

1. はじめに

惑星大気圏へ突入する宇宙船は、音速の数十倍に達する速度で飛行するため、周囲の大気が急激に圧縮され、衝撃波が形成される。この際、宇宙船と衝撃波の間には高温のプラズマが存在する衝撃層が生じ、宇宙船は強い空力加熱にさらされる。そのため、熱防護は極めて重要な工学的課題である。

従来の耐熱技術には耐熱タイルやアブレーション冷却などの受動的手法がある。一方で、電磁力を用いた能動的耐熱手法として Magnetohydrodynamic (MHD) flow control が注目されている。本手法では、宇宙船に搭載した磁石によってプラズマ流に磁場を印加し、誘起電流と磁場の相互作用によるローレンツ力によってプラズマ流を減速させる。この効果により、熱流束の低減や衝撃層の拡大が期待される。

2. 活動目的

私の MHD flow control に関する研究は数値解析を基盤としているが、クイーンズランド大学の極超音速研究グループでは、X2 フリーピストン型膨張波管を用いた実験的研究を実施している。本研究プロジェクトでは、同研究グループの活動を視察し、実験的視点を取り入れるための知見を得ることを目的とした。特に、極超音速流れの実験的研究に関する指針を学び、現在の研究に活用することを目指した。また、実験的研究者から助言を得ることで、研究の精度向上を図ることも目的の一つである。

3. クイーンズランド大学での活動内容

本プロジェクトでは以下の活動を実施した。

- 研究発表: これまで所属研究グループが数値解析を用いて実施した MHD flow control に関する研究成果を発表した。また、現在取り組んでいる火星突入環境における MHD flow control の研究について紹介し、質疑応答を通じて貴重な助言を得た。
- 極超音速風洞の見学: クイーンズランド大学の極超音速研究グループが保有する二つの極超音速風洞「X2 フリーピストン型膨張波管」と「T4 フリーピストン型反射衝撃風洞」の設備を見学した。この際、所属研究室の実験装置へ応用可能な技術についても学んだ。

- X2 膨張波管を用いた実験の見学: X2 膨張波管を利用した二つの実験を見学し、極超音速流を用いた実験における安全管理やデータ管理に関する知見を得た。また、磁場を用いた実験に特有のデータ取得に関する課題について学んだ。
- 研究議論: 衝撃波管を用いた実験を日常的に行っている研究者から、運用条件の設定方法に関する助言を受けた。特に、圧縮性流体力学の理論に基づく実験条件と実際の実験条件の乖離を埋める方法について議論した。また、現在実施している衝撃波管を用いた実験に関して、得られたデータの解釈についても議論した。

4. 今後の展望

本訪問を通じて、極超音速流を生成可能な X2 膨張波管および T4 反射衝撃風洞を活用した研究に従事する研究者から、有益な助言やコメントを多数いただいた。これらのフィードバックは、自身の研究の次のステップを見出す上で非常に有益であった。また、今後 MHD flow control に関する実験的研究を実施する際に活用できるノウハウも得ることができた。これらの知見を参考にしながら、研究の進展を図るとともに、新たな研究方針を策定する予定である。

5. おわりに

本プロジェクトを通じて、極超音速実験に関する専門知識を深めるとともに、研究の進展に必要な技術的課題を明確にすることができた。今後は、本研究で得た知見を基に、MHD flow control の実験システムを構築し、より現実的な環境での適用可能性を探る予定である。

最後に、本活動を支援してくださった関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

本活動の一部は JST 次世代研究者挑戦的研究プログラム JPMJSP2124 の支援を受けたものです。