

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7613472号
(P7613472)

(45)発行日 令和7年1月15日(2025.1.15)

(24)登録日 令和7年1月6日(2025.1.6)

(51)国際特許分類	F I	
H 0 2 G 1/02 (2006.01)	H 0 2 G 1/02	
H 0 2 G 7/00 (2006.01)	H 0 2 G 7/00	
H 0 2 J 13/00 (2006.01)	H 0 2 J 13/00	3 0 1 D
G 0 1 N 17/00 (2006.01)	G 0 1 N 17/00	

請求項の数 12 (全19頁)

(21)出願番号	特願2022-545251(P2022-545251)	(73)特許権者	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(86)(22)出願日	令和2年8月31日(2020.8.31)	(74)代理人	100103894 弁理士 家入 健
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/032866	(72)発明者	岩野 忠行 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(87)国際公開番号	WO2022/044319	(72)発明者	小倉 直人 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(87)国際公開日	令和4年3月3日(2022.3.3)	(72)発明者	古塩 博章 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
審査請求日	令和5年1月30日(2023.1.30)	(72)発明者	武田 英明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 劣化判別システム、劣化判別装置、及び劣化判別方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

電柱に敷設された光ファイバケーブルと、
前記光ファイバケーブルに含まれる光ファイバから光信号を受信する通信部と、
前記通信部が受信した前記光信号に基づいて、前記電柱にて発生した振動を検出する検出部と、
前記検出部が検出した前記振動のうち、特定期間に発生した前記振動の振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する判別部と、
を備え、
前記特定期間は、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が所定値以上になったときを含む期間であり、
前記判別部は、前記特定期間において、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、
劣化判別システム。

10

【請求項2】

前記判別部は、前記特定期間において、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数であって、所定の周波数範囲内にある振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、

20

請求項 1 に記載の劣化判別システム。

【請求項 3】

前記判別部は、前記電柱の型式に応じて異なる教師データにより学習させた学習モデルを用いて、前記電柱の劣化を判別する、

請求項 1 又は 2 に記載の劣化判別システム。

【請求項 4】

前記判別部が判別した前記電柱の劣化の状態を所定の報知先に報知する報知部をさらに備える、

請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の劣化判別システム。

【請求項 5】

電柱に敷設された光ファイバケーブルに含まれる光ファイバから光信号を受信する通信部と、

前記通信部が受信した前記光信号に基づいて、前記電柱にて発生した振動を検出する検出部と、

前記検出部が検出した前記振動のうち、特定期間に発生した前記振動の振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する判別部と、

を備え、

前記特定期間は、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が所定値以上になったときを含む期間であり、

前記判別部は、前記特定期間において、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、劣化判別装置。

【請求項 6】

前記判別部は、前記特定期間において、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数であって、所定の周波数範囲内にある振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、

請求項 5 に記載の劣化判別装置。

【請求項 7】

前記判別部は、前記電柱の型式に応じて異なる教師データにより学習させた学習モデルを用いて、前記電柱の劣化を判別する、

請求項 5 又は 6 に記載の劣化判別装置。

【請求項 8】

前記判別部が判別した前記電柱の劣化の状態を所定の報知先に報知する報知部をさらに備える、

請求項 5 から 7 のいずれか 1 項に記載の劣化判別装置。

【請求項 9】

劣化判別装置による劣化判別方法であって、

電柱に敷設された光ファイバケーブルに含まれる光ファイバから光信号を受信する受信ステップと、

前記受信ステップで受信した前記光信号に基づいて、前記電柱にて発生した振動を検出する検出ステップと、

前記検出ステップで検出した前記振動のうち、特定期間に発生した前記振動の振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する判別ステップと、

を含み、

前記特定期間は、前記検出ステップで検出した前記振動の振動強度が所定値以上になったときを含む期間であり、

前記判別ステップでは、前記特定期間において、前記検出ステップで検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になった

10

20

30

40

50

ときの振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、

劣化判別方法。

【請求項 1 0】

前記判別ステップでは、前記特定期間において、前記検出ステップで検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数であって、所定の周波数範囲内にある振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、

請求項 9 に記載の劣化判別方法。

【請求項 1 1】

前記判別ステップでは、前記電柱の型式に応じて異なる教師データにより学習させた学習モデルを用いて、前記電柱の劣化を判別する、

請求項 9 又は 1 0 に記載の劣化判別方法。

【請求項 1 2】

前記判別ステップで判別した前記電柱の劣化の状態を所定の報知先に報知する報知ステップをさらに含む、

請求項 9 から 1 1 のいずれか 1 項に記載の劣化判別方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、電柱の劣化を判別する劣化判別システム、劣化判別装置、及び劣化判別方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

光ファイバセンシング技術を利用して、電柱の劣化を診断する方法がある。その一例として、電柱に打撃を加えて、その電柱に敷設された光ファイバケーブルから振動成分を抽出し、抽出した振動成分を分析することで、その電柱の劣化を診断する方法がある。電柱に打撃を加えて、振動成分を分析する技術は、例えば、特許文献 1 に開示されている。

【0 0 0 3】

電柱は、型式に応じて固有の周波数を持っている。そのため、電柱の型式に応じた固有の周波数と、その電柱に打撃を加えたときに生じる周波数と、を分析することで、その電柱の劣化の診断を行うことができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【文献】国際公開第 2 0 2 0 / 0 4 4 6 4 8 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

上述したように、電柱に打撃を加えることで、その電柱の劣化を診断する方法がある。しかし、この方法は、人の手により診断対象の電柱を 1 つずつ叩いて回る必要があり、人的コストが高くなってしまいう問題がある。

【0 0 0 6】

そこで本開示の目的は、上述した課題を解決し、人的コストを削減しつつ、電柱の劣化診断を行うことができる劣化判別システム、劣化判別装置、及び劣化判別方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0 0 0 7】

一態様による劣化判別システムは、
電柱に敷設された光ファイバケーブルと、

10

20

30

40

50

前記光ファイバケーブルに含まれる光ファイバから光信号を受信する通信部と、
前記通信部が受信した前記光信号に基づいて、前記電柱にて発生した振動を検出する検出部と、
前記検出部が検出した前記振動のうち、特定期間に発生した前記振動の振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する判別部と、
を備える。

【0008】

一態様による劣化判別装置は、
電柱に敷設された光ファイバケーブルに含まれる光ファイバから光信号を受信する通信部と、
前記通信部が受信した前記光信号に基づいて、前記電柱にて発生した振動を検出する検出部と、
前記検出部が検出した前記振動のうち、特定期間に発生した前記振動の振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する判別部と、
を備える。

【0009】

一態様による劣化判別方法は、
劣化判別装置による劣化判別方法であって、
電柱に敷設された光ファイバケーブルに含まれる光ファイバから光信号を受信する受信ステップと、
前記受信ステップで受信した前記光信号に基づいて、前記電柱にて発生した振動を検出する検出ステップと、
前記検出ステップで検出した前記振動のうち、特定期間に発生した前記振動の振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する判別ステップと、
を含む。

【発明の効果】**【0010】**

上述の態様によれば、人的コストを削減しつつ、電柱の劣化診断を行うことができる劣化判別システム、劣化判別装置、及び劣化判別方法を提供できるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】**【0011】**

【図1】実施の形態1に係る劣化判別システムの構成例を示す図である。
【図2】実施の形態1に係る対応テーブルの例を示す図である。
【図3】電柱にハンマーで打撃を加えたときの電柱の振動波形の例を示す図である。
【図4】電柱にハンマーで打撃を加えたときの電柱の振動波形のスペクトルの例を示す図である。
【図5】電柱にハンマーで打撃を加えたときの電柱の振動波形のスペクトルの例を示す図である。
【図6】電柱にハンマーで打撃を加えたときの電柱の振動波形のスペクトルの例を示す図である。
【図7】電柱が自然振動しているときの電柱の振動波形及びその振動波形のスペクトログラムの例を示す図である。
【図8】電柱が自然振動しているときの電柱の振動波形及びその振動波形のスペクトログラムの例を示す図である。
【図9A】ある電柱が自然振動をしているときに抽出したピーク周波数の集計結果の例を示す図である。
【図9B】ある電柱が自然振動をしているときに抽出したピーク周波数の集計結果の例を示す図である。
【図9C】ある電柱が自然振動をしているときに抽出したピーク周波数の集計結果の例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 9 D】ある電柱が自然振動をしているときに抽出したピーク周波数の集計結果の例を示す図である。

【図 1 0】実施の形態 1 に係る教師データの例を示す図である。

【図 1 1】実施の形態 1 に係る劣化判別システムの動作の流れの例を示すフロー図である。

【図 1 2】実施の形態 2 に係る劣化判別システムの構成例を示す図である。

【図 1 3】実施の形態 2 に係る劣化判別システムの動作の流れの例を示すフロー図である。

【図 1 4】他の実施の形態に係る劣化判別システムの構成例を示す図である。

【図 1 5】実施の形態に係る劣化判別装置を実現するコンピュータのハードウェア構成例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0012】

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。

【0013】

<実施の形態 1 >

図 1 は、本実施の形態 1 に係る劣化判別システムの構成例を示している。なお、図 1 においては、図面の簡略化のため、3本の電柱 10のみを示しているが、電柱 10の本数は3本には限定されない。

20

【0014】

図 1 に示されるように、本実施の形態 1 に係る劣化判別システムは、光ファイバケーブル 20、光ファイバセンシング機器 30、及び劣化判別装置 40を備えている。また、光ファイバセンシング機器 30は、通信部 31及び検出部 32を備え、劣化判別装置 40は、判別部 41を備えている。劣化判別装置 40は、光ファイバセンシング機器 30から離れた位置に配置することができ、例えば、クラウド上に配置することができる。

【0015】

光ファイバケーブル 20は、電柱 10に敷設されている。光ファイバケーブル 20は、1以上の光ファイバ 21を含むケーブルであり、一端は光ファイバセンシング機器 30内の通信部 31に接続されている。光ファイバ 21は、センシング専用の光ファイバでも良いし、通信及びセンシング兼用の光ファイバでも良い。なお、光ファイバ 21が通信及びセンシング兼用の光ファイバである場合には、通信部 31の前段で不図示のフィルタによりセンシング用の光信号を分波し、センシング用の光信号のみを通信部 31で受信できるようにする。

30

【0016】

通信部 31は、光ファイバケーブル 20に含まれる光ファイバ 21にパルス光を入射し、そのパルス光が光ファイバ 21を伝送されることに伴い発生した後方散乱光を、光信号（センシング用の光信号。以下、同じ）として受信する。

【0017】

電柱 10にて振動が発生すると、電柱 10の振動は光ファイバケーブル 20に伝達される。その結果、光ファイバケーブル 20に含まれる光ファイバ 21を伝送される光信号は、特性（例えば、波長）が変化する。

40

【0018】

そのため、検出部 32は、通信部 31が光ファイバ 21から受信した光信号に基づいて、電柱 10にて発生した振動を検出することが可能である。

【0019】

また、検出部 32は、通信部 31が光ファイバ 21にパルス光を入射した時刻と、通信部 31が光ファイバ 21から光信号を受信した時刻と、の時間差に基づいて、その光信号が発生した位置（通信部 31からの光ファイバ 21の距離）を特定することが可能である。そのため、検出部 32は、光信号が発生した位置を、図 2 に示される対応テーブルと照

50

合することで、その光信号がどの電柱 10 で発生したものであるかを特定することが可能である。言い換えれば、検出部 32 は、電柱 10 にて発生した振動を検出した場合に、その振動がどの電柱 10 で発生したものであるかを特定することが可能である。なお、図 2 の対応テーブルは、電柱 10 の電柱番号と、電柱 10 の型式と、通信部 31 からの光ファイバ 21 の距離と、を対応付けているが、電柱 10 の型式を対応付けるのは任意で良い。また、図 2 の対応テーブルは、不図示のメモリ等に予め記憶させておけば良い。

【0020】

ここで、検出部 32 が検出した電柱 10 の振動の振動波形は、後述するように、その電柱 10 の型式や劣化状態に応じた固有の振動波形となる。

そこで、判別部 41 は、検出部 32 が検出した電柱 10 の振動に基づいて、その電柱 10 の劣化を判別する。

10

【0021】

以下、判別部 41 において、電柱 10 の劣化を判別する方法について詳細に説明する。

<電柱 10 の振動波形の検証>

まず、本発明者らは、電柱 10 の振動波形を検証した。以下、その検証結果について説明する。

【0022】

最初に、本発明者らは、電柱 10 を、劣化状態に応じて、以下の 2 種類のラベルのいずれかに分類した。

・「劣化」:

縦ひび割れがある電柱や、石灰やサビが漏れ出ている電柱

20

・「正常」:

正常な電柱

ラベル分類は、「劣化」、「正常」以外にも、劣化状態に応じて、複数のラベルで分類することも出来る。

【0023】

続いて、本発明者らは、電柱 10 毎に、その電柱 10 にハンマーで打撃を加えたときの振動波形を観測した。

ここでは、本発明者らは、電柱 10 にハンマーで打撃を加え、打撃を加えた直後の振動波形のスペクトルを観測した。

30

【0024】

図 3 は、型式「A」でラベル「正常」の電柱 10 にハンマーで打撃を加えたときの振動波形の例を示している。なお、図 3 において、横軸は時間を示し、縦軸は振動強度を示している。

【0025】

図 4 は、型式「A」でラベル「正常」の電柱 10 にハンマーで打撃を加えた直後の振動波形のスペクトルの例を示している。なお、図 4 は、型式「A」でラベル「正常」の 2 本の電柱 10 の各々の振動波形のスペクトルを示している。同様に、図 5 は、型式「A」でラベル「劣化」の 2 本の電柱 10 の各々の振動波形のスペクトルの例を示している。また、図 6 は、型式「B」でラベル「劣化」の 1 本の電柱 10 の振動波形のスペクトルの例を示している。なお、図 4 ~ 図 6 において、横軸は周波数を示し、縦軸は振動強度を示している。また、図 4 ~ 図 6 は、ハンマーで打撃を加えた複数回分の、周波数に対する振動強度の平均値及び分散値を示している。

40

【0026】

例えば、図 4 と図 5 とを対比すると、同じ型式「A」の電柱 10 同士でも、劣化状態が異なれば、振動強度がピークとなる振動周波数（以下、ピーク周波数と称す）が異なることが分かる。具体的には、図 4 に示される「正常」の電柱 10 においては、42 Hz にピーク周波数が現れている。これに対して、図 5 に示される「劣化」の電柱 10 においては、37 Hz ~ 38 Hz にピーク周波数が現れている。

【0027】

50

また、例えば、図5と図6とを対比すると、同じラベル「劣化」の電柱10同士でも、型式が異なれば、ピーク周波数が異なることが分かる。具体的には、図5に示される型式「A」の電柱10においては、37Hz～38Hzにピーク周波数が現れている。これに対して、図6に示される型式「B」の電柱10においては、44Hz～45Hzにピーク周波数が現れている。

【0028】

以上のように、本発明者らは、電柱10にハンマーで打撃を加えたときの振動波形のスペクトルにおいて、ピーク周波数は、電柱10の型式に応じて異なること、さらに、電柱10の劣化状態に応じて異なること、を確認した。

【0029】

続いて、本発明者らは、電柱10毎に、その電柱10が自然振動をしているときの振動波形を観測した。

図7は、型式「A」でラベル「正常」の電柱10の振動波形及びその振動波形のスペクトログラムの例を示している。なお、図7において、上図が振動波形を示し、下図が振動波形のスペクトログラムを示している。また、図7の上図において、横軸は時間を示し、縦軸は振動強度を示している。また、図7の下図において、横軸は時間を示し、縦軸は周波数を示している。同様に、図8は、型式「A」でラベル「劣化」の電柱10の振動波形及びその振動波形のスペクトログラムの例を示している。

【0030】

図7及び図8に示されるように、電柱10の振動波形のスペクトログラムにおいては、全体的には、時折、30Hz～50Hz程度の高い振動周波数成分が現れることが分かる。この高い振動周波数成分は、振動波形のスペクトログラム上で実線にて囲んだ箇所が該当する。

【0031】

そこで、本発明者らは、電柱10毎に、その電柱10が自然振動をしているときの振動波形及びその振動波形のスペクトログラムを用いて、1秒間隔で以下を行った。なお、ピーク周波数を抽出できた時間帯は、図7及び図8の振動波形上に薄い色で色付けした箇所が該当する。

・振幅強度の平均値の3倍以上の振幅強度が現れたときの振動周波数であって、30Hz～50Hzの範囲内にある振動周波数を、ピーク周波数として抽出する

【0032】

図9A～図9Dは、4本の電柱10毎に、その電柱10が自然振動をしているときに抽出したピーク周波数の集計結果の例をそれぞれ示している。なお、図9A～図9Dは、電柱10のラベル、電柱10の電柱番号、各周波数がピーク周波数として抽出された抽出回数、ピーク周波数として最も多く抽出された周波数、及び、ハンマーで打撃を加えたときのピーク周波数を示している。

【0033】

図9Aに示されるように、例えば、電柱番号「1」の電柱10は、自然振動をしているとき、ピーク周波数として最も多く抽出された周波数は、68回抽出された42Hzとなる。また、電柱番号「1」の電柱10は、ハンマーで打撃を加えたときのピーク周波数は、8Hz、9Hz、35Hz、及び42Hzとなる。

【0034】

すなわち、電柱番号「1」の電柱10においては、自然振動をしているときにピーク周波数として最も多く抽出された周波数42Hzは、ハンマーで打撃を加えたときのピーク周波数のうちの1つである42Hzと一致している。同様の傾向は、他の電柱番号の電柱10においても、確認された。

【0035】

以上のように、本発明者らは、電柱10が自然振動をしているときにピーク周波数として抽出された抽出回数が多い周波数は、電柱10に対してハンマーで打撃を加えたときのピーク周波数と一致する傾向があること、を確認した。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

< 電柱 1 0 の劣化判別方法 >

上述したように、電柱 1 0 が自然振動をしているときにピーク周波数として抽出された抽出回数が多い周波数は、電柱 1 0 に対してハンマーで打撃を加えたときのピーク周波数と一致する傾向がある。

【 0 0 3 7 】

そのため、電柱 1 0 にハンマーで打撃を加えて人工的な振動を発生させなくても、例えば、その電柱 1 0 が自然振動をしているときの振動の振動波形を用いて、その電柱 1 0 の劣化を判別することが可能となる。

【 0 0 3 8 】

そこで、判別部 4 1 は、検出部 3 2 が検出した電柱 1 0 の振動のうち、特定期間に発生した振動の振動周波数に基づいて、その電柱 1 0 の劣化を判別する。特定期間は、電柱 1 0 の振動の振動強度が所定値以上になったときを含む期間である。振動強度の所定値は、例えば、上述した例のように、振幅強度の平均値の 3 倍以上の値とすることが考えられるが、これには限定されない。

【 0 0 3 9 】

詳細には、判別部 4 1 は、特定期間において、検出部 3 2 が検出した電柱 1 0 の振動の振動強度が所定値以上になる度に、振動強度が所定値以上になったときの振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、電柱 1 0 の劣化を判別する。より詳細には、判別部 4 1 は、特定期間において、検出部 3 2 が検出した電柱 1 0 の振動の振動強度が所定値以上になる度に、振動強度が所定値以上になったときの振動周波数であって、所定の周波数範囲内にある振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、電柱 1 0 の劣化を判別する。所定の周波数範囲は、電柱 1 0 に打撃を加えたときのピーク周波数と同等の高い周波数範囲、例えば、上述した例のように、30 Hz ~ 50 Hz 程度の範囲とすることが考えられるが、これには限定されない。

【 0 0 4 0 】

このとき、判別部 4 1 は、電柱 1 0 の型式に応じて異なる教師データにより学習させた学習モデルを用いて、その電柱 1 0 の劣化を判別しても良い。学習モデルは、例えば、畳み込みニューラルネットワーク (CNN: Convolutional Neural Network) による学習モデルであり、不図示のメモリ等に予め記憶させておけば良い。

【 0 0 4 1 】

図 1 0 は、学習モデルの学習に用いられる教師データの例を示す図である。図 1 0 に示される教師データは、電柱 1 0 の型式と、電柱 1 0 の振動波形と、電柱 1 0 の劣化状態と、の組からなる教師データである。

【 0 0 4 2 】

判別部 4 1 は、上述した学習モデルを用いる場合、電柱 1 0 の型式と、電柱 1 0 の振動波形と、の組を、学習モデルに入力する。なお、図 2 のような対応テーブルを不図示のメモリ等に予め記憶させておけば、電柱 1 0 の型式は、その対応テーブルから読み出せば良い。判別部 4 1 は、上記の入力に対する学習モデルの出力結果として、電柱 1 0 の劣化状態を得ることができる。

【 0 0 4 3 】

なお、図 1 0 の例では、教師データは、電柱 1 0 の型式と、電柱 1 0 の振動波形と、電柱 1 0 の劣化状態と、の組からなる教師データとしたが、これには限定されない。判別部 4 1 は、電柱 1 0 の振動波形に基づいて、ピーク周波数として抽出された抽出回数が多い振動周波数を導出し、導出した振動周波数を、電柱 1 0 の振動波形の代わりに、教師データとして用いても良い。

【 0 0 4 4 】

続いて、図 1 1 を参照して、本実施の形態 1 に係る劣化判別システムの動作の流れの例について説明する。

図 1 1 に示されるように、通信部 3 1 は、光ファイバケーブル 2 0 に含まれる光ファイ

10

20

30

40

50

バ 2 1 から、光信号を受信する（ステップ S 1 1）。

【 0 0 4 5 】

続いて、検出部 3 2 は、通信部 3 1 が受信した光信号に基づいて、電柱 1 0 にて発生した振動を検出する（ステップ S 1 2）。

その後、判別部 4 1 は、検出部 3 2 が検出した振動のうち、特定期間に発生した振動の振動周波数に基づいて、電柱 1 0 の劣化を判別する（ステップ S 1 3）。

【 0 0 4 6 】

上述したように本実施の形態 1 によれば、通信部 3 1 は、光ファイバ 2 1 から光信号を受信する。検出部 3 2 は、通信部 3 1 が受信した光信号に基づいて、電柱 1 0 にて発生した振動を検出する。判別部 4 1 は、検出部 3 2 が検出した振動のうち、特定期間に発生した振動の振動周波数に基づいて、電柱 1 0 の劣化を判別する。

10

【 0 0 4 7 】

そのため、電柱 1 0 にハンマーで打撃を加えて人工的な振動を発生させなくても、その電柱 1 0 の劣化を判別することができる。これにより、人的コストを削減しつつ、電柱 1 0 の劣化診断を行うことができる。

【 0 0 4 8 】

< 実施の形態 2 >

続いて、図 1 2 を参照して、本実施の形態 2 に係る劣化判別システムの構成例について説明する。

【 0 0 4 9 】

図 1 2 に示されるように、本実施の形態 2 に係る劣化判別システムは、上述した実施の形態 1 の図 1 の構成と比較して、劣化判別装置 4 0 の内部に報知部 4 2 が追加されている点異なる。

20

【 0 0 5 0 】

報知部 4 2 は、判別部 4 1 が判別した電柱 1 0 の劣化の状態を所定の報知先に報知する。所定の報知先は、例えば、電柱 1 0 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、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ー等に G U I (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。また、報知部 4 2 は、電柱 1 0 の劣化度が閾値以上の場合にのみ、電柱 1 0 の劣化の状態を報知しても良い。

30

【 0 0 5 1 】

続いて、図 1 3 を参照して、本実施の形態 2 に係る劣化判別システムの動作の流れの例について説明する。

図 1 3 に示されるように、まず、上述した実施の形態 1 の図 1 1 のステップ S 1 1 ~ S 1 3 と同様のステップ S 2 1 ~ S 2 3 の処理が行われる。

その後、報知部 4 2 は、判別部 4 1 が判別した電柱 1 0 の劣化の状態を所定の報知先に報知する（ステップ S 2 4）。

【 0 0 5 2 】

上述したように本実施の形態 2 によれば、報知部 4 2 は、判別部 4 1 が判別した電柱 1 0 の劣化の状態を所定の報知先に報知する。これにより、電柱 1 0 の劣化の状態を、電柱 1 0 を監視する監視員や監視センターに知らせることができる。

40

その他の効果は、上述した実施の形態 1 と同様である。

【 0 0 5 3 】

< 他の実施の形態 >

上述した実施の形態では、劣化判別装置 4 0 から通信部 3 1 及び検出部 3 2 を分離しているが、これには限定されない。劣化判別装置 4 0 の内部に通信部 3 1 及び検出部 3 2 を設けても良い。図 1 4 は、劣化判別装置 4 0 の内部に通信部 3 1 及び検出部 3 2 を設けた劣化判別システムの構成例を示している。なお、図 1 4 に示される劣化判別システムは、上述した実施の形態 2 のように、劣化判別装置 4 0 の内部に報知部 4 2 を追加しても良い。

【 0 0 5 4 】

50

また、上述した実施の形態では、通信部 3 1 及び検出部 3 2 をそれぞれ 1 つずつ設けているが、これには限定されない。例えば、複数本の光ファイバ 2 1 を設ける場合には、複数本の光ファイバ 2 1 にそれぞれ対応して、複数の通信部 3 1 及び複数の検出部 3 2 を設けても良い。また、複数本の光ファイバ 2 1 にそれぞれ対応して、複数の判別部 4 1 を設けても良い。

【 0 0 5 5 】

< 実施の形態に係る劣化判別装置のハードウェア構成 >

図 1 5 は、上述した実施の形態に係る劣化判別装置 4 0 を実現するコンピュータ 5 0 のハードウェア構成例を示している。

【 0 0 5 6 】

図 1 5 に示されるように、コンピュータ 5 0 は、プロセッサ 5 0 1、メモリ 5 0 2、ストレージ 5 0 3、入出力インタフェース（入出力 I / F）5 0 4、及び通信インタフェース（通信 I / F）5 0 5 等を備える。プロセッサ 5 0 1、メモリ 5 0 2、ストレージ 5 0 3、入出力インタフェース 5 0 4、及び通信インタフェース 5 0 5 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。

【 0 0 5 7 】

プロセッサ 5 0 1 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 5 0 2 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 5 0 3 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 5 0 3 は、RAM や ROM 等のメモリであっても良い。

【 0 0 5 8 】

ストレージ 5 0 3 は、劣化判別装置 4 0 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 5 0 1 は、これら各プログラムを実行することで、劣化判別装置 4 0 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 5 0 1 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 5 0 2 上に読み出してから実行しても良いし、メモリ 5 0 2 上に読み出さずに実行しても良い。また、メモリ 5 0 2 やストレージ 5 0 3 は、劣化判別装置 4 0 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。

【 0 0 5 9 】

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 5 0 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、

【 0 0 6 0 】

入出力インタフェース 5 0 4 は、表示装置 5 0 4 1、入力装置 5 0 4 2、音出力装置 5 0 4 3 等と接続される。表示装置 5 0 4 1 は、LCD（Liquid Crystal Display）、CRT（Cathode Ray Tube）ディスプレイ、モニターのような、プロセッサ 5 0 1 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 5 0 4 2 は、オペレ

10

20

30

40

50

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 5 0 4 1 及び入力装置 5 0 4 2 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 5 0 4 3 は、スピーカのような、プロセッサ 5 0 1 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。

【 0 0 6 1 】

通信インタフェース 5 0 5 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 5 0 5 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。

【 0 0 6 2 】

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。

例えば、上述した実施の形態は、一部又は全部を相互に組み合わせて用いても良い。

【 0 0 6 3 】

また、上述した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)

電柱に敷設された光ファイバケーブルと、
前記光ファイバケーブルに含まれる光ファイバから光信号を受信する通信部と、
前記通信部が受信した前記光信号に基づいて、前記電柱にて発生した振動を検出する検出部と、

前記検出部が検出した前記振動のうち、特定期間に発生した前記振動の振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する判別部と、
を備える、劣化判別システム。

(付記 2)

前記特定期間は、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が所定値以上になったときを含む期間であり、

前記判別部は、前記特定期間において、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、

付記 1 に記載の劣化判別システム。

(付記 3)

前記判別部は、前記特定期間において、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数であって、所定の周波数範囲内にある振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、

付記 2 に記載の劣化判別システム。

(付記 4)

前記判別部は、前記電柱の型式に応じて異なる教師データにより学習させた学習モデルを用いて、前記電柱の劣化を判別する、

付記 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の劣化判別システム。

(付記 5)

前記判別部が判別した前記電柱の劣化の状態を所定の報知先に報知する報知部をさらに備える、

付記 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の劣化判別システム。

(付記 6)

電柱に敷設された光ファイバケーブルに含まれる光ファイバから光信号を受信する通信部と、

前記通信部が受信した前記光信号に基づいて、前記電柱にて発生した振動を検出する検出部と、

前記検出部が検出した前記振動のうち、特定期間に発生した前記振動の振動周波数に基

10

20

30

40

50

づいて、前記電柱の劣化を判別する判別部と、
を備える、劣化判別装置。

(付記 7)

前記特定期間は、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が所定値以上になったときを含む期間であり、

前記判別部は、前記特定期間において、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、

付記 6 に記載の劣化判別装置。

(付記 8)

前記判別部は、前記特定期間において、前記検出部が検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数であって、所定の周波数範囲内にある振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、

付記 7 に記載の劣化判別装置。

(付記 9)

前記判別部は、前記電柱の型式に応じて異なる教師データにより学習させた学習モデルを用いて、前記電柱の劣化を判別する、

付記 6 から 8 のいずれか 1 項に記載の劣化判別装置。

(付記 10)

前記判別部が判別した前記電柱の劣化の状態を所定の報知先に報知する報知部をさらに備える、

付記 6 から 9 のいずれか 1 項に記載の劣化判別装置。

(付記 11)

劣化判別装置による劣化判別方法であって、

電柱に敷設された光ファイバケーブルに含まれる光ファイバから光信号を受信する受信ステップと、

前記受信ステップで受信した前記光信号に基づいて、前記電柱にて発生した振動を検出する検出ステップと、

前記検出ステップで検出した前記振動のうち、特定期間に発生した前記振動の振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する判別ステップと、

を含む、劣化判別方法。

(付記 12)

前記特定期間は、前記検出ステップで検出した前記振動の振動強度が所定値以上になったときを含む期間であり、

前記判別ステップでは、前記特定期間において、前記検出ステップで検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、

付記 11 に記載の劣化判別方法。

(付記 13)

前記判別ステップでは、前記特定期間において、前記検出ステップで検出した前記振動の振動強度が前記所定値以上になる度に、前記振動の振動強度が前記所定値以上になったときの振動周波数であって、所定の周波数範囲内にある振動周波数を抽出し、抽出回数が多い振動周波数に基づいて、前記電柱の劣化を判別する、

付記 12 に記載の劣化判別方法。

(付記 14)

前記判別ステップでは、前記電柱の型式に応じて異なる教師データにより学習させた学習モデルを用いて、前記電柱の劣化を判別する、

付記 11 から 13 のいずれか 1 項に記載の劣化判別方法。

10

20

30

40

50

(付記 1 5)

前記判別ステップで判別した前記電柱の劣化の状態を所定の報知先に報知する報知ステップをさらに含む、

付記 1 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の劣化判別方法。

【符号の説明】

【 0 0 6 4 】

1 0	電柱	
2 0	光ファイバケーブル	
2 1	光ファイバ	
3 0	光ファイバセンシング機器	10
3 1	通信部	
3 2	検出部	
4 0	劣化判別装置	
4 1	判別部	
4 2	報知部	
5 0	コンピュータ	
5 0 1	プロセッサ	
5 0 2	メモリ	
5 0 3	ストレージ	
5 0 4	入出力インタフェース	20
5 0 4 1	表示装置	
5 0 4 2	入力装置	
5 0 4 3	音出力装置	
5 0 5	通信インタフェース	

30

40

50

【図面】

【図 1】

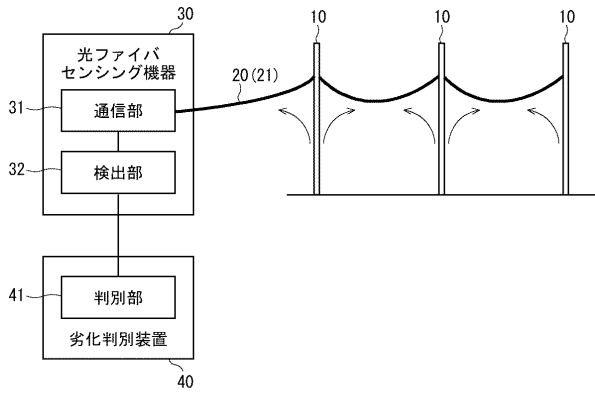


Fig. 1

【図 2】

電柱番号	型式	通信部からの距離
1	A	100 [m]
2	A	120 [m]
3	B	150 [m]
:	:	:

Fig. 2

【図 3】

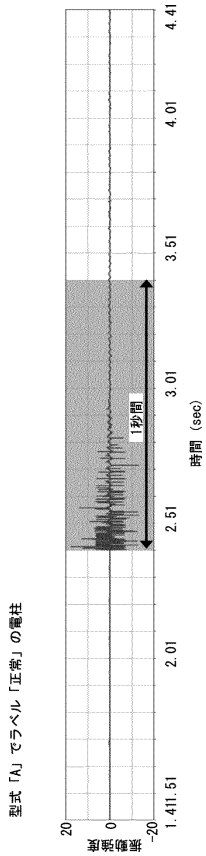


Fig. 3

【図 4】

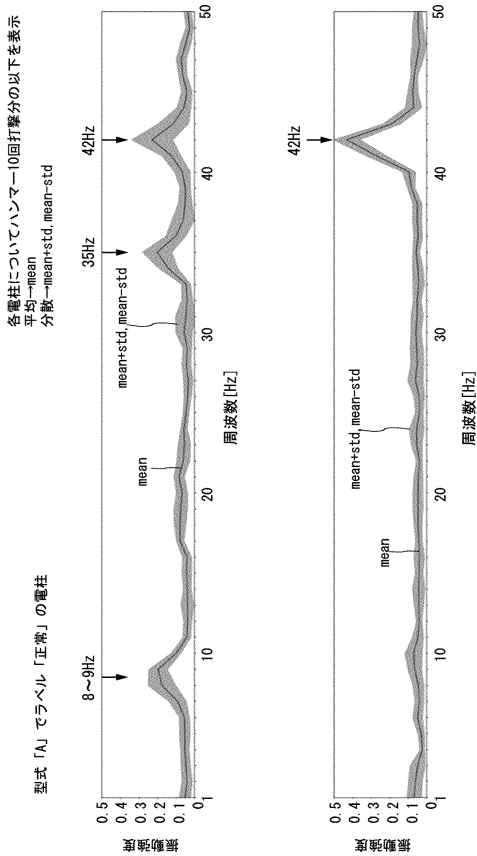


Fig. 4

10

20

30

40

50

【図 5】

型式「A」でラベル「劣化」の電柱
各電柱についてハンマー10回打撃分の以下を表示
平均—mean
分散—mean+std, mean-std

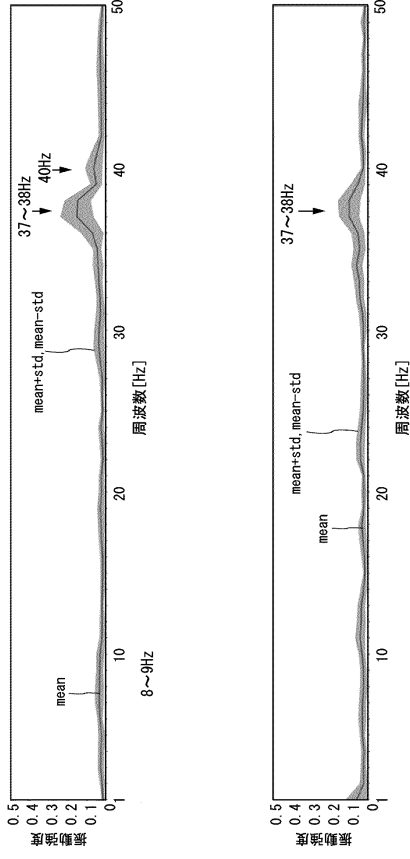


Fig. 5

【図 6】

型式「B」でラベル「劣化」の電柱
各電柱についてハンマー10回打撃分の以下を表示
平均—mean
分散—mean+std, mean-std

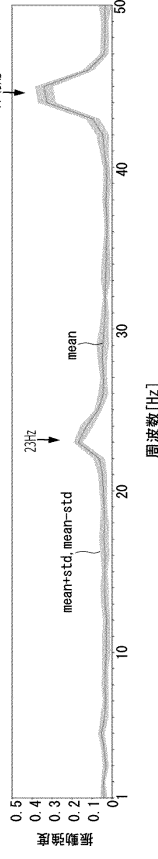


Fig. 6

【図 7】

型式「A」でラベル「正常」の電柱

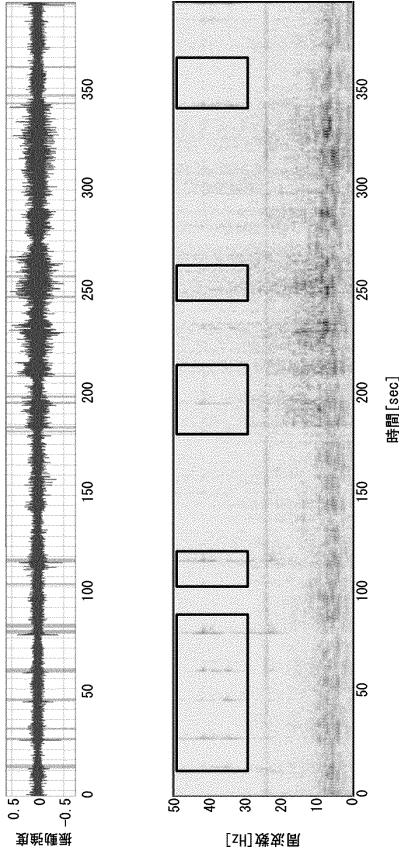


Fig. 7

【図 8】

型式「A」でラベル「劣化」の電柱

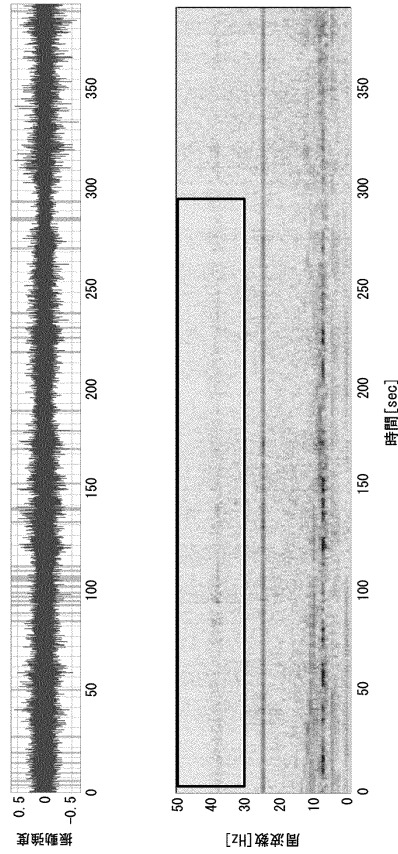


Fig. 8

10

20

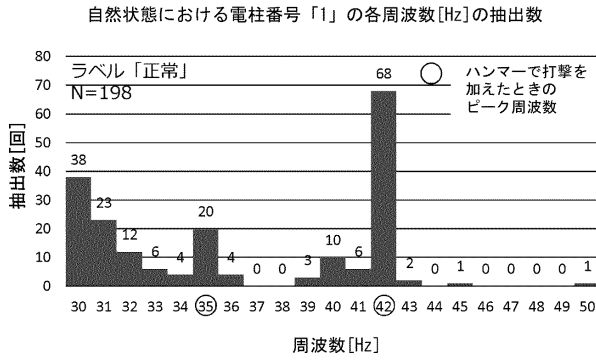
30

40

50

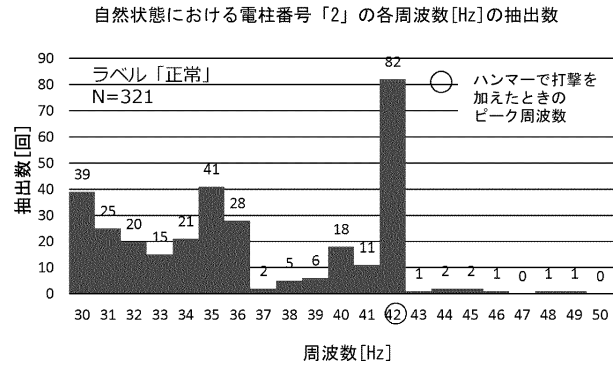
【図 9 A】

Fig. 9A



【図 9 B】

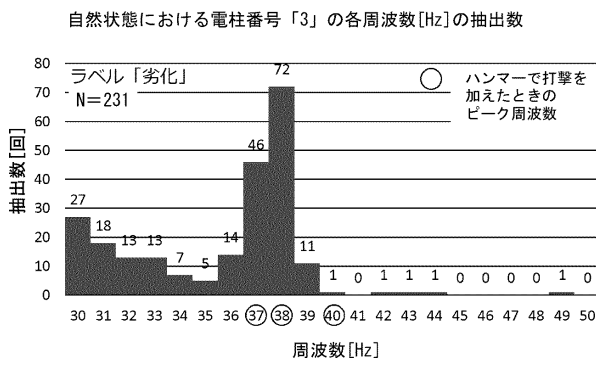
Fig. 9B



10

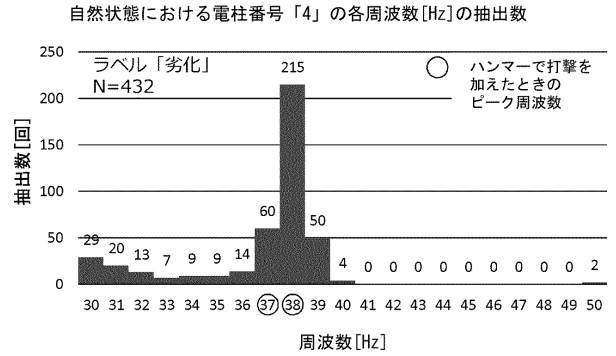
【図 9 C】

Fig. 9C



【図 9 D】

Fig. 9D



20

30

40

50

【図10】

型式	振動波形	電柱の劣化状態
A	振動波形 a1	正常
A	振動波形 a2	劣化度X
C	振動波形 c1	劣化度X
⋮	⋮	⋮

Fig. 10

【図11】

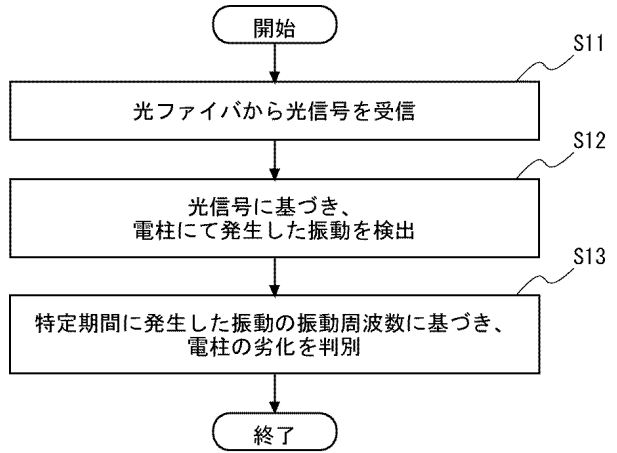


Fig. 11

【図12】

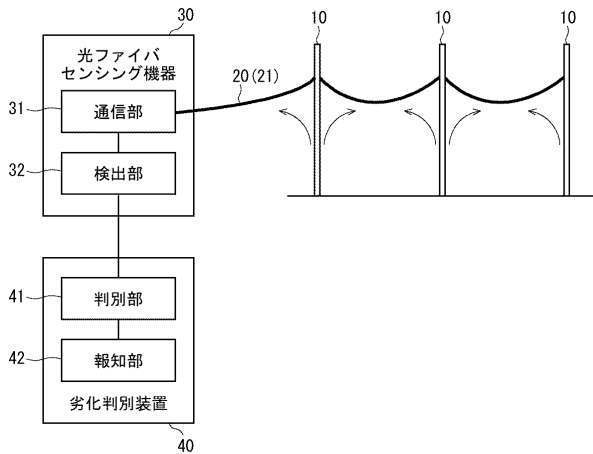


Fig. 12

【図13】

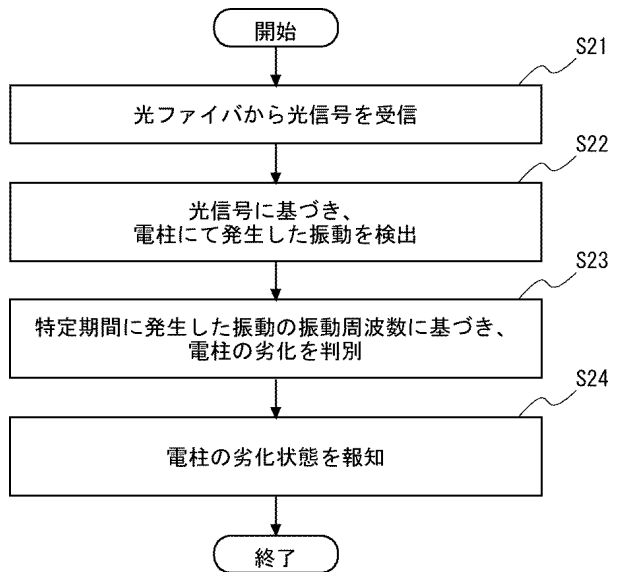


Fig. 13

10

20

30

40

50

【図14】

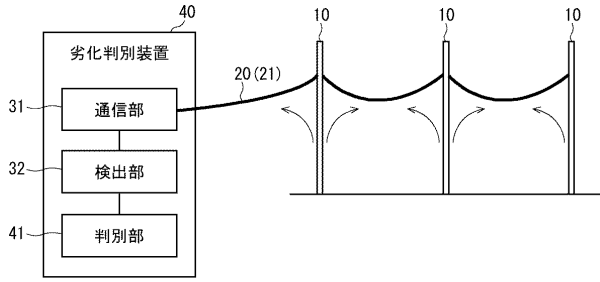


Fig. 14

【図15】

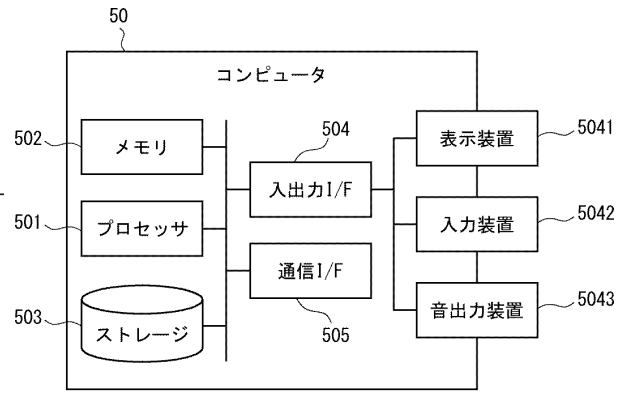


Fig. 15

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 神奈川県川崎市高津区北見方二丁目6番1号 NECプラットフォームズ株式会社内
- (72)発明者 海老原 基人
神奈川県川崎市高津区北見方二丁目6番1号 NECプラットフォームズ株式会社内
- 審査官 木村 励
- (56)参考文献 特開2018-96866(JP,A)
国際公開第2020/044655(WO,A1)
特開2007-183166(JP,A)
特開2013-72800(JP,A)
門万寿男、佐藤拓哉、光ファイバセンサによる構造物の長期連続モニタリング、応用力学
論文集, Vol. 6, 日本, 土木学会, 2008年08月, 1105~1112
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| H02G | 1/02 |
| H02G | 7/00 |
| H02J | 13/00 |
| G01N | 17/00 |