

複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学
2021 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

佐藤 慎太郎

東北大学 大学院工学研究科
助教

アポステリオリ流体幾何学の創出

§ 1. 研究成果の概要

実験・数値流体力学から得られる大規模で複雑なデータを基にした流動現象の本質を幾何学的な観点から帰納的に理解する学問の構築に向けて、本年度はレイノルズ数の低い円柱周りの流れ場に着目し、レイノルズ数の変化を捉える特徴抽出を固有直交分解法により行った。データセットは有限差分法に基づく数値計算から取得され、それぞれのレイノルズ数での流れ場のスナップショットデータを用いてモード分解を行った。さらに、それぞれのレイノルズ数における次数が同じモードを集め、そのモードの集合に対して再度モード分解を施すメタモード分解を実施することで、レイノルズ数の変化に対する各モードの特徴を抽出した。さらに、この抽出されたモードのモードを用いることで、低レイノルズ数域の領域であれば任意のレイノルズ数に対する流れ場を再構築することが可能であることを明らかにした。この結果により、各レイノルズ数における流れ場をモードの個数分の次元を持ったベクトル空間上で表現し、それを接空間と捉えるような多様体論的な解釈が有用であることが示唆された。この多様体を用いることによって、従来はパラメータの変化に対して適切な解を得ることが難しかった流れ場の低次元モデルの堅牢性を大幅に向上させることができる。

さらに、2つの異なる流れ場同士の違い(距離)に相当する概念について、部分空間同士のなす正準角を基にして考察した。具体的には、異なる条件の流れ場のデータそれぞれに対してモード分解を行い、そのモードを用いて部分空間を張る。2つの部分空間がなす正準角によって、2つの流れ場の違いを定量的に評価できることがわかった。本手法を用いることによって、例えばデータから流れ場のレイノルズ数を推定することや、形状が異なる物体周りの流れ場の識別が可能になることが示唆された。