

(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
2018年1月4日(04.01.2018)



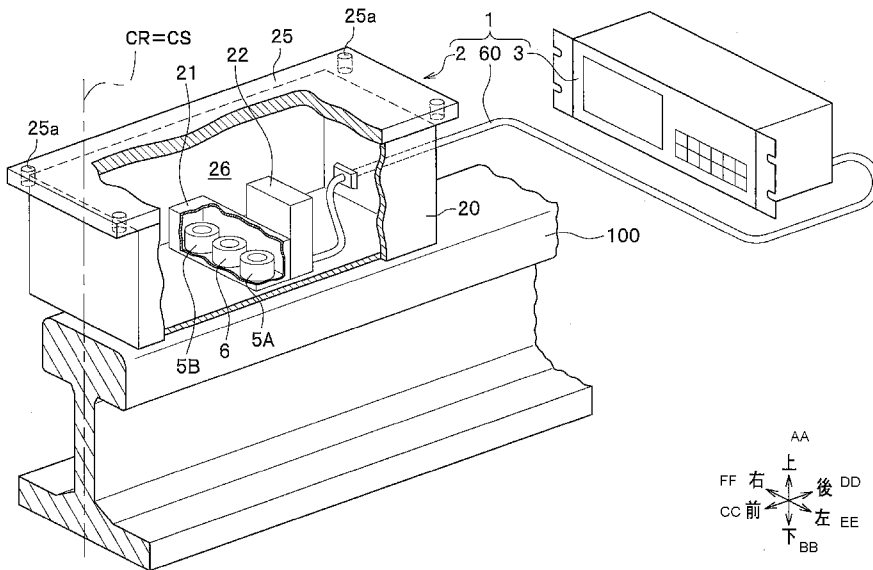
(10) 国際公開番号

WO 2018/003460 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 27/72 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/021429
- (22) 国際出願日: 2017年6月9日(09.06.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-127400 2016年6月28日(28.06.2016) JP
- (71) 出願人:株式会社日立ハイテクファインシステムズ (HITACHI HIGH-TECH FINE SYSTEMS CORPORATION) [JP/JP]; 〒3690395 埼玉県児玉郡上里町嘉美1600番地 Saitama (JP).
- (72) 発明者: 川畑 龍三 (KAWABATA Ryuzo); 〒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). 神鳥 明彦 (KANDORI Akihiko); 〒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: 特許業務法人磯野国際特許商標事務所 (ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目1番18号 ヒューリック虎ノ門ビル 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,

(54) Title: RAIL INSPECTION SYSTEM

(54) 発明の名称: レール検査システム



(57) **Abstract:** The objective of the present invention is to enable accurate detection of positional deviation of a rail in a rail inspection system. To this end, this rail inspection system comprises: a first sensor unit (21) including at least one receiving coil (6) and at least one oscillating coil (5A, 5B) which are disposed facing a vehicular rail (100) and are arranged in an arrangement direction intersecting the direction in which the rail (100) is laid; an alternating current voltage source which applies an alternating current voltage to the oscillating coils (5A, 5B); and a displacement detecting unit which detects a displacement (L) between the rail (100) and the first sensor unit (21) on the basis of an induced voltage in the receiving coil (6). The first sensor unit (21) is configured in such a way that if the displacement is a first displacement (L₁), a first maximal value is manifested in the induced voltage, and if the displacement is a second displacement (L₂), a second



WO 2018/003460 A1

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, KE, KG, KH,
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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

maximal value having the inverse phase to the first maximal value is manifested in the induced voltage.

(57) 要約: レール検査システムにおいて、レールの位置ずれを正確に検出できるようにする。そのため、車両用のレール(100)に対向して配置されるとともに、レール(100)の敷設方向に交差する配列方向に配列される少なくとも一の受信コイル(6)と少なくとも一の発振コイル(5A, 5B)とを有する第1のセンサ部(21)と、発振コイル(5A, 5B)に交流電圧を印加する交流電圧源と、受信コイル(6)の誘起電圧に基づいて、レール(100)と第1のセンサ部(21)との変位(L)を検出する変位検出部と、を有し、第1のセンサ部(21)は、変位が第1の変位(L₁)である場合に第1の極大値が誘起電圧に現れ、変位が第2の変位(L₂)である場合に、第1の極大値に対して位相が反転した第2の極大値が誘起電圧に現れるように構成した。

明 細 書

発明の名称： レール検査システム

技術分野

[0001] 本発明は、レール検査システムに関する。

背景技術

[0002] 鉄道等に使用されるレールは、車両が走行することによって変形し、レールの位置ずれが生じる。レールの位置ずれを放置すると、脱線事故が生じることもあるため、検測車両（軌道や架線の状態を検査する鉄道車両）にレールの位置ずれを検出する装置を設ける技術が提案されている。

例えば、下記特許文献1の段落0021には、「このため、本実施形態に係るレール位置検出部11、つまり二次元レーザ変位計では、図3(a)に示すように、レール位置検出部11からレールRまでの距離、及びレール位置検出部11から車輪7までの距離を同時に計測することにより、車輪7に対するレールの車軸方向の位置（以下、単に「レールの位置」という。）を検出する。」と記載されている。

[0003] また、下記特許文献2の要約書には、「一実施形態によれば、本技術は、試験対象物内の材料の完全性を試験するための試験装置を提供する。試験装置は、電気導体と検出装置とを含む。典型的な検査装置では、電気導体は、一般的に直線方向に延びており、一般に、試験対象物の長手方向軸を横切る方向に電流を流す。電気導体を流れる電流の経路は、試験対象物の周囲の磁場に影響を与え、間接的に渦電流を発生させる。また、試験装置は、電気導体から離れた位置に配置され、電気導体を介して流れる電流に応じて発生する磁界を検出する検出装置を備えている。」と記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2013-246042号公報

特許文献2：米国特許出願公開第2005/0285588号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、上記特許文献1の技術では、雪、氷、雑草、落ち葉等の異物がレールに付着していると、レーザ光がこれら異物に反射され、レール位置を誤検出するという問題がある。

また、上記特許文献2の技術では、渦電流によって発生する磁界を検出しているが、渦電流の大きさは、試験装置と試験対象物（レール）の距離の二乗に反比例するため、検測車両の振動によって生じる誤差が大きくなり、レールの位置ずれを正確に検出することが困難であった。

この発明は上述した事情に鑑みてなされたものであり、レールの位置ずれを正確に検出できるレール検査システム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

[0006] 上記課題を解決するため、本発明のレール検査システムは、車両用のレールに対向して配置されるとともに、前記レールの敷設方向に交差する配列方向に配列される少なくとも一の受信コイルと少なくとも一の発振コイルとを有する第1のセンサ部と、前記発振コイルに交流電圧を印加する交流電圧源と、前記受信コイルの誘起電圧に基づいて、前記レールと前記第1のセンサ部との変位を検出する変位検出部と、を有し、前記第1のセンサ部は、前記変位が第1の変位である場合に第1の極大値が前記誘起電圧に現れ、前記変位が第2の変位である場合に、前記第1の極大値に対して位相が反転した第2の極大値が前記誘起電圧に現れるように構成されていることを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本発明のレール検査システムによれば、レールの位置ずれを正確に検出できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の第1実施形態によるレール検査システムの一部切欠斜視図であ

る。

[図2] (a) は、鉄道レールと発振コイルと受信コイルとの位置関係を示す図であり、(b) は、鉄道レールと発振コイルと受信コイルとの他の位置関係を示す図である。

[図3] 受信コイルから出力される検出信号のレベル特性図である。

[図4] 第1実施形態によるレール検査システムの全体構成を示すブロック図である。

[図5] 第1実施形態における検査処理プログラムのフローチャートである。

[図6] 第2実施形態によるレール検査システムの全体構成を示すブロック図である。

[図7] 第2実施形態における検出装置の一部切欠平面図である。

[図8] 第3実施形態における検出装置の一部切欠側面図である。

[図9] (a) は、一の変形例におけるセンサ部の一部切欠斜視図、(b) は他の変形例におけるセンサ部の斜視図である。

発明を実施するための形態

[0009] [第1実施形態]

〈第1実施形態の外観構成〉

図1は、本発明の第1実施形態によるレール検査システム1の一部切欠斜視図である。

図1においてレール検査システム1は、検出装置2と、処理装置3と、両者を接続するケーブル60とを有している。レール検査システム1は、図示せぬ検測車両に装着されるものであり、検出装置2は、検査対象物である鉄道レール100（レール）に対向する位置に設置され、処理装置3は、検測車両の室内に設置される。ここで、鉄道レール100の敷設方向を「前後方向」とし、敷設方向に水平に直交する方向を「左右方向」とし、敷設方向に鉛直に直交する方向を「上下方向」とする。

[0010] 検出装置2は、中空の直方体状に形成されたシャーシ20と、シャーシ20の上面に固定された矩形板状のフランジ25（装着治具）とを有している

。フランジ25の四隅には貫通孔25aが形成されている。また、検測車両の図示せぬ台車には、これら貫通孔25aに対向する位置にネジ穴が形成されている。これら貫通孔25aおよびネジ穴に図示せぬボルトを挿通し、締め付けると、検出装置2が台車の所定位置に固定される。鉄道レール100が所定の基準位置に敷設されている場合に、検出装置2が該所定位置に固定されると、鉄道レール100の中心線CRと、検出装置2の中心線CSとが図示のように一致する。従って、フランジ25は、検出装置2の中心線CRを所定位置に合わせる治具として機能する。

[0011] シャーシ20は、ガラスエポキシ等の非磁性体である。シャーシ20の底面には、略直方体状のセンサ部21（第1のセンサ部）と、増幅・フィルタ部22とが固定されている。センサ部21の内部の中心には、被覆線を円筒状に巻回した受信コイル6（第1の受信コイル）が配置され、受信コイル6の左右方向には、受信コイル6と同様に形成された発振コイル5A（第1の発振コイル）と、発振コイル5B（第2の発振コイル）とが等間隔に配置されている。発振コイル5A、5Bには、ケーブル60を介して、処理装置3から所定の発振周波数 f の交流電圧が印加される。これにより、発振コイル5A、5Bは、それらの周囲に交流磁界を発生する。また、受信コイル6には、鎖交する磁束の微分値に比例した誘起電圧が発生する。

[0012] 増幅・フィルタ部22は、受信コイル6の誘起電圧を増幅するとともに、フィルタ処理を施し、その結果を処理装置3に供給する。処理装置3は、供給された検出信号に基づいて、鉄道レール100の位置ずれの大きさを検出する。ここで、位置ずれは、鉄道レール100の中心線CRと、検出装置2の中心線CSの変位 L （図2（b）参照）に対応する値である。シャーシ20の内部空間26は、図示せぬ樹脂が充填される。これにより、検出装置2に振動や衝撃が加わった場合においても、センサ部21等のずれが生じないようになっている。

[0013] 〈位置検出の原理〉

次に、図2（a）、（b）を参照し、本実施形態における位置検出の原理

を説明する。

図2 (a) は、鉄道レール100の中心線CRと、検出装置2 (図1参照) の中心線CSとが一致している場合の発振コイル5A, 5Bおよび受信コイル6の配置状態を示す。

図示のように、検出装置2の中心線CSは、受信コイル6の中心線でもある。発振コイル5A, 5Bおよび受信コイル6と、鉄道レール100との上下方向の距離をセンサギャップd (距離) と呼ぶ。発振コイル5A, 5Bには、位相が反転した交流電圧が印加され、両者からは逆向きの磁界が発生する。より具体的には、発振コイル5A, 5Bを直列に接続し、この直列回路に交流電圧を印加するとよい。

[0014] 発振コイル5A, 5Bによってそれぞれ生じる磁束 Φ_A , Φ_B は、鉄道レール100および空気を介して伝搬される。両者の磁界は、受信コイル6において打ち消しあい、受信コイル6における鎖交磁束はほぼ零になり、受信コイル6の誘起電圧もほぼ零になる。

また、図2 (b) は、鉄道レール100の中心線CRと、検出装置2 (図1参照) の中心線CSとが一致していない場合の発振コイル5A, 5Bおよび受信コイル6の配置状態を示す。

[0015] 発振コイル5Aが発生する磁界は、透磁率の高い鉄道レール100よりも透磁率の低い空気を伝搬する距離が長くなるため、発振コイル5Aによって生じる磁束 Φ_A (振幅値) よりも、発振コイル5Bによって生じる磁束 Φ_B (振幅値) が相対的に強くなり、受信コイル6には、非零値の鎖交磁束が生じ、非零値の誘起電圧が発生する。従って、この誘起電圧を測定し検出信号として出力することにより、鉄道レール100の中心線CRと、検出装置2の中心線CSとの変位Lを測定することができる。鉄道レール100の左エッジ位置ELが発振コイル5Aと受信コイル6との間に位置するとき (図示の状態)、または、鉄道レール100の右エッジ位置ERが発振コイル5Bと受信コイル6との間に位置するときに、検出信号の振幅にピークが現れる。

[0016] 次に、様々なセンサギャップdに対応して、受信コイル6から出力される

検出信号のレベルを図3に示す。図3において横軸は、変位 L であり、縦軸は検出信号のレベルである。なお、発振コイル5A、5Bに印加される交流電圧の位相と検出信号の位相とが一致している場合には検出信号の値を正とし、両位相が反転している場合は、検出信号の値は負であることとする。なお、図示の特性P20、P25、P30、P35、P40は、それぞれセンサギャップ d が20mm、25mm、30mm、35mm、40mmであるときの特性である。

[0017] これらの特性P20～P40は、何れも変位 L_1 （第1の変位）において極大値が現れ、変位 L_2 （第2の変位）において極小値が現れている。誘起電圧の振幅値で考えると、変位 L_1 に第1の極大値が現れ、変位 L_2 においては、第1の極大値に対して位相が反転した第2の極大値が現れることになる。また、特性P20～P40は、変位 $L=0$ の付近では、ほぼ直線的な特性になっており、変位 L は、検出信号に略比例している。

[0018] 〈第1実施形態の回路構成〉

図4は、本実施形態によるレール検査システム1の全体構成を示すブロック図である。

上述したように、レール検査システム1は、検出装置2と、処理装置3とを有している。

また、検出装置2は、センサ部21と増幅・フィルタ部22とを有し、センサ部21は、発振コイル5A、5Bと、受信コイル6とを有している。また、処理装置3は、増幅部31（交流電圧源）と、デジタルアナログ変換部32（交流電圧源）と、発振部33（交流電圧源）と、検波部34と、アナログデジタル変換部35と、メモリ部36と、データ通信部37と、電源38と、評価装置4（変位検出部）とを備えている。

[0019] 発振部33は、所定の発振周波数 f （例えば20kHz）の正弦波状のデジタル発振信号を出力する。デジタルアナログ変換部32は、発振部33が出力したデジタル発振信号をアナログの交流電圧に変換する。増幅部31は、この交流電圧を増幅し、発振コイル5A、5Bに印加し、発振コイル5A

、5 Bは、位相が反転した、逆向きの磁界を発生させる。

[0020] また、検出装置2内の増幅・フィルタ部22は、受信コイル6から供給された検出信号を増幅およびフィルタ処理して、処理装置3の検波部34に送信する。なお、「フィルタ処理」とは、主として発振周波数 f 以上の周波数成分を除去する低域通過フィルタ(LPF)処理である。また、検波部34は、発振部33からの参照信号を用いて、増幅・フィルタ部22から供給された検出信号に全波整流処理を施し、アナログデジタル変換部35に供給する。アナログデジタル変換部35は、検波部34から受けたアナログ信号をデジタル信号に変換する。アナログデジタル変換部35から出力されたデジタル信号は、データとしてメモリ部36に記憶され、データ通信部37から評価装置4に出力される。電源38は、レール検査システム1内の各構成に電力を供給する。

[0021] 次に、評価装置4について説明する。評価装置4は、検出装置2または構成要素31～38から受信した検査データに基づいて鉄道レール100の位置ずれを特定する検査処理プログラムを実行するコンピュータ装置である。なお、本実施形態において、「検査データ」とは、検出装置2の受信コイルから評価装置4のデータ入力部41に到るまでの全ての段階のデータが該当するものとする。評価装置4は、データ入力部41と、制御部42と、データ処理部43と、出力処理部44と、操作入力部45と、表示部46と、記憶部47と、を備える。

[0022] データ入力部41は、データ通信部37の出力信号(検査データ)を受信する。

制御部42は、CPU(Central Processing Unit)、RAM(Random Access Memory)、ROM(Read Only Memory)等によって構成され、データの受け渡しや演算処理等の制御を行う。データ処理部43は、出力信号(検査データ)に基づいて、検査処理を行う(詳細は後記)。検査結果等の情報は適宜、記憶部47に格納される。

[0023] 表示部46は、検査結果等を表示するLCD(Liquid Crystal Display)

、C R T (Cathode Ray Tube) ディスプレイ等である。出力処理部44は、表示部46に検査結果等を表示させる。その際、出力処理部44は、グラフやテーブルの形式を適宜用いて視覚的に理解しやすい表示形式で表示させるための処理を行う。操作入力部45は、キーボード、マウス等の情報入力手段である。記憶部47は、データ処理部43が処理したデータ等を保存する。なお、データ処理部43、出力処理部44は、記憶部47に格納されたプログラムやデータを制御部42にロードして、演算処理を実行することによって実現される。

[0024] 〈第1実施形態の動作〉

図5は、評価装置4のデータ処理部43によって実行される検査処理プログラムのフローチャートである。

まず、データ処理部43は、検査データを記憶部47から取得する（ステップS1）。

次に、データ処理部43は、所定の時間幅（例えば0.5ms～100ms程度）ごとに以下のステップS3～ステップS5の処理を繰り返す（ステップS2～ステップS6）。

[0025] データ処理部43は、所定時間幅の検査データについて、基準範囲をはずれた検出信号があるか否かを判定し（ステップS3）、Noの場合は正常と判定し（ステップS4）、Yesの場合は異常と判定する（ステップS5）。

ステップS2～ステップS6の処理が検査データ全体について終了すると、データ処理部43は、検査結果を表示部46に表示する（ステップS7）。

[0026] 以上のように、本実施形態のレール検査システム(1)によれば、変位(L)が第1の変位(L₁)である場合に第1の極大値が誘起電圧に現れ、変位(L)が第2の変位(L₂)である場合に、第1の極大値に対して位相が反転した第2の極大値が誘起電圧に現れるようにしたため、変位(L)すなわち、レールの位置ずれを正確に検出できる。

[0027] また、第1のセンサ部(21)を収納するシャーシ(20)と、第1のセンサ部(21)が車両の下面の所定位置に配置されるように、シャーシ(20)を車両の下面に装着させる装着治具(25)を設けたことにより、第1のセンサ部(21)を正確な位置に装着できる。

[0028] また、交流電圧源(31, 32, 33)は、第1の発振コイル(5A)と第2の発振コイル(5B)とに対して、逆方向の磁界を発生させるように交流電圧を印加するため、受信コイル(6)に発生する誘起電圧を、基準位置においてほぼ零にすることができる。

[0029] [第2実施形態]

次に、本発明の第2実施形態によるレール検査システムについて説明する。

図6は、本実施形態によるレール検査システム1aの全体構成を示すブロック図である。また、図7は、本実施形態による検出装置2aの一部切欠平面図である。なお、図6および図7において、図1～図5の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略する場合がある。

図6において、レール検査システム1aは、処理装置3aと複数の検出装置2aとを有し、第1実施形態のものと同様に、図示せぬ検測車両に装着される。但し、図6においては、複数の検出装置2aの内部の構成を一つの枠で囲んでいる。各検出装置2aは、第1実施形態の検出装置2と同様の外観形状(図1参照)を有している。複数の検出装置2aは、Nチャンネル(Nは複数)のセンサ部21-1～21-Nを有しており、各センサ部21-1～21-Nは、第1実施形態のセンサ部21(図4参照)と同様に構成されている。

[0030] 図7に示すように、一台の検出装置2aの内部には、前後方向に沿って、2チャンネルのセンサ部21-1(第1のセンサ部)、21-2(第2のセンサ部)が配置されている。従って、仮に、検出装置2aを検測車両に2台装着したとすると、チャンネル数Nは「4」になる。センサ部21-1、21-2は、各々の左右方向の中央に配置された受信コイル6-1(第1の受

信コイル), 6-2 (第2の受信コイル) と、その左側に配置された発振コイル5A-1 (第1の発振コイル), 5A-2 (第3の発振コイル) と、受信コイル6-1, 6-2の右側に配置された発振コイル5B-1 (第2の発振コイル), 5B-2 (第4の発振コイル) と、を有している。

[0031] また、前後方向に隣接するコイル (例えば発振コイル5B-1, 5B-2) の間隔 L_4 は、各コイルの直径 L_3 よりも大きくなっている。これは、センサ部21-1, 21-2間のクロストークを防止するためである。図7において、斜めに対向する発振コイル5A-1, 5B-2は、同位相の磁界を発生させ、他の発振コイル5A-2, 5B-1は、発振コイル5A-1, 5B-2とは位相が反転した、逆向きの磁界を発生させる。例えば、図示のように、発振コイル5A-1, 5B-2が上向きの磁界を発生させているタイミングでは、発振コイル5A-2, 5B-1は下向きの磁界を発生させる。受信コイル6-1, 6-2から出力される検出信号は、理想的には、振幅が同一で位相が反転した信号になる。

[0032] 図6に戻り、処理装置3aに設けられたN台の増幅部31-1~31-N (交流電圧源) は、デジタルアナログ変換部32から出力されたアナログの交流電圧を増幅し、対応するセンサ部21-1~21-Nの発振コイル5A, 5Bに各々印加する。また、N台の増幅・フィルタ部22-1~22-Nは、対応する受信コイル6から供給された検出信号を増幅およびフィルタ処理した後、処理装置3a内の対応する検波部34-1~34-Nに送信する。

[0033] また、検波部34-1~34-Nは、発振部33からの参照信号を用いて、増幅・フィルタ部22-1~22-Nから供給されたNチャンネルの検出信号に全波整流処理を施し、アナログデジタル変換部35に供給する。アナログデジタル変換部35は、Nチャンネルのアナログ信号をデジタル信号に変換する。アナログデジタル変換部35から出力されたデジタル信号は、データとしてメモリ部36に記憶され、データ通信部37から評価装置4に出力される。

[0034] 評価装置4の構成も第1実施形態のもの（図4参照）と同様であるが、本実施形態におけるデータ処理部43の動作は第1実施形態のものとは若干異なる。すなわち、本実施形態のデータ処理部43は、同一の検出装置2aから出力された検出信号（例えば、図7において受信コイル6-1, 6-2から出力された検出信号）の差分を求め、この演算結果を当該検出装置2aにおける検出信号とみなして、その異常の有無を判断する（図5のステップS3）。

[0035] 以上のように、本実施形態によれば、検出信号の振幅は、第1実施形態における検出信号の振幅の約2倍にすることができ、第1実施形態のものよりもS/N比を高くすることができるため、異常の有無をより精密に判定することができる。また、検出装置2aの付近に雑音源が存在し、その雑音源の発生する磁束が受信コイル6-1, 6-2に鎖交したとする。この場合、受信コイル6-1, 6-2に鎖交する磁束はほぼ同レベル、同位相になるため、両者の検出信号の差分を求めると、検出信号に含まれる雑音成分を除去することができる。このように、本実施形態のレール検査システム1aは、第1実施形態のものと比較して、S/N比を高くことができ、雑音成分を除去できる点で有利である。

[0036] [第3実施形態]

次に、本発明の第3実施形態によるレール検査システムについて説明する。

第3実施形態のレール検査システムの全体構成は、第2実施形態のもの（図6）と同様である。但し、本実施形態においては、第2実施形態の検出装置2aに代えて、図8に示す検出装置2bが適用される。なお、図8は、検出装置2bの一部切欠側面図であり、図1～図7の各部に対応する部分には同一の符号を付し、その説明を省略する場合がある。

[0037] 図8において、検出装置2bは、シャーシ20と、フランジ25とを有しており、これらは第1実施形態の検出装置2（図1参照）のものと同様である。

本実施形態の検出装置 2 b の内部には、前後方向に沿って、3 チャンネルのセンサ部 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 が配置されている。これらセンサ部 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 は、各々第 1 実施形態のセンサ部 2 1 と同様に構成されている。但し、センサ部 2 1 - 1, 2 1 - 2, 2 1 - 3 は、鉄道レール 1 0 0 との間に各々異なるセンサギャップ d_1, d_2, d_3 (距離) を生じさせるよう、シャーシ 2 0 内の取付位置が異なっている。

[0038] 再び図 3 を参照し、このように構成した理由を説明する。図 3 に示したように、センサギャップ d に応じて、検出信号の特性 P 2 0 ~ P 4 0 は異なる。従って、検出信号の値が検出されたとしても、センサギャップ d が不知であれば、変位 L を特定することができなくなる。また、図 3 において、センサギャップ d が大きくなるほど、変位 L の変化に対する検出信号の変化が小さくなることが解る。

[0039] 図 8 において、検出装置 2 b は、静止状態におけるセンサギャップ d_1, d_2, d_3 がそれぞれ所定の基準値になるように、図示せぬ検測車両に装着される。しかし、検測車両に縦振動が生じると、センサギャップ d_1, d_2, d_3 が基準値から外れる。本実施形態においては、3 チャンネルのセンサ部 2 1 - 1 ~ 2 1 - 3 が 3 チャンネルの検出信号を出力する。そして、データ処理部 4 3 (図 6 参照) は、「センサギャップ d が大きくなるほど、変位 L の変化に対する検出信号の変化が小さくなる」という現象に基づいて、センサギャップ d_1, d_2, d_3 の推定値を算出し、これらと 3 チャンネルの検出信号とに基づいて変位 L (図 2 (b) 参照) を算出する。

[0040] 以上のように、本実施形態によれば、振動に基づくセンサギャップ d_1, d_2, d_3 の変動を補償しつつ変位 L を算出するため、検出装置 2 b の縦振動による検出信号の変動を補償することができ、一層精密に変位 L を測定することができる。

[0041] [変形例]

本発明は上述した実施形態に限定されるものではなく、種々の変形が可能である。上述した実施形態は本発明を理解しやすく説明するために例示した

ものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について削除し、若しくは他の構成の追加・置換をすることが可能である。上記実施形態に対して可能な変形は、例えば以下のようなものである。

- [0042] (1) 上記各実施形態において、発振部33の発振周波数 f は、20kHzであったが、発振周波数 f として20kHz以外の周波数を選択してもよい。但し、発振周波数 f は、10Hz~100GHzの範囲の周波数から選択することが好ましい。これは、周波数 f が10Hzよりも低いと受信コイル6の感度が悪くなり、100GHzを超えると発振コイル5A, 5Bのインピーダンスが高くなることによって、磁場が弱くなるからである。また、周波数 f は、1kHz~1GHzの範囲から選択することがより好ましく、10kHz~100kHzの範囲から選択することがさらに好ましい。
- [0043] (2) 上記各実施形態においては、鉄道レール100の敷設方向（前後方向）に対して直交する方向（左右方向）に発振コイルおよび受信コイルを配列した。しかし、発振コイルおよび受信コイルの配列方向は、必ずしも鉄道レール100の敷設方向（前後方向）に対して直交する方向である必要はなく、交差する方向（例えば、斜めに交差する方向）であればよい。
- [0044] (3) 上記第3実施形態においては、異なるセンサギャップ d_1 , d_2 , d_3 を有する3チャンネルのセンサ部21-1~21-3を適用した。しかし、センサ部は必ずしも3チャンネル設ける必要はなく、異なるセンサギャップ d_1 , d_2 を有する2チャンネルのセンサ部21-1, 21-2を設けるならば、縦振動によるセンサギャップ d_1 , d_2 の変動を補償できる。
- [0045] (4) 上記各実施形態においては、センサ部21, 21-1~21-Nは、各々2個の発振コイルと1個の受信コイルとを有していた。しかし、これらセンサ部は、図9(a)に示すセンサ部21Aのように構成してもよい。センサ部21Aは、1個の発振コイル5と、その左右に設けられた2個の受信

コイル 6 A, 6 B を有している。この場合、受信コイル 6 A, 6 B の誘起電圧の減算結果を検出信号として用いるとよい。

[0046] (5) また、センサ部 2 1, 2 1-1 ~ 2 1-N は、図 9 (b) に示すセンサ部 2 1 B のように構成してもよい。センサ部 2 1 B は、略 C 字状に形成された鉄心 7 と、鉄心 7 に巻回された発振コイル 5 C と、鉄心 7 の両端部の中間に配置された受信コイル 6 C と、を有している。鉄心 7 の両端部からは、逆方向の磁界が発生するため、上記各実施形態と同様に、受信コイル 6 C の誘起電圧によって、鉄道レール 1 0 0 の変位を測定することができる。

[0047] (6) 上記実施形態における評価装置 4 のハードウェアは一般的なコンピュータによって実現できるため、図 5 に示したフローチャートに係るプログラム等を記憶媒体に格納し、または伝送路を介して頒布してもよい。

[0048] (7) 図 5 に示した処理は、上記実施形態ではプログラムを用いたソフトウェア的な処理として説明したが、その一部または全部を A S I C (Application Specific Integrated Circuit ; 特定用途向け I C)、あるいは F P G A (field-programmable gate array)等を用いたハードウェア的な処理に置き換えてもよい。

符号の説明

- [0049] 1, 1 a レール検査システム
2, 2 a, 2 b 検出装置
3, 3 a 処理装置
4 評価装置 (変位検出部)
5 A 発振コイル (第 1 の発振コイル)
5 B 発振コイル (第 2 の発振コイル)
5 A-1 発振コイル (第 1 の発振コイル)
5 B-1 発振コイル (第 2 の発振コイル)
5 A-2 発振コイル (第 3 の発振コイル)
5 B-2 発振コイル (第 4 の発振コイル)
6 受信コイル (第 1 の受信コイル)

- 6-1 受信コイル (第1の受信コイル)
- 6-2 受信コイル (第2の受信コイル)
- 20 シャーシ
- 21 センサ部 (第1のセンサ部)
 - 21-1 センサ部 (第1のセンサ部)
 - 21-2 センサ部 (第2のセンサ部)
- 22 増幅・フィルタ部
- 25 フランジ (装着治具)
- 31, 31-1~31-N 増幅部 (交流電圧源)
- 32 デジタルアナログ変換部 (交流電圧源)
- 33 発振部 (交流電圧源)
- 100 鉄道レール (レール)
- $\Phi A, \Phi B$ 磁束
- CR 中心線
- CS 中心線
- EL 左エッジ位置
- ER 右エッジ位置
- L 変位
 - L_1 変位 (第1の変位)
 - L_2 変位 (第2の変位)
 - L_3 直径
 - L_4 間隔
- d, d_1, d_2, d_3 センサギャップ (距離)

請求の範囲

- [請求項1] 車両用のレールに対向して配置されるとともに、前記レールの敷設方向に交差する配列方向に配列される少なくとも一の受信コイルと少なくとも一の発振コイルとを有する第1のセンサ部と、
前記発振コイルに交流電圧を印加する交流電圧源と、
前記受信コイルの誘起電圧に基づいて、前記レールと前記第1のセンサ部との変位を検出する変位検出部と、
を有し、
前記第1のセンサ部は、前記変位が第1の変位である場合に第1の極大値が前記誘起電圧に現れ、前記変位が第2の変位である場合に、前記第1の極大値に対して位相が反転した第2の極大値が前記誘起電圧に現れるように構成されている
ことを特徴とするレール検査システム。
- [請求項2] 前記レール検査システムは前記レール上を走行する前記車両に装着されるものであり、
前記レール検査システムは、
前記第1のセンサ部を収納するシャーシと、
前記第1のセンサ部が前記車両の下面の所定位置に配置されるように、前記シャーシを前記車両の下面に装着させる装着治具と、
をさらに有することを特徴とする請求項1に記載のレール検査システム。
- [請求項3] 前記第1のセンサ部は、前記配列方向に沿って配列された第1の発振コイルと、第1の受信コイルと、第2の発振コイルと、を有し、
前記交流電圧源は、前記第1の発振コイルと前記第2の発振コイルとに対して、逆方向の磁界を発生させるように前記交流電圧を印加する
ことを特徴とする請求項1に記載のレール検査システム。
- [請求項4] 前記敷設方向に沿って前記第1のセンサ部に対向するように配置さ

れた第2のセンサ部をさらに有し、

前記第2のセンサ部は、前記敷設方向に沿って前記第1の発振コイルに対向する第3の発振コイルと、前記敷設方向に沿って前記第1の受信コイルに対向する第2の受信コイルと、前記敷設方向に沿って前記第2の発振コイルに対向する第4の発振コイルと、を有し、

前記交流電圧源は、前記第3の発振コイルに前記第2の発振コイルと同方向の磁界を発生させ、前記第4の発振コイルに前記第1の発振コイルと同方向の磁界を発生させるように、前記第3の発振コイルと前記第4の発振コイルとに前記交流電圧を印加する

ことを特徴とする請求項3に記載のレール検査システム。

[請求項5]

前記第1の発振コイルと前記第3の発振コイルとの間隔は、前記第1の発振コイルの直径よりも大きい

ことを特徴とする請求項4に記載のレール検査システム。

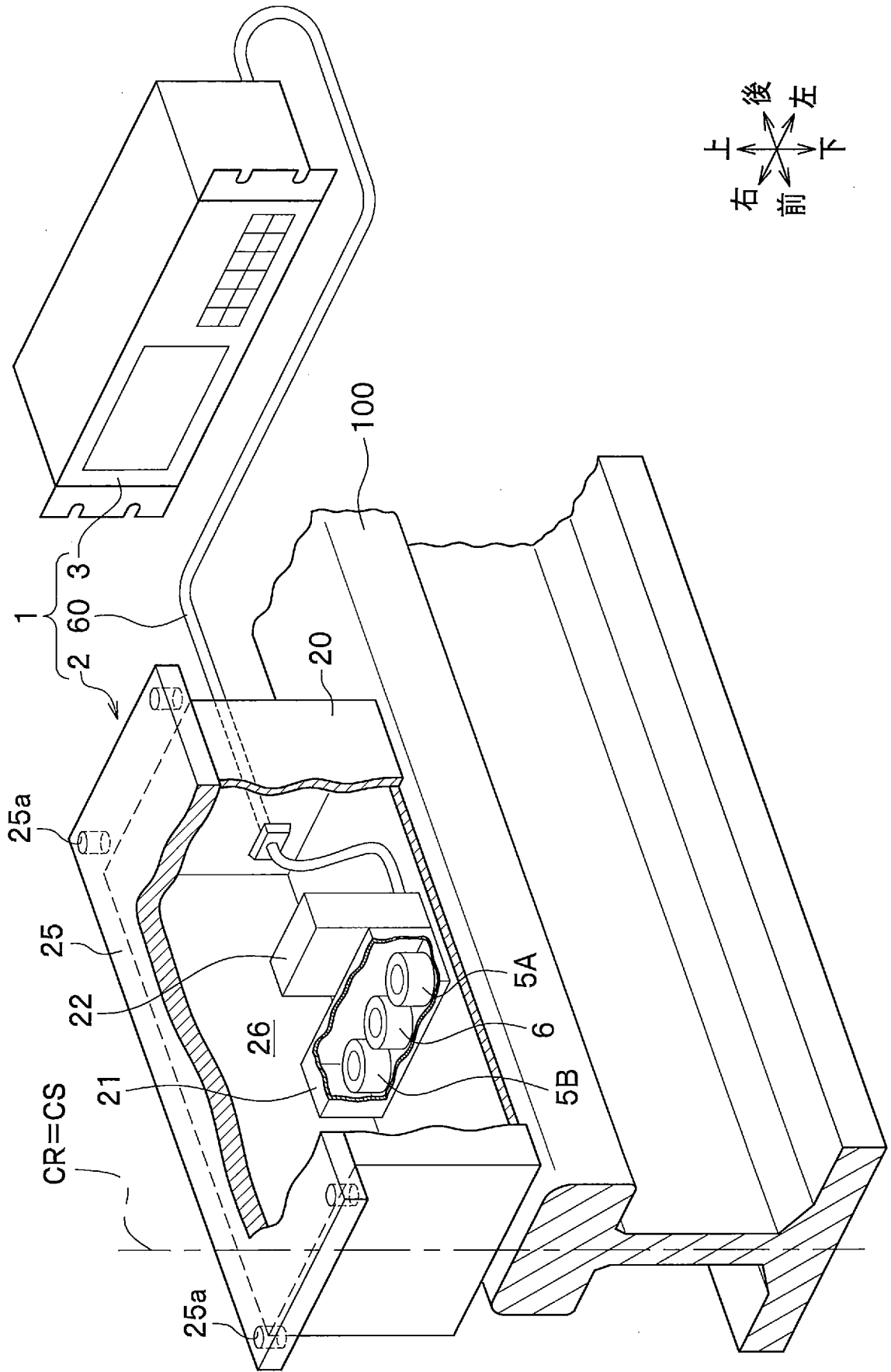
[請求項6]

前記レールに対向して配置されるとともに、前記敷設方向に交差する配列方向に配列される少なくとも一の受信コイルと少なくとも一の発振コイルとを有する第2のセンサ部をさらに有し、

前記第2のセンサ部と前記レールとの距離を、前記第1のセンサ部と前記レールとの距離よりも長くした

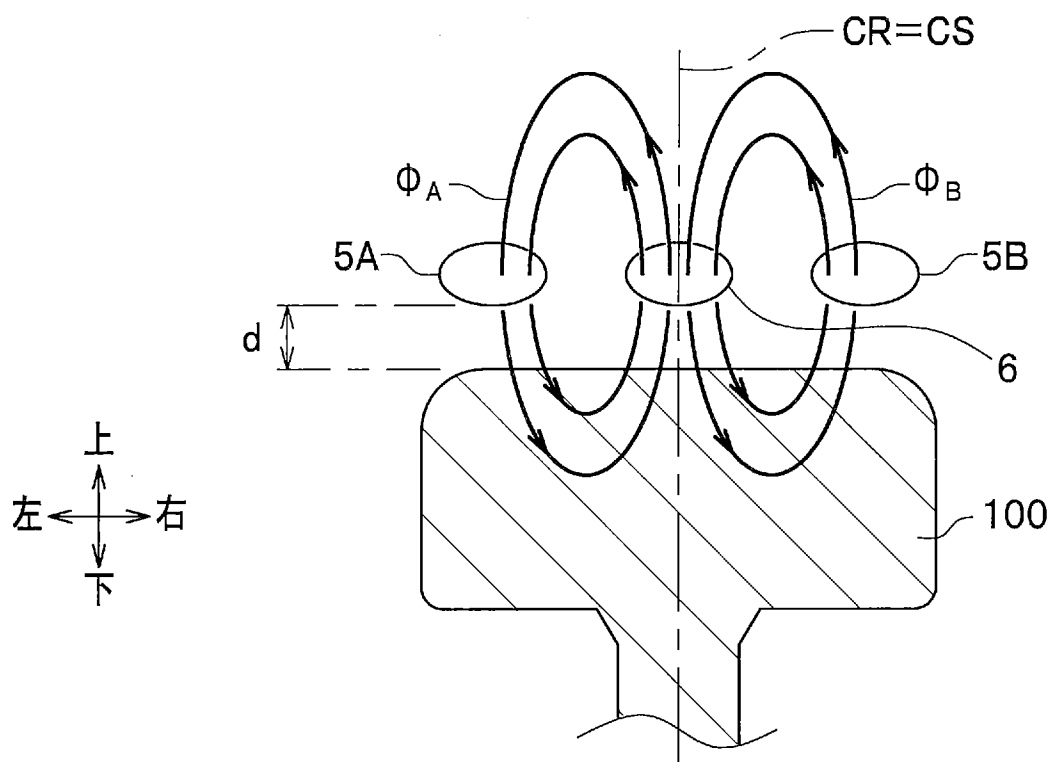
ことを特徴とする請求項1に記載のレール検査システム。

[図1]

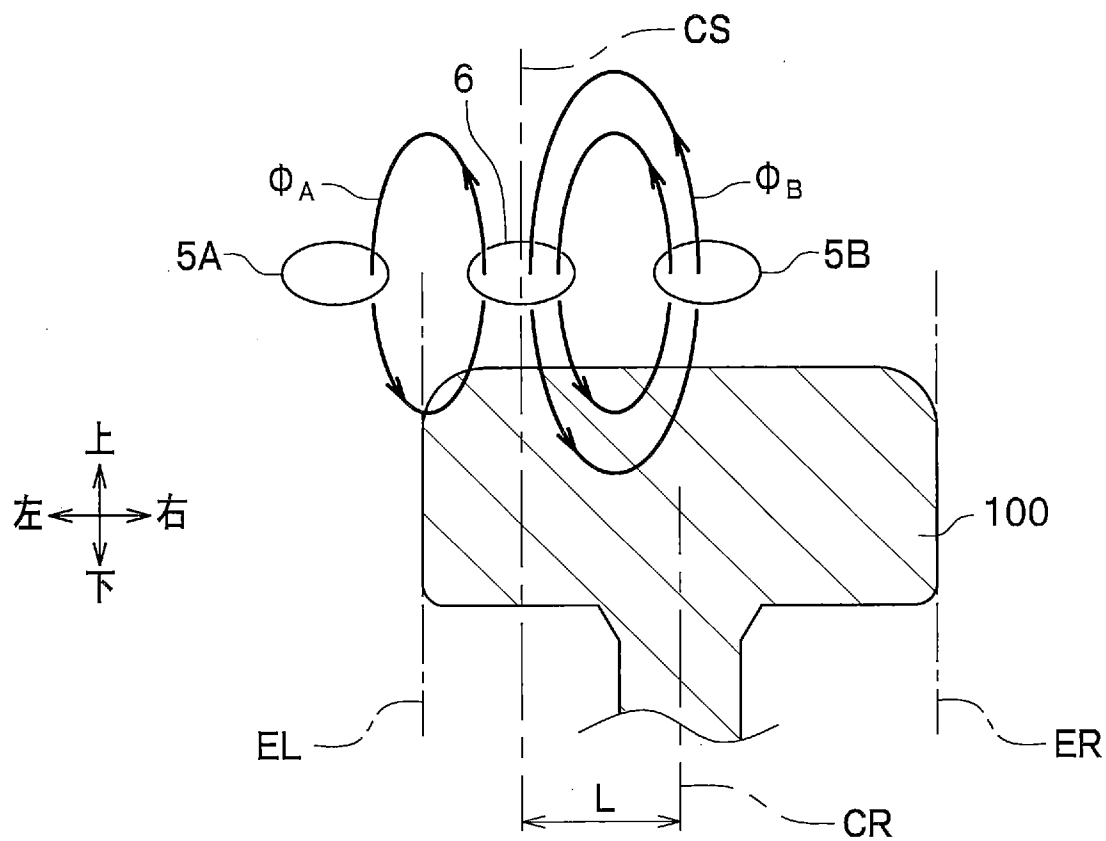


[図2]

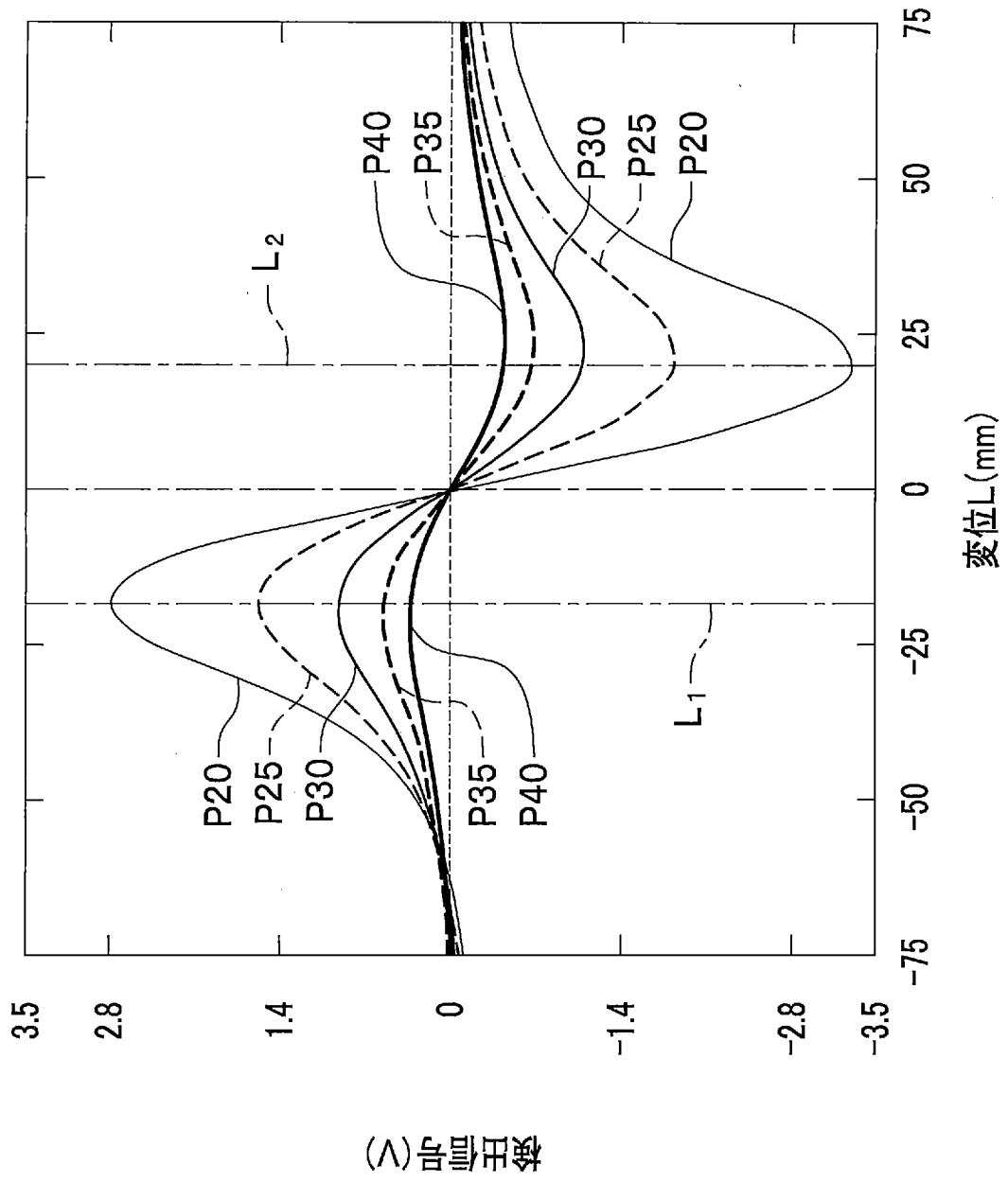
(a)



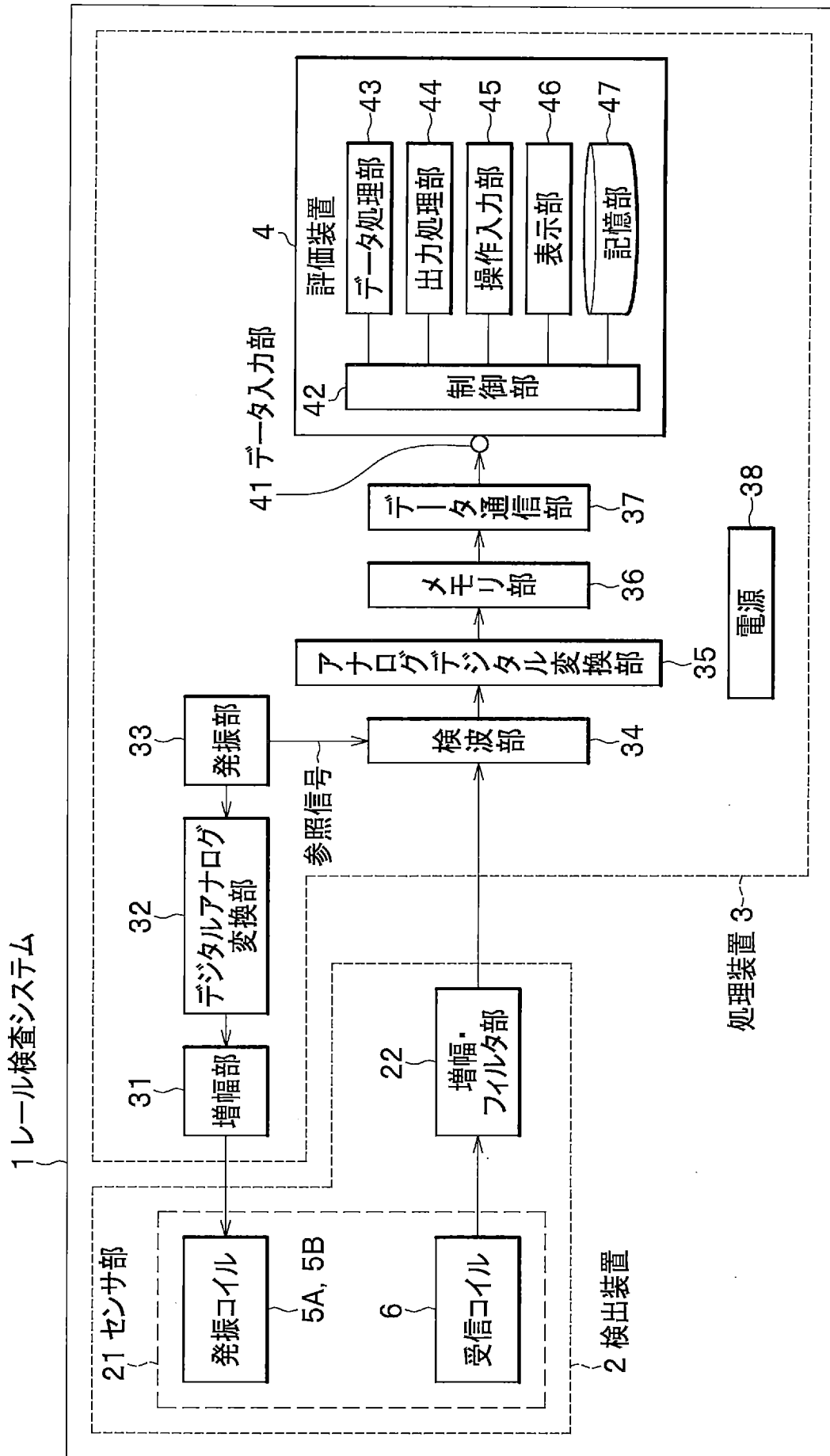
(b)



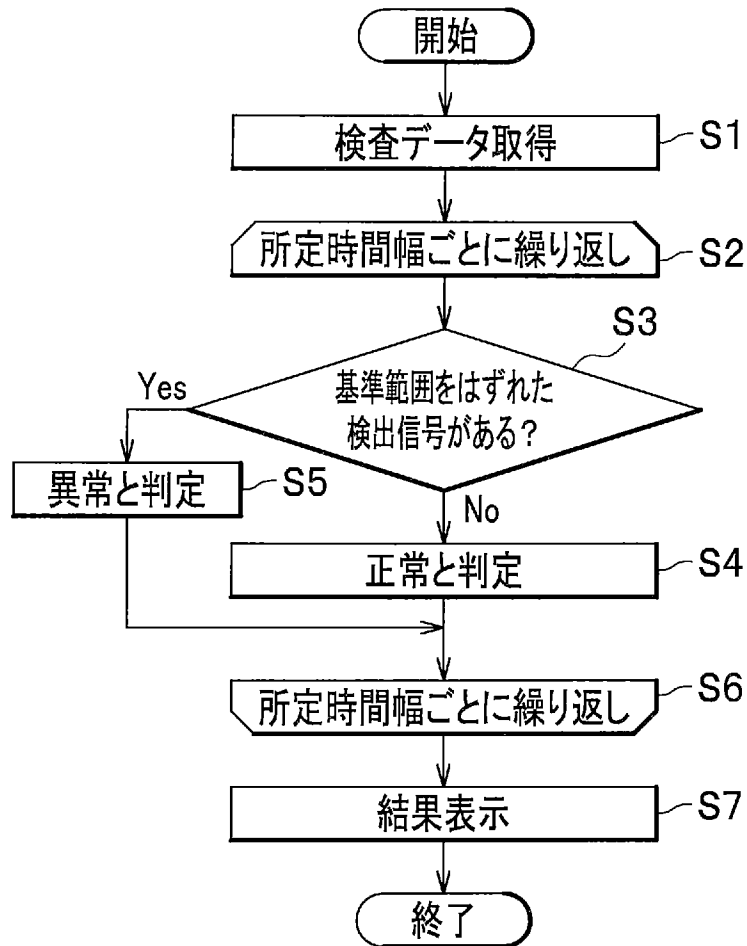
[図3]



[図4]

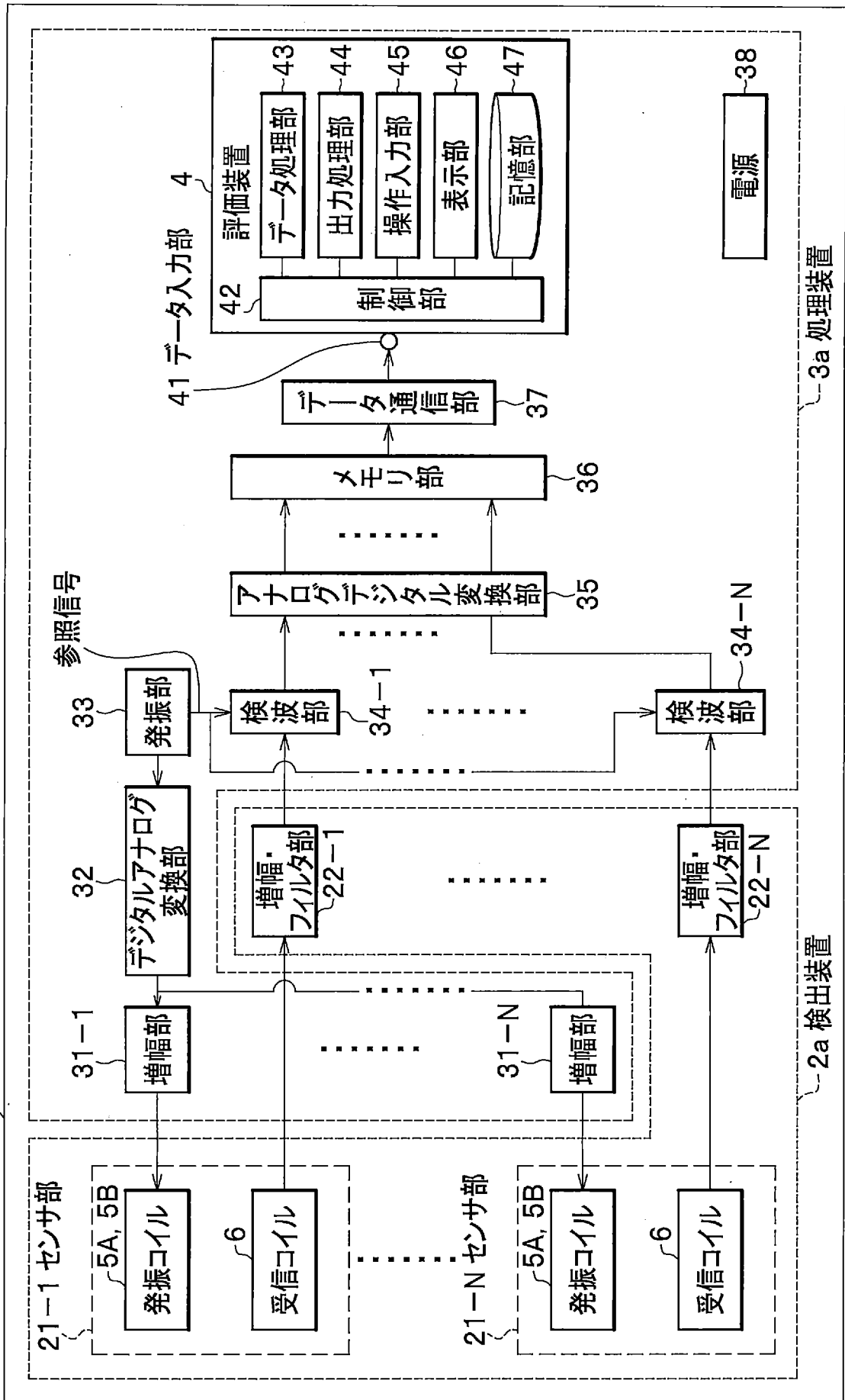


[図5]

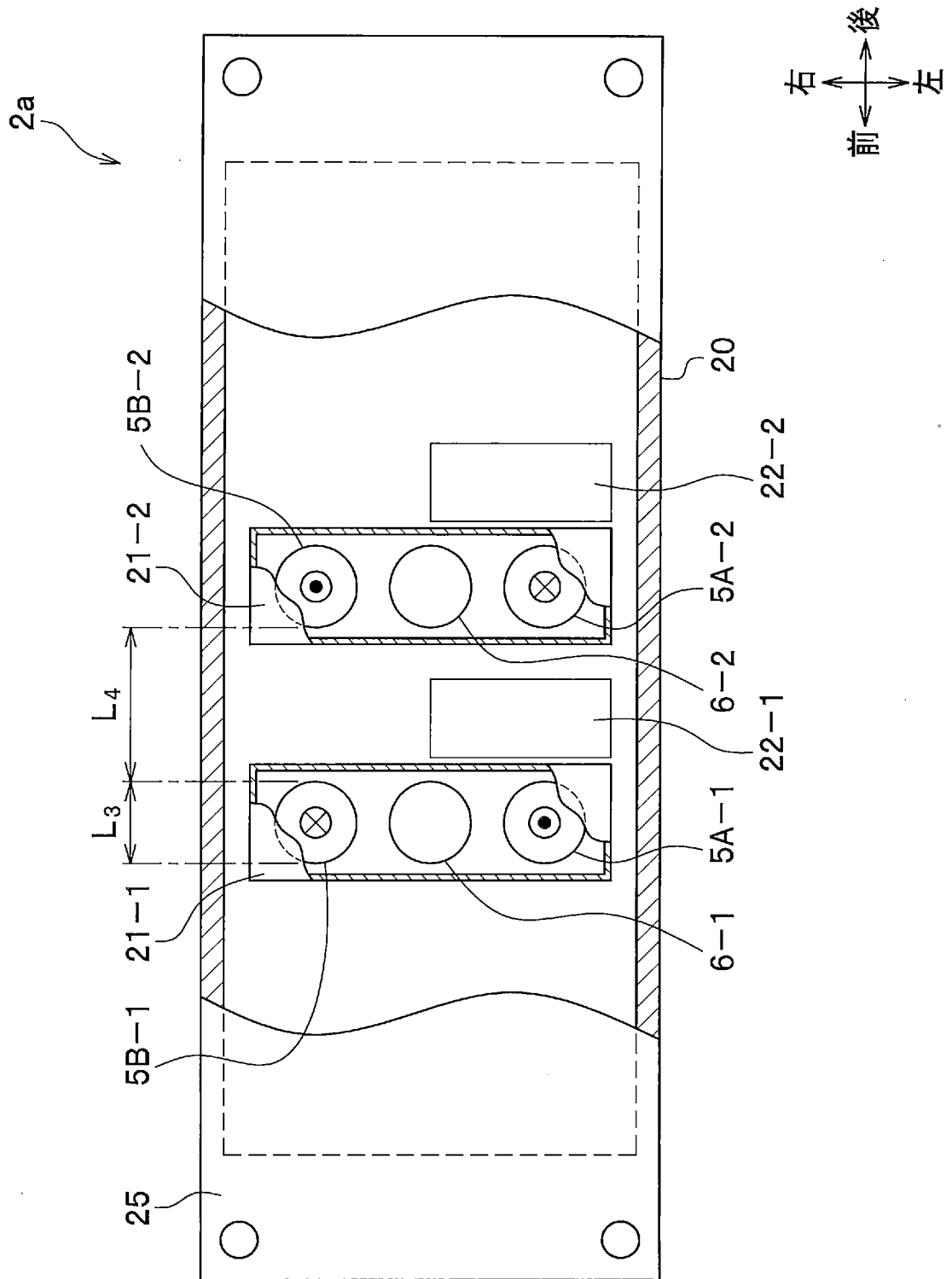


[図6]

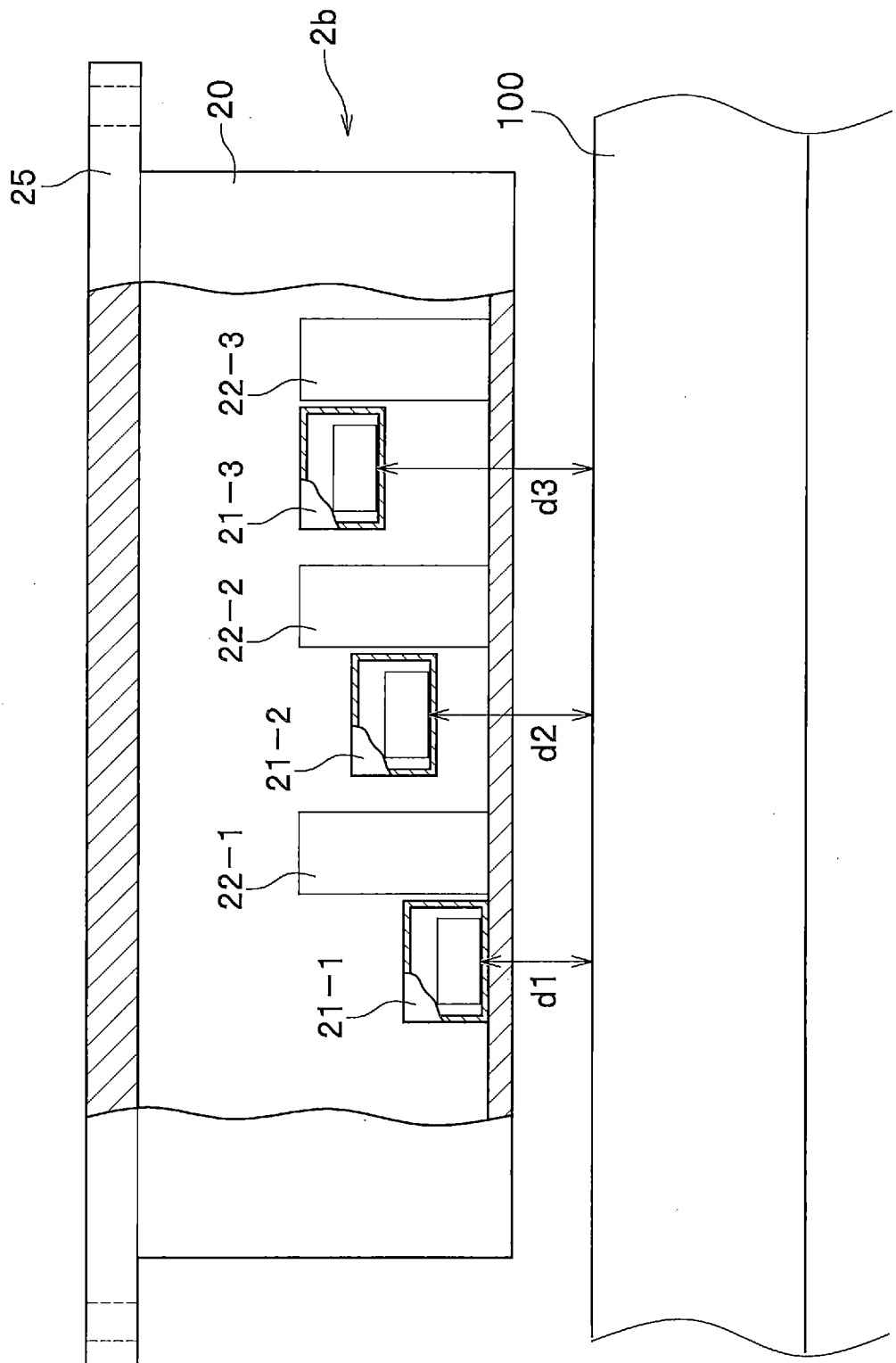
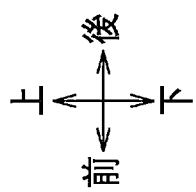
1a レール検査システム



[図7]

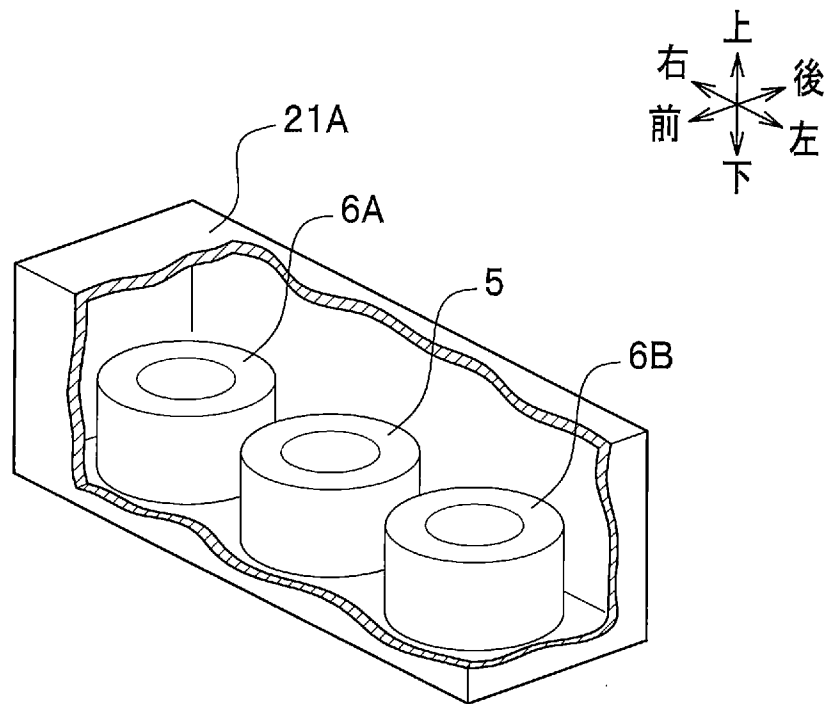


[図8]

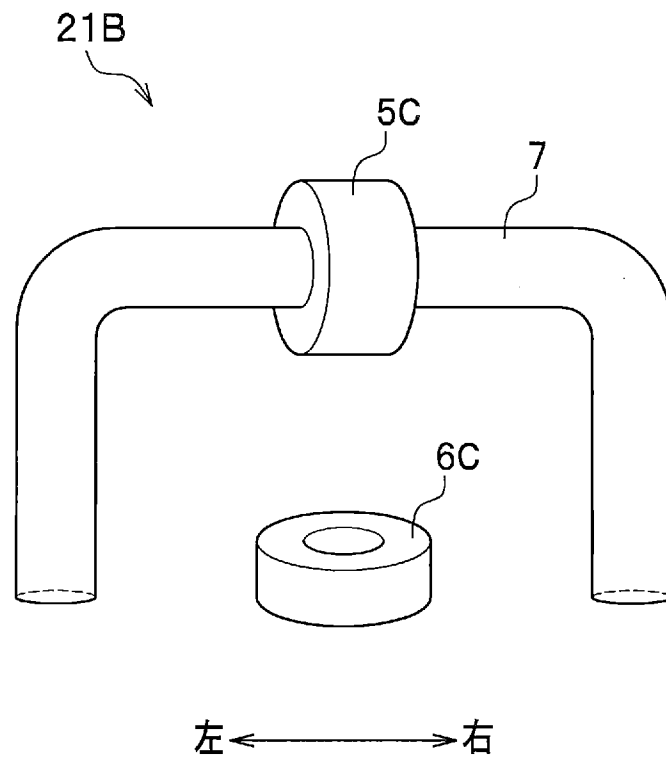


[図9]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/021429

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N27/72(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)

B61C1/00-17/12, B61D1/00-15/12, B61G1/00-11/18, B61J1/00-99/00,
B61K1/00-13/04, G01B7/00-7/34, 21/00-21/32, G01N27/72-27/90

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 58-21504 A (Japan National Railways), 08 February 1983 (08.02.1983), page 1, lower right column, line 1 to page 4, lower right column, line 11; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-2, 6 3-5
Y	JP 10-122806 A (Macome Corp.), 15 May 1998 (15.05.1998), paragraphs [0026] to [0039]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-2, 6
Y	JP 2007-132923 A (Osaka University), 31 May 2007 (31.05.2007), paragraphs [0030] to [0038]; fig. 5 to 6 (Family: none)	6

 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
24 August 2017 (24.08.17)Date of mailing of the international search report
05 September 2017 (05.09.17)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/JP2017/021429

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	WO 2017/06589 A1 (Hitachi High-Technologies Corp.), 12 January 2017 (12.01.2017), & JP 2017-20862 A	1-6
P,A	JP 2017-88411 A (Hitachi Building Systems Co., Ltd.), 25 May 2017 (25.05.2017), (Family: none)	1-6
A	JP 2003-270214 A (Toshiyuki TAKAGI), 25 September 2003 (25.09.2003), fig. 1 (Family: none)	1-6
A	US 4943772 A (MAUPU et al.), 24 July 1990 (24.07.1990), fig. 8 to 9 & EP 338381 A1 & FR 2630204 A1	1-6
A	JP 2012-514207 A (Societe de Technologie Michelin), 21 June 2012 (21.06.2012), & US 2012/0137761 A1 & WO 2010/076532 A1 & FR 2940685 A1 & CN 102265150 A	1-6
A	JP 10-332308 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 18 December 1998 (18.12.1998), (Family: none)	1-6
A	JP 2014-81303 A (Howa Machinery, Ltd.), 08 May 2014 (08.05.2014), (Family: none)	1-6
A	JP 57-173701 A (Japan National Railways), 26 October 1982 (26.10.1982), (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N27/72(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. B61C1/00-17/12, B61D1/00-15/12, B61G1/00-11/18, B61J1/00-99/00, B61K1/00-13/04, G01B7/00-7/34, 21/00-21/32, G01N27/72-27/90

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	JP 58-21504 A（日本国有鉄道） 1983.02.08, 第1頁右下欄第1行-第4頁右下欄第11行、第1-5図 （ファミリーなし）	1-2, 6 3-5
Y	JP 10-122806 A（株式会社マコメ研究所） 1998.05.15, 段落[0026]-[0039], 図1-3 （ファミリーなし）	1-2, 6

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

24.08.2017

国際調査報告の発送日

05.09.2017

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）

小澤 瞬

2W

6003

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

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
Y	JP 2007-132923 A (国立大学法人大阪大学) 2007.05.31, 段落[0030]-[0038], 図 5-6 (ファミリーなし)	6
P, A	WO 2017/06589 A1 (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2017.01.12, & JP 2017-20862 A	1-6
P, A	JP 2017-88411 A (株式会社日立ビルシステム) 2017.05.25, (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2003-270214 A (高木 敏行) 2003.09.25, 図 1 (ファミリーなし)	1-6
A	US 4943772 A (MAUPU et al.) 1990.07.24, 図 8-9 & EP 338381 A1 & FR 2630204 A1	1-6
A	JP 2012-514207 A (ソシエテ ド テクノロジー ミシュラン) 2012.06.21, & US 2012/0137761 A1 & WO 2010/076532 A1 & FR 2940685 A1 & CN 102265150 A	1-6
A	JP 10-332308 A (三菱重工業株式会社) 1998.12.18, (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2014-81303 A (豊和工業株式会社) 2014.05.08, (ファミリーなし)	1-6
A	JP 57-173701 A (日本国有鉄道) 1982.10.26, (ファミリーなし)	1-6