

少数の学習画像で高精度に気泡を検出できる技術を開発

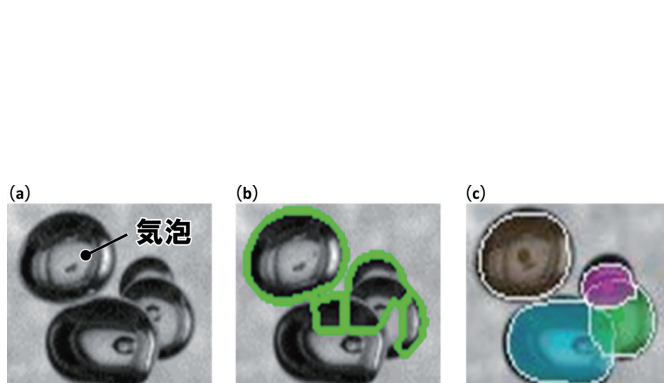


図1 重なった気泡の形状検出

- (a) 撮影画像（重なりがない一つの気泡と重なった三つの気泡）、
 (b) ルールベースの画像認識による検出結果（緑線）、及び
 (c) 本手法による検出結果（カラー表示）を示します。

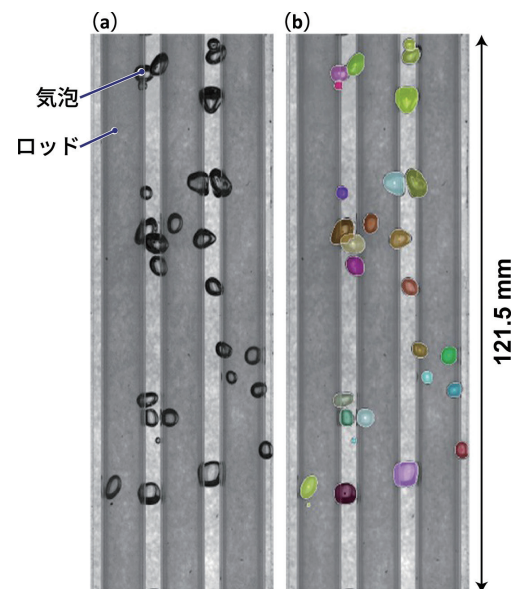


図2 ロッドバンドル流路内の可視化結果 (a) と気泡検出結果 (b)
 (b) 内のカラー表示（色分けはランダム）は、検出した気泡を表します。

私たちは、最新の深層学習技術である Shifted Window Transformer (Swin Transformer) を活用し、気液二相流における高精度な気泡検出技術を開発しました。本技術により、気泡形状の高精度な検出を実現したことで、気泡径や気泡分布、ボイド率など、原子力工学をはじめとする熱流動分野で必要不可欠なデータを、より詳細に取得することが可能となりました。

従来の気泡検出では、輝度差を利用したルールベースの画像処理手法が用いられてきました。しかし、気泡の変形や重なりが生じる場合には、気泡形状の検出精度が低下するという課題がありました。

本研究では深層学習に基づく画像認識モデルである Swin Transformer を適用することで、この課題を解決しました。学習には、数十枚程度の限られた画像データを用いたにもかかわらず、高い検出性能を示しました。図1は、本技術と従来のルールベース検出技術との比較結果を示したものです。本技術では図1 (c) に示すように、重なり合った気泡の形状を正確に検出でき、従来技術より優れた性能を確認しました。さらに、本技術を3×3 ロッドバンドル流路へ適用し、複雑な流路形状内においても気泡検出に成功しました（図2）。

このように、本技術は、限られた学習データでも高い精度を維持し、複雑な流体構造や実験条件にも適応可能であることを示すことができました。将来の熱流動研究やシミュレーションの検証において、信頼性の高い画像解析ツールとなることが期待されます。

Uesawa, S. et al., Deep Learning-Based Bubble Detection With Swin Transformer, Journal of Nuclear Science and Technology, vol.61, issue 11, 2024, p.1438-1452.

上澤 伸一郎

原子力科学研究所
軽水炉工学研究センター



◀Webはこちらへ