

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年2月11日(11.02.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/024423 A1

(51) 国際特許分類:

G01M 17/08 (2006.01) B61K 9/08 (2006.01)
B61F 5/24 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/031152

(22) 国際出願日: 2019年8月7日(07.08.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 原 康介(HARA, Kosuke); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 古谷 了(FURUTANI, Ryo); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目

6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 岩崎 克行(IWASAKI, Katuyuki); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 渡邊 隆夫(WATANABE, Takao); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

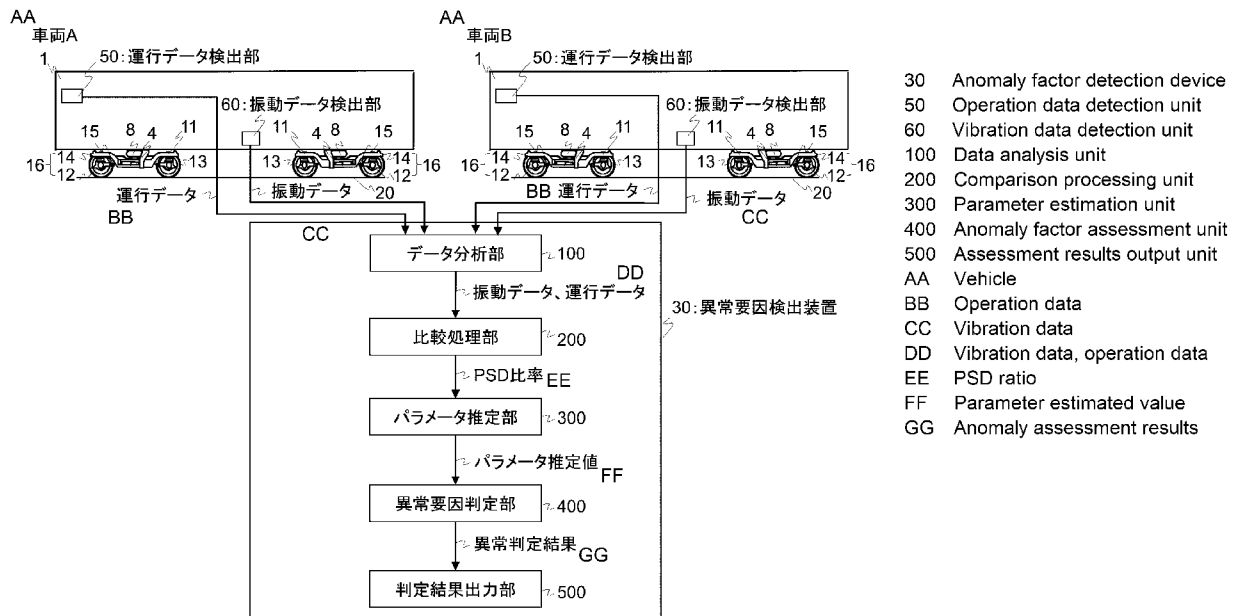
(74) 代理人: 特許業務法人第一国際特許事務所(Patent Corporate Body Dai-ichi Kokusai Tokkyo Jimusho); 〒1010032 東京都千代田区岩本町三丁目5番12号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) Title: RAILWAY VEHICLE ANOMALY DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 軌条車両の異常検出装置

図1



(57) Abstract: Provided is a railway vehicle anomaly detection device that is capable, when anomalous vibration occurs in a vehicle, of assessing where in the vehicle the anomaly causing the vibration is present. The anomaly detection device acquires vibration data and operation data, such as travel position, travel speed, and occupancy rate, for at least two railway vehicles, analyzes the acquired vibration data and operation data, identifies whether the railway vehicle is in a normal state or an anomalous state, and assesses vibration anomaly factors in the railway vehicle on the basis of comparison results for vibration data for the vehicle in the normal state and vibration data for the vehicle in the anomalous state.

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：車両の異常振動の発生時に、その振動が車両のどの部位の異常であるかを判定できる軌条車両の異常検出装置を提供する。この異常検出装置は、2つ以上の複数の軌条車両の振動データ、および走行位置、走行速度や乗車率などの運行データを取得し、取得した振動データと運行データを分析して、軌条車両が正常状態または異常状態かを識別し、その正常状態の車両の振動データと異常状態の車両の振動データとの比較結果に基づいて、前記軌条車両における振動の異常要因を判定する。

明 細 書

発明の名称：軌条車両の異常検出装置

技術分野

[0001] 本発明は、軌条車両の異常検出装置に関する。

背景技術

[0002] 鉄道車両におけるメンテナンス性向上の需要が高まっているが、頻繁なメンテナンスは列車の運行効率を低下させる。そこで、鉄道車両において、運用中のシステムやサービスの停止時間であるダウンタイム削減や保守コスト低減などを目的として、必要なタイミングでメンテナンスを行うCBM (Condition Based Maintenance) という技術思想が注目されている。CBMを実現するためには、鉄道車両の振動快適性や安全性に関する異常を早期に検知し、その異常要因を判定できる異常検出装置が必要とされている。

[0003] このような異常検出装置として、例えば特許文献1に開示された技術がある。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2004-170080号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1には、台車枠に備えられた加速度センサにより取得する台車枠の加速度と、輪軸に備えられた加速度センサにより取得する輪軸の加速度を用いて台車の異常を検出する異常検出装置が開示されている。特許文献1に開示された異常検出装置によれば、加速度センサにより取得した輪軸の加速度を入力とし、正常時の台車の加速度を出力する物理モデルを用いて、台車の加速度を推定する。そして、この加速度の推定値と実測値が近似しているか否かによって、台車の異常の有無を判断することができる。

[0006] ここで、特許文献 1 に開示された異常検出装置では、台車の異常検出のために、1 台の台車に対して輪軸と台車枠の両者に加速度センサを設ける必要がある。しかし、輪軸や台車枠には、車体よりも大きな振動加速度が発生するため、測定可能レンジが高い加速度センサを用いる必要があり、設置コストの増大を招いていた。又、輪軸や台車枠は、車体に比べれば加速度センサを設置するスペースが少ないため、加速度センサの設置の自由度が制限されるという課題もあった。更に、特許文献 1 に開示された異常検出装置では多数の加速度センサが必要になるため、そのメンテナンス時間やコストが増加するなどの課題もあった。

[0007] 本発明は、上述した課題に鑑みてなされたものであり、設置コストやメンテナンスコストを抑えつつ、車体に設置したセンサ情報に基づいて、車両の異常振動の発生時に、その振動が車両のどの部位の異常であるかを判定できる軌条車両の異常検出装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するために、代表的な本発明にかかる軌条車両の異常検出装置の一つは、軌条車両の振動データを取得する振動データ取得部と、軌条車両の運行データを取得する運行データ取得部と、前記振動データと前記運行データに基づいて、同じ軌道を走行する軌条車両が正常状態か異常状態かを識別し、正常状態又は異常状態に対応付けて軌条車両の振動データを抽出するデータ分析部と、正常状態の軌条車両の前記振動データと、異常状態の軌条車両の前記振動データとを比較して、比較結果を算出する比較処理部と、前記比較結果に基づき、異常状態と識別された軌条車両における振動の異常要因を判定する診断部と、を有することにより達成される。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、設置コストやメンテナンスコストを抑えつつ、車体に設置したセンサ情報に基づいて、車両の異常振動の発生時に、その振動が車両のどの部位の異常であるかを判定できる軌条車両の異常検出装置を提供することができる。また、それにより車両のダウンタイム削減や保守コスト低減

が可能となる。

上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、本発明の実施形態1を示す鉄道車両の異常検出装置のシステム構成図である。

[図2]図2は、実施形態1の鉄道車両の異常検出装置において、車両Bに異常振動が生じた場合における車体左右振動加速度の時刻歴波形を示した図である。

[図3]図3は、実施形態1の鉄道車両の異常検出装置において、データ分析部100における処理手順を説明するフローチャートである。

[図4]図4は、実施形態1の鉄道車両の異常検出装置において、比較処理部200における処理手順を説明するフローチャートである。

[図5A]図5Aは、正常状態である車両Aの車体左右加速度PSDの実測値と周波数との関係を示した図である。

[図5B]図5Bは、異常状態である車両Bの車体左右加速度PSDの実測値と周波数との関係を示した図である。

[図6]図6は、実施形態1の比較処理部において、正常状態である車両Aの車体左右加速度PSDと、異常状態である車両Bの車体左右加速度PSDとのPSD比率を示した図である。

[図7]図7は、実施形態1の鉄道車両の異常検出装置において、パラメータ推定部400における処理手順を説明するフローチャートである。

[図8A]図8Aは、実施形態1のパラメータ推定部の推定前における、実測値（実線）と解析値（点線）を併せて示す特性図である。

[図8B]図8Bは、実施形態1のパラメータ推定部の推定後における、実測値（実線）と解析値（点線）を併せて示す特性図である。

[図9]図9は、実施形態1の鉄道車両の異常検出装置において、異常要因推定部400における処理手順を説明するフローチャートである。

[図10]図10は、実施形態1の異常要因推定部において、異常要因の推定結果を示した図である。

[図11]図11は、実施形態2の鉄道車両の異常検出装置において、パラメータ推定部における処理フローを示す図である。

[図12]図12は、実施形態3の鉄道車両の異常検出装置において、パラメータ推定部における処理フローを示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の軌条車両の異常検出装置について図面を参照して説明する。軌条車両は、敷設される軌道に沿って運行される車両であり、鉄道車両、モノレール車両、路面電車、新交通車両等を含む。軌条車両の代表例として、鉄道車両を取り上げて本発明の実施の形態を説明する。

[0012] [実施形態1]

はじめに、鉄道車両の異常検出装置の構成について図1を参照して説明する。

図1は、鉄道車両の異常検出装置のシステム構成を示す機能ブロック図である。

[0013] 軌道20上を走行する鉄道車両A、B（以下、車両A、Bという）は、それぞれ車体1と台車16とを備える。車体1は、空気ばね8を介して台車16に搭載されている。台車16は、台車枠11、空気ばね8、ヨーダンパ4、軸箱体12、輪軸13、軸ばね装置14、輪軸13の軸受けハウジングとなる軸箱の軸箱支持ゴム15、などで構成されている。

[0014] 輪軸13は、軸箱体12に対して回転可能に保持され、軸箱体12と台車枠11の間は、軸ばね装置14で鉛直方向に弾性支持されており、また軸箱支持ゴム15で水平方向に弾性支持されている。車体1と台車枠11の間には、空気ばね8が配置されており、この空気ばね8により、車体1が台車枠11に弾性支持されている。

[0015] 車体1の床面上には、例えば、車体1の振動に関するデータを取得するための振動データ検出部（振動データ取得部）60が設置されている。

なお、振動に関するデータを取得するために振動データ検出部 60 が検出する物理量としては、加速度に限るものではなく、速度、変位、ひずみ、音などでも良い。ただし、本実施形態では振動データ検出部 60 が加速度を検出するものとして説明する。

[0016] また、振動データ検出部 60 は、設置スペースに比較的余裕がある車体 1 に設置されているが、車体 1 のみでなく、台車枠 11 や軸箱体 12 などへ設置されることにより、これらの振動を検出することも可能である。本実施形態では、振動データ検出部 60 を車体 1 に設置したものとして説明する。

[0017] また、振動データ検出部 60 は、1 つの車両に対して複数台設置しても良いが、本実施形態では単一の振動データ検出部 60 を設置したものとして説明する。また、振動データ検出部 60 の設置位置は、車体 1 の中央位置でも良いし、台車 16 の直上位置や、車両機器室位置などの車体 1 の端部でも良い。

[0018] 振動データ検出部 60 の振動取得方向は、鉄道車両の進行方向に対する前後、左右、および鉛直方向に対して、並進（前後並進・左右並進・上下並進）方向および回転（ロール・ピッチ・ヨー）方向のいずれにおいても適用可能である。本実施形態では、振動データ検出部 60 が左右並進方向の振動を検出するものとして説明する。

[0019] 車体 1 は、例えば、運行データを管理する運行管理システムから、走行速度、走行位置や乗車率などの運行データを取得する機能を有する運行データ検出部（運行データ取得部）50 を備えている。

[0020] なお、図 1 では、2 つの軌条車両（以下、単に車両という）のみに振動データ検出部 60 と運行データ検出部 50 を備えた例を示しているが、3 つ以上の複数車両にそれらを備えても良い。

また、振動データ検出部 60 と運行データ検出部 50 は、1 列車編成中の複数の車両に備えても良いし、同じ軌道上を走行する異なる列車編成それぞれの車両に備えることもできる。

[0021] 異常要因検出装置 30 は、データ分析部 100、比較処理部 200、パラ

メータ推定部３００、異常要因判定部４００、および判定結果出力部５００を有し、鉄道車両の異常振動の要因を検出する異常検出装置を構成する。なお、パラメータ推定部３００と異常要因判定部４００が、診断部を構成する。

[0022] なお、異常要因検出装置３０は、車両の点検や整備を行う車両基地などの地上側に設置することがのぞましいが、車上側に設置しても良い。

[0023] データ分析部１００、比較処理部２００、パラメータ推定部３００、異常要因判定部４００、および判定結果出力部５００は、例えば、異常要因検出装置３０の内部に格納されたプログラムに従って後述する各処理を実行する演算装置から構成される。

[0024] データ分析部１００は、複数の車両から振動データ検出部６０で検出した振動データおよび運行データ検出部５０で検出した運行データを取得し、取得したデータを分析して、その車両が正常状態か異常状態かを識別し、それらの車両の振動データおよび運行データを出力する機能を有する。データ分析部１００が実行する具体的な処理フローについては後述する。

[0025] 比較処理部２００は、データ分析部１００で出力された異常状態および正常状態の車両の振動データおよび運行データを取得し、取得したデータに基づいて、異常状態の車両と正常状態の車両との比較結果を出力する機能を有する。比較処理部２００が実行する具体的な処理フローについては後述する。

[0026] パラメータ推定部３００は、比較処理部２００で出力した異常状態の車両と正常状態の車両との比較結果から、車両の内部状態に関するパラメータを推定する機能を有する。

[0027] なお、この車両の内部状態に関するパラメータとは、鉄道車両の振動の異常要因となりうるパラメータのことであり、例えば、鉄道車両に設置された軸箱支持装置の軸箱支持ゴム１５の剛性、ヨーダンパ４の減衰係数、および輪軸１３の車輪踏面勾配などを指す。パラメータ推定部３００が実行する具体的な処理フローについては後述する。

[0028] 異常要因判定部400は、パラメータ推定部300で出力したパラメータの推定値から、異常要因を判定する機能を有する。異常要因判定部400が実行する具体的な処理フローについては後述する。

[0029] 判定結果出力部500は、異常要因判定部400で出力した異常要因を、モニタやスピーカ等を介して、車体1の運転者および地上の運行管理者やメンテナンス員などに通知する機能を有する。

[0030] 次に、図2～図10を用いて、本実施形態の鉄道車両の異常検出装置が異常要因を判定する具体的な処理フローについて説明する。

[0031] ここでは、車両Bにおいて、ヨーダンパ4の油漏れによる減衰係数の低下を要因として、異常な振動が発生した場合（図2の振動波形b参照）を例にとり、異常検出の処理フローを説明する。

なお、本実施形態では振動データ検出部60に、台車位置の直上に設置した左右並進方向の加速度センサ（以下、左右加速度センサ）を用いた場合で説明する。

[0032] 図2の振動波形aは、軌道の位置に対応して、車両Aに設置した左右加速度センサで測定した車体左右加速度621を示すチャートであり、図2の振動波形bは、軌道の位置に対応して、車両Bに設置した左右加速度センサで測定した車体左右加速度622を示すチャートである。振動波形a, bにおいて、測定した加速度が高いほど波形の振幅が大きくなることを示している。

[0033] 車両Aのヨーダンパ4が正常であることを前提に、車両Bのヨーダンパ4に油漏れが生じた場合、その減衰係数の低下を要因として、車両Bは車両Aに比べて車体左右加速度の振幅が大きくなり、車両Bで異常振動が発生する。かかる状態は、図2に示すように、振動波形aの振幅（たとえば平均値）よりも振動波形bの振幅が顕著に高くなることで判明する。

[0034] 図3は、図1の鉄道車両の異常検出装置におけるデータ分析部100の処理手順を説明するフローチャートである。図3のフローチャートに基づく動作は、以下のとおりである。

- [0035] まず、ステップS 1 1 1において、データ分析部1 0 0は、複数の車両の左右加速度センサから、車体左右加速度を取得し、同時に、運行データ検出部5 0から走行位置、走行速度や乗車率などの運行データを取得する。
- [0036] 次に、ステップS 1 1 2では、データ分析部1 0 0は、ステップS 1 1 1で取得した車体左右加速度に対して周知のフィルタリング技術を用いて、フィルタリングを行う。
- [0037] フィルタリングとしては、車体左右加速度から、人間が感じ取りやすい周波数帯のみを抽出する処理や、加速度のRMS (R o o t M e a n S q u a r e) 値や最大値を算出する処理など、ステップS 1 1 3で行う分析処理のための前処理などが行われる。
- [0038] さらに、ステップS 1 1 3では、データ分析部1 0 0は、フィルタリングした加速度から、特に振動が大きい走行区間などを代表区間に設定して、この代表区間において車両Aや車両Bなどの各車両の車体左右加速度データや、走行速度や乗車率などの運行データを抽出する処理を行う。
- [0039] ステップS 1 1 3での処理により、車両Aと車両Bについて、同一区間の振動データを抽出することができる。
- [0040] なお、代表区間については、振動が大きい走行区間に限るものではなく、任意に定めることができる。また、代表区間は1つでもよいし、2つ以上の複数区間でもよい。
- [0041] また、代表区間については、車両Aや車両Bなどの各車両の走行速度が同じもしくは近いこと、乗車率が近いこと、および測定日時が近いことなどの測定条件が比較的近いデータがある区間を設定すればよい。
- [0042] ステップS 1 1 4では、データ分析部1 0 0は、代表区間において各車両の車体左右加速度データの比較を行い、各車両が正常状態にあるか異常状態にあるかを識別する処理を行う。正常状態および異常状態にあるかの識別については、あらかじめ車体加速度に閾値を設けておいて、閾値を超過するかどうかで判断する閾値処理でもよいし、マハラノビス・タグチ法 (M a h a l a n o b i s - T a g u c h i S y s t e m) などを用いて識別する周知

の方法などを用いてもよい。

[0043] 本実施形態の場合は、閾値処理などにより、図2に示す閾値922を超過した大きな振動が発生している車両Bは「異常状態」と判定され、閾値922を超過していない車両Aは「正常状態」と判定されることとする。

[0044] ステップS115では、データ分析部100は、各車両について「異常状態」または「正常状態」とあるという識別情報に加えて、ステップS113で抽出した代表区間における車体左右加速度や運行データを、比較処理部200へ出力する。

[0045] 図4は、図1の鉄道車両の異常検出装置における比較処理部200の処理手順を説明するフローチャートである。図4のフローチャートに基づく動作は、以下のとおりである。

[0046] まず、ステップS211において、比較処理部200は、データ分析部100から出力された、車両Aが正常状態で、車両Bが異常状態であるなどの識別情報や、代表区間における車体左右加速度および運行データを取得する。

[0047] 次に、ステップS212では、比較処理部200は、取得した車体左右加速度から、各車両の車体左右加速度に対して、車体左右加速度PSD(Power Spectrum Density)を算出する。PSDとは、単位周波数幅(1Hz幅)当たりのパワー値として表現するスペクトル関数である。

[0048] 本実施形態の場合は、車両Aについて図5Aのように正常状態の車両の車体左右加速度PSD721として算出され、車両Bについて図5Bのように異常状態の車両の車体左右加速度PSD722として算出される。

[0049] 図5A、5Bに示すように、所定の周波数帯900において、車両Bの車体左右加速度PSD722は、車両Aの車体左右加速度PSD721よりも大きくなっている。

[0050] ステップS213では、図6のように、比較処理部200は、正常状態の車両Aの車体左右加速度PSD721と、異常状態の車両Bの車体左右加速

度PSD722との比であるPSD比率821を算出する。

[0051] このPSD比率821は、正常状態に対して異常状態においてPSDが異なる周波数帯域やその度合いを表すものである。ここでは、図6から明らかのように、PSD比率821は、周波数帯900で顕著に増加している。

[0052] なお、データ分析部100であらかじめ同一区間の振動データを抽出しているため、軌道の区間差などによる応答の差の影響を小さくした上で、車両の正常状態および異常状態での伝達特性の変化による応答の変化を、PSD比率821として抽出できる。

[0053] なお、ステップS212からステップS213では、PSD比率821を用いた例について説明した。しかし、異常状態と正常状態との変化に関する特徴量を表す値であればPSD比率の代わりに使用することができ、一例としては、異常状態と正常状態との車体左右加速度のRMS値の比率などを用いることもできる。

[0054] ステップS214では、比較処理部200は、このPSD比率821をパラメータ推定部300へ出力する。

[0055] 次に、パラメータ推定部300の処理フローについて、図7を用いて説明する。図7のフローチャートに基づく動作は、以下のとおりである。

[0056] なお、本実施形態では、異常要因として推定するパラメータを、軸箱支持ゴム15のばね定数、ヨーダンパ4の減衰係数および輪軸13の車輪踏面勾配とした場合について説明する。

[0057] まず、ステップS311において、パラメータ推定部300は、比較処理部200で出力したPSD比率821を取得する。これを実測PSD比率821という。

[0058] 次にステップS312では、パラメータ推定部300は、力学モデルを用いて車両の内部状態に関するパラメータが正常状態である場合の車体左右加速度PSDの解析値を算出する。

[0059] この力学モデルは、鉄道車両の振動特性を予測するためのモデルである。例えば、軌道20の通り狂い（レール側面の長さ方向における凹凸の度合い

）や軌間狂い（左右レール間隔の基本寸法に対する誤差）といった軌道不整を模擬した仮想軌道上を、車体 1、台車 1 6 や輪軸 1 3 を剛体で、軸箱支持ゴム 1 5 やヨーダンパ 4 などばねやダンパで模して、各剛体をばねやダンパで接続した仮想車両が走行した場合の、車体左右振動を予測する車両左右系力学モデルや、車体上下振動を予測する車両上下系力学モデルなど、予測したい振動の種類などに応じて多様な力学モデルを用いることができる。

[0060] なお、軌道不整を模擬する仮想軌道を規定するには、実際に測定した軌道不整データがある場合はその軌道不整データを用いてもよい。しかし、軌道不整の実測データがない場合は、あらかじめ軌道の状態（軌道状態：「良い」、「普通」、「悪い」など）に応じた代表的な軌道不整データを用意し、営業車両の走行路線などに応じて選択して用いて仮想軌道を規定する手法などを採用してもよい。

[0061] また、運行データ検出部 5 0 で検出した走行速度や乗車率などの条件を力学モデルの解析条件として用いることで、実走行条件を反映した高精度な推定ができる。

[0062] 本実施形態では、軸箱支持ゴム 1 5 のばね定数や、ヨーダンパ 4 の減衰係数、輪軸 1 3 の車輪踏面勾配などのパラメータを正常値に設定して、力学モデルを用いて車体左右加速度 P S D の解析値が算出される。

[0063] なお、正常値については、軸箱支持ゴム 1 5 のばね定数や、ヨーダンパ 4 の減衰係数については設計値や要素試験値、輪軸 1 3 の車輪踏面勾配については新製状態での値や保守時の管理値などが用いられる。

[0064] ステップ S 3 1 3 以降では、パラメータ推定部 3 0 0 は、異常状態の車両について、パラメータの推定を行う。

[0065] まず、ステップ S 3 1 3 では、パラメータ推定部 3 0 0 は、パラメータの初期推定値を設定する。パラメータの初期推定値は、パラメータの正常値でも良いし、ランダムに生成した値でも良い。

[0066] 本実施形態では、パラメータ推定部 3 0 0 は、軸箱支持ゴム 1 5 のばね定数や、ヨーダンパ 4 の減衰係数、輪軸 1 3 の車輪踏面勾配などの初期推定値

を設定する。

- [0067] ステップS 3 1 4 では、パラメータ推定部 3 0 0 は、比較処理部 2 0 0 で処理した実測 P S D 比率 8 2 1 を用いて、異常状態でのパラメータを推定する。
- [0068] まず、ステップS 3 1 3 で設定したパラメータの初期推定値を用いて、パラメータ推定部 3 0 0 は、力学モデルによりパラメータの初期推定値における車体左右加速度 P S D の解析値を算出する。
- [0069] 次に、ステップS 3 1 4 で、パラメータ推定部 3 0 0 は、このパラメータの初期推定値における車体左右加速度 P S D の解析値と、ステップS 3 1 2 で算出した正常状態でのパラメータにおける車体左右加速度 P S D の解析値との比である解析 P S D 比率 8 2 2 を算出する。
- [0070] そして、パラメータ推定部 3 0 0 は、図 8 A, 8 B に示すように、この解析 P S D 比率 8 2 2 が、実測 P S D 比率 8 2 1 と一致するように、つまり、誤差が最小となるようにパラメータの推定値を決定する。
- [0071] 誤差の評価指標としては、誤差を評価できるものであれば制約なく利用できるが、本実施形態では、図 8 A, 8 B に示すように P S D 比率の周波数ごとの実測 P S D 比率 8 2 1 と、解析 P S D 比率 8 2 2 の差分を積算した値（以下、積算差分値）とする。
- [0072] 本実施形態では、軸箱支持ゴム 1 5 のばね定数や、ヨーダンパ 4 の減衰係数、輪軸 1 3 の車輪踏面勾配などに対して、図 8 B に示すように、算出した P S D 比率の実測 P S D 比率 8 2 1 と解析 P S D 比率 8 2 2 が一致するようなパラメータの推定値を得る。
- [0073] 図 8 A は、横軸に周波数、縦軸に P S D 比率を示し、パラメータ推定前における実線で示す実測 P S D 比率 8 2 1 と、点線で示す解析 P S D 比率 8 2 2 を示す特性図、図 8 B は、横軸に周波数、縦軸に P S D 比率を示し、パラメータ推定後における実測 P S D 比率 8 2 1 と、点線で示す解析 P S D 比率 8 2 2 を示す特性図である。
- [0074] 図 8 A のパラメータ推定前では、異常振動が発生した一部の周波数帯にお

いて、実測値と解析値に大きな差が見られるが、図 8 B のパラメータ推定後では、実測値と解析値との差がほぼ一致している。

[0075] 推定が終了した後、ステップ S 3 1 5 において、パラメータ推定部 3 0 0 は、このパラメータの推定値を異常要因判定部 4 0 0 へ出力する。

[0076] なお、本実施形態では、左右加速度センサを車体 1 に 1 台設置したものと説明した。これに対し、車体 1、台車 1 6 および軸箱体 1 2 などに左右加速度センサがそれぞれ設置された場合は、それらから検出される複数の左右加速度の実測値と、解析値が一致するように、パラメータを更新することで、パラメータの推定を高精度化することができる。

[0077] 次に、異常要因判定部 4 0 0 の処理フローについて、図 9 を用いて説明する。図 9 のフローチャートに基づく動作は、以下のとおりである。

[0078] まず、ステップ S 4 1 1 において、異常要因判定部 4 0 0 は、パラメータ推定部 3 0 0 で出力したパラメータの推定値を取得する。

本実施形態では、異常要因判定部 4 0 0 は、軸箱支持ゴム 1 5 のばね定数や、ヨーダンパ 4 の減衰係数、輪軸 1 3 の車輪踏面勾配の推定値を取得する。

[0079] 次に、ステップ S 4 1 2 において、異常要因判定部 4 0 0 は、各パラメータの推定値と正常値の比率を算出する。

[0080] そして、ステップ S 4 1 3 において、異常要因判定部 4 0 0 は、各パラメータについて、この比率と予め設定した閾値を比較し、正常状態と異常状態とを判別する。

[0081] 具体的には、異常要因判定部 4 0 0 は、この比率が閾値以下のパラメータであれば、正常状態に近いといえるため正常状態と判定する（ステップ S 4 1 4）。一方、該比率が閾値を超過したパラメータであれば、異常要因判定部 4 0 0 は、異常状態と判定する（ステップ S 4 1 5）。

[0082] そして、異常状態と判定されたパラメータを異常要因として、異常要因判定部 4 0 0 は、ステップ S 4 1 6 で判定結果出力部 5 0 0 に出力する。

[0083] 図 1 0 は、ステップ S 4 1 3 におけるパラメータの正常および異常の判定

例を模式的に示すものであり、軸箱支持ゴム 15 のばね剛性、ヨーダンパ 4 の減衰係数、車輪踏面勾配などの異常要因要素に対し、パラメータの推定値と正常値の比率、および閾値との関係を示した模式図である。

[0084] 図 10 の例では、パラメータの推定値と正常値の比率が閾値 91 を超過しているヨーダンパ 4 の減衰係数が異常状態と判定される。そして、ヨーダンパ 4 の減衰係数の低下が異常要因であるという判定結果が、異常要因判定部 400 から判定結果出力部 500 に出力される。

[0085] なお、パラメータの推定値と正常値の比率が大きいほど、そのパラメータが正常値から大きく変化していることになるため、この比率の大きさにより、そのパラメータの異常の度合いを評価することができる。

[0086] 判定結果出力部 500 は、この異常要因の推定結果を、車上の運転者および地上の運行管理者やメンテナンス員などに周知の通信技術を用いて通知する。

[0087] 以上のように、本実施形態の鉄道車両の異常検出装置では、ヨーダンパ 4 の減衰係数の低下のような異常要因を推定することができる。

[0088] [実施形態 2]

本実施形態に係る車両の異常検出装置は、前記実施形態 1 と同様の構成を有するが、そのパラメータ推定部 300 は、図 11 のフローチャートを用いて次に説明するような処理を実行する。なお、実施例 1 と異なる点のみを主として、以下に説明する。

[0089] 本実施形態は、実施形態 1 にて説明したパラメータ推定部 300 において、力学モデルによる解析で用いる軌道不整データについて、実測データなどあらかじめ用意した軌道不整データを用いない場合の処理として、ステップ S312a を追加したものである。

[0090] なお、実施形態 1 で説明した処理と同様の処理には、同一の符号を付し、その詳細な説明については省略する。

[0091] まず、実施形態 1 と同様に、ステップ S311 において、パラメータ推定部 300 は比較処理部 200 で処理した実測 PSD 比率 821 を取得する。

[0092] 次に、ステップS 3 1 2 aにて、パラメータ推定部3 0 0は正常状態の車両の車体左右加速度P S Dの実測値に基づいて軌道不整を同定する処理を行う。

[0093] ここでは、パラメータ推定部3 0 0は、力学モデルを用いて算出した車両の車体左右加速度P S Dの解析値と、車両の車体左右加速度P S Dの実測値が一致するように軌道不整データを同定する処理を行う。

[0094] 本実施形態の場合は、正常状態である車両Aの車体左右加速度P S Dから、力学モデルを用いて軌道不整データを同定することになる。

[0095] パラメータ推定部3 0 0は、ステップS 3 1 3～S 3 1 5までの処理では、ステップS 3 1 2 aで同定した軌道不整データを用いて、実施形態1と同様の処理を行う。

[0096] なお、本実施形態では車体左右加速度P S Dを用いた例を説明したが、軌道不整データを同定できれば、車体左右加速度P S Dに限るものではない。

[0097] 以上のように、本実施形態の鉄道車両の異常検出装置では、あらかじめ軌道不整データを用意しておかなくても、車両の異常要因を判定できる。

[0098] [実施形態3]

本実施形態に係る車両の異常検出装置は、前記実施形態1と同様の構成を有するが、そのパラメータ推定部3 0 0は図12のフローチャートを用いて次に説明するような処理を実行する。なお、前記実施例と異なる点のみを主として、以下に説明する。

[0099] 本実施形態の異常検出装置は、前記実施形態の異常検出装置に対して、パラメータ推定部3 0 0において、パラメータの推定精度が低い場合の処理として、ステップS 3 1 4 aおよびステップS 3 1 5 aを追加したものである。

[0100] 実施形態1で説明したように、ステップS 3 1 4では、パラメータ推定部3 0 0は、P S D比率の実測P S D比率8 2 1と解析P S D比率8 2 2の積算差分値が最小となるようにパラメータの推定を行う。ここで、積算差分値が推定精度を示す指標となる。

[0101] ステップS 3 1 4 aで、パラメータ推定部3 0 0は、この積算差分値があら

はじめ設定した閾値以下となる場合は、推定精度が基準レベル以上であると判断して、実施形態1と同様にステップS315にて、パラメータの推定値を異常要因判定部400へ出力する。

[0102] しかし、積算差分値があらかじめ設定した閾値以下とならない場合は、パラメータ推定部300は、推定精度が基準レベルより低いと判断して、ステップS315aにて車両が異常であることに関する情報のみを出力し、パラメータの推定値（異常要因と推定されるパラメータ）を出力しない。

[0103] 以上のように、本実施形態の鉄道車両の異常検出装置では、パラメータの推定精度が十分でない場合においても、異常検出を中断することなく、少なくとも車両に異常があることを出力できる。

符号の説明

[0104] 1 車体、4 ヨーダンパ、8 空気ばね、11 台車枠、12 軸箱体、13 輪軸、14 軸ばね装置、15 軸箱支持ゴム、16 台車、20 軌道、30 異常要因検出装置、50 運行データ検出部、60 振動データ検出部、100 データ分析部、200 比較処理部、300 パラメータ推定部、400 異常要因判定部、500 判定結果出力部

請求の範囲

- [請求項1] 軌条車両の振動データを取得する振動データ取得部と、
軌条車両の運行データを取得する運行データ取得部と、
前記振動データと前記運行データに基づいて、同じ軌道を走行する軌条車両が正常状態か異常状態かを識別し、正常状態又は異常状態に対応付けて軌条車両の振動データを抽出するデータ分析部と、
正常状態の軌条車両の前記振動データと、異常状態の軌条車両の前記振動データとを比較して、比較結果を算出する比較処理部と、
前記比較結果に基づき、異常状態と識別された軌条車両における振動の異常要因を判定する診断部と、を有する、
ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の軌条車両の異常検出装置であって、
前記診断部は、
前記比較処理部で算出した前記比較結果に基づいて、軌条車両の内部状態に関するパラメータを推定するパラメータ推定部と、
推定された前記パラメータに基づいて、前記軌条車両における振動の異常要因を判定する異常要因判定部と、を備えた、
ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の軌条車両の異常検出装置であって、
前記パラメータ推定部は、正常状態の軌条車両と異常状態の軌条車両のPSD比率に基づいて、軌条車両の内部状態に関する前記パラメータを推定する、
ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。
- [請求項4] 請求項2または3に記載の軌条車両の異常検出装置であって、
前記パラメータ推定部は、軌条車両の振動特性を予測するための力学モデルに基づいて、軌条車両の内部状態に関する前記パラメータを推定する、
ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。

- [請求項5] 請求項4に記載の軌条車両の異常検出装置であって、
 前記力学モデルが、軌条車両左右系力学モデルあるいは軌条車両上下系力学モデルである、
 ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。
- [請求項6] 請求項2～5のいずれか一項に記載の軌条車両の異常検出装置であ
 って、
 前記異常要因判定部は、前記パラメータ推定部で推定された軌条車
 両の内部状態に関する前記パラメータの推定値と、正常値との比較結
 果に基づいて、前記軌条車両における振動の異常要因を判定する、
 ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。
- [請求項7] 請求項2～6のいずれか一項に記載の軌条車両の異常検出装置であ
 って、
 前記パラメータ推定部は、前記軌条車両の振動データに基づいて、
 軌道不整を同定する、
 ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。
- [請求項8] 請求項2～7のいずれか一項に記載の軌条車両の異常検出装置であ
 って、
 前記パラメータ推定部は、軌条車両の内部状態に関する前記パラメ
 ータの推定値の推定精度を求め、求めた前記推定精度が基準レベル以
 上である場合は、異常要因と推定されるパラメータを出力し、求めた
 前記推定精度が基準レベルより低い場合は、軌条車両が異常であるこ
 とを示す情報のみを出力する、
 ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。
- [請求項9] 請求項1～8のいずれか一項に記載の軌条車両の異常検出装置であ
 って、
 前記振動データ取得部が、前記軌条車両の車体、台車枠、あるいは
 軸箱体の振動を検出する、
 ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。

[請求項10] 請求項1～9のいずれか一項に記載の軌条車両の異常検出装置であって、

前記振動データ取得部及び前記運行データ取得部は、単独の列車編成中の複数の軌条車両、または同じ軌道上を走行する異なる列車編成それぞれの軌条車両に設けられている、
ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。

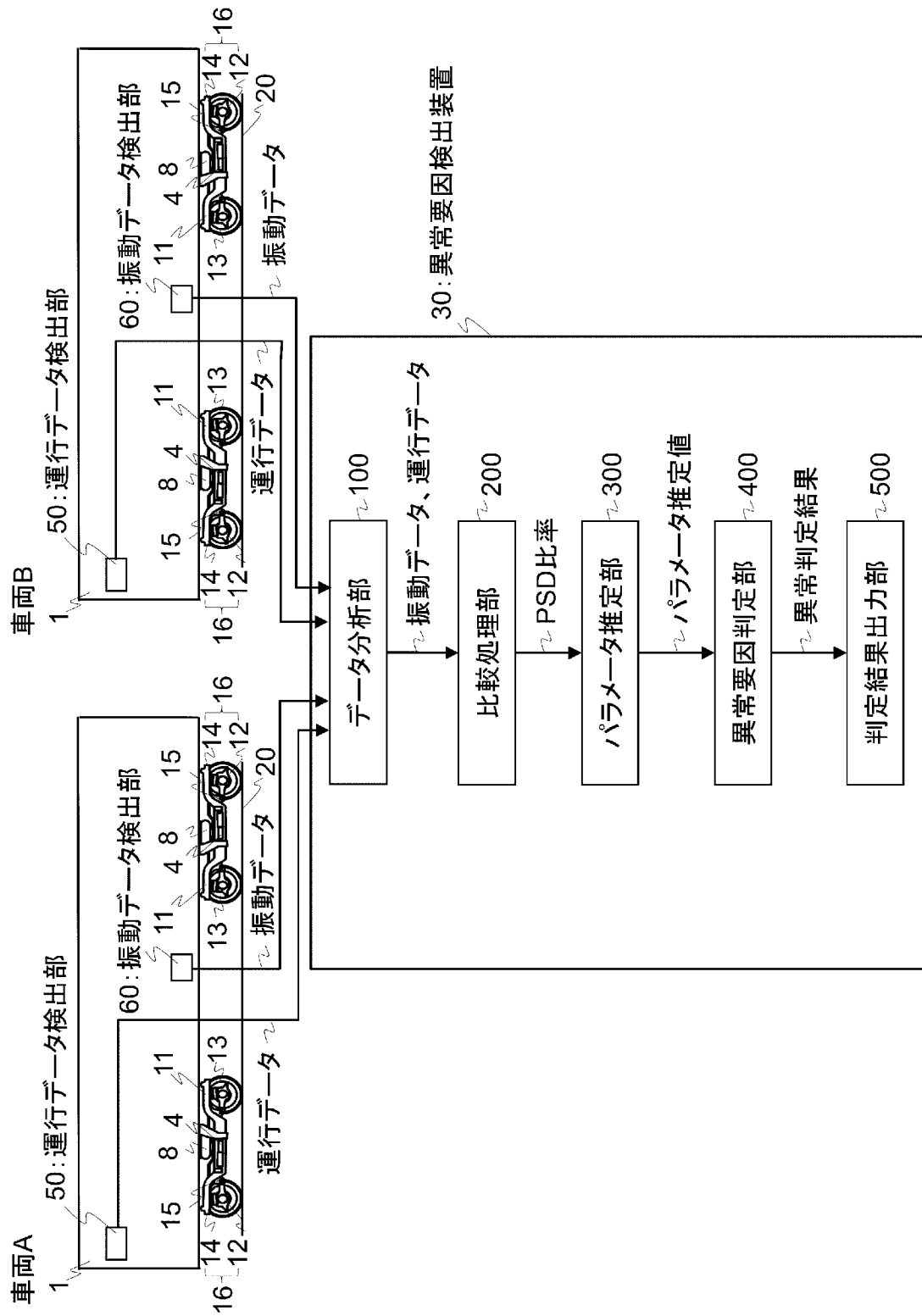
[請求項11] 請求項1～10のいずれか一項に記載の軌条車両の異常検出装置であって、

前記データ分析部は、軌条車両の走行区間の中から設定された代表区間にて、各軌条車両の振動データを抽出する、
ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。

[請求項12] 請求項1～11のいずれか一項に記載の軌条車両の異常検出装置であって、

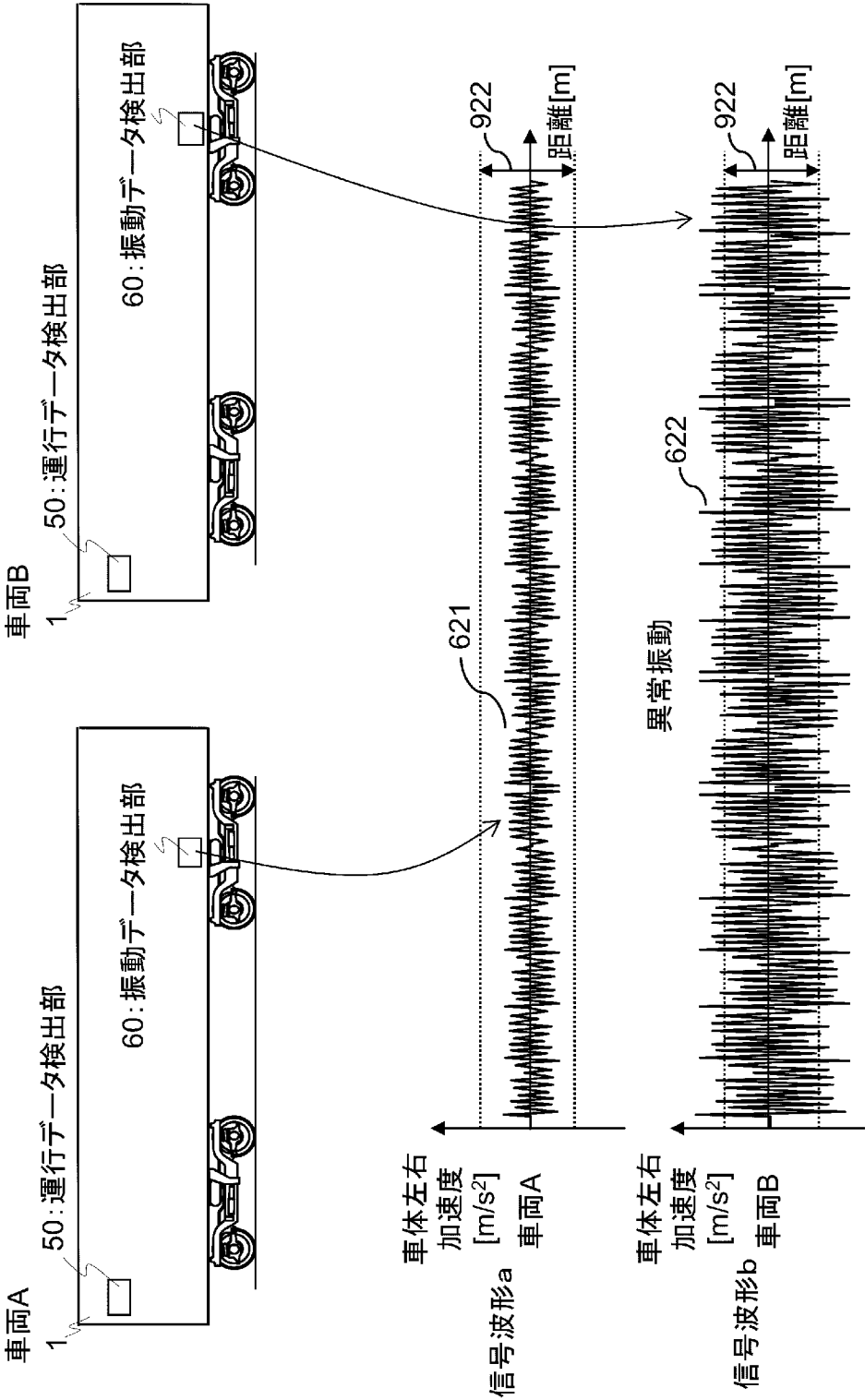
前記比較処理部は、各軌条車両の振動データが閾値を超える場合は、その軌条車両を異常状態にあると判別し、前記振動データが前記閾値を超えない場合は、その軌条車両は正常状態にあると判別する、
ことを特徴とする軌条車両の異常検出装置。

[図1]



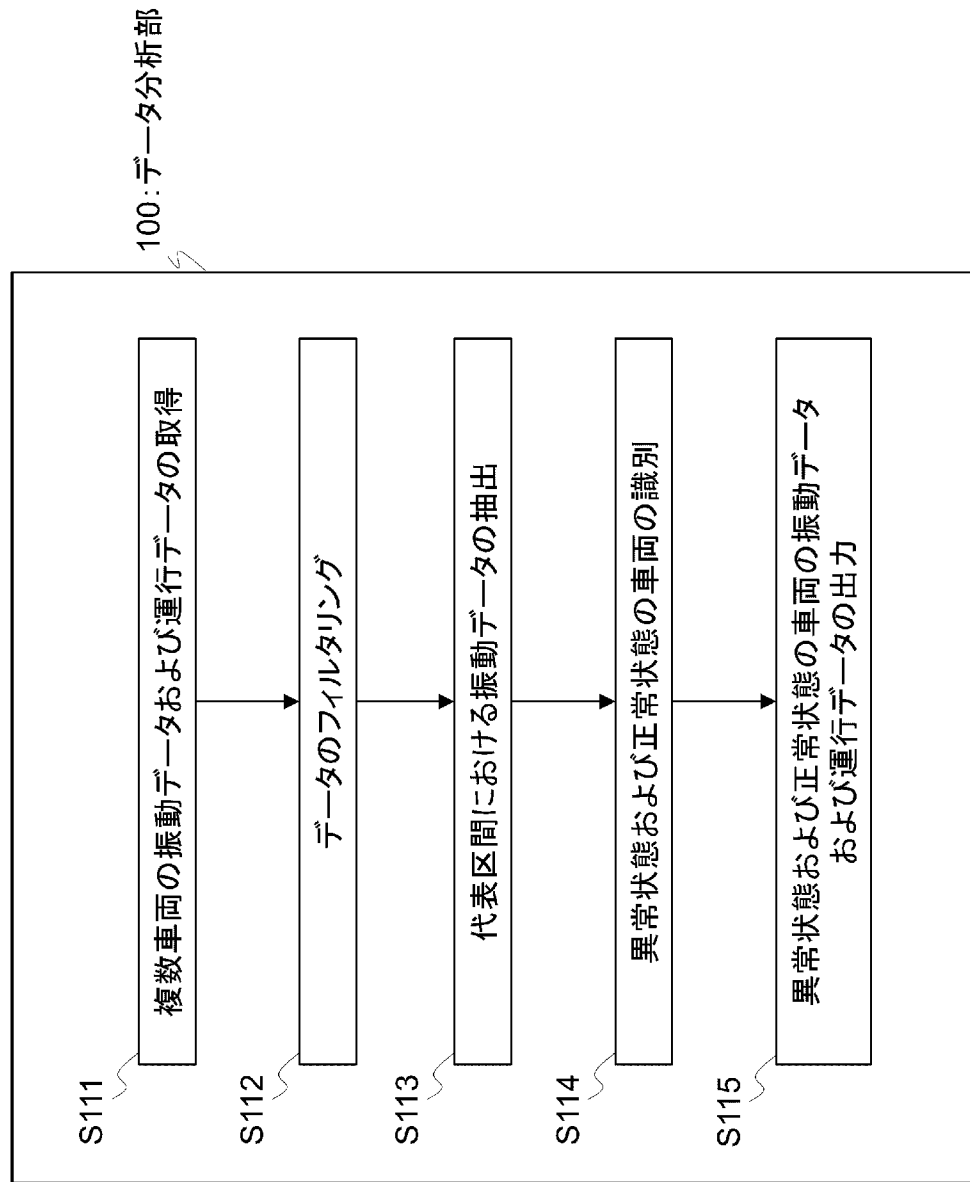
[図2]

図2



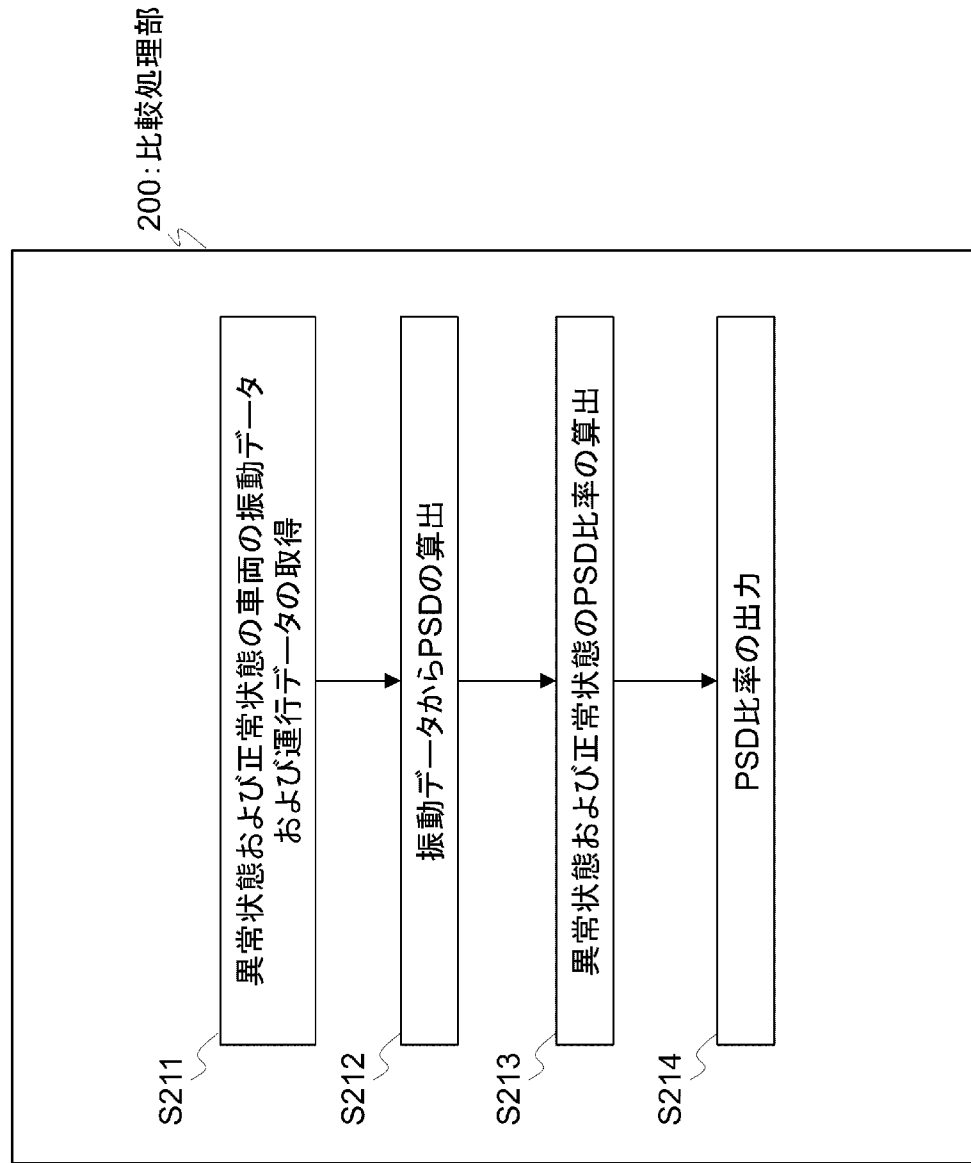
[図3]

図3



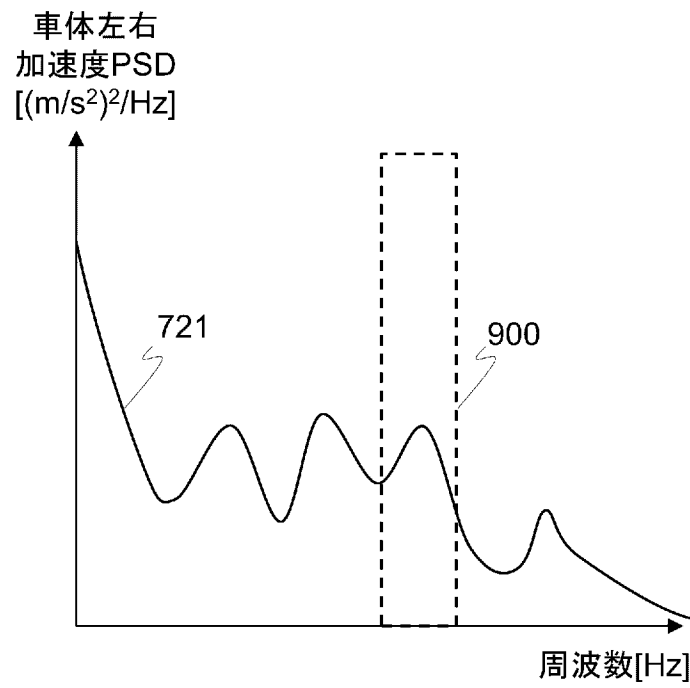
[図4]

図4



[図5A]

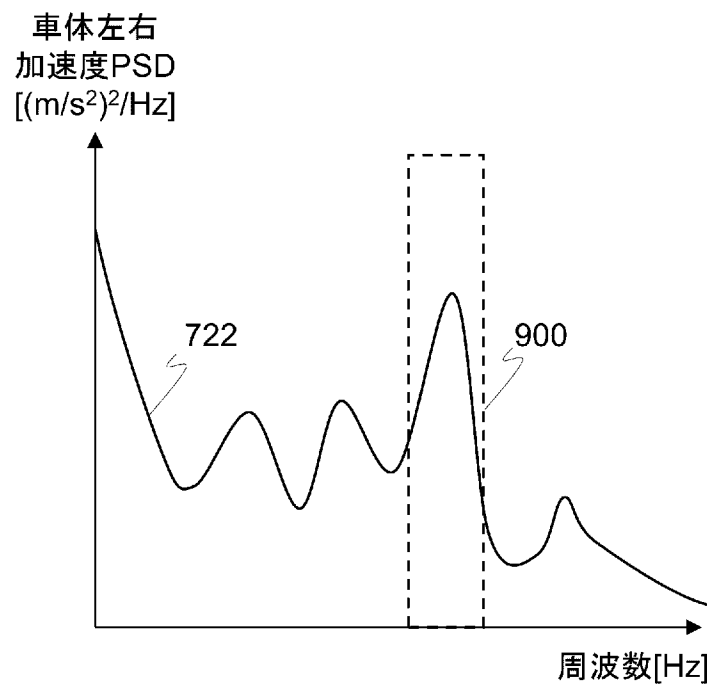
図5A



車両A

[図5B]

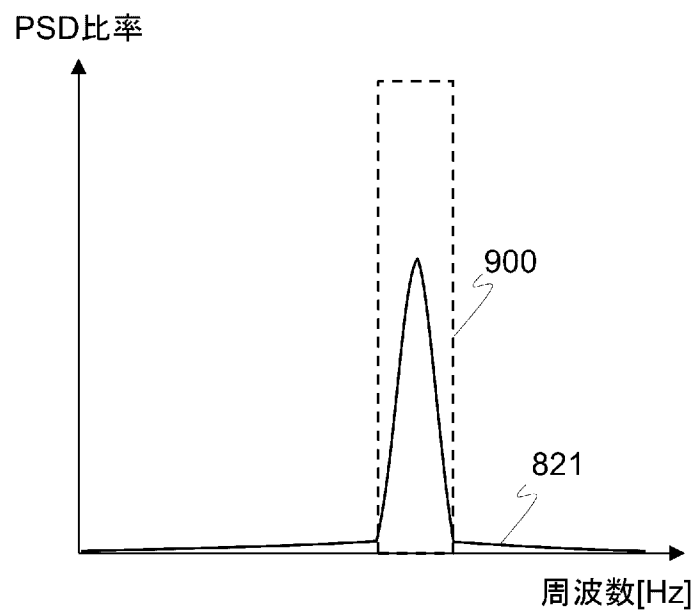
図5B



車両B

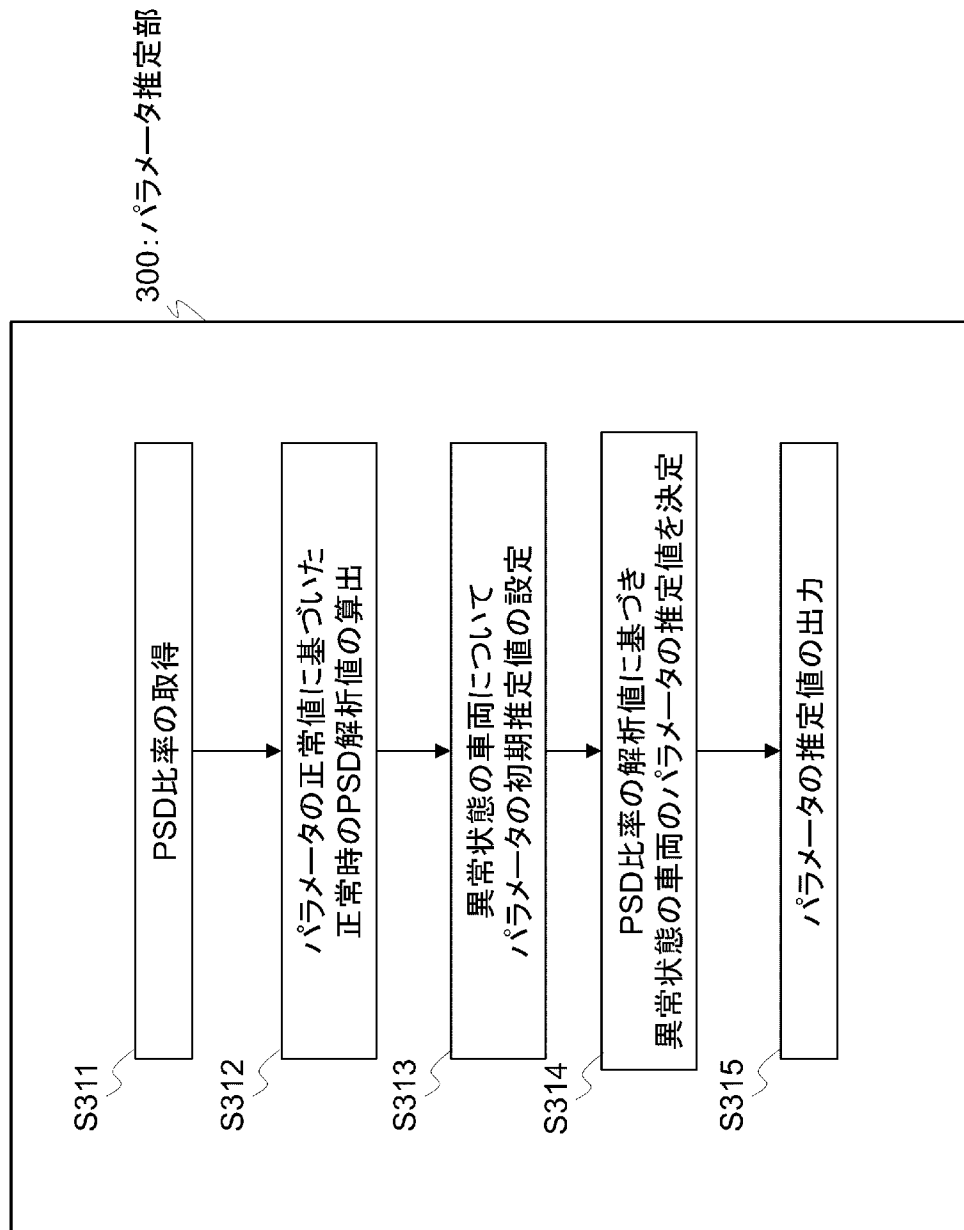
[図6]

図6



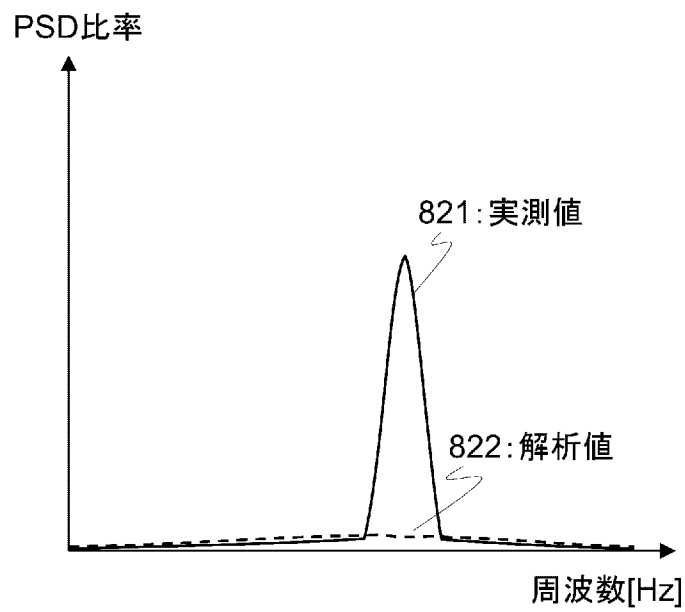
[図7]

図7



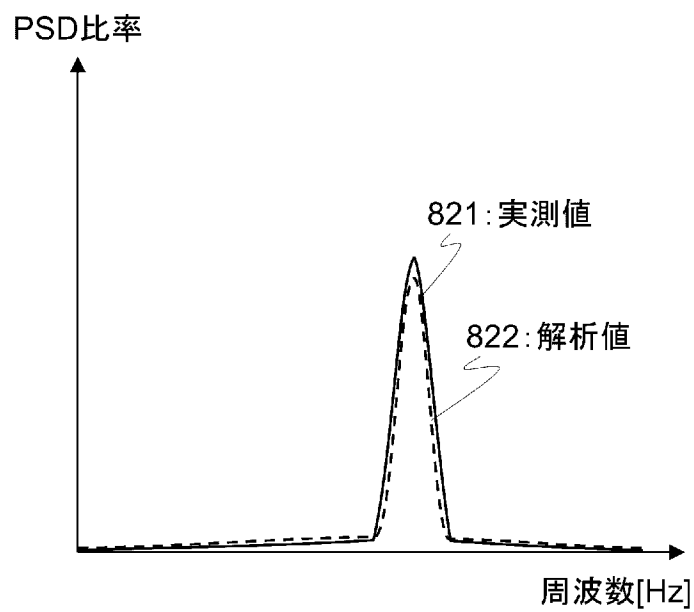
[図8A]

図8A

パラメータ推定前

[図8B]

図8B

パラメータ推定後

[図9]

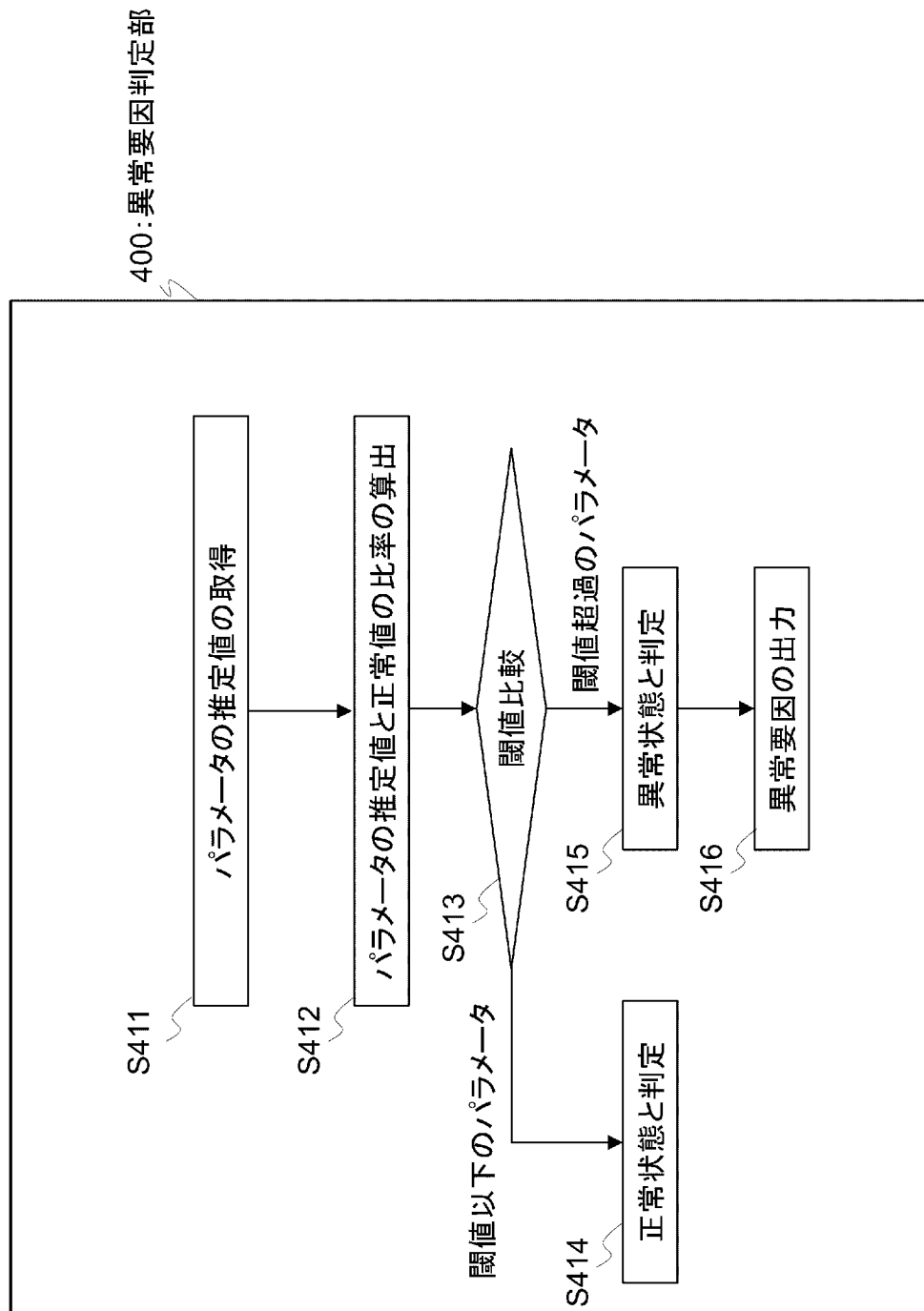
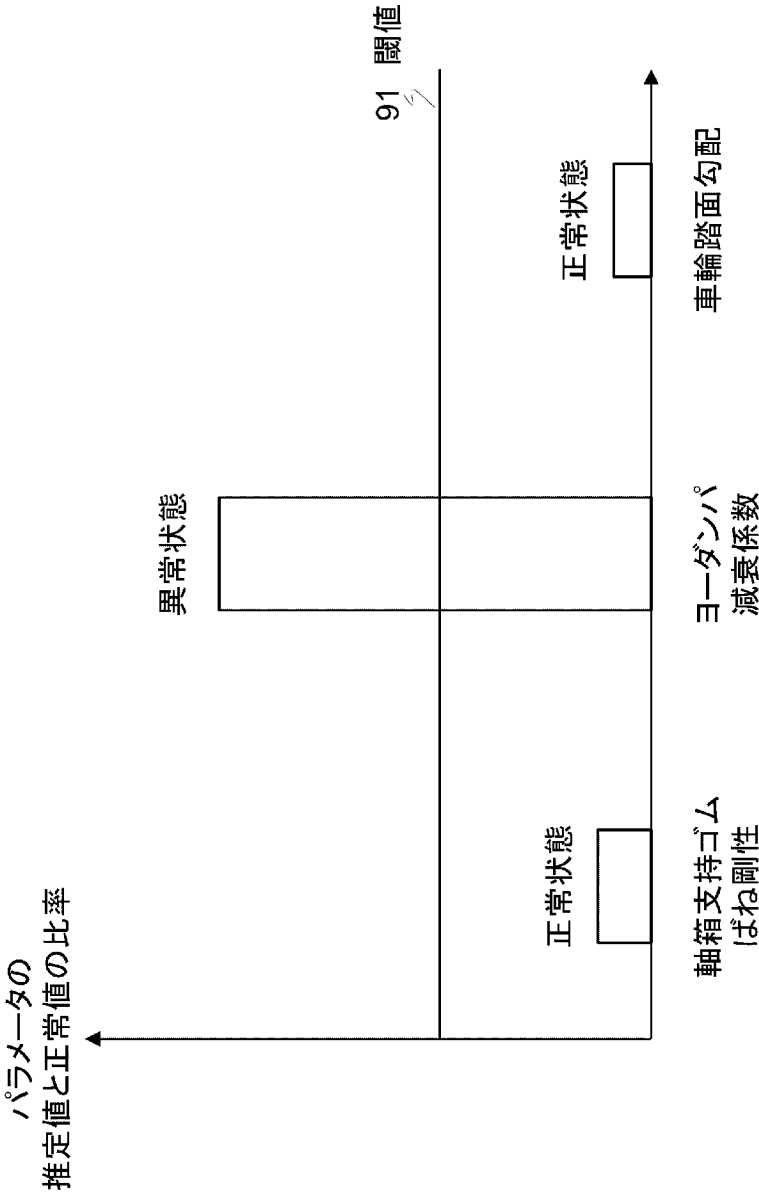


図9

[図10]

図10



[図11]

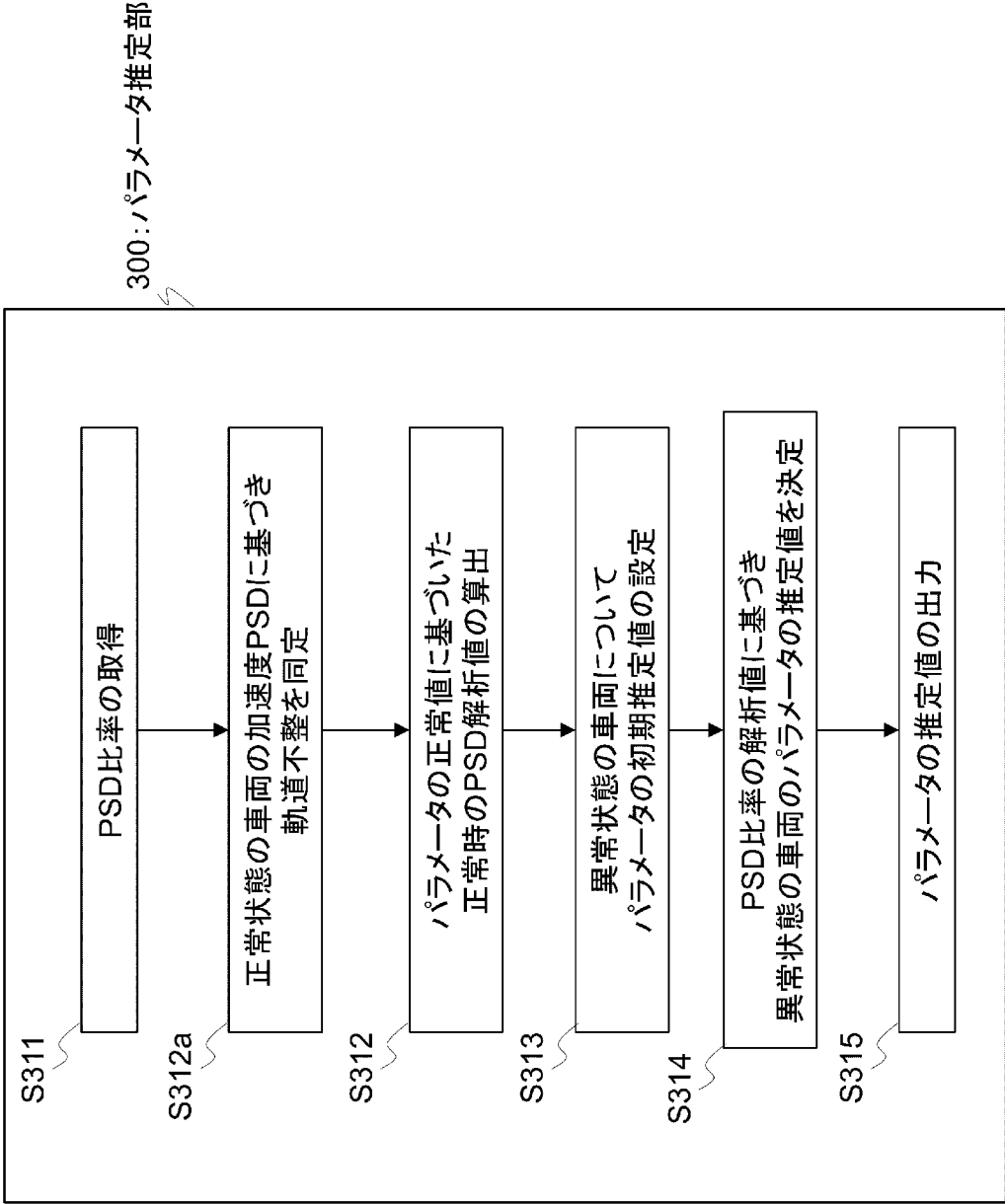
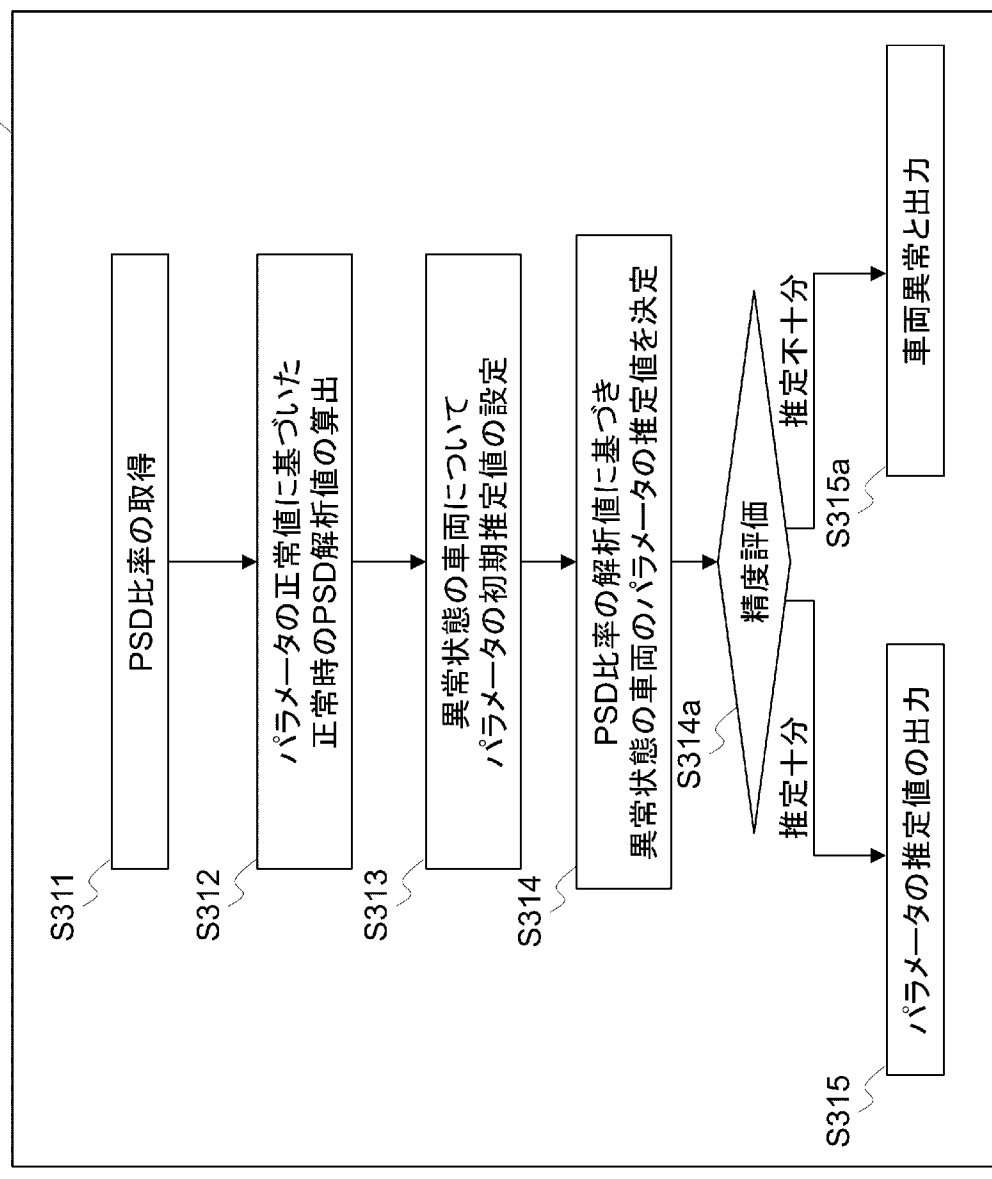


図11

[図12]

図12

300:パラメータ推定部



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031152

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01M17/08 (2006.01) i, B61F5/24 (2006.01) i, B61K9/08 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. G01M17/08, B61F5/24, B61K9/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2018/155348 A1 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES ENGINEERING, LTD.) 30 August 2018, paragraphs [0016]-[0049], fig. 1-7 & JP 2018-136270 A	1, 9-12 2-8
Y A	JP 2011-245917 A (HITACHI, LTD.) 08 December 2011, paragraphs [0042]-[0045], fig. 1, 14 (Family: none)	1, 9-12 2-8
Y A	JP 2018-179986 A (RAILWAY TECHNICAL RESEARCH INSTITUTE) 15 November 2018, paragraphs [0023]-[0052], fig. 1-6 (Family: none)	1, 9-12 2-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10.10.2019

Date of mailing of the international search report
21.10.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/031152

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-170080 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD.) 17 June 2004, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 10-20930 A (HITACHI, LTD.) 23 January 1998, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 61-96440 A (FRIED KRUPP GESELLSCHAFT MIT BESCHRAENKTER HAFTUNG) 15 May 1986, entire text, all drawings & EP 178468 A2 & DE 3437661 A1	1-12
A	CN 103592122 A (BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY) 19 February 2014, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	US 2015/0051792 A1 (RAILWAY METRICS AND DYNAMICS SWEDEN AB) 19 February 2015, entire text, all drawings & WO 2013/083786 A1 & EP 2602168 A1 & AU 2012350331 A1	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01M17/08(2006.01)i, B61F5/24(2006.01)i, B61K9/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01M17/08, B61F5/24, B61K9/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	WO 2018/155348 A1（三菱重工エンジニアリング）2018.08.30, [0016]-[0049], 第1-7図 & JP 2018-136270 A	1, 9-12 2-8
Y A	JP 2011-245917 A（株式会社日立製作所）2011.12.08, [0042]-[0045], 第1, 14図（ファミリーなし）	1, 9-12 2-8
Y A	JP 2018-179986 A（公益財団法人鉄道総合技術研究所）2018.11.15, [0023]-[0052], 第1-6図（ファミリーなし）	1, 9-12 2-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10.10.2019

国際調査報告の発送日

21.10.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

萩田 裕介

2 J

3102

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-170080 A (川崎重工業株式会社) 2004. 06. 17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 10-20930 A (株式会社日立製作所) 1998. 01. 23, 全文, 全図 (フ ァミリーなし)	1-12
A	JP 61-96440 A (フリード・クルツプ・ゲゼルシャフト・ミット・ベ シユレンクテル・ハフツング) 1986. 05. 15, 全文, 全図 & EP 178468 A2 & DE 3437661 A1	1-12
A	CN 103592122 A (BEIJING JIAOTONG UNIVERSITY) 2014. 02. 19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-12
A	US 2015/0051792 A1 (RAILWAY METRICS AND DYNAMICS SWEDEN AB) 2015. 02. 19, 全文, 全図 & WO 2013/083786 A1 & EP 2602168 A1 & AU 2012350331 A1	1-12