

(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4月22日(22.04.2021)



(10) 国際公開番号

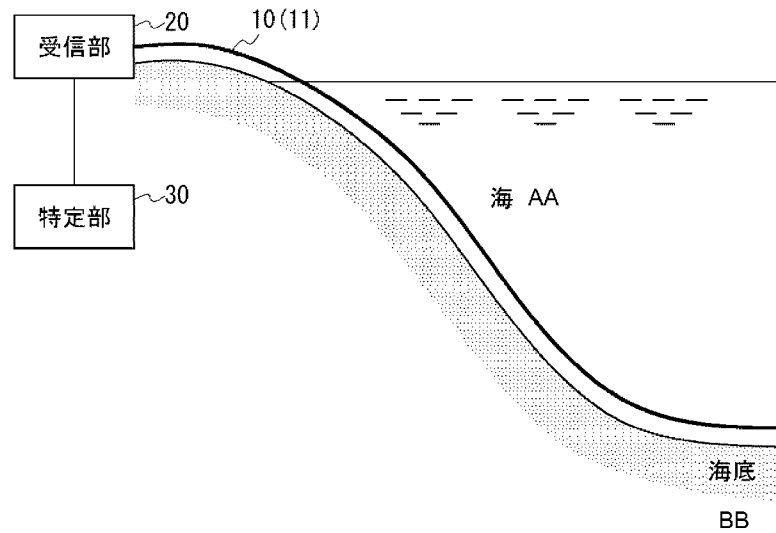
WO 2021/075145 A1

- (51) 国際特許分類:  
G01D 5/353 (2006.01) G01V 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/031364
- (22) 国際出願日: 2020年8月20日(20.08.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2019-191494 2019年10月18日(18.10.2019) JP
- (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: 矢野 隆 (YANO Yutaka); 〒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). 三隅 栄太郎 (MISUMI Eitaro); 〒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3番8 アサヒビルディング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,

(54) Title: OPTICAL FIBER SENSING SYSTEM AND EVENT IDENTIFICATION METHOD

(54) 発明の名称: 光ファイバセンシングシステム及び事象特定方法

[図1]



- 20 Reception unit
- 30 Identification unit
- AA Sea
- BB Sea bottom

(57) Abstract: An optical fiber sensing system according to the present invention is provided with: an optical fiber (11) that is disposed in water and that detects a water pressure change caused by an event occurring in an observation region; a reception unit (20) that receives an optical signal from the optical fiber (11); and an identification unit (30) that detects a water pressure distribution and water pressure time fluctuation in the observation region on the basis of a pattern of the optical signal, and identifies the event occurring in the observation region on the basis of the detection result.



WO 2021/075145 A1

HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, 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,  
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))

---

(57) 要約 : 本開示に係る光ファイバセンシングシステムは、水中に配置され、観測領域で発生した事象に起因する水圧変化を検知する光ファイバ (11) と、光ファイバ (11) から光信号を受信する受信部 (20) と、光信号のパターンに基づいて、観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動を検出し、該検出結果に基づいて、観測領域で発生した事象を特定する特定部 (30) と、を備える。

## 明 細 書

発明の名称：光ファイバセンシングシステム及び事象特定方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、光ファイバセンシングシステム及び事象特定方法に関する。

### 背景技術

[0002] 海、河川、湖沼、ダムといった水域で発生する事象を観測したいというニーズが存在する。水域で発生する事象には、水中に及ぼす水圧を変化させるものがある。水圧を変化させる事象としては、例えば、海で発生する津波が挙げられる。

[0003] 水面の波の観測を行う技術として、超音波式波高計やGPS (Global Positioning System) 波浪計などが一般的に用いられている。また、波が海底に生じさせる水圧変化を、海底に置いた水圧センサにより観測する手法も一般的に用いられている。この手法は特に沖合にて津波を検知して警報を行うために用いられる (特許文献1)。この手法では1台の測定機器で一ヶ所のみ観測できるので、測定機器を複数台設置することで広い海域がカバーされる。

[0004] また、特許文献2には、光ファイバを用いて、津波による水圧を検出する技術が開示されている。特許文献2に開示された技術によれば、長さの異なる複数の光ファイバを海底に敷設し、光ファイバを伝搬される伝搬光の位相変化を検出することにより、広い海域に渡る水圧の変化を検出し、水圧の変化と変化時刻とから津波の観測を行う。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：米国特許第7289907号明細書

特許文献2：特開平8-128869号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかし、超音波式波高計やGPS波浪計、海底に置かれた水圧センサを用いて上記事象を観測する技術は、電気配線が必要であることや装置が大型化するために装置の耐久性に難があり、また、メンテナンスも煩雑になるため、高費用になるという問題がある。広い海域をカバーするには高費用の観測装置を複数設置する必要がある。

[0007] また、特許文献2に開示された、海底ケーブルが被る水圧変化の影響を、長大な光干渉計を組んで検出する方法も、海底ケーブルの各区分ごとの水圧変化を知るには、長大な光干渉計を多数構成しなければならず、多くの心線を必要とし、経済性に難があった。

[0008] ところで、海で水圧を変化させる事象としては、上述した津波に限らず、波浪や潮汐、船舶の移動等も考えられる。また、河川やダムでも、水圧を変化させる事象が発生し得る。

このような水域で発生する様々な事象を観測するには、特許文献1や特許文献2に開示されたような津波検知のための技術を用いることは、経済性に難があった。

[0009] そこで本開示の目的は、上述した課題のいずれかを解決する光ファイバセンシングシステム及び事象特定方法を提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0010] 一態様による光ファイバセンシングシステムは、  
水中に配置され、観測領域で発生した事象に起因する水圧変化を検知する光ファイバと、  
前記光ファイバから光信号を受信する受信部と、  
前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動を検出し、該検出結果に基づいて、前記観測領域で発生した事象を特定する特定部と、を備える。

[0011] 一態様による事象特定方法は、  
光ファイバセンシングシステムによる事象特定方法であって、  
水中に配置され、観測領域で発生した事象に起因する水圧変化を検知する

光ファイバから、光信号を受信する受信ステップと、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動を検出し、該検出結果に基づいて、前記観測領域で発生した事象を特定する特定ステップと、を含む。

### 発明の効果

[0012] 上述の態様によれば、水域で発生する様々な事象を観測できる光ファイバセンシングシステム及び事象特定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

[0013] [図1]実施の形態1に係る光ファイバセンシングシステムの構成例を示す図である。

[図2]波による水圧の変化を検出した一例を示す図である。

[図3]図2の水圧変化の一部を取り出してグラフ化したグラフの例を示す図である。

[図4]船舶の曳波による水圧の変化を検出した一例を示す図である。

[図5]船舶の曳波による水圧の変化を検出した一例を示す図である。

[図6]船舶の曳波による水圧の変化を検出した一例を示す図である。

[図7]船舶の曳波による水圧の変化を検出した一例を示す図である。

[図8]波による水圧の変化を検出した一例を示す図である。

[図9]実施の形態1に係る光ファイバセンシングシステムの全体的な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に係る光ファイバセンシングシステムの全体的な動作の流れの例を示すフロー図である。

[図11]実施の形態3に係る光ファイバセンシングシステムの全体的な動作の流れの例を示すフロー図である。

[図12]実施の形態4に係る光ファイバセンシングシステムの全体的な動作の流れの例を示すフロー図である。

[図13]各実施の形態に係る光ファイバケーブルの敷設方法の例を示す図である。

[図14]各実施の形態に係る光ファイバケーブルの敷設方法の例を示す図である。

[図15]各実施の形態に係る光ファイバケーブルの敷設方法の例を示す図である。

[図16]光ファイバセンシング機器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

[0014] 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。

[0015] <実施の形態1>

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

図1に示されるように、本実施の形態1に係る光ファイバセンシングシステムは、光ファイバケーブル10、受信部20、及び特定部30を備えている。

[0016] 光ファイバケーブル10は、少なくとも1本の光ファイバ11を備えている。例えば、光ファイバケーブル10は、長尺の管の内部で光ファイバ11を保持し通線した構造とすることができる。

[0017] また、光ファイバケーブル10は、既設の光ファイバケーブルであっても良い。このとき、既設の光ファイバケーブルが備える光ファイバの中に未使用の光ファイバ（いわゆる、ダークファイバ）がある場合、その未使用の光ファイバを光ファイバ11として用いても良い。

[0018] また、光ファイバケーブル10は、水中に配置される。より具体的には、光ファイバケーブル10は、観測領域となる海、河川、湖沼、ダム等の水域に敷設される。図1は、光ファイバケーブル10の敷設方法の一例として、観測領域が海である場合の敷設方法の例を示したものである。図1では、光

ファイバケーブル10は、大陸間を結ぶ海底ケーブルとして海に敷設され、浜から沖に向かって伸びている。

[0019] また、光ファイバケーブル10は、図1では、1本のみ設けられているが、複数本の光ファイバケーブル10を設けても良い。複数本の光ファイバケーブル10を設ける場合、複数本の光ファイバケーブル10を受信部20及び特定部30に接続する。

[0020] 受信部20は、光ファイバケーブル10を構成する光ファイバ11に入射光としてパルス光を入射する。また、受信部20は、パルス光が光ファイバ11を伝送されることに伴い、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光（光信号）を受信する。

[0021] ここで、観測領域において、水圧を変化させる事象が発生すると、水圧の変化が発生し、この水圧の変化は、光ファイバケーブル10を構成する光ファイバ11に伝達され、光ファイバ11上の各点では振動又は音響の変化が発生する。この振動又は音響の変化は、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光のうちのレイリー散乱光に現れる。そのため、光ファイバ11は、水圧の変化を検知することが可能である。

[0022] また、光ファイバ11上の各点の振動又は音響の変化は、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光のうちのレイリー散乱光に現れるため、このレイリー散乱光は、振動又は音響の変化に応じて動的に変動するパターン（音響パターン又は振動パターン）を含んでいる。そのため、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンを分析することにより、光ファイバ11上の各点の振動又は音響の変化を検出することができる。

[0023] また、光ファイバ11上の各点の振動又は音響の変化は、水圧の変化に起因して発生したものである。そのため、光ファイバ11上の各点の振動又は音響の変化を分析することにより、水圧の分布及び水圧の時間変動を検出することもできる。

[0024] そこで、特定部30は、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光の

うちのレイリー散乱光のパターンに基づいて、光ファイバ11上の各点の振動又は音響の変化を検出することにより、水圧の分布及び水圧の時間変動を検出する。なお、特定部30は、例えば、受信部20が光ファイバ11にパルス光を入射した時刻と、受信部20が光ファイバ11から後方散乱光を受信した時刻と、の時間差に基づいて、その後方散乱光が発生した光ファイバ11上の位置（受信部20からの光ファイバケーブル10のケーブル長）を特定することができる。

[0025] また、水圧の変化は、観測領域で発生した事象に起因して発生したものである。例えば、津波、波浪、潮汐等の事象が発生したときの水圧の分布及び水圧の時間変動は、それらの事象に特有の分布及び時間変動となる。そのため、水圧の分布及び水圧の時間変動を分析することにより、観測領域で発生した事象を特定することができる。

[0026] そこで、特定部30は、さらに、水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、観測領域で発生した事象を特定する。観測領域で発生した事象は、例えば、津波、波浪、潮汐、船舶の移動等である。

[0027] 水圧の分布及び水圧の時間変動は、後方散乱光のうちのレイリー散乱光を変調する。その変調されたレイリー散乱光を検出する技術としては、DAS (Distributed Acoustic Sensor) 又はDVS (Distributed Vibration Sensor) などが好適である。

[0028] DAS及びDVSはどちらも、位相変調されたレイリー散乱光を検出する技術である。

このうち、DASは、コヒーレント検波を行う。すなわち、DASは、レイリー散乱光と局発光とを干渉させて、レイリー反射光の位相回転を検出する。

これに対して、DVSは、レイリー散乱光の瞬時パワーを検出する。すなわち、光ファイバ11内では、位相変調されたレイリー散乱光が多重干渉して強度変調光に変換されるため、DVSは、その強度変調光を検出する。

[0029] 以下、一例として、図2～図7を参照して、特定部30において、DAS

を用いて、観測領域で発生した事象を特定する方法について説明する。

[0030] 特定部30は、DASを用いて、観測領域で発生した事象による水圧の変化に起因して、光ファイバ11上の各点で発生した水圧の変化を表すレイリ-散乱光のパターンを取得する。例えば、観測領域で波浪による水圧の変化が発生したときの後方散乱光を処理すると、図2に示されるようなパターンが得られる。また、観測領域で船舶の移動による水圧の変化が発生したときの後方散乱光を処理すると、図4～図7に示されるようなパターンが得られる。これらのパターンは、光ファイバ11上の各点での水圧の変化を表している。そのため、特定部30は、これらのパターンに基づいて、観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動を検出することができる。さらには、特定部30は、その検出結果に基づいて、観測領域で発生した事象を特定することができる。

[0031] 図2は、受信部20からの光ファイバケーブル10のケーブル長が6kmまでの観測範囲を、DASを用いて、2分間にわたって観測した水圧変化の観測結果を示している。6km沖の水深は120mであり、遠浅の海岸である。図2において、横軸は、受信部20からの光ファイバケーブル10のケーブル長[m]を示し、左側が浜で、右にいくほど沖となっている。また、縦軸は、時間[sec]を示し、上に向かうほど新しい時間となる。また、色の濃淡は、ケーブルが感じている水圧の高低を表しており、色が明るいほど水圧が大きいことを示している。

[0032] 図2において、観測範囲を伝わる水面波の高低は明暗で表されている。水面波を示す線の傾きの正負は、水面波の方向を示しており、傾きが負であれば、水面波が浜に向かっていることを示している。また、水面波を示す線の傾きの大きさは、水面波の速度を示しており、傾きが大きいほど速度が遅いことを示している。

[0033] また、図3は、図2中のケーブル長が2.6km、水深が約50m地点の水圧変化を取り出してグラフ化したグラフである（同時刻ではない）。図2において、横軸は、時間[sec]を示し、縦軸は、水圧の大きさを示して

いる。そのため、図3は、水面波の周期が約10秒であることを示している。また、水面波の波高は、図3の水圧の大きさから推測できる。

[0034] したがって、図2及び図3からは、観測領域で発生した水面波の性質（進行方向、速度、波高、周期）がわかる。ここで、例えば、津波、波浪、潮汐等の事象が発生したときの水面波の性質は、それらの事象に特有の性質となる。そのため、観測領域で発生した水面波の性質を分析することにより、観測領域で発生した津波、波浪、潮汐等の事象を特定することができる。

[0035] そこで、特定部30は、図2に示される水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、水面波の性質を特定し、さらに、その特定結果に基づいて、観測領域で発生した事象として、津波、波浪、潮汐等を特定する。

[0036] なお、図2と同様のパターンは、DVSを用いても得ることができる。図8は、図2と併設された海底ケーブルにて、ほぼ同じ場所、同時刻の水面波を、DVSを用いて検出したものである。どちらの検出方式であっても同様に波を検出できていることが分かる。

[0037] 図4は、受信部20からの光ファイバケーブル10のケーブル長が10kmから15kmまでの観測領域を、DASを用いて、6分間にわたって観測した水圧変化の観測結果を示している。同様に、図5～図7は、ケーブル長が9kmから14kmまでの観測領域を、DASを用いて、6分間にわたって観測した水圧変化の観測結果を示している。なお、図4～図7は、別々の時間帯の観測結果を示している。また、図4～図7において、横軸、縦軸、及び、色の濃淡は、図2と同様である。

[0038] 観測領域を船舶が移動すると、船舶の移動に伴い、船舶の左舷及び右舷の各々に曳波が発生する。図4～図7において、水圧が高い（色が明るい）略楕円形状の部分が曳波を示しており、2つの曳波の組が1台の船舶を示している。また、図4～図7は、1台の船舶が光ファイバケーブル10を横切っていることを示している。

そこで、特定部30は、図4～図7に示される水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、観測領域で発生した事象として、船舶の移動を

特定する。

[0039] また、観測領域において、波浪等が発生している状況で、船舶が移動している場合には、レイリー散乱光には、波浪等の波に起因するパターンと、船舶の移動に起因するパターンと、が同時に現れる可能性がある。この場合には、特定部30は、一方のパターンを消去して、他方のパターンに基づいて、事象の特定を行い、続いて、他方のパターンを消去して、一方のパターンに基づいて、事象の特定を行えば良い。

[0040] また、観測領域で発生する事象毎に、その事象に特有の周波数が存在する。そのため、特定部30は、ある事象に起因するレイリー散乱光のパターンを取得した場合、そのパターンを、その事象に特有の周波数でFFT (Fast Fourier Transform) することにより、その事象に関するより詳細なパターンを得ることができる。例えば、事象が波浪である場合、特定部30は、図2、図3、及び図8に示されるレイリー散乱光のパターンを、波浪に特有の周波数でFFTすることにより、波浪に関するより詳細なパターンを得ることができる。そのため、特定部30は、波浪に関するより詳細なパターンに基づいて、波浪に関するより詳細な情報を得ることができる。

[0041] また、以上の説明では、図2～図8を参照して、特定部30において、DAS又はDVSを用いて、観測領域で発生した事象を特定する方法について説明したが、これらの方法は、一例であって、これに限定されるものではない。例えば、パターンマッチングを利用したり、教師あり学習により機械学習（例えば、深層学習）した学習モデルを利用したりして、観測領域で発生した事象を特定しても良い。

[0042] 例えば、パターンマッチングを利用する場合、特定部30は、観測対象とする事象毎に、その事象が発生したときのレイリー散乱光のパターンを、マッチング用パターンとして予め保持しておく。特定部30は、レイリー散乱光のパターンを取得すると、取得したレイリー散乱光の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、レイリー散乱光の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30は、そのマッチング用パターンに対応する事象が発生したと判断する。

[0043] また、機械学習による学習モデルを利用する場合、特定部30は、ある事象を示す教師データと、その事象が発生したときのレイリー散乱光のパターンと、の組を複数組入力して、学習モデルを予め構築し保持しておく。特定部30は、レイリー散乱光のパターンを取得すると、取得したレイリー散乱光のパターンを学習モデルに入力する。これにより、特定部30は、学習モデルの出力結果として、観測領域で発生した事象を得る。

[0044] 続いて、図9を参照して、本実施の形態1に係る光ファイバセンシングシステムの全体的な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、受信部20は、観測領域となる水域に配置された光ファイバケーブル10を構成する光ファイバ11から後方散乱光を受信する（ステップS101）。

続いて、特定部30は、後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンに基づいて、観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動を検出し、検出結果に基づいて、観測領域で発生した事象を特定する（ステップS102）。

[0045] 以上説明したように本実施の形態1によれば、受信部20は、観測領域の水中に配置された光ファイバ11から後方散乱光を受信する。特定部30は、後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンに基づいて、観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動を検出し、検出結果に基づいて、観測領域で発生した事象を特定する。したがって、観測対象となる水域で発生する事象として、津波に限らず、様々な事象を観測することができる。

[0046] <実施の形態2>

本実施の形態2は、上述した実施の形態1において、観測領域で発生した事象として、津波又は波浪を特定した場合に、その後の動作を追加した例である。なお、本実施の形態2の構成自体は、上述した実施の形態1と同様である。

- [0047] 上述のように、特定部30は、例えば、図2及び図8に示される観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果から、観測領域で発生した水面波の性質（進行方向、速度、波高、周期）を特定することができる。そのため、観測領域で発生した事象が津波又は波浪である場合には、特定部30は、津波又は波浪の性質を特定できることになる。
- [0048] そこで、特定部30は、津波又は波浪の性質に基づいて、所定の地点に津波又は波浪が到着又は通過する時刻と、所定の地点に津波又は波浪が到着又は通過したときの波高と、を予測する。津波又は波浪が到着する地点は、陸地点であり、津波又は波浪が通過する地点は、水域である。
- [0049] 例えば、特定部30は、ある時刻のある位置での津波又は波浪の性質と、その津波又は波浪が実際に所定の地点に到着又は通過したときの時刻及び波高と、の対応関係を統計データとして保持しておく。そして、特定部30は、その統計データに基づいて、上述の予測を行っても良い。
- [0050] また、特定部30は、津波又は波浪の性質に基づいて、津波又は波浪が所定の地点に与える被害の可能性を推定し、被害を与える可能性があるときは被害のレベルをさらに推定しても良い。
- [0051] 例えば、特定部30は、ある位置での津波又は波浪の性質と、その津波又は波浪が実際に所定の陸地点及び所定の水域に与えた被害の有無及び被害があったときは被害のレベルと、の対応関係を統計データとして保持しておく。そして、特定部30は、その統計データに基づいて、上述の推定を行っても良い。
- [0052] また、特定部30は、上述の予測結果及び上述の推定結果を、所定の通知先に通知しても良い。例えば、所定の地点が、津波又は波浪が到着する陸地点である場合、所定の通知先としては、国、地方自治体、漁業者、旅行船舶等が考えられる。一方、所定の地点が、津波又は波浪が通過する水域である場合、所定の通知先としては、漁業者、旅行船舶、その水域で作業する作業車、サーファー、釣り客等が考えられる。なお、所定の通知先は、事前に通知を受け取れることをシステムに登録した通知先に限定しても良い。

[0053] 続いて、図10を参照して、本実施の形態2に係る光ファイバセンシングシステムの全体的な動作の流れの例について説明する。

図10に示されるように、まず、図9のステップS101、S102と同様のステップS201、S202が行われる。

[0054] ステップS202で特定された事象が津波又は波浪である場合（ステップS203のYes）、続いて、特定部30は、津波又は波浪の性質に基づいて、所定の地点に津波又は波浪が到着又は通過する時刻と、到着又は通過したときの波高と、を予測する（ステップS204）。

[0055] なお、特定部30は、津波又は波浪の性質に基づいて、津波又は波浪が所定の地点に与える被害の可能性を推定し、被害を与える可能性があるときは被害のレベルをさらに推定しても良い。また、特定部30は、上述の予測結果及び上述の推定結果を、所定の通知先に通知しても良い。

[0056] 以上説明したように本実施の形態2によれば、特定部30は、光ファイバケーブル10の直上だけではない所定の地点に津波又は波浪が到着又は通過する時刻と、津波又は波浪が到着又は通過したときの波高と、を予測する。したがって、観測対象となる水域で発生した津波又は波浪を観測することができるだけでなく、津波又は波浪が到着又は通過する時刻やそのときの波高の予測結果を得ることができる。

その他の効果は、上述した実施の形態1と同様である。

[0057] <実施の形態3>

本実施の形態3は、上述した実施の形態1において、観測領域で発生した事象として、船舶の移動を特定した場合に、その後の動作を追加した例である。なお、本実施の形態3の構成自体は、上述した実施の形態1と同様である。

[0058] 特定部30は、例えば、図4～図7に示される観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果から、観測領域を移動する船舶の台数及び位置を特定することができる。また、1台の船舶を表す2つの曳波の間の隙間の方向から、その船舶の進行方向がわかる。また、1台の船舶を表す2つ

の曳波の時間変動から、その船舶の速度がわかる。よって、特定部30は、図4～図7に示される観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果から、観測領域を移動する船舶の状態（速度、進行方向、位置、台数）を特定することができる。

[0059] そこで、特定部30は、船舶の状態に基づいて、その船舶が所定の領域に侵入したこと又は所定の領域に侵入する可能性があることを検出する。所定の領域は、例えば、領海、漁場等である。

[0060] また、特定部30は、海を走行する船舶の、少なくとも位置を示す位置データ情報を無線により受信できる場合がある。例えば、AIS (Automatic Identification System) を搭載した船舶からは、その船舶の位置、移動状況、行先等を示す位置データ情報を、無線により受信できる。その場合、特定部30は、船舶の位置データ情報に基づいて、所定の領域に侵入した船舶又は所定の領域に侵入する可能性がある船舶を特定しても良い。例えば、特定部30は、観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果から特定した船舶の位置と同じ位置を示す位置データ情報がある場合、その位置データ情報が示す船舶を、領域に侵入した船舶又は所定の領域に侵入する可能性がある船舶として特定する。

[0061] また、特定部30は、船舶が所定の領域に侵入したこと又は所定の領域に侵入する可能性があることを検出した場合、その検出結果を、所定の通知先に通知しても良い。例えば、所定の領域が領海である場合、所定の通知先としては、国が考えられる。また、所定の領域が漁場である場合、所定の通知先としては、その漁場で作業する漁業者が考えられる。なお、所定の通知先は、事前に通知を受け取れることをシステムに登録した通知先に限定しても良い。

[0062] 続いて、図11を参照して、本実施の形態3に係る光ファイバセンシングシステムの全体的な動作の流れの例について説明する。

図11に示されるように、まず、図9のステップS101、S102と同様のステップS301、S302が行われる。

[0063] ステップS302で特定された事象が船舶の移動である場合（ステップS303のYes）、続いて、特定部30は、船舶の状態に基づいて、その船舶が所定の領域に侵入したこと又は所定の領域に侵入する可能性があることを検出する（ステップS304）。

[0064] なお、特定部30は、海を走行する船舶の位置データ情報を無線により受信できる場合、位置データ情報を用いて、領域に侵入した船舶又は所定の領域に侵入する可能性がある船舶を特定しても良い。また、特定部30は、船舶が所定の領域に侵入したこと又は所定の領域に侵入する可能性があることを検出した場合、その検出結果を、所定の通知先に通知しても良い。

[0065] 以上説明したように本実施の形態3によれば、特定部30は、船舶の状態に基づいて、その船舶が所定の領域に侵入したこと又は所定の領域に侵入する可能性があることを検出する。したがって、観測対象となる水域で、船舶が移動していることを観測することができるだけでなく、その船舶が所定の領域に侵入したことや、所定の領域に侵入する可能性があることを観測することができる。

その他の効果は、上述した実施の形態1と同様である。

[0066] <実施の形態4>

本実施の形態4は、上述した実施の形態1において、観測領域で発生した事象として、潮汐を特定した場合に、その後の動作を追加した例である。なお、本実施の形態4の構成自体は、上述した実施の形態1と同様である。

[0067] 上述のように、特定部30は、例えば、図2及び図8に示される観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果から、観測領域で発生した水面波の性質（進行方向、速度、波高、周期）を特定することができる。

[0068] 潮汐の性質は、津波や波浪と比較して、周期が長いという特徴がある。そのため、特定部30は、水面波の周期に基づいて、観測領域で発生した事象が潮汐であると特定することができる。

[0069] また、潮汐は、普段の潮汐とは異なる挙動を示す場合がある。例えば、高潮や急潮が発生している場合は、普段の潮汐とは異なる挙動を示す。このと

き、普段の潮汐とは異なる挙動であるか否かは、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンから判断することができる。

[0070] そこで、特定部30は、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンに基づいて、高潮又は急潮が発生していることを検出する。

このとき、特定部30は、例えば、パターンマッチングを利用して、高潮又は急潮が発生していることを検出しても良い。

[0071] パターンマッチングを利用する場合、例えば、特定部30は、普段の潮汐が発生したときのレイリー散乱光のパターンを、マッチング用パターンとして予め保持しておく。特定部30は、観測領域で発生した事象が潮汐であると特定すると、そのときのレイリー散乱光の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、レイリー散乱光の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ない場合、特定部30は、高潮又は急潮が発生したと判断する。

[0072] なお、本実施の形態4においては、特定部30は、潮汐に起因するレイリー散乱光のパターンを詳細に分析する必要がある。そのため、特定部30は、潮汐に起因するレイリー散乱光のパターンを、潮汐に特有の周波数でFFTすることにより、潮汐に関するより詳細なパターンを取得し、その詳細なパターンに基づいて、高潮又は急潮を検出するのが良い。

[0073] また、特定部30は、高潮又は急潮を検出した場合、その検出結果を、所定の通知先に通知しても良い。例えば、所定の通知先としては、国、地方自治体、漁業者、旅行船舶、サーファー、釣り客等が考えられる。なお、所定の通知先は、事前に通知を受け取れることをシステムに登録した通知先に限定しても良い。

[0074] 続いて、図12を参照して、本実施の形態4に係る光ファイバセンシングシステムの全体的な動作の流れの例について説明する。

図12に示されるように、まず、図9のステップS101、S102と同

様のステップS401, S402が行われる。

[0075] ステップS402で特定された事象が潮汐である場合（ステップS403のYes）、続いて、特定部30は、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンに基づいて、高潮又は急潮が発生していることを検出する（ステップS404）。

なお、特定部30は、高潮又は急潮が発生していることを検出した場合、その検出結果を、所定の通知先に通知しても良い。

[0076] 以上説明したように本実施の形態4によれば、特定部30は、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンに基づいて、高潮又は急潮が発生していることを検出する。したがって、観測対象となる水域で発生した潮汐を観測することができるだけでなく、高潮又は急潮が発生していることも観測することができる。

その他の効果は、上述した実施の形態1と同様である。

[0077] <実施の形態5>

本実施の形態5の構成自体は、上述した実施の形態1～4と同様である。

上述した実施の形態1～4においては、観測領域で発生した事象による水圧の変化に起因して、後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンが変動することを利用して、観測領域で発生した事象を特定していた。

[0078] しかし、事象の発生の有無に拘わらず、水深が異なれば、水圧は変化し、その結果、レイリー散乱光のパターンも変動する。そのため、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンを分析することにより、観測領域における水深を検出することができる。

そこで、特定部30は、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンに基づいて、観測領域における水深を検出する。

[0079] なお、特定部30は、定期的に又は不定期に、観測領域における水深を検出することにより、観測領域における水深の変化も検出することができる。

例えば、河川やダムでは、増水が発生すると、水深が深くなる。そのため

、特定部30は、河川やダムで水深が深くなったか否かに基づいて、増水が発生したことを検出しても良い。

[0080] また、海では、海底の地殻変動が発生すると、海底が隆起又は沈降し、水深が変化する。例えば、海底が隆起したときは、水深が浅くなる。そのため、特定部30は、海で水深が変化したか否かに基づいて、海底の地殻変動が発生したことを検出しても良い。

[0081] また、特定部30は、河川やダムで増水が発生したことや、海底の地殻変動が発生したことを検出した場合、その検出結果を、所定の通知先に通知しても良い。例えば、所定の通知先としては、国、地方自治体等が考えられる。なお、所定の通知先は、事前に通知を受け取れることをシステムに登録した通知先に限定しても良い。

[0082] 以上説明したように本実施の形態5によれば、特定部30は、光ファイバ11上の各点で発生した後方散乱光のうちのレイリー散乱光のパターンに基づいて、観測領域における水深を検出する。したがって、観測領域における水深も観測することができる。また、観測領域における水深の変化から、河川やダムでの増水や、海での海底の地殻変動も観測することができる。

その他の効果は、上述した実施の形態1と同様である。

[0083] <他の実施の形態>

上述した各実施の形態においては、特定部30は、受信部20が光ファイバ11にパルス光を入射した時刻と、受信部20が光ファイバ11から後方散乱光を受信した時刻と、の時間差に基づいて、その後方散乱光が発生した光ファイバ11上の位置（受信部20からの光ファイバケーブル10のケーブル長）を特定している。ただし、緯度経度座標系で表されるような位置と、光ファイバ11上の位置との対応関係は、敷設ルート情報からの推測であり、誤差を持つ。

[0084] そのため、光ファイバ11上の位置と実際の位置との関係を較正することが好適である。例えば、光ファイバケーブル10に受信部20及び特定部30を一時的に接続し、光ファイバケーブル10を叩く、触る等して、光ファ

イバケーブル10に振動や音を発生させて、そのときの光ファイバ11上の位置を特定する。今日では実際の位置はたとえ洋上であってもGNSS (Global Navigation Satellite System) 衛星電波を受信して正確に把握できるので、特定した光ファイバ11上の位置と実際の位置との対応が校正できる。なお、この校正を実施する地点の間隔は、光ファイバ11に沿って密に行わなければならないものではなく、比較的長い間隔で実行しても位置精度向上の効果は得られる。

[0085] また、上述した各実施の形態においては、1本の光ファイバケーブル10が、線状に、すなわち二次元的に敷設されることを想定していた。このことから、特定部30において、水面波や船舶の進行方向を特定するときに、進行方向を高精度に特定できるのは、進行方向が光ファイバケーブル10に沿った方向である場合に限られていた。

[0086] そのため、1本の光ファイバケーブル10を敷設する場合、光ファイバケーブル10を、部分的に、丸、三角、四角等の形状で敷設しても良い。これにより、光ファイバケーブル10が三次元的に敷設されることになるため、水面波や船舶の進行方向を高精度に特定できるようになる。図13に、光ファイバケーブル10を、部分的に、丸の形状で敷設する例を示し、図14に、光ファイバケーブル10を、部分的に、三角の形状で敷設する例を示す。なお、光ファイバケーブル10の部分的に敷設する形状の寸法は、検出する後方散乱光の波長の約半分程度か、又は、半分以下の寸法とする。

[0087] 又は、互いに異なる方向を向くように、複数本の光ファイバケーブル10を敷設しても良い。これによっても、光ファイバケーブル10が三次元的に敷設されることになるため、水面波や船舶の進行方向を高精度に特定できるようになる。図15に、2本の光ファイバケーブル10を、互いに異なる方向を向くように、敷設する例を示す。なお、複数本の光ファイバケーブル10は、互いに交差しても良いし、交差しなくても良い。

[0088] また、上述した実施の形態においては、受信部20及び特定部30は、それぞれ独立した構成要素として図面に図示していたが、1つの装置（光ファ

イバセンシング機器) に設けられても良いし、複数の装置に分散して設けられていても良い。

[0089] <光ファイバセンシング機器のハードウェア構成>

上述したように、受信部20及び特定部30は、1つの装置(光ファイバセンシング機器)に設けることができる。そこで、続いて以下では、図16を参照して、受信部20及び特定部30を備えた光ファイバセンシング機器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。

[0090] 図16に示されるように、コンピュータ40は、プロセッサ41、メモリ42、ストレージ43、入出力インタフェース(入出力I/F)44、及び通信インタフェース(通信I/F)45等を備える。プロセッサ41、メモリ42、ストレージ43、入出力インタフェース44、及び通信インタフェース45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。

[0091] プロセッサ41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42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43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43は、RAMやROM等のメモリであっても良い。

[0092] ストレージ43は、光ファイバセンシング機器が備える構成要素(受信部20及び特定部30)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41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機器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41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42上に読み出してから実行しても良いし、メモリ42上に読み出さずに実行しても良い。また、メモリ42やストレージ43は、光ファイバセンシング機器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。

[0093] 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。

[0094] 入出力インタフェース 44 は、表示装置 441、入力装置 442、音出力装置 443 等と接続される。表示装置 441 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 41 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 442 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 441 及び入力装置 442 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 443 は、スピーカのような、プロセッサ 41 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。

[0095] 通信インタフェース 45 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 45 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。

[0096] 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。

[0097] 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)

水中に配置され、観測領域で発生した事象に起因する水圧変化を検知する光ファイバと、

前記光ファイバから光信号を受信する受信部と、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動を検出し、該検出結果に基づいて、前記観測領域で発生した事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。

(付記2)

前記特定部は、

前記観測領域で発生した事象として、津波又は波浪を特定した場合、

前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、前記津波又は前記波浪の性質を特定し、

前記津波又は前記波浪の性質に基づいて、所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過する時刻と、前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過したときの波高と、を予測する、

付記1に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記3)

前記特定部は、

前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過する時刻と、前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過したときの波高と、の予測結果を、所定の通知先に通知する、

付記2に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記4)

前記特定部は、

前記津波又は前記波浪の性質に基づいて、前記津波又は前記波浪が前記所定の地点に与える被害の可能性を推定し、被害を与える可能性があるときは被害のレベルをさらに推定する、

付記2又は3に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記5)

前記特定部は、

前記津波又は前記波浪が前記所定の地点に与える被害の可能性と、被害を与える可能性があるときは被害のレベルと、の推定結果を、所定の通知先に通知する、

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、

前記観測領域で発生した事象として、船舶の移動を特定した場合、前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、前記船舶の状態を特定し、

前記船舶の状態に基づいて、前記船舶が所定の領域に侵入したこと又は前記所定の領域に侵入する可能性があることを検出する、

付記1に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記7)

前記特定部は、

前記船舶の位置データ情報を無線により受信し、前記位置データ情報に基づいて、前記所定の領域に侵入した前記船舶又は前記所定の領域に侵入する可能性がある前記船舶を特定する、

付記6に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記8)

前記特定部は、

前記船舶が所定の領域に侵入したこと又は前記所定の領域に侵入する可能性があることを検出した場合、該検出結果を所定の通知先に通知する、

付記 6 又は 7 に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記 9)

前記特定部は、

前記観測領域で発生した事象として、潮汐を特定した場合、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域に高潮又は急潮が発生していることを検出する、

付記 1 に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記 10)

前記特定部は、

前記観測領域に高潮又は急潮が発生していることを検出した場合、該検出結果を所定の通知先に通知する、

付記 9 に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記 11)

前記特定部は、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域における水深を検出する

、

付記 1 から 10 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 12)

前記特定部は、

定期的に又は不定期に、前記観測領域における水深を検出することにより、前記観測領域における水深の変化を検出する、

付記 11 に記載の光ファイバセンシングシステム。

(付記 13)

光ファイバセンシングシステムによる事象特定方法であって、

水中に配置され、観測領域で発生した事象に起因する水圧変化を検知する光ファイバから、光信号を受信する受信ステップと、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動を検出し、該検出結果に基づいて、前記観測領域で発生した事象を特定する特定ステップと、を含む、

事象特定方法。

(付記 1 4)

前記特定ステップでは、

前記観測領域で発生した事象として、津波又は波浪を特定した場合、

前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、前記津波又は前記波浪の性質を特定し、

前記津波又は前記波浪の性質に基づいて、所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過する時刻と、前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過したときの波高と、を予測する、

付記 1 3 に記載の事象特定方法。

(付記 1 5)

前記特定ステップでは、

前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過する時刻と、前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過したときの波高と、の予測結果を、所定の通知先に通知する、

付記 1 4 に記載の事象特定方法。

(付記 1 6)

前記特定ステップでは、

前記津波又は前記波浪の性質に基づいて、前記津波又は前記波浪が前記所定の地点に与える被害の可能性を推定し、被害を与える可能性があるときは被害のレベルをさらに推定する、

付記 1 4 又は 1 5 に記載の事象特定方法。

(付記 1 7)

前記特定ステップでは、

前記津波又は前記波浪が前記所定の地点に与える被害の可能性と、被害を

与える可能性があるときは被害のレベルと、の推定結果を、所定の通知先に通知する、

付記 1 6 に記載の事象特定方法。

(付記 1 8)

前記特定ステップでは、

前記観測領域で発生した事象として、船舶の移動を特定した場合、

前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、前記船舶の状態を特定し、

前記船舶の状態に基づいて、前記船舶が所定の領域に侵入したこと又は前記所定の領域に侵入する可能性があることを検出する、

付記 1 3 に記載の事象特定方法。

(付記 1 9)

前記特定ステップでは、

前記船舶の位置データ情報を無線により受信し、

前記位置データ情報に基づいて、前記所定の領域に侵入した前記船舶又は前記所定の領域に侵入する可能性がある前記船舶を特定する、

付記 1 8 に記載の事象特定方法。

(付記 2 0)

前記特定ステップでは、

前記船舶が所定の領域に侵入したこと又は前記所定の領域に侵入する可能性があることを検出した場合、該検出結果を所定の通知先に通知する、

付記 1 8 又は 1 9 に記載の事象特定方法。

(付記 2 1)

前記特定ステップでは、

前記観測領域で発生した事象として、潮汐を特定した場合、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域に高潮又は急潮が発生していることを検出する、

付記 1 3 に記載の事象特定方法。

(付記 2 2)

前記特定ステップでは、  
前記観測領域に高潮又は急潮が発生していることを検出した場合、該検出結果を所定の通知先に通知する、  
付記 2 1 に記載の事象特定方法。

(付記 2 3)

前記特定ステップでは、  
前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域における水深を検出する、  
付記 1 3 から 2 2 のいずれか 1 項に記載の事象特定方法。

(付記 2 4)

前記特定ステップでは、  
定期的に又は不定期に、前記観測領域における水深を検出することにより、前記観測領域における水深の変化を検出する、  
付記 2 3 に記載の事象特定方法。

[0098] この出願は、2019年10月18日に提出された日本出願特願2019-191494を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

## 符号の説明

[0099] 10 光ファイバケーブル  
11 光ファイバ  
20 受信部  
30 特定部  
40 コンピュータ  
41 プロセッサ  
42 メモリ  
43 ストレージ  
44 入出力インタフェース

- 4 4 1 表示装置
- 4 4 2 入力装置
- 4 4 3 音出力装置
- 4 5 通信インタフェース

## 請求の範囲

- [請求項1] 水中に配置され、観測領域で発生した事象に起因する水圧変化を検知する光ファイバと、  
前記光ファイバから光信号を受信する受信部と、  
前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動を検出し、該検出結果に基づいて、前記観測領域で発生した事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。
- [請求項2] 前記特定部は、  
前記観測領域で発生した事象として、津波又は波浪を特定した場合、  
前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、前記津波又は前記波浪の性質を特定し、  
前記津波又は前記波浪の性質に基づいて、所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過する時刻と、前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過したときの波高と、を予測する、  
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] 前記特定部は、  
前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過する時刻と、前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過したときの波高と、の予測結果を、所定の通知先に通知する、  
請求項2に記載の光ファイバセンシングシステム。
- [請求項4] 前記特定部は、  
前記津波又は前記波浪の性質に基づいて、前記津波又は前記波浪が前記所定の地点に与える被害の可能性を推定し、被害を与える可能性があるときは被害のレベルをさらに推定する、  
請求項2又は3に記載の光ファイバセンシングシステム。
- [請求項5] 前記特定部は、

前記津波又は前記波浪が前記所定の地点に与える被害の可能性と、被害を与える可能性があるときは被害のレベルと、の推定結果を、所定の通知先に通知する、

請求項4に記載の光ファイバセンシングシステム。

[請求項6]

前記特定部は、

前記観測領域で発生した事象として、船舶の移動を特定した場合、前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、前記船舶の状態を特定し、

前記船舶の状態に基づいて、前記船舶が所定の領域に侵入したこと又は前記所定の領域に侵入する可能性があることを検出する、

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7]

前記特定部は、

前記船舶の位置データ情報を無線により受信し、

前記位置データ情報に基づいて、前記所定の領域に侵入した前記船舶又は前記所定の領域に侵入する可能性がある前記船舶を特定する、

請求項6に記載の光ファイバセンシングシステム。

[請求項8]

前記特定部は、

前記船舶が所定の領域に侵入したこと又は前記所定の領域に侵入する可能性があることを検出した場合、該検出結果を所定の通知先に通知する、

請求項6又は7に記載の光ファイバセンシングシステム。

[請求項9]

前記特定部は、

前記観測領域で発生した事象として、潮汐を特定した場合、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域に高潮又は急潮が発生していることを検出する、

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10]

前記特定部は、

前記観測領域に高潮又は急潮が発生していることを検出した場合、

該検出結果を所定の通知先に通知する、

請求項 9 に記載の光ファイバセンシングシステム。

[請求項11]

前記特定部は、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域における水深を検出する、

請求項 1 から 10 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。

[請求項12]

前記特定部は、

定期的に又は不定期に、前記観測領域における水深を検出することにより、前記観測領域における水深の変化を検出する、

請求項 11 に記載の光ファイバセンシングシステム。

[請求項13]

光ファイバセンシングシステムによる事象特定方法であって、

水中に配置され、観測領域で発生した事象に起因する水圧変化を検知する光ファイバから、光信号を受信する受信ステップと、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動を検出し、該検出結果に基づいて、前記観測領域で発生した事象を特定する特定ステップと、を含む、

事象特定方法。

[請求項14]

前記特定ステップでは、

前記観測領域で発生した事象として、津波又は波浪を特定した場合

、

前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、前記津波又は前記波浪の性質を特定し、

前記津波又は前記波浪の性質に基づいて、所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過する時刻と、前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過したときの波高と、を予測する、

請求項 13 に記載の事象特定方法。

[請求項15]

前記特定ステップでは、

前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過する時刻と、前記所定の地点に前記津波又は前記波浪が到着又は通過したときの波高と、の予測結果を、所定の通知先に通知する、

請求項 1 4 に記載の事象特定方法。

[請求項16]

前記特定ステップでは、

前記津波又は前記波浪の性質に基づいて、前記津波又は前記波浪が前記所定の地点に与える被害の可能性を推定し、被害を与える可能性があるときは被害のレベルをさらに推定する、

請求項 1 4 又は 1 5 に記載の事象特定方法。

[請求項17]

前記特定ステップでは、

前記津波又は前記波浪が前記所定の地点に与える被害の可能性と、被害を与える可能性があるときは被害のレベルと、の推定結果を、所定の通知先に通知する、

請求項 1 6 に記載の事象特定方法。

[請求項18]

前記特定ステップでは、

前記観測領域で発生した事象として、船舶の移動を特定した場合、前記観測領域における水圧の分布及び水圧の時間変動の検出結果に基づいて、前記船舶の状態を特定し、

前記船舶の状態に基づいて、前記船舶が所定の領域に侵入したこと又は前記所定の領域に侵入する可能性があることを検出する、

請求項 1 3 に記載の事象特定方法。

[請求項19]

前記特定ステップでは、

前記船舶の位置データ情報を無線により受信し、

前記位置データ情報に基づいて、前記所定の領域に侵入した前記船舶又は前記所定の領域に侵入する可能性がある前記船舶を特定する、

請求項 1 8 に記載の事象特定方法。

[請求項20]

前記特定ステップでは、

前記船舶が所定の領域に侵入したこと又は前記所定の領域に侵入す

る可能性があることを検出した場合、該検出結果を所定の通知先に通知する、

請求項 18 又は 19 に記載の事象特定方法。

[請求項21]

前記特定ステップでは、

前記観測領域で発生した事象として、潮汐を特定した場合、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域に高潮又は急潮が発生していることを検出する、

請求項 13 に記載の事象特定方法。

[請求項22]

前記特定ステップでは、

前記観測領域に高潮又は急潮が発生していることを検出した場合、該検出結果を所定の通知先に通知する、

請求項 21 に記載の事象特定方法。

[請求項23]

前記特定ステップでは、

前記光信号のパターンに基づいて、前記観測領域における水深を検出する、

請求項 13 から 22 のいずれか 1 項に記載の事象特定方法。

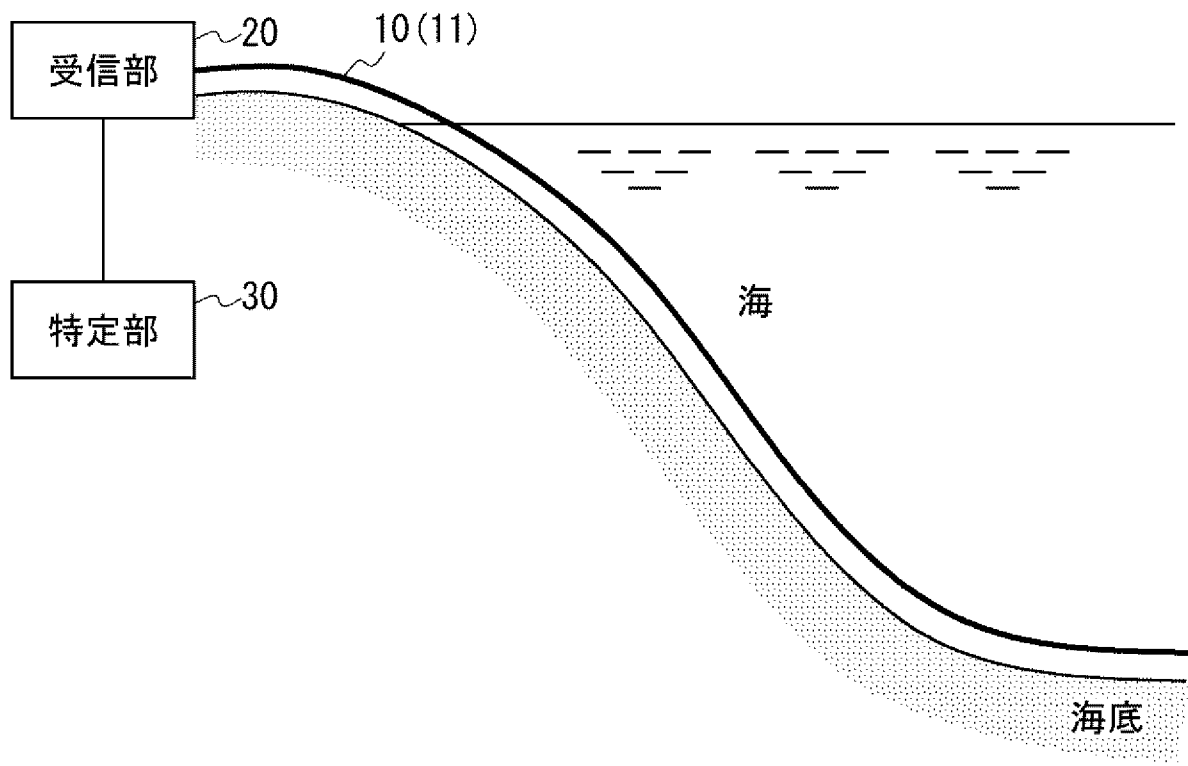
[請求項24]

前記特定ステップでは、

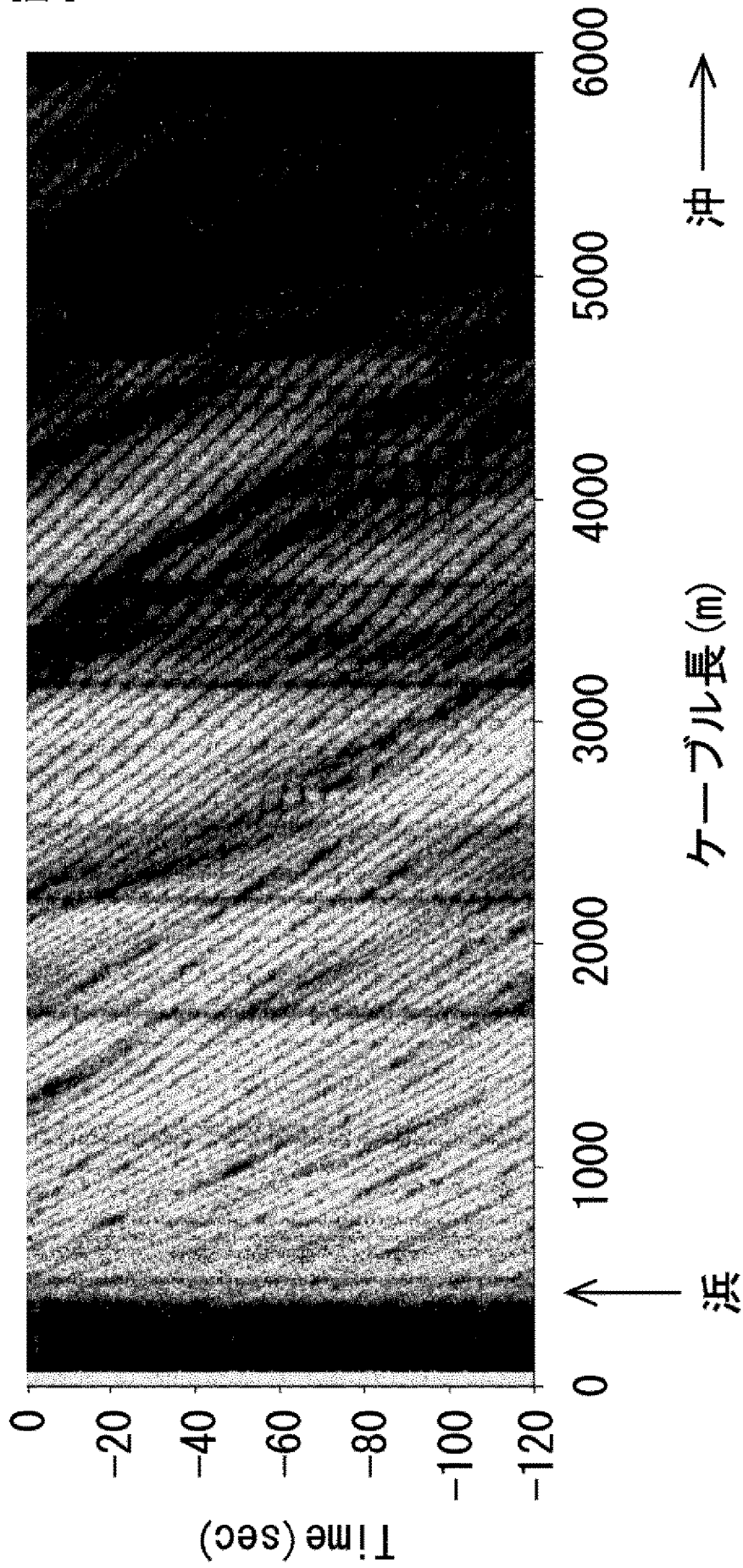
定期的に又は不定期に、前記観測領域における水深を検出することにより、前記観測領域における水深の変化を検出する、

請求項 23 に記載の事象特定方法。

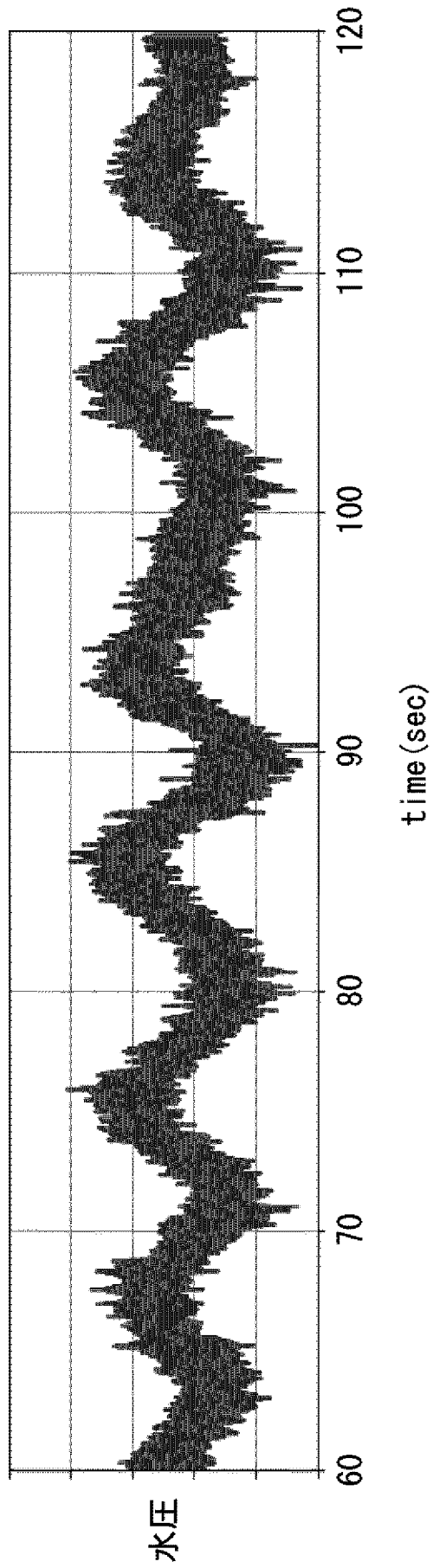
[図1]



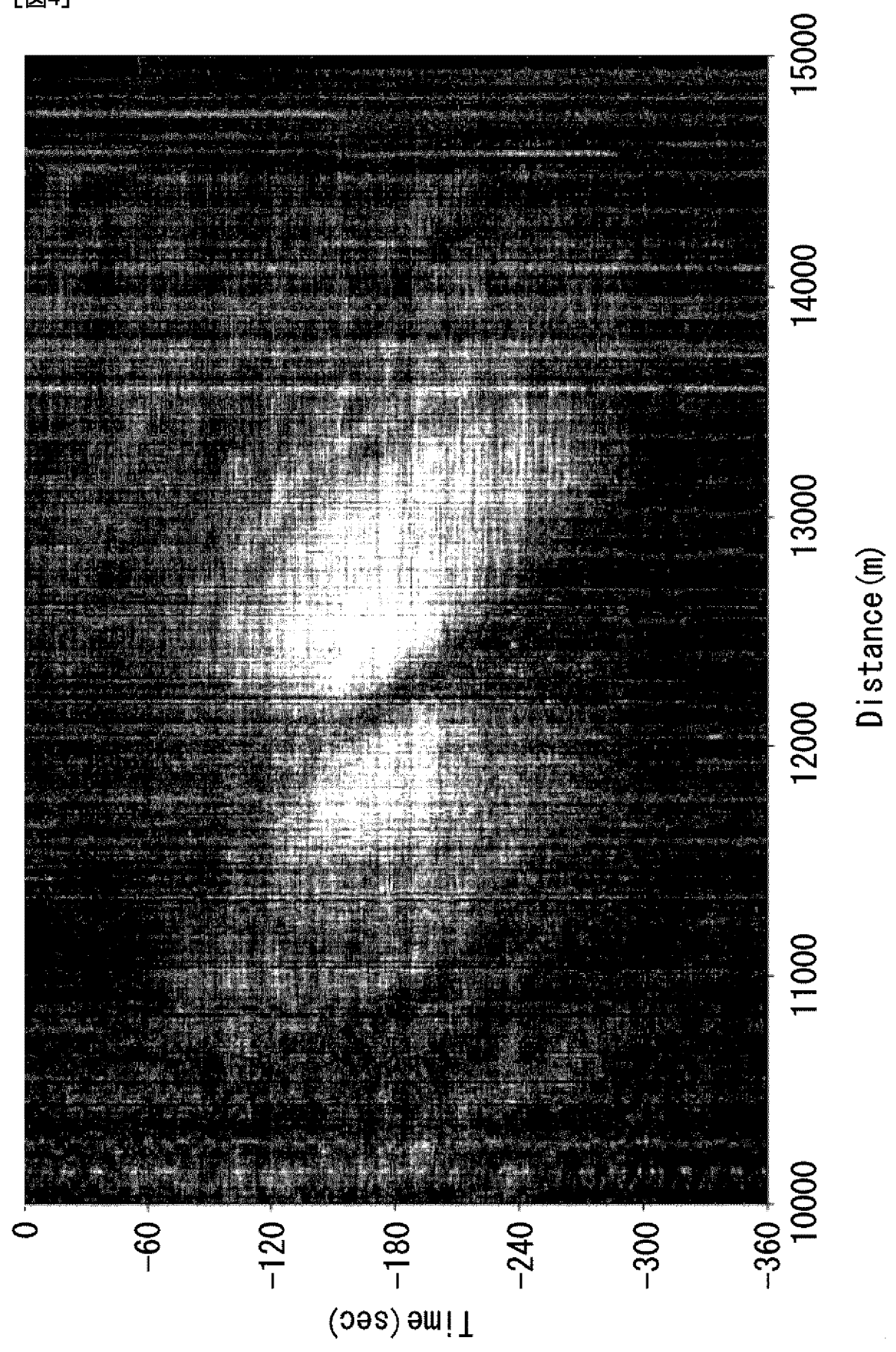
[図2]



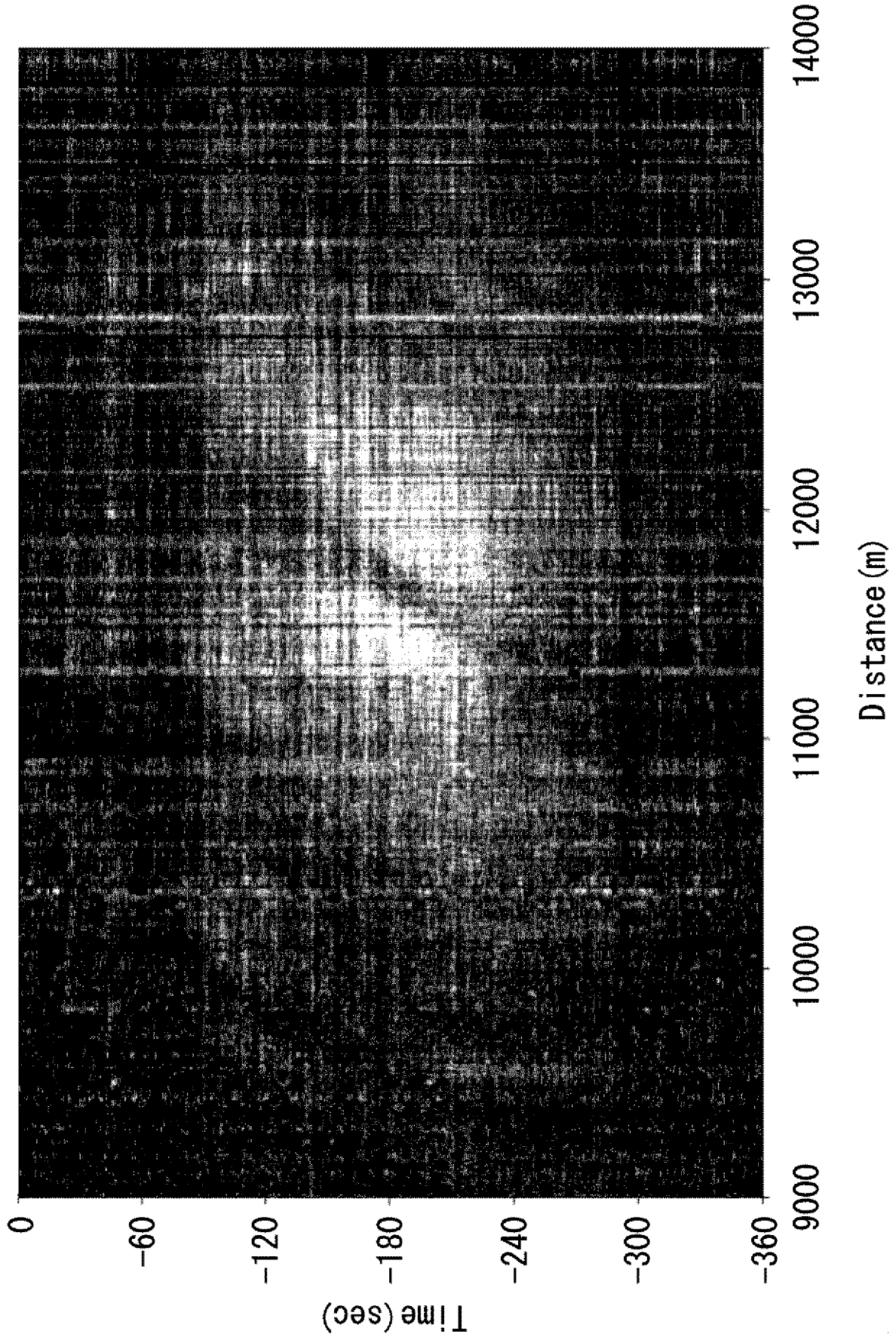
[図3]



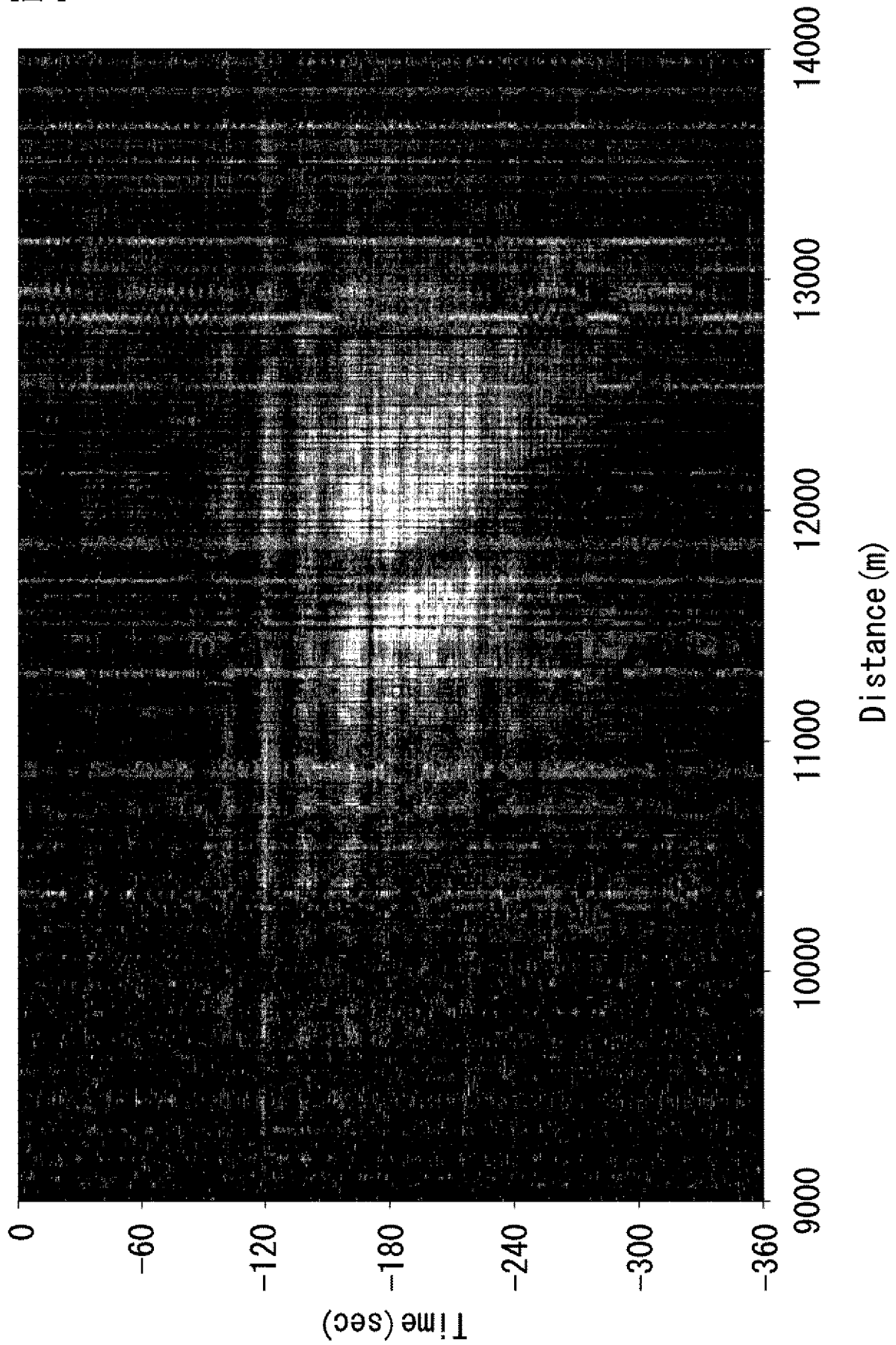
[図4]



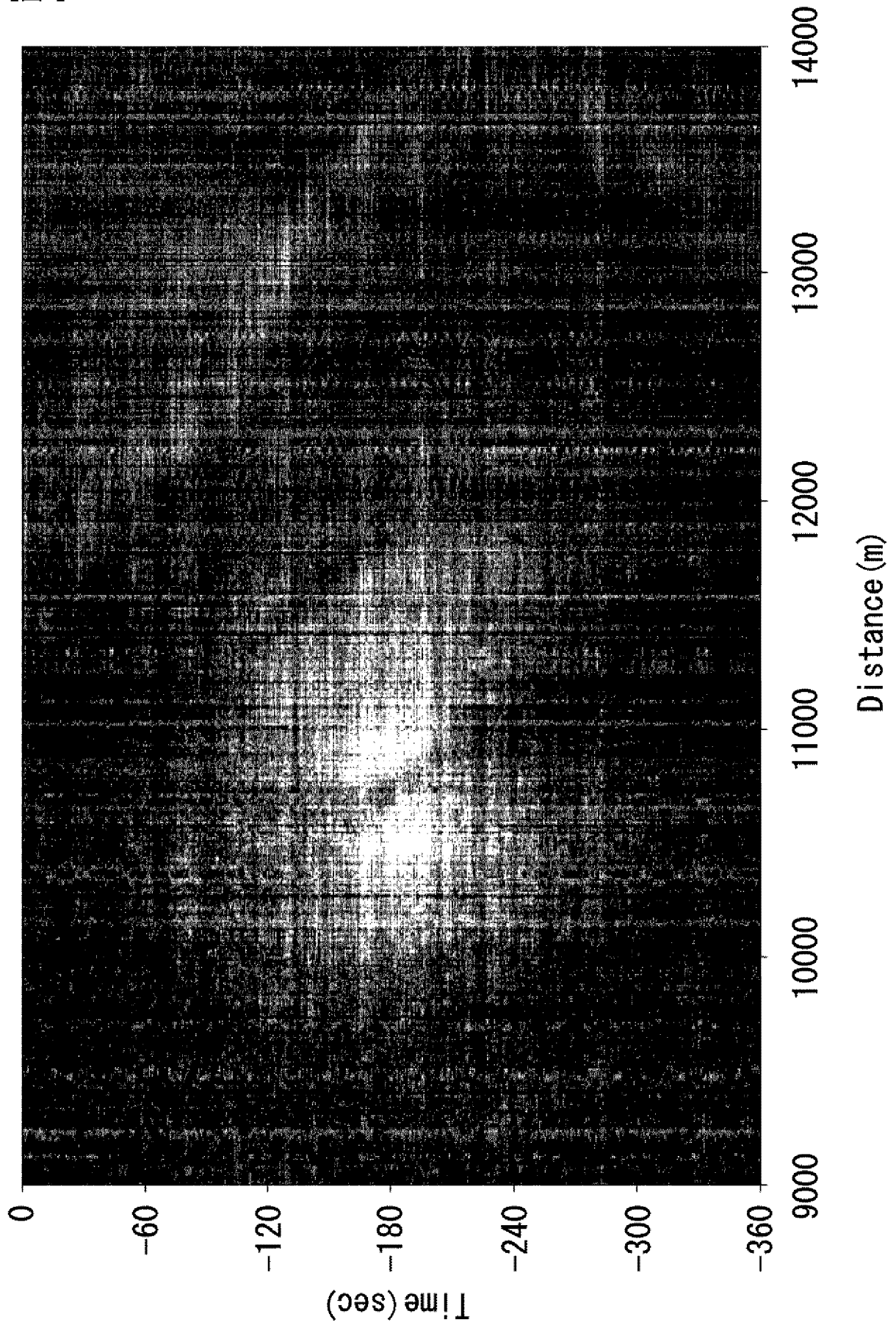
[図5]



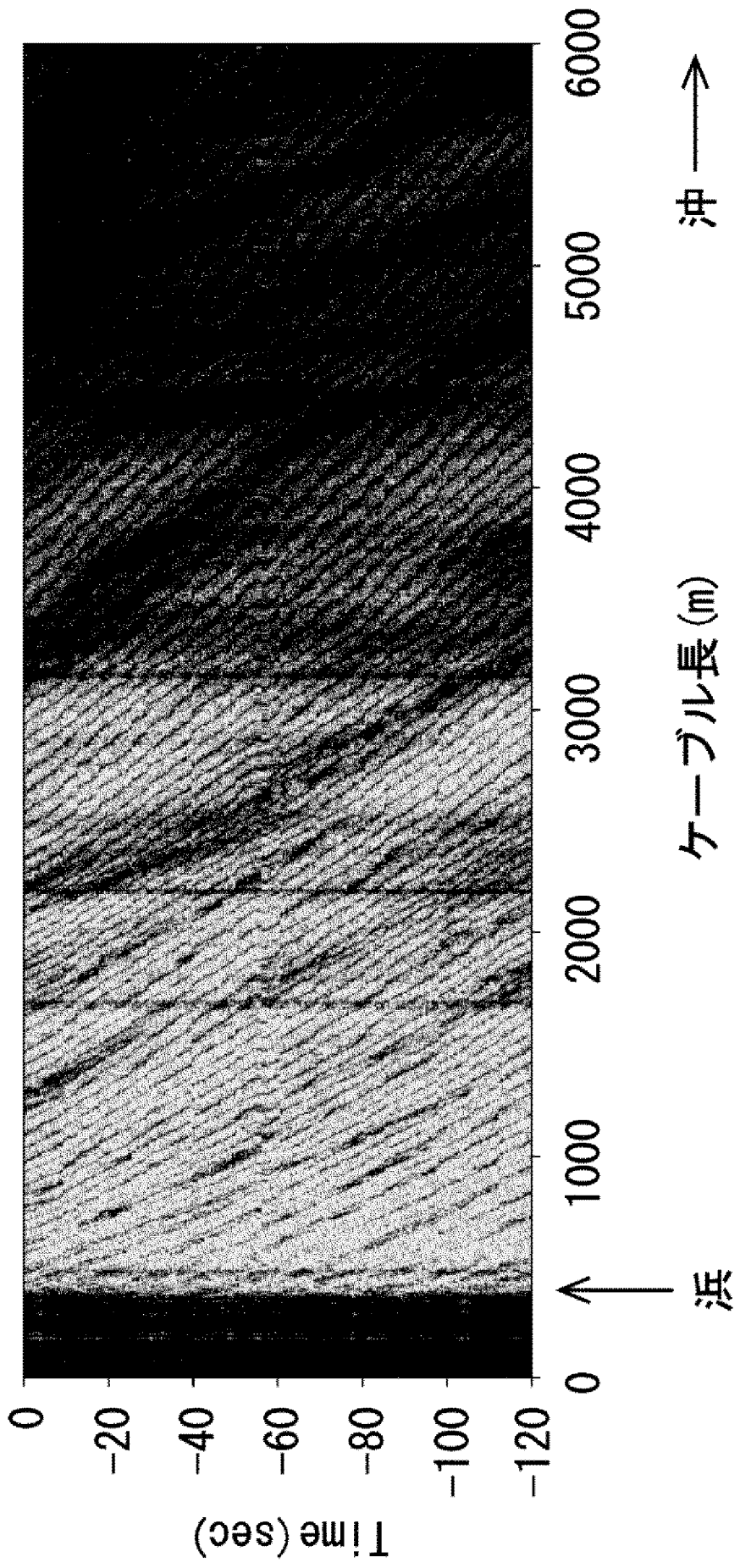
[図6]



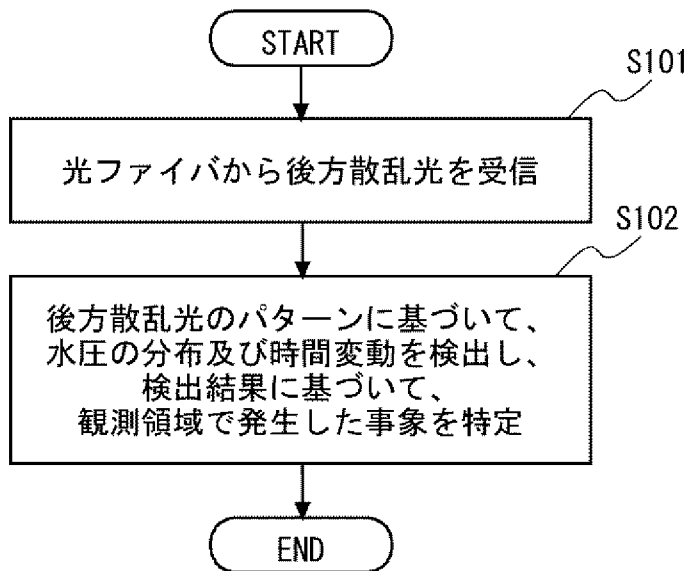
[図7]



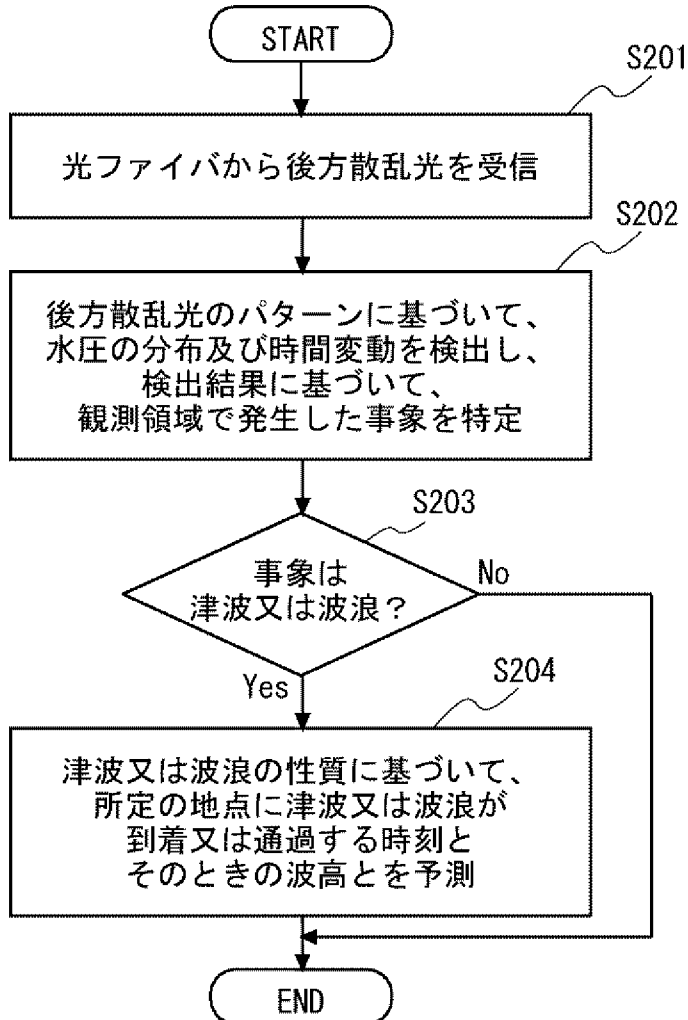
[図8]



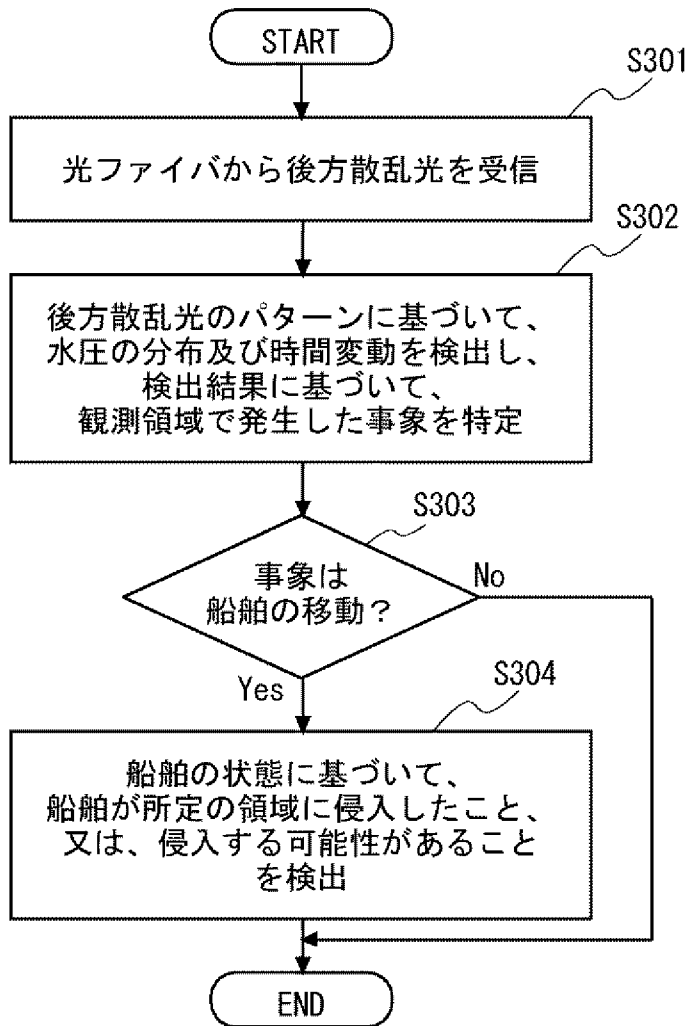
[図9]



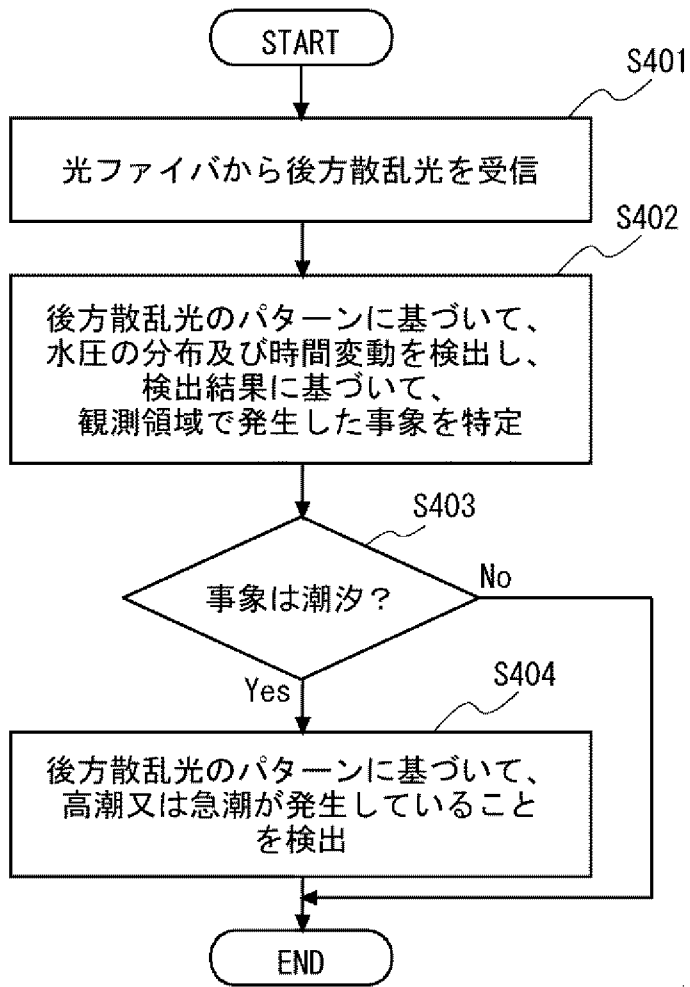
[図10]



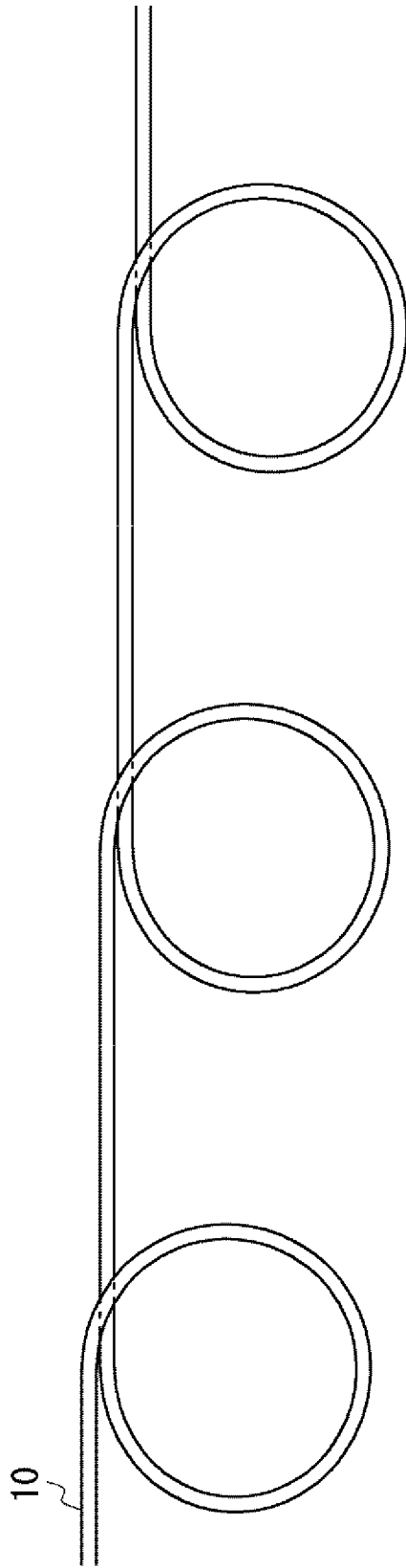
[図11]



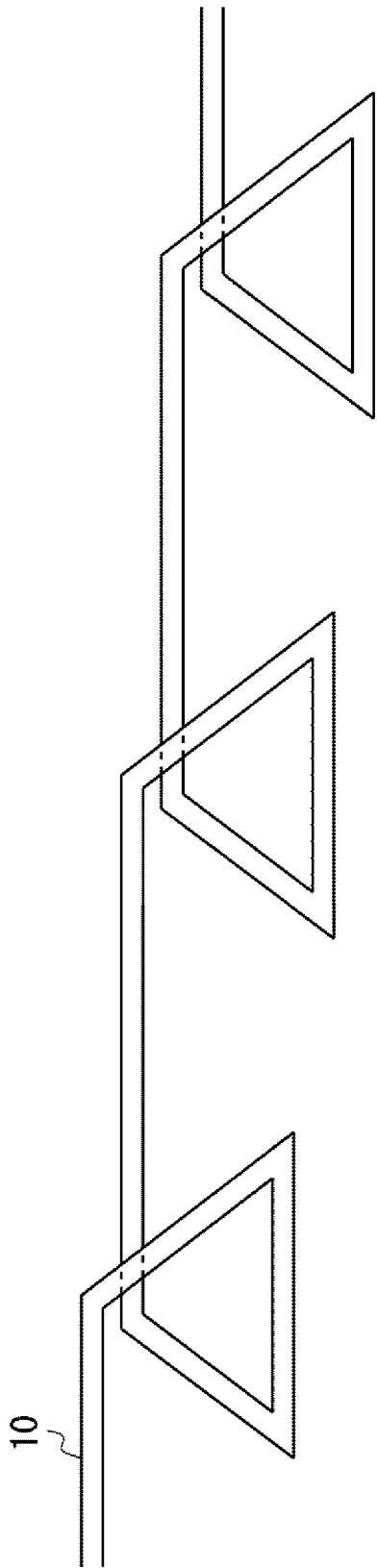
[図12]



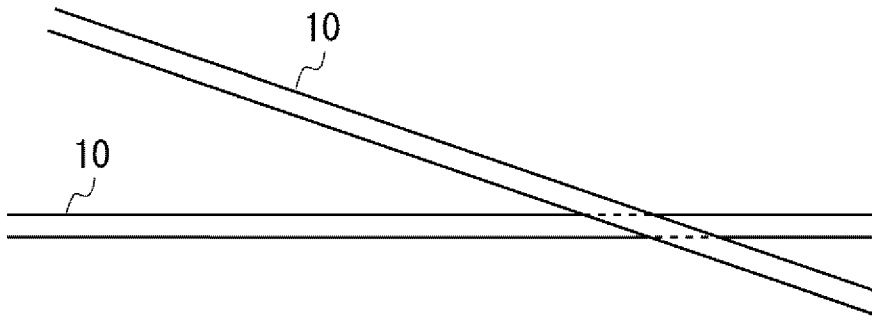
[図13]



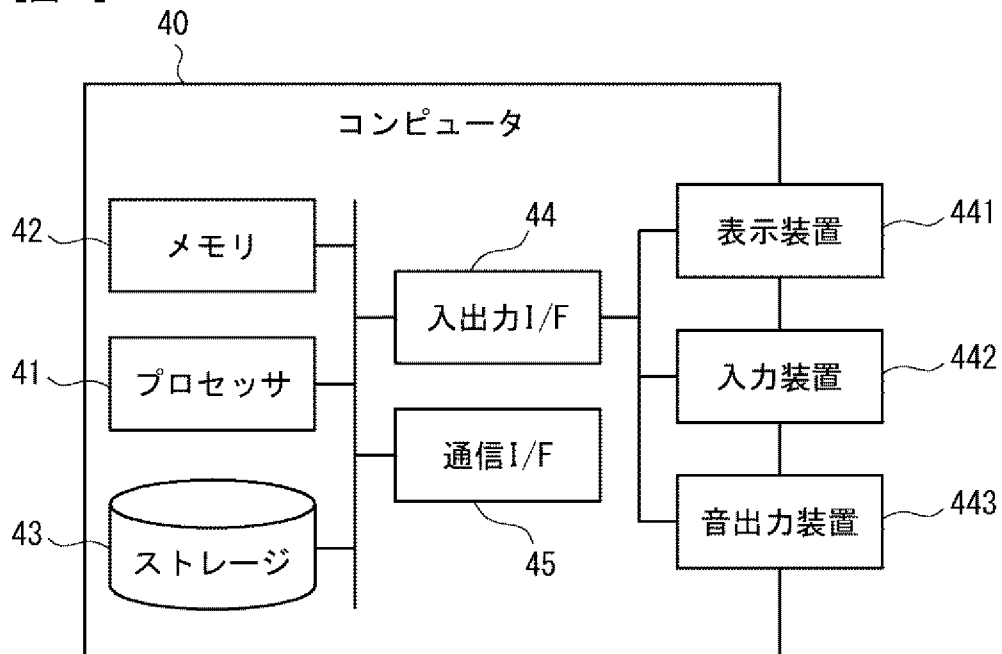
[図14]



[図15]



[図16]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/031364

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
Int.Cl. G01D5/353(2006.01)i, G01V1/00(2006.01)i FI: G01D5/353B, G01V1/00Z According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. G01D5/26-5/38, G01V1/00-99/00		
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		1971-2020
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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 8-128869 A (NEC CORPORATION) 21.05.1996 (1996-05-21), paragraphs [0020]-[0037], fig. 1-4	1-2, 13-14 2-5, 14-17
Y	JP 2017-227501 A (TOHOKU UNIVERSITY) 28.12.2017 (2017-12-28), paragraphs [0046]-[0055], fig. 5	2-5, 14-17
X Y	JP 2004-251896 A (UNIVERSAL SHIPBUILDING CORP.) 09.09.2004 (2004-09-09), paragraphs [0032]-[0043], fig. 1-4	6, 18 7-8, 19-20
Y	JP 2004-227045 A (WHAM NET SERVICE CO., LTD.) 12.08.2004 (2004-08-12), paragraphs [0033]-[0046], fig. 1-5	7-8, 19-20
Y	JP 11-248581 A (KAGAKU GIJUTSUCHO BOSAI KAGAKU GIJUTSU KENKYUSHO) 17.09.1999 (1999-09-17), paragraphs [0022]-[0053], fig. 1-5	9-12, 21-24
Y	JP 2006-170920 A (NEC MOBILING LTD.) 29.06.2006 (2006-06-29), paragraphs [0023]-[0053], fig. 1-10	9-12, 21-24
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "I" 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 24.09.2020		Date of mailing of the international search report 06.10.2020
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2020/031364

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-8865 A (SAYA CO., LTD.) 18.01.2016 (2016-01-18), paragraph [0002]	1-24
A	CN 101825499 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY (BAODING)) 08.09.2010 (2010-09-08), entire text, all drawings	1-24

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/031364

JP 8-128869 A	21.05.1996	(Family: none)
JP 2017-227501 A	28.12.2017	(Family: none)
JP 2004-251896 A	09.09.2004	(Family: none)
JP 2004-227045 A	12.08.2004	(Family: none)
JP 11-248581 A	17.09.1999	(Family: none)
JP 2006-170920 A	29.06.2006	(Family: none)
JP 2016-8865 A	18.01.2016	(Family: none)
CN 101825499 A	08.09.2010	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01D 5/353(2006.01)i; G01V 1/00(2006.01)i FI: G01D5/353 B; G01V1/00 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）） G01D5/26-5/38 , G01V1/00-99/00 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 - 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
X	JP 8-128869 A (日本電気株式会社) 21.05.1996 (1996 - 05 - 21) 段落[0020]-[0037], 図1-4	1-2, 13-14
Y		2-5, 14-17
Y	JP 2017-227501 A (国立大学法人東北大学) 28.12.2017 (2017 - 12 - 28) 段落[0046]-[0055], 図5	2-5, 14-17
X	JP 2004-251896 A (ユニバーサル造船株式会社) 09.09.2004 (2004 - 09 - 09) [0032]-[0043], 図1-4	6, 18
Y		7-8, 19-20
Y	JP 2004-227045 A (株式会社ワムネットサービス) 12.08.2004 (2004 - 08 - 12) [0033]-[0046]、図1-5	7-8, 19-20
Y	JP 11-248581 A (科学技術庁防災科学技術研究所長) 17.09.1999 (1999 - 09 - 17) 段落[0022]-[0053], 図1-5	9-12, 21-24
Y	JP 2006-170920 A (NECモバイリング株式会社) 29.06.2006 (2006 - 06 - 29) 段落[0023]-[0053], 図1-10	9-12, 21-24
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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 24.09.2020	国際調査報告の発送日 06.10.2020	
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） 菅藤 政明 2F 1564 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2016-8865 A (株式会社 サヤ) 18.01.2016 (2016 - 01 - 18) 段落[0002]	1-24
A	CN 101825499 A (NORTH CHINA ELECTRIC POWER UNIVERSITY (BAODING)) 08.09.2010 (2010 - 09 - 08) 全文、全図	1-24

国際調査報告  
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/031364

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 8-128869 A	21.05.1996	(ファミリーなし)	
JP 2017-227501 A	28.12.2017	(ファミリーなし)	
JP 2004-251896 A	09.09.2004	(ファミリーなし)	
JP 2004-227045 A	12.08.2004	(ファミリーなし)	
JP 11-248581 A	17.09.1999	(ファミリーなし)	
JP 2006-170920 A	29.06.2006	(ファミリーなし)	
JP 2016-8865 A	18.01.2016	(ファミリーなし)	
CN 101825499 A	08.09.2010	(ファミリーなし)	