

令和3年度 未来研究ラボシステム 研究成果報告書

研究種目：個人研究

研究期間：令和 3年10月～令和 4年 9月

研究課題名：生物を模した移動する固体境界による乱流の発生機構

ラボ長

所属：機能創成専攻・非線形力学領域

氏名：本告遊太郎

研究成果

本研究の大きな目的は、生物を模した移動する固体境界が、どのように乱流を生成するかを明らかにすることである。今年度は、まず生物ではなく単純な固体境界による乱流の発生機構を徹底的に調べた。具体的には「静置させた円柱」の後流にできる乱流、および、乱流と相互作用する「球状粒子」の数値シミュレーションを実行し、乱流の生成維持機構を明らかにした。また、微小で重い固体粒子の数値シミュレーションも実行し、乱流による粒子の輸送機構も明らかにした (Motoori, Wong & Goto, 2022)。

円柱後流の例を下図に示す。左は、円柱後流に存在する小さな渦を、速度勾配テンソルの第二不変量の等値面を用いて同定した可視化図である。こうした小さな渦だけでなく、実は、乱流中には大きささまざまな大きさの渦が存在する。我々は、得られた流速場を異なる3つのスケールに分解することで、右図のように異なる大きさの渦を抽出した。静止した円柱の後ろには、円柱径程度の渦が秩序だって存在することがわかる。これらの剥離渦は隣の渦とは反対方向に回転するため、その周りに強い引き伸ばし領域を誘起する。それらの引き伸ばしにより、中くらいの大きさの渦が、剥離渦とは垂直な方向に生成される。さらに、これらの渦も対を成し、互いに反対方向に回転するため、より小さな渦が渦対と垂直な方向に生成される。こうした順繰りに起こるスケール局所的な渦伸長を通じて、より小さな渦が生成される。この研究成果は、*Journal of Fluid Mechanics* に投稿予定である (Fujino, Motoori & Goto 2022)。

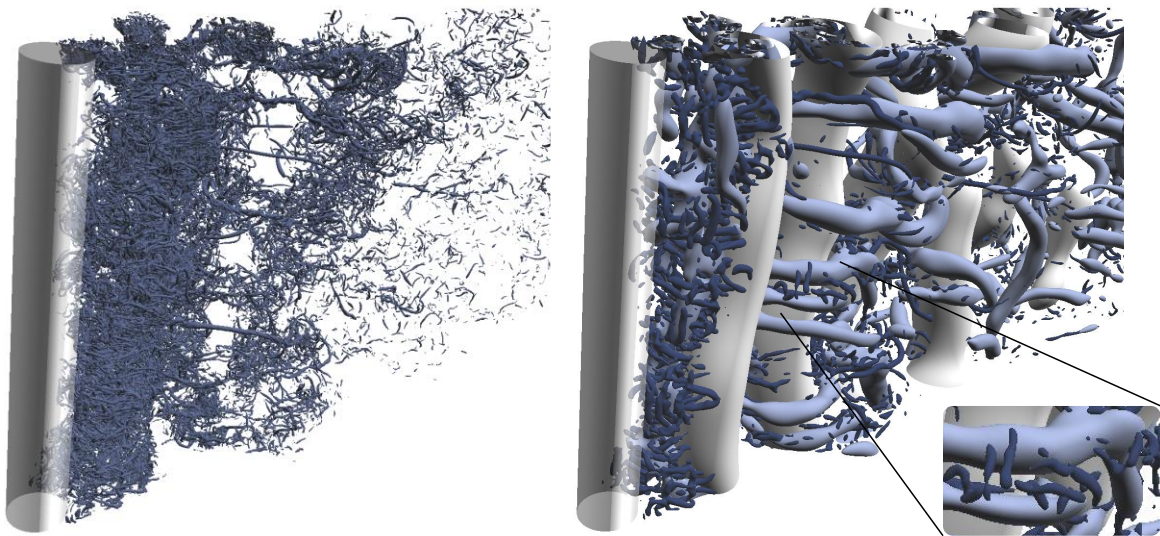


図. 円柱背後に維持される渦の可視化。(左) スケール分解しないと最小の渦しか観察できないが、(右) スケールに分解すると、秩序だった大きささまざまな渦の階層が現れる。

さらに、我々は、格子ボルツマン法と埋め込み境界法を用いて、移動する固体境界周りの流体の数値シミュレーションプログラムも開発した。今後は、イルカやサメの遊泳法を移動境界で表現し、生物の背後にできる乱流の発生機構を、大小さまざまな渦の階層を基に、明らかにする。

キーワード：乱流、渦の階層、直接数値シミュレーション、移動境界

研究経費（R3年度）の内訳

備品費	消耗品費	旅費	謝金	その他	合計
0円	142,031円	0円	0円	189,000円	331,031円

共同研究者等

(1)共同研究者（氏名・所属）

なし

(2)研究協力者（氏名・所属・学年（学生の場合））

藤野潤・機能創成専攻 非線形力学領域 後藤研究室・M2

沖田和也・物質創成専攻 化学工学領域 松林研究室・M2

安房井英人・システム科学科 機械科学コース 後藤研究室・B4

村端秀基・システム科学科 機械科学コース 後藤研究室・B4

発表論文等（令和4年3月31日現在）

[雑誌論文]

1. Yutaro Motoori, ChiKuen Wong and Susumu Goto, Role of the hierarchy of coherent structures in the transport of heavy small particles in turbulent channel flow, J. Fluid Mech. (in press).
2. 藤野潤, 本告遊太郎, 後藤晋, 円柱背後の乱流の生成機構, ながれ (印刷中).

[学会発表]

1. 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, 2021. 12. 14-16, 第35回数値流体力学シンポジウム, オンライン開催.
2. 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, 2021. 12. 14-16, 第35回数値流体力学シンポジウム, オンライン開催
3. 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, 2022. 03. 04, 第37回生研TSFDシンポジウム, オンライン開催.
4. 村端秀基, 本告遊太郎, 後藤晋, イルカの背びれ周りの流れの解明に向けた数値シミュレーション, 日本機械学会関西学生会 2021年度学生員卒業研究発表講演会, 2021. 3. 15, 神戸大学 (オンライン開催).
5. 安房井, 本告遊太郎, 後藤晋, 非球形粒子の乱流輸送現象の解明へ向けた直接数値シミュレーション, 日本機械学会関西学生会 2021年度学生員卒業研究発表講演会, 2021. 3. 15, 神戸

大学（オンライン開催）.

6. 藤野潤, 本告遊太郎, 後藤晋, 円柱背後の乱流中における渦の階層とその生成機構, 日本物理学会第 77 回年次大会, 2022. 3. 15-19, 岡山大学・岡山理科大学（オンライン開催）.

他 6 件

[その他]

1. 令和 3 年度 「富岳」利用研究課題「乱流輸送現象の抜本的な解明に向けた大規模数値シミュレーション」. 2021. 9, (代表者: 後藤晋, 副代表者: 本告遊太郎).
2. 第 35 回数値流体力学シンポジウムベスト CFD グラフィックス・アワード受賞 (2 位), 藤野潤, 本告遊太郎, 後藤晋, 「円柱背後に生じる乱流渦の階層」.
3. Jun Fujino, Yutaro Motoori and Susumu Goto, Hierarchy of coherent vortices in turbulence behind a cylinder (to be submitted).

外部資金獲得状況・申請状況

1. 研究活動スタート支援 (21K20403) 「秩序渦の階層から紐解く乱流輸送現象とその予測」
2021. 8. 30-2023. 03. 31.

参考となるHP等

<https://fm.me.es.osaka-u.ac.jp/>