

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6080880号
(P6080880)

(45) 発行日 平成29年2月15日(2017.2.15)

(24) 登録日 平成29年1月27日(2017.1.27)

(51) Int.Cl.

G O 1 F 1/84 (2006.01)

F 1

G O 1 F 1/84

請求項の数 45 外国語出願 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2015-41310 (P2015-41310)
 (22) 出願日 平成27年3月3日 (2015.3.3)
 (62) 分割の表示 特願2011-535550 (P2011-535550)
 の分割
 原出願日 平成20年11月13日 (2008.11.13)
 (65) 公開番号 特開2015-132618 (P2015-132618A)
 (43) 公開日 平成27年7月23日 (2015.7.23)
 審査請求日 平成27年4月1日 (2015.4.1)

(73) 特許権者 500205770
 マイクロ モーション インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 80301 コロラド州
 ボルダー ウィンチェスター サークル
 7070
 (74) 代理人 110000556
 特許業務法人 有古特許事務所
 (72) 発明者 ワインスタイン, ジョエル
 アメリカ合衆国 80301 コロラド
 ボルダー カルミア アベニュー 295
 4 アパートメント 40

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】振動計にて流体パラメータを測定する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも第1の振動型流量計を通じて流れる流体の音速を計算する方法であって、
 1又は2以上の周波数で流量計を振動させる工程と、

振動応答を受信する工程と、

流体の第1の流体特性を生成する工程と、

前記振動応答に基づいて、流体の少なくとも第2の流体特性を生成する工程と、

予測された流体特性を決定する工程と、

第1の流体特性と予測された流体特性との差を、しきい値と比較して、第1の流体特性が現実の流体特性かを決定する工程と、

第1の流体特性が現実の流体特性かに基づいて音速を演算する方法を決定する工程と、
 決定された方法を用いて、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性に基づいて音速を演算する工程と、

を有する方法。

【請求項 2】

更に、計算された音速に基づいて密度誤差を計算する工程を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

更に、計算された密度誤差に基づいて密度を訂正する工程を含む、請求項2に記載の方法。

10

20

【請求項 4】

更に、計算された音速に基づいて質量流量誤差を計算する工程を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

更に、計算された質量流量誤差に基づいて質量流量を訂正する工程を含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

第 1 の流体特性及び少なくとも第 2 の流体特性は、第 1 の密度測定と少なくとも第 2 の密度測定を備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

第 1 の流体特性及び少なくとも第 2 の流体特性は、第 1 の質量流量と少なくとも第 2 の質量流量を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

振動型流量計を振動させる工程は、

第 1 の周波数で振動型流量計を振動させる工程と、

更に、第 1 の周波数とは別の周波数である少なくとも第 2 の周波数で振動型流量計を振動させる工程を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

更に、振動応答を、振動応答の第 1 の周波数成分と、振動応答の少なくとも第 2 の周波数成分に分離する工程を有する、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 10】

第 1 の流体特性は、振動応答の第 1 の周波数成分に基づき、少なくとも第 2 の流体特性は、振動応答の少なくとも第 2 の周波数成分に基づく、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

振動型流量計を振動させる工程は、

第 1 の周波数で振動型流量計を振動させる工程と、

振動応答を、第 1 の周波数成分と、少なくとも第 2 の周波数成分に分離する工程を含み、

第 1 の周波数成分と少なくとも第 2 の周波数成分は、第 1 の周波数での振動によって生成される、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 12】

更に、

少なくとも第 2 の振動型流量計を振動させる工程と、

第 1 の振動型流量計から第 1 の流体特性を生成する工程と、

少なくとも第 2 の振動型流量計から少なくとも第 2 の流体特性を生成する工程とを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

第 1 の振動計及び少なくとも第 2 の振動計を振動させる工程は、

第 1 の周波数で第 1 の振動計を振動させる工程と、

第 1 の周波数とは別の、少なくとも第 2 の周波数で少なくとも第 2 の流量計を振動させる工程を有する、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 14】

第 1 の流体特性及び少なくとも第 2 の流体特性は、第 1 の密度測定及び少なくとも第 2 の密度測定を備え、第 1 の密度測定は既知の流体密度から生成される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 15】

第 1 の流体特性及び少なくとも第 2 の流体特性は、第 1 の密度測定及び少なくとも第 2 の密度測定を備え、

第 1 の密度測定と予測された密度測定との差が、しきい値未満であれば、第 1 の密度測定は現実の流体密度を含むと判断する工程とを有する、請求項 1 に記載の方法。

50

【請求項 1 6】

第 1 の流体特性及び少なくとも第 2 の流体特性は、第 1 の質量流量と少なくとも第 2 の質量流量を備え、

第 1 の質量流量と予測された質量流量の差が、しきい値未満ならば、第 1 の質量流量は現実の質量流量を含むと判断する工程とを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 7】

第 1 の流体特性及び少なくとも第 2 の流体特性は、第 1 の密度測定及び少なくとも第 2 の密度測定を備え、

第 1 の密度測定と予測された密度測定との差がしきい値を越えていれば、現実の流体密度と流体の音速を計算する工程とを有する、請求項 1 に記載の方法。 10

【請求項 1 8】

第 1 の流体特性及び少なくとも第 2 の流体特性は、第 1 の質量流量と少なくとも第 2 の質量流量を備え、

第 1 の質量流量と予測された質量流量の差が、しきい値を越えていれば、現実の質量流量と流体の音速を計算する工程とを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 9】

振動センサ(104、105、105')と該振動センサに結合されたメータ電子機器(20)を含むメータアセンブリ(10)を備えた、流れ流体の音速を計算する振動型流量計において、

メータ電子機器(20)は、 20

振動センサからの振動応答を受信し、

流体の第 1 の流体特性を生成し、

前記振動応答に基づいて、流体の少なくとも第 2 の流体特性を生成し、

予測された流体特性を決定し、

第 1 の流体特性と予測された流体特性の差を、しきい値と比較して、第 1 の流体特性が現実の流体特性かを決定し、

第 1 の流体特性が現実の流体特性かに基づいて音速を演算する方法を決定し、

決定された方法を用いて、第 1 の流体特性と少なくとも第 2 の流体特性とにに基づいて、音速を計算するように構成されている、振動型流量計(5)。

【請求項 2 0】

第 1 の流体特性と少なくとも第 2 の流体特性は、第 1 の密度測定と少なくとも第 2 の密度測定を備える、請求項 1 9 に記載の振動型流量計(5)。 30

【請求項 2 1】

第 1 の流体特性と少なくとも第 2 の流体特性は、第 1 の質量流量と少なくとも第 2 の質量流量を備えている、請求項 1 9 に記載の振動型流量計(5)。

【請求項 2 2】

第 1 の流体特性は、振動応答の第 1 の周波数成分に基づき、少なくとも第 2 の流体特性は、振動応答の少なくとも第 2 の周波数成分に基づく、請求項 1 9 に記載の振動型流量計(5)。

【請求項 2 3】

メータ電子機器(20)は更に、第 1 の周波数及び少なくとも第 2 の周波数で振動型流量計 5 を振動させるように構成され、少なくとも第 2 の周波数は第 1 の周波数とは異なる、請求項 1 9 に記載の振動型流量計(5)。 40

【請求項 2 4】

メータ電子機器(20)は更に、振動応答を第 1 の周波数成分と少なくとも第 2 の周波数成分とに分離するように構成されている、請求項 1 9 に記載の振動型流量計(5)。

【請求項 2 5】

メータ電子機器(20)は更に、第 1 の周波数で流量計を振動させ、振動応答を第 1 の周波数成分と少なくとも第 2 の周波数成分とに分離するように構成され、

第 1 の周波数成分と少なくとも第 2 の周波数成分は、第 1 の周波数での振動により生成 50

される、請求項 19 に記載の振動型流量計(5)。

【請求項 26】

第1の流体特性と少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定と少なくとも第2の密度測定を含み、第1の密度測定は既知の流体密度から生成される、請求項 19 に記載の振動型流量計(5)。

【請求項 27】

第1の流体特性と少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定と少なくとも第2の密度測定を含み、

メータ電子機器は更に、第1の密度測定と予測された密度との差がしきい値未満であれば、第1の密度測定は実際の密度を備えると決定するように構成される、請求項 19 に記載の振動型流量計(5)。 10

【請求項 28】

第1の流体特性と少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量と少なくとも第2の質量流量を備え、

メータ電子機器は更に、第1の質量流量と予測された質量流量の差が、しきい値未満であれば、第1の質量流量は実際の質量流量を備えると決定するように構成される、請求項 19 に記載の振動型流量計(5)。

【請求項 29】

メータ電子機器(20)は更に、計算された音速に基づいて密度誤差を計算するように構成されている、請求項 19 に記載の振動型流量計(5)。 20

【請求項 30】

メータ電子機器(20)は更に、密度誤差に基づいて密度を訂正するように構成されている、請求項 29 に記載の振動型流量計(5)。

【請求項 31】

メータ電子機器(20)は更に、計算された音速に基づいて質量流量誤差を計算するように構成されている、請求項 19 に記載の振動型流量計(5)。

【請求項 32】

メータ電子機器(20)は更に、質量流量誤差に基づいて質量流量を訂正するように構成されている、請求項 31 に記載の振動型流量計(5)。

【請求項 33】

第1の流量計(5A)と、少なくとも第2の流量計(5B)と、第1の流量計(5A)及び少なくとも第2の流量計(5B)に連結された処理システム(707)を備えた流れ流体の音速を計算する振動型流量計システム(700)は、

処理システム(707)が、

第1の流量計(5A)から第1の振動応答を受信し、少なくとも第2の流量計(5B)から少なくとも第2の振動応答を受信し、

流体の第1の流体特性を生成し、

少なくとも第2の振動応答に基づいて流体の少なくとも第2の流体特性を生成し、
予測された流体特性を決定し、

第1の流体特性と予測された流体特性の差を、しきい値と比較して、第1の流体特性が現実の流体特性かを決定し、 40

第1の流体特性が現実の流体特性かに基づいて音速を演算する方法を決定し、

決定された方法を用いて、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性に基づいて流体の音速を計算するように構成されている振動型流量計システム(700)。

【請求項 34】

第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定及び少なくとも第2の密度測定を含む、請求項 33 に記載の振動型流量計システム(700)。

【請求項 35】

第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量及び少なくとも第2の質量流量を含む、請求項 33 に記載の振動型流量計システム(700)。 50

【請求項 3 6】

処理システムは更に、第1の周波数で第1の流量計(5 A)を振動させ、少なくとも第2の周波数で少なくとも第2の流量計(5 B)を振動させるように構成され、少なくとも第2の周波数は第1の周波数とは異なる、請求項3 3に記載の振動型流量計システム(7 0 0)。

【請求項 3 7】

第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定及び少なくとも第2の密度測定を含み、第1の密度測定は既知の流体密度から生成される、請求項3 3に記載の振動型流量計システム(7 0 0)。

【請求項 3 8】

第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定及び少なくとも第2の密度測定を含み、処理システム(7 0 1)は更に、

第1の密度測定と予測された密度測定の差がしきい値未満であれば、第1の密度測定は実際の流体密度を含むと決定するように構成されている、請求項3 3に記載の振動型流量計システム(7 0 0)。

【請求項 3 9】

第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定と少なくとも第2の密度測定を備え、処理システム(7 0 1)は更に、

第1の密度測定と予測された密度測定の差がしきい値を越えれば、実際の流体密度及び流体の音速を計算するように構成されている、請求項3 3に記載の振動型流量計システム(7 0 0)。

【請求項 4 0】

第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量及び少なくとも第2の質量流量を備え、処理システム(7 0 1)は更に、

第1の質量流量と予測された質量流量の差が、しきい値未満であれば、第1の質量流量は実際の質量流量を備えると決定するように構成される、請求項3 3に記載の振動型流量計システム(7 0 0)。

【請求項 4 1】

第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量及び少なくとも第2の質量流量を備え、処理システム(7 0 1)は更に、

第1の質量流量と予測された質量流量の差が、しきい値を越えていれば、現実の質量流量と流体の音速を計算するように構成されている、請求項3 3に記載の振動型流量計システム(7 0 0)。

【請求項 4 2】

処理システム(7 0 1)は更に、計算された音速に基づいて密度誤差を計算するように構成されている、請求項3 3に記載の振動型流量計システム(7 0 0)。

【請求項 4 3】

処理システムは更に、計算された密度誤差に基づいて密度を訂正するように構成されている、請求項4 2に記載の振動型流量計システム(7 0 0)。

【請求項 4 4】

処理システム(7 0 1)は更に、計算された音速に基づいて質量流量誤差を計算するように構成されている、請求項3 3に記載の振動型流量計システム(7 0 0)。

【請求項 4 5】

処理システム(7 0 1)は更に、計算された質量流量誤差に基づいて質量流量を訂正するように構成されている、請求項4 4に記載の振動型流量計システム(7 0 0)。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、流量計に関し、特に振動型流量計にて流体パラメータを測定する方法及び装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】**【0002】**

流量計は、質量流量、密度、流体材料の他の特性を測定するために用いられる。流体材料は、液体、ガス、液体又はガス内の懸濁物質、又はそれらの任意の組み合わせを含み得る。コリオリ質量流量計及び振動濃度計などの振動導管センサは、一般的に、流体材料が含まれている振動管の動きを検出することによって動作する。質量流量、密度等のような導管内の材料に関する特性は、導管に関する運動トランスデューサから受信した測定信号を処理することによって決定できる。振動材料で充填されたシステムの振動モードは、一般的に、封入している導管及びその中に含まれる材料の組み合わせた質量、剛性、及び減衰特性によって影響を受ける。

10

【0003】

一般的なコリオリ質量流量計は、パイプライン又は他の輸送システムに直列で接続され、及びシステム内に例えば流体、スラリー等の材料を運搬する1又は2以上の導管、運搬を含む。各導管は、例えば単純曲げ、ねじり、放射状及び結合されたモードを含む固有振動モードのセットを持っていると考えられる。一般的なコリオリ質量流量測定の用途では、材料が導管を通って流れると、導管は1つ以上の振動モードで励起され、導管の動きは導管に沿って離れた点で測定される。

励起は、通常、アクチュエータによって付与され、該アクチュエータは例えば導管を周期的に摂動する音声コイル型のドライバなどの電子機械デバイスである。質量流量は、トランスデューサの位置にて、動き間の時間遅延又は動き間の位相差を測定することによって決定される。

20

流体材料の密度は、流量計の振動応答の周波数から決定することができる。2つのそのようなトランスデューサ（またはピックオフセンサ）が、通常用いられて、流体導管の振動応答を測定し、普通はアクチュエータの上流及び下流の位置に位置する。

2つのピックオフセンサは一般的に、2つの別個のワイヤの対であるケーブルによって電子機器に接続されている。電子機器は、2つのピックオフセンサからの信号を受信し、流量測定を導出するために信号を処理する。

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

30

振動型流量計の誤差(error)の考えられる1つの原因是、音速効果として知られている圧縮率によって引き起こされる。これらの誤差は管の振動周波数の増加と共に増加し、従って誤差は高い周波数での動作中にしばしば起こる。振動型流量計の音速効果を明らかにすべく、多数のモデルが開発されてきた。例えば、測定された密度と質量流量の誤差の影響は、Hemp JとKutin J.「流量測定および計測」17:359-369 (2006)、測定された流体の圧縮率によるコリオリ流量計の誤差理論によって以下の如く、明らかにされた。

【数1】

$$\rho_{vos,err} = \frac{1}{4} \left(\frac{\omega d}{2c} \right)^2 \times 100 \quad (1)$$

40

$$\dot{m}_{vos,err} = \frac{1}{2} \left(\frac{\omega d}{2c} \right)^2 \times 100 \quad (2)$$

ここで、

= 角度振動周波数

d = 流体管の内径

c = 処理流体の音速

【0005】

従って、処理流体中の音速が既知である場合は、測定された密度と質量流量の誤差を決定

50

することができ、訂正される。従来技術の解決策は、一般的にプロセス流体が2又は3以上の相を有する混合物を含み、個々の相の音速が既知である状況に対処してきた。例えば、本願の出願人に譲渡されたPCT国際公開公報WO2009/017494号は、既知の音速に基づいて、多相流れの混合物について、要素の音速を決定する方法を開示し、これは参照により本願への記載加入とする。

上記参照のPCT国際公開公報で提供される式と同様に、上記の式は、単に振動チューブ上のVOS効果の単なるモデル例であることを理解すべきである。その他のモデルが知られており、それらは明細書及び請求の範囲内にある。上記の具体的な例と全体で使用される例は本発明の範囲を制限すべきではない。

【課題を解決するための手段】

10

【0006】

態様

本発明の一態様によれば、少なくとも第1の振動型流量計を通じて流れる流体の流体パラメータを計算する方法は、以下の工程を含む：

1又は2以上の周波数で流量計を振動させる工程と、
振動応答を受信する工程と、

流体の第1の流体特性を生成する工程と、

流体の少なくとも第2の流体特性を生成する工程と、

第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性に基づいて、流体パラメータを計算する工程とを有する。

20

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定と少なくとも第2の密度測定を備える。

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量と少なくとも第2の質量流量を備える。

好ましくは、振動型流量計を振動させる工程は、以下の工程を含む：

第1の周波数で振動型流量計を振動させる工程と、

更に、第1の周波数とは別の周波数である少なくとも第2の周波数で振動型流量計を振動させる工程とを有する。

【0007】

30

好ましくは、方法は更に、振動応答を、振動応答の第1の周波数成分と、振動応答の少なくとも第2の周波数成分に分離する工程とを有する。

好ましくは、第1の流体特性は、振動応答の第1の周波数成分に基づき、少なくとも第2の流体特性は振動応答の少なくとも第2の周波数成分に基づく。

好ましくは、振動型流量計を振動させる工程は、

第1の周波数で振動型流量計を振動させる工程と、

振動応答を、第1の周波数成分と、少なくとも第2の周波数成分に分離する工程とを含み、第1の周波数成分と少なくとも第2の周波数成分は、第1の周波数での振動によって生成される。

【0008】

40

好ましくは、方法は更に以下の工程を含む；

少なくとも第2の振動型流量計を振動させる工程と、

第1の振動型流量計から第1の流体特性を生成する工程と、

少なくとも第2の振動型流量計から少なくとも第2の流体特性を生成する工程とを有する。

好ましくは、第1の振動計及び少なくとも第2の振動計を振動させる工程は、
第1の周波数で第1の振動計を振動させる工程と、

第1の周波数とは別の、少なくとも第2の周波数で少なくとも第2の流量計を振動させる工程とを有する。

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、既知の流体密度から生成される第1の密度測定及び少なくとも第2の密度測定を備える。

50

【0009】

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定及び少なくとも第2の密度測定を備え、更に、

第1の密度測定を予測された密度測定と比較する工程と、

第1の密度測定と予測された密度測定との差がしきい値未満であれば、第1の密度測定は現実の流体密度を含むと判断する工程とを有する。

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量と少な
くとも第2の質量流量を備え、更に、

第1の質量流量を予測された質量流量と比較する工程と、

第1の質量流量と予測された質量流量の差が、しきい値未満ならば、第1の質量流量は現実の質量流量を含むと判断する工程とを有する。 10

【0010】

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定及び少
なくとも第2の密度測定を備え、更に、

第1の密度測定を予測された密度測定と比較する工程と、

第1の密度測定と予測された密度測定との差がしきい値を越えていれば、現実の流体密
度と流体の音速を計算する工程とを有する。

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量と少な
くとも第2の質量流量を備え、更に、

第1の質量流量を予測された質量流量と比較する工程と、 20

第1の質量流量と予測された質量流量の差が、しきい値を越えていれば、現実の質量流量と流体の音速を計算する工程とを有する。

【0011】

好ましくは、流体パラメータは密度を含む。

好ましくは、流体パラメータは質量流量を含む。

好ましくは、流体パラメータは流体の音速を含む。

好ましくは、方法は更に、計算された音速に基づいて密度誤差を計算する工程を含む。

好ましくは、方法は更に、計算された密度誤差に基づいて密度を訂正する工程を含む。

好ましくは、方法は更に、計算された音速に基づいて質量流量誤差を計算する工程を含
む。 30

好ましくは、方法は更に、計算された質量流量誤差に基づいて質量流量を訂正する工程を含む。

好ましくは、方法は更に、計算された音速を予測された音速と比較する工程と、計算さ
れた音速と予測された音速の差がしきい値を超えるれば、誤差状況を決定する工程を含む。

【0012】

本発明の他の態様によれば、振動センサと該振動センサに結合されたメタ電子機器を含むメータアセンブリを備えた、流れ流体の流体パラメータを計算する振動型流量計において、

メタ電子機器は、振動センサからの振動応答を受信し、

流体の第1の流体特性を生成し、 40

流体の少なくとも第2の流体特性を生成し、

第1の流体特性と少なくとも第2の流体特性とに基づいて、流体パラメータを計算するよ
うに構成されている。

好ましくは、第1の流体特性と少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定と少な
くとも第2の密度測定を備える。

好ましくは、第1の流体特性と少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量と少な
くとも第2の質量流量を備える。

好ましくは、第1の流体特性は、振動応答の第1の周波数成分に基づき、少な
くとも第2の流体特性は、振動応答の少なくとも第2の周波数成分に基づく。

【0013】

好ましくは、メータ電子機器は更に、第1の周波数及び少なくとも第2の周波数で振動型流量計を振動させるように構成され、少なくとも第2の周波数は第1の周波数とは異なる。

好ましくは、メータ電子機器は更に、振動応答を第1の周波数成分と少なくとも第2の周波数成分とに分離するように構成されている。

好ましくは、メータ電子機器は更に、第1の周波数で流量計を振動させ、振動応答を第1の周波数成分と少なくとも第2の周波数成分とに分離するように構成され、第1の周波数成分と少なくとも第2の周波数成分は、第1の周波数での振動により生成される。

好ましくは、第1の流体特性と少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定と少なくとも第2の密度測定を含み、第1の密度測定は既知の流体密度から生成される。 10

【0014】

好ましくは、第1の流体特性と少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定と少なくとも第2の密度測定を含み、メータ電子機器は更に第1の密度測定を予測された密度と比較するように構成され、第1の密度測定と予測された密度の差がしきい値未満であれば、第1の密度測定は実際の密度を備えると決定するように構成される。

好ましくは、第1の流体特性と少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量と少なくとも第2の質量流量を備え、メータ電子機器は更に、第1の質量流量を予測された質量流量と比較し、第1の質量流量と予測された質量流量の差が、しきい値未満であれば、第1の質量流量は実際の質量流量を備えると決定するように構成される。 20

【0015】

好ましくは、流体パラメータは密度を含む。

好ましくは、流体パラメータは質量流量を含む。

好ましくは、流体パラメータは流体の音速を含む。

好ましくは、メータ電子機器は更に、計算された音速に基づいて密度誤差を計算するように構成されている。

好ましくは、メータ電子機器は更に、密度誤差に基づいて密度を訂正するように構成されている。

好ましくは、メータ電子機器は更に、計算された音速に基づいて質量流量誤差を計算するように構成されている。 30

好ましくは、メータ電子機器は更に、質量流量誤差に基づいて質量流量を訂正するように構成されている。

好ましくは、メータ電子機器は更に、計算された音速を予測された音速と比較し、計算された音速と予測された音速の差がしきい値を超れば、誤差を決定するように構成されている。

【0016】

本発明の別の態様によれば、第1の流量計と、少なくとも第2の流量計と、第1の流量計及び少なくとも第2の流量計に連結された処理システムを備えた流れ流体の流体パラメータを計算する振動型流量計システムは、

処理システムが、

第1の流量計から第1の振動応答を受信し、少なくとも第2の流量計から少なくとも第2の振動応答を受信し、 40

第1の振動応答に基づいて流体の第1の流体特性を生成し、

少なくとも第2の振動応答に基づいて流体の少なくとも第2の流体特性を生成し、

第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性に基づいて流体パラメータを計算するように構成されている。

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定及び少なくとも第2の密度測定を備えている。

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量及び少なくとも第2の質量流量を備えている。

【0017】

10

20

30

40

50

好ましくは、処理システムは更に、第1の周波数で第1の流量計を振動させ、少なくとも第2の周波数で少なくとも第2の流量計を振動させるように構成され、少なくとも第2の周波数は第1の周波数とは異なる。

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定と少なくとも第2の密度測定を備え、第1の密度測定は既知の流体密度から生成される。

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定と少なくとも第2の密度測定を備え、処理システムは更に、

第1の密度測定を予測された密度測定と比較し、第1の密度測定と予測された密度測定の差がしきい値未満であれば、第1の密度測定は実際の流体密度を含むと決定するように構成されている。

10

【0018】

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の密度測定と少なくとも第2の密度測定を備え、処理システムは更に、

第1の密度測定を予測された密度測定と比較し、第1の密度測定と予測された密度測定の差がしきい値を越えれば、実際の流体密度及び流体の音速を計算するように構成されている。

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量及び少なくとも第2の質量流量を備え、処理システムは更に、

第1の質量流量を予測された質量流量と比較し、

第1の質量流量と予測された質量流量の差が、しきい値未満であれば、第1の質量流量は実際の質量流量を備えると決定するように構成される。

20

好ましくは、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性は、第1の質量流量及び少なくとも第2の質量流量を備え、処理システムは更に、

第1の質量流量を予測された質量流量と比較し、

第1の質量流量と予測された質量流量の差が、しきい値を越えていれば、現実の質量流量と流体の音速を計算するように構成されている。

【0019】

好ましくは、流体パラメータは、密度を含む。

好ましくは、流体パラメータは、質量流量を含む。

好ましくは、流体パラメータは、音速を含む。

30

好ましくは、処理システムは更に、計算された音速に基づいて密度誤差を計算するように構成されている。

好ましくは、処理システムは更に、計算された密度誤差に基づいて密度を訂正するように構成されている。

好ましくは、処理システムは更に、計算された音速に基づいて質量流量誤差を計算するように構成されている。

好ましくは、処理システムは更に、質量流量誤差に基づいて質量流量を訂正するように構成されている。

好ましくは、処理システムは更に、計算された音速を予測された音速と比較し、計算された音速と予測された音速の差がしきい値を超れば、誤差を決定するように構成されている。

40

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】図1は、流量計アセンブリ及びメータ電子機器を備えた振動計を示す。

【図2】図2は、本発明の実施例に従った、流体流れ内にて音速を計算する方法のフローチャートである。

【図3】図3は、本発明の実施例に従った、第1の周波数及び少なくとも第2の周波数を生成する回路を示す。

【図4】図4は、本発明の実施例に従った、ヒルベルト変換ブロック部の詳細を示す。

【図5】図5は、本発明の実施例に従った、分析ブロックのブロック図である。

50

【図6】図6は、本発明の実施例に従った、第1の周波数及び少なくとも第2の周波数を生成する回路を示す。

【図7】図7は、本発明の実施例に従った、流体流れ内にて音速を計算する振動型流量計システムを示す。

【図8】図8は、本発明の実施例に従った、流体流れ内にて音速を計算する方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0021】

発明の詳細な説明

図1 図8及び以下の記載は、特定例を記載し、本発明のベストモードを如何にして製作し用いるかを当業者に開示する。進歩性のある原理を開示する目的から、幾つかの従来の態様は簡略化され、又は省略される。当業者ならば、本発明の範囲に含まれるこれらの例から変形例を理解するだろう。当業者ならば、以下に記載した特徴は種々の方法で結合されて、本発明の多数の変形例を形成する。その結果、本発明は以下に記載した特定例に限定されず、請求の範囲及びその均等物のみによって限定される。10

【0022】

図1は、流量計アセンブリ10及びメータ電子機器20を備える振動計5を示す。メータ電子機器20はリード100を介してメータアセンブリ10に接続され、1又は2以上の密度、質量流量、質量流れの総和、温度、音速、粘度、位相成分及び通信路26上の他の情報の測定結果を付与するように構成される。当業者には、本発明はドライバ、ピックオフセンサ、流れ導管、又は振動の作動モードの数に拘わらず、あらゆるタイプのコリオリ流量計に用いられ得ることが明らかであろう。更に、流量計5は振動型密度計のようなコリオリ流量計の質量流量測定能力が無い振動型流量計を代替的に備えてもよいことは理解されるだろう。20

【0023】

流量計アセンブリ10は、一対のフランジ101、101'、マニホールド102、102'、ドライバ104及びピックオフセンサ105、105'を含む振動型センサ、及び流れ導管103A及び103Bを含む。ドライバ104及びピックオフセンサ105、105'は、流れ導管103A及び103Bに接続される。

フランジ101、101'は、マニホールド102、102'に取り付けられる。マニホールド102、102'は、スペーサ106の他端部に取り付けられる。スペーサ106は、マニホールド102、102'の間隔を維持して、流れ導管103A及び103B内の望ましくない振動を阻止する。流量計アセンブリ10が測定された流れ材料を搬送する導管システム(図示せず)内に挿入されると、流れ材料はフランジ101を通って流量計アセンブリ10に入り、流れ材料の総量が流れ導管103A及び103Bに入るよう指向される入口マニホールド102を通過し、流れ導管103A及び103Bを通って流れ、出口マニホールド102'に戻って、フランジ101'を通ってメータアセンブリ10から出る。30

【0024】

流れ導管103A及び103Bは、夫々略同じ質量分布、慣性モーメント及び曲げ軸W W及びW'-W'周りの弾性係数(elastic module)を有するように選択され、入口マニホールド102及び出口マニホールド102'に適切に取り付けられる。流れ導管103A及び103Bは、マニホールド102、102'から、略平行に外向きに延びる。40

流れ導管103A及び103Bは、ドライバ104によって各曲げ軸W及びW'周りに反対方向に駆動され、流量計5の所謂第1位相不一致曲げモード(out of phase bending mode)に駆動される。ドライバ104は、流れ導管103Aに取り付けられたマグネット及び対向して流れ導管103Bに取り付けられたコイルのような周知の構成の1つを備える。交流は対向したコイルを通って、両導管を振動させる。適切な駆動信号がメータ電子機器20によって、リード110を介してドライバ104に加えられる。

【0025】

50

20

30

40

50

メータ電子機器 20 は、所定の周波数で駆動信号を生成することができる。メータ電子機器 20 は変化する周波数で駆動信号を生成することができ、それは多数の重ね合わせ周波数を生成することを含む。

メータ電子機器 20 は、夫々リード 111、111' 上のセンサ信号を受信する。メータ電子機器 20 は、リード 110 上に駆動信号を生成し、ドライバ 104 が流れ導管 103 A 及び 103 B を振動させる。メータ電子機器 20 は、ピックオフセンサ 105、105' から左右速度信号を生成し、質量流量を計算する。幾つかの実施例において、メータ電子機器 20 は、ドライバ 104 から受信した信号を処理して、質量流量を計算する。通信路 26 は入力及び出力手段を配備して、これにより、メータ電子機器 20 はオペレータ又は他の電子システムと連動することができる。図 1 は、単にコリオリ流量計の動作の例として示され、本発明の開示を制限することを意図しない。10

【 0026 】

好都合なことに、市販の低周波数の振動型流量計は正確に密度を測定することができ、音速からの悪影響は過大ではない。従って、当該技術分野で公知の如く、低周波数の振動型流量計から得られる密度は一般的に正確な値を含むと想定され得る。逆に、高周波メータは、メータの振動周波数を正確に測定するのに利用可能であるが、密度の測定結果の音速効果によって生じる更なる誤差に苦しめられる。

【 0027 】

図 2 は、本発明の実施例に従った、流体の流体パラメータを計算する方法のフローチャート 200 を示す。流体パラメータは、音速、質量流量又は密度を含むが、これらに限定されない。以下の記載は、流体パラメータが音速を含むものとしばしば言及する。これは一例であり、本発明は記載される特定の実施例に限定されることは理解されるだろう。ステップ 201 にて、振動型流量計の流量計アセンブリが振動する。この本発明の実施例には、1 つだけの振動型流量計が必要である。流量計アセンブリは、1 又は 2 以上の周波数で振動され得る。20

【 0028 】

本発明の一実施例において、流量計アセンブリは、1 の駆動周波数で振動される。1 の駆動周波数におけるメータアセンブリの振動が多数の周波数応答成分を生じせるよう、1 の駆動周波数は、第 1 の周波数成分と少なくとも第 2 の周波数成分を含む振動応答を生成する。例えば、流量計を通る流れによって生成されるノイズは一般に少なくとも第 2 の周波数で流量計アセンブリ内に振動を生成する。少なくとも第 2 の周波数は、第 1 の周波数とは一般に別の周波数である。この振動応答の少なくとも第 2 の周波数成分は、振幅が第 1 の周波数成分よりも一層小さい。しかし、少なくとも第 2 の周波数成分は、増幅されて処理される。第 1 の振動周波数応答及び少なくとも第 2 の振動周波数応答は、その後、以下の工程で処理され得る。30

【 0029 】

他の実施例において、1 の流量計の流量計アセンブリは、第 1 の駆動周波数で振動されて、また少なくとも第 2 の駆動周波数で振動される。少なくとも第 2 の駆動周波数は、第 1 の駆動周波数とは異なる。本発明の実施例によれば、第 1 の駆動周波数は、低周波数を含み、少なくとも第 2 の周波数は、一層高い周波数を含む。1 の振動型流量計は、第 1 の駆動周波数及び少なくとも第 2 の駆動周波数の両方について較正される必要があることは理解されるべきである。1 の振動型流量計は、例えば、空気と水の両方を用いて較正され得る。第 1 と第 2 の駆動周波数は、第 1 の周波数成分と少なくとも第 2 の周波数成分を含む振動応答を生成する。より多くの駆動周波数が用いられるごとに、より多くの振動応答が得られることは理解されるべきである。従って、幾つかの実施例において、2 以上の周波数が用いられて、計算された流体パラメータの正確さが増す。40

【 0030 】

本発明の他の実施例において、流量計アセンブリが第 1 の駆動周波数で振動されて、次に少なくとも第 2 の駆動周波数で振動される。或いは、流量計は第 1 の駆動周波数と少なくとも第 2 の駆動周波数の両方で同時に振動される。これは、駆動信号が多々追えれば 2 又50

は3以上の周波数の混合を含めば達成される。その結果、流量計の振動応答は少なくとも2つの周波数成分を含む。

全ての実施例において、1の振動型流量計は振動応答を生成する。幾つかの実施例において、振動応答は第1の周波数成分及び少なくとも第2の周波数成分を含む。しかし、振動型流量計が高い駆動周波数だけで振動されても、振動応答は1つだけの周波数成分を含むことは理解されるべきである。振動応答はその後、以下の工程で処理され得る。

【0031】

ステップ202にて、振動応答は1の振動型流量計から受信される。振動応答は、ピックオフセンサ105A、105B、又はドライバ104から受信され得る。振動応答は、第1の周波数成分及び少なくとも第2の周波数成分を含む。少なくとも第2の周波数成分は、第1の周波数成分とは別の周波数を含む。例えば、上記の如く、少なくとも第2の周波数成分は第1の周波数成分よりも高い周波数を含む。振動応答は処理されて、第1の周波数成分及び少なくとも第2の周波数成分を得る。処理は、振動応答を第1の周波数成分と少なくとも第2の周波数成分とに分離する工程を含む。処理は例えばバンドパスフィルタの使用により、振動応答を第1の周波数成分と少なくとも第2の周波数成分とに分離する工程を含む。

【0032】

ステップ203にて、第1の流体特性が生成される。第1の流体特性は、密度、質量流量、体積流量率、粘度その他を含む。このリストは包括的ではなく、当該技術分野の専門家は、生成され得る更なる流体特性を容易に認識する。以下の記載は、明瞭化の目的から密度測定のみを含むとして、第1の流体特性に言及し、本発明の範囲を少しも限定すべきではない。本発明の一実施例に従って、第1の密度測定は第1の周波数成分から導出される第1の周波数を用いて生成される。本発明の他の実施例に従って、第1の密度測定は格納された又は既知の密度値から生成される。本発明の実施例に従って、第1の密度測定は流れ材料の実際の密度を含むと仮定される。「実際の」密度の語は、音速の誤差がなければ得られる密度を意味することを指すことは理解されるべきである。従って、実際の密度の語が使用されるが、計算された実際の値は尚、他の変数によってもたらされた誤差を含み、従って、真の密度から変化する。第1の周波数が十分に低くて、密度測定内で誤差を生成する音速効果が比較的小さく、従って、あるとしても非常に少ない影響があるときには、第1の密度測定が実際の密度を含むとの仮定は、概して正確である。しかし、或る用途においては、これは現実的な仮定ではない。従って、第1の密度測定は例えば、格納され又は参照テーブルから得られる予測された密度と比較され、第1の密度測定と予測された密度測定との差がしきい値を超える場合は、1つの方程式ではなく多数の方程式が用いられて、音速を計算する。これは以下により詳しく説明される。

しきい値は、格納された値又は使用者/作業者から入力された値であり得る。或いは、しきい値は正確な測定のための使用者/作業者の要望に基づき得る。更に、予測された密度は、格納された値又は使用者/作業者から入力された値であり得る。或いは、予測された密度は、以前の測定に基づき得る。他の実施例において、第1の密度測定は格納された値又は既知の値から生成され得る。換言すれば、第1の密度測定は、第1の周波数成分から生成される必要は無い。

【0033】

ステップ204において、少なくとも第2の流体特性が生成される。少なくとも第2の流体特性は、密度、質量流量、体積流量率、粘度その他を含む。このリストは包括的ではなく、当該技術分野の専門家は、生成され得る更なる流体特性を容易に認識する。少なくとも第2の流体特性は、第1の流体特性と同じ流体特性を含み、又は異なる流体特性を含み得る。少なくとも第2の流体特性は、明瞭化の目的から密度測定のみを含むとして記載され、本発明の範囲を少しも限定すべきではない。本発明の実施例に従って、少なくとも第2の密度測定が、少なくとも第2の周波数成分の少なくとも第2の周波数を用いて生成され得る。上記の如く、本発明の実施例に従って、第2の周波数は第1の周波数とは異な

10

20

30

40

50

る周波数である。従って、異なる周波数で流れ材料を振動させること及びその結果である音速効果により、第1の密度測定と少なくとも第2の密度測定は異なる。例えば、第1の密度測定が実際の密度を含み、第2の密度測定がより高い周波数にて得られ、密度測定が音速効果による誤差を含むときは、これは真である。これらの差は、種々のモデルを用いて種々の流体パラメータを決定するのに用いられ得る。流体パラメータは例えば、音速、密度、又は質量流量を含み得る。以下に提供されたモデルは単なる例であり、当該技術分野の専門家は、更なる流体パラメータを測定することができる種々の更なるモデルを容易に認識することは理解されるべきである。1つのモデル例は式(3)に提供される。

【数2】

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{4}\left(\frac{\omega_1 d}{2}\right)^2 \\ 1 & \frac{1}{4}\left(\frac{\omega_2 d}{2}\right)^2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{1}{4}\left(\frac{\omega_n d}{2}\right)^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \rho_{actual} \\ \beta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \vdots \\ \rho_n \end{Bmatrix} \quad (3)$$

ここで、 $\beta = m_{actual} / c^2$ である。

【0034】

式(3)に示すようなマトリックスを用いて、種々の流体パラメータが決定される。決定される流体パラメータの特定数は例えば、用いられる振動周波数の数に依存する。付与されたマトリックスにて、流量計が振動する各周波数は他の式を提示することができる。記載は第1の密度測定及び少なくとも第2の密度測定を用いて、実際の密度及び流体の音速を決定することに限定されているが、一層多くの周波数にて流量計を振動させ、又は他の数学的モデルを用いるだけで、他の流体パラメータが決定され得ることは理解されるべきである。例えば、幾つかの実施例において、流体がガスを含むようなときは、密度測定は適切な解を提示しない。しかし、質量流量測定は適切な解を提示する。従って、密度測定を用いるのではなく、質量流量測定が式(2)に基づいて用いられ得る。これは式(4)に示すモデルに帰結する。

【数3】

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2}\left(\frac{\omega_1 d}{2}\right)^2 \\ 1 & \frac{1}{2}\left(\frac{\omega_2 d}{2}\right)^2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{1}{2}\left(\frac{\omega_n d}{2}\right)^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{m}_{actual} \\ \beta \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \dot{m}_1 \\ \dot{m}_2 \\ \vdots \\ \dot{m}_n \end{Bmatrix} \quad (4)$$

ここで、 $\beta = \dot{m}_{actual} / c^2$ である。従って、マトリックス(4)がマトリックス(3)と同様に用いられ得る。

【0035】

ステップ205において、流れ材料の流体パラメータは、第1の密度測定及び少なくとも第2の密度測定に基づいて決定される。本発明の実施例に従って、流体パラメータは例えば、音速を含み得る。以下の記載はしばしば、例として音速のみを含むものとして流体パラメータに言及する。従って、本発明は音速計算に限定されるべきではない。本発明の実施例に従って、流れ材料の音速は式(5)を用いて決定され得る。

【数4】

$$\frac{\rho_{\text{second}} - \rho_{\text{first}}}{\rho_{\text{first}}} = \frac{1}{4} \left(\frac{\omega_{\text{second}} d}{2c} \right)^2 \quad (5)$$

ここで、

`first` = 第1の密度測定

`second` = 第2の密度測定

`second` = 少なくとも第2の周波数

d = 流れ導管 103A 及び 103B の内径

10

c = 流れ材料の音速

【0036】

本発明の実施例に従って、第1の密度測定が実際の密度を含むと考えられるならば、即ち、第1の密度測定と予測された密度測定との差が、しきい値内であれば、式(5)がそのまま(on its own)で用いられて、流れ材料の音速を解く。上記の如く、幾つかの実施例において、第1の密度測定は既知の又は格納された密度測定に基づいて生成される。従って、第1の密度測定は、振動応答の第1の周波数成分に基づいて生成される必要は無い。第1の密度測定は使用者/作業者によって入力され、又はメモリ等から読み出される。音速を除く式(5)内の全ての事項は、上記の如く、第1の周波数成分及び少なくとも第2の周波数成分を用いて測定され得る。従って、流れ材料の音速は、第1の周波数から得られる第1の密度測定、及び少なくとも第2の周波数から得られる少なくとも第2の密度測定に基づいて計算され得る。第1及び少なくとも第2の密度測定を用いて、音速は、従来技術のように外部測定装置を必要とせずに、1つの振動型流量計を用いて計算され得る。或いは、2以上の流量計が以下の如く用いられ得る。式(5)は所望されれば何時でも用いられ得るが、第1の密度測定と流体の実際の密度の差がしきい値内であるときに、最も正確な演算が得られる。上記の如く、音速効果が第1の周波数で得られた密度内にかなりの誤差を生成しなければ、これは合理的な仮定である。更に、式(5)は単に1つのモデルの例であり、他のモデルが考えられ、これらは本発明の範囲内である。従って、他の流体パラメータが計算され得る。

20

【0037】

30

或る状況において、第1の密度測定は実際の流体密度を含むと想定することは合理的ではない。従って、本発明の実施例に従って、第1の密度測定と実際の密度の差がしきい値を越えていれば、流体パラメータを解くのに2つの式が用いられ得る。本発明の実施例に従って、流体パラメータは実際の流体密度を含む。本発明の他の実施例に従って、流体パラメータは音速を含む。本発明の他の実施例に従って、流体パラメータは実際の質量流量を含む。「実際の」質量流量の語は、音速効果無しで得られる質量流量を意味することを指すことは理解されるべきである。

【数5】

$$\frac{\rho_{\text{first}} - \rho_{\text{actual}}}{\rho_{\text{actual}}} = \frac{1}{4} \left(\frac{\omega_{\text{first}} d}{2c} \right)^2 \quad (6)$$

40

$$\frac{\rho_{\text{second}} - \rho_{\text{actual}}}{\rho_{\text{actual}}} = \frac{1}{4} \left(\frac{\omega_{\text{second}} d}{2c} \right)^2 \quad (7)$$

【0038】

従って、第1の密度測定が実際の密度であると信じられないとき、又は実際の密度が未知の状況では、式(6)及び(7)が組み合わされて用いられ得る。これは例えば、第1の密

50

度測定と予測された密度測定の差がしきい値の差を越えていれば決定される。振動計が高周波数計で、密度読み取り状態での音速効果が第1の周波数でも過度の誤差を生じれば、これは真である。

従って、本発明の他の実施例に従って、計算された音速は高周波数計の音速効果を補うのに使用され得ることは理解されるべきである。例えば、音速が式(5)を用いて所定温度で所定の流体について計算されれば、この計算された音速は高周波数計に用いられて、例えば式(1)及び(2)を用いた音速効果故の密度又は質量流量誤差を補う。しかし、高周波数計で実行するには、実際の流体密度が既知であるか、両方の式(6)及び(7)が用いられる必要がある。これは2つの未知量に対し、2つの式を提示する(流体の音速及び実際の密度測定)。従って、高周波数計における音速効果は、本発明に従った方法を用いて補われる。本発明は式(6)及び(7)に限定されず、当該技術分野の専門家は、第1の密度測定及び少なくとも第2の密度測定を用いて他の流体パラメータを計算するのに用いられ得る他の同様の式を容易に認識することができることは理解されるべきである。10

【0039】

計算された音速は、種々の目的に利用される。本発明の一実施例に従って、計算された音速は例えば式(1)と(2)とともに用いられて、将来の密度及び質量流量測定内の誤差を計算する。これは流量計が駆動周波数で作動し、該駆動周波数は音速効果により密度及び質量流量測定内で誤差を生じさせるのに十分高い実施例において特に有用である。

本発明は、振動型流量計について記載してきた。上記記載は主にコリオリ流量計を指向しているが、本発明はコリオリ流量計の用量を含まない他の振動計にも用いられ得る。20

例えば、振動計は振動型密度計を含む。しかし、流速の質量及び/又は量が所望される場合がある。従って、コリオリ質量流量計が実行されるが、質量流量の能力はその場合でのみ使用される。流体の音速を計算することによって、本発明は同様に質量流量を計算することができる。これはガスのような圧縮可能な流体に特に的確である。

【0040】

本発明は、流体の音速が一旦決定された多数の目的に使用可能であることは理解されるべきである。例えば、ガスにおいて決定することがしばしば難しい2つの変数は、ガスの比熱比 γ 、及び個々の成分のガス定数 R である。しばしば有用なガスについての2つの式は理想気体の音速及び理想気体の式である。

【数6】

30

$$c = \sqrt{kRT} \quad (8)$$

ここで、

γ = ガスの比熱比

R は個々の成分のガス定数

T は温度である。

$$P = R T \quad (9)$$

ここで P = 圧力

= 実際の流体密度である。40

【0041】

有利なことに、多くの振動型流量計において、温度は既知の変数である。従って、一旦音速が決定されると、残りの変数は容易に計算され得る。これらの2つの式はしばしば別個に用いられ、又は一旦音速が既知であると組み合わされて、例えば混合分子量、圧縮器の効率、測定訂正等のようなシステムのあらゆる数の特性を決定する。特定の例は決して本発明の範囲を限定すべきではなく、しかし、本発明の有用性を理解するのに手助けとしてのみ提示され、計算された音速が如何に用いられるかの例を提示する。

上記方法の特別な1つの利点は、振動計内の流体の音速は、変化を監視され得ることである。流体の音速の変化は、多くの条件を示すことができる。本発明の実施例に従って、流体についての計算された音速は、以前に計算された音速と比較され得る。比較は例えば

50

、流体組成物内の変化を決定する判断材料(diagnostic)として用いられる。他の実施例において、比較は例えば流体相内の変化を決定するのに用いられ得る。

【0042】

コリオリ流量計の用途において、流体相内の変化、例えば流体内に混入されたガスは、駆動ゲイン内の変化に基づいて決定され得る。しかし、ゲインが影響されるためには、混入されたガスの量は、或るしきい値量を越えることが必要である。特定のしきい値は、状態及び監視される流体に依る。本願の出願人は、流体の音速内の変化を監視することによって、更に低レベルの混入されたガスが検知され得ることを見出した(determined)。

一般に、流体の音速は同じ組成物のガスの音速よりも大きい。しかし、混合相の音速は、一般的に何れかの純粋相よりも低い。多くの組成物について、流体が1相から構成されて、少量の混入された第2相を含むとき、例えば、少量の混入されたガスを有する液体であるとき、或いは固体が混入した液体又はガスであるとき、又は液体の零が混入したガスであるとき、音速は著しく低くなる。主たる理由の1つは、圧縮率は著しく変化する一方、混合物の密度は比較的一定を保つからである。従って、流体の音速は本願に概説された方法の1つに従って決定され、予測された音速と比較される。計算された音速と予測された音速との間の差がしきい値よりも大きければ、メータ電子機器20或いは使用者/作業者は誤差を決定する。誤差は例えば流体の組成及び/又は流体相が変化したと決定することを含む。予測された音速は、以前に計算された音速に基づいて決定され、又は参照テーブル、メモリ内の値、使用者/作業者の入力等から得られる。

【0043】

上記の比較は最初に計算された音速を、少なくとも第2の音速と比較しているが、流体について計算された音速と予測された音速との間で比較がされることは理解されるべきである。従って、上記の判断を実行するために、1つだけの計算がされることが必要である。

音速が式(10)を用いて一旦計算されると、流速の質量又は量が計算され、該式は流れ導管103A及び103B内の密度、及び淀み点の密度の間の密度比を付与する。

【数7】

$$\frac{\rho}{\rho_0} = \left[\frac{1}{1 + \left(\frac{k-1}{2} \right) Ma^2} \right]^{\frac{1}{k-1}} \quad (10)$$

ここで、

= 流れ導管内の密度

₀ = 淀み点の密度

= ガスの比熱比(上記の式(8)又は(9)から計算された)

Ma = マッハ数

従って、式(10)はマッハ数を計算するのに用いられて、以下のように規定される。

Ma = V / c (11)

ここで、Vは流体速度である。従って、音速が既に既知であるから、流れ導管領域が式(11)及び(12)に基づいて既知であれば、体積流量

【数8】

●
Q

は計算され得る。

【数9】

$$\dot{Q} = A^* V \quad (12)$$

ここで、Aは流れ導管領域である。密度が既知であるから、質量流量は当該技術分野で一般に知られているように計算される。従って、本発明によって、流速の質量及び/又は量は、計算された流体の音速に基づいて、振動型密度計を用いて計算され得る。

【0044】

上記の如く、本発明は第1及び少なくとも第2の密度測定を生成することを必要とする。第1及び少なくとも第2の密度測定は、第1及び少なくとも第2の周波数応答に基づき得る。以下は、本発明の実施例に従って、如何に周波数応答が生成されるかを記載している。10

図3は、本発明の実施例に従って、第1の周波数及び少なくとも第2の周波数を生成する回路300を示す。この実施例は1つの振動型流量計と共に用いられ、従って、回路300は振動型流量計5の1つのピックオフ105、105'に連結されている。回路300はメータ電子機器20の一部を含む。或いは、回路300は処理システム707(図7及びそれに伴う記載を参照)の一部を含む。回路300はフィルタ302A及び302B、ヒルベルト変換(Hilbert transforms)ブロック部304A及び304B、及び分析ブロック部306A及び306Bを含む。

【0045】

フィルタ302Aは、ピックオフセンサ105、105'から第1の周波数成分(即ち、幾つかの実施例における「低モード」)をフィルタリング(濾過)し、一方、フィルタ302Bは少なくとも第2の周波数成分(即ち、幾つかの実施例における「高周波数モード」)をフィルタリングする。フィルタ302A及び302Bは従って、2つの別個の処理ブランチを形成する。2以上の振動周波数が用いられるような場合は、所望ならば、2以上の処理ブランチが構成され得る。20

一実施例において、フィルタリングは流量計の予測された基本周波数周りに集中するバンドパスフィルタリングを含む。フィルタリングは、ノイズ及び不要な信号を除去するフィルタリングを含む。更に、増幅、バッファリング等の他の調整操作が実行され得る。センサ信号がアナログ信号を含めば、このブロックは更にあらゆる方法のサンプリング、デジタル処理、及びデジタルセンサ信号を生成するのに実行される決定を含む。30

【0046】

幾つかの実施例において、モードフィルタ302A及び302Bは、デジタル有限インパルス応答(FIR)多相デシメーションフィルタを含む。しかし、モードフィルタは、FIRフィルタを構成する必要は無く、従って、用いられる特定のフィルタは本発明の範囲を限定すべきではないことは理解されるべきである。

本発明の一実施例に従って、フィルタは処理デバイス又はメータ電子機器20の処理ルーチン又は処理システム707にて実行され得る。これらのフィルタはピックオフセンサ信号をフィルタリングし、間引く(decimating)最適な方法を提供し、該フィルタリングと間引きは同じ時間及び同じ間引き率で実行される。或いは、フィルタ302A及び302Bは有限インパルス応答(FIR)フィルタ、又は他の適切なデジタルフィルタ又はフィルタ処理を含む。しかし、他のフィルタリング処理及び/又はフィルタリングの実施例が考えられ、それらは記載及び請求の範囲内であることは理解されるべきである。40

【0047】

ヒルベルト変換相304Aは、第1の周波数成分を約90度だけシフトさせ、ヒルベルト変換相304Bは、少なくとも第2の周波数成分を約90度だけシフトさせる。位相シフト動作は、各周波数成分のI及びQ成分(即ち、同相及び直交位相成分)を生成する。しかし、90度の位相シフトはあらゆる方法の位相シフト機構又は動作で実行され得ることは理解されるべきである。

I及びQ成分は、分析ブロック部306A及び306Bによって受信され処理される。処理は、第1の周波数f_A及び少なくとも第2の周波数f_Bを生成する。第1の周波数f_A50

及び少なくとも第2の周波数 f_B は、第1の密度及び少なくとも第2の密度を生成するのに用いられ得る。

本発明の実施例に従った周波数は、90度位相シフトから有利に演算される。一実施例における周波数は、90度位相シフト、及びそこから(即ち、I及びQ成分から)90度位相シフトが引き出される対応するセンサ信号を用いる。

引き出された周波数は、いかなる独立した周波数参照信号も必要とせずに得られる。周波数は、動作が非常に速い1つの90度位相シフトから得られる。結果として得られる周波数は、高度の正確さを有する。

【0048】

図4は、本発明に従ったヒルベルト変換ブロック部304A及び304Bの詳細を示す。
示された実施例にあっては、各ヒルベルト変換ブロック部304A及び304Bは、フィルタブロック412と並列なディレーブロック411を含む。従って、ディレーブロック411は、フィルタブロック412によって並列にフィルタされたデジタル信号サンプルよりも時間が遅延したデジタル信号サンプルを選択する。フィルタブロック412は、入力されたデジタル信号サンプルに90度位相シフトを実行する。

ヒルベルト変換ブロック部304A及び304Bは、ピックオフ信号の90度位相シフトバージョンを生成した、即ち、元の同相(I)信号の直交位相(Q)成分を生成する。従って、ヒルベルト変換ブロック部304A及び304Bの出力は、第1及び少なくとも第2の振動応答に元の同相(I)信号の成分を付与すると共に、第1及び少なくとも第2の振動応答に新たな直交位相(Q)成分POQ及びPOQを付与する。

【0049】

ヒルベルト変換ブロック部304A及び304Bへの入力は、以下のように表される。

【数10】

$$PO = A_{PO} \cos(\omega t) \quad (13)$$

ヒルベルト変換を用いると、出力は以下となる。

【数11】

$$PO = A_{PO} \sin(\omega t) \quad (14)$$

元の項をヒルベルト変換の出力と組み合わせれば、以下を算出する。

【数12】

$$PO = A_{PO} [\cos(\omega t) + i \sin(\omega t)] = A_{PO} e^{j(\omega t)} \quad (15)$$

図5は、本発明の実施例に従った分析ブロック部306A又は306Bのブロック図である。分析ブロック部306A又は306Bは1つのピックオフ(PO)信号から信号を受信する。示された実施例内の分析ブロック部306A又は306Bは、結合ブロック501、複合共役(conjugate)ブロック502、サンプリングブロック503、複合乗算ブロック504、位相角ブロック506、定数ブロック507、及び除算ブロック508を含む。

【0050】

結合ブロック501は、特定の振動応答の同相(I)及び直交位相(Q)成分を受信し、これらを通す。複合共役ブロック502は振動応答に複合共役を実行し、負の虚数信号を形成する。ディレーブロック503はサンプリングディレーを分析ブロック部306A又は306B内に導入し、従って、時間的に古いデジタル信号サンプルを選択する。この古いデジタル信号サンプルは複合乗算ブロック504内の現在のデジタル信号を用いて乗算される。複合乗算ブロック504は、PO信号とPO共役信号を乗算し、以下の式(20)を実行する。フィルタブロック505は以前に記載したFIRフィルタのようなデジタルフィルタを実践する。フィルタブロック505は、信号を取り除くのと同様に、センサ信号の同相(I)及び直交位相(Q)成分から高調和性を除去するのに用いられる多相デシメーション

10

20

20

30

40

50

ヨンフィルタを備える。フィルタ係数は例えば、10の因数毎に取り除くような、入力信号を除去するように選択される。位相角ブロック506は、PO信号の同相(I)及び直交位相(Q)成分から位相角を決定する。定数ブロック507は式(18)に示すように、2で除算されるサンプル速度Fsを含む因数を供給する。除算ブロック508は、式(18)の除算動作を実行する。

分析ブロック部306A又は306Bは、以下の式を実行する。

【数13】

$$PO_{n-1} \times PO_n = A_{PO} e^{-j(\omega t_{-1})} \times A_{PO} e^{j(\omega t)} = A_{PO}^2 e^{j(\omega t - \omega t_{-1})} \quad (16)$$

10

2つの連続したサンプル間の角度は従って、以下となる。

【数14】

$$\omega t - \omega t_{-1} = \tan^{-1} \left[\frac{\sin(\omega t - \omega t_{-1})}{\cos(\omega t - \omega t_{-1})} \right] \quad (17)$$

これは振動応答の角振動数である。Hzに変換すると、

【数15】

$$f_{PO} = \frac{(\omega t - \omega t_{-1}) \times Fs}{2\pi} \quad (18)$$

20

となる。ここで「Fs」はヒルベルト変換ブロック部304A及び304Bの速度である。

【0051】

図6は、本発明の一実施例に従って、第1の周波数及び少なくとも第2の周波数を生成する回路300を示す。他の実施例と共に通の要素は、同じ符号を共有する。本実施例は更に、平滑化フィルタ609を含んでいることにより、以前の実施例300とは異なる。

本実施例は同様に、1つのピックオフセンサ105、105'から振動応答を受信する。しかし、本実施例の1つの振動型流量計は1つだけの周波数で振動され、流量計内のノイズは以前に記載したように、第2の振動応答を生成する。従って、回路300は流れシステム内のノイズを上手に利用する。少量のノイズはセンサモードを活性化するから、自己誘導型の高振動応答モードは、駆動信号が付与されなくとも、検出可能である。これは1つだけの駆動信号が必要であることを意味する。

更に高いモード信号(ドライブで強化されない)は、更に小さな振幅であるから、本方法は、更なるフィルタリングを要求する。この更に高いモードの振動応答の大凡の周波数範囲は既知であるから、更に小さな振幅は重要な問題ではない。更に、他の関心事は小さな振幅故に、密度測定は同様にノイズが多いことである。短い応答時間が受け入れ可能である限り、周波数測定が行われた後に、多くのサンプルを平均化することにより、この問題は解消される。この目的を達成すべく、平滑化フィルタ609は、少なくとも第2の周波数を平均化し、周波数の除去を改善し、その結果、ノイズと誤差を減少させる。

【0052】

図7は、本発明の他の実施例に従った、振動型流量計700を示す。振動型流量計700は、第1の流量計5A及び少なくとも第2の流量計5Bを含む。流量計5A及び5Bは、導管71内で接続される。両流量計5A及び5Bは、導管71内を流れる流れ材料を測定する。処理システム707は、第1の流量計5A及び少なくとも第2の流量計5Bに連結される。処理システム707は、第1の流量計5Aから第1の振動応答を受信し、少なくとも第2の流量計5Bから少なくとも第2の振動応答を受信する。処理システム707は、以前に記載し且つ図8について以下に記載したように、流れ材料の第1の密度、少なくとも第2の密度、及び音速を決定することができる。

40

50

【 0 0 5 3 】

図8は、本発明の一実施例に従った、流体の流体パラメータを決定する方法のフローチャート800である。ステップ801において、第1の振動型流量計及び少なくとも第2の振動型流量計が振動される。第1の振動型流量計は、第1の周波数で振動されて、第1の振動応答を生成する。少なくとも第2の振動型流量計は、少なくとも第2の周波数で振動されて、少なくとも第2の振動応答を生成する。

本発明の実施例に従って、2又は3以上の流量計が用いられる。2以上の振動型流量計が含まれ、2以上の振動応答が受信され得ることは理解されるべきである。多数の振動応答が用いられて、流体パラメータ計算を更に改善する。

【 0 0 5 4 】

10

ステップ802において、第1の振動応答及び少なくとも第2の振動応答が、第1の振動型流量計及び少なくとも第2の振動型流量計から受信される。少なくとも第2の振動応答は、以前に記載したように、第1の振動応答とは別の周波数を含む。

ステップ803において、以前に記載したように、第1の流体特性が生成される。

ステップ804において、以前に記載したように、少なくとも第2の流体特性が生成される。

ステップ805において、以前に記載したように、流れ流体の流体パラメータが、第1の流体特性及び少なくとも第2の流体特性に基づいて計算される。

上記に記載した発明によって、振動計の使用者/作業者が種々の流体パラメータを計算することができる。計算は振動応答に基づいて、実行され得る。振動応答は、少なくとも第1の周波数成分と少なくとも第2の周波数成分を含み得る。第1の周波数成分と少なくとも第2の周波数成分は、多数の周波数における流量計の振動の結果である。或いは、第1の周波数成分と少なくとも第2の周波数成分は、1つの周波数における流量計の振動の結果である。従って、本発明は従来技術にて必要とされていたように、音速を測るために別個の音響計を使用することを必要としない。

20

更に、幾つかの実施例において、本発明は1つだけの流量計を用いて音速を計算することができる。

【 0 0 5 5 】

計算された音速は上記の如く、多数の異なった方法に使用される。上記の実施例は本発明の有用性を強調するための単なる例であって、本発明の範囲を限定すべきではないことは理解されるべきである。むしろ、本発明の応用可能性は上記の限定された実施例よりも更に大きい。

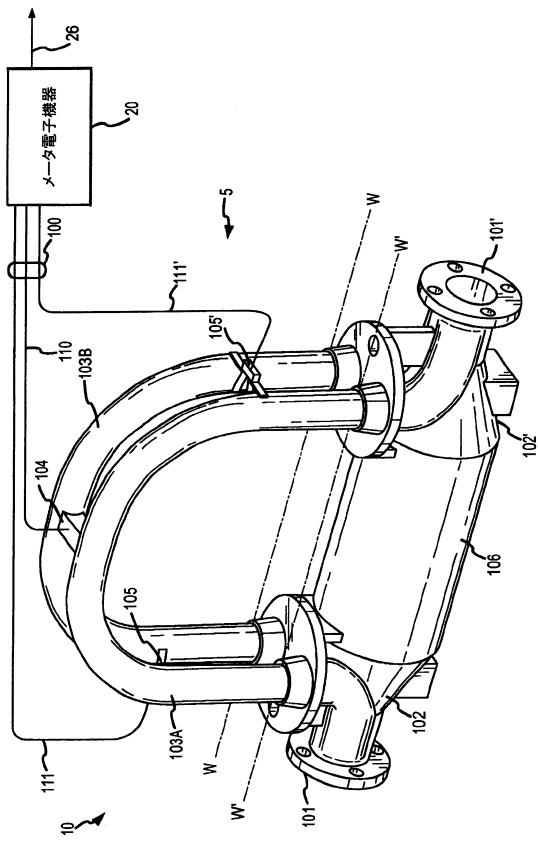
30

上記実施例の詳細な記載は、本発明の範囲内にあるとして発明者らによって考えられた全ての実施例の余すところの無い記載ではない。実際、当該技術分野の専門家は、上記に記載した実施例の或る要素が様々に結合され又は除去されて、更なる実施例を生成し、そのような更なる実施例は本発明の範囲及び開示内に含まれることを理解するだろう。当該技術分野の専門家には、上記に記載した実施例は、全部又は一部が結合されて、本発明の範囲及び開示内の更なる実施例を生成することは明白であろう。

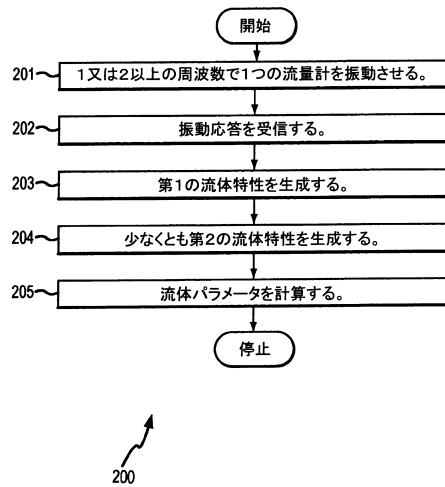
このようにして、本発明の特定の実施例及び本発明の例が説明の目的からここに開示されているが、関連技術の専門家が認識するように、均等な種々の修正が本発明の範囲内で可能である。ここに付与された開示は、他の振動型メータに応用され、上記の実施例及び添付の図面に示された実施例だけのものではない。従って、本発明の範囲は、以下の請求の範囲から決定されるべきである。

40

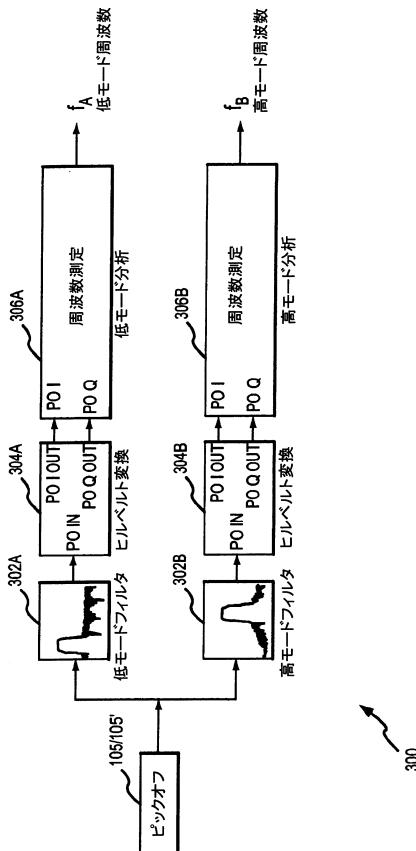
【図1】



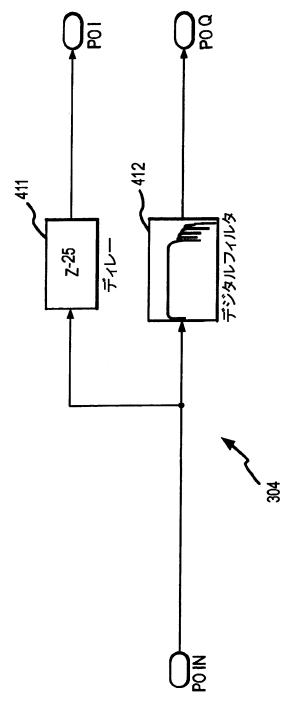
【図2】



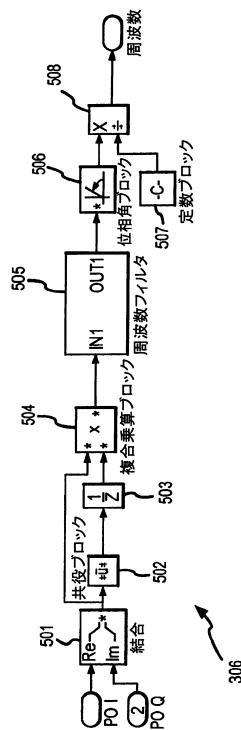
【図3】



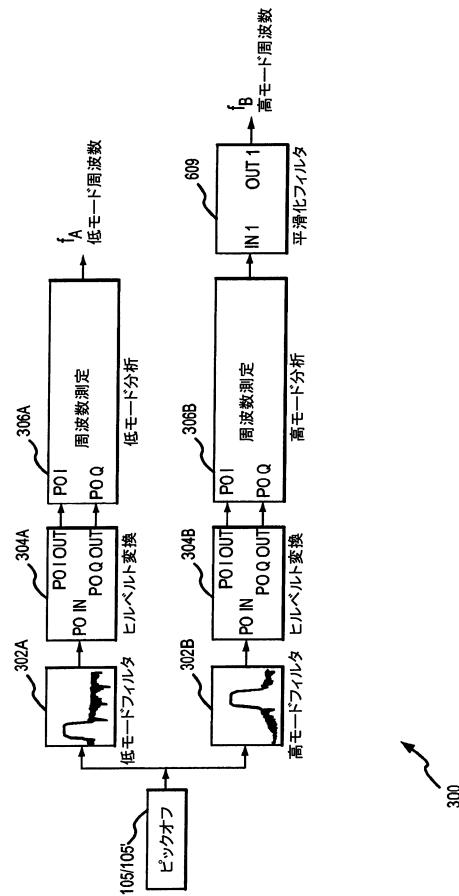
【図4】



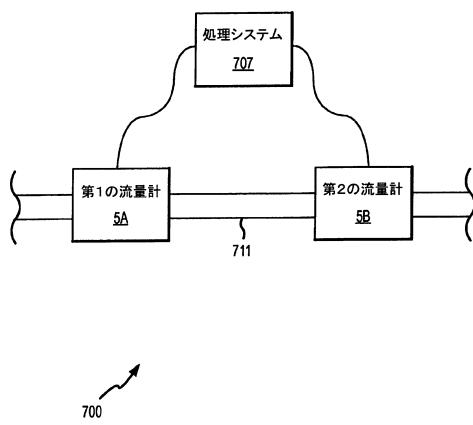
【図5】



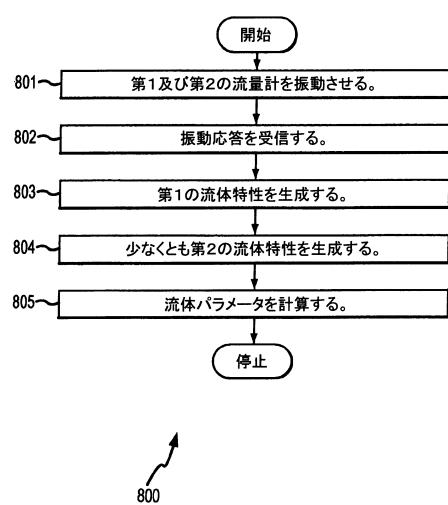
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 ベル , マーク ジェイムズ
アメリカ合衆国 80504 コロラド ロングモント ノース ピーズリー ロード 1178
7

(72)発明者 パタン , アンドリュー ティモシー
アメリカ合衆国 80302 コロラド ボルダー グリーン メドウ レーン 123

審査官 山下 雅人

(56)参考文献 特表2008-536111(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 01 F 1 / 84