

宇宙地球フロンティア実地研修 報告書

Report for Onsite Training in Earth-Space Frontier Science

氏名/Name	藤野 献 Ken Fujino
所属部局/ Affiliation	工学系研究科 航空宇宙工学専攻 Department of Aeronautics and Astronautics, Graduate School of Engineering
研究機関・企業名 /Hosting Institution	インド工科大カンプール校 Indian Institute of Technology Kanpur
期間/Period	年 月 日 ~ 年 月 日 *西暦で記入 2025/ 2/ 11 ~ 2025/ 3/ 14 mm/dd/yyyy

本研究では、インド工科大カンプール校航空宇宙工学専攻（Department of Aerospace Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur; IIT Kanpur）の Pradeep Moise 先生の指導の下、航空機の翼における遷音速流れの遷音速バフエット現象の高精度な数値計算結果及び低速流れの平板の実験結果の解析を行った。両者に共通してみられる剥離領域における非定常現象の理解を深めることを目的としている。

航空機の翼の遷音速バフエット現象とは、遷音速で航行する航空機の翼面上で生じる衝撃波の振動現象である。航空機の構造に悪影響を及ぼし、航空機の運航領域に制約を与えることから、これまで盛んに研究がなされている。本研究では、特に衝撃波上流が層流の層流バフエットと呼ばれる、層流剥離泡が形成される状態に関して取り扱った。

低速流れの平板の実験結果に関して、平板において生じる層流剥離泡の非定常現象に注目した。実験結果に関して、同じ IIT Kanpur の Alakesh Chandel Mandal 先生より提供いただいた（詳細は[1]を参照）。

本研究では、これらの二つの異なる流れの現象に対して、層流剥離泡の非定常現象における共通性を見出すため、モード解析と呼ばれる解析手法の適用を行った。SPOD (Spectral Proper Orthogonal Decomposition)[2]及び VMD-NCS (Variational Mode Decomposition based Nonstationary Coherent Structure)解析[3]の適用を行った。

得られた結果に関して、訪問先である IIT Kanpur の Pradeep Moise 先生や実験データを提供いただいた Alakesh Chandel Mandal 先生と議論を行った。一方で適用したモード解析手法に関する課題なども残された。今後、滞在中に残された課題に関して、引き続き共同研究のような形で研究を継続する予定である。

最後に航空宇宙工学専攻 100 周年記念事業・海外渡航支援（ソラびと基金）によるご支援、感謝申し上げます。またこのような機会を提供していただいた IGPEES, Pradeep Moise 先生及び IIT Kanpur の皆様、ご協力いただいた先生方に感謝申し上げます。

This research project was conducted at Indian Institute of Technology Kanpur (IIT Kanpur), under the supervision of Prof. Pradeep Moise. Numerical simulation data about transonic buffet phenomena on airfoils and experimental data about low-speed flat plates were studied and compared using modal analysis. This work contributes to the advancement of understanding of flow separation which appears in both numerical and experimental data.

Transonic buffet refers to shock wave oscillation on the wings of aircraft flying at the transonic regime. Since transonic buffet damages aircraft structures and limits the flight envelope, it has been long studied. This research focused specifically on the phenomenon when the shock front is governed by laminar flow, so-called laminar buffet. The numerical data were provided by Prof. Pradeep Moise.

The numerical data were compared with available experimental data on low-speed flat plates, in which an unsteady laminar separation bubble had formed on the plate. The experimental data were provided by Prof. Alakesh Chandel Mandal (see [1]).

To study the similarities between these numerical and experimental data, two modal analysis

methods, SPOD (Spectral Proper Orthogonal Decomposition) [2] and VMD-NCS (Variational Mode Decomposition based Nonstationary Coherent Structure) [3] were applied.

We discussed the results with Prof. Alakesh Chandel Mandal, who provided the experimental data. However, some future work such as adjustment of the modal analysis methods is necessary. We are planning to continue the research project collaboratively.

We would like to thank The University of Tokyo Aerospace Research Education Support Fund for enabling our research visit to IIT Kanpur. We also appreciate the support of IGPEES, Prof. Pradeep Moise, colleagues at IIT Kanpur and professors at The University of Tokyo.

参考文献 (References)

- [1] S. Mohamed Aniffa and Alakesh Ch. Mandal. “Experiments on the low-frequency oscillation of a separated shear layer”. *Phys. Rev. Fluids*, **8** (2), 2023, 023902. URL: <https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.8.023902>.
- [2] Aaron Towne, Oliver T. Schmidt, and Tim Colonius. “Spectral proper orthogonal decomposition and its relationship to dynamic mode decomposition and resolvent analysis”. *J. Fluid Mech.*, **847**, 2018, pp. 821–867. URL: <https://doi.org/10.1017/jfm.2018.283>.
- [3] Yuya Ohmichi. “Variational mode decomposition-based nonstationary coherent structure analysis for spatiotemporal data”. *Aerosp. Sci. Technol.*, **149**, 2024, 109162. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ast.2024.109162>.



Fig. Research environment at IIT Kanpur.