

(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
2017年10月12日(12.10.2017)

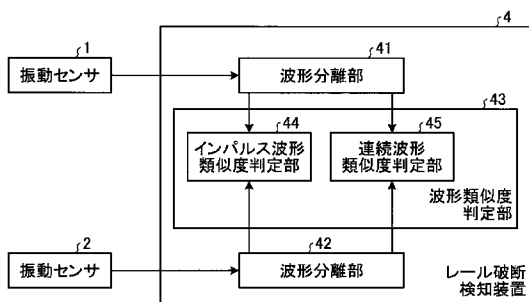


(10) 国際公開番号
WO 2017/175768 A1

- (51) 国際特許分類:
B61L 23/04 (2006.01) G01M 7/02 (2006.01)
G01H 1/00 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/014136
 - (22) 国際出願日: 2017年4月4日(04.04.2017)
 - (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:
PCT/JP2016/061033 2016年4月4日(04.04.2016) JP
 - (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 明日香 昌(ASUKA, Masashi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 辻田 亘(TSUJITA, Wataru); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 武輪 知明(TAKEWA, Tomoaki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 澤 良次(SAWA, Yoshitsugu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 小篠 大輔(KOSHINO, Daisuke); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 高村 順(TAKAMURA, Jun); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 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, JP, 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))

(54) Title: RAIL BREAKAGE DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: レール破断検知装置



- 1, 2 Vibration sensor
- 4 Rail breakage detection device
- 41, 42 Waveform separation unit
- 43 Waveform similarity determination unit
- 44 Impulse waveform similarity determination unit
- 45 Continuous waveform similarity determination unit

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a rail breakage detection device which can be implemented independent of the environment where the rail is laid. The rail breakage detection device, which detects rail breakage, is provided with a waveform similarity determination unit 43 which receives input of an output waveform from a vibration sensor 1, which is a first vibration sensor, and an output waveform from a vibration sensor 2, which is a second vibration sensor, and, by comparing multiple impulse waveforms separated from the output waveforms or by comparing multiple continuous waveforms separated from the output waveforms, determines the degree of similarity, wherein the vibration sensor 1 and the vibration sensor 2 are mounted on different rail positions.

(57) 要約: レールの設置環境によらず実現可能なレール破断検知装置を得ることを目的とし、レールの異なる箇所にも各々装着された第1の振動センサである振動センサ1からの出力波形及び第2の振動センサである振動センサ2からの出力波形が入力されて、これらの出力波形から分離された複数のインパルス波形を比較し又はこれらの出力波形から分離された複数の連続波形を比較して類似度を判定する波形類似度判定部43を備え、レールの破断を検知する。

WO 2017/175768 A1

明 細 書

発明の名称： レール破断検知装置

技術分野

[0001] 本発明は、レール破断検知装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来技術である特許文献1には、レールに設置した振動センサの振動情報のしきい値判定によりレールの破断検知を行う技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-34452号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記従来技術によれば、レールの破断検知にレールの共振周波数を用いている。そのため、レールの設置環境毎に判定用のしきい値を逐一設定しなければならない、という問題があった。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、レールの設置環境によらず実現可能なレール破断検知装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、レールの異なる箇所にも各々装着された複数の振動センサの出力波形が入力されるレール破断検知装置であって、前記複数の振動センサから出力された前記出力波形から分離されたインパルス波形を比較し又は前記出力波形から分離された連続波形を比較して類似度を判定する波形類似度判定部を備え、前記類似度により前記レールの破断を検知することを特徴とする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、レールの設置環境によらず実現可能なレール破断検知装

置を得ることができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]実施の形態1にかかるレール破断検知装置及び周辺構成を示す図
[図2]実施の形態1にかかるレール破断検知装置の構成と、振動センサとを示す図
[図3]実施の形態1においてレール破断検知装置の動作を示すフローチャート
[図4]実施の形態1において波形類似度判定部が連続波形類似度判定部を備えていない場合のレール破断検知装置の動作を示すフローチャート
[図5]実施の形態1において波形類似度判定部がインパルス波形類似度判定部を備えていない場合のレール破断検知装置の動作を示すフローチャート
[図6]実施の形態1において、2本のレールに破断がないときの振動波形を示す図
[図7]実施の形態1において、2本のレールのいずれかに破断があるときの振動波形を示す図
[図8]実施の形態1にかかるレール破断検知装置を実現するハードウェアの一般的な構成を示す図
[図9]実施の形態2にかかるレール破断検知装置及び周辺構成を示す図
[図10]実施の形態3にかかるレール破断検知装置及び周辺構成を示す第1図
[図11]実施の形態3にかかるレール破断検知装置及び周辺構成を示す第2図
[図12]実施の形態4にかかるレール破断検知装置及び周辺構成を示す第1図
[図13]実施の形態4にかかるレール破断検知装置及び周辺構成を示す第2図
[図14]実施の形態5にかかるレール破断検知装置及び周辺構成を示す第1図
[図15]実施の形態5にかかるレール破断検知装置及び周辺構成を示す第2図

発明を実施するための形態

- [0009] 以下に、本発明の実施の形態にかかるレール破断検知装置を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

- [0010] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1にかかるレール破断検知装置4及び周辺構成を示す図である。図1には、2本のレールの一方に装着された第1の振動センサである振動センサ1と、2本のレールの他方の振動センサ1と対向する位置に装着された第2の振動センサである振動センサ2と、2本のレール上を走行する列車3と、レール破断検知装置4とが示されている。すなわち、振動センサ1, 2は互いに並列する異なるレールに装着されている。振動センサ1, 2は、レールの振動を計測する。列車3は、振動センサ1, 2に近づく方向に2本のレール上を走行する。

[0011] 図2は、実施の形態1にかかるレール破断検知装置4の構成と、振動センサ1, 2とを示す図である。図2に示すレール破断検知装置4は、波形分離部41, 42と、波形類似度判定部43とを備える。波形類似度判定部43は、インパルス波形類似度判定部44と、連続波形類似度判定部45とを備える。

[0012] 第1の波形分離部である波形分離部41は、振動センサ1の出力波形をインパルス波形と連続波形とに分離して出力する。この強制振動成分であるインパルス波形を便宜上第1のインパルス波形と記載し、この自由振動成分である連続波形を便宜上第1の連続波形と記載する。第2の波形分離部である波形分離部42は、振動センサ2の出力波形をインパルス波形と連続波形とに分離して出力する。このインパルス波形を便宜上第2のインパルス波形と記載し、この連続波形を便宜上第2の連続波形と記載する。ここで、波形分離を行う方法には、波形解析、時間周波数解析、フーリエ解析、ウェーブレット解析及びスパース解析を例示することができる。

[0013] 波形類似度判定部43は、インパルス波形類似度判定部44又は連続波形類似度判定部45を用いて、波形分離部41からの出力波形と波形分離部42からの出力波形とを比較して類似度の判定を行い、この類似度からレール破断を検知する。波形類似度判定部43は、列車3が振動センサ1, 2に近づく際にはインパルス波形類似度判定部44を用いてインパルス波形の比較を行い、列車3が振動センサ1, 2から遠ざかる際には連続波形類似度判定

部45を用いて連続波形の比較を行う。列車3が振動センサ1, 2に近づく際にはインパルス波形成分が大きいいためインパルス波形を用い、列車3が振動センサ1, 2から遠ざかる際にはインパルス波形成分が減衰するため連続波形成分を用いて、類似度の判定を行う。

[0014] インパルス波形類似度判定部44は、波形分離部41からの第1のインパルス波形と、波形分離部42からの第2のインパルス波形とを比較してインパルス波形の類似度の判定を行う。

[0015] 連続波形類似度判定部45は、波形分離部41からの第1の連続波形と、波形分離部42からの第2の連続波形とを比較して連続波形の類似度の判定を行う。

[0016] ここで、波形類似度を判定する波形比較には、RMS (Root Mean Square) 値を比較する方法を例示することができる。RMS値を比較する場合には、振動強度のRMS値の比が予め決められたしきい値の範囲内に収まっていればレール破断していないと判定し、振動強度のRMS値の比が予め決められたしきい値の範囲内に収まっていなければレール破断していると判定する。又は、波形類似度を判定する波形比較には、インパルス振動の最も強い値を比較してもよいし、時系列データの相互相関値を比較してもよい。

[0017] 図3は、実施の形態1においてレール破断検知装置4の動作を示すフローチャートである。まず、処理をスタートし、波形分離部41, 42が、2つの振動センサ1, 2からの波形を強制振動成分であるインパルス波形と、自由振動成分である連続波形とに各々分離する(S11)。次に、インパルス波形類似度判定部44が、分離された波形の2つのインパルス波形が類似しているか否かを判定する(S12)。インパルス波形が類似している場合には(S12: Yes)、連続波形類似度判定部45が、分離された波形の2つの連続波形が類似しているか否かを判定する(S13)。連続波形が類似している場合には(S13: Yes)、波形類似度判定部43は、レール破断なしと判定し(S14)、処理を終了する。インパルス波形が類似してい

ない場合（S 1 2 : N o）又は連続波形が類似していない場合（S 1 3 : N o）には、波形類似度判定部 4 3 は、レール破断ありと判定し（S 1 5）、処理を終了する。

[0018] なお、図 2 に示す波形類似度判定部 4 3 は、インパルス波形類似度判定部 4 4 及び連続波形類似度判定部 4 5 の双方を備えるが、本発明はこれに限定されるものではなく、波形類似度判定部 4 3 は、インパルス波形類似度判定部 4 4 及び連続波形類似度判定部 4 5 の少なくともいずれか一方を備えていればよい。波形類似度判定部 4 3 がインパルス波形類似度判定部 4 4 を備えることなく連続波形類似度判定部 4 5 を備える場合には、列車 3 が振動センサ 1, 2 から遠ざかる際に波形の類似度判定を行えばよい。

[0019] 図 4 は、実施の形態 1 において波形類似度判定部 4 3 が連続波形類似度判定部 4 5 を備えていない場合のレール破断検知装置 4 の動作を示すフローチャートである。まず、処理をスタートし、波形分離部 4 1, 4 2 が、2 つの振動センサからの波形から強制振動成分であるインパルス波形を各々抽出する（S 1 1 a）。次に、インパルス波形類似度判定部 4 4 が、抽出した各インパルス波形が類似しているか否かを判定する（S 1 2）。インパルス波形が類似している場合には（S 1 2 : Y e s）、波形類似度判定部 4 3 は、レール破断なしと判定し（S 1 4）、処理を終了する。インパルス波形が類似していない場合（S 1 2 : N o）には、波形類似度判定部 4 3 は、レール破断ありと判定し（S 1 5）、処理を終了する。

[0020] 図 5 は、実施の形態 1 において波形類似度判定部 4 3 がインパルス波形類似度判定部 4 4 を備えていない場合のレール破断検知装置 4 の動作を示すフローチャートである。まず、処理をスタートし、波形分離部 4 1, 4 2 が、2 つの振動センサからの波形から自由振動成分である連続波形を各々抽出する（S 1 1 b）。次に、連続波形類似度判定部 4 5 が、抽出した各連続波形が類似しているか否かを判定する（S 1 3）。連続波形が類似している場合には（S 1 3 : Y e s）、波形類似度判定部 4 3 は、レール破断なしと判定し（S 1 4）、処理を終了する。連続波形が類似していない場合（S 1 3 :

N o) には、波形類似度判定部 4 3 は、レール破断ありと判定し (S 1 5) 、処理を終了する。

[0021] なお、図 3 から図 5 には示していないが、レール破断の有無の検知結果が、例えば路線図、表示装置又は信号等に出力されると、ユーザはレール破断の有無を知ることが可能である。ここで、路線図、表示装置又は信号等によるユーザへの報知情報は、レール破断の有無に代えて、列車の走行可否情報であってもよい。

[0022] 図 6 は、実施の形態 1 において、2本のレールに破断がないときの振動波形を示す図である。そして、図 7 は、実施の形態 1 において、2本のレールのいずれかに破断があるときの振動波形を示す図である。図 6 においては2本のレールに破断がないので、振動センサ 1 の出力波形 5 1 と、振動センサ 2 の出力波形 5 2 とは類似した波形形状となる。図 7 においては振動センサ 2 が装着されたレールに破断があるので、振動センサ 1 の出力波形 6 1 と、振動センサ 2 の出力波形 6 2 とは非類似の波形形状となる。

[0023] このように、本実施の形態によれば、2本のレールの各々の対向する位置に装着された複数の振動センサの出力波形を比較して類似度を判定することで、レールの設置環境毎に判定用のしきい値を逐一設定することなく2本のレールの状態の相違を検知するため、レールの設置環境によらずレールの破断を検知することができる。また、振動センサの出力波形をインパルス波形と連続波形とに分離することで、検知精度を向上させることができる。

[0024] なお、上記説明した本実施の形態において、レール破断検知装置 4 は、少なくともプロセッサと、メモリと、入力部とを備え、各装置の動作はソフトウェアにより実現する。図 8 は、本実施の形態にかかるレール破断検知装置 4 を実現するハードウェアの一般的な構成を示す図である。図 8 に示す装置は、プロセッサ 4 6、メモリ 4 7 及び入力部 4 8 を備える。プロセッサ 4 6 は受信したデータを用いてソフトウェアによる演算及び制御を行う。メモリ 4 7 は受信したデータの記憶を行い、プロセッサ 4 6 が演算及び制御を行うに際して必要なデータの記憶を行い、また、プロセッサ 4 6 が演算及び制御

を行うためのソフトウェアの記憶を行う。入力部48は、振動センサ1, 2の出力波形を入力とする。波形分離部41, 42は、プロセッサ46、メモリ47及び入力部48により実現され、波形類似度判定部43は、プロセッサ46及びメモリ47により実現される。なお、プロセッサ46及びメモリ47は、各々複数設けられていてもよい。

[0025] 実施の形態2.

実施の形態1においては、2つの振動センサを異なるレールに装着した形態について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。本実施の形態にて示すように、2つの振動センサが同一のレールに装着されていてもよい。なお、本実施の形態において、実施の形態1にて既に説明した点については実施の形態1を援用して重複する説明を省略する。

[0026] 図9は、本発明の実施の形態2にかかるレール破断検知装置4及び周辺構成を示す図である。図9には、2本のレールの一方に装着された第1の振動センサである振動センサ1と、振動センサ1が装着されたレールと同一のレールに装着された第2の振動センサである振動センサ2aと、2本のレール上を走行する列車3と、レール破断検知装置4とが示されている。振動センサ1, 2aは、レールの振動を計測する。列車3は、振動センサ1, 2aに近づく方向に2本のレール上を走行する。ここで、振動センサ1, 2aによって破断の検知が可能なレールは、振動センサ1, 2aが装着されたレールである。なお、図示していないが、振動センサ1, 2aが装着されていない方のレールにも振動センサ1, 2aと同様に振動センサが装着されているものとする。

[0027] 図9に示すように、同一のレールに振動センサ1及び振動センサ2aが装着された場合であっても、2本のレールに破断がない場合には、振動センサ1の出力波形51と、振動センサ2aの出力波形52とは類似した波形形状となり、振動センサ2aが装着されたレールに破断がある場合には、振動センサ1の出力波形と、振動センサ2aの出力波形とは非類似の波形形状となる。なお、レールに破断がある場合には、伝搬する波の伝搬時間が変化する

ため、また、波形の類似度の演算時に予め設定された伝搬時間幅の範囲内で行うことで、振動センサ1の出力波形と、振動センサ2 aの出力波形とは非類似の波形形状となる。レールに破断がない場合には、2つの振動センサ1, 2 aのうち、一方の波形形状は、他方の波形形状が減衰した形状となる。

[0028] なお、実施の形態1, 2によれば、レールの破断のみならず、レールの劣化を検知することも可能である。なお、ここでの劣化は、レールの外観には破断が観察されないが、レールの内部に異常が生じている状態を指す。

[0029] レールの破断検知にレールの共振周波数を用いる技術では、レールの設置環境毎に判定用のしきい値を逐一設定しなければならない。実施の形態1, 2によれば、異なる2つ以上の場所のレールの振動の類似度からレール破断を検知するので、レールの材質、レールの敷設方法及びレールが設置された地盤の影響を受けないため、レール破断を検知するための設置環境毎のしきい値の設定が不要である。

[0030] また、電流値を参照することでレールの破断検知を行う技術では、レールが部分的に破断した場合を検知することができない。実施の形態1, 2によれば、電流を用いないので、部分的なレール破断を検知することも可能である。なお、図7に示すレール破断があるときの振動波形は図6に示すレール破断がないときの振動波形とは非類似であるが、レール破断が部分的である場合には、図6に示すレール破断がないときの振動波形とは低いRMS値で類似する振動波形が得られる。

[0031] また、左右のレールの画像データを比較することでレールの破断検知を行う技術では、画像データを取得する画像センサが汚れに弱く、画像センサにはオイルミスト及び鉄粉が付着することが想定されるため、頻繁な保守作業を要する。実施の形態1, 2では、このような頻繁な保守作業は不要である。

[0032] また、複数個の振動センサで計測した振動情報を比較するので、車両の踏切横断等に起因して発生する振動は比較により打ち消される。従って、これによる誤検知も生じない。なお、実施の形態1, 2では2つの振動センサを

用いる場合を例示したが、本発明はこれに限定されず、振動センサは複数個設けられていればよい。

[0033] なお、実施の形態1, 2は、路線上の曲線部を含む区間に適用することが好ましい。すなわち、振動センサの検知区間のいずれか1つが、路線上の曲線部を含むことが好ましい。路線上の曲線部では、車輪との摩擦によってレール破断が生じやすいからである。路線上の曲線部の曲率半径が小さい箇所に適用することが特に好ましい。

[0034] なお、実施の形態1, 2は、路線上の溶接部を含む区間に適用することも好ましい。すなわち、振動センサの検知区間のいずれか1つが、路線上の溶接部を含むことが好ましい。路線上の溶接部では、レール破断が生じやすいからである。

[0035] 実施の形態3.

本発明は、実施の形態1, 2にて説明した形態に限定されず、C B T C (Communications Based Train Control) と呼ばれる無線列車制御システムに適用することも可能である。本実施の形態においては、C B T Cへの適用例について説明する。なお、本実施の形態において、実施の形態1, 2にて既に説明した点については実施の形態1, 2を援用して重複する説明を省略する。

[0036] 図10は、本発明の実施の形態3にかかるレール破断検知装置4及び周辺構成を示す第1図である。図10には、図1と同様に、2本のレールの一方に装着された第1の振動センサである振動センサ1と、2本のレールの他方の振動センサ1と対向する位置に装着された第2の振動センサである振動センサ2と、2本のレール上を走行する列車3と、レール破断検知装置4とが示されている。振動センサ1, 2は、レールの振動を計測する。列車3は、振動センサ1, 2に近づく方向に2本のレール上を走行する。

[0037] 図10において、振動センサ1, 2には、各々が装着されたレールにおいて同一の検知区間が設定されている。この検知区間の端から振動センサ1, 2までの距離は、振動センサ1, 2がレール破断を検知可能な距離とする。

また、図示しないが、振動センサ 1, 2 が装着された各レール上には隣接する区間のレール破断の検知が可能なように複数の振動センサが設けられており、互いに隣接する区間を検知する振動センサの検知区間が、重複していてもよい。互いに隣接する区間を検知する振動センサの検知区間の一部が重複すると、レール上に検知できない区間を生じることなくレール破断の検知が可能である。振動センサ 1, 2 は検知区間の中心に配置されることが好ましいが、検知区間内であれば配置される場所は限定されない。

[0038] 地上無線装置 6 は、列車 3 に搭載された図示しない車上無線装置と通信を行うことで列車 3 の位置情報及び速度情報を取得し、地上制御装置 5 に送信する。レール破断検知装置 4 は、レール破断の検知結果を地上制御装置 5 に送信する。

[0039] 中央制御装置 7 は、地上制御装置 5 と接続される。中央制御装置 7 は、地上制御装置 5 から列車 3 の位置情報、速度情報及びレール破断の検知結果を受け取り、列車 3 の運行管理を行う。レール破断の検知結果がレール破断ありの場合には、地上制御装置 5 及び地上無線装置 6 を介して列車 3 を停止させるための指令を列車 3 に送り、列車 3 を停止させる。

[0040] また、レール破断検知装置 4 は、振動センサ 1, 2 の検知区間の列車 3 が進行してくる方向側の端から列車 3 の制動距離 L 以上手前の地点を列車 3 が走行しているタイミングにおいて、振動センサ 1, 2 の検知区間のレール破断を検知して検知結果を地上制御装置 5 に送信する。この制動距離 L は、列車 3 の速度情報及び転がり摩擦係数から算出可能である。この検知結果がレール破断ありの場合には、中央制御装置 7 が、地上制御装置 5 及び地上無線装置 6 を介して列車 3 を停止させる制御を行うことで、列車 3 が振動センサ 1, 2 の検知区間に侵入する前に列車 3 を停止させることが可能である。従って、図 10 の構成によれば、列車 3 がレール破断箇所を通過する前に、レール破断を検知して列車 3 を停止させることができる。列車 3 の位置情報及び速度情報がレール破断検知装置 4 に送られることで、レール破断検知装置 4 で列車 3 の制動距離 L の算出が可能となる。また、制動距離 L の算出は、

地上制御装置 5 又は中央制御装置 7 で行われてもよい。

[0041] 図 11 は、本発明の実施の形態 3 にかかるレール破断検知装置 4 及び周辺構成を示す第 2 図である。図 11 には、図 9 と同様に、2 本のレールの一方に装着された第 1 の振動センサである振動センサ 1 と、振動センサ 1 が装着されたレールと同一のレールに装着された第 2 の振動センサである振動センサ 2 a と、2 本のレール上を走行する列車 3 と、レール破断検知装置 4 とが示されている。振動センサ 1, 2 a は、レールの振動を計測する。列車 3 は、振動センサ 1, 2 a に近づく方向に 2 本のレール上を走行する。

[0042] 図 11 においては、振動センサ 1 と振動センサ 2 a の間が検知区間として設定されている。すなわち、振動センサ 1 及び振動センサ 2 a の設置位置が検知区間の端であり、振動センサ 1 と振動センサ 2 a との距離は、振動センサ 1, 2 a がレール破断を検知可能な距離とする。なお、図示しないが、振動センサ 1, 2 a が装着されていない方のレール上にも同様に振動センサが設けられている。また、振動センサ 1 よりも手前側には他の振動センサが設けられており、図 10 と同様に互いに隣接する区間を検知する振動センサの検知区間を連続して配することで、レール上に検知できない区間を生じることなくレール破断の検知が可能である。

[0043] 地上無線装置 6 は、図 10 と同様に、列車 3 に搭載された図示しない車上無線装置と通信を行うことで列車 3 の位置情報及び速度情報を取得し、地上制御装置 5 に送信する。レール破断検知装置 4 は、レール破断の検知結果を地上制御装置 5 に送信する。

[0044] 中央制御装置 7 は、地上制御装置 5 と接続される。中央制御装置 7 は、地上制御装置 5 から列車 3 の位置情報、速度情報及びレール破断の検知結果を受け取り、列車 3 の運行管理を行う。レール破断の検知結果がレール破断ありの場合には、地上制御装置 5 及び地上無線装置 6 を介して列車 3 を停止させるための指令を列車 3 に送り、列車 3 を停止させる。

[0045] また、レール破断検知装置 4 は、振動センサ 2 a から列車 3 の制動距離 L 以上手前の地点を列車 3 が走行しているタイミングにおいて、振動センサ 1

と振動センサ 2 a とによって形成される検知区間のレール破断を検知して検知結果を地上制御装置 5 に送信する。この検知結果がレール破断ありの場合には、中央制御装置 7 が、地上制御装置 5 及び地上無線装置 6 を介して列車 3 を停止させる制御を行うことで、列車 3 が振動センサ 1 と振動センサ 2 a とによって形成される検知区間に侵入する前に列車 3 を停止させることが可能である。従って、図 1 1 の構成によれば、列車 3 がレール破断箇所を通過する前に、レール破断を検知して列車 3 を停止させることができる。列車 3 の位置情報及び速度情報がレール破断検知装置 4 に送られることで、レール破断検知装置 4 で列車 3 の制動距離 L の算出が可能となる。また、制動距離 L の算出は、地上制御装置 5 又は中央制御装置 7 で行われてもよい。

[0046] 以上説明したように、本実施の形態の構成によれば、列車がレール破断箇所を通過する前に、レール破断を検知して列車を停止させることができる。

[0047] 実施の形態 4 .

レール振動の加振源として列車走行による振動を利用する場合又は列車速度が低速である場合等の列車走行による加振が小さい場合には、レール破断を検知することができない場合もある。そこで、本発明では、振動センサに隣接して加振装置が設けられていてもよい。本実施の形態においては、実施の形態 3 の構成において、振動センサに隣接して加振装置が設けられた形態について説明する。なお、本実施の形態において、実施の形態 1 から 3 にて既に説明した点については実施の形態 1 から 3 を援用して重複する説明を省略する。なお、本実施の形態においては、実施の形態 3 の構成で、振動センサに隣接して加振装置が設けられた形態について説明するが、実施の形態 1 , 2 と本実施の形態の構成とを組み合わせてもよい。

[0048] 図 1 2 は、本発明の実施の形態 4 にかかるレール破断検知装置 4 及び周辺構成を示す第 1 図である。図 1 2 には、図 1 と同様に、2 本のレールの一方に装着された第 1 の振動センサである振動センサ 1 と、2 本のレールの他方の振動センサ 1 と対向する位置に装着された第 2 の振動センサである振動センサ 2 と、2 本のレール上を走行する列車 3 と、レール破断検知装置 4 とが

示されている。振動センサ 1, 2 は、レールの振動を計測する。列車 3 は、振動センサ 1, 2 に近づく方向に 2 本のレール上を走行する。振動センサ 1 の列車 3 の進行方向手前側には加振装置 7 1 が設けられており、振動センサ 2 の列車 3 の進行方向手前側には加振装置 7 2 が設けられている。

[0049] 加振装置 7 1, 7 2 は、中央制御装置 7 からの指令により、列車 3 の位置が検知区間の端から制動距離 L 以上手前の地点であるタイミングで各々が設置されたレールに加振を行う。レール破断検知装置 4 は、加振装置 7 1, 7 2 によって生じた振動を用いてレール破断を検知する。加振装置 7 1, 7 2 は、レールに振動を与えることができるものであればよく、例えば電磁力を利用してピストンがレールを打撃する構成のものを利用することができる。

[0050] 図 1 3 は、本発明の実施の形態 4 にかかるレール破断検知装置 4 及び周辺構成を示す第 2 図である。図 1 3 には、図 9 と同様に、2 本のレールの一方に装着された第 1 の振動センサである振動センサ 1 と、振動センサ 1 が装着されたレールと同一のレールに装着された第 2 の振動センサである振動センサ 2 a と、2 本のレール上を走行する列車 3 と、レール破断検知装置 4 とが示されている。振動センサ 1, 2 a は、レールの振動を計測する。列車 3 は、振動センサ 1, 2 a に近づく方向に 2 本のレール上を走行する。振動センサ 1 の列車 3 の進行方向手前側には加振装置 7 1 が設けられており、振動センサ 2 a の列車 3 の進行方向手前側には加振装置 7 2 a が設けられている。

[0051] 加振装置 7 1, 7 2 a は、図 1 2 と同様に、地上制御装置 5 を介した中央制御装置 7 からの指令により、列車 3 の位置が検知区間の端から制動距離 L 以上手前の地点であるタイミングで各々が設置されたレールに加振を行う。レール破断検知装置 4 は、加振装置 7 1, 7 2 a によって生じた振動を用いてレール破断を検知する。

[0052] なお、本実施の形態においては、加振装置 7 1, 7 2, 7 2 a は中央制御装置 7 からの指令により加振を行うものとしたが本発明はこれに限定されるものではない。レール破断検知装置 4 又は地上制御装置 5 がレール破断を検知するタイミングで加振装置 7 1, 7 2, 7 2 a に加振する指令を出力して

もよい。

[0053] なお、図12、13においては列車3の進行方向が一定であるため、振動センサ1、2、2aの手前に加振装置71、72、72aを設けているが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば路線が単線である場合には、列車の進行方向が入れ替わるため、振動センサの両側に加振装置が設けられていてもよい。

[0054] 以上説明したように、本実施の形態の構成によれば、列車速度が低速である場合等の列車走行による加振が小さい場合であっても、加振装置による振動を用いることによって、レール破断箇所を通過する前に、レール破断を検知して列車を停止させることができる。

[0055] なお、本実施の形態によれば、営業時間外でレール上を列車が走行していない場合であっても、加振装置による振動を用いることによって、レール破断を検知することが可能である。

[0056] 実施の形態5.

実施の形態1から4においては、レール上に列車3のみを示し、列車3によって生じる振動を用いてレール破断を検知する形態について説明したが本発明はこれに限定されるものではない。本発明では、列車進行方向に対して、振動センサよりも手前側に存在する列車3によって生じる振動、及び振動センサを越えて進行方向側に存在する列車3aによって生じる振動の双方を用いてレール破断を検知することも可能である。なお、本実施の形態において、実施の形態1から4にて既に説明した点については実施の形態1から4を援用して重複する説明を省略する。なお、本実施の形態においては、実施の形態3の構成において列車進行方向に対して、振動センサよりも進行方向手前側に列車3が存在し、実施の形態3の構成において振動センサを越えて進行方向側に列車3aが存在する形態について説明する。

[0057] 図14は、本発明の実施の形態5にかかるレール破断検知装置4及び周辺構成を示す第1図である。図14には、図1と同様に、2本のレールの一方に装着された第1の振動センサである振動センサ1と、2本のレールの他方

の振動センサ 1 と対向する位置に装着された第 2 の振動センサである振動センサ 2 と、列車進行方向に対して、振動センサ 1, 2 よりも進行方向手前側の 2 本のレール上を走行する列車 3 と、振動センサ 1, 2 を越えて進行方向側の 2 本のレール上を走行する列車 3 a と、レール破断検知装置 4 とが示されている。振動センサ 1, 2 は、レールの振動を計測する。列車 3 は振動センサ 1, 2 に近づく方向に 2 本のレール上を走行し、列車 3 a は振動センサ 1, 2 に近づく方向に 2 本のレール上を走行する。

[0058] ここで、列車 3 によって生じる振動の波形は、振動センサ 1, 2 に近づく際に生じる振動であるため、インパルス波形を用いる。列車 3 a によって生じる振動の波形は、振動センサ 1, 2 から遠ざかる際に生じる振動であるため、連続波形を用いる。レール破断検知装置 4 は、波形分離部 4 1, 4 2 によって分離された 2 つのインパルス波形の類似度をインパルス波形類似度判定部 4 4 にて判定するとともに、波形分離部 4 1, 4 2 によって分離された 2 つの連続波形の類似度を連続波形類似度判定部 4 5 にて判定する。ここで、波形の類似度の判定方法は、実施の形態 1 にて説明したため説明を省略する。この判定の結果、2 つのインパルス波形が非類似であれば列車 3 と振動センサ 1, 2 との間にレール破断が生じていると判定する。また、2 つの連続波形が非類似であれば列車 3 a と振動センサ 1, 2 との間にレール破断が生じていると判定する。このようにして、複数の編成によって生じる振動波形を用いてレール破断を検知することができる。

[0059] 図 1 5 は、本発明の実施の形態 5 にかかるレール破断検知装置 4 及び周辺構成を示す第 2 図である。図 1 5 には、図 9 と同様に、2 本のレールの一方に装着された第 1 の振動センサである振動センサ 1 と、振動センサ 1 が装着されたレールと同一のレールに装着された第 2 の振動センサである振動センサ 2 a と、列車進行方向に対して、振動センサ 1, 2 a よりも進行方向手前側の 2 本のレール上を走行する列車 3 と、振動センサ 1, 2 a を越えて進行方向側の 2 本のレール上を走行する列車 3 a と、レール破断検知装置 4 とが示されている。振動センサ 1, 2 a は、レールの振動を計測する。列車 3 は

、振動センサ 1, 2 a に対して近づく方向に 2 本のレール上を走行し、列車 3 a は振動センサ 1, 2 a に対して遠ざかる方向に 2 本のレール上を走行する。

[0060] 図 15 においても図 14 と同様に判定を行い、この判定の結果、2 つのインパルス波形又は 2 つの連続波形が非類似であれば振動センサ 1 と振動センサ 2 a との間にレール破断が生じていると判定する。このようにして、複数の編成によって生じる振動波形を用いてレール破断を検知することができる。

[0061] 本実施の形態によれば、複数の編成によって生じる振動波形を用いてレール破断を検知することができる。また、実施の形態 3 と同様に無線列車制御システムに適用することも可能であり、レール破断を検知した場合に、列車 3 がレール破断箇所を通過する前に、列車 3 を停止させることができる。

[0062] 実施の形態 6.

実施の形態 4 においては、加振装置によってレールに加振を行って生じた振動を用いてレール破断を検知する形態について説明したが、本実施の形態では、加振装置による加振を複数回行って、複数回の加振によって生じた複数の振動波形の加算平均を算出する。

[0063] ここで、複数回の加振のうち最後に行う加振は、列車 3 の位置が検知区間の端から制動距離 L 以上手前の地点であるタイミングで行われる。

[0064] 本実施の形態によれば、微弱な振動の計測が可能になるため、センサの設置間隔を長くすることができる。

[0065] 以上の実施の形態に示した構成は、本発明の内容の一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0066] 1, 2, 2 a 振動センサ、3, 3 a 列車、4 レール破断検知装置、5 地上制御装置、6 地上無線装置、7 中央制御装置、4 1, 4 2 波形分離部、4 3 波形類似度判定部、4 4 インパルス波形類似度判定部、

45 連続波形類似度判定部、46 プロセッサ、47 メモリ、48 入力部、51, 52, 61, 62 出力波形、71, 72, 72a 加振装置

。

請求の範囲

- [請求項1] レールの異なる箇所 to 各々装着された複数の振動センサの出力波形が入力されるレール破断検知装置であって、
- 前記複数の振動センサから出力された前記出力波形から分離されたインパルス波形を比較し又は前記出力波形から分離された連続波形を比較して類似度を判定する波形類似度判定部を備え、
- 前記類似度により前記レールの破断を検知することを特徴とするレール破断検知装置。
- [請求項2] 前記複数の振動センサは、互いに並列する異なるレールに設けられていることを特徴とする請求項1に記載のレール破断検知装置。
- [請求項3] 前記複数の振動センサは、同一のレールに設けられていることを特徴とする請求項1に記載のレール破断検知装置。
- [請求項4] 前記複数の振動センサの検知区間のいずれか1つが、路線上の曲線部を含むことを特徴とする請求項1に記載のレール破断検知装置。
- [請求項5] 前記複数の振動センサの検知区間のいずれか1つが、路線上の溶接部を含むことを特徴とする請求項1に記載のレール破断検知装置。
- [請求項6] レールに装着された第1の振動センサからの第1の出力波形と、前記第1の振動センサとは異なる位置に装着された第2の振動センサからの第2の出力波形とが入力されるレール破断検知装置であって、
- 前記第1の出力波形から分離された第1のインパルス波形と前記第2の出力波形から分離された第2のインパルス波形とを比較し又は前記第1の出力波形から分離された第1の連続波形と前記第2の出力波形から分離された第2の連続波形とを比較して類似度を判定する波形類似度判定部を備え、
- 前記類似度により前記レールの破断を検知することを特徴とするレール破断検知装置。
- [請求項7] レールに装着された第1の振動センサからの第1の出力波形と、前記第1の振動センサとは異なる位置に装着された第2の振動センサか

らの第2の出力波形とが入力されるレール破断検知装置であって、

前記第1の振動センサの出力波形を分離して第1のインパルス波形及び第1の連続波形を出力する第1の波形分離部と、

前記第2の振動センサの出力波形を分離して第2のインパルス波形及び第2の連続波形を出力する第2の波形分離部と、

前記第1のインパルス波形と前記第2のインパルス波形との比較及び前記第1の連続波形と前記第2の連続波形との比較の少なくともいずれか一方を行って、前記第1の出力波形と前記第2の出力波形との類似度を判定する波形類似度判定部とを備え、

前記類似度によりレールの破断を検知することを特徴とするレール破断検知装置。

[請求項8] 前記第1の振動センサと前記第2の振動センサとは、互いに並列する異なるレールに設けられていることを特徴とする請求項6又は請求項7に記載のレール破断検知装置。

[請求項9] 前記第1の振動センサは、前記第2の振動センサと同一のレールに設けられていることを特徴とする請求項6又は請求項7に記載のレール破断検知装置。

[請求項10] 前記第1及び第2の振動センサの検知区間が、路線上の曲線部を含むことを特徴とする請求項6又は請求項7に記載のレール破断検知装置。

[請求項11] 前記第1及び第2の振動センサの検知区間が、路線上の溶接部を含むことを特徴とする請求項6又は請求項7に記載のレール破断検知装置。

[請求項12] 前記レールを走行する列車の位置情報及び速度情報に基づいて、前記列車が前記第1及び第2の振動センサの検知区間に侵入する前に前記レールの破断を検知することを特徴とする請求項6又は請求項7に記載のレール破断検知装置。

[請求項13] 列車の進行方向に対して、前記第1及び第2の振動センサの手前側

に加振装置が設けられていることを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載のレール破断検知装置。

[請求項14]

前記第 1 のインパルス波形と前記第 2 のインパルス波形とが非類似である場合には、前記第 1 及び第 2 の振動センサに近づく列車と前記第 1 及び第 2 の振動センサとの間にレール破断が生じていると検知し、

前記第 1 の連続波形と前記第 2 の連続波形とが非類似である場合には、前記第 1 及び第 2 の振動センサから遠ざかる列車と前記第 1 及び第 2 の振動センサとの間にレール破断が生じていると検知することを特徴とする請求項 6 又は請求項 7 に記載のレール破断検知装置。

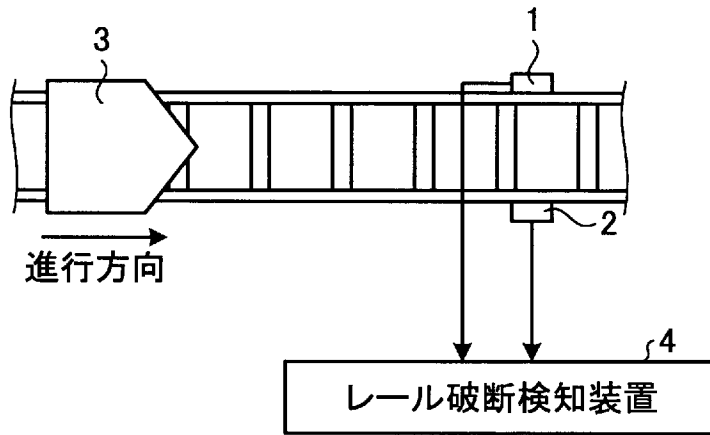
[請求項15]

前記加振装置は、自装置が設けられているレールに対して複数回の加振を行い、

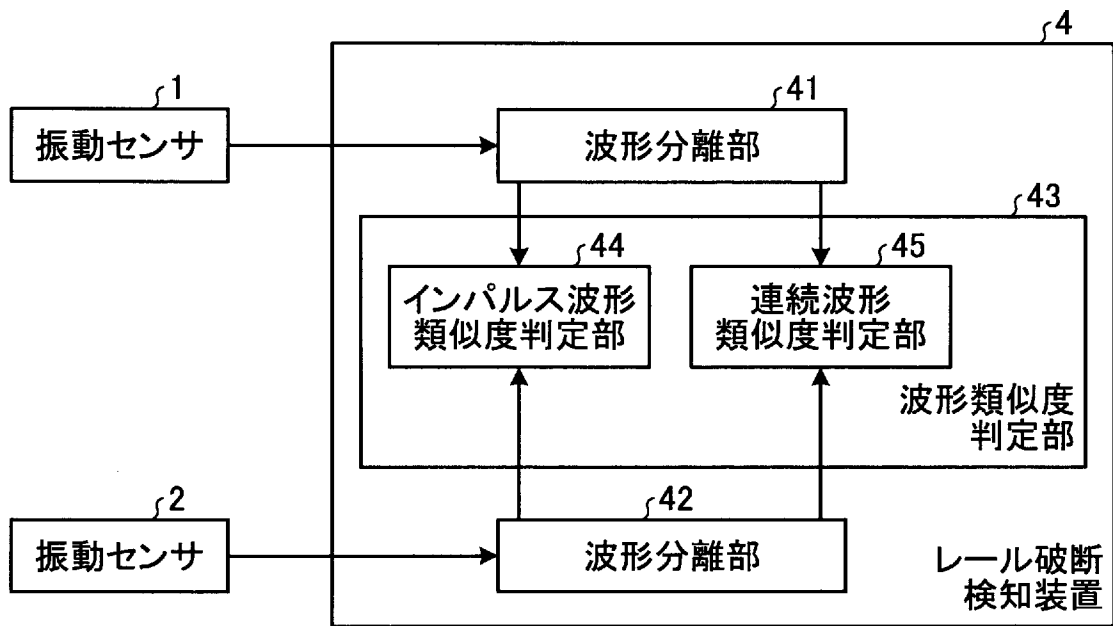
複数回の前記加振により得られた前記第 1 の振動センサにて得られた複数の振動波形の加算平均を前記第 1 の振動センサの出力波形とし、

複数回の前記加振により得られた前記第 2 の振動センサにて得られた複数の振動波形の加算平均を前記第 2 の振動センサの出力波形とすることを特徴とする請求項 1 3 に記載のレール破断検知装置。

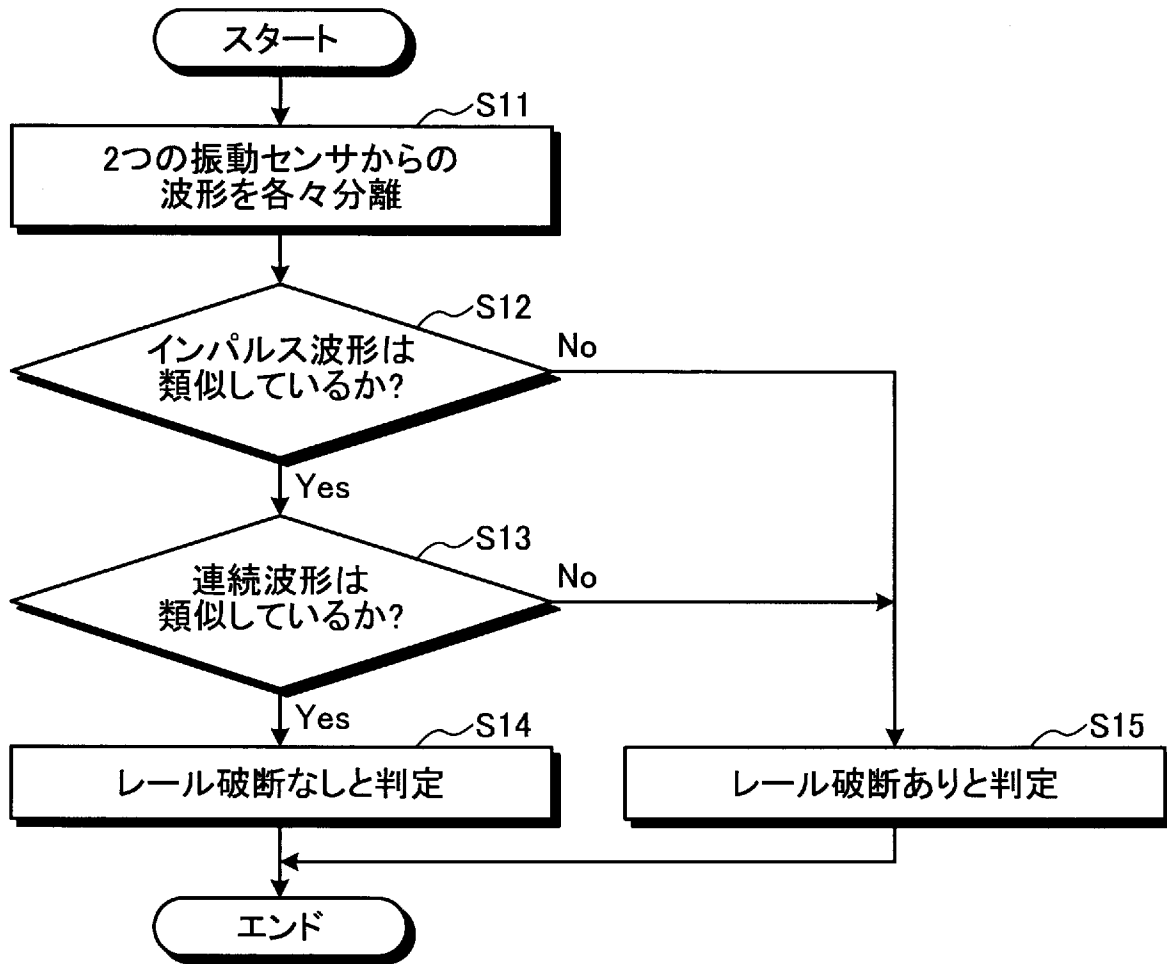
[図1]



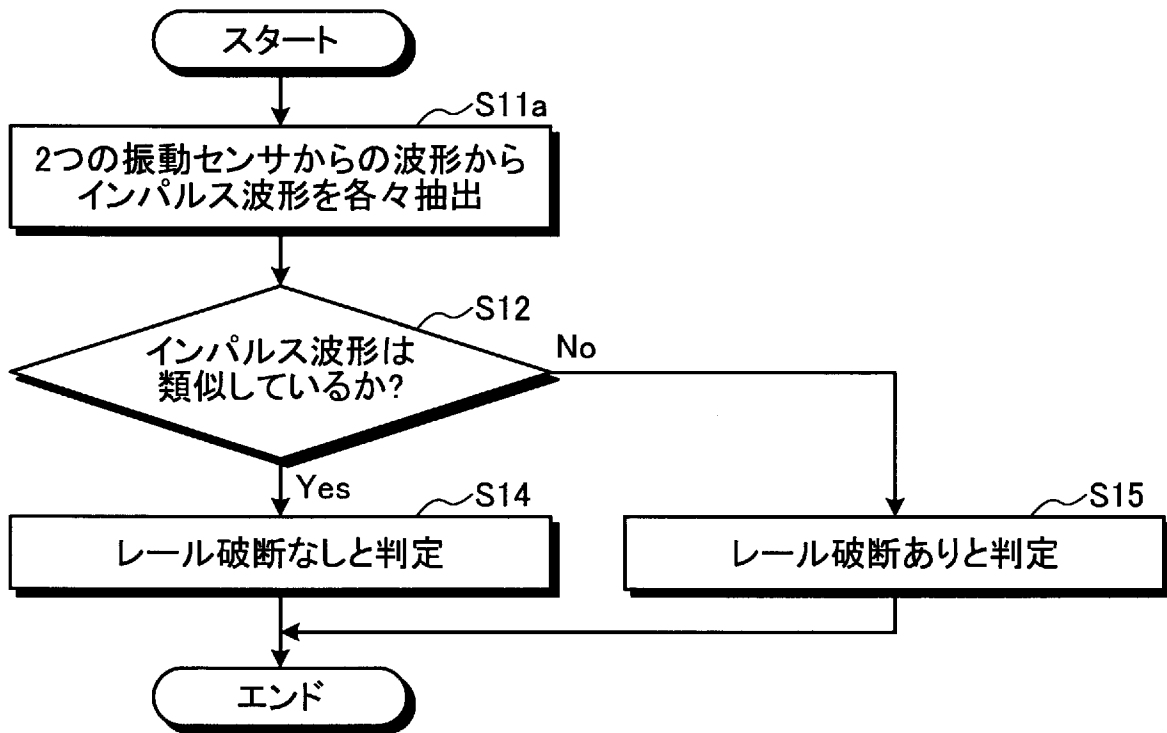
[図2]



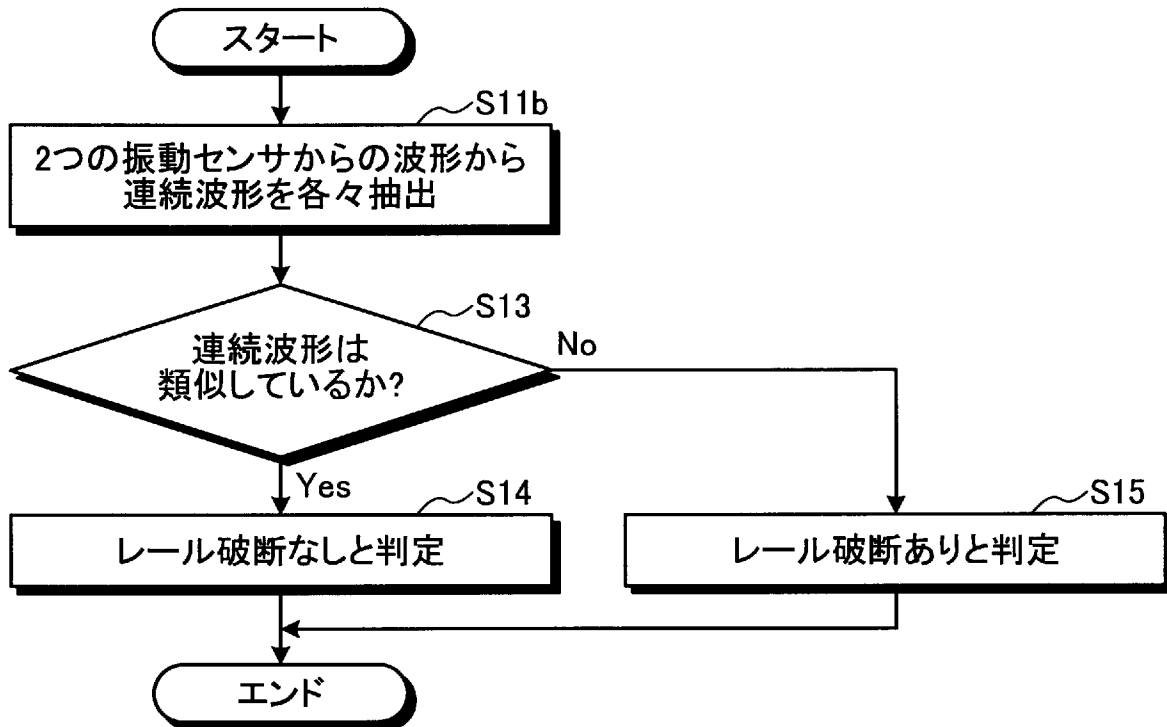
[図3]



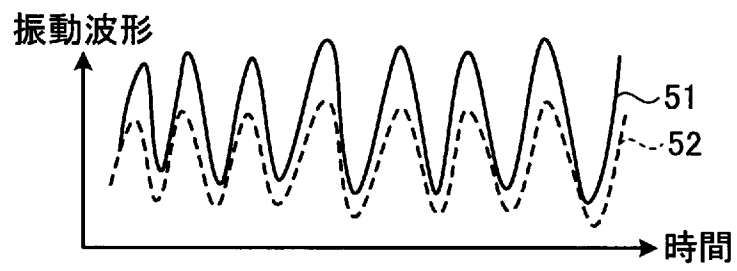
[図4]



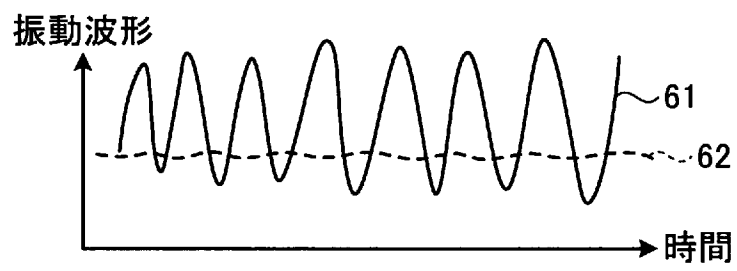
[図5]



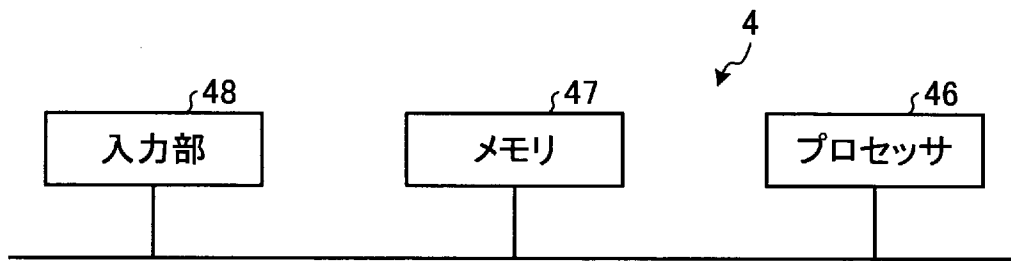
[図6]



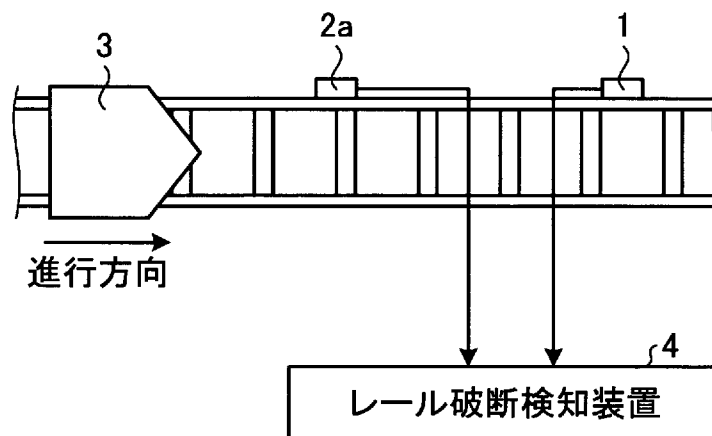
[図7]



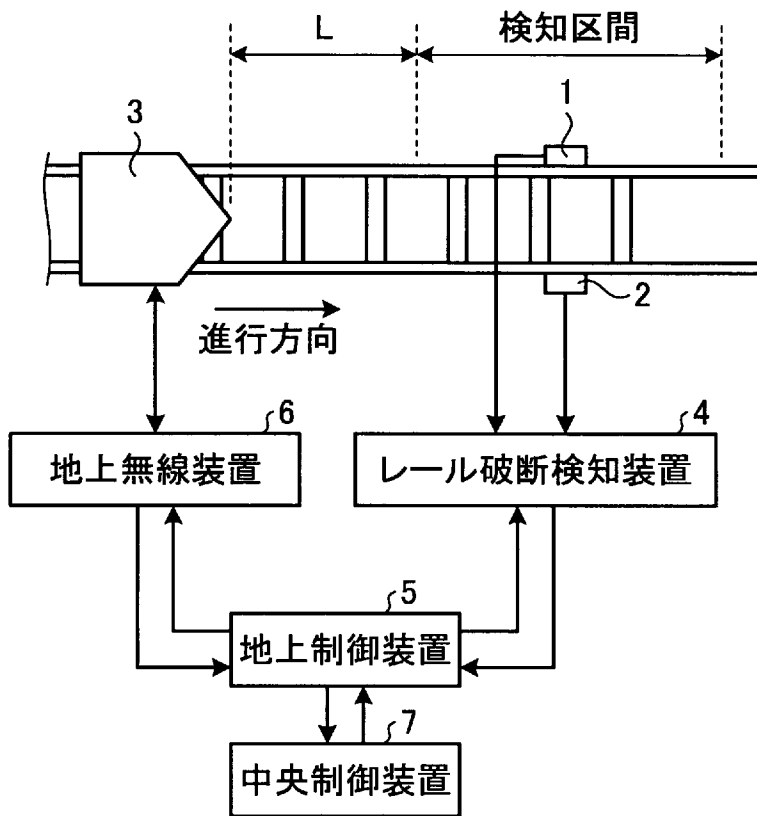
[図8]



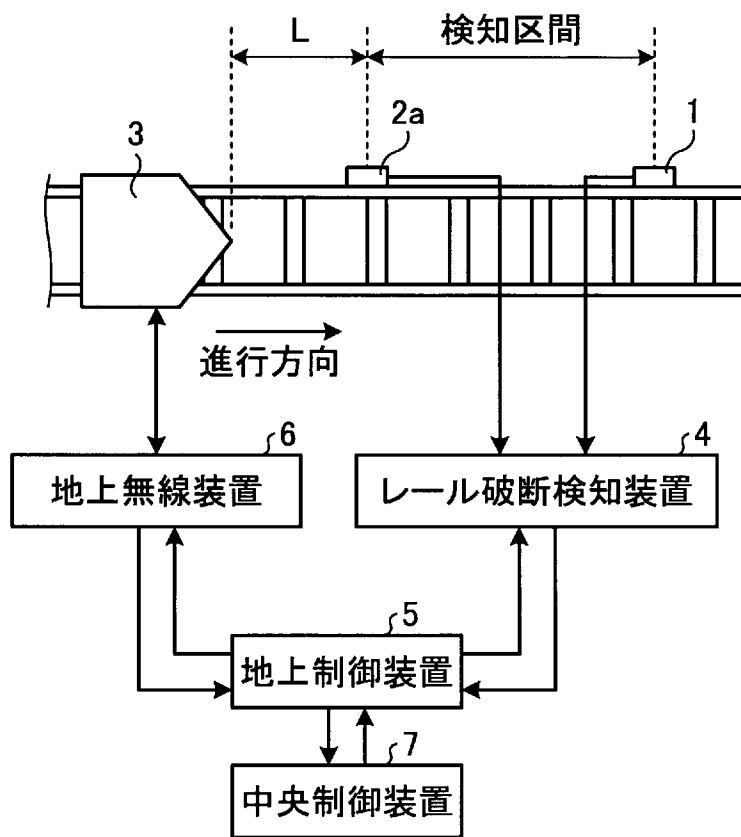
[図9]



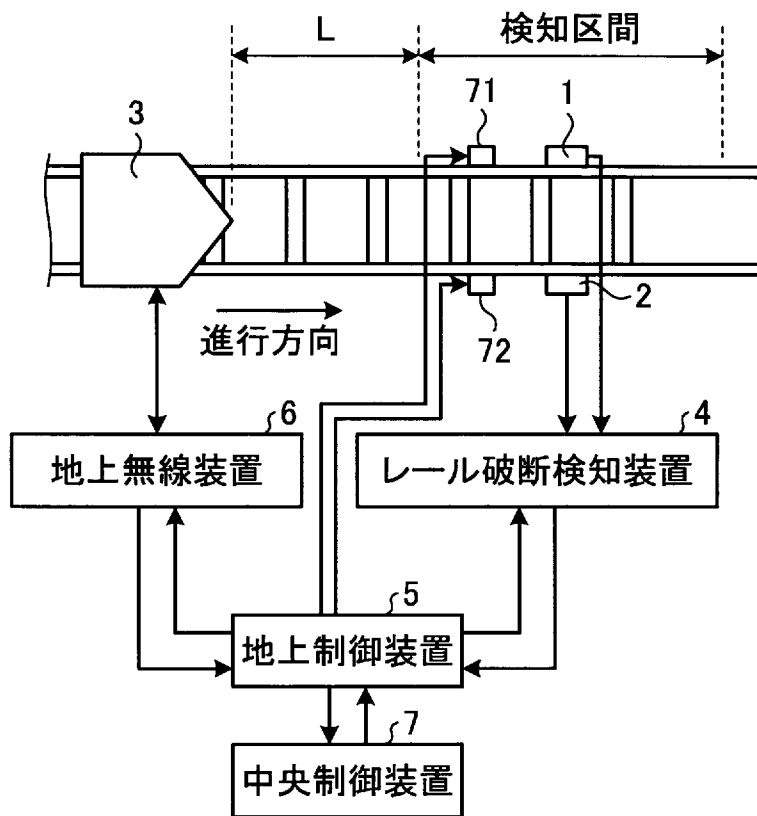
[図10]



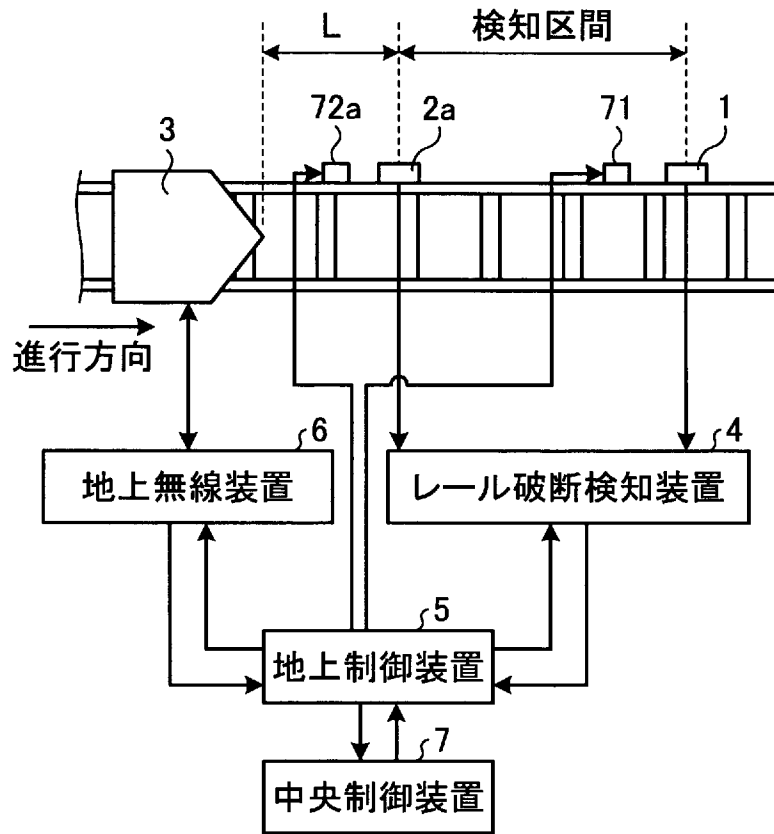
[図11]



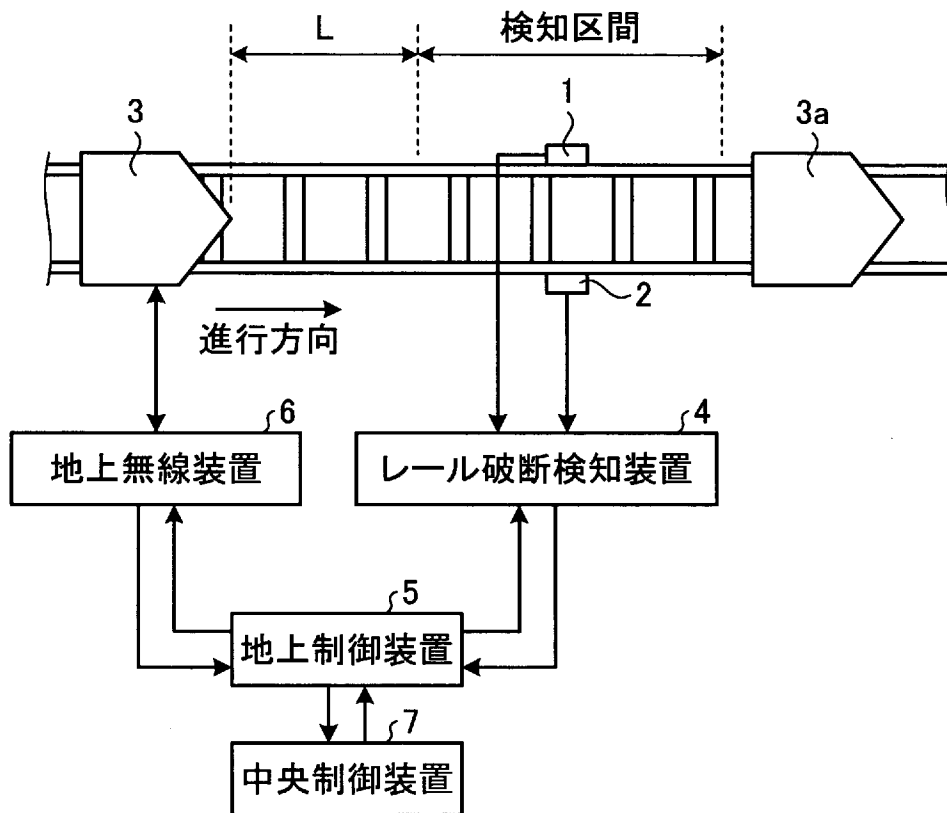
[図12]



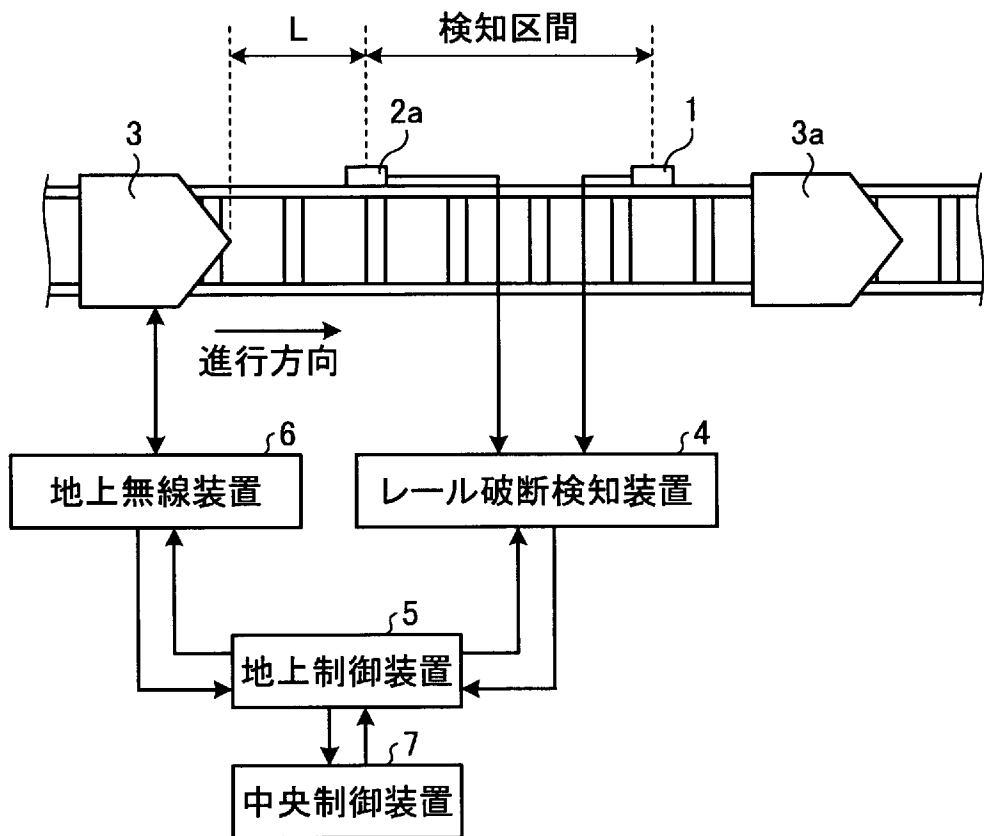
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/014136

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B61L23/04(2006.01)i, G01H1/00(2006.01)i, G01M7/02(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)

B61L23/04, G01H1/00, G01M7/02

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)

DWPI (Thomson Innovation)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-333054 A (West Japan Railway Co.), 22 December 1995 (22.12.1995), paragraphs [0001] to [0018]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-15
A	US 2015/0068296 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA), 12 March 2015 (12.03.2015), paragraphs [0027] to [0028]; fig. 2B & WO 2013/152018 A1	1-15
A	JP 11-118770 A (Tokimec Inc.), 30 April 1999 (30.04.1999), paragraphs [0001], [0011], [0017] (Family: none)	1-15

 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
20 June 2017 (20.06.17)Date of mailing of the international search report
04 July 2017 (04.07.17)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/JP2017/014136

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 2008-151560 A (Nagoya University), 03 July 2008 (03.07.2008), paragraph [0037] (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. B61L23/04(2006.01)i, G01H1/00(2006.01)i, G01M7/02(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. B61L23/04, G01H1/00, G01M7/02

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)
 DWPI (Thomson Innovation)

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
A	JP 7-333054 A (西日本旅客鉄道株式会社) 1995. 12. 22, 段落 0001-0018、図 1-4 (ファミリーなし)	1-15
A	US 2015/0068296 A1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 2015. 03. 12, 段落 0027-0028、図 2 B & WO 2013/152018 A1	1-15
A	JP 11-118770 A (株式会社トキメック) 1999. 04. 30, 段落 0001、0011、0017 (ファミリーなし)	1-15

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 20.06.2017	国際調査報告の発送日 04.07.2017
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) 高田 基史 電話番号 03-3581-1101 内線 3316
	3H 5268

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 2008-151560 A (国立大学法人名古屋大学) 2008.07.03, 段落037 (ファミリーなし)	1-15