圧力振動に伴う矩形管内の温度振動に対応する

励起蛍光強度の LIF 計測

LIF Measurements of Fluorescence Intensity Corresponding to Pressure-Induced Temperature Oscillations in a Rectangular Tube

○正 竹村 郁哉 (東海大) 葛生 和人 (東海大)
正 長谷川 真也 (東海大)

Fumiya Takemura¹, Kazuto Kuzuu¹ and Shinya Hasegawa¹

¹ Tokai University, 4-1-1 Kitakaname, Hiratsuka, Kanagawa 259-1292, Japan

Key Words: Gas column oscillation, Temperature measurements, LIF (Laser Induced Fluorescence)

概要

伝播音波などの流体振動では圧力振動に伴う温度振動が生じている。管内などの固体壁で囲まれた領域における温度振動の場合は管壁近傍に形成される熱境界層によって径方向に温度振動の振幅分布を持つ。これは、流体振動が熱境界層外部では断熱的なサイクルを経験するのに対し、熱境界層内部では等温的なサイクルを経験することによって起因している。このことから、管内における温度振動の径方向分布を計測するには熱境界層厚さの解像が求められる。

圧力振動に伴う温度振動の計測は接触式のセンサを用いた場合は過去に行われており、Huelsz らが 1 μm のワイヤを有する冷線式風速計⁽¹⁾、Tashiro らが 15 μm 径の熱電対をそれぞれ用いている⁽²⁾。両者の計測結果は線形理論との比較が行われており、感温部の大きさが熱境界層厚さよりも小さく、熱容量がなるべく小さい高感度のセンサを用いた上で、応答速度などを考慮すれば確実な温度振動振幅分布計測が可能であることを示している。

一方で、非接触式の計測としては LIF(Laser Induced Fluorescence)計測が上げられる。LIF とはレーザ誘起蛍光法とも呼ばれ、トレーサ粒子に高出力のレーザ光を照射した際に分子が発する励起蛍光強度の温度依存性から温度分布を得る手法である。LIF 計測は励起蛍光をカメラによって撮影することから、流体に影響を与えることなく同時刻での空間温度分布計測が可能である。温度振動を対象とした LIF 計測は Jaworski らの研究グループが行っている⁽³⁾。Jaworski らは軸方向に温度勾配を有する平行平板内を伝搬する振動流を対象とした温度振動の可視化を行った。LIF 計測はトレーサ粒子の濃度、レーザ光強度などが計測結果に影響を与える特性上、絶対温度計測ではなく空間温度場の可視化といった用途で用いられることが多い。そのため、圧力振動に伴う温度振動を対象とした際の LIF 計測結果と線形理論に基づく解析解の比較による計測精度の評価は未だ行われていない。

本研究では圧力振動に伴う温度振動の径方向温度振幅分布の計測を目的とした LIF 計測の精度評価を行う。装置端部に設置したスピーカを 18.5 Hz で駆動した際の矩形管内を伝搬する圧力振動に伴う温度振動を対象に LIF 計測を実施し、温度に依存する励起蛍光強度の計測を行った。LIF 計測は流体振動の 1 周期を 12 分割、各位相 500 枚の平均化を行うために 6000 枚の撮影を行った。LIF 計測にて得られた各径方向座標の励起蛍光強度の変動値に対して正弦波フィッティングを行った。正弦波フィッティングの結果から各座標における規格化温度振動振幅及び管中心座標の正弦波に対する位相遅れを求め、それぞれの径方向分布を導出した。得られた結果は線形解析解との比較を行い、LIF 計測精度の評価を行った。

謝辞

本研究の一部は ALCA(Advanced Low Carbon Technology Research and Development Program)の助成を受けたものである。ここに感謝の意を表する。(Grant Number JPMJAL1305)

参考文献

- (1) G. Huelsz, E Ramos, J. Acoust. Soc. Am. **103**, (1998), pp. 1532-1537
- (2) Y. Tashiro, T. Biwa and T. Yazaki, Rev. Sci. Instrum. **76**, (2005), 124901
- (3) L. Shi, Z. Yu, A.J. Jaworski, J. Thermal Sciences **49** (2010), pp1688-1701