

層流型多層 (LML) 方式 超音波流量計測技術

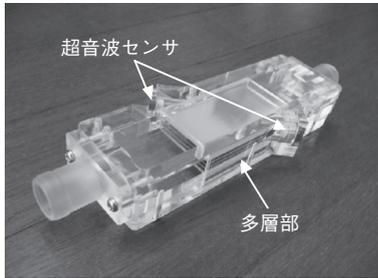


図1 原理モデル外観

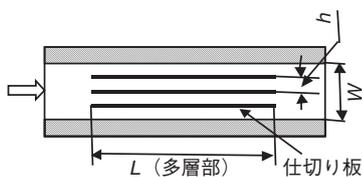


図2 流路断面

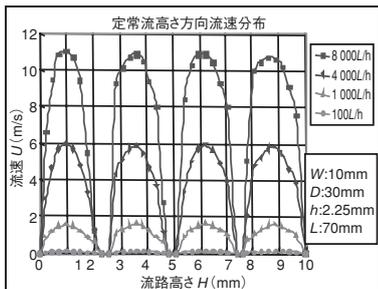


図3 速度分布 (定常流)

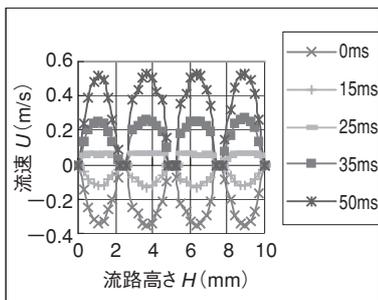


図4 速度分布 (脈動流)

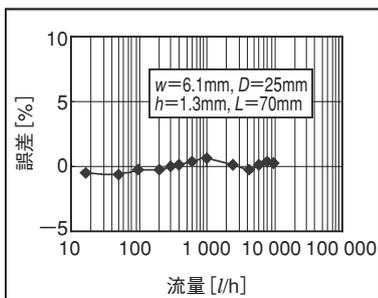


図5 流量係数誤差

1. はじめに

超音波流量計測は古くから知られた技術である。これまでさまざまな計測方式が試みられているが、その主要

課題のひとつは流量による速度分布変化に起因する誤差の発生である。とりわけ層流から乱流への遷移が課題であった。この課題に対して、A. von. Jena らは矩形断面の流路で W パス方式の超音波伝播路を用いて流量係数が直線的になることを示した⁽¹⁾。しかしながら、流速としては層流から乱流にわたる領域を含むもので遷移そのものを排除したものではなかった。

今回、多層化構成で測定領域全体を層流化することにより、広い流量範囲にわたり、流量係数の一定化を図る層流型多層(LML: Laminar type Multi-layer)方式を開発した。

2. 計測原理と動作

流体力学の分野では層流において発達した速度分布は放物線状になることが理論づけられている。精度の良い計測を行うために、本方式では層流域での計測を基本とする。

また、流れが三次元的な成分を含む場合、超音波流量計測ではそれが誤差要因となるため、流れは二次元的であることが望まれる。このためには計測流路を矩形断面とし、そのアスペクト比を大きくするのが望ましい。コンパクトなサイズでこのような条件を実現するため、流路を多層に分割して各層のアスペクト比を大きくすることを発案した⁽²⁾。

上記に基づき、矩形流路を多層分割し、最大流量における各層の流れが層流になるように設定し、かつ各層の流れを二次元的にすれば、流体力学的観点からの望ましい計測条件が整う。

また、層流で測定することは流れの乱れが少ない状態での計測となり、大流量側の計測範囲拡大に寄与する。

さらに、流体の種類や温度が異なっても、層流における流速分布が放物線状になるという特長は変わらないため、この様な場合も含め、一定した流量係数のもとで精度の良い計測が可能となる。

3. 構成

図1に本方式原理モデルの外観を示す。一對の超音波センサは、計測を行う多層部を横切る方向で、Zパス方式を構成するよう配置されている。図2に、その流れ方向の断面を示す。矩形断面の流路内部には仕切り板があり、断面を高さ方向に均等に分割している。各層のレイノルズ数は代表長さを h として算出される。また、流路の奥

行きを D とすると、アスペクト比は D/h で求められる。

4. 可視化実験

可視化実験装置を用い、速度分布を PIV で測定した結果を図3に示す。小流量はもとより、8000 L/h の大流量においても層流型速度分布が実現している。(レイノルズ数 1154, アスペクト比 13) また、これに伴い、各層間の速度分布の均一化が図られており、計測精度向上に寄与していることが推測される。

同様に脈動流の計測を行った結果を図4に示す。周波数は 10 Hz で流量が 25 L/h の場合の時系列変化を示している。この条件では、脈動流に対しても、最大振幅で層流型の速度分布が観察されている。また、各時刻における各層の速度分布は均一であり、脈動流に対しても、精度の良い計測が期待される。

5. 特性

空気で流量を 16~10000 L/h の範囲で変化させた場合の流量係数の誤差を図5に示す。誤差幅は約 1% であり流量係数はこの流量範囲内ではほぼ一定となる。このとき最大流量におけるレイノルズ数は 1738, アスペクト比は 23 である。なお、この時の超音波センサの流路側端面径は 11 mm である。

6. おわりに

ここでは超音波伝播路として Z パス方式を示したが、本方式は V パス等流れの横断方向に超音波を伝播させて計測する方法に関して適用可能な技術である。

また、本方式での層流化は多層分割した各層の高さで規定されるため、奥行き方向に関しては制約がない。これにより大流量化への対応が容易となる。また、更なる大流量化に対しては、層の数を増加させれば良い。この場合にはセンサが全域をカバー出来ない状況が生じるが、各層における速度分布の均一化を条件として、一部の層だけを計測すれば良い。

この様に、本方式は極めて設計の自由度が高く汎用性に富んだ技術である。(原稿受付 2007年6月11日)

[別荘大介, 梅景康裕, 岩永茂, 中林裕治 松下電器産業(株)]

●文献

- (1) A. von. Jena., ほか, Ultrasound gas-flow meter for household application, *Sensors and Actuators*, 37-38 (1993), 135-140.
- (2) 超音波式流れ計測装置, 特許第 3528347 号 (特願平 7-198567).