

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4431163号  
(P4431163)

(45) 発行日 平成22年3月10日 (2010. 3. 10)

(24) 登録日 平成21年12月25日 (2009. 12. 25)

(51) Int. Cl.	F I
<b>G05B 23/02 (2006.01)</b>	G05B 23/02 302T
<b>B60G 17/0185 (2006.01)</b>	B60G 17/0185
<b>G01M 17/007 (2006.01)</b>	G01M 17/00 Z
<b>B60G 11/30 (2006.01)</b>	B60G 11/30

請求項の数 22 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2007-266997 (P2007-266997)	(73) 特許権者	000003377
(22) 出願日	平成19年10月12日 (2007. 10. 12)		東急車輛製造株式会社
(62) 分割の表示	特願2002-368705 (P2002-368705) の分割		神奈川県横浜市金沢区大川3番1号
原出願日	平成14年12月19日 (2002. 12. 19)	(74) 代理人	100088155
(65) 公開番号	特開2008-108250 (P2008-108250A)		弁理士 長谷川 芳樹
(43) 公開日	平成20年5月8日 (2008. 5. 8)	(74) 代理人	100113435
審査請求日	平成19年10月18日 (2007. 10. 18)		弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100148013
			弁理士 中山 浩光
		(72) 発明者	河田 直樹
			神奈川県横浜市金沢区大川3番1号 東急
			車輛製造株式会社内
		(72) 発明者	春木 英將
			神奈川県横浜市金沢区大川3番1号 東急
			車輛製造株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 移動体の異常検出システム、及び移動体の異常検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動体の異常を検出する異常検出システムであって、  
 前記移動体において所定の特性量を計測する計測手段と、  
 前記計測手段によって計測される前記特性量からなる第1の信号に、当該第1の信号に含まれ前記移動体に発生する異常に基づくランプ波形成分を強調する所定の信号処理を施してなる第2の信号を生成する信号処理手段と、  
 前記第2の信号から抽出される複数ポイントの信号値からなり、前記移動体から各々取得される複数のベクトルデータによって形成される基準空間であって、当該複数のベクトルデータ各々が所定の基準時に前記計測手段によって計測される前記特性量に基づいて生成される基準空間において導出されるマハラノビス距離計算式の演算パラメータを記録する演算パラメータ記録手段と、  
 前記移動体の稼働時において前記計測手段によって計測される前記特性量に基づいて前記信号処理手段によって生成される前記第2の信号から複数ポイントの信号値を抽出してなるベクトルデータを前記演算パラメータ記録手段に記録された前記演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に代入し、マハラノビス距離を算出するマハラノビス距離算出手段と、  
 前記マハラノビス距離算出手段によって算出された前記マハラノビス距離と所定の閾値とを比較することによって前記移動体の異常を検出する異常検出手段と、  
 を備えることを特徴とする異常検出システム。

## 【請求項 2】

前記計測手段は、前記移動体の空気ばねの内圧を計測する圧力センサ、及び/又は前記移動体の軸箱の温度を計測する温度センサを有することを特徴とする請求項 1 記載の異常検出システム。

## 【請求項 3】

前記信号処理手段において、前記第 1 の信号に対して、移動平均処理及び/又は積分処理を施すことにより前記第 2 の信号を生成することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の異常検出システム。

## 【請求項 4】

前記信号処理手段において、前記第 1 の信号に対して、バンドパスフィルタ処理及び移動分散処理を更に施すことにより前記第 2 の信号を生成することを特徴とする請求項 3 記載の異常検出システム。

10

## 【請求項 5】

前記異常検出手段は、レベルの異なる複数の所定の閾値と前記マハラノビス距離とを比較し、当該比較の結果に基づいて前記移動体の異常レベルを検出することを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の異常検出システム。

## 【請求項 6】

複数の移動体それぞれの異常を基地局において検出する異常検出システムであって、

前記複数の移動体それぞれにおいて所定の特性量を計測する計測手段と、

前記計測手段によって計測される前記特性量からなる第 1 の信号に、当該第 1 の信号に含まれ前記移動体に発生する異常に基づくランプ波形成分を強調する所定の信号処理を施してなる第 2 の信号を生成する信号処理手段と、

20

前記第 2 の信号から抽出される複数ポイントの信号値からなり、前記複数の移動体から各々取得される複数のベクトルデータによって形成される基準空間であって、当該複数のベクトルデータ各々が所定の基準時に前記計測手段によって計測された前記特性量に基づいて生成される基準空間において導出されるマハラノビス距離計算式の演算パラメータを記録する演算パラメータ記録手段と、

前記複数の移動体それぞれの稼働時において前記計測手段によって計測される前記特性量に基づいて前記信号処理手段によって生成される前記第 2 の信号から複数ポイントの信号値を抽出してなるベクトルデータを前記演算パラメータ記録手段に記録された前記演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に代入し、マハラノビス距離を算出するマハラノビス距離算出手段と、

30

前記マハラノビス距離算出手段によって算出された前記マハラノビス距離と所定の閾値とを比較することによって前記複数の移動体それぞれの異常を検出する異常検出手段とを備え、

少なくとも前記演算パラメータ記録手段と、前記マハラノビス距離算出手段と、前記異常検出手段とが前記基地局に設けられたことを特徴とする異常検出システム。

## 【請求項 7】

前記計測手段は、前記移動体の空気ばねの内圧を計測する圧力センサ、及び/又は前記移動体の軸箱の温度を計測する温度センサを有することを特徴とする請求項 6 記載の異常検出システム。

40

## 【請求項 8】

前記信号処理手段において、前記第 1 の信号に対して、移動平均処理及び/又は積分処理を施すことにより前記第 2 の信号を生成することを特徴とする請求項 6 又は 7 記載の異常検出システム。

## 【請求項 9】

前記信号処理手段において、前記第 1 の信号に対して、バンドパスフィルタ処理及び移動分散処理を更に施すことにより前記第 2 の信号を生成することを特徴とする請求項 8 記載の異常検出システム。

## 【請求項 10】

50

前記異常検出手段は、レベルの異なる複数の所定の閾値と前記マハラノビス距離とを比較し、当該比較の結果に基づいて前記複数の移動体それぞれの異常レベルを検出することを特徴とする請求項 6 ~ 9 のいずれか一項に記載の異常検出システム。

【請求項 1 1】

移動体の異常を検出する異常検出方法であって、

計測手段が、前記移動体において所定の特性量を計測する計測ステップと、

信号処理手段が、前記計測手段によって計測される前記特性量からなる第 1 の信号に、当該第 1 の信号に含まれ前記移動体に発生する異常に基づくランプ波形成分を強調する所定の信号処理を施してなる第 2 の信号を生成する信号処理ステップと、

マハラノビス距離算出手段が、前記第 2 の信号から抽出される複数ポイントの信号値からなり、前記移動体から各々取得される複数のベクトルデータによって形成される基準空間であって、当該複数のベクトルデータ各々が所定の基準時に前記計測手段によって計測される前記特性量に基づいて生成される基準空間において導出され、演算パラメータ記録手段に記録された演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に、前記移動体の稼働時において前記計測手段によって計測される前記特性量に基づいて前記信号処理手段によって生成される前記第 2 の信号から複数ポイントの信号値を抽出してなるベクトルデータを代入し、マハラノビス距離を算出するマハラノビス距離算出ステップと、

異常検出手段が、前記マハラノビス距離算出手段によって算出された前記マハラノビス距離と所定の閾値とを比較することによって前記移動体の異常を検出する異常検出ステップと、

を備えることを特徴とする異常検出方法。

【請求項 1 2】

前記計測ステップにおいて、前記計測手段の 1 つである圧力センサが前記移動体の空気ばねの内圧を計測することを特徴とする請求項 1 1 記載の異常検出方法。

【請求項 1 3】

前記計測ステップにおいて、前記計測手段の 1 つである温度センサが前記移動体の軸箱の温度を計測することを特徴とする請求項 1 1 記載の異常検出方法。

【請求項 1 4】

前記信号処理ステップにおいて、前記第 1 の信号に対して、移動平均処理及び / 又は積分処理を施すことにより前記第 2 の信号を生成することを特徴とする請求項 1 1 ~ 1 3 のいずれか一項に記載の異常検出方法。

【請求項 1 5】

前記信号処理ステップにおいて、前記第 1 の信号に対して、バンドパスフィルタ処理及び移動分散処理を更に施すことにより前記第 2 の信号を生成することを特徴とする請求項 1 4 記載の異常検出方法。

【請求項 1 6】

前記異常検出ステップにおいて、前記異常検出手段は更に、レベルの異なる複数の所定の閾値と前記マハラノビス距離とを比較し、当該比較の結果に基づいて前記移動体の異常レベルを検出することを特徴とする請求項 1 1 ~ 1 5 のいずれか一項に記載の異常検出方法。

【請求項 1 7】

複数の移動体それぞれの異常を基地局において検出する異常検出方法であって、

計測手段が、前記複数の移動体それぞれにおいて所定の特性量を計測する計測ステップと、

信号処理手段が、前記計測手段によって計測される前記特性量からなる第 1 の信号に、当該第 1 の信号に含まれ前記移動体に発生する異常に基づくランプ波形成分を強調する所定の信号処理を施してなる第 2 の信号を生成する信号処理ステップと、

前記基地局においてマハラノビス距離算出手段が、前記第 2 の信号から抽出される複数ポイントの信号値からなり、前記複数の移動体から各々取得される複数のベクトルデータによって形成される基準空間であって、当該複数のベクトルデータ各々が所定の基準時に

10

20

30

40

50

前記計測手段によって計測された前記特性量に基づいて生成される基準空間において導出され、演算パラメータ記録手段に記録された演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に、前記複数の移動体それぞれの稼働時において前記計測手段によって計測される前記特性量に基づいて前記信号処理手段によって生成される前記第2の信号から複数ポイントの信号値を抽出してなるベクトルデータを代入し、マハラノビス距離を算出するマハラノビス距離算出ステップと、

前記基地局において異常検出手段が、前記マハラノビス距離算出手段によって算出された前記マハラノビス距離と所定の閾値とを比較することによって前記複数の移動体それぞれの異常を検出する異常検出ステップと  
を備えることを特徴とする異常検出方法。

10

【請求項18】

前記計測ステップにおいて、前記計測手段の1つである圧力センサが前記移動体の空気ばねの内圧を計測することを特徴とする請求項17記載の異常検出方法。

【請求項19】

前記計測ステップにおいて、前記計測手段の1つである温度センサが前記移動体の軸箱の温度を計測することを特徴とする請求項17記載の異常検出方法。

【請求項20】

前記信号処理ステップにおいて、前記第1の信号に対して、複数の移動平均処理及び/又は積分処理を施すことにより前記第2の信号を生成することを特徴とする請求項17～19のいずれか一項に記載の異常検出方法。

20

【請求項21】

前記信号処理ステップにおいて、前記第1の信号に対して、バンドパスフィルタ処理及び移動分散処理を更に施すことにより前記第2の信号を生成することを特徴とする請求項20記載の異常検出方法。

【請求項22】

前記異常検出ステップにおいて、前記異常検出手段は更に、レベルの異なる複数の所定の閾値と前記マハラノビス距離とを比較し、当該比較の結果に基づいて前記複数の移動体それぞれの異常レベルを検出することを特徴とする請求項18～21のいずれか一項に記載の異常検出方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鉄道車両や搬送車といった車両等の移動体の異常を検出する異常検出システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

車両等の移動体の保全については、定期点検といったように一定時間が経過するごとに保全を行う時間基準保全方式から、移動体の状態を監視して適切な時点で保全を行う状態基準保全方式へと主流が移りつつある。状態基準保全方式においては、移動体の状態を監視して、移動体の各部の異常を検出するモニタリング技術が重要である。従来のモニタリング技術においては、移動体の各部の状態をセンサによって監視し、移動体の各部の正常状態と異常状態を判別するために予め定めた閾値とセンサの出力値とを比較することによって異常が検出されている。しかしながら、移動体の各部が正常の場合と異常の場合とでセンサの出力値に大きな差異が表れない場合が多く、上記した閾値を設定することが困難な結果、異常が見落とされる場合がある。

40

【0003】

一方、製品の異常を検出する手法としてMTシステムが近年注目を集めている。MTシステムでは、正常状態の複数の製品それぞれからセンサ等によって取得される特性量に基づいて複数のベクトルデータを生成して、基準空間を形成する。MTシステムでは、この基準空間において導出されるマハラノビス距離計算式に、異常検出対象の製品から取得さ

50

れるベクトルデータを代入してマハラノビス距離を算出し、このマハラノビス距離と所定の閾値を比較することによって製品の異常を検出することができる。このマハラノビス距離は、正常状態の製品におけるベクトルデータの分布、すなわち正常状態の特性量の分散及びベクトルを構成する各次元間の特性量の相関が距離の演算に反映されており、正常状態と異常状態における特性量の差異が小さくても、正常状態と異常状態との距離差を大きくすることができる。したがって、正常状態と異常状態とのマハラノビス距離の間に閾値を設定することが容易となるので、MTシステムによれば製品の異常を精度よく検出できる。

#### 【0004】

このようなMTシステムを車両の異常検出に用いた技術として、車両のエンジン回転数、水温、油圧等をセンサによって計測し、これらを特性量としてベクトルデータを生成して、MTシステムによって車両の状態監視を行う技術が知られている（非特許文献1）。

【非特許文献1】大西孝一、他2名、"テレメタリングによるレース車輛の異常診断システムの構築"、第10回品質工学研究発表大会、2002年、p.286-289。

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

しかしながら、移動体は走行するために存在する環境が変化するので、上記したセンサの出力にも環境によって変化する種々の外乱が含まれる。すなわち、センサの出力値に大きなバラツキが生じるので、単純にセンサの出力値を特性量とするベクトルデータにMTシステムを適用しても、正常状態のマハラノビス距離と異常状態のマハラノビス距離とを分離することが困難な結果、移動体に発生する異常を精度良く検出することができない。

#### 【0006】

そこで、本発明の目的は、MTシステムを用い移動体の異常を精度良く検出する移動体の異常検出システムを提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

上記目的を達成するため、本発明の異常検出システムは、移動体の異常を検出する異常検出システムであって、上記移動体において所定の特性量を計測する計測手段と、上記計測手段によって計測される上記特性量からなる第1の信号に、当該第1の信号に含まれる上記移動体に発生する異常に基づくランプ波形成分を強調する所定の信号処理を施してなる第2の信号を生成する信号処理手段と、上記第2の信号から抽出される複数ポイントの信号値からなり、上記移動体から各々取得される複数のベクトルデータによって形成される基準空間であって、当該複数のベクトルデータ各々が所定の基準時に上記計測手段によって計測される上記特性量に基づいて生成される基準空間において導出されるマハラノビス距離計算式の演算パラメータを記録する演算パラメータ記録手段と、上記移動体の稼働時において上記計測手段によって計測される上記特性量に基づいて上記信号処理手段によって生成される上記第2の信号から複数ポイントの信号値を抽出してなるベクトルデータを上記演算パラメータ記録手段に記録された上記演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に代入し、マハラノビス距離を算出するマハラノビス距離算出手段と、上記マハラノビス距離算出手段によって算出された上記マハラノビス距離と所定の閾値とを比較することによって上記移動体の異常を検出する異常検出手段とを備えることを特徴としている。

#### 【0008】

また、上記目的を達成するため、本発明の異常検出方法は、移動体の異常を検出する異常検出方法であって、計測手段が、上記移動体において所定の特性量を計測する計測ステップと、信号処理手段が、上記計測手段によって計測される上記特性量からなる第1の信号に、当該第1の信号に含まれる上記移動体に発生する異常に基づくランプ波形成分を強調する所定の信号処理を施してなる第2の信号を生成する信号処理ステップと、マハラノビス距離算出手段が、上記第2の信号から抽出される複数ポイントの信号値からなり、上記移動体から各々取得される複数のベクトルデータによって形成される基準空間であって、

10

20

30

40

50

当該複数のベクトルデータ各々が所定の基準時に上記計測手段によって計測される上記特性量に基づいて生成される基準空間において導出され、演算パラメータ記録手段に記録された演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に、上記移動体の稼働時において上記計測手段によって計測される上記特性量に基づいて上記信号処理手段によって生成される上記第2の信号から複数ポイントの信号値を抽出してなるベクトルデータを代入し、マハラノビス距離を算出するマハラノビス距離算出ステップと、異常検出手段が、上記マハラノビス距離算出手段によって算出された上記マハラノビス距離と所定の閾値とを比較することによって上記移動体の異常を検出する異常検出ステップとを備えることを特徴としている。

**【0009】**

かかる発明によれば、計測手段によって計測される特性量からなる第1の信号に、信号処理手段が所定の信号処理を施して第2の信号を生成する。この所定の信号処理とは、第1の信号に含まれる移動体の異常に基づくランプ波形成分を強調する処理である。例えば、移動体の異常によってランプ波形成分が第1の信号に含まれるという知見がある場合には積分処理や移動平均処理等を適用することができる。マハラノビス距離算出手段は、移動体の稼働時に計測手段によって計測された第1の信号に基づいて生成される第2の信号から複数ポイントの信号値を抽出し、これら信号値からベクトルデータを生成してマハラノビス距離を算出する。マハラノビス距離の算出に用いられる計算式は、所定の基準時において計測手段によって計測された特性量に基づいて上記と同様に生成された複数のベクトルデータが形成する基準空間において導出されたものである。ここで、「所定の基準時」とは、正常状態の移動体におけるセンサ出力と同様の出力が得られると想定される予め定められた時間である。このようにマハラノビス距離算出手段によって算出されるマハラノビス距離は、信号処理手段によって異常が強調された第2の信号から抽出されたベクトルデータに対して求められるので、移動体に異常がある場合には、正常状態の移動体から取得されるマハラノビス距離に比して大きくなる。したがって、異常状態のマハラノビス距離と正常状態のマハラノビス距離を良好に分離できる結果、異常検出手段によってマハラノビス距離と所定の閾値とを比較することで移動体の異常をその移動体において精度良く検出することができる。

**【0010】**

また、本発明の異常検出システムにおいては、上記計測手段は、移動体の空気ばねの内圧を計測する圧力センサ、及び/又は移動体の軸箱の温度を計測する温度センサを有することを特徴としてもよい。

**【0011】**

また、本発明の異常検出方法においては、上記計測ステップにおいて、計測手段の1つである圧力センサが移動体の空気ばねの内圧を計測することを特徴としてもよい。更に、上記計測ステップにおいて、計測手段の1つである温度センサが移動体の軸箱の温度を計測することを特徴としてもよい。

**【0012】**

このようにすると、異常の際にランプ波形成分が現れる移動体の空気ばねのパンクや移動体の軸箱の軸受の異常温度を精度よく検出でき、移動体の保全時期を適切に定めることができる。

**【0013】**

また、本発明の異常検出システムにおいては、上記信号処理手段において、第1の信号に対して、移動平均処理及び/又は積分処理を施すことにより第2の信号を生成することを特徴としてもよい。

**【0014】**

また、本発明の異常検出方法においては、上記信号処理ステップにおいて、第1の信号に対して、移動平均処理及び/又は積分処理を施すことにより第2の信号を生成することを特徴としてもよい。

**【0015】**

このようにすると、第1の信号におけるランプ波形成分を適切に強調することができ、移動体の異常を精度よく検出できる。

【0016】

また、本発明の異常検出システムにおいては、上記信号処理手段において、第1の信号に対して、移動平均処理及び積分処理に加え、バンドパスフィルタ処理及び移動分散処理を更に施すことにより第2の信号を生成することを特徴としてもよい。

【0017】

また、本発明の異常検出方法においては、上記信号処理ステップにおいて、第1の信号に対して、移動平均処理及び積分処理に加え、バンドパスフィルタ処理及び移動分散処理を更に施すことにより第2の信号を生成することを特徴としてもよい。

10

【0018】

このようにすると、移動体の各部に現れる異常に起因するものの、その異常に起因して第1の信号に現れることが未知の成分を強調することができる可能性を高め、未知の異常をも検出することができる。

【0019】

また、本発明の異常検出システムにおいては、上記異常検出手段は更に、レベルの異なる複数の所定の閾値と上記マハラノビス距離とを比較し、当該比較の結果に基づいて上記移動体の異常レベルを検出することを特徴としてもよい。

【0020】

また、本発明の異常検出方法においては、上記異常検出ステップにおいて、上記異常検出手段は更に、レベルの異なる複数の所定の閾値と上記マハラノビス距離とを比較し、当該比較の結果に基づいて上記移動体の異常レベルを検出することを特徴としてもよい。

20

【0021】

一般に、移動体の異常の進行、すなわち異常レベルに比例してマハラノビス距離は大きくなる。かかる発明によれば、異常検出手段が上記のマハラノビス距離とレベルの異なる複数の所定の閾値とを比較することによって、移動体の異常レベルを検出することができる。

【0022】

上記目的を達成するため、本発明の異常検出システムは、複数の移動体それぞれの異常を基地局において検出する異常検出システムであって、上記複数の移動体それぞれにおいて所定の特性量を計測する計測手段と、上記計測手段によって計測される上記特性量からなる第1の信号に、当該第1の信号に含まれ上記移動体に発生する異常に基づくランプ波形成分を強調する所定の信号処理を施してなる第2の信号を生成する信号処理手段と、上記第2の信号から抽出される複数ポイントの信号値からなり、上記複数の移動体から各々取得される複数のベクトルデータによって形成される基準空間であって、当該複数のベクトルデータ各々が所定の基準時に上記計測手段によって計測された上記特性量に基づいて生成される基準空間において導出されるマハラノビス距離計算式の演算パラメータを記録する演算パラメータ記録手段と、上記複数の移動体それぞれの稼働時において上記計測手段によって計測される上記特性量に基づいて上記信号処理手段によって生成される上記第2の信号から複数ポイントの信号値を抽出してなるベクトルデータを上記演算パラメータ記録手段に記録された上記演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に代入し、マハラノビス距離を算出するマハラノビス距離算出手段と、上記マハラノビス距離算出手段によって算出された上記マハラノビス距離と所定の閾値とを比較することによって上記複数の移動体それぞれの異常を検出する異常検出手段とを備え、少なくとも上記演算パラメータ記録手段と、上記マハラノビス距離算出手段と、上記異常検出手段とが上記基地局に設けられたことを特徴としている。

30

40

【0023】

また、上記目的を達成するため、本発明の異常検出方法は、複数の移動体それぞれの異常を基地局において検出する異常検出方法であって、計測手段が、上記複数の移動体それぞれにおいて所定の特性量を計測する計測ステップと、信号処理手段が、上記計測手段に

50

よって計測される上記特性量からなる第1の信号に、当該第1の信号に含まれ上記移動体に発生する異常に基づくランプ波形成分を強調する所定の信号処理を施してなる第2の信号を生成する信号処理ステップと、上記基地局においてマハラノビス距離算出手段が、上記第2の信号から抽出される複数ポイントの信号値からなり、上記複数の移動体から各々取得される複数のベクトルデータによって形成される基準空間であって、当該複数のベクトルデータ各々が所定の基準時に上記計測手段によって計測された上記特性量に基づいて生成される基準空間において導出され、演算パラメータ記録手段に記録された演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に、上記複数の移動体それぞれの稼働時において上記計測手段によって計測される上記特性量に基づいて上記信号処理手段によって生成される上記第2の信号から複数ポイントの信号値を抽出してなるベクトルデータを代入し、マハラノビス距離を算出するマハラノビス距離算出ステップと、上記基地局において異常検出手段が、上記マハラノビス距離算出手段によって算出された上記マハラノビス距離と所定の閾値とを比較することによって上記複数の移動体それぞれの異常を検出する異常検出ステップとを備えることを特徴としている。

10

## 【0024】

上述した発明では、所定の基準時に個々の移動体において計測された特性量に基づいて基準空間が作成され、マハラノビス距離計算式が導出されているが、かかる発明によれば、所定の基準時に複数の移動体それぞれにおいて計測された特性量に基づいて基準空間が作成され、この基準空間においてマハラノビス距離計算式が導出されている。そして、基地局にマハラノビス距離算出手段と異常検出手段とが備えられ、複数の移動体それぞれの稼働時における第1の信号に基づいて生成されたベクトルデータに対してマハラノビス距離が算出され、複数の移動体それぞれにおける異常の有無が基地局において検出される。したがって、複数の車両によって編成された鉄道車両や、構内を走行する同型の搬送車といったように、複数の移動体それぞれにおける異常を基地局において一元的に検出することができる。

20

## 【0025】

また、本発明の異常検出システムにおいては、上記計測手段は、移動体の空気ばねの内圧を計測する圧力センサ、及び/又は移動体の軸箱の温度を計測する温度センサを有することを特徴としてもよい。

## 【0026】

また、本発明の異常検出方法においては、上記計測ステップにおいて、計測手段の1つである圧力センサが移動体の空気ばねの内圧を計測することを特徴としてもよい。更に、上記計測ステップにおいて、計測手段の1つである温度センサが移動体の軸箱の温度を計測することを特徴としてもよい。

30

## 【0027】

このようにすると、異常の際にランプ波形成分が現れる移動体の空気ばねのパンクや移動体の軸箱の軸受の異常温度を精度よく検出でき、移動体の保全時期を適切に定めることができる。

## 【0028】

また、本発明の異常検出システムにおいては、上記信号処理手段において、第1の信号に対して、移動平均処理及び/又は積分処理を施すことにより第2の信号を生成することを特徴としてもよい。

40

## 【0029】

また、本発明の異常検出方法においては、上記信号処理ステップにおいて、第1の信号に対して、移動平均処理及び/又は積分処理を施すことにより第2の信号を生成することを特徴としてもよい。

## 【0030】

このようにすると、第1の信号におけるランプ波形成分を適切に強調することができ、移動体の異常を精度よく検出できる。

## 【0031】

50



また、本発明の異常検出システムにおいては、上記信号処理手段において、第1の信号に対して、移動平均処理及び積分処理に加え、バンドパスフィルタ処理及び移動分散処理を更に施すことにより第2の信号を生成することを特徴としてもよい。

【0032】

また、本発明の異常検出方法においては、上記信号処理ステップにおいて、第1の信号に対して、移動平均処理及び積分処理に加え、バンドパスフィルタ処理及び移動分散処理を更に施すことにより第2の信号を生成することを特徴としてもよい。

【0033】

このようにすると、移動体の各部に現れる異常に起因するものの、その異常に起因して第1の信号に現れることが未知の成分を強調することができる可能性を高め、未知の異常をも検出することができる。

10

【0034】

また、本発明の異常検出システムにおいては、上記異常検出手段は更に、レベルの異なる複数の所定の閾値と上記マハラノビス距離とを比較し、当該比較の結果に基づいて上記複数の移動体それぞれの異常レベルを検出することを特徴としてもよい。

【0035】

また、本発明の異常検出方法においては、上記異常検出ステップにおいて、上記異常検出手段は更に、レベルの異なる複数の所定の閾値と上記マハラノビス距離とを比較し、当該比較の結果に基づいて上記複数の移動体それぞれの異常レベルを検出することを特徴としてもよい。

20

【0036】

これらの発明によれば、異常検出手段が上記のマハラノビス距離とレベルの異なる複数の所定の閾値とを比較することによって、複数の移動体それぞれの異常レベルを検出することができる。

【発明の効果】

【0037】

本発明に係る異常検出システム、又は異常検出方法によれば、MTシステムを用い移動体の異常を精度良く検出することが可能となる。これによって、移動体の保全時期を適切に定めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

30

【0038】

本発明の実施形態にかかる異常検出システムについて説明する。なお、以下の実施形態に関する説明においては、説明の理解を容易にするため、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。

【0039】

[第1実施形態]

まず、第1実施形態の異常検出システム1について図1を参照して説明する。図1は異常検出システム1の機能的な構成を示すブロック図である。図1に示すように、異常検出システム1は、移動体10に設けられるものである。ここで、移動体10としては、編成された鉄道車両における一両ごとの車両や、搬送車等が例示される。

40

【0040】

異常検出システム1は、計測部12と、信号処理部14と、演算パラメータ記録部データベース(以下、「演算パラメータ記録DB」と呼ぶ)16と、マハラノビス距離算出部(以下、「MD算出部」と呼ぶ。)18と、異常検出部20とを備える。

【0041】

計測部12は、移動体の各部における特性量を計測するセンサである。本実施形態では、計測部12は加速度センサ22と圧力センサ24と温度センサ26とを備えている。加速度センサ22は、移動体10の加速度を計測し、圧力センサは移動体10の空気ばねの内圧を計測し、温度センサは移動体10の軸箱の温度を計測する。

【0042】

50

信号処理部 14 は、計測部 12 によって異なる時刻に計測される複数の特性量からなる第 1 の信号に所定の信号処理を施してなる第 2 の信号を生成する。ここで「所定の信号処理」とは、移動体 10 の各部の異常によって第 1 の信号に現れることが既知の成分を強調する処理であって、予め定められた信号処理である。例えば、加速度センサ 22 によって出力される第 1 の信号には、移動体 10 の軸ばねが破損した場合に、インパルス波形成分が現れるので、このインパルス波形成分を強調する信号処理として、通過帯域の異なる複数のバンドパスフィルタ処理とウィンドウ幅の異なる複数の移動分散処理とが第 1 の信号にそれぞれ施されることが予め定められている。また、圧力センサ 24 によって出力される第 1 の信号には、空気ばねのパンクによってランプ波形成分が現れるので、このランプ波形成分を強調する信号処理として、ウィンドウ幅が異なる複数の移動平均処理と積分処理とが第 1 の信号に施されることが予め定められている。また、温度センサ 26 によって出力される第 1 の信号には、移動体 10 の軸受に異常が発生することによって、ランプ波形成分が現れるので、ウィンドウ幅の異なる複数の移動平均処理と積分処理とが第 1 の信号に施されることが予め定められている。このように、信号処理部 14 は、第 1 の信号に複数の所定の信号処理をそれぞれ施すことによって、第 1 の信号に現れる移動体 10 の各部の異常を強調した複数の第 2 の信号を生成する。なお、信号処理部 14 によって第 1 の信号に適用される所定の信号処理は、第 1 の信号に含まれる移動体 10 の各部に現れる異常に基づく成分を強調することに無関係の処理を含んでいてもよい。例えば、信号処理部 14 は上述したバンドパスフィルタ処理、移動分散処理、移動平均処理、積分処理等の信号処理を全て第 1 の信号に施すことができる。これによって、移動体 10 の各部に現れる異常に起因するものの、その異常に起因して第 1 の信号に現れることが未知の成分を強調する可能性を高めて、未知の異常をも検出することが可能とされる。

#### 【0043】

演算パラメータ記録 DB 16 には、移動体 10 の各部の異常を検出するためのマハラノビス距離計算式の演算パラメータが記録されている。ここで、マハラノビス距離計算式の導出について、一般的な製品の良否判定におけるマハラノビス距離計算式の導出を例にとって説明を行う。この導出においては、まず、基準空間を作成するため、良品であることが既知の製品  $n$  個それぞれについて計測項目  $X_1, X_2, \dots, X_k$  を取得し、 $X_1, X_2, \dots, X_k$  によってなるベクトルデータを  $n$  個の製品それぞれについて生成し、これら  $n$  個のベクトルデータによって基準空間を形成する。そして、取得されたそれぞれの計測項目の平均値  $m_1, m_2, \dots, m_k$  及び標準偏差  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_k$  を求めておき、 $n$  個の製品それぞれの計測項目を式 (1) によって基準化する。

#### 【数 1】

$$X_{ij} = (X_{ij} - m_i) / \sigma_i \quad \dots (1)$$

なお、式 (1) において、添字の  $i$  は上記の計測項目へのインデックスであり、 $j$  は基準空間の作成に用いた  $n$  個の製品それぞれへのインデックスである。

#### 【0044】

また、上記のように基準化された  $n$  個の製品それぞれの計測項目を用いて、相関行列の逆行列  $a_{ij}$  を求める。そして、相関行列の逆行列  $a_{ij}$ 、平均値  $m_1, m_2, \dots, m_k$  及び標準偏差  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_k$  を用いると、マハラノビス距離  $D^2$  を計算するためのマハラノビス距離計算式が、以下の式 (2) として導出できる。

#### 【数 2】

$$D^2 = \frac{1}{n} \sum_{ij} a_{ij} \times \frac{(X_i - m_i)}{\sigma_i} \times \frac{(X_j - m_j)}{\sigma_j} \quad \dots (2)$$

10

20

30

40

50

この式(2)の $X_i$ 、 $X_j$ に、被判定対象の製品について計測した上記の計測項目の値を代入すると、マハラノビス距離 $D^2$ が算出できる。

【0045】

異常検出システム1では、所定の基準時において移動体10の計測部12によって計測された特性量に基づく第1の信号に、信号処理部14が複数の所定の信号処理を施してなる複数の第2の信号それぞれから複数ポイントの信号値を取得し、これら信号値によってベクトルデータが生成される。ここで、「所定の基準時」とは、移動体10の計測部12から移動体10の各部が正常状態のときに得られるセンサの出力と同様の出力が得られると想定される時間である。例えば、異常検出システム1においては、加速度センサ22からの出力については数分前の出力を「所定の基準時」における出力としており、圧力センサ24及び温度センサ26からは入庫時の出力を「所定の基準時」における出力としている。また、第2の信号から取得する複数ポイントの信号値は、10ミリ秒毎に100秒間蓄積される信号値を用いている。

10

【0046】

このようにして形成される基準空間は、加速度センサ22、圧力センサ24、温度センサ26のそれぞれの出力ごとに形成されており、本実施形態では、3つの基準空間が形成される。そして、それぞれの基準空間において導出されるマハラノビス距離計算式の演算パラメータである、相関行列逆行列 $a_{ij}$ 、平均値 $m_1, m_2, \dots, m_k$ 及び標準偏差 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_k$ といった情報が、演算パラメータ記録DB16に記録される。

20

【0047】

MD算出部18は、移動体10の稼働時に計測された特性量を用いて信号処理部14によって生成される複数の第2の信号から上記と同様に複数ポイントの信号値を抽出して、ベクトルデータを生成する。MD算出部18は、このベクトルデータに、演算パラメータ記録DB16に記録された演算パラメータによるマハラノビス距離計算式を適用してマハラノビス距離を算出する。例えば、加速度センサ22によって移動体10の稼働時に計測された特性量に基づいて生成されたベクトルデータは、加速度センサ22によって出力された特性量に基づいて生成された演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に代入され、マハラノビス距離が算出される。圧力センサ24及び温度センサ26についても、同様に移動体10の稼働時において計測した特性量に基づくベクトルデータが、対応する演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に代入されてマハラノビス距離が算出される。

30

【0048】

異常検出部20は、MD算出部18によって算出されたマハラノビス距離と所定の閾値とを比較し、移動体10の各部の異常を検出する。この「所定の閾値」とは、移動体10の各部が正常状態にある場合に算出されたマハラノビス距離と、移動体10の各部に異常が発生した際のマハラノビス距離それぞれの分布から、両者を分離するのに良好な閾値が予め定められたものである。異常検出部20は異常を検出した場合に、例えば移動体10に設けた表示装置等に異常部位と異常が発生した旨の表示を行うことによって、移動体10の各部に発生した異常を警告することができる。ここで、上記した「所定の閾値」は、レベルの異なる複数の閾値であってもよい。一般に、監視対象の異常が進行するにつれて、マハラノビス距離は大きくなるので、レベルの異なる複数の閾値とマハラノビス距離を比較すると、監視対象の異常の進行度合いを検出できる。

40

【0049】

以下、本実施形態にかかる異常検出システム1の動作について説明し、併せて本実施形態にかかる異常検出方法について説明する。図2は、本実施形態にかかる異常検出方法のフローチャートである。図2に示すように、この異常検出方法においては、移動体10の稼働時において計測部12が移動体10の各部の特性量を計測する(ステップS01)。次に、信号処理部14が上述したように計測部12によって計測される特性量からなる第

50

1の信号に所定の信号処理を施して、第2の信号を生成する(ステップS02)。MD算出部18は、この第2の信号から複数ポイントの信号値を抽出してなるベクトルデータを生成し、演算パラメータ記録DB16に記録された演算パラメータによるマハラノビス距離計算式を適用して、マハラノビス距離を算出する(ステップS03)。次に、異常検出部20が、MD算出部18によって算出されたマハラノビス距離と所定の閾値を比較することによって、移動体10の各部の異常を検出する(ステップS04)。

#### 【0050】

以上説明したように、第1実施形態にかかる異常検出システム1によれば、信号処理部14が計測部12によって計測される特性量よりなる第1の信号に、移動体10の各部の異常に基づく成分を強調する所定の信号処理を施すので、移動体10の各部に異常が発生した場合のマハラノビス距離を大きくすることができる結果、移動体10の各部の異常をその移動体10において良好に検出することができる。

10

#### 【0051】

##### [第2実施形態]

次に、第2の実施形態にかかる異常検出システム2について説明する。図3は、異常検出システム2が構築された環境を示す図である。図4は、異常検出システム2の機能的な構成を示すブロック図である。図3に示すように、異常検出システム2は、複数の鉄道車両28と基地局32とによって構成された環境に設けられている。鉄道車両28は、複数の車両30を移動体として備えている。なお、異常検出システム2は、例えば同型の搬送車が工場構内を走行するような環境においても適用することができる。

20

#### 【0052】

図4に示すように、異常検出システム2は、計測部12と、信号処理部14と、通信部34と、演算パラメータ記録部36と、MD算出部38と、異常検出部40とを備える。計測部12と、信号処理部14と、通信部34は、複数の移動体30にそれぞれ備えられるものであり、演算パラメータ記録部36と、MD算出部38と、異常検出部40とは、基地局32に備えられる。なお、計測部12、信号処理部14は、第1実施形態の異常検出システム1の計測部12、信号処理部14と同様の構成要素であるため、これらの説明は省略する。

#### 【0053】

通信部34は、信号処理部14によって生成された第2の信号を基地局32に送信する。通信部34は、無線LAN等によって第2の信号を基地局32に送信することができる。なお、通信部34が採用する通信方式は無線LANに限られるものではない。また、通信部34を備えなくても、信号処理部14によって生成された第2の信号を記録するデータベースを複数の移動体30にそれぞれ備え、記録媒体等を介して、基地局32に第2の信号を送ることができる。

30

#### 【0054】

演算パラメータ記録DB36は、複数の移動体30それぞれの各部の異常を検出するためのマハラノビス距離計算式の演算パラメータが記録されている。演算パラメータ記録DB36には、第1実施形態の演算パラメータ記録DB16と同様に、加速度センサ22による出力に基づいて生成される演算パラメータ、圧力センサ24による出力に基づいて生成される演算パラメータ、温度センサ26による出力に基づいて生成される演算パラメータの3つの演算パラメータが記録されている。これらの演算パラメータは、複数の移動体30のそれぞれにおいて計測部12によって計測された特性量に基づいて生成される複数のベクトルデータによって形成される基準空間において導出されたマハラノビス距離計算式の演算パラメータである。

40

#### 【0055】

MD算出部38は、移動体30から送信される第2の信号からベクトルデータを生成する。MD算出部38は、このベクトルデータを演算パラメータ記録DB36に記録された演算パラメータによるマハラノビス距離計算式に代入してマハラノビス距離を算出する。

#### 【0056】

50

異常検出部 40 は、MD 算出部 38 によって算出されたマハラノビス距離を所定の閾値と比較することによって、複数の移動体 30 それぞれの各部の異常を検出する。

【0057】

以下、本実施形態にかかる異常検出システム 2 の動作について説明し、併せて本実施形態にかかる異常検出方法について説明する。図 5 は本実施形態にかかる異常検出方法のフローチャートである。この異常検出方法においては、複数の移動体 30 それぞれの稼働時において計測部 12 が移動体 30 の各部の特性量を計測する（ステップ S11）。次に、信号処理部 14 が上述したように計測部 12 によって計測される特性量からなる第 1 の信号に所定の信号処理を施して、第 2 の信号を生成する（ステップ S12）。次に、通信部 34 が、信号処理部 14 によって生成された第 2 の信号を基地局 32 に送信する（ステップ S13）。基地局 32 において、MD 算出部 38 はこの第 2 の信号から複数ポイントの信号値を抽出してなるベクトルデータを生成し、演算パラメータ記録 DB 16 に記録された演算パラメータによるマハラノビス距離計算式を適用して、マハラノビス距離を算出する（ステップ S14）。次に、異常検出部 40 が、MD 算出部 38 によって算出されたマハラノビス距離と所定の閾値を比較することによって、移動体 30 の各部の異常を検出する（ステップ S15）。

10

【0058】

以上説明したように、第 2 実施形態にかかる異常検出システム 2 によれば、複数の移動体 30 の各部の異常を、基地局 32 において一元的に検出することができる。

【0059】

20

[第 3 実施形態]

次に、第 3 実施形態にかかる異常検出システム 3 について説明する。図 6 は、異常検出システム 3 の機能的な構成を示すブロックである。異常検出システム 3 は、第 2 実施形態の異常検出システム 2 と同様に、複数の移動体 42 と基地局 32 とによって構成される環境に設けられる。

【0060】

異常検出システム 3 は、計測部 12 と、信号処理部 14 と、演算パラメータ記録 DB 16 と、MD 算出部 18 と、異常検出部 20 と、通信部 34 と、演算パラメータ記録 DB 36 と、MD 算出部 38 と、異常検出部 40 とを備える。計測部 12 と、信号処理部 14 と、演算パラメータ記録 DB 16 と、MD 算出部 18 と、異常検出部 20 と、通信部 34 とは、移動体 42 に備えられており、演算パラメータ記録 DB 36 と、MD 算出部 38 と、異常検出部 40 とは、基地局 32 に備えられている。ここで、信号処理部 14、演算パラメータ記録 DB 16、MD 算出部 18、異常検出部 20 はそれぞれ、第 1 実施形態の異常検出システム 1 における信号処理部 14、演算パラメータ記録 DB 16、MD 算出部 18、異常検出部 20 と同様の構成を有するので説明を省略する。また、通信部 34、演算パラメータ記録 DB 36、MD 算出部 38、異常検出部 40 はそれぞれ、第 2 実施形態の異常検出システム 2 における通信部 34、演算パラメータ記録 DB 36、MD 算出部 38、異常検出部 40 と同様の構成を有するので説明を省略する。また、異常検出システム 3 の動作、及び異常検出システム 3 に適用される異常検出方法は、移動体 42 においては、異常検出システム 1 の動作、及びその異常検出方法と同様であり、基地局 32 においては、異常検出システム 2 の動作、及びその異常検出方法と同様であるのでこれらの説明も省略する。

30

40

【0061】

第 3 実施形態にかかる異常検出システム 3 によれば、個々の移動体 42 において、その移動体 42 に備える計測部 12 によって計測された特性量に基づくマハラノビス距離計算式を用いてマハラノビス距離を算出することで、個々の移動体 42 においてその移動体 42 の各部の異常を個別に検出することができる。加えて、基地局 32 において、複数の移動体 42 それぞれから収集された特性量に基づくマハラノビス距離計算式を用いてマハラノビス距離を算出することで、複数の移動体 42 それぞれの異常を一元的に検出することができる。これによって、例えば、複数の車両によって編成される鉄道車両では、個々の

50

車両の異常をその車両において個別に検出することができると共に、基地局 3 2 において編成中の複数の車両それぞれのマハラノビス距離を相対的に比較することで、編成中の車両の保全時期を適切に定めることができる。

【 0 0 6 2 】

なお、本発明は上記した実施形態に限定されることなく種々の変形が可能である。例えば、移動体に備えるセンサは、加速度センサ 2 2、圧力センサ 2 4、温度センサ 2 6 に限られるものではない。すなわち、異常検出対象となる移動体の各部から特性量を計測するためのセンサを備え、本発明の思想を適用することで、移動体の他の部分における異常を検出することができる。

【 図面の簡単な説明 】

10

【 0 0 6 3 】

【 図 1 】 図 1 は、第 1 実施形態にかかる異常検出システムの機能的な構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 図 2 は、第 1 実施形態にかかる異常検出方法のフローチャートである

【 図 3 】 図 3 は、第 2 実施形態にかかる異常検出システムが構築された環境を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、第 2 実施形態にかかる異常検出システムの機能的な構成を示すブロック図である。

【 図 5 】 図 5 は、第 2 実施形態にかかる異常検出方法のフローチャートである。

【 図 6 】 図 6 は、第 3 実施形態にかかる異常検出システムの機能的な構成を示すブロック図である。

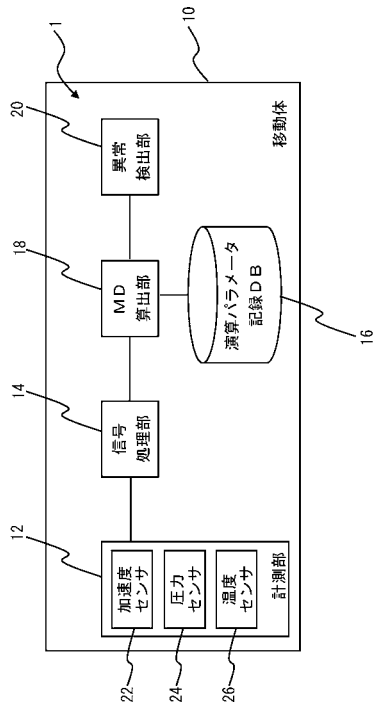
20

【 符号の説明 】

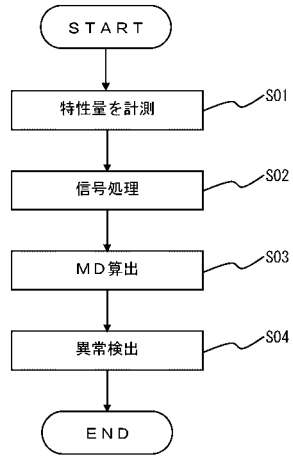
【 0 0 6 4 】

1 ~ 3 ... 異常検出システム、 1 0 , 3 0 , 4 2 ... 移動体、 1 2 ... 計測部、 1 4 ... 信号処理部、 1 6 , 3 6 演算パラメータ記録データベース、 1 8 , 3 8 ... マハラノビス距離算出部、 2 0 , 4 0 ... 異常検出部、 2 2 ... 加速度センサ、 2 4 ... 圧力センサ、 2 6 ... 温度センサ、 2 8 ... 鉄道車両、 3 2 ... 基地局、 3 4 ... 通信部

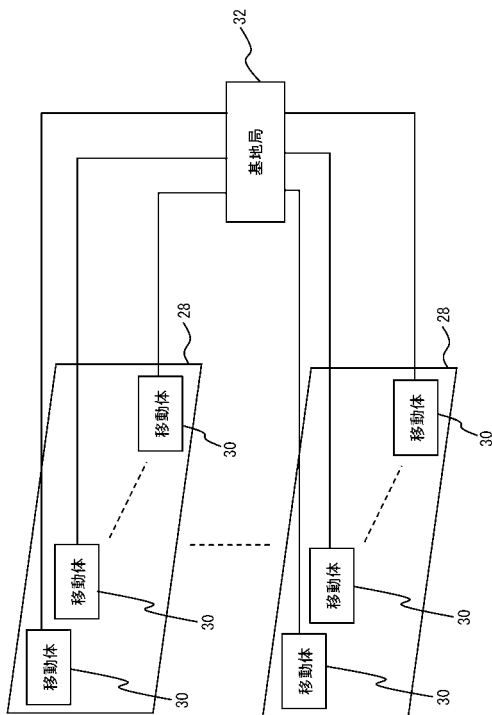
【図 1】



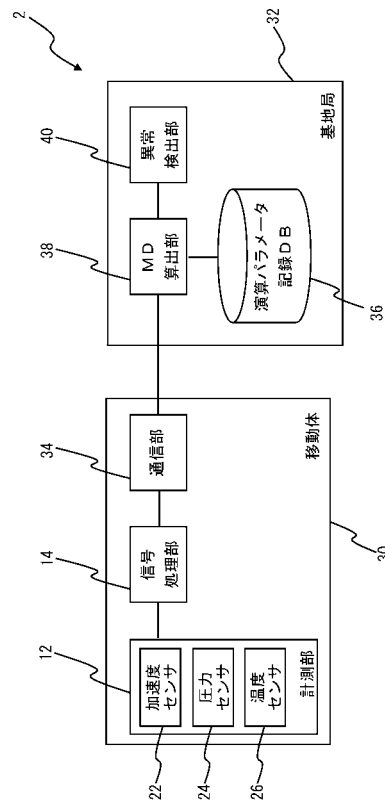
【図 2】



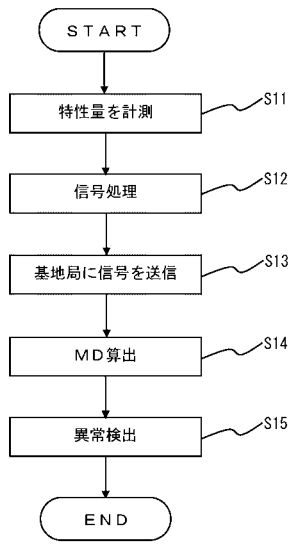
【図 3】



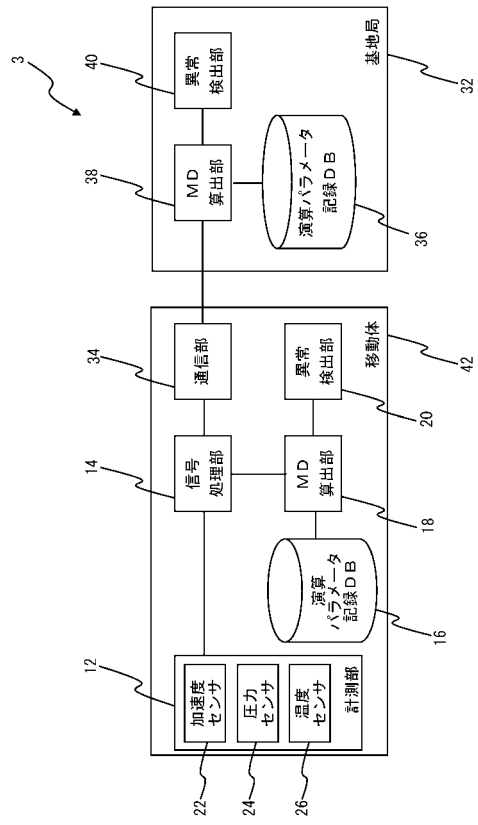
【図 4】



【図5】



【図6】





---

フロントページの続き

審査官 佐藤 彰洋

- (56)参考文献 国際公開第02/040224(WO, A1)  
特開昭59-068643(JP, A)  
特開平10-124766(JP, A)  
特開2001-290508(JP, A)  
特開2002-318617(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 23/02  
B60G 17/0185  
G01M 17/007  
B60G 11/30  
B25J 5/00-5/02  
B25J 9/06  
G05D 1/02  
G08B 17/00  
G08B 31/00  
G01M 19/00