

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第5660586号  
(P5660586)

(45) 発行日 平成27年1月28日(2015. 1. 28)

(24) 登録日 平成26年12月12日(2014. 12. 12)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 1 V 1/00 (2006.01)

G 0 1 V 1/00

Z

請求項の数 9 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2014-128870 (P2014-128870)	(73) 特許権者	508075764
(22) 出願日	平成26年6月24日(2014. 6. 24)		株式会社 サヤ
審査請求日	平成26年7月4日(2014. 7. 4)		千葉県船橋市本中山4丁目1番2-206号
早期審査対象出願		(74) 代理人	100098545
			弁理士 阿部 伸一
		(74) 代理人	100087745
			弁理士 清水 善廣
		(74) 代理人	100106611
			弁理士 辻田 幸史
		(72) 発明者	横田 昭寛
			千葉県船橋市本中山4丁目1番2-101号
		審査官	田中 秀直
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 津波検知装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

近海で発生した地震により引き起こされる津波の発生を検知する津波検知装置であって、  
地震を感知する地震感知部と、  
前記地震感知部の感知した地震が所定の大きさ以上の地震か否かを判断する地震大きさ判断部と、  
インフラサウンドを計測するインフラサウンド計測部と、  
前記所定の大きさ以上の地震が感知されると、前記インフラサウンド計測部が計測した前記インフラサウンドの音圧変化の大きさに基づき前記津波発生の有無を判定する津波判定部と、  
前記所定の大きさ以上の地震が感知されてから前記津波判定部が前記判定を開始及び終了するまでの時間である判定時間を設定する判定時間設定部と、  
を備え、  
前記津波判定部は、前記判定時間内において前記インフラサウンドの音圧変化の大きさに基づき前記津波発生の有無を判定することを特徴とする津波検知装置。

【請求項 2】

前記インフラサウンド計測部及び前記津波判定部の少なくとも一方は、前記所定の大きさ以上の地震が感知された場合に起動することを特徴する請求項 1 に記載の津波検知装置。

**【請求項 3】**

前記地震感知部は、地震計であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の津波検知装置。

**【請求項 4】**

外部電源に依存せず電力を供給する内部電源を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の津波検知装置。

**【請求項 5】**

前記インフラサウンド計測部が計測した前記インフラサウンドの前記音圧に基づき前記津波の規模を算出する津波規模算出部を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の津波検知装置。

10

**【請求項 6】**

前記インフラサウンド計測部は、周波数帯域が低域  $0.1 \text{ mHz} \sim 10 \text{ mHz}$  及び高域  $0.1 \text{ Hz} \sim 10 \text{ Hz}$  であり、最大感度が  $\pm 5 \text{ Pa}$  以上であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の津波検知装置。

**【請求項 7】**

前記インフラサウンド計測部を、内部に吸音材を備え、下面に空気口を有する断熱容器に収容したことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の津波検知装置。

**【請求項 8】**

前記津波判定部の前記判定が前記津波発生有の場合に警報を発する警報部を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の津波検知装置。

20

**【請求項 9】**

気圧センサ、温度センサ及び騒音センサと、前記気圧センサ、前記温度センサ及び前記騒音センサの計測値の変動が所定の許容範囲内であるか否かを判断するセンサ値判断部とを備え、前記地震感知部が地震を感知した前後の前記気圧センサ、前記温度センサ及び前記騒音センサの前記計測値が、前記所定の許容範囲内である場合は、前記警報部は前記警報を発しないことを特徴とする請求項 8 に記載の津波検知装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

30

**【0001】**

本発明は、近海で発生した地震により引き起こされる津波を検知する津波検知装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

地震により引き起こされた津波は巨大になりやすく、特に沿岸部で生活している人にとって非常に脅威である。そのため、様々な方式の津波監視装置が従来から提案されている。

例えば特許文献 1 には、海底に設置される津波検知装置に関し、津波が発生すると、津波発生情報通信部が海面に浮上し、記憶手段に記憶されている津波の発生に関する情報を送信手段によって送信することが記載されている。また、特許文献 2 には、沖合いに設置された沖合海面計測器により計測された海面変位データを解析して津波情報を出力する方法が提案されている。これらのように海中や海上に設置される津波監視装置の方式としては、図 4 に示す水圧計方式、図 5 に示す GPS 波浪計方式、図 6 に示す光ファイバ方式がある。

40

図 4 の水圧計方式は、地震に伴う地殻変動により津波が発生すると、水深が変化し、海底の水圧も変化するが、この海底の水圧の変化を海底に設置した水圧計 110 で捉え、水圧データを海底ケーブル 111 で観測センタ 112 に伝送することによって、津波を認識するものである。

図 5 の GPS 波浪計方式は、地震に伴う地殻変動により津波が発生すると、海面高が変

50

動するが、海上に設置したGPS波浪計122を利用して、この海面高変動をキネマティックGPS衛星120によって監視し、無線（又は有線）で海面高データを観測センタ121に伝送することによって、津波を認識するものである。

図6の光ファイバ方式は、地震に伴う地殻変動により津波が発生すると、津波の推進波で海底に敷設した光ファイバ130が伸縮し、そのデータを観測センタ131に伝送することによって、ブルリアン散乱やレイリー散乱など反射波のスペクトルの変調から光ファイバの歪を感知し、ここから津波を認識するものである。

#### 【0003】

陸上に設置される津波監視装置としては、図7に示すレーダー方式がある。レーダー方式は、海面に隆起し陸地へ進行する津波に向けて、観測センタ140に設置したレーダー141から送信波を照射し、津波からの反射波によって津波を認識するものである。また、反射波の波長と時間を解析することによって距離を計測することもできる。

また、上記のレーダー方式の他、インフラサウンド方式の津波監視装置も陸上に設置することができる。インフラサウンドは、人間の可聴域より低い周波数の音波であり、減衰せずに遠方まで届く性質がある。津波は巨大なスピーカーと同じ原理で、大気を振動させ、大きなインフラサウンドを発生させる。インフラサウンド方式の津波監視装置はそのインフラサウンドを利用するものである。例えば特許文献3には、津波により発生する超低周波音波を測定する複数の音波測定部のそれぞれが測定した値の差や予め定められた地点の位置情報を用いて、津波が到達する時刻を予測する津波警報システムが記載されている。また、特許文献4には、複数の気圧観測装置で捉えられた気圧変化を解析して津波の発生地点及び発生した津波の規模を特定し、警報装置が設置された海岸への津波の到達時刻及び津波の高さに関する警報を発令する津波予測システム及び装置が記載されている。

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

#### 【0004】

【特許文献1】特開2008-107225号公報

【特許文献2】特開2007-18291号公報

【特許文献3】特開2013-246554号公報

【特許文献4】特開2013-96802号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

図8は、津波検知に用いられる各方式を比較した図である。

特許文献1又は特許文献2の津波監視装置は、設置場所が海中や海上なので、設置が大変であり保守性が良くない。また、過酷な設置環境なので、腐食等に強い高い耐久性が求められ、構造が複雑化しコストが高くなる。

水圧計方式では、水圧計110や海底ケーブル111が高い水圧にさらされるため故障しやすく信頼性が低い。また、震源付近に設置されるので地震発生時に破損するおそれがある。また、設置場所（点）の波高値しか分からない。津波は、海底の地形、津波の発生の仕方、複数の波の重なり具合（位相・振幅・周期）などにより、それほど離れていない場所でも波高が5～20mとばらつくなど、場所によって波高値が変わるため、設置場所の波高値しか分からないのでは津波規模（面）の特定は困難である。水圧計110を多くの場所に敷設すればこの問題は軽減できるが、コストが増大し、また、各装置間の通信依存性が高くなりサバイバル能力が低下する。

GPS波浪計方式では、海上に設置されるGPS波浪計122が風や波にさらされるため故障率が高く信頼性が低い。また、無線で波面高データを伝送するので、送信機・受信機の健全性が不可欠である。また、早く津波を検知するには陸地から遠くにGPS波浪計122を設置する必要があるが、電波の出力が大きくなるので自ずと限界があり、加えてアンカーで係留する上でもあまり深い沖合いには設置できず、測定レンジは沖20kmと狭い。従って、退避時間が殆どない。また、水圧計方式と同様に、GPS波浪計122を

設置した箇所しか計測できないが、津波は場所により波高が異なるので、1箇所の計測ではあまり意味がない。

光ファイバ方式では、センサたる光ファイバ130が通信網を兼ねているが、光ファイバ130は震源近くに設置されるため、地震又は津波にさらされることによって破損しやすい。また、津波の実態を観測することはできない。また、減衰があるので最大40km離れた地点で発生した津波までしか検知することができない。また、津波全体の規模(面)を測るのは困難である。

#### 【0006】

レーダー方式は、陸上に設置できるが、沿岸に設置する必要があるので、津波の第1波で装置が破壊されてしまい、津波の第2波、第3波を計測できない可能性が高い。また、測定レンジが沖80kmしかないので海溝付近で発生する津波には対処が遅れてしまう。なお、日本の近海の高津波を発生場所で検出するには150km以上の測定レンジが必要である。また、吹送流と呼ばれる津波と同周期の波を津波と誤認してしまう可能性がある。また、津波全体の規模(面)を測るのは困難である。

インフラサウンド方式は、沿岸から離れた津波の届かない陸上に設置することができるので、サバイバル能力が高く、津波の第1波で破壊されることなく、第2波、第3波もセンシングし続けることができる。また、吹送流では殆どインフラサウンドが発生しないので、吹送流と津波を誤認することがない。しかし、特許文献3又は特許文献4で提案されている津波監視装置は、インフラサウンドを捉える音波測定装置(音波測定部又は気圧観測装置)を距離を離して複数設置し、各音波測定装置を通信手段で結合して相関を取るものであるため、震災時には通信手段が破損するなどして機能しない可能性がある。

#### 【0007】

そこで本発明は、陸上に設置でき、津波により発生したインフラサウンドとそれ以外の事象により発生したインフラサウンドとを区別することができ、かつ外部との通信が無くても機能を発揮できる津波検知装置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】

#### 【0008】

請求項1記載の本発明の津波検知装置は、近海で発生した地震により引き起こされる津波の発生を検知する津波検知装置であって、地震を感知する地震感知部と、前記地震感知部の感知した地震が所定の大きさ以上の地震が否かを判断する地震大きさ判断部と、インフラサウンドを計測するインフラサウンド計測部と、前記所定の大きさ以上の地震が感知されると、前記インフラサウンド計測部が計測した前記インフラサウンドの音圧変化の大きさに基づき前記津波発生の有無を判定する津波判定部と、前記所定の大きさ以上の地震が感知されてから前記津波判定部が前記判定を開始及び終了するまでの時間である判定時間を設定する判定時間設定部と、を備え、前記津波判定部は、前記判定時間内において前記インフラサウンドの音圧変化の大きさに基づき前記津波発生の有無を判定することを特徴とする。

請求項2記載の本発明は、請求項1に記載の津波検知装置において、前記インフラサウンド計測部及び前記津波判定部の少なくとも一方は、前記所定の大きさ以上の地震が感知された場合に起動することを特徴する。

請求項3記載の本発明は、請求項1又は請求項2に記載の津波検知装置において、前記地震感知部は、地震計であることを特徴とする。

請求項4記載の本発明は、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の津波検知装置において、外部電源に依存せず電力を供給する内部電源を備えたことを特徴とする。

請求項5記載の本発明は、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の津波検知装置において、前記インフラサウンド計測部が計測した前記インフラサウンドの前記音圧に基づき前記津波の規模を算出する津波規模算出部を備えたことを特徴とする。

請求項6記載の本発明は、請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の津波検知装置において、前記インフラサウンド計測部は、周波数帯域が低域0.1mHz～10mHz及び高域0.1Hz～10Hzであり、最大感度が±5Pa以上であることを特徴とする

。

請求項 7 記載の本発明は、請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の津波検知装置において、前記インフラサウンド計測部を、内部に吸音材を備え、下面に空気口を有する断熱容器に収容したことを特徴とする。

請求項 8 記載の本発明は、請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の津波検知装置において、前記津波判定部の前記判定が前記津波発生有の場合に警報を発する警報部を備えたことを特徴とする。

請求項 9 記載の本発明は、請求項 8 に記載の津波検知装置において、気圧センサ、温度センサ及び騒音センサと、前記気圧センサ、前記温度センサ及び前記騒音センサの計測値の変動が所定の許容範囲内であるか否かを判断するセンサ値判断部とを備え、前記地震感知部が地震を感知した前後の前記気圧センサ、前記温度センサ及び前記騒音センサの前記計測値が、前記所定の許容範囲内である場合は、前記警報部は前記警報を発しないことを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、陸上に設置でき、津波により発生したインフラサウンドとそれ以外の事象により発生したインフラサウンドとを区別することができ、かつ外部との通信が無くても機能を発揮できる津波検知装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の一実施形態による津波検知装置のブロック図

【図 2】同インフラサウンド計測部の一例を示すブロック図

【図 3】同津波検知装置の処理の流れを示すフロー図

【図 4】従来の水圧計方式の津波監視装置を示す図

【図 5】従来の G P S 波浪計方式の津波監視装置を示す図

【図 6】従来の光ファイバ方式の津波監視装置を示す図

【図 7】従来のレーダー方式の津波監視装置を示す図

【図 8】津波検知に用いられる各方式を比較した図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

本発明の第 1 の実施の形態による津波検知装置は、地震を感知する地震感知部と、地震感知部の感知した地震が所定の大きさ以上の地震か否かを判断する地震大きさ判断部と、インフラサウンドを計測するインフラサウンド計測部と、所定の大きさ以上の地震が感知されると、インフラサウンド計測部が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津波判定部と、所定の大きさ以上の地震が感知されてから津波判定部が判定を開始及び終了するまでの時間である判定時間を設定する判定時間設定部と、を備え、津波判定部は、判定時間内において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ものである。本実施の形態によれば、インフラサウンドの計測によって津波の発生を検知するので、装置を陸上に設置することができる。また、所定の大きさに満たない地震の場合は津波検知を行わず、また、地震が発生してから津波発生の有無を判定するまでの時間を設定することができるので、津波以外の要因（風、気象的な気圧変化、雷、竜巻、振動など）により発生したインフラサウンドによる誤検知を低減することができる。

本発明の第 2 の実施の形態は、第 1 の実施の形態による津波検知装置において、インフラサウンド計測部及び津波判定部の少なくとも一方は、所定の大きさ以上の地震が感知された場合に起動するものである。本実施の形態によれば、インフラサウンド計測部及び津波判定部の少なくとも一方は、平常時は待機状態であり、所定の大きさ以上の地震が発生したときに起動して動作を開始するので、消費電力を抑えることができる。

本発明の第 3 の実施の形態は、第 1 又は第 2 の実施の形態による津波検知装置において、地震感知部は、地震計である。本実施の形態によれば、外部からの地震情報によらずと

10

20

30

40

50

も、装置に搭載された地震計により所定の大きさ以上の地震が発生したことを感知することができる。

本発明の第４の実施の形態は、第１から第３のいずれか１つの実施の形態による津波検知装置において、外部電源に依存せず電力を供給する内部電源を備えたものである。本実施の形態によれば、内部電源を搭載しているので、地震によって外部電源が喪失したとしても装置の機能を維持することができる。

本発明の第５の実施の形態は、第１から第４のいずれか１つの実施の形態による津波検知装置において、インフラサウンド計測部が計測したインフラサウンドの音圧に基づき津波の規模を算出する津波規模算出部を備えたものである。本実施の形態によれば、発生した津波の規模を算出することができる。

10

本発明の第６の実施の形態は、第１から第５のいずれか１つの実施の形態による津波検知装置において、インフラサウンド計測部は、周波数帯域が低域 $0.1\text{ mHz} \sim 10\text{ mHz}$ 及び高域 $0.1\text{ Hz} \sim 10\text{ Hz}$ であり、最大感度が $\pm 5\text{ Pa}$ 以上であるものである。本実施の形態によれば、風と気象的な気圧変化の影響を回避しつつ、津波により発生したインフラサウンドの帯域と音圧を捉えることができる。

本発明の第７の実施の形態は、第１から第６のいずれか１つの実施の形態による津波検知装置において、インフラサウンド計測部を、内部に吸音材を備え、下面に空気口を有する断熱容器に収容したものである。本実施の形態によれば、風などの要因で発生したインフラサウンドを津波によるものと誤検知することを低減できる。

本発明の第８の実施の形態は、第１から第７のいずれか１つの実施の形態による津波検知装置において、前記津波判定部の前記判定が津波発生有の場合に警報を発する警報部を備えたものである。本実施の形態によれば、速やかに津波の発生を報せることができる。

20

本発明の第９の実施の形態は、第８の実施の形態による津波検知装置において、気圧センサ、温度センサ及び騒音センサと、気圧センサ、温度センサ及び騒音センサの計測値の変動が所定の許容範囲内であるか否かを判断するセンサ値判断部とを備え、地震感知部が地震を感知した前後の気圧センサ、温度センサ及び騒音センサの計測値が、所定の許容範囲内である場合は、警報部は警報を発しないものである。本実施の形態によれば、津波以外の物理現象（気象的な気圧変化、雷、竜巻、船舶、波又は急激な温度変化）によってインフラサウンドが発生した場合に、誤って津波警報を発することを少なくすることができるため、装置の信頼性が向上する。

30

#### 【実施例】

#### 【００１２】

以下に、本発明の実施形態による津波検知装置について説明する。

#### 【００１３】

図１は、本発明の一実施形態による津波検知装置のブロック図、図２は、インフラサウンド計測部３０の一例を示すブロック図である。

本実施形態による津波検知装置は、地震を感知する地震計（地震感知部）１０と、地震計１０の感知した地震が所定の大きさ以上の地震か否かを判断する地震大きさ判断部２０と、インフラサウンドを計測するインフラサウンド計測部３０と、所定の大きさ以上の地震が感知されると、インフラサウンド計測部３０が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津波判定部４０と、所定の大きさ以上の地震が感知されてから津波判定部４０が判定を行うまでの時間を設定する判定時間設定部５０とを備えており、沿岸から離れた津波の届かない陸上に設置され、海溝地震により引き起こされる津波を監視する。

40

陸上に設置することによって、海中や海上に装置を設置する場合と比べて、装置の構造を簡素化できるとともに、装置の設置や保守管理が容易となる。また、インフラサウンドの計測によって津波全体の規模（面）を把握できるので、特定の場所の波高値に左右されず、真の津波の危険度を判定できる。また、測定レンジが $2000\text{ km}$ と広いので、津波をいち早く検知することができる。

なお、設置場所は、屋外よりも屋内のほうが、風など津波以外の要因で発生したインフ

50

ラサウンドによる誤作動を低減し、装置を潮風などから保護することができるので好ましい。

【 0 0 1 4 】

地震計 1 0 は、加速度などを利用して地震を計測する。地震計 1 0 を用いずに、気象庁などから提供される地震情報を有線又は無線で受信することによって地震を感知しても良いが、本実施形態のように地震計 1 0 を搭載すると、外部から地震情報を受け取る必要がないので、外部との通信状況に左右されることなく地震を感知することができる。

【 0 0 1 5 】

インフラサウンド計測部 3 0 は、光学式又は電磁波式のいずれかのインフラサウンドセンサを用いることができる。図 2 において、センサ本体 3 1 は、インフラサウンドを電気信号に変換する。センサアンプ・A/D 変換回路 3 2 は、アナログ微小信号を増幅、デジタルに変換し、デジタル回路・通信回路 3 3 に伝達する。デジタル回路・通信回路 3 3 は、伝達されたデジタル信号を津波判定部 4 0 に出力する。また、キャリアブレーション装置 3 4 は、疑似的に圧力変化を発生させる装置のドライバであり、ファームウェア 3 5 は、デジタル回路・通信回路 3 3 に組み込むソフトウェアである。

インフラサウンド計測部 3 0 は、平常時からインフラサウンドを計測するようにしても良いが、本実施形態においては、平常時は待機状態としておき、所定の大きさ以上の地震が感知された場合に起動してインフラサウンドの計測を開始するようにして消費電力を抑えている。

【 0 0 1 6 】

また、インフラサウンド計測部 3 0 は、周波数帯域が低域 0 . 1 m H z ~ 1 0 m H z 及び高域 0 . 1 H z ~ 1 0 H z であり、最大感度が  $\pm 5$  P a 以上であることが好ましい。このような仕様とすることにより、風と気象的な気圧変化の影響を回避しつつ、津波により発生したインフラサウンドの帯域と音圧を捉えることができる。

【 0 0 1 7 】

津波判定部 4 0 は、例えば産業用コンピュータ又は判定用回路である。平常時は待機状態としておき、所定の大きさ以上の地震が感知された場合に起動してインフラサウンド計測部 3 0 が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ようにして消費電力を抑えている。

【 0 0 1 8 】

判定時間設定部 5 0 により、所定の大きさ以上の地震が感知されてから津波判定部 4 0 が判定を行うまでの時間を任意に設定することができる。よって、本装置を設置する地点と、監視対象とする予想震源域（日本海溝、南海トラフ又は相模トラフなど）との距離に応じて、津波を検知する時間範囲（測定ウインドウ）を変更することができる。

【 0 0 1 9 】

また、本実施形態による津波検知装置は、内部電源 6 0 を備えている。内部電源 6 0 は、外部電源に依存せず各部に電力を供給する。従って、地震によって外部電源が喪失したとしても一定期間装置を機能させることができる。なお、内部電源 6 0 としては、各種の蓄電池の他、非常用発電機などを用いることができる。

【 0 0 2 0 】

また、本実施形態による津波検知装置は、警報部 7 0 を備えており、警報部 7 0 は、回転灯 7 1 とスピーカー 7 2 とを有する。

回転灯 7 1 とスピーカー 7 2 は、津波判定部 4 0 が津波が発生したと判定した場合に動作し、音や光によって周囲に津波警報を発する。

なお、インフラサウンドは津波以外の物理現象（気象的な気圧変化、雷、竜巻、船舶、波又は急激な温度変化）によっても生じ得るため、本実施形態による津波検知装置においては、気圧センサ 9 1、温度センサ 9 2 及び騒音センサ 9 3 と、各センサによる計測値の変動が許容範囲内か否かを判断するセンサ値判断部 9 4 とを備え、津波判定部 4 0 が津波発生と判定した場合であっても、地震感知部 1 0 が地震を感知した前後の気圧センサ 9 1、温度センサ 9 2 及び騒音センサ 9 3 の値が、所定の変動許容値内に収まっているときは

10

20

30

40

50

、警報を発しないようにしている。従って、誤って津波警報を発することを少なくすることができ、装置の信頼性が向上する。

#### 【 0 0 2 1 】

また、本実施形態による津波検知装置は、記憶部 8 0 を備えている。記憶部 8 0 は、地震大きさ判断部 2 0 の判断に用いる地震大きさの閾値が記憶された地震大きさ閾値記憶部 8 1 と、津波判定部 4 0 が判定に用いるインフラサウンドの音圧変化の大きさの閾値が記憶されたインフラサウンド閾値記憶部 8 2 と、判定時間設定部 5 0 で設定された時間が記憶された設定時間記憶部 8 3 と、センサ値判断部 9 4 の判断に用いる各センサ 9 1、9 2、9 3 による計測値の変動許容範囲が記憶されたセンサ値変動許容範囲記憶部 8 4 とを有する。

10

なお、地震大きさ閾値記憶部 8 1 に記憶させる閾値としては、過去に津波を引き起こした地震のマグニチュードなどのデータを参照し、被害をもたらす規模の津波を引き起こす可能性がある大きさの地震を監視対象とできるような値を設定する。

また、設定時間記憶部 8 3 に記憶させる判定時間としては、近海のトラフや海溝から津波検知装置までの距離を音速で除算した時間に対して、判定開始時間と判定終了時間とを前後の猶予をもって設定する。例えば、東北地方の太平洋側に本装置を設置し、日本海溝（距離約 1 5 0 k m）を震源とする津波を監視する場合は、津波の検出時間は 6 ～ 7 分と予想できるので、所定の大きさ以上の地震が感知されてから津波判定部 4 0 が判定を開始する時間を 3 分後、津波判定部 4 0 が判定を終了する時間を 3 0 分後と設定する。このように判定時間（測定ウインドウ）を設定することで、津波の検知漏れと、地震津波以外の要因により発生したインフラサウンドによる誤検知とを低減しつつ、海溝型地震が発生した際の津波襲来が懸念されるトラフや海溝を対象とする津波監視を行うことができる。

20

#### 【 0 0 2 2 】

また、本実施形態による津波検知装置は、内部に吸音材を備えた断熱容器 9 0 によってインフラサウンド計測部 3 0 を覆い、インフラサウンド計測部 3 0 周辺に一定容積の空気室を確保し、吸音材を経由して、断熱容器 9 0 の下面に空気口 9 5 を設けている。このことにより、風などの影響を軽減することができる。なお、吸音材の厚みは 5cm 以上であることが好ましい。インフラサウンド計測部 3 0 の高域応答周波数を 6 2 5 m H z とした実験では、強風時最大 2 0 0 0 m P a であった風の影響を 1 0 0 m P a 以下にまで軽減することができた。2 0 1 1 年 3 月 1 1 日に発生した東日本大震災の津波の音圧は 3 0 0 0 m P a であるので、風による誤検知の可能性が大幅に軽減されることが分かる。また、風以外にも振動や環境騒音の影響も激減することができた。

30

また、低域にもカットオフを設置して、気象的な気圧変化に対する応答を鈍感にしている。

#### 【 0 0 2 3 】

図 3 は、本実施形態による津波検知装置の処理の流れを示すフロー図である。

地震が発生すると、地震計 1 0 がその地震を感知する（ステップ 1）。

地震計 1 0 が地震を感知すると、地震大きさ判断部 2 0 は、地震大きさ閾値記憶部 8 1 に記憶された閾値を読み出し、地震計 1 0 が感知した地震の大きさが所定の大きさ（閾値）以上の地震か否かを判断する（ステップ 2）。

40

ステップ 2 において、感知した地震が所定の大きさ以上の場合は、インフラサウンド計測部 3 0 と津波判定部 4 0 が起動する（ステップ 3）。

ステップ 2 において、感知した地震が所定の大きさ（閾値）より小さい場合は、地震計 1 0 は監視状態へと戻る。

このように地震大きさ判断部 2 0 が、津波の検知動作を行う地震の大きさを選別し、津波が発生しないか又は発生しても被害をもたらすおそれが小さい地震の場合は津波の検知動作を行わないようにすることができる。従って、装置の省エネに寄与するとともに、津波以外の要因（風、気象的な気圧変化、雷、竜巻、振動など）で発生したインフラサウンドによる装置の誤作動を低減できる。

#### 【 0 0 2 4 】

50



ステップ3で起動したインフラサウンド計測部30は、インフラサウンドの計測を行い、計測したインフラサウンドのデータを津波判定部40に送信する(ステップ4)。

ステップ3で起動した津波判定部40は、判定時間設定部50により設定された判定開始時間に達すると、インフラサウンド計測部30から受信したデータと、インフラサウンド閾値記憶部82に記憶された閾値に基づき、インフラサウンドの音圧変化の大きさが所定値(閾値)以上か否かを判定する(ステップ5)。

#### 【0025】

ステップ5において、インフラサウンドの音圧変化の大きさが所定値(閾値)よりも小さいと判定された場合は、津波判定部40は判定時間設定部50により設定された判定終了時間に到達したか否かを判断する(ステップ6)。

10

ステップ6において、判定終了時間に達している場合は、津波判定部40は判定を終了し待機状態となる。また、インフラサウンド計測部30もインフラサウンドの計測を終了し待機状態となる(ステップ7)。

ステップ6において、判定終了時間に到達していない場合は、ステップ5に戻り再度インフラサウンドの音圧変化の大きさが所定値(閾値)以上か否かの判定を行う。

このように開始から終了までの判定時間(測定ウインドウ)を設定することで、津波の検知漏れを防ぎ、また、地震津波以外の要因により発生したインフラサウンドによる誤検知を低減することができる。

#### 【0026】

ステップ5において、インフラサウンドの音圧変化の大きさが所定値(閾値)以上と判定された場合は、センサ値判断部94は、センサ値変動許容範囲記憶部84に記憶された閾値に基づき、地震計10が地震を感知した前後の気圧センサ91、温度センサ92及び騒音センサ93の値が、所定の変動許容値内に収まっているか否かを判断する(ステップ8)。

20

ステップ8において、所定の変動許容値内に収まっていると判断された場合は、回転灯71とスピーカー72が動作し、音や光によって周囲に津波警報を発する(ステップ9)。

ステップ8において、所定の変動許容値内に収まっていないと判断された場合は、ステップ6となり、津波判定部40は判定時間設定部50により設定された判定終了時間に到達したか否かを判断する。そして、その判断結果によって上記ステップ5又はステップ7に移行する。

30

本実施形態のようにセンサ値判断部94を設けた場合は、津波以外の物理現象(気象的な気圧変化、雷、竜巻、船舶、波又は急激な温度変化)によってインフラサウンドが発生した場合に、誤って津波警報を発することを少なくすることができる。従って、誤検知による警報に慣れてしまい、本当の津波警報を誤検知によるものと判断して逃げ遅れてしまうといった事態を防止することができる。

#### 【0027】

本実施形態による津波検知装置は、上記のように、津波検知を行う地震の大きさと津波の判定時間を限定することなどによって、風・振動・環境騒音・気象的な気圧変化・急激な温度変化の影響を大幅に軽減し、単独で津波を検知できる機能をもつ。従って、インフラサウンドセンサを複数配置し、通信網を使って互いのインフラサウンドセンサの相関を取る必要がないので、通信網の破損に対するサバイバル能力が非常に高い。

40

また、本実施形態のように内部電源60を備えることで、電源インフラへの依存がなくなり、更にサバイバル能力を高めることができる。

#### 【0028】

また、津波検知開始のトリガーは地震計10による地震の感知であるが、津波の検知はインフラサウンドの計測によって行うので、測定レンジが2000kmと広く、また特定位置の波高値を捉えるのではなく、津波の規模(面)を推定していち早く警報を発することができる。

なお、インフラサウンド計測部30が計測したインフラサウンドの音圧を基に津波の規

50

模を算出する津波規模算出部を備えた場合には、発生した津波の規模を算出することができる。

【 0 0 2 9 】

なお、地震大きさ判断部 2 0、インフラサウンド計測部 3 0、津波判定部 4 0、判定時間設定部 5 0、センサ値判断部 9 4 又は津波規模算出部などの各部は、集積回路又は組み込みシステムなどを用い、組み込みソフトウェアで主要機能を実現してもよい。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 3 0 】

本発明は、主に海溝地震により発生する津波の監視装置として適している。

【符号の説明】

10

【 0 0 3 1 】

- 1 0 地震計（地震感知部）
- 2 0 地震大きさ判断部
- 3 0 インフラサウンド計測部
- 4 0 津波判定部
- 5 0 判定時間設定部
- 6 0 内部電源
- 7 0 警報部
- 8 0 記憶部
- 9 0 断熱容器
- 9 4 センサ値判断部

20

【要約】

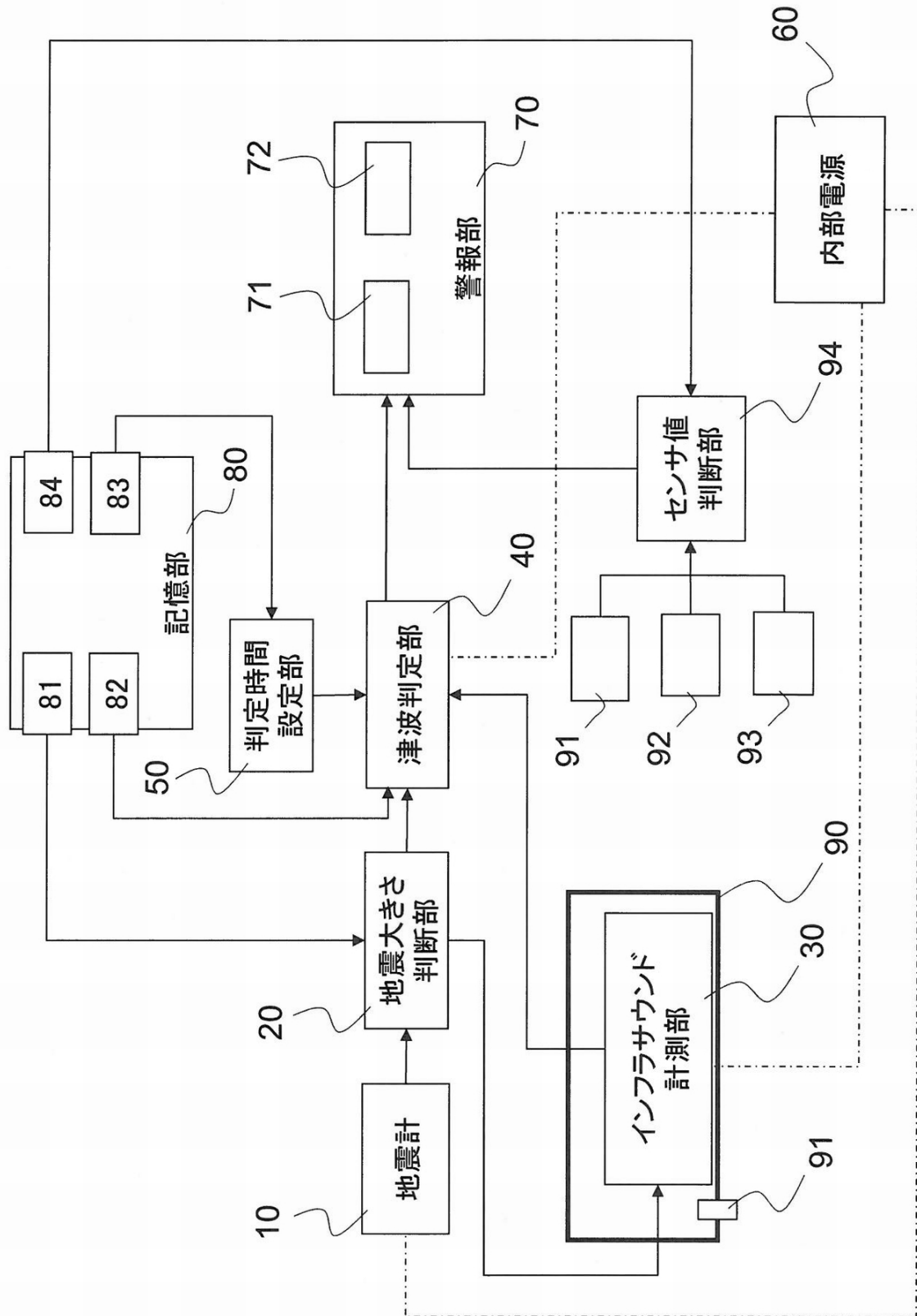
【課題】陸上に設置でき、津波により発生したインフラサウンドとそれ以外の事象により発生したインフラサウンドとを区別することができ、かつ外部との通信が無くても機能を発揮できる津波検知装置を提供すること。

【解決手段】 津波の発生を検知し、地震を感知する地震感知部 1 0 と、地震感知部 1 0 の感知した地震が所定の大きさ以上の地震か否かを判断する地震大きさ判断部 2 0 と、インフラサウンドを計測するインフラサウンド計測部 3 0 と、所定の大きさ以上の地震が感知されると、インフラサウンド計測部 3 0 が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津波判定部 4 0 と、所定の大きさ以上の地震が感知されてから津波判定部 4 0 が判定を行うまでの時間を設定する判定時間設定部 5 0 とを備えた。

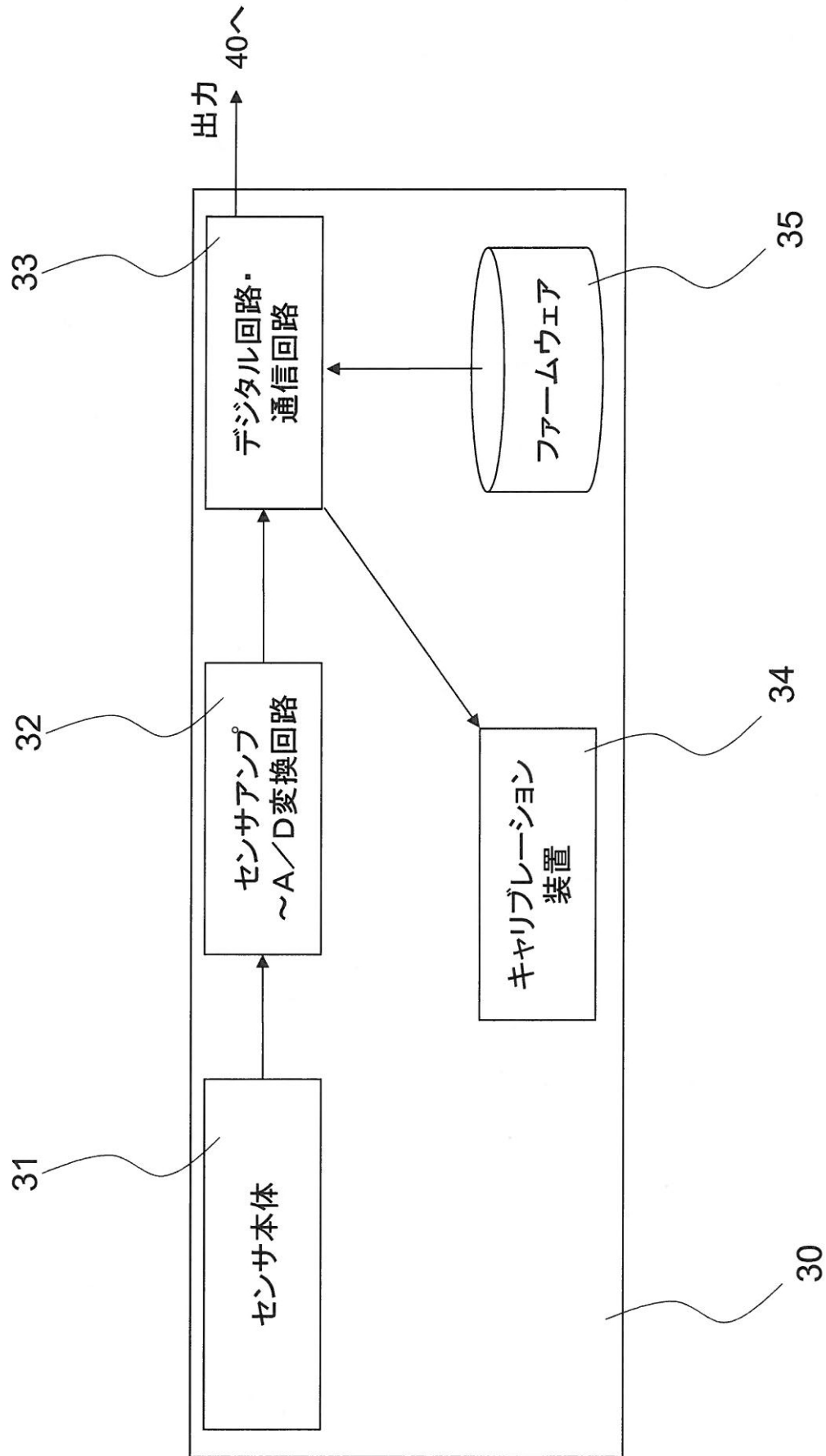
30

【選択図】 図 1

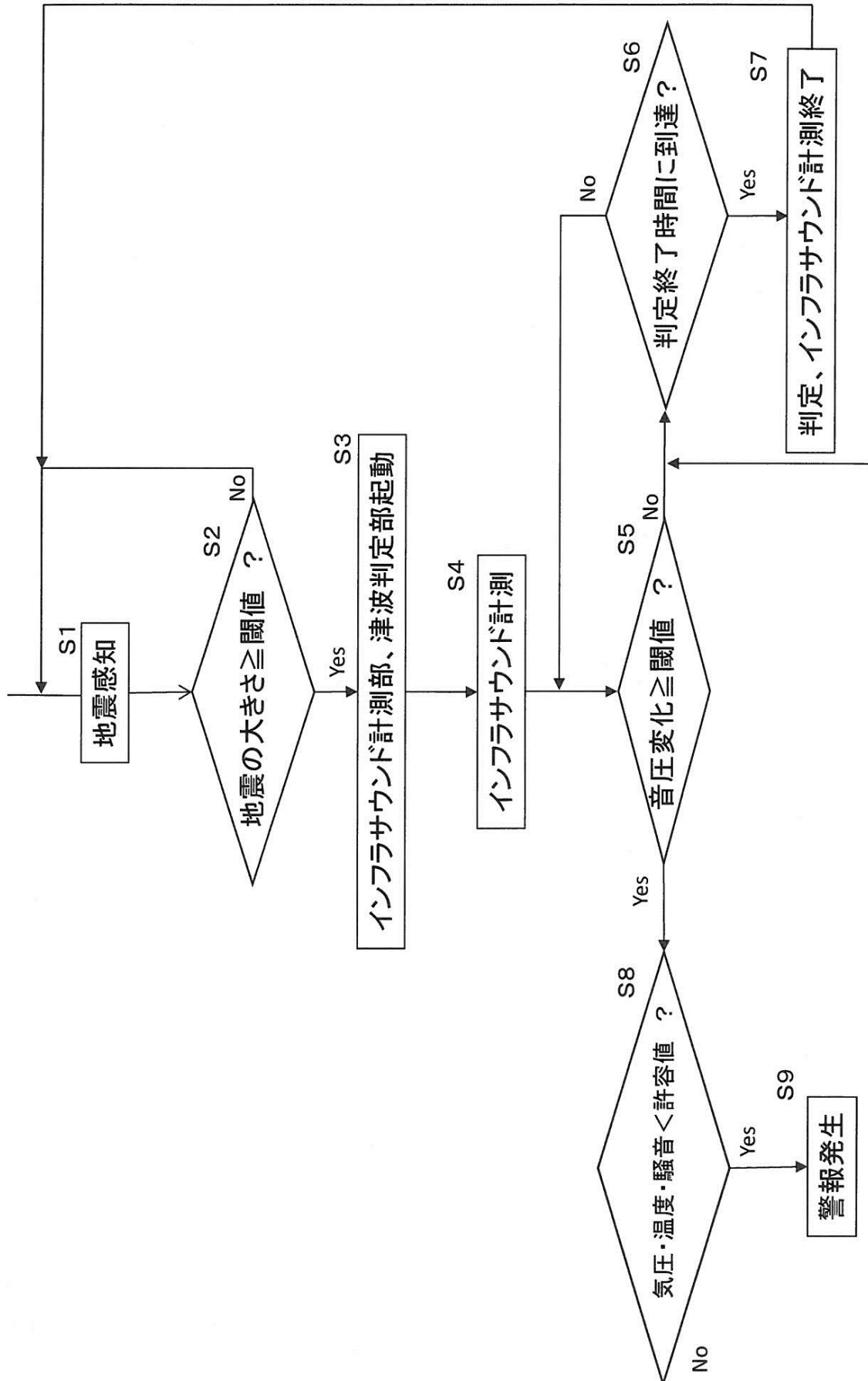
【図1】



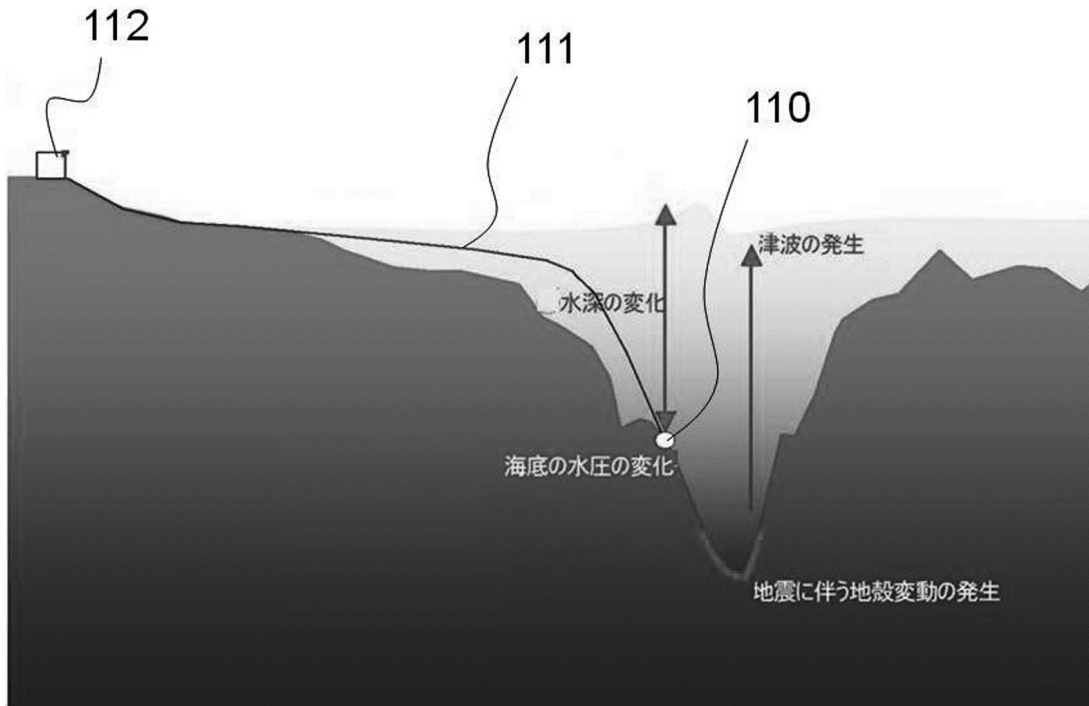
【図2】



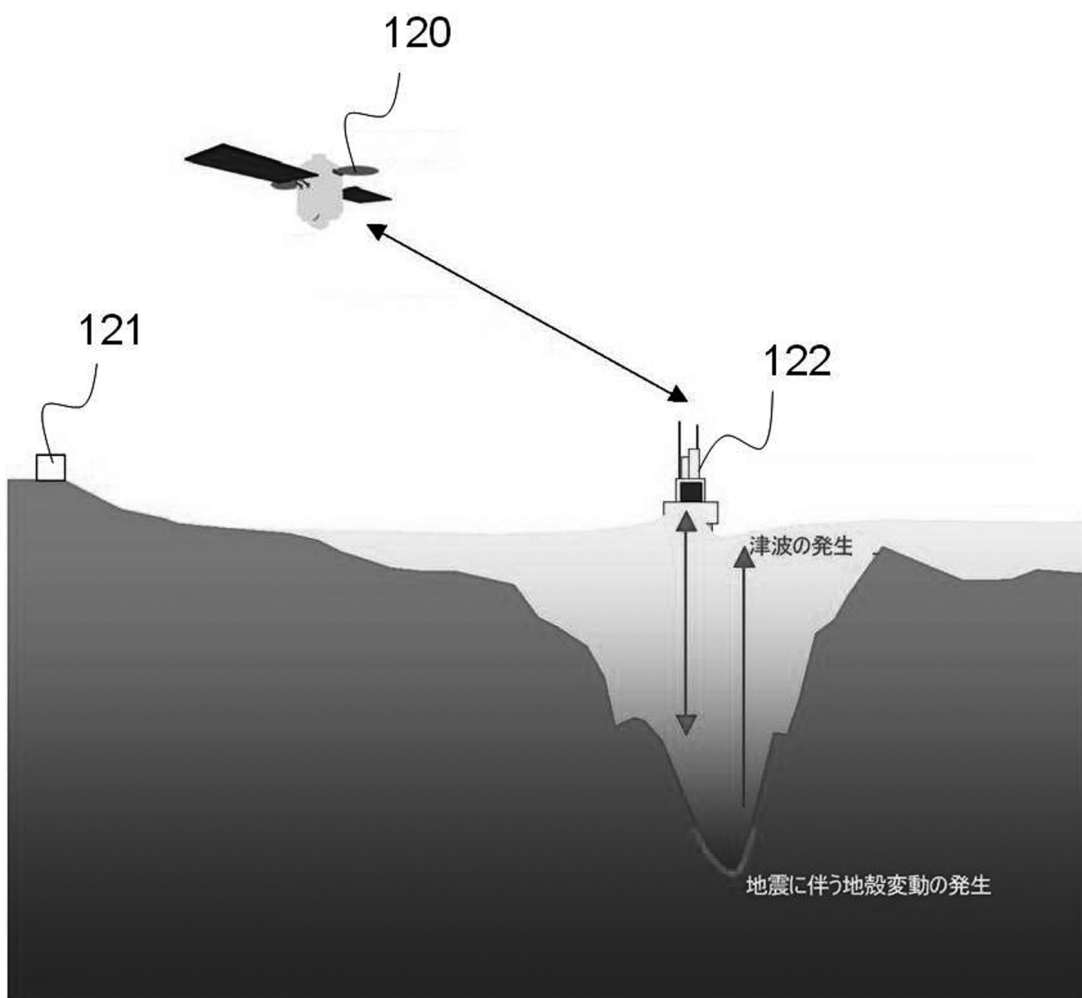
【図 3】



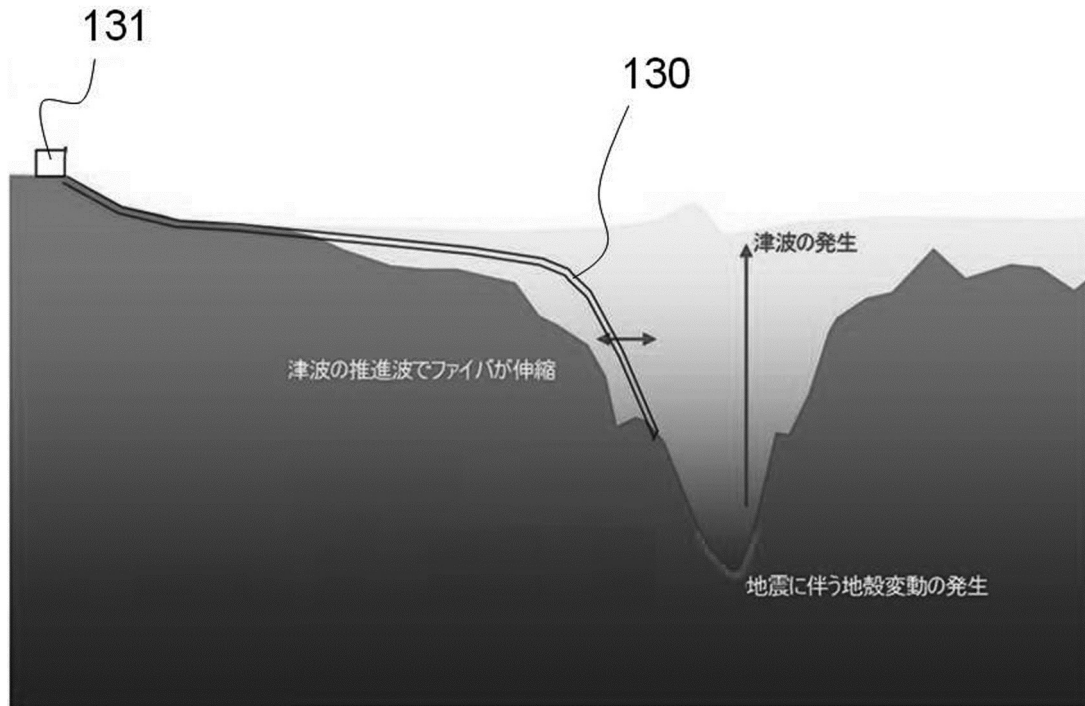
【図4】



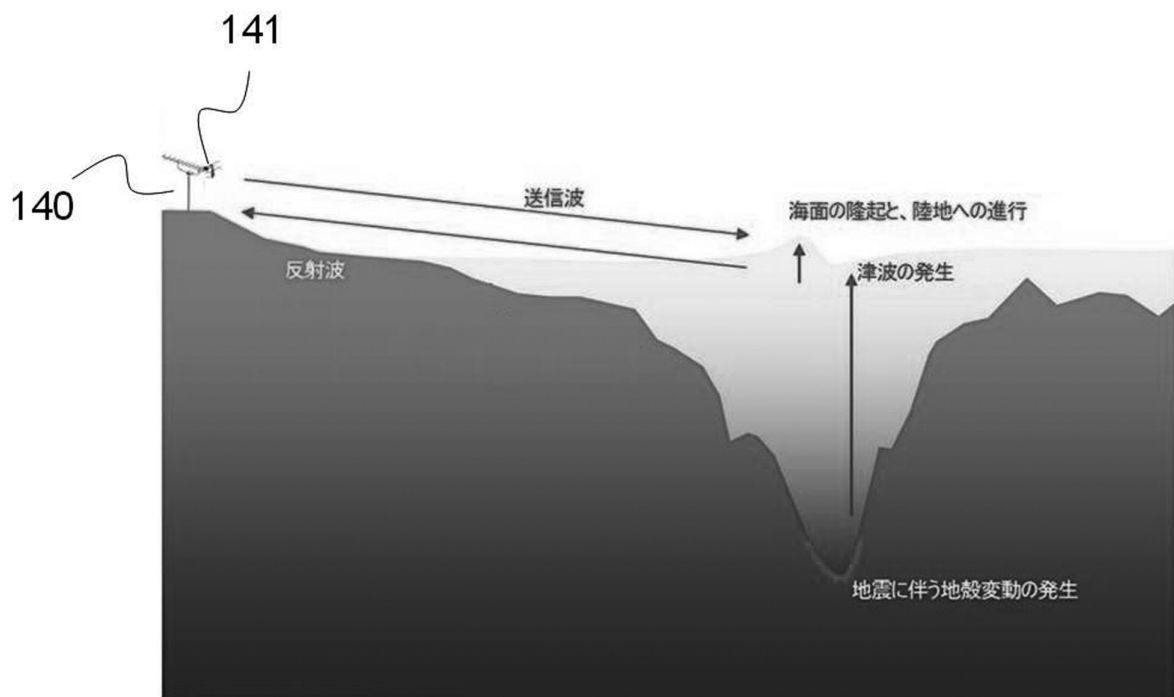
【図5】



【図 6】



【図 7】



	インフラサウンド方式	GPS波浪計方式	精密水圧計方式	光ファイバ方式	レーザー方式
陸上設置の可否	○	× (洋上)	× (海底)	× (海底)	△ (沿岸)
津波全体像の把握の可否	○	×	×	△ (敷設領域)	△ (探索領域)
保守の容易性	○	× (危険)	× (不可能)	× (不可能)	○
測定レンジ	2000km	20km	—	—	80km
津波と吹送流の見分けの可否	○	△	△	△	×



---

 フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-096802(JP,A)  
 特開2013-020601(JP,A)  
 特開2013-246554(JP,A)  
 新井伸夫、他、インフラサウンドの観測 - 巨大津波によって励起された大気境界波 - , 日本音響学会2011年秋季研究発表会講演論文集CD-ROM, 2011年 9月13日, P. 1057-1060  
 石原吉明、他、フロンティア地震学の最前線 広域アレー観測点ネットワークによるインフラサウンド観測の提案, 月刊 地球 2006年9月号<通巻327号>, 2006年 9月 1日, Vol. 28, No. 9, P. 647-651  
 村山貴彦、他、ナノ分解能気圧センサを用いた可搬型インフラサウンド観測システムの開発, 技術研究報告, 東京大学地震研究所, 2011年12月25日, P. 63-76  
 Chaparral Physics, Operation manual for the Model 20 Infrasonud Sensor, 2008年11月12日, P. 1-10, URL, <http://www.gi.alaska.edu/files/Model%2020%20Manual%20r1.pdf>  
 小松孝康, インフラサウンド多地点アレイ観測システムの構築と音波源位置の推定, 特別研究報告, 2012年 2月10日, P. 1-46, URL, <http://www.kochi-tech.ac.jp/library/ron/2011/g23/M/1145063.pdf>

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01V 1/00

JMEDPlus(JDreamIII)