

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6627501号  
(P6627501)

(45) 発行日 令和2年1月8日 (2020.1.8)

(24) 登録日 令和1年12月13日 (2019.12.13)

(51) Int.Cl.  
GO 1 H 17/00 (2006.01)

F I  
GO 1 H 17/00 D

請求項の数 11 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2015-256335 (P2015-256335)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成27年12月28日 (2015.12.28)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2017-120208 (P2017-120208A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成29年7月6日 (2017.7.6)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成30年12月10日 (2018.12.10)		弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100194102
			弁理士 磯部 光宏
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(74) 代理人	100216253
			弁理士 松岡 宏紀
		(72) 発明者	小林 祥宏
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 計測装置、減衰特性算出方法、プログラム、および計測システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

構造物に設けられた振動検出装置から出力される信号情報の時間変化を、前記構造物上を移動する移動体と、前記移動体の速度を算出する速度算出部と、前記振動検出装置から出力される前記信号情報の時間変化を前記移動体の速度を用いて前記振動検出装置との間の距離に対する変化に変換する変換部と、

前記距離に対する変化に変換された前記信号情報に基づいて、前記構造物の減衰特性を算出する減衰特性算出部と、

を有することを特徴とする計測装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の計測装置であって、

前記振動検出装置は、前記移動体の移動方向を規制する移動方向規制手段の規制方向に沿って延在する前記構造物の側端部であって、前記側端部の前記規制方向に沿う方向の中央部に設けられる、

ことを特徴とする計測装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の計測装置であって、

前記信号情報は、前記構造物の前記移動体が移動する面の垂直方向加速度情報または幅員方向加速度情報である、

ことを特徴とする計測装置。

## 【請求項 4】

請求項 1 に記載の計測装置であって、

前記変換部は、前記構造物が有する固有共振の周波数成分および前記移動体の荷重によって生じる前記構造物の撓みによる周波数成分以外の所定の周波数成分の前記信号情報を、前記距離に対する変化に変換する、

ことを特徴とする計測装置。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載の計測装置であって、

前記減衰特性算出部は、前記信号情報の距離に対する波形情報と、前記構造物の減衰モデルで示される距離に対して減衰する波形情報とに基づいて、前記構造物の減衰特性を算出する、

ことを特徴とする計測装置。

## 【請求項 6】

請求項 1 に記載の計測装置であって、

前記減衰特性に基づいて、前記構造物の異常発生を推定する推定部、  
をさらに有することを特徴とする計測装置。

## 【請求項 7】

請求項 6 に記載の計測装置であって、

前記異常発生の結果を出力する出力部、  
をさらに有することを特徴とする計測装置。

## 【請求項 8】

請求項 1 に記載の計測装置であって、

前記変換部は、検出装置によって検出された前記移動体の前記構造物への進入および退出に基づいて、前記移動体が前記構造物上を移動しているときの前記信号情報を抽出し、前記距離に対する変化に変換する、

ことを特徴とする計測装置。

## 【請求項 9】

構造物に設けられた振動検出装置から出力される信号情報の時間変化を、前記構造物上を移動する移動体と、前記移動体の速度を算出する手順と、前記信号情報の時間変化を前記移動体の速度を用いて前記振動検出装置との間の距離に対する変化に変換する手順と、

前記距離に対する変化に変換された前記信号情報に基づいて、前記構造物の減衰特性を算出する手順と、を含む

ことを特徴とする減衰特性算出方法。

## 【請求項 10】

構造物に設けられた振動検出装置から出力される信号情報の時間変化を、前記構造物上を移動する移動体と、前記移動体の速度を算出する手順と、前記信号情報の時間変化を前記移動体の速度を用いて前記振動検出装置との間の距離に対する変化に変換する手順と、

前記距離に対する変化に変換された前記信号情報に基づいて、前記構造物の減衰特性を算出する手順と、

をコンピューターに実行させることを特徴とするプログラム。

## 【請求項 11】

構造物に設けられた振動検出装置と、

前記振動検出装置から出力される信号情報の時間変化を、前記構造物上を移動する移動体と、前記移動体の速度を算出する速度算出部と、前記振動検出装置から出力される前記信号情報の時間変化を前記移動体の速度を用いて前記振動検出装置との間の距離に対する変化に変換する変換部と、前記距離に対する変化に変換された前記信号情報に基づいて、前記構造物の減衰特性を算出する減衰特性算出部と、を有する計測装置と、

を有することを特徴とする計測システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、計測装置、減衰特性算出方法、プログラム、および計測システムに関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

特許文献 1 には、橋梁通過車両の重量計測手段において、走行路に沿って複数の速度検知用センサーを設置して通過車両の走行速度を検出するとともに、走行路に車軸検知用センサーを設置して通過車両の車軸位置および車軸数を検出し、走行速度と車軸位置により通過車両の車両認識を行い、橋梁に変形量計測手段を設置して橋梁の変形量を設定された計測時間内に複数回、かつ少なくとも車両認識された通過車両の車軸に対応して計測し、車両認識データと車軸に対応した変形量の計測データに基づき前記通過車両の重量を算出

10

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 5 - 3 0 7 8 6 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 4 】

床版の減衰係数等の減衰特性を求めることは、床版の状態を調べる上で重要である。そのため、床版の減衰特性を容易に取得できることが望まれる。

20

## 【 0 0 0 5 】

なお、特許文献 1 には、橋梁通過車両の重量計測手段について開示されているが、構造物の減衰特性を算出することは開示されていない。

## 【 0 0 0 6 】

そこで本発明は、構造物の減衰特性を容易に得ることができることを目的とする。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 7 】

上記の課題を解決するための本発明の第一の態様は、構造物に設けられた振動検出装置から出力される信号情報の時間変化を、前記構造物上を移動する移動体と、前記振動検出装置との間の距離に対する変化に変換する変換部と、前記距離に対する変化に変換された前記信号情報に基づいて、前記構造物の減衰特性を算出する減衰特性算出部と、を有することを特徴とする計測装置である。第一の態様によれば、構造物の減衰特性を容易に得ることができる。

30

## 【 0 0 0 8 】

前記構造物上を移動する移動体の速度を算出する速度算出部、をさらに有し、前記変換部は、前記振動検出装置から出力される前記信号情報の時間変化を、前記移動体の速度を用いて前記距離に対する変化に変換する、ことを特徴としてもよい。これにより、振動検出装置の信号情報の時間変化を、距離に対する変化に変換でき、構造物の減衰特性を容易に得ることができる。

## 【 0 0 0 9 】

40

前記振動検出装置は、前記移動体の移動方向を規制する移動方向規制手段の規制方向に沿って延在する前記構造物の側端部であって、前記側端部の前記規制方向に沿う方向の中央部に設けられる、ことを特徴としてもよい。これにより、構造物の適切な減衰特性を容易に得ることができる。

## 【 0 0 1 0 】

前記信号情報は、前記構造物の前記移動体が移動する面の垂直方向加速度情報または幅員方向加速度情報である、ことを特徴としてもよい。これにより、構造物の適切な減衰特性を容易に得ることができる。

## 【 0 0 1 1 】

前記変換部は、前記構造物が有する固有共振の周波数成分および前記移動体の荷重によ

50

って生じる前記構造物の撓みによる周波数成分以外の所定の周波数成分の前記信号情報を、前記距離に対する変化に変換する、ことを特徴としてもよい。これにより、構造物の適切な減衰特性を容易に得ることができる。

【0012】

前記減衰特性算出部は、前記信号情報の距離に対する波形情報と、前記構造物の減衰モデルで示される距離に対して減衰する波形情報とに基づいて、前記構造物の減衰特性を算出する、ことを特徴としてもよい。これにより、構造物の適切な減衰特性を算出することができる。

【0013】

前記減衰特性に基づいて、前記構造物の異常発生を推定する推定部、をさらに有することを特徴としてもよい。これにより、構造物に異常が発生したか否か検査することができる。

10

【0014】

前記異常発生の結果を出力する出力部、をさらに有することを特徴としてもよい。これにより、推定した構造物の異常発生を知らせることができる。

【0015】

前記変換部は、検出装置によって検出された前記移動体の前記構造物への進入および退出に基づいて、前記移動体が前記構造物上を移動しているときの前記信号情報を抽出し、前記距離に対する変化に変換する、ことを特徴としてもよい。これにより、構造物の適切な減衰特性を算出することができる。

20

【0016】

上記の課題を解決するための本発明の第二の態様は、構造物に設けられた振動検出装置から出力される信号情報の時間変化を、前記構造物上を移動する移動体と、前記振動検出装置との間の距離に対する変化に変換する手順と、前記距離に対する変化に変換された前記信号情報に基づいて、前記構造物の減衰特性を算出する手順と、を含むことを特徴とする減衰特性算出方法である。第二の態様によれば、構造物の減衰特性を容易に得ることができる。

【0017】

上記の課題を解決するための本発明の第三の態様は、構造物に設けられた振動検出装置から出力される信号情報の時間変化を、前記構造物上を移動する移動体と、前記振動検出装置との間の距離に対する変化に変換する手順と、前記距離に対する変化に変換された前記信号情報に基づいて、前記構造物の減衰特性を算出する手順と、をコンピュータに実行させることを特徴とするプログラムである。第三の態様によれば、構造物の減衰特性を容易に得ることができる。

30

【0018】

上記の課題を解決するための本発明の第四の態様は、構造物に設けられた振動検出装置と、前記振動検出装置から出力される信号情報の時間変化を、前記構造物上を移動する移動体と、前記振動検出装置との間の距離に対する変化に変換する変換部と、前記距離に対する変化に変換された前記信号情報に基づいて、前記構造物の減衰特性を算出する減衰特性算出部と、を有する計測装置と、を有することを特徴とする計測システムである。第四の態様によれば、構造物の減衰特性を容易に得ることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施形態に係る計測システムの構成例を示した図である。

【図2】加速度センサーの設置方法の一例を説明する図である。

【図3】床版の変形の仕方の一例を説明する図である。

【図4】計測装置の機能ブロックの構成例を示した図である。

【図5】床版上を走行する車両と加速度センサーとの間の距離の関係の例を説明する図のその1である。

【図6】床版上を走行する車両と加速度センサーとの間の距離の関係の例を説明する図の

50

その2である。

【図7】車両が床版上を走行したときの加速度の周波数特性の例を示した図である。

【図8】車両の速度算出例を説明する図である。

【図9】車両の走行車線判定の例を説明する図のその1である。

【図10】車両の走行車線判定の例を説明する図のその2である。

【図11】変換部に入力される垂直方向加速度の例を説明する図である。

【図12】車両と加速度センサーとの距離に対する垂直方向加速度の包絡線の変化例を示した図である。

【図13】減衰係数の算出の例を説明する図である。

【図14】計測装置1の動作例を示したフローチャートである。

10

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

【0021】

図1は、本発明の実施形態に係る計測システムの構成例を示した図である。図1に示すように、計測システムは、計測装置1と、加速度センサー2（本発明の振動検出装置に相当する）とを有している。また、図1には、橋梁4が示してある。

【0022】

橋梁4は、橋梁4の略中央部に位置する橋脚4aと、両端に位置する2つの橋台4b、4cと、橋台4bから橋脚4aまでの上を渡される床版4d（本発明の構造物に相当する）と、橋台4cから橋脚4aまでの上を渡される床版4eとを有している。橋脚4aと橋台4b、4cはそれぞれ、地盤に施設された基礎（図示せず）の上に固定される。

20

【0023】

加速度センサー2は、床版4dの側面に設置される。加速度センサー2は、例えば、車両5（本発明の移動体に相当する）の床版4d上の走行（移動）によって生じる、床版4dの加速度を周期的に計測し、その加速度データを出力する。加速度センサー2が出力する加速度データは、例えば、デジタル信号である。計測装置1と加速度センサー2は、通信ネットワーク3を介して通信可能に接続されており、加速度センサー2は、計測した加速度データを、通信ネットワーク3を介して、計測装置1に送信する。加速度センサー2には、加速度および角速度を出力する慣性センサーも含まれる。以下では、加速度センサー2から出力される加速度データを単に加速度と表現する場合がある。

30

【0024】

なお、加速度センサー2は、例えば無線通信インターフェイスを有し、あるいは無線通信インターフェイスに接続され、当該無線通信インターフェイスを介して通信ネットワーク3に接続される。

【0025】

車両5は、床版4d上を走行しているとき、タイヤによって床版4dを叩きながら（インパクトを与えながら）走行しているといえる。加速度センサー2は、車両5が与えるインパクトによって生じる床版4dの加速度（振動加速度）を検出し、計測装置1は、加速度センサー2が検出したインパクトによる加速度を用いて、床版4dの減衰係数（本発明の減衰特性に相当する）を算出する。これにより、床版4dの減衰係数を容易に得ることができる。例えば、特別な装置や人等によって、床版4dにインパクトを与えなくても、車両5の走行によって生じるインパクトを利用して、床版4dの減衰係数を容易に得ることができる。

40

【0026】

図2は、加速度センサー2の設置方法の一例を説明する図である。図2には、図1に示した床版4d、4eの斜視図が示してある。

【0027】

図2には、主桁4f～4i（図1に図示していない）が示してある。主桁4f～4iは、橋脚4aと橋台4b、4cの上部に掛けられ、床版4d、4eは、主桁4f～4iの上

50

部に設置される。以下では、説明を分かり易くするため、床版 4 d の路面は水平であるものとし、路面の垂直方向は鉛直方向に一致するものとする。

【 0 0 2 8 】

加速度センサー 2 は、車両 5 の移動方向を規制する移動方向規制手段の規制方向に沿って延在する橋梁 4 の側端部であって、側端部の規制方向に沿う方向の中央部に設けられる。例えば、加速度センサー 2 は、床版 4 d に設けられている、車両 5 の移動方向規制手段（例えば、車線や縁石、欄干等）の規制方向と平行（略平行を含む）な側面 4 d a（本発明の端部に相当する）の、規制方向の中央部（略中央部を含む）に取り付けられる。加速度センサー 2 は、互いに直交する 3 軸の各軸方向に生じる加速度を計測可能である。加速度センサー 2 は、例えば、3 つの検出軸（x 軸、y 軸、z 軸）のうち、1 軸（例えば x 軸）を床版 4 d の路面の垂直方向に合わせ、他の 1 軸（例えば z 軸）を床版 4 d の路面の幅員方向に合わせて、床版 4 d の側面 4 d a に設置される。加速度センサー 2 は、例えば設定されたサンプリング周波数で 3 軸の加速度を検知し、検知した加速度を、通信ネットワーク 3 を介して計測装置 1 に送信する。なお、y 軸および z 軸の加速度は、床版 4 d の傾きによる重力成分である。

10

【 0 0 2 9 】

図 3 は、床版 4 d の変形の仕方の一例を説明する図である。図 3 には、図 2 の床版 4 d の、加速度センサー 2 の部分で切断した斜視図が示してある。

【 0 0 3 0 】

図 3 に示すように、床版 4 d は、その上を車両 5 が走行した場合、車両 5 の荷重 L D により、下方方向に撓むように変形する。加速度センサー 2 の取り付け位置 P 1 は、床版 4 d の規制方向に沿った側面 4 d a の中央部であり、橋脚 4 a と橋台 4 b から最も離れた位置であるため、床版 4 d の垂直方向の位置（x 軸上の位置）の変化が他の位置と比べて大きく現れやすい。また、加速度センサー 2 の取り付け位置 P 1 は、床版 4 d の側面 4 d a であるため、床版 4 d の水平方向に対する傾き（z 軸の傾き）が、他の位置と比べて大きく現れやすい。従って、加速度センサー 2 は、床版 4 d の取り付け位置 P 1 に取り付けられると、車両 5 の荷重 L D によって生じる、床版 4 d の垂直方向の加速度や幅員方向の加速度を明瞭に検出できる。

20

【 0 0 3 1 】

図 4 は、計測装置 1 の機能ブロックの構成例を示した図である。図 4 に示すように、計測装置 1 は、制御部 1 1 と、通信部 1 2 と、記憶部 1 3 と、出力部 1 4 と、操作部 1 5 とを有している。

30

【 0 0 3 2 】

制御部 1 1 は、以下で詳述するが、床版 4 d の減衰係数を算出する。

【 0 0 3 3 】

通信部 1 2 は、通信ネットワーク 3 を介して、加速度センサー 2 から、加速度を受信する。通信部 1 2 は、加速度センサー 2 から受信した加速度を記憶部 1 3 に記憶する。

【 0 0 3 4 】

記憶部 1 3 は、制御部 1 1 が計算処理や制御処理を行うためのプログラムやデータ等を記憶している。また、記憶部 1 3 は、制御部 1 1 が所定のアプリケーション機能を実現するためのプログラムやデータ等を記憶している。各種のプログラムやデータ等は、あらかじめ不揮発性の記録媒体に記憶されていてもよいし、制御部 1 1 が通信ネットワーク 3 を介してサーバーから受信して記憶部 1 3 に記憶させてもよい。記憶部 1 3 は、例えば、ROM（Read Only Memory）やフラッシュ ROM、RAM（Random Access Memory）等の各種 IC（Integrated Circuit）メモリーやハードディスク、メモリーカードなどの記録媒体等により構成される。

40

【 0 0 3 5 】

また、記憶部 1 3 には、通信部 1 2 によって受信された加速度センサー 2 の加速度が記憶される。

【 0 0 3 6 】

50

また、記憶部 13 には、床版 4 d 上を走行する車両 5 と、床版 4 d に設けられた加速度センサー 2 との間の距離の関係が予め記憶される。

【0037】

図 5 は、床版 4 d 上を走行する車両 5 と加速度センサー 2 との間の距離の例を説明する図のその 1 である。図 5 には、床版 4 d と、加速度センサー 2 とが示してある。図 5 に示す走行線 L 1 は、加速度センサー 2 から遠い車線を走行する車両 5 の走行軌跡を示している。走行線 L 2 は、加速度センサー 2 から近い車線を走行する車両 5 の走行軌跡を示している。

【0038】

加速度センサー 2 から遠い車線を走行する車両 5 と、加速度センサー 2 との距離「D」を求める。図 5 に示すように、加速度センサー 2 から走行線 L 1 に下した垂線の長さを「l」とする。走行線 L 1 上の車両 5 の位置（前述の垂線の足と車両 5 との距離）を「x」とする。この場合、距離「D」は、次の式（1）によって求まる。

【0039】

【数 1】

$$D(x) = \sqrt{x^2 + l^2} \quad \cdots(1)$$

【0040】

加速度センサー 2 から近い車線を走行する車両 5 と、加速度センサー 2 との距離も、式（1）の「l」の値が異なるだけで、式（1）を用いて求まる。

【0041】

図 6 は、床版 4 d 上を走行する車両 5 と加速度センサー 2 との間の距離の例を説明する図のその 2 である。図 6 に示すグラフ G 1 の横軸は、走行線 L 1, L 2 上の車両 5 の位置「x」を示している。縦軸は、車両 5 と加速度センサー 2 との距離「D」を示している。

【0042】

グラフ G 1 の波形 W 1 a は、式（1）によって求めた、加速度センサー 2 から遠い車線（走行線 L 1）を走行する車両 5 と、加速度センサー 2 との距離の例を示している。波形 W 1 b は、式（1）によって求めた、加速度センサー 2 から近い車線（走行線 L 2）を走行する車両 5 と、加速度センサー 2 との距離の例を示している。

【0043】

なお、グラフ G 1 では、床版 4 d の長さを「30 m」とし、加速度センサー 2 の位置を「x = 0」としている。また、波形 W 1 a は、「l = 4.6 m」における車両 5 の位置と、加速度センサー 2 との距離の例を示し、波形 W 1 b は、「l = 2 m」における車両 5 の位置と、加速度センサー 2 との距離の例を示している。

【0044】

記憶部 13 には、加速度センサー 2 から遠い車線（走行線 L 1）を走行する車両 5 と、床版 4 d に設けられた加速度センサー 2 との間の距離の関係が記憶される。例えば、記憶部 13 には、波形 W 1 a に示す「x」と「D」との関係を示す情報が記憶される。

【0045】

また、記憶部 13 には、加速度センサー 2 から近い車線（走行線 L 2）を走行する車両 5 と、床版 4 d に設けられた加速度センサー 2 との間の距離の関係が記憶される。例えば、記憶部 13 には、波形 W 1 b に示す「x」と「D」との関係を示す情報が記憶される。

【0046】

図 4 の説明に戻る。出力部 14 は、制御部 11 の制御結果等を表示装置に出力する。操作部 15 は、ユーザーからの操作データを取得し、制御部 11 に送る処理を行う。

【0047】

制御部 11 について説明する。制御部 11 は、フィルター部 21 と、速度算出部 22 と

10

20

30

40

50

、車線判定部 23 と、変換部 24 と、減衰係数算出部（本発明の減衰特性算出部に相当する）25 と、推定部 26 とを有している。制御部 11 の各部は、例えば、記憶部 13 に記憶されたプログラムを実行する CPU（Central Processing Unit）によって、その機能が実現される。なお、制御部 11 の各部は、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）などのカスタム IC（Integrated Circuit）によってその機能を実現してもよいし、CPU と ASIC とによって、その機能を実現してもよい。

【0048】

フィルター部 21 は、記憶部 13 に記憶されている、加速度センサー 2 の加速度を取得する。フィルター部 21 は、取得した加速度のフィルタリング処理を行う。

【0049】

図 7 は、車両 5 が床版 4d 上を走行したときの加速度の周波数特性の例を示した図である。図 7 に示すグラフ G2 の横軸は周波数を示し、縦軸はパワースペクトル密度を示す。加速度の周波数特性を測定した床版 4d の長さは「30m」である。

【0050】

グラフ G2 に示す波形 W2a は、加速度センサー 2 の x 軸方向（図 2 参照）の加速度の周波数特性を示している。波形 W2b は、加速度センサー 2 の y 軸方向の加速度の周波数特性を示している。波形 W2c は、加速度センサー 2 の z 軸方向の加速度の周波数特性を示している。

【0051】

グラフ G2 に示すように、各軸の加速度は、「10Hz」周辺にピークを有している。この「10Hz」周辺のピークは、床版 4d の固有共振によるものと考えられる。

【0052】

グラフ G2 に示す「0.1Hz～1Hz」の加速度は、車両 5 の荷重によって生じる、床版 4d の撓みによる加速度である。

【0053】

「0.1Hz」より低い周波数成分は、温度等の環境変化による、床版 4d の長期的変動や環境振動、センサーのノイズなどによるものと考えられる。

【0054】

以下で説明する速度算出部 22 は、車両 5 の荷重によって生じる、床版 4d の撓みによる垂直方向加速度（x 軸方向の加速度）に基づいて、車両 5 の床版 4d 上の速度を算出する。また、車線判定部 23 は、車両 5 の荷重によって生じる、床版 4d の撓みによる幅員方向加速度（z 軸方向の加速度）に基づいて、車両 5 が走行している床版 4d の車線を判定する。従って、速度算出部 22 および車線判定部 23 において必要な加速度の周波数成分は、車両 5 の荷重によって生じる、床版 4d の撓みによる加速度の周波数成分であり、床版 4d の固有共振加速度の周波数成分は不要（ノイズ）である。そこで、フィルター部 21 は、床版 4d の固有共振による加速度の周波数成分を抑制し、車両 5 の荷重によって生じる、床版 4d の撓みによる加速度の周波数成分を通過させる。

【0055】

例えば、フィルター部 21 は、カットオフ周波数が「1Hz」の LPF（Low Pass Filter）によって、「0.1Hz～1Hz」の周波数を含む加速度を通過させる。そして、フィルター部 21 は、通過させた「0.1Hz～1Hz」の周波数を含む加速度を、速度算出部 22 および車線判定部 23 に出力する。

【0056】

また、以下で説明する変換部 24 は、車両 5 の床版 4d へのインパクトによる垂直方向加速度を、時間軸の信号から距離の軸の信号に変換する。減衰係数算出部 25 は、変換部 24 によって変換された垂直方向加速度に基づいて、床版 4d の減衰係数を算出する。従って、床版 4d の減衰係数の算出に必要な垂直方向加速度の周波数成分は、インパクト以外による周波数成分が抑制された垂直方向加速度であり、車両 5 の荷重によって生じる、床版 4d の撓みによる加速度の周波数成分や、床版 4d の固有共振による加速度の周波数成分は不要（ノイズ）である。また、環境振動や音響ノイズ（橋近傍で大きな音を発生さ

10

20

30

40

50



せている場合)、タイヤのトレッド形状による固有周波数成分も不要(ノイズ)である。そこで、フィルター部21は、これらのインパクト以外による加速度の周波数成分を抑制し、変換部24に出力する。

【0057】

例えば、フィルター部21は、床版4dの固有共振による加速度の周波数より大きい周波数(例えば、15Hz)から、数kHzまでの間の狭帯域の周波数を通過させる。具体的には、フィルター部21は、BPF(Band Pass Filter)によって、中心周波数が「40Hz」で、通過帯域幅が「2Hz」の加速度を通過させる。そして、フィルター部21は、通過させた中心周波数が「40Hz」で、通過帯域幅が「2Hz」の加速度を変換部24に出力する。例えば、フィルター部21は床版4dの固有共振による加速度の周波数より大きい周波数において、前述の不要ノイズである固有周波数の影響のない周波数域で中心周波数を選択し、通過帯域幅を必要に応じてノイズの影響にかんがみて選択する。フィルター部21を通過する信号強度が十分な場合は帯域幅を狭く選択する。

10

【0058】

以下では、インパクト以外による周波数成分が抑制された垂直方向加速度を、「インパクトによる垂直方向加速度」と呼ぶことがある。

【0059】

図4の説明に戻る。速度算出部22には、フィルター部21から出力される、床版4dの固有共振周波数成分が抑制された垂直方向加速度が入力される。速度算出部22は、入力された垂直方向加速度から、床版4dの垂直方向変位(x軸方向変位)を算出する。例えば、速度算出部22は、垂直方向加速度を2回積分して、床版4dの垂直方向変位を算出する。そして、速度算出部22は、算出した垂直方向変位から、車両5の床版4d上を走行する速度を算出する。

20

【0060】

図8は、車両5の速度算出例を説明する図である。図8に示すグラフG3の横軸は時間を示し、縦軸は床版4dの垂直方向の変位を示す。グラフG3の波形W3は、車両5の床版4d上の走行によって生じる床版4dの垂直方向変位を示している。

【0061】

車両5が、床版4dに進入し、中央部(加速度センサー2が取り付けられている位置)に向かって走行すると、床版4dの垂直方向変位の絶対値は車両5の荷重により徐々に大きくなる。そして、車両5が、床版4dの中央部を通過したときに、床版4dの垂直方向変位の絶対値は最大となる。車両5が、中央部から離れていくと、床版4dの垂直方向変位の絶対値は徐々に小さくなる。

30

【0062】

従って、速度算出部22は、矢印A1に示す垂直方向変位の波幅から、床版4dを通過する車両5の通過時間を推定することができる。例えば、速度算出部22は、垂直方向加速度が「0」から負になったときの時刻 $t_1$ と、負から「0」になったときの時刻 $t_2$ との差から、車両5の通過時間を推定することができる。具体的には、速度算出部22は、「 $t_2 - t_1$ 」より、車両5の通過時間を推定することができる。なお、時刻 $t_1$ は、車両5が床版4dに進入した時刻であり、時刻 $t_2$ は、車両5が床版4dを退出した時刻である。

40

【0063】

車両5の通過時間が分かれば、床版4d上を走行する車両5の速度を求めることができる。速度算出部22は、車両5の通過時間を、床版4dの長さ(例えば、30m)で除算することにより、車両5の速度を算出できる。

【0064】

図4の説明に戻る。車線判定部23には、フィルター部21から出力される、床版4dの固有共振周波数成分が抑制された幅員方向加速度が入力される。車線判定部23は、入力された幅員方向加速度から、床版4d上の車両5が走行する車線を判定する。

【0065】

50

図 9 は、車両 5 の走行車線判定の例を説明する図のその 1 である。図 9 には、図 2 に示した床版 4 d と、主桁 4 f ~ 4 i との断面が示してある。また、図 9 には、床版 4 d に取り付けられた加速度センサー 2 が示してある。

【 0 0 6 6 】

図 9 に示す一点鎖線のモデル M 1 は、車両 5 が床版 4 d 上を走行していないときの床版 4 d の位置を示している。実線のモデル M 2 は、車両 5 が床版 4 d 上の矢印 A 2 a に示す車線（加速度センサー 2 から遠い車線）を走行したときの床版 4 d の位置を示している。

【 0 0 6 7 】

車両 5 が、床版 4 d 上の矢印 A 2 a に示す車線を走行すると、床版 4 d は、車両 5 の荷重によって、モデル M 2 に示すように、図中右側の端が左側の端より鉛直上方に傾く。そのため、床版 4 d に取り付けられた加速度センサー 2 の z 軸は、点線矢印 A 2 b に示すように、水平方向から、上方に傾く。

【 0 0 6 8 】

図 10 は、車両 5 の走行車線判定の例を説明する図のその 2 である。図 10 において、図 9 と同じものには同じ符号が付してある。

【 0 0 6 9 】

図 10 に示す一点鎖線のモデル M 3 は、車両 5 が床版 4 d 上を走行していないときの床版 4 d の位置を示している。実線のモデル M 4 は、車両 5 が床版 4 d 上の矢印 A 3 a に示す車線（加速度センサー 2 から近い車線）を走行したときの床版 4 d の位置を示している。

【 0 0 7 0 】

車両 5 が、床版 4 d 上の矢印 A 3 a に示す車線を走行すると、床版 4 d は、車両 5 の荷重によって、モデル M 4 に示すように、図中右側の端が左側の端より鉛直下方に傾く。そのため、床版 4 d に取り付けられた加速度センサー 2 の z 軸は、点線矢印 A 3 b に示すように、水平方向から、下方に傾く。

【 0 0 7 1 】

加速度センサー 2 の z 軸は、図 9 の点線矢印 A 2 b および図 10 の点線矢印 A 3 b に示すように、車両 5 が走行する車線によって、水平方向に対し、上方および下方のどちらか一方を向く。従って、車線判定部 2 3 は、加速度センサー 2 から出力される幅員方向加速度の符号に基づいて、車両 5 が走行している車線を判定できる。

【 0 0 7 2 】

図 4 の説明に戻る。変換部 2 4 には、フィルター部 2 1 から出力される、車両 5 のインパクトによる垂直方向加速度が入力される。変換部 2 4 は、入力された垂直方向加速度の包絡線の時間変化を、車両 5 と加速度センサー 2 との距離に対する変化に変換する。

【 0 0 7 3 】

図 11 は、変換部 2 4 に入力される垂直方向加速度の例を説明する図である。図 11 に示すグラフ G 4 の横軸は時間を示し、縦軸は加速度を示す。グラフ G 4 の波形 W 4 a は、変換部 2 4 に入力される、車両 5 のインパクトによる垂直方向加速度を示している。図 11 に示す時刻  $t_1$  は、車両 5 が床版 4 d に進入した時刻を示し、時刻  $t_2$  は、車両 5 が床版 4 d を退出した時刻を示している。

【 0 0 7 4 】

変換部 2 4 は、入力された垂直方向加速度（波形 W 4 a）の包絡線を算出する。例えば、変換部 2 4 は、入力された垂直方向加速度の絶対値を算出し、その絶対値の包絡線を算出する。グラフ G 4 の波形 W 4 b は、入力された垂直方向加速度の包絡線を示している。

【 0 0 7 5 】

グラフ G 4 の横軸は時間である。従って、波形 W 4 b は、垂直方向加速度の包絡線の時間に対する変化を示している。変換部 2 4 は、この垂直方向加速度の包絡線の時間に対する変化を、記憶部 1 3 に記憶されている車両 5 と加速度センサー 2 との距離に対する変化に変換する。例えば、変換部 2 4 は、速度算出部 2 2 によって算出された車両 5 の速度を用いて、垂直方向加速度の包絡線の時間に対する変化を、記憶部 1 3 に記憶されている車

10

20

30

40

50

両 5 と加速度センサー 2 との距離に対する変化に変換する。

【 0 0 7 6 】

より具体的には、速度算出部 2 2 によって算出された車両 5 の速度は、床版 4 d 上の走行線 L 1 , L 2 ( 図 5 参照 ) を走行する車両 5 の単位時間あたりの移動距離を示している。従って、時々刻々における車両 5 の走行線 L 1 , L 2 上の位置 ( x ) が分かり、時々刻々における車両 5 と加速度センサー 2 との距離 ( D ) が分かるため、変換部 2 4 は、垂直方向加速度の包絡線の時間 ( 時々刻々 ) に対する変化を、車両 5 と加速度センサー 2 との距離に対する変化に変換できる。

【 0 0 7 7 】

なお、図 6 の波形 W 1 a , W 1 b に示したように、車両 5 と加速度センサー 2 との距離の関係は、車両 5 が走行する車線によって異なる。変換部 2 4 は、車線判定部 2 3 によって判定された車線に基づいて、参照すべき記憶部 1 3 の車両 5 と加速度センサー 2 との距離の関係を切替える。例えば、変換部 2 4 は、車線判定部 2 3 によって、車両 5 が加速度センサー 2 から遠い車線を走行していると判定された場合、図 6 の波形 W 1 a を参照して、垂直方向加速度の包絡線の時間に対する変化を、車両 5 と加速度センサー 2 との距離に対する変化に変換する。

【 0 0 7 8 】

図 1 2 は、車両 5 と加速度センサー 2 との距離に対する垂直方向加速度の包絡線の変化例を示した図である。図 1 1 に示すグラフ G 5 の横軸は、床版 4 d 上の車線を走行する車両 5 と加速度センサー 2 との距離を示し、縦軸は、垂直方向加速度の包絡線の振幅を示している。

【 0 0 7 9 】

波形 W 5 は、床版 4 d 上の車線を走行する車両 5 と加速度センサー 2 との距離に対する、垂直方向加速度の包絡線の変化を示している。すなわち、波形 W 5 は、図 1 1 に示した波形 W 4 b の時間軸を、車両 5 と加速度センサー 2 との距離に変換したときの垂直方向加速度の包絡線の変化を示している。

【 0 0 8 0 】

なお、図 1 2 では、橋の長さを「 3 0 m 」とし、車両 5 が走行線 L 1 を走行している場合の包絡線の変化を示している ( - 1 5 m x 1 5 m , l = 4 . 6 m ) 。従って、グラフ G 5 の横軸は式 ( 1 ) より、 $15 \cdot 7 \left( (15^2 + 4 \cdot 6^2)^{1/2} \right) \dots 4 \cdot 6 \dots 15 \cdot 7$  と変化している ( 図 6 の縦軸を参照 ) 。

【 0 0 8 1 】

上記したように車両 5 は、床版 4 d 上を走行しているとき、床版 4 d にインパクトを与えながら走行しているといえる。従って、床版 4 d に与えられるインパクトの位置は、時々刻々と変化している。例えば、床版 4 d に与えられるインパクトの位置は、図 5 に示した走行線 L 1 , L 2 上において、時々刻々と変化している。なお、床版 4 d に与えられるインパクトの位置は、走行線 L 1 , L 2 上において、一定に変化する。速度算出部 2 2 によって算出される車両 5 の速度 ( 車両 5 の単位時間あたりの移動距離 ) は、床版 4 d 上を走行する車両 5 の平均速度だからである。

【 0 0 8 2 】

以上より、グラフ G 5 の波形 W 5 は、走行線 L 1 , L 2 上のある位置において与えられたインパクトが、加速度センサー 2 に到達したときの振幅を示しているといえる。言い換えれば、波形 W 5 は、加速度センサー 2 からある距離離れた位置で与えられたインパクトの、加速度センサー 2 の位置における振幅を示しているといえる。従って、波形 W 5 から、床版 4 d の減衰係数を求めることができる。例えば、波形 W 5 と減衰モデルが示す波形とを比較することにより、床版 4 d の減衰係数を求めることができる。

【 0 0 8 3 】

図 4 の説明に戻る。減衰係数算出部 2 5 は、変換部 2 4 によって距離に対する変化に変換された、インパクトによる垂直方向加速度の包絡線に基づいて、床版 4 d の減衰係数を算出する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 4 】

図 1 3 は、減衰係数の算出の例を説明する図である。図 1 3 に示すグラフ G 6 の横軸は、床版 4 d 上を走行する車両 5 と加速度センサー 2 との距離を示し、縦軸は、垂直方向加速度の包絡線の振幅を示している。

## 【 0 0 8 5 】

減衰係数算出部 2 5 は、距離に対する変化に変換されたインパクトによる垂直方向加速度の包絡線を、その中央部で折り返す。例えば、減衰係数算出部 2 5 は、図 1 2 に示した波形 W 5 の左半分を、その中央部（例えば、「距離 = 4 . 6」）において折り返す。図 1 3 に示す波形 W 6 a は、図 1 2 の波形 W 5 の左半分の中央部で折り返した波形を示し、波形 W 6 b は、図 1 2 の波形 W 5 の右半分の波形を示している。

10

## 【 0 0 8 6 】

減衰係数算出部 2 5 は、減衰モデルの波形を、変換部 2 4 によって変換された垂直方向加速度の包絡線の半分の波形と、もう半分の折り返した波形とに最も近くなるように調整（フィッティング）する。減衰モデルは、例えば、ボルニッツ式であり、次の式（2）で示される。

## 【 0 0 8 7 】

## 【 数 2 】

$$B = \beta e^{\alpha x} \quad \cdots (2)$$

20

## 【 0 0 8 8 】

例えば、グラフ G 6 の波形 W 6 c は、ボルニッツ式の波形を示している。減衰係数算出部 2 5 は、ボルニッツ式の波形 W 6 c が、2 つの波形 W 6 a , W 6 b と最も近くなるように、式（2）の「 $\beta$ 」および「 $\alpha$ 」を調整する。

## 【 0 0 8 9 】

ボルニッツ式の指数項「 $\alpha$ 」は、構造物の減衰係数を示している。従って、減衰係数算出部 2 5 は、2 つの波形 W 6 a , W 6 b に最も近くなった波形 W 6 c の指数項「 $\alpha$ 」から、床版 4 d の減衰係数を算出（取得）できる。

## 【 0 0 9 0 】

30

なお、減衰係数算出部 2 5 は、インパクトによる垂直方向加速度の包絡線を、その中央部で折り返さなくてもよい。例えば、減衰係数算出部 2 5 は、波形 W 5 の左半分および右半分の一方の波形に、減衰モデルの波形をフィッティングさせてもよい。

## 【 0 0 9 1 】

また、上記では、グラフ G 6 の横軸を、床版 4 d 上を走行する車両 5 と加速度センサー 2 との距離としたが、床版 4 d 上の加速度センサー 2 の距離をゼロとした車線上の距離をグラフ G 6 の横軸としてもよい。

## 【 0 0 9 2 】

図 4 の説明に戻る。推定部 2 6 は、減衰係数算出部 2 5 によって算出された床版 4 d の減衰係数に基づいて、床版 4 d の異常発生を推定する。例えば、推定部 2 6 は、減衰係数算出部 2 5 によって算出された床版 4 d の減衰係数を時系列に取得する。そして、推定部 2 6 は、減衰係数の時系列における値が、所定期間内において、所定量を超えてシフトした場合、床版 4 d に異常が発生したと判定する。

40

## 【 0 0 9 3 】

推定部 2 6 は、このように床版 4 d の異常発生を推定することにより、外環境による減衰係数の変化と、床版 4 d の亀裂等の異常による減衰係数の変化とを区別することができる。例えば、床版 4 d の減衰係数は、温度、降雪、降雨、風などの外環境によって変動する。

## 【 0 0 9 4 】

一方、過積載の車両 5 が床版 4 d 上を通過し、床版 4 d にダメージが生じたとする。こ

50

の場合、減衰係数の時系列における値は、所定期間内において、所定量を超えてシフトする

。推定部 2 6 は、減衰係数の時系列における値が、所定期間内において所定量を超えてシフトした場合に、床版 4 d に異常が発生したと推定するので、ストレス等による床版 4 d の異常発生を適切に推定できる。

【 0 0 9 5 】

なお、出力部 1 4 は、推定部 2 6 によって推定された異常発生の結果を、表示装置に出力する。

【 0 0 9 6 】

図 1 4 は、計測装置 1 の動作例を示したフローチャートである。計測装置 1 は、例えば、所定の周期において、図 1 4 のフローチャートの処理を実行する。なお、記憶部 1 3 には、車両 5 の走行線 L 1 , L 2 ごとにおける、車両 5 と加速度センサー 2 との間の距離の関係が記憶されているとする。また、通信部 1 2 は、加速度センサー 2 から受信した加速度を記憶部 1 3 に記憶しているとする。

【 0 0 9 7 】

まず、フィルター部 2 1 は、記憶部 1 3 に記憶されている加速度センサー 2 の加速度を取得し、取得した加速度のフィルタリング処理を行う（ステップ S 1 ）。例えば、フィルター部 2 1 は、L P F によって、車両 5 の荷重によって生じる、床版 4 d の撓みによる周波数成分の垂直方向加速度および幅員方向加速度を通過させる。また、フィルター部 2 1 は、B P F によって、車両 5 のインパクトによる周波数成分の垂直方向加速度を通過させる。

【 0 0 9 8 】

次に、速度算出部 2 2 は、ステップ S 1 にてフィルタリング処理された、車両 5 の荷重によって生じる、床版 4 d の撓みによる垂直方向加速度に基づいて、床版 4 d を通過する車両 5 の通過速度を算出する（ステップ S 2 ）。

【 0 0 9 9 】

次に、車線判定部 2 3 は、ステップ S 1 にてフィルタリング処理された、車両 5 の荷重によって生じる、床版 4 d の撓みによる幅員方向加速度に基づいて、車両 5 が走行している床版 4 d の車線を判定する（ステップ S 3 ）。

【 0 1 0 0 】

次に、変換部 2 4 は、ステップ S 1 にてフィルタリング処理された、車両 5 のインパクトによる垂直方向加速度の包絡線を算出する（ステップ S 4 ）。例えば、変換部 2 4 は、図 1 1 に示す波形 W 4 b を算出する。

【 0 1 0 1 】

次に、変換部 2 4 は、ステップ S 2 にて算出された車両 5 の速度を用いて、ステップ S 4 にて算出された包絡線の時間に対する変化を、記憶部 1 3 に記憶されている車両 5 と加速度センサー 2 との距離に対する変化に変換する（ステップ S 5 ）。このとき、変換部 2 4 は、ステップ S 3 にて判定された車線に基づいて、記憶部 1 3 に記憶されている、走行線 L 1 , L 2 ごとにおける車両 5 と加速度センサー 2 との距離の関係を選択する。これにより、ステップ S 4 にて算出された包絡線（図 1 1 の波形 W 4 b ）の時間軸は、図 1 2 の波形 W 5 に示すように、車両 5 と加速度センサー 2 との距離の軸に変換される。

【 0 1 0 2 】

次に、減衰係数算出部 2 5 は、ステップ S 5 にて距離の軸に変換された、インパクトによる垂直方向加速度の包絡線に、減衰モデルが示す波形をフィッティングさせる（ステップ S 6 ）。

【 0 1 0 3 】

次に、減衰係数算出部 2 5 は、ステップ S 6 にてフィッティングさせた減衰モデルの波形の式の指数項から、床版 4 d の減衰係数を算出する（ステップ S 7 ）。

【 0 1 0 4 】

次に、推定部 2 6 は、ステップ S 7 にて算出された減衰係数の時系列における値が、所

10

20

30

40

50

定の期間内において、所定量を超えてシフトしたか否か判定する（ステップ S 8）。推定部 26 は、減衰係数の時系列における値が、所定の期間内において、所定量を超えてシフトしたと判定した場合（S 8 の「Yes」）、処理をステップ S 9 に移行する。推定部 26 は、減衰係数の時系列における値が、所定の期間内において、所定量を超えてシフトしていないと判定した場合（S 8 の「No」）、当該フローチャートの処理を終了する。

【0105】

推定部 26 は、ステップ S 8 にて、減衰係数の時系列における値が、所定の期間内において、所定量を超えてシフトしていると判定した場合（S 8 の「Yes」）、床版 4 d に異常が発生したと推定する（ステップ S 9）。

【0106】

次に、出力部 14 は、ステップ S 9 にて推定された異常発生を表示装置に出力する（ステップ S 10）。そして、出力部 14 は、当該フローチャートの処理を終了する。

【0107】

なお、上記フローチャートでは、計測装置 1 は、所定の周期において、図 14 のフローチャートの処理を実行するとしたが、通信部 12 が加速度センサー 2 から加速度を受信したときに、図 14 のフローチャートの処理を実行してもよい。

【0108】

また、ステップ S 2 の処理とステップ S 3 の処理は、順序が逆になってもよい。

【0109】

このように、計測装置 1 の変換部 24 は、加速度センサー 2 の信号の時間変化を、床版 4 d 上を走行する車両 5 と加速度センサー 2 との距離に対する変化に変換する。そして、減衰係数算出部 25 は、変換部 24 によって距離に対する変化に変換された信号に基づいて、床版 4 d の減衰係数を算出する。これにより、計測装置 1 は、車両 5 の床版 4 d 上の走行から、床版 4 d の減衰係数を容易に得ることができる。

【0110】

なお、上記では、加速度センサー 2 を床版 4 d に設置し、床版 4 d の振動を加速度として検出したが、床版 4 d に振動センサーやマイクロフォン等を設置してもよい。そして、計測装置 1 は、振動センサーやマイクロフォンから得られる信号から、床版 4 d の減衰係数を算出してもよい。すなわち、計測装置 1 は、床版 4 d を伝わる振動の振幅信号または音信号から、床版 4 d の減衰係数を算出してもよい。

【0111】

また、変換部 24 は、車両のインパクトによる垂直方向加速度の包絡線を算出したが、車両のインパクトによる幅員方向加速度の包絡線を算出してもよい。そして、減衰係数算出部 25 は、車両 5 のインパクトによる幅員方向加速度の包絡線に基づいて、減衰係数を算出してもよい。なお、垂直方向加速度の方が、幅員方向加速度より大きく変化するので、変換部 24 は、垂直方向加速度の包絡線を算出するのが望ましい。

【0112】

また、減衰係数算出部 25 は、床版 4 d の減衰係数を算出するとしたが、減衰率や対数減衰率を算出してもよい。減衰係数算出部 25 は、次の式によって、床版 4 d の減衰率および対数減衰率を算出できる。

【0113】

$$= (-r / \quad)$$

【0114】

$$= 2$$

【0115】

上記式の「r」は、減衰係数である。「 $\quad$ 」は、フィルター部 21 から出力される、インパクトによる垂直方向加速度の周波数（例えば、40 Hz）である。

【0116】

また、記憶部 13 には、3 車線以上における車両 5 と加速度センサー 2 との距離の関係を記憶してもよい。これにより、計測装置 1 は、床版 4 d が 3 以上の車線を有する場合で

10

20

30

40

50

も、減衰係数を算出できる。なお、この場合、車線判定部 23 は、幅員方向加速度の符号に加え、幅員方向加速度の大きさに基づいて、車両 5 がどの車線を走行しているか判定する。

#### 【0117】

また、計測装置 1 は、算出した減衰係数とともに、床版 4d 上を走行する車両 5 の運動解析結果を出力部 14 に出力してもよい。例えば、速度算出部 22 は、算出した車両 5 の速度を出力部 14 に出力してもよい。また、速度算出部 22 は、図 8 に示した垂直方向変位の大きさから、車両 5 の重量を算出し、出力部 14 に出力してもよい。また、車線判定部 23 は、判定した車両 5 の走行車線を出力部 14 に出力してもよい。

#### 【0118】

また、上記では、変換部 24 は、記憶部 13 に記憶されている車線を走行する車両 5 と、床版 4d に設けられた加速度センサー 2 との間の距離の関係をを用いて、加速度センサー 2 から出力される加速度を、時間軸の信号から距離の軸の信号に変換したがこれに限られない。例えば、変換部 24 は、走行線が不明の場合、車両 5 に搭載された GPS（慣性航法システム）から車両 5 の位置情報を取得し、加速度の時間軸の信号を距離の軸に変換してもよい。また、車両 5 の位置情報は、走行線が円軌道を描く場合、回転方位角から取得されることもできる。また、移動体の軌道が固定されている場合（例えば、ジェットコースター等のレール）、移動体の位置情報は、軌道情報を用いて取得されることもできる。また、移動体の位置が制御される場合（例えば、大型プリンターのヘッド等）、移動体の位置情報は、移動体の位置を制御する制御器から取得されることもできる。また、移動体の位置情報は、撮像装置から取得されることもできる。

#### 【0119】

また、減衰係数を算出する構造物および構造物上を移動する移動体は、橋梁 4 および車両 5 に限られない。駐車場、ジェットコースター等の遊戯施設、または大型プリンターなどの大型機械装置にも適用することができる。

#### 【0120】

〔変形例〕床版 4d に車両 5 が進入する前、または床版 4d から車両 5 が退出した後においても、床版 4d に加速度が生じている場合がある。例えば、車両 5 が床版 4d に近づくとき、または床版 4d から遠ざかるとき、車両 5 の振動が、橋脚 4a や橋台 4b、隣接する床版 4e を介して、床版 4d に伝達する場合がある。

#### 【0121】

このような場合、加速度センサー 2 は、車両 5 が床版 4d 上を走行していないときの加速度も検出する。そのため、変換部 24 は、床版 4d 上における、車両 5 のインパクトによる包絡線を適切に算出できない。例えば、床版 4d に伝達する振動によって、図 11 に示した時刻  $t_1$  の前および時刻  $t_2$  の後においても、垂直方向加速度が検出される。そのため、変換部 24 は、床版 4d 上を走行していないときの包絡線も、車両 5 のインパクトによる垂直方向加速度の包絡線として算出してしまう。

#### 【0122】

そこで、車両 5 の床版 4d への進入および退出を検出する検出装置を橋梁 4 に設置する。例えば、赤外線センサー等の車両 5 の通過を検出する検出装置を、床版 4d の車両 5 が入退出する位置に設置する。

#### 【0123】

変換部 24 は、検出装置による、車両 5 の床版 4d への進入および退出の検出タイミングに応じて、車両 5 の床版 4d への進入時刻および退出時刻を取得する。そして、変換部 24 は、フィルター部 21 から出力される垂直方向加速度に対し、車両 5 の床版 4d への進入時刻から退出時刻までを切り出す（抽出する）。これにより、変換部 24 は、床版 4d 上を走行する車両 5 のインパクトによる垂直方向加速度を適切に取得でき、その包絡線を適切に算出できる。

#### 【0124】

同様に、速度算出部 22 も、床版 4d に伝達する振動によって、速度を適切に算出でき

10

20

30

40

50

ない場合がある。例えば、床版 4 d に伝達する振動によって、図 8 に示した時刻  $t_1$  の前および時刻  $t_2$  の後においても、垂直方向変位が出現した場合、速度算出部 2 2 は、床版 4 d 上を通過する車両 5 の速度を適切に算出できない。

【 0 1 2 5 】

そこで、速度算出部 2 2 は、検出装置による、車両 5 の床版 4 d への進入および退出の検出タイミングに応じて、車両 5 の床版 4 d への進入時刻および退出時刻を取得する。速度算出部 2 2 は、取得した進入時刻および退出時刻から、適切に床版 4 d 上を走行する車両 5 の速度を算出することができる。

【 0 1 2 6 】

以上、本発明について実施形態を用いて説明したが、計測装置 1 の機能構成は、計測装置 1 の構成を理解容易にするために、主な処理内容に応じて分類したものである。構成要素の分類の仕方や名称によって、本願発明が制限されることはない。計測装置 1 の構成は、処理内容に応じて、さらに多くの構成要素に分類することもできる。また、1つの構成要素がさらに多くの処理を実行するように分類することもできる。また、各構成要素の処理は、1つのハードウェアで実行されてもよいし、複数のハードウェアで実行されてもよい。

10

【 0 1 2 7 】

また、上述したフローチャートの各処理単位は、計測装置 1 の処理を理解容易にするために、主な処理内容に応じて分割したものである。処理単位の分割の仕方や名称によって、本願発明が制限されることはない。計測装置 1 の処理は、処理内容に応じて、さらに多くの処理単位に分割することもできる。また、1つの処理単位がさらに多くの処理を含むように分割することもできる。

20

【 0 1 2 8 】

また、本発明の技術的範囲は上記実施形態に記載の範囲には限定されない。上記実施形態に多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者には明らかである。また、そのような変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。また、本発明は、計測装置 1 の減衰係数算出方法、および計測装置 1 の減衰係数算出方法を実現するプログラム、および当該プログラムを記憶した記憶媒体として提供することもできる。

【 符号の説明 】

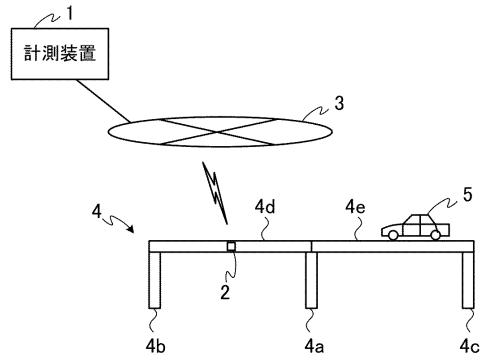
30

【 0 1 2 9 】

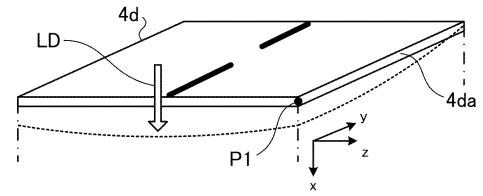
1 ... 計測装置、2 ... 加速度センサー、3 ... 通信ネットワーク、4 ... 橋梁、4 a ... 橋脚、4 b , 4 c ... 橋台、4 d , 4 e ... 床版、4 d a ... 側面、5 ... 車両、4 f ~ 4 i ... 主桁、1 1 ... 制御部、1 2 ... 通信部、1 3 ... 記憶部、1 4 ... 出力部、1 5 ... 操作部、2 1 ... フィルター部、2 2 ... 速度算出部、2 3 ... 車線判定部、2 4 ... 変換部、2 5 ... 減衰係数算出部、2 6 ... 推定部。



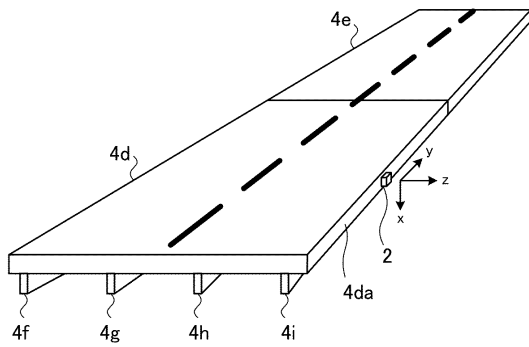
【図 1】



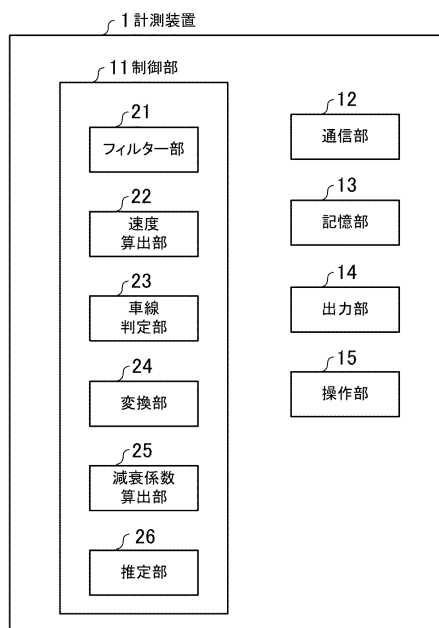
【図 3】



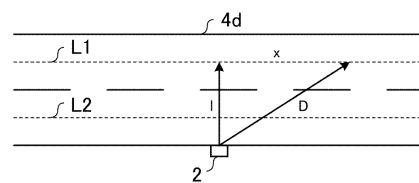
【図 2】



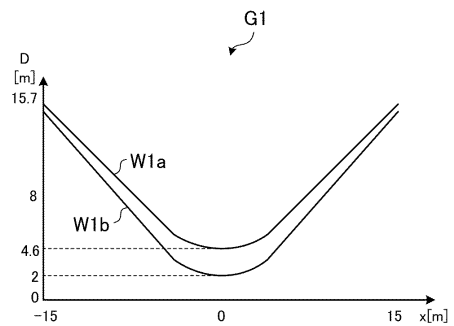
【図 4】



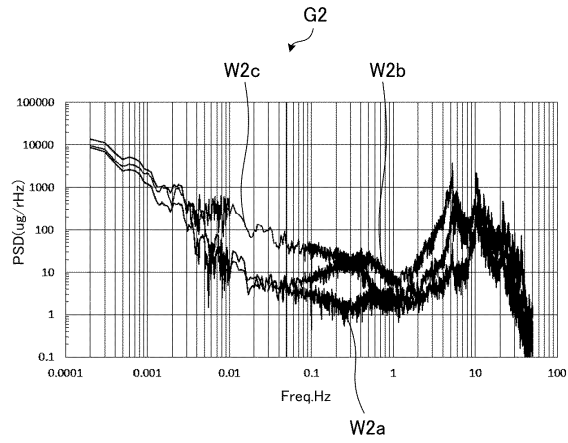
【図 5】



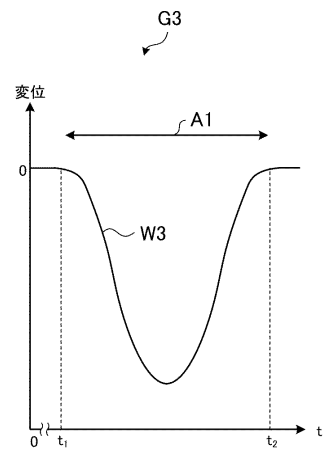
【図 6】



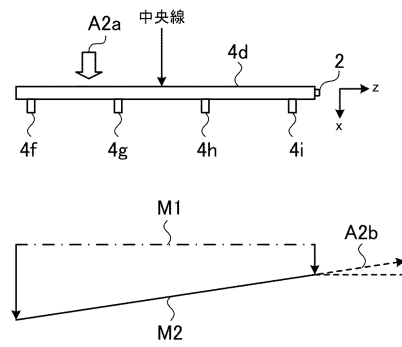
【図 7】



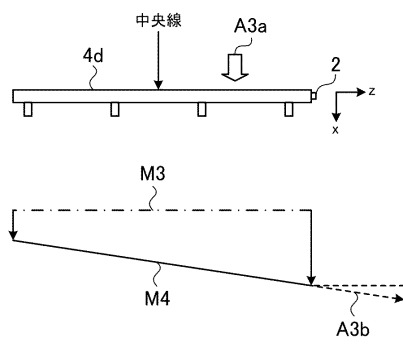
【図 8】



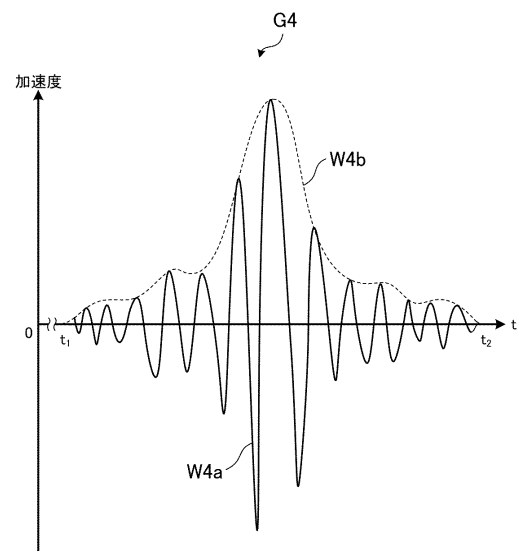
【図 9】



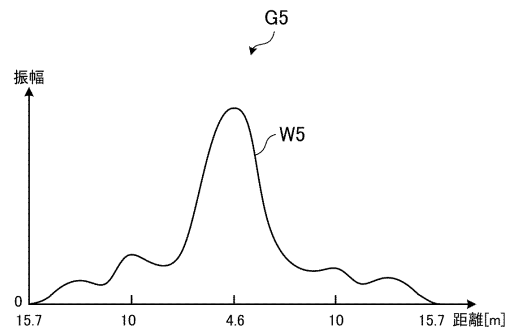
【図 10】



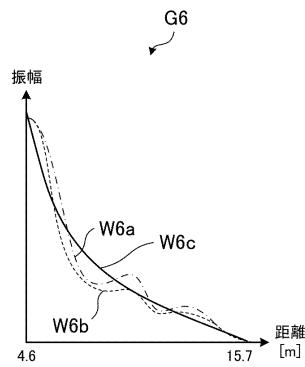
【図 11】



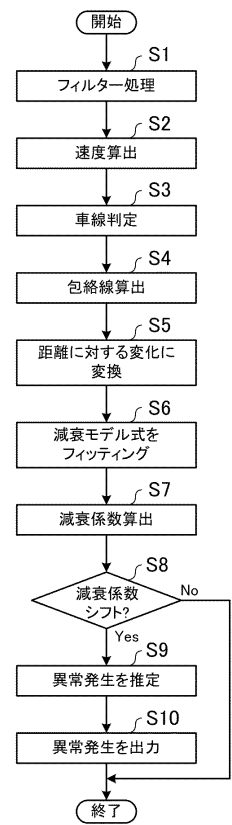
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



---

フロントページの続き

審査官 岡村 典子

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 0 9 8 6 8 6 ( J P , A )  
特開 2 0 1 6 - 0 9 9 2 8 8 ( J P , A )  
特開平 0 3 - 1 7 0 8 2 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 4 - 0 6 9 5 9 8 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 H        1 / 0 0 - 1 / 1 6  
G 0 1 H        1 7 / 0 0  
G 0 1 M        5 / 0 0  
G 0 1 M        9 9 / 0 0