

専攻主任



学位論文審査結果の要旨

博士（工学）申請者 平元理峰

審査委員

主査 教授 豊田国昭
副査 教授 丸山晃市
副査 教授 登坂 茂
副査 助教授 白濱芳朗

噴流中の渦構造と拡散促進機構および 流力音発生機構に関する研究

噴流は工業分野で広く用いられており、例えば内燃機関における燃料の拡散・混合、ジェットエンジンの推力・騒音、化学反応装置における拡散・混合、空調設備における気流の拡散などの性能は、噴流の特性に依存している。近年の研究により、噴流の特性は大規模渦構造の挙動に支配されていることが明らかにされつつあり、したがって、噴流中の大規模渦構造を操作することによる拡散・混合特性の制御が注目されている。この操作方法が開発されることにより関連の機械の性能が向上し、エネルギー・環境問題の改善に大きな貢献が期待される。

以上の背景のもとに、本論文では、渦構造の操作法として注目されている長方形噴流に注目し、複雑な三次元渦構造の詳細、渦構造と噴流の拡散促進機構の関連性を明らかにし、さらに、近年大きな環境問題となっている流力音の発生機構についても新たな知見を得ている。

本論文はⅠ部「長方形噴流中の渦構造と拡散促進機構に関する考察」とⅡ部「噴流中の流力音発生機構に関する考察」から成り、内容は以下のように要約される。

Ⅰ部の第1章では、乱流現象を理解する上で重要な大規模渦構造に関する研究および非円形噴流の研究を概観し、Ⅰ部の研究の目的および意義について述べている。とくに、非円形噴流中の噴流拡散促進機構を解明するためには、渦構造の三次元的変形挙動を明らかにすることが重要であることを指摘している。

第2章では、流れ場を作り出す実験装置、計測装置、実験方法、データ処理法について述べている。とくに、三次元渦構造検出に使用した圧力プローブの構造と特性、噴流測定への適用例とその有効性、本研究への適用法と条件抽出法を詳述している。

第3章では、まず流れ中の圧力場と渦度の関係および変動圧力測定による流れ中の渦構造の検出法を説明し、次に変動圧力測定により長方形噴流中の三次元渦構造を検出した結果を述べ、渦構造の変形・干渉・合体・分裂挙動を明らかにしている。とくに、従来不明であった長方形噴流の短軸方向への著しい拡散や、長軸方向の平均速度分布に現れる鞍形分布が、渦構造の三次元的変形挙動によって引き起こされている機構を明らかにしている。また、渦の分裂・合体挙動に重要な機構である「渦のつなぎ替え」過程を実験によって初めて検出し、その詳細を明らかにしたことは学術的に高く評価される。

第4章では、長方形噴流場の詳細な速度測定によって拡散特性を定量的に検討し、噴流の拡散促進手法としての長方形噴流利用の有効性を示し、速度場と三次元渦構造の関連性を詳述し、長方形噴流の拡散促進が三次元渦構造の挙動によることを明らかにしている。この結果は、渦構造の操作により流れを効率的に制御することが可能であることを示し、噴流以外の流れ場に対する本手法の有効性も示唆しており、工学的に重要な成果として評価される。

第5章はI部の結言であり、長方形噴流中の三次元渦構造の挙動と拡散促進機構についての研究成果を要約している。

II部の第6章では、渦構造の挙動を音源と考える渦音理論を中心とした研究を概観し、II部の研究の目的および意義について述べている。

第7章では、圧力変動の時間に関する二階微分を音源項とするRibnerの理論を説明し、変動圧力測定によって渦構造と音源項を同時に検出・検討する考え方を述べている。この手法は本研究の独創的な点として評価される。

第8章では、長方形噴流中の変動圧力測定からRibnerの式の音源項を求め、三次元渦構造の挙動との関連性を検討している。とくに、渦のつなぎ替えは急激な圧力変化を伴い、強い音源となることを示している。また、測定された変動圧力から放射される流力音を計算し、その放射特性と音源の位置を明らかにしている。

第9章では、円形噴流中の変動圧力測定からRibnerの式の音源項を求め、渦構造の挙動との関連性を検討している。音源項は渦構造の加速度運動時に急激に強さを変えることが示され、また、計算された流力音の周波数の検討から、音源が上流のせん断層の領域にあることを推測している。

第10章はII部の結言であり、II部で明らかにされた噴流中の渦構造と音源の関連性についての研究成果を要約している。

総括では、本研究で得られた成果を総括している。

本研究により、長方形噴流中の複雑な三次元渦構造が変動圧力測定により明らかにされ、三次元渦構造と速度場の関連性の詳細な検討により拡散促進機構が解明された。これにより、噴流拡散が渦操作により著しく促進されることが示され、工学的に有用な知見が得られた。また、変動圧力測定により噴流中の渦構造と音源を初めて同時に直接検出し、その関連性を明らかにするとともに、音源と考えられる渦挙動を提案し、変動圧力測定による新しい流力音解析法の有効性を示した。以上のように、本研究は噴流制御および噴流騒音に関して学術的に極めて高い成果を得ている。よって、著者は博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。