

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5220929号
(P5220929)

(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	Z
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 8 (全 25 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-551630 (P2011-551630)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成22年1月28日 (2010.1.28)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2010/051172</p> <p>(87) 国際公開番号 W02011/092830</p> <p>(87) 国際公開日 平成23年8月4日 (2011.8.4)</p> <p>審査請求日 平成24年3月7日 (2012.3.7)</p>	<p>(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</p> <p>(74) 代理人 100077816 弁理士 春日 譲</p> <p>(74) 代理人 100156524 弁理士 猪野木 雄一</p> <p>(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</p> <p>(72) 発明者 古野 義紀 茨城県土浦市神立町650番地 日立建機 株式会社土浦工場内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 作業機械の監視診断装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

監視診断装置（動作頻度検出）

複数のセンサ（34, 35a~35n, 36a~36n, 37）によって検出された作業機械の稼動データを時系列的に入力し、この稼動データを用いて前記作業機械の異常診断を行う作業機械の監視診断装置において、

参照分類情報を記憶した分類情報記憶部（102）と、

参照頻度情報を記憶した頻度情報記憶部（105）と、

前記分類情報記憶部から前記参照分類情報を読み出し、前記複数のセンサによって検出され、時系列的に入力した前記稼動データを前記参照分類情報と比較して分類し、稼動データ分類情報を生成する第1データ分類部（101）と、

前記稼動データ分類情報を集計して、前記稼動データの分類ごとの出現頻度の情報を付加した稼動データ頻度情報を生成するとともに、前記頻度情報記憶部から前記参照頻度情報を読み出して、前記稼動データ頻度情報と前記参照頻度情報とを比較した稼動データ頻度比較情報を生成する頻度比較部（104）と、

前記稼動データ分類情報と前記稼動データ頻度比較情報を用いて前記作業機械の異常診断を行う異常診断部（103）とを備えることを特徴とする作業機械の監視診断装置。

【請求項2】

比較情報を表示

請求項1記載の作業機械の監視診断装置において、

10

20

前記頻度比較部（１０４）が生成する前記稼動データ頻度比較情報および前記異常診断部の診断結果データの少なくとも一方を表示する表示部（２３０１）を更に備えることを特徴とする作業機械の監視診断装置。

【請求項３】

頻度に異常がある分類を検出

請求項２記載の作業機械の監視診断装置において、

前記異常診断部（１０３）は、前記稼動データ頻度比較情報を用いて前記作業機械の異常診断を行った結果、前記稼動データ頻度情報と前記参照頻度情報との間に所定の差異が検出される場合に、前記稼動データに異常があると診断し、

前記表示部（１０４）はその診断結果を表示することを特徴とする作業機械の監視診断装置。

10

【請求項４】

頻度に異常がある分類を強調表示

請求項３記載の作業機械の監視診断装置において、

前記表示部（１０４）は、前記稼動データ頻度情報と前記参照頻度情報との間に所定の差異が検出される場合に、この差異に関連する前記稼動データ分類情報を表示することを特徴とする作業機械の監視診断装置。

【請求項５】

監視診断装置（動作頻度検出）

複数のセンサ（３４，３５a～３５n，３６a～３６n，３７）によって検出された作業機械の稼動データを時系列的に入力し、この稼動データを用いて前記作業機械の異常診断を行う作業機械の監視診断装置において、

20

参照分類情報を記憶した分類情報記憶部（１０２）と、

参照頻度情報を記憶した頻度情報記憶部（１０５）と、

前記分類情報記憶部から前記参照分類情報を読み出し、前記複数のセンサによって検出され、時系列的に入力した前記稼動データを前記参照分類情報と比較して分類し、稼動データ分類情報を生成する第１データ分類部（１０１）と、

前記稼動データ分類情報を集計して、前記稼動データの分類ごとの出現頻度の情報を付加した稼動データ頻度情報を生成するとともに、前記頻度情報記憶部から前記参照頻度情報を読み出して、前記稼動データ頻度情報と前記参照頻度情報とを比較した稼動データ頻度比較情報を生成する頻度比較部（１０４）と、

30

前記頻度比較部が生成する前記稼動データ頻度比較情報を表示する表示部（２３０１）を更に備えることを特徴とする作業機械の監視診断装置。

【請求項６】

動作時のみ診断

請求項１～５のいずれか１項記載の作業機械の監視診断装置において、

前記第１データ分類部（１０１）は、前記分類情報記憶部（１０２）に記憶された参照分類情報のうち、予め選択された参照分類情報のみを抽出するとともに、前記複数のセンサによって検出され、時系列的に入力した前記稼動データのうち、前記予め選択された参照分類情報に対応する稼動データのみを抽出して、前記予め選択された参照分類情報と比較して前記稼動データ分類情報を生成することを特徴とする作業機械の監視診断装置。

40

【請求項７】

分類情報生成部

請求項１～６のいずれか１項記載の作業機械の監視診断装置において、

前記複数のセンサによって検出された作業機械の稼動データを時系列的に入力し、この稼動データの類似性を比較して分類し、前記分類情報記憶部に記憶される参照分類情報を生成する分類情報生成部（２９０１）を更に備えることを特徴とする作業機械の監視診断装置。

【請求項８】

頻度情報生成部

50

請求項 7 記載の作業機械の監視診断装置において、

前記複数のセンサによって検出され、時系列的に入力した稼動データを前記分類情報生成部 (2 9 0 1) によって生成された前記参照分類情報と比較して分類し、稼動データ分類情報を生成する第 2 データ分類部 (3 0 0 1) と、前記稼動データ分類情報を集計して、前記稼動データの分類ごとの出現頻度の情報を付加し、前記頻度情報記憶部に記憶される参照頻度情報を生成する頻度情報生成部 (3 0 0 2) とを更に備えることを特徴とする作業機械の監視診断装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、油圧ショベルなどの建設機械に代表される作業機械の動作状態を監視し、診断を行う作業機械の監視診断装置に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

鉱山等で稼動する大型油圧ショベル等の建設機械やその他の作業機械においては、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、異常箇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。

【 0 0 0 3 】

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があるため、連続稼動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。

【 0 0 0 4 】

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。異常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。

【 0 0 0 5 】

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。

【 0 0 0 6 】

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。特許文献 1 および特許文献 2 では、機器の稼動状態を示す入力信号の統計的性質あるいは類似度を用いて機器の異常を検出する発明が記載されている。特許文献 3 では、クラスター分類を適切なものにするために、ユーザーと対話的に処理する発明が記載されている。特許文献 4 では、センサ異常をも検知することで誤判定を排除する発明が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 2 4 1 0 8 9

【特許文献 2】特開平 5 - 2 5 6 7 4 1

【特許文献 3】特開 2 0 0 0 - 1 3 2 5 5 8

【特許文献 4】特開 2 0 0 2 - 2 8 8 7 8 1

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

しかしながら、上記従来技術には次のような問題がある。

10

20

30

40

50

【0009】

すなわち、上記従来技術は、いずれも、異常判定に用いる入力データの分類にはマハラノビス・タグチ・メソッドのような統計距離を用いることとしており、統計距離の遠近によって判定を行うものであって、統計距離が同等あるいは基準値以下である場合は異常でないとして判定するものである。しかし、様々な振る舞いをする作業機械の動作状態にあっては、正常動作時と異常時の入力信号に類似性が強く表れる場合があり、その場合は、異常であっても、統計距離が同等あるいは基準値以下となり、正常であると誤判定する可能性がある。

【0010】

本発明は以上の問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、正常動作時と異常動作時との入力信号に類似性が強い場合であっても、誤判定を防止し、適切に診断を行うことができる作業機械の監視診断装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、本発明は、複数のセンサによって検出された作業機械の稼働データを時系列的に入力し、この稼働データを用いて前記作業機械の異常診断を行う作業機械の監視診断装置において、参照分類情報を記憶した分類情報記憶部と、参照頻度情報を記憶した頻度情報記憶部と、前記分類情報記憶部から前記参照分類情報を読み出し、前記複数のセンサによって検出され、時系列的に入力した前記稼働データを前記参照分類情報と比較して分類し、稼働データ分類情報を生成する第1データ分類部と、前記稼働データ分類情報を集計して、前記稼働データの分類ごとの出現頻度の情報を付加した稼働データ頻度情報を生成するとともに、前記頻度情報記憶部から前記参照頻度情報を読み出して、前記稼働データ頻度情報と前記参照頻度情報とを比較した稼働データ頻度比較情報を生成する頻度比較部と、前記稼働データ分類情報と前記稼働データ頻度比較情報を用いて前記作業機械の異常診断を行う異常診断部とを備えるものとする。

【0012】

このように稼働データ分類情報だけでなく稼働データ頻度比較情報をも用いて作業機械の異常診断を行うことにより、正常動作時と異常動作時との入力信号に類似性が強い場合であっても、誤判定を防止し、適切に診断を行うことができる。

【0013】

好ましくは、監視診断装置は、前記頻度比較部が生成する前記稼働データ頻度比較情報および前記異常診断部の診断結果データの少なくとも一方を表示する表示部を更に備える。

【0014】

これにより利用者は、稼働データ頻度比較情報が表示された場合は、利用者の判断によって異常検知あるいはその確認を行うことができる。また、診断結果データが表示された場合は、異常の詳細情報を知ることができる。

【0015】

好ましくは、前記異常診断部は、前記稼働データ頻度比較情報を用いて前記作業機械の異常診断を行った結果、前記稼働データ頻度情報と前記参照頻度情報との間に所定の差異が検出される場合に、前記稼働データに異常があると診断し、前記表示部はその診断結果を表示する。

これにより利用者は異常の詳細情報を知ることができる。

【0016】

また、好ましくは、前記表示部は、前記稼働データ頻度情報と前記参照頻度情報との間に所定の差異が検出される場合に、この差異に関連する前記稼働データ分類情報を表示する。

【0017】

これにより利用者は異常の更に詳細な情報を知ることができる。

【0018】

また、好ましくは、前記第1データ分類部は、前記分類情報記憶部に記憶された参照分類情報のうち、予め選択された参照分類情報のみを抽出するとともに、前記複数のセンサによって検出され、時系列的に入力した前記稼動データのうち、前記予め選択された参照分類情報に対応する稼動データのみを抽出して、前記予め選択された参照分類情報と比較して前記稼動データ分類情報を生成する。

【0019】

これにより、例えば無操作時間のデータを除外することで、頻度比較部は、無操作時間に影響されない正確な稼動データ頻度比較情報を求めることができ、より誤判定の少ない適切な診断を行うことができる。

【0020】

さらに、好ましくは、監視診断装置は、前記複数のセンサによって検出された作業機械の稼動データを時系列的に入力し、この稼動データの類似性を比較して分類し、前記分類情報記憶部に記憶される参照分類情報を生成する分類情報生成部を更に備える。

【0021】

これにより監視診断装置は参照分類情報を事前に作成し、分類情報記憶部に記憶させておくことができる。

【0022】

また、好ましくは、監視診断装置は、前記複数のセンサによって検出され、時系列的に入力した稼動データを前記分類情報生成部によって生成された前記参照分類情報と比較して分類し、稼動データ分類情報を生成する第2データ分類部と、前記稼動データ分類情報を集計して、前記稼動データの分類ごとの出現頻度の情報を付加し、前記頻度情報記憶部に記憶される参照頻度情報を生成する頻度情報生成部とを更に備える。

【0023】

これにより監視診断装置は参照頻度情報を事前に作成し、頻度情報記憶部に記憶させておくことができる。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、様々な振る舞いをする機械の動作状態に対して、適応的に学習を行うとともに、正常動作時と異常動作時との入力信号に類似性が強い場合でも、誤判定を防止し、適切に診断を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の第1の実施例に係わる監視診断装置の構成を示す図である。

【図2】監視診断装置に入力される稼動データの構成を示す図である。

【図3】分類情報記憶部から読み出される分類データ（参照分類情報）の構成を示す図である。

【図4A】データ分類部によって作成される最近傍分類番号（稼動データ分類情報）のデータ構成を示す図である。

【図4B】データ分類部によって作成される正規化統計距離 d （稼動データ分類情報）のデータ構成を示す図である。

【図5】頻度比較部によって作成される頻度表を示す図である。

【図6】頻度情報記憶部から読み出される時間幅データと参照頻度表を示す図である。

【図7】診断処理の流れ（監視診断装置の処理フロー）を示す図である。

【図8A】油圧ショベルの構成を示す図であって、油圧ショベルの側面図である。

【図8B】油圧ショベルの構成を示す図であって、油圧ショベルの上面図である。

【図9】油圧ショベルに設置されたコントローラネットワークを示す図である。

【図10】圧力センサによって計測され、車体コントローラによって記録・監視される操作圧力（稼動データ）とトラックテンション圧力を示す図であって、通常時の稼動データを示す図である。

【図11】圧力センサによって計測され、車体コントローラによって記録・監視される操

10

20

30

40

50

作圧力（稼働データ）とトラックテンション圧力を示す図であって、異常が発生したときの稼働データを示す図である。

【図12】入力される稼働データ順に各時刻における正規化統計距離と所定の時間（ここでは50単位時間）の移動平均値を示す図である。

【図13】トラックテンション圧力が大きいとき（異常動作時）と小さいとき（正常動作時）の各動作パターンの頻度比率を示す図である。

【図14】異常動作時に最も頻度が高くなっている動作パターン番号の稼働データパターンを示す図である。

【図15】油圧シヨベルの無操作区間を含むエンジンの稼働状況と操作圧力のセンサ値を示す図である。

10

【図16】油圧シヨベルのエンジンの稼働状況を、「期間1」と「期間2」に分けて示す図である。

【図17】図16に示した2つの期間における動作パターンとその頻度を示す図である。

【図18】「期間1」より「期間2」で増加している動作パターンが、油圧シヨベルの操作が行われていない「無操作状態」であることを示す図である。

【図19】温度センサによって計測され、車体コントローラによって記録・監視される油圧シヨベルのエンジンの各気筒の排気温度について、異なる期間の温度センサ値（稼働データ）を示す図であって、正常動作時の稼働データを示す図である。

【図20】温度センサによって計測され、車体コントローラによって記録・監視される油圧シヨベルのエンジンの各気筒の排気温度について、異なる期間の温度センサ値（稼働データ）を示す図であって、異常動作時の稼働データを示す図である。

20

【図21】正常動作時と異常動作時の期間について、動作パターン（稼働データの分類データ）の頻度を比較して示す図であって、頻度比較データの表示例を示す図である。

【図22】エンジンの各気筒の排気温度について、異常動作時の動作パターンを示す図である。

【図23】本発明の第2の実施例に係わる監視診断装置の構成を示す図である。

【図24】図23に示す監視診断装置の処理機能のうち、頻度比較部が生成した稼働データ頻度比較情報を表示する部分の処理フローを示す図である。

【図25】異常診断部の診断結果データであって、図21に示すような頻度比較データのうち、参照頻度比率データと比較して頻度比率に異常があると判定された場合の出力画面表示例を示す図である。

30

【図26】図25に示される上側の参照リンク指定を操作した場合に表れる詳細情報表示画面を示す図である。

【図27】図23に示す監視診断装置の処理機能のうち、異常診断部103の診断結果データを表示する部分の処理フローを示す図である。

【図28】頻度比較データの他の表示例である。

【図29】分類情報作成装置29の構成を示す図である。

【図30】頻度情報生成装置30の構成を示す図である。

【図31】図1に示した監視診断装置に頻度情報生成部を含め、監視診断装置に頻度情報生成装置の機能を持たせた場合の監視診断装置の構成例を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。

【実施例1】

【0027】

図1は、本発明の第1の実施例に係わる監視診断装置の構成を示す図である。

【0028】

監視診断装置1は、データ分類部101（第1データ分類部）、分類情報記憶部102、異常判定部103、頻度比較部104および頻度情報記憶部105を備える。

【0029】

50

作業機械には作業機械の動作状態を検出するための複数のセンサが設けられており、これらセンサの検出値（センサ値）は電子化され、稼動データとして監視診断装置 1 に入力される。

【0030】

図 2 は、監視診断装置 1 に入力される稼動データの構成を示す図である。この図 2 に示すように、稼動データは各センサ値の情報がデータ項目 A ~ C として、またデータ項目ごとのセンサ値が時系列データとして時刻情報と関連付けられている。図 2 では、データ項目が A ~ C の 3 種類に対して時刻 1 から n までの稼動データが記載されている。

【0031】

本実施例では稼動データを用途別に 2 種類に分けて述べる。1 つは診断データ、もう 1 つは学習データである。本実施例の監視診断装置 1 に入力するのは診断データであり、入力した診断データを診断した結果として診断結果データを得る。学習データについては後述する。

10

【0032】

診断データとしての稼動データが監視診断装置 1 に入力されると、その診断データはデータ分類部 101 に入力される。データ分類部 101 は、分類情報記憶部 102 から参照分類情報として分類データを読み出し、診断データをその分類データと比較する。図 3 は、分類データ（参照分類情報）の構成を示す図である。この図 3 に示すように、分類データは、分類ごとに、データ項目ごとのデータ値と半径データが関連付けられている。この分類データ（参照分類情報）は、学習データとしての稼動データに基づいて事前に作成されたものである（後述）。

20

【0033】

データ分類部 101 は、診断データのうち、各時刻のセンサ値の集合、例えば時刻 1 においては、センサ値 A 1 とセンサ値 B 1 とセンサ値 C 1 をひとまとまりにしたものを 1 つのベクトルとして扱い、分類データのうち、各分類のデータ値の集合、例えば分類 1 においては、データ値 a 1 とデータ値 b 1 とデータ値 c 1 をひとまとまりにしたものを 1 つのベクトルとして扱い、診断データのセンサ値のベクトルと分類データのデータ値のベクトルと比較する。比較にあたっては、例えば式 3 に示すような計算方法でベクトル間の統計距離 D を算出する。式 1 に示すベクトル X が x_1 から x_p までの成分を持ち、式 2 に示すベクトル Y が y_1 から y_p までの成分を持ち、式 3 はそれらのベクトル間のユークリッド距離 D を算出するものである。

30

【0034】

データ分類部 101 は、ある時刻の診断データのセンサ値のベクトルとすべての分類データのデータ値のベクトルそれぞれとの統計距離を式 3 に従って算出し、この統計距離 D がもっとも小さくなるような分類番号を選択し、これを最近傍分類番号（稼動データ分類情報）として、頻度比較部 104 に出力する。この頻度比較部 104 に出力される最近傍分類番号（稼動データ分類情報）は、図 4 A に示すように、時系列データとして時刻情報と関連付けられている。

【0035】

【数 1】

40

$$X=(x_1, x_2, \dots, x_p) \quad \dots(式1)$$

【0036】

【数 2】

$$Y=(y_1, y_2, \dots, y_p) \quad \dots(式2)$$

【0037】

【数 3】

$$D = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_p - y_p)^2} \quad \dots(\text{式3})$$

また、データ分類部 101 は、式 4 に示すように、最近傍分類番号に対応する分類データのデータ値のベクトルと診断データのセンサ値のベクトルとの統計距離 D （これを以下、最近傍距離と呼ぶ）を最近傍分類番号に対応する分類データの半径データ r で除した正規化統計距離 d （稼動データ分類情報）を算出し、異常診断部 103 に出力する。この異常診断部 103 に出力される正規化統計距離 d （稼動データ分類情報）は、図 4 B に示すように、時系列データとして時刻情報と関連付けられている。

10

【0038】

【数 4】

$$d = D \div r \quad \dots(\text{式4})$$

このようにデータ分類部 101 は稼動データ分類情報として最近傍分類番号と正規化統計距離 d を算出し、前者は頻度比較部 104 に出力し、後者は異常診断部 103 に出力する。

【0039】

ここで、データ分類部 101 は、分類情報記憶部 102 に記憶された分類データ（参照分類情報）のうち、利用者によって予め選択された分類データのみを抽出するとともに、入力された診断データ（稼動データ）のうち、予め選択された分類データに対応する診断データのみを抽出して、これを予め選択された分類データと比較して上記稼動データ分類情報（最近傍分類番号および正規化統計距離）を生成するようにしてもよい。

20

【0040】

頻度比較部 104 は、データ分類部 101 から入力された最近傍分類番号を所定の時間幅にわたって集計する。所定の時間幅は、頻度比較部 104 によって頻度情報記憶部 105 から図 6 に示すような時間幅データ 601 として読み出され参照される。ここで、データ分類部 101 から入力された最近傍分類番号が図 4 に示すような時刻 1 から n までのデータであったとする。図 4 に示す分類番号 k_1 から k_n まではそれぞれ時刻 1 から n に対応するものであり、図 3 で示したデータ分類の分類 1 から m のいずれかの分類番号になっている。頻度比較部 104 は、分類番号 k_1 から k_n について分類 1 から m までのいずれであるかを集計して出現した頻度（各分類番号の出現回数）を算出し、図 5 に示すような頻度表 501 を作成する。頻度表 501 には、頻度 h_1 から h_n までが分類 1 から m に対応して集計されており、これと図 6 に示す時間幅データ 601 に基づいて頻度比率 e_1 から e_m （稼動データ頻度情報）を算出する。すなわち、式 5 に示すように、頻度比率は分類ごとの頻度を時間幅 T で除して算出する。これにより時間幅 T によらない比較が可能となる。

30

【0041】

【数 5】

$$e_i = h_i \div T \quad (\text{ただし } i = 1, \dots, m) \quad \dots(\text{式5})$$

40

頻度比較部 104 は、さらに、この頻度表 501 の頻度比率（稼動データ頻度情報）と頻度情報記憶部 105 から読み出した図 6 の右側に示すような参照頻度表 602 の頻度比率（参照頻度情報）を比較して、頻度比較データ（稼動データ頻度比較情報）を作成する。図 6 に示す参照頻度表 602 には、参照頻度比率が E_1 から E_m まで分類 1 から m に対応して集計されている。この参照頻度表 602 の頻度比率（参照頻度情報）は、学習データとしての稼動データに基づいて事前に作成されたものである（後述）。頻度比較データ（稼動データ頻度比較情報）におけるデータの比較方法としては、式 6 のような差分の

50

絶対値を用いても良いし、式7のような頻度比率の検定比を用いて判定しても良い。式6における差分Diffあるいは式7における検定比Rateが頻度比較部104によって生成される頻度比較データである。また、この頻度比較データを表示装置に表示するためにだけ使用する場合は、頻度比較データは稼動データ頻度情報と参照頻度情報をグラフで表示するものであってもよい(図21参照)。

【0042】

【数6】

$$Diff_i = |e_i - E_i| \quad (\text{ただし } i = 1, \dots, m) \quad \dots(\text{式6})$$

10

【0043】

【数7】

$$Rate_i = e_i \div E_i \quad (\text{ただし } i = 1, \dots, m) \quad \dots(\text{式7})$$

異常診断部103は、データ分類部101から出力された正規化統計距離と、頻度比較部104から出力された頻度比較データとを用いて、稼動データの異常診断を行う。この診断は次のようにして行う。

【0044】

まず、異常診断部103は、データ分類部101から出力された正規化統計距離が1以下であれば、診断データは正常範囲にあると診断し、正規化統計距離が1より大きければ、診断データは正常範囲にはない、すなわち異常であると診断する。1が基準となるのは、式4によって各最近傍分類番号の半径データで除することで分類番号によらない正規化処理を行っているからである。この診断は、データ分類部101に対して入力される各時刻の診断データに対して行われる。異常診断部103は、各時刻の前記診断結果を集計し、所定の時間に連続して異常と診断される、あるいは所定の時間内で所定割合以上の時間で異常と診断されるというような基準を用いて診断データの統計距離による異常診断の結果を導く。個別の時間の診断結果を直接用いないのは、虚報を抑制するためである。異常診断部103が所定時間の診断情報を集計して異常と診断した場合には、これを統計距離を用いた診断結果データとして監視診断装置1の出力とする。

20

30

【0045】

一方、異常診断部103が所定時間の診断情報を集計して正常と診断した場合には、頻度比較部104からの頻度比較データを受け取り、頻度比較データ(ここでは、頻度比較データが式7を用いて算出されている場合として説明する)のうち、所定の割合より大きいあるいは小さい分類番号が存在するかを診断する。頻度比較部104において、診断データの分類の頻度比率と頻度情報記憶部105から読み出された参照頻度の頻度比率が同じくらいであれば、該当する分類の検定比は1に近くなるはずである。1より大きい、例えば1.5とか2.0のような値をとる場合は、該当する分類の頻度比率について、診断データの頻度比率が高いと分かる。1より小さい場合は、該当する分類の頻度比率について、診断データの頻度比率が低いと分かる。このような検定比の大小によってそれぞれの分類について診断し、すべての分類の検定比が所定の値の範囲内であれば、正常であると診断し、これを頻度情報を用いた診断結果データとして監視診断装置1の出力とする。いずれかの分類の検定比が所定の値の範囲内になければ、異常であると診断し、これを頻度情報を用いた診断結果データとして監視診断装置1の出力とする。

40

【0046】

図7は以上の診断処理の流れ(監視診断装置1の処理フロー)を示す図である。

【0047】

監視診断装置1において、データ分類部101は外部から診断データを読み込み(ステップs701)、また分類情報記憶部102から分類データを読み込み(ステップs702)、診断データと分類データを比較して、最近傍分類番号および正規化統計距離を生成

50

する(ステップs703)。次に、異常診断部103はデータ分類部101から正規化統計距離を受け取り、所定の時間幅で正規化統計距離を集計して(ステップs704)異常診断し(ステップs705)、異常であると診断されればステップs708に進んで、統計距離による異常診断の結果について稼動データに異常があることを監視診断装置1の出力とする。一方、異常診断部103が、正規化統計距離を集計して異常診断した結果、正常であると診断されればステップs706に進む。頻度比較部104は、最近傍分類番号をデータ分類部101から所定の時間幅で受け取って集計し、また頻度情報記憶部105から参照頻度比率を読み込んで前記集計した最近傍分類番号の頻度比率と比較し、頻度比較データを生成する(ステップs706)。異常診断部103は、頻度比較データによる診断結果を生成し(ステップs707)、統計距離による異常診断の結果については正常であり、その上で頻度比率による異常診断の結果について、稼動データに異常があるか、正常であるかを診断結果データとして監視診断装置1の出力とする。

10

【0048】

図8Aおよび図8Bを用いて油圧ショベルの構成と動作について説明する。油圧ショベル8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801、アーム802、ブーム803は、油圧シリンダ811, 812, 813によって操作される。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。シリンダ811から813が伸縮動作をすることによって、バケット801、アーム802、ブーム803などが動作する。油圧ショベル8には、各操作機構を制御し、センサからの情報を収集・監視するための車体コントローラ(制御装置:後述)が搭載されている。また、油圧ショベル8には、図8Aに示すように本体806を回転させる旋回機構804と油圧ショベル全体の走行機構としてのクローラ(履帯)装置805が備わっている。旋回機構804は油圧モータ(図示せず)を備え、本体806は旋回機構804の油圧モータを駆動することによって走行機構に対して左右に旋回可能である。

20

【0049】

クローラ装置805は右側クローラ805aと左側クローラ805bを備えており、それぞれが独立に動くようになっている。また、クローラ805a, 805bの張力の調節具合を測るための圧力センサが備わっており、コントローラにより監視される。図8Bに示すように右側クローラ805aと左側クローラ805bが同時に前方方向に回転することで、油圧ショベルは前方に進むことができるが、例えば右側クローラ805aが前方に回転し、左側クローラ805bが後方に回転すると、油圧ショベルは全体が反時計回りに回転することになる。

30

【0050】

図9は、油圧ショベルに設置されたコントローラネットワークを示す図である。油圧ショベルのコントローラネットワークは、エンジンコントローラ21、車体コントローラ22、モニタコントローラ23、エンジン計測ユニット24と、油圧システム計測ユニット25、データ記録装置9とを備えている。エンジン計測ユニット24はエンジンコントローラ21に接続され、エンジンコントローラ21は第1共通通信ライン27Aを介してデータ記録装置9に接続されている。車体コントローラ22、モニタコントローラ23、油圧システム計測ユニット25は第2共通通信ライン27Bを介してデータ記録装置9に接続されている。

40

【0051】

エンジンコントローラ21は電子ガバナ28の制御を行うことによりエンジンの燃料噴射量を制御するものである。車体コントローラ22は、そのエンジンにより駆動され、上記油圧シリンダ及び油圧モータ等のアクチュエータに圧油を供給するメインポンプや、その他の油圧機器を制御するものである。モニタコントローラ23はディスプレイ31および操作部32に接続されており、操作部32の入力操作に応じてディスプレイ31の表示に係わる制御を行う。

【0052】

エンジン計測ユニット24は、エンジン系に係わる各種機器の状態量を検出するセンサ

50

の検出信号を入力して収集するものであり、図9では、それら状態量を検出するセンサとして、エンジン回転数を検出する回転センサ34と、エンジンの各気筒の排気ガス温度を検出する温度センサ35a~35nが示されている。超大型の油圧ショベルの場合、エンジンの各気筒は例えば16個であり、温度センサ35a~35nも16個である(n=16)。

【0053】

油圧システム計測ユニット25は、油圧システムに係わる各種機器の状態量を検出するセンサの検出信号を入力して収集するものであり、図9では、それらの状態量を検出するセンサとして、操作レバー装置が生成する操作パイロット圧力(以下操作圧力という)を検出する圧力センサ36a~36nと、トラックテンション圧力を検出する圧力センサ37が示されている。操作レバー装置はブーム、アーム、バケット、旋回、走行等を動作を指令するものであり、生成する操作圧力によって対応するコントロールバルブを切り換え、油圧シリンダ、油圧モータ等のアクチュエータに供給される圧油の流れを制御してアクチュエータの動作を制御することにより、ブーム、アーム、バケット、旋回、走行等の動作を制御する。

10

【0054】

データ記録装置9は、エンジン計測ユニット24および油圧システム計測ユニット25で収集した状態量データや、エンジンコントローラ21、車体コントローラ22、モニタコントローラ23での入力データおよび出力データのうちの必要なものを所定間隔で第1および第2共通通信ライン27A、27Bを介して入力し、これらのデータをセンサデータとして記憶する。

20

【0055】

車体コントローラ22は、上述した診断監視装置1を搭載しており、図7に示した診断処理を行うため、データ記録装置9にアクセスしてデータ記録装置9に記憶した所定期間のセンサデータ(エンジン計測ユニット24および油圧システム計測ユニット25が収集した各種センサからの情報)を収集・記録し、監視する。

【0056】

また、データ記録装置9にはパソコン11が接続可能であり、データ記録装置9に記憶したセンサデータをパソコン11にダウンロードし、パソコン11に搭載した監視診断装置1によって油圧ショベルの診断を行うこともできる。更に、データ記録装置9に記憶したセンサデータを無線機13及びアンテナ14を介して図示しない管理事務所のサーバに定期的送信し、管理事務所において油圧ショベルの診断を行うこともできる。

30

【0057】

次に、以上のように構成した本実施例の作用効果を説明する。

【0058】

図10および図11は、圧力センサ36a~36n, 37によって計測され、車体コントローラ22(診断監視装置1)によって記録・監視される操作圧力(稼働データ)とトラックテンション圧力を示したものである。図10が通常時の稼働データであり、図11が異常が発生したときの稼働データである。また、図10および図11の最上段がトラックテンション圧力であり、その下にブーム操作圧力、アーム操作圧力、バケット操作圧力、旋回操作圧力、走行操作圧力の各操作圧力が示されている。

40

【0059】

図11では、トラックテンション圧力異常1101が検出されており、車体コントローラ22に備えられた診断監視装置1によって記録されている。トラックテンション圧力を除く稼働データのうち、通常動作時のものを学習装置によって学習し、動作パターンデータ(参照分類情報)および動作頻度データ(参照頻度情報)を作成し、それぞれ監視診断装置1の図1に示す分類情報記憶部102及び頻度情報記憶部105に予め記憶させる。監視診断装置1に異常動作時の稼働データが入力されると、図12に示すように、予め記憶された動作パターンデータ(参照分類情報)と稼働データの各圧力センサ値が比較され、最も統計距離に近い動作パターンが選出され、その動作パターンとの最近傍統計距離

50

Dが算出され、さらに正規化統計距離dが算出される。図12は、横軸を機械の稼働時間（入力される稼働データ順）、縦軸を正規化統計距離として表したものであり、各時刻における正規化統計距離1201と所定の時間（ここでは50単位時間）の移動平均値1202を示している。異常動作時においても、正規化統計距離の移動平均値は、閾値1以下になっており、通常動作時の動作パターンデータとの有意差が認められないことが分かる。

【0060】

図13は、トラックテンション圧力が大きいとき（異常動作時）と小さいとき（正常動作時）の各動作パターンの頻度比率を示したものである。横軸が機械の動作パターン（稼働データの分類データ）であり、縦軸が動作パターンごとの頻度比率である。正常動作時と異常動作時で頻度比率の分布が全く異なることが分かる。例えば、パターン番号12, 20, 21などは正常動作時（track tension weak）に比べて異常動作時（track tension strong）の頻度が高いことが分かる。このうち、異常動作時に最も頻度が高くなっている動作パターン番号21の稼働データパターンを見ると、図14のようになっている。これは、右後進操作および左前進操作をしている動作パターンであり、ショベルを反時計回りに動作させている場合に、トラックテンション圧力が上昇する異常動作が発生していることが分かる。これにより異常動作の検出およびそれに関連する稼働データパターンを知ることができるので、異常検知と原因分析に寄与することができる。

【0061】

このように本実施例によれば、正常動作時と異常動作時との入力信号に類似性が強い場合でも、誤判定を起こすことなく、適切に診断を行うことができる。

【0062】

図15は、油圧ショベルのエンジンの稼働状況と操作圧力のセンサ値を示したもので、油圧ショベルの操作に応じて油圧を得るためのメインポンプを駆動するエンジンの回転数が増えていることが分かる。無操作区間1501では、操作が発生していないため、エンジンも低回転域で稼働している。無操作区間の発生割合は、その時々で変化する可能性があるため、実際に操作している区間のみを監視診断対象にすることが適切である。したがって、エンジンの稼働状況もしくは操作の圧力センサ値を参照して、作業時のみの稼働データを分析するようにしてもよい。

【0063】

図16は、油圧ショベルのエンジンの稼働状況を示したもので、期間を2つに分けて示しており、それぞれ「期間1」と「期間2」に分けている。2つの期間に対し、図17に動作パターンとその頻度を示している。図17において、動作パターン「7」の頻度1701について、「期間1」より「期間2」で増加しており、動作パターン「7」を見ると、図18に示すように、油圧ショベルの操作が行われていない「無操作状態」を示していることがわかる。すなわち、「期間1」に比べて「期間2」においては、無操作時間が増加したと考えられ、このような動作パターンについては、除外して考えるべきである。

【0064】

本実施例では、利用者が分類データ（参照分類情報）の中から無操作時間（操作レバー装置が操作されていないとき）の分類データを除外し、それ以外の分類データを選択しておくことにより、データ分類部101は、無操作時間の分類データと診断データを除外して稼働データ分類情報（最近傍分類番号および正規化統計距離）を生成する。これにより図1の頻度比較部104は、無操作時間に影響されない正確な頻度 h_i あるいは頻度比率 e_i を求めることができ、より誤判定の少ない適切な診断を行うことができる。

【0065】

図19および図20は、温度センサ35a~35nによって計測され、車体コントローラ22（診断監視装置1）によって記録・監視される油圧ショベルのエンジンの各気筒の排気温度について、異なる期間の温度センサ値（稼働データ）を示したものである。図19が正常動作時の期間3の稼働データを示し、図20が異常動作時の期間4の稼働データを示している。図19および図20の期間3, 4について、動作パターン（稼働データの

10

20

30

40

50

分類データ)の頻度を比較すると、図21のようになる。図21に示すように、動作パターン13および26について頻度が変化しており、図22に示すように、異常動作時の動作パターンを確認すると、動作パターン13および26では温度センサ値がいずれの動作パターンよりも高い値を示していることがわかる。このことから、エンジンの排気温度の分布が2つの期間では異なるということが分かる。

【0066】

以上のように本実施例によれば、油圧ショベルの動作パターンについて、その頻度を比較することにより、異常検知を行うことができる。

【実施例2】

【0067】

図23は、本発明の第2の実施例に係わる監視診断装置の構成を示す図である。

【0068】

監視診断装置1aは図1の構成に表示部2301が追加されている。表示部2301は、例えば図9に示すディスプレイ31であってもよいし、パソコン11に監視診断装置1aを搭載した場合は、パソコン11のディスプレイであってもよい。この表示部2301は、頻度比較部104もしくは異常診断部103からの出力を受け取りその出力内容を表示する。

【0069】

図24は、図23に示す監視診断装置の処理機能のうち、頻度比較部104が生成した稼働データ頻度比較情報を表示部2301に表示する部分の処理フローを示す図である。

【0070】

監視診断装置1aにおいて、データ分類部101は外部から診断データを読み込み(ステップs2401)、また分類情報記憶部102から分類データを読み込み(ステップs2402)、診断データと分類データを比較して、最近傍分類番号および正規化統計距離を生成する(ステップs2403)。頻度比較部104は、最近傍分類番号をデータ分類部101から所定の時間幅で受け取って集計し、また頻度情報記憶部105から参照頻度比率を読み込んで前記集計した最近傍分類番号の頻度比率と比較し、頻度比較データを生成する(ステップs2404)。最後に、表示部2301が頻度比較データを頻度比較部104から受け取って、例えば図21に示すような表示態様で表示する(ステップs2405)。図21の表示例では、参照頻度比率データ2101(参照頻度情報)と集計した頻度比率2102が、それぞれの分類番号ごとに表示される。

【0071】

このように表示部2301に頻度比較データを表示することによって、利用者の判断によって異常検知あるいはその確認を行うことができるようになる。

【0072】

図25は、異常診断部103の診断結果データであって、図21に示すような頻度比較データのうち、参照頻度比率データ2101(参照頻度情報)と比較して頻度比率2102に異常があると判定された場合の出力画面表示例を示したものである。この例では、動作パターン13と26の頻度が増加していることが表示されており、これは図21における「Operation Pattern No」が「13」と「26」の頻度データのグラフ表示に相当している。参照リンク指定2502および2503は、動作パターン「13」と「26」それぞれの詳細情報を表示するための指定であり、例えば参照リンク指定2502を操作すると、図26に示すような詳細情報表示画面2604が現れる。ここでは、動作パターン「13」に関する詳細情報を参照することができ、頻度データ2601や参照頻度比率データ2602を参照して動作パターンの増加傾向を確認でき、同時に図22と同様の動作パターン「13」に対応するセンサデータの情報をセンサデータパターン2603として参照することができる。この例では、比較表示の観点から他の動作パターンのセンサデータパターンも表示されている。

【0073】

図25および図26に関わる動作を図23の構成図および図27のフロー図を用いて以

10

20

30

40

50

下説明する。図27は、図23に示す監視診断装置の処理機能のうち、異常診断部103の診断結果データを表示する部分の処理フローを示す図である。

【0074】

監視診断装置1aにおいて、データ分類部101は外部から診断データを読み込み（ステップs2701）、また分類情報記憶部102から分類データを読み込み（ステップs2702）、診断データと分類データを比較して、最近傍分類番号および正規化統計距離を生成する（ステップs2703）。次に、異常診断部103はデータ分類部101から正規化統計距離を受け取り、所定の時間幅で正規化統計距離を集計して（ステップs2704）異常診断し（ステップs2705）、異常であると診断されればステップs2708に進んで、統計距離による異常診断の結果について稼働データに異常があることを診断結果データとして表示部2301に出力し、表示部2301はその診断結果データを表示する（ステップs2708）。一方、異常診断部103が、正規化統計距離を集計して異常診断した結果、正常であると診断されればステップs2706に進む。頻度比較部104は、最近傍分類番号をデータ分類部101から所定の時間幅で受け取って集計し、また頻度情報記憶部105から参照頻度比率を読み込んで前記集計した最近傍分類番号の頻度比率と比較し、頻度比較データを生成する（ステップs2706）。異常診断部103は、頻度比較データによる診断結果を生成し（ステップs2707）、統計距離による異常診断の結果については正常であり、その上で頻度比率による異常診断の結果について、稼働データに異常があるか、正常であるかを診断結果データとして表示部2301に出力し、表示部2301はその診断結果データを表示する（ステップs2708）。

10

20

【0075】

図23に示した監視診断装置1aは異常診断部103を備え、監視診断装置1a自身で異常検知を行うものであるが、異常診断部103を設けずに、頻度比較部104の出力（頻度比較データ）のみを表示するように構成してもよい。このように構成した場合でも、上述したように、利用者の判断によって異常検知を行うことができる。

【0076】

図28は、頻度比較データの他の表示例であり、折れ線グラフは式7に従って算出された図19および図20に示した期間3および期間4の油圧シヨベルの排気温度のセンサデータの動作パターンの頻度比較データ（検定比Rate）を示し、棒グラフは式7における参照頻度比率（図21の参照頻度比率2101）を示したものである。この例では動作パターン13と26に注目する必要がある。参照頻度が高いのは動作パターン13, 14, 26などであり、そのうち検定比が1を超えている、すなわち増加しているのは動作パターン13と26の2つだからである。

30

【0077】

図29は、分類情報作成装置29の構成を示したものである。分類情報作成装置29は、分類情報生成部2901および分類情報記憶部102を備える。

【0078】

分類情報生成部2901は、外部から学習データを入力すると予め分類情報生成部2901内に保持している設定値に従い、学習データから分類データを生成する。具体的には、k-meansなどの手法を用いて学習データのクラスタを算出し、各クラスタにおける重心座標を求め、その重心座標を図3のようなデータ項目ごとに保持する。ここでは、分類番号が付された各分類データが各クラスタの情報に相当する。クラスタ算出時には、各クラスタの半径も求めて保持する。半径は例えば、重心座標と各クラスタに所属するデータとのユークリッド距離を式3を用いて求め、そのユークリッド距離の平均値あるいは最大値を用いる。予め分類情報生成部2901内に保持している設定値とは、k-means法を用いた場合には、分類するクラスタ数が該当する。図3では生成した予め保持されている設定値、すなわちクラスタ数がmであり、クラスタ（分類データ）がm個生成されていることになる。算出された分類（クラスタ）ごとのデータ項目値および半径は、分類情報記憶部102に出力されて記録・保存される。

40

【0079】

50

図30は、頻度情報生成装置30の構成を示したものである。頻度情報生成装置30は、データ分類部3001（第2データ分類部）、分類情報記憶部102、頻度情報生成部3002および頻度情報記憶部105を備える。データ分類部3001は監視診断装置1のデータ分類部101と同じ機能を有している。

【0080】

外部から学習データを入力すると、分類情報記憶部102に予め記憶した分類データをデータ分類部3001が読み出して学習データを分類して、分類番号を図4と同様に順に出力する。頻度情報生成部3001は、学習データに対応してデータ分類部3001が出力した分類番号を受け取り、図5と同様の頻度データを生成し、頻度情報記憶部105に出力する。頻度情報記憶部105では出力された頻度表データを保存する。

10

【0081】

図31は、監視診断装置1に分類情報作成装置29と頻度情報生成装置30の機能を持たせた場合の監視診断装置1bの構成を示す図である。監視診断装置1bでは、図1に示した監視診断装置1のデータ分類部101を頻度情報生成装置30のデータ分類部3001と共用し、監視診断装置1では頻度比較部104に含まれていた頻度情報生成機能を頻度情報生成部3001として分離している。

【0082】

これにより1つの装置で学習データを用いた分類情報および頻度情報の作成と診断データの診断の処理の両方を行うことができる。

20

【符号の説明】

【0083】

- 1 監視診断装置
- 8 油圧シヨベル
- 9 データ記録装置
- 11 パソコン
- 13 無線機
- 14 アンテナ
- 21 エンジンコントローラ
- 22 車体コントローラ
- 23 モニタコントローラ
- 24 エンジン計測ユニット
- 25 油圧システム計測ユニット
- 27A 第1共通通信ライン
- 27B 第2共通通信ライン
- 28 電子ガバナ
- 29 分類情報作成装置
- 30 頻度情報生成装置
- 31 ディスプレイ
- 34 回転センサ
- 35a ~ 35n 温度センサ
- 36a ~ 36n 圧力センサ
- 37 圧力センサ
- 101 データ分類部（第1データ分類部）
- 102 分類情報記憶部
- 103 異常判定部
- 104 頻度比較部
- 105 頻度情報記憶部
- 501 頻度表
- 601 時間幅データ
- 602 参照頻度表

30

40

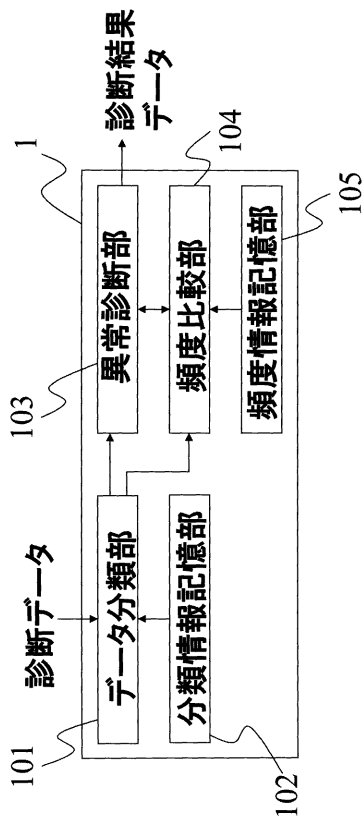
50

- 8 0 1 バケット
- 8 0 2 アーム
- 8 0 3 ブーム
- 8 0 4 旋回機構
- 8 0 5 クローラー装置
- 8 0 5 a 右側クローラー
- 8 0 5 b 左側クローラー
- 8 0 6 本体
- 8 1 1 , 8 1 2 , 8 1 3 油圧シリンダ
- 1 1 0 1 トラックテンション圧力異常
- 1 2 0 1 正規化統計距離
- 1 5 0 1 無操作区間
- 2 1 0 1 参照頻度比率データ
- 2 1 0 2 頻度比率
- 2 5 0 2 , 2 5 0 3 参照リンク指定
- 2 6 0 1 頻度データ
- 2 6 0 2 参照頻度比率データ
- 2 6 0 3 センサデータパターン
- 2 6 0 4 詳細情報表示画面
- 2 9 0 1 分類情報生成部
- 3 0 0 1 データ分類部 (第 2 データ分類部)
- 3 0 0 2 頻度情報生成部

10

20

【 図 1 】



【 図 2 】

時刻	データ項目A	データ項目B	データ項目C
時刻1	センサ値A1	センサ値B1	センサ値C1
時刻2	センサ値A2	データB2	センサ値C2
		•	
		•	
		•	
時刻n	センサ値An	センサ値Bn	センサ値Cn

【図3】

分類番号	データ項目A	データ項目B	データ項目C	半径
分類1	データ値a1	データ値b1	データ値c1	r1
分類2	データ値a2	データ値b2	データ値c2	r2
		•		
		•		
		•		
分類m	データ値am	データ値bm	データ値cm	rm

【図4A】

時刻	最近傍分類番号
時刻1	分類番号k1
時刻2	分類番号k2
	•
	•
時刻n	分類番号kn

【図4B】

時刻	正規化統計距離
時刻1	d1
時刻2	d2
	•
	•
時刻n	dn

【図5】

501

分類番号	頻度	頻度比率
分類1	頻度h1	頻度比率e1
分類2	頻度h2	頻度比率e2
	•	
	•	
分類m	頻度hm	頻度比率em

【図6】

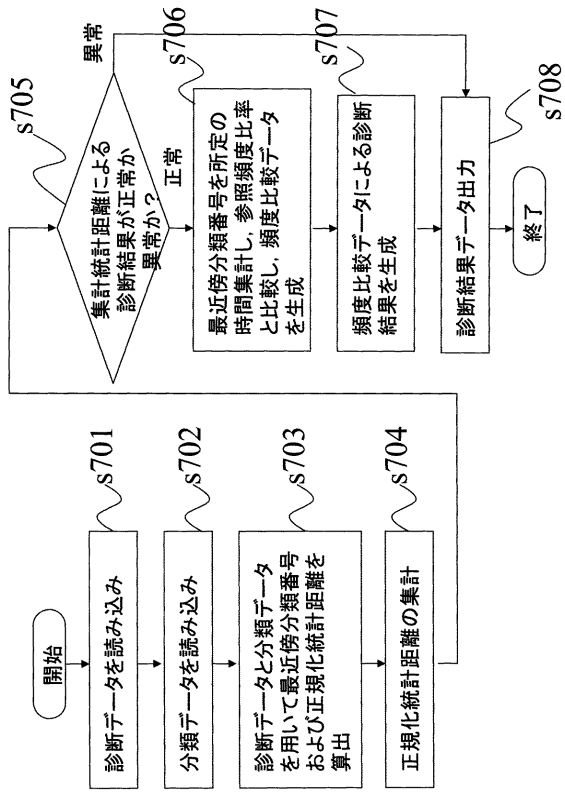
601

分類番号	参照頻度比率
分類1	頻度比率E1
分類2	頻度比率E2
	•
	•
分類m	頻度比率Em

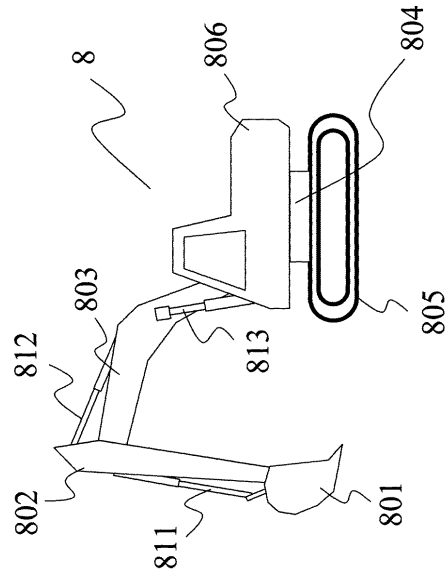
602

時間幅一夕	時間幅T

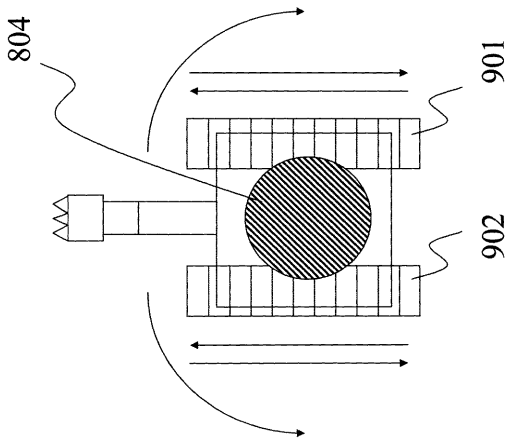
【図7】



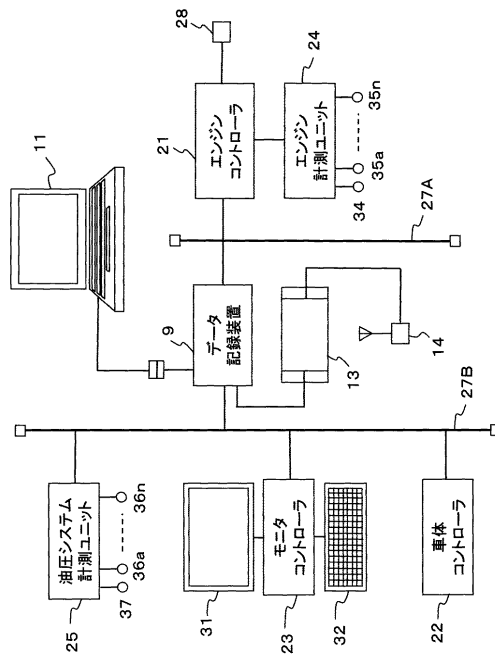
【図8A】



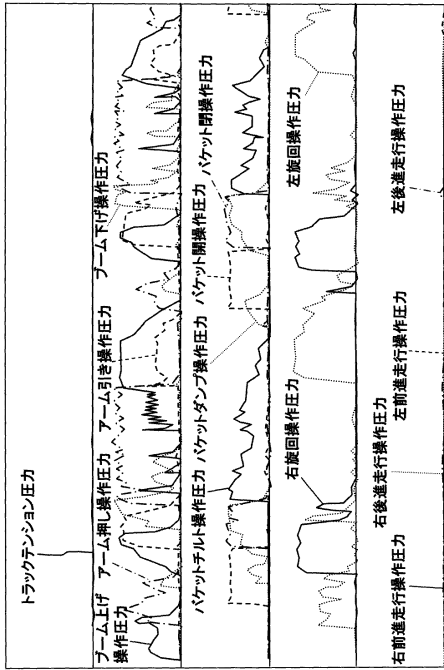
【図8B】



【図9】

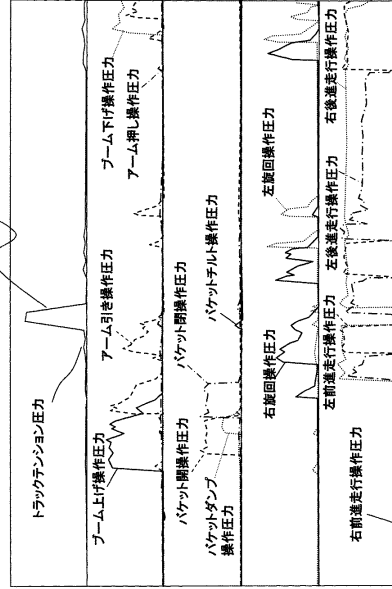


【 図 1 0 】



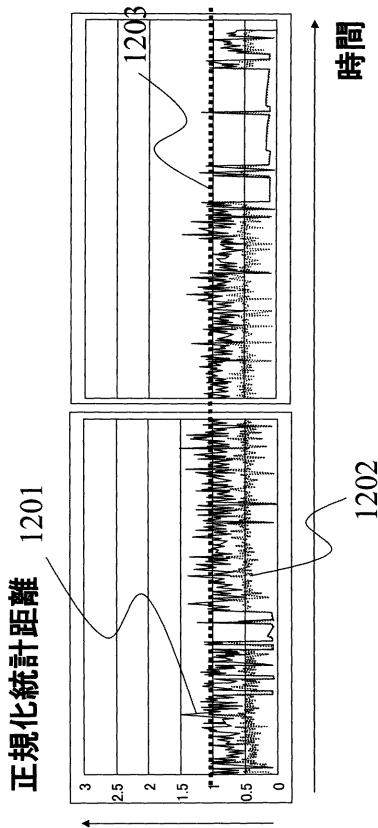
問題なし区間(トラックテンション低)操作パターン例

【 図 1 1 】

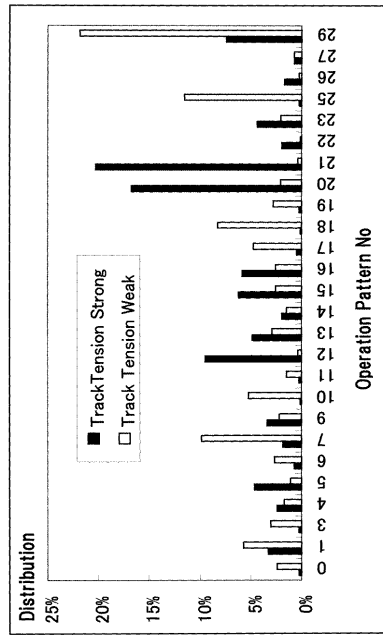


問題あり区間(トラックテンション高)操作パターン例

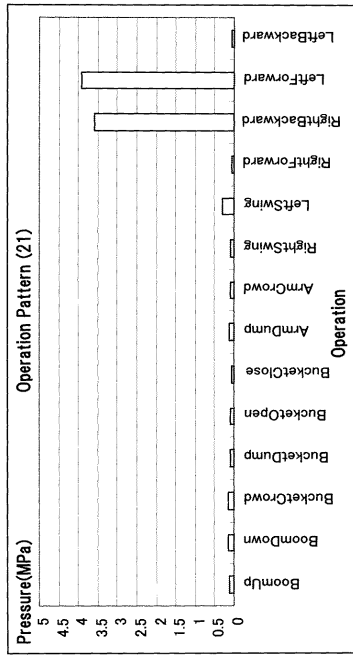
【 図 1 2 】



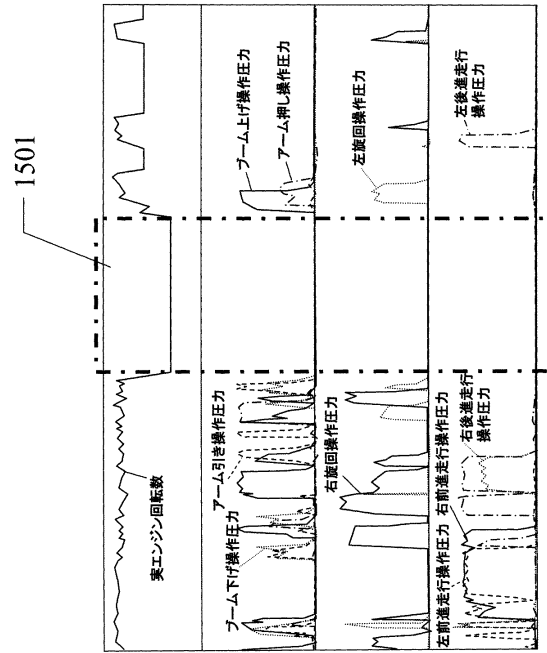
【 図 1 3 】



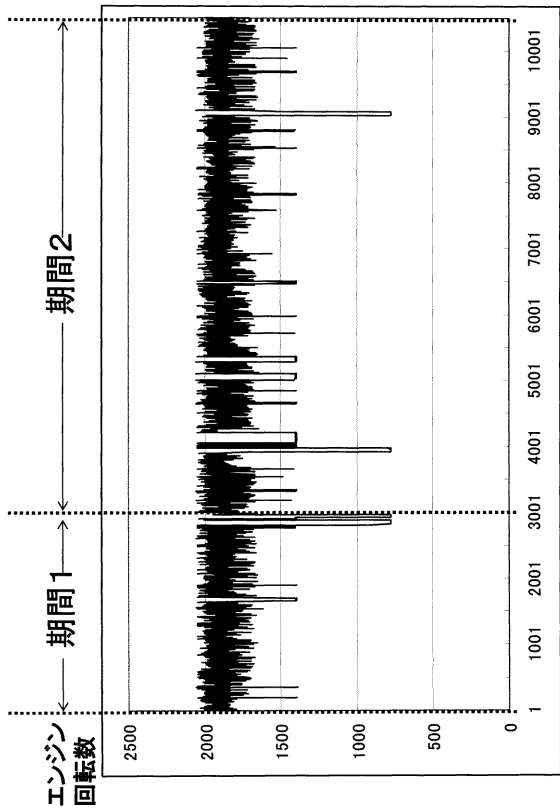
【図14】



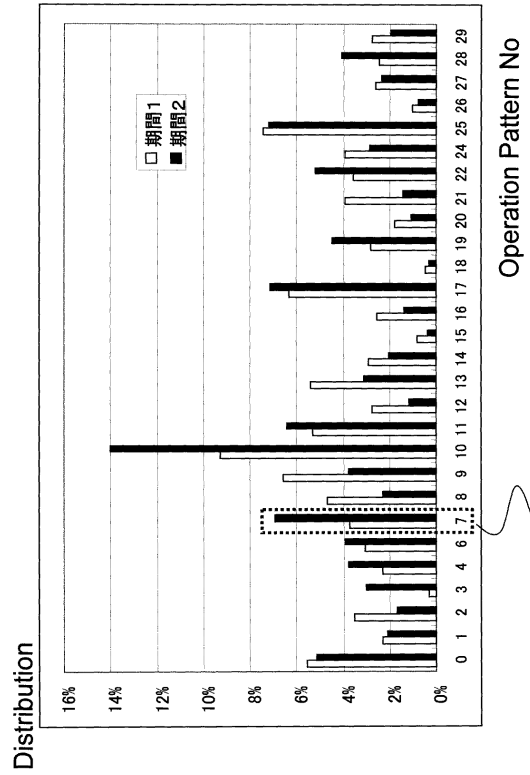
【図15】



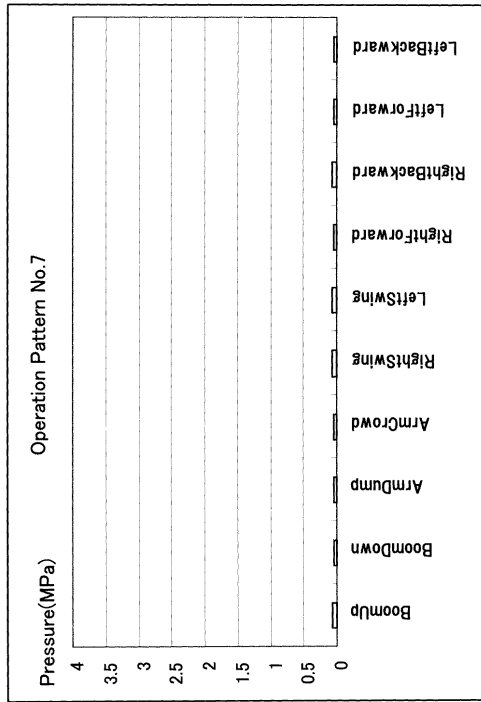
【図16】



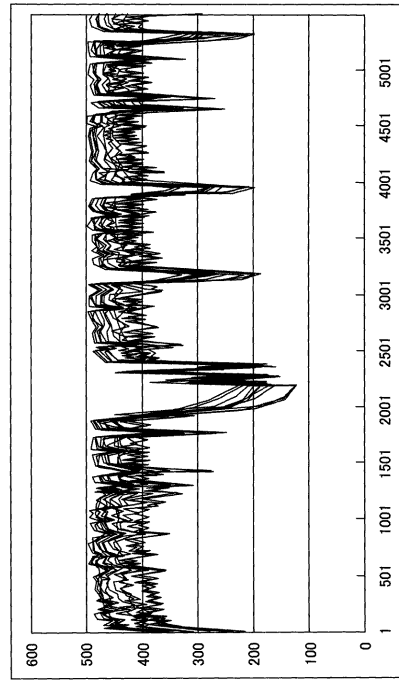
【図17】



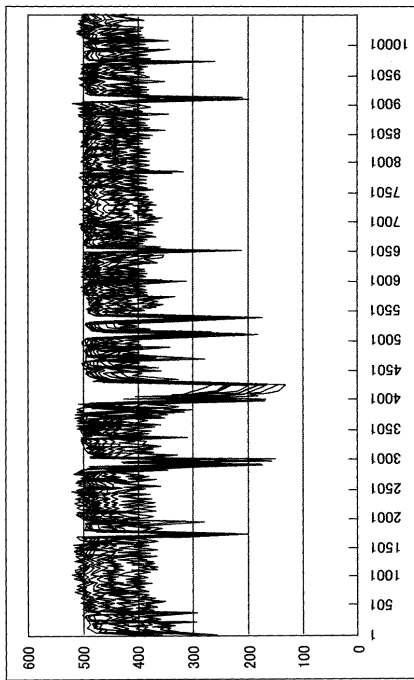
【図18】



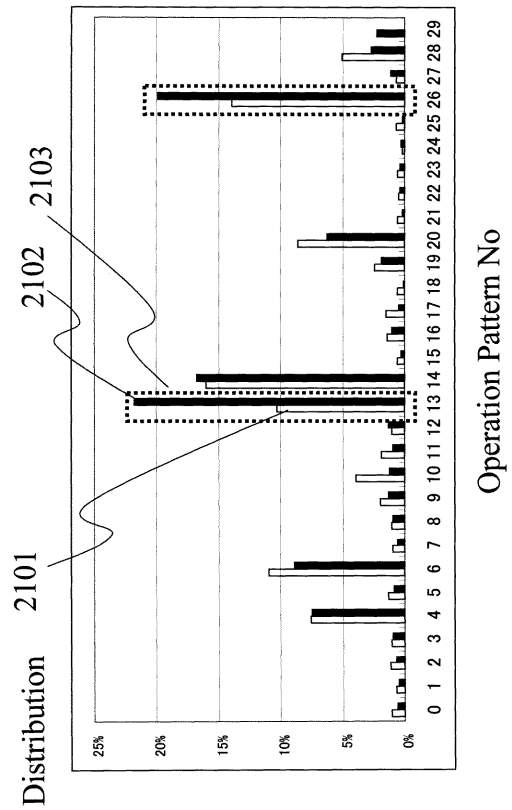
【図19】



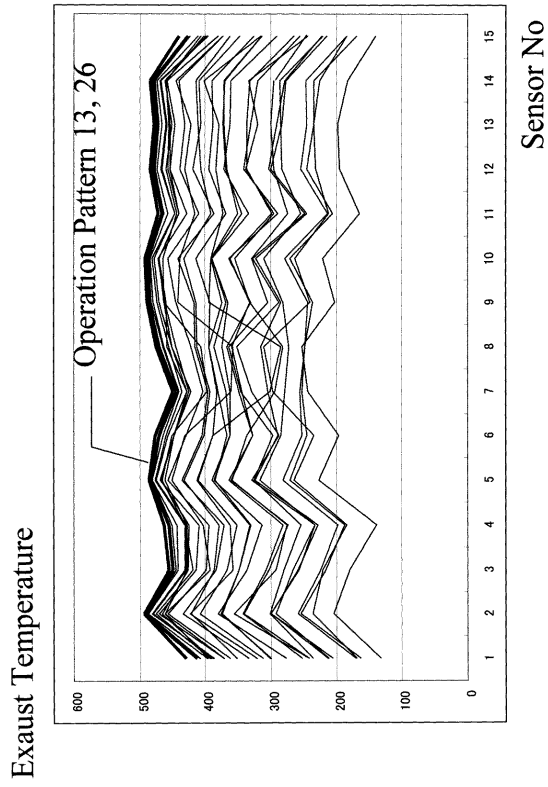
【図20】



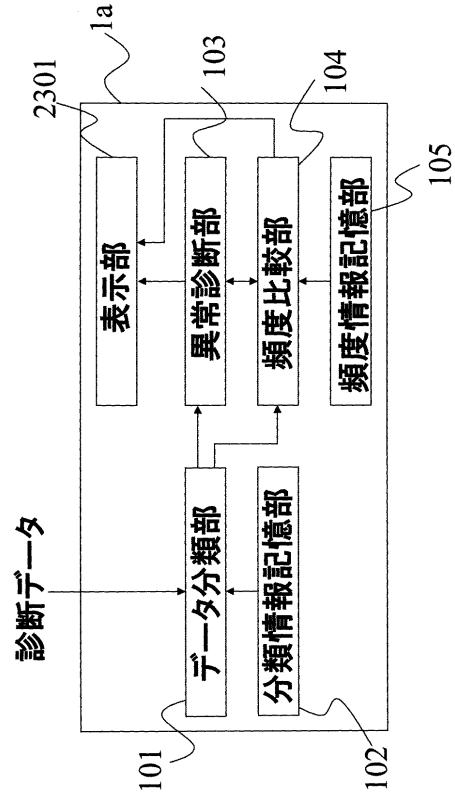
【図21】



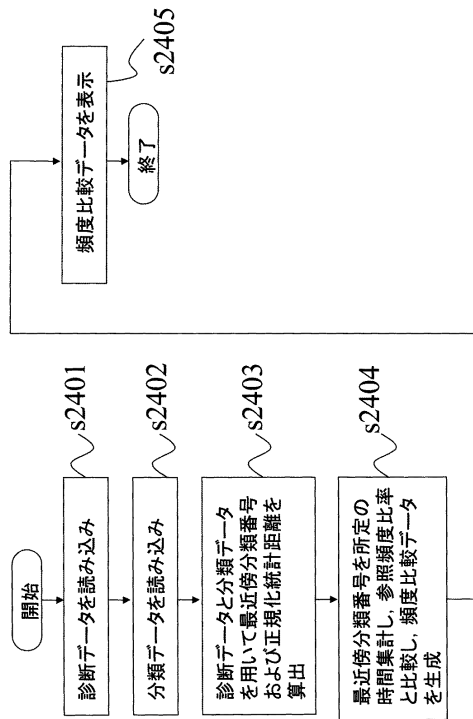
【図22】



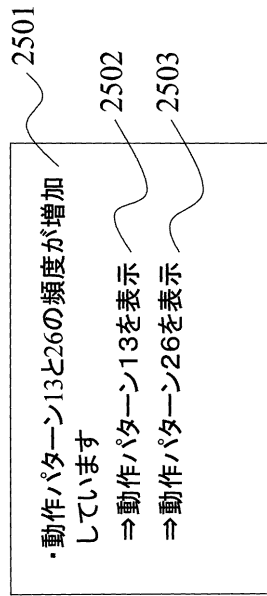
【図23】



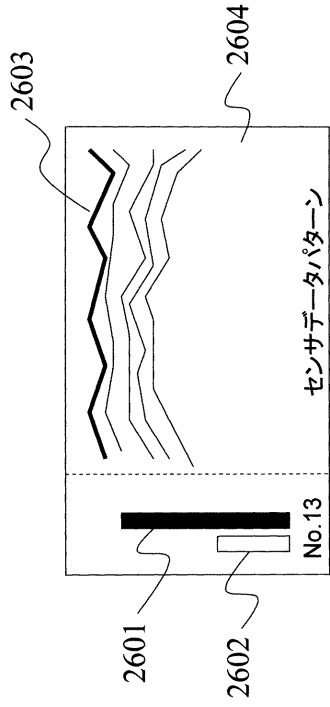
【図24】



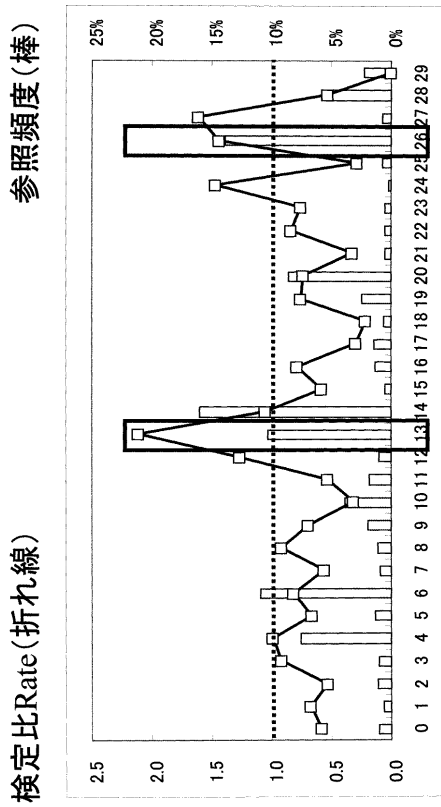
【図25】



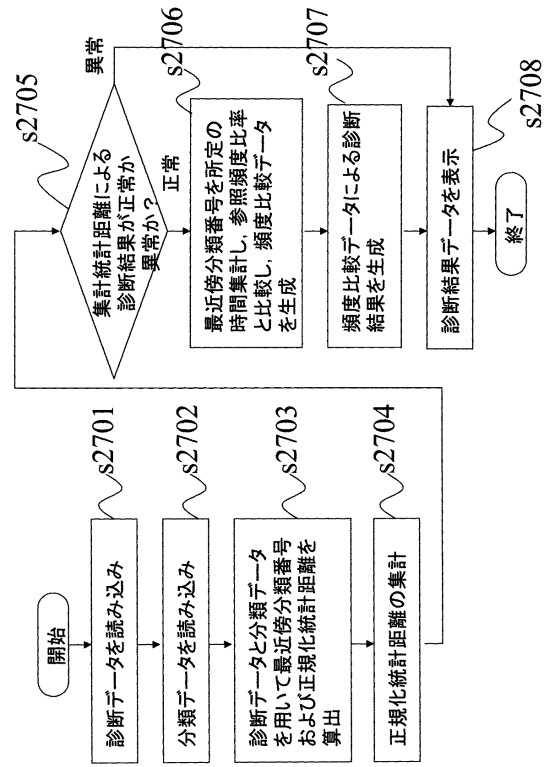
【図26】



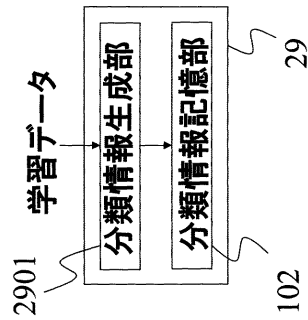
【図28】



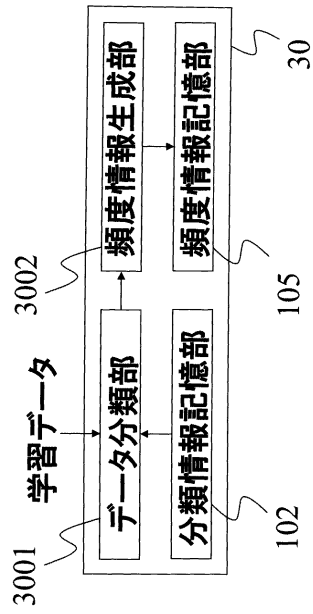
【図27】



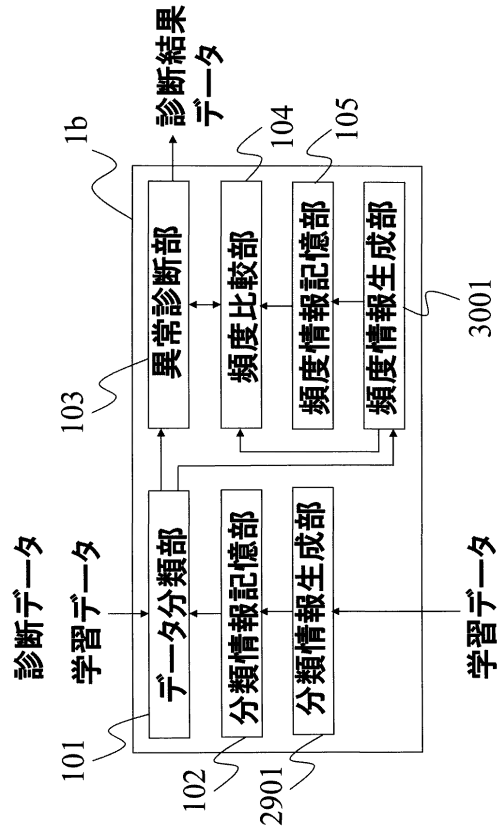
【図29】



【図30】



【図31】



フロントページの続き

- (72)発明者 中村 浩三
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
内 株式会社日立製作所 日立研究所
- (72)発明者 湯田 晋也
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
内 株式会社日立製作所 日立研究所
- (72)発明者 内山 宏樹
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
内 株式会社日立製作所 日立研究所

審査官 福田 裕司

- (56)参考文献 特開2008-196428(JP,A)
特開2007-257366(JP,A)
特開2006-011849(JP,A)
特開2006-349433(JP,A)
特開2006-276924(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01M 99/00
E02F 9/26
G05B 23/02