

論文要旨

論文題目

円形2噴口および矩形単一不足膨張衝突噴流に関する研究

ノズルより一様な超音速流れが静止気体中へ噴出する場合、ノズル出口圧力が周囲の圧力より大きい場合には、流れ場は不足膨張の状態となる。不足膨張噴流とは超音速流れの一種で、非圧縮性噴流と比較して、流れ場に密度の変化が顕著に現れる流れ場である。

不足膨張噴流を平板に衝突させた現象は工学的・工業的にも大変興味深く、自由噴流や、単一噴流の衝突現象についてはこれまでも多くの事例が報告されている。工学的な応用例としては、レーザー切削を行う際に被削材の切り屑を除去し、切削効率を高める為に切削面に吹き付けられる補助噴流やロケットの排気噴流における流れ場、物体の冷却、塗装、高速フレーム溶射などが挙げられる。

本研究では Dual (2噴口) ノズル及び矩形噴口ノズルをもちいて、これまでの定常・非定常の実験および計算結果を基に、衝突平板上あるいはその近傍の起こっている現象を考察し、圧力による流れ場の様子や温度に及ぼす影響を明らかにした。

2噴口ノズルにおける流れ場の場合、2つの噴流は平板に衝突後、平板近傍ではそれぞれ放射状に流れるため、噴流中心間で流れ同士が衝突し圧力の高い領域が現れる。この圧力の高い領域は、平板からほぼ垂直に流れるいわゆる Fountain Flow の原因になると考えられる。このような Fountain Flow は安定せず噴流境界と干渉し、噴流そのものを大きく変化させる場合がある。噴口間が小さく圧力比が大きい場合、それぞれの噴流中心軸上ではなく、噴口中心間のいわゆる Fountain Flow が発生する位置における圧力が高くなる傾向にある。3次元数値シミュレーションと実験の比較より、上述の Fountain Flow が発生しているときの衝突平板近傍の流れ場を明らかにした。すなわち、Fountain Flow は圧力比が高い場合と逆に弱くなる場合がある可能性がある事がわかった。

矩形噴口ノズルにおける流れ場の場合、岐点近傍の圧力および温度変化は、風洞圧力比およびノズル形状により、衝撃波の有無、位置、形状に依存し、またマッハディスクとプレート衝撃波の同時形成は、圧力損失および温度変化に影響を及ぼすことが確認できた。さらに岐点近傍の温度はほとんどの条件で上流の全温度より高くなることがわかった。このことから矩形ノズルにより噴出された不足膨張噴流が、大気との熱交換を起こしやすいことがわかった。アスペクト比1の場合の流れは対角線方向に、アスペクト比3および5は水平方向に流れが生じやすいことが確認できた。アスペクト比3において、風洞圧力比 $p_0/p_b=3.5 \sim 4.5$ の範囲で圧力および温度分布は同一風洞圧力で圧力差、温度差が生じるいわゆるヒステリシス特性が存在することがわかった。アスペクト比3.0における等圧力線図において、風洞圧力比 $p_0/p_b = 2.5$ でゆるやかな単一ピークを持つが、一方風洞圧力比が4.5および5.0の場合、2つのピークを持つことがわかる。この圧力ピークは、衝突平板上の温度分布パターンにより衝突後の噴流の向きに影響を与えることがわかった。

(様式第5-2)

2010年2月8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 加藤 純郎

副査 氏名 野底 武浩



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 金城 芳雄 学籍番号 038601E	
指導教員	工学部機械システム工学科 屋我 実	
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	円形2噴口および矩形単一不足膨張衝突噴流に関する研究	
審査要旨（2000字以内）	本研究ではDual（2噴口）ノズル及び矩形噴口ノズルをもちいて、これまでの定常・非定常の実験および計算結果を基に、衝突平板上あるいはその近傍の起こっている現象を考察し、圧力による流れ場の様子や温度に及ぼす影響を明らかにし次のことがわかった	
	2噴口ノズルにおける流れ場の場合、2つの噴流は平板に衝突後、平板近傍ではそれぞれ放射状に流れるため、噴流中心間で流れ同士が衝突し圧力の高い領域が現れる。この圧	

(次頁へ続く)

力の高い領域は、平板からほぼ垂直に流れるいわゆるFountain Flowの原因になると考えられる。このようなFountain Flowは安定せず噴流境界と干渉し、噴流そのものを大きく変化せる場合がある。噴口間が小さく圧力比が大きい場合、それぞれの噴流中心軸上ではなく、噴口中心間のいわゆるFountain Flowが発生する位置における圧力が高くなる傾向にある。3次元数値シミュレーションと実験の比較より、計算結果の妥当性の確認し上述のFountain Flowが発生しているときの衝突平板近傍の流れ場を明らかにした。

矩形噴口ノズルにおける流れ場の場合、岐点近傍の圧力および温度変化は、風洞圧力比およびノズル形状により、衝撃波の有無、位置、形状に依存し、またマッハディスクとプレート衝撃波の同時形成は、圧力損失および温度変化に影響を及ぼすことが確認できた。

アスペクト比1の場合の流れは対角線方向に、アスペクト比3および5は水平方向に流れが生じやすいことが確認できた。アスペクト比3において、風洞圧力比 $p_0/p_b=3.5\sim 4.5$ の範囲で圧力および温度分布は同一風洞圧力で圧力差、温度差が生じるいわゆるヒステリシス特性が存在することがわかった。アスペクト比3.0における等圧力線図において、風洞圧力比 $p_0/p_b = 2.5$ でゆるやかな単一ピークを持つが、一方風洞圧力比が4.5および5.0の場合、2つのピークを持つことがわかった。

以上のことから本論文の内容は高速衝突噴流の構造と応用において極めて工学的な価値があると判断される。また公聴会においても、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。