

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-3380

(P2017-3380A)

(43) 公開日 平成29年1月5日(2017.1.5)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)  
**G 0 1 M 3/24 (2006.01)** G 0 1 M 3/24 D 2 G 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-116505 (P2015-116505)	(71) 出願人	000002174 積水化学工業株式会社 大阪府大阪市北区西天満2丁目4番4号
(22) 出願日	平成27年6月9日(2015.6.9)	(74) 代理人	110000844 特許業務法人 クレイア特許事務所
		(72) 発明者	近藤 博昭 京都府京都市南区上鳥羽上調子町2-2 積水化学工業株式会社内
		Fターム(参考)	2G067 AA13 BB11 BB25 CC02 DD13 EE06 EE08 EE11

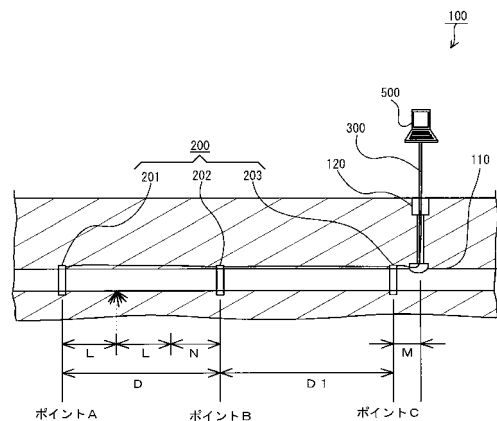
(54) 【発明の名称】 漏水検知システムの設置方法、漏水検知システムおよび漏洩検知方法

(57) 【要約】

【課題】本発明の主な目的は、信頼性の高い漏水検知システムの設置方法、漏水検知システム、および漏洩検知方法を提供することである。

【解決手段】本発明にかかる漏水検知システムの設置方法は、管網110と、管網110に設けられる第1の振動計測装置201と、管網110に設けられる第2の振動計測装置202と、第1の振動計測装置201から所定の地上開放位置まで接続する接続線300と、第2の振動計測装置202から所定の地上開放位置まで接続する接続線300と、を一体的に地中に埋設する埋設工程と、埋設工程により埋設される第1の振動計測装置201の位置情報および第2の振動計測装置202の位置情報をパーソナルコンピュータ500に記録する記録工程と、を含むものである。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

配管と、前記配管に設けられる第 1 の振動計測装置と、前記配管に設けられる第 2 の振動計測装置と、前記第 1 の振動計測装置から所定の地上開放位置まで接続する第 1 の接続線と、前記第 2 の振動計測装置から所定の地上開放位置まで接続する第 2 の接続線と、を一体的に地中に埋設する埋設工程と、

前記埋設工程により埋設される前記第 1 の振動計測装置の位置情報および前記第 2 の振動計測装置の位置情報を記録媒体に記録する記録工程と、を含む、漏水検知システムの設置方法。

## 【請求項 2】

配管に第 1 の振動計測装置を取り付ける第 1 取り付け工程と、

前記配管に第 2 の振動計測装置を取り付ける第 2 取り付け工程と、

前記第 1 取り付け工程により取り付けられた前記第 1 の振動計測装置に第 1 の接続線を取り付ける第 1 接続工程と、

前記第 2 取り付け工程により取り付けられた前記第 2 の振動計測装置に第 2 の接続線を取り付ける第 2 接続工程と、

前記第 1 取り付け工程、前記第 2 取り付け工程、前記第 1 接続工程、前記第 2 接続工程を施した前記配管を地中に埋設し、前記第 1 の接続線および前記第 2 の接続線を所定の地上開放位置まで接続する埋設工程と、

前記埋設工程により埋設される前記第 1 の振動計測装置の位置情報および前記第 2 の振動計測装置の位置情報を記録媒体に記録する記録工程と、を含む、漏水検知システムの設置方法。

## 【請求項 3】

前記第 1 取り付け工程は、前記配管に薄膜状の第 1 圧電素子を巻回する第 1 の巻回工程と、

前記第 1 圧電素子に接続された第 1 の増幅器を取り付ける第 1 の増幅工程と、を含み、

前記第 2 取り付け工程は、前記配管に薄膜状の第 2 圧電素子を巻回する第 2 の巻回工程と、

前記第 2 圧電素子に接続された第 2 の増幅器を取り付ける第 2 の増幅工程と、を含む、請求項 2 記載の漏水検知システムの設置方法。

## 【請求項 4】

地中に埋設された配管と、

前記配管に設けられるとともに地中に埋設される第 1 の振動計測装置と、

前記配管に設けられるとともに地中に埋設される第 2 の振動計測装置と、

前記第 1 の振動計測装置から所定の地上開放位置まで接続するとともに地中に埋設される第 1 の接続線と、

前記第 2 の振動計測装置から所定の地上開放位置まで接続するとともに地中に埋設される第 2 の接続線と、

前記第 1 の振動計測装置の位置情報および前記第 2 の振動計測装置の位置情報を記録する記録媒体と、を含む、漏水検知システム。

## 【請求項 5】

前記第 1 の振動計測装置および前記第 2 の振動計測装置は、圧電素子および増幅器より構成される、請求項 4 記載の漏水検知システム。

## 【請求項 6】

前記配管は、樹脂材料より構成される、請求項 4 または 5 記載の漏水検知システム。

## 【請求項 7】

前記圧電素子は、高分子材料より構成される、請求項 4 から 6 のいずれか 1 項に記載の漏水検知システム。

## 【請求項 8】

請求項 4 から 7 のいずれか 1 つに記載の漏水検知システムを用いた、埋設配管の漏洩検

10

20

30

40

50

知を行う漏洩検知方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、漏水検知システムの設置方法、漏水検知システムおよび漏洩検知方法に関する。

【0002】

例えば、特許文献1（特開2013-213535号公報）には、地下に埋設された配管や高所にある配管などのように、人手によって検査することが容易ではない配管を検査することが容易でかつ電池交換が不要な配管網の監視装置について開示されている。

10

【0003】

特許文献1（特開2013-213535号公報）記載の配管網の監視装置は、管および継手からなる配管網の複数箇所にそれぞれ取り付けられて配管内流体の移動に伴う圧力変動を電荷信号に変換する複数の圧電素子と、各圧電素子で得られた電荷信号を送信する通信機と、通信機からの送信情報を遠隔地で受信して表示する表示装置とを備えているものである。

【0004】

また、特許文献2（国際公開番号WO2014/155792A1号公報）には、取得される振動データが高品質で、異常検知の精度が向上し、かつ、固定設置できるため、配管から外れる危険性および人為的に外されて紛失する可能性を低減可能な配管異常検知データロガー装置、及びそれを用いた配管構造並びに配管異常検知システムについて開示されている。

20

【0005】

特許文献2（国際公開番号WO2014/155792A1号公報）記載の配管異常検知データロガー装置においては、ボルト部と、アンテナ部とを含み、ボルト部は、ボルトヘッド部と、ボルトねじ部とを含み、アンテナ部は、ボルトヘッド部のボルトねじ部と反対側又はボルトヘッド部内に配置され、ボルトヘッド部は、振動検出素子と、記憶部と、制御部と、無線制御部と、時計装置と、電源装置とを含むものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0006】

【特許文献1】特開2013-213535号公報

【特許文献2】国際公開番号WO2014/155792A1号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記のように、上水道またはガス管等の老朽化が進み、欠陥からの流体漏洩を検出する分野において、種々の研究開発が行われている。

【0008】

しかしながら、配管が樹脂からなる場合、漏水音の振動が減衰され、漏水位置を検出することが難しいという問題がある。

40

同様に、都心部においては、マンホール毎の間隔が50mから100m程度の範囲に設置されているが、郊外においては、マンホール毎の間隔が広いため、漏水位置の検出が困難となる場合がある。すなわち、漏洩する流体量が少なく漏水の異常音が小さい場合、漏洩位置と検出装置との距離が離れており、検出される異常音が小さく、検出できていないという問題がある。

【0009】

さらに、配管異常検知データロガー装置においては、ボルトの内部に設けるため、金属の腐食が問題となり、経年劣化の問題が生じやすいという問題点がある。

【0010】

50

本発明の主な目的は、信頼性の高い漏水検知システムの設置方法、漏水検知システムおよび漏洩検知方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

(1)

一局面に従う漏水検知システムの設置方法は、配管と、配管に設けられる第1の振動計測装置と、配管に設けられる第2の振動計測装置と、第1の振動計測装置から所定の地上開放位置まで接続する第1の接続線と、第2の振動計測装置から所定の地上開放位置まで接続する第2の接続線と、を一体的に地中に埋設する埋設工程と、埋設工程により埋設される第1の振動計測装置の位置情報および第2の振動計測装置の位置情報を記録媒体に記録する記録工程と、を含むものである。

10

【0012】

この場合、第1および第2の振動計測装置が、配管に設けられる。また、第1および第2の振動計測装置から第1および第2の接続線が接続される。そして、埋設工程により配管が埋設される。また、記録工程により位置情報が記録される。

その結果、記録された位置情報から、埋設された第1および第2の振動計測装置を選定し、選定された第1および第2の振動計測装置が計測した漏水音の位置を容易に推定することができる。また、配管が、樹脂管である場合、第1および第2の振動計測装置の間隔があまりに長過ぎると、従来の方法では、検知困難な場合がある。しかし、本発明では、容易に推定することができる。

20

【0013】

(2)

他の局面に係る漏水検知システムの設置方法は、配管に第1の振動計測装置を取り付ける第1取り付け工程と、配管に第2の振動計測装置を取り付ける第2取り付け工程と、第1取り付け工程により取り付けられた第1の振動計測装置に第1の接続線を取り付ける第1接続工程と、第2取り付け工程により取り付けられた第2の振動計測装置に第2の接続線を取り付ける第2接続工程と、第1取り付け工程、第2取り付け工程、第1接続工程、第2接続工程を施した配管を地中に埋設し、第1の接続線および第2の接続線を所定の地上開放位置まで接続する埋設工程と、埋設工程により埋設される第1の振動計測装置の位置情報および第2の振動計測装置の位置情報を記録媒体に記録する記録工程と、を含んでもよい。

30

【0014】

この場合、第1および第2の振動計測装置が、配管に設けられる。また、第1および第2の振動計測装置から第1および第2の接続線が接続される。そして、埋設工程により配管が埋設される。また、記録工程により位置情報が記録される。

その結果、記録された位置情報から、埋設された第1および第2の振動計測装置を選定し、選定された第1および第2の振動計測装置が計測した漏水音の位置を容易に推定することができる。また、配管が、樹脂管である場合、第1および第2の振動計測装置の間隔があまりに長過ぎると、従来の方法では、検知困難な場合がある。しかし、本発明では、容易に推定することができる。

40

【0015】

(3)

第3の発明にかかる漏水検知システムの設置方法は、第2の発明にかかる漏水検知システムの設置方法において、第1取り付け工程は、配管に薄膜状の圧電素子を巻回する第1の巻回工程と、圧電素子に接続された第1の増幅器を取り付ける第1の増幅工程と、を含み、第2取り付け工程は、配管に薄膜状の圧電素子を巻回する第2の巻回工程と、圧電素子に接続された第2の増幅器を取り付ける第2の増幅工程と、を含んでもよい。

【0016】

この場合、第1の取り付け工程により配管に薄膜状の圧電素子を巻回し、第2の取り付け工程により配管に薄膜状の圧電素子を巻回する。その結果、上下左右の配管の振動を全

50

て検知することができる。さらに漏水によっておきる圧力変動による配管の拡張、縮径を検知することができるため、漏水を確実に推定することができる。

【0017】

(4)

他の局面にかかる漏水検知システムは、地中に埋設された埋設配管と、配管に設けられるとともに地中に埋設される第1の振動計測装置と、配管に設けられるとともに地中に埋設される第2の振動計測装置と、第1の振動計測装置から所定の地上開放位置まで接続するとともに地中に埋設される第1の接続線と、第2の振動計測装置から所定の地上開放位置まで接続するとともに地中に埋設される第2の接続線と、第1の振動計測装置の位置情報および第2の振動計測装置の位置情報を記録する記録媒体と、を含むものである。

10

【0018】

この場合、第1および第2の振動計測装置が、配管に設けられる。また、第1および第2の振動計測装置から第1および第2の接続線が接続される。そして、埋設工程により配管が埋設される。また、記録工程により位置情報が記録される。

その結果、記録された位置情報から、埋設された第1および第2の振動計測装置を選定し、選定された第1および第2の振動計測装置が計測した漏水音の位置を容易に推定することができる。また、配管が、樹脂管である場合、第1および第2の振動計測装置の間隔があまりに長過ぎると、従来の方法では、検知困難な場合がある。しかし、本発明では、容易に推定することができる。

20

【0019】

(5)

第5の発明にかかる漏水検知システムは、他の局面に従う漏水検知システムにおいて、第1の振動計測装置および第2の振動計測装置は、圧電素子および増幅器より構成されてもよい。

【0020】

この場合、第1の振動計測装置および第2の振動計測装置が、圧電素子および増幅器より構成されるので、容易に配管の漏水音を計測することができる。

特に、増幅器を圧電素子の近傍に配設させるので、圧電素子からの信号をノイズが発生する前に増幅することができる。

30

【0021】

(6)

第6の発明にかかる漏水検知システムは、他の局面または第5の発明にかかる漏水検知システムにおいて、配管は、樹脂材料より構成されてもよい。

【0022】

この場合、配管が樹脂からなっても、配管に直接振動計測装置200を設けているので、漏水音の振動を確実に検出することができる。

【0023】

(7)

第7の発明にかかる漏水検知システムは、他の局面から第6の発明にかかる漏水検知システムにおいて、圧電素子は、高分子材料より構成されてもよい。

40

【0024】

この場合、圧電素子は、高分子材料からなるので、容易に巻回することができる。

【0025】

(8)

さらに他の局面に従う漏洩検知方法は、請求項4から7のいずれか1つに記載の漏水検知システムを用いたものである。

【0026】

この場合、請求項4乃至7に係る漏水検知システムを用いることにより、漏洩検知位置を容易に推定することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 2 7 】

【 図 1 】 地中に埋設された漏水検知システムの一例を示す模式図である。

【 図 2 】 振動計測装置の一例を示す模式図である。

【 図 3 】 漏水検知システムの工程を説明するためのフローチャートである。

【 図 4 】 本実施の形態にかかる漏水位置特定方法の一例を示すフローチャートである。

【 図 5 】 振動センサの周波数帯域における強度を示す模式図である。

【 図 6 】 振動センサの周波数帯域における強度を示す模式図である。

【 図 7 】 頻度処理化の一例を示すフローチャートである。

【 図 8 】 相互相関関数の一例を示す模式図である。

【 図 9 】 相互相関関数の一例を示す模式図である。

10

【 図 1 0 】 相互相関関数の一例を示す模式図である。

【 図 1 1 】 相互相関関数の一例を示す模式図である。

【 図 1 2 】 相互相関関数の一例を示す模式図である。

【 図 1 3 】 相互相関関数の一例を示す模式図である。

【 図 1 4 】 ステップ S 7 4 の処理を説明する模式図である。

【 図 1 5 】 ステップ S 3 5 の位置算出処理を行った結果の一例を示す模式図である。

【 図 1 6 】 図 7 の頻度処理化の他の例を示すフローチャートである。

【 図 1 7 】 ステップ S 7 4 a の処理を説明する模式図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 8 】

20

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。以下の説明では、同一の部品には同一の符号を付してある。それらの名称および機能も同じである。したがって、それらについての詳細な説明は繰り返さない。

【 0 0 2 9 】

< 埋設された漏水検知システム >

図 1 は、地中に埋設された漏水検知システム 1 0 0 の一例を示す模式図である。

【 0 0 3 0 】

図 1 に示すように、地中に漏水検知システム 1 0 0 が埋設されている。漏水検知システム 1 0 0 は、管網 1 1 0 に取り付けられた振動計測装置 2 0 0、振動計測装置 2 0 0 に取り付けられた接続線 3 0 0、およびパーソナルコンピュータ 5 0 0 を含む。

30

パーソナルコンピュータ 5 0 0 は、少なくとも電源、データロガー、アナログ デジタル変換部 ( A D 変換部 ) および後述する異常音位置の推定プログラムが内蔵されている。

【 0 0 3 1 】

本実施の形態における振動計測装置 2 0 0 は、第 1 の振動計測装置 2 0 1、第 2 の振動計測装置 2 0 2、および第 3 の振動計測装置 2 0 3 を含む。

第 1 の振動計測装置 2 0 1 は、ポイント A に設置され、第 2 の振動計測装置 2 0 2 は、ポイント B に設置され、第 3 の振動計測装置 2 0 3 は、ポイント C に設置される。

【 0 0 3 2 】

本実施の形態においては、第 1 の振動計測装置 2 0 1、第 2 の振動計測装置 2 0 2、第 3 の振動計測装置 2 0 3 を含むこととしているが、これに限定されず、第 1 から第 n の振動計測装置 ( n は自然数 ) を含むことが望ましい。

40

【 0 0 3 3 】

また、図 1 に示すように、管網 1 1 0 には、一定間隔でハンドホール 1 2 0 が設けられている。ここで、ハンドホール 1 2 0 とは、ケーブル等の接続工事および接続部保護のために地中に埋設される地中箱のことを意味する。一般に図 1 に示すように、地上から地中の管網 1 1 0 まで接続されている。

【 0 0 3 4 】

< 振動計測装置 >

次いで、本実施の形態にかかる振動計測装置 2 0 0 について説明を行う。図 2 は、振動計測装置 2 0 0 の一例を示す模式図である。

50

## 【 0 0 3 5 】

図 2 に示すように、振動計測装置 2 0 0 は、増幅器 2 3 0、および薄膜の圧電素子 2 5 0 を含む。薄膜の圧電素子 2 5 0 は、可撓性を有する高分子圧電材料であるポリフッ化ビニリデンの延伸フィルム（P V D F フィルム）からなり、かつ長尺形状からなる。

したがって、図 2 に示すように本実施の形態において、後述するように、振動計測装置 2 0 0 は、管網 1 1 0 に対して薄膜の圧電素子 2 5 0 を矢印 R の方向に巻回する。すなわち、矢印 R の方向とは、管網 1 1 0 を形成する配管の軸芯周りの周方向に沿った方向である。

## 【 0 0 3 6 】

また、薄膜の圧電素子 2 5 0 の端部に、増幅器 2 3 0 が設けられる。増幅器 2 3 0 には、接続線 3 0 0 が取り付けられる。

したがって、図 1 に示すように、接続線 3 0 0 の一端側は、振動計測装置 2 0 0 の増幅器 2 3 0 に接続され、接続線 3 0 0 の他端側は、管網 1 1 0 の壁面、およびハンドホール 1 2 0 内を介して地上のパーソナルコンピュータ 5 0 0 に接続される。

## 【 0 0 3 7 】

< 配管に振動計測装置を取り付ける取り付け工程 >

図 3 は、漏水検知システム 1 0 0 の工程を説明するためのフローチャートである。

## 【 0 0 3 8 】

図 3 に示すように、漏水検知システム 1 0 0 は、以下の工程により形成される。まず、地中に埋設された場合に管網 1 1 0 を形成する配管に対して、振動計測装置 2 0 0 を取り付ける（ステップ S 5 1）。

具体的には、図 2 に示したように、振動計測装置 2 0 0 の圧電素子 2 5 0 を配管に巻回する。

## 【 0 0 3 9 】

次に、図 2 に示す増幅器 2 3 0 に接続線 3 0 0 を配設する（ステップ S 5 2）。

次いで、図 1 に示すように、所定の間隔で、振動計測装置 2 0 0 を取り付け付けた配管を埋設する（ステップ S 5 3）。

## 【 0 0 4 0 】

続いて、図 3 に示すように、配管を地中に埋設する場合、振動計測装置 2 0 0 の位置情報をパーソナルコンピュータ 5 0 0 に記録する（ステップ S 5 4）。

また、配管を地中に埋設する場合、振動計測装置 2 0 0 の接続線 3 0 0 の端部をハンドホール 1 2 0 内を介してパーソナルコンピュータ 5 0 0 に接続する。

この場合、振動計測装置 2 0 0 に G P S を設けて、自動的に位置情報をパーソナルコンピュータ 5 0 0 に記録させてもよい。その結果、漏水検知システム 1 0 0 を形成することができる。

## 【 0 0 4 1 】

< 漏水位置特定方法 >

以下、当該漏水検知システム 1 0 0 を用いて漏水位置を推定するための手法について説明を行う。

## 【 0 0 4 2 】

パーソナルコンピュータ 5 0 0 は、接続線 3 0 0 から出力される電位差を振動波形として出力する。

なお、本実施の形態においては、接続線 3 0 0 を用いることとしているが、これに限定されず、パーソナルコンピュータ 5 0 0 との間で送受信可能な機能部を振動計測装置 2 0 0 に設けてもよい。

## 【 0 0 4 3 】

なお、本実施の形態においては、振動計測装置 2 0 0 の設置位置を予め記録しているため、接続線 3 0 0 と管路図とを照らし合わせて接続線 3 0 0 からの振動波形をパーソナルコンピュータ 5 0 0 に入力する。

## 【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

<漏水位置特定方法のフローチャート>

続いて、漏水位置特定方法について具体例を示しつつ説明する。

【0045】

本実施の形態にかかる漏水位置特定方法は、管網110の少なくとも2ヶ所（ポイントAおよびポイントB）に振動計測装置200を設置し、管網110の欠陥等によって発生する異常音または振動を振動計測装置200により検知する。

【0046】

まず、本実施の形態では、各振動計測装置200に入力された波形のコヒーレンス関数を用いてフィルターを作成する。このフィルターを作成する際に、異常音発生位置の精度を高めるために後述する処理を行い、フィルターを作成し、当該フィルターを適用した後、相互相関関数から振動の伝達時間差Tdを求め、伝達時間差Tdと振動の伝搬速度Vとから異常音発生位置を特定する漏水位置特定方法である。

【0047】

図1において、ポイントAの第1の振動計測装置201から距離Lの位置で流体の漏洩が発生したと仮定する。すなわち、距離Lの位置が異常音の発生位置（流体の漏洩位置）である。この場合、漏洩音は、ポイントBの第2の振動計測装置202に到達するまでにポイントAの第1の振動計測装置201の距離Lよりも距離にして距離Nだけ長い距離（L+N）を伝搬する。

【0048】

したがって、ポイントAの第1の振動計測装置201およびポイントBの第2の振動計測装置202の距離をDと仮定した場合、漏洩音がポイントAの第1の振動計測装置201とポイントBの第2の振動計測装置202とに到着する伝達時間差Tdとすると、漏洩音の伝搬速度V、2つの第1の振動計測装置201および第2の振動計測装置202間の距離をDとして以下の式で求めることができる。

【0049】

$$T_d = N / V \cdots (3)$$

また、

$$N = D - 2L \cdots (4)$$

で示すことができる。

【0050】

式(4)を式(3)に代入することにより、

$$L = (D - V \cdot T_d) / 2 \cdots (5)$$

と表すことができる。

以上のように距離Lを求めることができる。

【0051】

続いて、本実施の形態にかかる漏水位置特定方法の具体例について説明する。図4は、本実施の形態にかかる漏水位置特定方法の一例を示すフローチャートである。

【0052】

まず、図4に示すように、管網110のポイントAの第1の振動計測装置201から漏洩音の波形を取得する（ステップS11）。同様に、管網110のポイントBの第2の振動計測装置202から漏洩音の波形を取得する（ステップS21）。

【0053】

次いで、ポイントAの第1の振動計測装置201から取得した漏洩音の波形をフーリエ変換処理（ステップS12）し、フーリエスペクトルAを取得する（ステップS13）。次いで、ポイントBの第2の振動計測装置202から取得した漏洩音の波形をフーリエ変換処理（ステップS22）し、フーリエスペクトルBを取得する（ステップS23）。

【0054】

<フーリエ変換処理（ステップS12およびステップS22）>

フーリエ変換処理に際しては、ポイントAの第1の振動計測装置201およびポイントBの第2の振動計測装置202で得られた波形から、同時刻を始点とする一定時間（例え

10

20

30

40

50

ば、1秒間)の波形を取り出して、その波形をフーリエ変換処理する。フーリエスペクトルを $X(f)$ とすると、 $X(f)$ は、下記の(6)式のように、複素関数として表現される。

【0055】

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-j2\pi ft} dt \cdots (6)$$

式(6)は、下記の式(7)のように、実数部と虚数部とに分けて表現することができる。

【0056】

$$X(f) = X_R(f) + jX_I(f) = |X(f)| e^{j\phi(f)} \cdots (7)$$

【0057】

式(7)において、 $|X(f)|$ は、フーリエスペクトルの振幅を表し、 $\phi(f)$ は、位相を表す。フーリエスペクトルの振幅 $|X(f)|$ は、下記(8)式で求めることができる。

【0058】

$$|X(f)| = \sqrt{\{X_R(f)^2 + X_I(f)^2\}} \cdots (8)$$

【0059】

ここで、図5および図6で示すように、振動計測装置200のそれぞれの周波数帯域に対する感度を取得することができる。ここで、図5および図6に示すように、振動計測装置200により取得された波形は、周波数250Hzの近辺において高い値を示していることが判る。

【0060】

次いで、図4に示すように、これら2つのフーリエスペクトルAおよびフーリエスペクトルBからクロススペクトルを算出する(ステップS31)。

ここで、クロススペクトルとは、フーリエスペクトルAおよびフーリエスペクトルBの周波数成分を相互に掛け合わせた上で平均したものである。

【0061】

このクロススペクトルが大きな値を示すことは、その周波数帯域においては、2つのスペクトルの周波数成分同士の相関が大きく、両者の周波数成分の大きさが大きいことを意味する。

【0062】

ここで、 $X(f)$ をフーリエスペクトルの振幅 $|X(f)|$ で割ることにより、正規化し、この正規化したものを $A(f)$ とすると、 $A(f)$ は、式(9)で求めることができる。

【0063】

$$A(f) = X(f) / |X(f)| = e^{j\phi(f)} \cdots (9)$$

【0064】

続いて、図4に示すように、クロススペクトルをフーリエ逆変換する(ステップS32)ことにより相互相関関数(ステップS33)が求められる。

【0065】

上記の相互相関をとることによって伝達時間差 $T_d$ を求めることができる。なお、本実施の形態においては、後述するように相互相関を用いて頻度処理化(ステップS34)を行い、頻度処理化により得られた相互相関を用いて伝達時間差 $T_d$ を算出し、異常音の位置算出処理(ステップS35)を行う。

【0066】

<頻度処理化(ステップS34)>

次いで、ステップS34における頻度処理化について説明を行う。ステップS34における頻度処理化は、複数の相互相関関数のうちから一部の相互相関関数を選択または抽出するものである。

【0067】

図7は、頻度処理化の一例を示すフローチャートである。また図8から図13は、相互

10

20

30

40

50

相関関数の一例を示す模式図である。また、図 1 4 はステップ S 7 4 の処理を説明する模式図である。

図 8 から図 1 3 において、縦軸は相関値を示し、横軸は伝達時間差  $T_d$  (秒) を示す。また、図 1 4 に示す ( 1 ) ~ ( 1 0 0 ) は、図 8 から図 1 3 までの相互相関関数を略記したものである。

【 0 0 6 8 】

図 7 に示すように、頻度処理化においては、相互相関関数を所定のスパン毎に分割する (ステップ S 7 1 )。具体的に、図 8 から図 1 3 に示したように、相互相関関数の横軸 (伝達時間差  $T_d$ ) を所定のスパン  $S P a$  , ~ ,  $S P h$  に区分する。

ここで、所定とは管種、管径、埋設時期などにより定義されるものであるが、最も多くの場合において用いられる場合は、距離換算で好ましくは 0 . 5 m 以上 1 0 m 以下、より好ましくは 1 m 以上 3 m 以下である。尚、各距離に相当する時間は管を伝わる振動の伝達速度から求めることができる。例えば、振動の伝達速度が 4 0 0 m / s 管を、1 m に相当するスパンで分割する場合、時間に換算すると 0 . 0 0 2 5 s 間隔である。この時、相互相関をスパン 0 . 0 0 2 5 s で分割するとよい。

また、本実施の形態においては、所定のスパンを一定としているが、これに限定されず、任意のスパン幅に変化させてもよく、所定の可変変数を用いてもよい。

【 0 0 6 9 】

次に、図 7 に示すように、分割した所定のスパン毎のうち、相関値が最大値または所定の相関値以上を有するスパンを特定スパンとして特定する (ステップ S 7 2 )。

具体的に、図 8 に示したように、相互相関関数の最大値は、 $S P d$  であるため、特定スパンを  $S P d$  と特定する。

【 0 0 7 0 】

また、図 8 に示す相互相関関数において、所定の相関値以上を 0 . 8 以上であるとした場合、 $S P d$  および  $S P e$  が該当するため、特定スパンを  $S P d$  および  $S P e$  と特定する。なお、本実施の形態においては、所定の相関値を 0 . 8 以上であることとしたが、これに限定されず、任意の相関値であってもよい。

【 0 0 7 1 】

次いで、相互相関関数は、複数個あるため、他の相互相関関数についても同様のステップ S 7 2 の処理を行う。具体的に、図 9 に示したように、相互相関関数の最大値を含むスパンは、 $S P d$  であるため、特定スパンを  $S P d$  と特定する。

【 0 0 7 2 】

また、図 9 に示す相互相関関数において、所定の相関値以上を 0 . 8 以上であるとした場合、 $S P c$  および  $S P d$  が該当するため、特定スパンを  $S P c$  および  $S P d$  と特定する。

【 0 0 7 3 】

続いて、図 1 0 に示したように、相互相関関数の最大値は、 $S P e$  であるため、特定スパンを  $S P e$  と特定する。

【 0 0 7 4 】

また、図 1 0 に示す相互相関関数において、所定の相関値以上を 0 . 8 以上であるとした場合、 $S P e$  および  $S P f$  が該当するため、特定スパンを  $S P e$  および  $S P f$  と特定する。

【 0 0 7 5 】

当該処理を繰り返し、図 1 1 に示したように、相互相関関数の最大値を含むスパンは、 $S P e$  であるため、特定スパンを  $S P e$  と特定する。

【 0 0 7 6 】

また、図 1 1 に示す相互相関関数において、所定の相関値以上を 0 . 8 以上であるとした場合、 $S P d$  および  $S P e$  が該当するため、特定スパンを  $S P d$  および  $S P e$  と特定する。

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

50

続いて、図 1 2 に示したように、相互相関関数の最大値を含むスパンは、S P g であるため、特定スパンを S P g と特定する。

また、図 1 2 に示す相互相関関数において、所定の相関値以上を 0 . 8 以上であるとした場合、S P c , S P d , S P f および S P g が該当するため、特定スパンを S P c , S P d , S P f および S P g と特定する。

【 0 0 7 8 】

次いで、具体的に、図 1 3 に示したように、相互相関関数の最大値を含むスパンは、S P e であるため、特定スパンを S P e と特定する。

また、図 1 3 に示す相互相関関数において、所定の相関値以上を 0 . 8 以上であるとした場合、S P e が該当するため、特定スパンを S P e と特定する。

10

このようにして、ステップ S 7 2 の処理を実施する。

【 0 0 7 9 】

また、ステップ S 1 1 , S 2 1 において、2 回以上 1 0 0 0 0 回以下の検知を行うことが好ましい。本実施の形態においては、1 0 0 回の検知を行った。その結果、1 0 0 個の相互相関関数が得られているため、1 0 0 個の相互相関関数に対してステップ S 7 2 の処理を行った。

【 0 0 8 0 】

以上のように、複数の相互相関関数を繰り返し、最大値または所定の相関値以上のスパンを特定スパンとして特定し、図 7 に示すように、特定スパンの頻度を算出する（ステップ S 7 3 ）。

20

例えば、各スパン S P a , ~ , S P h における最大値の出現が、スパン S P a は 0 回、スパン S P b は 2 回、スパン S P c は 1 0 回、スパン S P d は 1 5 回、スパン S P e は 1 2 回、スパン S P f は 3 回、スパン S P g は 2 回、スパン S P h は 0 回であったとする。

【 0 0 8 1 】

なお、ステップ S 7 3 の処理を最大値の出現回数として例示したが、これに限定されず、所定の相関値以上の各スパン S P a , ~ , S P h の出現が、例えば、スパン S P a は 0 回、スパン S P b は 2 回、スパン S P c は 2 0 回、スパン S P d は 3 5 回、スパン S P e は 2 2 回、スパン S P f は 1 4 回、スパン S P g は 2 回、スパン S P h は 0 回であったとしてもよい。

【 0 0 8 2 】

続いて、図 7 に示すように、所定の回数以上の相互相関関数を選択し（ステップ S 7 4 ）、図 1 4 に示した選択された相互相関関数を平均化して、相互相関関数を再度算出し（ステップ S 7 5 ）、位置算出処理（ステップ S 3 5 ）に与える。

30

【 0 0 8 3 】

例えば、3 回以上の他の任意の回数で規定した場合、出現回数が 2 回であるスパン S P g を最大値にもつ図 1 2 の相互相関関数は、除外される。すなわち、図 1 4 に示すように、図 1 2 の相互相関関数は、平均化に加えられない。

【 0 0 8 4 】

以上のように、2 回以上の他の任意の回数で規定するため、外乱などが含まれた図 1 2 のような相互相関関数を除外し、外乱などを含まない相互相関関数を用いて位置算出を行うため、信頼性の高い位置算出を行うことができる。

40

【 0 0 8 5 】

図 1 5 は、ステップ S 3 5 の位置算出処理を行った結果の一例を示す模式図である。

図 1 5 に示すように、検知レベル値 1 8、検知レベル値 5 および検知レベル値 4 の三か所で、棒グラフ状に示された場合について説明する。ここで、検知レベル 1 0 以上は、漏水の可能性が大きい判定 A と仮定し、検知レベル 1 0 未満は、漏水の可能性のある判定 B と規定する。

【 0 0 8 6 】

この場合、検知レベル値 1 8 の判定 A の領域を有する箇所については、漏水がある可能性が高いため、修理のために穴を掘ることができ、検知レベル値 4 または検知レベル値 5

50

の判定 B の領域を有する箇所については、再度、検知を行ってもよい。

【 0 0 8 7 】

また、判定 B の領域を有する箇所においても、樹脂管または大口径の配管の場合には、漏水音が明確に生じないことがあるため、漏水の可能性が無いとは言えない。その結果、漏水の可能性があるため、穴を掘って確かめてもよい。

【 0 0 8 8 】

なお、上記の説明においては、検知レベル 1 0 以上か未満かで、判定 A および判定 B のいずれかに決定したが、判定レベルを 3 段階以上にしてもよく、検知レベルを、配管の種類、素材別、口径別で数値を任意に設定しても良い。

【 0 0 8 9 】

このように、本実施の形態においては、外乱を除去することができるため、信頼性の高い位置算出を行うことができる。

【 0 0 9 0 】

< 第 2 の実施の形態 >

次に、第 2 の実施の形態について説明する。第 2 の実施の形態においては、主に第 1 の実施の形態と異なる点について説明を行う。

図 1 6 は、図 7 の頻度処理化の他の例を示すフローチャートであり、図 1 7 はステップ S 7 4 a の処理を説明する模式図である。

また、図 1 7 に示す ( 1 ) ~ ( 1 0 0 ) は、図 8 から図 1 3 までの相互相関関数を略記したものである。

【 0 0 9 1 】

図 1 6 に示すように、第 2 の実施の形態に係る頻度処理化は、ステップ S 7 1 ~ ステップ S 7 3 およびステップ S 7 5 の処理は第 1 の実施の形態と同一であり、異なる部分は、所定の回数以上の相互相関関数のスパン部分のみを選択 ( ステップ S 7 4 a ) する部分である。

【 0 0 9 2 】

具体的に、ステップ S 7 4 a の処理について説明する。ステップ S 7 4 a の処理では、所定の相関値が 0 . 8 以上を示すもののみを抽出する。例えば、図 8 の特定スパン S P d , S P e のみを抽出し、図 9 の特定スパン S P c , S P d のみを抽出し、図 1 0 の特定スパン S P e , S P f のみを抽出し、図 1 1 の特定スパン S P d , S P e のみを抽出し、図 1 2 の特定スパン S P c , S P d , S P f および S P g のみを抽出し、図 1 3 の特定スパン S P e のみを抽出する。

【 0 0 9 3 】

なお、図 1 7 においては、所定の相関値以上か否かにおいて処理を行ったが、最大値に基づいて処理を行ってもよい。

【 0 0 9 4 】

その結果、各スパンのうち、影響の高い特定スパンについて処理を行うことができるため、位置算出を明確に行うことができる。

【 0 0 9 5 】

以上のように、本実施の形態に係る漏水検知システム 1 0 0 においては、第 1 の振動計測装置 2 0 1 および第 2 の振動計測装置 2 0 2 の接続線 3 0 0 を用いて、容易に漏水位置を検出することができる。特に、管網 1 1 0 の配管が樹脂からなる場合であっても、確実に漏水位置を検出することができる。

また、振動計測装置 2 0 0 が予め管網 1 1 0 に取り付けられているので、確実に漏水を検出することができる。

【 0 0 9 6 】

また、振動計測装置 2 0 0 は、圧電素子 2 5 0、および増幅器 2 3 0 により形成されるので、圧電素子 2 5 0 からの振動検出信号にノイズがのる前に増幅し、振動検出信号を明確にすることができる。すなわち、S N 比を向上させることができる。

また、パーソナルコンピュータ 5 0 0 に振動計測装置 2 0 0 の位置情報を記録すること

10

20

30

40

50

ができるので、接続線 300 とパーソナルコンピュータ 500 とを接続することで、確実に漏水位置を検出することができる。

【0097】

なお、上記漏水位置特定方法については、各種の管網 110 に適用することができる。例えば、水道の配管からの漏水を検出する他、水道以外の各種配管内の漏水を検出する用途、または、工場内の薬液等の配管における薬液等の流体の漏洩を検出する用途などでも使用することができる。

【0098】

本発明においては、管網 110 が「配管」に相当し、第 1 の振動計測装置 201 が「第 1 の振動計測装置」に相当し、第 2 の振動計測装置 202 が「第 2 の振動計測装置」に相当し、接続線 300 が「第 1 の接続線、第 2 の接続線」に相当し、パーソナルコンピュータ 500 が「記録媒体」に相当し、ステップ S53 の処理が「埋設工程」に相当し、ステップ S54 の処理が「記録工程」に相当し、ステップ S51 から S54 の処理が「漏水検知システムの設置方法」に相当し、ステップ S51 の処理が「第 1 取り付け工程、第 2 取り付け工程」に相当し、ステップ S52 の処理が「第 1 接続工程、第 2 接続工程」に相当し、圧電素子 250 が「薄膜状の第 1 圧電素子、薄膜状の第 2 圧電素子」に相当し、ステップ S51 の処理が「第 1 の巻回工程、第 2 の巻回工程」に相当し、増幅器 230 が「第 1 の増幅器、第 2 の増幅器」に相当し、増幅器 230 による信号増幅が「第 1 の増幅工程、第 2 の増幅工程」に相当し、漏水検知システム 100 が「漏水検知システム」に相当し、ステップ S11 ~ S13、ステップ S21 から S23、およびステップ S31 ~ S35 の処理が「漏洩検知方法」に相当する。

10

20

【0099】

本発明の好ましい一実施の形態は上記の通りであるが、本発明はそれだけに制限されない。本発明の精神と範囲から逸脱することのない様々な実施形態が他になされることは理解されよう。さらに、本実施形態において、本発明の構成による作用および効果を述べているが、これら作用および効果は、一例であり、本発明を限定するものではない。

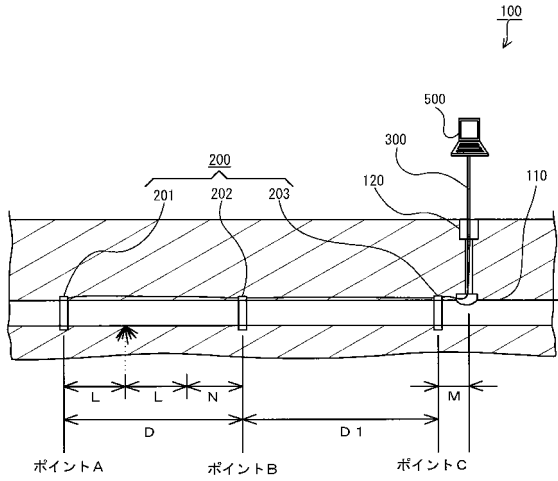
【符号の説明】

【0100】

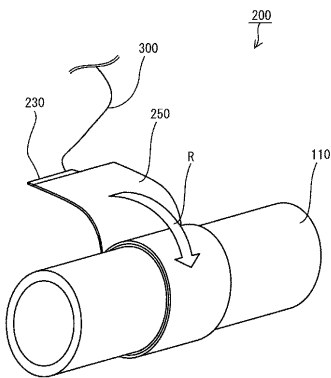
- 100 漏水検知システム
- 110 管網
- 200 振動計測装置
- 230 増幅器
- 250 圧電素子
- 300 接続線
- 500 パーソナルコンピュータ

30

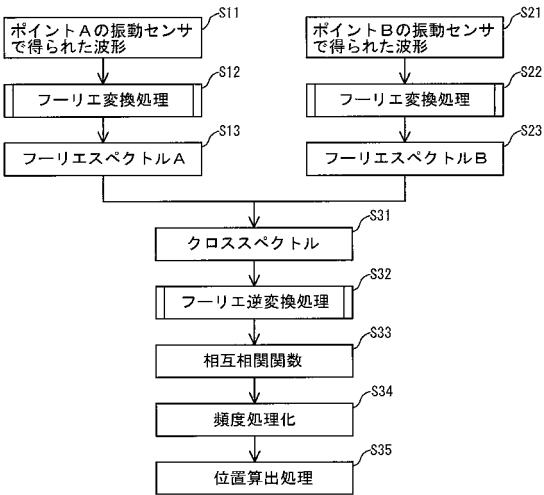
【図1】



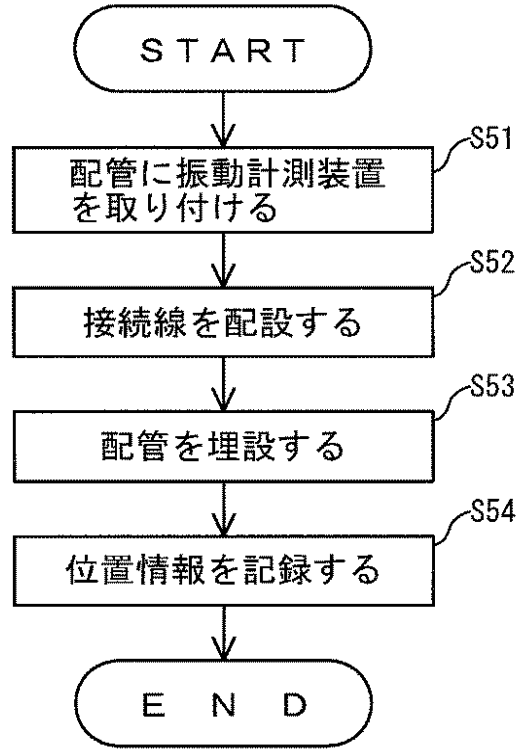
【図2】



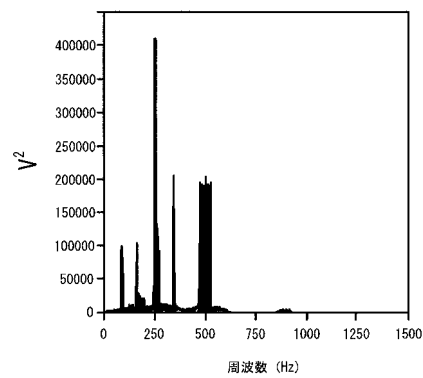
【図4】



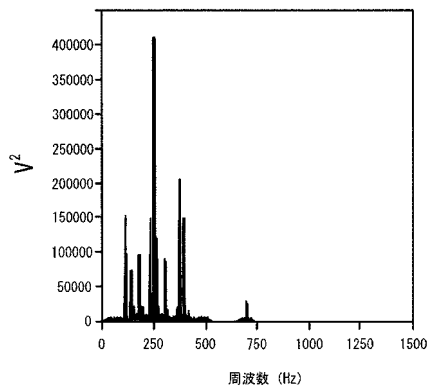
【図3】



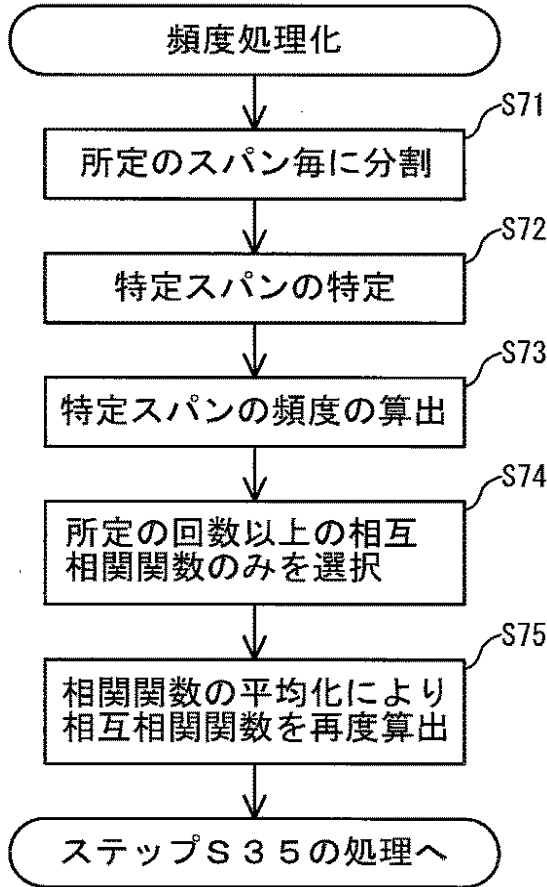
【図5】



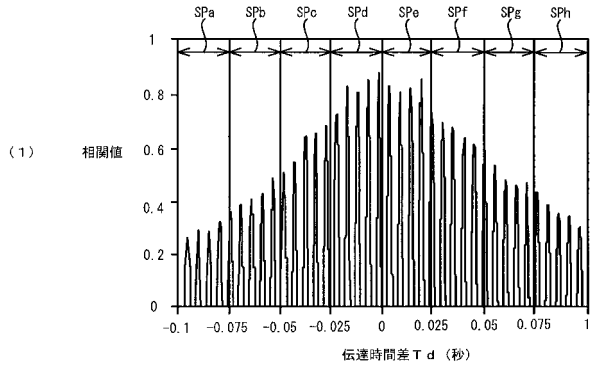
【図6】



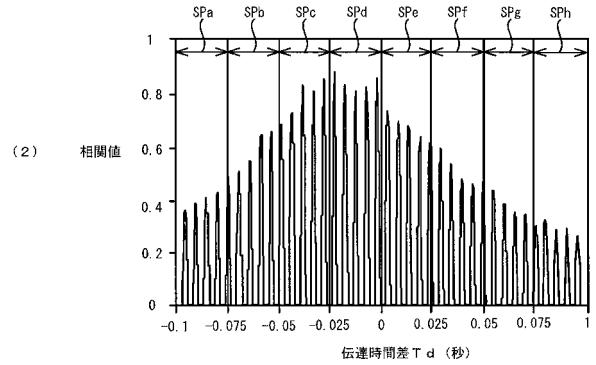
【図7】



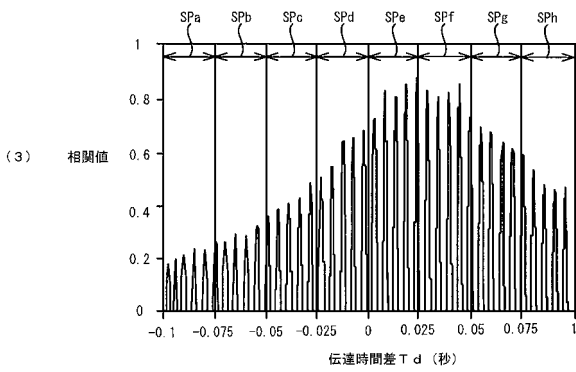
【図8】



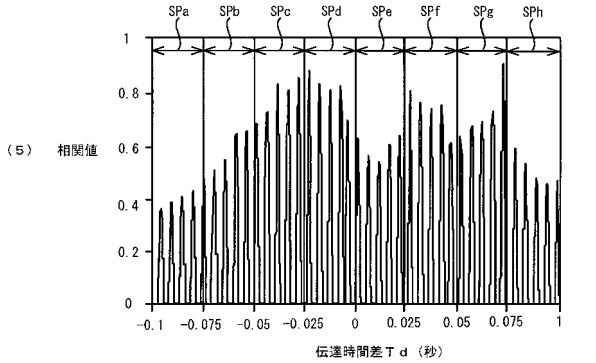
【図9】



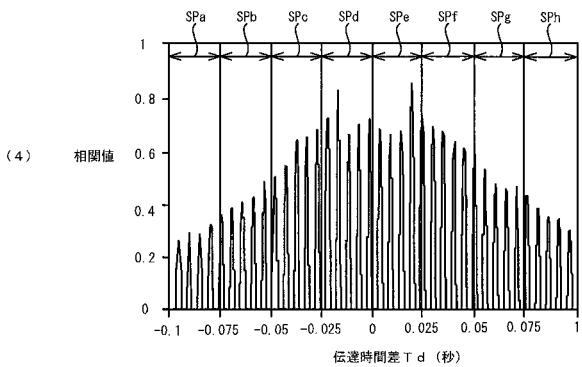
【図10】



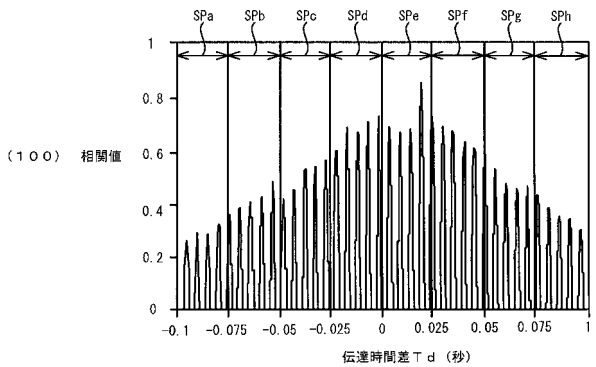
【図12】



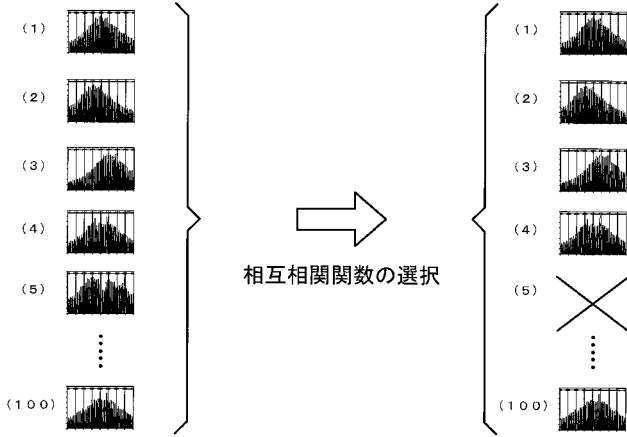
【図11】



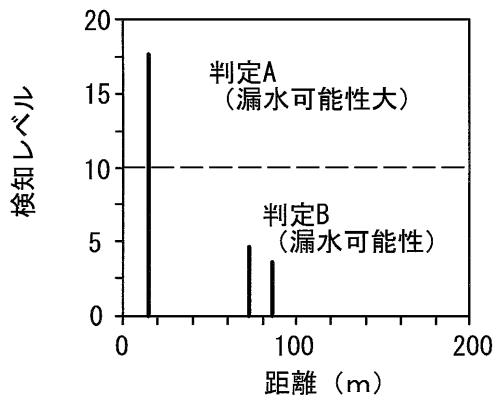
【図13】



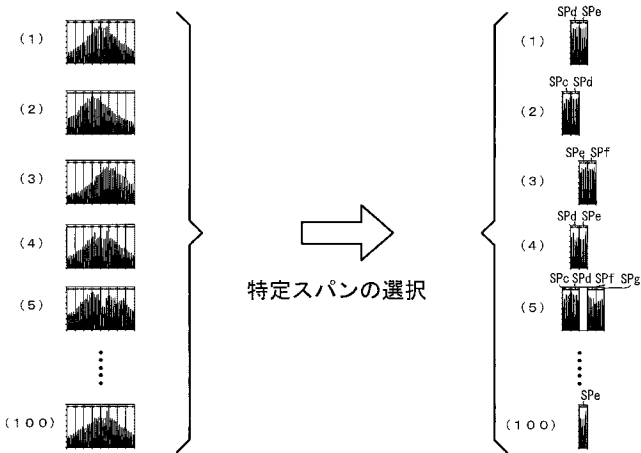
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 7 】



【 図 1 6 】

