(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
2017年11月30日(30.11.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/204117 A1

(51) 国際特許分類:
G01F 1/66 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2017/018893

(22) 国際出願日： 2017年5月19日(19.05.2017)

(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 2016-105029 2016年5月26日(26.05.2016) JP

(71) 出願人: 富士電機株式会社 (**FUJI ELECTRIC CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 Kanagawa (JP).

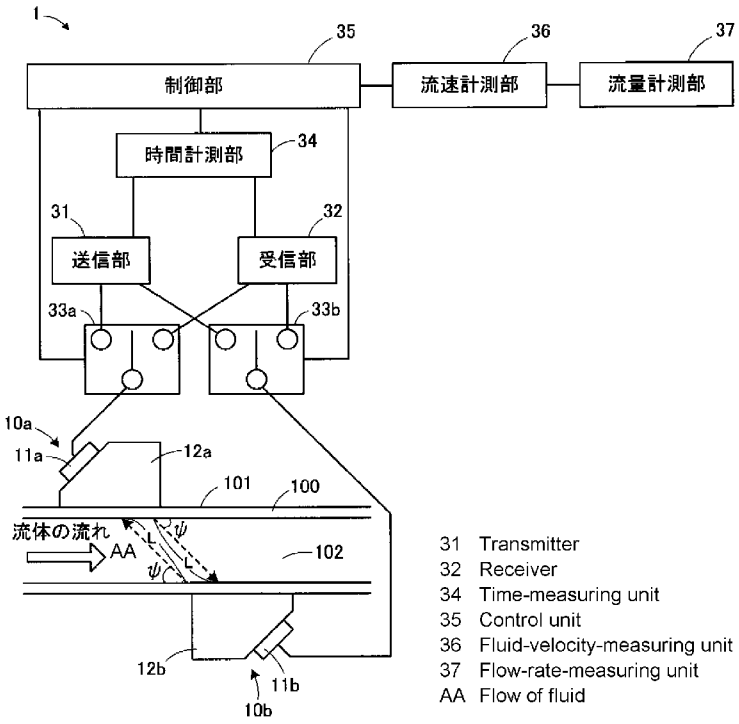
(72) 発明者: 木代 雅巳 (**KISHIRO, Masami**); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP). 森本 泰文(**MORIMOTO, Yasufumi**); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田１番１号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 青木 宏義, 外 (**AOKI, Hiroyoshi** et al.); 〒1020076 東京都千代田区五番町５番地１ＪＳ市ヶ谷ビル５Ｆ Tokyo (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,

(54) **Title:** FLUID-MEASURING DEVICE

(54) 発明の名称： 流体計測装置



(57) **Abstract:** The present invention makes it possible to highly accurately measure the fluid velocity of a fluid even when the sound velocity in the fluid changes. This fluid-measuring device (1) is provided with at least a pair of ultrasonic wave transmitting/receiving-means for transmitting/receiving ultrasonic waves to/from a fluid (102), a time-measuring unit (34) for measuring the propagation time of the ultrasonic waves, and a fluid-velocity-measuring unit (36) for determining the fluid velocity of the fluid from the propagation time of the ultrasonic waves. The time-measuring unit measures a first

WO 2017/204117 A1

[続葉有]

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

propagation time (Tf) in which the ultrasonic waves propagate from an upstream-side ultrasonic wave-transmitting/receiving means (10a) to a downstream-side ultrasonic wave-transmitting/receiving means (10b), and a second propagation time (Tr) in which the ultrasonic waves propagate from the downstream-side ultrasonic wave-transmitting/receiving means to the upstream-side ultrasonic wave-transmitting/receiving means. The fluid-velocity-measuring unit uses a fluid velocity Va determined by measuring the second propagation time following the first propagation time, and a fluid velocity Vb determined by measuring the first propagation time following the second propagation time, to eliminate errors and determine the fluid velocity V of the fluid.

(57) 要約：流体における音速が変化する場合であっても、精度良く流体の流速を計測することができること。流体計測装置（１）は、流体（１０２）へ超音波を送受信する少なくとも一対の超音波送受信手段と、超音波の伝搬時間を計測する時間計測部（３４）と、超音波の伝搬時間から流体の流速を求める流速計測部（３６）と、を備え、時間計測部が、上流側の超音波送受信手段（１０ａ）から下流側の超音波送受信手段（１０ｂ）に超音波が伝搬する第１の伝搬時間（Ｔｆ）と、下流側の超音波送受信手段から上流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する第２の伝搬時間（Ｔｒ）を計測する。流速計測部が、第１の伝搬時間の次に第２の伝搬時間を計測して求めた流速Ｖａと、第２の伝搬時間の次に第１の伝搬時間を計測して求めた流速Ｖｂとを使って誤差をキャンセルして流体の流速Ｖを求める。

明　細　書

発明の名称 ： 流体計測装置

技術分野

[0001] 本発明は、超音波を利用して流体の流速や流量を計測する流体計測装置に関する。

背景技術

[0002] 一般的に超音波を利用して流体の流速や流量を計測する方法として、伝搬時間差法が知られている（例えば、特許文献１参照）。この方法は、流体の流れに対し、流れに沿う方向と流れに逆らう方向で超音波を送受信し、この２方向の超音波の伝搬時間の違いが流体の流速により変化する現象を利用している。特許文献１には、超音波の送受信を複数回実施して、測定された波形を同期加算平均することで、Ｓ／Ｎ比（信号と雑音の比：Ｓｉｇｎａｌ　ｔｏ　Ｎｏｉｓｅ　Ｒａｔｉｏ）を向上させる技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第５３２６６９７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 伝搬時間差法において、超音波の音速は一定ではなく、温度等の他の物理量の影響を受けて変化する。このため、伝搬時間差法によって流体に対する超音波の伝搬時間を複数回測定してＳ／Ｎ比を向上させようとすると、計測時間が長くなる分だけ温度変化の影響を長く受けて、計測誤差が大きくなる問題がある。

[0005] 本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、流体における音速が変化する場合であっても、精度良く流体の流速を計測することができる流体計測装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の流体計測装置は、配管内を流れる流体へ超音波を送受信する少なくとも一対の超音波送受信手段と、前記超音波送受信手段により送受信された超音波の伝搬時間を計測する時間計測部と、前記時間計測部で計測された超音波の伝搬時間から流体の流速を求める流速計測部と、を備え、前記一対の超音波送受信手段の一方が前記配管の上流、他方が前記配管の下流に配設され、前記時間計測部が、前記上流側の超音波送受信手段から前記下流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する第１の伝搬時間及び前記下流側の超音波送受信手段から前記上流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する第２の伝搬時間を計測し、前記流速計測部が、第１の伝搬時間の次に第２の伝搬時間を計測して求めた流速Ｖａと、第２の伝搬時間の次に第１の伝搬時間を計測して求めた流速Ｖｂとを使って誤差をキャンセルするように流体の流速を求めることを特徴とする。

[0007] この構成により、流体における音速が変化することにより流体の流速の計測結果に誤差が生じる場合であっても、伝搬時間の計測順序を替えて流速Ｖａと流速Ｖｂを計測することで、流速Ｖａに生じる誤差と流速Ｖｂに生じる誤差の正負を逆にすることができる。よって、流速Ｖａと流速Ｖｂを用いることで誤差をキャンセルできるため、超音波の伝搬時間を複数回測定してＳ／Ｎ比を向上させて、流体の流速を精度良く計測することができる。

発明の効果

[0008] 本発明によれば、流体における音速が変化する場合であっても、精度良く流体の流速を計測することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]一実施の形態に係る流体計測装置の概略構成図である。

[図2]時間経過に伴う流体の音速の変化の説明図である。

[図3]上記実施の形態に係る複数対の超音波送受信手段を示す図である。

[図4]比較例に係る流体の計測結果を示す図である。

[図5]上記実施の形態に係る流体の計測結果を示す図である。

[図6]上記実施の形態に係る流体の計測結果を示す図である。

[図7]上記実施の形態に係る流体の計測結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の一実施の形態に係る流体計測装置について、詳細に説明する。図１は、一実施の形態の流体計測装置の概略構成図である。

[0011] 流体計測装置１は、配管１００内に流れる流体１０２の流速を超音波を用いて計測する。配管１００には、一対の超音波送受信手段として一対の超音波プローブ１０ａ、１０ｂが、流体１０２の流れに対して斜め方向で対向するように配置されている。超音波プローブ１０ａは、配管１００内の流体１０２の流れに対して上流側に配設され、超音波プローブ１０ｂは下流側に配設されている。超音波プローブ１０ａ、１０ｂは、それぞれ配管１００に取り付けられた楔１２ａ、１２ｂと、楔１２ａ、１２ｂに超音波を印加する超音波振動子１１ａ、１１ｂとを備えている。

[0012] 超音波振動子１１ａは、スイッチ部３３ａを介して、送信部３１及び受信部３２に接続され、超音波振動子１１ｂは、スイッチ部３３ｂを介して送信部３１及び受信部３２に接続されている。スイッチ部３３ａ、３３ｂは、超音波プローブ１０ａ、１０ｂの接続先を送信部３１又は受信部３２に切り替えて、一対の超音波プローブ１０ａ、１０ｂを送信用又は受信用に切り替えている。

[0013] 送信部３１は時間計測部３４に接続されており、時間計測部３４の指示に応じて超音波振動子１１ａ、１１ｂに駆動信号を出力する。受信部３２は、時間計測部３４に接続されており、超音波振動子１１ａ、１１ｂに入力された電気信号を時間計測部３４に出力する。

[0014] 時間計測部３４は、送信部３１から駆動信号が出力されてから、受信部３２から電気信号が入力されるまでの伝搬時間を計測する。スイッチ部３３ａ、３３ｂはそれぞれ制御部３５に接続されており、制御部３５からの信号によってスイッチ３３ａ、３３ｂは切り替えられ、超音波プローブ１０ａ、１０ｂの送受信関係が反対にされる。

[0015] 流体計測装置１では、時間計測部３４の指示により、送信部３１からスイ

ッチ部３３ａを介して超音波の波形に応じた駆動信号（電流）を超音波振動子１１ａに印加して、超音波を発生させる。超音波は楔１２ａ及び壁面１０１を透過し、配管１００内の流体１０２に所定の角度φで入射する。配管１００内に入射した超音波は、流体１０２の流れに沿って超音波プローブ１０ａに対向する超音波プローブ１０ｂに伝搬される。超音波プローブ１０ｂに伝搬された超音波は、超音波振動子１１ｂで電気信号に変換され、スイッチ３３ｂを介して受信部３２に入力される。これにより、時間計測部３４では、上流の超音波プローブ１０ａから下流の超音波プローブ１０ｂに向かう超音波の伝搬時間Ｔｆが計測される。

[0016] また超音波プローブ１０ａ、１０ｂを逆に切り替えると、送信部３１からスイッチ部３３ｂを介して超音波振動子１１ｂに駆動信号を印加して超音波を発生させる。超音波は楔１２ｂ及び壁面１０１を透過し、配管１００内の流体１０２に所定の角度φで入射して、超音波プローブ１０ａに伝搬される。超音波振動子１１ａに入力された超音波は電気信号に変換され、スイッチ３３ａを介して受信部３２に入力される。これにより、時間計測部３４では、下流側の超音波プローブ１０ｂから上流側の超音波プローブ１０ａに向かう超音波の伝搬時間Ｔｒが計測される。

[0017] 時間計測部３４には、制御部３５を介して流速計測部３６が接続され、流速計測部３６には流量計測部３７が接続されている。流速計測部３６は超音波の伝搬時間Ｔｆ、Ｔｒから流体１０２の流速を算出し、流量計測部３７は流速計測部３６で求められた流体１０２の流速から流体１０２の流量を算出する。流速計測部３６で求められた流体１０２の流速は、除去処理部（不図示）において、例えば後述するダンピング処理等を行って高周波成分が除去されてもよい。これにより、計測結果を安定化させ、流体１０２の流速の計測結果における誤差を小さくすることができる。

[0018] なお、時間計測部３４、制御部３５、流速計測部３６、流量計測部３７は、各種処理を実行するプロセッサやメモリ等により構成される。メモリは、用途に応じてＲＯＭ（Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）、ＲＡＭ（Ｒａ

ｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）等の一つ又は複数の記憶媒体で構成される。時間計測部３４は、時間計測回路、時間計測器、時間計測装置等で構成されていてもよい。制御部３５は、制御回路、制御器、制御装置等で構成されていてもよい。流速計測部３６は、流速計測回路、流速計測器、流速計測装置等で構成されていてもよい。流量計測部３７は、流量計測回路、流量計測器、流量計測装置等で構成されていてもよい。

[0019] 次に一般的な流体１０２の流速Ｖと流量Ｑの算出方法について説明する。伝搬時間Ｔｒ、Ｔｆは、流体１０２の流速Ｖ、流体１０２の音速Ｃ、超音波プローブ１０ａから超音波プローブ１０ｂまでの超音波の伝搬路長Ｌ、流体１０２の流れ方向に対する超音波の伝搬方向の角度φを用いて、次のように表わされることが知られている。

$$Tf = L / (C + V\cos\phi) \quad (1)$$

$$Tr = L / (C - V\cos\phi) \quad (2)$$

[0020] 式（１）、（２）より、流体１０２の流速Ｖについて解くと式（３）が示される。

$$V = L / 2\cos\phi \times ((1/Tf) - (1/Tr)) \quad (3)$$

[0021] 流体の流量Ｑは、流体１０２の流速Ｖ、配管１００の断面積Ａを用いて式（４）のように表わされる。

$$Q = V \times A \quad (4)$$

配管１００の断面積Ａは、配管１００の内径Ｄを用いて式（５）のように表わされる。

$$A = (D/2)^2 \times \pi \quad (5)$$

ここで、伝搬時間Ｔｆあるいは Ｔｒの計測を複数回連続して実施し、測定された波形を同期加算平均することでＳ／Ｎ比を向上させて、測定精度を改善することが可能である。

[0022] しかしながら、式（１）から（３）で示される流体１０２の流速Ｖは、流体１０２の音速Ｃが一定であることを前提としている。実際には、流体１０２の音速Ｃは、例えば流体１０２の温度により変化することが知られている

。ここで、伝搬時間Ｔｆを計測したときの流体１０２の音速Ｃに対して、音速の変化を考慮した伝搬時間Ｔｒ´を計測したときの流体１０２の音速がＣ＋ΔＣに変化した場合、伝搬時間Ｔｒ´は式（６）のように表わされる。

Ｔｒ´＝Ｌ／（Ｃ＋ΔＣ－Ｖｃｏｓφ）　　（６）

式（３）、式（６）より、流体１０２の流速Ｖ´を求めると、式（７）のように示される。

Ｖ´＝Ｌ／２ｃｏｓφ×（（１／Ｔｆ）－（１／Ｔｒ´））

＝（Ｃ＋Ｖｃｏｓφ－（Ｃ＋ΔＣ－Ｖｃｏｓφ））／２ｃｏｓφ

＝Ｖ－（ΔＣ／２ｃｏｓφ）　　（７）

式（７）に示すように、流体１０２の流速Ｖ´に－（ΔＣ／２ｃｏｓφ）だけ誤差が発生する。

[0023] 超音波の送受信を複数回実施してＳ／Ｎ比を向上させようとすると、伝搬時間Ｔｆ、Ｔｒを計測する時間が長くなり、音速Ｃの変化による影響を長く受けて、流体１０２の音速Ｃの変化ΔＣが大きくなる傾向がある。このため、流体１０２の流速Ｖ´の誤差は増大する。そこで、本実施の形態においては、超音波の伝搬時間Ｔｆ、Ｔｒを複数回測定することで、流体１０２の流速Ｖ´の誤差が大きくなる場合であっても、伝搬時間Ｔｒ、Ｔｆの計測順序を替えて流体の流速を計測することで、誤差をキャンセルするようにしている。

[0024] 以下、流速計測部３６による流体１０２の流速Ｖの計測方法について詳細に説明する。本実施の形態においては、流速計測部３６は、伝搬時間Ｔｆの次に伝搬時間Ｔｒを計測して求めた流体１０２の流速Ｖａと、伝搬時間Ｔｒの次に伝搬時間Ｔｆを計測して求めた流体１０２の流速Ｖｂとを使って、計測誤差をキャンセルする。

[0025] 具体的には、時間計測部３４により、最初に伝搬時間Ｔｆ１が計測される。次に制御部３５によりスイッチ部３３ａ、３３ｂが切り替えられて、続いて時間計測部３４により伝搬時間Ｔｒ１が計測される。続いて時間計測部３４により、伝搬時間Ｔｒ２が測定される。再び制御部３５によりスイッチ部

３３ａ、３３ｂが切り替えられて、時間計測部３４により伝搬時間Ｔｆ２が計測される。伝搬時間Ｔｆ１、Ｔｒ１、Ｔｒ２、Ｔｆ２は流速計測部３６に入力され、時間計測部３４で流体１０２の流速Ｖが算出される。

[0026] ここで、図２Ａに示すように流体１０２の音速がＣからそれぞれＣ＋ΔＣ１、Ｃ＋ΔＣ２、Ｃ＋ΔＣ３に変化したとすると、伝搬時間Ｔｆ１、Ｔｒ１、Ｔｒ２、Ｔｆ２は式（８）から（１１）のように示される。なお、図２Ａの横軸は時間、縦軸に水の音速を示しており、所定の期間に亘って水温が変化した場合の音速Ｃの変化を示している。

$$Tf1 = L / (C + V\cos\phi) \quad (8)$$

$$Tr1 = L / (C + \Delta C1 - V\cos\phi) \quad (9)$$

$$Tr2 = L / (C + \Delta C2 - V\cos\phi) \quad (10)$$

$$Tf2 = L / (C + \Delta C3 + V\cos\phi) \quad (11)$$

[0027] ここで、流体１０２（水）において時間計測部３４で計測される伝搬時間Ｔｆ１、Ｔｒ１、Ｔｒ２、Ｔｆ２の計測間隔を一定とすると、各計測間隔は短いため各計測間隔における流体１０２の音速の変化量は一定となり、ΔＣ１＝ΔＣとすると、ΔＣ２＝２ΔＣ、ΔＣ３＝３ΔＣと表すことができる。

[0028] これらを式（８）から（１１）に代入すると、伝搬時間Ｔｆ１、Ｔｒ１、Ｔｒ２、Ｔｆ２は式（１２）から（１５）のように示される。

$$Tf1 = L / (C + V\cos\phi) \quad (12)$$

$$Tr1 = L / (C + \Delta C - V\cos\phi) \quad (13)$$

$$Tr2 = L / (C + 2\Delta C - V\cos\phi) \quad (14)$$

$$Tf2 = L / (C + 3\Delta C + V\cos\phi) \quad (15)$$

[0029] 伝搬時間Ｔｆ１とＴｒ１とから求めた流体１０２の流速をＶａ、伝搬時間Ｔｒ２とＴｆ１とから求めた流体１０２の流速をＶｂとし、式（１２）から（１５）より流体１０２の流速Ｖａ、Ｖｂについて解くと式（１６）、（１７）が示される。

$$Va = L / 2\cos\phi \times ((1/Tf1) - (1/Tr1))$$

$$= ((C + V\cos\phi) - (C + \Delta C - V\cos\phi) / 2\cos\phi$$

＝Ｖ－（ΔＣ／２ｃｏｓφ）　　（１６）

Ｖｂ＝Ｌ／２ｃｏｓφ×（（１／Ｔｆ２）－（１／Ｔｒ１））

＝（（Ｃ＋３ΔＣ＋Ｖｃｏｓφ）－（Ｃ＋２ΔＣ－Ｖｃｏｓφ）／２ｃｏｓφ

＝Ｖ＋（ΔＣ／２ｃｏｓφ）　　（１７）

[0030] 式（１６）、（１７）を用いて流体１０２の流速Ｖａと流速Ｖｂを平均して流体の流速Ｖ´を求めると、式（１８）のように示される。

Ｖ´＝（Ｖａ＋Ｖｂ）／２

＝（（Ｖ－（ΔＣ／２ｃｏｓφ））＋（Ｖ＋（ΔＣ／２ｃｏｓφ））／２

＝Ｖ　　（１８）

[0031] このように、流体１０２の流速Ｖａを求めると誤差＋（ΔＣ／２ｃｏｓφ）が発生し、流体１０２の流速Ｖｂを求めると誤差－（ΔＣ／２ｃｏｓφ）が発生するため、ＶａとＶｂの平均をとることにより誤差をキャンセルすることができる。本実施の形態の流体計測装置１は、時間計測部３４で伝搬時間Ｔｆ、Ｔｒの計測順序を替えて伝搬時間を計測し、流速計測部３６で流体１０２の流速Ｖａ及び流速Ｖｂを求めて誤差をキャンセルすることで、流体の流速Ｖを精度良く求めることができる。流量計測部３７は、流速計測部３６で算出された流体１０２の流速Ｖを用いて、上記式（４）より流体１０２の流量Ｑを算出する。

[0032] また、制御部３５でスイッチ部３３ａ、３３ｂを切り替えることにより、時間計測部３４で伝搬時間をＴｆ１、Ｔｒ１、Ｔｆ２、Ｔｒ２、・・・のように交互に計測し、流速計測部３６で伝搬時間Ｔｆ１とＴｒ１とから流体１０２の流速Ｖａを求め、伝搬時間Ｔｒ１とＴｆ２とから流体１０２の流速Ｖｂを求めてもよい。図２Ｂに示すように、伝搬時間Ｔｒ１、Ｔｆ２、・・・に対応する流体１０２の音速の変化がΔＣ、２ΔＣだとすると、伝搬時間Ｔｆ１、Ｔｒ１、Ｔｆ２は式（１９）から（２１）のように示される。

Ｔｆ１＝Ｌ／（Ｃ＋Ｖｃｏｓφ）　　（１９）

$$Tr1 = L / (C + \Delta C - V\cos\phi) \quad (20)$$

$$Tf2 = L / (C + 2\Delta C + V\cos\phi) \quad (21)$$

[0033] 伝搬時間Ｔｆ１とＴｒ１とから求めた流体１０２の流速をＶａ、伝搬時間Ｔｒ１とＴｆ２とから求めた流体１０２の流速をＶｂとすると、式（２２）、（２３）が示される。

$$Va = L/2\cos\phi \times ((1/Tf1) - (1/Tr1))$$

$$= ((C + V\cos\phi) - (C + \Delta C - V\cos\phi)/2\cos\phi$$

$$= V - (\Delta C/2\cos\phi) \quad (22)$$

$$Vb = L/2\cos\phi \times ((1/Tf2) - (1/Tr1))$$

$$= ((C + 2\Delta C + V\cos\phi) - (C + \Delta C - V\cos\phi)/2\cos\phi$$

$$= V + (\Delta C/2\cos\phi) \quad (23)$$

[0034] 式（２２）、（２３）を用いて流体１０２の流速Ｖａと流速Ｖｂを平均して流体の流速Ｖ´を求めると、式（２４）のように示される。上記した伝搬時間Ｔｆ１、Ｔｒ１、Ｔｒ２、Ｔｆ２から流体１０２の流速Ｖを求めるよりも、流速Ｖａと流速Ｖｂの算出に共通のＴｒ１を用いることで伝搬時間の計測回数を少なくして、誤差をキャンセルすることができる。

$$V' = (Va + Vb)/2$$

$$= ((V - (\Delta C/2\cos\phi)) + (V + (\Delta C/2\cos\phi))/2$$

$$= V \quad (24)$$

[0035] さらに、伝搬時間Ｔｆ２とＴｒ２とから流体１０２の流速Ｖａを求め、伝搬時間Ｔｒ２とＴｆ３（３回目の上流側から下流側の超音波プローブに超音波が伝搬する伝搬時間）とから流体１０２の流速Ｖｂを求めることにより、流体１０２の流速Ｖを精度良く計測し続けていくことができる。

[0036] また、伝搬時間Ｔｆの計測を複数回連続して実施すると共に、伝搬時間Ｔｒの計測を複数回連続して実施することで、Ｓ／Ｎ比を向上させ、測定精度を改善することができる。

[0037] 次に図３を参照して、複数対の超音波プローブを用いた測定方法について説明する。図３は、上記実施の形態に係る複数対の超音波送受信手段を示す図である。図３Ａは配管の断面図であり、図３Ｂは配管の側面図である。図３に示すように、流体計測装置１は、３対の超音波プローブ１０ａ１－１０ａ３、１０ｂ１－１０ｂ３によって、３つの測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３で超音波の伝搬時間Ｔｒ、Ｔｆを計測している。超音波プローブ１０ａ１、１０ａ２、１０ａ３は配管１００内の上流側に配設され、超音波プローブ１０ｂ１、１０ｂ２、１０ｂ３は配管の下流側に配設されている。

[0038] 以下、３対の超音波プローブ１０ａ１－１０ａ３、１０ｂ１－１０ｂ３を有している流体計測装置１を用いて、流体１０２の音速が変化した場合に発生する流体１０２の流速の誤差をシミュレーションした結果を図４から図７に示す。流体１０２として水を用い、１秒間に１℃の割合で３秒間に亘って水温が変化した場合の音速Ｃの変化を模擬した。流体１０２の流速Ｖ＝０、配管１００の内径は５０ｍｍの場合をシミュレーションした。

[0039] 図４は、比較例に係る流体の計測結果を示す図である。図４Ａは時間と水の音速変化の関係を示し、図４Ｂは時間と水の流速の計測結果の関係を示し、図４Ｃは図４Ｂの計測結果をダンピング演算した場合の出力結果を示している。図４Ｂにおいて、水の流速の計測は、測線Ｌ１、測線Ｌ２、測線Ｌ３、測線Ｌ１、測線Ｌ２、測線Ｌ３、・・・の順番で行った。各線において最初に伝搬時間Ｔｆを計測し、次にＴｒを計測して流体１０２の流速Ｖａを使って流体１０２の流速Ｖを求め、流速Ｖｂは使わなかった。各測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３の重み付けは１／３で均等とした。

[0040] 図４Ｃにおいて、ダンピング演算は、図４Ｂの測定結果に対して時定数５秒の演算をした。ここで、ダンピング演算は一次遅れ演算であり、時定数５秒の一次ローパスフィルタを通過した場合と同じ効果を得ることができる。流体１０２の流速Ｖの計測結果における高周波成分を除去して、簡易な処理で計測結果を安定化させる効果がある。この場合、流体計測装置１は、ダンピング処理を行う除去処理部（不図示）を設けるようにする。なお、図４Ａ

において横軸は時間、縦軸は水の音速Ｃ、図４Ｂにおいて横軸は時間、縦軸は水の流速Ｖの計測結果、図４Ｃにおいて横軸は時間、縦軸はダンピング処理した水の流速Ｖの計測結果を示している。

[0041] 図４Ａに示すように、水温が変化した０秒から３秒の間に水の音速Ｃが上昇しており、３秒以降は水の音速Ｃが一定になっている。図４Ｂに示すように、水温が変化した０秒から３秒の間に、真値の水の流速Ｖ＝０を外れた誤差が、絶対値で最大０．３５ｍ／ｓ生じている。図４Ｃに示すように、図４Ｂの計測結果をダンピング演算しても誤差が抑制されず、誤差が絶対値で最大０．１５ｍ／ｓ生じている。

[0042] 図５は、上記実施の形態に係る流体の計測結果を示す図である。図５Ａは時間と水の音速変化の関係を示し、図５Ｂは時間と水の流速の計測結果の関係を示し、図５Ｃは図５Ｂの計測結果をダンピング演算した場合の出力結果を示している。図５Ｂにおいて、水の流速の計測は、測線Ｌ１、測線Ｌ２、測線Ｌ３、測線Ｌ１、測線Ｌ２、測線Ｌ３、・・・の順番で行った。各測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３において、伝搬時間Ｔｆ、Ｔｒの順序を替えて計測して、各測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３で順番に流体１０２の流速Ｖａと流速Ｖｂとを交互に計測した。各超音波プローブの対２１、超音波プローブの対２２、超音波プローブの対２３の重み付けは１／３で均等とした。図５Ｃにおいては、図５Ｂの測定結果に対して時定数５秒のダンピング演算をした。図５Ａから図５Ｃの縦軸及び横軸の値は、図４Ａから図４Ｃと同様である。

[0043] 図５Ｂに示すように、誤差が、図４Ｂと比較すると、絶対値で最大０．３５ｍ／ｓから０．１２ｍ／ｓに抑制されている。図５Ｃに示すように、図５Ｂの計測結果をダンピング演算した場合、誤差が、図５Ｃと比較すると、絶対値で最大０．１５ｍ／ｓから０．０１ｍ／ｓに大幅に抑制されている。このように、複数対の超音波プローブ１０ａ１－１０ａ３、１０ｂ１－１０ｂ３を用いて流速Ｖａ及び流速Ｖｂを計測することにより誤差をキャンセルできるため、計測誤差を抑制することができる。

[0044] 次に、図６を参照して測線の重み付けが均等でない場合の測定方法につい

て説明する。図６は、上記実施の形態に係る流体の計測結果を示す図である。図６Ａは時間と水の音速変化の関係を示し、図６Ｂは時間と水の流速の計測結果の関係を示し、図６Ｃは図６Ｂの計測結果をダンピング演算した場合の出力結果を示している。測線Ｌ１と測線Ｌ３の重み付けを０．４とし、測線Ｌ２の重み付けを０．２とし、３測線を合計すると１になるようにしている。図６Ｂにおいて、水の流速の計測は、測線Ｌ１、測線Ｌ２、測線Ｌ３、測線Ｌ１、測線Ｌ２、測線Ｌ３、・・・の順番で行った。各測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３において、伝搬時間Ｔｆ、Ｔｒを順序を替えて計測して、各測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３で順番に流体１０２の流速Ｖａと流速Ｖｂとを交互に計測した。図６Ｃにおいては、図６Ｂの測定結果に対して時定数５秒のダンピング演算をした。図６Ａから図６Ｃの縦軸及び横軸の値は、図４Ａから図４Ｃと同様である。なお、各測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３の重み付けにおいては、流速が変化した際に流速分布が変化することが知られているが、その影響をキャンセルするように予め実験的、経験的又は理論的に求められた値が用いられる。測線Ｌ１と測線Ｌ３の重み付けを０．４とし、測線Ｌ２の重み付けを０．２とするのは、その一例であり、一般に測線の配置が変化すると重み付けも変化する。

[0045] 図６Ｂに示すように、誤差が、図５Ｂと比較すると絶対値で最大０．１２ｍ／ｓから０．２１ｍ／ｓに増加した。図６Ｃに示すように、図６Ｂの計測結果をダンピング演算した場合、誤差が、図５Ｃと比較すると絶対値で最大０．０１ｍ／ｓから０．０２ｍ／ｓに僅かに増加した。このように、各測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３が重み付けされる場合、図４の比較例と比べると、誤差は改善されるものの、図５と比較すると、僅かに誤差が大きくなっている。このように重み付けが均等でない場合には、重みに応じて各測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３に流速Ｖａ及び流速Ｖｂを割り付けることが有効である。

[0046] 次に、図７を参照して測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３の重み付けに応じて各測線に流速Ｖａ及び流速Ｖｂを割り付けた場合について説明する。図７は、上記実施の形態に係る流体の計測結果を示す図である。図７Ａは時間と水の音速変

化の関係を示し、図７Ｂは時間と水の流速の計測結果の関係を示し、図７Ｃは図７Ｂの計測結果をダンピング演算した場合の出力結果を示している。測線Ｌ１と測線Ｌ３の重み付けを０．４とし、測線Ｌ２の重み付けを０．２とし、３測線を合計すると１になるようにしている。図７Ｂにおいて、水の流速の計測は、測線Ｌ１、測線Ｌ２、測線Ｌ３、測線Ｌ１、測線Ｌ２、測線Ｌ３、・・・の順番で行った。重み付けが大きい測線Ｌ１で計測する流体１０２の流速をＶａに定め、同じく重み付けが大きい測線Ｌ３で計測する流体１０２の流速を測線Ｌ１と逆のＶｂに定め、一番重み付けの小さい測線Ｌ２で計測する流体１０２の流速を計測の度に流速Ｖａと流速Ｖｂとを交互に切り替えた。すなわち、測線Ｌ１（Ｖａ）、測線Ｌ２（Ｖａ）、測線Ｌ３（Ｖｂ）、測線Ｌ１（Ｖａ）、測線Ｌ２（Ｖｂ）、測線Ｌ３（Ｖｂ）、測線Ｌ１（Ｖａ）、測線Ｌ２（Ｖａ）、・・・の順番で計測した。図７Ｃにおいては、図７Ｂの測定結果に対して時定数５秒のダンピング演算をした。図７Ａから図７Ｃの縦軸及び横軸の値は、図４Ａから図４Ｃと同様である。

[0047] 図７Ｂに示すように、誤差が、図６Ｂと比較すると絶対値で最大０．２１ｍ／ｓから０．１４ｍ／ｓに抑制された。図７Ｃに示すように、図６Ｂの計測結果をダンピング演算した場合、誤差が、図６Ｃと比較すると絶対値で最大０．０２ｍ／ｓから０．０１ｍ／ｓに抑制された。このように、各測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３が重み付けされる場合は、各測線Ｌ１、Ｌ２、Ｌ３で計測される流体１０２の流速Ｖａ及びＶｂを、重み付けに応じて割り付けることで、計測誤差を抑制することができる。

[0048] なお、重み付けに応じて測線を割り付ける場合には、最も重み付けが大きい超音波プローブの対で計測する流速を流速Ｖａ及び流速Ｖｂのいずれか一方に設定し、重み付けの大きさが２番目以降の対に対しては、計測する流速を流速Ｖａ及び流速Ｖｂのいずれか他方に２連続で設定した後、流速Ｖａ及び流速Ｖｂのいずれか一方に２連続で設定する設定順序を繰り返してもよい。すなわち、一番重み付けの大きい対で計測する流速をＶａかＶｂのどちらかに定めて、二番目と三番目の重み付けの大きい対で計測する流速を一番重

み付けが大きい対で定めた流速ＶａかＶｂと違う方のＶａかＶｂに定めて、四番目と五番目に重み付けの大きい対で計測する流速を一番重み付けが大きい対で定めた流速ＶａかＶｂと同じＶａかＶｂに定めて、六番目と七番目に重み付けの大きい対で計測する流速を一番重み付けが大きい対で定めた流速ＶａかＶｂと違う方のＶａかＶｂに定めて、という順に定めると、誤差の抑制効果を高めることができる。

[0049] また、超音波プローブの各対で計測する流速を、重み付けの順番で流速Ｖａと流速Ｖｂとを交互に設定してもよい。すなわち、一番重み付けの大きい対で計測する流速を流速ＶａかＶｂのどちらかに定めて、二番目に重み付けの大きい対で計測する流速を一番重み付けが大きい対で定めた流速ＶａかＶｂと違う方のＶａかＶｂに定めて、三番目に重み付けの大きい対で計測する流速を一番重み付けが大きい対で定めた流速ＶａかＶｂと同じＶａかＶｂに定めて、四番目に重み付けの大きい対で計測する流速を一番重み付けが大きい対で定めた流速ＶａかＶｂと違う方のＶａかＶｂに定めて、という順に定めても高い誤差の抑制効果を得ることができる。また、最も重み付けが小さい超音波プローブの対で計測する流速に流速Ｖａ及び流速Ｖｂとを交互に設定してもよい。これにより、より高い誤差の抑制効果が得られる。

[0050] 以上のように、本実施の形態の流体計測装置１は、流体１０２における音速Ｃが変化することにより流体１０２の流速Ｖの計測結果に誤差が生じる場合であっても、伝搬時間Ｔｆ、Ｔｒの計測順序を替えて流速Ｖａと流速Ｖｂを計測することで、流速Ｖａに生じる誤差と流速Ｖｂに生じる誤差の正負を逆にすることができる。よって、流速Ｖａと流速Ｖｂを用いることで誤差をキャンセルできるため、超音波の伝搬時間Ｔｆ、Ｔｒを複数回測定してＳ／Ｎ比を向上させて、流体１０２の流速Ｖを精度良く計測することができる。

[0051] なお、本発明は上記実施の形態に限定されず、種々変更して実施することが可能である。上記実施の形態において、添付図面に図示されている大きさや形状などについては、これに限定されず、本発明の効果を発揮する範囲内で適宜変更することが可能である。その他、本発明の目的の範囲を逸脱しな

い限りにおいて適宜変更して実施することが可能である。

[0052] 下記に上記実施の形態における特徴点を整理する。

[0053] 本発明の流体計測装置は、配管内を流れる流体へ超音波を送受信する少なくとも一対の超音波送受信手段と、前記超音波送受信手段により送受信された超音波の伝搬時間を計測する時間計測部と、前記時間計測部で計測された超音波の伝搬時間から流体の流速を求める流速計測部と、を備え、前記一対の超音波送受信手段の一方が前記配管の上流、他方が前記配管の下流に配設され、前記時間計測部が、前記上流側の超音波送受信手段から前記下流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する第１の伝搬時間及び前記下流側の超音波送受信手段から前記上流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する第２の伝搬時間を計測し、前記流速計測部が、第１の伝搬時間の次に第２の伝搬時間を計測して求めた流速Ｖａと、第２の伝搬時間の次に第１の伝搬時間を計測して求めた流速Ｖｂとを使って誤差をキャンセルするように流体の流速を求めることを特徴とする。

[0054] この構成により、流体における音速が変化することにより流体の流速の計測結果に誤差が生じる場合であっても、伝搬時間の計測順序を替えて流速Ｖａと流速Ｖｂを計測することで、流速Ｖａに生じる誤差と流速Ｖｂに生じる誤差の正負を逆にすることができる。よって、流速Ｖａと流速Ｖｂを用いることで誤差をキャンセルできるため、超音波の伝搬時間を複数回測定してＳ／Ｎ比を向上させて、流体の流速を精度良く計測することができる。

[0055] 本発明の流体計測装置においては、前記時間計測部が第１の伝搬時間と第２の伝搬時間とを交互に計測し、前記流速計測部が連続する第１の伝搬時間と第２の伝搬時間から前記流速Ｖａを求め、該第２の伝搬時間と後続する第１の伝搬時間から前記流速Ｖｂを求めてもよい。この構成により、超音波の伝搬時間の計測回数を少なくすることができる。

[0056] 本発明の流体計測装置においては、前記時間計測部が、前記上流側の超音波送受信手段から前記下流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する伝搬時間の計測を複数回実施して第１の伝搬時間を求め、前記下流側の超音波送受

信手段から前記上流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する伝搬時間の計測を複数回実施して第２の伝搬時間を求めてもよい。この構成により、Ｓ／Ｎ比を向上させ、さらに計測精度を向上させることができる。

[0057] 本発明の流体計測装置においては、前記流速計測部が、複数対の超音波送受信手段を有し、各対において第１の伝搬時間及び第２の伝搬時間を計測して、各対で順番に前記流速Ｖａと前記流速Ｖｂとを交互に計測してもよい。この構成により、複数対の超音波送受信手段で流速Ｖａと流速Ｖｂを計測することで、誤差をキャンセルすることができる。

[0058] 本発明の流体計測装置においては、前記複数対の超音波送受信手段の各対を重み付けし、重み付けの大きさに応じて各対で計測する流速を前記流速Ｖａ及び前記流速Ｖｂのいずれか一方に設定して重み付け加算により流体の流速を求めてもよい。この構成により、各対の超音波送受信手段を重み付けして流体の流速を計測することで、計測精度を向上させることができる。

[0059] 本発明の流体計測装置においては、最も重み付けが大きい前記超音波送受信手段の対で計測する流速を前記流速Ｖａ及び前記流速Ｖｂのいずれか一方に設定し、重み付けの大きさが２番目以降の対に対しては、計測する流速を前記流速Ｖａ及び前記流速Ｖｂのいずれか他方に２連続で設定した後に前記流速Ｖａ及び前記流速Ｖｂのいずれか一方に２連続で設定する設定順序を繰り返してもよい。この構成により、各対の超音波送受信手段で計測される流体の流速を重み付けの順番に、所定の設定順序で設定することで、誤差の抑制効果を高めることができる。

[0060] 本発明の流体計測装置においては、前記超音波送受信手段の各対で計測する流速を、重み付けの順番で前記流速Ｖａと前記流速Ｖｂとを交互に設定してもよい。この構成により、各対の超音波送受信手段で計測される流体の流速を重み付けの順番に、所定の設定順序で設定することで、誤差の抑制効果を高めることができる。

[0061] 本発明の流体計測装置においては、最も重み付けが小さい前記超音波送受信手段の対で計測する流速に流速Ｖａ及び流速Ｖｂとを交互に設定してもよ

い。この構成により、誤差の抑制効果を高めることができる。

[0062] 本発明の流体計測装置においては、前記流速計測部で求められた流体の流速から高周波成分を除去する除去処理部を有することが好ましい。この構成により、計測結果を安定化させ、流体の流速の計測結果における誤差を小さくすることができる。

[0063] 本発明の流体計測装置においては、ダンピング処理により高周波成分を除去することが好ましい。この構成により、簡易な処理で計測結果を安定化させ、流体の流速の計測結果における誤差を小さくすることができる。

[0064] 本出願は、２０１６年５月２６日出願の特願２０１６－１０５０２９に基づく。この内容は、全てここに含めておく。

請求の範囲

[請求項1] 配管内を流れる流体へ超音波を送受信する少なくとも一対の超音波送受信手段と、

前記超音波送受信手段により送受信された超音波の伝搬時間を計測する時間計測部と、

前記時間計測部で計測された超音波の伝搬時間から流体の流速を求める流速計測部と、を備え、

前記一対の超音波送受信手段の一方が前記配管の上流、他方が前記配管の下流に配設され、

前記時間計測部が、前記上流側の超音波送受信手段から前記下流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する第１の伝搬時間及び前記下流側の超音波送受信手段から前記上流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する第２の伝搬時間を計測し、

前記流速計測部が、第１の伝搬時間の次に第２の伝搬時間を計測して求めた流速Ｖａと、第２の伝搬時間の次に第１の伝搬時間を計測して求めた流速Ｖｂとを使って誤差をキャンセルするように流体の流速を求めることを特徴とする流体計測装置。

[請求項2] 前記時間計測部が第１の伝搬時間と第２の伝搬時間とを交互に計測し、前記流速計測部が連続する第１の伝搬時間と第２の伝搬時間から前記流速Ｖａを求め、該第２の伝搬時間と後続する第１の伝搬時間から前記流速Ｖｂを求めることを特徴とする請求項１に記載の流体計測装置。

[請求項3] 前記時間計測部が、前記上流側の超音波送受信手段から前記下流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する伝搬時間の計測を複数回実施して第１の伝搬時間を求め、前記下流側の超音波送受信手段から前記上流側の超音波送受信手段に超音波が伝搬する伝搬時間の計測を複数回実施して第２の伝搬時間を求めることを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の流体計測装置。

[請求項4] 前記流速計測部が、複数対の超音波送受信手段を有し、各対において第１の伝搬時間及び第２の伝搬時間を計測して、各対で順番に前記流速Ｖａと前記流速Ｖｂとを交互に計測することを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の流体計測装置。

[請求項5] 前記複数対の超音波送受信手段の各対を重み付けし、重み付けの大きさに応じて各対で計測する流速を前記流速Ｖａ及び前記流速Ｖｂのいずれか一方に設定して重み付け加算により流体の流速を求めることを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の流体計測装置。

[請求項6] 最も重み付けが大きい前記超音波送受信手段の対で計測する流速を前記流速Ｖａ及び前記流速Ｖｂのいずれか一方に設定し、重み付けの大きさが２番目以降の対に対しては、計測する流速を前記流速Ｖａ及び前記流速Ｖｂのいずれか他方に２連続で設定した後に前記流速Ｖａ及び前記流速Ｖｂのいずれか一方に２連続で設定する設定順序を繰り返すことを特徴とする請求項５に記載の流体計測装置。

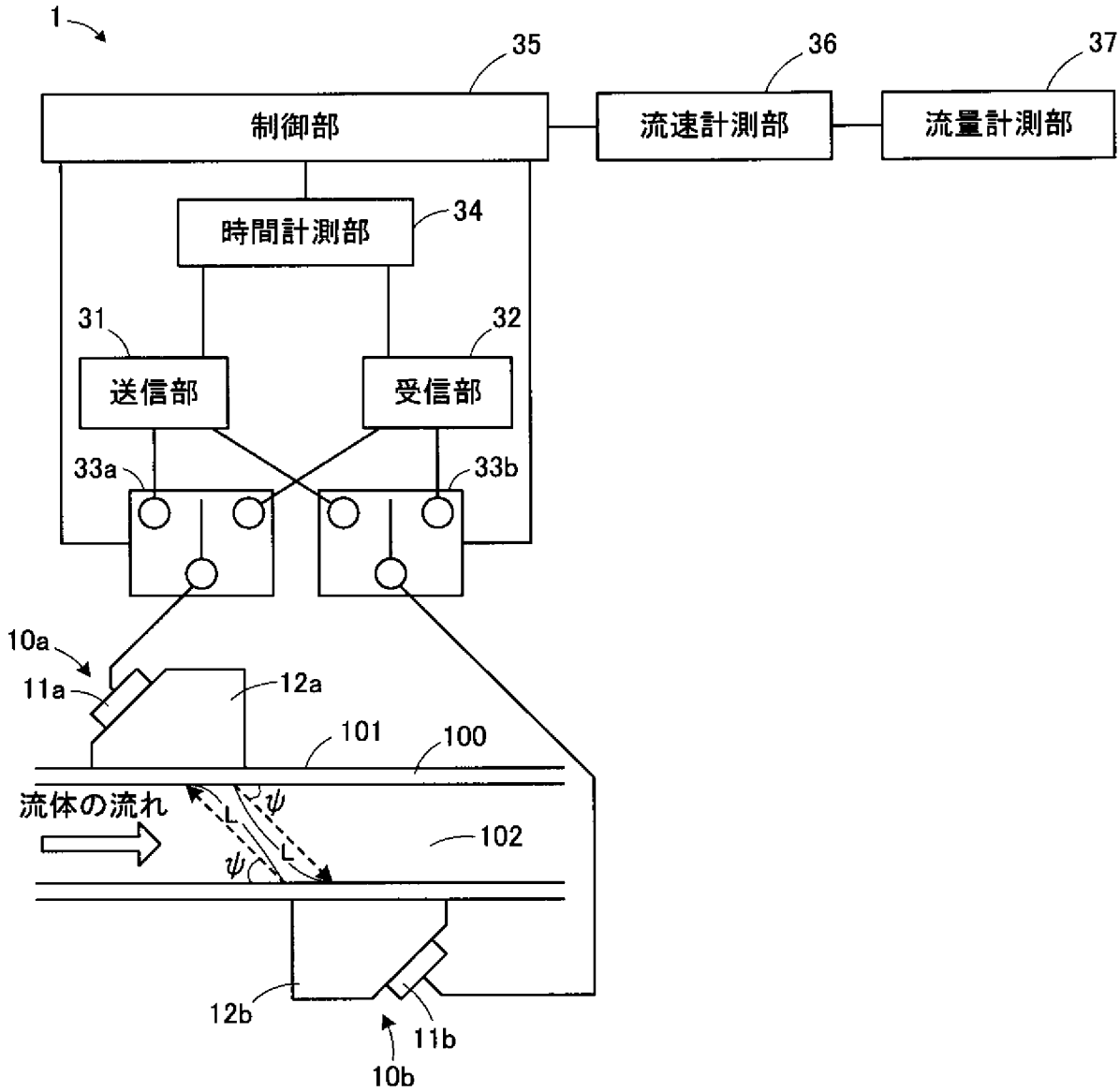
[請求項7] 前記超音波送受信手段の各対で計測する流速を、重み付けの順番で前記流速Ｖａと前記流速Ｖｂとを交互に設定することを特徴とする請求項５に記載の流体計測装置。

[請求項8] 最も重み付けが小さい前記超音波送受信手段の対で計測する流速に前記流速Ｖａ及び前記流速Ｖｂとを交互に設定することを特徴とする請求項５に記載の流体計測装置。

[請求項9] 前記流速計測部で求められた流体の流速から高周波成分を除去する除去処理部を有することを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の流体計測装置。

[請求項10] ダンピング処理により高周波成分を除去することを特徴とする請求項９に記載の流体計測装置。

[図1]


1
35
36
37
制御部
流速計測部
流量計測部
時間計測部
34
31
32
送信部
受信部
33a
33b
10a
11a
12a
101
100
流体の流れ
L
ψ
ψ
L
102
12b
11b
10b

[図2]

図 2A

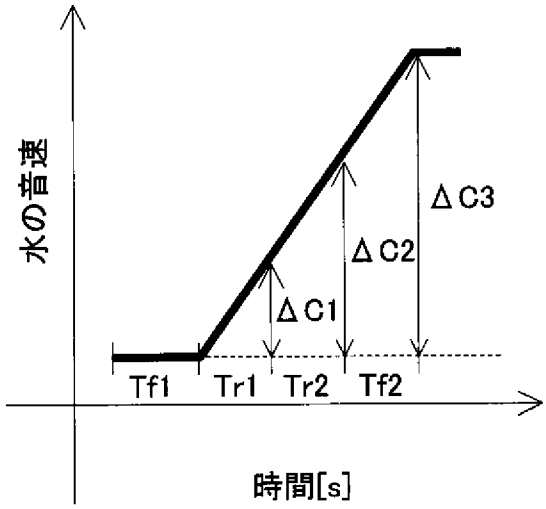
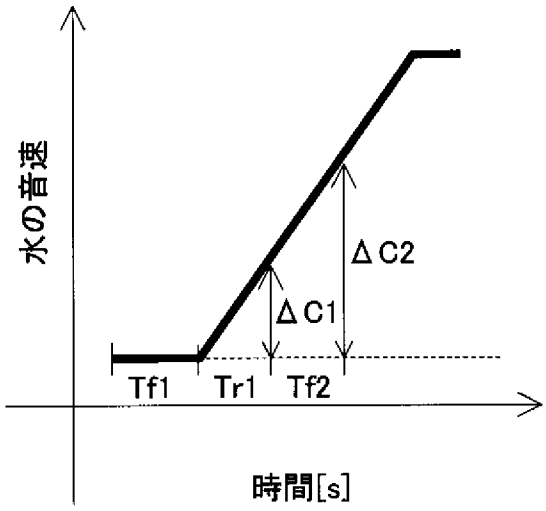

水の音速
ΔC3
ΔC2
ΔC1
Tf1
Tr1
Tr2
Tf2
時間[s]

図 2B


水の音速
ΔC2
ΔC1
Tf1
Tr1
Tf2
時間[s]

[図3]

図 3A

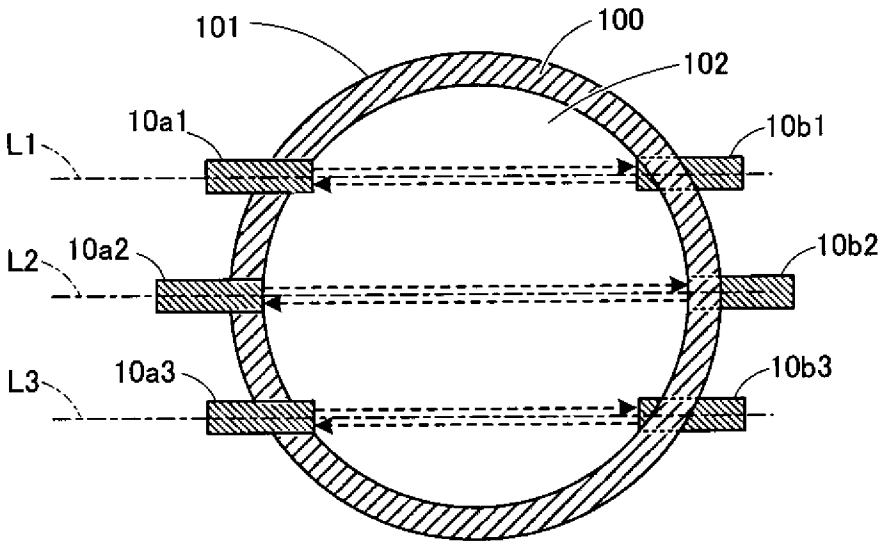
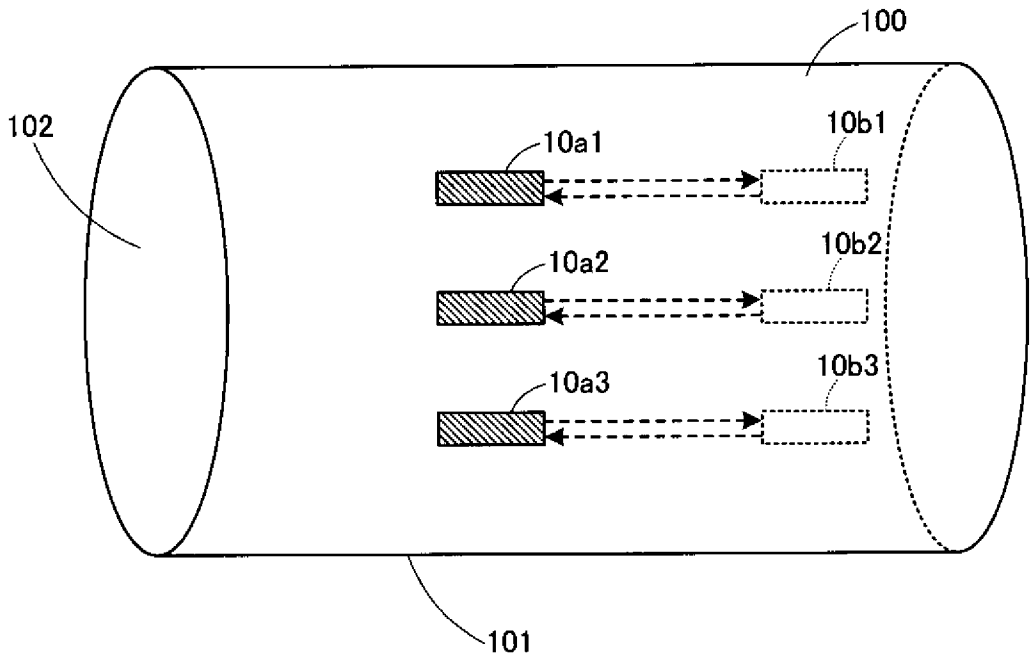

101
100
102
10a1
10b1
L1
L2
10a2
10b2
L3
10a3
10b3

図 3B


100
102
10a1
10b1
10a2
10b2
10a3
10b3
101

[図4]

図 4A

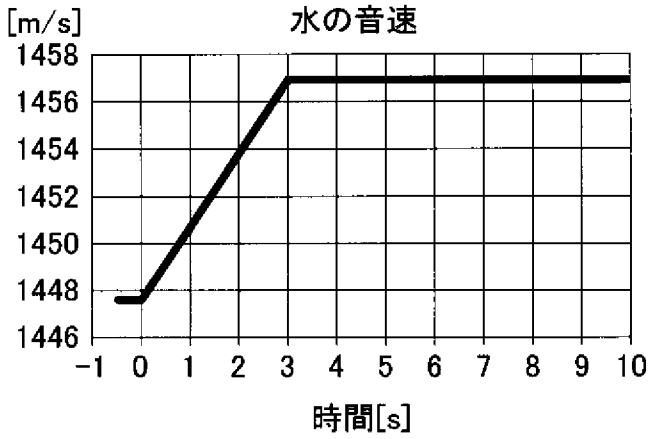


図 4B

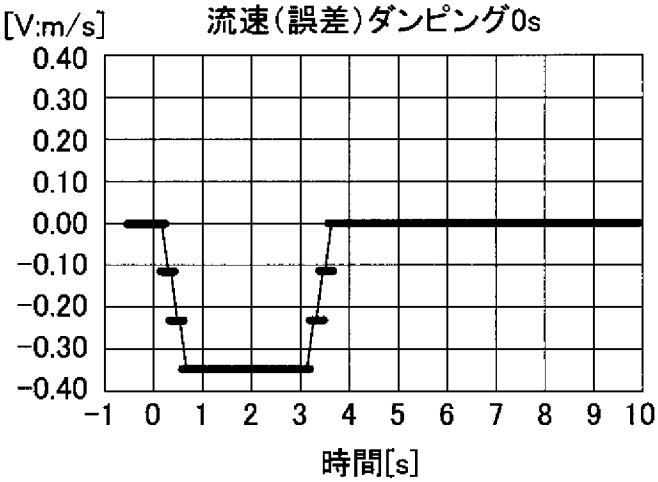
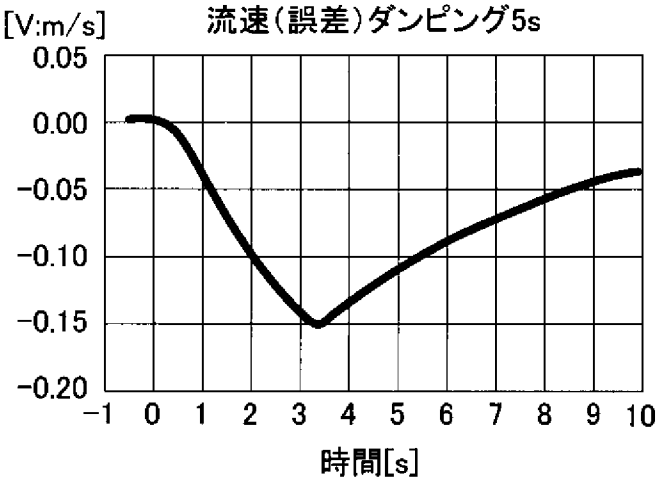


図 4C



[図5]

図 5A

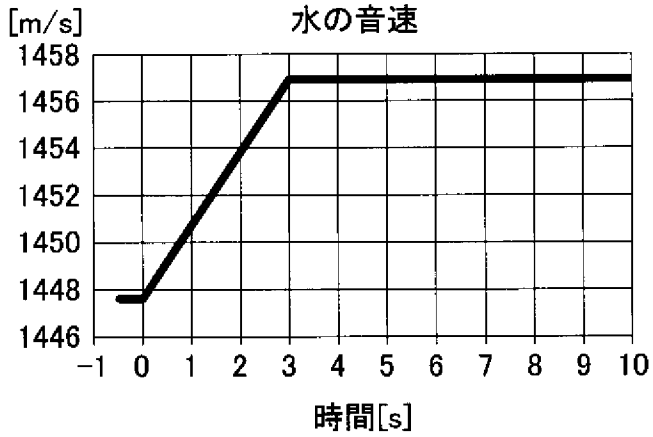


図 5B

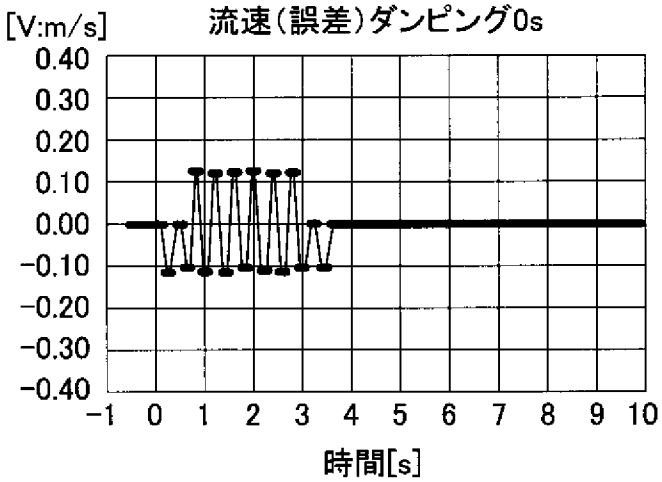
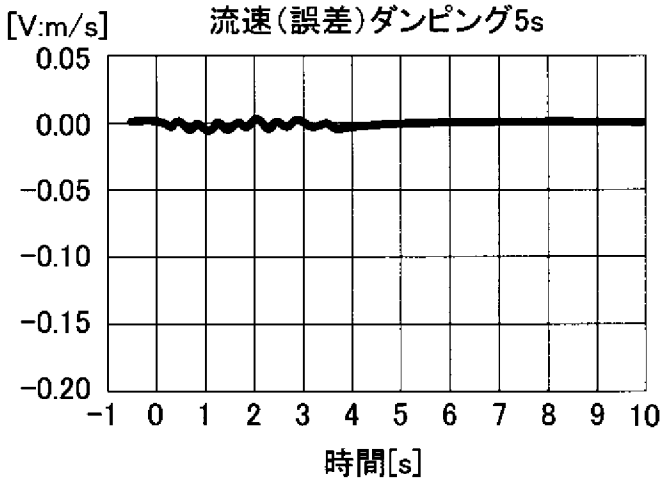


図 5C



[図6]

図 6A

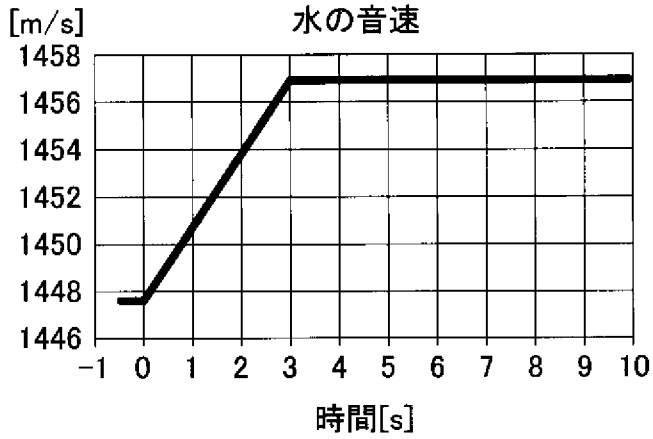


図 6B

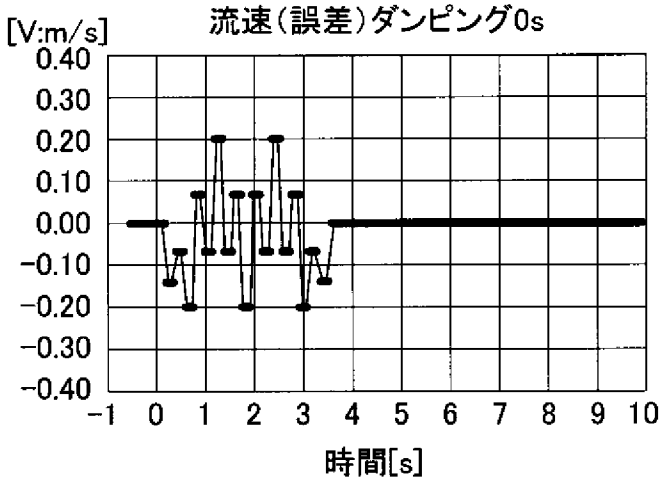
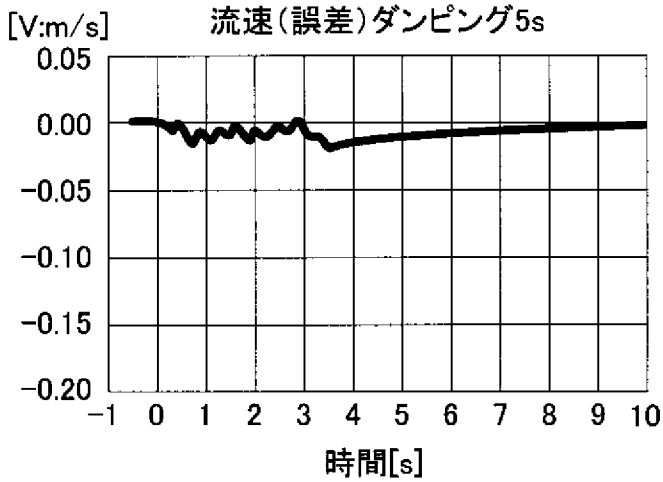


図 6C



[図7]

図 7A

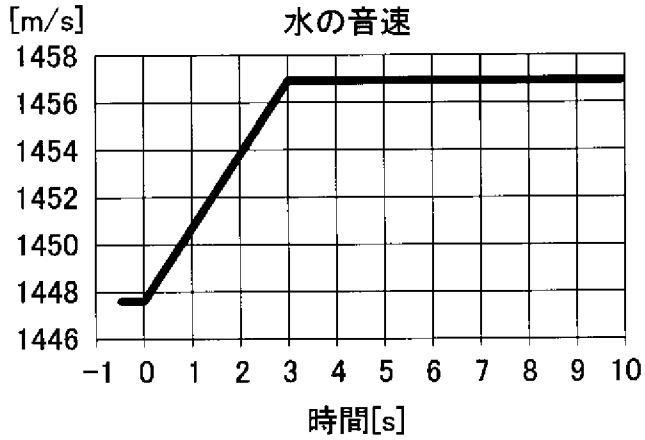


図 7B

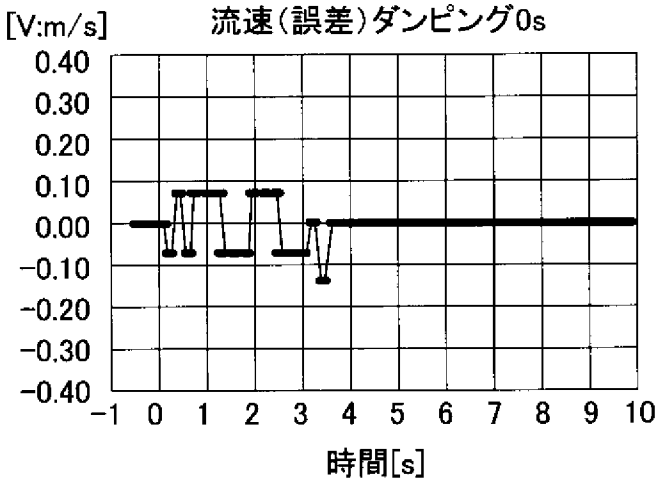
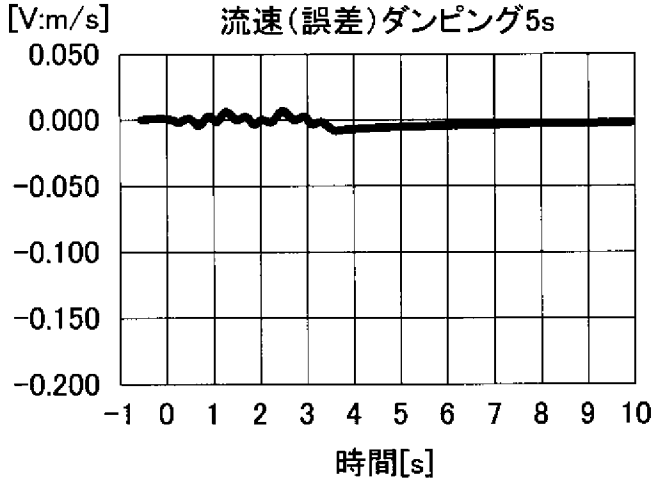


図 7C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/018893

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01F1/66(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)
G01F1/66, G01P5/24

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y	JP 51-55276 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 14 May 1976 (14.05.1976), page 1, lower left column, line 11 to page 4, upper right column, line 1; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-4,9-10
Y	JP 2001-235353 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 31 August 2001 (31.08.2001), paragraphs [0003] to [0031]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-4,9-10
Y	JP 2012-216412 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 08 November 2012 (08.11.2012), paragraph [0042] (Family: none)	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 July 2017 (18.07.17)	01 August 2017 (01.08.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/018893

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 55-147312 A (Hokushin Electric Works Ltd.), 17 November 1980 (17.11.1980), page 4, lower left column, line 1 to lower right column, line 14; fig. 4 to 5 (Family: none)	4
Y	JP 2004-93163 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 25 March 2004 (25.03.2004), paragraphs [0032] to [0033] (Family: none)	9-10
A	US 2013/0294475 A1 (DANIEL MEASUREMENT AND CONTROL INC.), 07 November 2013 (07.11.2013), entire text; all drawings & AU 2013256254 A & CA 2866536 A & CN 103453956 A & CN 203443622 U & DE 13785198 T & EP 2844965 A1 & MX 2014013249 A & RU 2014137565 A & WO 2013/166239 A1	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／０１８８９３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01F1/66(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.　G01F1/66, G01P5/24

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	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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
Y	JP 51-55276 A (沖電気工業株式会社) 1976.05.14, 1頁左下欄11行-4頁右上欄1行、第1-3図 (ファミリーなし)	1-4,9-10
Y	JP 2001-235353 A (大阪瓦斯株式会社) 2001.08.31, [0003]-[0031]、図1-4 (ファミリーなし)	1-4,9-10
Y	JP 2012-216412 A (大阪瓦斯株式会社) 2012.11.08, [0042] (ファミリーなし)	3

☑　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	国際調査報告の発送日
１８．０７．２０１７	０１．０８．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｆ　９２０６
岡田　卓弥
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

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
Y	JP 55-147312 A (株式会社北辰電機製作所) 1980.11.17, 4頁左下欄1行-右下欄14行、第4-5図 (ファミリーなし)	4
Y	JP 2004-93163 A (松下電器産業株式会社) 2004.03.25, [0032]-[0033] (ファミリーなし)	9-10
A	US 2013/0294475 A1 (DANIEL MEASUREMENT AND CONTROL INC.) 2013.11.07, 全文,全図 & AU 2013256254 A & CA 2866536 A & CN 103453956 A & CN 203443622 U & DE 13785198 T & EP 2844965 A1 & MX 2014013249 A & RU 2014137565 A & WO 2013/166239 A1	1-10