

論文審査の結果の要旨

氏名 中西 佑太

本論文は、「傾斜平板に衝突する適正膨張噴流から発生する音響現象に関する実験的研究(Experimental Study on Acoustics from a Correctly-Expanded Jet Impinging on an Inclined Flat Plate)」と題し、超音速噴流が斜め平板に衝突する際に生じる音響現象を詳細に観察し、その音響的な特性と発生要因について議論したもので、全5章から構成される。

第1章は「緒言」であり、ロケット打ち上げ時に生じる問題の一つとして、ロケット排気と火炎偏向板の干渉によって強力な音響圧力波が生じ、これによってペイロードが加振・破壊される可能性があることを取り上げ、この流動音響場の理解が不可欠であることを指摘している。そして、従来の衝突噴流音響場に関する研究を紹介した上で、対象となる流動音響場に関しては未だ理解が充分ではなく、特に実験データの取得・解析が期待されており、これを研究目的とすることを述べている。

第2章「実験装置及び方法」では、本研究で使用した実験装置、計測手法、及びデータ解析手法について述べている。

第3章「音響計測の検証」では、本実験を行った「東京大学柏キャンパス極超音速高エンタルピー風洞」における音響計測の信頼性について議論している。本設備において、これまでに音響計測実験を行ったことが無かったことから、実験室内の音響特性を様々な条件下において計測し、その信頼性について詳細に述べている。まずスピーカーを用いた音響場計測を行い、その逆二乗特性を議論した。その結果、特に風洞設備に近い位置を除いて、周波数 4kHz 以上の周波数帯において充分精度良く計測できることを確認した。次に亜音速噴流を用いた音響計測実験を行い、他の風洞設備において計測された結果と比較検討したところ、噴流速度 $M > 0.7$ かつ周波数 200Hz 以上の周波数帯において、その結果が精度良く一致することを確認した。最後に、本実験で用いる超音速ノズルを用いた実験を行い、噴流内部の流速分布が想定している条件（マッハ 1.8, 適正膨張）を満たしていること、及び発生する音響スペクトルが過去の文献に掲載されているものと最大誤差 5dB 程度で一致していることを確認した。

第4章「衝突噴流騒音」では、マッハ 1.8 の超音速噴流を斜め平板に衝突させ、そこから生じる流れ場と音響場を計測・議論を行っている。まずシュリーレン法による可視化とマイクロホン音響計測により、対象となる流れ場から生じる音響現象は2種類存在することを指摘した。一方は平板に対して30度前後の指向性を持ち、計測周波数帯域全体に渡って音圧増加が観測されたのに対し、他方は平板に垂直方向の指向性を持ち、700Hz 以下及び 4 kHz 以上の周波数帯域のみに音圧増加が観測された。以上のことから、これらの音響現象は異なる発生機構を有すると結論付けた。次に平板角度を変えた実験

を行い，2つの音響現象がそれぞれ，平板上の流れ及び噴流の衝突そのものに強く関わっていることを明らかにした．次に，可視化によって得られた動画に対して周波数解析を施し，その周波数と位相を考察し，その伝播過程と音源位置について議論した．その結果，平板上に形成される衝撃波(Plate Shock)の振動周波数は主に 5 k Hz 付近であるのに対し，音響現象として特徴が現れるのは 10–20 k Hz となっており，周波数の点で異なる特徴が観察された．また，平板上壁静圧の非定常計測結果と比較検討したところ，壁静圧では 4 k Hz と 10 k Hz において特徴的な変動が観測されたものの，音響現象とは位置関係の点で結び付けられず，また平板上衝撃波とは振動周波数が異なっており，いずれも直接関連が見出せない現象が現れていることを指摘した．

第5章は「結言」であり，本研究の成果を総括している．

以上要するに，本論文は，斜め平板に衝突する超音速噴流から生じる音響現象について，実験的な手法を用いてその現象を詳細に観察し，それぞれの音響現象の特徴を明らかにした上で，それらの原因となる流動現象について議論考察したものである．この現象は，緒言で述べたロケット打ち上げ時の音響問題だけでなく，物体の冷却や不純物除去など，様々な状況で見られる現象であり，本論文で得られた知見は先端エネルギー工学，特に航空宇宙工学に貢献するところが大きい．よって本論文は博士（科学）の学位請求論文として合格と認められる．

以上 1 8 3 9 字