

## 学位論文内容の要旨

噴流の混合・拡散作用は、燃焼や伝熱効率の改善、化学反応の促進など各種の工業分野ならびに環境保全に広く利用されている。本研究では噴流の混合・拡散作用の簡便な制御を目的として、噴流ノズル内に設置した二次元物体後流の周期的速度変動を用いた新たなパッシブ制御法を提案し、その制御効果を実験的に検証するとともに本制御法による混合・拡散作用の制御メカニズムを考察した。

本研究で得られた結果を要約すると以下に示すものとなる。

- (1) 制御のための攪乱の変動周波数や変動強度は、噴流ノズル内に設置した二次元物体の断面形状と代表寸法ならびにその設置位置によって変化させることが可能であり、拡散が抑制される条件ならびに促進される条件を明らかにした。
- (2) 本制御法による拡散の抑制メカニズムは、二次元噴流のプリファード周波数より高い周波数の後流渦によって、拡散作用に大きく寄与する低周波数の大規模渦構造の形成が阻害されるためである。
- (3) 本制御法によって拡散が促進される条件には、調和形制御条件とフラッピングが発生する特異な非調和形制御条件があることを見出した。
- (4) 調和形制御条件における拡散促進メカニズムは、二次元物体後流の高次周波数の速度変動によって、ノズル出口近傍のせん断層の渦が強化されるとともに、後流渦が同符号の渦度をもつ噴流せん断層側に偏向し、巻き上がった渦と選択的に干渉することで逆対称配列の渦構造が強化されるためである。
- (5) 非調和形制御条件の噴流には、後流渦の周波数  $f_v$  のほかに特異な周波数  $f_1$  と  $f_2$  さらにはフラッピング周波数  $f_3$  にスペクトルピークが見られ、これらの周波数の間には、 $f_v = f_1 + f_2$ ,  $f_3 = f_1 - f_2$  ( $f_1 > f_2$ ) の関係がある。
- (6) 非調和形制御条件の  $f_1$  と  $f_2$  の特異な周波数スペクトルの発生は、円柱後流の渦ならびにせん断層に巻き上がった複数の渦の合体で周波数  $f_v/2$  の渦構造が形成され、その渦構造がフラッピングの2倍の周期で変動するために生じる振幅変調が要因である。
- (7) フラッピング噴流中の周波数が異なる変動速度成分を加算することによって、低周波数のフラッピングに対応する信号が合成できる。この合成信号による渦構造の抽出においては、低周波数のジッターの影響が軽減できることを示した。

- (8) 可視化画像内に含まれる複数の渦構造の周期性を求めることが可能な時系列画像相関解析法を提案した。

## 論文審査結果の要旨

噴流の混合・拡散作用は、燃焼や伝熱効率の改善、化学反応の促進など各種の工業分野において広く利用されており、噴流特性を制御することは工学的に重要な課題の一つとなっている。

本研究は噴流の混合・拡散作用の簡便な制御法の開発を目的として、噴流ノズル内に設置した二次元物体後流の周期的速度変動を用いる新たなパッシブ制御法を提案し、その制御効果を実験的に検証するとともに本制御法による混合・拡散作用の制御メカニズムを考察したものである。研究では、まず噴流ノズル内に設置した二次元物体による攪乱の周波数特性や変動強度特性を明らかにし、これらの物体後流渦を二次元噴流のせん断層に局所的に干渉させることによって、噴流の混合・拡散作用の抑制と促進が可能であることを示している。さらに、拡散が促進される条件には、調和形制御条件とフラッピングが発生する非調和形制御条件があることを見出している。特に非調和形制御は音波による制御では報告されておらず、本制御法固有の制御条件であることが明らかとなった。また、この制御条件の噴流内の渦構造を抽出するため、周波数が異なる変動速度成分を加算することによって、低周波数のフラッピングに対応させた合成信号を生成する新たな位相集合平均法を考案している。さらに、可視化画像内の渦構造の周期を算出する時系列画像相関解析法を考案し、非調和形制御条件の噴流は周波数  $f_v$  の物体後流渦とせん断層の複数の渦が合体することによって形成された周波数  $f_v/2$  の渦構造が、フラッピングの2倍の周期で変動することを明らかにしている。また、本制御法による混合・拡散作用の抑制と促進のメカニズムを明らかにしており、これらの成果は噴流制御工学の発展に寄与するところ大である。

よって、申請者は、北見工業大学博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。