

令和4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4年10月～令和5年 9月

研究課題名：生物を模した移動境界による乱流の発生機構およびその推進方法

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し、また、生物がどのように推進力を得るのかを明らかにすることである。今年度は、流体と固体の相互作用を埋め込み境界法でモデル化して解く数値シミュレーションプログラムを開発した。まずは、複雑な移動境界をもつ生物ではなく、単純な固体境界と乱流の相互作用を徹底的に調べた。具体的には、球状の固体粒子を壁乱流中に添加し、粒子によって乱流がどのように変調するのかを調べた。

結果の例を下図に示す。青色の物体は、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、乱流中の小さな渦である。我々の数値計算結果によれば、小さな粒子を添加すると、系全体の乱流エネルギーがよく低減する。とくに、流体に対する速度緩和時間が大きいほど、主流と粒子の相対速度が大きくなるので、これに伴い、粒子周りでのエネルギー散逸も大きくなる（下図）。さらに、粒子によるエネルギー散逸率が増えた分、平均流からの乱流渦へのエネルギー伝達が阻害されるので、結果として乱流エネルギーも減る。これが、粒子を添加することによる乱流の低減機構である。この研究成果は、「日本機械学会ニューズレター流れ」にも掲載された。

本プログラムを用いれば、生物と乱流の連成数値シミュレーションも実施可能である。しかし、我々は、高速遊泳するイルカをシミュレートするために、格子ボルツマン法と埋め込み境界法を用いた（超並列計算機向けの）数値シミュレーションプログラムも開発中である。今後は、イルカ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や生物の推進方法の解明に向けて研究を進める。

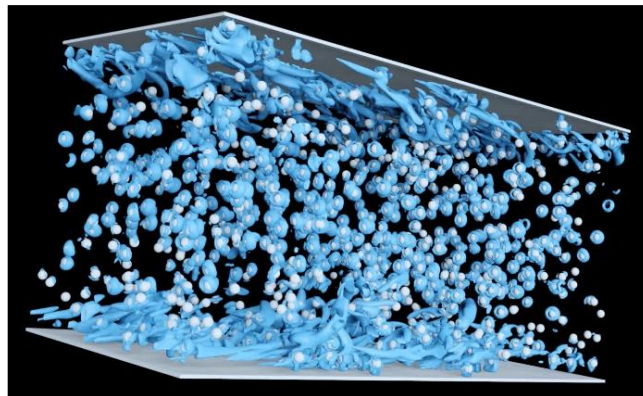


図. 粒子を添加した場合の壁乱流中の渦の可視化。粒子を添加していない場合に比べ、壁近くの乱流渦が減り、その代わりに、粒子の周りに輪状の渦が生成されることがわかる。

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（R4 年度）の内訳

備品費	消耗品費	旅費	謝金	その他	合計
0 円	65,003 円	334,997 円	0 円	0 円	400,000 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））

沖田和也・物質創成専攻 化学工学領域 松林研究室・D1

安房井英人・システム科学科 機械科学コース 後藤研究室・M1

村端秀基・システム科学科 機械科学コース 後藤研究室・M1

発表論文等（令和 5 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. 942 (2022) A3.
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, 41, (2022) 53-56.
3. 本告遊太郎, 後藤晋, 固体粒子の添加による壁乱流の変調現象, 日本機械学会ニュースレター 一流れ流体工学部門講演会 2 月号, ISSN2185-730X.

[学会発表]

1. 本告遊太郎, 沖田和也, 後藤晋, 「発達した乱流中におけるパッシブスカラーの階層構造」, 第 36 回数値流体力学シンポジウム, オンライン, 2022 年 12 月. (日本流体力学会若手優秀講演表彰受賞)
2. 本告遊太郎, 後藤晋, 「粒子の添加による壁乱流の変調現象」, 日本機械学会第 100 期流体工学部門講演会, 熊本, 2022 年 11 月. (流体工学部門優秀講演表彰受賞)
3. 本告遊太郎, 後藤晋, 「乱流中の渦の階層とスケール間エネルギー輸送」, 日本流体力学会年会, 京都, 2022 年 9 月.
4. 本告遊太郎, 後藤晋, 「壁乱流中における固体粒子分布の秩序構造による記述」, 日本機械学会年次大会, 富山, 2022 年 9 月.

他 12 件

[その他]

1. 第 36 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 (同率 2 位), 2022 年 12 月.

2. 日本流体力学会 若手優秀講演表彰受賞. 2022 年 12 月.
3. 日本機械学会 流体工学部門優秀講演表彰受賞. 2022 年 11 月.

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. 08. 30-2023. 03. 31.
2. 若手研究 (23K13253) 「混相の壁乱流における変調現象とそれを活かした工学応用」
2023. 04. 01-2026. 03. 31.

参考となるHP等

<https://ymotoori.github.io/>