

超音波パルスドップラー法適用液体金属流速分布計測による流量測定の高精度化

Measurement Improvement of Flow Rate of Liquid Metal

Using Ultrasonic Pulse Doppler Method Based on Velocity Profiles

*堤 亘平, 三輪 修一郎, 坂下 弘人, 森 治嗣 (北海道大学)

非軽水流体の流量計測精度改善を目的に, 超音波パルスドップラー法を用いた配管内を流れる液体金属の流速分布計測に基づく流量測定を実施した. 数値解析結果との比較検討を行い, 測定結果の妥当性及び液体金属流量計測精度改善に関わる基礎的な検討を行った.

キーワード: 原子力, 超音波パルスドップラー法, 液体金属, 流速分布, 補正係数, 流量計, CFD

1. 緒言 安全性が高く将来炉として期待されている液体金属冷却炉や熔融塩炉の流量計測では主に電磁流量計やベンチュリ流量計等が適用されている. これらの流量計は流れの断面で計測される平均的な起電力や差圧等に, 流れの状態に大きく影響される補正係数を乗じて流量を求めるため, 特に非軽水流体流量の測定精度は限定され, 測定偏差は軽水用流量計がおおよそ 1~3 % であるのに対し, 液体金属用電磁流量計はおおよそ 7.5~10 % である. 流量計測精度は原子炉の安全性評価やプラント効率改善において重要である. この問題を解決するため, 超音波パルスドップラー法を用いて瞬時流速分布を求め速度分布 (m/s) を流れの断面 (m²) で積分することで, 流速分布に依存する補正係数を用いず直接流量 (m³/s) を求めることにより, 補正係数が不要な流量計測法を適用する. 本手法は軽水を対象とした流量測定には適用されているが, 液体金属を対象とした流量測定に関する知見は少ない. 実験は本研究では常温で液体である Ga-In-Sn 合金 (ガリンスタン: 融点 -19°C, 沸点 1300°C) を用いて実施した.

2. 実験 本研究で用いた実験装置の概略図を Fig.1 に示す. 試験部両端に設置したアクリル製の一方のタンクにガリンスタンを入れ, 任意の高さまでタンクを上げ, 2つのタンクのヘッド差によりガリンスタンを装置下部の試験測定部に流入させ, 試験部に取り付けた超音波 (発受信) トランスデューサを用いてアクリル配管内の瞬時流速分布を測定した. トランスデューサの周波数は 1 MHz 及び 2 MHz, 入射角度は 30°, 45°, 60° とし, トレーサは気泡を用いた. 超音波パルスドップラー法により測定した瞬時流速分布の一定時間の平均値から算出した流量との比較のため, ガリンスタンがタンクから流出した体積量を同時に計測した. 実験の結果, 配管壁からの超音波の反射等による速度分布の乱れが見られるものの, 配管内流速分布を捉えていることを確認した. Fig.2 にその測定例を示す.

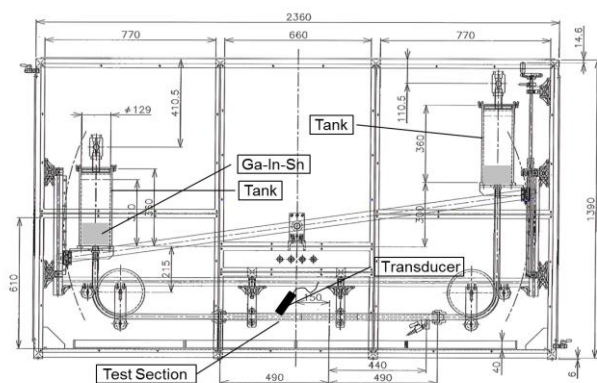


Fig.1 Schematic of experimental equipment

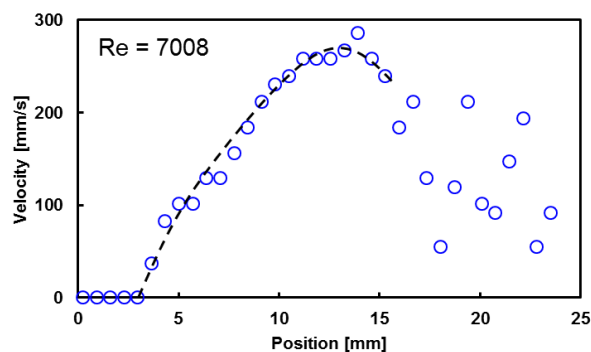


Fig.2 Measurement result of instantaneous velocity profile

3. 結言 超音波パルスドップラー法を用い配管内を流れる液体金属流速分布計測に基づく流量測定を実施した. 数値解析結果との比較検討等に基づく液体金属流量計測精度改善に関わる基礎的な検討を行った.

参考文献 [1]M. Mori et. al., Experiments in Fluids, 32(2002), 153-160 [2]M. Mori et. al., Vol. 5, No. 3, 2011, 400-405

*Kohei Tsutsumi, Shuichiro Miwa, Hiroto Sakashita, Michitsugu Mori, Hokkaido University