

(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
2013年10月3日(03.10.2013)

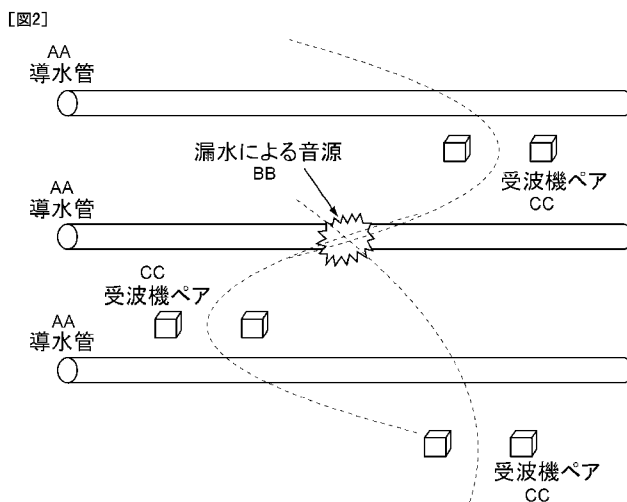


(10) 国際公開番号
WO 2013/145492 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 3/24 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/084046
 - (22) 国際出願日: 2012年12月28日(28.12.2012)
 - (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 2012-082165 2012年3月30日(30.03.2012) JP
 - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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; および
(71) 出願人(米国についてのみ): 田中 俊明(TANAKA Toshiaki) [JP/JP]; 〒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: 辻丸 光一郎, 外(TSUJIMARU Koichiro et al.); 〒6008813 京都府京都市下京区中堂寺南町134 京都市サーチパーク1号館301号室 Kyoto (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: LEAK DETECTION METHOD, WATER LEAKAGE DETECTION METHOD, LEAK DETECTION DEVICE, AND WATER LEAKAGE DETECTION DEVICE

(54) 発明の名称: 漏洩検知方法、漏水検知方法、漏洩検知装置および漏水検知装置



AA... WATER PIPE
BB... SOURCE OF SOUND FROM WATER LEAKAGE
CC... SOUND RECEIVER PAIR

(57) Abstract: Provided are a leak detection method, a water leakage detection method, a leak detection device, and a water leakage detection device having a simple sensor installation, high accuracy of detection, and high reliability, for a pipe inside which a fluid is flowing. The present invention is characterized by including: an acoustic data acquiring step in which two acoustic sensors are disposed at a constant distance from each other and at a constant distance from a pipe location, the two acoustic sensors are treated as a pair, the acoustic sensors which constitute the pair of acoustic sensors are time-synchronized, and acoustic data is acquired by the acoustic sensors; a time difference calculating step for calculating the difference in arrival time of sound received by the acoustic sensors; a distance difference calculation step for calculating the difference in distance between a source of the sound and each acoustic sensor; a hyperbola acquiring step for calculating a hyperbola having the positions of the acoustic sensors as the foci thereof, the hyperbola being the set of points for which the difference in distance from the acoustic sensors is constant; and a position specifying step for specifying the position of a leak from an intersection of the pipe and the hyperbola.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2013/145492 A1



センサの設置が簡便であり、かつ、検知の精度が高く、信頼性の高い、内部に流体が流れている配管の漏洩検知方法、漏水検知方法、漏洩検知装置および漏水検知装置を提供する。2つの音響センサが、相互に一定の距離を置き、かつ、配管場所から一定の距離を置いて配置され、前記2つの音響センサを一組とし、前記一組の音響センサを構成する音響センサを時刻同期させ、前記音響センサが音響データを取得する音響データ取得工程と、前記各音響センサの受信した音の到来時間差を求める時間差算出工程と、前記到来時間差から、前記音の音源と前記各音響センサとの距離の差を算出する距離差算出工程と、前記各音響センサからの距離の差が一定である点の集合である、前記各音響センサの位置を焦点とする双曲線を求める双曲線取得工程と、前記配管と前記双曲線との交点から漏洩位置を特定する位置特定工程とを含むことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：

漏洩検知方法、漏水検知方法、漏洩検知装置および漏水検知装置

技術分野

[0001] 本発明は、配管の漏洩検知方法、漏水検知方法、漏洩検知装置および漏水検知装置に関する。

背景技術

[0002] 内部に流体が流れている配管からの漏洩防止、例えば、都市の上水システムにおける漏水の防止は、たいへん大きな関心事である。上水システムの維持管理状況にもよるが、提供水量に対し、その数十%が漏水として地中に吸収されている地域もあると言われている。このような多量の漏水は、特に地域によっては、貴重な資源である水そのものを浪費するばかりではなく、上水場などの上水システムにおいても、実際の所要量以上の能力を保持する必要がある、極めて非効率的である。また、上水管の破損などにより、特定の場所へ大量の漏水があれば、その周辺の土壌が流出し、例えば道路が陥没してしまうなど、甚大な災害が発生した実例もしばしば報道されている。

[0003] そのため、漏水が発生したら、速やかにそれを検知して補修を行うことが必要であるが、実際にはその検知は容易ではない。その理由はいくつかあるが、主な要因は、水は無色かつ無臭であることに加え、地下には地下水などもあり、漏水か地下水かの区別がつきづらい点にある。また、上水管の大部分は地中に埋まっているため、検知自体が困難である点も大きな要因である。

[0004] しかしながら、漏水を検知するいくつかの方法が開発され、実際に用いられている。一例としては、熟練した探査員の聴覚によって、漏水箇所を検知する方法が挙げられる。これは、例えば、探査員が地表に露出している弁などの箇所において、深夜の静寂時などに聴覚にて漏水音の有無を確認し、漏水音が確認された場合には、専用の聴音器を地表に当てて管路に沿って移動

しつつ、最も漏水音が明瞭となる箇所を探知して、漏水箇所を特定しようとするものである。この方法は、高価な機器などを必要とはしないが、探査員には熟練が必要であり、また、熟練した探査員間においても、個人間の技量のバラつきが大きいという問題がある。

[0005] そこで、人間の感覚に頼ることなく漏水位置を特定しようとする試みとして、例えば、配管に音響検知器や振動検知器を取り付け、漏水場所を特定する方法が検討されている（例えば、特許文献1～4参照）。これらは、漏水の疑われるおおよその箇所を挟む配管上に二つの音響センサを設置し、それらで受信した漏水音の信号を相互相関処理にかけ、漏水音の到来時間差から、漏水位置を特定する方法である。この方法では探査員の技量にはよらず、精度よく漏水箇所を特定可能であるが、予め、おおよその漏水箇所が判明している必要がある。そのためには、前記手法のように、探査員が地表に露出している弁などの箇所において、深夜に聴覚にて漏水音の有無を確認するなどの作業工程が必要となってしまう。

[0006] 結局、前記のいずれの方法においても、探査員による人海戦術的な漏水箇所の捜索が必要な状況となっている。しかし、熟練した探査員の維持確保は容易ではないことや、作業時間が静寂な深夜に限られていることなどから、捜索作業の効率は悪い一方、大都市では総延長が数万kmといった上水網が設置されており、結果として、有効な漏水対策が施されていない都市が多々ある状況である。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2008-51776号公報
特許文献2：特開平11-72409号公報
特許文献3：特開平11-248591号公報
特許文献4：特開平11-117356号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 前記特許文献に記載の技術のように、配管に接した音響センサを用いて、相互相関処理により位置局限を行う場合、測定原理上、漏水箇所は二つのセンサ間に存在している必要がある。すなわち、例えば二つのセンサA、Bを配管上に設けた場合、A B間の外側にある漏水箇所については、Aより外側か、Bより外側かという、二者択一の情報しか得ることができず、距離に係わる情報は得ることができない。したがって、漏水箇所がセンサ網のすぐ外側にある場合はその位置を局限できず、また、せっかく複数のセンサが配置されていても、それらを活用して求めた位置データを平均化して、より位置局限の精度を高めることが難しいという課題がある。

[0009] 前記特許文献に記載の技術のように、管路に沿って音響センサを配置する場合、漏水音の伝播距離の関係から、例えば、100～数100mおき程度の間隔で配置することが望ましい。上水管等は、一般には地中に埋まっているため、工事の手間の観点から、音響センサを管路へ設置するには、マンホールなどの既存の設備を利用して設置することが現実的である。しかしながら、マンホールなどは必ずしも、音響センサの配置に都合のよい場所に存在しているわけではない。そのため、センサを理想的な位置に配置しようとすると、大掛かりな工事が必要であるなど、容易なものではなかった。

[0010] 本発明の目的は、センサの設置が簡便であり、かつ、検知の精度が高く、信頼性の高い、配管の漏洩検知方法、漏水検知方法、漏洩検知装置および漏水検知装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0011] 前記目的を達成するために、本発明の漏洩検知方法は、
2つの音響センサが、相互に一定の距離を置き、かつ、配管場所から一定の距離を置いて配置され、前記2つの音響センサを一組とし、
前記一組の音響センサを構成する音響センサを時刻同期させ、前記音響センサが音響データを取得する音響データ取得工程と、
前記各音響センサの受信した音の到来時間差を求める時間差算出工程と、

前記到来時間差から、前記音の音源と前記各音響センサとの距離の差を算出する距離差算出工程と、

前記各音響センサからの距離の差が一定である点の集合である、前記各音響センサの位置を焦点とする双曲線を求める双曲線取得工程と、

前記配管と前記双曲線との交点から漏洩位置を特定する位置特定工程とを含むことを特徴とする、内部に流体が流れている配管の漏洩検知方法である。

[0012] また、本発明の漏水検知方法は、前記本発明の漏洩検知方法を用い、導水管からの漏水を検知することを特徴とする。

[0013] 本発明の漏洩検知装置は、

音響データ取得手段と、時間差算出手段と、距離差算出手段と、双曲線取得手段と、位置特定手段とを含み、

前記音響データ取得手段は、音響データを取得可能で時刻同期可能な2つの音響センサが、相互に一定の距離を置き、かつ、配管場所から一定の距離を置いて配置され、前記2つの音響センサを一組としたものであり、

前記時間差算出手段は、前記各音響センサの受信した音の到来時間差を求める手段であり、

前記距離差算出手段は、前記到来時間差から、前記音の音源と前記各音響センサとの距離の差を算出する手段であり、

前記双曲線取得手段は、前記各音響センサからの距離の差が一定である点の集合である、

前記各音響センサの位置を焦点とする双曲線を求める手段であり、

前記位置特定手段は、前記配管と前記双曲線との交点から漏洩位置を特定する手段であることを特徴とする、内部に流体が流れている配管の漏洩検知装置である。

[0014] また、本発明の漏水検知装置は、前記本発明の漏洩検知装置を含み、導水管からの漏水を検知することを特徴とする。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、センサの設置が簡便であり、かつ、検知の精度が高く、

信頼性の高い、配管の漏洩検知方法、漏水検知方法、漏洩検知装置および漏水検知装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本発明における、2つのセンサを一組として位置局限を行う方法を説明する概念図である。

[図2]図2は、本発明における、一組のセンサを複数組用い、位置局限を行う方法を説明する概念図である。

[図3]図3は、本発明において、一組のセンサを複数組用い、漏水音か否かの判定を行う概念図である。

[図4]図4は、音速の誤差が位置局限に与える影響を説明する概念図である。

[図5]図5は、3つのセンサを一組として位置局限を行う方法を説明する概念図である。

[図6]図6は、本発明の漏水検知方法および漏水検知装置を使用した漏水検知システムの一例の概念図である。

[図7]図7は、本発明の漏水検知方法および漏水検知装置を使用した漏水検知システムの一例の構成図である。

[図8]図8は、マスタ側のセンサの動作を説明するフロー図である。

[図9]図9は、スレーブ側のセンサの動作を説明するフロー図である。

[図10]図10は、処理センタの動作を説明するフロー図である。

[図11]図11は、漏水検知処理の動作を説明するフロー図である。

[図12]図12は、位置局限処理の動作を説明するフロー図である。

[図13]図13は、本発明の第5の実施形態での、マスタ側のセンサの動作を説明するフロー図である。

[図14]図14は、本発明の第5の実施形態での、位置局限処理の動作を説明するフロー図である。

発明を実施するための形態

[0017] 本発明の漏洩検知方法において、前記一組の音響センサを複数組用い、前記双曲線取得工程において、前記双曲線を、各組毎に求め、前記位置特定工

程において、前記各組毎に求めた双曲線の交点を加重平均することにより、音源位置を特定することが好ましい。

[0018] 本発明の漏洩検知方法において、前記一組の音響センサを複数組用い、前記双曲線取得工程において、前記双曲線を、各組毎に求め、前記位置特定工程において、前記各組毎に求めた双曲線の交点のうち、前記配管上にある交点の位置を漏洩位置であると判断することが好ましい。

[0019] 本発明の漏洩検知方法において、前記一組の音響センサを構成する音響センサ間において、相対時刻同期を行い、前記複数組の音響センサの組間において、絶対時刻同期を行うことが好ましい。

[0020] 本発明の漏洩検知方法において、前記2つの音響センサに代えて、少なくとも3つの音響センサを用い、前記少なくとも3つの音響センサを一組とし、前記双曲線取得工程において、前記少なくとも3つの音響センサのうち、2つずつを組み合わせて焦点とした、少なくとも3種類の双曲線を求めることが好ましい。

[0021] 本発明の漏洩検知方法において、前記一組の音響センサを、少なくとも3組用い、前記位置特定工程において、前記音が伝搬する媒質での音速を可変パラメータとして用いて、前記交点を求めることが好ましい。

[0022] 本発明の漏洩検知方法において、前記時間差算出工程に先立ち、前記各音響センサの受信した音響データのパワースペクトルを導出し、漏洩の検出されなかった過去の音響データのパワースペクトルと比較し、漏洩の有無を判定する判定工程を含むことが好ましい。

[0023] 本発明の漏洩検知方法において、前記双曲線の交点が複数存在する場合、前記位置特定工程において、前記各音響センサの受信した音響データのパワースペクトル上での漏洩音の強度比データを用い、漏洩位置を特定することが好ましい。

[0024] 本発明の漏洩検知方法において、前記音響データ取得工程において、前記各音響センサが受信した音響データを、複数のサンプリング速度と収録時間との組み合わせ毎に収集することが好ましい。

- [0025] 本発明の漏洩検知方法において、前記時間差算出工程に先立ち、他の音響分析方法を用いて漏洩の有無を判定する判定工程を含むことが好ましい。
- [0026] 本発明の漏洩検知装置において、前記一組の音響センサを複数組用い、前記双曲線取得手段が、前記双曲線を、各組毎に求め、前記位置特定手段が、前記各組毎に求めた双曲線の交点を加重平均することにより、音源位置を特定することが好ましい。
- [0027] 本発明の漏洩検知装置において、前記一組の音響センサを複数組用い、前記双曲線取得手段が、前記双曲線を、各組毎に求め、前記位置特定手段が、前記各組毎に求めた双曲線の交点のうち、前記配管上にある交点の位置を漏洩位置であると判断することが好ましい。
- [0028] 本発明の漏洩検知装置において、前記一組の音響センサを構成する音響センサ間において、相対時刻同期を行い、前記複数組の音響センサの組間において、絶対時刻同期を行うことが好ましい。
- [0029] 本発明の漏洩検知装置において、前記2つの音響センサに代えて、少なくとも3つの音響センサを用い、前記少なくとも3つの音響センサを一組とし、前記双曲線取得手段が、前記少なくとも3つの音響センサのうち、2つずつを組み合わせて焦点とした、少なくとも3種類の双曲線を求めることが好ましい。
- [0030] 本発明の漏洩検知装置において、前記一組の音響センサを、少なくとも3組用い、前記位置特定手段が、前記音が伝搬する媒質での音速を可変パラメータとして用いて、前記交点を求めることが好ましい。
- [0031] 本発明の漏洩検知装置において、さらに、前記各音響センサの受信した音響データのパワースペクトルを導出し、漏洩の検出されなかった過去の音響データのパワースペクトルと比較し、漏洩の有無を判定する判定手段を含むことが好ましい。
- [0032] 本発明の漏洩検知装置において、前記双曲線の交点が複数存在する場合、前記位置特定手段が、前記各音響センサの受信した音響データのパワースペクトル上での漏洩音の強度比データを用い、漏洩位置を特定することが好ま

しい。

[0033] 本発明の漏洩検知装置において、前記音響データ取得手段が、前記各音響センサが受信した音響データを、複数のサンプリング速度と収録時間との組み合わせ毎に収集することが好ましい。

[0034] 本発明の漏洩検知装置において、さらに、他の音響分析手段を用いて漏洩の有無を判定する判定手段を含むことが好ましい。

[0035] 漏水箇所の検知を効率よく実施するためには、音響センサを管路に沿って網状、かつ固定的に配置し、それらセンサで定期的に収集したデータを処理センタのサーバへ集積して漏水音の自動検出処理を行い、検出された場合は、近隣のセンサデータ間にて相互相関処理を行い、漏水位置を局限するシステムを設置することで可能となる。このようなシステムを構築し、運用すれば、処理センタにて漏水箇所の検知や位置局限を集中、かつ自動的に実施できるため、熟練した探査員の維持確保や、深夜に巡回する効率の悪い作業の問題が解消すると期待されている。しかしながら、そのようなシステムの構築にあたっては以下のような課題があり、実現されてはいなかった。

[0036] まず、漏水音の自動識別が挙げられる。漏水の有無を自動的に検出するには、音響センサの信号に周波数分析処理などを施し、漏水音特有の周波数帯域でのエネルギー強度により判定するなどの手法が考えられる。しかしながら、たとえ静寂な深夜にデータを取得したとしても、その帯域には漏水以外の他の音源成分がないとも限らず、誤警報を発する可能性があるという課題があった。

[0037] また、異なるセンサ間の時刻同期の課題も挙げられる。管路などの固体を伝播する音波の速度は、その材質にもよるが、おおよそ3,000~6,000 m/s程度である。音波が1 m伝播するためにかかる時間は、この逆数であるから、167~333 μ s程度となる。すなわち、相互相関処理により漏水箇所を1 m程度の精度で局限するためには、漏水音の到来時間差を200 μ s前後の精度で測定する必要がある。一般的に、測定は所望の精度より1桁高い刻み幅で行う必要があることから、音響センサによる漏水音の収

集は $20 \mu\text{s}$ 程度の間隔、すなわち、 50kHz 程度のサンプリング速度で行うことが望ましい。

[0038] ところで、相互相関処理により漏水音の到来時間差を求める場合には、当然、二つのセンサ間にて、データ収集におけるサンプリングのタイミングが合致している必要がある。つまり、二つのセンサ間にて、 $20 \mu\text{s}$ 程度の極めて高い精度で時刻が同期されている必要がある。通常、このような高い精度で時刻を同期するには、GPSや電波時計のような外部同期信号を利用する方法が一般的である。しかし、センサは一般にはマンホール下などに設置されてきたため、GPSや電波時計の電波を受信することは容易ではなく、正確な時刻同期を行うことが難しいという課題があった。もちろん、離れたセンサ同士を有線にて接続すれば、時刻同期を容易に行うことも可能である。しかし、その場合は長い接続線の設置工事費が膨大なものになってしまうため、現実的な選択肢とはなり得ない状況である。

[0039] 相互相関処理を行うセンサのペアを固定せず、隣接したセンサのペア以外でも相関処理を行えば、より精度を高めることも可能と推測される。しかしながら、それを行うためには近隣にある全てのセンサが正確に時刻同期している必要があり、前記時刻同期の問題から、それも現実的な選択肢とはなり得ない状況である。

[0040] さらに、音響センサで収集したデータの回収方法についての課題がある。前記のように、各センサを有線のネットワークで接続することは、設置工事費の観点にて現実的ではないため、無線のネットワークを用いることが妥当と考えられる。限られた無線回線の資源を用いて、効率的にデータを処理センタへ収集するためには、各センサから収集する音響データのサイズは、可能な限り小さいことが望ましい。しかしながら、所望の精度で相関処理を行うためには、前記のように、 50kHz 程度の高速サンプリングが必要である。一方、収集する音響データは、常にサーバで自動処理を行うのみならず、時には処理センタにおいても再生して探査員が聴取し、漏水による音か否かの確認を行うような運用も想定される。そのためには、音響データのサイ

ズは例えば1分間など、探査員の有意な聴取に必要な時間を満たす長さであることが望ましい。結果として、高速サンプリングで長時間のデータ長、すなわち、データのサイズとしては非常に大きくなり、無線回線を圧迫するという課題があった。

[0041] 以下、本発明の漏洩検知方法、漏水検知方法、漏洩検知装置および漏水検知装置について、例をあげて詳細に説明する。ただし、本発明は、以下の実施形態に限定されない。なお、以下の図1から図14において、同一部分には、同一符号を付している。

[0042] [第1の実施形態]

図1は、本発明の第1の実施形態の漏洩検知方法を説明する概念図である。図1に示すように、本発明においては、2つの音響センサ1、2が、相互に一定の距離を置き、かつ、配管5の場所から一定の距離を置いて配置されている。配管5の内部には、流体が流れている。そして、前記2つの音響センサを一組として用い、以下に述べるように、配管5における漏洩の検知を行う。本実施形態においては、配管5は地中に埋設された導水管であり、前記流体は水である場合について説明するが、本発明はこれに限定されない。

[0043] 本実施形態の漏洩検知方法は、以下のステップを実施する。まず、前記一組の音響センサを構成する音響センサ1、2を時刻同期させ、音響データを取得する（音響データ取得工程）。ついで、音響センサ1、2の取得した音の、音響センサ1、2間での到来時間差を求める（時間差算出工程）。得られた到来時間差から、前記音の音源と音響センサ1、2との距離の差を算出し（距離差算出工程）、音響センサ1、2からの距離の差が一定である点の集合である、音響センサ1、2の位置を焦点とする双曲線を求める（双曲線取得工程）。そして、配管5と前記双曲線との交点から漏洩位置を特定する（位置特定工程）。

[0044] 本発明においては、音響センサを、配管の場所から一定距離を置いて配置するので、地中にある導水管には直接接触させず、例えば、管路近隣の、地表面の歩道上に設置することができる。漏水音は導水管を伝播するが、当然

、地中も伝播するため、地表面でも聴取することは可能である。これは、関連技術において、探査員が漏水箇所を捜索する場合に、専用の聴音器を地表にあてて、漏水音を聴取することからもわかる。したがって、マンホール位置などに制約を受けず、理想の場所へセンサを設置することができるため、工事費の節約が可能となる。また、地中ではない地上への設置により、データ収集用の無線アンテナの設置が容易となり、電波の放射特性も向上して、後述するデータ収集時において、通信可能なエリアも拡大する。

[0045] また、配管に接した音響センサを用いた場合には、前述のとおり、センサ間にある漏洩位置しか局限することができない。一方、本発明のように配管の場所から離れて設置されている音響センサのペアを用いると、漏洩音の相互関係処理を行い、広範囲において漏洩位置を局限することができる。具体的には、図1においては、下記式の関係性を有し、漏水音の到来時間差に音速を乗じた値、すなわち、音響センサのペアから見た漏水箇所までの経路差がある一定の値となる領域は、その二つのセンサを焦点とする、双曲線上に存在することとなる。したがって、双曲線と管路との交点を求めることで、漏水位置を特定することができる。

[0046] [数1]

$$L1-L2=\sqrt{D^2+(L+d)^2}-\sqrt{D^2+(L-d)^2}=\tau \cdot V_g$$

2d: 音響センサ1、2間の距離

L1: 漏水位置Xから音響センサ1までの伝搬距離

L2: 漏水位置Xから音響センサ2までの伝搬距離

D : 音響センサ1、2間の中心から、導水管までの距離

L : 音響センサ1、2間の中心の直下の導水管上の位置と漏水位置Xとの距離

τ : 漏水音の到来時間差

V_g : 地中での音速

[0047] このように、漏水箇所がペアとなる音響センサ間に存在する場合のみならず、その外側に存在する場合においても、漏水位置を局限可能となる。これにより、面的に設置した音響センサを活用して多重解の加重平均処理などを行うことにより、漏水位置の局限精度を向上することも可能となる。また、

漏水箇所がセンサ網のすぐ外側に存在する場合においても、その位置を局限することが可能となる。

[0048] [第2の実施形態]

図2は、本発明の第2の実施形態の漏洩検知方法を説明する概念図である。本実施形態においては、一組の音響センサを複数組用いている。図2には、3組の音響センサ（図2において、1組の音響センサを、「受波機ペア」と表示する）を用いた例を示している。各組について、第1の実施形態と同様に、双曲線を取得することができるので、得られた複数の双曲線と管路との交点を求めることで、漏水位置を特定することができる。複数組の音響センサのペアで漏水音を受信し、それらの間での相互相関処理を行うことができれば、各ペアで求めた複数の双曲線と、管路との交点の多重解を求める過程で適切な加重平均処理などを行うことにより、漏水位置の局限精度を向上することも可能となる。

[0049] 複数組の音響センサのペアを用いると、さらに、音響センサが受信した音が、漏水音であるか漏水音以外の他の音源によるものであるかの判定をすることも可能となる。例えば、図3に示すように、前記複数の双曲線と管路との交点を求める過程で、双曲線同士の交点が管路上に存在しなければ、その音源は漏水に起因するものではないと合理的に判断し、処理対象から除外することができるからである。すなわち、音響センサの各ペアで求めた複数の双曲線の交点が、管路と交わらない位置にある場合、音響センサが受信した音は、漏水音以外の他の音源によるものであると判定することができる。このように、複数組の音響センサを用い、管路の位置情報と併せて解析することで、音の種類解析等を行うことなく、漏水音以外の他の音源成分に起因する誤警報を防ぐことができる。

[0050] なお、検出箇所一帯の地中の音速の推定値に幅がある（誤差がある）場合、音源の存在できる範囲は、双曲線が幅を有した帯状の領域となる。複数組の音響センサのペアで漏水音を受信した場合は、図4に示すように、この帯状の領域が交差する部分に音源が存在することになる。よって、3組以上の

音響センサのペアで漏水音を受信した場合には、前記位置特定工程において、前記音が伝搬する媒質での音速を可変パラメータとして用いて、その解を得ることで前記交点の探索を行うことができる。このように、本実施形態では、検出箇所一帯の地中の音速の推定値に幅がある場合でも、音源（漏水位置）を特定することも可能である。

[0051] [第3の実施形態]

図5は、本発明の第3の実施形態の漏洩検知方法を説明する概念図である。図5に示すように、本発明においては、3つの音響センサ1、2、3を一組とし、各音響センサは、相互に一定の距離を置き、かつ、配管5の場所から一定の距離を置いて配置されている。この場合、漏水音の到来時間差を求める相互相関処理は、音響センサ1と2との組み合わせ、音響センサ1と3との組み合わせ、音響センサ2と3との組み合わせの計3通りの組み合わせを選択することができる。そうすると、図5に示すように、音響センサ1と2とを焦点とする双曲線6、音響センサ1と3とを焦点とする双曲線7および音響センサ2と3とを焦点とする双曲線8の、3本の双曲線を描くことができる。この3本の双曲線が成す3つの交点が収束する箇所を求めれば、複数組の音響線センサを用いずとも、漏水箇所の位置を局限することが可能となり、また、誤検知も防ぐことができる。ここでは、3つの音響センサを一組としたが、3つ以上の音響センサを一組として用いてもよい。

[0052] [第4の実施形態]

第4の実施形態は、本発明の漏水検知方法および漏水検知装置を用いた漏水検知システムの一例である。図6は、本実施形態の漏水検知システムの概念図である。図7は、前記システムの構成例を示している。図6に示すように、前記システムは、路上に設置され、漏水音の収集を行う音響センサ10、車両等に搭載され、各所に設置された音響センサ10を巡回し、音響データの収集を行う移動データ収集部20、漏水音の検出や、位置局限処理を行う処理センタ部30から構成される。音響センサ10は、位置局限に用いる相関処理を行うペアの単位で、例えば数百メートル程度の間隔で、導水管路

に沿って網状に配置されるため、漏水箇所を幅広く、面状に検知することが可能となる。

[0053] 続いて図7を用いて、各部の構成要素を順に説明する。音響センサ10は、管路や地中を振動波として伝播する漏水音を、電気信号に変換する受波素子部11、受波素子部11からの電気信号をデジタル化し、データの圧縮などを行う信号前処理部12、信号前処理部12で処理した音響データを一時的に記憶する信号一時記憶部13、信号一時記憶部13にて記憶している前記音響データを、移動データ収集部20へ送信する地上側無線通信部14、他の音響センサ10との通信や、移動データ収集部20との通信を利用して、内部時刻の同期を行う時刻同期部15から構成される。

[0054] なお、前記のように、音響センサ10は相関処理を行うペアを単位として構成されるが、ペア単位内で測定前に時刻同期を行う必要があるため、機能構成としては同一なものの、マスタとスレーブの二つの役割が存在する。

[0055] 移動データ収集部20は、GPSなどを用いて各音響センサ10までの道順などを案内するナビゲーション部21、音響センサ10から送信された音響データを受信する車上側無線通信部22、受信した音響データを一時的に記憶する信号収集部23から構成される。

[0056] 処理センタ部30は、移動データ収集部20から、メモリカード等を介して受け渡された音響データに、解凍やフィルタリングなどの処理を行う信号後処理部31、処理した音響データを蓄積する信号蓄積部32、信号後処理部31にて処理した音響データを用いて、漏水音の検知処理を行う漏水検知処理部33、各音響センサ10の位置情報と導水管の配置情報を格納するセンサ位置データベース(DB)部34、漏水検知処理部33にて漏水音が検出された音響データに対し、センサ位置DB部34が格納する位置情報を併用して、漏水の位置を求める位置局限処理部35、検知した漏水の箇所を探查員に表示する漏水箇所表示部36から構成される。

[0057] ここで、音響センサ10と、移動データ収集部20との間の音響データの受け渡しは、無線通信に限らず、メモリカードの挿抜による方法や、コネク

タ接続などによる有線通信でも構わない。同様に、移動データ収集部20と、処理センタ部30との間の音響データの受け渡しも、メモリカードの挿抜による方法に限らず、無線通信や、コネクタ接続などによる有線通信でも構わない。

[0058] 図8～12は、本システムの動作フローを示しており、順を追って各ステップを説明する。

[0059] まず、図8を用いて、マスタ側の音響センサ10の動作について説明する。ステップ100にて動作を開始すると、ステップ101では時刻同期部15が内部の時計を参照し、深夜の静寂時など、データ収集を行う時刻であるか否かの確認を行う。データ収集を行う時刻であれば(Yes)、ステップ102に進み、地上側無線通信部14を介してスレーブ側の音響センサ10へ信号を送信して起動し、両者間での相対時刻同期を行う。続いてステップ103では、受波素子部11にて受信した音響振動をアナログの電気信号に変換しつつ、ステップ104では信号前処理部12にて、それをデジタルデータへ変換し、データサイズ削減のため圧縮処理などを行ったあと、ステップ105で信号一時記憶部13へ保存し、ステップ101の待受け処理に戻る。その際、ステップ104では、相関処理や探査員による聴取などの目的に応じて、最適なサンプリング速度と収録時間との組み合わせ毎に音響データを分けて収集することにより、データサイズの最小化を行う。音響データの回収にあたって、前記各音響センサが受信した音響データを、複数のサンプリング速度毎に収集することで、利用する無線回線への負荷を最小限とすることができる。すなわち、音響データは処理センタで相関処理や探査員による聴取などに用いるが、これらのデータを目的に応じたサンプリング速度で分けて収集することにより、データのサイズを極小化することができる。

[0060] ステップ101にて、データ収集を行う時刻でなかった場合(No)にはステップ106に進み、地上側無線通信部14にて、移動データ収集部20からのデータ送信要求信号の有無を確認する。前記データ送信要求信号を受信した場合(Yes)は、ステップ107にて、信号一時記憶部13に保存

してある音響データを、地上側無線通信部14を介して移動データ収集部20へ送信し、ステップ108では、移動データ収集部20から送信される、GPSなどを基にした時刻情報を利用し、時刻同期部15にて、内部時計の絶対時刻同期を行った後、ステップ101の待受け処理に戻る。なお、ここでの絶対時刻同期は、深夜のデータ取得時刻のずれを防止するためのものであり、秒程度のオーダの較正で構わない。

[0061] 次に、図9を用いて、スレーブ側の音響センサ10の動作について説明する。ステップ200にて動作を開始すると、ステップ201では地上側無線通信部14にて、マスタ側の音響センサ10からの時刻同期要求信号の有無を確認する。前記時刻同期要求信号を受信した場合（Yes）はステップ202に進み、時刻同期部15が地上側無線通信部14を介してマスタ側の音響センサ10と通信を行い、両者間での相対時刻同期を行う。以降の動作については前記マスタ側の音響センサ10の動作と同一であるため、説明を省略する。

[0062] このように、この実施の形態では音響データの取得直前に相対時刻同期を行っているが、これは、2つの音響データ間で相互相関処理を正しく行うためには、両者の取得タイミングが、マイクロ秒程度の高い精度で一致している必要があるからである。一般的な水晶発振器を用いた時計では、1日に1秒程度の時刻ずれが発生してしまう。このため、相対時刻の較正を行っても、高い精度は短時間しか持続しないことから、測定前に毎回の相対時刻較正を行うことが好ましい。

[0063] 移動データ収集部20は、車両などに搭載されて、ナビゲーション部21の情報を基に各音響センサ10を巡回し、前記のように、車上側無線通信部22を介して各音響センサ10の音響データを取得し、信号収集部23へ蓄積した後、処理センタ部30のある場所へ向かう。

[0064] 処理センタ部30の動作について、図10を用いて説明する。ステップ300にて動作を開始すると、ステップ301ではメモリカード等を介して、各音響センサ10のデータを、信号収集部23から信号後処理部31へ移動

すると共に、その内容を信号蓄積部32に記憶する。続いてステップ302では、信号後処理部31にて、圧縮された音響データを解凍し、フィルタリング等による不要周波数成分の除去を行う。その後、ステップ303では、漏水検知処理部33にて漏水検知処理を実施し、ステップ304では、漏水が検知された場合（Yes）、ステップ305に進み、検知されなかった場合（No）はステップ308に進んで、漏水箇所表示部36にて、漏水なしの旨を表示して処理を終了する。一方ステップ305では、位置局限処理部35にて、漏水音の検出された音響データと、センサ位置DB部34に格納されている各センサの位置情報を活用して、漏水位置の局限処理を行い、続いてステップ306にて、その位置局限結果を信号蓄積部32に記録すると共に、ステップ307にて、漏水箇所表示部36を用いて、その位置を表示し処理を終了する。

[0065] ここで、処理センタ部30の動作のうち、漏水検知処理部33にて行う、ステップ303の漏水検知処理、および、位置局限処理部35にて行う、ステップ305の位置局限処理について、図11および図12を用いて詳しく説明する。

[0066] まず、ステップ303の漏水検知処理については、処理の開始（ステップ400）後、ステップ401にて、処理する各音響センサ10のデータを順番に選択して、パワースペクトルを導出する。続いてステップ402では、信号蓄積部32より、当該音響センサにおける過去の漏水の検出されなかった音響データ複数点を読み出して、それらのパワースペクトルを導出する。これらステップ401と402におけるパワースペクトルの導出の際には、フーリエ変換による演算を行う。その際、各音響データに対して1回だけのフーリエ変換ではなく、連続して複数回のフーリエ変換を行い、その結果について、周波数ビンごとに積分、ないしは平均化することにより、短時間でのゆらぎ成分を吸収してもよい。次に、ステップ403では、導出した過去のパワースペクトルに、時系列的な重み付けを行ったうえで、それらの平均値を導出する。ここで、時系列的な重み付けとは、例えば、時間的に直近の

データには重み係数を大きく、遠いデータには重み係数を小さくするなどして、平均を求める手法である。このようにして重み付けを行うことにより、各音響センサ10周辺の、物理環境条件の変化に対応した平均値を導出することが可能となる。続いてステップ404では、過去の重み付け平均値と最新値とを比較し、両者間における特徴的なスペクトル差異の有無などから、漏水の有無を判定する。この判定において、例えば、漏水音のエネルギーが明瞭ではなく、自動判定が難しいケースでは、必要に応じて処理センタ部30にて操作を行う探査員が介在し、聴取による判定を行っても良い。あるいは、他の音響分析方法を用いて、漏水の有無の判定を行ってもよい。ステップ405では、全ての音響センサの判定を完了していれば（Yes）、処理を終了し（ステップ406）、そうでなければ（No）、ステップ401に戻り、他の音響センサの判定を継続する。

[0067] 次に、ステップ305の位置局限処理については、処理の開始（ステップ500）後、ステップ501にて、ペアとなる音響センサ10の時間波形データを選択して相互相関処理を実施し、漏水音の到来時間差を求める。次に、求めた到来時間差と地中の音速との積から、音響センサ10を焦点とする双曲線を導出する。ここで、実際には音速を正確に想定することは難しいため、想定される音速の下限値と上限値で双曲線を求め、その双方に挟まれる双曲線状の領域を、漏水箇所が存在可能エリアとして扱う。次にステップ502では、ステップ501にて相互相関処理を行った漏水音波形の位相差から、漏水音の到来方向が分かるため、二つの音響センサ10間の中点に対して対称に描かれる双曲線状領域の、いずれか一方に特定する。続いてステップ503では、漏水音が検知された全ての音響センサ10のペアに対し、相互相関処理が終わったことを確認し、完了していれば（Yes）、ステップ504へ進み、完了していなければ（No）、ステップ501に戻って、処理を継続する。このようにして、双曲線状の漏水箇所存在可能エリアを複数求めると、実際の漏水箇所は、図4に示すように、それら複数領域が全て、重なった部分に存在することとなる。そこでステップ504では、音速を変

数として、これら複数の双曲線状領域の交錯エリアが、1カ所に収束する解を求める。具体的には、例えば図4に示すよう3つの領域が交錯している場合、音速をある一つの値に定めると、3つの双曲線状の領域は3本の双曲線に収束し、それらは計3つの交点で交わることとなる。そこで、音速を想定される下限値と上限値との間において、適当な刻み幅で順に変化させ、それぞれの値における3つの交点間の幾何学的距離の総和を求め、その値が最小となる、すなわち、3点が1点に収束する解を探せばよい。なお、収束解を求める方法は、前記の方法に限定されず、他の方法を用いても良い。このようにしてステップ504では解の探索を行い、ステップ505では、探索の結果、収束点がなければ（No）、ノイズ等による誤検知として処理を終了する（ステップ508）。一方、収束点があれば（Yes）、ステップ506に進み、センサ位置DB部34の情報を基に、その収束点が導水管上に存在するか否かの判定を行う。もし収束点が導水管上に存在すれば（Yes）、漏水位置を局限として処理を終了し（ステップ507）、収束点が導水管上に存在しなければ（No）、漏水以外の音源による誤検知として処理を終了する（ステップ508）。

[0068] このように、3組のペアとなる音響センサで漏水音を検知できれば、地中の音速が不定であっても、それを推定して位置を局限可能である。4組以上の音響データがあれば多重解を得ることができるため、更に位置局限の精度向上が期待され、一方、2組の音響データしかない場合においても、音源は導水管上に存在と仮定を置くことで、やはり位置局限が可能となる。

[0069] もしくは、2組の音響データしかない場合、両者のパワースペクトル上での漏水音の強度比は、漏水箇所からの距離の関数となることから、それを拘束条件として利用し、収束する解を求めても良い。

[0070] 本発明においては、異なる音響センサ間における時刻同期の機構を最低限のものとすることができる。これは、音響センサを管路から離して設置することにより、センサよりも外側にある漏水位置を局限可能となることから、探索可能な範囲を大きく設定できるためである。この場合、時刻同期は、ペ

アとなる最寄りの二つの音響センサ間のみで取れていればよく、全ての音響センサ間にて取れている必要はない。各ペア間のみで相互相関処理を行って音源の存在する双曲線を導出すれば、それら双曲線の交点を求めることにより、面的に配置した音響センサ群を有効に活用できるからである。ペアとなる二つの音響センサの間隔を100m程度に設定すれば、データ収集用の無線装置を使って時刻同期を取ることができるので好ましい。また、前記間隔を、例えば、数メートル程度に近接させれば、有線で接続するなどして同期を取っても、工事費が大きくは増大することはない。

[0071] [第5の実施形態]

次に、本発明の第5の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。前記第4の実施形態では、ペアとなる2つの音響センサ10の間で、音響データを取得する直前に時刻同期を取り、相互相関処理による、漏水音の到来時間差の正確な測定を実施していた。そこで、このようなペアを面的に配置することにより、複数のペアでの処理結果から、地中の音速が不定の状況でも漏水位置の局限を可能とすることが特徴であった。

[0072] しかしながら、例えば住宅密集部ではない閑散部などでは、導水管が面的には配置されておらず、したがって、音響センサ10のペアを面的に配置することが非効率となる場合も想定される。その場合は、漏水音を複数のペアで捉えることができない可能性が高い。

[0073] そこで、前記第3の実施形態（図5）のように、3つの音響センサ1、2、3を1組とし、それらの間で時刻同期を取って相互相関処理を行うことで、他の組を必要とせず、地中の音速が不定の状況でも漏水位置の局限を可能とすることができる。

[0074] 図5に示すように、音響センサ1、2、3を導水管5に沿って一列に設置した場合、中心の音響センサ1をマスタとし、両側の音響センサ2、3をスレーブとすれば、マスタが両脇のスレーブと交互に時刻同期を行うことで、結果的に、3者それぞれの間で時刻同期が取られていることとなる。したがって、漏水音の到来時間差を求める相互相関処理は、音響センサ1と2との

組み合わせ、音響センサ1と3との組み合わせ、音響センサ2と3との組み合わせの計3通りの組み合わせを選択することができる。そうすると、図5に示すように、それぞれの組み合わせの音響センサを焦点とする、3本の双曲線を描くことができる。地中の音速をパラメータとして、この3本の双曲線が成す3つの交点が収束する箇所を求めれば、それが漏水箇所となる。

[0075] 第5の実施形態は、組となる音響センサが2つではなく3つとなる点以外、第4の実施形態と構成は同一である。動作に関しても、第4の実施形態と異なるのは、マスタ側の音響センサ1のフロー、および、位置局限処理部35のフローのみである。

[0076] まず、図13を用いて、マスタ側の音響センサ1の動作について説明する。ステップ600にて動作を開始すると、ステップ601では時刻同期部15が内部の時計を参照し、深夜の静寂時など、データ収集を行う時刻であるか否かの確認を行う。データ収集を行う時刻であれば(Yes)、ステップ602に進み、地上側無線通信部14を介して1つ目のスレーブ(スレーブ#1)側の音響センサへ信号を送信して起動し、両者間での時刻同期を行う。続いてステップ603では、同様に2つ目のスレーブ(スレーブ#2)側の音響センサへ信号を送信して起動し、両者間での時刻同期を行う。このようにして、3者の間での時刻同期を完了する。以降の動作、および、スレーブ側の音響センサの動作は、第4の実施形態と同一であるため、説明を省略する。

[0077] 続いて、図14を用いて、位置局限処理部35の動作について説明する。処理の開始(ステップ700)後、ステップ701にて、3つの組となる音響センサの時間波形データを選択して、3通りの組み合わせで相互相関処理を実施し、それぞれでの漏水音の到来時間差を求める。次に、求めた3つの到来時間差と、想定される地中の音速の下限値と上限値との積とから、3通りの音響センサの組み合わせを焦点とする、3通りの双曲線状の領域を導出する。次にステップ702では、ステップ701にて相互相関処理を行った、3通りの漏水音波形の位相差から漏水音の到来方向が分かるため、それぞ

れの音響センサの組み合わせの間の中点に対して、対称に描かれる双曲線状領域の、いずれか一方に特定する。続いてステップ703では、音速を変数として、これら3通りの双曲線状領域の交錯エリアが1カ所に収束する解を求める。以降の動作は第4の実施形態と同一であるため、説明を省略する。

[0078] このように、3つの音響センサを1組とし、それらの間で時刻同期を取って相互相関処理を行うことで、地中の音速が不定の状況でも、音響センサを面的に配置することなく、漏水位置の局限が可能となる。

産業上の利用可能性

[0079] 本発明によれば、センサの設置が簡便であり、かつ、検知の精度が高く、信頼性の高い、配管の漏洩検知方法、漏水検知方法、漏洩検知装置および漏水検知装置を提供することができる。本発明を適用することにより、広範囲の場所での漏水検知を効率的に実施することができるので、搜索効率が飛躍的に向上し、また、熟練した技量を持った探査員確保の問題も解消する。実施形態においては、導水管の漏水について具体的に説明したが、本発明の適用対象は導水管に限られるものではなく、ガス配管やプラント配管での各種流体の漏洩を検出対象とすることができる。

[0080] 以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は、上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が理解しうる様々な変更をすることができる。

[0081] この出願は、2012年3月30日に出願された日本出願特願2012-082165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

[0082] 1、2、3、10 音響センサ
5 配管（導水管）
6、7、8 双曲線
X 漏水位置
11 受波素子部

- 1 2 信号前処理部
- 1 3 信号一時記憶部
- 1 4 地上側無線通信部
- 1 5 時刻同期部
- 2 0 移動データ収集部
- 2 1 ナビゲーション部
- 2 2 車上側無線通信部
- 2 3 信号収集部
- 3 0 処理センタ部
- 3 1 信号後処理部
- 3 2 信号蓄積部
- 3 3 漏水検知処理部
- 3 4 センサ位置DB部
- 3 5 位置局限処理部
- 3 6 漏水箇所表示部

請求の範囲

- [請求項1] 2つの音響センサが、相互に一定の距離を置き、かつ、配管場所から一定の距離を置いて配置され、前記2つの音響センサを一組とし、前記一組の音響センサを構成する音響センサを時刻同期させ、前記音響センサが音響データを取得する音響データ取得工程と、前記各音響センサの受信した音の到来時間差を求める時間差算出工程と、前記到来時間差から、前記音の音源と前記各音響センサとの距離の差を算出する距離差算出工程と、前記各音響センサからの距離の差が一定である点の集合である、前記各音響センサの位置を焦点とする双曲線を求める双曲線取得工程と、前記配管と前記双曲線との交点から漏洩位置を特定する位置特定工程とを含むことを特徴とする、内部に流体が流れている配管の漏洩検知方法。
- [請求項2] 前記一組の音響センサを複数組用い、前記双曲線取得工程において、前記双曲線を、各組毎に求め、前記位置特定工程において、前記各組毎に求めた双曲線の交点を加重平均することにより、音源位置を特定する、請求項1記載の漏洩検知方法。
- [請求項3] 前記一組の音響センサを複数組用い、前記双曲線取得工程において、前記双曲線を、各組毎に求め、前記位置特定工程において、前記各組毎に求めた双曲線の交点のうち、前記配管上にある交点の位置を漏洩位置であると判断する、請求項1または2記載の漏洩検知方法。
- [請求項4] 前記一組の音響センサを構成する音響センサ間において、相対時刻同期を行い、前記複数組の音響センサの組間において、絶対時刻同期を行う、請求項2または3記載の漏洩検知方法。

- [請求項5] 前記2つの音響センサに代えて、少なくとも3つの音響センサを用い、前記少なくとも3つの音響センサを一組とし、前記双曲線取得工程において、前記少なくとも3つの音響センサのうち、2つずつを組み合わせて焦点とした、少なくとも3種類の双曲線を求める、請求項1から4のいずれか一項に記載の漏洩検知方法。
- [請求項6] 前記一組の音響センサを、少なくとも3組用い、前記位置特定工程において、前記音が伝搬する媒質での音速を可変パラメータとして用いて、前記交点を求める、請求項1から5のいずれか一項に記載の漏洩検知方法。
- [請求項7] 前記時間差算出工程に先立ち、前記各音響センサの受信した音響データのパワースペクトルを導出し、漏洩の検出されなかった過去の音響データのパワースペクトルと比較し、漏洩の有無を判定する判定工程を含む、請求項1から6のいずれか一項に記載の漏洩検知方法。
- [請求項8] 前記双曲線の交点が複数存在する場合、前記位置特定工程において、前記各音響センサの受信した音響データのパワースペクトル上での漏洩音の強度比データを用い、漏洩位置を特定する、請求項7に記載の漏洩検知方法。
- [請求項9] 前記音響データ取得工程において、前記各音響センサが受信した音響データを、複数のサンプリング速度と収録時間との組み合わせ毎に収集する、請求項1から8のいずれか一項に記載の漏洩検知方法。
- [請求項10] 前記時間差算出工程に先立ち、他の音響分析方法を用いて漏洩の有無を判定する判定工程を含む、請求項1から9のいずれか一項に記載の漏洩検知方法。
- [請求項11] 請求項1から9のいずれか一項に記載の漏洩検知方法を用い、導水管からの漏水を検知することを特徴とする、漏水検知方法。
- [請求項12] 音響データ取得手段と、時間差算出手段と、距離差算出手段と、双曲

線取得手段と、位置特定手段とを含み、

前記音響データ取得手段は、音響データを取得可能で時刻同期可能な2つの音響センサが、相互に一定の距離を置き、かつ、配管場所から一定の距離を置いて配置され、前記2つの音響センサを一組としたものであり、

前記時間差算出手段は、前記各音響センサの受信した音の到来時間差を求める手段であり、

前記距離差算出手段は、前記到来時間差から、前記音の音源と前記各音響センサとの距離の差を算出する手段であり、

前記双曲線取得手段は、前記各音響センサからの距離の差が一定である点の集合である、前記各音響センサの位置を焦点とする双曲線を求める手段であり、

前記位置特定手段は、前記配管と前記双曲線との交点から漏洩位置を特定する手段であることを特徴とする、内部に流体が流れている配管の漏洩検知装置。

[請求項13]

前記一組の音響センサを複数組用い、

前記双曲線取得手段が、前記双曲線を、各組毎に求め、

前記位置特定手段が、前記各組毎に求めた双曲線の交点を加重平均することにより、

音源位置を特定する、請求項12記載の漏洩検知装置。

[請求項14]

前記一組の音響センサを複数組用い、

前記双曲線取得手段が、前記双曲線を、各組毎に求め、

前記位置特定手段が、前記各組毎に求めた双曲線の交点のうち、前記配管上にある交点の位置を漏洩位置であると判断する、請求項12または13記載の漏洩検知装置。

[請求項15]

前記一組の音響センサを構成する音響センサ間において、相対時刻同期を行い、

前記複数組の音響センサの組間において、絶対時刻同期を行う、請求

項 1 3 または 1 4 記載の漏洩検知装置。

[請求項16] 前記 2 つの音響センサに代えて、少なくとも 3 つの音響センサを用い、前記少なくとも 3 つの音響センサを一組とし、前記双曲線取得手段が、前記少なくとも 3 つの音響センサのうち、2 つずつを組み合わせて焦点とした、少なくとも 3 種類の双曲線を求める、

請求項 1 2 から 1 5 のいずれか一項に記載の漏洩検知装置。

[請求項17] 前記一組の音響センサを、少なくとも 3 組用い、前記位置特定手段が、前記音が伝搬する媒質での音速を可変パラメータとして用いて、前記交点を求める、

請求項 1 2 から 1 6 のいずれか一項に記載の漏洩検知装置。

[請求項18] さらに、前記各音響センサの受信した音響データのパワースペクトルを導出し、漏洩の検出されなかった過去の音響データのパワースペクトルと比較し、漏洩の有無を判定する判定手段を含む、請求項 1 2 から 1 7 のいずれか一項に記載の漏洩検知装置。

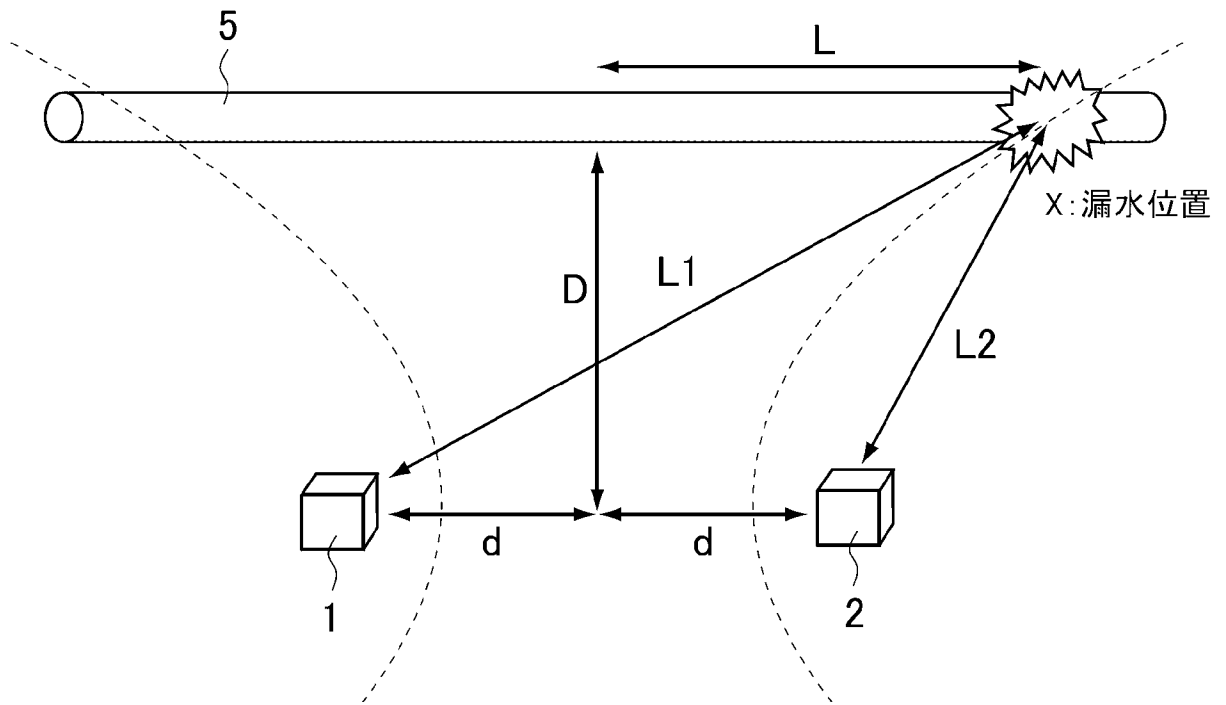
[請求項19] 前記双曲線の交点が複数存在する場合、前記位置特定手段が、前記各音響センサの受信した音響データのパワースペクトル上での漏洩音の強度比データを用い、漏洩位置を特定する、請求項 1 8 記載の漏洩検知装置。

[請求項20] 前記音響データ取得手段が、前記各音響センサが受信した音響データを、複数のサンプリング速度と収録時間との組み合わせ毎に収集する、請求項 1 2 から 1 9 のいずれか一項に記載の漏洩検知装置。

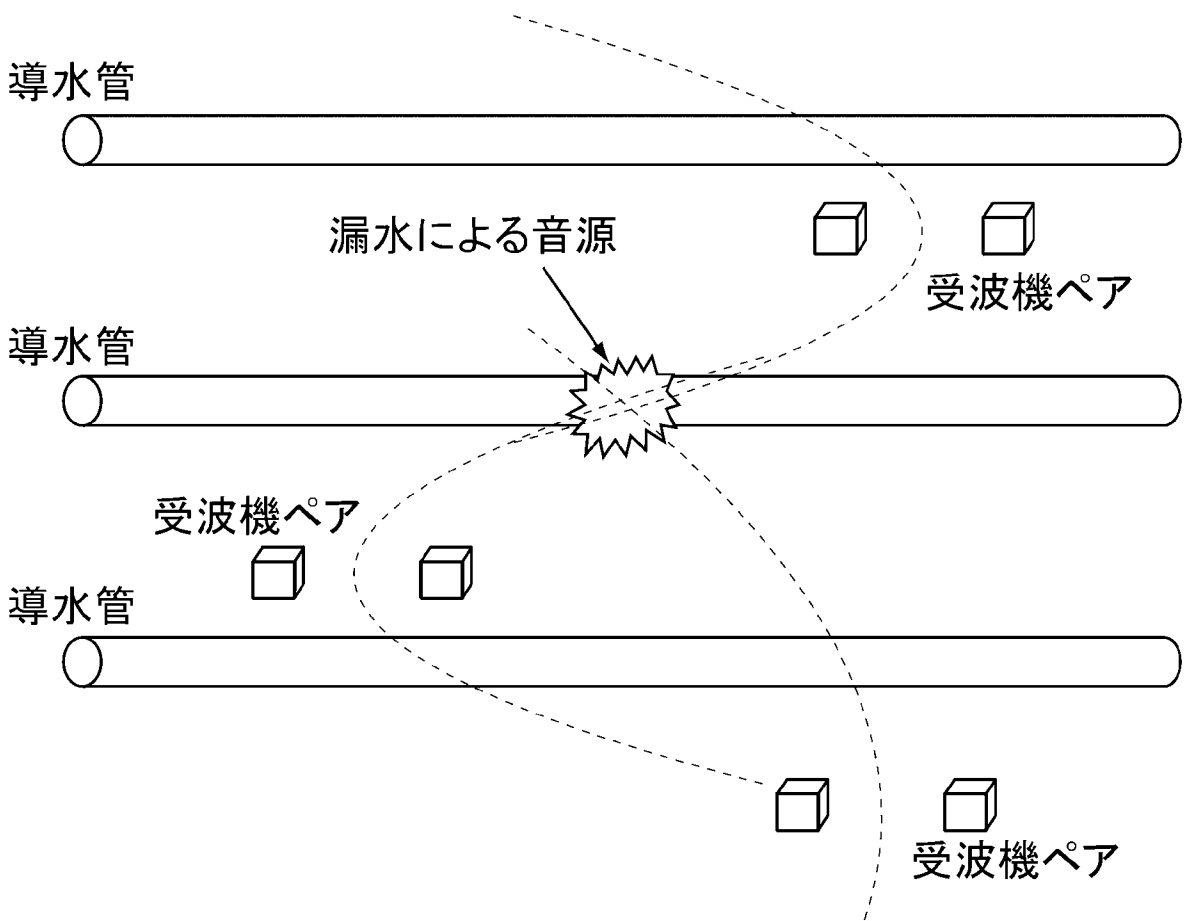
[請求項21] さらに、他の音響分析手段を用いて漏洩の有無を判定する判定手段を含む、請求項 1 2 から 2 0 のいずれか一項に記載の漏洩検知装置。

[請求項22] 請求項 1 2 から 2 1 のいずれか一項に記載の漏洩検知装置を含み、導水管からの漏水を検知することを特徴とする、漏水検知装置。

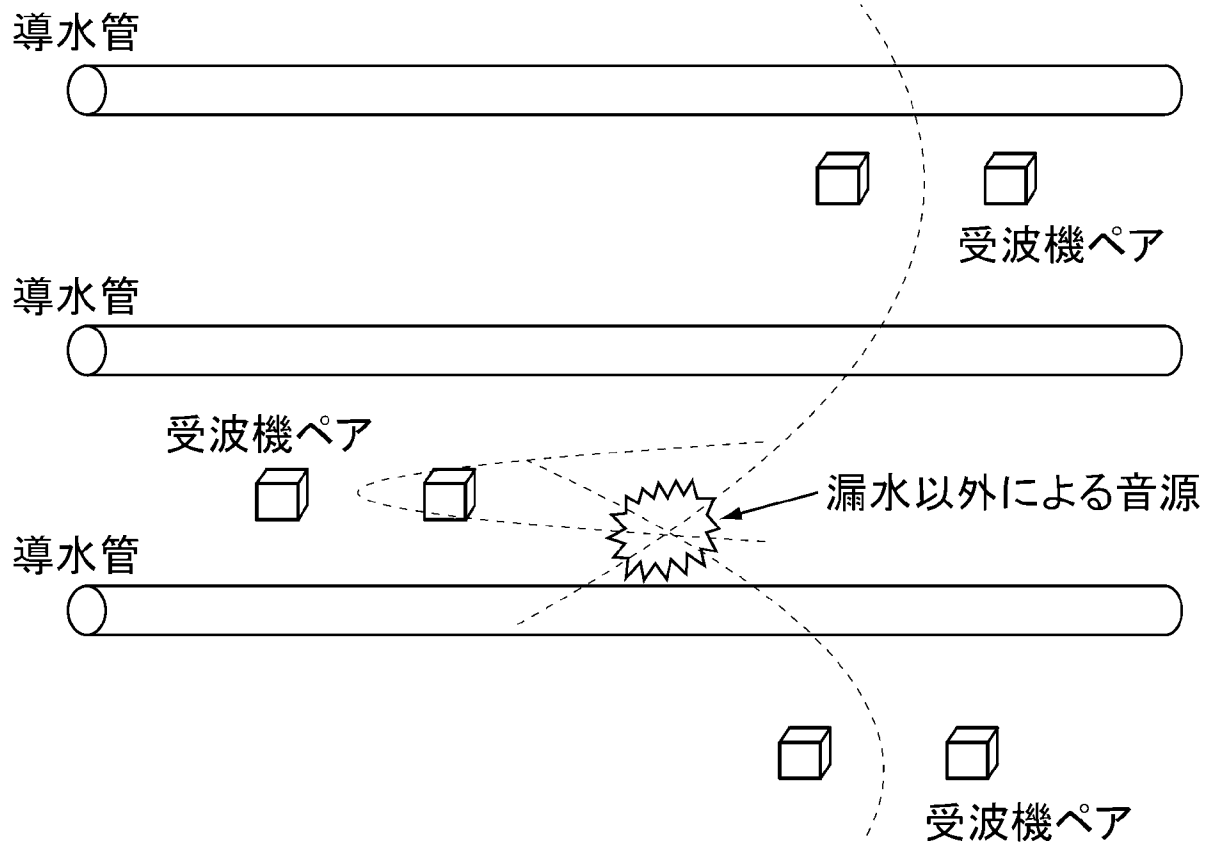
[図1]



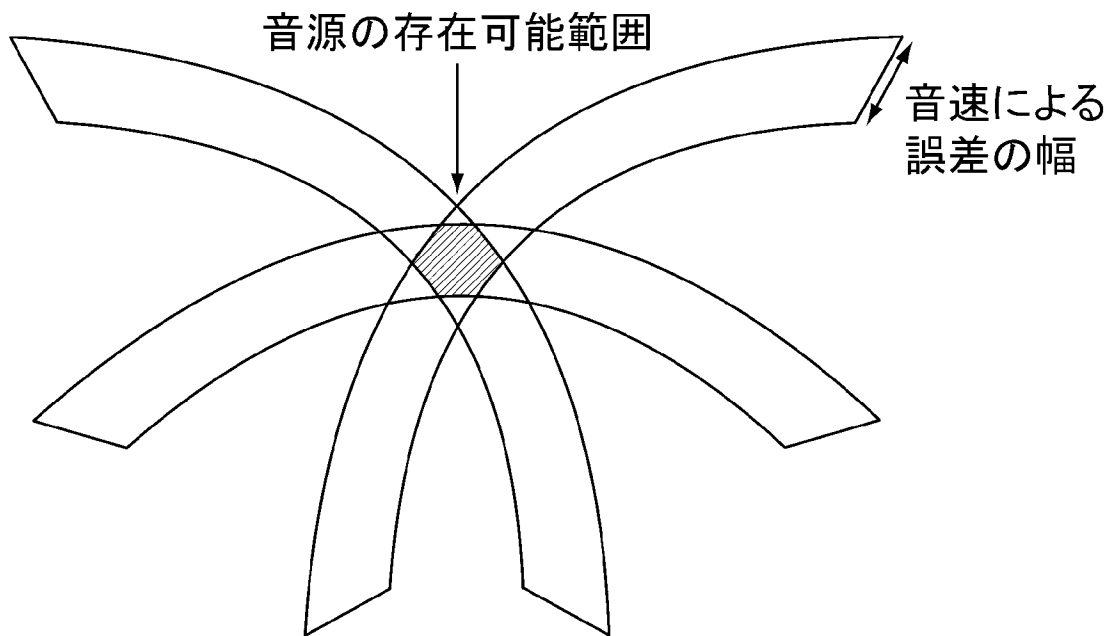
[図2]



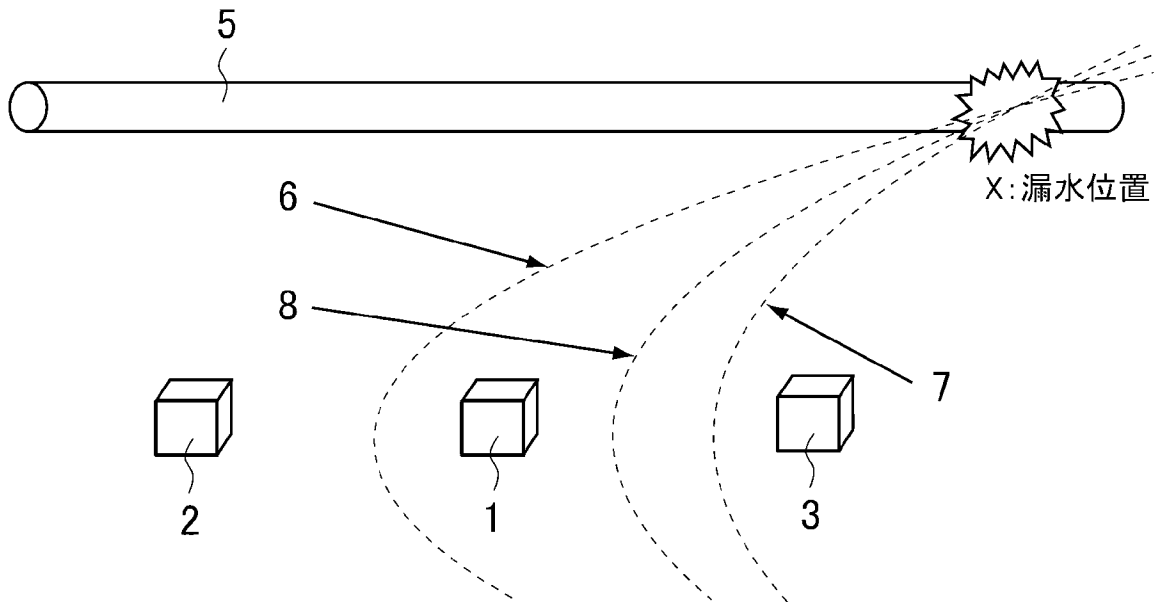
[図3]



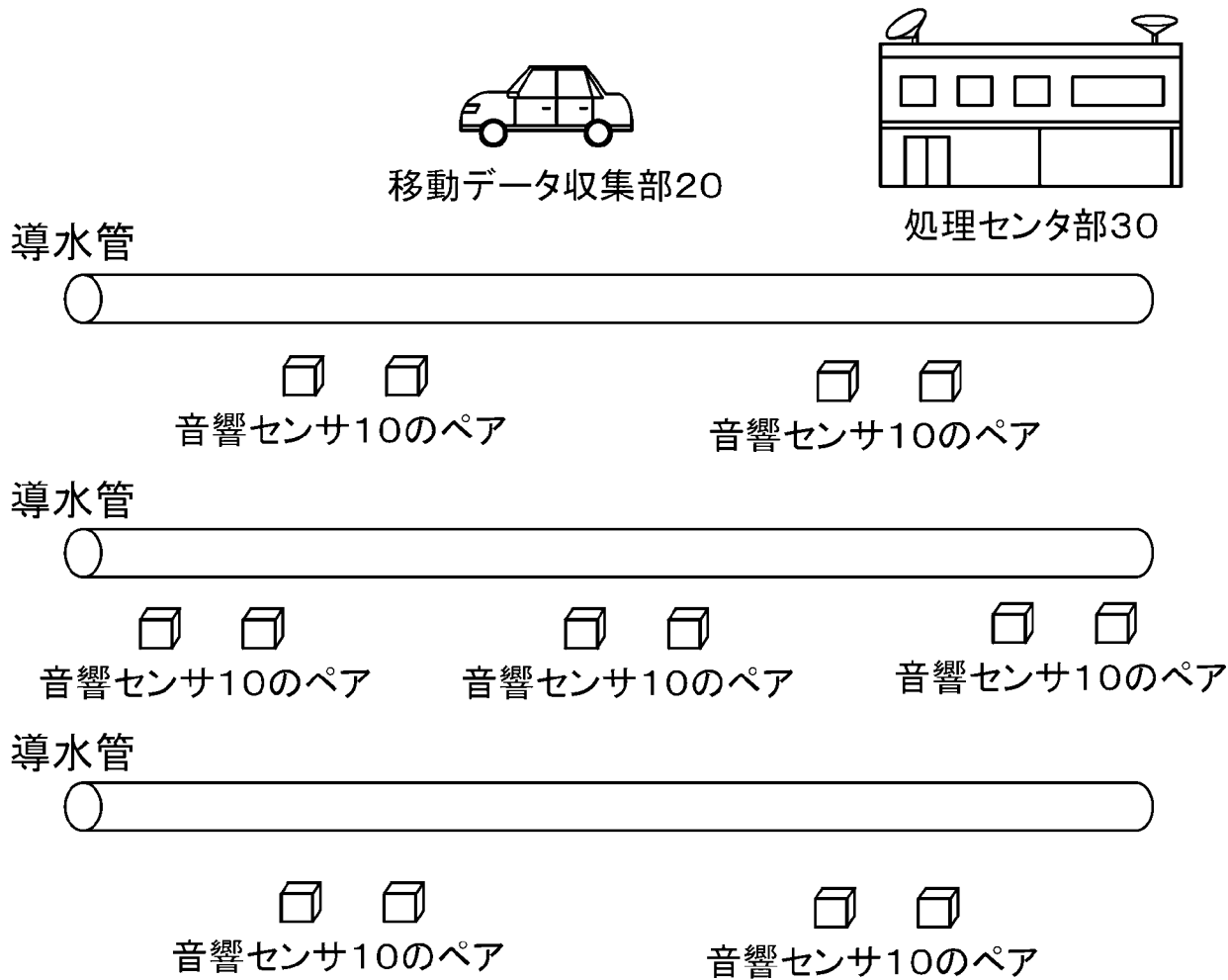
[図4]



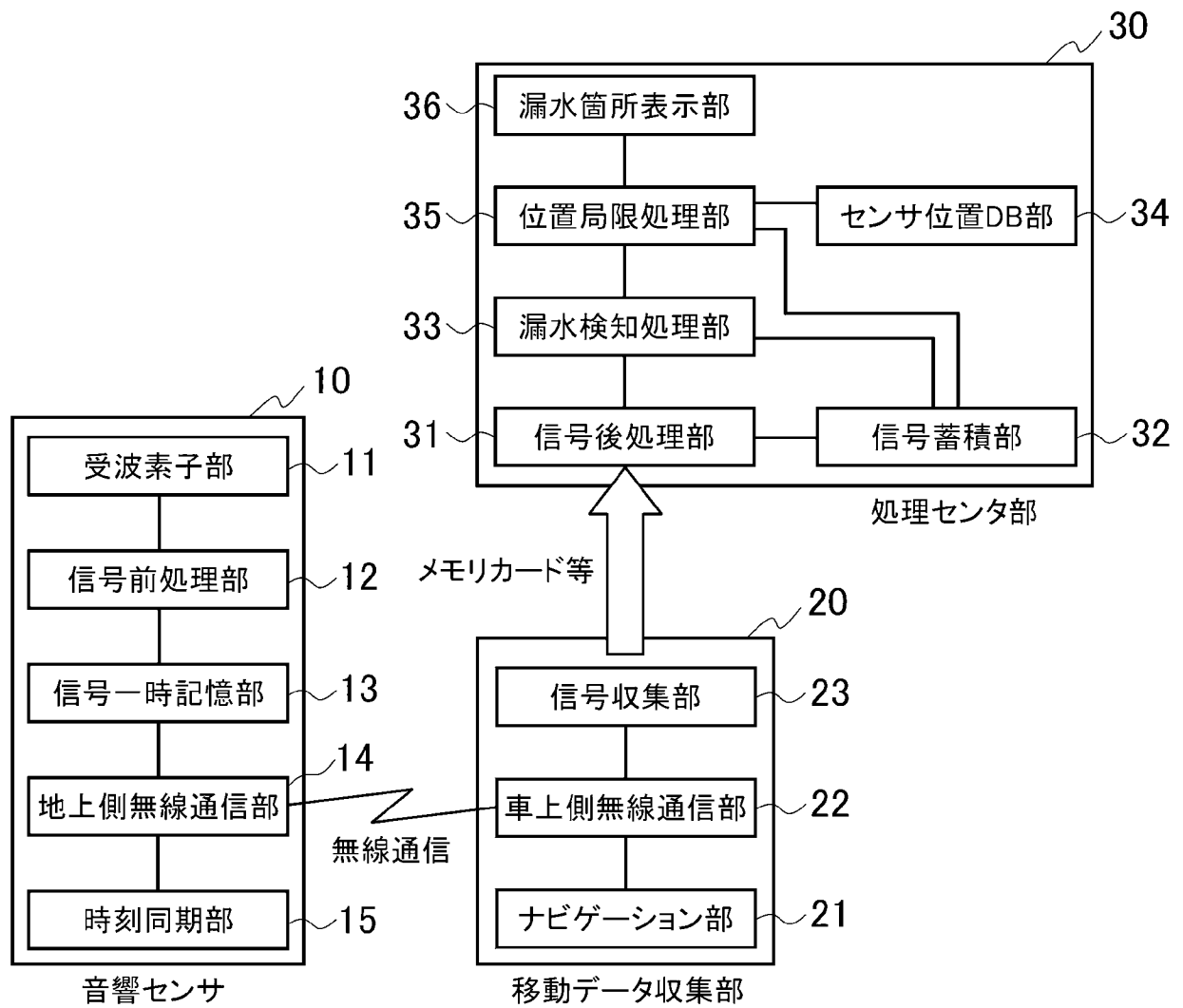
[図5]



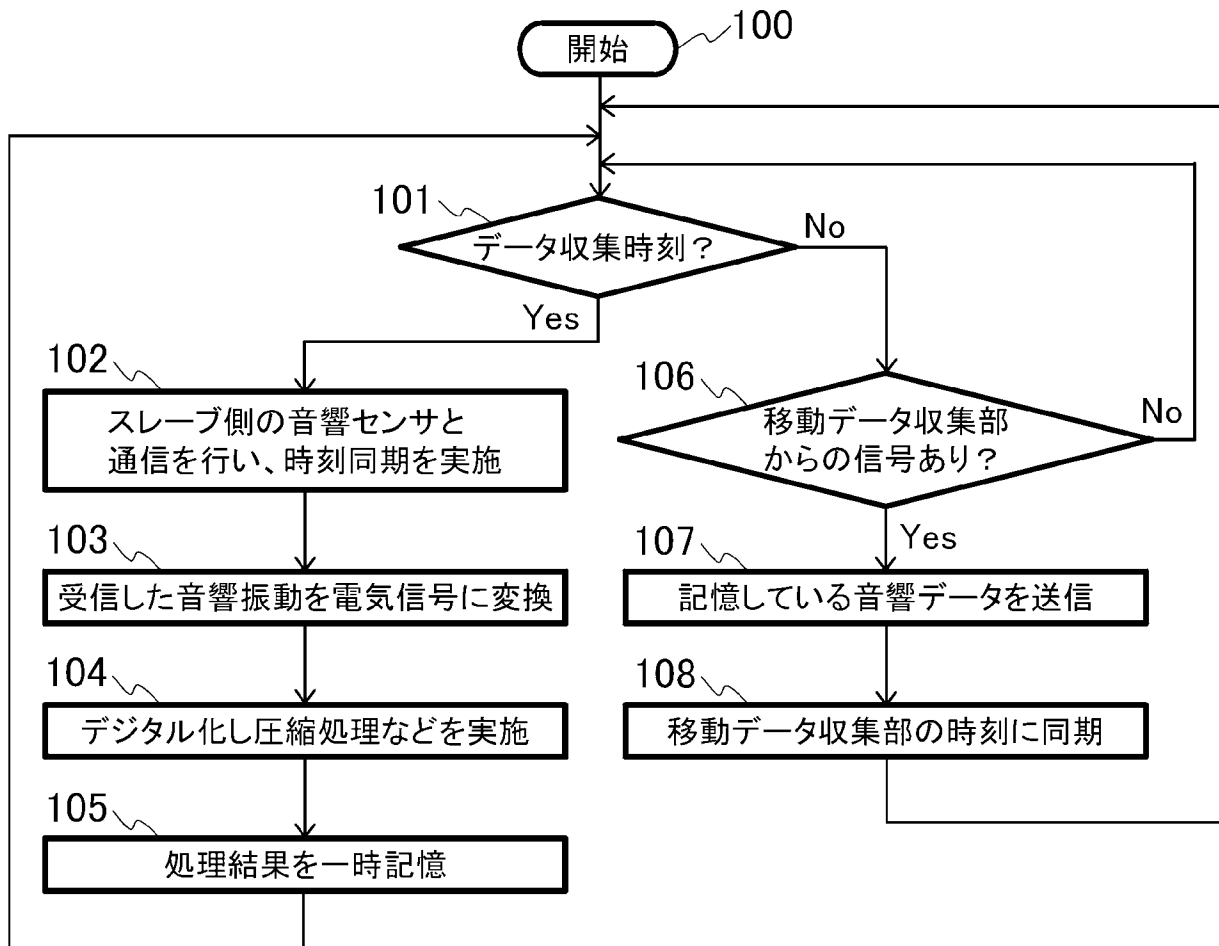
[図6]



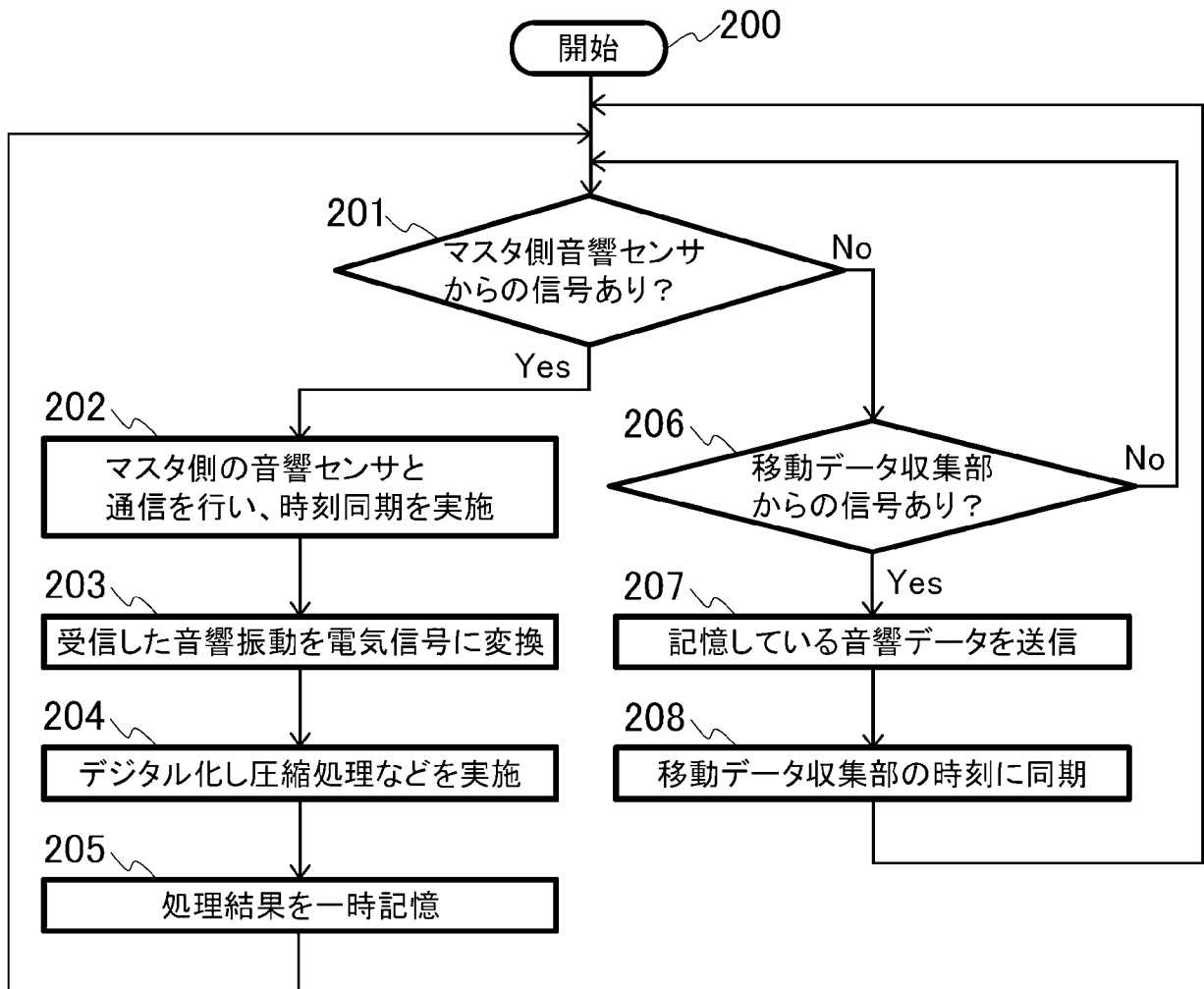
[図7]



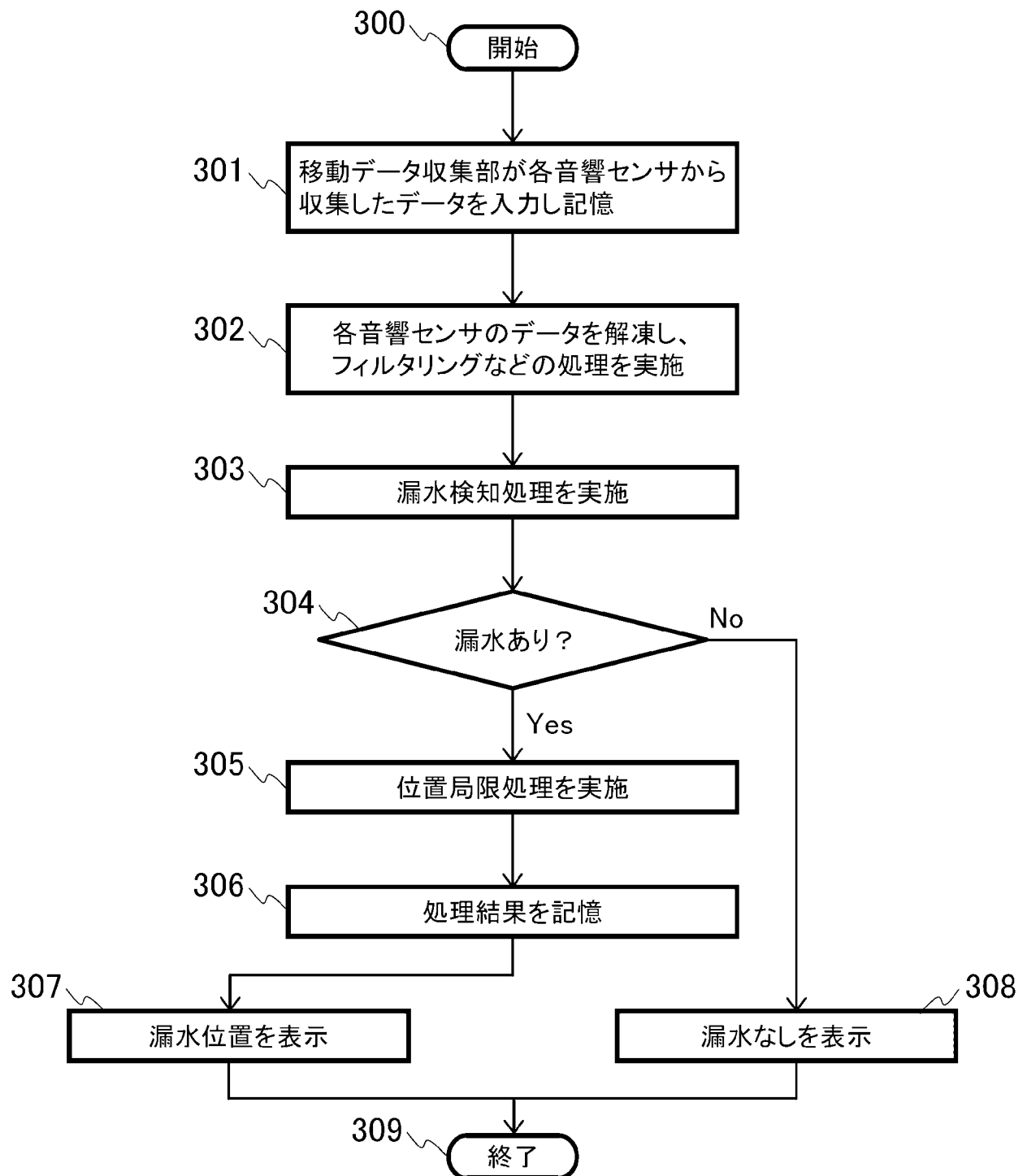
[図8]



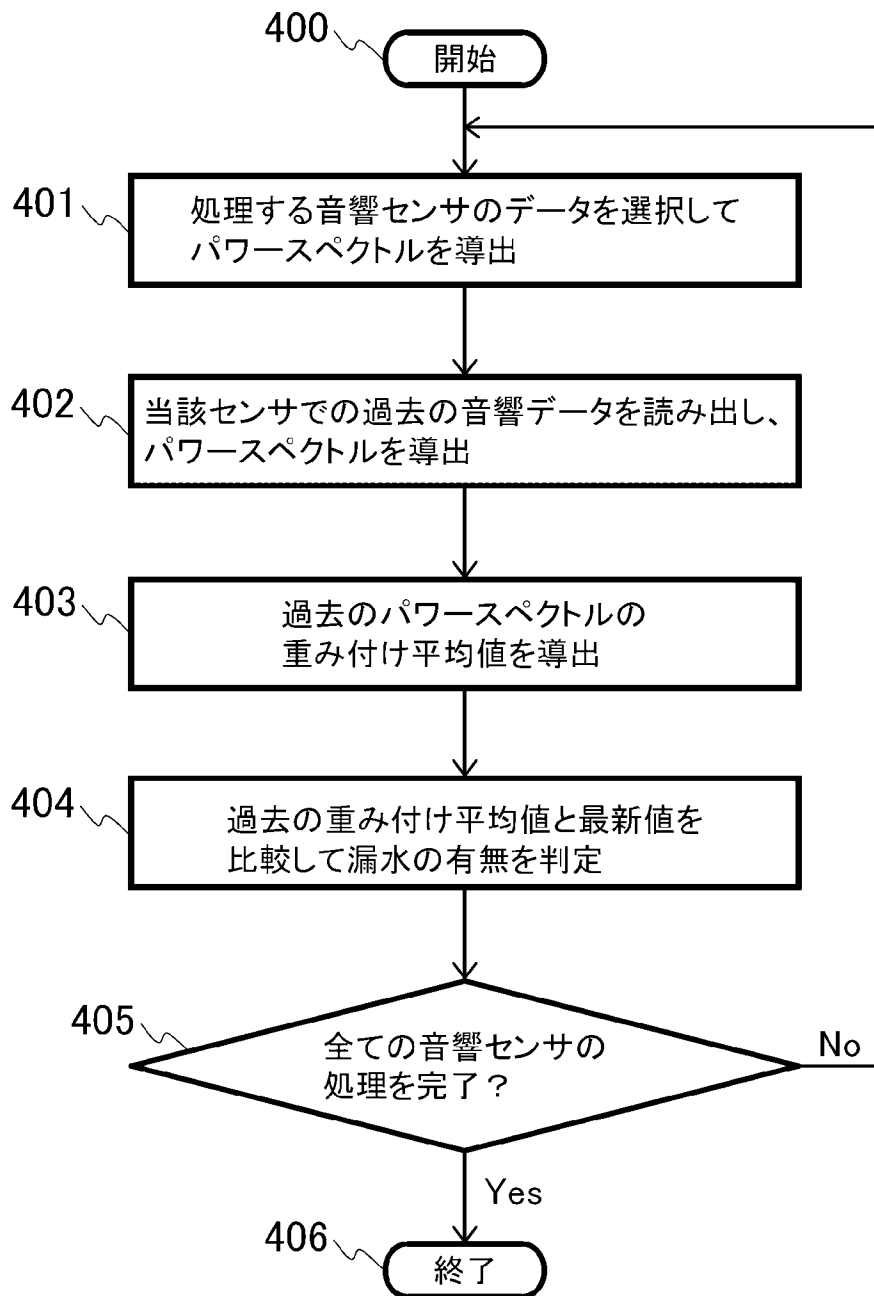
[図9]



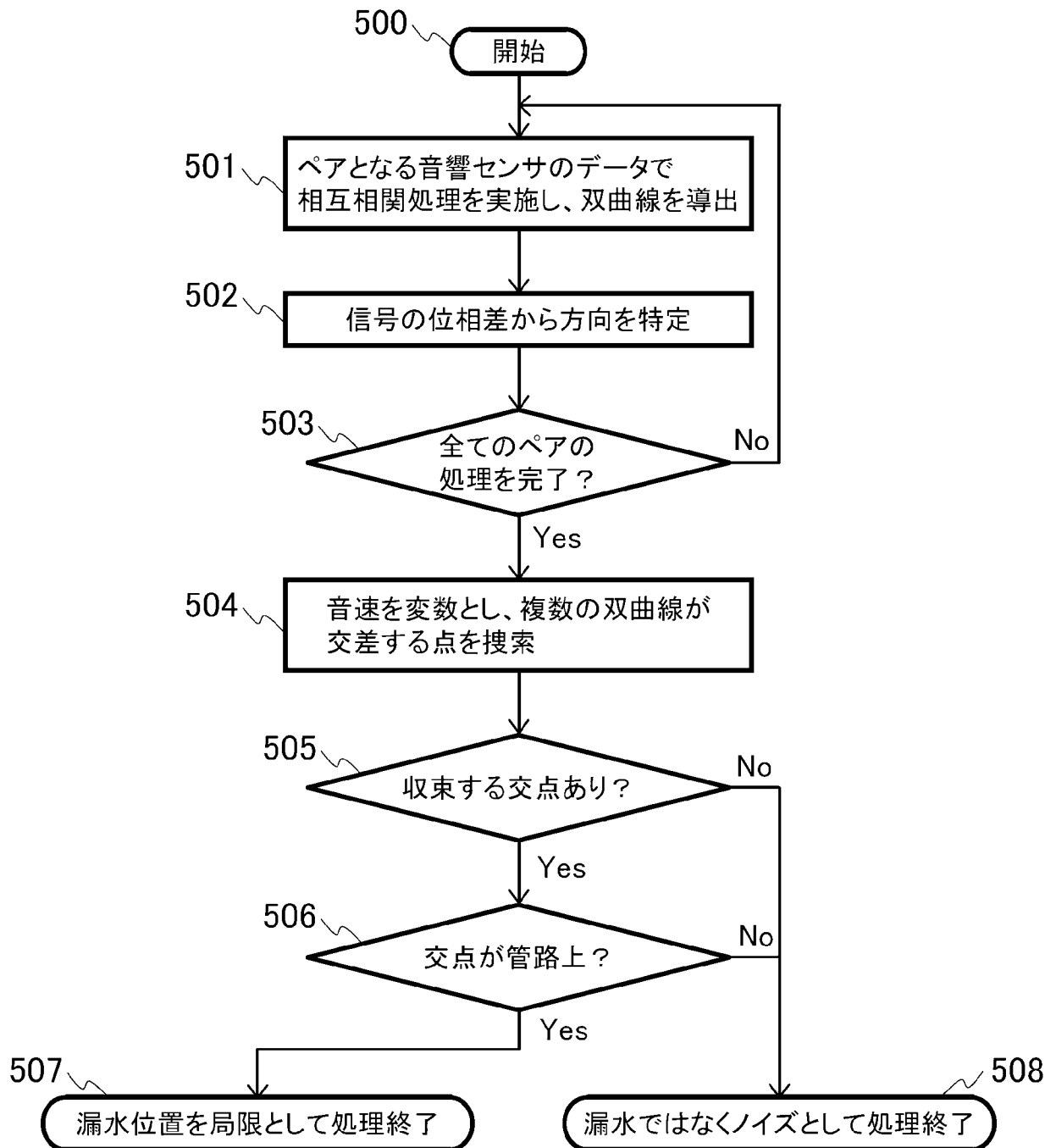
[図10]



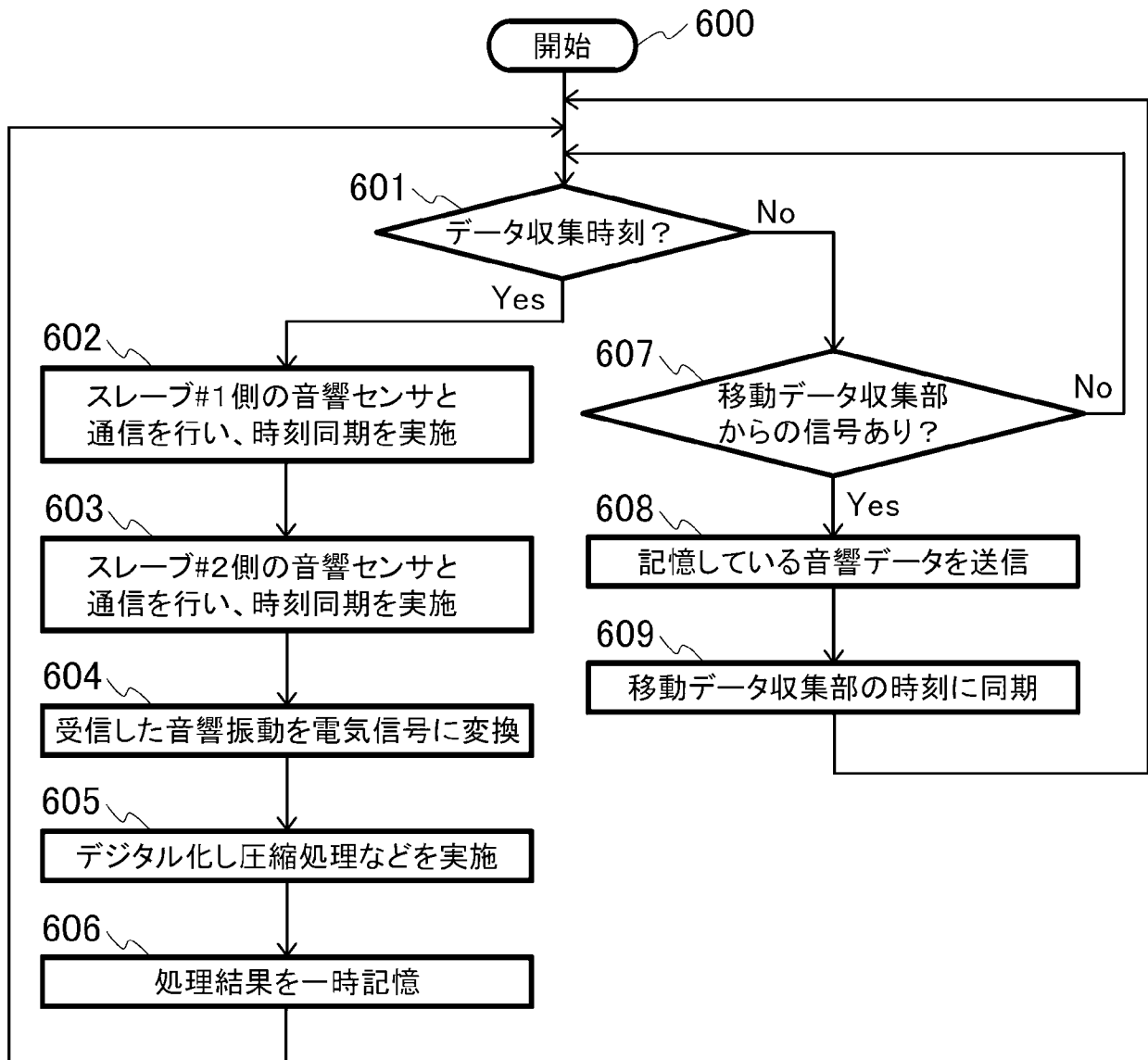
[図11]



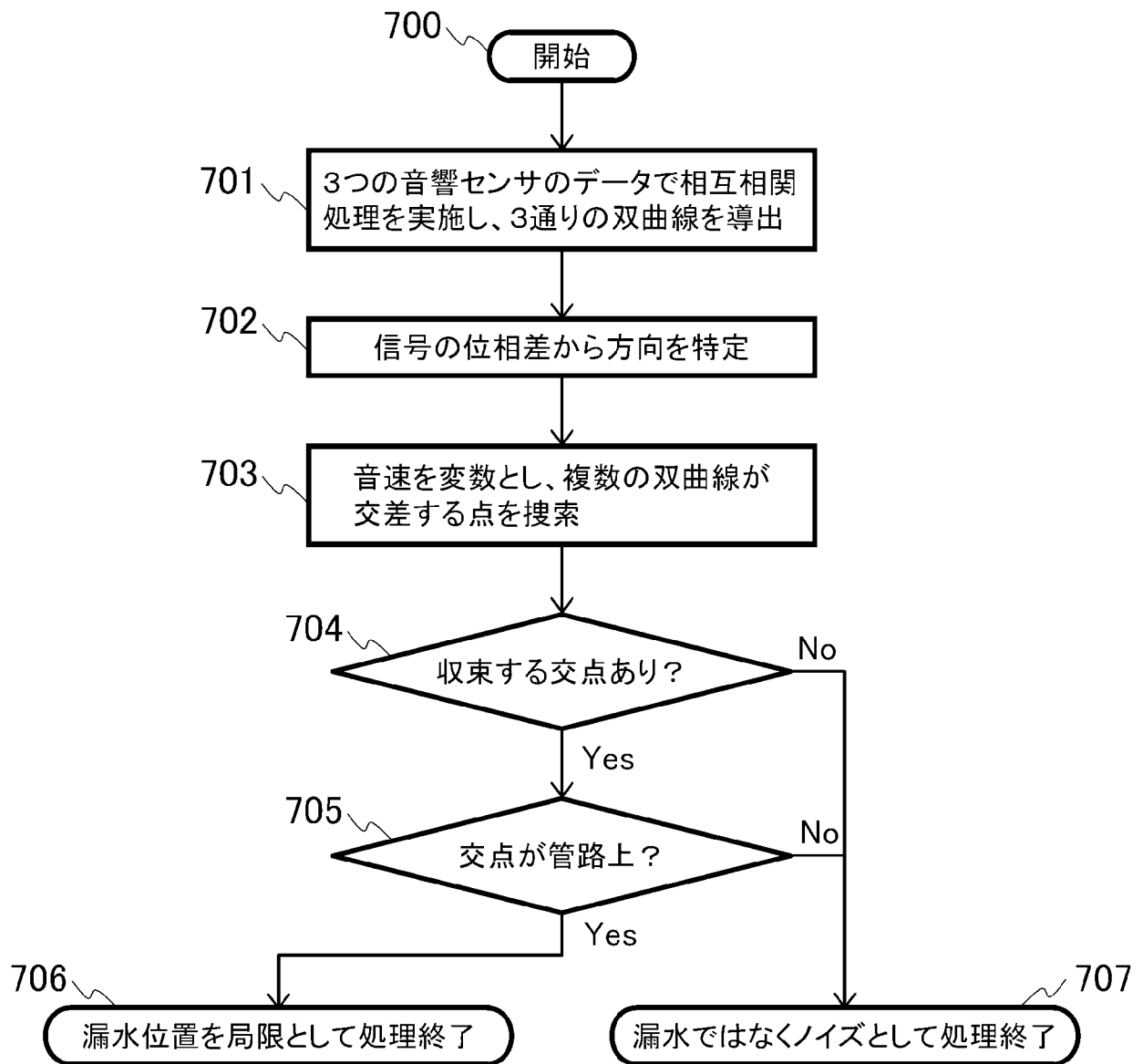
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/084046

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01M3/24(2006.01) i

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)

G01M3/00-3/40

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2013

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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 7-248274 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 26 September 1995 (26.09.1995), entire text; all drawings (Family: none)	1-22
A	JP 3-279833 A (Toshiba Corp.), 11 December 1991 (11.12.1991), entire text; all drawings (Family: none)	1-22
A	JP 10-176970 A (Kabushiki Kaisha Research), 30 June 1998 (30.06.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-22

 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
11 March, 2013 (11.03.13)Date of mailing of the international search report
26 March, 2013 (26.03.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/084046

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 2-38937 A (Toshiba Corp.), 08 February 1990 (08.02.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-22
A	JP 6-123626 A (Kajima Corp.), 06 May 1994 (06.05.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-22

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01M3/24(2006.01)i

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))

Int.Cl. G01M3/00-3/40

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	1971-2013年
日本国実用新案登録公報	1996-2013年
日本国登録実用新案公報	1994-2013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 7-248274 A (バブコック日立株式会社) 1995.09.26, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-22
A	JP 3-279833 A (株式会社東芝) 1991.12.11, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-22
A	JP 10-176970 A (株式会社リサーチ) 1998.06.30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-22

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矛盾するものではなく、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

11.03.2013

国際調査報告の発送日

26.03.2013

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

野村 伸雄

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

2 J

9311

C (続き) . 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 2-38937 A (株式会社東芝) 1990.02.08, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-22
A	JP 6-123626 A (鹿島建設株式会社) 1994.05.06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-22