

レーザー光を用いた空力音響の周波数特性評価に関する研究

権 寧河, 松本 一希, 澤田 祐一郎, 林 悠游, 赤嶺 政仁, 岡本 光司, 寺本 進 (東京大学)

実験期間：令和4年9月12日-16日, 令和4年12月5日-9日, 令和5年1月16日-20日

超音速排気噴流から発生する空力音響の抑制は、機体や周囲環境へ与える影響から、大きな関心を集める重要課題の一つである。そこで、噴流騒音の発生機構を明らかにするため、噴流近傍で音響計測を行い、解析するという試みがなされている。しかし、既存のマイク計測の場合、マイク筐体との干渉により、噴流近傍の音場や流動場が乱される恐れがある。本研究室では、音場内に物体を配置せず遠方からレーザーを照射し(図1)、音波によるレーザー光の屈折を位置検出素子(PSD)で捉えることで噴流騒音の音圧および音波伝播方向を同時に計測する手法を提案し(以下、レーザー計測)、その妥当性が議論されてきた。本研究では、自由噴流による騒音を計測対象とした風洞試験(マッハ数 $M_j = 1.57, 1.8$)および、理論的解析を通してレーザー光が音波により有効に屈折する領域の長さ(以下、屈折寄与長)を推定するとともに、レーザー光とは無関係な環境光によって生じるPSD出力値の誤差に対して補正式を求めることで、レーザー計測の音圧算出式を構築した。その結果、レーザー計測で噴流騒音の音圧を±0.7 dB SPLの精度で評価できることを確認した[1]。

一方、ロケット打ち上げ時のような衝突噴流の音場を考えた場合、固体壁に反射した音波の影響が現れる。例えば、斜め平板による超音速衝突噴流の場合、平板で反射されるマッハ波と、反射されず伝播されるマッハ波が存在する(図2)。そのため、衝突噴流騒音にこのレーザー計測を適用するには新しい音圧算出式の構築が必要である。そこで、斜め平板を用いて次のような風洞試験を行った。二つのマッハ波が交差する計測点においてレーザー計測を行い、各々のマッハ波の音圧を個別で評価するため、光学系のPSDから出力されるレーザー光の変位を異なる二つのベクトルに分離した。分離した各々のベクトルに該当するマッハ波の屈折寄与長を推定し適用することで、異なる二つのマッハ波の音圧の周波数特性を算出した(図3)。その合算音圧は(図4)、過膨張衝突噴流($M_j = 1.57$)は±0.9 dB SPL、適正膨張衝突噴流($M_j = 1.8$)は±0.3 dB SPLの精度で求めることができた[2]。

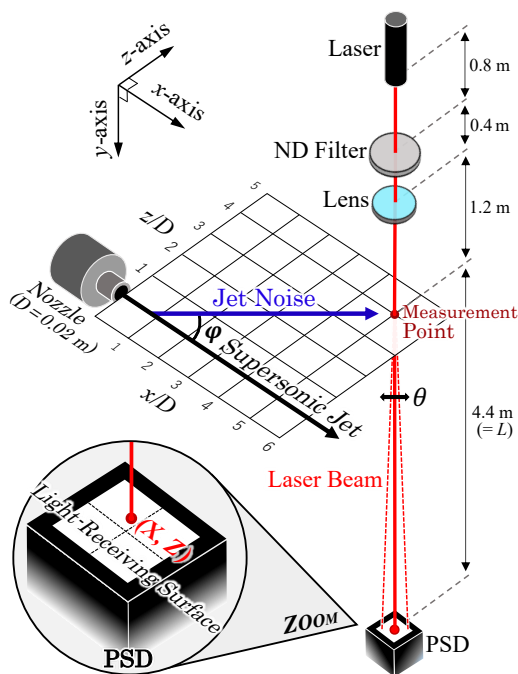


図1. レーザ光学系

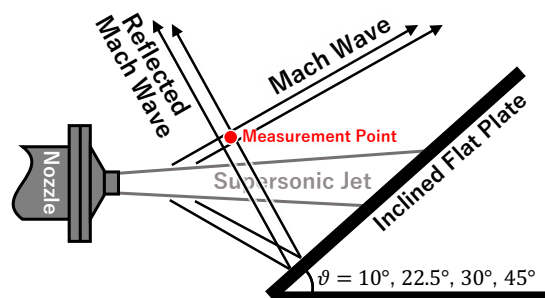


図2. 斜め平板による衝突噴流騒音の模式図

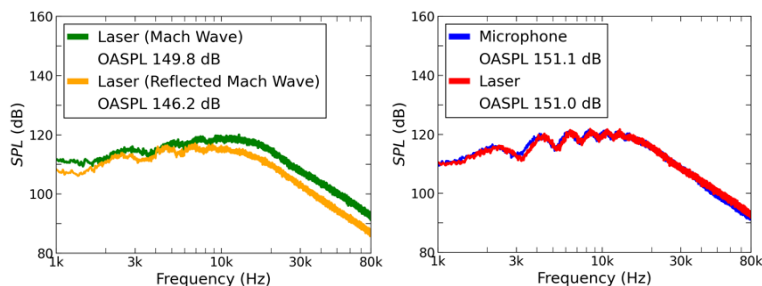


図3. 衝突噴流騒音の分離音圧

図4. 衝突噴流騒音の合算音圧

関連文献

- [1] 権 寧河, 岡本 光司, 赤嶺 政仁, 寺本 進, “レーザー光と位置検出素子を用いたジェット騒音計測の周波数特性評価に関する研究,” 宇宙航空研究開発機構特別資料: 第54回流体力学講演会/第40回航空宇宙数値シミュレーション技術シンポジウム論文集, JAXA-SP-22-007, 2023, pp. 203-214. <http://id.nii.ac.jp/1696/00049128>.
- [2] 権 寧河, 岡本 光司, 赤嶺 政仁, 寺本 進, “レーザー音響計測法を用いた衝突噴流から生じる複数騒音現象の光学計測,” 第42回流力騒音シンポジウム, (8), 文京区, 東京都, 2022年12月15日-16日.