #3 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |
| #4 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |
| #5 | 0 | 0 | 0.5 | 0 | 0 |

1201

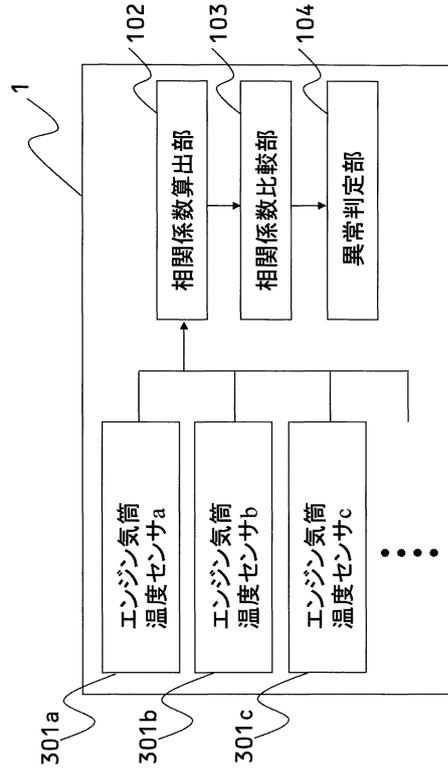
| | #1 | #2 | #3 | #4 | #5 |
|----|----|----|------|----|----|
| 合計 | 0 | 0 | +2.5 | 0 | 0 |
| | 0% | 0% | 50% | 0% | 0% |

1202

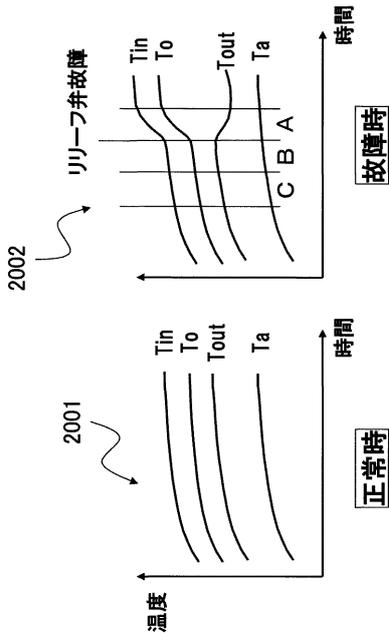
【図 1 3】



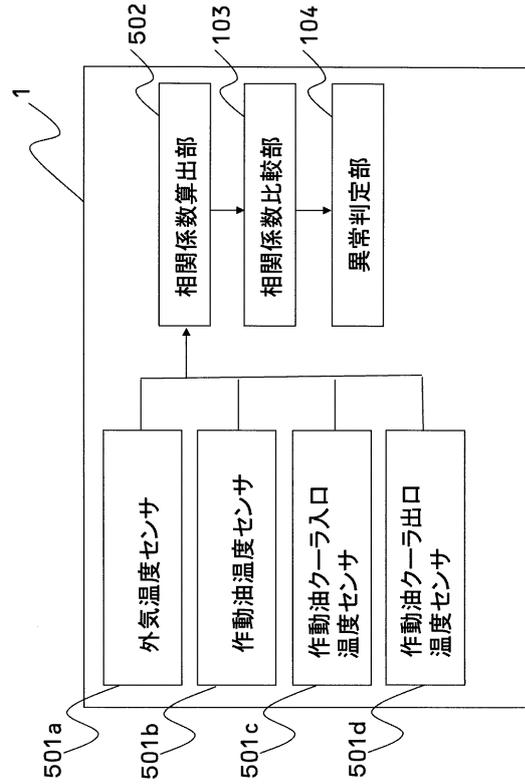
【図 1 4】



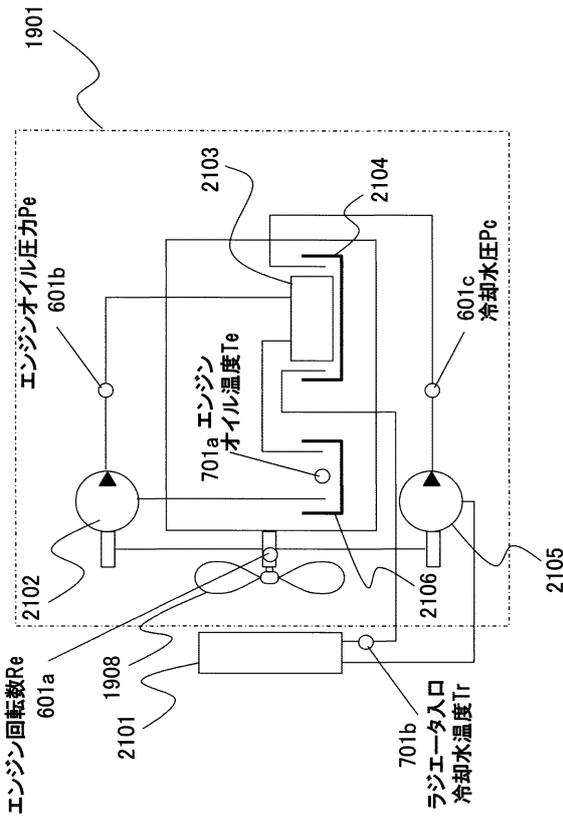
【図23】



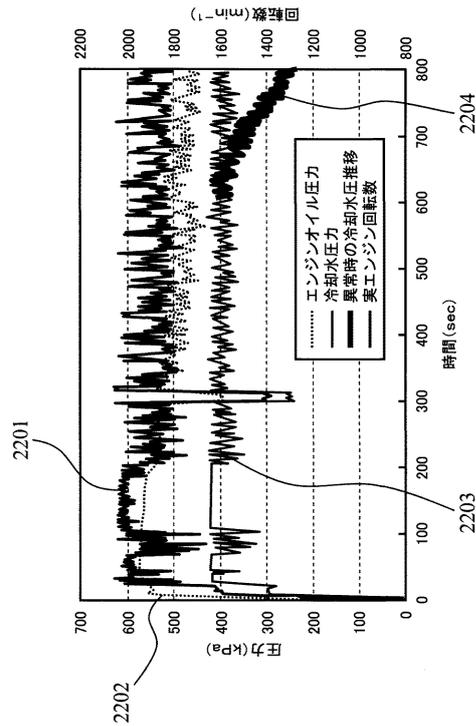
【図24】



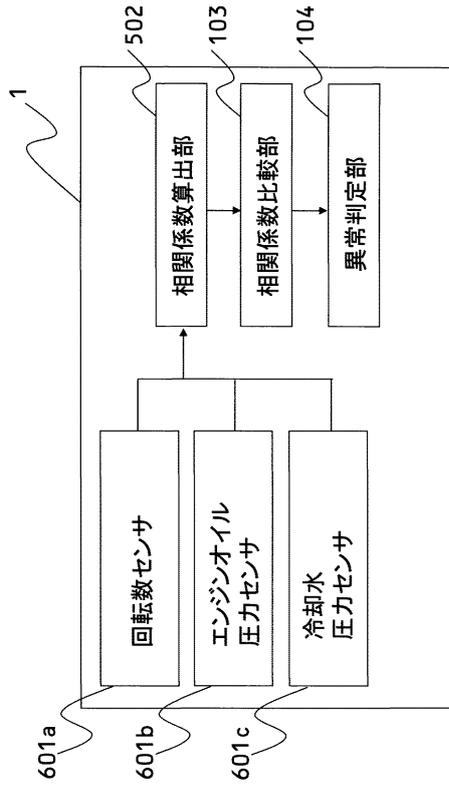
【図25】



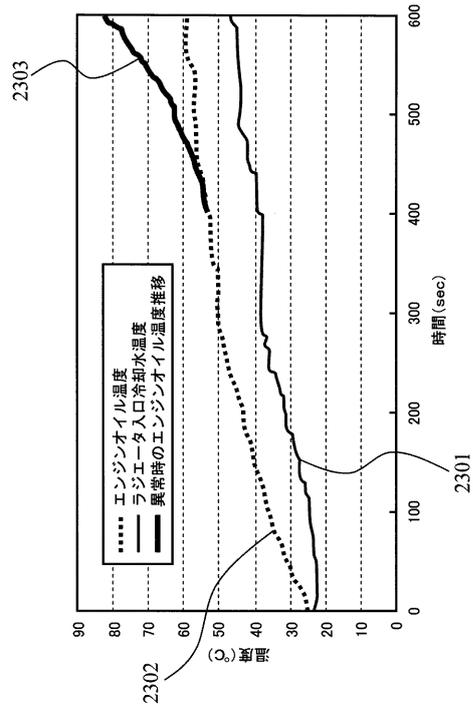
【図26】



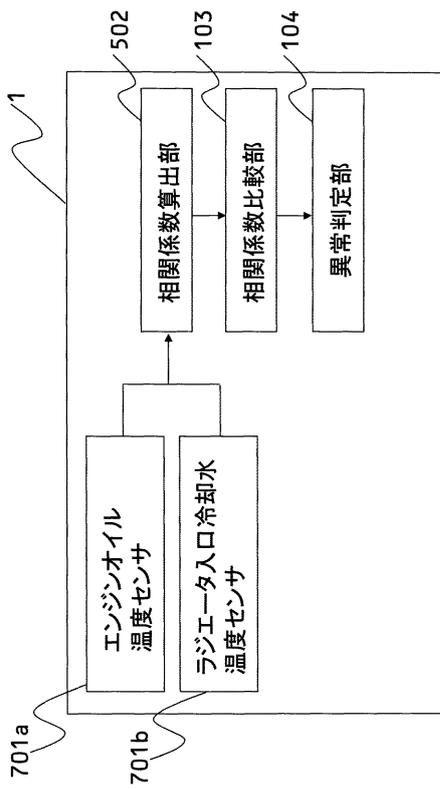
【図27】



【図28】



【図29】



フロントページの続き

(72)発明者 西畑 淳

茨城県土浦市神立町650番地 日立建機株式会社土浦工場 知的財産部内

審査官 福田 裕司

(56)参考文献 特開2000-298511(JP,A)

特開2007-241572(JP,A)

特開昭59-077514(JP,A)

特開平08-320726(JP,A)

特表平11-510898(JP,A)

特開昭62-228920(JP,A)

特開2006-144292(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 99/00

E02F 9/26

G05B 23/02