

圧電振動子のインピーダンス変化を利用した流速測定法 A method for flow rate estimation using electrical impedance changes of piezoelectric material

同志社大理工, 呉沢農, 原田裕生, 小山大介

1. はじめに

超音波を用いた流速測定装置は、2つのセンサ間の超音波伝搬時間差を利用する単純かつ安価な構成で、流路に影響を与えることなく流速を測定できるため、様々な産業分野で用いられている。しかしながら、複数のセンサを必要とするため装置が大型化し、超音波伝搬経路の流速分布を考慮する必要がある。本報告では、流体の流速変化に伴う境界層の変化を圧電振動子の電気的特性の変化によって評価することにより、単一のセンサのみで流速を測定する方法を提案した。その原理検証のため、センサである圧電振動子の電気アドミタンスと水の流速の相関性を計測した。

2. 単一センサによる流速測定

提案手法では、単一の圧電振動子を流路外側に接触させ流路内の流速を測定する。流路内の流速変化に伴い、流路内壁近傍の境界層厚さが変化するため、圧電振動子に対する機械的負荷が変化する。これによって、圧電振動子の電気アドミタンスが変化することから流速の測定が可能となる。本手法では、従来手法における伝搬時間差推定のための相互相関関数の計算が不要であるため、高い時間応答性が期待できる。

3. 実験結果

図1は実験に用いた圧電振動子の構造と流路の形状を示している。矩形圧電振動子（PZT, $10 \times 10 \times 2$ mm, 厚み方向分極）を音響整合層の役割を果たすシリコンシート（厚さ 0.5 mm）を介して PFA 製流路（外径 3/8 inch, 内径 1/4 inch）に固定した。流路内を流れる水の温度が 8°C および 30°C, 水の流量が 0~4.5 L/min の場合の振動子のアドミタンスの周波数特性を、インピーダンスアナライザを用いて測定した。図2は各温度における流量と振動子の圧電横効果による共振周波数およびアドミタンスの関係を表しており、流量が 0~4.5 L/min の範囲において、8°C および 30°C の場合にアドミタンスはそれぞれ 2.8%, 1.0%減少した。

4. まとめ

単一の圧電振動子による流速測定法を提案し、流量と共振周波数におけるアドミタンスの逆相関性が実験結果によって確認された。今後、電氣的等価回路よりインピーダンスと流速の相関性を定量的に評価する予定である。

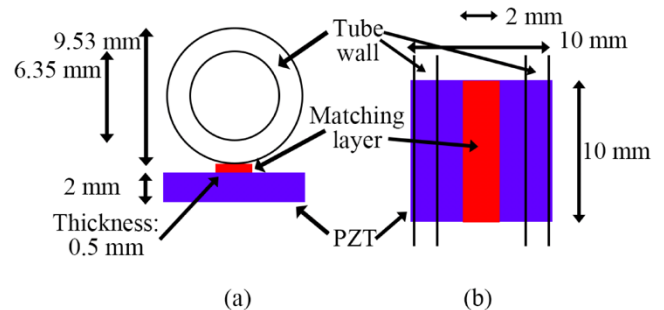


図1 圧電振動子とチューブの配置.
(a)断面図, (b)上面図.

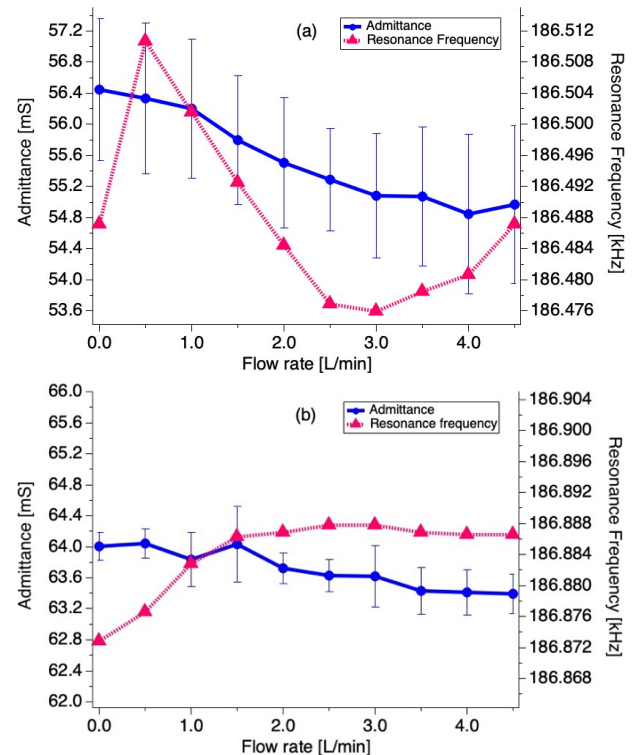


図2 流量率と共振周波数, アドミタンスの関係. (a) 8°C, (b) 30°C.

5. 参考文献

- Alaeddin, M. A., Hashemabadi, S. H., & Mousavi, S. F. (2021). Numerical study on the effect of circumferential position of ultrasonic transducers on ultrasonic cross-correlation flowmeter performance under asymmetric air flow profile. *Ultrasonics*, 115, 106479.
- 富永 昭(1942-), 熱音響工学の基礎, 1998