日本伝熱学会関西支部 2023 年度学生国際発表助成 成果報告書

大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻
博士前期課程 2 年 三上 奈生

1　はじめに

私は日本伝熱学会関西支部の助成を受け, 第 17 回国際伝熱会議 (17th International Heat Transfer Conference, IHTC-17) に参加した. 以下に, IHTC-17 での発表および他発表の聴講を通して得られた成果について報告する.

2　IHTC-17 について

IHTC は伝熱に関する大規模かつ権威ある国際会議であり, 4 年に 1 度開催されることから伝熱分野のオリンピックとして位置付けられている. IHTC-17 は国際伝熱会議協議会 (The Assembly for International Heat Transfer Conferences, AIHTC) の主催により, 南アフリカ共和国のケープタウン国際会議場において対面形式で開催された. 会期は 2023 年 8 月 14 日から 18 日であり, キーノート/記念講演 32 件, パネルディスカッション 7 件, ポスター発表 514 件 (会議プログラムから抜粋) が行われた. 私が行ったポスター発表では, 1 人 2 分間のショートプレゼンテーションの後, 約 1 時間の討論セッションが設けられた.

3　ポスター発表

3.1　ショートプレゼンテーションの内容

私は混相流のセッションにおいて,「State Sensing of Bubble Jet Flow Based on Acoustic Recognition of Deep Learning」と題して, ナトリウム冷却高速炉 (Sodium-cooled Fast Reactor, SFR) の安全性向上を目的とした気液二相噴流の音響識別に関する発表を行った. SFR は冷却材に液体ナトリウムを用いており, 発電中に核燃料を増殖できることから核燃料利用効率の向上が期待されている次世代型原子炉である. しかし, SFR の蒸気発生器 (Steam Generator, SG) 伝熱管に貫通き裂が生じると高温・強アルカリ性の反応ジェットが形成され, リーク孔の拡大や周囲伝熱管の破損が生じる恐れがあるため, 高速かつ高精度の異常検知・分析手法の開発が重要とされている. そこで私の研究では, 高速応答性・不可視領域への適用性・ロバスト性の 3 つの利点から深層学習に基づく気液二相噴流のパッシブ音響識別手法を考案した. 結果として, 提案手法はバックグラウンドノイズを模擬した水流動音 1 種および異常音を模擬した気液二相噴流音 3 種の計 4 種を 99% 以上の精度で識別し, 提案手法による SG 伝熱管の異常検知・分析の実現可能性が十分に示された. また, 次元圧縮手法を用いた深層学習モデルの学習過程の可視化では, 深層学習モデルの適応的な学習および可視化結果と分類結果の一致が確認できた.

3.2　討論セッション

討論セッションでは, 以下の質問・コメントを受けた.

1. 深層学習に基づく熱流動現象の音響識別手法の存在を初めて知った.
2. 時間周波数解析手法のうち, 連続ウェーブレット変換やシンクロスクイーズドウェーブレット変換はどのような手法か.
3. 気液二相噴流を発生させるために使用したノズルについて, その孔の真円度や角度は気液二相噴流の

図 1　会場入口にて

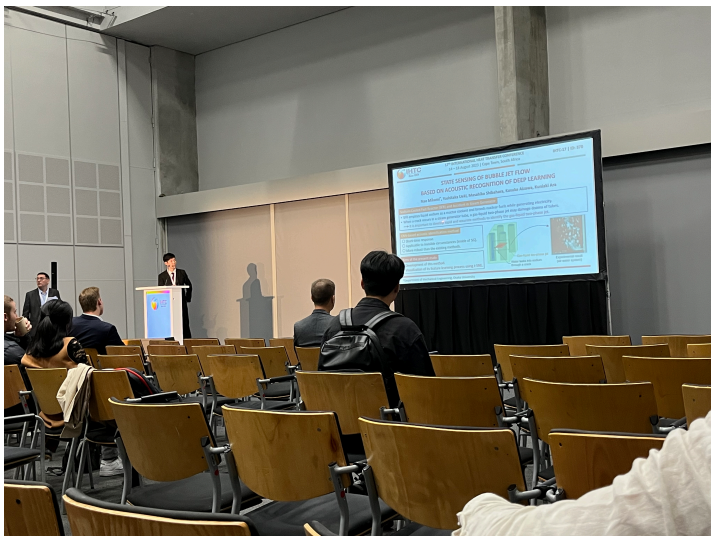

図 2　ショートプレゼンテーションの様子

流動状態に大きく影響を及ぼすため, ノズル孔の精度について吟味する必要があるのではないか.

4. ノズル孔の真円度は研磨で高めることができるが, 内部に残った研磨剤の除去には超音波洗浄が必要である.

上記のうち, 1 点目のコメントから自身の研究の新規性を確認するとともに, 熱流体工学・音響工学・情報工学をまたがる学際的な研究の可能性を発信することができたと考える. 2 点目の質問に対しては, 時間周波数解析手法に関する補足資料を用意していたため, 丁寧に説明することができた. 3・4 点目のコメントについては, これまでの自身の研究で考慮していなかった点であり, 討論を通して今後の課題を見つけることができた. これらのコメントを踏まえて, ノズル孔の形状が気液二相噴流に及ぼす影響や気液二相噴流音の物理について今後調査する予定である.

4　他発表の聴講

特に深層学習を導入した研究を聴講して, 伝熱分野においても深層学習が予測問題や最適化問題に応用されていることが分かった. IHTC-17 では, 深層学習を用いた熱伝達率などの熱物性値の予測, 物体位置検出, 数値シミュレーション条件の最適化, 熱伝達性能の向上などの研究発表があった. また, パネルディスカッションでは深層学習をはじめとする人工知能 (Artificial Intelligence, AI) のブラックボックス問題について言及する場面も見られ, AI が導き出した答えに対する説明責任が求められつつあるという印象を受けた.

5　最後に

IHTC-17 を通して, 自身の研究の発信や今後の課題の発見をするとともに, 深層学習を用いた伝熱研究の最新動向を調査することができた. また, 昼食時や夕食時には世界中から集まる研究者と交流して繋がりを作ることができた. さらに, 空港と会場の間の移動時や街角ですれ違う人々を通じて南アフリカ共和国の自然・歴史・文化にも触れ, 非常に貴重な経験をすることができた. 最後に, IHTC-17 への参加に伴い支援を賜った日本伝熱学会関西支部に心より感謝の意を表する.