

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7315014号
(P7315014)

(45)発行日 令和5年7月26日(2023.7.26)

(24)登録日 令和5年7月18日(2023.7.18)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 D 21/00 (2006.01) G 0 1 D 21/00 Q

請求項の数 8 (全27頁)

(21)出願番号	特願2021-550955(P2021-550955)	(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1年10月7日(2019.10.7)	(74)代理人	100103894 弁理士 家入 健
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/039486	(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	WO2021/070222	(72)発明者	石井 理 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3年4月15日(2021.4.15)	(72)発明者	北原 啓徳 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4年3月9日(2022.3.9)	(72)発明者	青野 義明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ファイバセンシングシステム、光ファイバセンシング方法、及び光ファイバセンシング装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の領域に配備され、監視対象に関する第1のセンシング情報を検出する第1の光ファイバネットワークと、

前記第1の領域とは分離された第2の領域に配備され、前記監視対象に関する第2のセンシング情報を検出する第2の光ファイバネットワークと、

前記第1の光ファイバネットワークからの第1の光信号を受信する第1の受信部と、

前記第2の光ファイバネットワークからの第2の光信号を受信する第2の受信部と、

前記第1の光信号に含まれる前記第1のセンシング情報と前記第2の光信号に含まれる前記第2のセンシング情報とに基づいて、前記監視対象を特定する特定部と、

を備え、

前記特定部は、

前記第1の光信号に含まれる前記第1のセンシング情報に基づいて、前記第1の領域における前記監視対象を特定し、

前記第2の光信号に含まれる前記第2のセンシング情報に基づいて、前記第2の領域における前記監視対象を特定し、

前記第1の領域における前記監視対象の特定結果と、前記第2の領域における前記監視対象の特定結果と、に基づいて、前記第1の領域と前記第2の領域との間の第3の領域における前記監視対象を推定する、

光ファイバセンシングシステム。

【請求項 2】

前記第 1 の受信部は、第 1 の事業者が所有する前記第 1 の光ファイバネットワークからの前記第 1 の光信号を受信し、

前記第 2 の受信部は、第 2 の事業者が所有する前記第 2 の光ファイバネットワークからの前記第 2 の光信号を受信する、

請求項 1 に記載の光ファイバセンシングシステム。

【請求項 3】

光ファイバセンシングシステムによる光ファイバセンシング方法であって、
第 1 の領域に配備され、監視対象に関する第 1 のセンシング情報を検出する第 1 の光ファイバネットワークからの第 1 の光信号を受信する第 1 の受信ステップと、

前記第 1 の領域とは分離された第 2 の領域に配備され、前記監視対象に関する第 2 のセンシング情報を検出する第 2 の光ファイバネットワークからの第 2 の光信号を受信する第 2 の受信ステップと、

前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報と前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報とに基づいて、前記監視対象を特定する特定ステップと、

を含み、

前記特定ステップでは、

前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報に基づいて、前記第 1 の領域における前記監視対象を特定し、

前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報に基づいて、前記第 2 の領域における前記監視対象を特定し、

前記第 1 の領域における前記監視対象の特定結果と、前記第 2 の領域における前記監視対象の特定結果と、に基づいて、前記第 1 の領域と前記第 2 の領域との間の第 3 の領域における前記監視対象を推定する、

光ファイバセンシング方法。

【請求項 4】

第 1 の領域に配備され、監視対象に関する第 1 のセンシング情報を検出する第 1 の光ファイバネットワークからの第 1 の光信号を受信する第 1 の受信部と、

前記第 1 の領域とは分離された第 2 の領域に配備され、前記監視対象に関する第 2 のセンシング情報を検出する第 2 の光ファイバネットワークからの第 2 の光信号を受信する第 2 の受信部と、

前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報と前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報とに基づいて、前記監視対象を特定する特定部と、

を備え、

前記特定部は、

前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報に基づいて、前記第 1 の領域における前記監視対象を特定し、

前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報に基づいて、前記第 2 の領域における前記監視対象を特定し、

前記第 1 の領域における前記監視対象の特定結果と、前記第 2 の領域における前記監視対象の特定結果と、に基づいて、前記第 1 の領域と前記第 2 の領域との間の第 3 の領域における前記監視対象を推定する、

光ファイバセンシング装置。

【請求項 5】

前記第 1 の受信部は、第 1 の事業者が所有する前記第 1 の光ファイバネットワークからの前記第 1 の光信号を受信し、

前記第 2 の受信部は、第 2 の事業者が所有する前記第 2 の光ファイバネットワークからの前記第 2 の光信号を受信する、

請求項 4 に記載の光ファイバセンシング装置。

【請求項 6】

10

20

30

40

50

前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報の開示に関するポリシーを予め格納するデータベースをさらに備え、

前記特定部は、前記ポリシーに基づいて、前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報のフィルタリングを行い、前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報のうち前記フィルタリングにより排除されなかったセンシング情報に基づいて、前記監視対象を特定する、

請求項 4 又は 5 に記載の光ファイバセンシング装置。

【請求項 7】

前記特定部は、前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報に含まれる、前記監視対象に応じた固有の動的な変動パターンに基づいて、前記監視対象を特定する、

請求項 4 から 6 のいずれか 1 項に記載の光ファイバセンシング装置。

【請求項 8】

前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報は、振動、音、及び温度のうちの少なくとも 1 つを含む、

請求項 4 から 7 のいずれか 1 項に記載の光ファイバセンシング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、光ファイバセンシングシステム、光ファイバセンシング方法、及び光ファイバセンシング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

光ファイバは、高速な光通信を提供するために使用されるが、光ファイバに加えられた応力による損失の変動をモニタすることで、光ファイバをセンサとしても使用することができる。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、河川区域内に光ファイバセンサを設置して、堤防の変状、堤体内推移、河川水位等を観測したり、堤内地に光ファイバセンサを設置して、市街地の浸水状況等を観測したりすることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2002 - 269656 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年、光ファイバ内を伝送される光信号に重畳された振動、音、温度等をモニタすることで、高度なモニタ機能を実現する技術が注目されている。

しかし、近年、社会の高度な情報化及び自動化に伴い、光ファイバによってモニタしたい対象や、提供サービスに対するニーズも多岐に渡るようになり、特許文献 1 のように単純な個別のモニタ機能のみでは、そのニーズを満たすことが難しくなっている。

【0006】

そこで本開示の目的は、上述した課題を解決し、様々な箇所及び状態で敷設されている光ファイバを活用し、より高度な光ファイバセンシングによるサービス及びアプリケーションを実現することが可能な光ファイバセンシングシステム、光ファイバセンシング方法、及び光ファイバセンシング装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

一態様による光ファイバセンシングシステムは、

監視対象に関する第 1 のセンシング情報を検出する第 1 の光ファイバネットワークと、

10

20

30

40

50

前記監視対象に関する第 2 のセンシング情報を検出する第 2 の光ファイバネットワークと、

前記第 1 の光ファイバネットワークからの第 1 の光信号を受信する第 1 の受信部と、
 前記第 2 の光ファイバネットワークからの第 2 の光信号を受信する第 2 の受信部と、
 前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報と前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報とに基づいて、前記監視対象を特定する特定部と、
 を備える。

【0008】

一態様による光ファイバセンシング方法は、
 監視対象に関する第 1 のセンシング情報を検出する第 1 の光ファイバネットワークからの第 1 の光信号を受信する第 1 の受信ステップと、
 前記監視対象に関する第 2 のセンシング情報を検出する第 2 の光ファイバネットワークからの第 2 の光信号を受信する第 2 の受信ステップと、
 前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報と前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報とに基づいて、前記監視対象を特定する特定ステップと、
 を含む。

【0009】

一態様による光ファイバセンシング装置は、
 監視対象に関する第 1 のセンシング情報を検出する第 1 の光ファイバネットワークからの第 1 の光信号を受信する第 1 の受信部と、
 前記監視対象に関する第 2 のセンシング情報を検出する第 2 の光ファイバネットワークからの第 2 の光信号を受信する第 2 の受信部と、
 前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報と前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報とに基づいて、前記監視対象を特定する特定部と、
 を備える。

【発明の効果】

【0010】

上述の態様によれば、様々な箇所及び状態で敷設されている光ファイバを活用し、より高度な光ファイバセンシングによるサービス及びアプリケーションを実現することが可能な光ファイバセンシングシステム、光ファイバセンシング方法、及び光ファイバセンシング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】

【0011】

【図 1】実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムの基本構成例を示す図である。

【図 2】実施の形態に係る特定部が保持する対応テーブルの例を示す図である。

【図 3】実施の形態に係る受信部が受信した光信号に重畳されたセンシング情報に含まれる振動パターンの例を示す図である。

【図 4】実施の形態に係る受信部が受信した光信号に重畳されたセンシング情報に含まれる振動パターンの例を示す図である。

【図 5】実施の形態に係る受信部が受信した光信号に重畳されたセンシング情報に含まれる振動パターンの例を示す図である。

【図 6】実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムの基本動作の例を示すフロー図である。

【図 7】実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムの変形構成例を示す図である。

【図 8】実施の形態に係る光ファイバセンシング装置が、監視対象のデータをサービス提供先に提供するサービス態様の例を示す図である。

【図 9】実施の形態に係る光ファイバセンシング装置が、監視対象のデータをサービス提供先に提供するサービス態様の例を示す図である。

【図 10】実施の形態に係る光ファイバセンシング装置の変形構成例を示す図である。

【図 11】図 10 に示されるポリシ DB の例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図 1 2】実施の形態に係る受信部がセンシング情報を収集する方法の例を示す図である。

【図 1 3】実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムのセンシングカバー範囲の例を示す図である。

【図 1 4】実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムのセンシングカバー範囲の例を示す図である。

【図 1 5】実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムにおいて、光ファイバネットワークが配備されていない領域における監視対象を推定する動作の例を示すフロー図である。

【図 1 6】実施の形態に係る特定部が振動源の位置を特定する方法の例を示す図である。

【図 1 7】実施の形態に係る複数のセンシング用光ファイバを互いに異なる高さに敷設する方法の例を示す図である。

10

【図 1 8】実施の形態に係る特定部が保持する対応テーブルの例を示す図である。

【図 1 9】実施の形態に係る特定部が人物及び車両の行動を特定する方法の例を示す図である。

【図 2 0】実施の形態に係る特定部が人物及び車両の行動を特定する方法の例を示す図である。

【図 2 1】実施の形態に係る 2 つのセンシング用光ファイバの一方を橋梁全体に敷設し、他方を劣化箇所部分的に敷設する方法の例を示す図である。

【図 2 2】実施の形態に係る特定部が表示部に表示する G U I 画面の例を示す図である。

【図 2 3】実施の形態に係る光ファイバセンシング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。

20

【発明を実施するための形態】

【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>

まず、図 1 を参照して、本実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムの基本構成例について説明する。

30

【0014】

図 1 に示されるように、本実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムは、光ファイバネットワーク（図中、光ファイバ N W (Network) と適宜表記する) 1 0 A , 1 0 B 及び光ファイバセンシング装置 2 0 を備えている。光ファイバセンシング装置 2 0 は、受信部 2 1 A , 2 1 B 及び特定部 2 2 を備えている。以下の記載では、どちらの光ファイバネットワーク 1 0 A , 1 0 B であるかを特定しない場合は、光ファイバネットワーク 1 0 と適宜称する。同様に、受信部 2 1 A , 2 1 B は、受信部 2 1 と適宜称する。なお、図 1 は、2 つの光ファイバネットワーク 1 0 A , 1 0 B が配備されることを前提とした例であるが、光ファイバネットワーク 1 0 の数は複数であれば良く、2 つには限定されない。

40

【0015】

光ファイバネットワーク 1 0 A は、1 つ以上のセンシング用光ファイバ 1 1 A により構成され、光ファイバネットワーク 1 0 B は、1 つ以上のセンシング用光ファイバ 1 1 B により構成される。なお、光ファイバネットワーク 1 0 A , 1 0 B は、既存の光ファイバネットワークでも良いし、新設した光ファイバネットワークでも良い。以下の記載では、どちらのセンシング用光ファイバ 1 1 A , 1 1 B であるかを特定しない場合は、センシング用光ファイバ 1 1 と適宜称する。

【0016】

受信部 2 1 A は、光ファイバネットワーク 1 0 A から光信号を受信する。例えば、受信部 2 1 A は、光ファイバネットワーク 1 0 A を構成するセンシング用光ファイバ 1 1 A に

50

パルス光を送出し、そのパルス光がセンシング用光ファイバ 1 1 A を伝送されることに伴い発生した後方散乱光を、光信号として受信する。

同様に、受信部 2 1 B は、光ファイバネットワーク 1 0 B から光信号を受信する。

【 0 0 1 7 】

本実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムがモニタする監視対象は、例えば、以下の通りである。

- ・電柱、橋梁、トンネル、配管、ダム等の構造物の劣化を含む状態
- ・線路、道路の劣化を含む状態
- ・線路、道路の状況
- ・人物、車両、動物等の行動
- ・火山の噴火、地震、土砂災害、地盤沈下、陥没・落盤、侵食、湖水爆発、風水害、風害、水害、塩害、雪害、吹雪、凍結害、雷、高温（熱波、猛暑、暖冬）、低温（厳冬、冷夏）、自然火災等の自然災害の発生、自然災害による被害状態の監視
- ・停電、工事等の発生
- ・天候、気温、地温、風量、降水量
- ・通信障害の監視

10

【 0 0 1 8 】

ここで、監視対象に関する振動、音、及び温度等は、センシング用光ファイバ 1 1 A に伝達される。その結果、センシング用光ファイバ 1 1 A にて伝送される光信号に重畳され、光信号の特性（例えば、波長）が変化する。そのため、光ファイバネットワーク 1 0 A は、監視対象に関する振動、音、及び温度等を含むセンシング情報の検出が可能となる。

20

【 0 0 1 9 】

同様に、光ファイバネットワーク 1 0 B は、監視対象に関する振動、音、及び温度等を含むセンシング情報を検出可能であり、また、検出したセンシング情報はセンシング用光ファイバ 1 1 B にて伝送される光信号に重畳される。

なお、センシング情報は、監視対象に関する振動、音、及び温度の少なくとも 1 つを含んでいれば良い。

【 0 0 2 0 】

特定部 2 2 は、受信部 2 1 A が光ファイバネットワーク 1 0 A から受信した光信号に重畳されたセンシング情報を収集すると共に、受信部 2 1 B が光ファイバネットワーク 1 0 B から受信した光信号に重畳されたセンシング情報を収集する。そして、特定部 2 2 は、光ファイバネットワーク 1 0 A から受信した光信号に重畳されたセンシング情報と、光ファイバネットワーク 1 0 B から受信した光信号に重畳されたセンシング情報と、に基づいて、監視対象を特定する。

30

【 0 0 2 1 】

このとき、特定部 2 2 は、以下のようにして、センシング情報が検出されたセンシング用光ファイバ 1 1 A , 1 1 B 上の位置（光ファイバセンシング装置 2 0 からの距離）を特定することができる。例えば、受信部 2 1 A が受信する光信号が後方散乱光である場合、特定部 2 2 は、受信部 2 1 A がセンシング用光ファイバ 1 1 A にパルス光を送出した時刻と、受信部 2 1 A がセンシング用光ファイバ 1 1 A から後方散乱光を受信した時刻と、の時間差に基づいて、その後方散乱光に重畳されたセンシング情報が検出されたセンシング用光ファイバ 1 1 A 上の位置を特定する。同様の方法で、特定部 2 2 は、光ファイバネットワーク 1 0 B から受信した光信号に重畳されたセンシング情報が検出されたセンシング用光ファイバ 1 1 B 上の位置を特定する。

40

【 0 0 2 2 】

このとき、特定部 2 2 は、センシング用光ファイバ 1 1 の位置と実際の地理的な位置とを対応付ける情報を有する。例えば、特定部 2 2 は、図 2 に示されるように、センシング用光ファイバ 1 1 における光ファイバセンシング装置 2 0 からの距離と、地図上の各領域又は地点と、を対応付けた対応テーブルを予め保持していても良い。これにより、特定部 2 2 は、地図上のどの領域でセンシング情報が検出されたのか、すなわち、上記で特定し

50

た監視対象が、地図上のどの領域のものであるかを判断することができる。この場合、特定部 2 2 は、例えば、センシング用光ファイバ 1 1 で検知されたセンシング用光ファイバ 1 1 上の位置が、10 km である場合、地図上における A 領域又は A 地点であることを特定しても良い。ここで、センシング用光ファイバ 1 1 における位置は、光ファイバセンシング装置 2 0 からの距離に限られず、例えば、センシング用光ファイバ 1 1 上における特定のポイントからの距離でも良い。また、実際の地理的な位置は、地図上の領域に限られず、例えば、領域又は地点を文字情報で管理しても良い。なお、特定部 2 2 は、センシング用光ファイバ 1 1 A , 1 1 B 毎に、図 2 に示されるような対応テーブルを保持しても良い。

【 0 0 2 3 】

以下、特定部 2 2 において、監視対象を特定する方法の例について説明する。

受信部 2 1 A , 2 1 B が受信した光信号に重畳されたセンシング情報は、例えば、監視対象に関する振動情報を含んでいる。この振動情報は、監視対象に応じて、振動の強弱、振動位置、振動数の変動推移等のパターンが異なる、固有の動的な変動パターンとなる。同様に、センシング情報は、監視対象に関する音及び温度等でも固有の動的な変動パターンを含んでおり、これらの振動パターン、音響パターン及び温度パターン等により、監視対象を特定することが可能である。

【 0 0 2 4 】

そのため、特定部 2 2 は、受信部 2 1 A , 2 1 B が受信した光信号に重畳されたセンシング情報に含まれる、監視対象に応じた固有の動的な変動パターンを分析することにより、監視対象を特定することが可能となる。

【 0 0 2 5 】

例えば、構造物の劣化を検出する場合、構造物にセンシング用光ファイバ 1 1 A , 1 1 B を敷設する。特定部 2 2 は、受信部 2 1 A , 2 1 B がセンシング用光ファイバ 1 1 A , 1 1 B から受信した光信号からセンシング情報を収集し、さらに、収集したセンシング情報から、図 3 及び図 4 に示されるような、構造物で発生した振動パターンを抽出する。図 3 及び図 4 は、横軸が時間、縦軸が振動強度を示す振動パターンを、FFT (Fast Fourier Transform) した後の振動パターンである。図 3 及び図 4 に示される振動パターンは、横軸が周波数、縦軸が振動強度を示す。

【 0 0 2 6 】

図 3 及び図 4 に示される振動パターンにおいては、振動強度のピークが発生する。このピークが発生する周波数が、構造物の劣化状態に応じて異なっている。具体的例として、劣化している構造物の振動パターン (図 4) は、正常な構造物の振動パターン (図 3) と比較して、強度のピークが発生する周波数が、高周波側 (もしくは低周波側) にシフトしている。そのため、特定部 2 2 は、振動強度のピークが発生する周波数に基づいて、構造物の劣化を検出することができる。

【 0 0 2 7 】

また、自然現象を検出する例として、地面又は海底にセンシング用光ファイバ 1 1 A , 1 1 B を敷設する。特定部 2 2 は、受信部 2 1 A , 2 1 B がセンシング用光ファイバ 1 1 A , 1 1 B から受信した光信号からセンシング情報を収集し、さらに、収集したセンシング情報から、図 5 に示されるような、地面又は海底で発生した振動パターンを抽出する。図 5 に示される振動パターンは、横軸が時間、縦軸が振動強度になっている。

【 0 0 2 8 】

図 5 に示される振動パターンにおいては、地面又は海底に発生した振動は、その後に減衰する。例えば、自然現象として、地盤の構造変化や崩落等が発生する可能性がある場合、この減衰時間が長くなる。そのため、特定部 2 2 は、振動パターンにおける減衰時間に基づいて、地盤の構造変化や崩落等が発生する可能性があることを検出することができる。

【 0 0 2 9 】

また、特定部 2 2 は、パターンマッチングを利用して、監視対象を特定しても良い。例えば、特定部 2 2 は、監視対象毎に、監視対象に応じた振動パターンを、マッチング用パ

10

20

30

40

50

ターンとして不図示の記憶部に予め記憶させておく。例えば、監視対象が構造物の劣化である場合、構造物の劣化レベルに応じた複数の振動パターンを記憶させておけば良い。特定部 2 2 は、光信号から振動パターンを抽出すると、抽出した振動パターンをマッチング用パターンと比較する。マッチング用パターンの中に、光信号から抽出した振動パターンとの適合率が閾値以上となったマッチング用パターンがある場合、特定部 2 2 は、そのマッチング用パターンに対応する監視対象を特定する。

【 0 0 3 0 】

又は、特定部 2 2 は、畳み込みニューラルネットワーク (CNN : Convolutional Neural Network) により監視対象を特定する学習モデルを利用して、監視対象を特定しても良い。例えば、特定部 2 2 は、監視対象を示す教師データと、その監視対象に応じた振動パターンと、の組を複数組入力して、学習モデルを予め構築し、不図示の記憶部に予め記憶させておく。例えば、監視対象が構造物の劣化である場合、構造物の劣化レベルを示す教師データと、その劣化レベルのときの振動パターンと、の組を複数組入力して、学習モデルを構築すれば良い。特定部 2 2 は、光信号から振動パターンを抽出すると、抽出した振動パターンを学習モデルに入力する。これにより、特定部 2 2 は、学習モデルの出力結果として、監視対象を得る。

10

【 0 0 3 1 】

なお、以上の説明では、特定部 2 2 が、振動パターンを用いて、監視対象を特定する例について説明したが、音響パターンや温度パターンを用いて、監視対象を特定しても良い。また、以上の説明では、監視対象として、構造物の劣化や自然現象を検出する例について説明したが、以上の説明で述べた方法は、その他の監視対象を特定する場合にも、同様に適用することができる。

20

【 0 0 3 2 】

続いて、図 6 を参照して、本実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムにおける基本動作の例について説明する。

図 6 に示されるように、受信部 2 1 A は、光ファイバネットワーク 1 0 A から光信号を受信する (ステップ S 1 0 1)。また、受信部 2 1 B は、光ファイバネットワーク 1 0 B から光信号を受信する (ステップ S 1 0 2)。なお、ステップ S 1 0 1 とステップ S 1 0 2 は順番が逆でも良い。

【 0 0 3 3 】

続いて、特定部 2 2 は、受信部 2 1 A が光ファイバネットワーク 1 0 A から受信した光信号に含まれる、監視対象に関するセンシング情報と、受信部 2 1 B が光ファイバネットワーク 1 0 B から受信した光信号に含まれる、監視対象に関するセンシング情報と、に基づいて、監視対象を特定する (ステップ S 1 0 3)。

30

【 0 0 3 4 】

上述したように本実施の形態によれば、受信部 2 1 A は、光ファイバネットワーク 1 0 A から光信号を受信し、受信部 2 1 B は、光ファイバネットワーク 1 0 B から光信号を受信する。特定部 2 2 は、受信部 2 1 A が光ファイバネットワーク 1 0 A から受信した光信号に含まれる、監視対象に関するセンシング情報と、受信部 2 1 B が光ファイバネットワーク 1 0 B から受信した光信号に含まれる、監視対象に関するセンシング情報と、に基づいて、監視対象を特定する。

40

【 0 0 3 5 】

このように、本実施の形態によれば、光ファイバネットワーク 1 0 A , 1 0 B で個別に監視対象をモニタするのではなく、2つの光ファイバネットワーク 1 0 A , 1 0 B の双方で監視対象をモニタする。これにより、様々な箇所及び状態で敷設されているセンシング用光ファイバ 1 1 A , 1 1 B を活用し、より高度な光ファイバセンシングによるサービス及びアプリケーションを実現することができる。

【 0 0 3 6 】

< 実施の形態の具体例 >

以下、本実施の形態をより具体化した具体例について説明する。

50

< 複数の光ファイバネットワークの切り分け方法 >

上記の説明では、2つの光ファイバネットワーク10A, 10Bを設けた例について説明したが、光ファイバネットワーク10の数は複数であれば良い。

このとき、複数の光ファイバネットワーク10は、図7に示されるように、互いに異なる事業者が所有するものであっても良い。図7の例では、光ファイバネットワーク10Aは、事業者A(通信キャリア)が所有する光ファイバネットワークであるのに対し、光ファイバネットワーク10Bは、事業者B(電力会社)が所有する光ファイバネットワーク10Bになっている。なお、光ファイバネットワーク10は、通信キャリア及び電力会社が所有するものに限らず、鉄道会社や道路会社等の他の業種の事業者が所有するものであっても良い。また、光ファイバネットワーク10は、異なる業種の異なる事業者が所有するものであっても良いし、同じ業種の異なる事業者が所有するものであっても良い。

10

【0037】

複数の光ファイバネットワーク10を互いに異なる事業者が所有するものとするにより、図8に示されるように、複数の光ファイバネットワーク10が検出したセンシング情報に基づいて特定した監視対象のデータを、サービス提供先に提供する、というサービスを実現することができる。また、光ファイバセンシング装置20は、このようなサービスを実現する場合における、プラットフォームとして実現することができる。この場合、特定部22が監視対象のデータをサービス提供先に提供しても良いし、監視対象のデータをサービス提供先に提供する提供部を追加で設けても良い。なお、サービス提供先は、例えば、国、地方自治体、企業、個人等が考えられるが、特に限定されるものではない。

20

【0038】

また、複数の光ファイバネットワーク10は、互いに異なる国、地方自治体、組織(警察、消防等)が所有するものであっても良い。

【0039】

また、複数の光ファイバネットワーク10は、互いに地理的場所が異なっても良い。例えば、複数の光ファイバネットワーク10は、互いに異なる都道府県に配置されても良い。また、複数の光ファイバネットワーク10は、陸上及び海洋にそれぞれ配置されても良い。

【0040】

また、複数の光ファイバネットワーク10は、互いにセンシング用光ファイバ11の敷設態様が異なっても良い。例えば、複数の光ファイバネットワーク10は、センシング用光ファイバ11が敷設される物質、状態(例えば、地中に埋設される、電柱等に架空配線される等)、高さが互いに異なっても良い。

30

【0041】

また、複数の光ファイバネットワーク10は、パブリックの光ファイバネットワーク10及びプライベートの光ファイバネットワーク10が混在していても良い。パブリックの光ファイバネットワーク10は、例えば、センシング用光ファイバ11が、公共インフラとして、電柱、道路、線路等に敷設される光ファイバネットワークである。また、プライベートの光ファイバネットワーク10は、例えば、センシング用光ファイバ11が、私設インフラとして、ビル内、ショッピングモール内、家庭内、工場内等に敷設される光ファイバネットワークである。

40

【0042】

ここで、プライベートの光ファイバネットワーク10の中には、センシング情報が機密性の高い光ファイバネットワーク10も存在する可能性がある。そのため、プライベートの光ファイバネットワーク10毎に、センシング情報の開示に関するポリシーを設定し、ポリシーに従ってセンシング情報をフィルタリングすることが好適である。

【0043】

そこで、以下では、センシング情報をフィルタリングする方法の例について説明する。ここでは、図9に示されるように、事業者A~Cがそれぞれ所有する光ファイバネットワーク10A~10Cが、プライベートの光ファイバネットワークであるものとする。

50

【 0 0 4 4 】

図 1 0 に示されるように、光ファイバセンシング装置 2 0 は、ポリシー D B (Data Base) 2 3 を追加で備えている。ポリシー D B 2 3 は、図 1 1 に示されるように、プライベートの光ファイバネットワーク 1 0 A ~ 1 0 C 毎に、センシング情報の開示に関するポリシーを格納したデータベースである。図 1 1 において、「全て可」は、監視対象のデータの提供先がどこであっても、センシング情報の利用を許可することを示している。「一部可」は、監視対象のデータの提供先が予め設定された一部のサービス提供先である場合にのみ、センシング情報の利用を許可することを示している。「禁止」は、監視対象のデータの提供先が自身である場合にのみ、センシング情報の利用を許可することを示している。なお、時間帯によって、ポリシーを変更したり、災害発生時等で一時的にポリシーを変更したりする仕組みを追加で備えても良い。そのため、例えば、「一部可」及び「禁止」であっても、災害発生時等に、センシング情報の利用を許可することもあり得る。特定部 2 2 は、受信部 2 1 A ~ 2 1 C が受信した光信号に重畳されたセンシング情報に対し、ポリシー D B 2 3 に格納されたポリシーに従って、フィルタリングを行う。そして、特定部 2 2 は、フィルタリングによって排除されなかったセンシング情報に基づいて、監視対象を特定する。例えば、特定部 2 2 は、受信部 2 1 B が受信した光信号に重畳されたセンシング情報に対し、フィルタリングを行ったとする。その結果、そのセンシング情報に基づいて特定する監視対象のデータの提供先が、予め設定されたサービス提供先であれば、特定部 2 2 は、そのセンシング情報に基づいて、監視対象を特定し、特定した監視対象のデータが、予め設定されたサービス提供先に提供される。一方、そのセンシング情報に基づいて特定する監視対象のデータの提供先が、予め設定されたサービス提供先でなければ、特定部 2 2 は、監視対象の特定や、監視対象のデータの提供を行わない。

10

20

【 0 0 4 5 】

< センシング情報の収集方法 >

上記の説明では、受信部 2 1 は、光ファイバネットワーク 1 0 を構成するセンシング用光ファイバ 1 1 から光信号を受信することで、光信号に重畳されたセンシング情報を収集していた。しかし、センシング情報の収集方法は、これに限定されるものではない。

【 0 0 4 6 】

例えば、図 1 2 に示されるように、受信部 2 1 A は、光ファイバネットワーク 1 0 A から、光ファイバ通信ネットワーク 3 0 を経由して、センシング情報を収集しても良い。同様に、受信部 2 1 B は、光ファイバネットワーク 1 0 B から光ファイバ通信ネットワーク 3 0 を経由して、センシング情報を収集しても良い。

30

【 0 0 4 7 】

< 光ファイバセンシングのセンシングカバー範囲 >

特定部 2 2 は、光ファイバネットワーク 1 0 A から収集したセンシング情報と、光ファイバネットワーク 1 0 B から収集したセンシング情報と、に基づいて、監視対象を特定する。

【 0 0 4 8 】

そのため、図 1 3 に示されるように、センシングカバー範囲を、光ファイバネットワーク 1 0 A のセンシングカバー範囲である A 領域と、光ファイバネットワーク 1 0 B のセンシングカバー範囲である B 領域と、を組み合わせた領域まで、広げることができる。

40

【 0 0 4 9 】

これにより、より広い範囲において、道路のトラフィックや車両の監視、天候、気温、地温の監視、災害、停電の検出等を行うことができる。また、管轄が異なる同系列の企業同士で、センシング情報の引継ぎ等を行うことができる。

【 0 0 5 0 】

< 光ファイバネットワークが配備されていない領域における監視対象の推定 >

図 1 3 の例では、光ファイバネットワーク 1 0 A のセンシングカバー範囲である A 領域と、光ファイバネットワーク 1 0 B がセンシングのカバー範囲である B 領域と、に重複部分が存在していた。しかし、図 1 4 に示されるように、A 領域と B 領域とが互

50

いに分離している場合もある。この場合、特定部 2 2 は、A 領域における監視対象の特定結果と、B 領域における監視対象の特定結果と、に基づいて、A 領域と B 領域との間にある C 領域における監視対象を推定しても良い。

【 0 0 5 1 】

図 1 4 の例では、特定部 2 2 は、光ファイバネットワーク 1 0 A から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、A 領域における車両等の位置を特定し、さらに、特定した位置の変動に基づいて、車両等の移動経路を特定している。同様に、特定部 2 2 は、光ファイバネットワーク 1 0 B から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、B 領域における車両等の位置及び移動経路を特定している。そのため、特定部 2 2 は、A 領域における移動経路の出口となる位置と、B 領域における移動経路の入口となる位置と、に基づいて、C 領域における移動経路を推定することができる。

10

【 0 0 5 2 】

このとき、特定部 2 2 は、A 領域及び B 領域の各々において、車両等の位置及びその位置にいるときの時刻に基づいて、車両等の移動速度を特定することが可能である。そのため、例えば、A 領域における移動速度が 3 0 k m、B 領域における移動速度が 4 0 k m であった場合、特定部 2 2 は、C 領域において、車両等は加速していると推定することができる。

【 0 0 5 3 】

また、特定部 2 2 は、光ファイバネットワーク 1 0 A から収集したセンシング情報に含まれる温度パターンに基づいて、A 領域における温度を特定することができる。同様に、特定部 2 2 は、光ファイバネットワーク 1 0 B から収集したセンシング情報に含まれる温度パターンに基づいて、B 領域における温度を特定することができる。そのため、例えば、A 領域における温度が 2 0、B 領域における温度が 3 0 であった場合、特定部 2 2 は、C 領域における温度が 2 5 程度であると推定することができる。

20

【 0 0 5 4 】

また、特定部 2 2 は、光ファイバネットワーク 1 0 A から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、A 領域における停電の発生位置及び発生位置の分布を特定することができる。同様に、特定部 2 2 は、光ファイバネットワーク 1 0 B から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、B 領域における停電の発生位置及び発生位置の分布を特定することができる。そのため、例えば、特定部 2 2 は、A 領域における停電の発生位置の分布及び B 領域における停電の発生位置の分布に基づいて、C 領域における停電の発生位置を推定することができる。

30

【 0 0 5 5 】

続いて、図 1 5 を参照して、本実施の形態に係る光ファイバセンシングシステムにおいて、光ファイバネットワーク 1 0 が配備されていない領域における監視対象を推定する動作の例について説明する。ここでは、図 1 4 の例のように、A 領域と B 領域との間にある C 領域における監視対象を推定する例について説明する。

【 0 0 5 6 】

図 1 5 に示されるように、受信部 2 1 A は、センシングカバー範囲が A 領域である光ファイバネットワーク 1 0 A から光信号を受信する（ステップ S 2 0 1）。また、受信部 2 1 B は、センシングカバー範囲が B 領域である光ファイバネットワーク 1 0 B から光信号を受信する（ステップ S 2 0 2）。なお、ステップ S 2 0 1 とステップ S 2 0 2 は順番が逆でも良い。

40

【 0 0 5 7 】

続いて、特定部 2 2 は、受信部 2 1 A が光ファイバネットワーク 1 0 A から受信した光信号に含まれる、監視対象に関するセンシング情報に基づいて、A 領域における監視対象を特定する（ステップ S 2 0 3）。また、特定部 2 2 は、受信部 2 1 B が光ファイバネットワーク 1 0 B から受信した光信号に含まれる、監視対象に関するセンシング情報に基づいて、B 領域における監視対象を特定する（ステップ S 2 0 4）。なお、ステップ S 2 0 3 とステップ S 2 0 4 は順番が逆でも良い。

50

【 0 0 5 8 】

続いて、特定部 2 2 は、A 領域における監視対象の特定結果と、B 領域における監視対象の特定結果と、に基づいて、A 領域と B 領域との間にある C 領域における監視対象を推定する（ステップ S 2 0 5）。

< 振動源及び音源の位置の特定 >

【 0 0 5 9 】

例えば、1つのセンシング用光ファイバ 1 1 から構成される光ファイバネットワーク 1 0 が 1 つだけ配備されている場合、センシング用光ファイバ 1 1 から離れた場所に振動源（例えば、地震の震源等）があっても、特定部 2 2 は、振動源の方向までは特定することはできる。しかし、特定部 2 2 は、振動源の位置までは特定することができない。

10

【 0 0 6 0 】

これに対して、複数の光ファイバネットワーク 1 0 が配備されている場合には、センシング用光ファイバ 1 1 から離れた場所に振動源があっても、特定部 2 2 は、振動源の位置を特定することができる。

【 0 0 6 1 】

以下、図 1 6 を参照して、特定部 2 2 において、振動源の位置を特定する方法について説明する。図 1 6 の例では、1つのセンシング用光ファイバ 1 1 A から構成される光ファイバネットワーク 1 0 A と、1つのセンシング用光ファイバ 1 1 B から構成される光ファイバネットワーク 1 0 B と、の 2 つの光ファイバネットワーク 1 0 が配備されていることを想定している。

20

【 0 0 6 2 】

センシング用光ファイバ 1 1 A は、センシング用光ファイバ 1 1 A 上の複数の検出ポイントで振動を検出する。特定部 2 2 は、センシング用光ファイバ 1 1 A から収集したセンシング情報に基づいて、複数の検出ポイントの各々で検出された振動の分布（検出された振動の強度及びその振動が検出された時刻）を求める。ここで、振動源に近い検出ポイントでは、他の検出ポイントと比較して、早く振動を検出し、かつ、検出した振動強度も大きくなる。これを利用して、特定部 2 2 は、複数の検出ポイントの各々で検出された振動の分布に基づいて、振動源の方向 D 1 を特定する。同様に、特定部 2 2 は、センシング用光ファイバ 1 1 B から収集したセンシング情報に基づいて、複数の検出ポイントの各々で検出された振動の分布（強度及び時刻）を求め、求めた振動の分布に基づいて、振動源の方向 D 2 を特定する。そして、特定部 2 2 は、方向 D 1 と方向 D 2 とが交差する位置を、振動源の位置として特定する。

30

【 0 0 6 3 】

なお、図 1 6 の例では、特定部 2 2 は、振動源の位置を特定したが、音源の位置を特定することもできる。特定部 2 2 は、音源の位置を特定する場合は、センシング用光ファイバ 1 1 上の複数の検出ポイントの各々で検出された音響の分布（強度及び時刻）を用いて、音源の位置を特定すれば良い。

【 0 0 6 4 】

< 複数の光ファイバネットワークの同エリアへの配備 >

同じエリアに複数の光ファイバネットワーク 1 0 を配備することにより、光ファイバセンシングのセンシング精度の向上を図ることができる。

40

例えば、1つのセンシング用光ファイバ 1 1 から構成される光ファイバネットワーク 1 0 が 1 つだけ配備されている場合、特定部 2 2 が取得できるセンシング情報は、1 次元的な配置のセンシング情報となる。

【 0 0 6 5 】

これに対して、例えば、図 1 6 に示したように、同じエリアにおいて、光ファイバネットワーク 1 0 A を構成するセンシング用光ファイバ 1 1 A と、光ファイバネットワーク 1 0 B を構成するセンシング用光ファイバ 1 1 B と、が敷設されている場合、特定部 2 2 は、2 次元的な配置のセンシング情報を取得することができる（例えば、センシング用光ファイバ 1 1 A を X 軸、センシング用光ファイバ 1 1 B を Y 軸とする 2 次元的な配置のセン

50

シング情報)。その結果、センシング精度の向上を図ることができる。

【0066】

さらに、同じエリアにおいて、複数の光ファイバネットワーク10をそれぞれ構成する複数のセンシング用光ファイバ11が、互いに異なる高さに敷設されている場合には(例えば、あるセンシング用光ファイバ11が架空配線され、別のセンシング用光ファイバ11が地中に埋設される等)、特定部22は、3次元的な配置のセンシング情報を取得することができる。これにより、センシング精度のさらなる向上を図ることができる。

【0067】

図17に、3つの光ファイバネットワーク10A~10Cをそれぞれ構成する3つのセンシング用光ファイバ11A~11Cを、互いに異なる高さに敷設する方法の例を示す。図17の例では、地中にセンシング用光ファイバ11Aが埋設され、電柱にセンシング用光ファイバ11Bが架空配線され、電柱よりも高い鉄塔にセンシング用光ファイバ11Cが架空配線されている。センシング用光ファイバ11Cは、例えば、OPGW(optical ground wire)として実現することができる。

10

【0068】

図17の例において、特定部22は、センシング用光ファイバ11の位置と実際の地理的な位置及び高さとを対応付ける情報を有する。例えば、特定部22は、図18に示されるように、センシング用光ファイバ11における光ファイバセンシング装置20からの距離と、センシング用光ファイバ11が敷設されている高さ、地図上の各領域又は地点と、を対応付けた対応テーブルを予め保持していても良い。これにより、特定部22は、特定した監視対象が、地図上のどの領域のものであるかを平面的に判断することができるだけでなく、どの高さのものであるかを判断することができる。その結果、特定部22は、監視対象を3次元的に捉えることができる。例えば、監視対象が風量であれば、特定部22は、3次元的に風量を特定することができる。この場合、特定部22は、例えば、複数の異なる高さで検知されたセンシング情報から、複合的に監視対象の高さを推定するようにしても良い。例えば、特定部22は、センシング用光ファイバ11Aの高さ0メートルで検知されたセンシング情報と、センシング用光ファイバ11Bの高さ10メートルで検知されたセンシング情報から、5メートルの位置にある監視対象の高さや方向を特定しても良い。さらに、特定部22は、複合的な推定を行う場合、例えば、それぞれの高さ位置における振動や音の強弱、分布等により、推定を行っても良い。ここで、センシング用光ファイバ11における位置は、光ファイバセンシング装置20からの距離に限られず、例えば、センシング用光ファイバ11上における特定のポイントからの距離でも良い。また、実際の地理的な位置及び高さは、地図上の領域に限られず、例えば、領域又は地点を文字情報で管理しても良い。なお、特定部22は、センシング用光ファイバ11A~11C毎に、図18に示されるような対応テーブルを保持しても良い。

20

30

【0069】

また、センシング用光ファイバ11は、敷設されている状態によって検出し易いセンシング情報の種別が異なる。例えば、地中に埋設されたセンシング用光ファイバ11は、振動を検出し易いのに対し、空中に敷設されたセンシング用光ファイバ11は音を検出し易い。また、センシング用光ファイバ11は、敷設されている構造物の違いによっても、検出し易いセンシング情報が異なる。そのため、特定部22は、互いに異なる状態で敷設された複数のセンシング用光ファイバ11がそれぞれ検出した、異なる種別のセンシング情報を組み合わせて、監視対象を複合的に特定しても良い。例えば、特定部22は、道路で発生した事故の種類を特定する場合、地中に埋設されたセンシング用光ファイバ11で検出した振動と、空中に架空配線されたセンシング用光ファイバ11で検出した音と、に基づいて、事故の種類を特定しても良い。

40

【0070】

また、同じエリアの海洋部分と陸上部分とにそれぞれ光ファイバネットワーク10を配備し、特定部22は、海洋部分に配備された光ファイバネットワーク10で検出した温度に基づいて、海水温の変動をモニタすると共に、陸上部分に配備された光ファイバネット

50

ワーク 10 で検出した振動に基づいて、地殻変動をモニタしても良い。そして、特定部 22 は、海水温の変動と、地殻変動と、の因果関係を特定しても良い。例えば、特定部 22 は、海水温が変動したら、どこの地殻がどのように変動するかを特定することができる。

【0071】

<人物及び車両の行動を特定する方法の具体例>

特定部 22 は、ビル等の建物の内部に配備した光ファイバネットワーク 10 から収集したセンシング情報に基づいて、建物の内部の人物の行動を特定することができる。また、特定部 22 は、道路に配備した光ファイバネットワーク 10 から収集したセンシング情報に基づいて、道路上の車両の行動を特定することができる。さらに、特定部 22 は、人物の行動と車両の行動とに基づいて、一連の行動を特定することができる。以下、人物及び車両の行動を特定する方法の具体例を説明する。

10

【0072】

図 19 の例では、ビル等の建物 40 の内部に光ファイバネットワーク 10 A を配備し、道路に光ファイバネットワーク 10 B を配備する。特定部 22 は、光ファイバネットワーク 10 A から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン及び音響パターン等に基づいて、建物 40 の内部の人物の行動を特定する。また、特定部 22 は、光ファイバネットワーク 10 B から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、道路上の車両の行動を特定する。

【0073】

例えば、特定部 22 は、光ファイバネットワーク 10 A から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、建物 40 の内部の人物の行動、歩き方等を特定し、また、光ファイバネットワーク 10 A から収集したセンシング情報に含まれる音響パターン等に基づいて、建物 40 の内部の人物の会話の内容等を特定することができる。その結果、特定部 22 は、建物 40 の内部の人物の行動、歩き方、会話の内容等に基づいて、不審行動を取った複数の人物を特定したとする。また、特定部 22 は、複数人の人物を特定した後、これらの複数人の人物を検出できなくなったタイミングで、光ファイバネットワーク 10 B から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、建物 40 の付近で 1 台の車両が走行を開始したことを特定したとする。この場合、特定部 22 は、建物 40 の内部にいた複数の人物が 1 台の車両に乗車したと判断することができる。また、以降、特定部 22 は、光ファイバネットワーク 10 B から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、その車両を追跡しても良い。

20

30

【0074】

図 20 の例では、互いに異なる 3 つの建物 40 A ~ 40 C の内部のそれぞれに 3 つの光ファイバネットワーク 10 A ~ 10 C を配備し、道路に光ファイバネットワーク 10 D を配備する。特定部 22 は、光ファイバネットワーク 10 A ~ 10 C から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン及び音響パターン等に基づいて、建物 40 A ~ 40 C の内部の人物の行動を特定する。また、特定部 22 は、光ファイバネットワーク 10 D から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、道路上の車両の行動を特定する。

【0075】

例えば、特定部 22 は、建物 40 A の内部の人物の行動、歩き方、会話の内容等に基づいて、不審行動を取った人物 P を特定したとする。この場合、特定部 22 は、人物 P の行動、歩き方、会話の内容のパターンを学習し、学習したパターンを、マッチング用パターンとして不図示の記憶部に予め記憶させておく。以降、特定部 22 は、光ファイバネットワーク 10 B , 10 C から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン及び音響パターン等に基づいて、建物 40 B , 40 C 内の人物の行動、歩き方、会話の内容のパターンを特定し、特定したパターンを、人物 P のマッチング用パターンと比較する。その結果、建物 40 B , 40 C 内の人物について特定したパターンと、人物 P のマッチング用パターンと、の適合率が閾値以上であれば、特定部 22 は、人物 P が建物 40 B , 40 C に移動したと判断することができる。

40

50

【 0 0 7 6 】

また、特定部 2 2 は、建物 4 0 A にいた人物 P が車両に乗り込んだと判断した場合、光ファイバネットワーク 1 0 D から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、その車両を追跡しても良い。ただし、図 2 0 の例では、車両の追跡は任意で良いため、光ファイバネットワーク 1 0 D の配備も任意で良い。

【 0 0 7 7 】

< 監視対象を特定する方法の他の具体例 >

例えば、2 つの光ファイバネットワーク 1 0 をそれぞれ構成する 2 つのセンシング用光ファイバ 1 1 の一方を衣類に組み込み、他方をベッドに内蔵させても良い。その衣類を着用している人物が、そのベッドで寝ている場合、特定部 2 2 は、衣類に組み込まれたセンシング用光ファイバ 1 1 及びベッドに内蔵されたセンシング用光ファイバ 1 1 のそれぞれから収集したセンシング情報に含まれる振動パターン、音響パターン、及び温度パターン等に基づいて、人物の状態を特定しても良い。例えば、特定部 2 2 は、身体器官の振動、心臓音、体温等のパターン等に基づいて、人物の状態を特定することができる。また、ベッドが設置された部屋の床等にもセンシング用光ファイバ 1 1 を敷設し、特定部 2 2 は、床等に敷設されたセンシング用光ファイバ 1 1 から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等もさらに用いて、人物の状態を特定しても良い。

【 0 0 7 8 】

また、広域に配備された光ファイバネットワーク 1 0 と、部分的に配備された光ファイバネットワーク 1 0 と、を組み合わせ、特定部 2 2 は、これら組み合わせの光ファイバネットワーク 1 0 からそれぞれ収集したセンシング情報に含まれる振動パターンに基づいて、監視対象を特定しても良い。

【 0 0 7 9 】

例えば、図 2 1 に示されるように、光ファイバネットワーク 1 0 A を構成するセンシング用光ファイバ 1 1 A を、橋梁全体に敷設する。その一方で、光ファイバネットワーク 1 0 B を構成するセンシング用光ファイバ 1 1 B を、ヒビ等が発生した劣化箇所に部分的に敷設する。そして、特定部 2 2 は、センシング用光ファイバ 1 1 A , 1 1 B から収集したセンシング情報に含まれる振動パターンに基づいて、監視対象を特定する。このとき、例えば、特定部 2 2 は、センシング用光ファイバ 1 1 A から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、橋梁を走行する車両や電車の走行状態を特定し、走行状態と劣化箇所との因果関係を特定しても良い。例えば、特定部 2 2 は、どのような走行状態のときに、劣化箇所の劣化度が悪化するかを特定することができる。

【 0 0 8 0 】

また、海底に敷設されたセンシング用光ファイバ 1 1 から構成される光ファイバネットワーク 1 0 と、船に敷設されたセンシング用光ファイバ 1 1 から構成される光ファイバネットワーク 1 0 と、を組み合わせ、特定部 2 2 は、これら組み合わせの光ファイバネットワーク 1 0 からそれぞれ収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、監視対象を特定しても良い。例えば、特定部 2 2 は、海底に敷設されたセンシング用光ファイバ 1 1 から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、波の状態を特定し、船に敷設されたセンシング用光ファイバ 1 1 から収集したセンシング情報に含まれる振動パターン等に基づいて、船に積載された荷物の状態等を特定しても良い。そして、特定部 2 2 は、船に転覆等の危険性がある場合には、その要因が波に由来するのか、その他の要因（船に積載された荷物等）に由来するのかを判断しても良い。

【 0 0 8 1 】

< G U I 画面によるアラートの報知 >

特定部 2 2 は、監視対象を特定した場合、特定した監視対象によってはアラートを報知しても良い。例えば、特定部 2 2 は、監視対象を監視する監視システムや、監視対象を監視する者が所持する端末の表示部に、G U I (Graphical User Interface) 画面を表示して、上記の報知を行っても良い。この場合、G U I 画面は、例えば、光ファイバネットワーク 1 0 で監視している領域を示す地図情報と、敷設されているセンシング用光ファイ

10

20

30

40

50

バ 1 1 に関する情報と、特定した監視対象に関する情報と、監視対象が検出された領域又は地点に関する情報と、を視覚的に表示する。この G U I 画面の例を図 2 2 に示す。図 2 2 は、監視対象が構造物の劣化の場合の例であり、地図上に、構造物が劣化した位置を表示している。また、図 2 2 では、特定部 2 2 が図 1 8 に示されるような対応テーブルを保持していることを想定しており、構造物の劣化箇所の高さの情報も表示している。G U I 画面上に表示する監視対象は、劣化箇所に限定されず、車両や電車の状態やトラフィック、人物の行動等、様々な対象が含まれる。

【 0 0 8 2 】

< 光ファイバセンシング装置の分散構成 >

上記の説明では、光ファイバセンシング装置 2 0 に複数の構成要素（受信部 2 1 及び特定部 2 2）が設けられているが、これには限定されない。光ファイバセンシング装置 2 0 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。

【 0 0 8 3 】

< 光ファイバセンシング装置のハードウェア構成 >

続いて、図 2 3 を参照して、光ファイバセンシング装置 2 0 を実現するコンピュータ 5 0 のハードウェア構成について説明する。

【 0 0 8 4 】

図 2 3 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 8 5 】

プロセッサ 5 0 1 は、例えば C P U（Central Processing Unit）や G P U（Graphics Processing Unit）等の演算処理装置である。メモリ 5 0 2 は、例えば R A M（Random Access Memory）や R O M（Read Only Memory）等のメモリである。ストレージ 5 0 3 は、例えば H D D（Hard Disk Drive）、S S D（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、R A M や R O M 等のメモリであっても良い。

【 0 0 8 6 】

ストレージ 5 0 3 は、光ファイバセンシング装置 2 0 が備える構成要素（受信部 2 1 及び特定部 2 2）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、光ファイバセンシング装置 2 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、光ファイバセンシング装置 2 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 8 7 】

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）、C D - R O M（Compact Disc-ROM）、C D - R（CD-Recordable）、C D - R / W（CD-ReWritable）、半導体メモリ（例えば、マスク R O M、P R O M（Programmable ROM）、E P R O M（Erasable PROM）、フラッシュ R O M、R A M 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、

10

20

30

40

50

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。

【0088】

入出力インタフェース504は、表示装置5041、入力装置5042、音出力装置5043等と接続される。表示装置5041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501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5042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5041及び入力装置5042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5043は、スピーカのような、プロセッサ501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。

10

【0089】

通信インタフェース505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505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。

【0090】

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、本開示の範囲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。

【0091】

20

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)

監視対象に関する第1のセンシング情報を検出する第1の光ファイバネットワークと、前記監視対象に関する第2のセンシング情報を検出する第2の光ファイバネットワークと、

前記第1の光ファイバネットワークからの第1の光信号を受信する第1の受信部と、前記第2の光ファイバネットワークからの第2の光信号を受信する第2の受信部と、前記第1の光信号に含まれる前記第1のセンシング情報と前記第2の光信号に含まれる前記第2のセンシング情報とに基づいて、前記監視対象を特定する特定部と、
を備える、光ファイバセンシングシステム。

30

(付記2)

前記第1の受信部は、第1の事業者が所有する前記第1の光ファイバネットワークからの前記第1の光信号を受信し、

前記第2の受信部は、第2の事業者が所有する前記第2の光ファイバネットワークからの前記第2の光信号を受信する、

付記1に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記3)

前記第1のセンシング情報及び前記第2のセンシング情報の開示に関するポリシーを予め格納するデータベースをさらに備え、

40

前記特定部は、前記ポリシーに基づいて、前記第1のセンシング情報及び前記第2のセンシング情報のフィルタリングを行い、前記第1のセンシング情報及び前記第2のセンシング情報のうち前記フィルタリングにより排除されなかったセンシング情報に基づいて、前記監視対象を特定する、

付記1又は2に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記4)

前記第1の受信部は、第1の領域に配備された前記第1の光ファイバネットワークからの前記第1の光信号を受信し、

前記第2の受信部は、第2の領域に配備された前記第2の光ファイバネットワークからの前記第2の光信号を受信する、

50

付記 1 に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記 5)

前記第 1 の領域と前記第 2 の領域とが分離されており、
前記特定部は、

前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報に基づいて、前記第 1 の領域における前記監視対象を特定し、

前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報に基づいて、前記第 2 の領域における前記監視対象を特定し、

前記第 1 の領域における前記監視対象の特定結果と、前記第 2 の領域における前記監視対象の特定結果と、に基づいて、前記第 1 の領域と前記第 2 の領域との間の第 3 の領域における前記監視対象を推定する、

10

付記 4 に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記 6)

前記特定部は、前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報に含まれる、前記監視対象に応じた固有の動的な変動パターンに基づいて、前記監視対象を特定する、

付記 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記 7)

前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報は、振動、音、及び温度のうちの少なくとも 1 つを含む、

付記 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の光ファイバセンシングシステム。

20

(付記 8)

光ファイバセンシングシステムによる光ファイバセンシング方法であって、
監視対象に関する第 1 のセンシング情報を検出する第 1 の光ファイバネットワークからの第 1 の光信号を受信する第 1 の受信ステップと、

前記監視対象に関する第 2 のセンシング情報を検出する第 2 の光ファイバネットワークからの第 2 の光信号を受信する第 2 の受信ステップと、

前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報と前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報とに基づいて、前記監視対象を特定する特定ステップと、
を含む、光ファイバセンシング方法。

(付記 9)

30

前記第 1 の受信ステップでは、第 1 の事業者が所有する前記第 1 の光ファイバネットワークからの前記第 1 の光信号を受信し、

前記第 2 の受信ステップでは、第 2 の事業者が所有する前記第 2 の光ファイバネットワークからの前記第 2 の光信号を受信する、

付記 8 に記載の光ファイバセンシング方法。

(付記 10)

前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報の開示に関するポリシーをデータベースに予め格納するステップをさらに含み、

前記特定ステップでは、前記ポリシーに基づいて、前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報のフィルタリングを行い、前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報のうち前記フィルタリングにより排除されなかったセンシング情報に基づいて、前記監視対象を特定する、

40

付記 8 又は 9 に記載の光ファイバセンシング方法。

(付記 11)

前記第 1 の受信ステップでは、第 1 の領域に配備された前記第 1 の光ファイバネットワークからの前記第 1 の光信号を受信し、

前記第 2 の受信ステップでは、第 2 の領域に配備された前記第 2 の光ファイバネットワークからの前記第 2 の光信号を受信する、

付記 8 に記載の光ファイバセンシング方法。

(付記 12)

50

前記第 1 の領域と前記第 2 の領域とが分離されており、

前記特定ステップでは、

前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報に基づいて、前記第 1 の領域における前記監視対象を特定し、

前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報に基づいて、前記第 2 の領域における前記監視対象を特定し、

前記第 1 の領域における前記監視対象の特定結果と、前記第 2 の領域における前記監視対象の特定結果と、に基づいて、前記第 1 の領域と前記第 2 の領域との間の第 3 の領域における前記監視対象を推定する、

付記 1 1 に記載の光ファイバセンシング方法。

(付記 1 3)

前記特定ステップでは、前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報に含まれる、前記監視対象に応じた固有の動的な変動パターンに基づいて、前記監視対象を特定する、

付記 8 から 1 2 のいずれか 1 項に記載の光ファイバセンシング方法。

(付記 1 4)

前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報は、振動、音、及び温度のうちの少なくとも 1 つを含む、

付記 8 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の光ファイバセンシング方法。

(付記 1 5)

監視対象に関する第 1 のセンシング情報を検出する第 1 の光ファイバネットワークからの第 1 の光信号を受信する第 1 の受信部と、

前記監視対象に関する第 2 のセンシング情報を検出する第 2 の光ファイバネットワークからの第 2 の光信号を受信する第 2 の受信部と、

前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報と前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報とに基づいて、前記監視対象を特定する特定部と、

を備える、光ファイバセンシング装置。

(付記 1 6)

前記第 1 の受信部は、第 1 の事業者が所有する前記第 1 の光ファイバネットワークからの前記第 1 の光信号を受信し、

前記第 2 の受信部は、第 2 の事業者が所有する前記第 2 の光ファイバネットワークからの前記第 2 の光信号を受信する、

付記 1 5 に記載の光ファイバセンシング装置。

(付記 1 7)

前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報の開示に関するポリシーを予め格納するデータベースをさらに備え、

前記特定部は、前記ポリシーに基づいて、前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報のフィルタリングを行い、前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報のうち前記フィルタリングにより排除されなかったセンシング情報に基づいて、前記監視対象を特定する、

付記 1 5 又は 1 6 に記載の光ファイバセンシング装置。

(付記 1 8)

前記第 1 の受信部は、第 1 の領域に配備された前記第 1 の光ファイバネットワークからの前記第 1 の光信号を受信し、

前記第 2 の受信部は、第 2 の領域に配備された前記第 2 の光ファイバネットワークからの前記第 2 の光信号を受信する、

付記 1 5 に記載の光ファイバセンシング装置。

(付記 1 9)

前記第 1 の領域と前記第 2 の領域とが分離されており、

前記特定部は、

10

20

30

40

50

前記第 1 の光信号に含まれる前記第 1 のセンシング情報に基づいて、前記第 1 の領域における前記監視対象を特定し、

前記第 2 の光信号に含まれる前記第 2 のセンシング情報に基づいて、前記第 2 の領域における前記監視対象を特定し、

前記第 1 の領域における前記監視対象の特定結果と、前記第 2 の領域における前記監視対象の特定結果と、に基づいて、前記第 1 の領域と前記第 2 の領域との間の第 3 の領域における前記監視対象を推定する、

付記 18 に記載の光ファイバセンシング装置。

(付記 20)

前記特定部は、前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報に含まれる、前記監視対象に応じた固有の動的な変動パターンに基づいて、前記監視対象を特定する、

付記 15 から 19 のいずれか 1 項に記載の光ファイバセンシング装置。

(付記 21)

前記第 1 のセンシング情報及び前記第 2 のセンシング情報は、振動、音、及び温度のうち少なくとも 1 つを含む、

付記 15 から 20 のいずれか 1 項に記載の光ファイバセンシング装置。

【符号の説明】

【0092】

10, 10A, 10B, 10C 光ファイバネットワーク

11, 11A, 11B, 11C センシング用光ファイバ

20 光ファイバセンシング装置

21, 21A, 21B, 21C 受信部

22 特定部

23 ポリシ D B

30 光ファイバ通信用ネットワーク

40, 40A, 40B, 40C 建物

50 コンピュータ

501 プロセッサ

502 メモリ

503 ストレージ

504 入出力インタフェース

5041 表示装置

5042 入力装置

5043 音出力装置

505 通信インタフェース

10

20

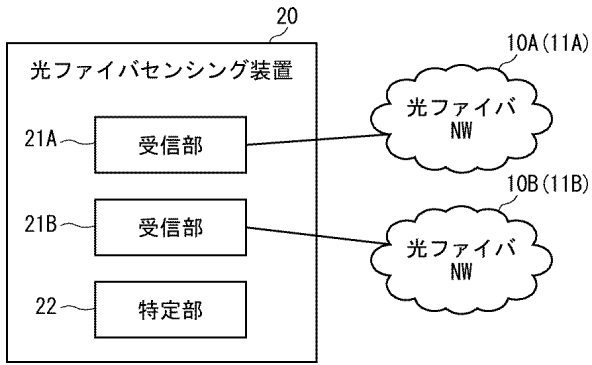
30

40

50

【図面】

【図 1】



【図 2】

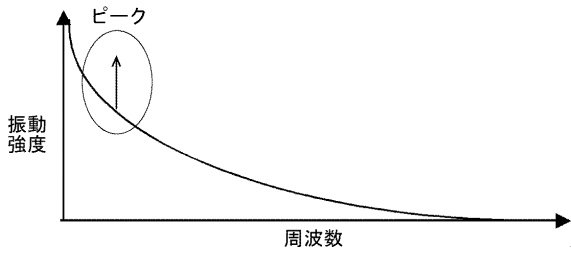
光ファイバセンシング装置からの距離	領域
a~b km	A
b~c km	B
c~d km	C
d~e km	D
:	:

10

20

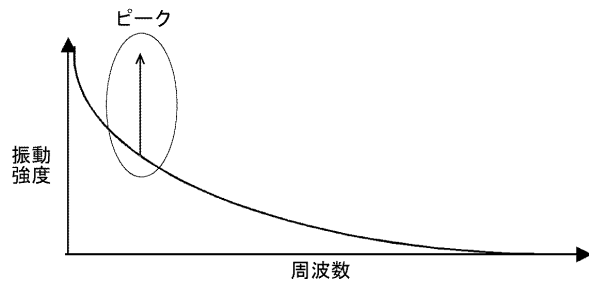
【図 3】

[正常な構造物]



【図 4】

[劣化している構造物]

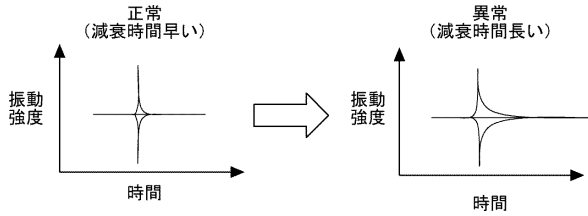


30

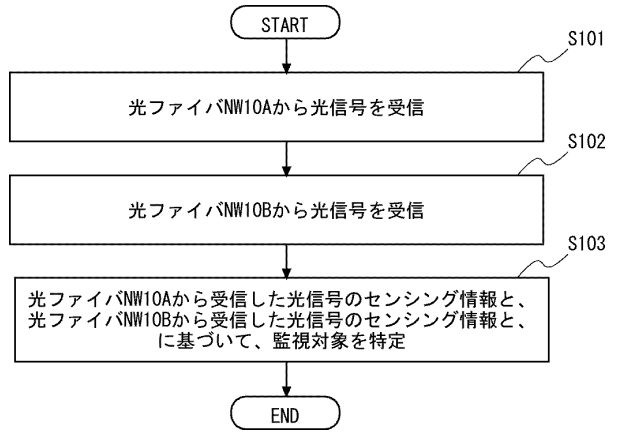
40

50

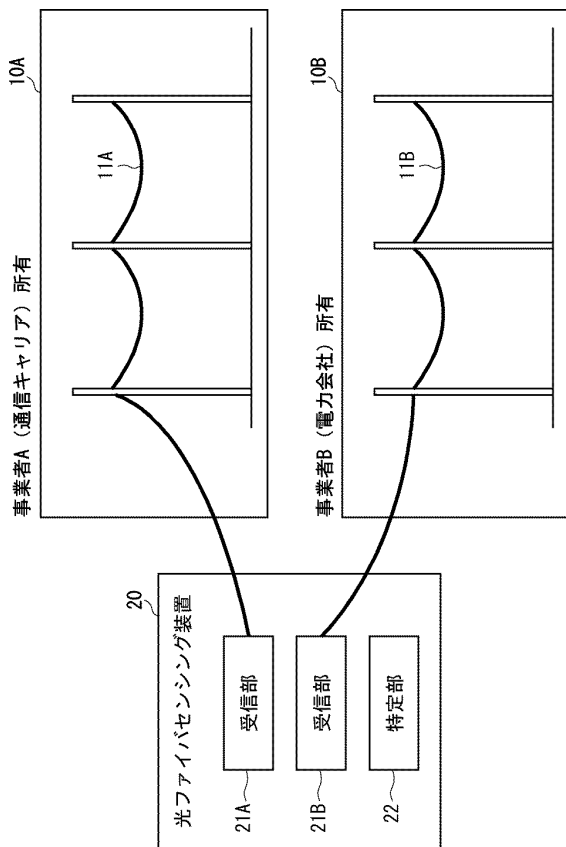
【図5】



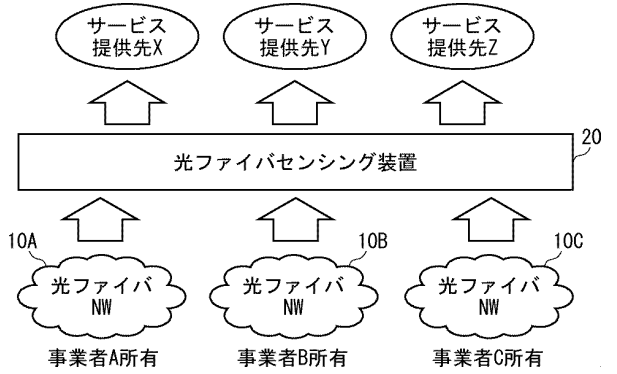
【図6】



【図7】



【図8】



10

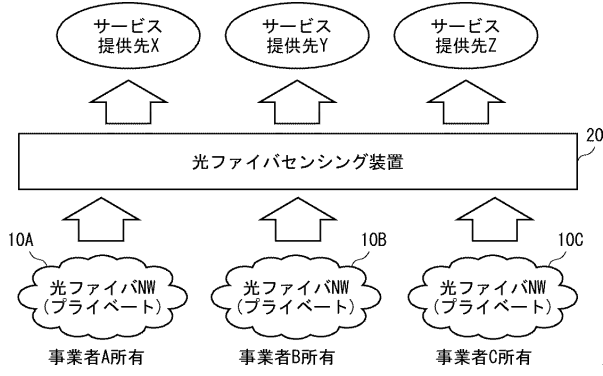
20

30

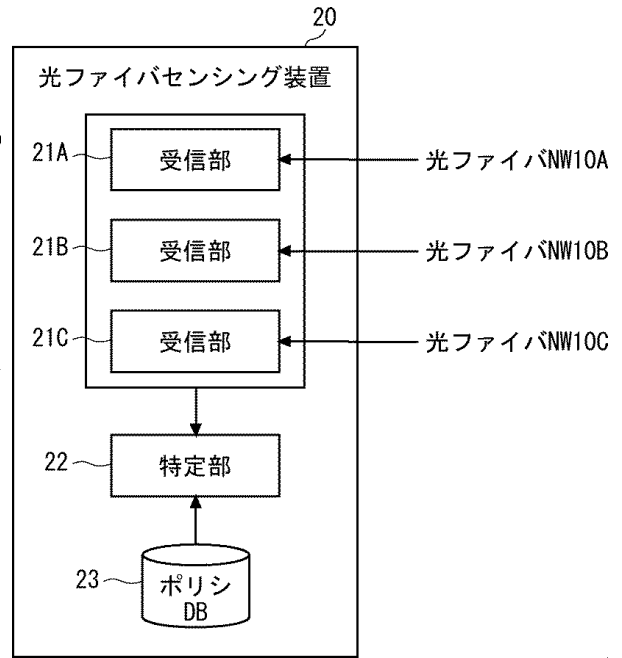
40

50

【図 9】



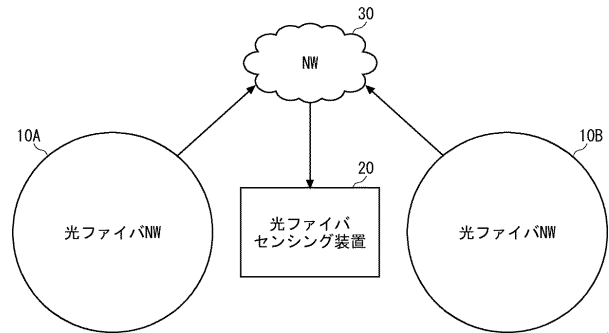
【図 10】



【図 11】

光ファイバNW	ポリシー
10A	全て可
10B	一部可
10C	禁止

【図 12】



10

20

30

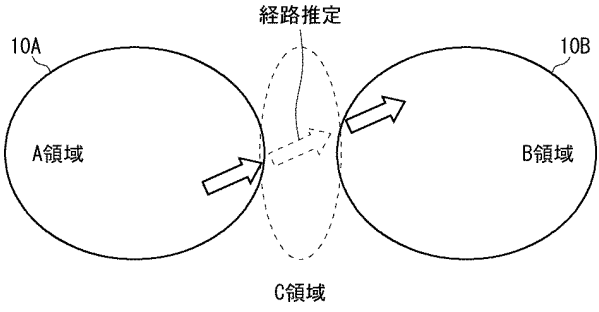
40

50

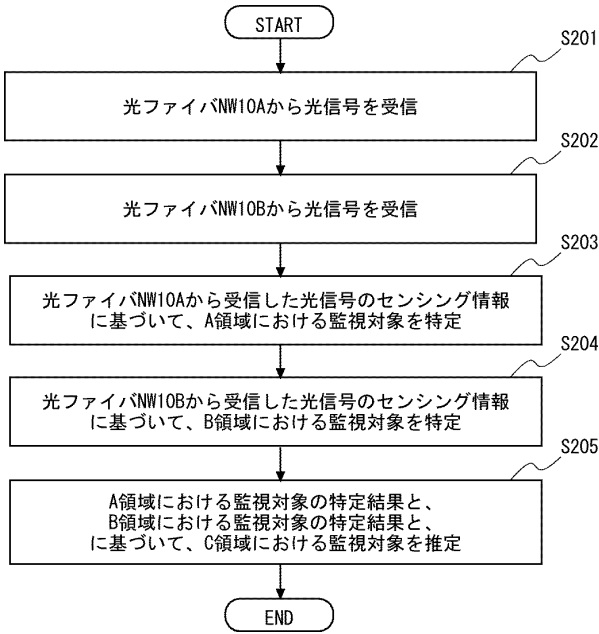
【図13】



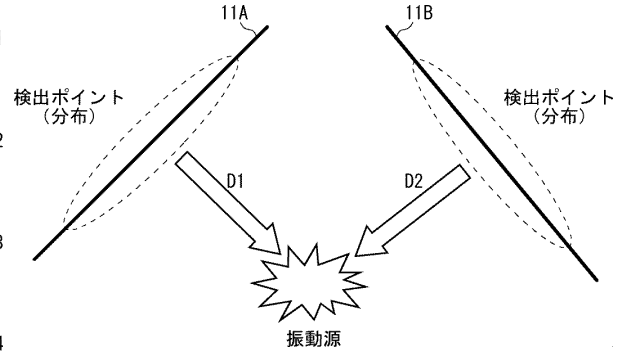
【図14】



【図15】



【図16】



10

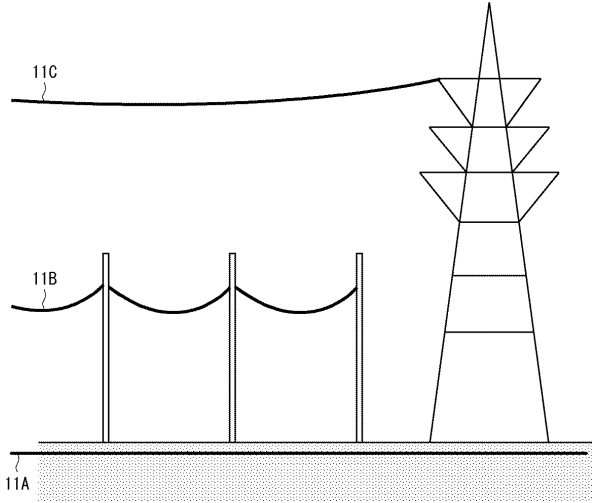
20

30

40

50

【図 17】

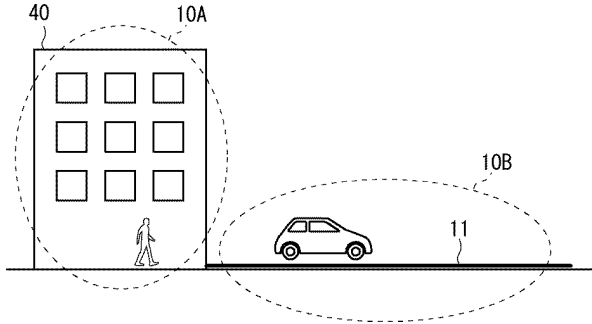


【図 18】

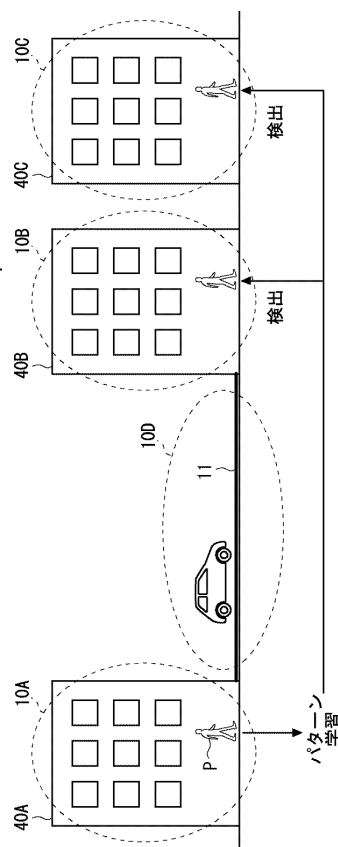
光ファイバセンシング装置からの距離	高さ	領域
a~b km	h1 m	A
b~c km	h2 m	B
c~d km	h3 m	C
d~e km	h4 m	D
:	:	:

10

【図 19】



【図 20】



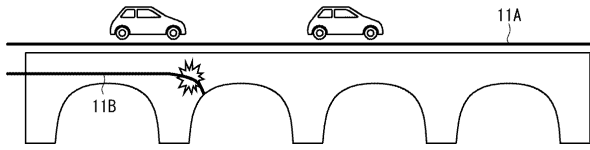
20

30

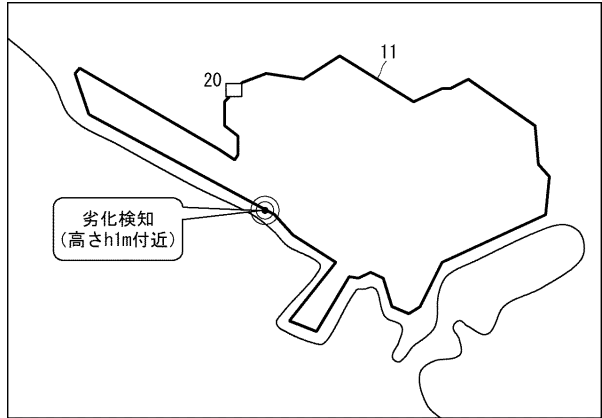
40

50

【図 2 1】

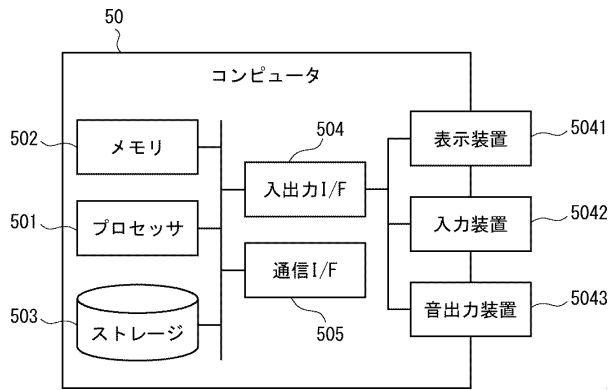


【図 2 2】



10

【図 2 3】



20

30

40

50

フロントページの続き

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

審査官 榮永 雅夫

- (56)参考文献 特開2003-232043(JP,A)
特開平6-20177(JP,A)
特開2002-269656(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0082467(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01D 1/00 - 21/00