



Title	粒子を含む乱流 : 粒子クラスタリングと乱流変調の機構
Author(s)	岡, 温
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/82307
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (岡 温)	
論文題名	粒子を含む乱流：粒子クラスタリングと乱流変調の機構
論文内容の要旨	
<p>本論文では、粒子を含む流体の乱流に関する重要な課題である乱流中での粒子のクラスタリングと粒子の添加による乱流変調の物理機構の解明を目的とした、理論と数値シミュレーションによる研究について述べる。</p> <p>高レイノルズ数の乱流中において、微小な重い粒子（慣性粒子）は慣性の大きさに応じて異なる大きさのクラスタを形成する。乱流を構成する様々な大きさの渦の作用による粒子の局在化に着目し、粒子の動力学に重要な役割を演じる流体加速度を用いて、粒子が形成する空間多重スケールのクラスタの空間分布を記述する理論を提案し、高レイノルズ数の乱流の直接数値シミュレーション（DNS）により検証した。</p> <p>乱流中では、重い粒子だけでなく、水中の気泡のような流体よりも軽い粒子もクラスタを形成することが知られる。しかし、高レイノルズ数の乱流中での多重スケールクラスタの形成は解明されていなかった。本研究の二つ目の研究テーマとして、乱流の慣性領域中の渦の作用により、任意の質量密度の微小粒子がクラスタを形成する条件を理論的に導いた。特に未解明であった軽い粒子の挙動を高レイノルズ数乱流のDNSにより調べ、提案した理論が軽い粒子に対しても妥当であり、異なる慣性の大きさの軽い粒子は、異なるスケールの渦の旋回軸近傍に集積することを示した。</p> <p>以上は、流体運動に影響しない微小粒子に関する研究であるが、乱流の特徴長さスケールに比べて無視できない大きさをもつ粒子は、乱流の統計を変化させ得る（乱流変調）。本研究の三つ目の目的は、固体粒子による乱流変調の機構を解明することである。埋め込み境界法を用いて有限の大きさをもつ剛体球を多数含む乱流の数値シミュレーションを実行した。数値シミュレーションの結果から、比較的少量の粒子添加により乱流が顕著に抑制されることが分かった。さらに、本研究では乱流変調の物理機構と変調が起こるための条件を議論し、乱流中の最小渦よりも小さい粒子も乱流変調を引き起こし得る、という興味深い結論を得た。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (岡 温)	
	(職) 氏 名
論文審査担当者	主 査 教 授 後藤 晋
	副 査 教 授 河原 源太
	副 査 教 授 杉山 和靖
論文審査の結果の要旨	
<p>本論文には、乱れた流れ（乱流）中の微小粒子のクラスタリング現象、および粒子の添加による乱流の変調（抑制や促進）現象に関する研究成果がまとめられている。（一）一般に、乱流は強い攪拌能力をもつが、興味深いことに、乱流の効果により粒子がクラスタを形成することがある。つまり、乱流の効果により、粒子どうしが分散するだけでなく、粒子どうしが集積することがある。このことは、雲乱流中での雨滴の成長過程などにおいても無視できない効果をもたらす。乱流中の微小粒子のクラスタリングは古くから知られる現象であるが、形成される粒子のクラスタを流れ場の情報のみを用いて客観的に記述する方法は確立されていなかった。本論文では、十分に高いレイノルズ数の発達した乱流中において、任意の速度緩和時間をもつ重い微小粒子のクラスタ構造を流れ場の加速度場の情報から構築する方法を提案し、大規模数値シミュレーションを用いて、提案する理論の妥当性を示した。（二）たとえば、水流中で気泡群が渦の回転中心軸に沿って集積する様子は身近な現象として知られる。（一）では、流体よりも重い粒子のみを扱ったが、本論文では、任意の質量密度をもつ微小粒子群が乱流中でクラスタを形成する条件を明らかにした。とくに、流体よりも軽い粒子が、乱流中の微細な渦のみならず大規模渦の中心軸に沿って集積する可能性を示し、数値シミュレーションにより、これを実証した。（三）以上の（一）および（二）は、微小な粒子の乱流中でのふるまいに関する研究であるが、本論文では、粒子が有限の大きさをもつ場合の乱流変調現象について系統的に調べた。その結果、周期境界条件下で一定の体積力により駆動される乱流の強度が、粒子の効果により低減される条件を明らかにした。以上、（一）から（三）のいずれの研究成果も乱流輸送現象に関する全く新しい視点を与えるもので、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。</p>	