



Title	Numerical Analysis on Particle-Laden Rotating Turbulent Flow
Author(s)	潘, 応康
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42305">https://hdl.handle.net/11094/42305</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</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

氏名	潘 応 康
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16214 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械物理工学専攻
学位論文名	Numerical Analysis on Particle-Laden Rotating Turbulent Flow (固気二相回転乱流の数値解析)
論文審査委員	(主査) 教授 辻 裕  (副査) 教授 三宅 裕 教授 稲葉 武彦 助教授 田中 敷嗣

### 論文内容の要旨

本論文は、固気二相回転乱流における重要な問題である、粒子運動と気流の乱れの相互干渉およびそれらに対する粒子間衝突の影響を明らかにするために、数値解析を行ったものであり、流体計算には最小限の物理モデルで乱れを計算できる LES と乱れの直接計算である DNS を適用し、粒子に関してはラグランジュ的に個々の粒子を追跡する方法を適用している。本論文は、全5章から構成されており、内容は以下のように要約できる。

第1章では、本研究の背景・動機および研究の目的を述べ、意義を明らかにしている。

第2章では、粒子運動および決定論的手法による粒子間衝突の計算方法について述べている。

第3章では、粒子を含む回転チャンネル内流れの計算方法 (LES) と解析結果について述べている。まず、レイノルズ数  $Re_\tau = 250$  (流路半幅および摩擦速度基準) と様々な回転数の組合せに対して二相乱流と单相乱流を比較している。さらに、粒子分布と乱れの空間構造の相関および空間構造に対する粒子間衝突の影響について考察している。その結果、回転数  $Ro_\tau$  が大きくなるに従い、粒子の圧力面近傍への集中の度合いが増し、それとともに、圧力面近傍では乱れ構造の影響により粒子クラウドが形成されることが明らかにされている。

第4章では、粒子を含む回転チャンネル内流れの直接計算法 (DNS) と解析結果について述べている。まず、低レイノルズ数  $Re_\tau = 194$  と低回転数  $Ro_\tau = 0.075$  の条件に対して二相乱流と单相乱流を比較している。次に、3種類の粒子を用いて、粒子分布と乱れ変化および粒子間衝突の影響について考察している。その結果、回転により圧力面近傍に形成される粒子クラウドの構造が粒子特性に依存すること、重い粒子では圧力面に偏った濃度分布を形成するとともに流体の乱れを強めること、軽い粒子では粒子間衝突が濃度分布の平坦化を促すとともに流体の乱れを抑制することが明らかにされている。

第5章では、DNS を用いて、周期境界で囲った立方体の計算領域内における粒子分布と流体の乱れの時間的な変化を調べている。その結果、強い回転により回転軸と平行な粒子クラウドが形成されることを明らかにされている。また、流体の乱れの変化に対する粒子の影響は回転時間尺度 ( $1/(2\Omega)$ ) の粒子緩和時間  $\tau_p$  に対する比 ( $2\Omega\tau_p$ )<sup>-1</sup> に強く依存し、 $(2\Omega\tau_p)$ <sup>-1</sup> が小さな領域で流体の乱れを増加させることが明らかにされている。

総括では、本研究により得られた成果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

回転乱流中に粒子を添加した場合、固体粒子の存在と気流乱れの相互干渉を実験により明らかにすることは難しい。一方、この乱流特性の変化は、燃焼や反応を伴う各種流体機械の特性に対し、非常に重要な問題である。このような回転気流の乱れに対する粒子の影響を物理的に解明するためには、固気二相回転乱流中での固体粒子のふるまいについての理解が必要となるが、過去に得られたそのような情報は十分なものではない。たとえば、回転乱流場における粒子の空間分布特性、乱流乱れの変化の粒子特性への依存性など、不明な点の多いのが現状である。本論文では、単相回転乱流の解析方法である LES および DNS とラグランジュ的粒子追跡法を組合せて、粒子間衝突の影響を考慮して固気二相回転乱流の流動現象が解析されている。その成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 固気二相回転チャンネル乱流の LES による数値解析を行い、粒子流動の特徴を明らかにするとともに、流体の流動構造に対する粒子の影響を明らかにしている。さらに、粒子分布と乱れの空間構造の相関および空間構造に対する粒子間衝突の影響について明らかにしている。
- (2) 固気二相回転チャンネル乱流の直接計算 (DNS) を行い、その結果について、粒子濃度分布、粒子速度変動強度分布、乱流強度分布などの統計量を示すことにより、粒子の慣性と濃度の変化が流動状態に及ぼす影響を明らかにしている。さらに、粒子運動に関する統計量に対し、粒子間衝突の影響の大きさを明らかにしている。
- (3) 流れの直接計算法 (DNS) を用いて、周期境界で囲った立方体の計算領域内における固気二相回転乱流場について、粒子分布と流体の乱れの時間的な変化を調べている。強い回転により回転軸と平行な粒子クラウドが形成されることを明らかにしている。さらに、流体の乱れの変化に対する粒子の影響は回転時間尺度 ( $1/(2\Omega)$ ) の粒子緩和時間  $\tau_p$  に対する比  $(2\Omega\tau_p)^{-1}$  に依存することを明らかにしている。

以上のように本論文は、従来不明な点の多い固気二相回転乱流における固体粒子と流体乱れの相互干渉について有用な結果を得ている。これらの成果は、流体工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。