

## 発達した乱流の大規模数値シミュレーション研究

報告書番号：R17JACA05

利用分野：JSS2大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2017/4276/>

### ● 責任者

後藤晋 大阪大学基礎工学研究科

### ● 問い合わせ先

後藤晋 goto@me.es.osaka-u.ac.jp

### ● メンバ

花島啓太,後藤晋,薦田拳,神吉遵,本告遊太郎

### ● 事業概要

本事業では,十分に大きなレイノルズ数の発達した乱流の統計や動力学に現れる普遍性を明らかにすることを目的とする.この目的の達成のため,複数の異なる境界条件下での乱流(本年度は,境界層乱流,容器内乱流,周期境界条件下の乱流を扱った)の数値シミュレーションを実行し,とくにその小スケールに現れる普遍性を明らかにする.

### ● JSS2 利用の理由

本研究の目標は発達した乱流の統計や動力学を明らかにすることである.これは航空宇宙工学の重要な課題のひとつであり,JAXA のプロジェクトとも深く関わる.また,高レイノルズ数の乱流の数値シミュレーションを実行するためには大規模なスーパーコンピュータが必須であるので,JSS2 の利用を考えた.

### ● 今年度の成果

今年度は,周期境界条件下の乱流,自転軸が歳差運動をする容器内の乱流,境界層乱流の直接数値シミュレーションを実行し,これらの統計や動力学を詳細に調べた.その結果,とくに,境界層乱流に関しては興味深い結果を得た.低レイノルズ数の境界層乱流でよく観察されるヘアピン状の渦が,高レイノルズ数領域では消滅することが知られる.我々は大規模数値シミュレーションを実行し,境界層乱流中の小スケールの生成機構がレイノルズ数に応じて本質的に異なることを示し,ヘアピン渦の消滅の原因を明らかにした.

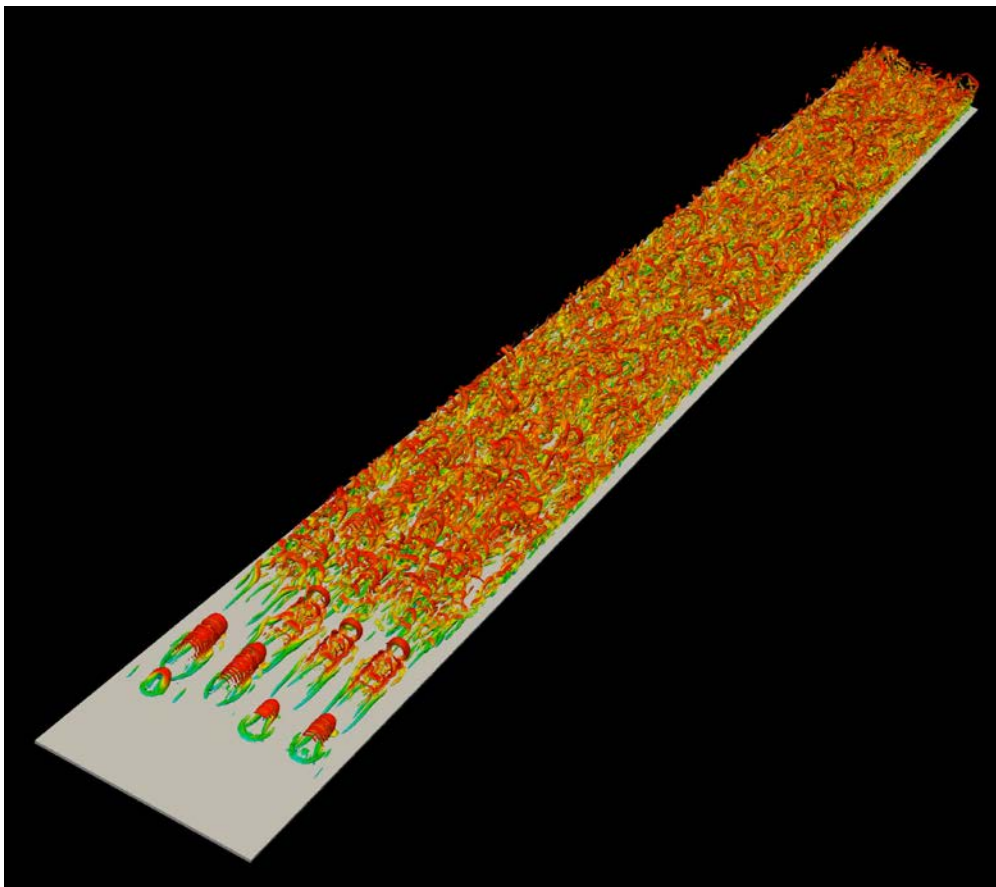


図1 低レイノルズ数の境界層乱流中のヘアピン渦

## ● 成果の公表

### ● 査読付論文

- 1) Susumu Goto, Yuta Saito, Genta Kawahara, Hierarchy of antiparallel vortex tubes in spatially periodic turbulence at high Reynolds numbers, *Phys. Rev. Fluids* 2 (2017) 064603.
- 2) Yasufumi Horimoto, Susumu Goto, Sustaining mechanism of small-scale turbulent eddies in a precessing sphere, *Phys. Rev. Fluids* 2 (2017) 114603.
- 3) Yasufumi Horimoto, Gabriel Simonet-Davin, Atsushi Katayama, Susumu Goto, Impact of a small ellipticity on the sustainment condition of developed turbulence in a precessing spheroid, *Phys. Rev. Fluids* 3 (2018) in press.

### ● 口頭発表

- 1) Susumu Goto, Lennaert van Veen, Statistics of Spatially-Periodic Turbulence Driven by Steady Forces. (2017年5月22日, SIAM Conference on Applications of Dynamical Systems)
- 2) 後藤晋, Lennaert van Veen, 定常外力に駆動される乱流の統計性質 (2017年7月28日, RIMS 共同研究集会「非一様乱流の数理」)
- 3) 後藤晋, 堀本康文, 片山惇, 歳差運動をする回転楕円体容器内に乱流が維持される条件 (2017年9月4日, 日本機械学会年次大会)

- 4) 後藤晋,攪拌翼を使わない攪拌技術とその応用 (2017年10月21日 日本機械学会 関西支部第18回 秋季技術交流フォーラム)
- 5) Susumu Goto, Hierarchy of vortices in turbulence at high Reynolds numbers (2017年10月31日, OIST seminar)
- 6) 後藤晋,壁なし乱流の動力学と統計, (2017年12月2日,第1回先進的ながれ研究会)
- 7) 後藤晋,犬伏正信,乱流の中の秩序と人工知能 (2018年3月7日,物理インフォマティクス シンポジウム 2018)
- 8) 薦田拳,後藤晋,歳差運動をする回転楕円体容器内に維持される乱流の直接数値シミュレーション (2018年3月12日,日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会)
- 9) 花島啓太,後藤晋,平行平板間乱流中の渦の階層 (2018年3月12日,日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会)
- 10) 本告遊太郎,後藤晋,乱流境界層中の小スケール渦の生成機構 (2018年3月13日,日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会)
- 11) 岡温,後藤晋,乱流中の固体粒子群の非一様分布 (2018年3月13日,日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会)
- 12) 黄智權,本告遊太郎,後藤晋,平行平板間乱流中の粒子のクラスタリング (2018年3月13日,日本機械学会 関西支部第93期定時総会講演会)
- 13) 後藤晋,堀本康文,片山惇,薦田拳,歳差運動をする回転楕円体容器内における層流乱流遷移 (2018年3月25日,日本物理学会第73回年次大会)
- 14) 本告遊太郎,後藤晋,乱流境界層中の小スケール渦の生成機構 (2018年3月30日,第62回「乱流遷移の解明と制御」研究会)

● JSS2 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	16
1 ケースあたりの経過時間	100.00 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合<sup>※1</sup> (%) : 0.29

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合 <sup>※2</sup> (%)
SORA-MA	2,336,396.14	0.31
SORA-PP	0.00	0.00
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	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 <sup>※2</sup> (%)
/home	580.61	0.40
/data	10,337.83	0.19
/ltmp	13,671.88	1.03

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 <sup>※2</sup> (%)
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