(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
2025年6月5日(05.06.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/115148 A1

(51) 国際特許分類:
G01H 9/00 (2006.01) *G01V 1/00* (2024.01)
G01W 1/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/042822

(22) 国際出願日： 2023年11月29日(29.11.2023)

(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: 中国電力株式会社 (**THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.**) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 (JP).

(72) 発明者: 平原 尚也 (**HIRAHARA, Naoya**); 〒7308701 広島県広島市中区小町４番３３号 中国電力ネットワーク株式会社内 (JP).

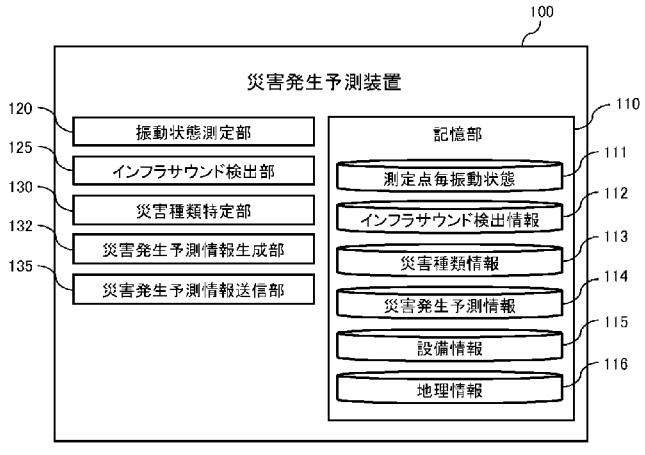
(74) 代理人: 弁理士法人一色国際特許事務所 (**ISSHIKI PATENT & TRADEMARK FIRM**); 〒1080073 東京都港区三田三丁目１１番３６号三田日東ダイビル (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

(54) **Title:** DISASTER OCCURRENCE PREDICTION SYSTEM AND DISASTER OCCURRENCE PREDICTION METHOD

(54) 発明の名称： 災害発生予測システム、及び災害発生予測方法



100 Disaster occurrence prediction device
110 Storage unit
111 Vibration state at each measurement point
112 Infrasound detection information
113 Disaster type information
114 Disaster occurrence prediction information
115 Equipment information
116 Geographic information
120 Vibration state measurement unit
125 Infrasound detection unit
130 Disaster type identification unit
132 Disaster occurrence prediction information generation unit
135 Disaster occurrence prediction information transmission unit

(57) **Abstract:** The present invention achieves, efficiently and at low cost, an arrangement for disaster occurrence prediction using infrasound. This disaster occurrence prediction system is configured to include an optical analysis unit and an information processing device, uses distributed acoustic sensing (DAS) to acquire the change over time in vibration intensity for each frequency of an optical fiber at measurement points set along optical fibers that are provided along a power transmission line, monitors, in real time, whether or not a state caused by infrasound is present in the change over time in vibration intensity for each frequency at the measurement points, and outputs information for prediction of the occurrence of a disaster when the state has been detected.

WO 2025/115148 A1

[続葉有]

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)）

(57) 要約：インフラサウンドを利用した災害発生予測の仕組みを効率よく低コストで実現する。災害発生予測システムは、光解析ユニットと情報処理装置を含んで構成され、送電線に沿って付設される光ファイバに沿って設定された測定点における光ファイバの周波数毎の振動強度の時間変化をＤＡＳ（Distributed Acoustic Sensing）により取得し、測定点の周波数毎の振動強度の時間変化にインフラサウンドに起因する態様が存在するか否かをリアルタイムに監視し、上記の態様を検出した場合に災害の発生を予測する情報を出力する。

明　細　書

発明の名称 ： 災害発生予測システム、及び災害発生予測方法

技術分野

[0001] 本発明は、災害発生予測システム、及び災害発生予測方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献１には、ＯＰＧＷ（OPtical fiber composite overhead Ground Wire）（光ファイバ複合架空地線）から後方レイリー散乱光を取得し、取得した後方レイリー散乱光に基づき光ファイバ複合架空地線の固有振動数を含む周波数領域についての振動情報を生成し、生成した振動情報に基づき送電設備の異常を検出する異常検出装置について記載されている。

[0003] 特許文献２には、インフラサウンド（超低周波音、微気圧波）により津波に関する情報を取得する津波検出装置について記載されている。津波検出装置は、地震を感知する地震感知部が感知した地震が所定の大きさ以上の地震か否かを判断し、インフラサウンドを計測し、所定の大きさ以上の地震が感知されると、計測したインフラサウンドの音圧変化の大きさに基づき津波発生の有無を判定する。

[0004] 非特許文献１には、「微気圧振動の観測結果を活用した津波の早期検知に関する研究」において、試験的に観測を実施している微気圧振動データに関して記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２０２３－５０２５７号公報

特許文献2：特開２０１６－８８６５号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：”インフラサウンド・モニタリング・ネットワーク”，一般財団法人日本気象協会、［online］，インターネット＜URL:https://micos-sc.jwa.or.jp/infrasound-net/observed/＞，令和5年11月1日検索

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] インフラサウンドは、地震、津波、台風、火山噴火、隕石落下等の災害をもたらすような大規模な物理現象により発生し、大気中を遠方まで伝わる性質を有する。そのため、防災のための情報を遠隔地から得る遠隔計測（リモートセンシング）手段としての活用が期待されている。また、特許文献２や非特許文献１に記載されているように、インフラサウンドを利用した防災システムについての開発や研究が進められている。

[0008] ところで、特許文献２や非特許文献１に記載されている仕組みによりインフラサウンドを利用した防災システムを実現しようとした場合、地震感知部として地震計を備えた高価な津波検知装置を多数用意する必要がある。また、津波検知装置を常時動作させるための電源供給が可能な設置場所を確保する必要もある。更に、津波検知装置の設置や維持管理には多大な労力とコストが必要になる。

[0009] 本発明は、このような背景に鑑みてなされたものであり、インフラサウンドを利用した災害発生予測の仕組みを効率よく低コストで実現することが可能な、災害発生予測システム、及び災害発生予測方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上記課題を解決するための手段の一つは、広域かつ面的に整備されている送電設備を活用した災害発生予測システムであって、光解析ユニットと情報処理装置を含んで構成され、送電線に沿って付設される光ファイバに沿って設定された測定点における前記光ファイバの周波数毎の振動強度の時間変化をＤＡＳ（Distributed Acoustic Sensing）により取得し、前記測定点の前記周波数毎の振動強度の時間変化にインフラサウンドに起因する態様が存在するか否かをリアルタイムに監視し、前記態様を検出した場合に災害の発生を予測する情報を出力する。

[0011] その他、本願が開示する課題、及びその解決方法は、発明を実施するため

の形態の欄、及び図面により明らかにされる。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、インフラサウンドを利用した災害発生予測の仕組みを効率よく低コストで実現することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]災害発生予測システムの概略的な構成を示す図である。

[図2]ＤＡＳにより振動状態を測定する仕組みを説明する図である。

[図3]各測定点の振動状態の周波数毎の時間変化を示すグラフである。

[図4A]災害発生予測装置の主な構成を示す図である。

[図4B]災害発生予測装置が備える主な機能を示す図である。

[図5A]警報装置の主な構成を示す図である。

[図5B]警報装置が備える主な機能を示す図である。

[図6]災害発生予測処理を説明するフローチャートである。

[図7]災害発生予測情報出力処理を説明するフローチャートである。

[図8]災害発生予測情報出力画面の一例である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明をその一実施形態に即して添付図面を参照しつつ説明する。本明細書及び添付図面の記載により、少なくとも以下の事項が明らかとなる。以下の説明において、符号の前に付した「Ｓ」の文字は処理ステップの意味である。

[0015] 図１に本発明の一実施形態として説明する災害発生予測システム１の概略的な構成を示している。災害発生予測システム１は、変電所６等に設けられる災害発生予測装置１００と、一つ以上の警報装置３００と、を含む。

[0016] 災害発生予測装置１００は、情報処理装置（コンピュータ）を用いて構成される。災害発生予測装置１００は、通信ネットワーク５を介して警報装置３００と通信可能に接続している。通信ネットワークは、例えば、ＬＡＮ（Local Area Network）、ＷＡＮ（Wide Area Network）、インターネット（internet）、ＰＬＣ（Power Line Communication）、公衆通信網、専用線等であ

る。

[0017] 災害発生予測装置１００は、送電線３に架設されているＯＰＧＷ４（OPtical fiber composite overhead Ground Wire）（光ファイバ複合架空地線）の光ファイバ４ａを振動検知センサとして用い、光ファイバ４ａに沿って設定された複数の測定位置（以下、「測定点」と称する。）の夫々における光ファイバ４ａの伸縮に基づく振動状態（振動強度、振動周波数）を測定する技術（分布型多点振動測定法（以下、「ＤＡＳ」（Distributed Acoustic Sensing）と称する。）により、各測定点の振動状態を取得する。ＤＡＳでは、例えば、Ｃ－ＯＴＤＲ（Coherent detection Optical Time Domain Reflectometer）の原理により各測定点の振動状態を取得する。

[0018] 図２は、災害発生予測装置１００がＤＡＳにより各測定点の振動状態を測定する仕組みを説明する図である。同図に示すように、災害発生予測装置１００は、光ファイバ４ａの端面から光パルス（レーザーパルス。以下、「入射光」とも称する。）を入射し、各測定点における、光パルスの後方散乱光の位相差の変化速度（≒伸縮周波数）を測定する。尚、上記の位相差は、後方散乱光どうしの干渉による強度変化から推定する。そして、災害発生予測装置１００は、測定した上記変化速度に基づき、各測定点における光ファイバ４ａの縦波と横波の振動周波数（例えば、最大１０ｋＨｚの範囲の振動周波数）を求める。また、災害発生予測装置１００は、振動周波数毎の位相差に基づき、各測定点における振動強度（スペクトル強度、振動振幅）を求める。尚、災害発生予測装置１００は、入射光を上記端面に入射した時点から戻り光を受光した時点までの経過時間に基づき、各測定点の位置（上記端面からの距離）を求める。

[0019] 上記の測定点は、例えば、光ファイバに沿って送電鉄塔２の径間よりも短い所定間隔ｄ（ｍ）毎に設定される（０（ｍ）、ｄ（ｍ）、・・・・、Ｎ（ｍ）、Ｎ＋ｄ（ｍ）、Ｎ＋２ｄ（ｍ））。例えば、図１に示すように、所定間隔ｄを５（ｍ）とし、送電線３の最長７０（ｋｍ）の範囲に測定点を設定した場合、光ファイバに沿って１４０００程度の測定点が設定される。

[0020] 尚、各測定点における光ファイバ４ａの振動状態には、光ファイバ４ａが外部から受けた音(音圧）の影響が含まれる。即ち、隣接する送電鉄塔２間（径間）の光ファイバ４ａは、両端の送電鉄塔２を固定端とした弦であり、外部から受けた特定周波数の音に共振して固有振動が発生する。

[0021] 災害発生予測装置１００は、各測定点の振動状態の時間変化（周波数毎の振動強度の時間変化）に基づき、インフラサウンド（超低周波音、微気圧波）に関する情報を取得する。例えば、音速を３４０（ｍ／ｓ）とした場合、インフラサウンド（２０Ｈｚ以下）を観測するには、インフラサウンドの周波数を１Ｈｚとすると、送電線３の長さが、波長(＝３４０（ｍ／ｓ）／１（Ｈｚ）)の１／２（＝１７０ｍ）以上であればよい。既設の送電線３の多くはこの条件を満たしている。

[0022] 災害発生予測装置１００は、ＤＡＳにより観測したインフラサウンドに基づき、災害の発生を予測する情報（以下、「災害発生予測情報」と称する。）を生成し、生成した災害発生予測情報を警報装置３００に送信する。

[0023] 図１に戻り、警報装置３００は、通信ネットワーク５を介して災害発生予測装置１００と通信可能な情報処理装置（コンピュータ）であり、例えば、パーソナルコンピュータ、スマートフォン、タブレット、各種サーバ装置、メインフレーム等である。警報装置３００は、例えば、災害監視を行っている組織の施設（防災センター、市区町村が運営する施設等）により運用される。警報装置３００は、災害発生予測装置１００から送られてくる災害発生予測情報を受信すると、受信した災害発生予測情報に基づく情報を出力（表示装置への表示、音声出力装置からの音声出力等）する。

[0024] 続いて、インフラサウンドと、災害発生予測装置１００がＤＡＳにより取得する各測定点の振動状態（振動強度、振動周波数）の時間変化（周波数毎の振動強度の時間変化）との関係について説明する。

[0025] 図３は、２０２３年７月２２日２１時１４分頃、日向灘において地震（震度「４」）が発生した際に広島県から島根県に亘る送電線３について災害発生予測装置１００がＤＡＳにより取得した、各測定点の周波数毎の振動強度

の時間変化を示すグラフである。３つのグラフは夫々、広島県廿日市市付近における、上記送電線３の隣接する３つの各径間（識別子（以下、「径間ＩＤ」と称する。）が「Ｋ１」、「Ｋ２」、「Ｋ３」の各径間）の測定点について測定された、光ファイバ４ａの周波数毎の振動強度の時間変化である。尚、各グラフにおいて、時間は紙面の上から下に流れる。また、同図における色の濃淡は、周波数毎の振動強度（任意単位（Arbitrary Unit））を表す（色が薄い程、振動強度が大きい）。

[0026] 同図に示すように、いずれの測定点においても、２１時１５分３０秒前後にインフラサウンドに起因する周波数が３～４Ｈｚの振動が観測されている。また、同時間帯には、地震の揺れにより、各径間の測定点において広い周波数帯域に亘りインフラサウンドに起因する振動が観測されている。尚、同図示す観測結果を、非特許文献１に記載の「インフラサウンド・モニタリング・ネットワーク」における観測点（安芸市消防防災センター（高知県安芸市）に設置されている観測点。広島県廿日市市と高知県安芸市は日向灘からほぼ等距離に位置する。）の同時間帯における微気圧振動観測データと照合したところ、同時間帯に気圧変動の標準偏差が１０秒間程大きくなっていること、及び２１時１５分３３秒に気圧変動の標準偏差がピークとなっていることが確認された。

[0027] ここでインフラサウンドの伝達速度は音速とほぼ同じであるため、地震が発生した場合、津波が到達するよりも前にＤＡＳにより観測される。このため、ＤＡＳによりインフラサウンドが観測された際、災害の発生が予測される地域に設置されている警報装置３００にその旨や観測したインフラサウンドに基づく情報（津波の到達が予測されること、津波の到達予測時刻、津波の規模（波高等）等）を災害発生予測情報として事前に伝えることが可能である。

[0028] 図４Ａは、災害発生予測装置１００の主な構成を示す図である。同図に示すように、災害発生予測装置１００は、プロセッサ１０１、主記憶装置１０２（メモリ）、補助記憶装置１０３（外部記憶装置）、入力装置１０４、出

力装置１０５、通信装置１０６、及び光解析ユニット１０７を備える。これらはバス（bus）や通信ケーブル等を介して通信可能に接続されている。尚、災害発生予測装置１００は、その全部又は一部が、例えば、クラウドシステムによって提供される仮想サーバのように、仮想的な情報処理資源を用いて実現されるものであってもよい。

[0029] プロセッサ１０１は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＭＰＵ（Micro Processing Unit）、ＧＰＵ（Graphics Processing Unit）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）、ＡＩ（Artificial Intelligence）チップ等を用いて構成されている。

[0030] 主記憶装置１０２は、プロセッサ１０１がプログラムを実行する際に利用する記憶装置であり、例えば、ＲＯＭ（Read Only Memory）、ＲＡＭ（Random Access Memory）、不揮発性メモリ（ＮＶＲＡＭ（Non Volatile RAM））等である。

[0031] 補助記憶装置１０３は、プログラムやデータを記憶する装置であり、例えば、ＳＳＤ（Solid State Drive）、ハードディスクドライブ、光学式記憶装置（ＣＤ（Compact Disc）、ＤＶＤ（Digital Versatile Disc）等）等で構成することができる。補助記憶装置１０３には、記録媒体の読取装置や通信装置１０６を介して、非一時的な記録媒体や非一時的な記憶装置を備えた他の情報処理装置からプログラムやデータを読み込むことができる。補助記憶装置１０３に格納（記憶）されているプログラムやデータは主記憶装置１０２に随時読み込まれる。

[0032] 入力装置１０４は、外部からの情報の入力を受け付けるインタフェースであり、例えば、キーボード、マウス、タッチパネル、音声入力装置等である。

[0033] 出力装置１０５は、処理経過や処理結果等の各種情報を外部に出力するインタフェースである。出力装置１０５は、例えば、上記の各種情報を可視化する表示装置（液晶モニタ、ＬＣＤ（Liquid Crystal Display）等）、上記

の各種情報を音声化する装置（音声出力装置（スピーカ等））、上記の各種情報を文字化する装置（印字装置等）である。尚、例えば、情報処理装置１０が通信装置１０６を介して他の装置との間で情報の入力や出力を行う構成としてもよい。

[0034] 入力装置１０４と出力装置１０５は、ユーザとの間での対話処理（情報の受け付け、情報の提供等）を実現するユーザインタフェースを構成する。

[0035] 通信装置１０６は、通信ネットワーク５（ＬＡＮ（Local Area Network）、ＷＡＮ（Wide Area Network）、インターネット、公衆通信網、専用線等）を介して他の装置との間の通信を実現する装置である。通信装置１０６は、通信媒体を介して他の装置との間の通信を実現する、有線方式又は無線方式の通信インタフェースであり、例えば、ＮＩＣ（Network Interface Card）、無線通信モジュール、ＵＳＢモジュール（USB:Universal Serial Bus）等である。

[0036] 光解析ユニット１０７は、ＤＡＳにより測定点の振動状態を測定する装置であり、Ｃ－ＯＴＤＲによる振動測定機器や信号処理回路を含む。光解析ユニット１０７は、光ファイバ４ａの端面に入力する光パルス（レーザー光）を生成するＣＷ（連続波）レーザー光源、光パルス発生器、光増幅器、光学機器（光検波器、光干渉器）、信号処理回路（位相計算回路等）等を含む。尚、光解析ユニット１０７と光ファイバ４ａとの接続は、例えば、変電所内に設けられているＯＰＧＷの芯線の接続口（ソケット）に光解析ユニット１０７のレーザー光源の出射部を光学的に接続することにより行われる。そのため、接続に際して停電等の電力系統への影響を生じさせることはない。

[0037] 災害発生予測装置１００には、例えば、オペレーティングシステム、ファイルシステム、ＤＢＭＳ（DataBase Management System）（リレーショナルデータベース、ＮｏＳＱＬ等）、ＫＶＳ（Key-Value Store）等が導入されていてもよい。

[0038] 災害発生予測装置１００が備える各種の機能は、プロセッサ１０１が、主記憶装置１０２に格納されているプログラムを読み出して実行することによ

り、もしくは、災害発生予測装置１００を構成するハードウェア（ＦＰＧＡ、ＡＳＩＣ、ＡＩチップ等）自体によって実現される。災害発生予測装置１００は、各種の情報（データ）を、例えば、データベースのテーブルやファイルシステムが管理するファイルとして記憶する。

[0039] 図４Ｂは、災害発生予測装置１００が備える主な機能を説明するブロック図である。同図に示すように、災害発生予測装置１００は、記憶部１１０、振動状態測定部１２０、インフラサウンド検出部１２５、災害種類特定部１３０、災害発生予測情報生成部１３２、及び災害発生予測情報送信部１３５の各機能を備える。

[0040] 上記機能のうち、記憶部１１０は、測定点毎振動状態１１１、インフラサウンド検出情報１１２、災害種類情報１１３、災害発生予測情報１１４、設備情報１１５、及び地理情報１１６を記憶する。このうち測定点毎振動状態１１１、インフラサウンド検出情報１１２、災害種類情報１１３、災害発生予測情報１１４については後述する。設備情報１１５は、送電設備に関する情報（各測定点と各径間との対応、送電設備の種類、送電設備や径間の位置（緯度、経度）等）を含む。また、地理情報１１６は、送電設備が展開されている周辺地域の地図や地理に関する情報を含む。

[0041] 振動状態測定部１２０は、ＤＡＳにより各径間の各測定点の周波数毎の振動強度の時間変化を測定し、測定した結果を測定点毎振動状態１１１として管理する。測定点毎振動状態１１１は、例えば、図３に例示したグラフの情報を含む。

[0042] インフラサウンド検出部１２５は、測定点毎振動状態１１１に含まれている各測定点の上記期間における周波数毎の振動強度の時間変化に基づきインフラサウンドを検出する。インフラサウンド検出部１２５は、各測定点の周波数毎の振動強度の時間変化にインフラサウンドに起因する態様が存在するか否かをリアルタイムに監視することによりインフラサウンドを検出する。インフラサウンド検出部１２５は、例えば、図３に示すグラフについてデータ解析（背景ノイズ除去、信号特定等）を行うことによりインフラサウンド

を検出する。

[0043] インフラサウンド検出部１２５は、インフラサウンドを検出すると、インフラサウンドを検出したことを示す情報や、測定点の周波数毎の振動強度の時間変化におけるインフラサウンドに起因する態様に基づく情報を、インフラサウンド検出情報１１２として管理する。例えば、インフラサウンド検出部１２５は、インフラサウンドを検出した日時を示す情報や、インフラサウンドを検出したと判定する根拠とした情報（例えば、図３に示すグラフから取得される情報）を、インフラサウンド検出情報１１２として管理する。

[0044] インフラサウンド検出部１２５は、例えば、隣接する所定数以上の径間の夫々の測定点において、インフラサウンドの周波数帯域（２０Ｈｚ以下）に所定の大きさ以上の振動強度が観測されている場合にインフラサウンドを検出したと判定する。また、例えば、インフラサウンド検出部１２５は、隣接する所定数以上の径間の夫々の測定点において広い周波数帯域に亘り所定の大きさ以上の振動が観測されている場合にインフラサウンドを検出したと判定する。尚、各測定点の周波数毎の振動強度の時間変化について、以上に示した以外の方法や基準を適用してインフラサウンド検出部１２５がインフラサウンドを検出するようにしてもよい。また、複数の方法や基準を組合せて検出精度を高めるようにしてもよい。

[0045] 災害種類特定部１３０は、インフラサウンド検出部１２５がインフラサウンドを検出した場合に当該インフラサウンドを検出したと判定する根拠とした情報（例えば、図３に示すグラフから取得される情報）に基づき、災害の種類（地震、津波、台風、火山噴火、隕石落下等）を特定し、特定した災害の種類を災害種類情報１１３として管理する。

[0046] 災害発生予測情報生成部１３２は、インフラサウンド検出情報１１２や災害種類情報１１３に基づき災害発生予測情報１１４を生成して管理する。災害発生予測情報１１４は、例えば、インフラサウンド検出情報１１２から取得される、インフラサウンドを検出した日時やインフラサウンドを検出した径間を示す情報を含む。また、災害発生予測情報１１４は、例えば、災害種

類情報１１３から取得される、災害の種類、災害の発生が予測される地域を特定する情報、特定した地域毎の災害の発生する予測時刻、特定した地域毎の予測される災害の規模、災害の発生が予測（予想）される地域等の情報を含む。

[0047] 尚、災害発生予測情報生成部１３２は、例えば、インフラサウンドを検出した径間の位置（緯度、経度）を設備情報１１５から特定し、特定した位置を地理情報１１６と対照することにより、災害の発生が予測される地域を特定する。例えば、災害発生予測情報生成部１３２は、インフラサウンドを検出した径間の位置から所定距離内に存在する地域を災害の発生が予測される地域として特定する。また、災害発生予測情報生成部１３２は、例えば、特定した上記地域とインフラサウンドを検出した径間との間の距離に基づき、地域毎の災害の発生する予測時刻や災害の規模を求める。また、災害発生予測情報生成部１３２は、例えば、図３に示すグラフから取得される振動強度等に基づき上記の規模を求める。

[0048] 同図に示す災害発生予測情報送信部１３５は、災害発生予測情報生成部１３２が生成した災害発生予測情報１１４を通信ネットワーク５を介して警報装置３００に送信する。

[0049] 図５Ａは、警報装置３００の主な構成を示す図である。同図に示す各要素は基本的に図４Ａに示した災害発生予測装置１００の同名の要素と同様であるので説明を省略する。

[0050] 図５Ｂは、警報装置３００が備える主な機能を説明するブロック図である。同図に示すように、警報装置３００は、記憶部３１０、災害発生予測情報受信部３２０、及び災害発生予測情報出力部３２５の各機能を備える。

[0051] 上記機能のうち、記憶部１１０は、災害発生予測情報３１１を記憶する。

[0052] 災害発生予測情報受信部３２０は、災害発生予測装置１００から送られてくる災害発生予測情報１１４を受信し、受信した災害発生予測情報１１４を災害発生予測情報３１１として管理する。

[0053] 災害発生予測情報出力部３２５は、災害発生予測情報３１１に基づく情報

を出力装置（表示装置、音声出力装置（スピーカ）等）に出力する。

[0054] 図６は、災害発生予測装置１００が行う処理（以下、「災害発生予測処理Ｓ６００」と称する。）を説明するフローチャートである。以下、同図とともに災害発生予測処理Ｓ６００について説明する。尚、以下の説明の前提として、災害発生予測装置１００の振動状態測定部１２０は、ＤＡＳによりリアルタイムに各径間の各測定点の振動状態（振動強度、振動周波数）の時間変化（周波数毎の振動強度の時間変化）を測定し、各測定点の最新の振動状態を測定点毎振動状態１１１として管理しているものとする。

[0055] 同図に示すように、インフラサウンド検出部１２５は、測定点毎振動状態１１１に基づき各測定点の周波数毎の振動強度の時間変化をリアルタイムに監視している（Ｓ６１１～Ｓ６１２：Ｎｏ）。インフラサウンド検出部１２５は、測定点毎振動状態１１１から取得される各測定点の周波数毎の振動強度の時間変化にインフラサウンドに起因する態様を検出すると（Ｓ６１２：Ｙｅｓ）、検出したインフラサウンドについてインフラサウンド検出情報１１２を生成して管理する（Ｓ６１３）。

[0056] 続いて、災害種類特定部１３０が、インフラサウンド検出部１２５がインフラサウンドを検出したと判定する根拠とした情報に基づき、災害の種類を特定し、特定した災害の種類を災害種類情報１１３として管理する（Ｓ６１４）。

[0057] 続いて、災害発生予測情報生成部１３２が、インフラサウンド検出情報１１２や災害種類情報１１３に基づき災害発生予測情報１１４を生成して管理する（Ｓ６１５）。

[0058] 続いて、災害発生予測情報送信部１３５が、災害発生予測情報生成部１３２が生成した災害発生予測情報１１４を通信ネットワーク５を介して警報装置３００に送信する（Ｓ６１６）。その後、処理はＳ６１１に戻る。

[0059] 図７は、警報装置３００が行う処理（以下、「災害発生予測情報出力処理Ｓ７００」と称する。）を説明するフローチャートである。以下、同図とともに災害発生予測情報出力処理Ｓ７００ついて説明する。

[0060] 同図に示すように、災害発生予測情報受信部３２０は、災害発生予測装置１００から送られてくる災害発生予測情報１１４の受信をリアルタイムに待機している（Ｓ７１１：Ｎｏ）。災害発生予測情報受信部３２０は、災害発生予測情報１１４を受信すると（Ｓ７１１：Ｙｅｓ）、受信した災害発生予測情報１１４を災害発生予測情報３１１として管理する（Ｓ７１２）。

[0061] 続いて、災害発生予測情報出力部３２５が、災害発生予測情報３１１に基づく情報を出力装置に出力する（Ｓ７１３）。その後、処理はＳ７１１に戻る。

[0062] 図８は、災害発生予測情報出力部３２５が上記情報を出力する際に表示する画面の一例（以下、「災害発生予測情報出力画面８００」と称する。）である。

[0063] 同図に示すように、例示する災害発生予測情報出力画面８００は、インフラサウンド検出日時の表示欄８１１、検出径間の表示欄８１２、災害種類の表示欄８１３、災害発生予測地域の表示欄８１４、災害発生予測時刻の表示欄８１５、及び災害規模の表示欄８１６を有する。

[0064] このうちインフラサウンド検出日時の表示欄８１１には、インフラサウンド検出部１２５がインフラサウンドを検出した日時が表示される。

[0065] また、検出径間の表示欄８１２には、インフラサウンドが検出された径間の径間ＩＤが表示される。

[0066] また、災害種類の表示欄８１３には、災害種類情報１１３の内容（災害の種類を示す情報）が表示される。

[0067] また、災害発生予測地域の表示欄８１４には、災害の発生が予測される地域を示す情報が表示される。

[0068] また、災害発生予測時刻の表示欄８１５には、災害の発生予測時刻が表示される。

[0069] また、災害規模の表示欄８１６には、発生する災害の規模が表示される。

[0070] 以上に説明したように、本実施形態の災害発生予測システム１は、ＤＡＳにより取得される各測定点の振動状態（振動強度、振動周波数）の時間変化

（周波数毎の振動強度の時間変化）にインフラサウンドに起因する態様が存在するか否かをリアルタイムに監視し、上記の態様を検出した場合に災害の発生を予測する情報を出力する。このように、災害発生予測システム１は既存の送電設備を利用して災害の発生を予測する情報を迅速に提供するので、インフラサウンドを利用した災害発生予測の仕組みを効率よく低コストで実現することができる。

[0071] また、災害発生予測システム１は、インフラサウンドが観測された径間、災害の種類、災害の発生が予測される地域、災害の発生が予測される時刻、災害の規模等の情報を災害発生予測情報１１４として出力するので、災害の発生が予測される地域の人々に有用な情報を迅速に提供することができる。

[0072] 尚、上記の実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得るとともに、本発明にはその等価物も含まれる。

[0073] 例えば、インフラサウンド検出部１２５が、図３に示すグラフ（画像）について画像認識処理を行うことにより抽出される特徴量を説明変数として入力すると、インフラサウンドの検出有無を目的変数として出力するように学習した機械学習モデルを用いて行うようにしてもよい。

[0074] また例えば、災害種類特定部１３０が、図３に示すグラフ（画像）について画像認識処理を行うことにより抽出される特徴量を説明変数として入力すると、災害の種類を示す情報を目的変数として出力するように学習した機械学習モデルを用いて行うようにしてもよい。

[0075] また例えば、災害発生予測装置１００が、他のシステム（例えば、非特許文献１に記載の「インフラサウンド・モニタリング・ネットワーク」）から通信ネットワーク５等を介して提供される情報を考慮して災害発生予測情報の精度を高めるようにしてもよい。

[0076] また例えば、災害発生予測システム１が提供する情報を、公的機関等が発出する地震速報や警報情報等と連動させ、事象の特定や誤報防止として活用

するようにしてもよい。例えば、インフラサウンドが観測された時点で通常は地震も発生しているため、地震速報や警報情報等を発する際の事象の特定精度（信憑性）を検証することができる。

符号の説明

[0077] １　災害発生予測システム

２　送電鉄塔

３　送電線

４　ＯＰＧＷ

４ａ　光ファイバ

１００　災害発生予測装置

１０７　光解析ユニット

１１０　記憶部

１１１　測定点毎振動状態

１１２　インフラサウンド検出情報

１１３　災害種類情報

１１４　災害発生予測情報

１１５　設備情報

１１６　地理情報

１２０　振動状態測定部

１２５　インフラサウンド検出部

１３０　災害種類特定部

１３２　災害発生予測情報生成部

１３５　災害発生予測情報送信部

３００　警報装置

３１０　記憶部

３２０　災害発生予測情報受信部

３２５　災害発生予測情報出力部

Ｓ６００　災害発生予測処理

Ｓ７００　災害発生予測情報出力処理

８００　災害発生予測情報出力画面

請求の範囲

[請求項1] 光解析ユニットと情報処理装置を含んで構成され、

送電線に沿って付設される光ファイバに沿って設定された測定点における前記光ファイバの周波数毎の振動強度の時間変化をＤＡＳ（Distributed Acoustic Sensing）により取得し、

前記測定点の前記周波数毎の振動強度の時間変化にインフラサウンドに起因する態様が存在するか否かをリアルタイムに監視し、

前記態様を検出した場合に災害の発生を予測する情報を出力する、

災害発生予測システム。

[請求項2] 請求項１に記載の災害発生予測システムであって、

前記態様についてデータ解析を行うことにより前記災害の種類を特定し、

特定した前記災害の種類を示す情報を出力する、

災害発生予測システム。

[請求項3] 請求項１に記載の災害発生予測システムであって、

前記測定点と前記送電線の径間との対応を示す情報を記憶し、

前記周波数毎の振動強度の時間変化にインフラサウンドに起因する態様を含む前記測定点を有する径間を示す情報を出力する、

災害発生予測システム。

[請求項4] 請求項１に記載の災害発生予測システムであって、

前記測定点と前記送電線の径間との対応を示す情報と、前記径間が存在する位置を示す情報と、前記送電線の周辺の地理情報と、を記憶し、

前記周波数毎の振動強度の時間変化にインフラサウンドに起因する態様を含む前記測定点を有する径間を特定し、

特定した前記径間の周辺の地域における災害の発生を予測する情報を出力する、

災害発生予測システム。

[請求項5] 請求項４に記載の災害発生予測システムであって、

特定した前記径間からの距離に基づき、前記周辺の地域において前記災害の発生が予測される時刻を求め、求めた前記時刻を示す情報を出力する、

災害発生予測システム。

[請求項6] 請求項４に記載の災害発生予測システムであって、

特定した前記径間からの距離に基づき、前記周辺の地域における前記災害の規模を求め、求めた前記規模を示す情報を出力する、

災害発生予測システム。

[請求項7] 光解析ユニットと情報処理装置を含んで構成される災害発生予測システムにおいて、

前記情報処理装置が、

送電線に沿って付設される光ファイバに沿って設定された測定点における前記光ファイバの周波数毎の振動強度の時間変化をＤＡＳ（Distributed Acoustic Sensing）により取得するステップ、

前記測定点の前記周波数毎の振動強度の時間変化にインフラサウンドに起因する態様が存在するか否かをリアルタイムに監視するステップ、及び、

前記態様を検出した場合に災害の発生を予測する情報を出力するステップ、

を実行する、災害発生予測方法。

[請求項8] 請求項７に記載の災害発生予測方法であって、

前記情報処理装置が、

前記態様についてデータ解析を行うことにより前記災害の種類を特定するステップ、及び、

特定した前記災害の種類を示す情報を出力するステップ、

を更に実行する、災害発生予測方法。

[請求項9] 請求項７に記載の災害発生予測方法であって、

前記情報処理装置が、

前記測定点と前記送電線の径間との対応を示す情報を記憶するステップ、及び、

前記周波数毎の振動強度の時間変化にインフラサウンドに起因する態様を含む前記測定点を有する径間を示す情報を出力するステップ、

を更に実行する、災害発生予測方法。

[請求項10] 請求項７に記載の災害発生予測方法であって、

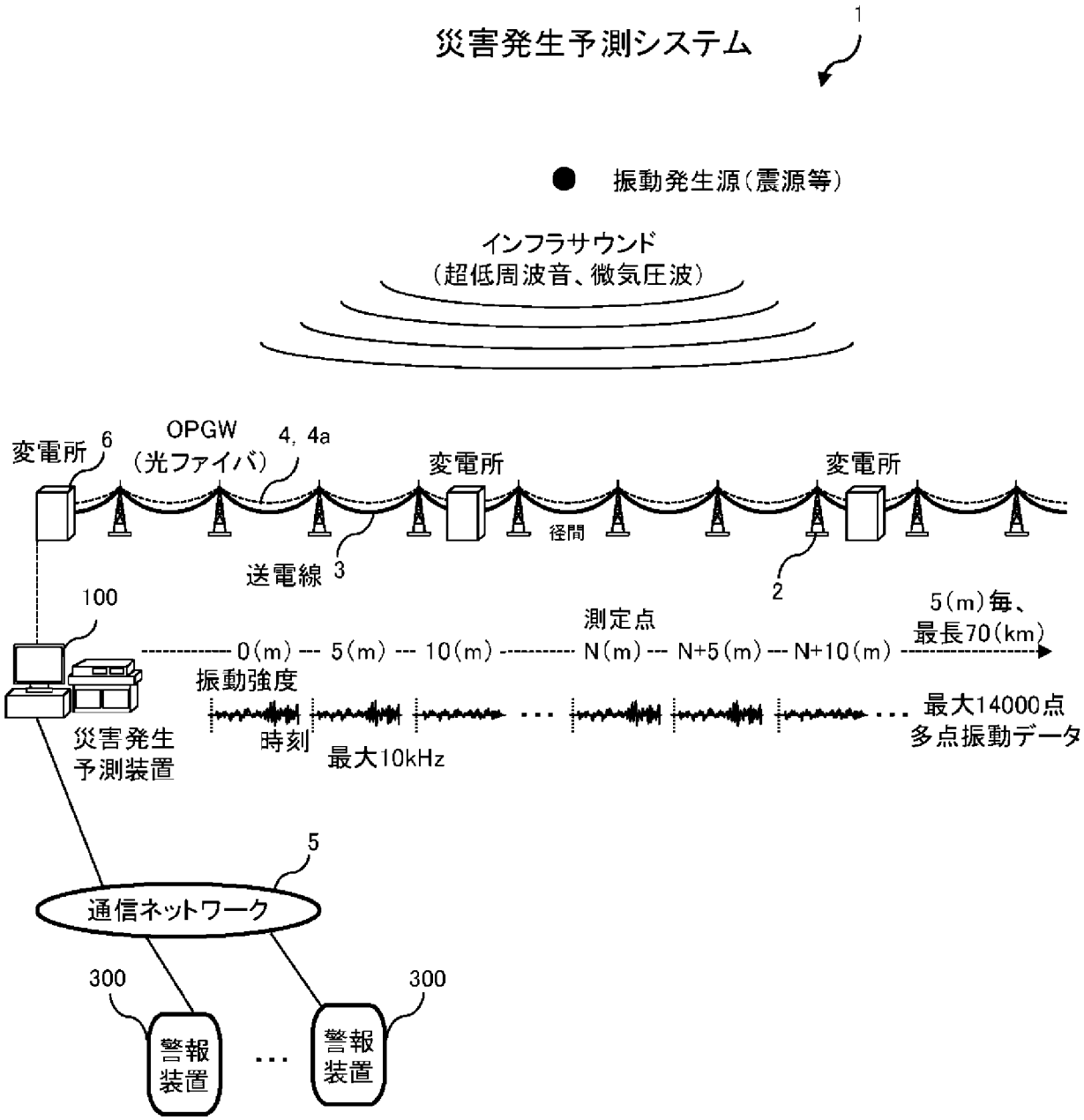
前記測定点と前記送電線の径間との対応を示す情報と、前記径間が存在する位置を示す情報と、前記送電線の周辺の地理情報と、を記憶するステップ、

前記周波数毎の振動強度の時間変化にインフラサウンドに起因する態様を含む前記測定点を有する径間を特定するステップ、及び、

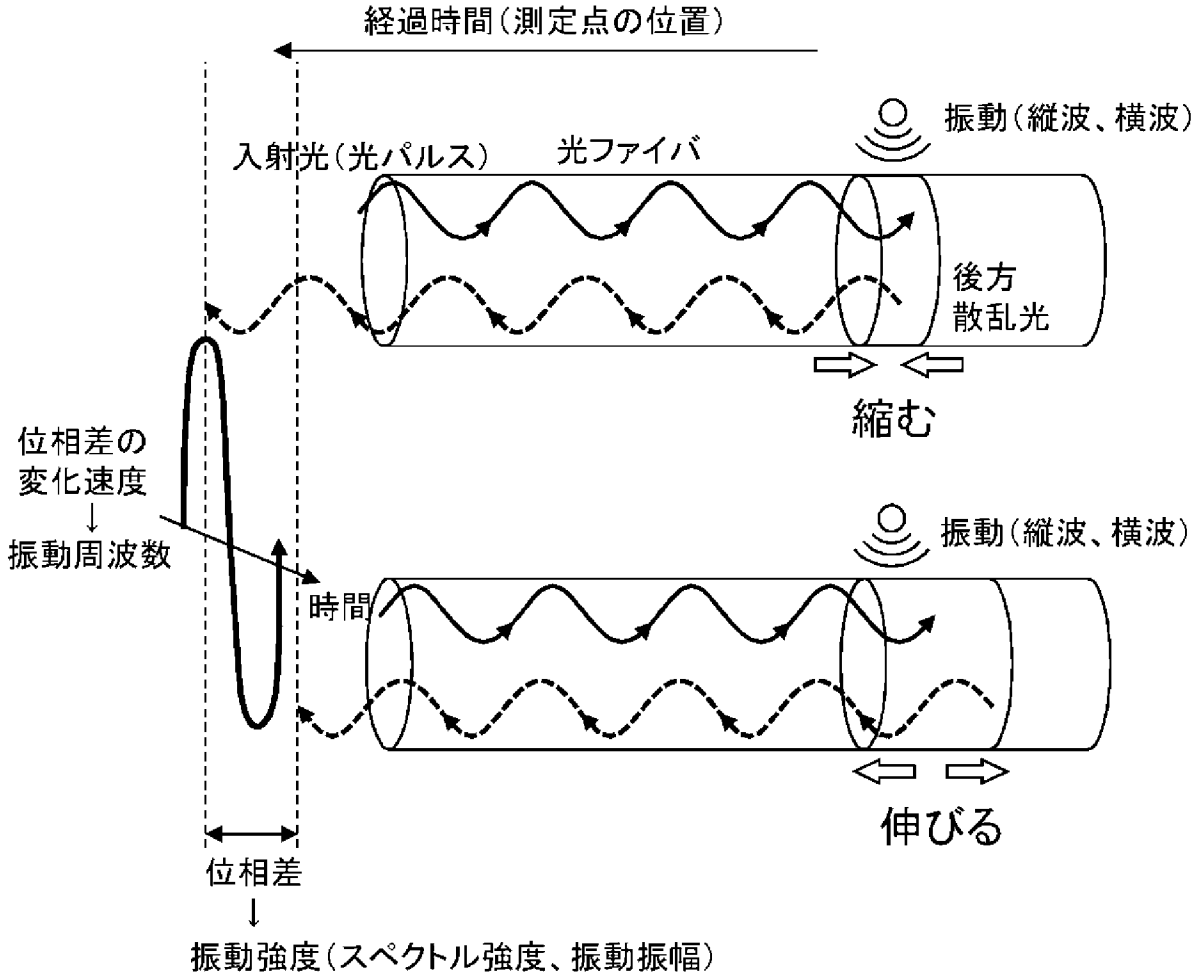
特定した前記径間の周辺の地域における災害の発生を予測する情報を出力するステップ、

を更に実行する、災害発生予測方法。

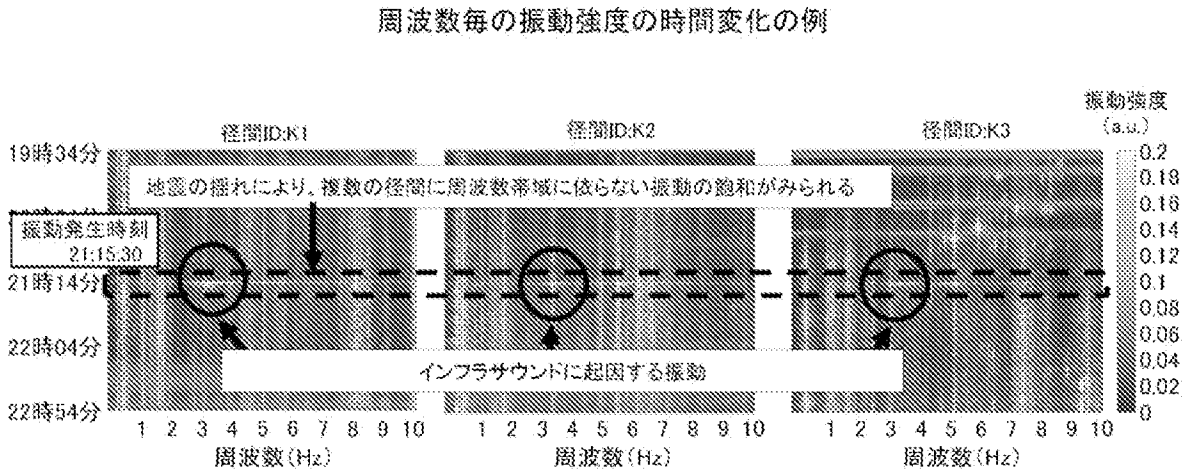
[図1]


災害発生予測システム
1
振動発生源（震源等）
インフラサウンド
（超低周波音、微気圧波）
変電所
6
OPGW
（光ファイバ）
4, 4a
変電所
変電所
径間
送電線
3
2
100
0(m) --- 5(m) --- 10(m) ---------- N(m) --- N+5(m) --- N+10(m)
測定点
5(m)毎、
最長70(km)
振動強度
時刻
最大10kHz
最大14000点
多点振動データ
災害発生
予測装置
5
通信ネットワーク
300
300
警報
装置
警報
装置

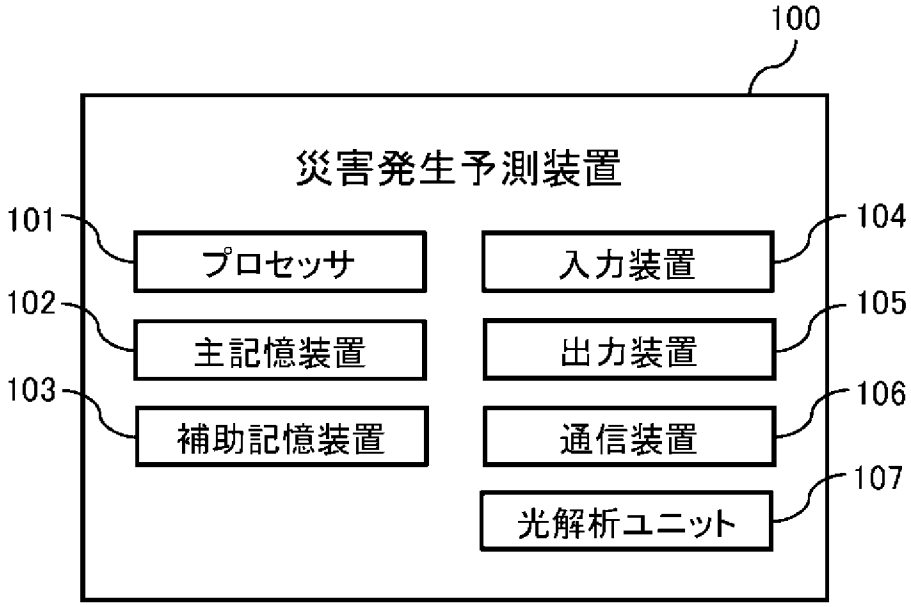
[図2]


経過時間（測定点の位置）
振動（縦波、横波）
入射光（光パルス）
光ファイバ
後方
散乱光
縮む
位相差の
変化速度
↓
振動周波数
時間
振動（縦波、横波）
伸びる
位相差
↓
振動強度（スペクトル強度、振動振幅）

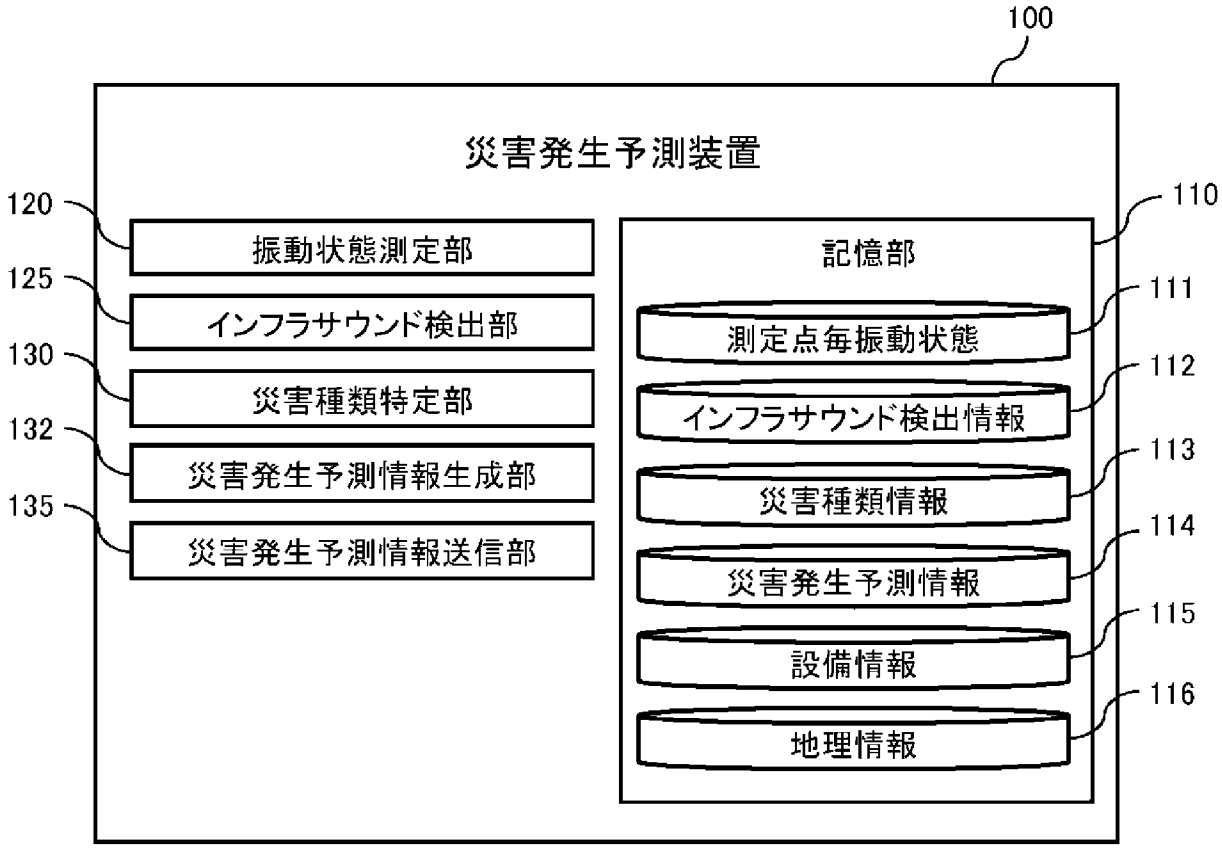
[図3]


周波数毎の振動強度の時間変化の例
径間ID:K1
径間ID:K2
径間ID:K3
振動強度
（a.u.）
19時34分
地震の揺れにより、複数の径間に周波数帯域に依らない振動の飽和がみられる
振動発生時刻
21:15:30
21時14分
22時04分
インフラサウンドに起因する振動
22時54分
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
周波数（Hz）
0.2
0.18
0.16
0.14
0.12
0.1
0.08
0.06
0.04
0.02
0

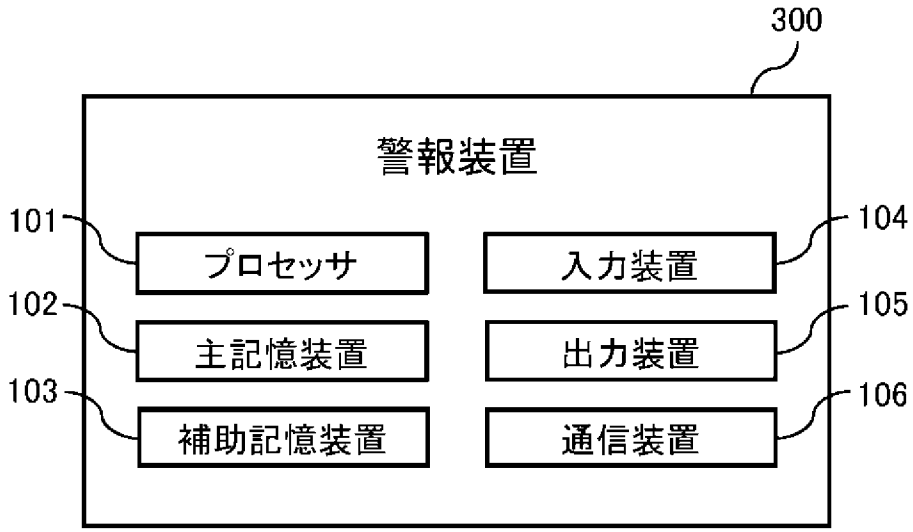
[図4A]


100
災害発生予測装置
101
プロセッサ
102
主記憶装置
103
補助記憶装置
104
入力装置
105
出力装置
106
通信装置
107
光解析ユニット

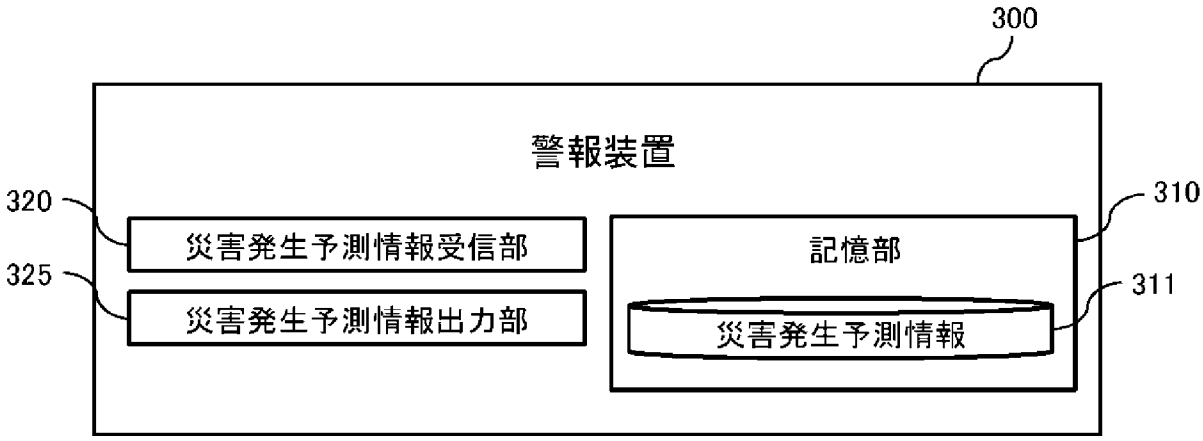
[図4B]


100
災害発生予測装置
120
振動状態測定部
125
インフラサウンド検出部
130
災害種類特定部
132
災害発生予測情報生成部
135
災害発生予測情報送信部
110
記憶部
111
測定点毎振動状態
112
インフラサウンド検出情報
113
災害種類情報
114
災害発生予測情報
115
設備情報
116
地理情報

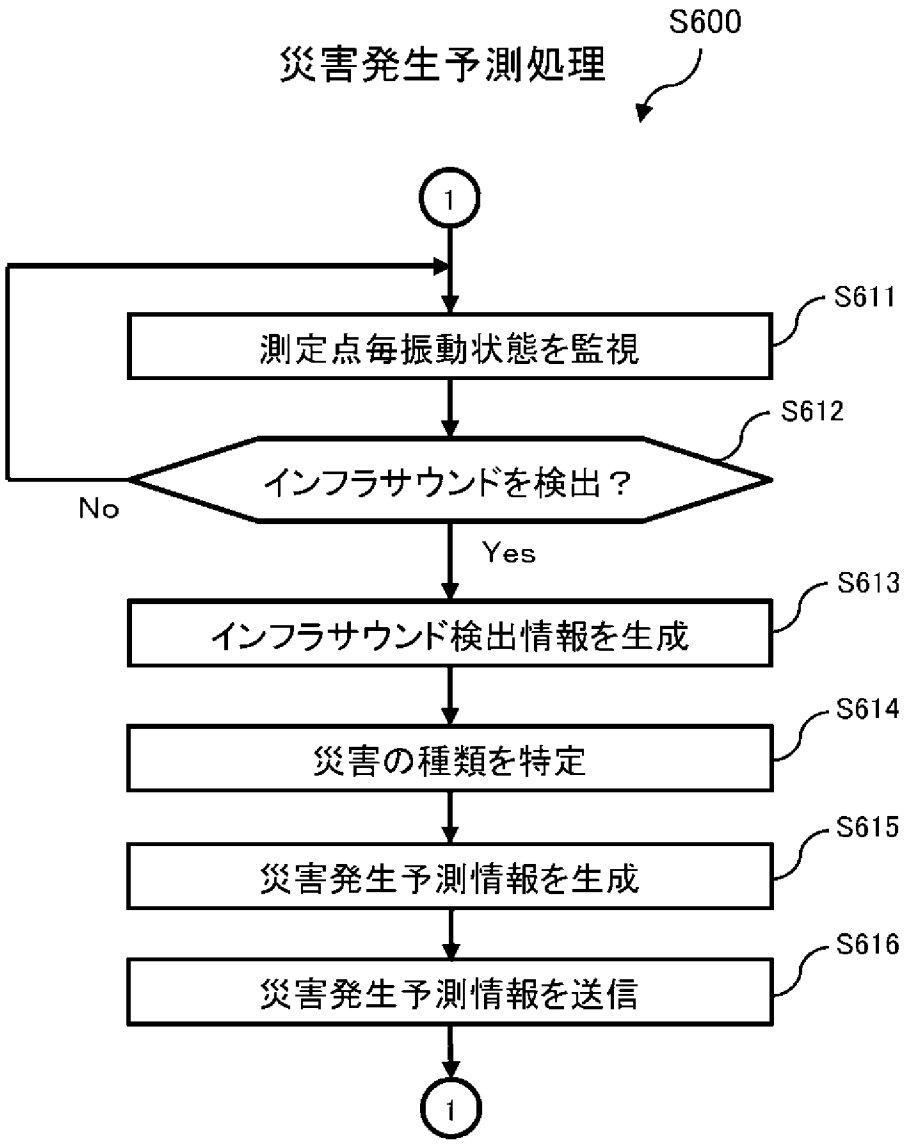
[図5A]


300
警報装置
101
プロセッサ
102
主記憶装置
103
補助記憶装置
104
入力装置
105
出力装置
106
通信装置

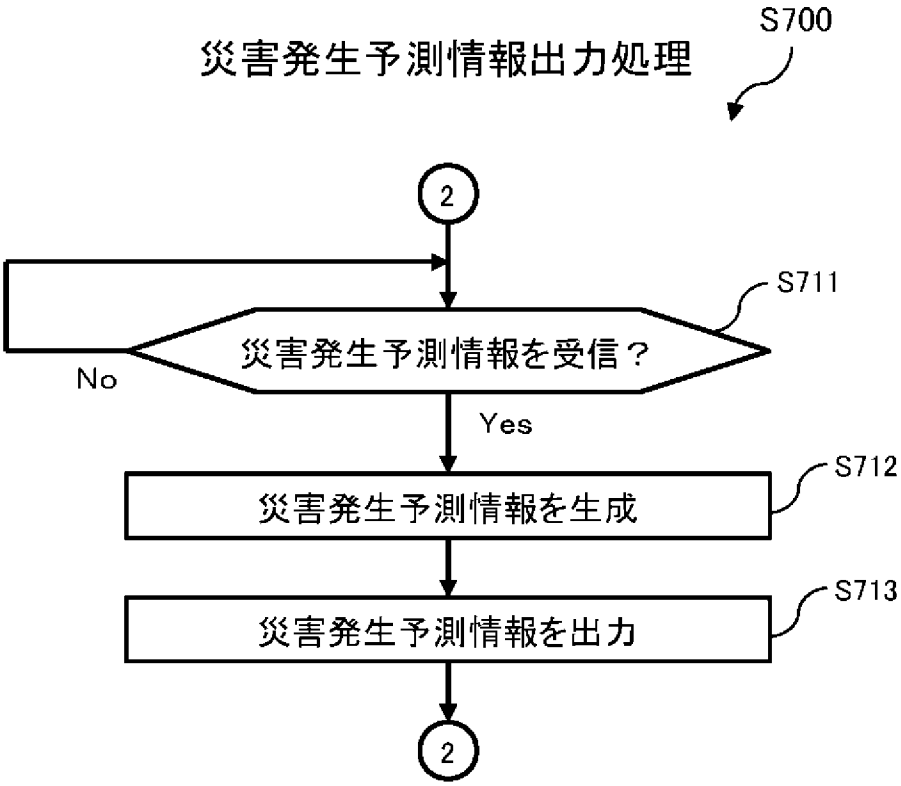
[図5B]


300
警報装置
320
災害発生予測情報受信部
325
災害発生予測情報出力部
310
記憶部
311
災害発生予測情報

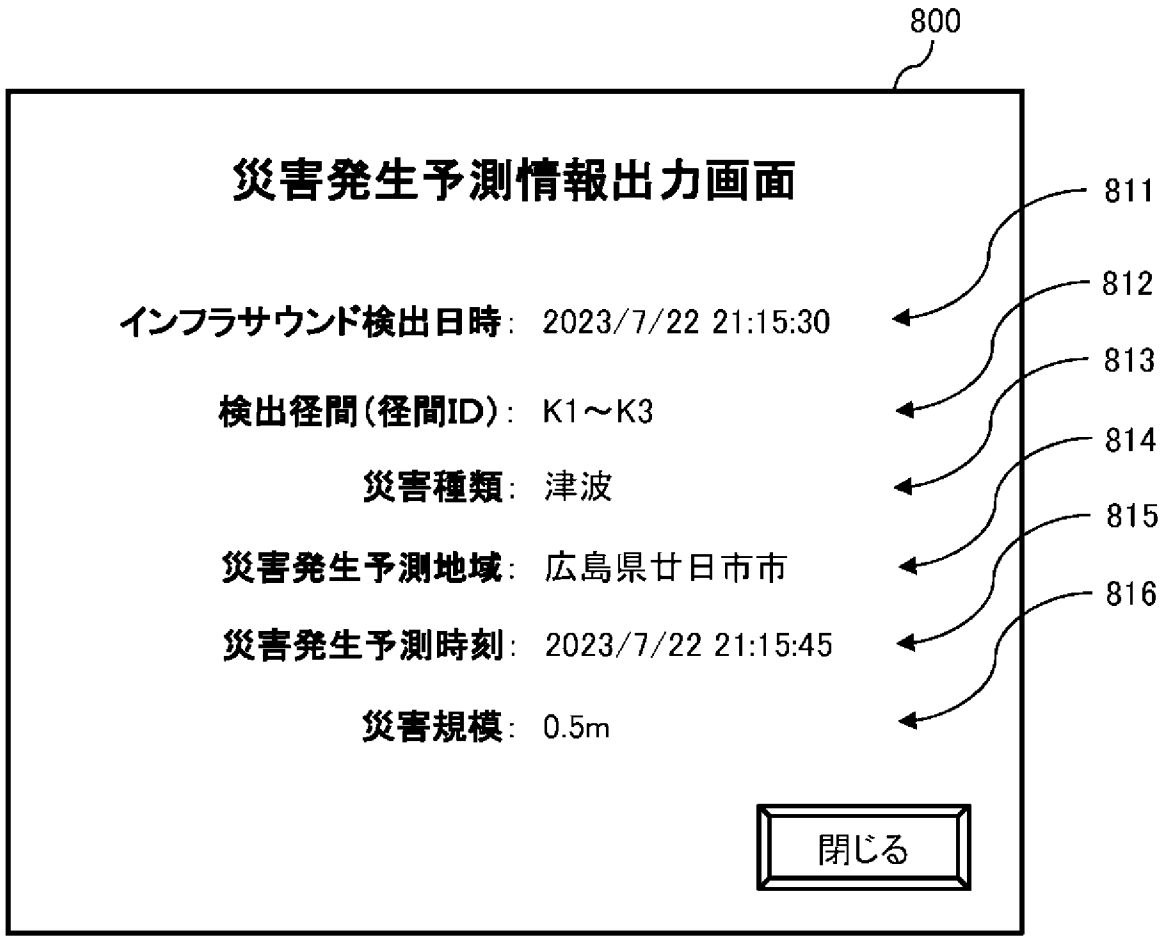
[図6]


S600
災害発生予測処理
1
S611
測定点毎振動状態を監視
S612
インフラサウンドを検出？
No
Yes
S613
インフラサウンド検出情報を生成
S614
災害の種類を特定
S615
災害発生予測情報を生成
S616
災害発生予測情報を送信
1

[図7]


S700
災害発生予測情報出力処理
2
S711
災害発生予測情報を受信？
No
Yes
S712
災害発生予測情報を生成
S713
災害発生予測情報を出力
2

[図8]


800
災害発生予測情報出力画面
811
812
813
814
815
816
インフラサウンド検出日時: 2023/7/22 21:15:30
検出径間(径間ID): K1～K3
災害種類: 津波
災害発生予測地域: 広島県廿日市市
災害発生予測時刻: 2023/7/22 21:15:45
災害規模: 0.5m
閉じる

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/042822

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01H 9/00(2006.01)i; ***G01W 1/00***(2006.01)i; ***G01V 1/00***(2024.01)i
FI: G01H9/00 E; G01V1/00 Z; G01W1/00 Z

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)

G01H1/00-17/00; G08B21/10; G01W1/00; G01V1/00

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 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2023-50257 A (FUJITSU LIMITED) 11 April 2023 (2023-04-11) entire text, all drawings	1-10
A	JP 08-128869 A (NEC CORPORATION) 21 May 1996 (1996-05-21) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2013-246554 A (TOKYO METROPOLITAN UNIV) 09 December 2013 (2013-12-09) entire text, all drawings	1-10
A	CN 111445671 A (XIANNING POWER SUPPLY COMPANY OF STATE GRID HUBEI ELECTRIC POWER COMPANY) 24 July 2020 (2020-07-24) entire text, all drawings	1-10
A	US 6788417 B1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 07 September 2004 (2004-09-07) entire text, all drawings	1-10

☑ 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
28 December 2023	**16 January 2024**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/042822

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	山本真行、齊藤大晶、甲斐芳郎、菊池豊、柿並義宏、横田昭寛, “地域防災/減災へ向けたインフラサウンド研究室の取り組み”, 高知工科大学紀要, vol. 16, no. 1, 高知工科大学, 2019.07.31, pp.29-37, https://kutarr.kochi-tech.ac.jp/records/1829 (YAMAMOTO, Masa-yuki, SAITO, Hiroaki, KAI, Yoshiro, KIKUCH, Yutaka, KAKINAMI, Yoshihiro, YOKOTA, Akihiro, Research Activities of Infrasound Research Laboratory for Disaster Prevention/Mitigation in Local Society, Kochi University of Technology Research bulletin) entire text, all drawings	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/042822

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2023-50257 A	11 April 2023	US 2023/0097688 A1	
		EP 4160165 A1	
JP 08-128869 A	21 May 1996	(Family: none)	
JP 2013-246554 A	09 December 2013	(Family: none)	
CN 111445671 A	24 July 2020	(Family: none)	
US 6788417 B1	07 September 2004	WO 2001/031288 A1	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/042822

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; G01W 1/00(2006.01)i; G01V 1/00(2024.01)i
FI: G01H9/00 E; G01V1/00 Z; G01W1/00 Z

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））

G01H1/00-17/00; G08B21/10; G01W1/00; G01V1/00

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３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 2023-50257 A (富士通株式会社) 11.04.2023 (2023-04-11) 全文，全図	1-10
A	JP 08-128869 A (日本電気株式会社) 21.05.1996 (1996-05-21) 全文，全図	1-10
A	JP 2013-246554 A (公立大学法人首都大学東京) 09.12.2013 (2013-12-09) 全文，全図	1-10
A	CN 111445671 A (XIANNING POWER SUPPLY COMPANY OF STATE GRID HUBEI ELECTRIC POWER COMPANY) 24.07.2020 (2020-07-24) 全文，全図	1-10
A	US 6788417 B1 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 07.09.2004 (2004-09-07) 全文，全図	1-10

☑ 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
28.12.2023	16.01.2024

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）
山口　剛 2J 9806

電話番号 03-3581-1101 内線 3250

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	山本真行、齊藤大晶、甲斐芳郎、菊池豊、柿並義宏、横田昭寛，“地域防災/減災へ向けたインフラサウンド研究室の取り組み”，高知工科大学紀要，第16巻，第1号，高知工科大学，2019.07.31，pp.29-37，https://kutarr.kochi-tech.ac.jp/records/1829 全文，全図	1-10

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/JP2023/042822

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2023-50257 A	11.04.2023	US 2023/0097688 A1	
		EP 4160165 A1	
JP 08-128869 A	21.05.1996	（ファミリーなし）	
JP 2013-246554 A	09.12.2013	（ファミリーなし）	
CN 111445671 A	24.07.2020	（ファミリーなし）	
US 6788417 B1	07.09.2004	WO 2001/031288 A1	