

令和5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：大学院基礎工学研究科 機能創成専攻 非線形力学領域
職位 助教 氏名：本告遊太郎

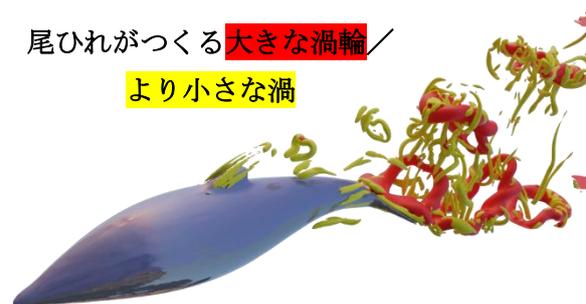
研究成果：

(概要)

イルカやサメは、尾ひれを往復運動させることで、水中を遊泳する。これらの生物のまわりの流れは乱流となり、一見複雑である。本研究では、これらの生物が、尾ひれで乱流を発生する過程で、推進力を獲得する仕組みを明らかにする。この目的のために、非圧縮流体と移動する固体境界で模したイルカの運動を連成させた数値シミュレーションを実行した。イルカの周りに発達する乱流中から、大小さまざまな渦を抜き出し、この秩序だった渦の階層に基づいて、乱流の発生機構およびイルカの推進機構を明らかにした。

(本文)

図には、イルカの周囲に発生する渦を示す。左のパネルは、乱流中の速度勾配テンソルの第二不変量の正の等値面、つまり、流体の回転が支配的な領域（渦）を示す。尾ひれの往復運動に伴い、小さな管状の渦が発生することが分かる。しかし、速度勾配の大きさは、乱流中の最小スケールの運動により決まるため、これは、乱流中の最も小さな渦であることに注意が必要である。そこで、得られた速度場にガウシアンフィルタを施すことで、流速場を粗視化する。尾ひれ程度の大きさの幅のフィルタを施し、渦を可視化すると、たしかに、尾ひれ程度の大きさの（赤色の）渦が存在することが分かる（右のパネル）。これは、尾ひれから剥離してできた渦であり、渦輪を成す。この渦輪は、後ろ向きの運動量を生成するので、イルカはこの反力で推進する。一方、より小さな渦は、この大きな渦輪の周りに生成される。つまり、小さな渦は、渦輪が誘起する流速場の引き伸ばしにより、生成されると考えられる。したがって、イルカは、尾ひれで大きな渦輪を発生させることで推進し、一方、小さな渦は、渦輪による伸長により生成されるため、この小さな渦は、推進力の獲得には直接寄与しない。このように、イルカが発生させる乱流の維持機構を理解することで、イルカの推進機構を明らかにした。



研究経費（R5 年度）の内訳：

備品費	消耗品費	旅費	謝金	その他	合計
2,420 円	57,487 円	544,420 円	円	45,673 円	650,000 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））

安房井英人・大阪大学基礎工学研究科 M2

江田 駿介・大阪大学基礎工学研究科 M2

増田 颯人・大阪大学基礎工学研究科 M2

村端秀基・大阪大学基礎工学研究科 M2

発表論文等（令和 6 年 3 月 31 日現在）：

[雑誌論文]

[1] Attraction of neutrally buoyant deformable particles towards a vortex, Yutaro Fujiki, Hideto Awai, Yutaro Motoori, Susumu Goto, Phys. Rev. Fluids 9 (2024) 014301.

[2] Hierarchy of coherent vortices in turbulence behind a cylinder, Jun Fujino, Yutaro Motoori, Susumu Goto, J. Fluid Mech. 975 (2023) A13.

[3] Earwig-inspired foldable origami wing for micro air vehicle gliding, Risa Ishiguro, Takumi Kawasetsu, Yutaro Motoori, Jamie Paik, Koh Hosoda, Front. Robot. AI 10 (2023) 1255666.

[4] Multiscale clustering of heavy and light small particles in turbulent channel flow at high Reynolds numbers, Yutaro Motoori, Susumu Goto, Int. J. Heat Fluid Flow 102 (2023) 109166.

[学会発表]

[1] Hierarchy of coherent vortices and energy cascade in turbulence behind a cylinder, Yutaro Motoori, Jun Fujino, Susumu Goto, European Turbulence Conference 18 (ETC18), Valencia, Spain.

[2] Modulation of wall turbulence by addition of solid particles, Yutaro Motoori, Susumu Goto, ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference (AJKFED2023), Osaka, Japan.

[3] Interaction between solid particles and coherent structures in turbulent channel flow, Yutaro Motoori, Susumu Goto, International Conference on Multiphase Flow (ICMF2023), Kobe, Japan.

[4] 本告遊太郎, 後藤晋, 「粒子による壁乱流中の秩序構造の低減」日本流体力学会年会 2023, 東京, 2023. 09. 20-22.

[5] 本告遊太郎, 後藤晋, 「粒子の添加による壁乱流の低減および乱流構造の変化」混相流シンポジウム 2023, 北海道, 2023. 08. 24-26.

他 12 件

[その他]

[1] 第37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). 2023年12月.

外部資金獲得状況・申請状況：

[1] 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/>