(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7月29日(29.07.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/149192 A1

(51) 国際特許分類:
G01H 9/00 (2006.01) *H02G 1/02* (2006.01)
G01D 5/353 (2006.01) *G02B 6/48* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/002132

(22) 国際出願日： 2020年1月22日(22.01.2020)

(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: 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 榮 純明 (SAKAE Yoshiaki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 多賀戸 裕樹 (TAGATO Hiroki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 磯山 和彦 (ISOYAMA Kazuhiko); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 西岡 淳 (NISHIOKA Jun); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 小林 佑嗣 (KOBAYASHI Yuji); 〒1088001 東京都港区芝五丁目７番１号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

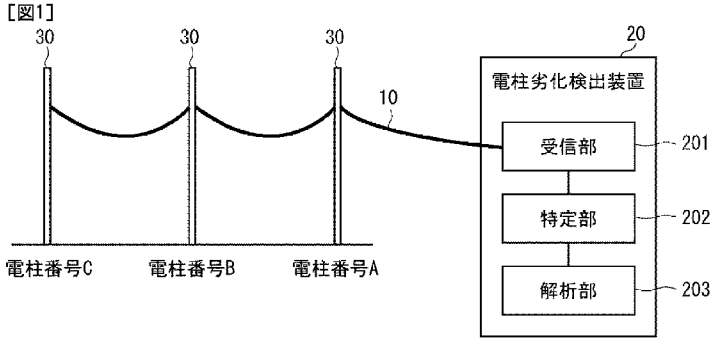
(74) 代理人: 家入 健 (IEIRI Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目３３番８ アサヒビルヂング５階 響国際特許事務所 Kanagawa (JP).

(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, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) **Title:** UTILITY POLE DEGRADATION DETECTION SYSTEM, UTILITY POLE DEGRADATION DETECTION METHOD, AND UTILITY POLE DEGRADATION DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称： 電柱劣化検出システム、電柱劣化検出方法、及び電柱劣化検出装置

[図1]



20... UTILITY POLE DEGRADATION DETECTION DEVICE
30... UTILITY POLE NO.
201... RECEIVING UNIT
202... IDENTIFYING UNIT
203... ANALYZING UNIT

(57) **Abstract:** A utility pole degradation detection system according to the present disclosure comprises: a sensing optical fiber (10) connecting a plurality of utility poles (30); a receiving unit (201) that receives vibration information detected by the sensing optical fiber (10); an identifying unit (202) that identifies the intrinsic frequency of each of the plurality of utility poles (30) on the basis of the vibration information; and an analyzing unit (203) that analyzes the degradation state of at least one of the plurality of utility poles (30) on the basis of the respective intrinsic frequencies of the plurality of utility poles (30).

(57) 要約：本開示に係る電柱劣化検出システムは、複数の電柱（３０）に敷設されたセンシング用光ファイバ（１０）と、センシング用光ファイバ（１０）が検知した振動情報を受信する受信部（２０１）と、振動情報に基づき、複数の電柱（３０）のそれぞれの固有振動数を特定する特定部（２０２）と、複数の電柱（３０）のそれぞれの固有振動数に基づき、複数の電柱（３０）のうち少なくとも１つの電柱（３０）の劣化状態を解析する解析部（２０３）と、を備える。

WO 2021/149192 A1

[続葉有]

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

明　細　書

発明の名称 ：

電柱劣化検出システム、電柱劣化検出方法、及び電柱劣化検出装置

技術分野

[0001] 本開示は、電柱劣化検出システム、電柱劣化検出方法、及び電柱劣化検出装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、電柱の異常検出は、人手によって行われていることが多く、例えば、作業員が目視のみで異常を判断したり、電柱を叩いた音等で異常を判断したりしていた。しかし、人手によって電柱の異常検出を行う場合、コスト・時間が多大にかかり、異常の発見や対処が遅れてしまうことがある。

そのため、最近は、電柱の異常を、光ファイバを用いて監視するシステムが提案されている（例えば、特許文献１，２）。

[0003] 特許文献１に記載の技術においては、電柱の上下方向に直線状又は螺旋状に光ファイバを敷設する。自動車の衝突で電柱が折損すると、光ファイバに強い曲りが生じ、光ファイバの内部を伝搬される光信号に損失が発生する。そのため、この損失による損失量をＯＴＤＲ（Optical Time-Domain Reflectometry）測定により検出することで、複数の電柱のいずれかに折損が発生したことを検出する。

[0004] また、特許文献２に記載の技術においては、電柱への営巣の検出用の光ファイバである営巣検出用心線を敷設する。電柱への営巣により営巣検出用心線がたわむと、営巣検出用心線に曲げや引っ張り等の歪みが生じ、営巣検出用心線の内部を伝搬される光信号の強度が減衰する。そのため、この減衰による損失量をＯＴＤＲ測定により検出することで、電柱に営巣がなされたことを検出する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２００８－０６７４６７号公報

特許文献2：特開２０１５－０５３８３２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、特許文献１，２に記載の技術においては、光ファイバに強い応力がかかった場合の光信号の損失量を監視することで電柱の異常検出を行っている。

したがって、電柱への営巣や折損等の極端な状態は検出することができるものの、電柱の劣化のような、光ファイバへの応力にほとんど影響しないような状態の検出は困難であるという課題がある。

[0007] そこで本開示の目的は、上述した課題を解決し、電柱の劣化状態を高精度に検出することができる電柱劣化検出システム、電柱劣化検出方法、及び電柱劣化検出装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 一態様による電柱劣化検出システムは、

複数の電柱に敷設されたセンシング用光ファイバと、

前記センシング用光ファイバが検知した振動情報を受信する受信部と、

前記振動情報に基づき、前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数を特定する特定部と、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する解析部と、

を備える。

[0009] 一態様による電柱劣化検出方法は、

電柱劣化検出システムによる電柱劣化検出方法であって、

複数の電柱に敷設されたセンシング用光ファイバが検知した振動情報を受信する受信ステップと、

前記振動情報に基づき、前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数を特定する特定ステップと、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する解析ステップと、

を含む。

[0010] 一態様による電柱劣化検出装置は、

複数の電柱に敷設されたセンシング用光ファイバが検知した振動情報を受信する受信部と、

前記振動情報に基づき、前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数を特定する特定部と、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する解析部と、

を備える。

発明の効果

[0011] 上述の態様によれば、電柱の劣化状態を高精度に検出することができる電柱劣化検出システム、電柱劣化検出方法、及び電柱劣化検出装置を提供できるという効果が得られる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施の形態１に係る電柱劣化検出システムの構成例を示す図である。

[図2]実施の形態１に係る特定部が保持する対応テーブルの内容の例を示す図である。

[図3]実施の形態１に係る電柱劣化検出システムの全体動作の流れの例を示すフロー図である。

[図4]実施の形態２に係る電柱劣化検出装置の構成例を示すブロック図である。

[図5]実施の形態２に係る電柱ＤＢの内容の例を示す図である。

[図6]実施の形態２に係るクラスタリング部によるクラスタリング動作の例を示す図である。

[図7]実施の形態２に係る標準固有振動数ＤＢの内容の例を示す図である。

[図8]実施の形態２に係る電柱劣化検出システムにおいて、固有振動数に対す

る寄与率の高い特徴を算出する動作の流れの例を示すフロー図である。

[図9]実施の形態２に係る電柱劣化検出システムにおいて、クラスタ毎の標準固有振動数を算出する動作の流れの例を示すフロー図である。

[図10]実施の形態２に係る電柱劣化検出システムにおいて、解析対象の電柱の劣化状態を解析する動作の流れの例を示すフロー図である。

[図11]実施の形態に係る電柱劣化検出装置を実現するコンピュータのハードウェア構成の例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、図面を参照して本開示の実施の形態について説明する。なお、以下の記載及び図面は、説明の明確化のため、適宜、省略及び簡略化がなされている。また、以下の各図面において、同一の要素には同一の符号が付されており、必要に応じて重複説明は省略されている。

[0014] ＜実施の形態１＞

まず、図１を参照して、本実施の形態１に係る電柱劣化検出システムの構成例について説明する。なお、図１においては、説明の簡略化のため、３つの電柱３０を示しているが、電柱３０の数は２つ以上であれば良い。また、図１に示される３つの電柱３０は、それぞれ電柱番号がＡ，Ｂ，Ｃであるとする。

[0015] 図１に示されるように、本実施の形態１に係る電柱劣化検出システムは、センシング用光ファイバ１０及び電柱劣化検出装置２０を備えている。また、電柱劣化検出装置２０は、受信部２０１、特定部２０２、及び解析部２０３を備えている。

[0016] センシング用光ファイバ１０は、複数の電柱３０（図１では３つの電柱３０）に敷設されている。センシング用光ファイバ１０は、１以上のセンシング用光ファイバ１０を被覆して構成されるケーブルの態様で電柱３０に敷設されても良い。また、センシング用光ファイバ１０は、既存の通信用光ファイバであっても良いし、新設した光ファイバであっても良い。

[0017] 受信部２０１は、センシング用光ファイバ１０にパルス光を入射し、パル

ス光がセンシング用光ファイバ１０を伝送されることに伴い発生した反射光や散乱光を、センシング用光ファイバ１０を経由して、戻り光（光信号）として受信する。

[0018] ここで、電柱３０は、地面の自然振動、近隣を走る自動車、風等の影響を受けて、少なからず振動している。電柱３０の振動は、センシング用光ファイバ１０に伝達され、センシング用光ファイバ１０を伝送される戻り光の特性（例えば、波長）が変化する。そのため、センシング用光ファイバ１０は、電柱３０に発生した振動を示す振動情報を検知可能である。また、センシング用光ファイバ１０を伝送される戻り光は、センシング用光ファイバ１０が検知した電柱３０の振動情報に応じて特性が変化することから、センシング用光ファイバ１０が検知した電柱３０の振動情報を含んでいる。

[0019] また、電柱３０の振動情報は、動的に変動するパターンであって、振動の強弱、振動位置、振動数の変動の推移等が異なる固有の振動パターンを示している。そのため、特定部２０２は、振動情報が示す電柱３０の振動パターンの動的変化を分析することにより、その電柱３０の固有振動数を特定することが可能となる。

[0020] また、特定部２０２は、複数の電柱３０毎に、その電柱３０の電柱番号と位置情報（電柱劣化検出装置２０からの距離を示す位置情報）とを対応付けた対応テーブルを予め保持しておく。図２に対応テーブルの内容の例を示す。

[0021] また、特定部２０２は、例えば、受信部２０１がセンシング用光ファイバ１０にパルス光を送信してから戻り光を受信するまでの時間差や、受信部２０１が受信した戻り光の強度等に基づき、その戻り光がセンシング用光ファイバ１０上のどの位置（電柱劣化検出装置２０からの距離）で発生したかを特定することが可能である。

[0022] そのため、特定部２０２は、戻り光が発生したセンシング用光ファイバ１０上の位置を、図２に示される対応テーブルと照合することで、その戻り光がどの電柱３０で発生したものであるかを特定することが可能である。

[0023] そこで、特定部２０２は、受信部２０１が受信した戻り光の中から、複数の電柱３０のそれぞれにて発生した戻り光を特定し、特定した戻り光に含まれる振動情報に基づき、複数の電柱３０のそれぞれの固有振動数を特定する。

[0024] ここで、電柱３０は、クラック、内部腐食等の発生により劣化すると、固有振動数が低下する。そのため、解析部２０３は、複数の電柱３０のそれぞれの固有振動数に基づき、複数の電柱３０のうちの少なくとも１つの電柱３０の劣化状態を解析することが可能となる。

[0025] このとき、解析部２０３は、複数の電柱３０のそれぞれの固有振動数の分布を示す分布情報に基づき、複数の電柱３０のうちの少なくとも１つの電柱３０の劣化状態を解析しても良い。例えば、解析部２０３は、他の電柱３０と比較して、固有振動数が低下している電柱３０があれば、その電柱３０は劣化していると解析することができる。

[0026] また、複数の電柱３０のそれぞれは、固有の特徴（例えば、電柱３０が設置されている設置路面の種類、電柱３０の材質、密度、太さ、長さ、及び土被り深さ、電柱３０が支えている電線の種類、太さ、及び数等）を有している。そのため、電柱３０の固有振動数は、電柱３０の特徴によっても異なると考えられる。

[0027] そこで、解析部２０３は、複数の電柱３０のそれぞれの特徴に基づき、複数の電柱３０をクラスタにクラスタリングし、同一のクラスタに属する１つ以上の電柱３０のそれぞれの固有振動数の分布情報に基づき、そのクラスタに属する少なくとも１つの電柱３０の劣化状態を解析しても良い。これにより、電柱３０の特徴の影響を排除した上で、電柱３０の固有振動数の分布に基づき、そのクラスタに属する電柱３０の劣化状態を解析できるため、電柱３０の劣化状態の解析精度の向上を図ることができる。

[0028] ただし、電柱３０の各特徴の中には、固有振動数に対する寄与率が高い特徴と寄与率が低い特徴とが含まれると考えられる。そのため、固有振動数に対する寄与率が高い特徴が互いに類似する電柱３０同士が、同一のクラスタ

に属するように、クラスタリングを行うことで、電柱３０の劣化状態の解析精度のさらなる向上を図ることができると考えられる。

[0029] そこで、解析部２０３は、電柱３０の各特徴の中から固有振動数に対する寄与率が高い特徴を特定し、複数の電柱３０のそれぞれの、特定した特徴に基づき、複数の電柱３０をクラスタにクラスタリングしても良い。これにより、電柱３０の劣化状態の解析精度のさらなる向上を図ることができる。なお、電柱３０の各特徴の中から固有振動数に対する寄与率が高い特徴を特定する方法としては、例えば、重回帰分析を行って、電柱３０の各特徴の固有振動数に対する寄与率を算出する方法等が考えられるが、これには限定されない。

[0030] また、電柱３０の劣化状態を解析する場合には、健全な電柱３０（例えば、新設された電柱３０等）と固有振動数を比較することにより、劣化状態を解析することが好適であると考えられる。

[0031] そこで、解析部２０３は、複数の電柱３０のそれぞれの健全性を示す健全性情報を保持しても良い。そして、解析部２０３は、同一のクラスタに属する健全な１つ以上の電柱３０のそれぞれの固有振動数の分布情報に基づき、そのクラスタに属する少なくとも１つの電柱３０の劣化状態を解析しても良い。より具体的には、解析部２０３は、同一のクラスタに属する健全な１つ以上の電柱３０のそれぞれの固有振動数の分布情報に基づき、そのクラスタに属する健全な電柱３０の標準的な固有振動数である標準固有振動数を算出し、そのクラスタの標準固有振動数と、そのクラスタに属する解析対象の電柱３０の固有振動数と、に基づき、解析対象の電柱３０の劣化状態を解析しても良い。これにより、電柱３０の劣化状態の解析精度のさらなる向上を図ることができる。

[0032] 続いて、図３を参照して、本実施の形態１に係る電柱劣化検出システムの全体動作の流れの例について説明する。

図３に示されるように、受信部２０１は、センシング用光ファイバ１０から、センシング用光ファイバ１０が検知した振動情報を含む戻り光を受信す

る（ステップＳ１０１）。

[0033] 続いて、特定部２０２は、受信部２０１が受信した戻り光に含まれる振動情報に基づき、複数の電柱３０のそれぞれの固有振動数を特定する（ステップＳ１０２）。

その後、解析部２０３は、特定部２０２が特定した複数の電柱３０のそれぞれの固有振動数に基づき、複数の電柱３０のうちの少なくとも１つの電柱３０の劣化状態を解析する（ステップＳ１０３）。

[0034] 上述したように本実施の形態１によれば、受信部２０１は、センシング用光ファイバ１０が検知した振動情報を受信し、特定部２０２は、振動情報に基づき、複数の電柱３０のそれぞれの固有振動数を特定し、解析部２０３は、複数の電柱３０のそれぞれの固有振動数に基づき、複数の電柱３０のうちの少なくとも１つの電柱３０の劣化状態を解析する。そのため、電柱３０の劣化状態を高精度に検出することができる。

[0035] また、本実施の形態１によれば、センシング用光ファイバ１０を用いて、一斉かつリモートで複数の電柱３０の劣化状態を解析することができるため、電柱３０の劣化状態の把握が容易となると共に、電柱３０の劣化状態の把握のためのコストも低減することができる。

[0036] また、本実施の形態１によれば、センシング用光ファイバ１０として、既存の通信用光ファイバを用いることができる。その場合、電柱３０の劣化状態を検出するには、既存の通信用光ファイバがあれば良く、特許文献１のように、電柱の上下方向に直線状又は螺旋状に光ファイバを敷設したり、特許文献２のように、営巣検出用心線を敷設したりする必要はない。したがって、電柱３０の劣化状態を検出するための専用構造を必要としないため、電柱劣化検出システムを安価に構築することができる。

[0037] また、本実施の形態１によれば、センシング用光ファイバ１０をセンサとして用いる光ファイバセンシング技術を利用する。そのため、電磁ノイズの影響を受けない、センサへの給電が不要になる、環境耐性に優れる、メンテナンスが容易になる等の利点が得られる。

[0038] ＜実施の形態２＞

本実施の形態２に係る電柱劣化検出システムは、上述した実施の形態１に係る電柱劣化検出システムをより具体化したものである。具体的には、本実施の形態２に係る電柱劣化検出システムは、上述した実施の形態１の電柱劣化検出装置２０を、電柱劣化検出装置２０Ａに置き換えたものであり、外観的なシステム構成は、上述した実施の形態１と同様である。

[0039] そこで、以下では、図４を参照して、本実施の形態２に係る電柱劣化検出装置２０Ａの構成例について説明する。なお、図４に示されるセンシング用光ファイバ１０は、上述した実施の形態１と同様に、複数の電柱３０に敷設されているものとする。

[0040] 図４に示されるように、本実施の形態２に係る電柱劣化検出装置２０Ａは、受信部２１１、収集部２１２、固有振動数算出部２１３、寄与率解析部２１４、電柱ＤＢ（Database）２１５、クラスタリング部２１６、標準固有振動数算出部２１７、標準固有振動数ＤＢ２１８、及び、劣化度算出部２１９を備えている。

[0041] ここで、受信部２１１が、図１の受信部２０１に対応する。また、収集部２１２及び固有振動数算出部２１３の組み合わせが、図１の特定部２０２に対応する。また、寄与率解析部２１４、電柱ＤＢ２１５、クラスタリング部２１６、標準固有振動数算出部２１７、標準固有振動数ＤＢ２１８、及び、劣化度算出部２１９の組み合わせが、図１の解析部２０３に対応する。

[0042] 受信部２１１は、センシング用光ファイバ１０にパルス光を入射し、パルス光がセンシング用光ファイバ１０を伝送されることに伴い発生した反射光や散乱光を、センシング用光ファイバ１０を経由して、戻り光として受信する。受信部２１１が受信した戻り光は、複数の電柱３０のそれぞれで発生した戻り光を含んでいる。また、それぞれの戻り光は、対応する電柱３０で発生した振動を示す振動情報を含んでいる。

[0043] 電柱ＤＢ２１５は、センシング用光ファイバ１０が敷設された複数の電柱３０毎に、その電柱３０の電柱番号、その電柱３０の健全性を示す健全性情

報、その電柱３０の位置情報（電柱劣化検出装置２０Ａからの距離を示す位置情報）、及び、その電柱３０の特徴（例えば、電柱３０が設置されている設置路面の種類、電柱３０の材質、密度、太さ、長さ、及び土被り深さ、電柱３０が支えている電線の種類、太さ、及び数等）等が登録されたデータベースである。図５に電柱ＤＢ２１５の内容の例を示す。

[0044] 収集部２１２は、受信部２１１が受信した戻り光に含まれる振動情報を収集する。

収集部２１２は、例えば、受信部２１１がセンシング用光ファイバ１０にパルス光を送信してから戻り光を受信するまでの時間差や、受信部２１１が受信した戻り光の強度等に基づき、その戻り光がセンシング用光ファイバ１０上のどの位置（電柱劣化検出装置２０Ａからの距離）で発生したかを特定することが可能である。

また、電柱ＤＢ２１５には、上述のように、複数の電柱３０毎に、その電柱３０の電柱番号及び位置情報が登録されている。

[0045] そのため、収集部２１２は、戻り光が発生したセンシング用光ファイバ１０上の位置を、電柱ＤＢ２１５と照合することで、その戻り光がどの電柱３０で発生したものであるかを特定することが可能である。従って、収集部２１２は、特定の電柱３０の振動情報を収集することが可能である。

[0046] なお、収集部２１２は、電柱ＤＢ２１５を用いることに限定されない。例えば、収集部２１２は、上述した実施の形態１に係る図２のような対応テーブルを自身が保持し、その対応テーブルを用いて、戻り光がどの電柱３０で発生したものであるかを特定しても良い。

[0047] 固有振動数算出部２１３は、収集部２１２が収集した電柱３０の振動情報に基づき、その電柱３０の固有振動数を算出する。収集部２１２が収集した電柱３０の振動情報は、その電柱３０に固有の振動パターンであって、動的に変動する振動パターンを示している。そのため、固有振動数算出部２１３は、電柱３０の振動パターンの動的変化を分析することにより、その電柱３０の固有振動数を算出することが可能である。

[0048] 寄与率解析部２１４は、電柱ＤＢ２１５に登録されている電柱３０の各特徴の中から、固有振動数に対する寄与率が高い特徴Ｔｏｐ　Ｋを算出し、算出した特徴Ｔｏｐ　Ｋを保持する。特徴Ｔｏｐ　Ｋは、１つの特徴のみを含んでも良いし、複数の特徴を含んでも良い。寄与率解析部２１４において、特徴Ｔｏｐ　Ｋを算出する方法としては、例えば、重回帰分析を行って、電柱３０の各特徴の、固有振動数に対する寄与率を算出する方法等が考えられる。ただし、特徴Ｔｏｐ　Ｋの算出方法は、これには限定されない。

[0049] クラスタリング部２１６は、センシング用光ファイバ１０が敷設されている複数の電柱３０のうちの健全な１つ以上の電柱３０を、クラスタにクラスタリングする。このクラスタリング動作の概念を図６に示す。図６に示されるように、クラスタリング部２１６は、健全な１つ以上の電柱３０を、まず、固有振動数算出部２１３が算出した固有振動数に基づき、クラスタにクラスタリングし、さらに、寄与率解析部２１４が算出した特徴Ｔｏｐ　Ｋに基づき、クラスタにクラスタリングする。

[0050] 標準固有振動数算出部２１７は、クラスタリング部２１６がクラスタリングしたクラスタ毎に、そのクラスタに属する健全な１つ以上の電柱３０のそれぞれの固有振動数の分布情報に基づき、統計的に、そのクラスタに属する健全な電柱３０の標準的な固有振動数である標準固有振動数を算出する。標準固有振動数算出部２１７において、あるクラスタの標準固有振動数を算出する方法としては、例えば、そのクラスタに属する健全な１つ以上の電柱３０の固有振動数の平均値、中央値、最頻値等を、標準固有振動数として算出する方法等が考えられる。ただし、標準固有振動数の算出方法は、これには限定されない。

[0051] 標準固有振動数ＤＢ２１８は、クラスタリング部２１６がクラスタリングしたクラスタ毎に、そのクラスタに属する電柱３０の電柱番号、そのクラスタの標準固有振動数等が登録されたデータベースである。図７に標準固有振動数ＤＢ２１８の内容の例を示す。

[0052] クラスタリング部２１６は、解析対象の電柱３０の劣化状態を解析する場

合、電柱ＤＢ２１５に登録されている解析対象の電柱３０の特徴Ｔｏｐ　Ｋに基づき、解析対象の電柱３０が属するクラスタを判定する。

[0053] 劣化度算出部２１９は、解析対象の電柱３０の劣化状態を解析する場合、解析対象の電柱３０が属するクラスタの標準固有振動数と、解析対象の電柱３０の固有振動数と、に基づき、解析対象の電柱３０の劣化度を算出する。例えば、劣化度算出部２１９は、以下の数式１を用いて、解析対象の電柱３０の劣化度を算出する。

[数1]

$$劣化度 = \left| 1 - \frac{固有振動数}{標準固有振動数} \right|$$

[0054] また、劣化度算出部２１９は、クラスタリング部２１６がクラスタリングしたクラスタ毎に、そのクラスタに属する電柱３０の劣化状態の解析に用いる閾値を予め保持しておく。そして、劣化度算出部２１９は、以下の数式２を用いて、解析対象の電柱３０の劣化度を、解析対象の電柱３０が属するクラスタの閾値と比較する。劣化度が閾値を超えている場合には、劣化度算出部２１９は、解析対象の電柱３０が劣化していると解析する。

[数2]

$$\left| 1 - \frac{固有振動数}{標準固有振動数} \right| > 閾値$$

[0055] ここで、クラスタ毎の閾値は、そのクラスタに属する電柱３０の固有振動数の分布情報に基づき、統計的に設定すれば良い。また、分析者が、劣化度算出部２１９により劣化していると解析された電柱３０の現物を分析して、実際の劣化度を実測し、その実測結果を閾値の設定に反映させても良い。

[0056] また、劣化度算出部２１９は、解析対象の電柱３０が劣化していると解析した場合、アラートを報知しても良い。アラートの報知先は、例えば、解析対象の電柱３０を監視する監視員が所持する端末や、監視センターに設置された端末等で良い。また、アラートの報知方法は、例えば、報知先の端末のディスプレイやモニタ等にＧＵＩ（Graphical User Interface）画面を表示

する方法でも良いし、報知先の端末のスピーカからメッセージを音声出力する方法でも良い。

[0057] 続いて、本実施の形態２に係る電柱劣化検出システムの動作について説明する。

まず、図８を参照して、固有振動数に対する寄与率の高い特徴Ｔｏｐ　Ｋを算出する動作の流れの例について説明する。

[0058] 図８に示されるように、まず、収集部２１２は、電柱ＤＢ２１５に登録されている健全性情報に基づき、センシング用光ファイバ１０が敷設された複数の電柱３０の中から、健全な電柱３０を特定する。ここでは、健全な１つ以上の電柱３０を特定したとする。そして、収集部２１２は、受信部２１１が受信した戻り光のうち、健全な１つ以上の電柱３０でそれぞれ発生した戻り光に含まれる振動情報を収集する（ステップＳ２０１）。

[0059] 続いて、固有振動数算出部２１３は、収集部２１２が収集した健全な１つ以上の電柱３０のそれぞれの振動情報に基づき、健全な１つ以上の電柱３０のそれぞれの固有振動数を算出する（ステップＳ２０２）。

[0060] 続いて、寄与率解析部２１４は、固有振動数算出部２１３が算出した健全な１つ以上の電柱３０のそれぞれの固有振動数と、電柱ＤＢ２１５に登録されている健全な１つ以上の電柱３０のそれぞれの各特徴と、に基づき、電柱ＤＢ２１５に登録されている電柱３０の各特徴の、固有振動数に対する寄与率を解析する（ステップＳ２０３）。

[0061] その後、寄与率解析部２１４は、電柱ＤＢ２１５に登録されている電柱３０の各特徴の、固有振動数に対する寄与率の解析結果に基づき、電柱３０の各特徴の中から、固有振動数に対する寄与率が高い特徴Ｔｏｐ　Ｋを算出し、算出した特徴Ｔｏｐ　Ｋを保持する（ステップＳ２０４）。特徴Ｔｏｐ　Ｋは、１つの特徴のみを含んでも良いし、複数の特徴を含んでも良い。

[0062] 続いて、図９を参照して、クラスタ毎の標準固有振動数を算出する動作の流れの例について説明する。

図９に示されるように、まず、図８のステップＳ２０１，Ｓ２０２と同様

のステップＳ３０１，Ｓ３０２が行われる。

[0063] 続いて、クラスタリング部２１６は、健全な１つ以上の電柱３０を、まず、固有振動数算出部２１３が算出した固有振動数に基づき、クラスタにクラスタリングし、さらに、寄与率解析部２１４が算出した特徴Ｔｏｐ Ｋに基づき、クラスタにクラスタリングする（ステップＳ３０３）。このとき、クラスタリング部２１６は、収集部２１２が特定した健全な電柱３０の全数をクラスタリング対象にする必要はなく、一部のみをクラスタリング対象にしても良い。

[0064] 続いて、標準固有振動数算出部２１７は、クラスタリング部２１６がクラスタリングしたクラスタ毎に、そのクラスタに属する健全な１つ以上の電柱３０のそれぞれの固有振動数の分布情報に基づき、そのクラスタに属する健全な電柱３０の標準固有振動数を算出する（ステップＳ３０４）。

[0065] その後、クラスタリング部２１６は、クラスタリング部２１６がクラスタリングしたクラスタ毎に、そのクラスタに属する健全な１つ以上の電柱３０のそれぞれの電柱番号を標準固有振動数ＤＢ２１８に登録する。また、標準固有振動数算出部２１７は、クラスタリング部２１６がクラスタリングしたクラスタ毎に、そのクラスタの標準固有振動数を標準固有振動数ＤＢ２１８に登録する（ステップＳ３０５）。

[0066] 続いて、図１０を参照して、解析対象の電柱３０の劣化状態を解析する動作の流れの例について説明する。ここでは、センシング用光ファイバ１０が敷設されている複数の電柱３０のうちの任意数（全数でも良い）の電柱３０を、１つずつ順番に解析対象とし、解析対象となった１つの電柱３０について、順番に、図１０の処理を行うものとして説明する。

[0067] 図１０に示されるように、まず、収集部２１２は、受信部２１１が受信した戻り光のうち、解析対象の電柱３０で発生した戻り光に含まれる振動情報を収集する（ステップＳ４０１）。

[0068] 続いて、固有振動数算出部２１３は、収集部２１２が収集した解析対象の電柱３０の振動情報に基づき、解析対象の電柱３０の固有振動数を算出する

（ステップＳ４０２）。

続いて、クラスタリング部２１６は、電柱ＤＢ２１５に登録されている解析対象の電柱３０の特徴Ｔｏｐ　Ｋに基づき、解析対象の電柱３０が属するクラスタを判定する（ステップＳ４０３）。ただし、例えば、図９の動作の中で、解析対象の電柱３０のクラスタリングが完了していれば、ステップＳ４０３の処理は省略できる。

[0069] 続いて、劣化度算出部２１９は、標準固有振動数ＤＢ２１８に登録されている、解析対象の電柱３０が属するクラスタの標準固有振動数と、固有振動数算出部２１３が算出した解析対象の電柱３０の固有振動数と、に基づき、解析対象の電柱３０の劣化度を算出する（ステップＳ４０４）。

[0070] 続いて、劣化度算出部２１９は、解析対象の電柱３０の劣化度が、解析対象の電柱３０が属するクラスタの閾値を超えているか否かを判定する（ステップＳ４０５）。

ステップＳ４０５において、解析対象の電柱３０の劣化度が閾値を超えている場合（ステップＳ４０５のＹｅｓ）、劣化度算出部２１９は、解析対象の電柱３０が劣化していると解析し、アラートを報知する（ステップＳ４０６）。

[0071] 以上により、解析対象となった電柱３０について、図１０の処理が終了する。続いて、解析対象とする電柱３０を変更し、変更した電柱３０について、図１０の処理を行う。この動作を、解析対象とする任意数の電柱３０のそれぞれについて、繰り返し行う。

[0072] なお、任意数の電柱３０の劣化状態の解析は、一定期間毎に行っても良いし、監視員や監視センターから要求されたときに行っても良い。また、解析対象とする任意数の電柱３０は、予め設定されていても良いし、監視員や監視センターが指定しても良い。

[0073] また、解析対象の電柱３０は、１つのクラスタに属することが好適であるが、複数のクラスタに属しても良い。解析対象の電柱３０が複数のクラスタに属する場合、ステップＳ４０３においては、解析対象の電柱３０が属する

クラスタは、複数のクラスタと判定されることになる。この場合には、以降、複数のクラスタ毎に、ステップＳ４０４～Ｓ４０６の処理を行えば良い。

[0074] 上述したように本実施の形態２によれば、固有振動数算出部２１３は、健全な電柱３０の振動情報に基づき、健全な電柱３０の固有振動数を算出し、クラスタリング部２１６は、健全な電柱３０を、クラスタにクラスタリングし、標準固有振動数算出部２１７は、クラスタ毎に、そのクラスタに属する健全な電柱３０の固有振動数の分布情報に基づき、そのクラスタに属する健全な電柱３０の標準固有振動数を算出する。そのため、電柱３０の振動情報から、標準固有振動数を算出することができる。

[0075] また、本実施の形態２によれば、固有振動数算出部２１３は、解析対象の電柱３０の振動情報に基づき、解析対象の電柱３０の固有振動数を算出し、クラスタリング部２１６は、解析対象の電柱３０が属するクラスタを判定し、劣化度算出部２１９は、解析対象の電柱３０が属するクラスタの標準固有振動数と、解析対象の電柱３０の固有振動数と、に基づき、解析対象の電柱３０の劣化度を算出する。そのため、電柱３０の劣化状態を高精度に検出することができる。

その他の効果は、上述した実施の形態１と同様である。

[0076] ＜実施の形態１，２に係る電柱劣化検出装置のハードウェア構成＞

続いて、図１１を参照して、上述した実施の形態１，２に係る電柱劣化検出装置２０，２０Ａを実現するコンピュータ４０のハードウェア構成について説明する。

[0077] 図１１に示されるように、コンピュータ４０は、プロセッサ４０１、メモリ４０２、ストレージ４０３、入出力インタフェース（入出力Ｉ／Ｆ）４０４、及び通信インタフェース（通信Ｉ／Ｆ）４０５等を備える。プロセッサ４０１、メモリ４０２、ストレージ４０３、入出力インタフェース４０４、及び通信インタフェース４０５は、相互にデータを送受信するためのデータ伝送路で接続されている。

[0078] プロセッサ４０１は、例えばＣＰＵ（Central Processing Unit）やＧＰＵ

（Graphics Processing Unit）等の演算処理装置である。メモリ４０２は、例えばＲＡＭ（Random Access Memory）やＲＯＭ（Read Only Memory）等のメモリである。ストレージ４０３は、例えばＨＤＤ（Hard Disk Drive）、ＳＳＤ（Solid State Drive）、またはメモリカード等の記憶装置である。また、ストレージ４０３は、ＲＡＭやＲＯＭ等のメモリであっても良い。

[0079] ストレージ４０３は、電柱劣化検出装置２０，２０Ａが備える構成要素の機能を実現するプログラムを記憶している。プロセッサ４０１は、これら各プログラムを実行することで、電柱劣化検出装置２０，２０Ａが備える構成要素の機能をそれぞれ実現する。ここで、プロセッサ４０１は、上記各プログラムを実行する際、これらのプログラムをメモリ４０２上に読み出してから実行しても良いし、メモリ４０２上に読み出さずに実行しても良い。また、メモリ４０２やストレージ４０３は、電柱劣化検出装置２０，２０Ａが備える構成要素が保持する情報やデータを記憶する役割も果たす。

[0080] また、上述したプログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体（non-transitory computer readable medium）を用いて格納され、コンピュータ（コンピュータ４０を含む）に供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記録媒体（tangible storage medium）を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記録媒体（例えば、フレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブ）、光磁気記録媒体（例えば、光磁気ディスク）、ＣＤ－ＲＯＭ（Compact Disc-ROM）、ＣＤ－Ｒ（CD-Recordable）、ＣＤ－Ｒ／Ｗ（CD-ReWritable）、半導体メモリ（例えば、マスクＲＯＭ、ＰＲＯＭ（Programmable ROM）、ＥＰＲＯＭ（Erasable PROM）、フラッシュＲＯＭ、ＲＡＭを含む。また、プログラムは、様々なタイプの一時的なコンピュータ可読媒体（transitory computer readable medium）によってコンピュータに供給されても良い。一時的なコンピュータ可読媒体の例は、電気信号、光信号、及び電磁波を含む。一時的なコンピュータ可読媒体は、電線及び光ファイバ等の有線通信路、又は無線通信路を介して、プログラムをコンピュータに供給できる。

[0081] 入出力インタフェース４０４は、表示装置４０４１、入力装置４０４２、音出力装置４０４３等と接続される。表示装置４０４１は、ＬＣＤ（Liquid Crystal Display）、ＣＲＴ（Cathode Ray Tube）ディスプレイ、モニタのような、プロセッサ４０１により処理された描画データに対応する画面を表示する装置である。入力装置４０４２は、オペレータの操作入力を受け付ける装置であり、例えば、キーボード、マウス、及びタッチセンサ等である。表示装置４０４１及び入力装置４０４２は一体化され、タッチパネルとして実現されていても良い。音出力装置４０４３は、スピーカのような、プロセッサ４０１により処理された音響データに対応する音を音響出力する装置である。

[0082] 通信インタフェース４０５は、外部の装置との間でデータを送受信する。例えば、通信インタフェース４０５は、有線通信路または無線通信路を介して外部装置と通信する。

[0083] 以上、実施の形態を参照して本開示を説明したが、本開示は上述した実施の形態に限定されるものではない。本開示の構成や詳細には、本開示のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

[0084] 例えば、上述した実施の形態１，２では、電柱劣化検出装置２０，２０Ａに複数の構成要素が設けられているが、これには限定されない。電柱劣化検出装置２０，２０Ａに設けられていた構成要素は、１つの装置に設けることには限定されず、複数の装置に分散して設けられていても良い。

[0085] また、上述した実施の形態１，２では、解析対象が電柱３０である場合を例に挙げて説明したが、これには限定されない。解析対象は、橋梁、トンネル、配管、ダム等の構造物であっても良い。これら構造物を解析対象にする場合、これら構造物の複数の箇所にセンシング用光ファイバ１０に敷設することで、複数の箇所のそれぞれの劣化状態を解析することが可能となる。

[0086] また、上記の実施の形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

（付記１）

複数の電柱に敷設されたセンシング用光ファイバと、

前記センシング用光ファイバが検知した振動情報を受信する受信部と、

前記振動情報に基づき、前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数を特定する特定部と、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する解析部と、

を備える、電柱劣化検出システム。

（付記２）

前記解析部は、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数の分布を示す分布情報に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

付記１に記載の電柱劣化検出システム。

（付記３）

前記解析部は、

前記複数の電柱のそれぞれの特徴に基づき、前記複数の電柱をクラスタにクラスタリングし、

同一のクラスタに属する１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

付記２に記載の電柱劣化検出システム。

（付記４）

前記解析部は、

前記複数の電柱のそれぞれの健全性を示す健全性情報を保持し、

前記健全性情報に基づき、前記複数の電柱の中から健全な電柱を特定し、

同一のクラスタに属する健全な１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

付記３に記載の電柱劣化検出システム。

（付記５）

前記解析部は、

同一のクラスタに属する健全な１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する健全な電柱の標準的な固有振動数である標準固有振動数を算出し、

当該クラスタの前記標準固有振動数と、当該クラスタに属する解析対象の電柱の固有振動数と、に基づき、当該解析対象の電柱の劣化状態を解析する、

付記４に記載の電柱劣化検出システム。

（付記６）

前記解析部は、

前記電柱の特徴のうち、前記電柱の固有振動数に対する寄与率が高い特徴を特定し、

前記複数の電柱のそれぞれの前記特定した特徴に基づき、前記複数の電柱をクラスタにクラスタリングする、

付記３から５のいずれか１項に記載の電柱劣化検出システム。

（付記７）

電柱劣化検出システムによる電柱劣化検出方法であって、

複数の電柱に敷設されたセンシング用光ファイバが検知した振動情報を受信する受信ステップと、

前記振動情報に基づき、前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数を特定する特定ステップと、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する解析ステップと、

を含む、電柱劣化検出方法。

（付記８）

前記解析ステップでは、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数の分布を示す分布情報に基づき、

前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

付記７に記載の電柱劣化検出方法。

（付記９）

前記解析ステップでは、

前記複数の電柱のそれぞれの特徴に基づき、前記複数の電柱をクラスタにクラスタリングし、

同一のクラスタに属する１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

付記８に記載の電柱劣化検出方法。

（付記１０）

前記解析ステップでは、

前記複数の電柱のそれぞれの健全性を示す健全性情報を保持し、

前記健全性情報に基づき、前記複数の電柱の中から健全な電柱を特定し、

同一のクラスタに属する健全な１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

付記９に記載の電柱劣化検出方法。

（付記１１）

前記解析ステップでは、

同一のクラスタに属する健全な１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する健全な電柱の標準的な固有振動数である標準固有振動数を算出し、

当該クラスタの前記標準固有振動数と、当該クラスタに属する解析対象の電柱の固有振動数と、に基づき、当該解析対象の電柱の劣化状態を解析する、

付記１０に記載の電柱劣化検出方法。

（付記１２）

前記解析ステップでは、

前記電柱の特徴のうち、前記電柱の固有振動数に対する寄与率が高い特徴を特定し、

前記複数の電柱のそれぞれの前記特定した特徴に基づき、前記複数の電柱をクラスタにクラスタリングする、

付記９から１１のいずれか１項に記載の電柱劣化検出方法。

（付記１３）

複数の電柱に敷設されたセンシング用光ファイバが検知した振動情報を受信する受信部と、

前記振動情報に基づき、前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数を特定する特定部と、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する解析部と、

を備える、電柱劣化検出装置。

符号の説明

[0087] １０　センシング用光ファイバ

２０，２０Ａ　電柱劣化検出装置

２０１　受信部

２０２　特定部

２０３　解析部

２１１　受信部

２１２　収集部

２１３　固有振動数算出部

２１４　寄与率解析部

２１５　電柱ＤＢ

２１６　クラスタリング部

２１７　標準固有振動数算出部

２１８　標準固有振動数ＤＢ

２１９　劣化度算出部

３０　電柱

４０　コンピュータ

４０１　プロセッサ

４０２　メモリ

４０３　ストレージ

４０４　入出力インタフェース

４０４１　表示装置

４０４２　入力装置

４０４３　音出力装置

４０５　通信インタフェース

請求の範囲

[請求項1] 複数の電柱に敷設されたセンシング用光ファイバと、

前記センシング用光ファイバが検知した振動情報を受信する受信部と、

前記振動情報に基づき、前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数を特定する特定部と、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する解析部と、

を備える、電柱劣化検出システム。

[請求項2] 前記解析部は、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数の分布を示す分布情報に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

請求項１に記載の電柱劣化検出システム。

[請求項3] 前記解析部は、

前記複数の電柱のそれぞれの特徴に基づき、前記複数の電柱をクラスタにクラスタリングし、

同一のクラスタに属する１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

請求項２に記載の電柱劣化検出システム。

[請求項4] 前記解析部は、

前記複数の電柱のそれぞれの健全性を示す健全性情報を保持し、

前記健全性情報に基づき、前記複数の電柱の中から健全な電柱を特定し、

同一のクラスタに属する健全な１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

請求項３に記載の電柱劣化検出システム。

[請求項5] 前記解析部は、

同一のクラスタに属する健全な１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する健全な電柱の標準的な固有振動数である標準固有振動数を算出し、

当該クラスタの前記標準固有振動数と、当該クラスタに属する解析対象の電柱の固有振動数と、に基づき、当該解析対象の電柱の劣化状態を解析する、

請求項４に記載の電柱劣化検出システム。

[請求項6] 前記解析部は、

前記電柱の特徴のうち、前記電柱の固有振動数に対する寄与率が高い特徴を特定し、

前記複数の電柱のそれぞれの前記特定した特徴に基づき、前記複数の電柱をクラスタにクラスタリングする、

請求項３から５のいずれか１項に記載の電柱劣化検出システム。

[請求項7] 電柱劣化検出システムによる電柱劣化検出方法であって、

複数の電柱に敷設されたセンシング用光ファイバが検知した振動情報を受信する受信ステップと、

前記振動情報に基づき、前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数を特定する特定ステップと、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する解析ステップと、

を含む、電柱劣化検出方法。

[請求項8] 前記解析ステップでは、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数の分布を示す分布情報に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

請求項７に記載の電柱劣化検出方法。

[請求項9] 前記解析ステップでは、

前記複数の電柱のそれぞれの特徴に基づき、前記複数の電柱をクラスタにクラスタリングし、

同一のクラスタに属する１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

請求項８に記載の電柱劣化検出方法。

[請求項10] 前記解析ステップでは、

前記複数の電柱のそれぞれの健全性を示す健全性情報を保持し、

前記健全性情報に基づき、前記複数の電柱の中から健全な電柱を特定し、

同一のクラスタに属する健全な１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する、

請求項９に記載の電柱劣化検出方法。

[請求項11] 前記解析ステップでは、

同一のクラスタに属する健全な１つ以上の電柱のそれぞれの固有振動数の前記分布情報に基づき、当該クラスタに属する健全な電柱の標準的な固有振動数である標準固有振動数を算出し、

当該クラスタの前記標準固有振動数と、当該クラスタに属する解析対象の電柱の固有振動数と、に基づき、当該解析対象の電柱の劣化状態を解析する、

請求項１０に記載の電柱劣化検出方法。

[請求項12] 前記解析ステップでは、

前記電柱の特徴のうち、前記電柱の固有振動数に対する寄与率が高い特徴を特定し、

前記複数の電柱のそれぞれの前記特定した特徴に基づき、前記複数の電柱をクラスタにクラスタリングする、

請求項９から１１のいずれか１項に記載の電柱劣化検出方法。

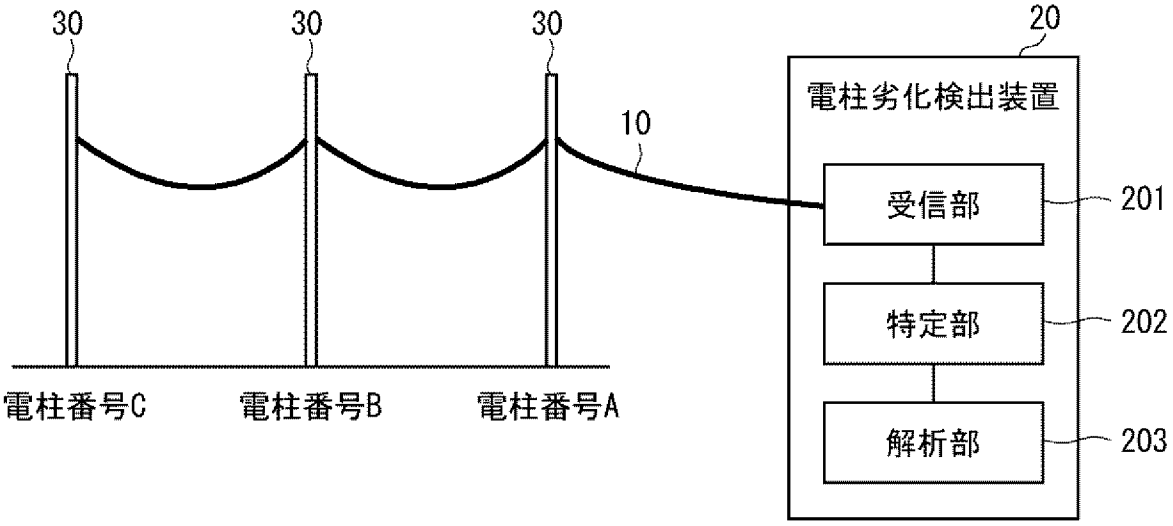
[請求項13] 複数の電柱に敷設されたセンシング用光ファイバが検知した振動情報を受信する受信部と、

前記振動情報に基づき、前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数を特定する特定部と、

前記複数の電柱のそれぞれの固有振動数に基づき、前記複数の電柱のうち少なくとも１つの電柱の劣化状態を解析する解析部と、

を備える、電柱劣化検出装置。

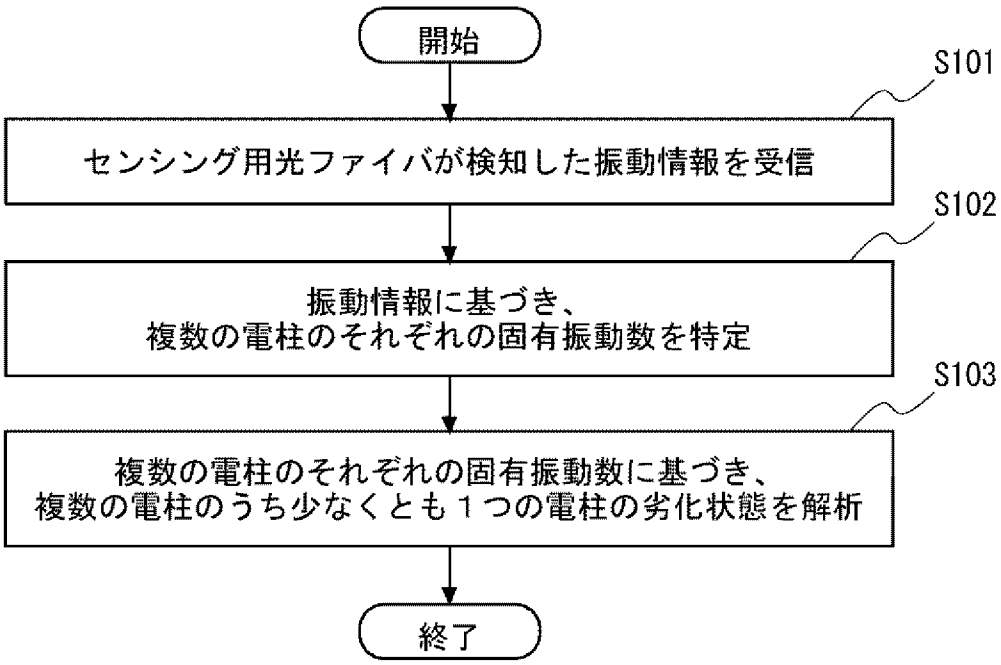
[図1]



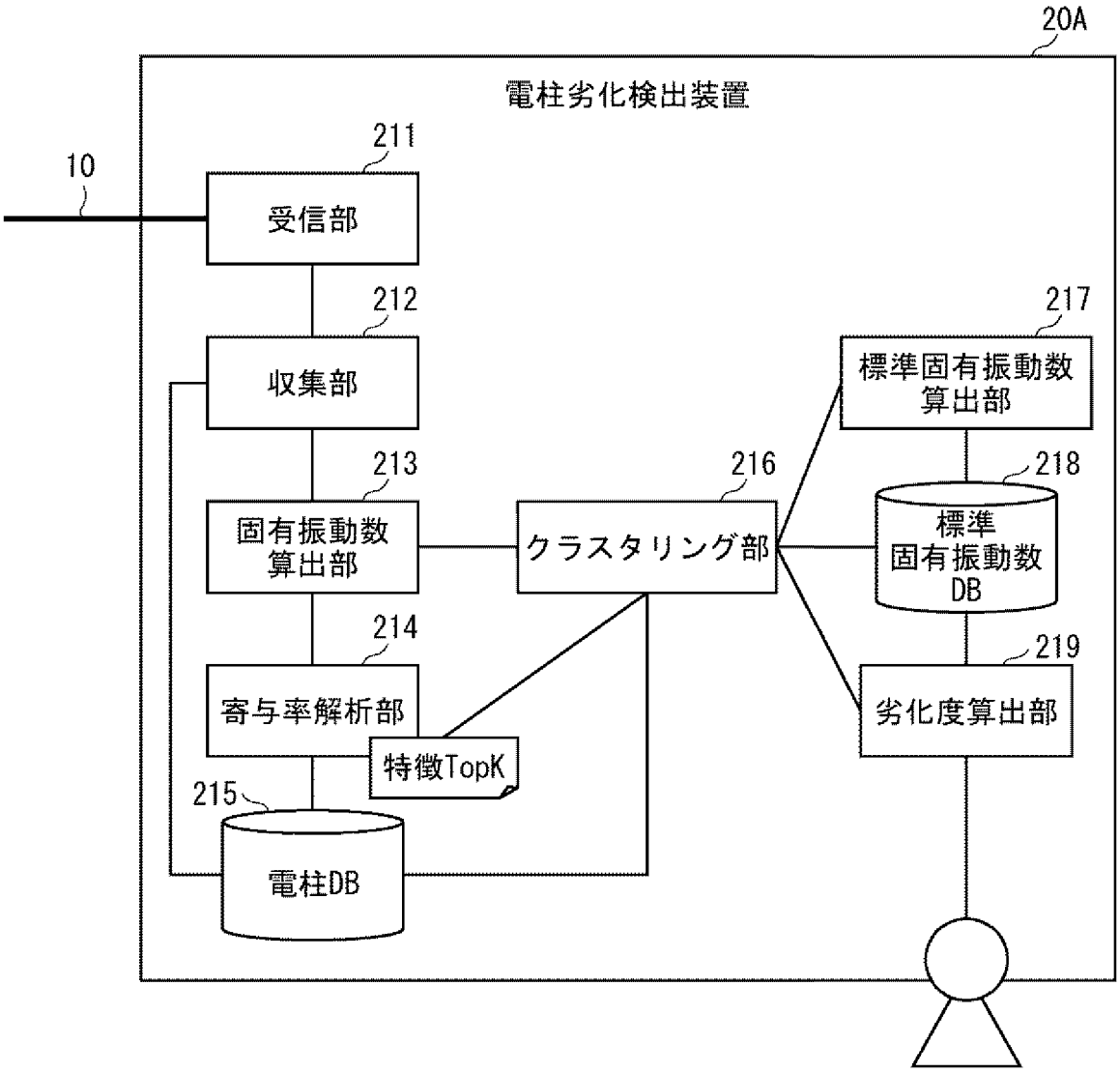
[図2]

電柱番号	電柱劣化検出装置からの距離
A	aa [m]
B	bb [m]
C	cc [m]

[図3]



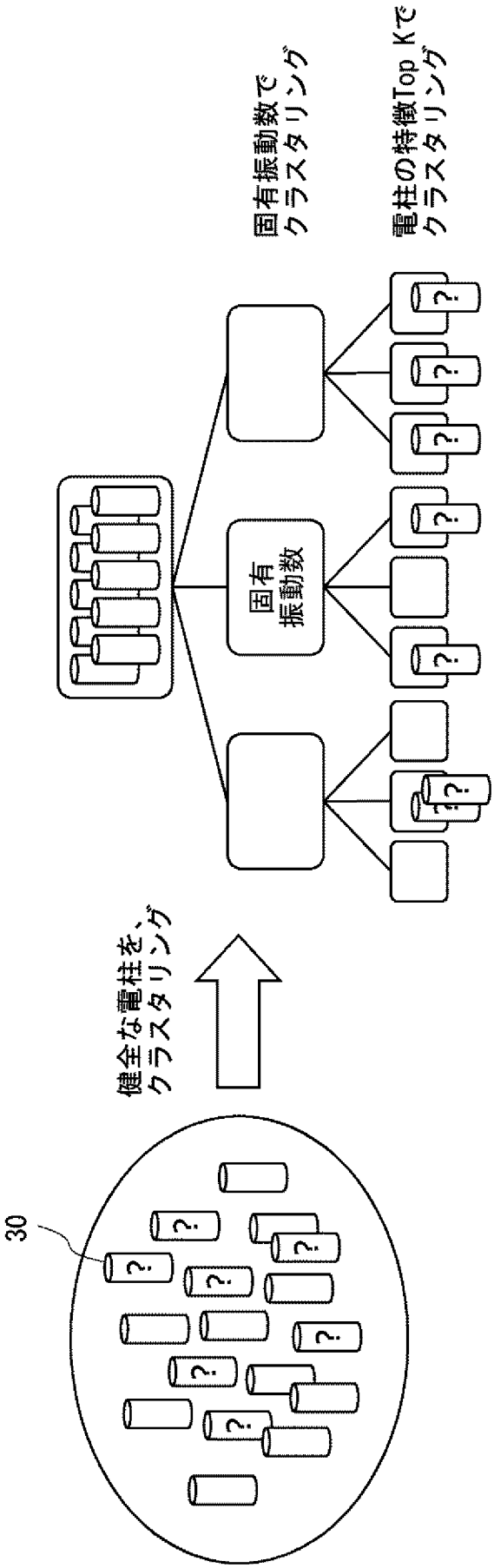
[図4]


20A
電柱劣化検出装置
10
211
受信部
212
収集部
213
固有振動数
算出部
214
寄与率解析部
特徴TopK
215
電柱DB
216
クラスタリング部
217
標準固有振動数
算出部
218
標準
固有振動数
DB
219
劣化度算出部

[図5]

電柱番号	健全性	電柱劣化検出装置からの距離	特徴			
			設置路面	電柱材質	…	電線種類	…
A	健全	aa [m]	コンクリート	コンクリート	…	電力用	…
B	不健全	bb [m]	コンクリート	コンクリート	…	電力用	…
…	…	…	…	…	…	…	…
E	健全	ee [m]	コンクリート	鋼管	…	通信用	…
…	…	…	…	…	…	…	…

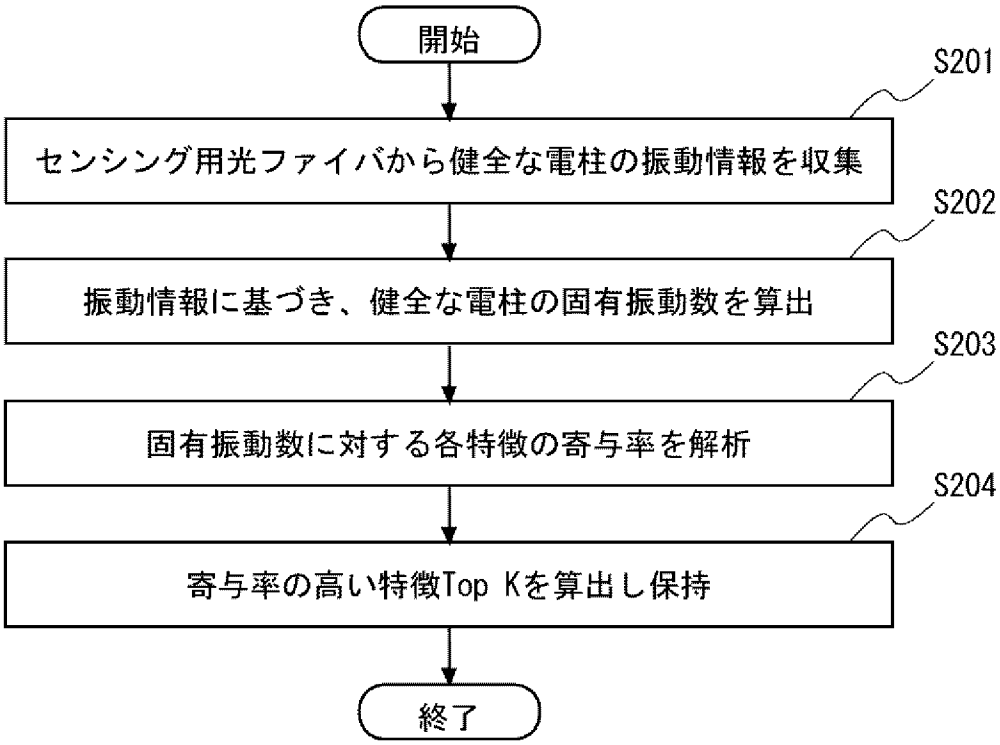
[図6]


30
健全な電柱を、
クラスタリング
固有
振動数
固有振動数で
クラスタリング
電柱の特徴Top Kで
クラスタリング

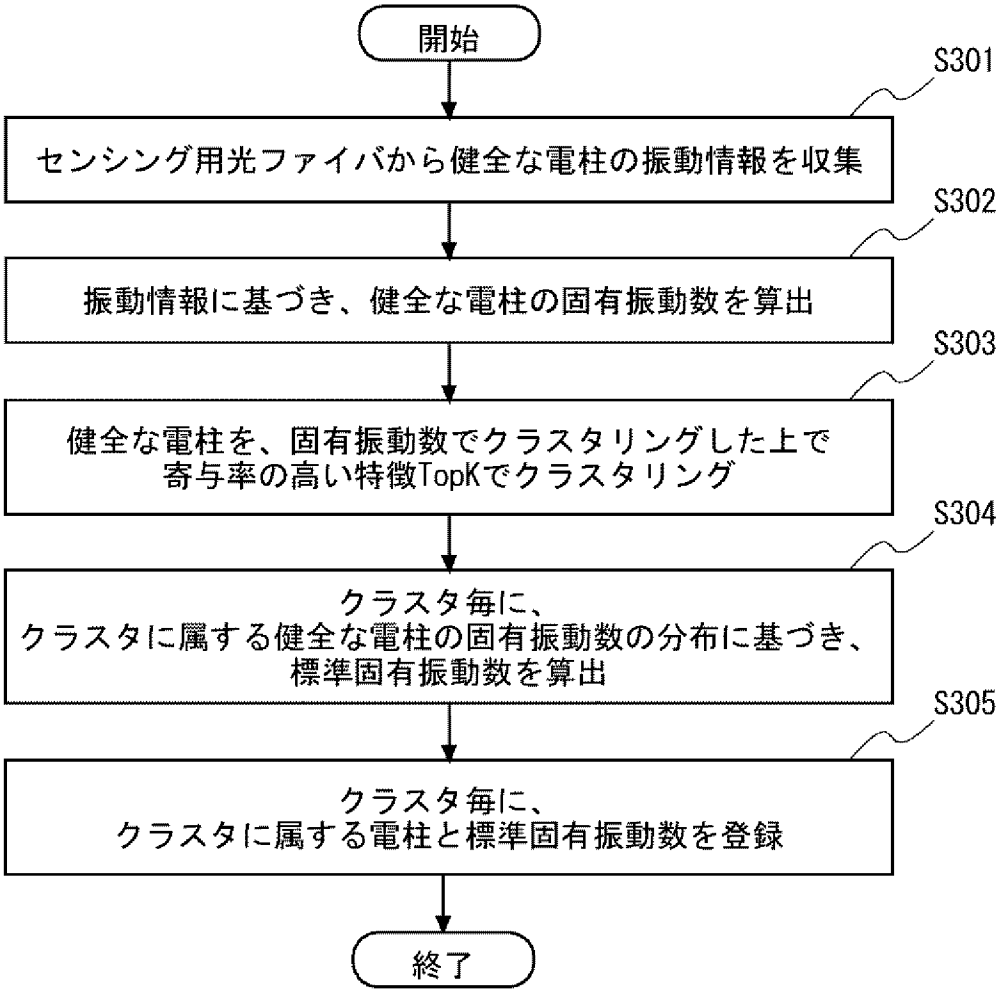
[図7]

クラスタ	電柱番号	標準固有振動数
クラスタX	A	xx [Hz]
	B	
	C	
クラスタY	D	yy [Hz]
	E	
…	…	…

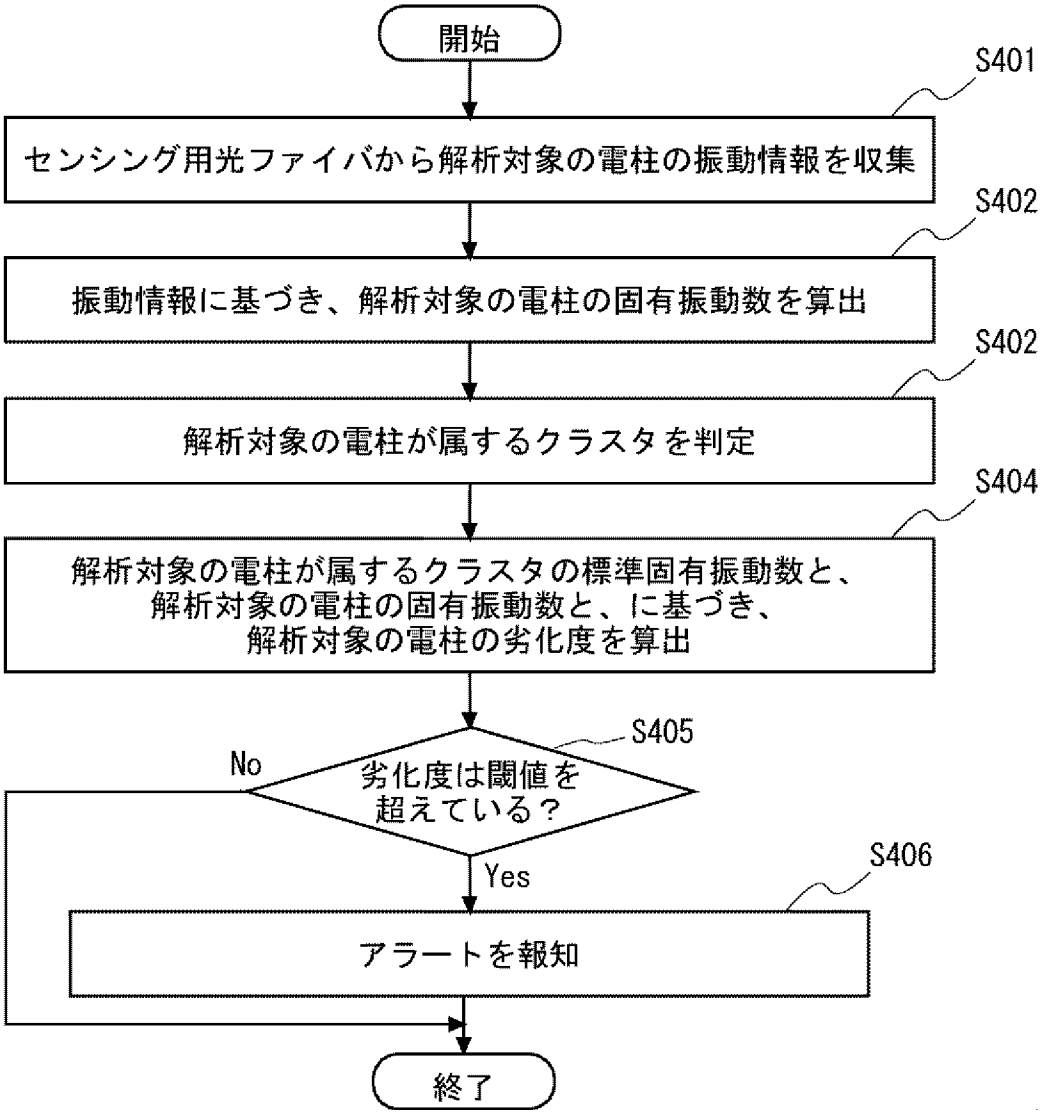
[図8]



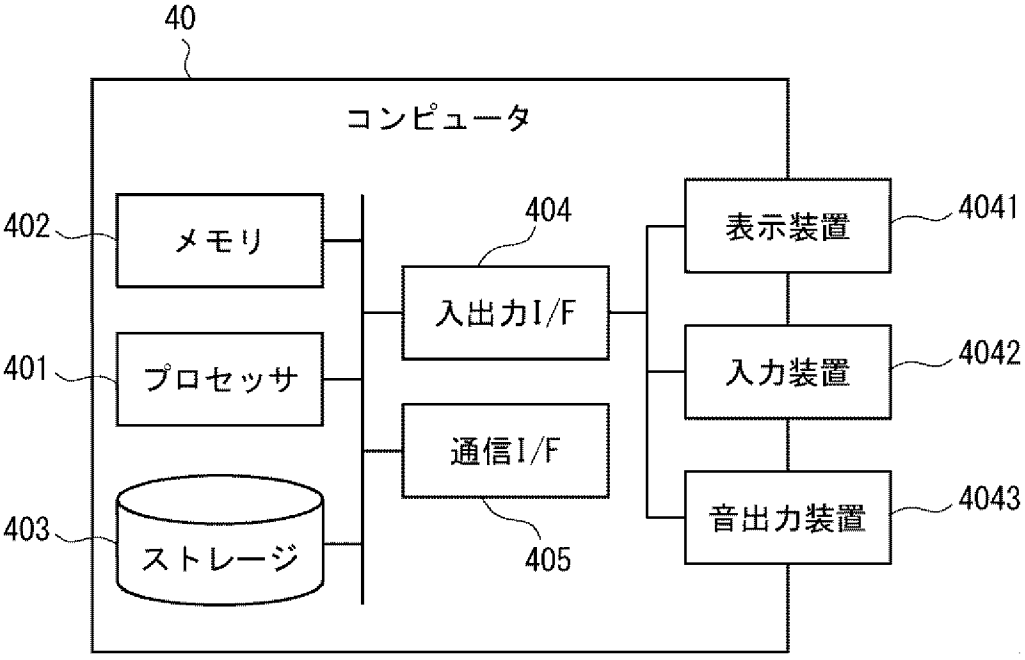
[図9]


開始
S301
センシング用光ファイバから健全な電柱の振動情報を収集
S302
振動情報に基づき、健全な電柱の固有振動数を算出
S303
健全な電柱を、固有振動数でクラスタリングした上で
寄与率の高い特徴TopKでクラスタリング
S304
クラスタ毎に、
クラスタに属する健全な電柱の固有振動数の分布に基づき、
標準固有振動数を算出
S305
クラスタ毎に、
クラスタに属する電柱と標準固有振動数を登録
終了

[図10]


開始
S401
センシング用光ファイバから解析対象の電柱の振動情報を収集
S402
振動情報に基づき、解析対象の電柱の固有振動数を算出
S402
解析対象の電柱が属するクラスタを判定
S404
解析対象の電柱が属するクラスタの標準固有振動数と、
解析対象の電柱の固有振動数と、に基づき、
解析対象の電柱の劣化度を算出
S405
No
劣化度は閾値を
超えている？
Yes
S406
アラートを報知
終了

[図11]


40
コンピュータ
402
メモリ
401
プロセッサ
403
ストレージ
404
入出力I/F
通信I/F
405
表示装置
4041
入力装置
4042
音出力装置
4043

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/002132

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01H 9/00(2006.01)i; G01D 5/353(2006.01)i; H02G 1/02(2006.01)i; G02B 6/48(2006.01)i
FI: H02G1/02; G01D5/353 B; G02B6/48; G01H9/00 E
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)
G01H9/00; G01D5/353; G02B6/48; H02G1/02

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
A	JP 2018-96866 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 21.06.2018 (2018-06-21)	1-13
A	JP 2007-183166 A (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 19.07.2007 (2007-07-19)	1-13
A	JP 2018-124205 A (TOSHIBA CORP.) 09.08.2018 (2018-08-09)	1-13
A	JP 2020-10419 A (TOHOKU-ELECTRIC POWER CO., INC.) 16.01.2020 (2020-01-16)	1-13
A	JP 2008-107309 A (FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 08.05.2008 (2008-05-08)	1-13
A	JP 2008-67467 A (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 1921.03.2008 (2008-03-21)	1-13
A	JP 2015-53832 A (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) 1919.03.2015 (2015-03-19)	1-13

☐ 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	Date of mailing of the international search report
07 April 2020 (07.04.2020)	21 April 2020 (21.04.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/002132

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-96866 A	21 Jun. 2018	(Family: none)	
JP 2007-183166 A	19 Jul. 2007	(Family: none)	
JP 2018-124205 A	09 Aug. 2018	US 2018/0217103 A1 EP 3358344 A1 CN 108387638 A	
JP 2020-10419 A	16 Jan. 2020	(Family: none)	
JP 2008-107309 A	08 May 2008	(Family: none)	
JP 2008-67467 A	21 Mar. 2008	(Family: none)	
JP 2015-53832 A	19 Mar. 2015	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/002132

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G01H 9/00(2006.01)i; G01D 5/353(2006.01)i; H02G 1/02(2006.01)i; G02B 6/48(2006.01)i
FI: H02G1/02; G01D5/353 B; G02B6/48; G01H9/00 E

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））

G01H9/00; G01D5/353; G02B6/48; H02G1/02

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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
A	JP 2018-96866 A (日本電信電話株式会社) 21.06.2018 (2018-06-21)	1-13
A	JP 2007-183166 A (中国電力株式会社) 19.07.2007 (2007-07-19)	1-13
A	JP 2018-124205 A (株式会社東芝) 09.08.2018 (2018-08-09)	1-13
A	JP 2020-10419 A (東北電力株式会社) 16.01.2020 (2020-01-16)	1-13
A	JP 2008-107309 A (古河電気工業株式会社) 08.05.2008 (2008-05-08)	1-13
A	JP 2008-67467 A (中国電力株式会社) 21.03.2008 (2008-03-21)	1-13
A	JP 2015-53832 A (中国電力株式会社) 19.03.2015 (2015-03-19)	1-13

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
07.04.2020	21.04.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
木村　励 5G 4092
電話番号 03-3581-1101 内線 3526

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/002132

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-96866 A	21.06.2018	（ファミリーなし）	
JP 2007-183166 A	19.07.2007	（ファミリーなし）	
JP 2018-124205 A	09.08.2018	US 2018/0217103 A1	
		EP 3358344 A1	
		CN 108387638 A	
JP 2020-10419 A	16.01.2020	（ファミリーなし）	
JP 2008-107309 A	08.05.2008	（ファミリーなし）	
JP 2008-67467 A	21.03.2008	（ファミリーなし）	
JP 2015-53832 A	19.03.2015	（ファミリーなし）	