

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4044837号  
(P4044837)

(45) 発行日 平成20年2月6日(2008.2.6)

(24) 登録日 平成19年11月22日(2007.11.22)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 5 B 23/02 (2006.01)

G 0 5 B 23/02 3 0 2 S

請求項の数 2 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2002-368705 (P2002-368705)</p> <p>(22) 出願日 平成14年12月19日(2002.12.19)</p> <p>(65) 公開番号 特開2004-199501 (P2004-199501A)</p> <p>(43) 公開日 平成16年7月15日(2004.7.15)</p> <p>審査請求日 平成17年1月25日(2005.1.25)</p>	<p>(73) 特許権者 000003377 東急車輛製造株式会社 神奈川県横浜市金沢区大川3番1号</p> <p>(74) 代理人 100088155 弁理士 長谷川 芳樹</p> <p>(74) 代理人 100092657 弁理士 寺崎 史朗</p> <p>(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</p> <p>(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</p> <p>審査官 佐々木 一浩</p>
---	---

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】

複数の移動体それぞれの異常を基地局および前記複数の移動体それぞれ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、

当該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、当該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第1の演算パラメータ記録手段と、

当該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第1の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第1のマハラノビス距離算出手段と、

前記第1の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

10

20

の閾値とを比較することによって当該移動体の異常を検出する第1の異常検出手段と、  
を備え、

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第2の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第2の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第2のマハラノビス距離算出手段と、

前記第2の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第2の異常検出手段と、

を前記基地局に備えることを特徴とする異常検出システム。

【請求項2】

複数の移動体それぞれの異常を基地局および前記複数の移動体それぞれにおいて検出する異常検出方法であって、

前記複数の移動体それぞれにおいて、

計測手段が、当該移動体における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の信号に含まれる前記移動体に発生する異常に基づく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、

第1の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、当該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、第1の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、当該移動体の稼働時において当該移動体に備えられた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第1のマハラノビス距離算出ステップと、

第1の異常検出手段が、前記第1の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第1の異常検出ステップと、

を備え、

前記基地局において、

第2の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、第2の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第2のマハラノビス距離算出ステップと、

第2の異常検出手段が、前記第2の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第2の異常検出ステップと、

10

20

30

40

50

を備えることを特徴とする異常検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

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。

【0002】

【従来の技術】

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。

【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）。

【0005】

【非特許文献1】

大西孝一、他2名、"テレメー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。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

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精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。

【0007】

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。

【0008】

【課題を解決するための手段】

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の信号に含まれ上記移動体に発生する異常に基づく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。

10

## 【0009】

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の信号に含まれ上記移動体に発生する異常に基づく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、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。

20

30

## 【0010】

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インパルス波形成分が第1の信号に含まれるという知見がある場合には、移動分散処理やバンドパスフィルタ処理等の処理を適用するができ、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

40

50

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。

【0011】

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良い。

【0012】

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良い。

【0013】

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。

【0014】

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、上記マハラノビス距離算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。

【0015】

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

10

20

30

40

50

えることを特徴としている。

【0016】

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。

10

【0017】

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良い。

【0018】

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良い。

20

【0019】

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。

【0020】

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、当該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の信号に含まれ上記移動体に発生する異常に基づく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、当該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第1の演算パラメータ記録手段と、当該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第1の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第1のマハラノビス距離算出手段と、上記第1の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当該移動体の異常を検出する第1の異常検出手段とを備え、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第2の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第2の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第2の

30

40

50

マハラノビス距離算出手段と、上記第2の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第2の異常検出手段とを上記基地局に備えることを特徴としている。

【0021】

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検出する異常検出方法であって、上記複数の移動体それぞれにおいて、計測手段が、当該移動体における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の信号に含まれ上記移動体に発生する異常に基づく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、第1の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、当該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、第1の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、当該移動体の稼働時において当該移動体に備えられた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第1のマハラノビス距離算出ステップと、第1の異常検出手段が、上記第1の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第1の異常検出ステップとを備え、上記基地局において、第2の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、第2の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、第2の異常検出手段が、上記第2の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第2の異常検出ステップとを備えることを特徴としている。

【0022】

かかる発明によれば、複数の移動体それぞれには、個々の移動体に第1の演算パラメータ記憶手段と、第1のマハラノビス距離算出手段と、第1の異常検出手段が備えられている。また、基地局には、第2の演算パラメータ記憶手段と、第2のマハラノビス距離演算手段と、第2の異常検出手段が備えられている。個々の移動体に備えられた第1の演算パラメータ記憶手段には、所定の基準時にその移動体において計測された特性量に基づく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が記録されている。個々の移動体では、この第1の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を用いて第1のマハラノビス距離算出手段がマハラノビス距離を算出し、第1の異常検出手段が異常を検出する。一方、基地局に備えられた第2の演算パラメータ記録手段には、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く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が記録されている。基地局においては、この演算パラメータによるマハラノビス距離計算式を用いて第2のマハラノビス距離算出手段がマハラノビス距離を算出し、第2の異常検出手段が複数の移動体それぞれの異常を一元的に検出する。したがって、個々の移動体では早期に自己の異常を検出することができると共に、基地局では複数の移動体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について、個々の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

10

20

30

40

50

に、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 2 3 】

【 発明の実施の形態 】

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。

【 0 0 2 4 】

( 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 1 0 に設けられるものである。ここで、移動体 1 0 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。

10

【 0 0 2 5 】

異常検出システム 1 は、計測部 1 2 と、信号処理部 1 4 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）1 6 と、マハラノビス距離算出部（以下、「MD 算出部」と呼ぶ。）1 8 と、異常検出部 2 0 とを備える。

【 0 0 2 6 】

計測部 1 2 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 1 2 は加速度センサ 2 2 と圧力センサ 2 4 と温度センサ 2 6 とを備えている。加速度センサ 2 2 は、移動体 1 0 の加速度を計測し、圧力センサは移動体 1 0 の空気ばねの内圧を計測し、温度センサは移動体 1 0 の軸箱の温度を計測する。

20

【 0 0 2 7 】

信号処理部 1 4 は、計測部 1 2 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 1 0 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 2 2 によって出力される第 1 の信号には、移動体 1 0 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 2 4 によって出力される第 1 の信号には、圧力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 2 6 によって出力される第 1 の信号には、移動体 1 0 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 1 4 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 1 0 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 1 4 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 1 0 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良い。例えば、信号処理部 1 4 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 1 0 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。

30

40

【 0 0 2 8 】

演算パラメータ記録 DB 1 6 には、移動体 1 0 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

50



既知の製品  $n$  個それぞれについて計測項目  $X_1, X_2, \dots, X_k$  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。

【0029】

【数1】

$$X_{ij} = (X_{ij} - m_j) / \sigma_j \quad \dots(1)$$

10

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。

【0030】

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。

【0031】

【数2】

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

20

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。

【0032】

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。

30

【0033】

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 DB 16 に記録される。

40

【0034】

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 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。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

50

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。

#### 【0035】

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良い。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。

#### 【0036】

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 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 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 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）。

#### 【0037】

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。

#### 【0038】

（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。

#### 【0039】

図 3 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。

#### 【0040】

通信部 3 4 は、信号処理部 1 4 によって生成された第 2 の信号を基地局 3 2 に送信する。通信部 3 4 は、無線 LAN 等によって第 2 の信号を基地局 3 2 に送信することができる。なお、通信部 3 4 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 3 4 を備えなくても、信号処理部 1 4 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 3 0 にそれぞれ備え、記録媒体等を介して、基地局 3 2 に第 2 の信号を送ることができる。

【 0 0 4 1 】

演算パラメータ記録 DB 3 6 は、複数の移動体 3 0 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 DB 3 6 には、第 1 実施形態の演算パラメータ記録 DB 1 6 と同様に、加速度センサ 2 2 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 2 4 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 2 6 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それぞれ、複数の移動体 3 0 のそれぞれにおいて計測部 1 2 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。

【 0 0 4 2 】

MD 算出部 3 8 は、移動体 3 0 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 3 8 は、このベクトルデータを演算パラメータ記録 DB 3 6 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。

【 0 0 4 3 】

異常検出部 4 0 は、MD 算出部 3 8 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 3 0 それぞれの各部の異常を検出する。

【 0 0 4 4 】

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 3 0 それぞれの稼働時において計測部 1 2 が移動体 3 0 の各部の特性量を計測する（ステップ S 1 1）。次に、信号処理部 1 4 が上述したように計測部 1 2 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 S 1 2）。次に、通信部 3 4 が、信号処理部 1 4 によって生成された第 2 の信号を基地局 3 2 に送信する（ステップ S 1 3）。基地局 3 2 において、MD 算出部 3 8 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 1 6 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 S 1 4）。次に、異常検出部 4 0 が、MD 算出部 3 8 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 3 0 の各部の異常を検出する（ステップ S 1 5）。

【 0 0 4 5 】

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 3 0 の各部の異常を、基地局 3 2 において一元的に検出することができる。

【 0 0 4 6 】

（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 4 2 と基地局 3 2 とによって構成される環境に設けられる。

【 0 0 4 7 】

異常検出システム 3 は、計測部 1 2 と、信号処理部 1 4 と、演算パラメータ記録 DB 1 6 と、MD 算出部 1 8 と、異常検出部 2 0 と、通信部 3 4 と、演算パラメータ記録 DB 3 6 と、MD 算出部 3 8 と、異常検出部 4 0 とを備える。計測部 1 2 と、信号処理部 1 4 と、

演算パラメータ記録DB16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DB36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DB16、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DB16、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DB36、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DB36、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。

10

#### 【0048】

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、個々の車両の異常をその車両において個別に検出できると共に、基地局32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。

20

#### 【0049】

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22、圧力センサ24、温度センサ26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。

30

#### 【0050】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば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。

##### 【図面の簡単な説明】

【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。

40

【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。

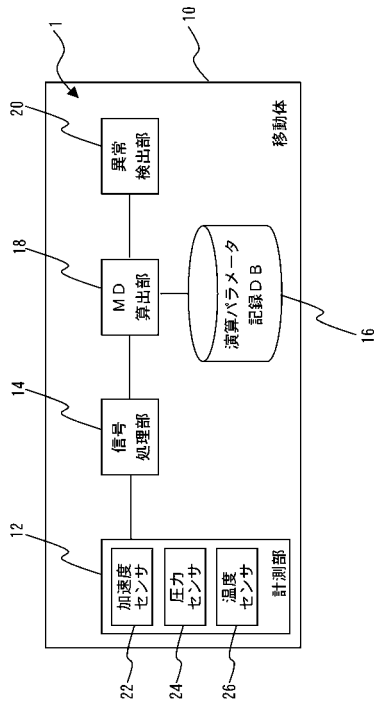
【図6】図6は、第3実施形態にかかる異常検出システムの機能的な構成を示すブロック図である。

##### 【符号の説明】

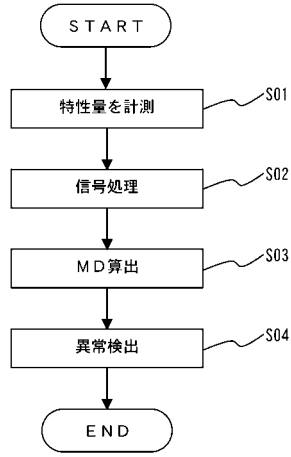
1～3…異常検出システム、10, 30, 42…移動体、12…計測部、14…信号処理部、16, 36…演算パラメータ記録データベース、18, 38…マハラノビス距離算出部、20, 40…異常検出部、22…加速度センサ、24…圧力センサ、26…温度センサ、28…鉄道車両、32…基地局、34…通信部。

50

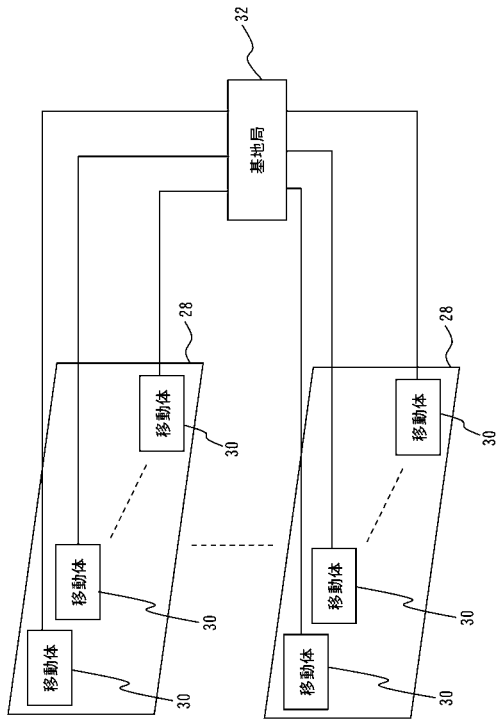
【図1】



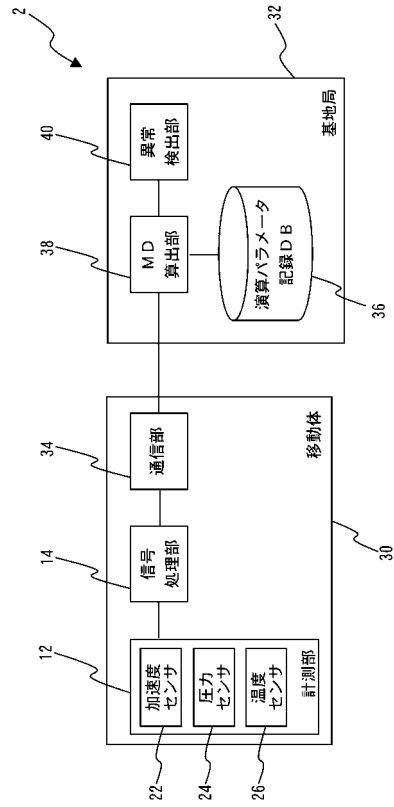
【図2】



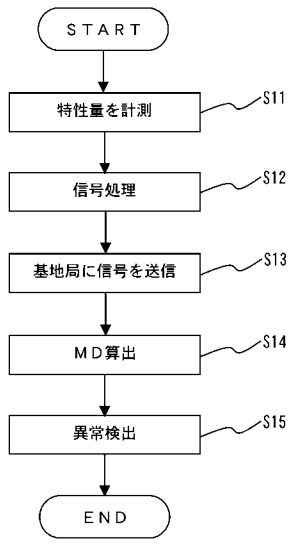
【図3】



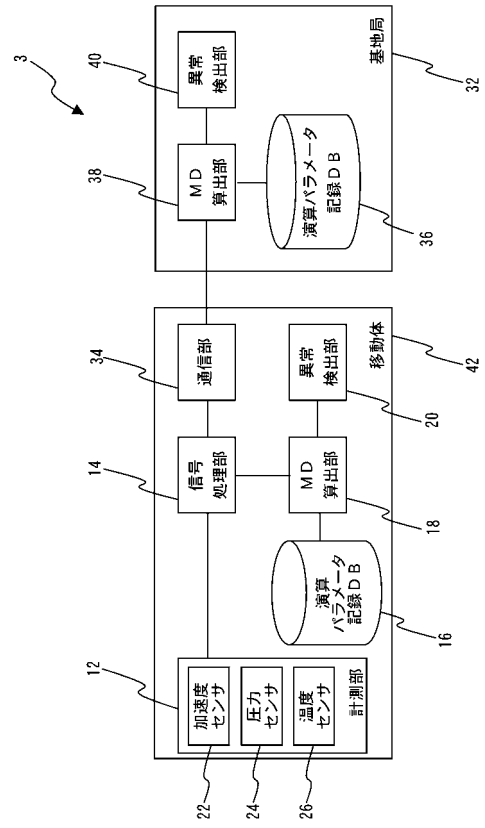
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-318617(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 23/02