

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-512510

(P2010-512510A)

(43) 公表日 平成22年4月22日(2010.4.22)

(51) Int.Cl.

G01F 1/66 (2006.01)

F 1

G01F 1/66 103  
G01F 1/66 B

テーマコード(参考)

2FO35

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2009-540370 (P2009-540370)  
 (86) (22) 出願日 平成19年11月16日 (2007.11.16)  
 (85) 翻訳文提出日 平成21年6月4日 (2009.6.4)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2007/084929  
 (87) 國際公開番号 WO2008/073673  
 (87) 國際公開日 平成20年6月19日 (2008.6.19)  
 (31) 優先権主張番号 11/567,818  
 (32) 優先日 平成18年12月7日 (2006.12.7)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
 GENERAL ELECTRIC COMPANY  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 聰志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

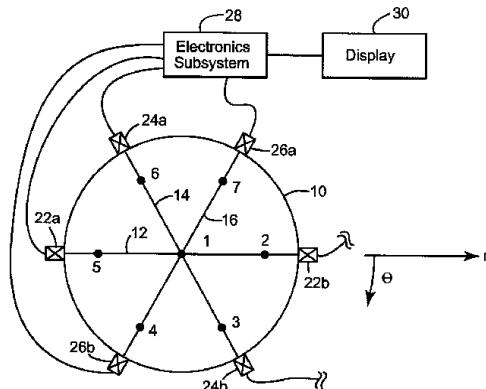
(54) 【発明の名称】超音波式流量計測方法及びシステム

## (57) 【要約】

【課題】コンジット内の流体の平均または体積流量を決定するより正確な方法を提供すること。

【解決手段】コンジット内の流体の流量を決定する方法である。コンジットを通して複数の経路に沿って超音波エネルギーが導かれる。超音波エネルギーは、コンジット内の幾つかの点において流体の速度を決定するためにレンジゲートドプラ技法を用いて検出され計測される。これらの点速度を用いてコンジット内の流体の平均流量が計算される。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

コンジット内の流体の流量を決定する方法であって、  
コンジット及び流体を通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導く工程と、  
コンジット内の流体内の幾つかの点において流体の速度を決定するためにレンジゲート式ドプラ技法を用いて前記超音波エネルギーを検出しあつ計測する工程と、  
前記幾つかの点速度からコンジット内の流体の平均流量を決定する工程と、  
を含む方法。

**【請求項 2】**

前記超音波エネルギーは、コンジット及び流体を通して直径経路に沿って導かれる、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 3】**

平均流量を決定する前記工程は、前記点速度の各々に所定の荷重係数を乗算しあつ該荷重付与した点速度を加え合わせることを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 4】**

各点速度向けの各荷重係数はコンジット内の流体内における当該点の位置の関数である、請求項 3 に記載の方法。

**【請求項 5】**

体積流量を決定する前記工程は、前記和をコンジットの面積と乗算することを含む、請求項 3 に記載の方法。

**【請求項 6】**

前記計測の工程は、コンジット内の流体の中心における点速度及びコンジット内の流体の各四分円内の少なくとも 1 つの点における点速度を決定することを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 7】**

少なくとも 7 つの点速度が計測される請求項 6 に記載の方法。

**【請求項 8】**

前記導く工程はコンジットの外面上にクランプされたトランスジューサを利用することを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 9】**

前記トランスジューサは、その各対のトランスジューサがコンジットの相対する側に来るようにして対の形としている、請求項 8 に記載の方法。

**【請求項 10】**

3 対のトランスジューサを存在させた請求項 9 に記載の方法。

**【請求項 11】**

超音波エネルギーを導く前記工程は湿式トランスジューサを利用することを含む、請求項 1 に記載の方法。

**【請求項 12】**

コンジット及びその内部の流体フローを通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導きかつ計測すること並びにレンジゲート式ドプラ技法を用いてコンジット内の流体内の幾つかの点において流体の速度を決定することを行うように構成された超音波トランスジューササブシステムと、

前記超音波トランスジューササブシステムに応答し、前記幾つかの点速度からコンジット内の流体の平均流量を決定するように構成された電子回路サブシステムと、  
を備える流体流量計測システム。

**【請求項 13】**

前記トランスジューサは、コンジット及び流体を通して直径経路に沿って超音波エネルギーを導くように配列されている、請求項 12 に記載のシステム。

**【請求項 14】**

前記トランスジューサは、コンジット及び流体を通して弦形経路に沿って超音波エネル

10

20

30

40

50

ギーを導くことを含むように配列されている、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 5】

前記電子回路サブシステムは、保存された荷重係数と前記点速度の各々とを乗算しつつ該荷重付与した点速度を加え合わせるように構成されている、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 6】

各点速度ごとに保存された各荷重係数はコンジット内の流体内における当該点の位置の関数である、請求項 1 5 に記載のシステム。

【請求項 1 7】

前記電子回路サブシステムは、前記和をコンジットの断面積と乗算しつつ該積を体積流量として出力するように構成されている、請求項 1 5 に記載のシステム。 10

【請求項 1 8】

前記超音波トランスジューササブシステムは、コンジット内の流体の中心における点速度及びコンジット内の流体の各四分円内の少なくとも 1 つの点における点速度を決定するように構成されている、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 1 9】

少なくとも 7 つの点速度が計測される請求項 1 8 に記載のシステム。

【請求項 2 0】

前記超音波トランスジューササブシステムのトランスジューサはコンジットの外面上にクランプされている、請求項 1 2 に記載のシステム。 20

【請求項 2 1】

前記超音波トランスジューササブシステムのトランスジューサは湿式トランスジューサである、請求項 1 2 に記載のシステム。

【請求項 2 2】

前記トランスジューサは、その各対のトランスジューサがコンジットの相対する側に来るようにして対の形としている、請求項 2 0 に記載のシステム。

【請求項 2 3】

前記トランスジューサは、その各対のトランスジューサがコンジットの同じ側に来るようにして対の形としている、請求項 2 0 に記載のシステム。 30

【請求項 2 4】

3 対のトランスジューサを存在させた請求項 2 2 に記載のシステム。

【請求項 2 5】

コンジット内の流体の体積流量を決定する方法であつて、

コンジット内の流体内の幾つかの点において流体の速度を検出する工程と、

前記点速度の各々に所定の荷重係数を乗算し、該荷重付与した点速度を加え合わせ、かつ該和をコンジットの面積と乗算することによってこれら幾つかの点速度からコンジット内の流体の体積流量を決定する工程と、

を含む方法。

【請求項 2 6】

前記点速度は、コンジット及び流体を通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導くと共にレンジゲート式ドプラ技法を用いて該超音波エネルギーを検出しつつ計測することによって決定される、請求項 2 5 に記載の方法。 40

【請求項 2 7】

前記超音波エネルギーは、コンジット及び流体を通して直径経路に沿って導かれる、請求項 2 6 に記載の方法。

【請求項 2 8】

前記超音波エネルギーは、コンジット及び流体を通して弦形経路に沿って導かれる、請求項 2 6 に記載の方法。

【請求項 2 9】

各点速度向けの各荷重係数は、コンジット内の流体内における当該点の位置の関数であ

50

る、請求項 27 に記載の方法。

**【請求項 30】**

前記計測の工程は、コンジット内の流体の中心における点速度及びコンジット内の流体内の各流体四分円内の少なくとも 1 つの点における点速度を決定することを含む、請求項 25 に記載の方法。

**【請求項 31】**

少なくとも 7 つの点速度が計測される請求項 30 に記載の方法。

**【請求項 32】**

前記導く工程はコンジットの外面上にクランプされたトランスジューサを利用することを含む、請求項 26 に記載の方法。

10

**【請求項 33】**

前記トランスジューサは、その各対のトランスジューサがコンジットの相対する側に来るようにして対の形としている、請求項 32 に記載の方法。

**【請求項 34】**

3 対のトランスジューサを存在させた請求項 33 に記載の方法。

**【請求項 35】**

前記導く工程は湿式トランスジューサを利用することを含む、請求項 26 に記載の方法。

**【請求項 36】**

コンジット内の流体内の少なくとも 2 つの点において流体フロー速度を決定するように構成された計測サブシステムと、

20

前記計測サブシステムに応答すると共に幾つかの点速度からコンジット内の流体の流量を決定するように構成された電子回路サブシステムと、  
を備える流体流量計測システム。

**【請求項 37】**

前記計測サブシステムは、レンジゲート式ドプラ技法を用いてコンジット内の流体内の幾つかの点において流体の速度を決定するためにコンジット及び流体を通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導きかつ計測するように構成された超音波トランスジューサ配列を含む、請求項 36 に記載のシステム。

**【請求項 38】**

前記超音波エネルギーは、コンジット及び流体を通して直径経路に沿って導かれる、請求項 37 に記載のシステム。

30

**【請求項 39】**

平均流量の前記決定は、前記点速度の各々に所定の荷重係数を乗算しかつ該荷重付与した点速度を加え合わせることを含む、請求項 37 に記載のシステム。

**【請求項 40】**

各点速度向けの各荷重係数は、コンジット内の流体内における当該点の位置の関数である請求項 39 に記載のシステム。

**【請求項 41】**

体積流量の前記決定は、前記和をコンジットの面積と乗算することを含む、請求項 39 に記載のシステム。

40

**【請求項 42】**

前記計測の工程は、コンジット内の流体の中心における点速度及びコンジット内の流体の各四分円内の少なくとも 1 つの点における点速度を決定することを含む、請求項 37 に記載のシステム。

**【請求項 43】**

少なくとも 7 つの点速度が計測される請求項 42 に記載のシステム。

**【請求項 44】**

前記超音波トランスジューサ配列は、コンジットの外面上にクランプされたトランスジューサを含む、請求項 37 に記載のシステム。

50

**【請求項 4 5】**

前記トランスジューサは、その各対のトランスジューサがコンジットの相対する側に来るようにして対の形としている、請求項 4 4 に記載のシステム。

**【請求項 4 6】**

前記トランスジューサは、その各対のトランスジューサがコンジットの同じ側に来るようにして対の形としている、請求項 4 4 に記載のシステム。

**【請求項 4 7】**

3 対のトランスジューサを存在させた請求項 4 5 に記載のシステム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】**

10

**【0 0 0 1】**

本件の発明は、フロー計測技法及びシステムに関し、また好ましい一実施形態では、超音波式の計測方法及びシステムに関する。

**【背景技術】****【0 0 0 2】**

コンジット内の流体の流量を計測するためには超音波式流量計が使用されることが多い。様々な流量計は幾つかの様々な物理学原理に基づく。最も一般に使用されている技法は、トランジットタイム、ドプラ及び相互相關タグである。3つの技法はすべて、コンジット内部の総流体フローに起因する総体的な影響を計測した後、これをある係数により解析的または実験的に補正してコンジット内部のフローの平均流量を導出している。典型的にはこの補正係数は流量依存性であり、フロープロフィールが対称性でないと無効である。しかしドプラ技法は壁面対壁面の信号伝播を選択的に解析またはスキャンすることを可能とさせるように設計することができる。米国特許第 3,564,912 号、同第 6,732,595 号、第 6,931,945 号、並びに米国特許出願第 2005/0245827 号、同第 2005/0241411 号及び同第 2005/0011279 号（いずれも本参照により本明細書に組み込むものとする）を参照されたい。

20

**【0 0 0 3】**

超音波式流量計ではすべて、トランスジューサが信号を送信し、コンジット内部の流体から信号を受信する。これらのトランスジューサは湿式（wetted）とすることやクランプオン式（clamp-on）とすることが可能である。湿式法では、トランスジューサの前面を一般的にはパイプノズルを介して流体と直に接触させが必要である。クランプオン技法では、コンジットの外部にトランスジューサをクランプすることが必要であるが、コンジット表面の保全性（integrity）を変えることがないので有益である。コンジットの断面が円形であるような最も一般的な用途では、トランジットタイム技法による高精度のフロー計測のためには、利用する経路 1 つあたり 1 対のトランスジューサを用いたマルチ経路技法の利用が必要である。未発達のフローを計測するには弦形（chordal）箇所に少なくとも 1 つの経路を配置することが好ましい。未発達フローは一般に、そのプロフィールが高い対称性を有さないため、既存の理論によって良好に特徴付けすることができない。しかし弦形経路用のノズルは一般に、直径（diameter）経路用のものと比べて製作がより困難である。整列不良や配置不良が不正確なフロー計測をもたらす可能性がある。さらにクランプオンスタイルのトランスジューサの場合では、既存のパイプ表面の保全性を変えることなく有用な弦形経路を得ることが困難である。

30

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0 0 0 4】**

40

**【特許文献 1】米国特許第 3,564,912 号****【特許文献 2】米国特許第 6,732,595 号****【特許文献 3】米国特許第 6,931,945 号****【特許文献 4】米国特許出願公開第 2005/0245827 号**

50

【特許文献 5】米国特許出願公開第 2005 / 0241411 号

【特許文献 6】米国特許出願公開第 2005 / 0011279 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

したがって、フローを通る弦形経路に配置したトランスジューサ対は一般に、クランプオンタイプとすることが不可能であり、かつ／あるいは機械的な設計や構造に困難を伴う。幾つかの流量計システムでは、既存のコンジットで使用するようにセットアップすることが困難である。整列不良やその他の要因が不正確なフロー計測をもたらす可能性がある。さらに重要なことは、所与の流量計の確度がそのフローが対称性であるか非対称性であるかに依存することが多いことである。さらに非対称性フローでは、流量計測にレンジゲート式ドプラ技法を使用しかつコンジットの壁面間のスキャンによってプロフィール補正係数を得るには、少なくとも 2 つの経路を要しかつスキャンに時間がかかるため、計測確度を損なう可能性がある。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

本件発明は、コンジット内の流体の平均または体積流量を決定するより正確な方法を提供する。クランプオンタイプのトランスジューサを使用することが可能であると共に、弦形経路上にトランスジューサを配置することを要しない、ただし配置することが可能である。本発明の方法は実現が簡単であり、応答が高速であり、かつ極めて正確である。本方法はさらに、流体フロープロフィールが対称性であるか非対称性であるかに関わらず正確である。

20

【0007】

本件発明は、計測または導出したプロフィール補正係数を用いることを要せずにレンジゲート式ドプラ技法などの点速度計測法を利用して流量が得られるならば、平均流量の高速かつ正確な計測の取得が可能であるという認識から得られたものである。各 1 つの点に適用される数値荷重係数によって非常に限られた数のデータ点の和を求めることによって、平均流量を決定することが可能である。本方法は、高速であり、実現が簡単であり、かつフロープロフィールが対称性であるか非対称性であるかに関わらず極めて正確である。

30

【0008】

しかし本件発明は別の実施形態では、これらすべての目的を達成する必要はなく、また本特許請求の範囲をこれらの目的を達成可能な構造または方法に限定すべきではない。

【0009】

本発明は、コンジット内の流体の平均または体積流量を決定する方法を特徴とする。好みい方法は、コンジットを通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導く工程と、フロー内の幾つかの点において流体の速度を決定するためにレンジゲート式ドプラ技法を用いて該超音波エネルギーを検出しかつ計測する工程と、該幾つかの点速度からコンジット内の流体の平均または体積流量を決定する工程と、を含む。

【0010】

超音波エネルギーは、コンジット及び流体を通して直徑経路に沿って導くことができる。典型的には、点速度の各々において平均流量に所定の荷重係数を乗算する。荷重付与した点速度は次いで加え合わされる。体積流体流量を決定する工程は典型的には、該和をコンジットの面積と乗算することを含む。一例では、各点速度向けの各荷重係数は、流体フロー内における当該点の位置の関数である。コンジット及び流体フローの中心における点速度とコンジット及び流体の各四分円内の少なくとも 1 つの点における点速度とを計測することが好みい。少なくとも 7 つの点速度が計測されるのが典型的である。

40

【0011】

コンジットの外面上にあるトランスジューサは超音波エネルギーを送信及び検出するために使用することができる。このトランスジューサは別法として、電子機器により制御された送信器及び受信器の役割をさせることができ、あるいは対の形で使用することができ

50

る。各対のトランスジューサは、コンジットの相対する側にもコンジットの同じ側にも配置させることができる。一例では、3対のトランスジューサを使用している。

#### 【0012】

本発明による流体流量計測システムは典型的には、コンジット及びその内部の流体を通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導きかつ計測すること、並びにレンジゲート式ドプラ技法を用いてコンジット内の幾つかの点における流体の速度を決定することを行うように構成された超音波トランスジューササブシステムを含む。1つの電子サブシステムがこの超音波トランスジューササブシステムに対して応答すると共に、これら幾つかの点速度からコンジット内の流体の平均または体積流量を決定するように構成されている。

#### 【0013】

一例では、コンジット内の流体の体積流量は流体フロー内の幾つかの点において流体の速度を検出し、該点速度の各々に所定の荷重係数を乗算し、該荷重付与した点速度を加え合わせ、かつ該和をコンジットの面積と乗算することによって計算される。これらの点速度は、コンジット及び流体を通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導き、かつレンジゲート式ドプラ技法を用いて該超音波エネルギーを検出しつつ計測することによって決定されることが好ましい。

#### 【0014】

本発明による流体流量計測システムの1つは、コンジット内の流体内の幾つかの点において流体の速度を決定するように構成された計測サブシステムと、該計測サブシステムに応答すると共に、これら幾つかの点速度からコンジット内の流体の平均（または、体積）流量を決定するように構成された電子回路サブシステムと、を特徴とする。典型的にはこの計測サブシステムは、コンジット及び流体を通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導きかつ計測し、流体フロー内の幾つかの点においてレンジゲート式ドプラ技法を用いて流体の速度を決定するように構成された超音波トランスジューサ配列を含む。

#### 【0015】

本発明は、コンジット内の流体の流量を決定する方法であって、コンジット及び流体を通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導く工程と、コンジット内の流体内の幾つかの点において流体の速度を決定するためにレンジゲート式ドプラ技法を用いて該超音波エネルギーを検出しつつ計測する工程と、これら幾つかの点速度からコンジット内の流体の平均流量を決定する工程と、を含む方法を特徴とする。この超音波エネルギーはコンジット及び流体を通して直徑経路に沿って導かれることがある。平均流量を決定する工程は、該点速度の各々に所定の荷重係数を乗算しつつ該荷重付与した点速度を加え合わせることを含む。各点速度向けの各荷重係数は、コンジット内の流体内における当該点の位置の関数である。体積流量を決定する工程は該和をコンジットの面積と乗算することを含む。一例では、計測の工程はコンジット内の流体の中心における点速度及びコンジット内の流体の各四分円内の少なくとも1つの点における点速度を決定する工程を含むと共に、少なくとも7つの点速度が計測されることがある。一変形形態では、超音波エネルギーを導く工程は、コンジットの外面上にクランプされたトランスジューサを利用するこことがある。トランスジューサは、その各対のトランスジューサがコンジットの相対する側に来るようにして対の形とすることがある。3対のトランスジューサを存在させることがある。別の変形形態では、超音波エネルギーを導く工程は湿式トランスジューサを利用することを含む。

#### 【0016】

本発明はさらに、コンジット及びその内部の流体フローを通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導きかつ計測すること並びにレンジゲート式ドプラ技法を用いてコンジット内の流体内の幾つかの点において流体の速度を決定することを行うように構成された超音波トランスジューササブシステムを含んだ流体流量計測システムを特徴とする。本流体流量計測システムは、超音波トランスジューササブシステムに応答し、これら幾つかの点速度からコンジット内の流体の平均流量を決定するように構成された電子回路サブシステムを含む。一例ではそのトランスジューサは、コンジット及び流体を通して直徑経路に

10

20

30

40

50

沿って超音波エネルギーを導くように配列されている。別の例ではそのトランスジューサは、弦形経路に沿ってコンジット及び流体を通して超音波エネルギーを導くことを含むように配列されている。電子回路サブシステムは、保存された荷重係数を点速度の各々と乗算しかつ該荷重付与した点速度を加え合わせるように構成されている。各点速度向けの保存された各荷重係数は、コンジット内の流体内における当該点の位置の関数である。電子回路サブシステムはさらに、該和をコンジットの断面積と乗算しこの積を体積流量として出力するように構成されることがある。超音波トランスジューササブシステムは典型的には、コンジット内の流体の中心における点速度及びコンジット内の流体の各四分円内の少なくとも1つの点における点速度を決定するように構成されており、また典型的には少なくとも7つの点速度が計測される。超音波トランスジューササブシステムのトランスジューサはコンジットの外面上にクランプされることや、あるいは超音波トランスジューササブシステムのトランスジューサを湿式トランスジューサとすることがある。一変形形態ではそのトランスジューサはその各対のトランスジューサがコンジットの相対する側に来るようにして対の形としており、また別の変形形態ではそのトランスジューサはその各対のトランスジューサがコンジットの同じ側に来るようにして対の形としている。3対のトランスジューサを存在させることがある。

10

20

30

40

50

## 【0017】

本発明はさらに、コンジット内の流体の体積流量を決定する方法であって、コンジット内の流体内の幾つかの点において流体の速度を検出する工程と、該点速度の各々に所定の荷重係数を乗算し該荷重付与した点速度を加え合わせかつ該和をコンジットの面積と乗算することによってこれら幾つかの点速度からコンジット内の流体の体積流量を決定する工程と、を含む方法を特徴とする。これらの点速度は、コンジット及び流体を通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導くと共にレンジゲート式ドプラ技法を用いて該超音波エネルギーを検出しかつ計測することによって決定されることがある。超音波エネルギーはコンジット及び流体を通して直径経路に沿って導かれることがあり、あるいは超音波エネルギーは、コンジット及び流体を通して弦形経路に沿って導かれことがある。一例では、各点速度向けの各荷重係数はコンジット内の流体内における当該点の位置の関数であり、また計測の工程は、コンジット内の流体の中心における点速度及びコンジット内の流体内の各流体四分円内の少なくとも1つの点における点速度を決定することを含む。少なくとも7つの点速度が計測されることがある。超音波エネルギーを導く工程は、その各対のトランスジューサがコンジットの相対する側に来るようにしてトランスジューサを対の形としてコンジットの外面上にクランプされたトランスジューサを利用するこことがあり、あるいは該導く工程は湿式トランスジューサを利用するこことがある。利用する3対のトランスジューサを存在させることがある。

## 【0018】

本発明はさらに、コンジット内の流体内の少なくとも2つの点において流体フロー速度を決定するように構成された計測サブシステムと、該計測サブシステムに応答すると共にこれら幾つかの点速度からコンジット内の流体の流量を決定するように構成された電子回路サブシステムと、を含んだ流体流量計測システムを特徴とする。この計測サブシステムは典型的には、レンジゲート式ドプラ技法を用いてコンジット内の流体内の幾つかの点において流体の速度を決定するためにコンジット及び流体を通して複数の経路に沿って超音波エネルギーを導きかつ計測するように構成された超音波トランスジューサ配列を含むことになる。超音波エネルギーは一例では、コンジット及び流体を通して直径経路に沿って導かれことがある。平均流量を決定する工程は、該点速度の各々に所定の荷重係数を乗算しかつ該荷重付与した点速度を加え合わせることを含む。各点速度向けの各荷重係数は、コンジット内の流体内における当該点の位置の関数である。体積流量を決定する工程は該和をコンジットの面積と乗算することを含む。計測工程はコンジット内の流体の中心における点速度及びコンジット内の流体の各四分円内の少なくとも1つの点における点速度を決定することを含むことがあり、また少なくとも7つの点速度が計測されることがある。一実施形態ではその超音波トランスジューサ配列は、コンジットの外面上にクランプさ

れたトランスジューサを含む。このトランスジューサは、その各対のトランスジューサがコンジットの相対する側に来るようにするか、あるいはその各対のトランスジューサがコンジットの同じ側に来るようにして対の形とさせることがある。一変形形態では、3対のトランスジューサを存在させている。

#### 【0019】

別の目的、特徴及び利点については、好ましい実施形態に関する以下の説明及び添付の図面から当業者には明らかとなろう。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0020】

【図1】一例によりコンジット内の流体の平均流量を決定する方法を如何にして実現可能とさせるかを表した超音波式流量計測システムの一実施形態の高度に模式化した断面図である。

【図2】別の例によりコンジット内の流体の平均流量を決定する方法を如何にして実現可能とさせるかを表した超音波式流量計測システムの一実施形態の側面斜視図である。

【図3】また別の例によりコンジット内の流体の平均流量を決定する方法を如何にして実現可能とさせるかを表した別の超音波式流量計測システムの一実施形態の高度に模式化した断面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0021】

以下に開示した好ましい実施形態以外にも、本発明は別の実施形態とすることが可能であり、また様々な方法で実現または実施することが可能である。したがって、本発明は以下の説明に列挙した構成要素や図面に示した構成要素の構造や配列の詳細にその用途が限定されるものでないことを理解すべきである。本明細書において1つの実施形態のみを記載している場合でも、本特許請求の範囲が当該実施形態に限定されるものではない。さらに本特許請求の範囲は、ある種の除外、制限あるいはただし書きを表明している明瞭かつ確証的な証拠がない限り限定の意味に読むべきではない。

#### 【0022】

本件発明の一例では、コンジット10を通しあつその内部の流体フローを通して複数の経路（一実施形態では、図1の直径経路12、14及び16）に沿ってクランプオントラ nsジューサ対22a及び22b、24a及び24b、並びに26a及び26bのそれぞれを介して超音波エネルギーが導かれる。各対のトランスジューサのそれぞれは典型的には、送信器の役割と次いで受信器の役割とを交互に果たしている。各対のトランスジューサのうちの1つによって検出された超音波エネルギーは、電子回路サブシステム28によって計測され処理されており、この電子回路サブシステム28はまた電気パルスによるトランスジューサの発射を制御するためにも使用されるのが一般的である。さらに図2に示すように、トランスジューサ対は必ずしもコンジットの相対する側にある必要はなく、コンジットの同じ側に來ることもあり得る。

#### 【0023】

この例では電子回路サブシステム28は、レンジゲート式ドプラ技法を利用して流体フロー内の幾つかの点1～7においてフローを決定するようにその一部が構成されている。選択される点としては、コンジットの（内部の流体フローの）中心（点速度1）と、さらにはコンジットの（内部の流体フローの）各四分円内の点または少なくとも1つの点と、を含むのが一般的である。

#### 【0024】

レンジゲート式ドプラ技法は当初、送信信号が一群のパルスであるような医学診断用機器に導入された。異なる時間ウィンドウにおいて受け取った散乱信号内の周波数シフトを解析し、受信器から異なる距離に位置する散乱エネルギーの点速度を得ている。

#### 【0025】

次いで各点速度 $V_i$ を各点に関する保存された荷重係数( $w_i$ )及びコンジット10の既知の半径( $R$ )と連携して用い、適当にプログラムされた電子回路サブシステム28の

10

20

30

40

50

プロセッサによって体積流量 が以下のように計算される。

【0026】

【数1】

$$\Omega = \pi R^2 \times \sum_{i=1}^7 w_i \times v_i$$

(1)

計算された体積流量は次いでディスプレイ30上に表示させることができる。平均流量が所望である場合は、断面積を乗算せずに式(1)を用いて(すなわち、式(1)からR<sup>2</sup>を除去して)これを計算することができる。所定の荷重係数W<sub>i</sub>は、メモリデバイス内に保存されるのが典型的であり、フロー内の各点1~7の位置の関数である。当業者には適当な荷重係数を決定することが可能である。例えば本参照により本明細書に組み込むものとするA.H.Stroodによる「Approximate Calculation of Multiple Integrals」第3章(Prentice-Hall)を参照されたい。

【0027】

マルチ経路超音波式フロー計測システムは高確度の計測用途に使用してきた。典型的なシステムは2段階シーケンスを利用してあり、その第1段階では所定の(並列)経路に沿って平均速度が計測され、続く段階では求積法(quadrature rules)を利用して体積または平均流量を得るために1次の数値積分が実施される。

【0028】

目下のところ、マルチ経路システムは高確度のフロー計測を得るために使用されることが多い。一般的にはプロフィールが未知であることを考慮すると、高い確度を得るには経路のうちの少なくとも1つを直径外の(off-diameter)弦上に配置させる必要がある。この構成ではトランスジューサの据え付けに機械的な困難を示すと共に、多くの場合にトランスジューサの装着が完全でないために計測の確度が犠牲になっている。直径外的な弦を使用するマルチ経路超音波式システムはスネルの法則のためにクランプオン計測に適用することが不可能である。

【0029】

体積流量を計測する新たな方法では2次元ガウス求積法が不可欠である。様々な経路に沿って線平均速度を計測するのではなく、上で検討したように7つ以上の点においてフロー速度が計測される。別の計測サブシステムを用いて別の方法でこれを実現することも可能であるが、レンジゲート式ドプラ技法が好ましい。7つの点での計測速度によって次いで、上の式1によってパイプ断面の上の体積流量が計算される。

【0030】

円形のパイプの一例における7つの点の好ましい極座標と対応する荷重係数とは以下の表1で与えられる。

【0031】

10

20

30

【表1】

$i$	$r$	$\theta(^{\circ})$	$w_i$
1	0	0	1/4
2	$\sqrt{2/3}$	0	1/8
3	$\sqrt{2/3}$	60	1/8
4	$\sqrt{2/3}$	120	1/8
5	$\sqrt{2/3}$	180	1/8
6	$\sqrt{2/3}$	240	1/8
7	$\sqrt{2/3}$	300	1/8

Table 1

(表1)

従来のマルチ経路システムと異なり、本方法のこの実施形態はトランスジューサの直径外的な弦形装着を不要とさせることができる。2D求積法についてシミュレーションでテストした。その結果、本件発明の方法により非常に高い（典型的には、従来のマルチ経路システムと比べてかなり良好な）確度が得られることが示された。既知のフロープロフィールを備えた真っ直ぐなパイプに関して、流量のシミュレーション値は12.55978であり、また上述の方法によって決定された流量は12.55523であり、生じた誤差は0.036%であった。そのフロープロフィールが対称性から外れた肘の直ぐ後ろにおいて流量が決定されるようなパイプでは、流量のシミュレーション値は0.318423であり、本件発明の方法によって決定された流量は0.318686であり、生じた誤差は0.08%であった。

## 【0032】

この実施形態によって、クランプオンタイプのトランスジューサを使用することが可能であると共にこれを弦形経路上に配置させる必要がないコンジット内の流体の流量を決定する新たな方法が得られた。本方法は、実現が簡単であり、極めて正確であり、トランスジューサ整列不良の確率が低減されており、かつ対称性であるか非対称性であるかに関わらず正確である。

## 【0033】

直径外的な経路上でトランスジューサを使用すると様々な困難（例えば、据え付けに関連した困難）が生じるが、クランプオントランスジューサ及び直径経路のみを使用することは本発明の制約ではない。図3の実施形態に示したように、超音波エネルギーはコンジット100を通して複数の経路120、140及び160に沿って湿式トランスジューサ対220a及び220b、240a及び240b並びに260a及び260bのそれぞれによって導かれている。この実施形態では、経路120及び160は弦形経路である。湿式トランスジューサ対及び弦形経路を包含する以外では、この実施形態は直径経路上のクランプオントランスジューサを使用する本明細書に記載した実施形態と同様に動作しており、このため同じく流体流量のより正確な決定が得られる。

## 【0034】

この記載では、本発明（最適の形態を含む）を開示するため、並びに当業者による本発明の製作及び使用を可能にするために例を使用している。本発明の特許性のある範囲は本特許請求の範囲によって規定していると共に、当業者により行われる別の例を含むことができる。こうした別の例は、本特許請求の範囲の文字表記と異なる構造要素を有する場合や、本特許請求の範囲の文字表記と実質的に差がない等価的な構造要素を有する場合があるが、本特許請求の範囲の域内にあるように意図したものである。

## 【0035】

本発明の具体的な特徴についてはある図面には示しました別の図面には示していないが、このことは、各特徴を本発明による別の特徴のいずれかまたはすべてと組み合わせること

ができることから単に便宜的なものである。「～を含む（including）」、「～を備える（comprising）」、「～を有する（having）」並びに「～を伴った（with）」という語は、本明細書で使用する場合広い意味で包括的に解釈すべきであり、ある物理的な相互接続に限定されるものではない。さらに本件出願に開示したいずれの実施形態も、唯一可能な実施形態として取り上げたものではない。当業者には別の実施形態も想起され、これらも添付の特許請求の範囲の域内にある。

#### 【0036】

さらに、本特許に関する特許出願の遂行中に提示される如何なる補正も、出願時に提示した特許請求の範囲の要素の放棄を意味するものではない。すなわち、当業者があり得るすべての等価物を字義的に包含するような特許請求を起草することを期待することは妥当ではあり得ず、多くの等価物は補正の時点では予測不能であると共に権利放棄されるべきもの（仮にあったとしても）に関する公正な解釈を超えており、補正の基になる論理的根拠は多くの等価物に対して極く僅かな関係以上のものを有し得ず、かつ／または特許請求の範囲の補正された要素に対する非実質的な置換を出願人が記述することを期待され得ない他の多くの理由が存在する。

10

#### 【符号の説明】

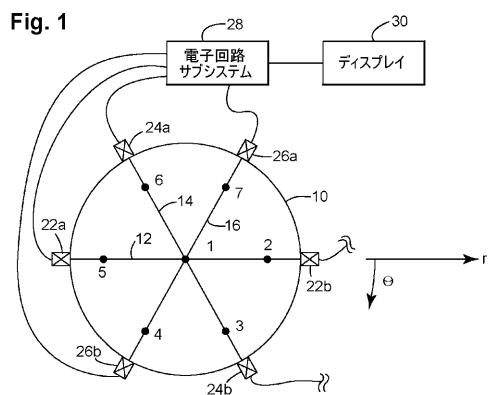
#### 【0037】

- 10 コンジット
- 12 直径経路
- 14 直径経路
- 16 直径経路
- 22 a クランプオントランスジューサ
- 22 b クランプオントランスジューサ
- 24 a クランプオントランスジューサ
- 24 b クランプオントランスジューサ
- 26 a クランプオントランスジューサ
- 26 b クランプオントランスジューサ
- 28 電子回路サブシステム
- 30 ディスプレイ
- 100 コンジット
- 120 経路
- 140 経路
- 160 経路
- 220 a 濡式トランスジューサ
- 220 b 濡式トランスジューサ
- 240 a 濡式トランスジューサ
- 240 b 濡式トランスジューサ
- 260 a 濡式トランスジューサ
- 260 b 濡式トランスジューサ

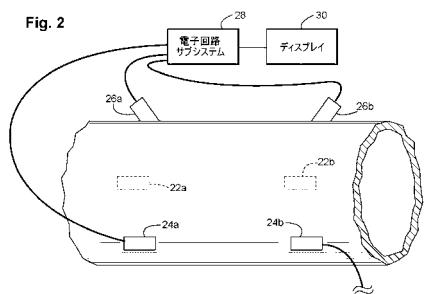
20

30

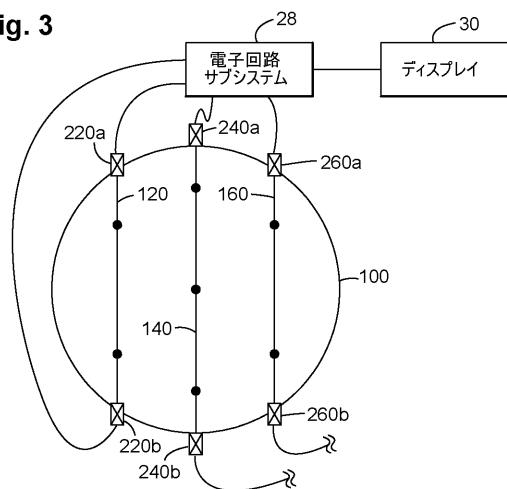
【図1】



【図2】



【図3】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

		International application No PCT/US2007/084929
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01F1/66		
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) G01F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 067 861 A (SHEKARRIZ ALIREZA [US] ET AL) 30 May 2000 (2000-05-30)	1-7, 11-19, 21, 25-31, 35-43
Y	column 4, line 33 - column 5, line 37; figures 2a-2c, 13c	8-10, 20, 22-24, 32-34, 44-47
Y	EP 1 621 856 A (FUJI ELECTRIC SYSTEMS CO LTD [JP]) 1 February 2006 (2006-02-01)  the whole document	8-10, 20, 22-24, 32-34, 44-47
A	US 4 333 353 A (BAUMOEL JOSEPH) 8 June 1982 (1982-06-08) the whole document	1-47
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
<p>* Special categories of cited documents :</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the International filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"S" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the International search	Date of mailing of the International search report	
10 April 2008	21/04/2008	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.O. 5018 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax. (+31-70) 340-3018	Authorized officer  Boerrigter, Herman	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No:  
PCT/US2007/084929

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 6067861	A 30-05-2000	NONE		
EP 1621856	A 01-02-2006	CA 2509128 A1 CN 1725019 A JP 2006030041 A US 2006020404 A1		20-01-2006 25-01-2006 02-02-2006 26-01-2006
US 4333353	A 08-06-1982	NONE		

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,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,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 リー, シューソン・スコット

アメリカ合衆国、02420、マサチューセッツ州、レキシントン、イヴァン・ストリート、60番

(72)発明者 ウミナ, ジヨン・アルバート

アメリカ合衆国、02451、マサチューセッツ州、ウォルサム、コウヒー・ストリート、19番

(72)発明者 エイオー, シャオレイ・シャーリー

アメリカ合衆国、02420、マサチューセッツ州、レキシントン、イヴァン・ストリート、60番

F ターム(参考) 2F035 DA12