

大規模数値シミュレーションを駆使した発達した混相乱流の研究

報告書番号：R21JACA50

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2021/18101/>

● 責任者

本告遊太郎, 大阪大学

● 問い合わせ先

本告遊太郎(y.motoori.es@osaka-u.ac.jp)(y.motoori.es@osaka-u.ac.jp)

● メンバ

本告 遊太郎

● 事業概要

身の回りの流れのほとんどは乱流である。乱流はものを混ぜたり、遠くにまき散らしたりすることに長けており、こうした乱流の物質輸送現象の理解はさまざまなシステムで重要である。本研究では、十分に発達した非一様乱流中の粒子の輸送現象を明らかにすることを目的とする。具体的には、慣性粒子や有限の大きさをもつ粒子が乱流中でどのように輸送されるかを、乱流中の秩序構造に基づいて徹底的に調べる。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

航空宇宙工学に現れる流れの多くは混相の乱流である。混相乱流の数値シミュレーションの実行には、大規模な計算資源が必要である。これらが、本スーパーコンピュータを使用する理由である。

● 今年度の成果

今年度は、平行平板間乱流中の慣性粒子および有限の大きさをもつ粒子の直接数値シミュレーションを実行し、粒子の輸送現象が、乱流中の秩序構造でよく記述できることを示した。結果の例を図1に示す。壁乱流中には黄色で示す縦渦と青色で示す低速ストリークが秩序構造として存在する。レイノルズ数が高い場合には、これらの構造が階層的に存在し、それぞれ異なる時間スケールをもつ。粒子は自分の速度緩和時間と同程度の旋回時間をもつ縦渦により掃き出され、それらに付随する低速ストリークに集積する。図にはある短い緩和時間の粒子の集積現象を示したが、より長い緩和時間をもつ粒子は、より長い旋回時間をもつ大きな縦渦から掃き出され、それに付随する大きな低速ストリークに集積する。こうして、粒子は多重スケールのクラスタをつくる。

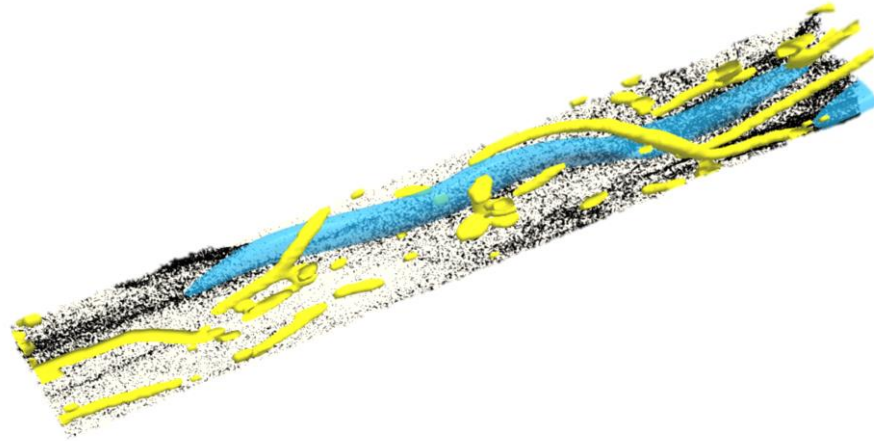


図 1: 壁近傍の慣性粒子と乱流中の秩序構造(黄:縦渦, 青:低速ストリーク). 渦は速度勾配テンソルの第二不変量の正の等値面, 低速ストリークは流れ方向流速の負の等値面で可視化した. 慣性粒子が低速ストリーク中に集積する様子がわかる.

● 成果の公表

-査読付き論文

1. Yutaro Motoori, Susumu Goto, Hierarchy of coherent structures and real-space energy transfer in turbulent channel flow, J. Fluid Mech. 911 (2021) A27.
2. Yutaro Motoori, ChiKuen Wong, Susumu Goto, Role of the hierarchy of coherent structures in the transport of heavy small particles in turbulent channel flow, J. Fluid Mech. 942 (2022) A3.

-口頭発表

1. 本告遊太郎, 後藤晋, 壁乱流中の秩序構造の階層が慣性粒子の輸送に果たす役割, 日本物理学会第76回年次大会.
2. 本告遊太郎, 後藤晋, 渦の階層で紐解く乱流中の固体粒子の輸送現象, 日本物理学会2021年秋季大会.
3. 中谷謙介, 犬伏正信, 本告遊太郎, 後藤晋, 機械学習を用いた時系列データからの乱流場推定, 日本流体力学会年会2021.
4. 藤野潤, 本告遊太郎, 後藤晋, 渦伸長に基づいた円柱背後の乱流の維持機構, 第35回数値流体力学シンポジウム.
5. 渡邊大記, 藤野潤, 本告遊太郎, 後藤晋, 自由表面近傍に配置された円柱後流の直接数値シミュレーション, 第35回数値流体力学シンポジウム.
6. 本告遊太郎, 沖田和也, 後藤晋, 渦の階層に基づく高レイノルズ数乱流中の物質輸送と混合, 第35回数値流体力学シンポジウム.
7. 本告遊太郎, 後藤晋, 壁乱流中の秩序構造の階層による粒子の輸送, 第37回生研TSFDシンポジウム.

● JSS 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	OpenMP
プロセス並列数	64 - 128
1 ケースあたりの経過時間	100 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.01

内訳

計算資源		
計算システム名	CPU 利用量(コア・時)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	303,778.29	0.01
TOKI-ST	0.00	0.00
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	0.00	0.00
TOKI-TST	0.00	0.00
TOKI-TGP	0.00	0.00
TOKI-TLM	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	500.00	0.50
/data 及び/data2	10,240.00	0.11
/ssd	100.00	0.03

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	0.00	0.00

※1 総資源に占める利用割合 : 3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合 : 対象資源一年間の総利用量に対する利用割合

● ISV 利用量

ISV ソフトウェア資源		
	利用量(時)	資源の利用割合※2 (%)
ISV ソフトウェア(合計)	0.00	0.00

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合