

(様式第3号)

論文要旨

論文題目

超音速ダクト流れと多孔壁を有するロッドおよび噴流との干渉に関する研究

ダクト内を流れる超音速流れの主流に対し何らかの混合物を注入する流れ場は、近年特に注目されているスクラムジェットエンジンの燃料混合以外に例えば、溶射における溶射粒子の混合、あるいは自動車の塗装における塗装剤の混合などで起こると考えられる。このような流れ場における混合の問題点として、圧縮性特有の拡散作用の低下、あるいは混合に必要な時間に比べ主流の絶対速度が極めて大きいために混合物が混合前に下流に流される等が挙げられる。またダクト内を流れる超音速流れの主流に対し、垂直に噴流を噴射する場合、噴流の近傍を多数の孔開いた多孔壁に、そしてその外側をキャビティにすることにより、主流と垂直噴流の干渉が極めて複雑になる。

本研究では、このような現象は超音速流れに対し何らかの混合物を注入する流れ場では有効であると考え、3次元圧縮性 Navier-Stokes 方程式を解いた数値シミュレーション及び実験により干渉の様子を調べた。今回、噴流を多孔壁上から噴射する場合と多孔壁から離れた位置で噴射するための棒を突き出す場合の二つの条件において流れ場に対する影響を調べた。何も設置しない場合では多孔壁上に始動衝撃波が到達した場合、始動衝撃波前後による圧力差の発生によってダクト内とキャビティ側での循環流れが発生することが確認できた。また棒および噴流を多孔壁中央に設置した場合は、発生するへさき衝撃波により圧力差ができ、循環流れが発生する。しかし、下流から上流への流れではなく、棒および噴流の直前に発生する圧力上昇と下流側に発生する死水領域により上流から下流への流れが発生する。棒と噴流では固体と気体の違いによってへさき衝撃波の形に違いがあり、気体の場合がよりスパン方向に広く発生する。複数の棒および噴流をスパン方向に設置した場合はへさき衝撃波前後の圧力差が単一の場合よりも増加し、強い循環流れが発生する。しかしながら、主流の閉塞や境界層の剥離など流れ場に与える影響が大きいため、へさき衝撃波の強さを調節する必要がある。また流れ方向に沿って3本並べた場合は棒の場合は衝撃波が下流へ移動しづらい。それに比べ、噴流の場合は、本論文中最も低い風洞圧力比で多孔領域よりも下流に移動していることから混合の観点だけではなく、噴流を噴射することで衝撃波自体を下流側へと移動させることができる可能性があることが確認できた。

氏名 山本健司

(様式第5-2)

2008年1月29日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 屋我 実

副査 氏名 野底 武浩

副査 氏名 松尾 一泰



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 生産エネルギー工学専攻 氏名 山本 健司 学籍番号 [REDACTED]
指導教員	工学部機械システム工学科 教授 屋我 実
成績評価	学位論文 <u>合格</u> 不合格 最終試験 <u>合格</u> 不合格
論文題目	超音速ダクト流れと多孔壁を有する ロッドおよび噴流との干渉に関する研究
審査要旨（2000字以内）	ダクト内を流れる超音速流れの主流に対し何らかの混合物を注入する流れ場は、近年特に注目されている極超音速飛行機用エンジンの燃料混合以外に例えば、溶射における溶射粒子の混合、あるいは自動車の塗装における塗装剤の混合などで起こると考えられる。このよ
	うな流れ場における混合の問題点として、圧縮性特有の拡散作用の低下、あるいは混合に必

(次頁へ続く)

審査要旨

要な時間に比べ主流の絶対速度が極めて大きいため混合物が混合前に下流に流される等が挙げられる。このような混合における問題を解決するため、これまで超音速主流が流れるダクトを後ろ向きステップとした状態で、再付着領域付近にジェットを吹き出し、くさび等の障害物を挿入し、それによって発生する衝撃波と縦渦を利用する方法が提案されてきた。ただしこれらの方法は、ダクトの断面積が急激に変化したり、流れ場に存在する障害物のため主流に対し抵抗の原因の一つとなる場合がある。

本研究では、これまで提案されてきた上記手法の問題を解決するため、主流に対し垂直に噴射する際に噴射位置近傍を多孔壁とし、さらにその外側にキャビティを設置することを提案している。このような形状にすることにより、へさき衝撃波近傍で多孔壁を通してキャビティ内を循環する流れが発生し、これが主流内のはく離を低減し、キャビティ内における混合の促進につながると考えられる。ただしこのような複雑な流れ場は多くの要因が影響するため、本研究を遂行するにあたり、高速度ビデオを用いた光学観察や詳細な圧力測定、さらに、3次元圧縮性 Navier-Stokes 方程式を解いた数値シミュレーションにより調べている。実験および計算条件として噴流を多孔壁上から噴射する場合と多孔壁から離れた位置で噴射するためのロッドを突き出す場合を設定し、ロッド、噴流、多孔壁およびへさき衝撃波の干渉の様子を調べている。このような実験および計算結果より、ロッドおよび噴流を多孔壁中央に設置した場合は、発生するへさき衝撃波により圧力差ができ、循環流れが発生することを明らかにしている。また複数のロッドおよび噴流をスパン方向に設置した場合はへさき衝撃波前後の圧力差が単一の場合よりも増加し、強い循環流れが発生することも明らかにしており、混合促進を前提とした装置の設計において極めて有効な指針を提案している。以上のことから本論文の内容は工学的に価値があると判断される。公聴会においても、内容がわかりやすく説明され、質問にも適切な回答がなされた。従って本論文は博士論文としてふさわしく、最終試験に合格したものと認める。