

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2018年3月修了 修士論文要旨

レーザ光を用いた空力音響計測手法に関する研究

学生証番号 47-166080 氏名 深津 和也
(指導教員 岡本 光司 准教授)

Key Words: Jet noise, Optical measurement, Photodiode, Position Sensitive Detector

ロケットや航空機の排気噴流から生じるジェット騒音は、環境被害や構造振動を引き起こす要因となることからその低減が求められている。ジェット騒音を低減させるためにはその発生メカニズムや音源の位置を明らかにする必要がある。その方策の一つとして、音源付近となる噴流近傍での音響計測が試みられている。しかし、従来の音響計測で用いられているマイクロフォンは、それ自体が流れ場や音響場を乱してしまう可能性があるため、こうした近傍場の計測には不向きである。そこで流れ場や音響場を乱さない音響計測手法の一つとして提案されているのが、光学CT法というレーザ光を用いた光学計測手法である。この手法では、密度変動を伴う空間をレーザが通過した際に生じる屈折を捉える。しかし、この手法によってジェット騒音の音響特性をどの程度まで捉えることができるのかについては、十分な議論がなされてこなかった。また、この手法では音響波の伝播方向に合わせた光学系のセットアップが必要になるという課題があった。

そこで本研究では、まずマッハ1.8の適正膨張噴流から生じるマッハ波を対象に光学CT法を適用し、マイクロフォンとの同時計測による相互相関解析を行うことによって、光学CT法によってマッハ波の伝播を捉えることができるかどうかを調査した。また光学CT法とマイクロフォンによって計測された信号のスペクトル比較を行うことによって、マッハ波の音響特性をどの程度捉えることができるのか調査を行った。次に、光学CT法の課題を解決できる手法として位置検出素子を用いたレーザ屈折計測手法を提案した。本手法の妥当性を議論するため、マッハ波およびファインスケールの乱流渦から生じる音響波を対象に、マイクロフォンとの同時計測による相互相関解析を行い、レーザ屈折計測手法によってこれらの音響波の伝播を捉えることができるかを調査した。また、音の強さと伝播方向を同時に計測することができる音響インテンシティベクトル計測の結果を比較対象に、音響波の特徴をどの程度捉えることができるのか調査を行った。

以上の実験から、以下のような結論を得た。まず光学CT法について、マッハ波の伝播に伴うレーザの屈折を捉えることができる。また、マッハ波の周波数特性を定性的に捉えることができる。次に、レーザ屈折計測手法について、マッハ波およびファインスケールの乱流渦から生じる音響波の伝播に伴うレーザの屈折を捉えることができる。また、マッハ波については定性的な周波数特性やその伝播方向を捉えることができる。しかし一方で、ファインスケールの乱流渦から生じる音響波については、周波数特性や伝播方向を上手く捉えることができない。

これらの結果から、①位置検出素子の周波数応答性、②音響波の波長とレーザ径の関係、③異なる方向に伝播する複数の波面の重なり合い、などが計測結果に影響を与えている可能性があることと推測され、今後さらに計測の精度を高めていくためには、これらの点を改善する必要があることが分かった。