The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Influence of a settling particle on a Burgers vortex
Author(s)	田中, 洋介
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2195
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏　　名	田　中　洋　介（たなか　ようすけ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　２２０１３　号
学位授与年月日	平成 20 年３月 25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科機械工学専攻
学　位　論　文　名	Influence of a settling particle on a Burgers vortex （単一沈降粒子が単一 Burgers 渦に与える影響）
論文審査委員	（主査） 教　授　田中　敏嗣 （副査） 教　授　梶島　岳夫　　教　授　稲葉　武彦

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は、混相乱流における乱流変調の理解を進める上で重要となる乱流渦と粒子群の相互作用に着目し、その素過程である単一粒子が乱流を構成する単一の要素渦に与える影響を調べることを目的として、粒子画像計測法（PIV）を用いた流れ場の計測により、単一沈降粒子が単一 Burgers 渦に与える影響を実験的に解明したものである。

第１章では、研究背景として、混相乱流における乱流変調についての従来の研究の概観、乱流の要素渦としての Burgers 渦の位置づけ、単一粒子と単一の渦の相互作用に関する従来の研究について述べるとともに、本研究の意義と目的を明確にした。さらに、Burgers 渦の理論的基礎についても述べた。

第２章では、本研究で用いられた、鉛直方向の軸をもつ Burgers 渦を発生させるための実験装置と、流体速度場の計測のための PIV システムについて述べた。本システムを用いた計測により、本実験装置において粘性拡散の影響が小さい Burgers 渦が発生していることの確認、およびその渦と乱流中の渦との対応関係を明らかにした。さらに、PIV 計測によって得られた２次元渦度場から作成される準３次元渦度場による可視化、２次元の計測面内における見かけの発散の場を用いた粒子まわりの３次元性の強い領域の可視化など、可視化手法を提案した。

第３章では、沈降粒子と Burgers 渦の相互作用の検討のための基礎として、Burgers 渦単独の流れ、および静止流体中での沈降粒子の誘起する流れに対して PIV 計測を行い、それぞれの特徴を明らかにした。Burgers 渦に対しては、沈降粒子の影響を検討する上で重要となる渦強度の時間的および空間的安定性について明らかにした。静止流体中での沈降粒子の実験では、沈降粒子の後流における渦対において、渦対と見かけの発散が対になって発生することを明らかにした。

第４章では、沈降粒子の Burgers 渦に対する影響を、粒子近傍での影響と、粒子から放出された後流渦の影響に分けて検討を行い、それぞれの影響についての知見を得た。まず、粒子近傍での影響については、水平な測定面上における粒子通過位置と Burgers 渦の渦度の最大値との関係を求め、粒子が強制渦領域を通過する場合に渦度の最大値が増加すること、自由渦領域を通過する場合には渦度の最大値に対する影響がないことを明らかにした。次に、後流渦の影響により、Burgers 渦の渦強度（循環）が大きく変動し、観測された条件と時間範囲内において±20%に及ぶ大幅な増加や減少が現れる場合があることを明らかにした。また、渦度場の時間変動の観測により、そのような渦強度の特徴的な変動に対応して、Burgers 渦の渦核の分裂や合体が発生することを明らかにした。

第５章では、本論文で得られた知見を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、混相乱流における乱流変調の理解を進める上で重要となる乱流渦と粒子群の相互作用に着目し、その素過程である単一粒子が乱流を構成する単一の要素渦に与える影響を調べることを目的として、粒子画像計測法（PIV）を用いた流れ場の計測により、単一沈降粒子が単一 Burgers 渦に与える影響を実験的に解明した結果をまとめたものである。その主な成果を以下に示す。

⑴　鉛直方向の軸をもつ Burgers 渦を発生させるための実験装置と、流体速度場の計測のための PIV システムの開発を行っている。本システムを用いた計測により、本実験装置において粘性拡散の影響が小さい Burgers 渦が発生していることの確認、およびその渦と乱流中の渦との対応関係を明らかにしている。さらに、PIV 計測によって得られた２次元渦度場から作成される準３次元渦度場による可視化、２次元の計測面内における見かけの発散の場を用いた粒子まわりの３次元性の強い領域の可視化など、可視化手法を提案している。

⑵　沈降粒子と Burgers 渦の相互作用の検討のための基礎として、Burgers 渦単独の流れ、および静止流体中での沈降粒子の誘起する流れに対して PIV 計測を行い、それぞれの特徴を明らかにしている。Burgers 渦に対しては、沈降粒子の影響を検討する上で重要となる渦強度の時間的および空間的安定性について明らかにしている。静止流体中での沈降粒子の実験では、沈降粒子の後流における渦対において、渦対と見かけの発散が対になって発生することを明らかにしている。

⑶　沈降粒子の Burgers 渦に対する影響を、粒子近傍での影響と、粒子から放出された後流渦の影響に分けて検討を行い、それぞれの影響についての知見を得ている。まず、粒子近傍での影響については、水平な測定面上における粒子通過位置と Burgers 渦の渦度の最大値との関係を求め、粒子が強制渦領域を通過する場合に渦度の最大値が増加すること、自由渦領域を通過する場合には渦度の最大値に対する影響がないことを明らかにしている。次に、後流渦の影響により、Burgers 渦の渦強度（循環）が大きく変動し、観測された条件と時間範囲内において±20%に及ぶ大幅な増加や減少が現れる場合があることを明らかにしている。また、渦度場の時間変動の観測により、そのような渦強度の特徴的な変動に対応して、Burgers 渦の渦核の分裂や合体が発生することを明らかにしている。

以上のように、本論文は混相乱流の重要な素過程の一つである、単一沈降粒子が単一 Burgers 渦に与える影響に関する有用な知見を得るとともに、さらなる現象理解への寄与が期待される実験手法および実験装置を提案しており、その成果の学術的および工学的価値は高い。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。